

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO SORGO GRANÍFERO.  
VII - EFEITOS DO NITROGÊNIO \*

C.A. ROSOLEM \*\*  
E. MALAVOLTA \*\*\*  
J. NAKAGAWA \*\*\*\*

*RESUMO*

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, onde foram estudados os efeitos de N sobre o crescimento e absorção de nutrientes pelo sorgo granífero.

As plantas foram cultivadas em solução nutritiva completa ou com nitrogênio diluída a 1/2, 1/5 e 1/10 da concentração usual, e foram colhidas aos 110 dias da emergência, quando foram separadas em

- 
- \* Parte da dissertação de Mestrado do 1º autor, com suporte financeiro da FAPESP e BNDE. Entregue para publicação em 12/05/80.
- \*\* 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, FCA/UNESP, Botucatu.

raiz, colmo, folhas, raquis e grãos. O material foi secado, moído e foram feitas análises de nitrogênio, fósforo e potássio.

Os resultados obtidos permitiram concluir que os níveis de nitrogênio utilizados tiveram efeitos nas produções de matéria seca das plantas, assim como nas quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio absorvidas. As cultivares apresentaram reações diferentes aos níveis de nitrogênio.

## INTRODUÇÃO

O sorgo pode tolerar considerável variação na fertilidade e no balanço de vários nutrientes no solo, mas a produção e a eficiência da planta são afetadas por estes fatores (WALL & ROSS, 1975).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio é aquele cujas deficiências são mais frequentes, com reflexos na produção do sorgo grânifero. WHITNEY (1974) relata que o acamamento do sorgo grânifero tem sido problema em muitas áreas do Kansas, e entre outras, o desbalanceamento das quantidades de nutrientes absorvidos é uma causa importante do fenômeno.

Estudando a influência da adubação nitrogenada sobre a raiz do sorgo, WARSI & WRIGHT (1973) observaram que a aplicação do nitrogênio aumentou o crescimento. Na fase após o florescimento, nas plantas que receberam adubos nitrogenados, a raiz continuou desenvolvendo-se enquanto que na testemunha o crescimento cessou; observaram ainda que uma adubação pesada na superfície do solo estimulou a ramificação das raízes porque a alta concentração do nutriente acelerou a divisão e o crescimento celular. A aplicação de nitrogênio aumentou ainda a absorção deste elemento pelas raízes em todos os estádios de desenvolvimento da planta, e isto pode ser explicado parcialmente pelo aumento do peso destes órgãos bem como pela quantidade de N contida nos mesmos.

Os efeitos da deficiência de nitrogênio na produção de grãos de sorgo são maiores quando a deficiência ocorre nos estádios iniciais do crescimento da planta (ASHER & COWIE, 1974), mas VANDERLIP (1972) relata que o suprimento de nutrientes deve ser constante durante todo o ciclo da planta. Entretanto, MATOCHA *et alii* (1970) chegaram a resultados em que a aplicação de nitrogênio na cultura do sorgo teve pouca influência na produção de grãos e nos teores de P, K e Zn.

Com relação a respostas diferenciais de cultivares de sorgo ao nitrogênio, elas não tem sido relatadas na literatura existente (VACHAROTAYAN *et alii*, 1974; THAWORNMAS & BOONAMPOL, 1975).

Considerando a importância do nitrogênio na cultura do sorgo grãoífero, foi conduzido o presente trabalho, onde foram estudados os efeitos do nível de N na produção e absorção de nutrientes.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

Foi conduzido um ensaio em casa de vegetação, com solução nutritiva, utilizando-se 5 cultivares de sorgo grãoífero; TE Y 101, C 101, C 102, P 8417 e E 57, os 3 primeiros distribuídos pela Contibrasil, o seguinte pela Pioneer e o último pela Agrocere.

As sementes foram germinadas em vermiculita umedecida com água destilada. Quando as plantas apresentavam-se com 3 folhas, foram transplantadas para bandejas de 40 litros de capacidade, contendo 30 litros de solução nº 1 de HOAGLAND & ARNON (1950), com adição de micronutrientes (MALAVOLTA, 1975) e Fe-EDTA (JACOBSON, 1951) diluída a 1/3 da concentração usual, aí permanecendo por 14 dias.

