

Fósforo en Frutales, el nutriente olvidado

Carlos Sierra B.
Ing. Agr. M. Sc.

El fósforo es el macronutriente menos disponible para las raíces de las plantas, su concentración en la solución del suelo normalmente no supera los 0,3 mg/l, mientras que la concentración de nitrógeno y potasio normalmente superan los 25 mg/l. Elemento fundamental en el transporte de energía química al interior de la planta, función que también cumple el hierro. Contenidos altos de este elemento son indispensables para alcanzar altos rendimientos y calidad de fruta. Sin embargo, alcanzar altos contenidos en peciolo u hojas es difícil de lograr, debido a su baja disponibilidad en el suelo y en el caso de plantas francas al escaso desarrollo radicular, lo que afecta severamente su absorción debido además a su escasa o nula movilidad en el suelo especialmente aquellos de textura franca a franca arcillosa. Por otra parte, los portainjertos de vides tienden a absorber más nitrógeno y potasio que fósforo, especialmente Harmony, todo esto agudizado por las dosis más bien moderadas que se aplican de este elemento y a los pobres sistemas radiculares de la mayoría de los frutales.

Cabe señalar que la eficiencia de recuperación de este nutriente es extremadamente baja, en suelos volcánicos de la zona sur se han medido en el pasado eficiencias de tan solo un 3% es decir extremadamente bajas (mediciones realizadas con isótopos de fósforo marcado en trigo), en suelos de la zona central y plantas francas de Sultanina se han medido eficiencias inferiores al 18% y con portainjertos esta situación mejora, pero lo que complica a los portainjertos es que absorben más nitrógeno porque este se distribuye fácilmente en todo el perfil del suelo, incluso en profundidad, a diferencia del fósforo que permanece donde se aplicó y más bien "fijado" y esto afecta severamente la eficiencia de recuperación de este nutriente. Por otra parte el nitrógeno se mueve hacia las raíces mientras que el fósforo permanece retenido por el suelo. Un aspecto de enorme importancia para alcanzar altas producciones de manera permanente es mantener concentraciones altas de este nutriente durante cuaja, pinta y post cosecha. La evolución normal de la concentración de fósforo a nivel foliar es alta antes de flor y luego decrece, con frutos cuajados y hacia pinta. Por otra parte los estándares nutricionales reportados por California y/o Australia, señalan niveles mínimos de 0,2% en peciolo a plena flor en vides, sin embargo para alto rendimiento es recomendable más de 0,4% pero en pinta.

El fósforo se caracteriza por su gran capacidad para ser retenido por el suelo bajo distintas condiciones físico-químicas. A pH menor de 6,0 reacciona con el hierro, aluminio y el manganeso, caso de la zona sur. A pH mayor de 6,5 precipita con el calcio y magnesio, caso de la zona central. A pH mayor de 7,8 su precipitación es más intensa debido normalmente a la presencia de carbonatos, caso más frecuente en la zona norte. El mejor rango de pH para lograr una máxima disponibilidad de fósforo es entre 6,5 y 7,0.

La precipitación del fósforo en el suelo ocurre en muchos casos en cosa de horas, esto depende de la cantidad y tipo de arcilla y de la concentración de fósforo aplicada y de la fuente. En suelos de textura media y fina se acumula en los primeros cm de profundidad.

En el cuadro 1 se aprecia la distribución del fósforo en el perfil de un suelo franco arcilloso de la zona de Ovalle, fertilizado vía goteo durante 5 años, con 70 unidades anuales de P205. Como se puede apreciar gran parte del fósforo se acumula en los primeros 10 cm de suelo, zona de escasa presencia de raíces. En el Cuadro 2 se aprecia la distribución del fósforo en un suelo franco arenoso muy pobre inicialmente, y después

de un año de aplicada 160 unidades de P205. Como se puede apreciar la movilidad en el suelo arenoso es bastante mayor comparada con el suelo franco arcilloso. Ahora bien la mayoría de los frutales presenta su mayor arraigamiento bajo los 20 cm, por lo tanto en los suelos arcillosos y franco arcillosos, la absorción de este elemento será baja en la mayoría de los frutales, debido a la baja movilidad del nutriente en el perfil.

