

Determinação de potássio em fertilizantes por
fotometria de chama¹

R. A. CATANI², N. A. DA GLÓRIA², A. J. ROSSETO³

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

1 - Recebido para publicação em 5-5-1965; 2 - Cadeira de Química Analítica e Físico-Química da E. S. A. Luiz de Queiroz; 3 - Bolsista da Fundação de Amparo á Pesquisa do Estado de São Paulo.

RESUMO

O presente trabalho relata um estudo sôbre a determinação do potássio em fertilizantes por fotometria de chama e empregando o aparelho Coleman, modelo 21.

A precisão do método foi estudada, aplicando-o na análise de 3 misturas contendo os fertilizantes sulfato de amônio e superfosfato simples ou triplo e uma quantidade conhecida de potássio na forma de sal puro, para análise (KCl p.a.).

As determinações do potássio foram executadas nas soluções das mencionadas misturas, após eliminar os ânions sulfato e fosfato com a resina Amberlite IR-4B (OH). Os dados obtidos evidenciaram que o método em questão além de ser muito rápido, forneceu resultados satisfatórios, quando se consideram as diluições necessárias para as determinações.

Outras determinações executadas simultaneamente, e em soluções das mesmas misturas, mas sem eliminar os ânions sulfato e fosfato, forneceram dados próximos aos obtidos com a eliminação dos citados ânions.

1. INTRODUÇÃO

A determinação do potássio em fertilizantes tem constituído um problema que apresenta certa dificuldade, quando se considera a precisão, a exatidão e a rapidez dos métodos propostos.

Dentre os métodos estudados mais recentemente, merecem menção especial o baseado na fotometria de chama (FORD, 1958; HORWITZ, 1960) e o fundamentado no uso de tetrafenilborato de sódio como reativo precipitante do potássio (SCHALL, 1957; HORWITZ, 1960; CATANI & PEREZ, 1965).

Enquanto que a determinação do potássio em solos e em plantas pode ser executada por fotometria de chama com rapidez e precisão satisfatórias (CATANI, 1954; CATANI, GALLO & GARGANTINI, 1955; JACKSON, 1958), a determinação do citado elemento em fertilizantes, pelo mesmo método, esta ainda merecendo estudos (BURRIEL-MARTI & RAMIREZ, 1960). Isso porque a concentração de outros íons, como amônio, sódio, cálcio, cloreto, fosfato, sulfato, nitrato, etc. na solução em que se pretende determinar o potássio, pode ser elevada, provocando interferência.

O objetivo do presente trabalho foi o de estudar o método de determinação do potássio em fertilizantes baseado em

fotometria de chama, empregando-se o fotômetro Coleman, modelo 21. Além disso, foi feito um estudo prévio sobre a influência de diversos íons na determinação do potássio bem como sobre o modo mais prático de eliminar as citadas interferências.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Material

Solução padrão de potássio — Preparada a partir de KCl p.a.. Foram pesados 1,907g do sal seco, transferidos para balão volumétrico de 1.000 ml e o volume completado com água destilada. A solução assim preparada, contendo 1.000 ppm de K, constituiu a solução estoque. A partir dela, e por diluição com água destilada, foram preparadas as demais soluções padrões de potássio.

Sais puros de cloreto e sulfato de potássio — Foram usados sais puros, KCl p.a. e K_2SO_4 p.a. para estudos que serão descritos.

Soluções de íons interferentes — As soluções padrões dos íons que foram estudados como interferentes, isto é, NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ e Fe^{+3} , foram preparadas a partir dos respectivos sais puros p.a., e quando necessária, foi feita a padronização das soluções por métodos convenientes.

Fertilizantes — Foram empregados adubos simples potássicos, cloreto de potássio e sulfato de potássio, na sua forma comercial, para o estudo da determinação do potássio nos fertilizantes simples.

Misturas de fertilizantes — Foram empregadas três misturas de fertilizantes, contendo sulfato de amônio, superfosfato simples ou triplo e cloreto de potássio puro (KCl p.a.) conforme é descrito no quadro 1.

QUADRO 1

Misturas de fertilizantes empregadas para o estudo da determinação do potássio por fotometria de chama.

Misturas n.º	N %	P_2O_5 %	K_2O %
1	6	12	6,31
2	6	10	12,62
3	6	16	18,93

Para efeito de uniformização do material, os constituintes das misturas foram previamente secos a 60-70.°C e realizada a homogeneização pela moagem em gral de porcelana.

