

O POTÁSSIO NA CULTURA DO MILHO

Carlos Alberto Vasconcelos¹
Hélio Lopes dos Santos¹
Gonçalo Evangelista de França¹

1. CONSUMO DE FERTILIZANTES POTÁSSICOS

O consumo de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos no Brasil cresceu consideravelmente na década de 1970, com um aumento aproximado de 70% neste período (Figura 1). A demanda por fertilizantes nitrogenados e fosfatados foi maior do que para fertilizantes potássicos. A taxa de crescimento anual foi de 13,46% para NPK e de 14,07% para o K.

Em 1980, cerca de 43,4% dos fertilizantes nitrogenados e 81,6% dos fertilizantes fosfatados consumidos no país foram provenientes de produção nacional (ROCHA, 1981), enquanto que todo o fertilizante potássico foi importado. As reservas de maior valor econômico estão localizadas nos municípios de Carmópolis e Santa Rosa de Lima, no Estado do Sergipe, cujo projeto de mineração apresenta uma capacidade de fornecimento inicial de 500.000 t de KCl/ano (ANÔNIMO, 1980).

A previsão de produção para 1983 é de apenas 48 mil t ano⁻¹ de K₂O (ROCHA, 1981), Enquanto a demanda estimada é de 1,8 milhões de t. (ANÔNIMO, 1981). Portanto, é pouco provável que a curto prazo o Brasil venha se tornar autosuficiente na produção de adubos potássicos, a não ser que novas jazidas com elevada capacidade produtiva sejam descobertas e que se acelere os projetos de exploração de potássio.

As previsões de consumo regional de potássio, até 1985, estão representadas na Figura 2. O maior consumo é para a região Centro, seguindo-se a região Sul e a Norte-Nordeste. A localização das principais jazidas brasileiras, portanto, poderá ser um fator favorável para estimular o consumo adequado do fertilizante potássico.

O cloreto de potássio destaca-se como a principal fonte de fertilizante potássico importado (96% do total). Outras fontes, tais como sulfato de potássio, nitrato de potássio e sulfato duplo de potássio e magnésio são importados em menores quantidades (4% do total), ANÔNIMO (1980).

¹ Pesquisadores do CNPMilho e Sorgo - EMBRAPA, Sete Lagoas-Mg, Brasil.

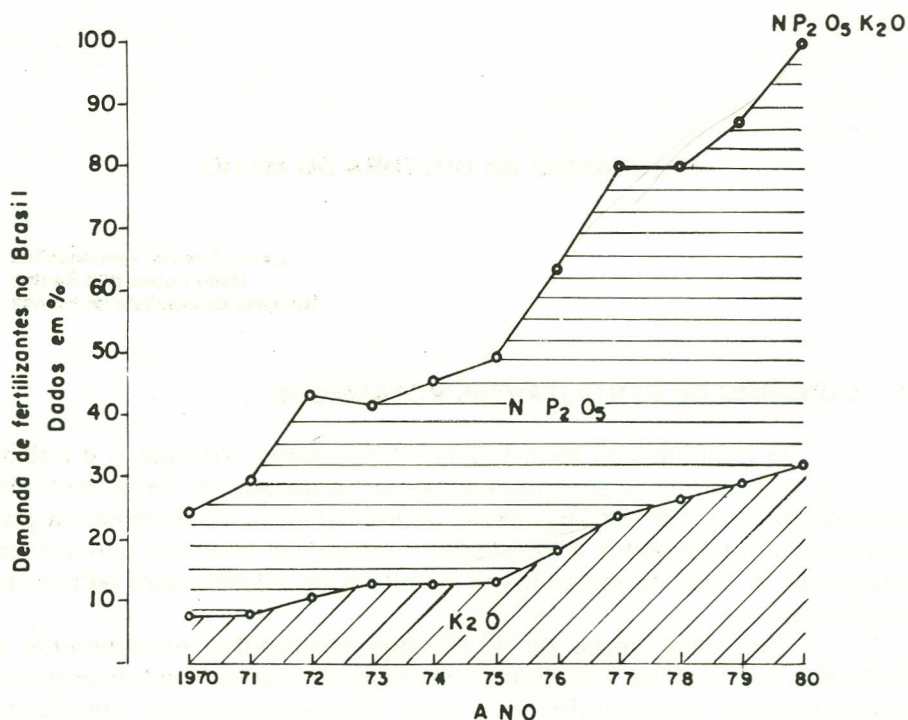


FIGURA 1. Consumo aparente de fertilizantes no Brasil na década de 70. 100% = 4007 mil t de nutrientes. Fonte: Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas no Est. de São Paulo.

