

EVALUACION DE CINCO ABONOS FOSFATADOS

T. CRISANTO HERRERO*
A. M.^a GARCÍA GARCÍA*

SUMMARY: This study deals with effect of five phosphate fertilizer materials on five different soils. One soil has $\text{pH} = 7,5$, the other have $5,2 < \text{pH} < 6,5$. The fertilizers are calcium superphosphate (18 %), two NPK compounds (10-20-10) and (5-15-5); one NP (11-55-0), and Phospal (27 %).

The L value, and the A value are determined, using P^{32} labeled compounds. Therefore it is possible to evaluate the P content of plant, when it is due to fertilizer, or to the soil.

The response of the soils to P fertilizer is proportional to the K coefficient ($K = k_{\text{fertilizer}}/k_{\text{soil}}$), and this fact increases the value of the cited coefficient as an Index of soil fertility.

At the same time, the fertilizers could be arranged according to their efficiency in this way: (10-20-10) > (11-55-0) > (5-15-5) > superphosphate > phospal for acid soils; and (11-55-0) > superphosphate > (5-15-5) > (10-20-10) > phospal, for calcareous soil.

RESUMEN: Se estudia la acción de cinco abonos fosforados —superfosfato cálcico (18 %); dos abonos ternarios de fórmulas (10-20-10) y (5-15-5); un abono binario (11-55-0) y phospal (27 %)— sobre cinco suelos distintos, uno de $\text{pH} = 7,5$ y los restantes de $5,2 < \text{pH} < 6,5$.

Utilizando P^{32} se determina el valor L del suelo, y el valor A correspondiente a cada abono y suelo, como punto de partida para valorar el fósforo de la planta que procede del suelo y del abono respectivamente.

La respuesta de los suelos al abono fosfatado es proporcional al coeficiente $K = k_{\text{abono}}/k_{\text{suelo}}$, lo que acrecienta el valor de dicho coeficiente como índice de la fertilidad del suelo.

* Centro de Edafología y Biología Aplicada. Salamanca. C.S.I.C.

Por otra parte los abonos ordenados según su eficacia forman la sucesión: (10-20-10) > (11-55-0) > (5-15-5) > superfosfato > phospal, en los cuatro suelos ligeramente ácidos; y (11-55-0) > superfosfato > (5-15-5) > (10-20-10) > phospal, en el suelo calcáreo.

INTRODUCCIÓN

Son numerosos los trabajos que pretenden valorar experimentalmente los diversos factores que inciden en el aprovechamiento de los abonos que se añaden a los suelos, factores que dependen de las características del abono, de su fórmula química y fundamentalmente de las características del suelo, que es quien controla el comportamiento de los abonos que en él se aplican.

En el caso de los abonos fosfatados el uso del fósforo-32 ha permitido discriminar entre el fósforo tomado del abono y el del suelo, lo que conduce como consecuencia a conocer la eficiencia de cada abono, de suma importancia, tanto en su aspecto científico, como desde su punto de vista económico.

En esta línea de investigación se orienta el presente trabajo, que pretende ser una sencilla aportación al estudio del comportamiento de distintos abonos fosfatados añadidos a varios suelos de la región Centro Oeste, que permita lograr un aprovechamiento más racional de los nutrientes que el hombre aporta a los distintos cultivos.

Dentro de los trabajos que inciden directamente en este tema pueden citarse los de FARDEAU (1972) y TOUATI (1976) que si bien consideran válida la definición del valor A (FRIED and DEAN, 1952) difieren en cuanto al supuesto de que el coeficiente de utilización del fósforo del suelo es igual al coeficiente de utilización del fósforo del abono. FARDEAU (1972) hace distinción entre ambos coeficientes y establece que cuando la planta dispone de dos fuentes de nutrientes hay un coeficiente $K = k_{\text{abono}}/k_{\text{suelo}}$ que regula la absorción del elemento en estudio procedente de ambas fuentes.

El cálculo de dicho coeficiente, que por otra parte cumple la relación $K = L/A$ es posible con ayuda de fósforo radiactivo.

Dentro de esta línea hay que considerar asimismo el trabajo de BLANCHET (1965) en el que determina A y L, así como las posibles relaciones entre dichos valores y de éstos con el fósforo de la solución del suelo, si bien no llega a estudiar K, en el sentido expuesto anteriormente.

MATERIAL Y MÉTODOS

SUELOS. El trabajo se ha llevado a cabo sobre cinco suelos de la región dedicados al cultivo de cereales, cuyas principales características se detallan en la tabla 1.

Por otra parte y con el fin de adquirir más información sobre dichos suelos se determinan otros valores característicos de fósforo tales como: valor E (RUSSELL, 1954), fósforo por resinas de cambio (HISLOP - COOKE, 1968), el índice de absorción de fósforo según el método de BACHE y WILLIAMS (1971), y finalmente el fósforo total por el método de BRAY y KURTZ (1945). Los valores encontrados por estos métodos se recogen en la tabla 2.

