

COMISSÃO IV — FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

ACUMULAÇÃO DIFERENCIAL DE POTÁSSIO EM OXISSOLOS DEVIDO A LAVAGEM DO NUTRIENTE DAS PLANTAS DE MILHO PARA O SOLO ⁽¹⁾

J. E. DA SILVA ⁽²⁾ & K. D. RITCHEY ⁽³⁾

RESUMO

O acúmulo diferencial de potássio no solo da camada arável (0-15 cm) foi observado em dois experimentos com milho nos quais o potássio havia sido aplicado a lanço e incorporado com enxada rotativa. Resultados de análises provenientes de amostragens detalhadas de solo mostraram que o teor de potássio extraível teve aumentos médios da ordem de 35% entre duas amostragens realizadas após o início da maturação fisiológica. Verificou-se também que o potássio se distribuiu em um gradiente transversal à direção das fileiras do milho, sendo maior em suas proximidades e menor no ponto médio da distância entre elas. Foram encontrados teores de 103 ppm (próximo à fileira), variando até 42 ppm (entre fileiras). O aumento no teor de potássio no solo e a distribuição em gradiente foram atribuídos à lavagem do nutriente das folhas e colmos, em processo de senescência, pelas águas das chuvas e posterior acúmulo no solo. Aspectos quantitativos do fenômeno e suas implicações na interpretação dos resultados de análise de solo são também discutidos.

SUMMARY: LATERAL REDISTRIBUTION OF POTASSIUM IN OXISOLS CAUSED BY RAIN WASHING FROM CORN PLANTS

Increases in soil potassium level in the plow layer were observed in two corn experiments where potassium fertilizer was applied broadcast. Extractable soil potassium increased an average of 35% after physiological maturity of corn. Soil potassium level was highest in the row and decreased with increasing distance from rows. Levels varied from 103 ppm near the row to 42 ppm between rows. The increased potassium levels and the gradient distribution in the surface of the soil were attributed to rain-water potassium from senescing leaves and stalks. Quantitative aspects and implications for soil testing are discussed.

INTRODUÇÃO

Tem sido verificado que, após cultivos anuais, ocorre uma distribuição diferencial do potássio na camada superficial do solo, mesmo em aplicações do nutriente a lanço. A perda de potássio da parte aérea de milho é bem documentada (Sayre, 1948, Andrade et alii, 1975), mas são poucos os estudos sobre o comportamento desse K. Uma das constatações em solos dos cerrados foi feita por Ritchey et alii (1978), após cultivo de milho, no qual encontraram que as médias dos teores de potássio no solo (0-15 cm) foram 42 e 260 ppm respectivamente para as amostras coletadas na

posição central entre duas fileiras e aquelas coletadas sobre as fileiras de uma parcela que havia recebido doses de 300 kg/ha de K₂O no primeiro ano e 100 no segundo ano, aplicadas a lanço e incorporadas com enxada rotativa. O fenômeno foi atribuído à lavagem do potássio das folhas e colmos pela ação da água das chuvas, promovendo o retorno do nutriente à superfície do solo. Posteriormente, o mesmo fenômeno foi constatado em cultivos de milho e arroz (EMBRAPA, 1980, 1981).

Observações de ordem fisiológica dão conta de que, apesar das múltiplas funções do potássio na planta (Jackson & Volk, 1968; Liebhardt,

(1) Trabalho apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30 de agosto — 3 de setembro de 1981, Salvador (BA). Recebido para publicação em abril e aprovado em outubro de 1982.

(2) Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Caixa Postal 70.023, CEP 73.300 — Planaltina (DF).

(3) Pesquisador do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, trabalhando sob o Convênio Banco Mundial — IICA/EMBRAPA.