2. EXTRAÇÃO DE POTÁSSIO PELA CULTURA DO MILHO

O potássio é o cátion mais abundante na planta, sendo notável a diferença na velocidade de absorção, quando comparado com outros elementos.

A taxa de absorção de potássio é relativamente lenta até 30 dias após a germinação (Figura 3), aumentando consideravelmente a partir desta data, mantendo uma taxa constante de crescimento por um período de 20 a 25 dias (GAMBOA, 1980). Neste período a absorção diária pode atingir a taxa de $7,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

FURLANI *et alii* (1977) demonstraram que a taxa de absorção iônica varia com o material genético e com a população de plantas. As maiores taxas de absorção foram obtidas no período compreendido entre 29 e 42 dias após a germinação, isto é, do estágio de diferenciação floral ao estágio de diferenciação da espiga. Neste período, para uma população de $42.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ obteve-se uma taxa de $2,58 \text{ kg de K ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

TABELA 1. Extração de nitrogênio, fósforo e potássio pela cultura do milho.

Nutrientes	Extração total	Exportado pelo grão			Translocado para o grão
		kg/t			
N	34	23 ^{1/}	13.7 ^{2/}	21 ^{3/}	68
P	7	5.6	2.2	4.3	80
K	35	7	3.1	6.3	20

^{1/}MALAVOLTA e DANTAS (1980)

^{2/}HIROCE (1979)

^{3/}ANDRADE et alii (1975)

Dados de extração total de N, P, K, pela cultura do milho (parte aérea) e da quantidade exportada pela colheita de grãos são apresentados na Tabela 1. Apesar da variação devido a fatores climáticos, solos, práticas culturais e diferenças entre cultivares, etc. esses dados dão uma idéia da exigência da cultura. Nitrogênio e potássio são extraídos em maiores quantidades do que o fósforo. Entretanto, a percentagem do total extraído que é translocado para as sementes é maior para fósforo (80%) do que para nitrogênio (68%) e potássio (20%).

Em termos médios, a proporção de exportação de NPK pelo grão do milho é de 5:1:1,5 enquanto que a extração total de nutrientes é de 5:1:5.

Tendo-se como referência a produção de milho em 1979, 16.300.000 t (FIBGE, 1980) e os dados apresentados na Tabela 1, estima-se que a exportação mínima e máxima será 223 a 375 mil t para N; 36 a 91 mil t para P (82 a 208 mil de P_2O_5) e 50 a 114 mil t para K (60 a 137 mil t de K_2O). Portanto, apenas para repor os nutrientes retirados pelos grãos seriam necessários de 365 a 720 mil t de nutrientes, ou seja de 32 a 64 kg de $N-P_2O_5-K_2O/ha$ (área de 11.300.000 ha) FIBGE, 1980.

Assumindo-se que 8,8% do consumo de fertilizantes no país em 1979 (3.438 mil t de nutrientes) foram aplicados na cultura do milho (ROCHA, 1981), tem-se a aplicação média de 27 kg de nutrientes/ha, insuficientes, portanto, até para repor as quantidades extraídas.

Aliado a este aspecto deve-se acrescentar que o P é o elemento predominante na grande maioria das formulações de adubos. A estimativa do consumo de fertilizantes em 1980, por exemplo, indica a utilização de 889, 1849 e 1269 mil t de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. ROCHA (1981).