TABLA 1. ANÁLISIS DE LOS SUELOS.

N.º muestra	Textura	pH	CO ₂ %	Ca mg/100g.	M.O. %	C %	N %	C/N	K mg/100g.	Análisis Mecánico		
										arena %	limo %	arcilla %
1	arenosa	5,3	—	54,0	0,71	0,41	0,053	7,7	10,11	79,5	4,8	15,3
2	arcillo arenosa	7,5	3,7	809,2	1,72	1,00	0,091	10,9	34,63	51,0	9,0	41,0
3	arenosa	6,4	—	126,1	0,55	0,32	0,043	7,4	8,86	79,5	8,8	16,7
4	areno-arcillosa	5,8	—	128,5	0,50	0,35	0,051	6,8	7,20	64,0	12,8	19,5
5	arenosa	5,5	—	51,2	0,41	0,24	0,034	7,0	4,57	87,0	4,0	9,5

* Análisis hechos en el Servicio de Análisis de Suelos del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, bajo la dirección de la Dra. D.ª L. Prat.

TABLA 2. VALORES CARACTERÍSTICOS DEL FÓSFORO

Suelo	Valor E mgP/100 gr. suelo	P-resinas mgP/100 gr. suelo	P total mgP/100 gr. suelo	Índice absorción (mgP/100 g.) (mol/l.)
1	0,91a ± 0,081	2,258a ± 0,0144	29,5 ± 1,23	5,6 ± 0,46
2	0,37 ± 0,058	1,66 ± 0,118	39,4 ± 2,53	5,42b ± 0,151
3	1,11ab ± 0,081	2,26a ± 0,063	15,0 ± 0,40	2,4a ± 0,26
4	1,1a ± 0,16	1,2 ± 0,20	23,47a ± 0,240	3,35 ± 0,159
5	0,63 ± 0,069	5,40 ± 0,132	23,38a ± 0,273	2,1a ± 0,52
E.st.	0,106	0,103	1,20	0,332
DSM (8gl)	0,20	0,193	2,20	0,57
CV %	12,8	4,0	4,6	8,83

Los valores de cada columna marcados con la misma letra son no significativos al nivel del 5 % según la prueba de Duncan.

ABONOS. Se han empleado los cinco abonos comerciales siguientes: un superfosfato del 18 %, dos abonos ternarios de fórmula 10-20-10 y 5-15-5, un abono binario (11-55-0) y Phospal¹. A efectos de simplificación del texto se les asigna una nomenclatura abreviada, que juntamente con los análisis de cada uno de ellos se indica en la tabla 3.

TABLA 3. ANÁLISIS DE ABONOS

Abono	N %	% P ₂ O ₅		% K ₂ O	Acido libre PO ₄ H ₃	H ₂ O	Cantidad abono mg/maceta
		Soluble	Total				
Superfosfato (S P)	—	18,32	18,49	—	3,85	12,03	312,66
Ternario (T - 2)	9,94	20,32	20,82	8,0	alcalino débil	6,12	281,89
Ternario (T - 3)	4,83	14,5	15,1	5,01	0,21	7,68	395,03
Binario (B - 5)	10,5	49,50	51,50	—	2,81	8,51	115,72
Phospal (P H P)	—	27	34	—	—	—	212,15

INVERNADERO. El trabajo de invernadero se ha desarrollado distinguiéndose dos series fundamentales:

Serie L) que se identifica con el tratamiento testigo. En ella se marca con fósforo-32 el fósforo isotópicamente cambiabile del suelo con objeto de calcular el valor L.

Serie B) que comprende los tratamientos: SP, T-2, T-3, B-5, PHP derivados de los cinco abonos en estudio. En esta serie se marca con fósforo-32 el fósforo isotópicamente cambiabile del suelo y se añade abono no marcado con objeto de conocer la relación entre el fósforo del suelo y el del abono respectivo.

El marcado del fósforo del suelo se realiza añadiendo a 500 gramos de suelo (< 5 mm) una solución que contenga 50 mg de N (NO₃NH₄); 100 mg. K₂O (SO₄K₂) y 200 µc de fósforo-32 (s.p.). Una vez humedecido el suelo se coloca en las macetas y en el caso de la serie B se añade a cada una de ellas la cantidad adecuada de abono para aportar 25 mg. de fósforo por maceta, distribuido en dos zonas diferentes de la misma.

Se siembra ray-grass que recibe cuatro cortes con intervalo de veinte días. Las hojas se secan, se pesan y después se calcinan a 500°. Las cenizas se digieren en ClH 20 % y en la solución obtenida se determina fósforo-32 por radiometría y fósforo normal por colorimetría (BARTON, 1948).

