

## FERTILIZACIÓN DE MICRONUTRIENTES

# Importancia de una correcta fertilización de zinc en el cultivo de lino

Patricia Almendros

Demetrio González

José Manuel Álvarez

Dpto. Química y Análisis Agrícola, E.T.S.I. Agrónomos,  
Universidad Politécnica de Madrid

El lino es un cultivo muy susceptible a las deficiencias de zinc. Cuando la cantidad de micronutriente aportada es inadecuada, el rendimiento del cultivo se reduce y su calidad se ve afectada. La adición de fertilizantes de este micronutriente mejora el crecimiento de la planta, incrementa el rendimiento en semilla y afecta a la calidad nutricional del cultivo, ya que este elemento tiene una gran importancia en la composición mineral del lino. Durante los últimos años, fertilizantes quelados de zinc están siendo aplicados en los cultivos para conseguir una concentración adecuada de este micronutriente en la planta.

El lino (*Linum usitatissimum* L.) es una planta de la familia de las Lináceas, de periodo anual y herbácea, cultivada por su fibra y aceite. Crece hasta una altura aproximada de 40 a 90 cm, dependiendo de la variedad, densidad de siembra, características del suelo y humedad. El ciclo de vida de la planta se compone de 45 a 60 días de periodo vegetativo, de 15 a 25 días de periodo de floración y de un periodo de maduración de 30 a 40 días. Aunque hay un periodo de intensa floración, un pequeño número de flores puede seguir apareciendo hasta la madurez. La cosecha temprana reduce la producción, mientras que la cosecha tardía puede cambiar la composición química del aceite y por lo tanto su calidad (Oplinger y col. 1997).

El fruto es una cápsula o globulosa, que contiene aproximadamente 10 semillas brillantes, de color marrón, de unos 4-5 mm, que se encuentran dentro de cinco carpelos. Estas semillas oleaginosas, de forma ovalada y plana, con punta afilada y con unas medidas aproximadas de 4-6 mm son llamadas linaza y de ellas se extrae el aceite conocido con el mismo nombre (Flax Council of Canada).

## UTILIZACIÓN EN ALIMENTACIÓN ANIMAL Y HUMANA

Las semillas de lino son utilizadas en alimentación humana y animal, ya que son ricas en grasas, proteínas, compuestos fenólicos y fibra, tanto soluble como insoluble. Además, contienen ácidos grasos esenciales para los humanos: ácido alfa-linoléico (ácido graso esencial omega-3) y ácido linoléico (ácido graso esencial omega-6). Estos ácidos grasos poliinsaturados deben ser obtenidos de las grasas y aceites de los alimentos debido a que nuestro cuerpo no los sintetiza. La linaza es baja en carbohidratos (azúcares y almidones) (Figuerola y col. 2006). Las variedades de linaza para consumo humano son diferentes de las variedades de linaza que se utilizan para fabricar fibra.

Varios estudios clínicos han demostrado que el consumo de linaza por humanos reduce el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, reduciendo el colesterol LBD (lipoproteína de baja densidad o colesterol "malo") y el colesterol total en la sangre, reduciendo también la presión sanguínea, la glucosa



## EL PORQUÉ DEL ZINC

Tradicionalmente, la fertilización del cultivo de lino 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 el cultivo. Sin embargo, este cultivo también es sensible a micronutrientes como el zinc.

El lino es un cultivo muy susceptible a las deficiencias de zinc y presenta una alta respuesta a la adición de este micronutriente (Kabata-Pendias, 2000).

Cuando la cantidad de zinc aportada es inadecuada, el rendimiento del cultivo se reduce y la calidad del cultivo se ve afectada.

La adición de zinc mejora su crecimiento, incrementa el rendimiento en semilla y afecta a la calidad nutricional del cultivo, ya que este elemento tiene una gran importancia en la composición mineral del lino. Por el contrario, la deficiencia de zinc provoca un retraso en la floración y en la formación de cápsulas, provocando la reducción del tamaño de las semillas.

basal en sangre y mejorando la función endotelial. También se relaciona el consumo de linaza con la prevención de algunos tipos de cáncer debido al contenido en ácidos grasos poliinsaturados, fibraácido alfa-linoleico y lignanos. La linaza en la dieta puede ser útil en el tratamiento de afecciones de inmunidad como la artritis reumatoidea, la psoriasis y el lupus, de la diabetes o del alivio del estreñimiento.