As porcentagens de K_2O nas misturas aparecem com valores fracionários, porque foram calculados a partir da quantidade de KCl p.a., que entrou nas mesmas.

Resina — A resina utilizada foi Amberlite IR-4B (OH).

Aparelho — Foi empregado um fotômetro de Chama Coleman, modelo 21, com filtro para potássio. A chama foi de butano e oxigênio com pressão dos gases regulada em 2 e 10 psi, respectivamente.

Métodos

Relação entre leituras no aparelho e concentração de potássio.

A relação entre as leituras no galvanômetro do aparelho e a concentração de potássio, foi estabelecida à partir de soluções aquosas, com diferentes concentrações do elemento em apreço.

As soluções de potássio foram preparadas da seguinte forma: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 e 8,0 ml da solução "estoque" contendo 1.000 ppm de potássio, foram transferidos para balões volumétricos de 100 ml e, a seguir, o volume foi completado com água destilada. As soluções assim preparadas continham, respectivamente, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 ppm de K.

A primeira série de leituras foi feita com o aparelho ajustado de maneira a se obter uma leitura 100, com a solução contendo 80 ppm de potássio e uma leitura zero com água destilada. A segunda série de leituras foi obtida com o aparelho ajustado para uma leitura 100 com a solução de 70 ppm de K e para uma leitura zero, com água destilada. Nas séries de dados seguintes, o aparelho foi ajustado para uma leitura 100 com uma das soluções de concentração imediatamente inferior á usada anteriormente e o zero foi obtido sempre com água destilada. Assim se procedeu sucessivamente, até que o ajuste da leitura 100 do aparelho foi feita com solução contendo 20 ppm de K.

Influência de diversos íons sobre a determinação do potássio.

O estudo da influência de alguns cátions e ânions, presentes nos fertilizantes de uso mais comum, foi feita mediante a adição de quantidades conhecidas das soluções padrões do íon em estudo às soluções contendo 0, 10 e 20 ppm de potássio. Os dados assim obtidos foram comparados com os determinados em soluções isentas do íon em estudo.

Preparo das colunas de resina.

O preparo da coluna de resina foi feito mediante adaptação à parte inferior de um tubo percolador (com 15 mm de diâmetro e 200 mm de altura) de um tubo de borracha com presilha, a fim de servir como controlador da vazão. Na parte superior foi colocado um funil separador, com capacidade de 60 ml, para servir de depósito de líquido. Na placa perfurada do tubo percolador foi colocada lã de vidro.

A seguir, foram acrescentados a cada tubo, 5g de resina, Amberlite IR-4B(OH) previamente tratada com 50 ml de solução de NaOH a 5%, com agitação por 30 minutos. Depois de transportada para o tubo, a resina foi levada com água destilada e tratada com HNO₃ a 5%, após o que foi novamente lavada com água destilada até o líquido percolado atingir pH 2 ou superior. Dessa forma, a coluna de resina estava pronta para ser utilizada.

Marcha analítica.

A marcha analítica seguiu, em linhas gerais, duas orientações: a) fazendo-se passar a solução de fertilizante pela coluna de resina a fim de eliminar os ânions interferentes; b) não passando a solução de fertilizante pela coluna de resina.

Determinação em cloreto de potássio.

A determinação do potássio foi executada em sal puro, KCl p.a. e em cloreto de potássio usado como fertilizante. Os sais (sal p.a. e adubo) foram secos a 60-70°C, até peso constante e deixados esfriar em dessecador. Foram pesadas três amostras de 0,9535g de cada um dos sais, transferidos para balões volumétricos de 500 ml e o volume completado com água destilada. De cada balão volumétrico foram tomadas três alíquotas de 10 ml e transferidas para balões de 500 ml. O volume foi completado com água destilada e o material foi homogeneizado por agitação. As leituras foram rea-

lizadas com aparelho regulado para leitura 100 com 30 ppm de potássio e zero com água destilada.

Determinação em sulfato de potássio.

Também nas determinações de potássio em sulfato de potássio foram utilizados sal puro para análise (K_2SO_4 , p.a.) e o produto comercial para adubação. Foram pesadas três amostras de 0,5571g de cada um dos sais depois de sêcos, e transferidos para balões volumétricos de 250 ml. Em seguida o volume foi completado com água destilada e a solução foi homogeneizada.