¹ Fosfato natural aluminico-cálcico, rico en hierro, calcinado y molido.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la experiencia de invernadero están contenidos en los siguientes epígrafes:

a) *Valor L*. Se calcula para cada tratamiento cero o testigo en los cinco suelos, aplicando la fórmula:

$$L = \frac{B^*}{S_L} \times P$$

donde B^* es la actividad total añadida por maceta, S_L es la actividad de la planta y P es el fósforo de la planta.

El valor medio de L obtenido con los resultados de los tres últimos cortes se indica en la tabla 4. El análisis de varianza de cada suelo da lugar a un valor F , que es no significativo tanto para los cortes como para las repeticiones en los suelos 3, 4 y 5, siendo en el suelo 1 significativo ($P < 0,05$) respecto a las repeticiones y en el suelo 2 respecto a los cortes.

TABLA 4. VALOR L

Suelo	E. St. L (8 g.l.)	C V %
1	9,22 a ± 2,0322	22,04
2	6,06 b ± 1,2166	20,08
3	5,38 b ± 0,9381	17,44
4	6,29 b ± 1,2530	19,92
5	8,41 a ± 0,8426	10,02
G M = 7.07		E. St. = 1,281 (32 g.l.)
C V = 18,12 %		D S M = 1,65

Los valores de L marcados con la misma letra son no significativos al nivel de 1 %.

Del estudio conjunto de la varianza considerando todos los valores obtenidos se obtiene F no significativo para repeticiones y para las interacciones suelos-cortes y cortes-repeticiones.

Dado que F es significativo respecto a suelos se estudia la diferencia significativa mínima (DSM) según la prueba de Duncan, y se obtiene que el valor L de los suelos 1 y 5 es significativamente diferente de L de los suelos 2, 3 y 4.

b) *Coficiente K*. La relación entre los coeficientes de utilización de los distintos abonos empleados en este trabajo $K = k_{abono}/k_{suelo}$ puede cal-

cularse de acuerdo con las normas indicadas por FARDEAU (1972) por medio de la fórmula

$$K = \frac{L}{P_{\text{abono}}} \left(\frac{S_L}{S_B} - 1 \right)$$

donde S_B es la actividad de la planta que se ha desarrollado en un suelo tratado con cada uno de los distintos abonos, siendo P_{abono} el fósforo aportado por cada uno de ellos (5 mg. de P/100 g. suelo). Los valores S_L y S_B para cada abono se han determinado el mismo día a efectos de evitar errores debidos a la disminución de la actividad con el tiempo. Se hallan los cocientes S_L/S_B para cada corte, obteniéndose una serie de valores que son no significativos entre sí para cada abono y suelo lo que confirma la participación de ambos fósforos (suelo y abono) según una razón constante sobre el desarrollo del cultivo. Una vez obtenidos los cocientes S_L/S_B se procede al cálculo del coeficiente K (tabla 5).

c) *Valor A*, partiendo de la base de que $K = L/A$, se tendrá por tanto que $A = L/K$, lo que permite calcular dicho valor en términos del abono standard añadido. Los valores así calculados se recogen en la tabla 6.

TABLA 5. COEFICIENTE K

Suelo	Abono				
	S P	T-2	T-3	B-5	PHP
1	1,01	1,67	1,01	1,25	-0,03
2	0,78	0,36	0,52	0,97	0,32
3	0,80	0,90	0,87	0,81	0,06
4	1,22	1,27	0,99	1,46	0,07
5	0,66	0,72	0,55	0,87	-0,13

TABLA 6. VALOR A (mg. P/100 g. suelo)

Suelo	Abono				
	S P	T-2	T-3	B-5	PHP
1	9,15	5,52	9,09	7,39	—
2	7,81	16,67	11,63	6,25	19,23
3	6,76	5,95	6,17	6,67	—
4	5,10	4,95	6,33	4,31	—
5	12,82	11,63	15,15	9,62	—

d) Paralelamente a los valores citados se ha determinado el *fósforo total* tomado por la planta en el conjunto de los cuatro cortes, así como la *ma-*

teria seca total a efectos de conocer la influencia que cada uno de los abonos ejerce sobre dicho fósforo de la planta y sobre el rendimiento. Los valores obtenidos se indican en las tablas 7 y 8.

