

**A Disponibilidade do Fósforo de Diversos Fos-
fatos Estudada por meio do Método de
Neubauer" (1)**

R. A. CATANI

N. A. da GLÓRIA

E. S. A. "Luiz de Queiroz"

(1) Recebido para publicação em 24/7/1961.

1 — INTRODUÇÃO

O método de Neubauer foi originalmente proposto para o estudo e a determinação da quantidade de certos nutrientes existentes no solo (NEUBAUER & SCHNEIDER, 1923). Os fundamentos do método se apóiam nos seguintes fatos: permite-se o crescimento de um grande número (100) de plantas (centeio) numa quantidade relativamente pequena de terra (100g), durante um certo período de tempo e em condições favoráveis de temperatura e umidade. O grande desenvolvimento do sistema radicular da planta favorece um amplo contato das raízes com o solo, de maneira a serem absorvidos os elementos nutritivos do solo, que se encontram numa forma disponível. A análise das plantas no fim do experimento, fornece a quantidade dos elementos absorvidos e, portanto, a quantidade que o solo os apresentou numa forma disponível.

A descrição da técnica do método de Neubauer, assim como indicações sobre a interpretação dos dados obtidos são apresentadas por VANDECAVEYE (1948).

Admitindo que os princípios em que se fundamenta o método de Neubauer pudessem ser aplicados no estudo da disponibilidade do fósforo de diversos fosfatos, estabeleceu-se um experimento com diferentes materiais fosfáticos. O presente trabalho relata os dados obtidos através de um experimento do tipo inteiramente casualizado, constando de 5 tratamentos com 5 repetições, instalado e conduzido segundo o método de Neubauer. A finalidade deste trabalho consistiu no estudo da disponibilidade do fósforo de diversos fosfatos, com diferentes graus de solubilidade, incluindo apatita, fosforitas e superfosfato comum.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

Empregou-se neste experimento, o solo “terra roxa misturada”, cuja análise apresentou os seguintes resultados:

pH (suspensão de 10 g de terra em 25 ml de água destilada)	5,40
Carbono, g de C por 100 g de terra	1,08
Nitrogênio total, g de N por 100 g de terra	0,164

E. mg PO_4^{--} por 100 g de terra, solúvel em solução de H_2SO_4 0,05 N	0,05
E. mg K^+ trocável, por 100 g de terra	0,17
E. mg Ca^{++} trocável, por 100 g de terra	2,79
E. mg Mg^{++} trocável, por 100 g de terra	0,72
E. mg H^+ trocável, por 100 g de terra	5,54
s, soma das bases em e. mg por 100 g de terra .	3,68
t, capacidade de troca de cations em e. mg por 100 g de terra	9,22
i, índice de saturação em bases: $\frac{s}{t} \times 100$	39,9%

A planta usada foi o arroz (*Oryza sativa* L.), variedade Dourado Agulha, em substituição ao centeio, como em experimentos anteriores (CATANI & PAIVA NETO, 1950; CATANI & CARGANTINI, 1954; CATANI & BERGAMIN, 1960).

As sementes previamente tratadas por Granosan M na proporção de 1: 1000, forneceram uma germinação de 99% em testes executados antes do plantio.

Os materiais fosfáticos empregados no experimento apresentaram as seguintes características:

<i>Material fosfático</i>	<i>% de P_2O_5 total</i>	<i>grau de finura</i>
Fosforita de Olinda	29,53	peneira 100
Fosforita da Flórida ...	31,49	peneira 100
Hiperfosfato	28,22	peneira 100
Apatita de Araxá	33,24	peneira 100
Superfosfato comum	21,52	peneira 100

Conforme já foi mencionado, o experimento constou de 7 tratamentos com 5 repetições conforme segue:

Tratamento	Terra	Areia	Material Fosfático
1	0	350 g	0
2	100 g	350 g	0
3	100 g	350 g	40 mg de P_2O_5 na forma de Superfosfato comum
4	100 g	350 g	40 mg de P_2O_5 na forma de Fosforita de Olinda
5	100 g	350 g	40 mg de P_2O_5 na forma de Fosforita da Flórida, E. U. A. Norte
6	100 g	350 g	40 mg de P_2O_5 na forma de Superfosfato (Fosforita de Gafsa, África do Norte)
7	100 g	350 g	40 mg de P_2O_5 na forma de Apatita de Araxá

O preparo dos cristalizadores foi feito da seguinte maneira: 100 g de terra foram misturados com 200 g de areia e com o fosfato, no tratamento em que entrou esse material. Assim, por exemplo, no tratamento 5, misturam-se 100 g de terra com 200 g de areia e mais 40 mg de P_2O_5 na forma de fosforita de Flórida. Em seguida foram acrescentados 100 g de areia à mistura e 100 sementes de arroz foram introduzidas na areia, com as glumas para baixo. Finalmente, as sementes foram cobertas com 50 g de areia.

