

ADUBAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA EM CULTURA DE SOJA NO ESTADO DO PARANÁ¹

JOÃO BAPTISTA PALHANO², OSMAR MUZILLI³, KOZEN IGUE⁴,
ANTONIO GARCIA² e GEDI JORGE SFREDO²

RESUMO - No período de 1974 a 1977, foram conduzidos vários experimentos de adubação com a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), no Estado do Paraná, visando: a) estudar o efeito de níveis de adubação fosfatada e potássica aplicadas no sulco de semeadura; b) determinar classes de resposta da soja em função dos teores de fósforo e potássio do solo, indicados pelo método de Mehlich. Os resultados evidenciaram: a) melhor resposta à adubação fosfatada em solos de cultivo recente do que nos de cultivo antigo com a sucessão trigo-soja; comprovou-se, assim, a capacidade da soja em aproveitar o fósforo residual de culturas anteriores; b) a adubação potássica não promoveu aumentos expressivos na produção de soja. Para os solos com baixos teores de P residual, foram estabelecidas as seguintes faixas de disponibilidade do nutriente, indicadas pelo método de Mehlich: muito baixo (inferior a 1,5 ppm), baixo (1,5 - 3,0 ppm), médio (3,0 - 6,5 ppm) e alto (superior a 6,5 ppm); o método de análise empregado foi ineficiente para a avaliação da disponibilidade de P residual.

Termos para indexação: *Glycine max* (L.) Merrill, sulco de semeadura, método de Mehlich.

THE USE OF PHOSPHATE AND POTASSIUM FERTILIZERS IN SOYBEAN CULTURE IN THE STATE OF PARANÁ, BRAZIL

ABSTRACT - Several fertilization experiments were carried out during the 1974-1977 soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) growing season in the State of Paraná, Brazil, in order to determine the effects of phosphate and potassium fertilization levels on soybean performance and to determine response classes as a function of phosphorus and potassium levels in the furrow. The results indicated that: a) the phosphate fertilization provided better results in newly cultivated soils with wheat and soybean than in old ones, indicating a greater absorption capacity of residual phosphorus by this plant; b) the potassium fertilization did not result significant increases in soybean yield. For the low residual-P soils, nutrient availability classes were established by the Mehlich determination method: very low (Below 1,5 ppm), low (1,5 - 3,0 ppm), medium (3,0 - 6,5 ppm) and high (greater than 6,5 ppm). The Mehlich determination method was not efficient for the evaluation of available residual phosphorus.

Index terms: *Glycine max* (L.) Merrill, Mehlich method, furrow fertilization.

INTRODUÇÃO

A soja, no Estado do Paraná, teve consideráveis aumentos de área de plantio na última década. Esta expansão ocorreu através da abertura de novas áreas agrícolas e por substituição de outras culturas.

Esta cultura manifesta baixos índices de produtividade quando o fósforo disponível no solo constitui fator limitante. Quando cultivada em solos de

elevada fertilidade natural, ou em locais com altos teores de fósforo residual de culturas anteriores, como da própria sucessão soja-trigo, é esperada baixa reação da soja à adubação fosfatada.

Quanto ao potássio, não se têm constatado deficiências visíveis na cultura e nem aumentos significativos da produção com o uso de fertilizantes potássicos.

Basicamente, as análises químicas do solo têm direcionado as recomendações de adubação de uma forma genérica, em diferentes condições de uso da terra. Estudos anteriores, conduzidos por Mascarenhas & Kiihl (1974), evidenciam que só o uso da análise química, nem sempre fornece uma fiel estimativa da disponibilidade de nutrientes para a planta, pois boa parte do fósforo residual de cultivos anteriores não é indicado pelo extrator, mas é absorvido pela soja.

Objetivando-se identificar as necessidades de

¹ Aceito para publicação em 8 de fevereiro de 1983. Trabalho conduzido através do IAPAR e CNPSo/EMBRAPA, Londrina, PR.

² Eng^o - Agr^o, M.Sc., Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo) - EMBRAPA, Caixa Postal 1061, CEP 86100 - Londrina, PR.

