

NUTRICIÓN Y SANIDAD VEGETAL

ABONADO Y MICRONUTRIENTES

Importancia de una correcta fertilización de cobre en el cultivo de trigo blando

Patricia Almendros
Demetrio González
Sergio Alonso-Alqarabel
José Manuel Álvarez

Dpto. Química y Análisis Agrícola, E.T.S.I. Agrónomos,
Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria
s/n 28040 Madrid, España

p.almendros@upm.es

El cobre (Cu) es un elemento esencial para las plantas que está involucrado en varios procesos metabólicos. Su deficiencia puede provocar cambios en procesos fundamentales del metabolismo de la planta, que pueden inducir un retraso en su desarrollo, afectando a la concentración de Cu en el grano y al rendimiento del cultivo.

El trigo es una planta de porte herbáceo perteneciente a la familia de las gramíneas. El tallo (caña) hueco tiene aproximadamente seis nudos. La altura y solidez del tallo determinan la resistencia al encamado. Desarrolla de siete a ocho hojas en forma de cinta y terminadas en punta. El sistema radicular que presenta es fasciculado y muy desarrollado. Es una planta autógena. El grano normalmente es ovalado y su color varía del blanco al rojo. Es una cariósida desnuda. Por su gran adaptación, el trigo puede ser cosechado durante todo el año. Existen distintos trigos de invierno y de primavera. Los primeros se cultivan en zonas de inviernos benignos y necesitan un período de vernalización para la floración. Los segundos no necesitan vernalización y se siembran en primavera en regiones de inviernos rigurosos (Lopez-Bellido, 1991).

El trigo ha llegado a ser considerado como uno de los mejores cereales para la alimentación humana debido a que es una de las principales fuentes de calorías y proteínas. El trigo blando (*Triticum aestivum* L.) tiene una gran importancia en la agricul-

tura a escala mundial ya que sus harinas tienen muy buena aptitud panadera y son ricas en proteínas y pobres en grasas, lo que favorece su conservación y almacenaje (González-Torres y Rojo-Hernandez, 2005).

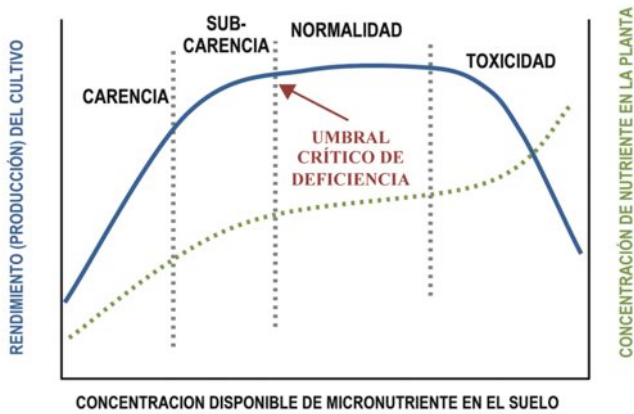
EFFECTOS DE CARENCIAS DE MICRONUTRIENTES EN EL CULTIVO

La necesidad de los micronutrientes en los cultivos exige una suficiente concentración de éstos en los suelos para un desarrollo correcto del cultivo. Tradicionalmente, la fertilización del cultivo de trigo se ha centrado en la adición de los macronutrientes [Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K)], para aumentar el rendimiento del cultivo u obtener una concentración adecuada de los nutrientes en las plantas. Sin embargo, el cultivo de trigo también es altamente sensible a las deficiencias en micronutrientes como el Cu.

