

AJUSTE DE LAS DOSIS MÍNIMAS PARA GARANTIZAR LA COSECHA Y MANTENER LA FERTILIDAD DEL SUELO

Veinte años de experimentación en la fertilización con fósforo y potasio de cultivos de invierno

El fósforo (P) y el potasio (K) son dos elementos fertilizantes fundamentales para la vida de las plantas que se aportan en grandes cantidades y suponen un elevado coste económico para el agricultor. Sin embargo, es muy escasa la información disponible que permita razonar los aportes de estos dos elementos

con un criterio técnico. La fertilización fosfo-potásica debe cumplir dos objetivos principales, en primer lugar debe garantizar la cosecha y en segundo debe mantener la fertilidad del suelo a largo plazo; por supuesto, debe hacerlo al mínimo costo posible para el agricultor.

J. Irañeta, L. Sánchez, J. Amezqueta,
J. Delgado y V. Eslava.

ITGA.

La dinámica de P y K en el suelo

Para comprender la disponibilidad de estos elementos para los cultivos conviene conocer por una parte la dinámica de éstos en el suelo y por otra las necesidades de los cultivos y sus mecanismos de absorción.

A continuación se describe de forma sencilla cómo funciona el P en el suelo, que está ligado a las formas minerales y orgánicas del suelo. Esta descripción es válida para el K, con la salvedad de que su dinámica está más ligada a las arcillas.

El P soluble o disponible para los cultivos supone una parte muy pequeña de la cantidad total de este elemento del suelo, el resto se en-

Diversos estudios demuestran que el fósforo y el potasio que absorben los cultivos provienen mayoritariamente de las reservas del suelo, de manera que solamente un 10-20% del fósforo y un 15-30% del potasio proceden del abono aportado ese año. Esta característica dificulta la realización de estudios de fertilización en estos elementos a corto plazo (menos de cinco años) porque resulta muy difícil obtener resultados concluyentes, en consecuencia se cuenta con pocos estudios sobre el tema. Desde el ITGA, conscientes de la importancia agronómica y económica del ajuste de estos elementos, desde 1986 se plantearon ensayos de fertilización a largo plazo que nos permiten establecer unas recomendaciones ajustadas a las necesidades de los cultivos. Se presenta en este artículo un breve resumen de este trabajo.

Cuando se habla de fósforo nos encontramos con dos símbolos, P que representa al elemento químico y P_2O_5 que es la unidad en que se expresa la riqueza de los fertilizantes (unidad fertilizante: UF). Lo mismo ocurre para el potasio cuyo símbolo químico es K y el de unidad fertilizante es K_2O .



FIGURA 1.

Distintas formas de P en suelo con las entradas y salidas de este elemento en el sistema.

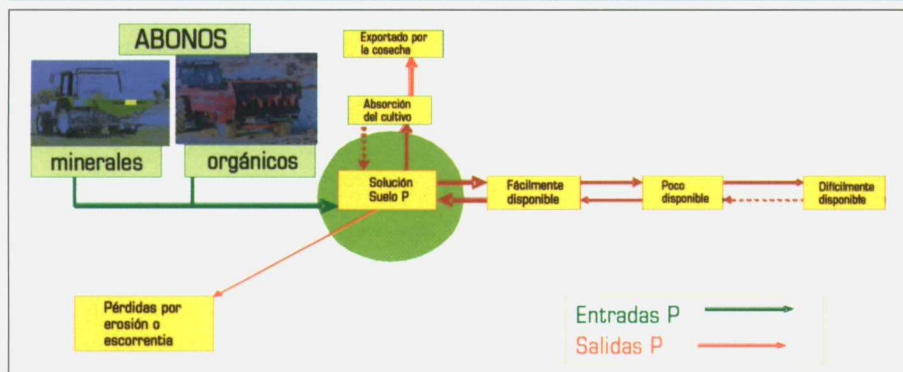
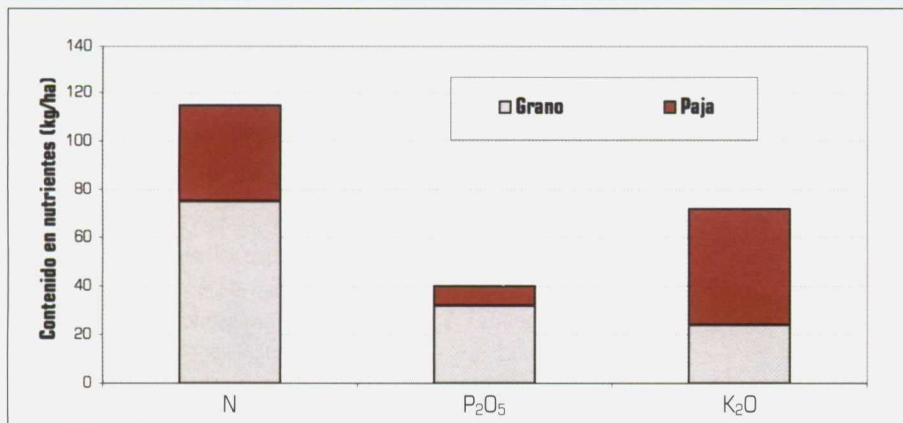


FIGURA 2.

