

O EMPREGO DOS RADIOISÓTOPOS NO ESTUDO DA FERTILIDADE DO SOLO I. AVALIAÇÃO DOS TEORES DE NUTRIENTES DISPONÍVEIS E EFEITO RESIDUAL DOS FERTILIZANTES

FRANCISCO DE A. F. DE MELLO

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de S. Paulo — Piracicaba

INTRODUÇÃO

A despeito dos esforços dispendidos e do aprimoramento dos processos empregados no estudo dos teores de nutrientes do solo disponíveis às plantas, não se conhece ainda o método ideal de trabalho, aquele que seja eficiente e válido para todas as condições. Recentemente, o emprêgo dos radiosótopos permitiu o desenvolvimento de uma técnica muito elegante e que tem fornecido resultados satisfatórios na resolução de problemas dessa natureza. A técnica em apreço tem sido mais utilizada com relação ao fósforo, porém já foi empregada para pesquisar cálcio e enxofre disponíveis (BRAUNS, 1960).

Em síntese, a técnica consiste em se adicionar ao solo (no campo ou contido em vasos) uma certa quantidade A, em forma disponível, do elemento que se vai estudar e que contém uma fração em estado também assimilável, como isótopo radiativo; cultivar as plantas testes, colher e analisá-las.

Para o cálculo da quantidade S do elemento em estudo existente no solo em forma de pronta assimilabilidade, LARSEN (1952), FRIED & DEAN (1952) e BARBIER, LESANT & TYSZKIEWICZ (1954) apresentaram fórmulas que, embora diferentes no aspecto matemático, são idênticas no conteúdo, como será mostrado neste trabalho.

A EQUAÇÃO DE LARSEN (1952)

LARSEN (1952) partiu de considerações sobre o princípio da diluição isotópica.

Suponha-se que se quer determinar a quantidade disponível S de um dado nutriente existente num solo. Como êle está numa forma inerte, sua atividade específica é igual a zero. Considere-se, ainda, que se adiciona e se mistura bem a uma porção do solo uma quantidade A, em forma disponível do mesmo elemento, porém, radioativo ou contendo uma fração radioativa e com atividade específica igual a Co.

Nas condições acima, a quantidade total do elemento considerado em forma de pronta assimilação na porção tomada de solo é igual a S + A e a atividade específica correspondente é C. A equação (1) então se verifica e dela se deduz a equação (2), de LARSEN (1952):

$$(S + A) C = A Co \quad (1)$$

$$S + A = A \frac{Co}{C}$$

$$S = A \frac{Co}{C} - A \therefore$$

$$S = A \left(\frac{Co}{C} - 1 \right) \quad (2)$$

A EQUAÇÃO DE FRIED & DEAN (1952)

FRIED & DEAN (1952) tomaram por base o conceito de que se uma planta tem ao alcance das raízes duas fontes igualmente disponíveis de um mesmo nutriente, êste será absorvido das duas fontes em quantidades proporcionais às grandezas destas. Assim sendo, se se fizer

S = quantidade do elemento no solo em forma disponível;

A = quantidade do elemento adicionado ao solo em forma disponível;

PS = quantidade do elemento absorvida pela planta e proveniente do solo;

PA = quantidade do elemento absorvida pela planta e procedente da fonte adicionada,

tem-se:

$$\frac{S}{A} = \frac{PS}{PA} \therefore$$

$$S = \frac{PS}{PA} \quad (3)$$

Evidentemente,

$$\frac{PS + PA}{PA} = \frac{Co}{C} \quad (4)$$

sendo Co a atividade específica do elemento adicionado ao solo e C a atividade específica do mesmo na planta.

Fazendo-se

$$Y = \frac{PA}{PS + PA} \quad (5)$$

isto é, sendo Y a proporção do elemento na planta proveniente da fonte adicionada obtém-se

$$PA = \frac{Y PS}{1 - Y} \quad (6)$$

Substituindo-se em (3) PA pelo seu valor dado em (6) deduz-se a expressão

$$S = \frac{A(1 - Y)}{Y}$$

que é a equação de FRIED & DEAN (1952). Na aplicação dessa equação faz-se

$$Y = \frac{C}{Co} \quad (\text{comparar as expressões 4 e 5}) \quad (7)$$

Substituindo-se na equação de FRIED & DEAN (1952) Y por seu valor apresentado em (7) obtém-se a equação de LARSEN (1952) o que mostra que, em essência, essas expressões se equivalem. Note-se, ainda, que a equação de LARSEN (1952) pode ser deduzida com base no conceito de FRIED & DEAN (1952). Basta, para isso, substituir na expressão (3) PA e PS por seus valores apresentados a seguir, nas equações (8) e (9) respectivamente.