Foram transferidas três alíquotas de 5 ml de cada uma das soluções para balões volumétricos de 250 ml e o volume completado com água destilada. As leituras foram feitas com o aparelho ajustado da maneira já descrita na determinação do potássio em cloreto de potássio.

Outras três alíquotas de 5 ml, de cada uma das soluções, foram transferidas e passadas através da coluna de resina com uma vasão de, aproximadamente, 1 a 2 gotas por segundo. A seguir, a coluna foi lavada com cerca de 200 ml de água destilada, recebendo-se todo o percolado em balão volumétrico de 250 ml. O volume foi completado com água destilada, a solução foi homogeneizada e procedeu-se a leitura da forma já descrita.

Determinação em misturas de fertilizantes.

Foram pesadas cinco amostras de 1,000g de cada uma das misturas, descritas no quadro 1, e transferidas para balões volumétricos de 250 ml, exceção feita às amostras da mistura n.º 3, as quais foram transferidas para balão volumétrico de 500 ml. O volume foi completado com água destilada e depois de homogeneizada as soluções foram filtradas.

Foram transferidas cinco alíquotas de 10 ml, de cada uma das soluções filtradas, para colunas de resina e procedeu-se conforme o descrito na determinação de potássio em sulfato de potássio.

Para a determinação do potássio em soluções sem terem passado pela resina, foram tomados ao acaso 3 balões volumétricos contendo soluções provenientes de uma mesma mistura. De cada um desses três balões foram transferidos três alíquotas de 10 ml, para balões volumétricos de 250 ml e o volume completado com água destilada. A seguir, foi feita a leitura da maneira já descrita.

3. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os dados do quadro 2 mostram as diversas relações estabelecidas entre as leituras no galvanômetro e as concentrações das soluções. A primeira linha do quadro 2 apresenta as leituras obtidas para 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, etc., até 70 ppm de potássio, quando o aparelho foi ajustado para uma leitura 100, com uma solução contendo 80 ppm de potássio, e para uma leitura zero com a prova em branco. A segunda linha do quadro 2 fornece as leituras obtidas para as diversas concentrações em potássio, quando o aparelho foi ajustado para uma leitura 100 com a solução contendo 70 ppm de potássio. As demais linhas do quadro 2 apresentam os dados obtidos de modo similar ao que foi descrito para as linhas anteriores.

QUADRO 2

Relação entre leituras no aparelho e concentração de potássio, tomando soluções de potássio de diversas concentrações como referência (leitura 100).

Solução de referência (ppm de K ⁺)	Concentração em ppm K										
	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
80	0	7	16	24	31	47	60	72	83	91	100
70	0	8	18	27	35	52	68	81	95	100	100
60	0	9	20	30	39	57	74	89	100	—	—
50	0	11	23	35	45	65	85	100	—	—	—
40	0	13	27	40	52	76	100	—	—	—	—
30	0	16	35	52	68	100	—	—	—	—	—
20	0	24	50	77	100	—	—	—	—	—	—

Os dados do quadro 2, permitem observar que, nas condições do presente trabalho, a relação entre as concentrações de potássio e as leituras no aparelho foi linear até 30 ppm do citado elemento. Quando a concentração em potássio foi maior do que 30 ppm a relação não foi traduzida por uma reta.

Influência dos diversos íons sobre a determinação do potássio.

A interferência de diversos íons, tais como amônio, sódio, cálcio, magnésio, ferro, sulfato e fosfato, em concentrações variáveis, sobre a determinação de potássio, pode ser observada no quadro 3.

QUADRO 3

Influência de diversos íons na determinação do potássio por fotometria de chama. Leituras obtidas ajustando-se o aparelho para uma leitura 100 com a solução contendo 30 ppm de potássio.

fons estudados	ppm	Potássio em ppm		
		0	10	20
		Leituras no Galvanômetro		
NH ₄ ⁺	0	0	32	66
	220	0	31	66
	550	0	34	66
	995	1	34	68
Na ⁺	0	0	33	67
	100	0	37	71
	200	0	39	75
	500	1	43	80
Ca ⁺²	0	0	33	69
	100	0	34	68
	400	1	34	69
	800	2	35	70
Mg ⁺²	0	0	34	70
	100	0	34	69
	200	0	34	69
	400	0	34	68
Fe ⁺³	0	0	34	68
	50	1	36	69
	100	1	35	70
	200	3	36	71
SO ₄ ⁺²	0	0	34	68
	200	0	33	66
	500	0	33	64
	1000	0	33	65
PO ₄ ⁻³	0	0	32	67
	200	0	31	61
	500	0	29	60
	1000	1	27	57

O exame do quadro 3 evidencia que os íons Ca^{+2} , Mg^{+2} , e SO_4^{-2} não influenciaram a determinação do potássio, dentro dos níveis estudados.