³ Eng^o - Agr^o, M.Sc., Fundação Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, Caixa Postal 1331, CEP 86100, Londrina, PR.

⁴ Eng^o - Agr^o, Ph.D., IAPAR, Londrina, PR.

adubação fosfatada e potássica para a soja nos solos do Paraná e a melhoria das interpretações de análises químicas, conduziu-se uma série de experimentos de campo nos anos 1974/75 a 1976/77, procurando-se contemplar áreas de cultivo recente e antigo com a sucessão trigo-soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em lavouras de agricultores nos anos 1974/75 a 1976/77, totalizando vinte locais distribuídos nas principais regiões produtoras.

As amostragens de solo foram feitas na ocasião da semeadura, e o resultado das análises químicas, juntamente com as características edafoclimáticas e a condição de uso da área, são mostrados na Tabela 1. O fósforo foi extraído pela solução ácida de H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N e determinado por colorimetria.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. Os tratamentos para testar os níveis de fósforo foram: 0, 40, 80, 120 e 160 kg de P_2O_5 /ha, na forma de superfosfato triplo, sendo cada nível acrescido das doses de 30 kg de enxofre (S/ha) e 60 kg potássio (K_2O /ha). Os tratamentos para testar níveis de potássio foram: 0, 30, 60 e 90 kg de K_2O /ha,

TABELA 1. Características edafoclimáticas e condições de uso com a sucessão trigo-soja predominantes nos locais dos experimentos.

Localidades	Condição predominante		Condição de uso com a sucessão trigo-soja ³	Análise química do solo (0 - 20 cm) ⁴						
	Tipo climático ¹	Unidade de solo ²		pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al %	P ppm
e.mg./100 ml TFSA										
Safra 1974/75										
Guarapuava	Cfb	LCd	R	5,4	0,50	3,51	2,96	0,47	6,7	8,1
Campo Mourão	Cfa	LEd	A	5,0	0,20	3,37	1,00	0,23	4,2	14,7
Ponta Grossa	Cfb	LEd	A	5,2	0,20	3,64	2,33	0,32	3,1	8,1
Cascavel	Cfa	LRd	A	4,6	1,20	2,86	2,23	0,36	18,0	8,7
Floresta	Cfa	LRd	A	5,5	0,20	8,20	1,67	0,43	1,9	6,0
Itambaracá	Cfa	TRe	A	5,8	0,20	7,70	1,57	0,76	1,9	18,2
Safra 1975/76										
Campo Mourão	Cfa*	LRd	A	5,0	0,12	2,56	0,59	0,21	3,4	1,9
Coronel Vivida	Cfa	LRd	A	4,8	0,10	3,63	0,97	0,11	2,1	1,8
Ponta Grossa	Cfb	LEd	A	5,9	0,00	3,61	1,59	0,25	0,0	3,5
Apucarana	Cfb	LRd	R	4,9	0,30	3,20	0,92	0,20	6,5	6,3
Palotina	Cfa	LRd	R	5,1	0,10	7,02	0,59	0,37	1,2	3,6
Guarapuava	Cfb	LBd	A	4,7	0,21	2,77	0,55	0,27	5,5	2,9
Realeza	Cfa	LRd	R	5,1	0,10	6,20	0,64	0,44	1,3	2,2
Cascavel	Cfa*	LRd	R	4,6	0,53	2,55	0,47	0,10	14,3	1,6
Terra Boa	Cfa	LRd	R	4,6	0,20	5,10	0,94	0,40	3,0	2,4
Marilândia do Sul	Cfb	LRa	R	5,0	0,77	1,80	0,84	0,24	21,0	3,3
Bela Vista do Paraíso	Cfa	LEd	R	5,4	0,20	2,68	0,30	0,15	6,0	23,8
Safra 1976/77										
Tibagi	Cfb*	LEd	A	4,8	0,79	1,00	0,87	0,16	28,0	1,8
Cascavel	Cfa	LRa	A	4,8	1,12	1,75	0,94	0,17	28,0	1,3
Andará	Cfa	LRd	A	5,7	0,00	7,53	1,54	0,60	0,0	1,4