Considerando co o número total de contagens por minuto do elemento radioativo em A e c o número de contagens por minuto do mesmo elemento contido na planta analisada, tem-se

$$co : A :: c : PA \therefore$$

$$PA = \frac{cA}{co} \quad (8)$$

A partir das equações (4) e (8) obtém-se a equação (9)

$$PS = PA \left(\frac{Co}{C} - 1 \right) \therefore$$

$$PS = \frac{cA}{co} \left(\frac{Co}{C} - 1 \right) \quad (9)$$

$$S = A \frac{\frac{cA}{co} \left(\frac{Co}{C} - 1 \right)}{\frac{cA}{co}}$$

$$S = A \left(\frac{Co}{C} - 1 \right)$$

A EQUAÇÃO DE BARBIER, LESAIN & TYSZKIEWICZ (1954)

Da equação que exprime o conceito de FRIED & DEAN (1952)

$$\frac{S}{A} = \frac{PS}{PA}$$

tira-se

$$\frac{S + A}{A} = \frac{PS + PA}{PA} \quad \text{ou}$$

$$\frac{S + A}{A} = \frac{PT}{PA} \quad (10)$$

sendo $PT = PS + PA$. A partir de (10) e substituindo PA pelo seu valor (8) deduz-se

$$S = \frac{co PT}{c} - A \quad (11)$$

que é a forma de exprimir o valor de S apresentada por BARBIER, LESAIN & TYSZKIEWICZ (1954).

Mostra-se fácilmente que a equação (11) equivale à de LARSEN (1952) e, portanto, à de FRIED & DEAN (1952). Basta substituir em (11) PT pelo valor dado a seguir em (12):

$$PT = PS - PA$$

$$PT = \frac{cA}{co} \left(\frac{Co}{C} - 1 \right) + \frac{cA}{co}$$

$$PT = \frac{cA}{co} \cdot \frac{Co}{C} - \frac{cA}{co} + \frac{cA}{co}$$

$$PT = \frac{cA}{co} \cdot \frac{Co}{C} \quad (12)$$

O EMPRÊGO DOS RADIOISÓTOPOS NO ESTUDO DO EFEITO RESIDUAL DOS FERTILIZANTES

Os radioisótopos servem também para se estudar o efeito residual dos fertilizantes. Basta, para isso, proceder-se a ensaios de campo ou de vasos, colher as plantas testes, analisá-las e aos resultados analíticos aplicar uma das três equações vistas anteriormente para se achar o valor S.

Para exemplificar será citado aqui um ensaio realizado na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por BRASIL SOBR. et al. * em que foram testados vários fertilizantes fosfatados para cana-de-açúcar. A produção da soca, bem como os valores S determinados após a colheita em amostras de terra provenientes das parcelas que não receberam fósforo e das que receberam superfosfato simples, fertifos e fosforita de Olinda são apresentados no quadro I.

Tratamento	Produção da soca kg/parcela	S mg P/100 g solo
Sem P	3.082	22,3
Superfosfato simples	3.387	25,2
Fertifos	3.465	25,9
Fosforita de Olinda	3.596	26,0

Quadro I — Efeito residual de adubos fosfatados: produção de cana (soca) e valores S.

* M. O. C. BRASIL SOBR., T. COURY, F. A. F. DE MELLO, R. F. NOVAES & E. MALAVOLTA — não publicado.

Os números expostos no quadro I mostram que há uma relação positiva entre as produções da cana soca nos diversos tratamentos e os valores S respectivos.

O VALOR S E A QUANTIDADE EMPREGADA DO ELEMENTO EM ESTUDO

A experiência mostra que o valor S não sofre grande alteração quando se faz a dose do elemento (adubo) aplicada variar dentro de certos limites. E' o que mostram os dados seguintes, de LARSEN (1952), obtidos em experimento executado em vasos, com cevada :

CaH ₄ (PO ₄) ₂ adicionado milimol/kg de terra	S
1	0,79
2	0,82
4	0,71

Mais eloquentes ainda são os resultados expostos nos quadros II e III obtidos, respectivamente, através de experimentação em vasos, com milhete (FRIED, citado por CATANI) e campo, com trigo (RENNIE & SPRATT, 1962):

Solo	P ₂ O ₅ aplicado lbs/acre	S lbs de P ₂ O ₅ /acre
A	0	—
A	40	62
A	160	67
B	0	—
B	40	210
B	160	220
C	0	—
C	40	930
C	160	1010

Quadro II — Valores S obtidos por FRIED (citado por CATANI, 1958) em três solos diferentes

P2O5 aplicado lbs/acre	S (lbs de P2O5/acre)	
	Solo A	Solo B
6	26	19
12	30	24
24	28	23
48	26	23
96	25	22
d.m.s	n.s.	n.s.