Cantidad de nutrientes absorbidos y distribución entre los distintos órganos de la planta



En el momento de inicio del desarrollo de las raíces, el P constituye un factor determinante para el crecimiento de las mismas y de la parte aérea. Si se satisfacen las necesidades de P en este momento, en fases posteriores de cultivo no suelen darse carencias en este elemento.

cuenta en otras formas más o menos disponibles. Cuando se aporta un superfosfato, evidentemente sube la concentración del P soluble de la solución, gran parte de ese P en un principio se adhiere a las partículas del suelo, inicialmente de una forma fácilmente reversible hacia la parte soluble. A medida que pasa el tiempo, ese P va introduciéndose en las partículas del suelo o reaccionando con ellas, quedando menos disponible para los cultivos. Por otra parte cuando el cultivo absorbe P de la parte soluble, baja la concentración de este elemento en la solución del suelo y la parte de P fácilmente disponible del suelo tiende a compensar esa pérdida y mantener la concentración inicial. Lo mismo ocurre con la parte del P menos disponible, pero evidentemente a una velocidad más lenta. Para cada suelo existe un equilibrio entre

la fase sólida y la solución del suelo.

Se muestra en la **figura 1** los estados de P y K en el suelo con su distinta disponibilidad, representando de una forma gráfica distintos “depósitos” según la posibilidad de ser utilizados por los cultivos; se han añadido, además, las entradas y salidas de nutrientes en el sistema. El P de la solución representa el soluble o disponible.

En definitiva, los dos principales factores que controlan la disponibilidad del P para las plantas son la concentración de iones fosfato en la solución del suelo (P disponible) y la capacidad del suelo para reemplazar al P de esa solución cuando es absorbido por las raíces.

Actualmente se dispone métodos de análisis para medir P y K disponibles en el suelo, sin embargo no se cuenta con ninguna herramienta para predecir la evolución del P dispo-

FIGURA 3.

Evolución del contenido del suelo tras 18 años de diferentes aportes de P₂O₅.

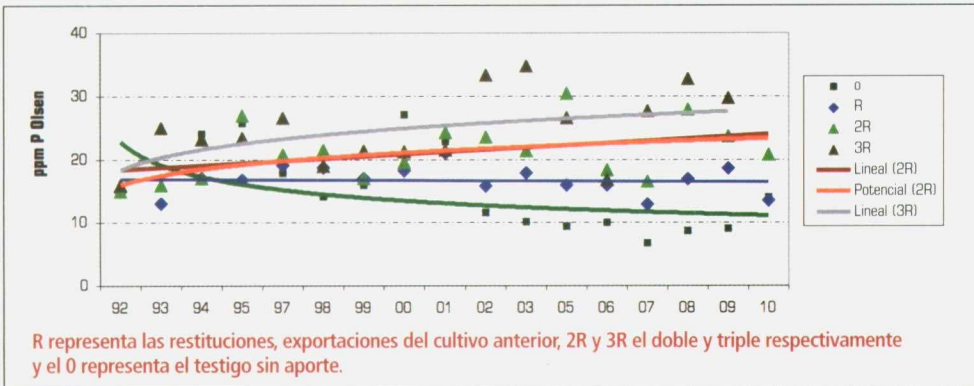
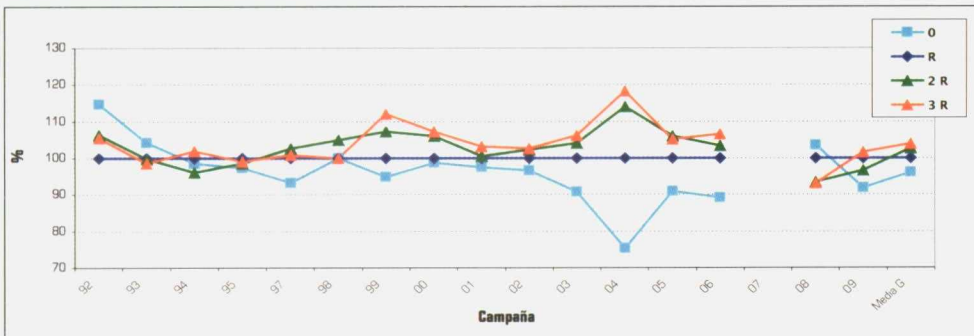


FIGURA 4.

