

Nuevos descubrimientos en la nutrición férrica de los cultivos

Juan José Lucena (Doctor en Ciencias Químicas y Catedrático de Química Agrícola) presentó, los pasados 14, 16 y 17 de febrero, en actos organizados en Lleida, Murcia y Valencia, los resultados de sus últimos trabajos de investigación en la conferencia titulada "Nuevos descubrimientos en la nutrición férrica de las plantas cultivadas. Eficacia de quelatos de hierro de alto contenido en [orto-para] EDDHA". Estos trabajos suponen un avance en el conocimiento del papel de diferentes productos e isómeros en la movilización y suministro de hierro, un elemento vital para todas las plantas.

Juan José Lucena.

Doctor en Ciencias Químicas y Catedrático de Química Agrícola (Resumen de la ponencia mencionada).

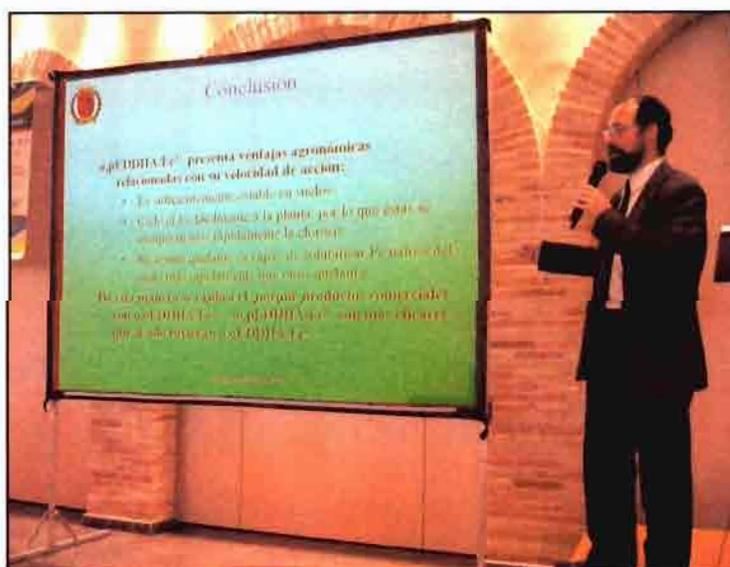
Eficacia de quelatos de hierro de alto contenido en (orto-para) EDDHA

Tras repasar los principales conceptos sobre nutrición y absorción de hierro, en estas conferencias se analizaron las posibles causas de la clorosis (el síntoma de la carencia de hierro) y su solución más eficaz mediante el uso de quelatos de hierro, para centrarse a continuación en los estudios realizados sobre el isómero [orto-para] EDDHA, sobre el que se han estudiado los siguientes aspectos:

- Estabilidad en disolución.
- Reactividad con el suelo.
- Absorción del hierro por la planta.
- Efecto transportador.

Los resultados de estos estudios permiten explicar por qué productos con [orto-para]EDDHA y [orto-orto]EDDHA son más eficaces que si solo tuvieran [orto-orto]EDDHA.

A modo de resumen, se recuerda que para que un quelato de hierro sea eficaz para aportar Fe a las plantas deben cum-



plir las siguientes condiciones:

- Ser suficientemente estable como para que el metal no sea sustituido por otro elemento en las condiciones de suelo.
- No quedar retenido en las superficies del suelo o, en caso de retención, que sea reversible.
- Ceder el hierro rápidamente a

las raíces de las plantas para que éstas lo puedan tomar, dejando libre el agente quelante.

- Su agente quelante debe ser capaz de recargarse rápidamente con hierro, de forma que pueda removilizar Fe nativo del suelo.

Estabilidad en disolución

Los resultados obtenidos indican que mientras el principal competidor del EDTA/Fe³⁺ es el Ca²⁺, catión muy abundante en todos los suelos, para el o,p-EDDHA/Fe³⁺ el principal competidor es el Cu²⁺. Dado que el cobre es un micronutriente, en condiciones normales de suelos no va apenas a afectar al quelato o,p-EDDHA/Fe³⁺. Sólo en un suelo con una disponibilidad ilimitada de Cu (alta contaminación) éste podría desplazar al Fe del quelato (**figura 1**).