TABLA 7. FÓSFORO ABSORBIDO POR LAS PLANTAS (mg. P/100 g. suelo)

Suelo	Abono					
	O	S P	T-2	T-3	B-5	PHP
1	1,32	1,97	2,40	2,35	2,24	1,66
2	1,18	1,58	1,84	1,84	1,85	1,40
3	1,47	2,37	2,85	2,56	2,79	1,72
4	1,24	2,15	2,35	2,35	2,40	1,42
5	2,38	2,82	3,15	3,07	3,13	2,42

TABLA 8. MATERIA SECA TOTAL gr/maceta

Suelo	Abono					
	O	S P	T-2	T-3	B-5	PHP
1	2,13	2,33	3,12	3,16	2,73	2,44
2	2,64	3,08	3,78	3,64	3,41	3,39
3	2,58	2,50	3,34	3,00	2,92	2,81
4	2,84	2,99	3,54	2,97	3,37	2,97
5	2,48	2,48	2,67	2,76	2,66	2,34

DISCUSIÓN

Acción de los abonos sobre el fósforo absorbido. Del estudio de los valores del fósforo se observa que el abono no actúa en los suelos 1 y 2 hasta después del primer corte, es decir, cuando han pasado más de veinte días desde su aplicación y siembra simultánea del ray-grass. La explicación de este hecho puede basarse en dos causas, una de ellas es que la alimentación fosfórica de la planta durante este período se surte con preferencia del fósforo de la semilla (TROUNG y PICHOT, 1976), como ya se ha dicho al hablar del valor L; y por otra parte se considera poco probable que las raíces alcancen plenamente en este período las zonas donde se ha aplicado el abono. THOMPSON y TROEH (1978) indican que la distancia entre el fósforo y la raíz no debe de ser superior a 5 ó 10 mm., y este supuesto solamente se cumpliría en algún suelo respecto a la zona superior de aplicación del abono. En el caso del suelo 2 su mayor contenido en arcilla ha de hacer más difícil aún tanto el movimiento del fósforo como el avance de las raíces.