No tratamento 1, em que entrou apenas areia, as sementes foram colocadas diretamente sobre 300 g desse material, cobrindo-se depois com mais 50 g de areia.

Os cristalizadores, depois de preparados, conforme foi descrito, receberam 80 ml de água e em seguida foram tarados.

Durante o período de 17-1-61 a 7-2-61, os cristalizadores foram pesados diariamente, completando-se a tara original com água destilada.

Decorridos 18 dias após a germinação das sementes, as plantas (parte aérea e raízes), foram colhidas, cortadas e transferidas para cápsulas de porcelana. Depois de secar em estufa, o material foi incinerado à 500-550° C durante 40 minutos. Foram adicionados 5 ml de HCl (1+1) às cápsulas,

que secaram em "banho-maria". Acrescentaram-se 10 ml de HCl (1+9), aqueceu-se e filtrou-se para balão de 100 ml, completando-se o volume.

A determinação do fósforo, na solução assim obtida, foi feita de acôrdo com o método baseado na formação do ácido fosfovanadomolibdico, já descrito em trabalhos anteriores (CATANI & BERGAMIN, 1960; PELLEGRINO, 1960).

3 — RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos pela análise do material proveniente dos diferentes tratamentos acham-se resumidos no quadro 1.

QUADRO 1 — Resultados obtidos em cada repetição dos 7 tratamentos, expressos em mg P_2O_5 por 100 plantas.

TRATAMENTOS	MILIGRAMAS DE P_2O_5				
1 — Areia	23,82	24,65	24,43	23,20	24,88
2 — Areia + terra	24,43	24,05	22,75	25,27	22,75
3 — Areia + terra + superfosfato	30,67	30,67	30,99	30,30	30,99
4 — Areia + terra + Fosforita de Olinda	27,56	27,56	28,55	27,56	26,87
5 — Areia + terra + Fosforita da Flórida	27,56	27,56	27,56	27,78	26,94
6 — Areia + terra + Hiperfosfato	30,23	30,67	30,30	29,01	30,84
7 — Areia + terra + Apatita de Araxá	25,27	26,87	26,11	25,65	26,26

Um exame dos dados do quadro 1 já fornecem uma indicação geral da diferença existente entre os diversos tratamentos. Entretanto, calculando-se a média das repetições de cada tratamento e a diferença entre a média de cada tratamento e a média da prova em branco, obtém-se dados mais concludentes. O quadro 2 reúne os citados dados.

Na primeira coluna do quadro 2 estão descritos os tratamentos; na segunda, a média das 5 repetições de cada

tratamento, e na última coluna, a diferença entre a média de cada tratamento e a média da prova em branco.

Os valores das médias (segunda coluna do quadro 2) indicam que as plantas procedentes dos tratamentos em que entraram superfosfato e hiperfosfato, apresentaram uma quantidade de P_2O_5 maior do que as plantas provenientes de

QUADRO 2 — Média dos tratamentos e diferença entre as médias dos tratamentos e a média da prova em branco, em mg de P_2O_5

TRATAMENTOS	Média das 5 repetições mg de P_2O_5	Diferença em relação à prova em branco mg de P_2O_5
1 — Prova em branco (Areia)	24,196	—
2 — Areia + terra ..	23,850	— 0,346
3 — Areia + terra + Superfosfato	30,724	6,528
4 — Areia + terra + Fosforita de Olin- da	27,620	3,424
5 — Areia + terra + Fosforita de Fló- rida	27,480	3,284
6 — Areia + terra + Hiperfosfato ...	30,210	6,014
7 — Areia + terra + Apatita do Araxá	26,032	1,836

outros tratamentos Em seguida, vieram os tratamentos contendo fosforita de Olinda e fosforita da Flórida. Finalmente, em último lugar, dentre os tratamentos em que entraram fosfatos, está o que contém apatita de Araxá.

Examinando agora os dados da terceira coluna do quadro 2, chega-se a indicações similares às descritas no parágrafo anterior. Há apenas a assinalar que a diferença entre o tratamento n.º 2 (areia + terra) e o tratamento n.º 1 (prova em branco, isto é, areia pura), forneceu um resultado negativo. É verdade que a diferença é pequena, 0,346 mg de P_2O_5 , mas de qualquer maneira, indica que o arroz não absorveu P_2O_5 da terra.