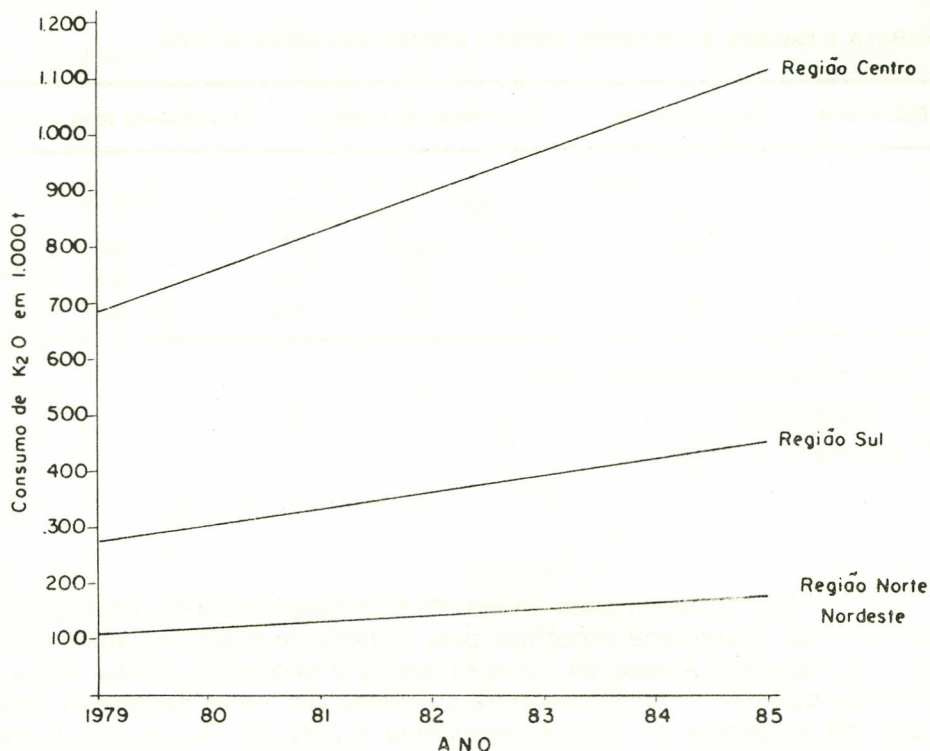


FIGURA 2. Estimativa do consumo de K_2O , por região. Taxa de crescimento anual, 8,47%.
 Fonte: Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas no Estado de São Paulo, 1981.

3. FORMAS DE POTÁSSIO NO SOLO

O potássio ocorre no solo em diferentes formas, tais como:

- solúvel em água
- trocável
- não trocável
- potássio contido na matéria orgânica
- potássio estrutural

A forma de K solúvel em água representa o teor de K livre das forças de absorção exercidas pelas partículas coloidais do solo.

Sob a denominação de K-trocável encontra-se a quantidade do elemento que é extraída com uma solução de acetato de amônio 1 N pH 7,0, numa relação solo/solução de 1:10. A forma não trocável pode ser avaliada utilizando-se como extrator o ácido sulfúrico concentrado (HUNTER e PRATT, 1957); o estrutural é aquele definido como integrante