1968; Teel, 1968; Wilson & Evans, 1968; Goss, 1968; Cummings & Wilcox, 1968), em nenhuma delas o nutriente é relacionado como elemento estrutural ou ligado a compostos de estrutura e, de acordo com Malavolta (1979), pelo menos 75% do potássio total da planta se encontra na forma iônica, razão pela qual é intensa sua mobilidade dentro da planta. Moraes & Arens (1969) mostraram que o potássio é facilmente extraído de folhas de plantas cultivadas quando estas são imersas em água destilada, sugerindo que o fenômeno pode ocorrer em condições de campo devido à ação da água do orvalho e/ou das chuvas.

Considerando as informações anteriores, e com base nos resultados de análise de solo provenientes de amostragens detalhadas, procurou-se caracterizar o fenômeno, verificando-se que a acumulação diferencial do potássio pode ser realmente atribuída à lavagem do nutriente das partes expostas das plantas (folhas e colmos) por ação da água das chuvas, conforme Ritchey et alii (1978). Foram também considerados aspectos quantitativos e algumas implicações do fenômeno na interpretação dos resultados de análise de solo, bem como a importância do fenômeno na persistência do efeito residual do potássio no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de dois experimentos de adubação em plantação de milho, sendo o primeiro no ano agrícola de 1978/79, onde se procurou medir a distribuição diferencial do potássio no solo em duas épocas do ciclo da cultura, e, o segundo, no ano agrícola 1980/81, cujo objetivo foi avaliar o efeito da água das chuvas na lavagem do potássio da palhada (colmo e folhas) e no aumento do teor de nutrientes no solo.

No experimento 1, utilizaram-se três tratamentos de um experimento de longa duração iniciado por Ritchey et alii (1979): o primeiro tratamento, sem adubação potássica; o segundo havia recebido 350 kg/ha de K_2O (sendo 150 no primeiro ano e duas manutenções de 100 respectivamente, no segundo e quarto ano), e o terceiro recebeu, em uma só aplicação, no primeiro ano, 600 kg/ha de K_2O . Todas as aplicações foram feitas a lanço, incorporando-se o adubo na camada de 0-15 cm. Cada tratamento compunha-se de quatro repetições e, em cada uma delas, foram realizadas amostragens de solo em março e maio, seguindo-se a direção transversal entre duas fileiras centrais da parcela, nas seguintes posições: 5, 15, 25 e 35 cm, medidos a partir da fileira mais próxima, conforme o esquema da figura 1a.

Utilizou-se um trado "hoffer", sendo cada amostra constituída de oito subamostras, e determinou-se o potássio extraível segundo metodologia proposta por Mehlich (1953).

Usou-se o modelo $Y = B_0 + B_1X^{1/2} + B_2X$ (Y = teor de potássio extraível em ppm e X = distância do ponto de amostragem até a fileira de milho) para representar a distribuição do nutriente no espaço transversal entre as fileiras. A significância do modelo para cada situação foi determinada através do valor de F obtido na análise de regressão e, o ajuste dos dados, pelo parâmetro estatístico R_a^2 (Colwell, 1981a) que expressa a porcentagem da variância total explicada pelo modelo.

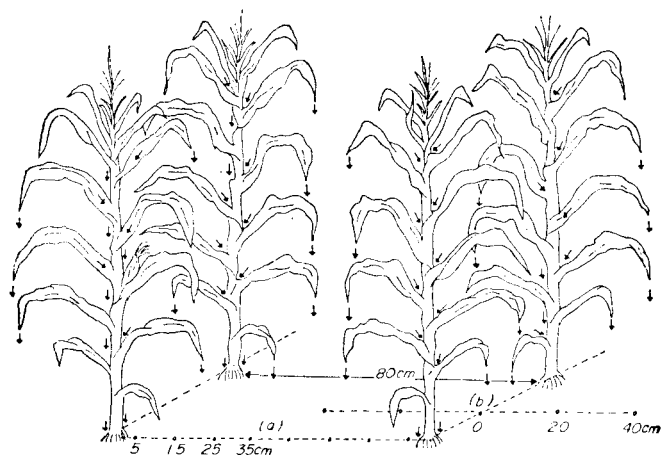


Figura 1. Esquema da lavagem do potássio em plantas de milho após o início da maturação fisiológica (as setas indicam o provável percurso do nutriente e seu acúmulo no solo) e das amostragens realizadas: (a) entre duas fileiras e (b) entre os pontos médios entre duas fileiras.