Si las concentraciones de los micronutrientes en la planta son insuficientes, éstas pueden presentar síntomas de deficiencia y el cultivo se encontraría en un estado de carencia o sub-carencia dependiendo de la



GRÁFICO 1 / Efecto de los diferentes estados de un cultivo en el rendimiento y concentración de micronutriente en el mismo



// LOS EFECTOS DE LA DEFICIENCIA DE COBRE SOBRE EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS PUEDEN SER MUY GRAVES YA QUE EL ÁREA AFECTADA PUEDE NO TENER PRODUCCIÓN //

gravidad de dicha deficiencia (**Gráfico 1**). El valor que separa el estado de sub-carencia del estado normal de la planta se denomina umbral crítico de deficiencia. Estos valores suelen venir definidos como rangos de valores, por ejemplo Davies y col. (1971) propusieron un umbral

crítico de deficiencia de Cu en el trigo de 2 mg Cu kg⁻¹, considerando los contenidos normales mayores de 3 mg Cu kg⁻¹. En el **Gráfico 1** también se observa cómo el rendimiento del cultivo aumenta hasta los niveles de toxicidad, donde se produce un descenso de este parámetro.

CÓMO AFECTA LA FALTA DE COBRE AL CULTIVO

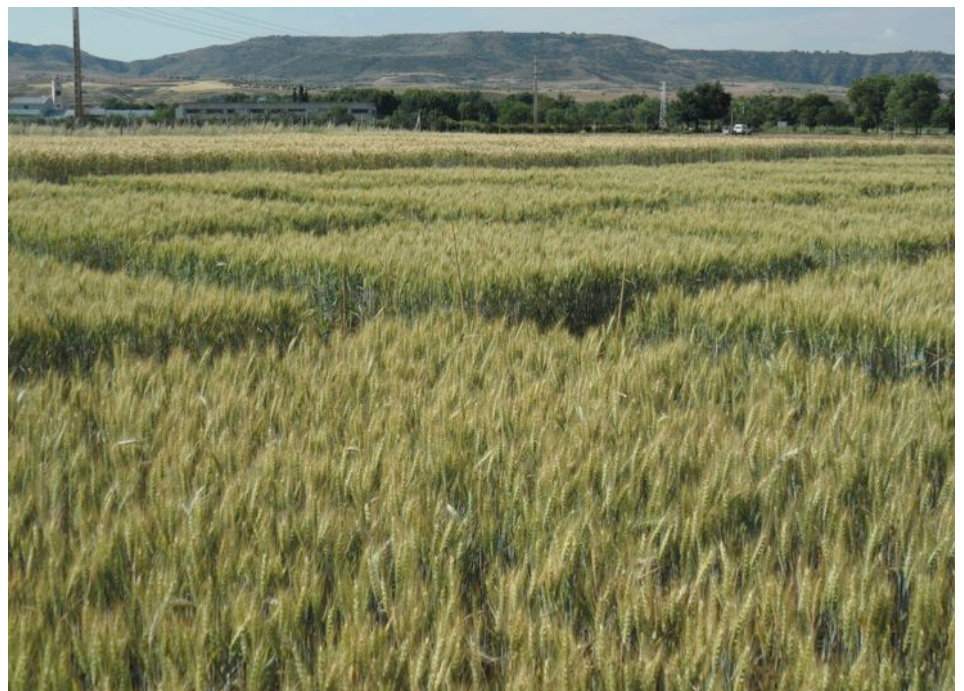
Los efectos de la deficiencia de Cu sobre el rendimiento de los cultivos pueden ser muy graves ya que el área afectada puede no tener producción. Los síntomas de la deficiencia en cereales aparecen primero en el estado de ahijado, sobre las puntas de las hojas. Los ápices de las hojas se blanquean y las hojas aparecen estrechas y quebradizas. La deficiencia del Cu puede ser diagnosticada en campo, analizando la hoja más joven plenamente desarrollada. La deficiencia de Cu también puede ocasionar casos de ausencia de formación de espigas. En otros casos, la formación de inflorescencias y las espigas no se desarrollan completamente y generan la enfermedad conocida como "espigas vacías". En ocasiones se retrasa el desarrollo de las anteras y de los granos de polen. Cuando la deficiencia es muy grave, las flores no se abren y las anteras (completamente vacías) no son dehiscentes.