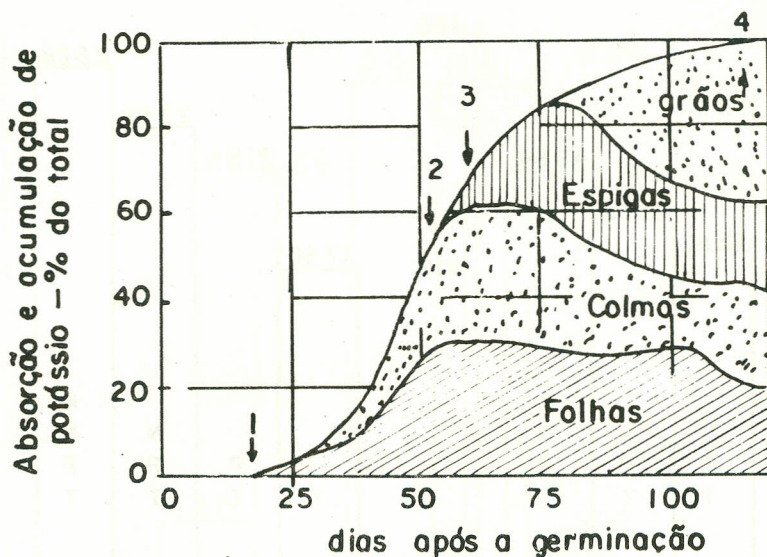


FIGURA 3. Absorção e acumulação de potássio por plantas de milho em função de ciclo vegetativo em dias. 1) início de germinação, 2) início formação de espigas, 3) início formação do pendão, 4) maturação. Fonte: GAMBOA (1980).

das diversas estruturas de minerais primários e secundários existentes no solo. As formas de K não trocável dão uma idéia da fração do K estrutural que está disponível para as plantas.

A importância destas formas de K na nutrição das plantas pode ser visualizada no trabalho de MIELNICZUK e SELBACH (1978) que, trabalhando com seis solos do Rio Grande do Sul, verificaram haver alta correlação entre o total de K extraído por cultivos sucessivos e o K trocável e entre o K extraído com o HNO_3 . Os teores do K-trocável diminuíram, em média, 75% e 87% para os tratamentos sem e com aplicação de K, respectivamente. O K-HNO_3 abaixou 57% e 75%. Estas observações, portanto, evidenciam a rápida depleção do K nos solos altamente intemperizados. GOEDERT, SYERS e COREY (1975) demonstraram que os solos desenvolvidos de basalto no Rio Grande do Sul apresentam baixa capacidade tampão, isto é, a quantidade de K sujeita a equilíbrio é facilmente liberada para a solução do solo. Como consequência, o K será facilmente esgotado se submetido a um cultivo intensivo.

CASTRO *et alii* (1972), estudando as diferentes formas de K em solos de diversos estados do Brasil verificaram que o teor de K total está mais ligado ao regime pluviométrico e ao grau de desenvolvimento do solo do que à umidade. Os maiores teores de K deverão ser encontrados em solos com baixa precipitação ou em solos menos desenvolvidos.

Os dados destes autores permitem, também, inferir que o K é um elemento passível de apresentar problemas de deficiência a curto e

