

**Determinação e Comparação dos Valores Mi, A, Y
e S, em dois tipos de solo do Est. de S. Paulo (1)**

L. NEPTUNE MENARD

A. CAMPANELLI (2)

E. S. A. "Lulz de Quelroz"

(1) Recebido para publicação em 31/10/1961.

(2) Bolsista do CNPq.

1 — INTRODUÇÃO

Do trabalho de CAMPANELLI (1961), determinando o fósforo isotopicamente trocável, do solo com a parte aérea da planta, ou seja o valor Mi, SHEFFER e ULRICH, 1958; BARBIER, 1954, pudemos verificar a existência de uma estreita relação entre os valores Mi e A, de FRIED e DEAN, (1952) e Y de LARSEN, (1952), embora êsses dois últimos expressam o fósforo disponível do solo.

Diante da semelhança dêsses valores, que parecem indicar que todos tenham o mesmo significado, resolvemos, nesse presente ensaio, compará-los, incluindo o valor S estabelecido por SOKOLOV, 1958, mas desta feita utilizando raízes e parte aérea.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente ensaio, tomou-se amostras do solo “terra roxa legítima” (TRL) e do solo arenoso do campo da Secção Técnica da Cadeira de Química Agrícola (TAQ).

2. 1. *Análises mecânica e química.*

A análise granulométrica dêsses solos pelo método da pipeta (RANZANI e KIEHL, 1959), deu os seguintes resultados:

<i>Frações</i>	<i>TRL</i>	<i>TAQ</i>
Areia grossa	12,03	32,91
Areia fina	30,52	47,10
Limo	16,52	3,12
Argila	40,87	16,87

A classificação textural dos solos, utilizando-se o triângulo de Buitenzorg é a seguinte: (CAMARGO e VAGELER, 1936)

TRL — Barro-Argiloso

TAQ — Areia

O poder de embebição foi determinado, seguindo-se o método de COURY (1938), citado por MALAVOLTA e COURY (1954).

Para as determinações do fósforo trocável e do pH, adotou-se os métodos de CATANI et al. (1955).

2. *Preparo das amostras para o ensaio.*

Usaram-se seis vasos de polietileno, nos quais colocaram-se 1,5 kg de TFSA, dos dois solos em estudo, fazendo três repetições para cada um deles. Adicionou-se em cada vaso, uma solução contendo 23,58 mg de fósforo na forma de superfosfato simples com uma atividade de 120.736 impulsos por minuto (ipm). Aplicou-se também sob a forma de solução 200 mg de NH_4NO_3 e 100 mg de KCl . Misturou-se a seguir para que houvesse boa homogeneização. As quantidades de nitrogênio e de potássio foram acrescentadas com o intuito de evitar que um desses elementos constituísse um fator limitante. Essas quantidades aplicadas correspondem à uma adubação de 480 kg de superfosfato simples, 320 kg de NH_4NO_3 e 160 kg de KCl por hectare.

3. *Semeadura.*

Colocou-se no dia 14-6-61, em cada vaso, 25 sementes de trigo (*Triticum vulgare*, var. 1146BH). Alguns dias após, procedeu-se ao desbaste deixando apenas 16 sementes por vaso.

4. *Colheita e análises de plantas e sementes.*

A parte aérea foi cortada 55 dias após o plantio, à altura do solo e pôsto a secar em estufa a 70-80°C. Então, adicionou-se a cada vaso 100 ml de uma solução de acetato de chumbo a 15%, com a finalidade de provocar a precipitação do fósforo dentro das raízes (RUSSELL e ADAMS, 1954). A solução de acetato ficou 24 horas em contacto com as raízes. Após esse tempo, o solo foi deslocado do vaso e passado através de peneira de 1 mm de malha com auxílio de um jato de água. A seguir, as raízes foram colocadas numa solução de KH_2PO_4 para que se processasse a troca isotópica com o $\text{p}32$ adsorvido às raízes. Procedeu-se à lavagem com água destilada e o material foi pôsto a secar em estufa a 70-80°C.

