

FOSFITO: Qué es? Se puede usar? Qué puede hacer?

C.J. Lovatt y R.L. Mikkelsen*

Introducción

El fósforo (P) es un elemento esencial requerido por todos los organismos vivos. El P en forma elemental no aparece en la naturaleza porque es muy reactivo, se combina rápidamente con otros elementos como oxígeno (O) e hidrógeno (H). Cuando se oxida completamente, el P se une con cuatro átomos de O para formar la conocida molécula de fosfato. Sin embargo, cuando no se oxida completamente un átomo de H ocupa el lugar del O y la molécula resultante se denomina fosfito (**Figura 1**). Este aparentemente simple cambio en la estructura molecular causa diferencias significativas que influyen la solubilidad relativa del material y afectan la absorción y metabolismo de las plantas.

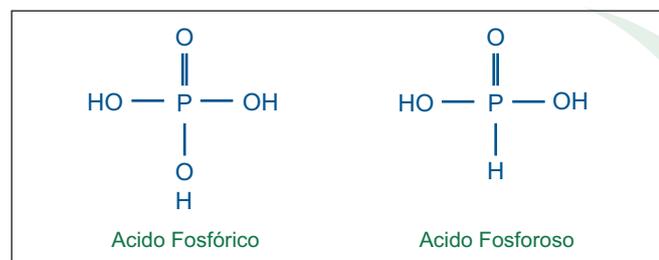


Figura 1. Comparación entre el ácido fosfórico (fosfato) y el ácido fosforoso (fosfito). En el ácido fosforoso el H está enlazado directamente con el P.

El ácido fosforoso (H_3PO_3) y su sal (fosfito) contiene concentraciones de P (39%) más altas que los fertilizantes fosfatados (32%) basados en ácido fosfórico (H_3PO_4). Las sales de fosfito son generalmente más solubles que las sales análogas de fosfato.

El fosfato completamente oxidado es la forma más estable de P en el ambiente, por esta razón, el fosfito pasa por una transformación gradual después de adicionarse al suelo hasta formar fosfato. Los microorganismos del suelo son capaces de asimilar fosfitos y liberar fosfatos, ganando energía y nutrientes durante esta conversión biológica. Los microorganismos absorben preferentemente fosfato para su metabolismo, antes de tomar cantidades significativas de fosfito. El tiempo promedio para la oxidación de fosfito a fosfato en el suelo es de aproximadamente 3 a 4 meses. Sin embargo, debido a su gran solubilidad, cuando se aplica fosfito al suelo, éste es más disponible para los microorganismos y a las raíces de las plantas que el fosfato. La oxidación no biológica del fosfito ocurre gradualmente, pero en menor cantidad.

Existe evidencia que el fosfito se adsorbe o fija en menor grado que el fosfato a los minerales del suelo. Esta propiedad podría usarse para mejorar la movilidad del P aplicado en banda o por medio de un emisor de goteo en el suelo. Este posible beneficio no se ha investigado en detalle. Sin embargo, se ha utilizado la mayor solubilidad en la formulación de fertilizantes basados en fosfito como fosfitos de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Se han realizado varios estudios para determinar la efectividad de fosfito aplicado al suelo como fuente de nutrientes para los cultivos. Los primeros trabajos con estos materiales se enfocaron en los efectos tóxicos del fosfito y ácido fosforoso cuando se usan como fuente principal de P en una variedad de cultivos.

Cuando se suplementa fosfito en dosis iguales a aquellas utilizadas con los fertilizantes fosfóricos, la mayoría de los reportes indican que inicialmente es una mala fuente de P para cultivos de ciclo corto (**Figura 2**). Los cultivos fertilizados con altas dosis de fosfito consistentemente presentaron rendimientos bajos comparados con los obtenidos con fosfato durante las primeras semanas o meses después de aplicación. El proceso de oxidación biológica puede ser muy lento (dependiendo de las condiciones del suelo, temperatura, y presencia de microorganismos que metabolizan fosfito) para ser significativo en algunos cultivos anuales. Sin embargo, cuando se vuelven a sembrar los cultivos en el suelo previamente fertilizado con fosfito, el rendimiento es similar a los cultivos en suelos fertilizados con fosfato. Estos efectos tóxicos y el costo adicional asociado con el uso de fosfito limitó las investigaciones por muchos años.