mg Fosforo
100g suelo

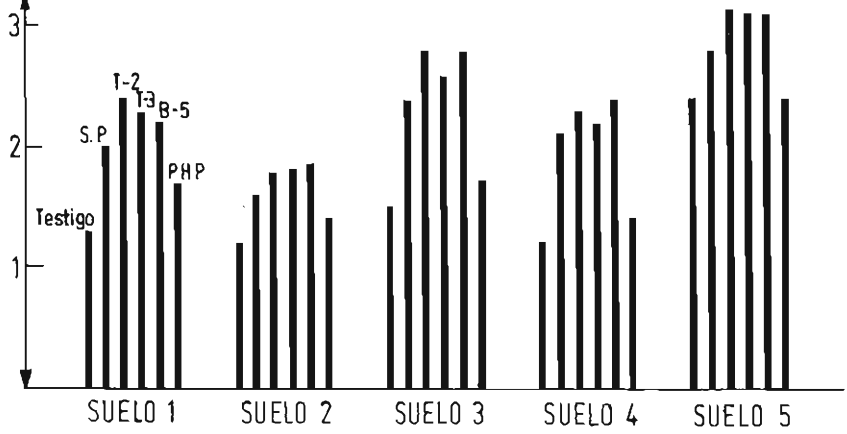


GRÁFICO 1. Fósforo total absorbido

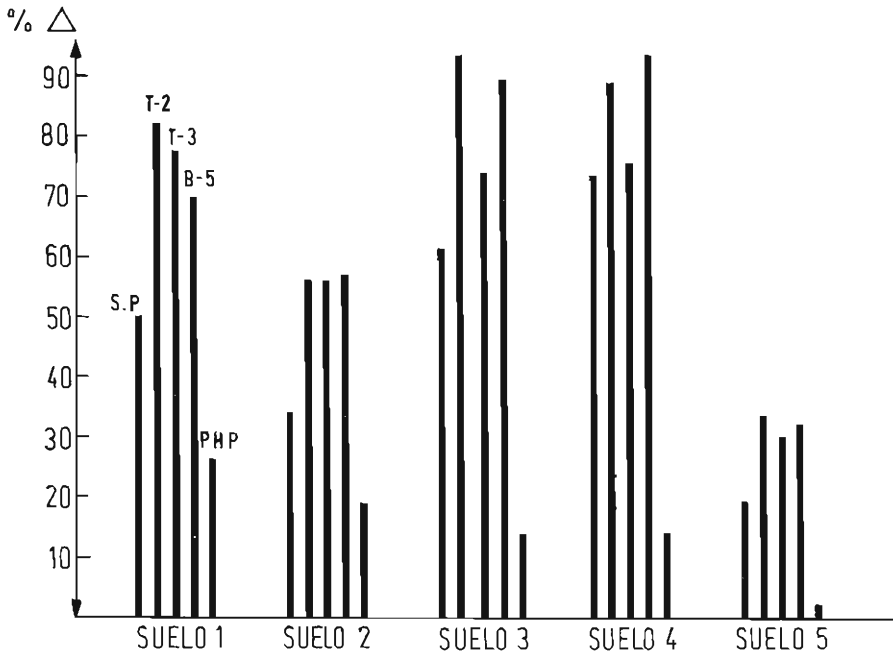


GRÁFICO 2. Incremento de fósforo total absorbido

En cuanto a los valores del fósforo del resto de los cortes y por tanto del valor total se destacan claramente los valores correspondientes al phospal en todos los suelos como no significativos respecto del testigo, posibilidad ya indicada por GACHON (1976). El resto de los abonos da valores no significativos entre sí, aunque sí lo son respecto al testigo; si bien no puede afirmarse esto en el caso de los suelos 1 y 2 ya que en el primero los valores correspondientes al superfosfato no son significativos y en el caso del suelo 2 hay distintas posibilidades entre ellos. De forma esquemática puede verse en los gráficos 1 y 2 la variación del fósforo absorbido en función del tipo de abono y del suelo, en donde se destacan claramente formando un bloque los abonos T-2, T-3 y B-5, quedando el SP en posición intermedia respecto al PHP y testigo.

En general puede decirse que la aplicación de los abonos en estudio (gráfico 2) ha aumentado la cantidad total de fósforo absorbida por maceta desde un 2,2 % (suelo 5) a 26,5 % (suelo 1) sobre el testigo cuando se añade phospal, desde un 32,8 % (suelo 5) a 93,8 % (suelo 3); de 29,5 % (suelo 5) a 78,3 (suelo 1); y de 32,2 (suelo 5) a 93,3 (suelo 4) cuando se añaden T-2, T-3 o B-5 respectivamente, que son los que dan valores más altos. El SP ocupa en todos los suelos el lugar adyacente al PHP, siendo los valores extremos 19,0 % (suelo 5) a 73,2 (suelo 4).

Por lo tanto son los suelos 3 y 4 los que acusan una mayor variación en el % de incremento del fósforo, y dentro de los abonos es el T-2 el que produce mayor incremento. Es posible que la relación N/P del abono incida favorablemente en la absorción de fósforo por la planta, como indican algunos autores (MILLER, 1965).

En cuanto a la actuación del phospal se deduce que la eficacia es nula e incluso negativa, al menos en un primer cultivo, debido a la acción del aluminio (GACHON, 1976), si bien según KARLOWSKY (1976) la eficacia de este abono mejora con el tiempo.

Estudio del coeficiente K. Una vez conocidas por separado las posibles acciones de cada uno de los valores que se han calculado en este trabajo se halla el coeficiente K con la fórmula indicada, valores que se recogen en la tabla 5.

Un sencillo repaso a dichos valores pone en evidencia que el comportamiento de cada abono difiere de un suelo a otro, si bien hay ciertas analogías que permiten incluir dentro de un mismo grupo los suelos 1 y 4 en los que $K \geq 1$, y en otro grupo los suelos 2, 3 y 5 en los que $K \leq 1$, al considerar los abonos SP, T-2, T-3 y B-5. El abono restante Phospal no responde a lo que se acaba de exponer ya que es prácticamente cero en los 4 suelos, siendo 0,32 en el suelo 2. Este suelo se separa del grupo en que está

incluido debido a sus distintas características, y asimismo el Phospal se estudiará separadamente.

Estudios de los suelos 1 y 4. De la definición de $K = k_{\text{abono}}/k_{\text{suelo}}$ se desprende que si $K \geq 1$, $k_{\text{abono}} \geq k_{\text{suelo}}$, es decir, la planta utiliza el fósforo del abono en mayor porcentaje que el fósforo del suelo. En general el contenido en fósforo de la planta aumenta en la cantidad que procede del abono, ya que el fósforo procedente del suelo es sensiblemente igual al fósforo testigo. El abono que participa en mayor grado es el B-5 (suelo 4) con $k = 0,2579$, lo que hace que el fósforo de la planta proceda del abono en un 54 %, y el menor el SP en el que $k = 0,1394$, que supone un 35 % del fósforo de la planta procedente del abono.

El incremento del fósforo absorbido por la planta, que se debe a la acción del abono, está relacionado con K en el sentido de que la respuesta de los suelos al abono fosfatado es proporcional a K (gráfico 3) como ya se ha visto por TOUATI (1976) en varios suelos ligeramente ácidos.

Se entiende asimismo que el Phospal participa en este incremento de fósforo y aunque aparentemente no actúa, su presencia supone un estímulo para el fósforo del suelo que participa más activamente en la alimentación de la planta que si no hubiera ningún abono.

Estudio de los suelos 3 y 5. En cuanto a los suelos 3 y 5 en los que $K \leq 1$ el aporte de un abono al suelo supone que éste moviliza sus reservas y que la planta toma el fósforo preferentemente del suelo. La participación del abono tiene lugar entre un mínimo de 24 % para el abono T-3 (suelo 5) y un máximo de 45 % con el abono T-2 (suelo 3). La aportación del abono no alcanza el 50 % del fósforo tomado por la planta, si bien, cuando la diferencia es pequeña podrían ser incluidos en el epígrafe anterior.

