BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo

Vol. 22 Campinas, novembro de 1963 N.º 60

DETERMINAÇÃO DO POTÁSSIO DO SOLO PELO MÉTODO DE NEUBAUER E POR DIVERSOS EXTRATORES QUÍMICOS (1)

JOSÉ A. JORGE e H. GARGANTINI, *engenheiros-agrônomos, Seção de Fertilidade do Solo, Instituto Agronômico*

RESUMO

Com o objetivo de estudar a correlação entre a quantidade de potássio absorvido pelo arroz, avaliada através do método de Neubauer, e aquela obtida por diversos extratores químicos nos solos arenito Bauru e terra-roxa-misturada, é que se conduziu o presente trabalho. Os extratores utilizados foram os seguintes: água destilada, solução de ácido sulfúrico 0,002 normal; acetato de magnésio 0,5 normal, ácido acético 0,5 normal, ácido nítrico 0,2 normal, ácido sulfúrico 0,05 normal, acetato de amônio normal, ácido clorídrico 0,05 normal, acetato de amônio 0,5 normal, ácido nítrico 0,05 normal e cloreto de sódio 0,5 normal.

As soluções extratoras que retiraram do solo a quantidade de potássio mais aproximada da absorvida pela planta foram: acetato de magnésio 0,5 normal, ácido acético 0,5 normal, ácido nítrico 0,2 normal, ácido sulfúrico 0,05 normal e acetato de amônio normal.

1 – INTRODUÇÃO

Muitas culturas absorvem o potássio em quantidade superior à necessitada, fenômeno conhecido como "consumo de luxúria". Certas plantas têm a capacidade de absorver, em solos altamente intemperizados, maior quantidade de potássio, durante o período de crescimento, do que a existente no solo na forma trocável (8). Em virtude disso, a importância de saber o teor de potássio trocável no solo tem valor sòmente imediato (5). À medida que as plantas vão absorvendo êsse nutriente, em solos que possuem reservas de potássio na forma de minerais primários, outros iônios trocáveis são liberados das formas "não-trocáveis", mantendo um nível constante dêste elemento no solo.

O aproveitamento dos nutrientes do solo é maior, em geral, quando se utiliza o método de Neubauer, do que nas condições de campo, como também é maior em ensaios em vasos, em virtude da alta concentração das raízes e de ácidos orgânicos em determinado volume de terra. Ape-

(1) Trabalho apresentado no IX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, realizado em Fortaleza, Ceará, de 15 a 23 de julho de 1963. Recebido para publicação em 25 de setembro de 1963.

sar dêsse fato, optou-se, neste trabalho, pelo uso daquele método biológico em virtude da rapidez de seus resultados e por possibilitar a correlação dos dados obtidos, através de absorção pelo arroz, com os conseguidos por vários extratores químicos.

As formas de potássio presentes no solo podem ser esquematizadas, segundo Peech e Bradfield (4), da seguinte forma:

K não-trocável $\rightleftharpoons$ K trocável $\rightleftharpoons$ K solúvel em água.

Consideram-se, de maneira geral, como potássio trocável, as formas adsorvidas nas partículas do solo e constantes da solução do solo, as quais podem ser removidas por certos extratores.

O objetivo do presente trabalho foi o de correlacionar a quantidade de potássio absorvida pelo arroz, utilizando-se o método preconizado por Neubauer, com a obtida por meio de diversos extratores químicos.