As comparações entre os teores de potássio nas duas épocas de amostragem foram feitas através do teste de identidade das regressões (Snedecor & Cochran, 1967) calculadas para cada época.

Procedeu-se ao registro da precipitação pluviométrica ocorrida no período entre as duas amostragens e o de alguns dados fenológicos para determinação do estágio de desenvolvimento da planta.

O experimento 2 foi instalado em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, argiloso, relevo plano e suave ondulado, localizado na área do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Brasília (DF). Nesse local, cultivou-se soja no primeiro ano e milho no segundo, aproveitando-se os dados tomados no cultivo do milho para efetivação do trabalho.

A adubação potássica, realizada a lanço, constou da aplicação de 100 kg/ha de K_2O no primeiro ano de cultivo e 100 kg no segundo ano.

Nesse experimento, delimitaram-se seis parcelas de 7,2 m² cada uma, abrangendo três fileiras espaçadas de 0,80 m. A primeira amostragem de solo foi realizada em março de 1981, constando cada amostra de três subamostras coletadas com trado holandês, com diâmetro de 8 cm (Figura 1b). Após a primeira amostragem, antecipou-se a colheita de grãos em três parcelas, seccionando-se as plantas a 5 cm do solo. Cada uma destas áreas foi protegida com camalhões para evitar a movimentação da água de enxurrada. As espigas foram separadas em palha da espiga, sabugo e grãos e, o restante da planta, em colmo e folhas. Determinou-se o rendimento em grãos (15,5% de umidade) e o peso da matéria seca (65°C/72 horas) do restante do material, procedendo-se a seguir à determinação do teor de K na matéria seca e no grão.

Nas demais parcelas, como em todo o experimento, a colheita foi realizada em abril. Aproximadamente um mês depois da primeira amostragem de solo, foi realizada a segunda, nas áreas com e sem plantas, determinando-se também o teor de nutrientes nos restos da cultura (folhas e colmos).

Acompanhou-se o desenvolvimento fenológico da cultura (Hanway, 1963) e, no período entre as duas amostragens, registrou-se a precipitação pluviométrica ocorrida.

O teor de K nos tecidos foi determinado por fotometria de chama, sendo que o extrato foi obtido através do tratamento com H_2SO_4 concentrado e água oxigenada.

As modificações do teor de K no solo foram analisadas comparando-se os teores obtidos na primeira e segunda amostragem, nas áreas em que se realizou a colheita antecipada, mantidas durante o período de observação respectivamente com e sem plantas. Os dados foram comparados estatisticamente através de análise de variância por classificação simples (Colwell, 1981b), testando-se a variação no teor de potássio na área sem plantas amostrada em março e abril e a variação do teor de potássio nas áreas com e sem plantas, por ocasião da segunda amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

A distribuição diferencial do potássio no espaço entre fileiras só não foi constatada no tratamento que não havia recebido adubação potássica (0 kg de K_2O /ha). Nos outros dois, 350 e 600 kg/ha de K_2O , (Figura 2), a formação do gradiente de concentração no solo, embora suave, foi observada na amostragem realizada em março (início da maturação fisiológica). Por outro lado, com a precipitação de 328 mm, ocorrida no período entre as duas amostragens (março e maio), o gradiente do potássio no solo foi muito mais acentuado, tendo sido registrados, no tratamento com 600 kg de K_2O /hectare, teores de 42 e 103 ppm de potássio respectivamente entre e próximo à fileira e, na mesma situação, no tratamento com 350 kg de K_2O /hectare, teores de 32 e 81 ppm.

Além da distribuição em gradiente, verificou-se que no período decorrido entre as duas amostragens o teor médio de potássio no solo (Figura 2) aumentou de 34 para 48 ppm (41%) e de 48 para 64 ppm (33%) respectivamente, nos tratamentos com 350 e 600 kg de K_2O /hectare, mantendo-se praticamente constante na testemunha.

