

El abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas

Es importante calcular los aportes de nitrógeno para evitar la contaminación de nuestros acuíferos

El abono nitrogenado de cultivos hortícolas, como en muchos otros, depende de la producción esperada de cada cultivo, del nitrógeno existente en el suelo en el momento de la aplicación y del contenido del mismo en el agua de riego, entre otros.

Aunque existen unos límites de aporte a partir de los cuales la producción no aumenta de forma lineal con los rendimientos.

Hay que calcular estos límites para evitar percolaciones y costes innecesarios.

Carlos Ramos.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.

El nitrógeno es uno de los principales nutrientes que determinan la producción de los cultivos. Su deficiencia disminuye la producción, pero un exceso puede resultar perjudicial para las personas y el medio ambiente. Esto se debe a que el nitrato, uno de los compuestos de nitrógeno del suelo más importantes para la nutrición de las plantas, es muy soluble y, en el suelo, es arrastrado por el agua que percola (este arrastre se denomina lixiviación) y puede llegar a contaminar los acuíferos. Así pues, existe el dilema de que el aporte de nitrógeno al suelo mediante el abonado tiene que ser suficiente para no limitar la producción y, al mismo tiempo, no ser excesivo para no aumentar las posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato. El nitrato en las aguas subterráneas es perjudicial a concentraciones superiores 50 mg/l, que es el límite máximo permitido para el agua potable según la legislación sanitaria. En las aguas superficiales el nitrato favorece el crecimiento de algas lo cual es un inconveniente en muchos casos.

A los cultivos hortícolas se aplican, en general, cantidades elevadas de N, tanto con los fertilizantes como con los estiércoles. Esto, unido a la baja eficiencia de utilización del nitrógeno por estos cultivos, hace que presenten un potencial elevado de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato. Además de esta contaminación, otro inconveniente del exceso de abonado es que puede elevar el contenido de nitrato de la parte comestible de las hortalizas (sobre todo de las que se consumen las hojas) hasta niveles que superen los límites recomendables para el consumo humano.

Un abonado nitrogenado adecuado es, junto a un buen manejo del riego, una de las opciones más efectivas que el agricultor tiene para disminuir la contaminación de las aguas por nitrato sin poner en riesgo la producción y calidad de la cosecha. La importancia de un buen manejo del riego se debe a que el transporte del nitrato hacia los acuíferos se efectúa con el agua que fluye hacia abajo en el suelo; así pues, cuanto más se ajusta el riego a las necesidades de agua del cultivo menos percolación profunda se produce y, por tanto, menor es el transporte de nitrato hacia los acuíferos.

Electo del abonado nitrogenado

Tres aspectos a considerar son: las dosis de abonado, la forma química y la época de aplicación.

Dosis

Generalmente, la respuesta de los cultivos al abonado nitrogenado es alta cuando las dosis son bajas. A medida que la dosis crece, el aumento de la producción por unidad de fertilizante adicional disminuye hasta llegar a un valor a partir del cual (dosis crítica) los incrementos de abonado ya no aumentan la producción. Sin embargo, cuando la cantidad de N fertilizante aplicado excede a la dosis crítica, la lixiviación de nitrato aumenta rápidamente. Así pues, la dosis de abonado nitrogenado debería ser próxima a esta dosis crítica, la cual depende del cultivo, del nitrógeno mineral presente en el suelo antes del abonado,



Los cultivos hortícolas, con sus elevados requerimientos de nitrógeno y la baja eficiencia en su utilización, pueden ser una fuente importante de contaminación de las aguas por nitrato.

del contenido en materia orgánica de los suelos y de otros factores, pero en suelos normales oscila aproximadamente entre 150-300 kg N/ha para la mayoría de los cultivos hortícolas. En la **Fig. 1** se presenta un ejemplo de la influencia de la dosis de nitrógeno sobre la producción, absorción del mismo por la planta, y sobre el nitrógeno mineral que queda en el suelo al final del cultivo. Aunque los datos de la figura corresponden a maíz, este tipo de respuesta es similar en la mayoría de los cultivos.