El bajo índice de absorción de estos suelos (tabla 2) es la única nota que los diferencia de los anteriores, y en función de ello se supone que el fósforo del suelo puede ser liberado y cedido a las plantas con preferencia al del abono.

Igual que en el caso anterior la respuesta de los suelos al abono fosfatado es proporcional a K ($P < 5\%$), lo que viene a confirmar la importancia que tiene este coeficiente en la regulación de la relación suelo-planta-abono (gráfico 4).

Estudio del suelo 2. Este suelo da $K < 1$, con todos los abonos y la participación máxima y mínima de éstos en el fósforo tomado por las plantas son 44,44 % para el B-5 y 20,64 % para PHP.

De la tabla 1 se desprende que este suelo tiene algunas características que lo distinguen de los cuatro restantes. Pues bien, todas ellas actúan de forma que retiene el fósforo de los abonos que a él se añaden. Las plantas

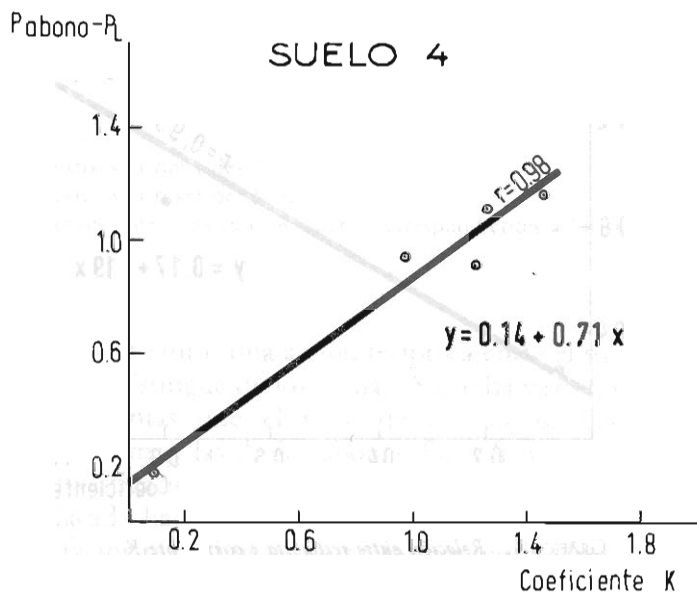
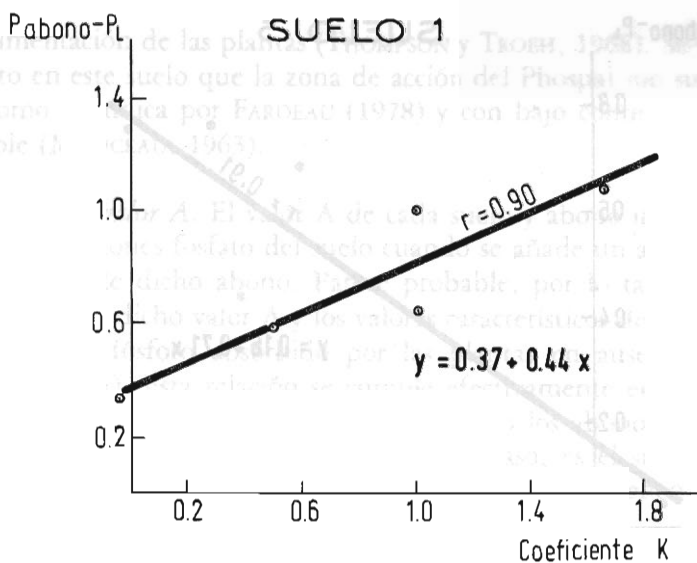


GRÁFICO 3. Relación entre respuesta y coeficiente K

por lo tanto han de tomar el fósforo de las reservas del suelo. El estudio de la dinámica del fósforo en estos suelos indica que el fósforo es retenido en