Os aumentos nos teores de potássio testados estatisticamente através da identidade das regressões obtidas para cada época de amostragem (Figura 2), foram significativos a 1% para os tratamentos que receberam adubação potássica e não significativo para a testemunha. Esses resultados sugerem que a quantidade do nutriente reincorporado ao solo depende do teor de potássio presente no solo antes do cultivo e que os aumentos observados não são casuais.

Visto que, na época da primeira amostragem (início da maturação fisiológica da cultura), já havia um pequeno gradiente de concentração de potássio no espaço entre fileiras, o qual se acentuou com o aumento do teor médio do nutriente no período em observação, fica descartada a possibilidade de que práticas culturais, como amontoa, sejam responsáveis pelo fenômeno. Essa hipótese fica ainda menos enfatizada se considerarmos que as práticas de manejo da cultura são normalmente realizadas nas fases iniciais do ciclo de desenvolvimento da cultura (20 a 40 dias após a emergência), bem anterior à primeira amostragem.

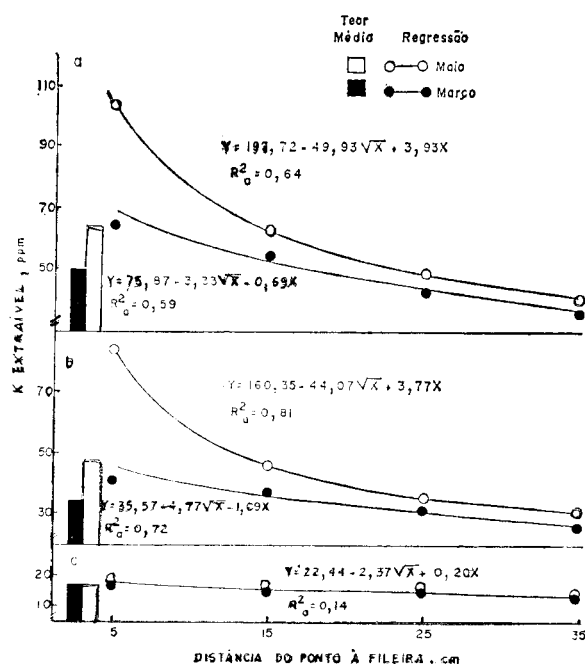


Figura 2. Alterações no teor de potássio extraível no espaço entre fileiras, observadas entre dois estádios do ciclo da cultura (março e maio) com os tratamentos: a) 600 kg/ha de K_2O ; b) 350 kg/ha de K_2O ; c) 0 kg/ha de K_2O .

A hipótese estabelecida é de que a água das chuvas, caindo sobre as plantas, extrai o potássio das folhas e colmos, arrastando-o para o solo (Figura 1). Houve no período entre as duas amostragens uma precipitação de 328 mm, quantidade suficiente para produzir o efeito de lavagem.

Na época da primeira amostragem, a cultura havia atingido a sua maturação fisiológica (110 dias após a emergência), correspondendo, segundo Hanway (1963) ao estágio 8, já bem próximo ao fim do seu ciclo de desenvolvimento. Hanway (1963) mostrou que a absorção de potássio pelo milho praticamente cessou ao final do estágio 5 e que, posteriormente, a planta perdeu potássio, sem, contudo, discutir o mecanismo dessas perdas e o destino do potássio. Desde que a manutenção do potássio no interior da célula é garantida às custas da energia proveniente, principalmente, das reações de fotofosforilação (Moraes & Arens, 1969), pode-se supor que, com a proximidade do fim do ciclo da cultura e declínio da sua atividade fisiológica, a planta em senescência perde capacidade de reter potássio no interior de suas células, facilitando, consideravelmente, a sua extração pela água das chuvas.

De acordo com essas observações, é provável que a perda de potássio pelas plantas já estivesse ocorrendo antes da primeira amostragem, conforme se pode observar na figura 2, comparando-se os teores de K nos pontos próximos e distantes da fileira. Durante o mês de fevereiro, houve uma precipitação de 240 mm.