En general, la concentración del nutriente en la planta aumenta con las concentraciones de nutriente en el suelo, aunque lo hace con tasas de incremento diferentes dependiendo del estado en el que se encuentre el cultivo.

INTERACCIONES EN MICRONUTRIENTES

Un factor importante a tener en cuenta cuando se trata del

abonado de un cultivo son las posibles interacciones entre micronutrientes que se dan cuando la intervención de dos o más micronutrientes modifica la efectividad de, al menos, uno de ellos. Se habla de una interacción sinérgica cuando la combinación de los micronutrientes produce un efecto mayor que la suma de los efectos que produce cada uno por separado, y se considera una interacción antagónica cuando



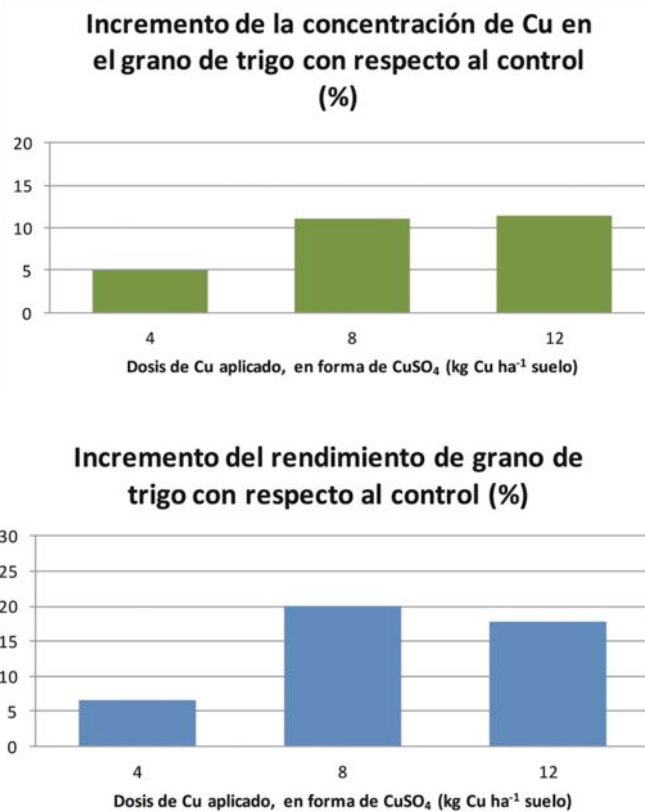
el efecto de la combinación de los micronutrientes es menor que la suma de los efectos que produce cada uno por separado. Con frecuencia existen carencias inducidas (antagonismos entre elementos) por ejemplo, aportes excesivos de Cu pueden provocar la deficiencia de hierro o de molibdeno. También concentraciones muy altas de nutrientes como nitrógeno, fósforo o zinc en el suelo pueden provocar dificultad en la toma de cobre por la planta. Por ello, es conveniente dosificar adecuadamente las cantidades de nutrientes aplicados al suelo, evitando aportes excesivos que no incrementan la producción y sin embargo, pueden tener efectos negativos sobre el cultivo.

BIOFORTIFICACIÓN AGRONÓMICA

En la actualidad se están estudiando diferentes aspectos relacionados con la biofortificación en la planta de trigo, por ejemplo la biofortificación agronómica, que consiste en la aplicación de diferentes fuentes y/o dosis de micronutriente para enriquecer dicho cultivo. En el caso del Cu se están estudiando fertilizantes de Cu que contienen fuentes inorgánicas y orgánicas, entre las cuales se pueden indicar las siguientes: sulfato de Cu (II) monohidratado y pentahidratado, óxidos de Cu (I) y (II), cloruro de Cu (II), quelatos de origen sintético (por ejemplo: Cu-EDTA, Cu-HEDTA y Cu-DTPA) y quelatos o complejos de origen natural (por ejemplo: lignosulfonato de Cu, galacturonato de Cu y gluconato de Cu). Estos últimos productos fertilizantes están alcanzando una gran importancia, especialmente a nivel de la UE, ya que están siendo obtenidos a partir de subproductos de las industrias de la madera y alimentaria.