Os extratores usados neste ensaio são os normalmente utilizados nas análises químicas em vários países. Emprega-se, nos Estados Unidos, uma solução de acetado de amônio 1 normal, a qual, por apresentar grande poder tampão próximo à neutralidade, serve muito bem para extrair outros catiônios trocáveis, incluindo o hidrogênio. Volk, Chaminade e Hauser, conforme citam Schuffelen e van der Marel (6), apregoam o uso de acetato de amônio 0,5 normal. Segundo êstes autores, soluções de acetato de magnésio e cloreto de sódio, ambas 0,5 normal, são utilizadas por van der Marel e Venekamp. Fêz-se uso também do ácido sulfúrico 0,002 e 0,05 normal, como medida de comparação, em virtude de serem empregados na extração do fósforo por Truog (7) e pelo Instituto Agronômico de Campinas (1), respectivamente; Wright, citado por Peech (3), utiliza ácido clorídrico 0,05 normal e ácido acético 0,5 normal. Empregou-se também uma solução de ácido nítrico 0,2 normal. Finalmente, empregou-se o extrator atualmente utilizado pelo Instituto Agronômico de Campinas, que é uma solução 0,05 normal de ácido nítrico.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Considerando-se a maior importância do arroz nas condições do Estado de São Paulo, deu-se preferência a êste cereal (*Oryza sativa* L.) em lugar do centeio (*Secale cereale* L.), originalmente empregado por Neubauer e Schneider (2).

Os cristalizadores usados, com 6,5 cm de altura e 12,0 cm de diâmetro, foram preparados de acôrdo com o método biológico de Neubauer, sendo, entretanto, introduzidas inovações que consistiram em usar tratamentos com 200 g de solo e 200 g de areia, a fim de constatar se as plantas tiveram

tempo suficiente de absorver todo o potássio disponível no tratamento com 100 g de solo. Utilizaram-se, ainda, duas séries de cristalizadores. Uma se destinou às análises das plantas, e, outra, às análises do teor residual do solo, após a retirada das plantas.

Empregaram-se dois tipos de solos com características físico-químicas diferentes, denominados arenito Bauru e terra-roxa-misturada. Os resultados das análises químicas e granulométricas dos dois solos usados no ensaio são os seguintes:

Determinações	*Terra-roxa misturada*	*Arenito Bauru*
Argila	36,0%	11,5%
Limo	19,5%	3,0%
Areia-fina	19,5%	70,5%
Areia-grossa	25,0%	15,0%
Classificação textural	Barrento	Fino arenoso
pH internacional	6,55	6,80
N total	0,21%	0,06%
PO_4^{---} solúvel, e.mg por 100 g de solo	0,05	0,07
Ca^{++} trocável, e.mg por 100 g de solo	7,07	1,46
Mg^{++} trocável, e.mg por 100 g de solo	1,90	1,07
$H^{+} + Al^{+++}$ trocável e.mg por 100 de solo	5,20	2,40

A areia utilizada foi lavada com água e com solução de ácido clorídrico a 3%, a fim de eliminar a argila e outras impurezas, principalmente o potássio. Retirou-se a acidez proveniente dêsse tratamento, fazendo-se lavagens sucessivas com água. Após proceder-se à homogenização da areia com o solo, fêz-se a semeação, em cada cristalizador, de 100 sementes de arroz da variedade Dourado Precoce, com elevado poder germinativo e bom índice de sanidade.

A umidade mantida nos cristalizadores foi controlada durante o período do ensaio, através de adições de água destilada, sendo a quantidade utilizada, variável com as condições de temperatura. Em virtude do baixo teor de fósforo, observado nos dois tipos de solos, empregou-se uma solução 0,05 M de $Ca(H_2PO_4)_2$, na base de 10 ml para cada litro de água destilada. No caso do solo arenito Bauru, adicionaram-se, ainda, 2,5 ml de uma solução 1 M NH_4NO_3, por litro de água, a fim de suprir as plantas com nitrogênio.

A germinação completou-se decorridos cinco e oito dias da semeação, respectivamente, na terra-roxa-misturada e no arenito Bauru. Procedeu-se

à colheita 21 dias após a germinação. O material colhido foi lavado, a fim de perder a terra aderente às raízes, sêco a 60ºC, procedendo-se, a seguir, à determinação do potássio encontrado nas plantas.

