# INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION INPOFOS K P EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 10 • ENERO 1993


## CONTENIDO


| | Pág. |
|---|---|
| Cual es la mejor forma de aplicar fósforo al suelo | 1 |
| El uso de fertilizantes reduce las enfermedades en las plantas | 6 |
| Evaluación del uso de medidores de clorofila para manejo de nitrógeno | 8 |
| Como distinguir los síntomas de deficiencia de nutrientes de otros síntomas | 10 |
| Reporte de investigación reciente | 11 |
| Cursos y Simposios | 13 |
| Publicaciones de INPOFOS | 14 |



Editor: Dr. José Espinosa


# CUAL ES LA MEJOR FORMA DE APLICAR FOSFORO AL SUELO*

Qué es mejor, aplicar el P en banda o al voleo?. Son todos los métodos de aplicación en banda igualmente efectivos?. Cuánto se puede reducir de la recomendación de P si éste es aplicado en banda en vez de al voleo?. Todas estas preguntas sobre las ventajas de los varios métodos de aplicación de P resultan de investigaciones que en ocasiones presentan resultados opuestos.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESPUESTA AL FOSFORO

Varios factores influyen en la respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatados, entre éllos se puede incluir:

- Contenido de P en el suelo
- Contacto de las raíces con el suelo fertilizado
- Concentración de P en la solución del suelo fertilizado.

## CONTENIDO DE FOSFORO EN EL SUELO

A medida que el P en la capa superficial del suelo se incrementa, la absorción relativa del P proveniente del fertilizante disminuye. A contenidos altos de P en el suelo, la adición de fertilizante tiene poco efecto en la absorción de este elemento. Esto parece así de simple, pero la concentración de P en el suelo a la cual no hay respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado varía de suelo a suelo y de año en año. Sin embargo, se puede decir con cierta seguridad, que la probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado disminuye a medida que la concentración de P en el suelo se incrementa. Las fluctuaciones en la liberación de P de la materia orgánica pueden en parte ser responsables por esta variabilidad en la respuesta.

---

* Artículo escrito por el Dr. Paul Fixen. Northcentral Director of the Potash &Phosphate Institute (PPI).

La concentración de P en el subsuelo puede influenciar la respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatados si existe suficiente desarrollo de las raíces en el subsuelo. La longitud total y la distribución relativa de la parte aérea de la planta es probablemente uno de los factores más importantes en la determinación de la concentración de P en el suelo necesaria para rendimiento óptimo, así como para la respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado. Una planta con mayor cantidad de raíces, en relación a la parte aérea, requiere de una concentración de P en el suelo considerablemente menor para óptimo crecimiento, que cuando el crecimiento de las raíces es limitado. El desarrollo del sistema radicular se discutirá en detalle más adelante.

## CONTACTO DE LAS RAICES CON EL SUELO FERTILIZADO

Ningún factor que influencia la respuesta de la planta a la localización del fertilizante fosfatado es más importante que el grado de contacto entre la raíz y el suelo fertilizado. En relación al contacto con la raíz, los principales factores son: La longitud/actividad total de las raíces, el volumen del suelo fertilizado y la localización del suelo fertilizado dentro del volumen total de suelo.

### Longitud total de las raíces

La longitud total de las raíces generalmente se incrementa a medida que se incrementa el rendimiento, pero varios factores influencian la magnitud de este incremento. Estudios en varios cultivos han demostrado que el crecimiento de la parte aérea es mayor que el de las raíces a medida que se incrementa la disponibilidad de agua en el suelo. Las condiciones que estimulen un crecimiento extensivo de las raíces en relación a la parte aérea pueden producir muy poca respuesta a la aplicación de P, aún en suelos bajos en este elemento, ya que las plantas son capaces de obtener adecuada cantidad de P del suelo no fertilizado.