É interessante observar que em experimentos anteriores (CATANI & GARGANTINI, 1954; e CATANI & BERGAMIN, 1960) já havia sido constatado o fenômeno. Nos citados casos, os valores negativos eram de tal ordem, que indicaram uma possível migração de fósforo das plantas para o solo.

A análise estatística dos dados foi feita considerando-se o experimento do tipo inteiramente casualizado, conforme recomenda PIMENTEL GOMES (1960), uma vez que a posição dos cristalizadores foi modificada muitas vezes no decorrer do experimento.

A análise da variância forneceu o seguinte:

Causa da Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	Desvio padrão	F.
Tratamento	6	216,66	36,11	6,00	78,50 + +
Resíduo	28	12,89	0,460	0,677	
Total	34	229,55			

Aplicando-se o teste F, obtem-se um valor significativo ao limite de 1%, havendo portanto uma diferença entre os tratamentos. Prosseguindo a análise estatística, fêz-se a comparação entre as médias por um dos testes mais indicados (PIMENTEL GOMES, 1960; STEEL & TORRIE, 1960), que

$$\text{é o de Tukey } \Delta = q \frac{s}{\sqrt{r}}$$

Na expressão anterior, q é o valor da amplitude total estudada ao nível de 5% de probabilidade; s é a estimativa do desvio padrão residual e r é o número de repetições de cada tratamento.

Ao nível de 5% de probabilidade, obtem-se

$$\Delta = 4,48 \frac{0,667}{\sqrt{5}} = 1,340 \quad (1)$$

(1) O valor de $q = 4,48$, foi calculado por interpolação harmônica entre os valores 4,54 e 4,46 respectivamente, para 24 e 30 graus de liberdade do resíduo e correspondente a 7 tratamentos, encontrados nas tabelas apresentadas pelos textos (PIMENTEL GOMES, 1960; STEEL & TORRIE, 1960).

Resulta então que quando a diferença entre as médias de dois tratamentos quaisquer, for superior a 1,340 mg de P_2O_5 , esta diferença será significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Confrontando os dados do quadro 2, verifica-se que superfosfato e o hiperfosfato foram os fosfatos que forneceram maior quantidade de P_2O_5 ao arroz e as suas médias diferem significativamente das obtidas com os demais tratamentos. Entretanto, não houve diferença significativa entre superfosfato e o hiperfosfato.

As fosforitas da Flórida e de Olinda se apresentaram inferiores ao superfosfato e hiperfosfato, no fornecimento de P_2O_5 ao arroz, mas mostraram-se significativamente superiores a apatita de Araxá. Não houve diferença significativa entre as duas fosforitas.

A apatita de Araxá, inferior a todos os outros fosfatos assim mesmo forneceu ao arroz uma quantidade de P_2O_5 significativa, quando comparada com os tratamentos n.º 1 e 2 isto é, prova em branco (areia pura) e areia mais terra, respectivamente. Este fato apresenta importância quando se considera o curto espaço de 18 dias, de duração do experimento.

Finalmente, pode-se afirmar que o arroz não absorve fósforo da terra, o que é demonstrado pela diferença entre as médias dos tratamentos n.ºs 1 e 2.

4 — RESUMO E CONCLUSÕES

Com a finalidade de estudar a disponibilidade do fósforo de diversos materiais fosfáticos, foi instalado um experimento, tipo Neubauer, no qual se empregou diversos fosfatos, em tratamentos adiante descritos.

O experimento constou de 7 tratamentos com 5 repetições, conforme segue: 1) prova em branco, constando de apenas 350 g de areia; 2) 350 g de areia e 100 g de terra roxa misturada; 3) 350 g de areia, 100 g de terra roxa misturada

e 40 mg de P_2O_5 na forma de superfosfato comum; 4) 350 g de areia, 100 g de terra e 40 mg de P_2O_5 na forma de fosforita de Olinda; 5) 350 g de areia, 100 g de terra e 40 mg de P_2O_5 na forma de Fosforita da Flórida; 6) 350 g de areia, 100 g de terra e 40 mg de P_2O_5 como hiperfosfato; 7) 350 g de areia, 100 g de terra e 40 mg de P_2O_5 na forma de apatita de Araxá.

A planta usada foi o arroz (*Oryza sativa*, L.) variedade Dourado Agulha.

Transcorridos 18 dias, após a germinação, as plantas (raiz e parte aérea) foram separadas da terra, o material foi lavado, incinerado e preparou-se uma solução a partir das cinzas.

Nas 35 soluções assim obtidas, procedeu-se a determinação do fósforo pelo método colorimétrico baseado na formação do ácido fosfovanadomolibdico.

A análise estatística dos dados foi feita considerando-se o experimento, do tipo inteiramente casualizado.

A aplicação do teste F mostrou que houve uma diferença significativa entre os tratamentos, mesmo ao limite de 1%.