As plantas foram a seguir transplantadas para vasos de polietileno com 20 litros de capacidade. Em cada vaso foi colocada uma muda, e cada tratamento constou de 3 vasos, correspondendo às 3 repetições.

Os tratamentos foram: solução nº 1 de HOAGLAND & ARNON

(1950), completa, na concentração usual (nível 1,0 de N); soluções com o nitrogênio diluído a 1/2, 1/5 e 1/10 (níveis 0,5; 0,2 e 0,1).

Desde a instalação do ensaio até a sua colheita, as soluções foram continuamente arejadas com ajuda de compressor de ar. De 20 em 20 dias, procedeu-se à substituição das soluções nutritivas, até o final do ciclo das plantas. Os volumes das soluções foram completados com água destilada sempre que necessário. Houve ataque generalizado de pulgão (*Aphis maidis*) e ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), que foram controlados com duas pulverizações com Malatol e duas pulverizações com Acrícid, respectivamente.

As plantas, foram colhidas e separadas em: raiz, colmo, folhas, raquis e grãos.

As raízes foram lavadas em água destilada corrente e enxugadas em papel toalha.

As diversas partes foram acondicionadas em sacos de papel devidamente etiquetados e postas a secar em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 60-70°C, no mínimo por setenta e duas horas. Após a secagem, os materiais foram pesados, obtendo-se os dados de matéria seca dos diversos órgãos da planta. Após a obtenção de matéria seca, as várias partes foram trituradas em moinho "Wiley" com peneira de 20 malhas, acondicionadas em recipiente de plástico e guardadas para análises posteriores.

Foram analisados nitrogênio total, fósforo total e potássio total em todas as partes das plantas, seguindo métodos de rotina.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de N no substrato não aferiram significativamente a produção de matéria seca de raízes dos cultivares P 8417, C 102 e C 101; o cultivar TE Y 101 apresentou respostas não consistentes, e o cultivar E 57 apresentou diminuição de matéria seca de raízes quando era menor a disponi

bilidade de N (Figura 1). WARSI & WRIGHT (1973) observaram que a aplicação de N aumentou o crescimento da raiz de sorgo através do estímulo à ramificação, à divisão e ao crescimento celular, o que não deve ter acontecido com os cultivares P 8417, C 102 e C 101. A análise das regressões entre níveis de N e matéria seca de raízes não mostrou qualquer significância.

A matéria seca de colmos + folhas + raquis (Figura 1) também não foi afetada significativamente pelos níveis de N nos cultivares P 8417, TE Y 101, C 102 e C 101, e também não foram encontradas regressões significativas. Já o cultivar E 57 mostra diminuição da matéria seca de colmos + folhas + raquis com a diminuição do nível de N, confirmada pela regressão linear significativa, mostrando um comportamento diferente das demais cultivares, à semelhança do que ocorreu para matéria seca de raízes.

A matéria seca de grãos (Figura 1) foi afetada pelos níveis de N em todos os cultivares, com exceção da E 57 na qual não houve diferença significativa. A análise da variância e a análise de regressões mostraram que os cultivares apresentaram respostas diferentes à deficiência relativa de N, provavelmente em função do potencial genético de cada um. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por ROSOLEM *et alii* (1977), em condições de campo, onde os cultivares C 102 e TE Y 101 apresentaram respostas diferentes à aplicação de N. Esta resposta diferencial poderia ser explicada por diferenças no transporte iônico (EPSTEIN & JEFFERIES, 1964). SMITH (1934) encontrou diferenças nas respostas do milho ao fósforo mas as diferenças observadas em função da aplicação de nitrogênio não foram tão marcantes. O cultivar P 8417 mostrou resposta linear ao N, enquanto que as respostas dos cultivares C 102, C 101 e TE Y 101 foram quadráticas, podendo-se inferir que a primeira deve responder à adubação nitrogenada em doses maiores que as demais. Por outro lado, como a menor dose de N não foi suficiente para que diminuísse significativamente a produção de grãos do cultivar E 57, e com a regressão entre níveis de N e produção de grãos deste cultivar não foi significativa, a capacidade de adaptação a condições de baixo nível de nitrogênio deve ser maior para este cultivar do que os outros. Os resultados obtidos para o cul-