O cátion sódio exerceu influência, ocasionando um erro positivo a partir de 100 ppm. O íon amônio, apresentou pequena influência positiva, ao nível de 10 ppm de potássio e em concentração de 550 ppm de NH_4^+ ou superior. No nível de 20 ppm de potássio a influência foi observada sómente com a concentração de 995 ppm de NH_4^+ .

O ânion fosfato deprimiu a emissão do potássio. Mostrou uma influência negativa a partir de 200 ppm de PO_4^{-3} , quando o nível de potássio foi de 20 ppm. Com 500 ppm de PO_4^{-3} , a influência foi observada com os níveis de 10 e de 20 ppm de potássio.

Determinação de potássio em fertilizantes.

Os resultados obtidos na determinação do potássio em adubos simples (cloreto e sulfato de potássio) e em sais puros (KCl , p.a. e K_2SO_4 p.a.) são apresentados no quadro 4.

Para o sal puro K_2SO_4 p.a. e para o adubo sulfato de potássio são apresentados dois conjuntos de dados, isto é, dados obtidos em soluções que não passaram através de resinas trocadoras de ânions e dados obtidos em soluções que atravessaram uma coluna da citada resina. Isso foi feito, tendo em vista que o ânion sulfato poderia afetar a determinação do potássio por fotometria de chama. Aliás as recomendações e citações de diversos autores (FORD, 1958; TARRACH-SIEGEL, 1963) são no sentido de que o ânion sulfato influi na determinação do potássio e deve ser removido. Entretanto os dados do quadro 4 mostram que a presença do ânion sulfato não exerceu influência na determinação do potássio, nas condições descritas.

Deve ser esclarecido que na coluna de "K₂O colocado" não aparecem os dados referentes aos adubos KCl e K_2SO_4 , porque a porcentagem exata ou real de K_2O não era conhecida.

Em resumo, os dados do quadro 4, permitem afirmar que a determinação do potássio em cloreto e em sulfato pode ser feita diretamente em soluções das mencionadas substâncias.

A determinação do potássio em misturas de fertilizantes pode apresentar maiores dificuldades, considerando-se a ocor-

QUADRO 4

Determinação de potássio em fertilizantes simples (cloreto e sulfato de potássio) e em sais puros (p.a.).

Material	Pesagens	K ₂ O determinado*		K ₂ O colocado**		Diferença*** em % K ₂ O
			%		%	
KCl puro p.a.	1	63,50	± 0,000	63,20		+ 0,30
	2	63,50	± 0,000	63,20		+ 0,30
	3	63,50	± 0,000	63,20		+ 0,30
KCl adubo	1	60,65	± 0,000	—		—
	2	60,65	± 0,000	—		—
	3	60,65	± 0,000	—		—
K ₂ SO ₄ pu- ro p.a. (sem pas- sar pela resina)	1	54,35	± 0,000	54,08		+ 0,27
	2	54,35	± 0,000	54,08		+ 0,27
	3	54,35	± 0,000	54,08		+ 0,27
K ₂ SO ₄ pu- ro p.a. (passado pela resi- na)	1	54,35	± 0,000	54,08		+ 0,27
	2	54,08	± 0,661	54,08		0,00
	3	54,35	± 0,000	54,08		+ 0,27
K ₂ SO ₄ adu- bo (sem passar pe- la resina)	1	50,30	± 0,000	—		—
	2	50,30	± 0,000	—		—
	3	50,30	± 0,000	—		—
K ₂ SO ₄ adu- bo (passa- do pela resina)	1	50,30	± 0,000	—		—
	2	50,30	± 0,000	—		—
	3	50,30	± 0,000	—		—

* — A coluna “K₂O determinado” refere-se à média de 3 repetições.

** — A coluna “K₂O colocado” refere-se à porcentagem de K₂O calculada que deveria existir na amostra do sal puro, p.a.

*** — A coluna “diferença” corresponde aos valores da diferença entre o valor médio de 3 repetições para cada pesagem e a porcentagem teórica de K₂O que a amostra deveria conter.

QUADRO 5

Determinação da porcentagem de K_2O em misturas de fertilizantes com eliminação de interferentes em resina de troca aniônica.