FIGURA 1.

Estabilidad teórica de los quelatos EDTA/Fe³⁺, o,pEDDHA/Fe³⁺ y o,oEDDHA/Fe³⁺. (1) Condiciones normales de suelos, (2) Disponibilidad de Cu ilimitada.

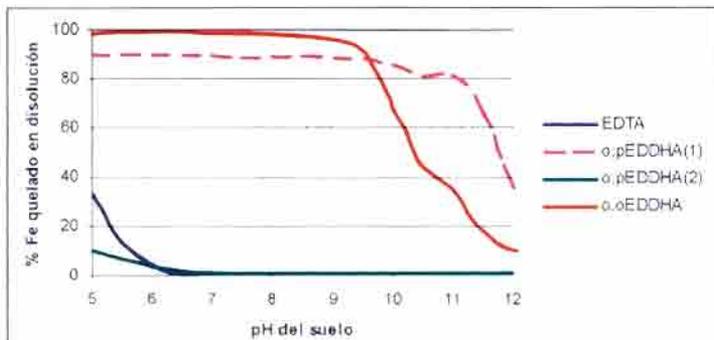
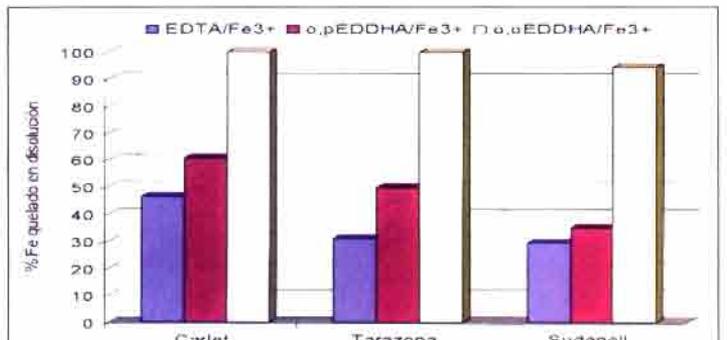


FIGURA 2.

Porcentaje de Fe quelado que permanece en disolución tras la interacción con tres suelos calizos: Carlet (Valencia), Tarazona (Zaragoza) y Sabadell.



Así se puede afirmar que a pH normales de suelos calizos, el quelato o,pEDDHA/Fe³⁺ es estable y no va a sufrir competencias catiónicas relevantes, el quelato o,oEDDHA/Fe³⁺ presenta elevada estabilidad y, sin embargo, el EDTA/Fe³⁺ se descompone.

Reactividad con el suelo

Los datos predichos en el modelo teórico se verifican cuando se hacen interaccionar en el laboratorio los quelatos mencionados con distintos suelos. En la **figura 2** se representa el quelato que permanece en disolución después de tres días de interacción con tres tipos de suelos. Aunque las diferencias no son tan grandes como en el modelo teórico, sí se aprecia una mayor estabilidad en diso-

lución del o,pEDDHA/Fe³⁺ frente al EDTA/Fe³⁺ y menor que la

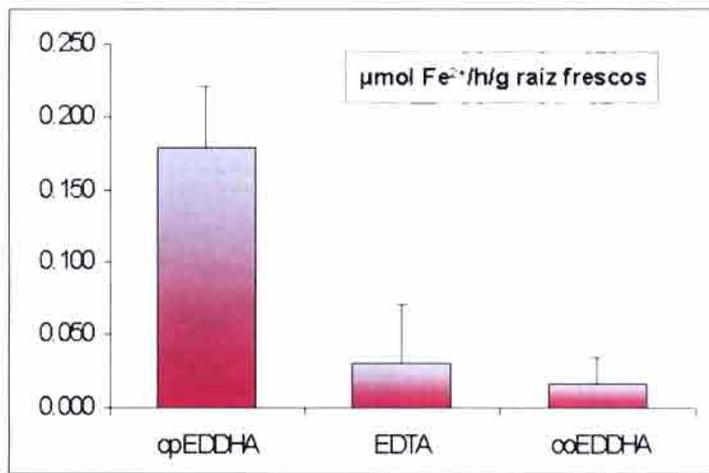
del o,oEDDHA/Fe³⁺.