En aplicaciones via aspersión se han medido movimientos del fósforo en profundidad de 5 a 15 cm en suelos de textura media. Como se puede apreciar la textura del suelo juega un rol muy importante en la movilidad del fósforo en el perfil del suelo.

Para incrementar la movilidad del P en profundidad a través del riego por goteo, se sugiere aumentar la dosis de fósforo, esto permite saturar sitios de sorción y de esta forma mas fósforo queda disponible para lixivarse en el perfil y expandirse en el área del bulbo. Sin embargo esta estrategia tiene dos potenciales problemas, en suelos con carbonatos, esta estrategia es poco efectiva debido al gran poder de fijación bajo estas condiciones químicas del suelo y por otra parte estos “golpes” de fósforo producen una alta precipitación de hierro, zinc y manganeso.

Cuadro 1.- Distribución del fósforo extraíble Olsen en el perfil de suelo franco arcilloso, manejado por goteo, localidad Ovalle.

| Profundidad | Fósforo Olsen |
|-------------|---------------|
| cm | Mg/kg |
| 0 -10 | 64 |
| 10 – 20 | 13 |
| 20 – 30 | 6 |
| 30 - 50 | 5 |

Cuadro 2.- Distribución del fósforo extraíble Olsen en el perfil de suelo franco arenoso, manejado por goteo, localidad Vicuña.

| | Nivel inicial | Nivel final |
|-------------|---------------|-------------|
| Profundidad | Fósforo Olsen | |
| cm | Mg/kg | |
| 0 -15 | 4 | 23 |
| 15 – 30 | 1 | 16 |
| 30 – 60 | 1 | 6 |

Otro aspecto importante de considerar es la fuente fosfatada, en el Cuadro 3 se presentan las principales fuentes fosfatadas usadas en fertirrigación. El ácido fosfórico es la más ineficiente en suelos de textura media y arcillosa y con carbonatos. Debido a que por su bajo pH reacciona violentamente con la matriz del suelo y precipita en cuestión de hr. Por lo tanto, la disponibilidad efectiva para las raíces de las plantas dependerá de la dosis aplicada, del contenido inicial de P en el suelo y del contenido de arcilla. En suelos arenosos su efecto es más positivo. El fosfato monoamónico (FMA) es más eficiente por dos razones, la reacción generada en el suelo no es tan ácida, alrededor de pH 3,7 en la microzona saturada, por lo tanto la

reacción con la matriz del suelo no es tan violenta y además debido al ion acompañante NH_4 que favorece la absorción por las raíces, por efecto del balance catión anión que requieren mantener las células vegetales.

La reacción del polyfosfato de amonio es mas amigable con el suelo, no existe reacción ácida inicial, debido a que estos compuestos son cadenas largas enlazadas de iones amonio y fosfatos. Al llegar al suelo son atacados por la enzima polyfosfatasa, liberando el fósforo, en todo este proceso el polyfosfato puede moverse con facilidad en el perfil del suelo, facilitando su absorción por el sistema radicular. En ambientes cálidos el 50% del polyfosfato aplicado se transformará en iones ortofosfato en 2 a 3 semanas.

Cuadro 3.- Fuentes fosfatadas y su potencial eficiencia de recuperación por las raices

| Fuente fosfatada | Fijación en el suelo |
|-----------------------|----------------------|
| Acido fosfórico | muy rápida |
| Fosfato monoamónico | mas lenta |
| Polyfosfato de amonio | mas lenta aun |

Factores del suelo que modifican la disponibilidad del fósforo.- Son muchos los factores que modifican la disponibilidad del fósforo, nos referiremos aquí a algunos de los más relevantes:

Acidez del suelo y P disponible.- Como ya fue señalado, el rango óptimo de pH del suelo para que se produzca la máxima disponibilidad de fósforo, se encuentra entre 6,5 y 7,0. Las causas de este comportamiento se derivan a que en este rango de pH ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico en los suelos.

Materia Orgánica.- La materia orgánica del suelo se encuentra predominantemente cargada en forma negativa, por lo que los ácidos orgánicos reaccionan con cationes hidroxilados tales como Ca, Fe y Al, combinaciones complejas que inmovilizan estos iones dejando en libertad los iones fosfatos. Por esta razón, la agregación de compost y otros compuestos orgánicos favorecen la asimilación del fósforo e incrementan el contenido disponible en los suelos.