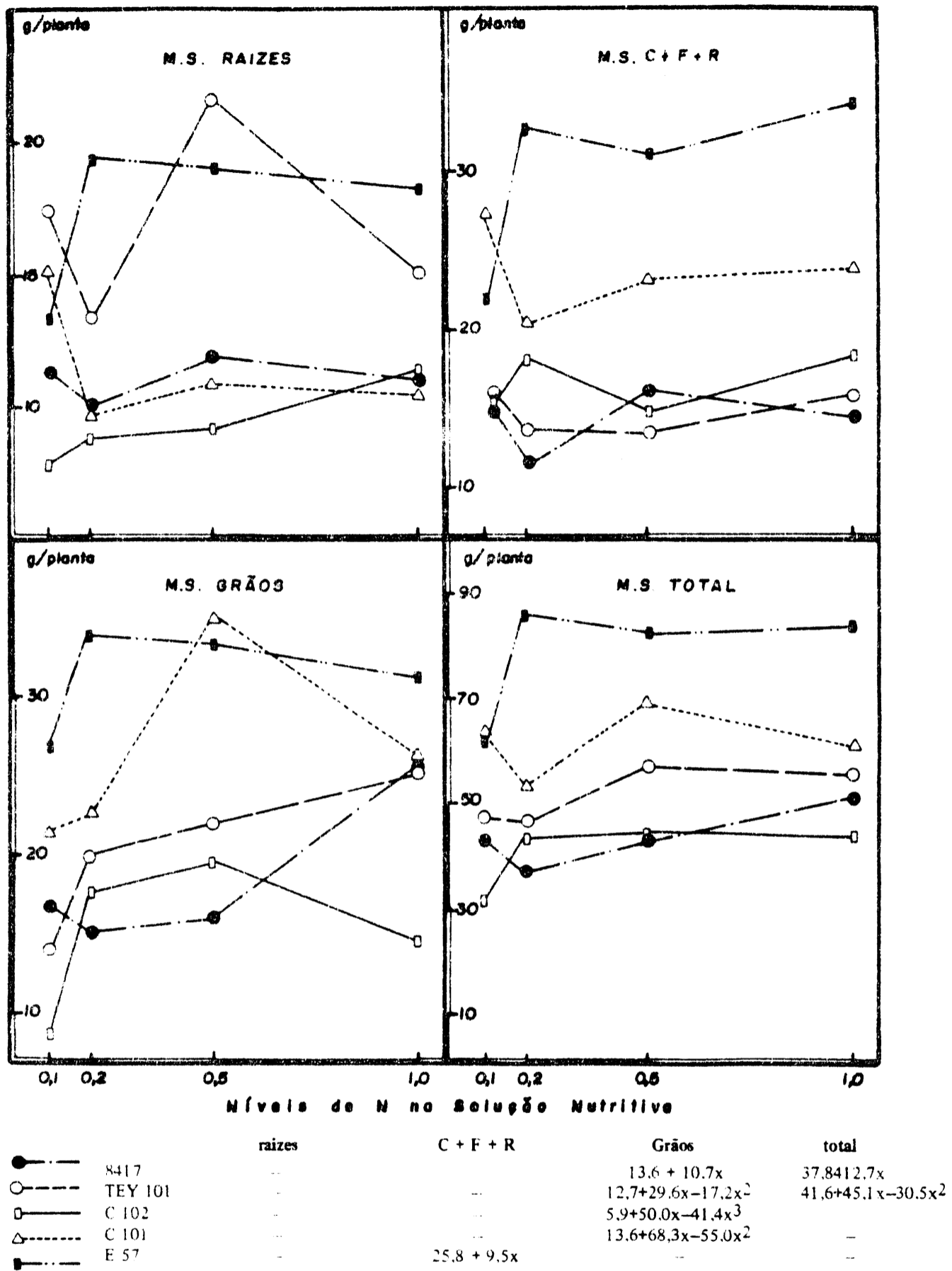


Figura 1 - Produção de matéria seca de raízes, colmos + folhas + raquis, grãos e total do sorgo em função dos níveis de nitrogênio na solução nutritiva.

tivar E 57 concordam com os de WALL & ROSS (1975), que relatam essa habilidade de adaptação da planta de sorgo.