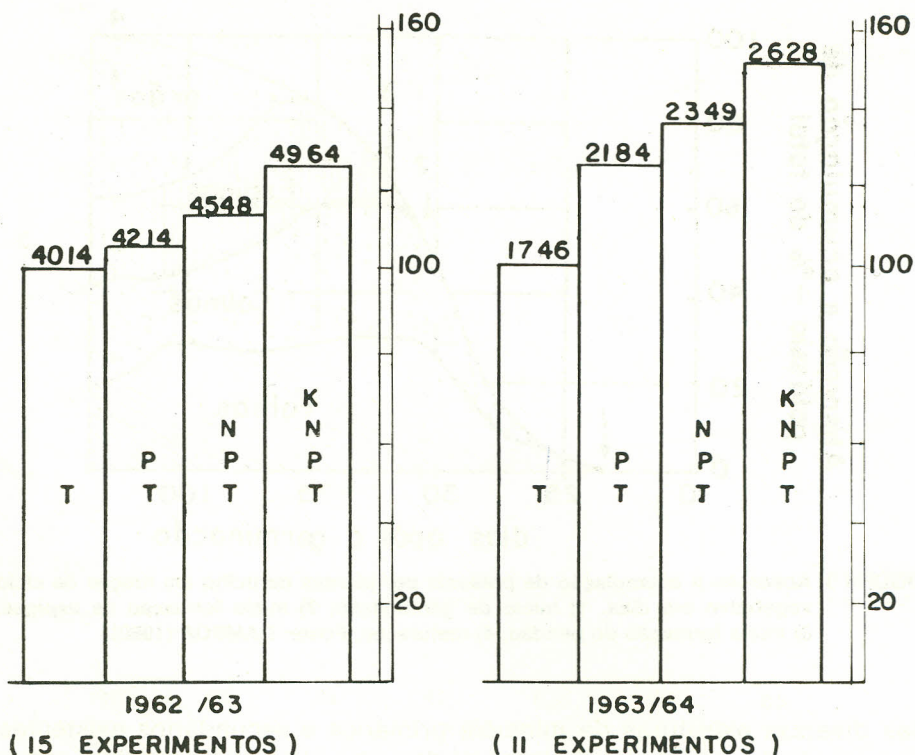


FIGURA 4. Produção da cultura de milho no Rio Grande do Sul em kg/ha. Fonte: KALCKMANN (1966).

médio prazo, desde que não haja, principalmente, as reposições das quantidades extraídas pelas culturas. Em 60% de amostras analisadas, o K-não trocável (obtido com HNO_3 1 N) ficou abaixo de 137 ppm. Este é o limite apresentado por METSON (1968), abaixo do qual há possibilidades de deficiência de potássio.

CRISOSTOMO e CASTRO (1970), trabalhando em 20 solos do Ceará, tendo como planta indicadora o milho, concluíram que o K- HNO_3 (extração a quente) fornece uma indicação segura do poder de suprimento de K do solo, podendo ser empregado sempre que houver necessidade de informações a curto prazo.

4. POTÁSSIO DISPONÍVEL

Quando a associação entre os teores de K extraídos do solo e crescimento (ou produção) vegetal correlacionam-se significativamente,

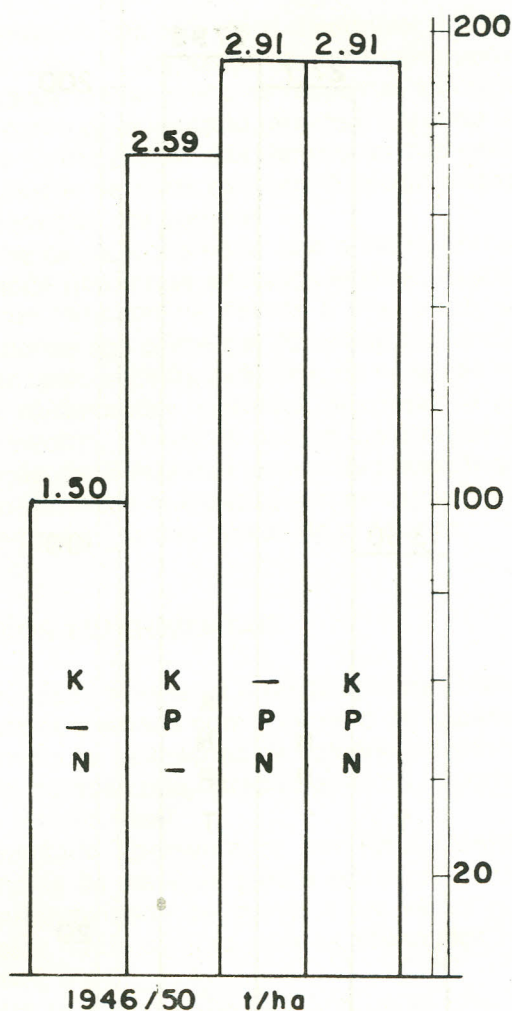


FIGURA 5. Produção da cultura de milho em São Paulo, em t/ha. Fonte: KALCKMANN (1966).

diz-se que o método para extrair K fornece o "K-disponível". É, independentemente, portanto, das formas de K no solo.

Muitos extratores químicos podem ser adotados para medir esta disponibilidade de K, entretanto, para uniformização das informações, em todo o Brasil, o extrator denominado Carolina do Norte (H_2SO_4 0,025 N e HCl 0,05 N) na relação volumétrica amostra de solo: extrator de 10:100 cm^3 . BRAGA e BRASIL SOBRINHO (1973b), encontraram melhores respostas, para este extrator, com a relação de 10:30 cm^3 .