El consumo de semillas de lino con alta cantidad de zinc es importante para ciertos grupos de la población, particularmente



## // LAS VARIETADES DE LINAZA PARA CONSUMO HUMANO SON DIFERENTES DE LAS VARIETADES DE LINAZA QUE SE UTILIZAN PARA FABRICAR FIBRA //

para aquellos con dietas carentes de carne. Según la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) el consumo de semilla, aceite y harina de linaza, materias primas utilizadas en la alimentación animal, está aumentando en nuestro país como fuente de ácidos grasos debido a sus efectos beneficiosos. La FAO recomienda un suministro de tortas de semilla de lino para el ganado vacuno de 3 kg al día como máximo.

### SÍNTOMAS DE LA DEFICIENCIA EN ZINC

La deficiencia de zinc en la planta se manifiesta con pequeñas manchas de color marrón grisáceo, seguido del marchitamiento de las hojas más jóvenes. Provoca entrenudos cloróticos que se acortan, presentando la planta un aspecto de roseta. Si la deficiencia es grave provoca el necrosamiento de la parte alta del tallo y la muerte de los puntos de crecimiento con lo que la planta se acorta e incluso puede morir.

Las deficiencias de zinc en los suelos pueden aparecer tanto en suelos ácidos, sueltos y fuerte-



mente lavados como en alcalinos, en los que el zinc no se encuentra en forma asimilable. Las aplicaciones serán necesarias cuando los niveles del micronutriente se encuentren por debajo del valor crítico necesario para un correcto desarrollo de la planta (Alloway, 2008). Con la aplicación de fertilizantes se puede aumentar el contenido del zinc biodisponible en suelos.

### EMPLEO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Las fuentes de naturaleza inorgánica están entre las más comu-

nes, aunque actualmente los fertilizantes orgánicos, tanto de origen natural como sintético (complejos o quelatos de síntesis), son cada vez más empleados para corregir las posibles deficiencias de zinc. Un fertilizante que contiene un complejo metálico, se caracteriza porque un catión metálico central se encuentra enlazado con una o varias moléculas o iones, llamados ligandos (Mortvedt *et al.*, 1993). En el caso particular de un quelato, a cada catión central le corresponde un único ligando (Nowack and VanBriesen, 2005). En la **Tabla 1** se presentan algunos agentes complejantes o quelatos orgánicos que forman complejos con el zinc, tanto de origen natural como de origen sintético (Liñan, 2010).

### TABLA 1 / Agentes complejantes o quelantes orgánicos

#### ORIGEN NATURAL

Ácido lignosulfónico  
Ácido fenólico  
Ácido aminolignosulfónico  
Aminoácidos  
Poliflavonoides  
Ácidos polihidroxicarboxílicos

#### ORIGEN SINTÉTICO

Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)  
Ácido dietilendiaminopentaacético (DTPA)  
Ácido 2-hidroxi-etilendiaminotriacético (HEDTA)  
Ácido etilendiamino-di-(o-hidroxifenil-acético) (EDDHA)

**GRÁFICO 1 / Incremento de la concentración de zinc en planta (%) respecto al tratamiento control (sin fertilización de zinc) en un suelo ácido al aplicar 5 y 10 mg Zn kg<sup>-1</sup> de Zn-AML, Zn-EDDHSA y Zn-D-H-E.**



## ENSAYOS REALIZADOS

En diferentes estudios desarrollados en el Departamento de Química y Análisis Agrícola de la ETSI Agrónomos de Madrid se han evaluado las respuestas del cultivo de lino a la aplicación de fertilizantes del micronutriente zinc.