Producción obtenida en porcentaje de las distintas dosis de P₂O₅ respecto a la dosis de restitución (R).



nible del suelo a largo plazo, puesto que depende de condiciones de suelo y de manejo. Únicamente repitiendo el análisis de suelos cada cuatro o cinco años puede evaluarse la evolución del P soluble.

La dinámica de P y K en la planta

Para valorar las necesidades nutritivas del cultivo en estos elementos debe considerarse:

1. La cantidad total de nutriente absorbida en los distintos órganos vegetales. Si es posible se valorará la absorción acumulada en los distintos estados fenológicos del cultivo.
2. La capacidad del cultivo para absorber ese elemento. El cultivo será más exigente cuanto menor sea esa capacidad. Considerar también los momentos críticos en ese elemento es necesario.

Cada cultivo extrae una cantidad de nutrientes característica por tonelada de cosecha.

Este dato es muy importante para ajustar la fertilización fosfo-potásica, puesto que generalmente es suficiente con devolver al suelo los nutrientes que nos hemos llevado con la cosecha (figura 2).

Importancia del P en la fase de nascencia

Aunque el P absorbido en las primeras fases del cultivo supone un pequeño porcentaje respecto al total del ciclo vegetativo, la disponibilidad de este elemento en este período resulta fundamental para obtener un buen desarrollo radicular y vegetativo. En este momento de inicio del desarrollo de las raíces el P constituye un factor determinante para el crecimiento de las mismas y de la parte aérea. A medida que las raíces crecen, exploran más suelo y disponen de más P y de otros nutrientes para alcanzar un buen desarrollo y permitir un buen ahijamiento.

Si se satisfacen las necesidades de P en

este momento, en fases posteriores de cultivo no suelen darse carencias en este elemento.

Importancia de la localización del P cerca de la raíz

Otra característica respecto a la absorción del P es que cuenta con muy poca capacidad de movimiento en el suelo, de forma que cuando una raicilla absorbe P de la solución del suelo, baja la concentración del mismo en la zona radicular y el P de zonas próximas de suelo no se desplaza hacia la zona de baja concentración. De forma que los pelos absorbentes de las raíces deben explorar más suelo para disponer de más P. Por esta razón debemos situar el abonado fosforado cerca de la raíces, como máximo en los 10 primeros cm de profundidad, especialmente en suelos pobres.

Experimentación a largo plazo

Como se ha comentado anteriormente, ante los problemas que plantea el ajuste de la fertilización fosfo-potásica y la ausencia de respuesta en ensayos anuales, desde el ITG Agrícola

se planteó en 1986 la instalación de ensayos a largo plazo con el objetivo de conocer las dosis mínimas que debemos aportar para garantizar la cosecha y mantener el nivel de fertilidad del suelo. Se pretenden resolver las siguientes cuestiones:

1. Cuáles son los niveles adecuados de P y K en suelo para los cultivos cerealistas mayoritarios en nuestros secanos.
2. Cuál es la respuesta productiva a distintas dosis de estos fertilizantes para los diferentes niveles de suelo.
3. Cuál es la evolución del contenido del suelo para distintas dosis aplicadas de estos fertilizantes.
4. Exigencia de los cultivos.
5. Distribución de los nutrientes en los distintos órganos de la planta.

A lo largo de estos años se han utilizado distintos diseños de ensayo, pero todos responden a un planteamiento básico. Partiendo de un suelo con un contenido determinado de P y K, se

establecen una serie de tratamientos que se mantienen fijos a lo largo de la serie histórica del ensayo.

Los tratamientos ensayados han sido:

- Tratamiento 1: Testigo: sin aporte del elemento en estudio.
- Tratamiento 2: R (restituciones, las exportaciones del cultivo precedente).
- Tratamiento 3: 2R (El doble de las restituciones del cultivo precedente).

A través de los controles, en cada uno de los tratamientos se realiza un seguimiento anual de la producción y de la evolución del contenido del suelo del elemento en estudio.

A continuación se exponen a modo de ejemplo los resultados de uno de los ensayos de P que cuenta en este momento con dieciocho años de duración. Se trata de un ensayo instalado en llundain en 1991, zona húmeda, con una producción media de 5.000 kg/ha. Únicamente se muestran los resultados de cuatro tratamientos:

- 1.0: Testigo: 0 UF de P_2O_5 .
- 2.R (fertilizaciones): 50 UF de P_2O_5 cada año. Acumulado en dieciocho años: 900 UF.
- 3.2R: 100 UF de P_2O_5 todos los años. Acumulado: 1.800 UF.
- 4.3R: 150 UF de P_2O_5 todos los años. Acumulado: 2.700 UF.

