

# Utilización de fertilizantes con liberación controlada de nutrientes

Esta técnica ofrece interés en el abonado desde tres aspectos: agronómico, medioambiental e industrial

*Al aplicar los fertilizantes, el agricultor pretende que los nutrientes contenidos en ellos sean puestos a disposición del cultivo a medida que éste los vaya necesitando. La disponibilidad de los nutrientes en cantidad inferior a la demandada propiciará la aparición de carencias nutritivas con las consiguientes pérdidas de rendimientos y calidad de las cosechas. Por otra parte, la presencia de cantidades superiores a las necesidades puede representar despilfarro de los fertilizantes, desequilibrios nutritivos con aparición, en determinados casos, de fitotoxicidad y génesis de peligrosos impactos ambientales.*

● P. Urbano Terrón. Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid.

**P**ara evitar estas situaciones, es necesario que los nutrientes vayan presentándose en cada momento, en forma asimilable y en la cantidad requerida durante todo el desarrollo del cultivo. Ésto que se dice tan fácilmente, resulta difícil de conseguir en la práctica pero el reto está muy claro. Es necesario utilizar los fertilizantes en forma equilibrada con las exigencias de los cultivos, de manera que al obtener una elevada eficacia en su actuación, se consigan altos rendimientos y se minimicen los costes y riesgos.

Entre las prácticas recomendadas para obtener los mejores resultados en la fertilización, se incluyen:

a) La determinación cuidadosa de las necesidades de los cultivos, no sólo a nivel de cada uno de ellos, sino del conjunto de la rotación.

b) La aplicación fraccionada (presiembrada y coberteras), de manera que en cada momento se aporten sólo las cantidades necesarias.

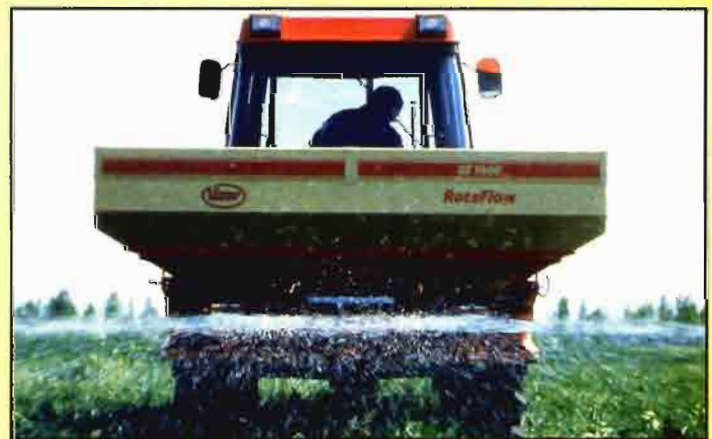
c) La elección del tipo de abono que mejor comportamiento pueda presentar en cada caso y momento.

Sin embargo, cuando se utilizan los fertilizantes convencionales, estas prácticas no siempre resultan suficientes para conseguir los objetivos perseguidos. Primero, por las dificultades que se plantean cuando se trata de determinar rigurosamente las necesidades de cada cultivo, en las diferentes clases de suelos y bajo variables condiciones climáticas y prácticas culturales; segundo, por las relaciones tan complejas (fenómenos de disolución, inmovilización, precipitación, antagonismos iónicos, etc.) que se producen en los suelos; y, tercero, por las propias limitaciones de la fertilización fraccionada (incremento de las operaciones de cultivo, costes operativos, etc.).

Para completar las posibilidades, se puede insistir más en la

elección del tipo de abono considerando no sólo los fertilizantes convencionales. Los fertilizantes de elevada eficacia deben presentar una curva de liberación de los nutrientes contenidos en ellos, sensiblemente coincidente con la de su absorción por el cultivo, lo que permitirá reducir la cantidad a aportar y aumentar la eficiencia nutritiva del abono (Benedetti, 1998).