¹ Caracterização climática segundo classificação de Köppen

² Caracterização pedológica segundo critérios definidos pelo SNLCS/EMBRAPA

³ R = Solos de cultivo recente (menos de 3 anos de cultivo da sucessão soja-trigo com fertilizantes)

⁴ Análise segundo métodos em uso no laboratório de Solos do IAPAR. Médias de 3 repetições

* Áreas em zona de transição, comportando-se no verão como tipicamente Cfa e no inverno com Cfb

Fonte: IAPAR, 1978 - Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná.

na forma de cloreto de potássio, também acrescido de enxofre (S) e fósforo (P_2O_5) nas respectivas doses de 30 e 120 kg/ha.

Utilizou-se a cultivar Viçôja como indicadora, sendo as sementes inoculadas na ocasião da semeadura; a população total foi de 300.000 plantas por hectare. A avaliação dos resultados foi feita a partir dos pesos da produção de grãos, em área útil de $7,2 m^2$; os valores foram transformados em kg/ha, com correção da umidade para 13%.

Aplicou-se a análise de variância nos resultados, e o contraste entre as médias foi feito pelo teste de Duncan (5%).

Os locais que apresentaram um coeficiente de variação superior a 20% não foram considerados neste trabalho.

A correlação entre o fósforo disponível no solo e a produção de grãos foi feita agrupando-se os locais conforme a condição de uso, excluindo-se os solos de textura média a arenosa. Utilizou-se o modelo matemático $y = a + \frac{b}{x}$, onde a variável independente foram os teores de P disponível, e a variável dependente foram as produções das testemunhas em relação às máximas produções obtidas com o nutriente, expresso em percentagem (Raj 1974), conforme a fórmula:

$$\text{Produção relativa da Testemunha} = \frac{\text{Produção da testemunha}}{\text{Produção máxima com P}} \times 100.$$

No ano agrícola 1974/75, usou-se a média de cada experimento para a definição dos pontos da correlação, ao passo que nos demais anos cada ponto é definido pelas coordenadas de um determinado bloco.

As amplitudes de fósforo que caracterizaram as classes de respostas foram definidas a partir da relação entre o teor de fósforo no solo e a produção relativa, conforme Raji (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de grãos em solos de cultivo recente

As produções médias de soja em função das doses de P_2O_5 e K_2O , aplicadas em solos de cultivo recente, encontram-se na Tabela 2; os níveis de fósforo proporcionaram diferenças significativas na produção somente em três dos locais, embora tenha havido tendência de respostas positivas na maioria das demais localidades.

Cordeiro et al. (1979), trabalhando com níveis e fontes de fósforo, em solo recém cultivado, obtiveram boas respostas ao nutriente. Fole & Grimm (1973), avaliando o efeito residual de fós-

foro em cultura de soja no Rio Grande do Sul, observaram amplas probabilidades de resposta da cultura, em solos com baixos teores de fósforo nativo e residual.

TABELA 2. Efeito da aplicação de doses de fósforo e potássio sobre o rendimento de grãos de soja (kg/ha) em solos de cultivo recente no Estado do Paraná. IAPAR/CNPSO/EMBRAPA, Londrina, PR.

Doses (kg/ha)	Localidades e anos agrícolas							
	Guarapuava 74/75	Apucarana 75/76	Palotina 75/76	Realeza 75/76	Terra Boa 75/76	Mar. do Sul 75/76	B.V. Paraíso 75/76	Carcavel 75/76
	Rendimentos médios de grãos (kg/ha)*							
P_2O_5								
0	2.473 A	3.256 A	2.777 A	2.880 A	2.741 C	1.626 A	2.234 C	1.801 B
40	2.522 A	3.046 A	2.650 A	3.014 A	2.810 C	1.703 A	2.707 BC	2.094 AB
80	2.601 A	3.073 A	3.044 A	3.242 A	3.864 AB	1.896 A	2.770 ABC	1.948 B
120	2.632 A	3.728 A	2.964 A	3.292 A	3.409 BC	1.947 A	2.978 AB	2.461 AB
160	2.449 A	3.234 A	2.942 A	3.296 A	4.145 A	2.085 A	2.976 AB	2.867 A
K_2O								
0	2.661 A	3.504 A	2.928 A	3.271 A	4.264 A	1.986 A	2.933 A	1.613 B
30	2.806 A	3.161 A	2.950 A	3.125 A	4.053 AB	1.982 A	3.324 A	2.567 A
60	2.632 A	3.728 A	2.964 A	3.292 A	3.409 B	1.947 A	2.978 A	2.461 AB
90	2.544 A	3.269 A	3.037 A	3.013 A	3.861 AB	1.834 A	3.185 A	2.976 A

* As médias com letras em comum nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan (5%).