Mistura	Pesagens	K_2O determinado %	K_2O colocado %
1	A	6,59 ± 0,10	6,31
	B	6,77 ± 0,00	6,31
	C	6,77 ± 0,00	6,31
	D	6,32 ± 0,00	6,31
	E	6,32 ± 0,00	6,31
			6,55 ± 0,23
2	A	12,90 ± 0,06	12,62
	B	12,93 ± 0,08	12,62
	C	13,08 ± 0,14	12,62
	D	12,90 ± 0,06	12,62
	E	12,96 ± 0,08	12,62
			12,95 ± 0,08
3	A	18,08 ± 0,00	18,93
	B	18,08 ± 0,00	18,93
	C	18,53 ± 0,00	18,93
	D	18,98 ± 0,00	18,93
	E	18,17 ± 0,20	18,93
			18,37 ± 0,39

rência do ânion fosfato, que conforme já foi visto, causa uma influência negativa na determinação do potássio.

Inicialmente, a determinação em misturas de fertilizantes foi feita com a eliminação prévia do ânion fosfato, pela passagem da solução do fertilizante em resina de troca aniônica, da forma já descrita. Os resultados assim obtidos são apresentados no quadro 5.

Na coluna " K_2O determinado" do quadro 5, são apresentados os dados sobre a média e o desvio padrão da média de 5 repetições, executadas na solução procedente de cada pesagem. Na mesma coluna são apresentados, também, a média e o desvio padrão da média calculados a partir dos valores obtidos para as 5 pesagens. Os dados da citada coluna, quando examinados em conjunto, permitem formar um conceito

geral sôbre a precisão do método, que pode ser classificado como satisfatório.

Comparando-se os dados da coluna K_2O determinado com os da coluna " K_2O colocado" isto é, porcentagem de K_2O que deveria existir na mistura, verifica-se que os resultados são aceitáveis.

Considerando que são necessárias diluições apreciáveis das soluções de fertilizantes, para a determinação do potássio por fotometria de chama, supoz-se que a influência de diversos ions interferentes deveria decrescer. A fim de verificar êsse fato e, como consequência, verificar a possibilidade de determinar o potássio em fertilizantes sem eliminar os ions fosfatos e sulfatos foi realizado um outro experimento. Tal experimento constou da determinação do potássio em solução procedente das mesmas misturas de adubos, omitindo-se o tratamento com resina trocadora de ânions. Os dados obtidos são apresentados no quadro 6.

QUADRO 6

Determinação da porcentagem de K_2O em misturas de fertilizantes, sem passar a solução através da resina de troca aniônica.

Mistura	Pesagens	K_2O determinado*	K_2O colocado**
1	A	6,32 ± 0,00	6,31
	B	6,32 ± 0,00	6,31
	C	6,32 ± 0,00	6,31
		
		6,32 ± 0,00	
2	A	13,02 ± 0,00	12,62
	B	13,02 ± 0,00	12,62
	C	12,88 ± 0,00	12,62
		
		12,97 ± 0,08	
3	A	18,08 ± 0,00	18,93
	B	18,08 ± 0,00	18,93
	C	18,53 ± 0,00	18,93
		
		18,23 ± 0,15	

* — "% K_2O determinado" refere-se à média de 3 repetições.

** — "% K_2O colocado" trata-se da porcentagem de K_2O , que deveria existir na amostra.

Os dados do quadro 6, demonstram que os ânions interferentes (fosfato e sulfato), não afetaram a determinação do potássio, nas condições do presente trabalho.

Deve ainda ser salientado, que os demais íons existentes nas soluções dos fertilizantes não interferiram. Dessa forma, não foi necessário o tratamento prévio da solução com carbonato de amônio a fim de eliminar os íons alcalino-terrosos conforme já foi proposto (GEHRKE et al, 1954; LONGWELL, 1957) e tem sido usado por outros autores (FORD, 1958; HORWITZ, 1960).

Como se observa, há em geral uma supressão da influência de interferentes, quando se aplica o método conforme a técnica proposta.