Para cada tipo de solo, usaram-se 12 cristalizadores, observando-se os seguintes tratamentos, com quatro repetições:

1 – 400 g de areia
2 – 100 g de solo + 300 g de areia
3 – 200 g de solo + 200 g de areia

Utilizou-se outra série de cristalizadores com tratamentos idênticos aos 2 e 3, com o objetivo de efetuar a análise do potássio residual do solo. Esta análise refere-se à determinação do potássio que ainda se encontrava no solo em forma "trocável" e que não foi absorvido pelo arroz. Nas repetições utilizadas para êsse fim, retiraram-se as plantas também 21 dias após a germinação e fêz-se a extração do potássio com vários extratores químicos. O potássio foi determinado neste ensaio pelo método de fotometria de chama (1).

3 – RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

O quadro 1 apresenta o pêso sêco das 100 plantinhas de arroz, obtido 21 dias após a germinação, bem como as quantidades de potássio encontradas nas análises dessas plantas (2). Pelas diferenças entre as quantidades nas plantas que se desenvolveram nos cristalizadores com solo, e das provas em branco (sòmente com areia), têm-se as quantidades de potássio absorvidas do solo, pelas 100 plantas. O teste de Tukey, aplicado ao pêso das plantas, mostrou não haver diferença significativa entre os tratamentos.

Observam-se na figura 1 os cristalizadores com as plantas de arroz na ocasião da colheita.

No quadro 2 são apresentados os teores de potássio encontrados nas análises efetuadas nos solos utilizados no ensaio, pelos diversos extratores em estudo.

Embora se tenha verificado boa correlação na capacidade extratora das soluções usadas nos dois tipos de solos, no caso do arenito Bauru o teor de potássio era demasiadamente baixo, de maneira que as plantas extraíram muito pouco dêste elemento, não havendo diferença significativa entre

(2) As análises dos tecidos vegetais foram executadas no Laboratório de Análise de Plantas dêste Instituto Agronômico.

JOSÉ A. JORGE E H. GARGANTINI

QUADRO 1. — Pêso, em gramas, de material sêco, obtidos com 100 plantas, e quantidades de K_2O encontradas nas análises do ensaio de Neubauer

Tratamentos Material empregado nos cristalizadores, em gramas de solo + areia	Repetição	Arenito Bauru			Terra-roxa-misturada		
		Pêso do material sêco	Quantidade de K_2O	Diferença p/prova em branco	Pêso do material sêco	Diferença p/prova em branco	Quantidade de K_2O
		g	mg	mg	g	mg	mg
1. 0 g + 400 g ..... (Prova em branco)	a	4,47	15,10	0,00	3,82	11,90	0,00
	b	4,48	12,90	0,00	4,56	13,10	0,00
	c	4,52	11,90	0,00	3,84	14,30	0,00
	d	4,32	12,50	0,00	4,09	11,80	0,00
	Média	4,45	13,10	0,00	4,08	12,80	0,00
2. 100 g + 300 g	a	3,80	14,20	0,90	4,13	16,90	5,00
	b	3,42	12,80	0,10	3,93	16,10	3,00
	c	3,35	12,90	1,00	3,86	17,70	3,40
	d	3,75	12,70	0,20	3,81	16,50	4,70
	Média	3,77	13,15	0,05	3,93	16,80	4,00
3. 200 g + 200 g	a	4,23	15,80	0,70	3,87	20,50	8,60
	b	4,30	12,40	0,50	4,20	17,20	4,10
	c	4,37	11,60	0,30	3,99	18,30	4,00
	d	4,87	18,20	5,70	4,52	19,60	7,80
	Média	4,44	14,50	1,40	4,14	18,90	6,10

os tratamentos. Tal fato dificultou a correlação entre o potássio obtido pelo arroz e pelos vários extratores químicos, nesse tipo de solo.