Trituramos, previamente pesadas, a parte aérea e as raízes, separadamente, em micromoinho, procedendo-se depois à digestão nítrico-perclórica. O volume foi completado a 100 ml e daí, tomou-se partes alíquotas para as determinações do fósforo ($\text{p}31$) no colorímetro Klett-Summerson de acordo com o método de LOTT et al. (1956) e do $\text{p}32$ no contador Geiger-Müller, tipo TGC-2 com janela de mica de 1,8 mg/cm², ligado a um registrador. O teor de fósforo foi expresso em mg e a radioatividade em ipm., descontando sempre a radiação de fundo.

O teor de fósforo na semente de trigo foi de 0,170 mg (média de cinco repetições).

2.5. Cálculo dos valores (ver Quadro I).

Para calcular a percentagem do fósforo na planta provindo do adubo, aplicou-se a seguinte relação (LARSEN, 1952).

$$\% \text{ P na planta provindo do adubo} = \frac{\text{Atividade específica da planta}}{\text{atividade específica do adubo}} \times 100$$

O valor Ni, ou seja a taxa de utilização do adubo foi calculado, aplicando-se a fórmula de SCHEFFER e ULRICH, 1958:

$$Ni = \frac{r}{R} \times 100$$

onde r = p32 na planta

R = p32 adicionado ao solo.

O valor Mi foi calculado, segundo BARBIER et al., 1954; SCHEFFER e ULRICH, 1958.

$$Mi = (m \times \frac{R}{r} - Mr)$$

onde Mi = fósforo isotopicamente trocável

m = fósforo encontrado na planta

R = fósforo radioativo adicionado ao solo

r = fósforo radioativo encontrado na planta

Mr = fósforo aplicado ao solo

O valor A (FRIED e DEAN, 1952) foi obtido com aplicação da fórmula:

$$A = \frac{B(1-y)}{y}, \text{ onde}$$

A = fósforo disponível no solo

B = quantidade de p31 aplicado ao solo

y = relação entre a atividade específica da planta e atividade específica do adubo

QUADRO 1

Parte aérea e raiz

Solos	Pêso sêco em g	Mg de P na planta	% de P	ipm	% P planta do adubo	Ni	Mi	A	Y	S
TRL	7,96	20,18	0,63	782	12,62	10,71	164,80	163,17	164,82	162,43
TRL	8,73	19,68	0,57	667	11,00	9,12	192,90	190,76	191,70	184,99
TRL	7,23	18,16	0,58	650	11,65	8,90	176,18	178,73	180,39	172,83
Média	7,97	19,34	0,59	670	11,65	9,58	177,96	177,55	178,97	173,42
TAQ	1,64	7,92	0,60	492	20,10	6,69	95,22	93,73	94,08	77,25
TAQ	3,24	4,76	0,44	275	18,69	3,78	99,42	102,57	102,81	51,74
TAQ	3,45	7,12	0,67	492	22,36	6,69	83,22	81,82	82,06	65,25
Média	2,78	6,60	0,57	423	20,28	5,72	92,62	92,71	92,98	64,75

Obtivemos o valor Y (LARSEN, 1952) pela fórmula:

$$Y = \left(\frac{Co}{C} - 1 \right) X, \text{ onde}$$

Y = fósforo disponível no solo

Co = atividade específica do fertilizante

C = atividade específica da planta

x = quantidade de fósforo adicionado na forma de fertilizantes.

Para obtenção do valor S. (SOKOLOV, 1958) foi usada a seguinte fórmula:

$$S = \frac{\text{p32 adicionado ao solo}}{\text{p32 encontrado na planta (parte aérea + raiz)} - \text{p31-semente}} \times (\text{P31-planta} - \text{p31-semente})$$

É necessário salientar que os valores Mi, A, Y e S foram expressos em mg de P por 1,5 kg de solo.

3 — RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Comparando-se os resultados da 2.^a e 3.^a colunas do Quadro I, pode-se verificar que o desenvolvimento das plantas e a absorção do fósforo foi bem maior na terra roxa legítima (TRL) do que no solo arenoso (TAQ).