En el modelo teórico, la pér-

didada de hierro del quelato sólo se puede atribuir a la precipitación del hierro, pero en los experimentos de interacción también se estudian las reacciones de adsorción. El o,pEDDHA/Fe³⁺ presenta formas neutras además de las negativas que presentan el resto de los quelatos (Feo,pEDDHA-, Feo,oEDDHA-, FeEDTA-). Esta forma neutra puede ser retenida más fácilmente que las negativas, luego es posible que las disminuciones observadas en el o,pEDDHA/Fe³⁺ sean consecuencia de una adsorción reversible y que no haya pérdida neta de quelato. De hecho, cuando se hacen interacciones más fuertes, como es en el caso de columnas de lixiviación, la cantidad de quelato o,pEDDHA/Fe³⁺ que se lixivia en un suelo calizo es mínima.

FIGURA 3.

Actividad de la enzima Fe quelato reductasa en función del quelato de Fe utilizado como sustrato.



CARDANS, REDUCTORES, MULTIPLICADORES

Nudos fabricados en forja, para las más exigentes necesidades de la maquinaria agrícola

Recambios y accesorios para Tractores y Maquinaria Agrícola

AGRINAVA

Pol. Industrial Agustinos, C/ A, Nave D-13
31013 PAMPLONA (Navarra - España)
Teléfonos: 902 312318 - 948 312318
Fax: 948 312341
e-mail: agrinava@agrinava.com
www.agrinava.com



Adsorción de hierro por la planta

Para conocer la adsorción de Fe por la planta se realizaron dos tipos de ensayos. El primero se realizó sobre plantas de pepino ligeramente estresadas y los resultados mostraron que sus raíces son capaces de reducir el hierro casi diez veces más rápido a partir de o,pEDDHA/Fe³⁺ que de o,oEDDHA/Fe³⁺ (figura 3).

En el segundo ensayo se utilizaron plantas de soja (*Glycine max L. cv Oshumi*) que son susceptibles a la clorosis, por lo que son un buen modelo para estudiar la aplicación de quelatos. Fueron cultivadas en hidroponía y cámara de cultivo durante 16 días y se les indujo la clorosis férrica en los seis últimos días.

Se realizaron tres tipos diferentes de observaciones:

- Comparación de o,pEDDHA/Fe³⁺ y de o,oEDDHA/Fe³⁺ a iguales concentraciones, donde es patente la mejor respuesta del o,pEDDHA/Fe³⁺, al haber sido capaz en una semana de corregir la clorosis de las plantas (figura 4).

- Comprobación del efecto de añadir diferentes concentraciones de o,pEDDHA/Fe³⁺ a una solución de o,oEDDHA/Fe³⁺. Existe una respuesta muy positiva al incremento de o,pEDDHA/Fe³⁺ sobre o,oEDDHA/Fe³⁺, incluso en la dosis más baja (1μM) (figura 5).

- Comparación de una solución de o,pEDDHA/Fe³⁺ y o,oEDDHA/Fe³⁺ frente a otra de igual concentración conteniendo

FIGURA 4. Aspecto visual de la planta a los 7 días de haber iniciado los tratamientos, sin Fe (T0), o,pEDDHA/Fe³⁺ 5 μM (T1) y o,oEDDHA/Fe³⁺ 5 μM (T2)

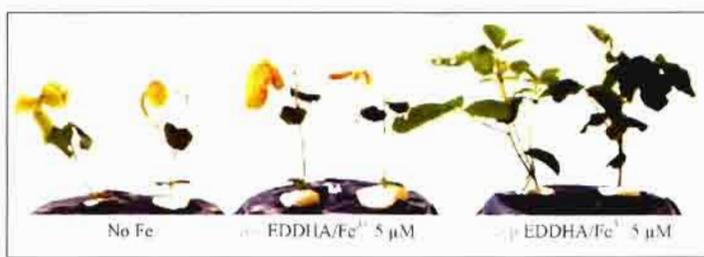


FIGURA 5.