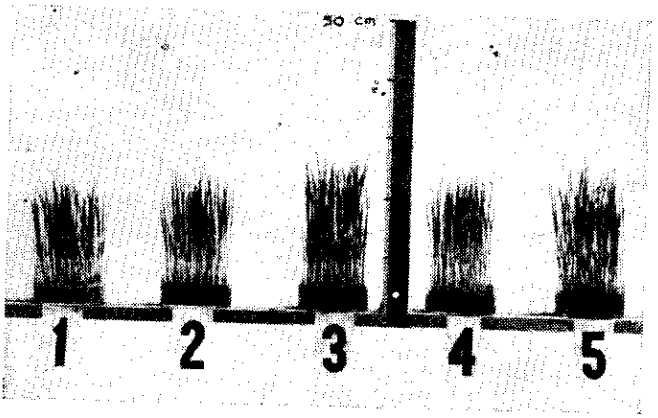

FIGURA 1. — Cristalizadores com as plantas de arroz na ocasião da colheita.
Tratamento 1 = 400 g de areia
Tratamentos 2 e 4 = 100 g de solo + 300 g de areia
Tratamentos 3 e 5 = 200 g de solo + 200 g de areia

QUADRO 2. — Quantidades de potássio "trocável" absorvidas por 100 plantas de arroz e quantidades obtidas por diversos extratores químicos em 100 g de terra em dois tipos de solos do Estado de São Paulo

Extratores	Arenito Bauru			Terra-roxa-misturada		
	Trocável inicial		Residual	Trocável inicial		Residual
	K+	K_2O	K+	K+	K_2O	K+
	e. mg	*mg*	*mg*	*e. mg*	*mg*	*mg*
H_2O destilada	0,040	1,880	n. d.	0,030	1,410	n. d.
H_2SO_4 0,002 N	0,040	1,880	n. d.	0,050	2,360	n. d.
$Mg(C_2H_3O_2)_2$ 0,05 N	0,043	2,020	n. d.	0,083	3,920	1,560
CH_3COOH 0,5 N ..	0,060	2,830	0,470	0,080	3,920	1,560
Plantas	—	1,400	—	—	4,000	—
HNO_3 0,2 N	0,050	2,350	1,410	0,100	4,700	1,560
H_2SO_4 0,05 N	0,040	1,880	n. d.	0,106	5,020	1,850
$NH_4C_2H_3O_2$ 1 N ..	0,076	3,570	n. d.	0,110	5,170	2,040
HCl 0,05 N	0,053	2,490	n. d.	0,130	6,120	2,040
$NH_4C_2H_3O_2$ 0,5 N .	0,086	4,060	n. d.	0,130	6,120	n. d.
HNO_3 0,05 N	0,056	2,640	n. d.	0,136	6,430	n. d.
NaCl 0,5 N	0,083	3,920	1,410	0,163	7,680	n. d.

Os tratamentos efetuados na terra-roxa-misturada apresentaram diferenças significativas, no que se refere ao teor de K_2O, segundo o teste de Tukey a 5%. O coeficiente de variação foi de 7,5%.

Observa-se no quadro 2 que, para o caso da terra-roxa-misturada, a água destilada e o ácido sulfúrico 0,002 normal têm capacidade de extração de potássio do solo, significativamente inferior à da planta. Os extratores acetato de magnésio 0,5 normal, ácido acético 0,5 normal, ácido nítrico 0,2 normal, ácido sulfúrico 0,05 normal e acetato de amônio 1 normal, segundo o teste de Dunnett a 5%, não apresentaram diferença significativa com a extração obtida nas plantas.

Nas condições dêste ensaio, verificou-se que o ácido nítrico 0,05 normal extrai significativamente mais potássio que a planta. Observou-se, também, que a solução 0,2 normal dêste ácido, embora mais concentrada, extraiu menos que a solução 0,05 normal. Extrações feitas com HCl 0,2 normal, a título de comparação, levaram a valores semelhantes aos obtidos com a solução de HNO_3 de igual normalidade. De maneira semelhante, verificou-se que a solução 0,5 normal de acetato de amônio extraiu mais potássio que a solução 1 normal. Isso corrobora as observações de Radu, citado por Peech (3), na substituição de hidrogênio "trocável", na argila tipo 1:1. Nas argilas com êsse tipo de rêde cristalina, verificou-se maior extração com o aumento do pH da solução. No presente trabalho, o pH das soluções de acetato de amônio 1 normal e 0,5 normal foi 6,90 e 6,70, respectivamente. Embora, pela lei da ação de massa, Peech (3) esperasse que a extração de hidrogênio fôsse mais intensa com o aumento da concentração da solução salina extratora, verificou que atinge um ponto limite de poder de extração à medida que a solução se aproxima de 0,5 normal. Esta mesma condição foi verificada na extração do potássio pelo acetato de amônio, neste ensaio.