O potássio, de modo geral, não promoveu acréscimos significativos sobre a produção de grãos, o que é compreensível, posto que, em sua maioria, os solos trabalhados apresentaram teores de potássio de médio para alto, segundo tabela do IAPAR (Muzilli et al. 1978).

Produção de grãos em solos de cultivo antigo

O efeito das doses de P_2O_5 e K_2O aplicadas em solos de cultivo antigo é mostrado na Tabela 3.

De modo geral, não houve respostas da cultura à aplicação de adubo fosfatado, embora, na maioria das situações, fossem baixos os teores de fósforo do solo indicados pela análise de solo. Nessa situação, admite-se como causa da pouca resposta a ocorrência de fósforo residual aplicado em culturas anteriores, que o extrator químico utilizado não revelou, mas que a cultura da soja, possuindo elevada capacidade de absorção, aproveitou de forma adequada. Braga (1970) destacou a elevada capacidade das leguminosas quanto ao aproveitamento de fósforo, e Mascarenhas & Kühn (1974) mostraram a ausência de reação da cultura à aplicação de adubo fosfatado quando existia P residual no solo.

A análise química revelou teores de potássio no solo variando de médio a alto, o que explica o fato de, na maioria dos casos, não ter havido respostas ao emprego do nutriente.

Caracterização das classes de respostas a fósforo

Classes de resposta em solos de cultivo recente

A Fig. 1 mostra a correlação existente entre o fósforo do solo, extraído pelo método Mehlich, e a produção relativa na ausência de fósforo. A função que possibilitou o melhor ajuste aos dados observados foi a equação: $y = 97,6091 - 55,4694 \cdot \frac{1}{x}$.

Através da curva ajustada, os intervalos foram assim estabelecidos:

- P abaixo de 1,5 ppm, para limite muito baixo (produção relativa menor de 60%).
- P entre 1,5 e 3,0 ppm, para limite baixo (produção relativa entre 60 e 80%).
- P entre 3,0 e 6,5 ppm, para limite médio (produção relativa entre 80 e 90%).
- P acima de 6,5 ppm, para limite alto (produção relativa acima de 90%).

TABELA 3. Efeito da aplicação de doses de fósforo e potássio sobre o rendimento de grãos de soja (kg/ha) em solos de cultivo antigo no Estado do Paraná. IAPAR-CNPSo/EMBRAPA, Londrina, PR.

Doses (kg/ha)	Localidades e anos agrícolas											
	Campo Mourão	Ponta Grossa	Cascavel	Floresta	Itambaracá	Coronel Vivida	Ponta Grossa	Guarapuava	Campo Mourão	Cascavel	Andirá	Tibagi
P_2O_5												
0	3.249 A	2.712 B	3.028 A	2.808 A	3.280 A	2.823 A	3.262 AB	3.186 A	3.575 A	2.585 A	1.195 A	3.449 A
40	3.430 A	3.055 A	3.106 A	2.562 A	3.094 A	2.897 A	3.510 A	3.091 A	3.827 A	2.714 A	1.187 A	3.368 A
90	3.437 A	3.085 A	3.261 A	2.877 A	3.340 A	3.036 A	3.304 AB	2.921 A	3.614 A	2.616 A	1.058 A	3.447 A
120	3.349 A	2.883 AB	3.051 A	2.599 A	3.460 A	2.738 A	3.342 A	3.125 A	3.589 A	2.622 A	1.419 A	3.317 A
160	3.422 A	2.913 AB	3.187 A	2.828 A	3.262 A	2.875 A	3.010 B	3.204 A	3.441 A	2.631 A	1.375 A	3.466 A
K_2O												
0	3.560 A	2.871 B	3.120 A	3.020 A	3.465 A	2.744 A	3.210 A	3.173 A	3.625 A	2.918 A	1.371 A	3.412 A
30	3.495 A	2.930 B	2.823 A	2.871 A	3.469 A	2.619 A	3.377 A	3.006 A	3.353 A	2.797 A	1.298 A	3.488 A
60	3.349 A	2.883 B	3.051 A	2.599 A	3.460 A	2.738 A	3.342 A	3.125 A	3.589 A	2.622 A	1.419 A	3.317 A
90	3.567 A	3.223 A	3.308 A	2.901 A	3.368 A	2.910 A	3.171 A	3.022 A	3.609 A	2.815 A	1.209 A	3.370 A