Trabajos recientes han demostrado que el fosfito, en dosis adecuadas, puede estimular a la planta, lo que no podría suceder con fosfato. Sin embargo, las dosis adecuadas de fosfito solo aportan $2.3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ en cada aplicación al suelo, lo que podría estar muy por debajo las tasas de remoción de P de los cultivos. Se conoce menos de la respuesta de cultivos perennes a la aplicación de fosfito al suelo, pero esta práctica también está creciendo.

El interés por fosfito se reactivó cuando se demostró que un producto comercial (una sal de fosfanato de

* Tomado de: Lovatt, C.J., and R.L. Mikkelsen. 2006. Phosphite fertilizers: What are they?. Can you use them?. What can they do?. Better Crops With Plant Food. 90(4)11:13.

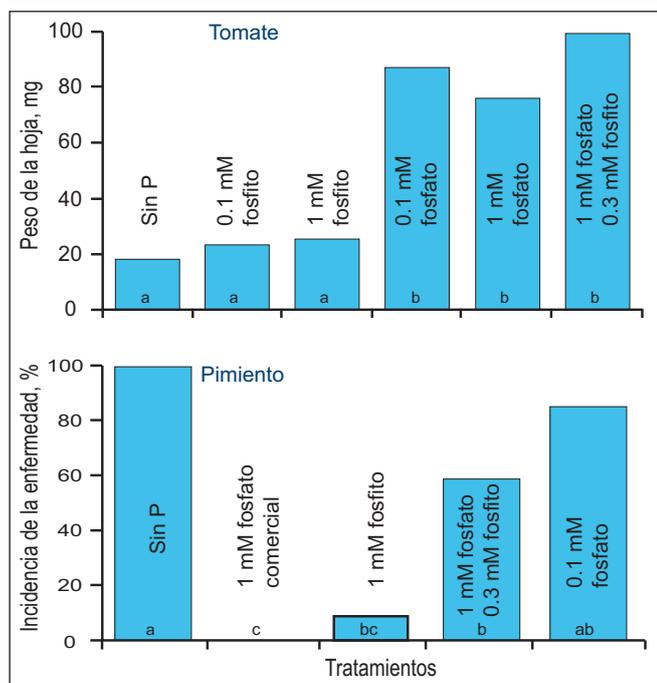


Figura 2. Efecto de tratamientos hidropónicos de P en el crecimiento de tomate (arriba) y la infección de pimiento con *Phytophthora* (abajo) (Foster et al., 1998). Letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos al 5% de probabilidad.

aluminio denominada fosetyl-Al) se movía desde las hojas hacia las raíces por el floema en forma de fosfito y proporcionaba control de algunas enfermedades radiculares. Se ha demostrado que el fosfito en las raíces inhibe el hongo *Phytophthora* y también estimula los sistemas de defensa contra patógenos de las plantas. Si bien el fosfito puede controlar efectivamente especies específicas de Omicetos, tiene poco efecto en la mayoría de los hongos del suelo. Los relativamente limitados efectos fungicidas, combinados con su habilidad para estimular a las plantas a producir un gran espectro de metabolitos biológicamente activos, hacen que el fosfito sea benigno para el ambiente y sea seguro de usar. Sin embargo, con excepción del control de *Phytophthora*, el uso de fosfito como tratamiento para patógenos puede reducir la severidad de las enfermedades, pero es menos eficiente que los fungicidas convencionales.

Otros nutrientes aplicados en forma foliar tienen también el efecto benéfico de reducir la incidencia de organismos causantes de enfermedades. En cierta forma, el uso de fosfito se puede comparar con el de otros nutrientes que actúan también de esta forma, pero con diferentes modos de acción. Por muchos años, las aplicaciones foliares de zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y azufre (S) se han usado eficientemente en la supresión de algunos patógenos. De igual manera, aplicaciones individuales de fosfato a las hojas pueden inducir protección sistémica contra patógenos, como el

oídio, en algunos cultivos anuales y perennes.