TABLA 1. NECESIDADES DE NITRÓGENO DE LOS CULTIVOS HORTÍCOLAS EMPLEADAS EN EL MÉTODO DE RECOMENDACIÓN DE ABONADO NMIN EN ALEMANIA
(según C. Feller and M. Fink, Nmin target values for field vegetables. Acta Horticulturae (en prensa))

Cultivo	Producción (t/ha)	Necesidades (kg N/ha)	Profundidad de muestreo del suelo (cm)
Brócoli	20	310	60
Cebolla	60	120	60
Col	80	300	90
Coliflor	40	300	60
Espinaca	30	180	30
Lechuga	60	140	30
Puerro	50	220	60
Remolacha	60	250	60
Zanahoria	70	100	60

Forma química

Las principales formas químicas del nitrógeno en el suelo son la orgánica y la mineral. Los estiércoles aportan el nitrógeno fundamentalmente en forma orgánica (aunque algunos, como la gallinaza, tienen una fracción importante de nitrógeno en forma mineral), mientras que los fertilizantes aportan el nitrógeno en forma mineral.

La principal diferencia desde el punto de vista de las plantas es su disponibilidad: las plantas sólo absorben de manera apreciable el nitrógeno mineral (principalmente el nitrato y el amonio); el nitrógeno orgánico no se absorbe apenas por las plantas y necesita convertirse en nitrato y amonio previamente, mediante el proceso denominado mineralización. En el suelo, el amonio tiende a convertirse en nitrato gracias a la acción de algunos microorganismos del suelo. La forma química del nitrógeno más fácilmente asimilable por las

plantas es el nitrato, seguida por el amonio, la urea y las formas orgánicas.

Época de aplicación

El momento de aplicación y la forma química del abono nitrogenado son importantes porque ambos factores influyen en la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, cerca de las raíces, en un momento determinado. La demanda de nitrógeno por los cultivos es pequeña en los primeros estadios de desarrollo y aumenta mucho en la fase de crecimiento rápido. Por esta razón, se suele aportar una fracción de las necesidades totales en un primer abonado de fondo, previo a la siembra o trasplante, y el resto, en una o dos aplicaciones más (al inicio de la fase de crecimiento rápido y en la mitad aproximadamente de esta fase).

Otros factores que influyen en la eficiencia de utilización del nitrógeno por los cultivos son la textura y profundidad del suelo, la profundidad del sistema radicular de las plantas y la eficiencia del riego.

Necesidades de abonado

Existen varios sistemas para determinar las necesidades de abonado nitrogenado en los cultivos hortícolas. Uno de estos sistemas bastante utilizado en algunos países de Europa es el denominado método del Nmin (nitrógeno mineral). En este método se considera que cada cultivo necesita disponer de una cierta cantidad de nitrógeno mineral en el suelo durante el período de cultivo. Esta exi-



El correcto abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas es el principal medio para disminuir el problema de la contaminación de las aguas subterráneas.

gencia de nitrógeno se puede satisfacer a través de diferentes fuentes: el abonado, el nitrógeno mineral en el suelo al inicio del cultivo (procedente en su mayor parte de lo que queda en el suelo al final del cultivo anterior), la mineralización de la materia orgánica del suelo y de los residuos orgánicos añadidos al suelo (incluyendo los estiércoles y los residuos de cosecha), y en algunos casos el nitrógeno en el agua de riego. Así pues, la dosis de nitrógeno a aplicar en cada caso sería:

$$\text{Abonado} = \text{Requerimiento del cultivo} - \text{Nmin en el suelo al inicio} - \text{mineralización del N orgánico} - \text{N en agua de riego}$$

Por tanto, para determinar el abonado adecuado hay que determinar todos los términos de la derecha de la igualdad anterior. En la **tabla 1** se dan los requerimientos de varios cultivos hortícolas que se emplean en las recomendaciones de abonado en Alemania. El nitrógeno mineral del suelo al inicio o inmediatamente antes de la siembra es otro factor importante y para determinarlo se requiere analizar el suelo; actualmente en el IVIA se están evaluando métodos sencillos de análisis de nitrato del suelo para permitir una determinación rápida y barata de este término que, dependiendo del cultivo anterior y de su abonado, puede oscilar entre 50-250 kg N/ha para la capa de 0-60 cm de suelo.

