

## **Indicadores del estado nutricional del cultivo en la fertilización nitrogenada de la remolacha azucarera.**

Soler Rovira, José; Arroyo Sanz, Juan Manuel.

*Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola, Universidad Politécnica de Madrid.*

### **Introducción**

La gestión de nutrientes en un cultivo implica un manejo adecuado de la fertilización, teniendo en cuenta la evaluación de la fertilidad de los suelos y el estado nutricional de las plantas, con el objetivo de maximizar los rendimientos y las rentas, así como minimizar el impacto sobre el medio ambiente.

El nitrógeno es un elemento imprescindible en la nutrición vegetal, afectando de manera importante al crecimiento y al rendimiento de los cultivos. El flujo de nitrógeno en el sistema suelo-planta es muy complejo y en él intervienen una gran cantidad de factores difíciles de controlar y de cuantificar. El exceso de nitrógeno reactivo en la biosfera produce, además, una serie de impactos sobre el agua, la atmósfera, los suelos, la biodiversidad y la salud humana. Por otro lado, la fabricación de abonos nitrogenados requiere una cantidad importante de recursos y energía. Estos condicionantes van a establecer el marco de una correcta gestión del uso del nitrógeno en los cultivos, en general y, en el cultivo de remolacha azucarera, en particular.

### **Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y la producción.**

La remolacha azucarera de siembra primaveral absorbe nitrógeno a lo largo de su ciclo de cultivo (figura 1a), pero especialmente en la etapa de predominio de crecimiento de la parte aérea, de forma que el 90% del nitrógeno total utilizado ha sido absorbido en la primera mitad del ciclo, situándose el 60% de este nitrógeno en la parte aérea de la planta (figura 1b), es decir, que ésta utiliza este elemento en el crecimiento del área foliar para así poder captar el máximo de radiación solar. Este máximo de intercepción de radiación solar se sitúa en torno al 95% (figura 2), cuando alcanza un índice de área foliar de aproximadamente 4 (4 m<sup>2</sup> de hojas por cada m<sup>2</sup> de suelo).

La energía de la radiación solar es captada por las clorofilas y permite la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico en la fotosíntesis, para producir, entre otros compuestos, sacarosa (azúcar). Este proceso requiere también nitrógeno, como constituyente de la molécula de clorofila y de las enzimas que actúan en el proceso fotosintético.

La producción fotosintética está directamente relacionada con la formación de azúcar en la raíz. El nitrógeno aumenta la producción de raíz, pero hace disminuir la polarización (contenido de azúcar) por lo que la producción de azúcar se incrementa conforme lo hace la disponibilidad de nitrógeno hasta un máximo, a partir del cual el exceso de N hace disminuir el rendimiento en azúcar. Lo mismo ocurre con el índice económico del agricultor (IEA).

El exceso de nitrógeno repercute negativamente en la calidad industrial de la raíz, como consecuencia del incremento de los contenidos en la raíz de algunos “no-azúcares”, especialmente nitrógeno alfa-amino y sodio. Este efecto negativo sobre la calidad industrial se traduce en un descenso de la cantidad de azúcar extraído durante el proceso industrial.

### **La fertilización nitrogenada de la remolacha azucarera**

Una correcta fertilización nitrogenada conlleva el establecimiento de un programa o plan de abonado en el que se deben de incluir los siguientes aspectos:

- Dosis de N a aplicar en la fertilización.
- Distribución de la dosis a lo largo del ciclo de cultivo.
- Tipo y dosis de fertilizantes a aplicar y forma de distribución.

Actualmente, la Asociación para la Investigación y Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera (AIMCRA) recomienda la dosificación del nitrógeno en base al conocimiento del análisis del suelo de la parcela a sembrar. La dosis recomendada se puede estimar a partir del contenido de materia orgánica (Tabla 1) ó calcular con los datos del nitrógeno nítrico y de la materia orgánica, según la expresión:

$$DR = 310 - 6 NO_3 - 70 MO,$$

donde:

DR: dosis recomendada, en kg N/ha

NO<sub>3</sub>: contenido de nitratos del suelo, en mg/kg

MO: contenido de materia orgánica del suelo, en %.

Por tanto, este método trata de ajustar el aporte de N mediante fertilizantes minerales en función del nitrógeno que proporciona inicialmente el suelo y el que proporcionará a lo largo del ciclo procedente de la mineralización de la materia orgánica.

La distribución estándar de la dosis recomendada consiste en un aporte en fondo o presiembra (con 1/3 ó 1/2 de la DR si ésta es igual ó menor que 120 kg N/ha) y una ó dos coberturas cuando la planta alcance los estados de 4-6 y 10-12 hojas, respectivamente.

Esta recomendación de partida, que se hace sobre la base de los resultados de los análisis de suelo llevados a cabo antes de la siembra, es una referencia bastante sólida para planificar la fertilización en el momento de la presiembra, pero en ciclos de cultivo largos y con una meteorología bastante variable de unos años a otros, como es el caso de los países mediterráneos, no permite incorporar al programa de fertilización nitrogenada los efectos de las condiciones particulares que se van produciendo a lo largo del ciclo y que afectan tanto a las necesidades nutricionales de la planta durante su periodo de crecimiento, como al ritmo de absorción y utilización del N.

