

EL FOSFORO

(Segunda Parte)

METODOS DE APLICACION DE LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS

No existe un método ideal para aplicar los fertilizantes fosfatados. Son numerosos los factores que deben tomarse en cuenta incluyendo: nivel de fertilidad del suelo, tipo de cultivo(s) y prácticas de manejo.

La fijación del P es un factor importante a considerarse cuando se quiere decidir como aplicar el P. Cuando se aplica al voleo y se incorpora con arado o disco se produce un mayor contacto del P con el suelo que cuando se coloca en bandas, de modo que la fijación es mayor. La fuente del fosfato ayuda a determinar el grado de fijación, ya que dichas fuentes varían en cuanto a solubilidad en agua y tamaño de partículas.

A medida que aumenta la solubilidad, el potencial de fijación aumenta.

A medida que disminuye el tamaño de las partículas, el potencial de fijación aumenta.

En general en suelos de baja fertilidad los cultivos responden mejor a la colocación en banda que al voleo. Esto se debe a dos razones: (1) La fijación es mayor cuando el fertilizante es colocado al voleo. (2) La banda coloca cerca de las raíces una fuente accesible de P.

LA MAXIMA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO SE ENCUENTRA ENTRE LOS pH 6,0 y 7,0.

La REACCION DEL SUELO (pH) influye enormemente en la solubilidad de los compuestos de P en el suelo. Cuán DISPONIBLE es el fósforo?. Cuán FIJO o LIGADO se vuelve en el suelo?.

En suelos ácidos (pH BAJO), el P reacciona con el hierro, manganeso y aluminio para formar productos insolubles que hacen al P menos disponible.

En suelos alcalinos (pH ALTO), el calcio reacciona con el P disminuyendo su disponibilidad a medida que el pH aumenta por encima de 7,0

Las formas más solubles o DISPONIBLES de P se presentan entre los pH 5,5 y 7,0. Esto hace que un buen programa de encalado sea esencial en los suelos muy ácidos.

COLOCACION Y MOVIMIENTO DE NPK

EL NITROGENO se mueve en el suelo en forma bastante libre durante el ciclo de crecimiento. La colocación del N en la zona radicular no es crítica para que éste sea interceptado por las raíces. Tanto la urea como el N amoniacal se convierten en N nítrico rápidamente cuando las condiciones del medio son favorables para el crecimiento de la planta.



EL FOSFORO necesita mayor atención en su colocación. Esta ilustración muestra cuán limitado es su movimiento. El fósforo debe ser colocado donde las raíces pueden interceptarlo. La colocación del P en bandas es la forma agronómica más eficiente cuando se trata de suelos de baja fertilidad.



La colocación del POTASIO es crítica. Al igual que el P, no se mueve rápidamente en el suelo. La aplicación al voleo es por lo general la más eficiente, algunas veces en bueno combinarla con colocación en bandas. Pero en general la colocación tanto del K como del N en bandas no ofrece ventajas.



APLICACION DE FOSFORO AL SUELO

Si un agricultor busca obtener retornos máximos de su inversión en P, la mejor opción es colocarlo en bandas. Pero a medida que los niveles de fertilidad aumentan, las ventajas de la colocación en bandas desaparecen. De esta manera la decisión de si ponerlo en bandas o al voleo depende enormemente de la filosofía de manejo del agricultor. Fertiliza el agricultor para obtener un retorno máximo por el dinero invertido en su fertilizante o para obtener ganancias máximas por hectárea de producción?

La aplicación al voleo incorporada con arado tiene varias ventajas:

1. Es posible aplicar dosis altas sin perjuicio para la planta.
2. La distribución en la zona radicular favorece un enraizado más profundo, mientras que la colocación en bandas produce concentración de raíces alrededor de la banda.
3. El enraizamiento más profundo permite un mayor contacto raíz-suelo, proporcionando acceso a una reserva mayor de agua y nutrientes.
4. La aplicación al voleo es la única forma práctica de aplicar P granulado en los pastizales y praderas establecidos.
5. La incorporación del fertilizante aplicado al voleo puede asegurar una nutrición completa para ayudar a sacar el máximo provecho de las condiciones favorables durante todo el ciclo de crecimiento.

Si bien es cierto que la aplicación superficial del P es por lo general la forma menos eficiente de fertilizar cultivos de hilera, la siembra sin labranza constituye una excepción para la mayoría de los casos. Cuando un cultivo como el maíz es sembrado sobre pastos, paja o rastrojos de cultivos, sin labranza previa, la aplicación superficial del P generalmente aumenta los rendimientos tanto como si se incorporara.