Finalmente, os extratores ácido clorídrico 0,05 normal, acetato de amônio 0,5 normal e solução de cloreto de sódio 0,5 normal, apresentaram maior poder de extração que as plantas em estudo.

A análise da variância aplicada aos dados obtidos pelos diversos extratores, permitiu verificar as diferenças comentadas nesse trabalho. O coeficiente de variação encontrado foi de 11%.

4 — CONCLUSÕES

Pelo estudo dos dados obtidos nesse trabalho, pode-se grupar as soluções extratoras em três classes:

a) **Com capacidade extratora inferior à da planta:** água destilada e solução de ácido sulfúrico 0,002 normal;

b **Com capacidade extratora semelhante à da planta:** acetato de magnésio 0,5 normal, ácido acético 0,5 normal, ácido nítrico 0,2 normal, ácido sulfúrico 0,05 normal e acetato de amônio 1 normal;

c) **Com capacidade extratora superior à da planta:** ácido clorídrico 0,05 normal, acetato de amônio 0,5 normal, ácido nítrico 0,05 normal e solução de cloreto de sódio 0,5 normal.

DETERMINATION OF SOIL POTASSIUM BY THE NEUBAUER'S METHOD AND BY SEVERAL EXTRACTING SOLUTIONS

SUMMARY

An attempt was made to correlate data on available soil potassium as determined with rice seedlings by the Neubauer's method with determinations carried out with the help of various extracting solutions. In increasing extracting power these solutions were the following: distilled water, 0,002 N sulfuric acid, 0,5 N magnesium acetate, 0,5 N acetite acid, 0,2 N nitric acid, 0,05 N sulfuric acid, 1 N ammonium acetate, 0,05 N hydrochloric acid, 0,5 N ammonium acetate, 0,05 N nitric acid, and 0,5 N sodium chloride.

Data obtained indicated that the extracting solutions that resembled most closely the rice seedlings' power to extract potassium from the soil were 0,5 N magnesium acetate, 0,5 N acetic acid, 0,2 N nitric acid, 0,05 N sulfuric acid, and 1 N ammonium acetate.

LITERATURA CITADA

1. Catani, R. A., Gallo, J. Romano & Gargantini, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1955. 28 p. Boletim 69).
2. Neubauer, H. & Schneider, W. Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehalts der Böden. Z. Pfl Ernähr. Düng. (A) 2:329-362. 1923.
3. Peech, M. Chemical Methods for Assessing Soil Fertility. *In* Diagnostic Techniques for Soils and Crops. Washington, the American Potash Institute, 1948. 308 p.
4. ———— & Bradfield, R. The Effect of Lime and Magnesia in the Soil Potassium and on the Absorption of Potassium by Plants. Soil Sci. 55:37-48. 1943.
5. Reitemeier, R. F., Holmes, R. S. & Brown, I. C. Available Nonexchangeable Soil Potassium at three Northern Great Plains Locations by a Neubauer Procedure. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 14:101-105. 1949.
6. Schuffelen, A. C. & Marel, H. W. van der. Potassium fixation in soils. *In* Potassium Symposium. Bern, International Potash Institute, 1955. p. 157-201.
7. Truog, E. The Determination of the Ready Available Phosphorus of Soils. J. Amer. Soc. Agron. 22:874-882. 1930.
8. York, E. T. & Rogers, H. T. Influence of Lime on the Solubility of Potassium in Soils and on its Availability to Plants. Soil Sci. 63:467-477. 1947.