Es innegable que cada uno de los nutrientes, macro y microelementos, presenta un comportamiento particular y, con frecuencia, muy diferente, por lo que resulta difícil encontrar un fertilizante que pueda responder en forma óptima a todos los requerimientos. Sin embargo, la industria de los fertilizantes considera también el reto que tiene planteado la agricultura, e investiga y desarrolla su tec-



Distribución de abonos sólidos en cobertera.

nología para ofrecer a los agricultores los fertilizantes que les ayuden a resolver sus problemas.

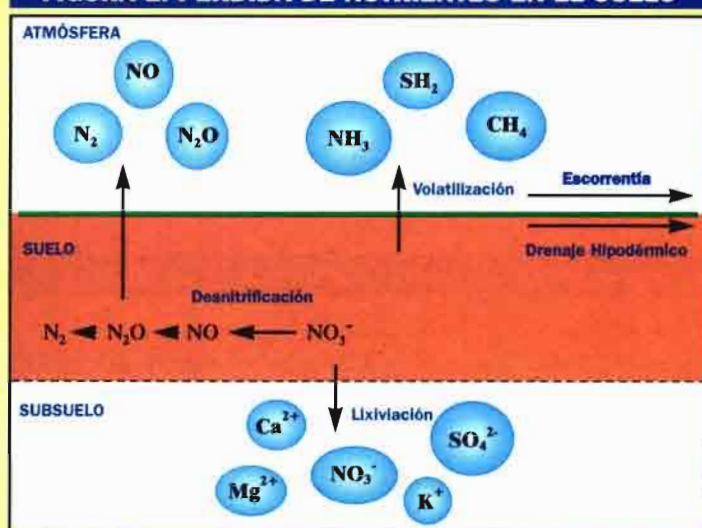
Para los casos más generales, el fertilizante ideal debería (Shoji y Gandeza, 1992):

- Necesitar una sola aplicación y, a partir de ella, suministrar los nutrientes que el cultivo demande durante todo su desarrollo.
- Presentar un elevado porcentaje de absorción por el cultivo, de manera que se consigan elevados rendimientos.
- Tener el menor impacto posible sobre el medioambiente (suelo, agua y atmósfera).

## Reducir las pérdidas mejora los rendimientos y respeta el medioambiente

La mayor parte de las características que se le piden al fertilizante ideal se obtienen cuando se consiguen reducir las pérdidas de nutrientes. De estas pérdidas, unas pueden considerarse absolutas, por cuanto representan una reducción de la cantidad total de nutrientes en el medio, y otras relativas, porque suponen sólo una pérdida temporal de asimilabilidad de los nutrientes, ya sea por inmovilización, precipitación, reorganización, etc. Aquí centramos la atención sobre las pérdidas absolutas, por cuanto son las que, a me-

**FIGURA 1. PÉRDIDA DE NUTRIENTES EN EL SUELO**



dio y largo plazo, incidirán más sobre los rendimientos y calidad de las cosechas, y provocarán más problemas medioambientales (figura 1).

Una parte importante de los nutrientes puede perderse en forma absoluta por lixiviación, que depende de la solubilidad de los fertilizantes, de las clases de suelos (mayor en los arenosos y menor en los arcillosos y humíferos), de la climatología (mayor en climas húmedos) y de las prácticas de cultivo (tipo de laboreo, fraccionamiento y época de aplicación de los abonos, etc.). Cantidades importantes de nitrógeno nítrico ( $NO_3^-$ -N), potasio ( $K^+$ ), calcio ( $Ca^{2+}$ ), magnesio ( $Mg^{2+}$ ), azufre ( $SO_4^{2-}$ ) y microelementos aparecen en las aguas de escorrentía y drenaje. A la pérdida de capacidad nutritiva del suelo se une el problema de la eutrofización y contaminación de las aguas superficiales y profundas. Aunque las cifras son muy variables con las condiciones señaladas, no parece aventurado afirmar que, al menos, entre un 15 y 20% de los nutrientes aportados con la mayor parte de los fertilizantes se pierden por lixiviación.