Se muestra en la **figura 3** la evolución del contenido del suelo en P para los tratamientos descritos. Puede observarse cómo el nivel de la parcela sin abono va descendiendo paulatinamente. Sin embargo, en el tratamiento que se aportan las restituciones (R) el nivel se mantiene y en los que se aportan dosis más altas sube el nivel del suelo a proporción de la dosis aplicada.

En la **figura 4** se muestra la producción obtenida en el mismo ensayo. Se expresa en porcentaje, de modo que se le da un valor 100 a la producción del tratamiento R, (restituciones), y el resto se expresa en porcentaje respecto a esta producción. Puede observarse que las producciones presentan escasas diferencias, a excepción de la campaña 2004 que corresponde a un cultivo de colza (exigente en P). La campaña 2007 fue anulada por pedrisco.

Conclusiones

Se presentan las conclusiones obtenidas y las recomendaciones prácticas que se realizan en base a la información obtenida en estos últimos

CUADRO I.

Clasificación de suelos en función de sus contenidos en P y K y recomendación de fertilización en función de esa clasificación.

Suelo	Fósforo ppm (Olsen)		Potasio ppm Ac. Amónico		Recomen.	UF para 5.000 kg de trigo	
	P	P_2O_5	K	K_2O		P_2O_5	K_2O
Muy pobre	<6	<14	<70	<84	1,5 R	75	45
Pobre	6-12	14-27	70-100	60-120	1,2 R	60	36
Medio	12-18	28-41	100-150	120-180	R	50	30
Rico	> 18	>41	>150	>180	0	0	0
	$P_2O_5 = P \times 2,29$		$K_2O = K \times 1,2$				

veinte años en decenas de ensayos a largo plazo de los que actualmente se mantienen cinco.

Clasificación de los suelos

En la experimentación realizada se observan tres tipos de respuesta productiva al aporte de fertilizante en función del contenido del suelo en P o K. Requiere un muestreo metódico y riguroso (**cuadro I**):

- Suelos pobres: la ausencia de aportación suele originar pérdida de cosecha.
- Suelos medios: la ausencia de aportación puede originar mermas de cosecha, menores del 5%.
- Suelos ricos: la ausencia de aportación no merma cosecha.

Exigencia de los cultivos

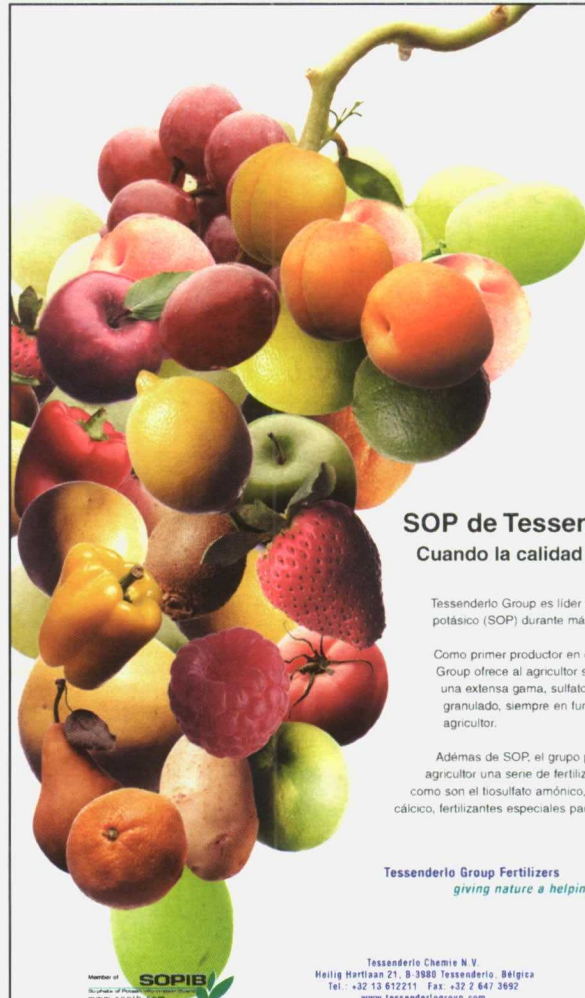
Algunos cultivos se muestran poco capaces de satisfacer sus necesidades nutritivas con un contenido en suelo suficiente para otros. Por ejemplo, la colza se muestra como un cultivo exigente en P, de forma que es imprescindible la aplicación de este elemento.