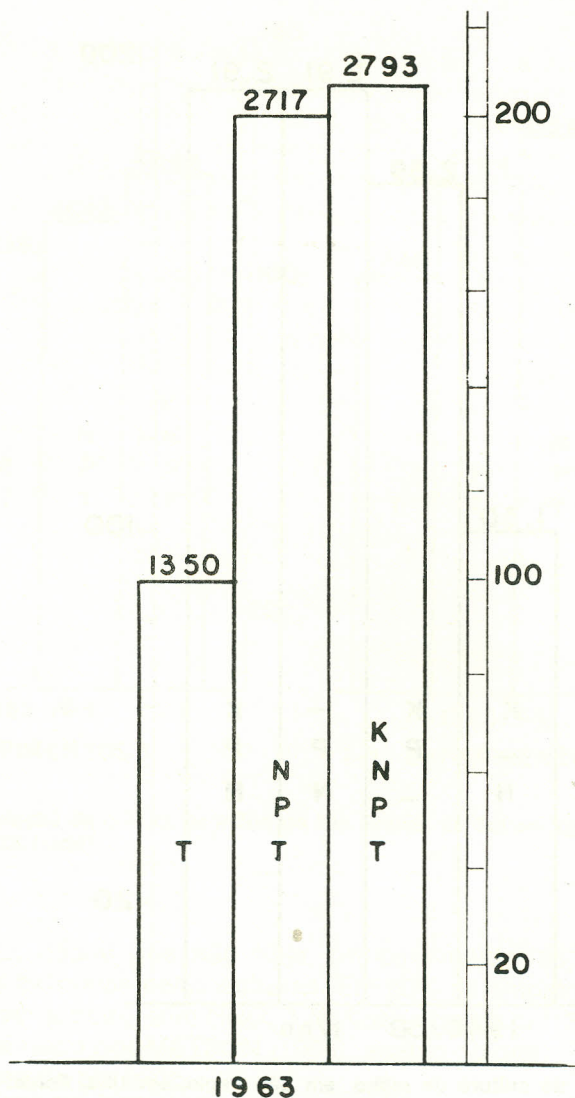


FIGURA 6. Produção da cultura de milho nas caatingas da região de Petrolina, Pernambuco, em kg/ha. Fonte: KALCKMANN (1966).

Diversos trabalhos, em diferentes regiões e culturas, (MUZZILLI *et alii*, 1969; SÁ JUNIOR *et alii*, 1970; BRAGA e BRASIL SOBRINHO, 1973a, VAN RAIJ, 1973; RITCHEY *et alii*; 1979 entre outros), demonstraram que o nível crítico para o K disponível está situado entre 40 e 60ppm.

LOPES (1975), em análises de 518 amostras de solo (0 a 20cm de profundidade) tomadas em uma área de aproximadamente 600.000 km² no Brasil Central (Goiás e Minas Gerais), verificou que 85% destas

amostras apresentaram um teor de K disponível inferior ao nível crítico de 60ppm. Entretanto, as respostas ao fertilizante potássico, nestes solos, não são tão acentuadas como as respostas ao calcário e ao fósforo. Provavelmente, como demonstrado através da análise de K-não trocável, a capacidade de fornecimento das demais formas estejam limitando as respostas nos ensaios de curta duração. A médio e longo prazo, o K poderá limitar a produção das culturas.

Deve-se ainda, considerar que a incorporação dos restos culturais ao solo repõe quase que a totalidade do K extraído pela cultura do milho (80%) como indicado na Tabela 1. Por outro lado, a análise do solo refere-se apenas aos primeiros 20 cm de profundidade e é possível haver exploração, pelo sistema radicular, de camadas mais profundas.

Estas observações, portanto, acarretam a necessidade de se conduzir experimentos, a nível de campo, com maior duração, acompanhando a evolução das diferentes formas de potássio no solo e avaliando parâmetro físico-químicos que expliquem as variações do K no solo e favoreçam as interpretações das curvas de produção.

5. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A adubação potássica é relativamente pouco estudada principalmente quando comparada com o número de trabalhos realizados para avaliar as respostas às aplicações de calcário e fósforo. Além disso, são ensaios de curta duração não ultrapassando na maioria dos casos 2 anos de resposta no mesmo local.