Aspecto visual de la planta a los 7 días de haber iniciado los tratamientos, T2 a T5



FIGURA 6.

Comportamiento de las plantas al añadir a una solución de o,oEDDHA/Fe³⁺ otra de igual concentración de o,pEDDHA/Fe³⁺.

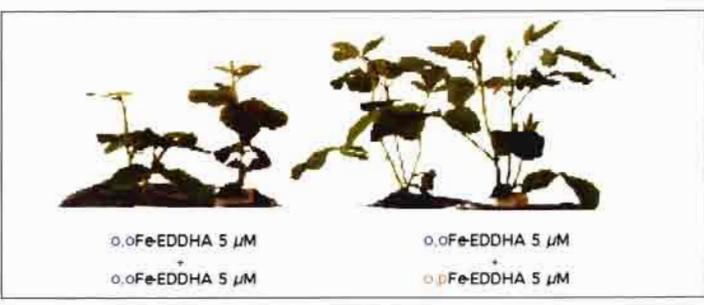
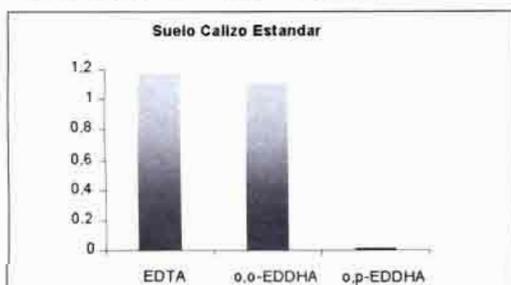


FIGURA 7.

Velocidad de solubilización de Fe para cada uno de los agentes quelantes ensayados.



Los resultados muestran que los quelatos de hierro en forma o,pEDDHA, a pH normales de suelos calizos, son estables y no van a sufrir competencias catiónicas relevantes. Además, la pérdida de hierro del quelato sólo se puede atribuir a la precipitación del hierro, pero o,pEDDHA/Fe³⁺ presenta formas neutras cuya adsorción es reversible, sin que haya pérdida neta de quelato. Por otra parte, las raíces de las plantas ensayadas han sido capaces de reducir el hierro mucho más rápido a partir de o,pEDDHA/Fe³⁺ que de o,oEDDHA/Fe³⁺, dando muy buenos resultados la adición de o,pEDDHA/Fe³⁺ a o,oEDDHA/Fe³⁺. Por último, el o,pEDDHA es capaz de solubilizar hierro más rápidamente que el o,oEDDHA. Por ello, los óptimos resultados en campo con combinaciones de o,pEDDHA y o,oEDDHA se explican por la combinación de la rápida acción del primero con la durabilidad del segundo. ■

solo o,oEDDHA/Fe³⁺. La primera solución dio resultados significativamente mejores que si los 10 μM de Fe se añaden todos como o,oEDDHA/Fe³⁺ (figura 6).

En los tres tipos de observaciones anteriores se realizaron exhaustivas mediciones biométricas y de índices SPAD que refrendan los resultados que pueden observarse claramente en las figuras.

Efecto transportador

Para que el efecto transportador del hierro nativo del suelo sea efectivo el agente quelante debe ser capaz de disolver el Fe del suelo a una velocidad adecuada. Se midió esta velocidad para disoluciones de EDTA, o,pEDDHA y o,oEDDHA, y se determinaron dos índices:

- x/m max: indica la cantidad total de hierro solubilizada por unidad de masa.

- T1/2: indica el tiempo empleado en solubilizar la mitad de la máxima concentración de metal.

Los resultados obtenidos para diferentes tipos de suelos y formas del hierro en el suelo, indican que el o,pEDDHA es capaz de solubilizar hierro mucho más rápidamente que el o,oEDDHA, lo que se podría corresponder con su estructura molecular más abierta (figura 7).

La cantidad total de hierro solubilizada es mayor para el o,oEDDHA, seguido del o,pEDDHA y en ambos casos muy superior al EDTA. ■

CONCLUSIONES