Aplicado o teste de Tukey para a comparação entre as médias, pode-se concluir o seguinte:

a) Os tratamentos que apresentaram-se superiores aos demais foram os de n.º 3 e 6, isto é. os tratamentos com superfosfato e com hiperfosfato, respectivamente. Não houve entre estes dois tratamentos diferença significativa, em função do teste aplicado.

b) Os tratamentos com fosforita de Olinda e fosforita da Flórida, mostraram-se inferiores aos de n.º 3 e 6, quanto ao fornecimento de P_2O_5 ao arroz, porém não apresentaram diferença significativa entre si, de acordo com a análise estatística realizada.

c) O tratamento n.º 7, com apatita de Araxá, apresentou-se de maneira inferior a todos os tratamentos em que entraram fosfatos. Entretanto, a apatita do Araxá forneceu

uma quantidade de P_2O_5 , que apresentou uma diferença significativa, em relação aos tratamentos n.ºs 1 e 2.

d) A análise estatística mostra que os tratamentos 1 e 2 não apresentam diferença significativa entre si, e são inferiores aos demais. As quantidades de P_2O_5 existentes nas 100 plantas desses tratamentos indicam que o arroz não absorveu P_2O_5 da terra, durante o espaço de tempo do experimento.

5 — SUMMARY

In order to study the phosphorus availability from various phosphates fertilizers an experiment was performed according to the biological seedling method of Neubauer. The physico-chemical properties of the soil "terra roxa-misturada", a red soil derived from basaltic rocks are given in the Portuguese text. Rice (*Oryza sativa*, L.) instead of rye (*Secale cereale*, L.) was used.

Five replications of each of the following treatments were made:

- 1 — check, with 350 g of sand
- 2 — 350 g of sand plus 100 g of soil
- 3 — 350 g of sand and plus 100 g of soil plus 40 mg of P_2O_5 from superphosphate.
- 4 — 350 g of sand plus 100 g of soil plus 40 mg of P_2O_5 from Olinda (Brazil) phosphorite.
- 5 — 350 g of sand plus 100 g of soil plus 40 mg of P_2O_5 from Florida (U. S. A.) phosphorite.
- 6 — 350 g of sand plus 100 g of soil plus 40 mg of P_2O_5 from Hyperphosphate, a commercial name of a North African (Gafsa) phosphorite.
- 7 — 350 g of sand plus 100 g of soil plus 40 mg of P_2O_5 from Araxá (Brazil) apatite.

After 18 days of growth, the roots and tops of rice seedlings were harvested and analysed for phosphorus, and the results are summarized in table 1.

Table 1 — Milligrams of P_2O_5 determined in rice seedlings.

Treatments	Mean of 5 replications mg of P_2O_5
1	24.196
2	23.850
3	30.724
4	27.620
5	27.480
6	30.210
7	26.032

The least significant difference at the 5% level by Tukey's procedure for comparisons among the treatments means is 1.365 mg of P_2O_5 .

It is interesting to observe that rice plants did not take any phosphorus from the soil according to the data of the treatments n.º 1 and n.º 2. This can be explained by the high phosphorus fixing capacity of the soil "terra roxa misturada".

6 — LITERATURA CITADA

- CATANI, R. A. & J. E. PAIVA NETTO, 1950 — O método Neubauer aplicado ao estudo do potássio nos solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, 10: 27-32.
- CATANI, R. A. & H. GARGANTINI, 1954 — Extração do fósforo do solo pelo método de Neubauer e por métodos químicos. **Bragantia**, 13: 55 — 62.
- CATANI, R. A. & H. BERGGAMIN FILHO, 1960 — A fixação do fósforo pela terra roxa misturada estudada pelo método Neubauer e com o auxílio do fósforo radioativo P_{32} . **Revista da Agricultura**, 35: 161 — 172.
- NEUBAUER, H. & W. SCHNEIDER, 1923 — Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehalts der Böden. *Zeitsch. f. Pflanzenernährung und Düngung*. 2A: 329 — 362.
- PELLEGRINO, D. 1960 — A determinação do fósforo pelo método do ácido fosfovanadomolibdico. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. 58 pp. (Tese).
- PIMENTEL GOMES, F., 1960 — Curso de Estatística Experimental. Editora Gráfica Supertipo Ltda. São Paulo. 229 pp.

STEEL, R. D. & J. H. TORRIE, 1960 — Principles and Procedures of Statistics. McGraw — Hill Book Co. N. York, 481 pp.

VANDECAVEYE, S. C., 1948 — Biological methods of determining nutrients in soil. Em Kitchen, H. B., ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, American Potash Institute, pp. 199 — 230.