La mineralización del nitrógeno orgánico del suelo (incluyendo los residuos vegetales y los abonos orgánicos) necesita evaluarse tam-

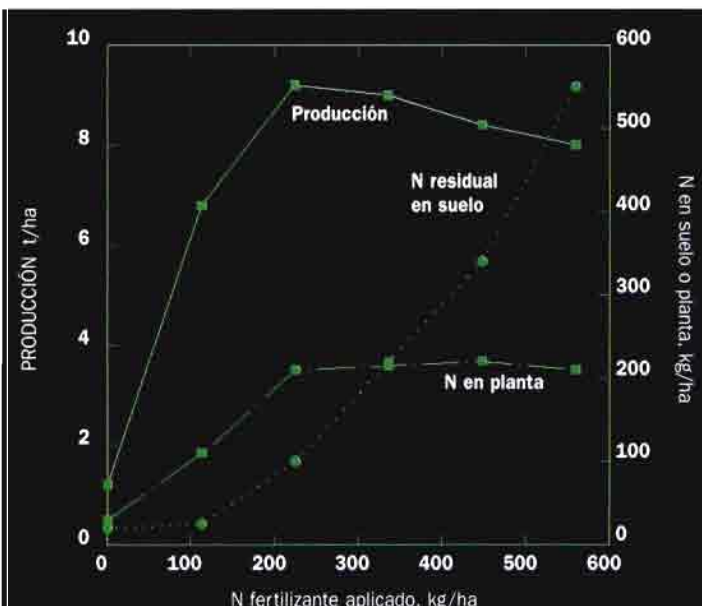


Fig.1 Gráfico ilustrativo del efecto de la dosis de nitrógeno sobre la producción, absorción de nitrógeno por la planta, y nitrógeno mineral en el suelo al final del cultivo (datos obtenidos para el cultivo de maíz por Broadbent y Carlton (1978)).

bién y depende, principalmente, de los residuos del cultivo anterior y de la textura del suelo. En la **tabla 2** se dan unas cifras orientativas para diferentes suelos. En general, el contenido de materia orgánica de los suelos arenosos es inferior a la de los suelos francos, y la de éstos inferior a la de los arcillosos. En la **tabla 3** se presenta el contenido de nitrógeno de diferentes abonos orgánicos, así como sus tasas anuales de mineralización.

El aporte de nitrógeno con el agua de riego depende sobre todo del contenido de nitrógeno de esta agua; por ejemplo, si a un cultivo se aplica un total de 3.500 m³/ha de un agua subterránea con un contenido de nitrato de 50 mg/l, la entrada de nitrógeno al suelo con el agua de riego será de 40 kg/ha (el nitrato contiene un 22,6% de nitrógeno). Actualmente hay medidores portátiles relativamente económicos que permiten determinar fácilmente el contenido de nitrato del agua de riego.

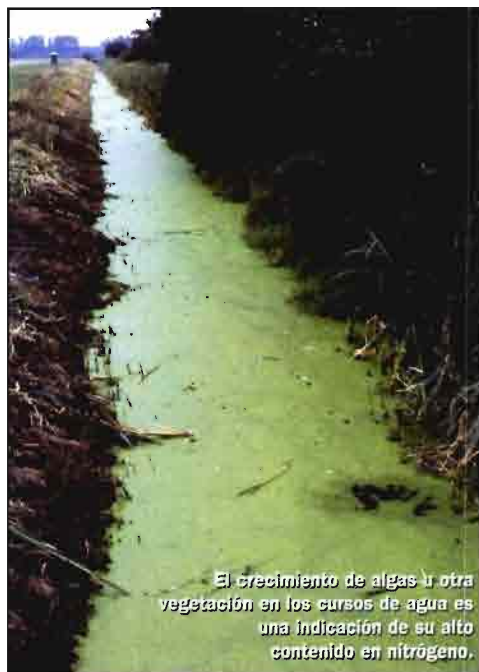
Como se observa en la tabla 1, la mayoría de los cultivos hortícolas necesitan tener a su disposición en el suelo cantidades de nitrógeno mineral que oscilan entre los 100 kg/ha