Relación Sílice/Sesquióxidos.- Según la naturaleza mineralógica de los suelos, éstos varían en su contenido de Silicio, Hierro y Aluminio. Los suelos que contienen una baja relación Sílice/Sesquióxidos ($\text{Si}/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$), están generalmente más fuertemente intemperizados y, por lo tanto, contienen más hierro y aluminio libres que pueden inmovilizar a los fosfatos del suelo (suelos de la zona sur), lo contrario ocurre con aquellos suelos menos intemperizados, tales como suelos jóvenes o de naturaleza granítica, caso de la mayoría de los suelos de la zona central y norte.

Relación Humedad del suelo y P disponible.- El incremento del contenido de agua en el suelo promueve un incremento de iones fosfato en solución. Al disminuir la humedad la movilidad del fósforo decrece significativamente debido a que aumentan los espacios porosos, en los cuales el elemento presenta muy baja movilidad.

Desde el punto de vista de la planta la calidad del sistema radicular es un aspecto esencial para lograr una mayor absorción de fósforo, este factor es en la actualidad el mayor problema para lograr una óptima absorción de este nutriente y así lograr altas producciones de fruta de manera sostenida en el tiempo.

Demanda de fósforo por la vid

En general, los requerimientos totales de fósforo en los frutales, corresponden a alrededor de un 10% de los requerimientos de nitrógeno. Al respecto, se considera que los requerimientos de la vid son similares a los de los manzanos y durazneros, siendo ligeramente más bajos en esta especie.

Estudios efectuados en parronales en suelos de la Zona Central, se estimó que en un período de 20 años, la extracción total de fósforo alcanzó los 230 kg de P₂₀₅/ha, con rendimientos del orden de 20 ton/ha en la variedad Sultanina.

Así, la demanda de P de los frutos es alrededor del 45% de la demanda total, tanto en durazneros como en la vid. La demanda de brotes es alrededor de un 20-25% del total. Así por ejemplo, para un rendimiento del orden de 25 ton/ha, se requieren alrededor de 14 kg de P/ha. El rango de exportación de P, fluctúa en alrededor de 4 a 11 kg de P/ha, correspondiendo alrededor de un 70% al tejido de las bayas.

De este modo, en la práctica, existe una demanda total de fósforo configurada por la biomasa total y los requerimientos internos totales. Sin embargo, esta demanda total puede considerarse integrada por diferentes tejidos correspondientes a frutos, raíces, brotes, hojas y a los tejidos permanentes de la planta.

Así, para un rendimiento de 25 t/ha de fruta la demanda total de fósforo, puede estimarse de acuerdo a los coeficientes de reparto de cada fracción para conformar las demandas parciales de frutos, hojas, brotes, raíz y estructuras permanentes, como se puede observar en el Cuadro 1. Cabe destacar que esta demanda corresponde a 32,5 kg/ha de P₂₀₅ efectivamente absorbidos por las plantas.

Cuadro 1.- Demandas parciales de fósforo para parronales, asumiendo un rendimiento de fruta de 25 ton/ha.

| Requerimientos Parciales de P (kg/ha) | Fruta | Hojas | Brotes | Raíz | EP | Total (kg/ha) |
|---------------------------------------|-------|-------|--------|------|-----|---------------|
| | 6,2 | 2,0 | 3,6 | 0,9 | 1,5 | 14,2 |

Fuente: Silva H. y Rodríguez J. 1995

EP: Estructuras permanentes

Como se puede apreciar, la relación de requerimientos de P, corresponde a alrededor de 6 veces inferiores a este elemento para todos los grupos de tejidos de la vid, a excepción de las hojas en que éstos son alrededor de 10 veces inferiores al Nitrógeno.

Además las únicas pérdidas de P que no ocurren en el ciclo del fósforo respecto a N, corresponden a la lixiviación que sólo puede ocurrir en suelos muy delgados y arenosos y las pérdidas gaseosas que están reservadas para el nitrógeno, azufre y carbono. Tanto las hojas como las raíces a la forma de tejidos senescentes, pueden integrar las reservas de P orgánico del suelo.