A produção de matéria seca total (Figura 1) sofreu influência significativa dos níveis de N, com exceção dos cultivares TE Y 101 e C 102, cujas diferenças não foram significativas, apesar da tendência à diminuição. A análise das regressões, revelou respostas lineares para o cultivar P 8417, quadráticas para a cultivar TE Y 101 e ausência de significância nas regressões para os cultivares C 102, C 101 e E 57, evidenciando as respostas diferenciais, o que discorda dos resultados obtidos em condição de campo por VACHAROTAYAN *et alii* (1974) e THAWORNMAS & BOONAMPOOL (1975), que relatam respostas semelhantes para variedades de sorgo grânifero na Tailândia.

Parece ter havido diferenças na translocação de assimilados entre os cultivares pois os efeitos na matéria seca de raízes, de colmos + folhas + raquis e total do cultivar E 57 não encontraram reflexos na produção de grãos, ao contrário dos demais cultivares onde a redução na matéria seca de grãos parece ter sido a principal causa da redução na matéria seca total da planta. VOSE (1963) relata que diferenças na translocação de nutrientes podem redundar em diferentes eficiências de produção de matéria seca.

Os níveis de N na solução afetaram a absorção de nitrogênio pelo sorgo. Os resultados (Figura 2) mostraram que o nível mais baixo de N não foi suficiente para diminuir significativamente a absorção de nitrogênio pelos cultivares TE Y 101 e C 102, mas a absorção de nitrogênio pelos cultivares P 8417, C 101 e E 57 foi diminuída no nível mais baixo de N na solução. No caso do cultivar TE Y 101, como a matéria seca total da planta não foi afetada significativamente pelos níveis de N, era esperado que não houvesse redução na quantidade de N absorvido. Já o cultivar C 102 apresentou tendência a diminuição na matéria seca total, levando a se considerar que houve um efeito de concentração do nitrogênio na planta. Para o cultivar E 57 a menor absorção encontra reflexos na diminuição da matéria seca total e para o cultivar P 8417, paralelamente à diminuição de matéria seca total parece ter havido um efeito de diluição de N na planta, princí