La temperatura baja y la humedad excesiva en el suelo disminuyen la longitud total y la actividad metabólica de las raíces y pueden ser factores muy importantes en la respuesta al P, aún en suelos con altos contenidos de este elemento. Las enfermedades y daños por insectos a las raíces, compactación del suelo, tipo de cultivo y contenido de amonio en el suelo son algunos de los factores que influencian la longitud y actividad radicular. La infección por micorrizas (un hongo benéfico de la raíz) puede incrementar la longitud y actividad efectiva de las raíces y mejorar la habilidad de las plantas para extraer P.

### Volumen del suelo fertilizado

El volumen del suelo fertilizado influencia el grado de contacto de la raíz con los nutrientes añadidos. Si una aplicación de fertilizante al voleo, incorporada con rastra afecta el 100 % del suelo, una aplicación en banda a 75 cm de espaciamiento fertiliza solamente alrededor del 1 % del volumen del suelo. Aún, cuando solamente el 1 % del volumen del suelo puede ser fertilizado en una banda típica de presiembra, más del 1% del sistema radicular es afectado debido a la proliferación de raíces en la banda. Estudios han demostrado que una banda con influencia en el 1% de suelo puede contener aproximadamente 4% del sistema radicular, dejando todavía el 96 % de raíces no afectadas por la aplicación del fertilizante fosfatado. Si se toma estrictamente el punto de vista de contacto entre la raíz y el suelo, esto no es lo más adecuado. Se ha demostrado que la presencia de N amoniacal en la banda de P incrementa la proliferación de las raíces y promueve la absorción de P.

En sistemas de labranza reducida donde las bandas de P no son disturbadas por subsecuentes operaciones de labranza, los efectos residuales de la fertilización fosfatada pueden ser significativos. En casos cuando el efecto residual de las bandas se destruye por labranza, el efecto residual en general sería igual al efecto residual de las aplicaciones al voleo.

### Localización del suelo fertilizado

La localización del suelo fertilizado dentro del volumen total del suelo también afecta el contacto de las raíces con los nutrientes aplicados. El P es relativamente inmóvil en el suelo y el objetivo de la localización es el de colocar los nutrientes donde se encuentra la mayor concentración de raíces activas. Los datos de un experimento conducido en Dakota del Sur demuestran este hecho (Figura 1).

En este experimento el P se aplicó al voleo y solo se incorporó superficialmente en el suelo antes de la siembra. Los datos del experimento demostraron que los rendimientos de trigo continuaron incrementándose incluso al nivel más alto de aplicación de P, 220 kg/ha de $P_2O_5$, lo que ya era de esperarse. Obviamente la eficiencia de uso del fertilizante fosfatado se ha reducido por la aplicación superficial del fertilizante. El muestreo detallado del suelo indicó que la mínima incorporación efectuada incrementó la concentración del P en la solución del suelo solamente en los 5 cm superficiales. La actividad de las raíces en esta zona es limitada en el ambiente seco y cálido de Dakota del Sur y en esta forma el P aplicado en el fertilizante era posicionalmente no disponible y por lo tanto no eficiente.