* As médias com letras em comum nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan (5%).

Classes de resposta em solos de cultivo antigo

Não foi possível estabelecer nenhum tipo de correlação entre o fósforo do solo e a produção relativa da testemunha (Fig. 2). As altas produções em ausência de adubação fosfatada, em contraste com os baixos teores de P indicados pelo extrator

químico, sugerem a ineficiência do método analítico na avaliação do nutriente que realmente foi aproveitado pela planta.

Caracterização das classes de resposta a potássio

Os resultados obtidos com doses crescentes de K_2O , em ambas as condições de uso do solo, não

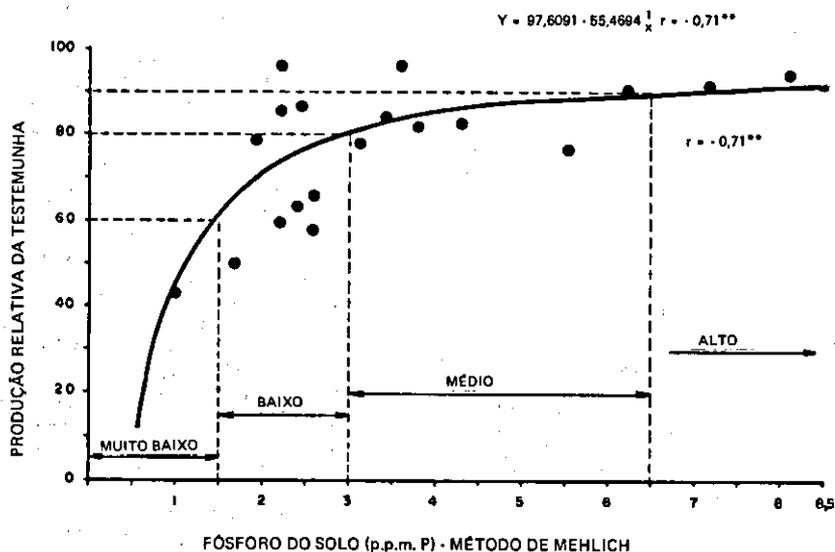


FIG. 1. Correlação entre os teores de fósforo do solo com a produção relativa de grãos de soja em solos argilosos de cultivo recente no Paraná.