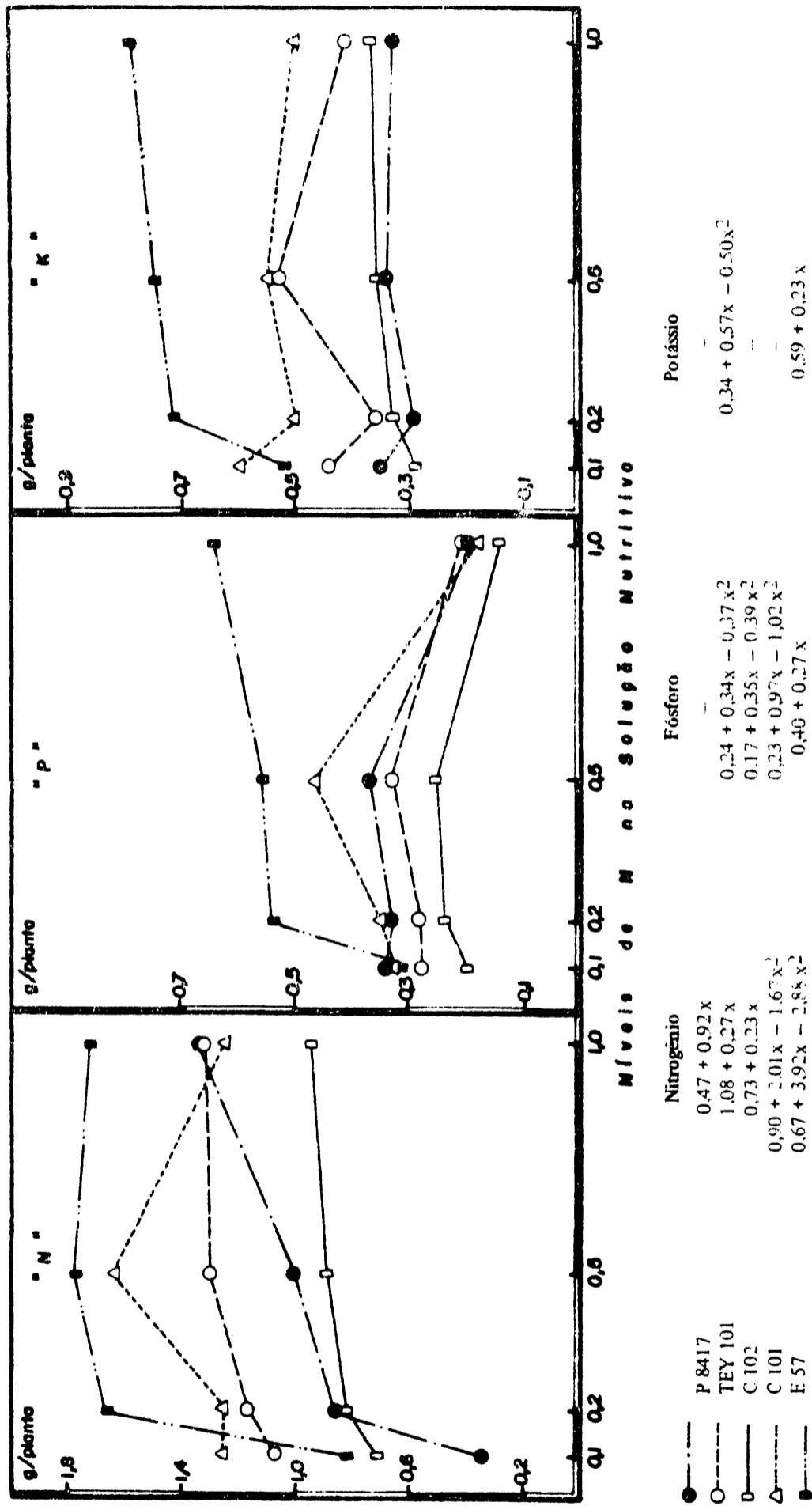


Figura 2 - Quantidades de N, P e K absorvidas pelos cultivares de sorgo granífero em função dos níveis de nitrogênio na solução nutritiva.



palmente no nível mais baixo de N na solução nutritiva, pois a diminuição da quantidade de N absorvido foi mais drástica que a diminuição na matéria seca total.

A análise das regressões mostrou que a absorção de nitrogênio, nas condições do ensaio, pelo sorgo foi uma função linear para os cultivares P 8417, TE Y 101 e 102, e uma função quadrática para os cultivares C 101 e E 57. Como a resposta do cultivar TE Y 101 com relação à matéria seca total foi quadrática (tendência à estabilização) e a acumulação de N foi linear pode-se em primeiro lugar deduzir que foi atingido seu potencial máximo de produção, para as condições do ensaio, e, em segundo lugar, que este cultivar apresentou alimentação de luxo nos níveis mais altos de N.

Quando se analisou o comportamento relativo dos cultivares quanto à acumulação de N (Figura 2), no nível 1,0 de N o cultivar E 57 mostrou maior capacidade de absorção de N, vindo a seguir os cultivares P 8417, TE Y 101 e C 101, e abaixo destes o cultivar C 102. Já no nível mais baixo de N (0,1), os cultivares C 101 e TE Y 101 mostraram maior absorção, seguidas pela E 57, depois C 102 e depois P 8417, o que, em termos gerais encontra reflexos na produção de matéria seca total (Figura 1). Isto levou a se inferir que os cultivares C 101, TE Y 101 e E 57, mostrando maior capacidade de absorção de N, teriam melhores condições de apresentar boas produções em condição de baixa fertilidade em nitrogênio.

Os níveis de N na solução nutritiva afetaram significativamente a absorção de fósforo pelo sorgo (Figura 2), com exceção dos cultivares TE Y 101 e C 102, que apresentaram apenas tendências. A literatura existente mostra que existe um efeito de N na absorção P pelas plantas (THIEN & McFEE, 1970; THIEN & McFEE, 1972; WHITE, 1973). Os cultivares TE Y 101, C 102 e C 101 mostraram regressões quadráticas entre níveis de N na solução e absorção de P pelas plantas de sorgo. o cultivar E 57 apresentou regressão linear e o cultivar P 8417 não apresentou regressão.

Estes resultados mostram que os cultivares, com relação à absorção de P, reagem de maneira diferente entre si quando submetidas a diferentes níveis de N na solução nutritiva.

No nível 1,0 de N o cultivar E 57 acumulou mais fósforo que os outros cultivares, mas no nível mais baixo de N, a acumulação de P foi igual para todas as cultivares. Estes resultados não encontraram reflexos na produção de matéria seca total, onde o cultivar E 57 sempre produziu mais, o que discorda de WHITE (1973) quando relata que plantas com maior crescimento relativo apresentam maior absorção de P. Por outro lado a regressão linear apresentada pelo cultivar E 57 indicou que a relação N/P do meio ideal para esta cultivar deve ser menor do que para os outros cultivares.