Considerando-se que nenhum manejo de solo ou incorporação de adubo tenha sido realizado no período entre as duas amostragens, fica evidente que a devolução do potássio pela própria planta provavelmente tenha ocorrido através do fenômeno de lavagem pela água das chuvas.

A maior concentração de K nos pontos próximos às fileiras pode ser explicada, admitindo-se que parte da água da chuva se choca contra as folhas, aí permanecendo por um curto período de tempo e, logo após, atingindo o solo num movimento quase vertical (Figura 1); como o tempo de contato é muito curto, a extração do K é de pequena intensidade, ocasionando aqueles pontos pequenas variações nos teores de K. Por outro lado, parte da água que se choca contra as folhas escorre na superfície destas e dos colmos, atingindo a região próxima ao ponto de inserção do caule no solo. Como o tempo de contato da água com as folhas e colmos é maior, ocorre uma extração e deposição mais intensa de potássio nos locais onde a água atinge o solo.

Experimento 2

A figura 3 mostra a variação no teor de potássio extraível no solo, no período decorrido entre março e abril, em parcelas nas quais as plantas foram retiradas após a primeira amostragem e, a figura 4, os teores de potássio obtidos na segunda amostragem em parcelas mantidas com plantas e em parcelas onde as plantas foram retiradas após a primeira amostragem.

As pequenas variações encontradas nos teores de potássio entre as duas datas nas parcelas sem plantas (Figura 3) não foram estatisticamente significativas, confirmando a hipótese que não haveria modificação no teor de potássio no solo após a retirada das plantas, enquanto nas parcelas com e sem plantas, amostradas em abril (Figura 4), os teores de potássio foram estatisticamente diferentes a 1%, confirmando a outra hipótese de que o aumento no teor de potássio no solo



Figura 3. Teor de potássio extraível no solo a diferentes distâncias da fileira em parcelas sem plantas em duas diferentes épocas.

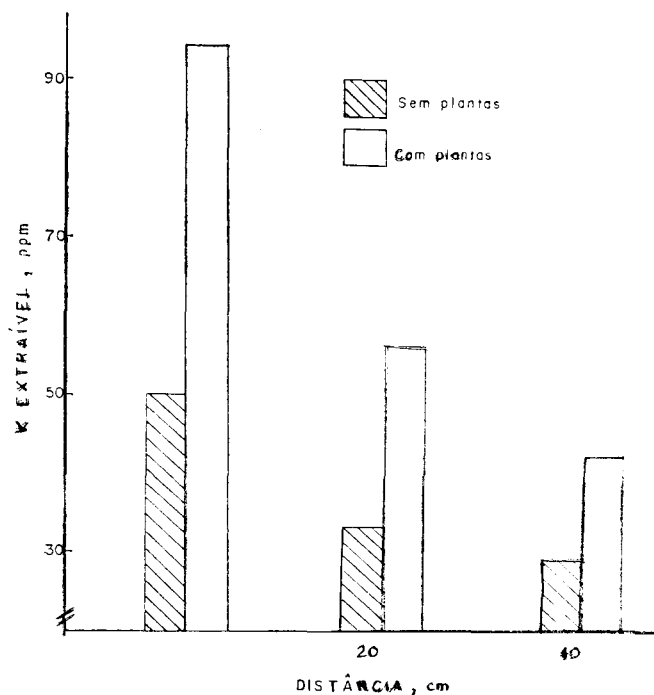


Figura 4. Teor de potássio extraível no solo a diferentes distâncias da fileira em parcelas com e sem plantas na mesma época (abril).

naquelas parcelas foi devido à manutenção das plantas no campo no período decorrido entre as duas amostragens. Desde que ambos os tratamentos (com e sem plantas) estiveram submetidos à mesma precipitação pluviométrica (372 mm) e que nenhum manejo de solo foi realizado após a primeira amostragem, pode-se afirmar que as plantas constituíram a fonte de potássio que, através do fenômeno de lavagem, proporcionou as modificações no teor do nutriente no solo.