En los **Gráficos 1 y 2** se representan los resultados obtenidos al aplicar diferentes quelatos de este micronutriente [Zn-AML, Zn-aminolignosulfonato; Zn-EDDHSA, Zn-etilenediamino-N,N'-bis(2-hidroxifenilacetato); Zn-D-H-E (Zn-DTPA-HEDTA-EDTA), (Zn-DTPA, Zn-diethylenetriaminopentaacetate; Zn-HEDTA, Zn-N-2-hidroxietil-etilenediaminotriacetato; Zn-EDTA, Zn-etilenediaminotetraacetato)] en diferentes dosis (5 y 10 mg Zn kg<sup>-1</sup>) a suelos ácido y

calcáreo respectivamente y su influencia en el incremento de la concentración de zinc (%) en un segundo cultivo de lino, respecto a un tratamiento control, sin fertilización de zinc.

Los resultados indican que la aplicación de las diferentes fuentes en ambas dosis (5 mg kg<sup>-1</sup> y 10 mg kg<sup>-1</sup>) provoca un efecto residual en el suelo, que afecta al segundo cultivo de lino aumentando la concentración de zinc en la planta respecto al tratamiento control (entre un 73 y un 273% en el caso del suelo ácido y entre un 92 y un 456% en el caso del suelo calcáreo). Siendo en el suelo ácido el tratamiento Zn-AML a la dosis de 10 mg Zn kg<sup>-1</sup> el que mayores incrementos en la concentración de zinc presenta, mientras que en el suelo calcáreo es el tratamiento Zn-D-

H-E a la dosis 10 mg Zn kg<sup>-1</sup> el que produce mayores incrementos con respecto al tratamiento control. En la actualidad en este departamento se están desarrollando distintos trabajos de investigación que tratan de estudiar la influencia en los cultivos y la distribución en los suelos de diferentes tratamientos con quelatos de zinc y cobre (Alvarez y col., 2009; Alvarez, 2010; Almendros, 2011).

## BIBLIOGRAFÍA

Almendros, P.; Gonzalez, D.; Alvarez, J.M. 2011. Residual effect of natural and synthetic zinc chelates on zinc in a soil solution of a waterlogged acidic soil. Evolution of the pH and redox potential. Geophysical Research Abstracts Vol. 13, EGU2011-

8135-1. EGU General Assembly 2011.

Alloway, B.J. Micronutrients and Crop Production: An Introduction, In Micronutrient deficiencies in global crop production, Alloway, B.J., Ed.; Springer: 2008; pp. 1-39.

Alvarez, J.M.; Almendros, P.; Gonzalez, D. Residual effects of natural Zn chelates on navy bean response, Zn leaching and soil Zn status. Plant Soil 2009, 317, 277-291.

Alvarez, J.M. Influence of soil type and natural Zn chelates on flax response, tensile properties and soil Zn availability. Plant Soil 2010, 328, 217-233.

FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Tablas de composición de alimentos y Normas de calidad.

<http://www.etsia.upm.es/fedna/introtabla.htm>

Figuerola, F.; Muñoz, O.; Estevez, A.M. La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. 2006. Agro Sur. 36: 49-58.

Flax Council of Canada. <http://www.flaxcouncil.ca/>

Kabata-Pendias. Trace Elements in soils and plants. 2000. CRC Press. Boca Raton. Florida.

Liñán, C. Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. 2010. Ediciones Agrotecnicas, Madrid, España.

Mortvedt, J.J.; Gilkes, R.J. Zinc fertilizers, In Zinc in Soils and Plants. Robson, A.D., Ed.; Developments in Plant and Soil Science 55. Kluwer Academic Pub.: Dordrecht, the Netherlands, 1993; pp. 33-43.

Nowack, B. and VanBriesen, J.M. Biogeochemistry of chelating agents. 2005. ACS Symposium Series 910. American Chemical Society, Washington, DC.

Oplinger, E.S.; Oelke, E.A.; Doll, J.D.; Bundy, L.G.; Schulerl R.T. Alternative Fields Crop Manual: Flax. 1997. EE.UU: University of Wisconsin-Madison and University of Minnesota.

<http://www.hort.purdue.edu/nwecrop/afcm/flax.html>

**GRÁFICO 2 / Incremento de la concentración de zinc en planta (%) respecto al tratamiento control (sin fertilización de zinc) en un suelo calcáreo al aplicar 5 y 10 mg Zn kg<sup>-1</sup> de Zn-AML, Zn-EDDHSA y Zn-D-H-E.**