Segundo BENNETT *et alii* (1962), são oferecidas geralmente 3 explicações para o efeito de N na absorção do fósforo: (1) aumento na solubilidade do P devido à acidez do fertilizante nitrogenado; (2) aumento na ramificação das raízes devido à aplicação de N; e (3) estímulo fisiológico da planta pelo N. A primeira hipótese foi descartada por tratar-se de ensaio com solução nutritiva. No presente caso o crescimento de raízes parece aplicar-se parcialmente (nos níveis mais baixos de N), apenas no caso do cultivar E 57, e parece ter sido mais importante o estímulo fisiológico sobre os cultivares de sorgo para que estas absorvessem mais P. Isto seria explicado pelo fato de plantas que absorvem mais N possuírem quantidades de compostos nitrogenados que exigem maior quantidade de fósforo, aumentando a demanda deste nutriente (BENNETT *et alii*, 1962; MALAVOLTA, 1976).

Quanto à absorção de potássio, apenas os cultivares TE Y 101 e E 57 apresentaram variações significativas em função dos níveis de N na solução (Figura 2), que são confirmadas por uma regressão quadrática no caso da TE Y 101 e linear no caso de E 57. NEWMAN & ANDREWS (1973) correlacionaram a absorção de potássio com o crescimento das raízes do trigo. A análise da Figura 1 mostra que isto deve ter ocorrido no caso do cultivar E 57.

A quantidade de nitrogênio contida nos grãos de sorgo foi afetada pelos níveis de N no substrato. Os resultados (Figura 3) mostram respostas lineares para o cultivar P 8417, a exemplo do que ocorreu para N absorvido, mostrando que quando se modificou a disponibilidade de N na solução, não deve ter sido modificada a relação N absorvido/N transportado pa-