Los fertilizantes comerciales de Cu se pueden encontrar en

GRÁFICO 2 / Efecto de las diferentes dosis de Cu, aplicado como CuSO₄ en el incremento (en porcentaje) de la concentración de Cu y en el rendimiento del grano de trigo con respecto al control



// ES CONVENIENTE DOSIFICAR ADECUADAMENTE LAS CANTIDADES DE NUTRIENTES APLICADOS AL SUELO, EVITANDO APORTES EXCESIVOS QUE NO INCREMENTAN LA PRODUCCIÓN Y SIN EMBARGO, PUEDEN TENER EFECTOS NEGATIVOS SOBRE EL CULTIVO //

forma de polvo, en forma granular o en soluciones líquidas y el coste por unidad de producto fertilizante suele estar en relación a su efectividad relativa, siendo la fuente más económica el sulfato de Cu.

En el Departamento de Química y Análisis Agrícola de la ETS de Ingenieros Agrónomos (Universidad Politécnica de Madrid) se llevan a cabo diferentes estudios relacionados con la biofortificación agronómica de los micronutrientes Cu y Zn en varios cultivos, como el trigo blan-

do. Actualmente se está determinando la influencia de la dosis de micronutriente en la concentración del mismo en la planta y su efecto en el rendimiento del cultivo.

En un reciente estudio se determinaron los incrementos en las concentraciones de Cu y en el rendimiento en el grano de trigo con respecto al control (sin tratamiento de Cu), al aplicar distintas dosis de fertilización de Cu, aportadas en forma de CuSO₄ (4, 8 y 12 kg Cu ha⁻¹ suelo) en un suelo mediterráneo re-

presentativo de características calizas. Los resultados obtenidos (**Gráfico 2**) indicaron que el incremento de la concentración de Cu en el grano de trigo con respecto al control es mayor para la dosis de 8 kg Cu ha⁻¹ suelo que para la de 4 kg Cu ha⁻¹ suelo, observándose valores similares en las dosis de 8 y 12 kg Cu ha⁻¹ suelo. Se observa también un gran incremento del rendimiento de grano de trigo con respecto al control cuando se aplica una dosis de 8 kg Cu ha⁻¹ suelo, aunque el incremento es menor cuando se aplica una dosis de 12 kg Cu ha⁻¹ suelo. Estos resultados indican que la dosis más alta de Cu aplicado tiene un bajo efecto en la biofortificación agronómica en el trigo harinero ensayado, sin embargo la dosis intermedia de 8 kg Cu ha⁻¹ suelo tiene un mayor efecto en este cultivo, por lo que se puede considerar más eficiente respecto a este parámetro. Sin embargo, sería necesario el estudio del efecto en las plantas de otras fuentes de Cu que pudieran alcanzar mayores efectos en la biofortificación agronómica del trigo blando.

BIBLIOGRAFÍA

Davies, D. B., Hooper, L. J., Charlesworth, R. R., Little, R. C., Evans, C. and Wilkinson, B. 1971. Copper deficiency in crops. III. Copper disorders in cereals grown on chalk soils in Southeastern and Central Southern England. Pages 88–99 in Trace elements in soils and crops. Min. Agric. Fish. Food, Great Britain, Tech. Bull. No. 21.

González-Torres, F. y Rojo-Hernandez, C. (2005). Gramíneas y seudocereales, en Prontuario de Agricultura. Mateo-Box. Mundi-Prensa, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.

López-Bellido, L. (1991), *Cultivos herbáceos. Vol. I. Cereales*, Mundi Prensa, Madrid.