Quadro III — Valores S obtidos por RENNIE & SPRATT (1962) em dois solos diferentes.

FATORES QUE AFETAM O VALOR S

Alguns fatores, como será visto, a seguir podem afetar o valor S para um mesmo solo.

Planta teste empregada — Para um mesmo solo, o valor S varia com as plantas testes empregadas, principalmente quando estas são muito diferentes entre si. Isso fica bem ilustrado com os dados do quadro IV, citados por CATANI (1958):

Solo	P2O5 aplicado lbs/acre	S lbs de P2O5/acre
A	25	126
A	100	198
A	25	222
A	100	262
A	25	35
A	100	59
B	25	288
B	100	344
B	25	544
B	100	429
B	25	73
B	100	66

Quadro IV — Valores S obtidos usando-se culturas muito diferentes entre si.

Entretanto, ao que parece, os valores de S permanecem relativamente constantes quando se empregam plantas com cer-

ta afinidade. E' o que fazem supor os dados do quadro V (REN-
NIE & SPRATT, 1962), obtidos em condições de campo com tri-
go (4 variedades), aveia (3 variedades) e cevada (3 variedades):

Trigo	S lbs/acre	Aveia	S lbs/acre	Cevada	S lbs/acre
Thatcher	24	Ajax	26	Titan	23
Apex	26	Exeter	28	Montcalm	33
Redman	26	Fortune	21	Vantage	26
Rescue	30				
Média	26		25		27

Quadro V — Valores S obtidos com plantas da mesma família

Umidade do solo — Quando o adubo é colocado próximo às sementes e não misturado com todo o volume de solo explorado pelas raízes, a experiência mostra que os valores obtidos para S decrescem à medida que diminui o teor de umidade da terra. Duas explicações são dadas para êsse fato:

a) o desenvolvimento do sistema radicular fica restringido pelo abaixamento do teor de umidade, o que conduz a uma absorção menos intensa do nutriente do solo, enquanto que o aproveitamento do adubo não é ou é pouco afetado por estar junto às raízes.

b) a deficiência de umidade reduz a disponibilidade dos nutrientes do solo e as plantas passam a utilizar o adubo com maior intensidade.

Fertilizante usado — Quanto menos disponível o elemento no fertilizante empregado, maior será o valor S obtido (e vice-versa) porque, em tais condições, as plantas absorvem quantidades maiores do elemento em estudo do solo que do adubo. Em relação aos adubos fosfatados, de um modo geral, a seguinte ordem decrescente de aproveitamento tem sido observada: fosfato de amônio > superfosfato triplo > superfosfato simples > metafosfato de cálcio > fosfato bicálcico > fosfato tricálcico.

Idade em que a planta teste é colhida — Em experimentos realizados no campo ou em vasos onde o adubo é colocado em local definido, o valor S aumenta com a idade com que a plan-

ta teste é colhida para análise. Isso parece lógico, porque, possuindo a planta maior desenvolvimento radicular tem acesso a um volume de solo maior que o volume explorado do fertilizante.

Outros fatores — De uma modo geral, quando o adubo é colocado em lugar definido, qualquer fator que afete o desenvolvimento ou a saúde da planta afetará também o valor S, porque o desenvolvimento radicular será alterado e as absorções do nutriente em estudo do solo e do fertilizante não serão proporcionais.

RESUMO

Este trabalho apresenta deduções das equações de LARSEN (1952), de FRIED & DEAN (1952) e de BARBIER, LESAIN & TYSZKIEWICZ (1954) para a determinação do teor de nutrientes disponíveis do solo e do efeito residual de fertilizantes com auxílio de radioisótopos. Ele mostra, também, que as equações referidas, embora de aspectos diferentes, se equivalem. Finalmente, ele comenta alguns fatores que podem afetar os valores obtidos com o emprêgo de qualquer das expressões citadas.

SUMMARY

This paper presents deductions of some equations (LARSEN, 1952; FRIED & DEAN, 1952; BARBIER, LESAIN & TYSZKIEWICZ, 1954) for determining the amount of available nutrients in the soil and the residual value of fertilizers using radioisotopes. Also, it shows that the deduced equations are equivalents. Finally, it comments some factors that may affect the values obtained with those expressions.

LITERATURA CITADA

BARBIER, G., M. LESAIN & E. TYSZKIEWICZ, 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.

BRAUNS, L. M., 1960 — Aplicacion de isotopos radioativos a la investigacion de suelos, fertilizantes y nutricion vegetal. *Boletim del Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas* 20 (42): 161-183.