Por este motivo, se han desarrollado diferentes métodos de evaluación del estado nutricional de la planta. De ellos, además del tradicional análisis de nutrientes en hojas, dos de los métodos que han adquirido una importancia creciente en los últimos años son

el análisis del contenido de clorofila en las hojas y la determinación del contenido de nitratos en los peciolo.

La puesta a punto de este tipo de métodos basados en el estado nutricional del cultivo, como métodos complementarios a los basados en el análisis de suelos puede suponer un avance apreciable en los criterios actuales de gestión de la fertilización nitrogenada de la remolacha azucarera, al permitir un ajuste óptimo de la dosis de nitrógeno y de su distribución durante el ciclo, aspectos importantes, tanto desde un punto de vista agronómico como medioambiental.

En este sentido, se ha llevado a cabo un trabajo de investigación exhaustivo entre la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), AIMCRA y Azucarera Ebro, S.L, con el objetivo de estudiar la viabilidad de estos métodos como criterios fiables en el manejo de la fertilización nitrogenada de la remolacha azucarera.

La exposición detallada de este trabajo, que se desarrolló entre 2003 y 2006, excede al ámbito de un artículo divulgativo como el que nos ocupa, por lo que trataremos de comentar de forma resumida algunos aspectos del mismo que pueden resultar interesantes.

### **Análisis de clorofila en hojas**

El contenido de clorofila foliar guarda una estrecha relación con el estado nutricional nitrogenado del cultivo. Para la medida de dicho contenido se utilizan aparatos automáticos y portátiles que, de modo rápido, fiable y no destructivo, proporcionan un valor del contenido de clorofila en las hojas de la planta. Estos equipos los comercializan distintas firmas: CCM-200 de OptiSciences, SPAD-502 de Minolta, etc. La medida se hace a un lado del nervio central en la parte distal de la hoja (fotografía 1). Ésta tiene que ser representativa del estado fisiológico de la planta y para ello se toma la hoja más joven que se encuentra completamente expandida (fotografía 2).

El contenido de clorofila foliar puede expresarse en valores absolutos (dato que proporciona el equipo de medida, figura 3) o en valores relativos (figura 4), tomando como referencia los resultados de un tratamiento o banda sobrefertilizada (p.ej, 1,5 veces la DR). Esta segunda medida es preferible a la anterior, dado que sobre la primera influyen otros factores adicionales al estado nutricional, como son la variedad de cultivo, el estado hídrico, la época del ciclo, etc. (figuras 3 y 5), que es preciso separar.

Este valor relativo muestra una clara relación con el rendimiento final en azúcar y, por tanto, con el IEA, lo que permite establecer valores umbrales de este indicador para cada uno de los momentos del ciclo en los que debe decidirse la aplicación de nitrógeno en cobertera. La medida en campo de la parcela a evaluar indicará si el cultivo está por encima o por debajo de este valor umbral. En el caso de que el cultivo mostrase valores relativos de clorofila foliar por debajo del valor umbral que asegura el rendimiento máximo, habría que aplicar una dosis suplementaria de N para mejorar su estado nutricional. La cuantía de esta dosis dependerá del valor concreto que tome en cada caso el contenido de clorofila foliar y podría establecerse en trabajos de investigación que continuasen los ya realizados hasta el momento, lo que permitiría afinar y completar esta técnica.

### **Análisis de nitratos en peciolo**

Esta técnica consiste en determinar el contenido de nitratos en la savia de los peciolo de las hojas de la planta. Este nitrógeno está todavía en estado inorgánico y no ha sido incorporado al metabolismo de la planta en forma de proteínas ó clorofila. El análisis se realiza en los peciolo de las hojas más jóvenes completamente expandidas (las mismas que se han utilizado para determinar el contenido de clorofila foliar), bien estrujando éstos y analizando la savia, o bien desecando la muestra y analizando una disolución en agua de dicha muestra. El análisis de los nitratos se puede realizar siguiendo un protocolo de laboratorio mediante espectrofotometría, electrodos selectivos, u otros ó mediante aparatos portátiles de medida (fotografía 3). Estos últimos se basan en la tinción de unas bandas tras ser sumergidas en la disolución y posterior medida del contenido en nitrato con el reflectómetro portátil. Este método muestra muy buena concordancia con los métodos de laboratorio.

De manera similar al indicador anterior, se ha comprobado la conveniencia de expresar los resultados en términos relativos (figura 6) e igualmente se ha observado una relación estrecha con el rendimiento del cultivo e, incluso también, con la calidad industrial de la raíz, especialmente en fases centrales del ciclo. El principal inconveniente de este indicador respecto al anterior es que se trata de un método más laborioso, con más requerimientos de medios y destreza analítica, lo que puede restarle, en alguna medida, interés desde la perspectiva de su incorporación a la posible aplicación práctica generalizada.