TABLA 2. NITRÓGENO PROCEDENTE DE LA MINERALIZACIÓN DEL HUMUS DEL SUELO SEGÚN SU TEXTURA⁽¹⁾

Materia orgánica del suelo (%)	Nitrógeno anual mineralizado (kg/ha)		
	Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso
0,5	10-15	7-12	5-10
1,0	20-30	15-25	10-20
1,5	30-45	22-37	15-30
2,0	40-60	30-50	20-40
2,5	-	37-62	25-50
3,0	-	-	30-60

⁽¹⁾ Tomado del Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias. Estos valores son sólo orientativos.

para los menos exigentes, hasta unos 300 kg/ha para los más exigentes. La profundidad de suelo especificada en la tabla está relacionada con la profundidad efectiva de raíces en los diferentes cultivos.



El crecimiento de algas u otra vegetación en los cursos de agua es una indicación de su alto contenido en nitrógeno.

El Código de Buenas Prácticas Agrarias

A finales de 1991, la Comunidad Europea publicó una Directiva sobre la contaminación de las aguas por nitrato procedente de la agricultura. En España, en 1996 se adaptó esta normativa europea (Real Decreto 261/1996, publicado en el BOE del 11 de marzo 1996, pp. 9734-9737). El principal objetivo era establecer las medidas necesarias para prevenir y corregir la contaminación de las aguas continentales y litorales causadas por el nitrato de origen agrario. En el Real Decreto se estableció que las Comunidades Autónomas elaboraran, en un plazo máximo de seis meses, uno o varios Códigos de Buenas Prácticas Agrarias que los agricultores podrían aplicar de forma voluntaria, para reducir la contaminación de las aguas por nitrato. Actualmente, la mayoría de las Comunidades Autónomas ya han elaborado este Código. A modo de ejemplo, en la tabla 4 se presentan las recomendaciones de abonado que se dan para los cultivos hortícolas en el Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias, publicado en el DOGV nº 3727, el 10 de abril de 2000.

El Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias establece que a los valores que aparecen en la **tabla 4** hay que descontar las contribuciones de nitrógeno por otras fuentes:

- Nitrógeno inorgánico en el suelo al inicio del cultivo.
- Nitrógeno procedente de la mineralización neta de la materia orgánica del suelo (humus) (tabla 2) y de las enmiendas orgánicas (tabla 3).
- Nitrógeno aportado por el agua de riego.

Como se puede observar, las cantidades recomendadas en los riegos localizados son un 20% inferiores, debido a que se considera que la eficiencia de utilización en este caso es mayor que en el sistema de riego tradicional. ■

TABLA 3. CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LOS PRINCIPALES FERTILIZANTES ORGANICOS⁽¹⁾

Tipo de fertilizante	Riqueza % N s.m.s.	% N mineralizado 1 ^{er} año
Estiércol de bovino	1 - 2	20 - 30
Estiércol de oveja o sirle	2 - 2,5	40 - 50
Estiércol de porcino	1,5 - 2	40 - 50
Purines de porcino	0,4*	
Gallinaza	2 - 5	60 - 90
Lodos de depuradora	2 - 7	30 - 40
Compost de residuos sólidos urbanos	1 - 1,8	15 - 20

* Este porcentaje se refiere a materia húmeda
(1) Tomado del Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias.

TABLA 4. DOSIS DE NITRÓGENO RECOMENDADAS EN LOS CULTIVOS HORTÍCOLAS SEGÚN EL CÓDIGO VALENCIANO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS (Kg N/ha).

Cultivo	Sistema	Riego por Inundación	Riego localizado
Alcachofa		250-300	200-240
Cebolla		200-250	160-200
Lechuga		150-220	120-175
Melón-sandía		200-250	160-200
Tomate	Aire libre	200-250	160-200
Tomate	Invernadero	400-450	320-360
Patata		250-300	200-240



El aporte de nitrato en el agua de riego puede determinarse fácilmente con medidores portátiles.