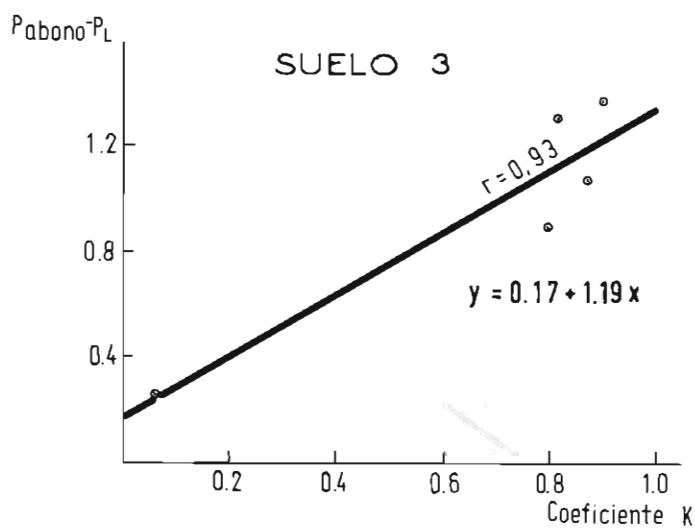
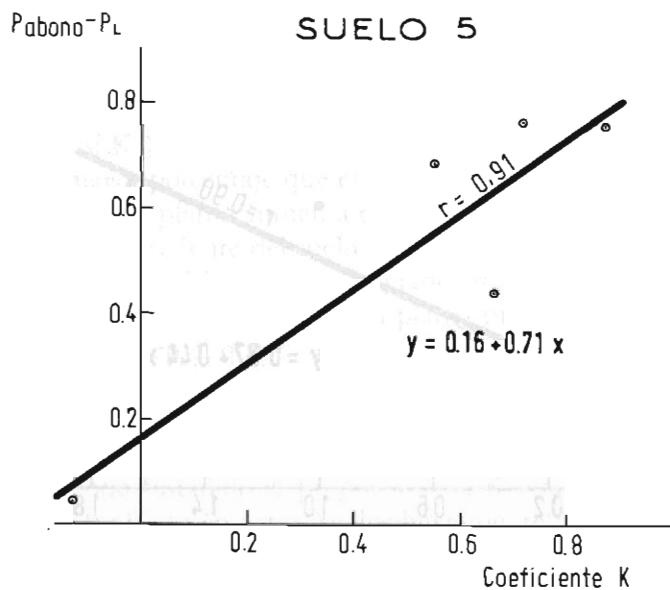


GRÁFICO 4. Relación entre respuesta y coeficiente K

las partículas de arcilla, o bien, reacciona con el calcio formando compuestos de baja solubilidad, lo que disminuye su eficacia. En cuanto al Phospal, la existencia de materia orgánica hace que pueda ser acomplejado el aluminio y por lo tanto los iones fosfato queden libre y participen en pequeño grado

en la alimentación de las plantas (THOMPSON y TROEH, 1968). Se comprueba por tanto en este suelo que la zona de acción del Phospal son suelos de pH > 7, como se indica por FARDEAU (1978) y con bajo contenido en fósforo asimilable (MORICEAU, 1963).

Estudio del valor A. El valor A de cada suelo y abono indica la eficacia nutritiva de los iones fosfato del suelo cuando se añade un abono standard, y en términos de dicho abono. Parece probable, por lo tanto, que exista correlación entre dicho valor A y los valores característicos del suelo tales como P-resinas y fósforo absorbido por las plantas en ausencia de abono (BLANCHET, 1965). Esta relación se cumple efectivamente en el caso de los abonos SP y B-5 (tabla 9), si bien, no es así con los abonos T-2 y T-3. El suelo que parece discrepante en este segundo caso, es el suelo 2, y así se comprueba que cuando no se considera dicho suelo se obtienen coeficientes de correlación muy significativos (tabla 9).

TABLA 9. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN

	A (SP)	A (T-2)	A (T-3)	A (B-5)
P resinas	0,9262***	0,999***(a)	0,9511**(a)	0,9247***
P planta	0,8431**	0,9980***(a)	0,9192**(a)	0,8413**

*** significativos al nivel del 1 %.

** significativos al nivel del 5 %.

(a) coeficientes obtenidos con los valores correspondientes a los suelos 1, 3, 4 y 5.

Es evidente, por tanto, una acción recíproca entre el suelo 2 y los abonos T-2 y T-3 que los distingue de los demás. Ya se ha visto que el suelo 2 tiene características distintas que el resto de los suelos. Pues bien, a estas características se suman las de los abonos T-2 y T-3.

Diversas investigaciones que se han hecho sobre la efectividad del superfosfato amoniacado han llevado a la conclusión de que «el grado de amonización fue el factor más importante en influenciar la efectividad del fósforo en el superfosfato», así como, que «la excesiva amonización reducía drásticamente la efectividad del fosfato» (TISDALE - NELSON, 1977).

En el caso que aquí se estudia es posible que ocurra un fenómeno semejante, ya que los dos valores de A son de los mayores del conjunto (tabla 6), lo que indica una débil participación del abono en la nutrición de la planta (GACHON, 1976).

La menor efectividad del abono debida a las características del suelo, se ve favorecida por la composición química del abono que da lugar a $\text{pH} > 7$ en el entorno de las partículas del mismo y colabora en la precipitación del fosfato cálcico insoluble. Asimismo, el abono T-2 tiene un pequeño porcentaje de nitrofosfato amónico, compuesto escasamente soluble en suelos calcáreos (TISDALE - NELSON, 1977) que marca una cierta diferencia entre este abono y el T-3.