4. CONCLUSÕES

Os dados obtidos no presente trabalho, permitem concluir que:

a) Nas condições experimentais descritas, obteve-se uma relação linear entre as leituras no aparelho (Coleman, modelo 21) e a concentração de potássio das soluções quando a mesma variou de 0 a 30 ppm de K.

b) Os íons cálcio, magnésio e sulfato não apresentaram influência na determinação do potássio por fotometria de chama, quando presente nas concentrações estudadas. O íon sódio mostrou uma certa influência positiva a partir de 100 ppm, o mesmo se dando com o cátion amônio a partir de 550 ppm e ao nível de 10 ppm de potássio. O ânion fosfato deprimiu, isto é, mostrou uma influência negativa na determinação de potássio a partir de 200 ppm.

c) A determinação do potássio em misturas de fertilizantes, por fotometria de chama, além de ser muito rápida, apresenta precisão satisfatória.

d) Os resultados obtidos em soluções de fertilizantes, após a separação dos ânions interferentes (sulfato e fosfato) com resina de troca iônica, não apresentaram diferença daqueles alcançados em soluções que não sofreram o mencionado tratamento. Com base nesse fato é possível preconizar uma técnica mais simples e rápida para análise de fertilizantes, desde que sejam observadas as condições experimentais descritas no presente trabalho.

e) Levando-se em conta a precisão dos dados, bem como a simplicidade e rapidez oferecidas pelo método de fotometria de chama na determinação de potássio em fertilizantes, o seu emprêgo facilitará o contrôlo de qualidade nas indústrias e nos serviços de fiscalização de adubos.

5. SUMMARY

This paper deals with the determination of potassium in fertilizers by the flame photometric method.

A preliminary study was performed in order to know the relationship between potassium concentration and readings in the Coleman flame photometer, model 21. It was verified a linear relation when the concentration of potassium was in the range of 0 and 30 ppm.

The presence of some ions like calcium, magnesium, iron, sodium, phosphate, sulfate and ammonium were studied and showed that calcium and magnesium cause no interference in the method. Ammonium caused a slight interference when 550 ppm of NH_4^+ and 10 ppm of potassium were present. With 20 ppm of potassium the influence of ammonium was observed only with 995 ppm. Sulfate caused a moderate influence and phosphate interfered, giving lower results.

The determination of potassium, with five replications, in three fertilizer mixtures, were performed in solutions that underwent a previous separation of phosphate and sulfate by an anion exchange resin and in solutions not purified by ion adsorption. The results showed good agreement indicating it is not necessary the separation of phosphate and sulfate when there is a several fold dilution of the solution.

The method for determining potassium in fertilizers by flame photometry is very rapid and afford a good precision.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA

BURRIEL-MARTI, F. & J. RAMIREZ MUÑOZ, 1960 — Flame Photometry. 2nd ed. Amsterdam Elsevier Publishing Company, 531 pp.

CATANI, R. A., 1954 — A determinação do potássio pelos métodos do cobaltihexanitrito e de fotometria de chama; sua aplicação e estudo do potássio nos solos do Estado de São Paulo. Tese de Concurso para provimento efetivo da 10.^a Cadeira Química Analítica. Piracicaba, S. Paulo, E. S. A. "Luiz de Queiroz", 145 pp.

- CATANI, R. A., J. ROMANO GALLO & H. GARGANTINI, 1955 — Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, S. Paulo. Instituto Agrônomo de Campinas, 28 pp. (Boletim 69).
- CATANI, R. A. & J. T. PEREZ, 1965 — Determinação do potássio pelo método do tetrafenilborato. Trabalho concluído e não publicado.
- FORD, O. W., 1958 — Report on Potassium in Fertilizers. J. of Assoc. of Agric. Chem. 41 : 533-538.
- GEHRKE, C. W., H. E. AFFSPRUG & E. L. WOOD, 1954 — A flame photometric method for potash in fertilizers. Ion exchange separation of interfering anions. Univ. Missouri Coll. Agr., Agr. Expt. Sta. Research (Bulletin n.º 571).
- HORWITZ, W. (editor), 1960 — Official Agricultural Chemists. 9th ed. Washington, Association of Official Agricultural Chemists, 832 pp.
- LONGWELL, J. H., 1957 — Application of ion exchange to flame spectrophotometric and determination of potassium in fertilizers. Missouri agric. Exp. Sta. Res. Bull. 635, pp. 60. (original não consultado, citado em Soils and Fertilizers, 22 Abstr. 2149, (1959).
- SCHALL, E. D., 1957 — Volumetric Determination of Potassium. Anal. Chem. 29 : 1044-46.
- TARRACH-SIEGEL, H. E., 1963 — Recientes avances en fotometria de llama en el análisis de fertilizantes. Revista de la Universidad Industrial de Santander. 5 : 439-440.