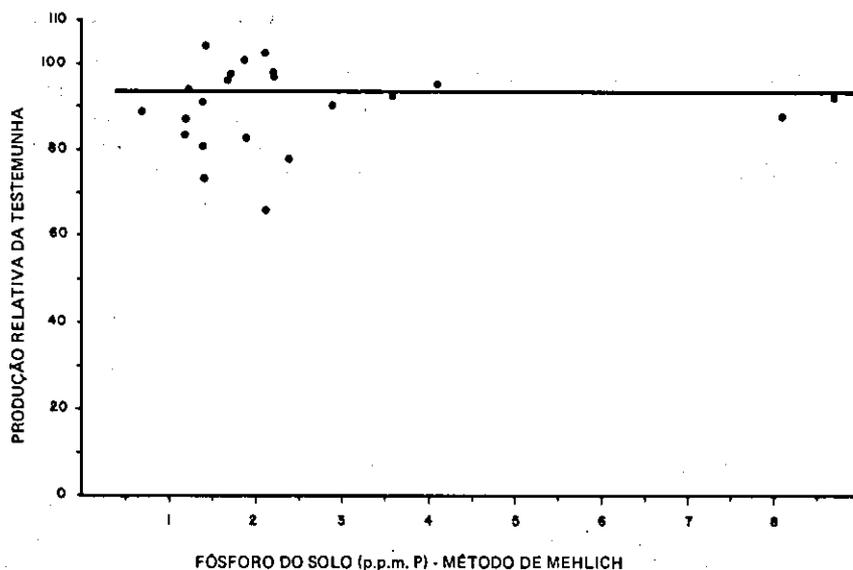


FIG. 2. Correlação entre os teores de fósforo do solo com a produção relativa de grãos de soja em solos argilosos de cultivo antigo no Paraná.

permitiram que se definisse uma correlação entre os teores indicados pelo extrator químico com a produção de grãos. Muzilli et al. (1982), estudando os efeitos da adubação fosfatada e potássica na cultura de milho, em solos do Estado do Paraná, também não conseguiram o estabelecimento de classes de resposta ao emprego deste nutriente.

CONCLUSÕES

1. A adubação fosfatada, em solos de baixa fertilidade natural e de cultivo recente com a sucessão trigo-soja, revelou ser uma prática de valor no incremento da produtividade de soja, no Estado do Paraná; a análise de solo, nestas condições, mostrou boa eficiência na previsão da disponibilidade do elemento para a planta.

2. A soja, em solos com mais de três anos de cultivo com a sucessão trigo-soja, mostrou grande capacidade de aproveitamento do fósforo residual das culturas anteriores, possibilitando, com isso, uma redução no uso de fertilizantes fosfatados. Nestas condições, a análise de solo foi ineficiente para a avaliação do fósforo residual disponível.

3. Para os solos de cultivo recente, foram estabelecidas as seguintes classes de disponibilidade do nutriente, indicada pelo método de Mehlich; teor muito baixo = P inferior a 1,5 ppm; teor baixo = P entre 1,5 a 3 ppm; teor médio = P entre 3 a 6,5 ppm; teor alto = P superior a 6,5 ppm.

4. A adubação potássica não evidenciou aumentos significativos na produção de soja, no Estado do Paraná, impossibilitando, desta forma, o estabelecimento de classes de resposta ao uso do nutriente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração prestada pelo Departamento Técnico da INDUSFIBRA-ÓLEOS, que foi de extrema importância na execução dos trabalhos.

REFERÊNCIAS

- CORDEIRO, D.S.; POTTKER, D.; BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; MESQUITA, A.N.; DITTRICH, R. C. & PALHANO, J.B. Efeito de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na região de Dourados (MS). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 3:100-5, 1979.
- BRAGA, J.M. Resultados experimentais com o uso de fosfato de Araxá e outras fontes de fósforo; revisão de literatura. Viçosa, UFV, 1970. 61p. (UFV. Boletim Técnico, 21).
- FOLE, D.A. & GRIMM, S.S. Avaliação do efeito residual do fósforo por meio de métodos de extração e modelos matemáticos no oxissolo Passo Fundo. *Agron. Sotriogr.*, 9:205-21, 1973.
- MASCARENHAS, H.A.A. & KIIHL, R.A.S. Observações preliminares sobre o efeito da adubação fosfatada na produção de soja em Latossolo Roxo distrófico. *Bragantia*, 33:67-70, 1974.
- MUZILLI, O.; LANTMANN, A.F.; PALHANO, J.B.; OLIVEIRA, E.L.; PARRA, M.S.; COSTA, A.; CHAVES, J.C.D. & ZOCOLER, D.C. Análises de solos - interpretação e recomendação de calagem e adubação para o Estado do Paraná. Londrina, IAPAR, 1978. 49p. (IAPAR. Circular, 9).
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. & TORNERO, M.T. Emprego da análise do solo e estimativa de doses econômicas para adubação fosfatada e potássica em cultura de milho no Estado do Paraná, Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(2):203-9, 1982.
- RAIJ, B. van. Calibração de potássio trocável nos solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. *Ciênc. Cult.*, 26(6):579, 1974.