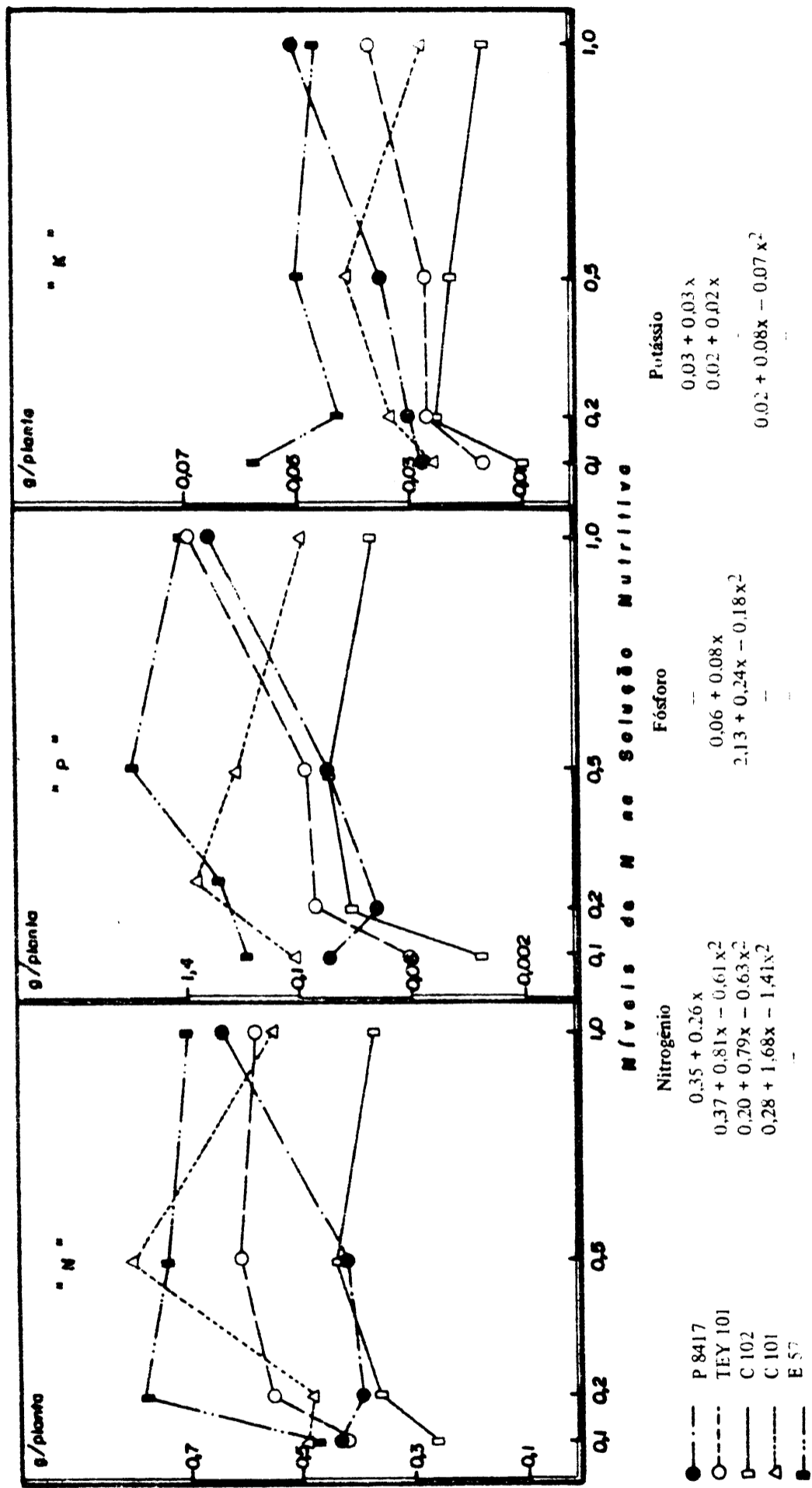


Figura 3 - Quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio contidas nos grãos de sorgo granífero em função dos níveis de nitrogênio na solução nutritiva.

ra os grãos. Para os cultivares TE Y 101 e C 102, a absorção de N seguiu um padrão linear, enquanto que as quantidades de N transportadas para os grãos seguiram padrões quadráticos. Para o cultivar C 101 os padrões de N absorvido são os mesmos que para N contido nos grãos. E o cultivar E 57, à semelhança dos resultados obtidos para absorção de N, mostra diferenças significativas para N contido nos grãos, mas as regressões não são significativas e nem a redução na produção de grãos, demonstrando uma alta eficiência em aproveitar o N absorvido para produzir grãos.

De maneira geral os resultados da análise de regressões para quantidade de N nos grãos são semelhantes aos resultados obtidos para produção de matéria seca de grãos (Figura 1), mostrando que não devem ter ocorrido diferenças na translocação de N para os grãos.

Os níveis de N na solução nutritiva afetaram a quantidade de fósforo contida nos grãos de sorgo, e apesar das cultivares terem apresentado diferenças relativas na absorção de P em função dos níveis de N (Figura 3), a interação níveis x cultivares não foi significativa neste caso. Como o comportamento relativo das cultivares com relação a produção de matéria seca de grãos foi diferente, deve ter havido efeito de concentração de P em alguns cultivares, mostrando que os níveis de N no substrato afetam de maneira diferente a absorção e a translocação de P.

THIEN & MCFEE (1972), em estudo com milho, relatam que existem dois mecanismos para absorção e translocação de P na planta. Em baixas concentrações de P, a absorção foi estimulada pelo N, não ocorrendo o mesmo com a translocação, e em altas concentrações de P a translocação foi estimulada pelo N, mas a absorção não o foi. No presente caso, com alta concentração de P, os resultados mostraram que a absorção de P foi estimulada pelos níveis de N em alguns cultivares e em outros não, evidenciando uma influência genética, mas a translocação foi estimulada pois todos os cultivares apresentaram mais fósforo nos grãos com níveis mais altos de N, mostrando que a translocação de P na planta parece sofrer maior influência do estado fisiológico da planta do que da carga genética desta.

Ficou também evidente que existem diferenças entre os cultivares na acumulação de P, tendo ocorrido a seguinte ordem decrescente de acumulação: E 57, C 101, TE Y 101, P 8417 e C 102.

Com relação ao potássio, apenas o cultivar P 8417 mostrou variação significativa nas quantidades contidas nos grãos (Figura 3), e as diminuições do K contido nos grãos acompanharam a redução na produção de matéria seca de grãos, em função do N disponível, apesar de também aparecerem algumas regressões significativas para as outras cultivares. Como os cultivares TE Y 101, C 101 e C 102, apresentaram diminuição na matéria seca de grãos, deve ter havido um efeito de concentração de K nos grãos dos mesmos.