O resultado apresentados por KALCKMANN (1966) demonstram o baixo índice de resposta para a adubação potássica, em diferentes níveis da produtividade de milho, e em várias regiões do país. As maiores respostas foram sempre para as adubações nitrogenadas e fosfatadas (Figuras 4, 5 e 6).

Dentre os vários trabalhos com baixa resposta a K na cultura do milho podem ainda ser mencionados os de SCOTT *et alii* (1969) em 33 ensaios colhidos em solos da região oeste do Estado do Paraná, os de BALDANZI *et alii* (1970) em 17 ensaios distribuídos na região norte do Paraná e os de GOEPFERT *et alii* (1974) para solo P.V.A. no Rio Grande do Sul.

Os ensaios com respostas significativas demonstram, de maneira geral, uma recomendação média de 40-60 kg de K_2O /ha (33 a 53 kg de K/ha), ou seja, praticamente o K extraído pelas plantas de milho para a produção de 1 t de grãos (BRITTO *et alii*, 1971; BNDE/ANDA, 1974; BAHIA, *et alii* 1973; PONS *et alii*, 1977).

6. CONCLUSÕES

1. Dado o caráter essencial do K na nutrição mineral das plantas e a dependência de sua importação, é necessário que se estimule o aproveitamento das jazidas de K existentes no país;
2. Na cultura do milho o consumo de fertilizante (NPK) é baixo. A adubação média aplicada não é suficiente para repor a quantidade de nutrientes exportada pelos grãos;
3. Nos estudos de fertilidade do solo e da adubação potássica tem predominado a execução de ensaios de curta duração. É necessário, portanto, elaborar ensaio com maior duração;
4. O potássio pode ser considerado um elemento problema no futuro, ou seja, os cultivos sucessivos e a baixa reposição pelas adubações deverá acarretar, a médio e longo prazo, limitações de produção devido a deficiência de potássio.
5. De maneira geral, o nível crítico pelo extrator Carolina do Norte está entre 40 e 60ppm de K. A adubação média recomendado tem variado de 40 a 60 kg de K₂O/ha.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). I. Acúmulo de Macro Nutrientes. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, **32**:115-149. 1975.
2. ANÔNIMO. Potash consumption in Brazil. Phosphorus & Potassium, **107**:18-21, 1980.
3. BAHIA, F. *et alii*. Ensaio de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do milho em Minas Gerais. I. Análise pela lei de Mitscherlich **Pesq. Agropec. bras. Série Agron.**, Brasília, **8**:231-238 1973.
4. BALDANZI, G.; SANCHES, J.R.; ZIMMERMANN, F.J.P. Ensaio de adubação com milho na região norte do Paraná. **Rev. da Escola de Agronomia e Veterinária**, Curitiba, **6**:7-23, 1970.
5. BNDE/ANDA. Relatório 1974.
6. BRAGA, J.M.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos de Minas Gerais. I. Potássio disponível. **Rev. Ceres**, Viçosa, **20**(107):53-64. 1973a.