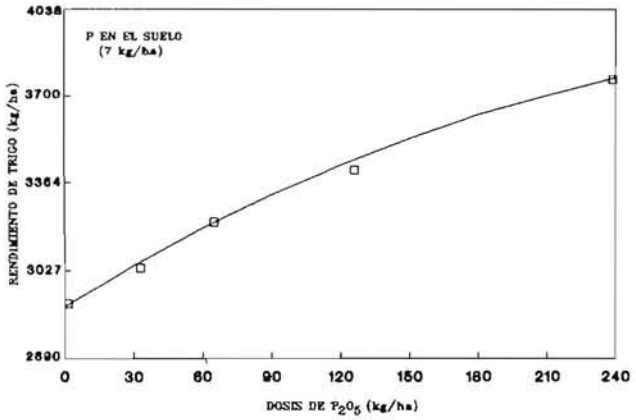



**Figura 1. Rendimiento de trigo a varias dosis de P aplicado al voleo con ligera incorporación antes de la siembra.**

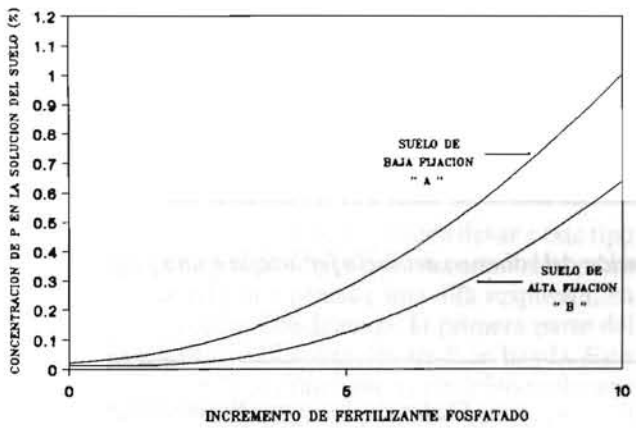



**Figura 2. Relación entre el fertilizante fosfatado y la concentración de P en el suelo. Se necesitan dosis mayores en suelos que tienen una alta capacidad de fijar P.**

Además de la humedad del suelo, otros factores que influencian la actividad de la raíz como temperatura del suelo, distancia de la banda de fertilizante a la semilla, compactación, etc. afectan también la localización óptima del suelo fertilizado. La severa estratificación del P, que resulta en muy pobre eficiencia, es consecuencia de continuas aplicaciones de P al voleo.

## CONCENTRACION DE FOSFORO EN EL SUELO FERTILIZADO

Básicamente, la relación entre fertilizante fosfatado y la concentración de P en la solución del suelo está representada por la línea A en la Figura 2. Las dosis bajas de P aplicado tienen solamente un impacto pequeño en el P usable en la solución del suelo debido a que el P reacciona con los componentes del suelo, los cuales lo hacen menos disponible (fijación). A medida que las dosis de aplicación se incrementan, más y más P permanece en la solución del suelo de donde puede ser absorbido inmediatamente por la planta

Se requieren dosis substancialmente más altas de P para incrementar la disponibilidad de este elemento en suelos que tienen una alta capacidad para reaccionar con el fertilizante fosfatado (línea B, Figura 2). Factores como la baja concentración de P en el suelo, alto contenido de arcilla, alto contenido de carbonato de calcio y alto contenido de Oxidos de Fe y Al tienden a que los suelos reaccionen más activamente con el P, fijándolo o haciéndolo menos disponible.

Si solamente se consideraría la habilidad del suelo para reaccionar con el P, el fertilizante se debería mezclar lo menos posible con el suelo. Esto resultaría en una mínima cantidad de reacciones de fijación y en una máxima cantidad de P en la solución del suelo. Sin embargo, las concentraciones altas de P en la solución del suelo mejoran la absorción de este elemento solamente hasta cierto punto (Figura 3).

Inicialmente la absorción se incrementa rápidamente con el incremento de la concentración de P en la solución del suelo, pero gradualmente se acerca a un máximo de absorción donde se estabiliza. Si el fertilizante aplicado en banda incrementa la concentración de P en la solución del suelo más allá de lo que las raíces de las plantas pueden utilizar, la absorción de P no se incrementa y la eficiencia del P declina.

Consecuentemente, la mejor localización de P en un suelo en particular sería aquella que permita un óptimo balance entre minimizar los efectos detrimentales de las reacciones del P con el suelo y maximizar el contacto del

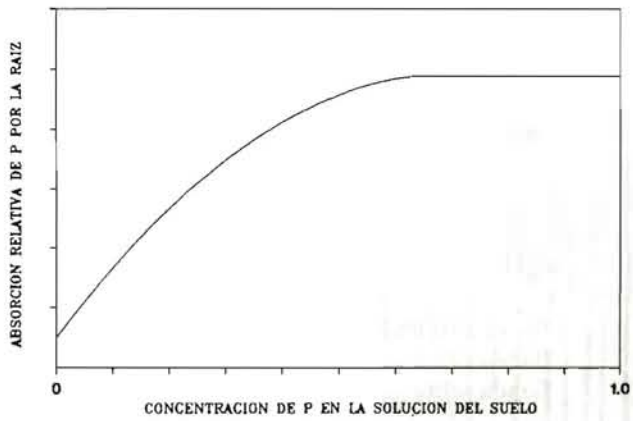



**Figura 3. El potencial de absorción de P por las raíces se incrementa rápidamente a mayor concentración de P en la solución del suelo pero gradualmente llega a un máximo estable.**

fertilizante con las raíces. Considerando el número de factores que influencian este balance, no es sorprendente que los estudios de localización del P no siempre presenten los mismos resultados y que las recomendaciones de localización de P enfrenten debate.