De lo que se acaba de exponer se deduce que pueden ordenarse los abonos en orden decreciente respecto a su eficacia en los distintos suelos, siendo:

T-2 > B-5 > T-3 > SP > Phospal en los cuatro suelos ligeramente ácidos, y B-5 > SP > T-3 > T-2 > Phospal en el suelo de $\text{pH} > 7$.

CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones que se derivan del estudio realizado sobre la acción de varios abonos sobre cinco suelos de la zona Centro-Oeste de España pueden destacarse:

a) El abono T-2 (10-20-10) es el que produce un mayor incremento en el fósforo absorbido por la planta.

b) La respuesta de los suelos al abono fosfatado es proporcional al coeficiente K en los cuatro suelos ácidos, lo que acrecienta el valor de dicho coeficiente como índice de fertilidad del suelo.

c) De los abonos estudiados el que actúa con mayor eficacia sobre los suelos ácidos es el T-2 (10-20-10) y el menor el SP (Superfosfato ordinario); mientras que en el suelo calcáreo son B-5 (11-55-0) y T-2 (10-20-10) los de máxima y mínima eficacia nutritiva.

BIBLIOGRAFIA

- BACHE, B. W. and WILLIAMS, E. G. (1971): *A phosphate sorption index for soils*. J. Soil Sci., 22, 289-301.
- BARTON, C. I. (1948): *Photometric analysis of phosphate rock*. Anal. Chem., 20, 1068-1073.
- BLANCHET, R.; MORIZET, J.; CHAUMONT, C. et MAERTENS, C. (1965): *Quelques exemples de l'utilisation d'un engrais phosphaté radioactif pour l'étude de l'alimentation phosphorique des plantes dans le sol*. Ann. Agron., 16, 535-551.
- BRAY, R. H. and KURTZ, L. T. (1945): *Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils*. Soil Sci., 59, 39-46.

- FARDEAU, J. C. et JAPPE, J. (1972): *Determination simultanée des valeurs A et L à l'aide du P^{32} et du P^{33} . Isotopes and radiation in soil-plant relationships including forestry.* (Proceedings of a Symposium IAEA/FAO) 1971. IAEA. STI/PUB/292, 499-506.
- FARDEAU, J. C. et JAPPE, J. (1978): *Analyse par dilution isotopique de la fertilité et de la fertilisation phosphorique de quelques sols du Québec.* Can. J. Soil Sci., 58, 251-258.
- FRIED, M. and DEAN, L. A. (1952): *A concept concerning the measurement of available soil nutrients.* Soil Sci., 73, 263-271.
- GACHON, L. (1976): *Appréciation de l'efficacité relative de différentes formes chimiques d'engrais phosphatés: application aux sols andiques du Massif Central Français.* VIII Congreso Internacional de abonos. Moscú, 1976, 387-397.
- HISLOP, J. and COOKE, I. J. (1968): *The anion exchange resins as a means of assessing soil phosphate status: a laboratory technique.* Soil Sci., 105, 8-11.
- KARLOVSKY, V. (1976): *Valeur agronomique du calciphos, du phospal et du phosphore rouge.* N. Z. J. Exp. Agric., 4, 303-310 (cit. Phosphore et Agriculture, 1977, 71, 34).
- MILLER, M. H. (1965): *Influence of $(NH_4)_2 SO_4$ on root growth and P absorption by corn from fertilizer band.* Agron. J., 57, 393-386.
- MORICEAU, L. et TINTIGNAC, J. P. (1963): *Comportement du phospal en sol calcaire et en sol acide.* C. R. Acad. Agric. Fr., 49, 1352-1358.
- RUSSELL, R. S.; ERICKSON, J. B. and ADAMS, S. N. (1954): *Isotopic equilibria between phosphates in soil and their significance in the assessment of fertility by trace methods.* J. Soil Sci., 5, 85-105.
- TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. (1977): *Fertilidad de los suelos y fertilizantes.* Montaner y Simón. Barcelona.
- TOMPSON, L. M. and TROEH, F. R. (1978): *Soils and Fertility.* McGraw-Hill Inc. New York.
- TOUATI, B.; PLENCHETTE, C.; TABI, M. (1976): *Etude du pouvoir nutritif en phosphore de certains sols du Québec à l'aide de P^{32} .* Can. J. Soil Sci., 56, 285-291.
- TROUNG, B. et PICHOT, J. (1976): *Influence du phosphore des graines de la plante test sur la détermination du phosphore isotopiquement diluable (valor L).* Agronomie Tropicale 31, 379-386.