7. BRAGA, J.M.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos do Estado de Minas Gerais. III. Potássio não trocável. **Rev. Ceres**, Viçosa, 20(111): 301-312. 1973b.
8. BRITTO, D.P.P.S.; CASTRO, A.F.; NERY, C.; COSTA, F.A. Ensaio de adubação de milho em Latossolo Vermelho Amarelo sob vegetação de cerrado. **Pesq. agropec. bras. série agron.**, Brasília, 6:203-207, 1971.
9. CASTRO, A.F.; ANASTÁCIO, M.L.A.; BARRETO, W.O. Potássio disponível em horizontes superficiais de alguns solos brasileiros. **Pesq. agropec. bras. série Agron.**, Brasília, 7:75-80, 1972.
10. CRISOSTOMO, L.A.; CASTRO, L.F. de. Poder de suprimento de potássio de solos de zona Fisiográfica de Boturité, Ceará, Brasil. **Turrialba**, Costa Rica, 20(4):425-433, 1970.
11. FIBGE. Anuário Estatístico do Brasil, Rio de Janeiro, V. 41, 1980.
12. FURLANI, P.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; SILVA, W.J. Acúmulo de macronutrientes, de silício e de matéria seca por dois híbridos simples de milho. **Bragantia**, Campinas, 36(22):223-229. 1977.
13. GAMBOA, A. La fertilizacion del maiz. Instituto Internacional de la potasa Berna, **Boletin II**, p.5. 72p. 1980.
14. GOEDERT, W.J.; SYERS, J.K.; COREY, R.B. Relações quantidade-intensidade de potássio em solos do Rio Grande do Sul. **Pesq. agropec. bras. série agron.** Brasília, 10:31-35. 1975.
15. GOEPFERT, C.F.; SALIM, O.; OSÓRIO, C.A.S. Experimento de calibração na cultura do milho (*Zea mays* L.) em solo Bela Vista. **Agron. Sulriogr.** 10(1):21-29. 1974.
16. HIROCE, R. Extração de nutrientes pelo milho aos 65 dias após o plantio e pelas sementes na colheita. **Bragantia**, Campinas, 28(4): I-V. 1979.
17. HUNTER, A.H.; PRATT, P.F. Extraction of potassium from soil by sulfuric acid. **Soil Sci. Soc. Amerc. Proc.**, Madison, 21:505-598. 1957.
18. KALCKMANN, R.E. A adubação. I. Fator básico para aumentar a produção brasileira de alimentos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 2:215-219. 1966.
19. LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soil under "cerrado" vegetation in Brazil. Tese of M.S. Department of Soil Science North Carolina State University, Raleigh, N.C. USA 138 p. 1975.
20. MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, F. Melhoramento de produção do milho no Brasil. São Paulo, Fundação Cargill, 1978 cap. 12p. 429-79.
21. METSON, A.J. The long term potassium suppling power of New Zeland soils. In: International Congress of Soil Science. Adelaide. International society of Soil Science 621-630. 1968.

22. MIELNICZUK, J.; SELBACH, P.A. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. **Rev. bras. Ci. Solo**, Campinas, **2**:115-120. 1978.
23. MUZZILLI, O.; MUNHOZ, F.C.; SCOTT, C.A.; KALCKMANN, R.E. Interpretação de análise de assistência. I. Correlação entre as análises dos solos, os ensaios de campo. Milho 1968/69. **Rev. da Escola de Agronomia e Veterinária**, Curitiba, **5**:7-16, 1969.
24. PONS, A.L.; BARMÍ, V.; GUADAGMIM, J.P. Comportamento de híbridos de milho em diferentes níveis de adubação, 1976/77. Ata da XXII Reunião Técnica Anual do Milho e VI do Sorgo Granífero. IPAGRO. 185-193. 1977.
25. RITCHEY, K.D., SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. **R. bras. Ci. solo**. Campinas, **3**:25-32. 1979.
26. ROCHA, M. A indústria brasileira de fertilizantes: panorama atual e perspectivas. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, **97**(6):42-56. 1981.
27. SÁ JUNIOR, J.P.M.; UCHOA, B.F.; SKOGLEY, E.O. Subsídios à caracterização de solos carentes em P e K para o milho na região fisiográfica do Nordeste do Brasil. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, **5**: 351-357. 1970.
28. SCOTT, C.A.; OLIVEIRA, J.R.; TURKIEWICZ, L.; KALCKMANN, R.E. Determinação da necessidade de adubação dos solos da região oeste do Estado do Paraná. I. Ensaio com milho em 1969/70. **Rev. da Escola de Agronomia e Veterinária**, Curitiba, **5**:17-24, 1969.
29. VAN RAIJ, B. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciências e cultura**, São Paulo, **26**(6): 575-579. 1973.

trabalho adaptado de:

NOGUEIRA, F.D.; VASCONCELLOS, C.A.; dos SANTOS, H.L.; de FRANÇA, G.E. O potássio na agricultura em Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. (no prelo).