## METODOS COMUNES DE APLICACION

Existe una variedad de alternativas de aplicación de P, las principales se presentan en la tabla 1, junto con un estimado del volumen de suelo que cada una de éllas afecta. La profundidad de incorporación y el método de localización de las aplicaciones superficiales afecta el volumen de suelo fertilizado y su localización. Para las aplicaciones en bandas, el espaciamiento y la localización en relación a las hileras del cultivo en el campo, pueden afectar el porcentaje de suelo fertilizado y el uso eficiente de P.

El estrechar el espacio entre bandas, a una dosis constante de P, incrementa el volumen de suelo afectado, pero no proporcionalmente porque el P es aplicado en bandas individuales de menor diámetro. Los volúmenes de suelo afectados que se presentan en la Tabla 1 son estimativos calculados de estudios de movimiento de P.

Considerando los factores discutidos anteriormente, se ha estimado que en suelos con probabilidad de producir respuesta a la aplicación de P, el volumen óptimo a ser fertilizado, para una dosis de 56 kg/ha de $P_2O_5$, varía de 1 a 20 por ciento.

## COMPARACIONES ENTRE APLICACIONES EN BANDA Y AL VOLEO

Las discusiones con relación a la decisión de como colocar el P en el suelo generalmente terminan en dos preguntas básicas:

1. Se aplica el P en banda o al voleo? y
2. Si se aplica en banda, que ajustes en las dosis son posibles.

No existe una respuesta generalizada para estas preguntas ya que la efectividad relativa de las aplicaciones en banda o al voleo varían dependiendo de situaciones específicas. Se ha demostrado con investigación que existen por lo menos cuatro relaciones entre aplicaciones en banda o al voleo. Estas se describen a continuación como situaciones A, B, C y D.

*Tabla 1. Efecto del método de aplicación de P en la proporción del volumen del suelo fertilizado a una profundidad de 15 cm.*

| Método de localización | Profundidad de Incorporación (cm) | Distancia entre bandas (cm) | Porción teorética de Suelo fertilizado % |
|---|---|---|---|
| **Aplicaciones superficiales** | | | |
| Voleo/incorporado | 15 | | 100 |
| Voleo/incorporación mínima | 5 | | 33 |
| Voleo/sin incorporación | 1 | | 7 |
| Banda superficial presiembra | 0-15 | | 1-100 |
| **Aplicaciones en banda *** | | | |
| Banda profunda | | 15 | 1.9 |
| Banda cerca de la semilla | | 38 | 1.5 |
| Banda sobre la semilla | | 76 | 1.1 |

*** La porción de suelo fertilizado depende de la distancia entre bandas y la profundidad de aplicación.**

## Situación A: Aplicación al voleo igual a la aplicación en banda

Esta situación se ha observado donde los contenidos de P en el suelo son relativamente altos y la fijación es limitada. La incorporación completa de P resulta en un buen contacto con la raíz e incrementa la probabilidad de que el fertilizante se localice en suelo húmedo. Cultivos como el sorgo, soya, girasol y en menor grado el maíz, tienen más probabilidad de exhibir este tipo de respuesta.

## Situación B: Los rendimientos con aplicación en banda son mayores que al voleo a dosis bajas de P e iguales a dosis altas

Esta respuesta se ha verificado en numerosos estudios y está asociada con bajos contenidos de P en el suelo, alta capacidad de fijación y condiciones de suelo frías y húmedas. Este tipo de investigación ha sido la base para recomendar que las dosis de aplicación de P deben reducirse si el fertilizante es aplicado en banda antes que al voleo.