Con los residuos superficiales, los niveles de humedad favorecen el enraizamiento superficial. Esto permite a las raíces utilizar el P en o cerca de la superficie. En condiciones de baja fertilidad y clima seco, probablemente el incorporar el P pudiera ser más eficiente. En Nebraska se ha visto que el P en bandas es importante para el maíz sin labranza.

Aun en siembras sin labranza, el arar cada cuatro o cinco años ayuda a distribuir el P (y K) acumulado en la superficie.

Muchas veces esto no se puede hacer en pendientes pronunciadas.

Las investigaciones han demostrado que la aplicación "zonal" es efectiva, algunas veces mejor que la banda o aplicaciones al voleo incorporadas con arado. Este método aplica el fertilizante en bandas en superficie, y luego éstas son incorporadas con el arado. La tabla que sigue compara la aplicación zonal, la banda y la aplicación al voleo incorporada con arado.

Efecto de la aplicación de P en los rendimientos del maíz. (Universidad de Purdue, promedio de 5 años, suelo pobre en P)

Método de Aplicación	P ₂ O ₅ aplicado (kg/ha)		
	34	67	101
	q/ha		
Banda cerca del surco	72.1	72.1	72.1
Voleo/incorporado	74.0	75.9	76.5
Bandas superficiales angostas, con separación de 75 cm, e incorporadas con arado (zonal)	80.3	82.8	83.4

La colocación del P en chorros con la semilla de cereales pequeños requiere menor cantidad de fertilizante que las aplicaciones al voleo para producir un determinado incremento en los rendimientos. Pero puede consumir un tiempo valioso en períodos críticos de la primavera. La colocación directa detrás del chorro (siembra en bandas) para las forrajeras es mejor que la colocación al voleo. Tanto los tomates como las cebollas han respondido mejor si el P se coloca directamente bajo la semilla o plántula.

Se ha encontrado que la aplicación doble de amoníaco anhidro y polifosfatos de amonio en el momento de la siembra del trigo es superior a las aplicaciones al voleo o aplicaciones en banda de polifosfato de amonio.

Algunas veces se combina la aplicación en banda y al voleo para conseguir mejores resultados. Esto asegura un temprano suministro de P para el desarrollo de la plántula y una reserva de nutrientes para el resto del ciclo. El efecto de arranque obtenido con la aplicación en banda - aun en suelos con alto contenido de P - a menudo es importante cuando las temperaturas son bajas. Esta condición es común en los cultivos que se siembran temprano. Las hortalizas - papas por ejemplo - responden al P en bandas, aún en suelos ricos en P.

FUENTES DE FERTILIZANTES FOSFATADOS

El fosfato mineral (Roca Fosfórica) es el material básico en casi toda la producción de fertilizantes fosfatado. Los depósitos de roca más importantes son materiales sedimentarios, que yacían en camas debajo del océano y que luego fueron llevados hacia arriba con la masa terrestre.

Las reservas mundiales conocidas de fosfato mineral son enormes, cerca de 100 mil millones de toneladas. Cerca de la mitad pueden ser recuperadas en forma económica en las condiciones actuales. Esta cifra representa fosfato suficiente para satisfacer el consumo presente por cientos de años. A medida que la economía cambie es posible que cantidades aún más grandes sean recuperadas.

Los depósitos de fosforita de EE.UU. se encuentran en Florida, Carolina del Norte, Tennessee, Idaho, Montana, Utah y Wyoming. Estos depósitos representan cerca del 30% de las reservas mundiales. La producción de Florida y Carolina del Norte representan más de tres cuartos del total en EE.UU. y el restante está en los estados del Oeste y de Tennessee.

Practicamente todo el fosfato mineral es obtenido de minas de cielo abierto. Contiene cerca del 15% de P_2O_5 y debe de aumentarse su concentración para su uso como fertilizante. Al elevar la concentración se remueve la mayor parte de la arcilla y otras impurezas. Este proceso se denomina "enriquecimiento", y eleva el contenido de P_2O_5 al 30-35%.

Luego del enriquecimiento, el fosfato mineral es molido finamente. Si bien algunos países utilizan este producto como fertilizante en forma directa, el P se hace disponible en forma muy lenta y rara vez aumenta los rendimientos en los primeros dos o tres años después de su aplicación. La mayoría de las rocas son por lo tanto tratadas para hacer el P más soluble.