Clasificación de exigencia de los cultivos elaborada por Comifer (Francia) (**cuadro II**).

Extracciones de los cultivos

Es la cantidad de nutrientes que extraen del suelo. Suele referirse por tonelada de grano, de modo que se puede calcular la cantidad a aportar en función de la cosecha obtenida o esperada (**cuadro III**).

Obsérvese que gran parte del potasio está en la paja, por lo tanto si no se retira la paja se necesita muy poco para restituir las exportaciones de la parcela.



SOP de Tessenderlo
Cuando la calidad realmente cuenta

Tessenderlo Group es líder en la producción del sulfato potásico (SOP) durante más de 80 años.

Como primer productor en el mundo de SOP, Tessenderlo Group ofrece al agricultor sulfato potásico de calidad en una extensa gama, sulfato potásico standard, soluble y granulado, siempre en función de las necesidades del agricultor.

Además de SOP, el grupo pone a disposición del agricultor una serie de fertilizantes líquidos con azufre como son el tiosulfato amónico, tiosulfato potásico y tiosulfato cálcico, fertilizantes especiales para la agricultura.

Tessenderlo Group Fertilizers
giving nature a helping hand

Tessenderlo Chemie N.V.
Heilig Hartlaan 21, B-3980 Tessenderlo, Bélgica
Tel: +32 13 612211 Fax: +32 2 647 3692
www.tessenderlogroup.com
fertilizers@tessenderlo.com

Member of **SOPIB**
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE D'AZOTE
www.sopib.be

TESSENDERLO GROUP

SoluPotasse® GranPotasse® SOP Standard

CUADRO II.

Clasificación de los principales cultivos según su exigencia de fósforo y potasio.

EXIGENCIA	FÓSFORO	POTASIO
Fuerte	Remolacha	Remolacha
	Colza	Patata
	Alfalfa	Guisante
	Patata	Hortícolas
	Guisante	
Media	Hortícolas	
	Cebada	Colza
	Trigo duro	Alfalfa
	Trigo tras trigo	Girasol
	Maíz forrajero	Maíz grano y forrajero
	Guisante proteaginoso	Guisante proteaginoso
	Praderas	Praderas
Baja	Habas	Habas
	Maíz grano	
	Maíz grano	Trigo duro
	Trigo blando	Trigo blando
	Girasol	Trigo tras trigo
	Avena	Cebada
	Avena	



Algunos cultivos se muestran poco capaces de satisfacer sus necesidades nutritivas con un contenido en suelo suficiente para otros. Por ejemplo, la colza se muestra como un cultivo exigente en P, de forma que es imprescindible la aplicación de este elemento.

CUADRO III.

Extracciones de los cultivos por tonelada de grano.

Por t de grano		P ₂ O ₅	K ₂ O
Trigo y cebada	Total	10	18
	Grano	8	6
	Paja	2	12
Colza	Total	15	10
Guisante	Total	15	35
	Grano	10	13
	Paja	5	23

CUADRO IV.

Unidades fertilizantes (kg de P₂O₅ y K₂O) que se deben restituir al suelo en función de la cosecha obtenida.

Cosecha	FÓSFORO		POTASIO	
	Exportaciones	Super 45 %	Exportaciones	Clor Pot 60 %
kg/ha	UF P ₂ O ₅	kg/ha	UF K ₂ O	kg/ha
1000	10	22	6	10
2000	20	44	12	20
3000	30	67	18	30
4000	40	89	24	40
5000	50	111	30	50
6000	60	133	36	60
7000	70	156	42	70

Recomendaciones

Para establecer un plan de fertilización fosfo-potásica de los cereales de otoño puede optarse por uno de estos dos criterios:

1. Restituciones: se trata de devolver al suelo los nutrientes que hemos exportado con la cosecha. Es un criterio seguro que permite una buena eficiencia del P siempre y cuando se realice un balance a largo plazo. Se aportarán 10 UF de P₂O₅ y 6 UF de K₂O por tonelada de grano cosechada, estimando que se ha incorporado la paja (**cuadro IV**).

2. Según el resultado del análisis de suelo (**cuadro I**), en función de las categorías:

- Suelos ricos: podemos prescindir de la aportación de P y K durante cuatro o cinco años. Después se vuelve a realizar otro análisis.
- Suelos medios: restituciones.
- Suelos pobres: se aportará un 20% por encima de las restituciones.
- Suelos muy pobres: se aportará un 50% por encima de las restituciones.
- En cultivos exigentes es obligatoria la aplicación. ●