Os valores Ni (em %) que se acham na 7.^a coluna, expressam a taxa de utilização do adubo pela planta. Houve um valor Ni maior para a terra roxa legítima. A menor percentagem do fósforo na planta provindo do adubo (6.^a coluna), encontrada para a TRL, indica, como é óbvio, uma maior absorção do fósforo neste solo, em relação ao solo TAQ, mostrando pois ser a terra roxa legítima mais rica em fósforo que o solo arenoso, o que vem corroborar os resultados das análises efetuadas no laboratório, que são 2,40 eq. mg PO³ em 100 g de solo e 0,26 eq. mg PO³ em 100 g de solo para a terra roxa legítima e o solo arenoso respectivamente.

Os resultados da análise estatística para os diferentes valores acima citados, para a terra roxa legítima e para o solo arenoso, encontram-se no Quadro II.

QUADRO 2

Variações	TRL					TAQ				
	GL	Soma dos quadra- dos	Quadra- dos mé- dios	Erro	GL	Soma dos quadra- dos	Quadra- dos mé- dios	Erro		
Tratamentos	3	53,83	17,94		3	1.767,15	589,05			
Repetições	2	1.381,56	690,78		2	356,33	178,16			
Residuo	6	19,97	3,33	1,83	6	544,73	90,78	9,527		
Total	11	1.455,36			11	2.668,21				

Teste F para tratamentos (cf. PIMENTEL GOMES, 1960):

$$F_{TRL} = \frac{17,94}{3,33} = 5,39^* \quad \text{Limites (5\% = 4,76)}$$

$$F_{TAQ} = \frac{589,05}{90,78} = 6,49^* \quad \text{GL 3/6 (1\% = 9,78)}$$

Como pela análise de variância, constatou-se que há diferença entre os valores Mi, A, Y e S, aplicou-se o teste t (cf. PIMENTEL GOMES, 1960) para verificar quais os tratamentos diferentes.

Tanto para TRL como para TAQ, não se verificou diferença significativa entre os valores Mi, A e Y, mas sim destes para com o valor S, sendo que no caso da terra roxa, legítima, a significância foi ao nível de 5% e para o solo arenoso ao nível de 1%.

Do exposto acima, pode-se concluir que os valores Mi, A e Y são semelhantes, indicando pois, a nosso ver, o mesmo valor. Aliás, transformações matemáticas nos conduzem a manter o critério de semelhança entre estes três valores.

Quanto ao valor S, pode-se deduzir que quanto mais rico em fósforo fôr o solo e quanto menor fôr o teor de fósforo na semente, quanto mais este valor se aproximará dos outros.

4 — RESUMO

No presente trabalho, determinou-se e comparou-se os valores Mi de BARBIER et al., 1954, SCHEFFER e ULRICH, 1958, A de FRIED e DEAN, 1952 Y de LARSEN, 1952, e S de SOKOLOV, 1958, em dois tipos de solo do Estado de São Paulo: terra roxa legítima e um solo arenoso do campo da Secção Técnica de Química Agrícola da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Aplicou-se 23,58 mg de fósforo, por vaso, na forma de superfosfato simples, contendo fósforo radioativo com uma atividade de 120.736 ipm; na forma de solução, aplicou-se também 200 mg de NH_4NO_3 e 100 mg de KCl. Misturou-se

bem para que houvesse homogenização a mais perfeita possível. Depois plantou-se 25 sementes de trigo, variedade 1146BH, deixando-se apenas 16 plantas após o desbaste.

Procedeu-se à colheita 55 dias após o plantio. Tanto a parte aérea como as raízes foram secas em estufa a 70-80°C. Sobre o material triturado, digerido e diluído, retirou-se partes alíquotas para a determinação do P^{31} e do P^{32} .

Os valores obtidos para os dois tipos de solos foram os seguintes :

	mg de P por 1,5 kg de solo	
Valores	<i>Terra roxa legitima</i>	<i>Solo arenoso</i>
Mi	177,96	92,62
A	177,55	92,71
Y	178,97	92,98
S	173,42	64,75

A análise estatística não revelou diferença significativa entre os valores Mi, A e Y, mas sim destes para o valor S. Quanto a este último valor, pode-se dizer que quanto mais rico em fósforo fôr o solo e quanto menor fôr o teor deste elemento na semente, quanto mais êle deverá se aproximar dos valores Mi, A e Y.