## Situación C: La aplicación al voleo nunca se iguala a la aplicación en banda

Por lo menos dos condiciones pueden llevar a este tipo de respuesta. Un ejemplo de la primera condición es un suelo frío y húmedo que permite una alta respuesta, en forma de crecimiento abundante en la primera parte del ciclo de crecimiento, a la aplicación de P en banda. Esto es importante cuando es crítico un crecimiento acelerado en la parte inicial del cultivo para obtener todo el potencial de crecimiento en todo el ciclo.

La segunda condición es la de un suelo con un contenido relativamente bajo de P, mínima incorporación del P aplicado al voleo y superficie del suelo relativamente seca. Contrariamente a las recomendaciones que aconsejan menos fertilizante fosfatado para aplicaciones en banda comparadas con voleo (situación B), la dosis óptima de P a aplicarse en banda en esta condición, puede ser mayor que las aplicaciones al voleo.

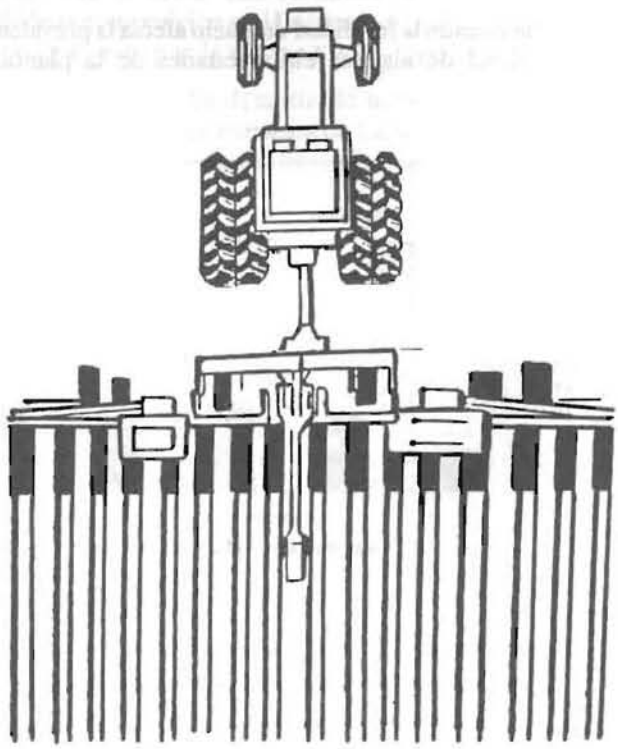
## Situación D: Aplicación al voleo más eficiente que en banda.

Este tipo de respuesta es más probable en suelos con baja fijación de P que tienen una cobertura abundante de residuos y una superficie húmeda y caliente. Estas condiciones pueden existir en sistemas de labranza cero en ambientes húmedos o en labranza cero con irrigación. Cuando existen estas condiciones, la densidad de raíces es frecuentemente mayor en la parte superior del suelo donde se localiza el P. Aplicaciones en bandas pueden ser menos efectivas debido insuficiente contacto con la raíz.

## LA ULTIMA PREGUNTA

Es mejor aplicar el P en banda o al voleo?. La respuesta depende de las condiciones específicas a encontrarse. Los factores que afectan la respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizante fosfatado deben considerarse conjuntamente con los tipos hipotéticos de respuesta, discutidos arriba y que sea posible encontrarse en estas condiciones. Los ajustes de las dosis, si son necesarios, deberán hacerse cuando se haya determinado cual es la forma de aplicación de P que tenga mayor probabilidad de respuesta. La pregunta parece simple pero la respuesta envuelve la integración de varios factores complejos.

## RESUMEN

Las discusiones que frecuentemente ocurren sobre la localización de P tienen un problema en común: "la generalización". Existen excepciones a casi cada una de las formas de aplicación posibles.

En general, si hay una diferencia en respuesta del cultivo debido al método de aplicación de P, las aplicaciones en banda serían iguales o mejores que las aplicaciones al voleo. Además de los factores agronómicos se deben considerar otros factores que son igualmente importantes al seleccionar el método de aplicación de P. La disponibilidad de equipo. los requerimientos de mano de obra, la disponibilidad de producto y capital son algunos de los factores que afectan esta decisión.