Los fertilizantes fosfatados se clasifican en **tratados con ácido** o **tratados con proceso térmico**. El P tratado con ácido es el más importante. Para la producción de los fertilizantes fosfatados tratados con ácidos, el ácido sulfúrico y fosfórico son los más importantes.

El ácido sulfúrico se produce a partir de azufre elemental o a partir del dióxido de azufre. Más del 60% de este ácido industrial es utilizado en la fabricación de fertilizantes. Al tratar el fosfato mineral con ácido sulfúrico se produce una mezcla de ácido fosfórico y yeso. Por filtración se remueve el yeso y queda lo que se llama ácido fosfórico "verde" o de "proceso húmedo" que contiene cerca del 54% de P_2O_5 .

Este ácido puede concentrarse aún más formando ácido superfosfórico. En este proceso se saca agua formándose moléculas con dos o más átomos de P. Estas moléculas se llaman polifosfatos.

Los fertilizantes fosfatados tratados con ácido incluyen los siguientes materiales y procesos:

1. El **superfosfato normal** se hace tratando el fosfato mineral con una cantidad medida de ácido sulfúrico. Contiene alrededor del 20% de P_2O_5 .
2. **Superfosfato concentrado (superfosfato triple)** proviene de la reacción de ácido fosfórico de proceso húmedo con fosfato mineral. Contiene el 46% de P_2O_5 .
3. **Los fosfatos de amonio** se producen por amonificación de ácido fosfórico. El fosfato monoamónico (MAP: 11-12% de N y 48-55% de P_2O_5) y el fosfato diamónico (DAP:18-46-0). La obtención de una u otra fuente depende de la cantidad de amonio agregado.
4. **Los polifosfatos de amonio** son los que generan fuentes líquidas de P, producidas por la amonificación del ácido fosfórico. El contenido de P en los polifosfatos fluctúa del 40 al 70%. La concentración de polifosfatos líquidos fluctúa de 10-34-0 a 11-37-0.
5. **Los nitrofosfatos** se hacen acidulando el fosfato mineral con ácido nítrico. Para que este material sea más soluble en agua también se utiliza cierta cantidad de ácido sulfúrico o fosfórico junto con el ácido nítrico. La mayoría de los nitrofosfatos se usan en los países europeos.
6. **Superfosfatos amonificados** se obtienen haciendo reaccionar ya sea superfosfato triple o normal con amoníaco. Se encuentran disponibles en varias concentraciones y en varias solubilidades en agua. El P soluble en agua de estos fertilizantes está influenciado por la fuente del fosfato, grado de amonificación, contenido de impurezas (otras sales), contenido de humedad, velocidad de secado, etc.

La fabricación del ácido fosfórico por el proceso térmico comienza con la producción de P elemental a través de la reducción del fosfato mineral con "coke" en un horno de arco eléctrico. El P elemental es oxidado a P_2O_5 , el cual reacciona subsecuentemente con agua para formar ácido fosfórico (H_3PO_4).

El ácido fosfórico obtenido por el proceso térmico es mucho más puro que el H_3PO_4 obtenido por proceso húmedo. En la industria de fertilizantes, este material es mucha veces preferido para la producción de fertilizante líquido debido a su pureza. Agrónomicamente el ácido fosfórico y sus productos derivados, obtenidos por proceso térmico, son idénticos a aquello obtenido por proceso húmedo.

TERMINOLOGIA DE LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS

Debido a que el P soluble en agua se encuentra en una fuente específica, no siempre se sabe cuán disponible se encuentra. Hoy en día, utilizando métodos químicos, se puede estimar rápidamente el contenido total de P de diferentes fuentes, cuanto de este P es soluble en agua y cuanto es disponible.

El contenido de fosfato (soluble) de los fertilizantes se describe como: soluble en agua, soluble en citrato, insoluble en citrato, disponible y total.

1. **Fósforo soluble en agua**, éste puede ser extraído del fertilizante usando sólo agua.
2. **Fósforo soluble al citrato**, puede ser extraído con una solución normal de citrato de amonio neutro una vez que se haya removido el P soluble en agua.
3. **Fósforo insoluble al citrato**, es la porción remanente luego de la extracción tanto por agua como por citrato de amonio.

El **P disponible** es la suma del P soluble en agua y en citrato. El **P total** es la suma del P disponible más el insoluble en citrato.