Complementando essas observações, registrou-se no período decorrido entre as duas amostragens sensível redução no teor de potássio nos colmos e folhas, correspondendo, respectivamente, a uma perda estimada de 16 e 26 kg/ha de K, totalizando 42 kg/ha de K (Quadro 1). No mesmo período, o aumento médio no teor de potássio extraível no solo na camada de 0-15 cm foi 23 ppm (34 kg/ha de K) (Quadro 2). Esses resultados revelam que, concomitante ao decréscimo do teor de potássio na planta (restos de cultura), ocorre um acréscimo do teor do nutriente no solo aproximadamente da mesma magnitude.

Na região dos Cerrados, onde os cultivos anuais são realizados no período chuvoso (cultivos de sequeiro), o fenômeno de lavagem do potássio é de suma importância na manutenção do nutriente no solo. Considerando-se que o fenômeno ocorre com maior intensidade no final do ciclo da cultura, coincidentemente com o final do período chuvoso, o potássio mobilizado pelas plantas e depois lavado se incorpora ao solo, permanecendo nas camadas superficiais em disponibilidade para as plantas no cultivo, constituindo essa reciclagem um processo

Quadro 1. Perda de potássio por lavagem de folhas e colmos ocorrida após o início da maturação fisiológica

	Matéria seca	Teor de potássio ⁽¹⁾		Diferença	Total
		05/março	04/abril		
	kg/ha		%		kg/ha
Colmos	2.616	0,85	0,23	0,62	16,22
Folhas	2.547	1,31	0,28	1,03	26,23
Total					42,45

(1) A precipitação ocorrida entre os dois períodos foi 372mm.

Quadro 2. Aumento médio do teor de potássio extraível no solo (0-15 cm) observado em parcelas colhidas em abril (com plantas) em relação às colhidas em março (sem plantas)

Época de colheita	Distância do ponto à fileira referência (cm)			
	0	20	40	Média
	ppm K			
Sem plantas	60	33	29	41
Com plantas	94	56	42	64
Aumento	34	23	13	23

através do qual se pode explicar a persistência do efeito residual desse nutriente (Silva & Ritchey, 1981), em sistema de manejo onde a palha é removida do campo.

Apesar dos aspectos positivos mencionados, a ocorrência do fenômeno de lavagem levanta sérias dúvidas quanto à validade dos resultados de análise do solo, principalmente no que diz respeito ao processo de amostragem nos casos onde esta é feita antes do preparo do solo. De acordo com os dados das figuras 2 e 4, observa-se que se em uma amostragem os pontos de coleta de solo no campo se situarem próximo à fileira, a análise fornecerá uma superestimativa do teor do nutriente no solo, ao passo que a análise de amostras coletadas nas posições centrais no espaço entre duas fileiras fornecerá uma subestimativa do teor de potássio.

É sabido que, geralmente na área de pesquisa, as amostragens de solo são realizadas com maior cuidado. Mesmo assim, é bem provável que as situações descritas anteriormente estejam ocorrendo com frequência devido ao desconhecimento do problema. Conseqüentemente, pode-se prever que a subestimativa do teor de potássio numa parcela pode ser a causa da falta de resposta à adubação potássica em solos cultivados: se o teor médio do nutriente estiver próximo ao nível crítico, a aplicação de potássio não gerará grandes incrementos na produção. Por outro lado, a superestimativa do teor de potássio pode ser a causa através da

qual se explicaria uma reduzida resposta de outros nutrientes (por exemplo, fósforo) em solos cultivados: se o teor médio do potássio estiver abaixo ou bem abaixo do nível crítico, a resposta de outros nutrientes será parcialmente limitada pela deficiência do primeiro.