5 — RÉSUMÉ

Dans le présent travail, les auteurs ont déterminé et comparé les valeurs Mi BARBIER et al 1954 de SCHEFFER e ULRICH, 1958, A de FRIED e DEAN, 1952, Y de LARSEN, 1952 e S de SOKOLOV, 1958, pour deux sols de l'Etat de São Paulo, Brésil, communément désignés sous les noms de : "terra roxa legitima" et "terra arenosa".

Les auteurs ont incorporé aux sols un engrais phosphaté (superphosphate) marqué au moyen du phosphore radioactif, P^{32} . Ils ont aussi incorporé de l'azote et de la potasse.

Après avoir cultivé du blé durant 55 jours, à raison de 16 pieds par vase de culture, les auteurs ont dosé la radioactivité et la masse de phosphore contenues dans les parties aériennes et dans les racines.

Les valeurs calculées pour les deux sols en étude sont les suivantes :

	mg de P pour 1,5 kg de sol	
Valeurs	<i>Terra Roxa Legitima</i>	<i>Terra Arenosa</i>
Mi	177,96	92,62
A	177,55	92,71
Y	178,97	92,98
S	173,42	64,75

L'interprétation de l'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative entre les valeurs Mi, A e Y, mais de celles-ci avec la valeurs S.

Les résultats ont permis de tirer les deux conclusions suivantes : 1) les valeurs Mi, A e Y, ont la même signification, 2) quand le sol est très riche en phosphore et quand la teneur en phosphore des grains est très basse, la valeur S se trouvera très proche ou égalera les valeurs Mi, A et Y.

6 — LITERATURA CITADA

- BARBIER, G., LESAIN, M. & TYSZKIEWICZ, E. 1954. Recherches, au moyen d'isotopes, sur les phénomènes d'autodiffusion dans le sol et sur l'alimentation des plantes. Ann. Agron., 5 (6): 923-959.
- CAMARGO, T. & VAGELER, P. 1936. Análise de solos, 1) Análise physica. Bol. Tec. n. 24. I. A. Campinas, São Paulo.
- CAMPANELLI, A. 1961. Determinação do fósforo isotopicamente trocável em três tipos de solo do Estado de São Paulo. Rev. O Solo (Calq. Piracicaba)
- CATANI, R. A., GALLO, J. ROMANO & GARGANTINI, H. 1955. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. I. A. Campinas, Boletim n.º 69.
- FRIED, M. & DEAN, L. A. 1952. A concept concerning the measurement of available soils nutrients. Soil Sci., 73 (4): 263-271.
- LARSEN, S. 1952. The use of P³² in studies on the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil, 4:1-10.

- LOTT, W. L., NERY, J. B., ROMANO GALLO, J. & MEDCALF, J. J. 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro, Boletim n.º 79, I. A. Campinas.
- MALAVOLTA, E. & COURY, T. 1954. Apostila de práticas de Química Agrícola, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- PIMENTEL GOMES, F. 1960. Curso de Estatística Experimental. Publ. Instituto Genética, Piracicaba.
- RANZANI, G. & KIEHL, E. J. 1959. Prática de solos. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- RUSSELL, R. S. & ADAMS, S. N. 1954. The removal of plant roots from soil for estimation of their phosphate content. *Plant and Soil*, 5:223.
- SCHEFFER, F. & ULRICH, B. 1958. Use of P^{32} for investigations in the system: soil/soil solution/plant. Proc. 2nd United Nations Intern. Conf. on the Peaceful uses of Atomic Energy, vol. 27, pág. 149-151.
- SOKOLOV, A. V. 1958. Supply of available soil phosphates and their accumulation when phosphorus fertilizers are applied. *POCHVOVEDENIYE*, n.º 2.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Editôra Gráfica Irmãos Andrioli S/A
RUA LUIZ GAMA, 758 S. PAULO.