Trabajos de investigación han demostrado que las aplicaciones foliares de fosfito pueden reemplazar a las aplicaciones de fosfato en cítricos y aguacate con deficiencia de P. La conversión de fosfito a fosfato puede producirse por lenta oxidación química o por bacterias y hongos oxidantes que viven en las hojas de estos cultivos. Existe consistente evidencia que el fosfito es más rápidamente absorbido por los tejidos de las plantas a diferencia de fosfato. Esto es particularmente cierto para las hojas de cítricos y aguacates que son notoriamente insensibles a fosfato. En estos casos, y en el de otros cultivos, las aplicaciones foliares de fosfito han mostrado ser más que solo fungicidas, incrementan además la intensidad floral, rendimiento, tamaño de fruta, total de sólidos solubles y la concentración de antocianinas, generalmente en respuesta a una sola aplicación. El fosfito es más efectivo cuando la dosis y la época de aplicación sean adecuadamente programadas de acuerdo a las necesidades del cultivo. Sabiendo que el fosfito es químicamente diferente del fosfato, esta diferencia debe tomarse en cuenta para evitar toxicidad en la planta.

Como un ejemplo de los efectos benéficos del fosfito se pueden citar datos de dos estudios diferentes. En el primero, se evaluó la respuesta a una sola aplicación foliar de fosfito antes de la floración a naranjas valencia en Florida. Esta aplicación incremento significativamente el número de flores, rendimiento y total de sólidos solubles a la cosecha, 10 meses después de la aplicación, al compararlo con el testigo (Albrigo, 1999). En el segundo estudio conducido en California, con naranjas naval que recibieron aplicaciones foliares de fosfito en Mayo y Julio produjeron fruta de mayor valor comercial sin reducir el rendimiento total (Figura 3).

Estos resultados sugieren que el efecto de la aplicación de los materiales basados en fosfito no fue a las propiedades fungicidas de la molécula, sino a otras propiedades estimulantes del crecimiento. Los agricultores deben identificar sus metas con respecto a producción (incremento en rendimiento, incremento en el tamaño de la fruta o mejor calidad de fruta) y con esto programar adecuadamente las aplicaciones de fosfito. Se han desarrollado estrategias de producción para una variedad de frutales, cebolla, papas y cultivos ornamentales. Las respuestas fisiológicas al fosfito pueden estar relacionadas con su efecto en el metabolismo del azúcar, con la estimulación de la ruta del ácido shiquímico o con cambios hormonales o químicos internos.

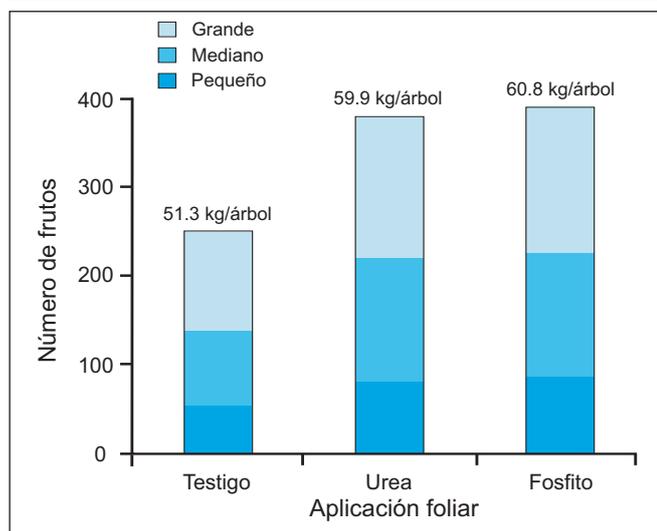


Figura 3. Efecto de la aplicación foliar de fosfito en Mayo, Julio y la aplicación de urea aplicada en Julio en rendimiento y tamaño de naranjas naval. El promedio de diámetro de la fruta grande fue de 8.4 cm, la fruta mediana 7.7 cm y la fruta pequeña 7.1 cm (Lovatt, 1999).

Se ha incrementado el interés en el uso del fosfito como parte del paquete total de producción, especialmente en algunos cultivos de alto valor. Los fertilizantes con base en fosfito, si no están formulados correctamente, tienen un significativo potencial de ser fitotóxicos y pueden inducir reacciones adversas con otros materiales como microelementos y pesticidas en el tanque de aspersión. Todos los fertilizantes, pero en especial el fosfito, deben usarse con cuidado y con el asesoramiento de un profesional.

Bibliografía

- Albrigo, L.C. 1999. Effects of foliar applications of urea or Nutriphite on flowering and yields of valencia orange trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 112:1-4
- Forster, H., J.E. Adaskaveg., D.H. Kim y M.E. Stanghellini. 1998. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture. Plant Disease. 82:1165-1170.
- Lovatt, C.J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. HortTech. 9:607-612.❖