#### *SUMMARY*

#### STUDIES ON MINERAL NUTRITION OF GRAIN SORGHUM. VII. EFFECTS OF NITROGEN

An experiment in nutrient solution was carried out to study the effects of increasing levels of N on growth, yield and mineral composition of 5 cultivars of grain sorghum namely: TE Y 101, C 101, C 102, P 8417, and E 57.

Four levels of N were used, all of them being a fraction of the concentration given in the solution of HOAGLAND & ARNON (1950) n° 1.

Differential responses in dry matter, yield and N, P and K contents were observed and discussed.

#### LITERATURA CITADA

ASHER, C.T.; COWIE, A.M., 1974. Grain sorghum - High yield, satisfactory protein content, or both? Proc. Agro. Soc. New Zealand. Queensland Univ., St. Lucia, 4: 79-82.

- BENNETT, W.F.; PESEK, J.; HANWAY, J., 1962. Effect of N on phosphorus absorption by corn. *Agr. J.*, **54**: 437-442.
- EPSTEIN, E.; JEFFERIES, R.L., 1964. The genetic basis of selective ion transport in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **15**: 169-184.
- GERLOFF, G.C., 1963. Comparative mineral nutrition of plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **14**: 107-124.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Expt. Sta. Circ.* **347**.
- JACOBSON, L., 1951. Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetra acetate. *Plant Physiol.* **26**: 411-413.
- MALAVOLTA, E., 1975. *Práticas de nutrição mineral de plantas*, Apostila mineo., ESALQ, Piracicaba.
- MALAVOLTA, E., 1976. *Manual de Química Agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo*, Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 528p.
- MATOCHA, J.E.; CONRAD, B.E.; REYES, L.; THOMAS, G.W., 1970. Influence of zinc, iron, potassium and phosphorus on yield and chemical composition of grain sorghum. **PR-2839 - Texas A & M University**, 20p.
- NEWMAN, E.I.; ANDREWS, R.E., 1973. Uptake of phosphorus and potassium in relation to root growth and root density. *Plant and Soil* **38**: 49-69.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; NAKAGAWA, J.; MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P., 1977. Respostas do sorgo granífero (*Sorghum* sp) a N, P, e K, em Latossol vermelho escuro fase arenosa. VII Jornada Científica do "Campus" de Botucatu, Anais, no prelo.
- SMITH, S.N., 1934. Response of inbred lines and crosses in maize to variations of nitrogen and phosphorus supplied as nutrients. *J. of Amer. Soc. of Agronomy* **26**: 785-804.

- THAWORNMAS, D.; BOONAMPOL, P., 1975. A rate study of nitrogen for three varieties at Chainat. **Thailand National Corn and Sorghum Program. 1975 Annual Report**, p.271-276.
- THIEN, S.T.; McFEE, W.W., 1970. Influence on nitrogen on phosphorus absorption and translocation in *Zea mays*. *Soil Sci. Amer. Proc.* **34**: 87-90.
- THIEN, S.J.; McFEE, W.W., 1972. Effect of nitrogen on phosphorus transport systems in *Zea mays* L. *Soil Sci. Amer. Proc.* **36**: 617-620.
- VACHAROTAYAN *et alii*, 1974. Comparative response of sorghum varieties to N-P fertilizers. **Thailand National Corn and Sorghum Program - 1974 Annual Report**, Kasersart University, p.154.
- VANDERLIP, R.L., 1972. **How a Sorghum plant develops.** Contribution n° 1203, Kansas Agr. Exp. Sta., Manhattan, 19p.
- VOSE, P.B., 1963. Varietal differences in plant nutrition. *Herbage Abstracts* **33**(1): 1-13.
- WALL, J.S.; ROSS, W.M., 1975. **Production y usos del sorgo**, ed Hemisfério Sur, Madrid, 400p.
- WARSI, A.S.; WRIGHT, 1973. Influence of nitrogen on the root growth of grain sorghum. *Indian J. Agric. Sci.* **43**(2):142-147.
- 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.
- WHITNEY, D., 1974. **Fertilize wisely. Em: Grain sorghum handbook**, C-494 - Cooperative Extension Service, Kansas State University, Manhattan, p.10-14.