CONCLUSÕES

Modificações no teor de potássio no solo foram observadas no espaço transversal entre fileiras durante cultivos de milho em solos de Cerrado. O estudo detalhado do fenômeno permitiu concluir que as alterações no teor de potássio no solo provavelmente foram devidas ao efeito da lavagem pela ação da água das chuvas sobre os restos de cultura (folha e colmos) e posterior acúmulo no solo. O fenômeno ocorreu com mais intensidade com o aumento da dose de potássio aplicada ao solo.

A acumulação do potássio no solo segue um gradiente transversal às fileiras, sendo maior em suas proximidades e menor no centro da distância entre elas, deixando assim uma distribuição diferencial que deve ser levada em consideração durante as amostragens de solo.

LITERATURA CITADA

- 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 - Acumulação de macronutrientes. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 32:115-149, 1975.
- COLWELL, J. D. The yield function: residual error variance. In: COLWELL, J. D., ed. Fertilizer Requirements. Brasília, EMBRAPA-DMQ, 1981a. cap. 3. p. 18-19.
- COLWELL, J. D. Computing aids for soil fertility research: subroutine FACT. In: COLWELL, J. D., ed. The optimal use of fertilizers. Brasília, EMBRAPA-DMQ, 1981b. cap. 3. p. 1-3.
- CUMMINGS, G. A. & WILCOX, G. E. Effect of potassium on quality factors fruit and vegetables. In: KILMER, V. J.; YOUNTS, S. E.; BRADY, N. C., eds. The role of potassium in agriculture. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, 1968. cap. 12. p. 243-67.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório técnico anual do CPAC, 1978-1979. Planaltina, DF, 1980. v. 4. 170 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Relatório técnico anual do CPAC, 1979-1980. Planaltina, DF, 1981.
- GOSS, R. L. The effects of potassium on disease resistance. In: KILMER, V. J.; YOUNTS, S. E.; BRADY, N. C., eds. The role of potassium in agriculture. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, 1968. cap. 11. p. 221-41.
- HANWAY, J. J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). Agron. J. 55(5):487-92, 1963.

- JACKSON, W.A. & VOLK, R.J. Role of potassium in photosynthesis and respiration. In: KILMER, V. J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C., eds. The role of potassium in agriculture. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, 1968. cap. 6. p. 109-45.
- LIEBHARDT, W.C. Effect of potassium on carbohydrate metabolism and translocation. In: KILMER, V. J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C., eds. The role of potassium in agriculture. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, 1968. cap. 7. p. 147-64.
- MALAVOLTA, E. Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras. São Paulo, Instituto da Potassa & Fosfato (Boletim Técnico, 4), 1979. p. 92.
- MEHLICH, A. Determination of P, K, Ca, Mg, Na and NH_4 . North Carolina Soil Testing Div., 1953. (Mimeo).
- MORAES, J.A.P. & ARENS, K. Eliminação de potássio pelas folhas em dependência da luz e obscuridade (Nota preliminar). Ci. Cult. 21(4):728-30, 1969.
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Potássio em solos de Cerrado. I. Resposta à adubação potássica. R. bras. Ci. Solo, 3:29-32, 1979.
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Potassium fertilization in soils of Tropical America: campos cerrados. Suelos Equatoriales, 9(2):80-87. 1978.
- SAYRE, J.D. Mineral accumulation in corn. Plant Physiol. 23(3):267-281. 1948.
- SILVA, J.E. & RITCHEY, K.D. Manejo da adubação potássica em solo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador, 1981. Programa e resumos. Salvador, SBCS, 1981. p. 91.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. Analysis of covariance: comparison of regression lines. In: SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G., eds., Statistical Methods, 6. ed., Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1967. cap. 14. p. 432-6.
- TEEL, M.R. The effect of potassium on organic acid and non protein nitrogen content of plant tissue. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C., eds. The role of potassium in agriculture. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, 1968. cap. 8. p. 165-188.
- WILSON, R.H. & EVANS, H.J. The effect of potassium and other univalent cations on the conformation enzymes. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E.; BRADY, N.C., eds. The role of potassium in agriculture. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, 1968. cap. 9. p. 189-202.