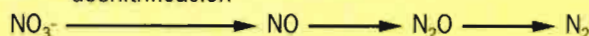
Las aplicaciones superficiales o en terrenos encharcados de urea y otros abonos amoniacales, ya sean exclusivamente minerales (sulfato amónico, nitrosulfato amónico, soluciones amoniacales, etc.), orgánicos (purines, estiércoles, compost, etc.), u órganominerales, producen la liberación de amoníaco ( $NH_3$ ), sulfhídrico ( $SH_2$ ), metano ( $CH_4$ ), etc., con importantes impactos sobre la contaminación atmosférica.

Finalmente, para los fertilizantes nítricos o para los amoniacales y la urea, cuando la nitrificación haya llevado las formas de nitrógeno a nitrato, los procesos de desnitrificación producen pérdi-

das de  $NO_3^-$ -N en formas gaseosas de  $N_2$ ,  $NO$  y  $N_2O$  que pasan a la atmósfera del suelo y de ésta a la atmósfera exterior. La reducción de los nitratos (Urbano, 1992) hasta formas de gas dinitrógeno y de óxidos nitroso e hiponitroso, se realiza por numerosos grupos de bacterias del suelo que utilizan el  $NO_3^-$  como aceptor de  $H^+$  en condiciones de anaerobiosis o de débil potencial redox.

Esquemáticamente, la reacción sigue el curso:

desnitrificación



y detalles de la misma pueden verse en la figura 2. La importancia de la contaminación atmosférica por los gases  $NO$  y  $N_2O$  es incuestionable por su fortísima participación en el efecto invernadero.

## Los fertilizantes de liberación controlada pueden ser una solución

Para que los fertilizantes vayan liberando los nutrientes con un ritmo similar a las exigencias del cultivo, se pueden manipular de diversas maneras, pero siempre teniendo en cuenta que una cosa será el comportamiento del fertilizante en el laboratorio o en las condiciones preestablecidas de los ensayos, y otra el que pueda presentar en las variables condiciones del cultivo en el campo a cielo abierto.

Generalmente, la liberación controlada suele requerir que se reduzca la velocidad de actuación de los fertilizantes más solubles y activos. Con ello se puede conseguir reducir las pérdidas y, además, que aplicándolos una sola vez durante el cultivo, la liberación de los nutrientes pueda cubrir todas las necesidades de aquél. Por esta razón, en numerosas ocasiones se utiliza la expresión de fertilizantes de acción lenta (FLL) o retardada, como sinónimo de fertilizante de acción controlada.

No existe una diferenciación oficial entre los fertilizantes de acción lenta y de acción controlada (Trenkel, 1997), pero el Comité Europeo de Normalización ha propuesto que se consideren en este grupo si los nutrientes contenidos en el fertilizante aparecen, bajo condiciones definidas (entre las que se incluyen una temperatura de 25 °C), con el siguiente ritmo:

- No más del 15% en 24 horas.
- No más del 75% en 28 días.
- Al menos, el 75% durante el tiempo establecido.

El retraso en la liberación inicial de los nutrientes y el mantenimiento del ritmo de liberación durante el desarrollo del cultivo puede conseguirse por diferentes mecanismos (AAPFCO, 1995). Éstos incluyen el control de la solubilidad en agua del material (cubiertas semipermeables, oclusión, insolubilidad de polímeros, formas or-

**BIAGRO**  
BIAGRO, S.L.

## Calidad en Nutrición Vegetal

### METALOSATES

Productos con doble función  
Protectora de enfermedades y Nutricional.

METALOSATE S ■ METALOSATE CALCIO

### ENRAIZANTES NATURALES

Desarrollan la planta y su raíz desde el primer momento.

MICOR ■ PLANTON VS

### FITORREGULADORES NATURALES

Incrementan el tamaño y la calidad del fruto.

BINAT ENGORDE PLUS ■ FICUS T

### MATERIAS ORGÁNICAS ÁCIDAS

Correctores de suelos y mejora de cultivos.

BIOR Fe ■ CRISTAL CALCIO ■ CRISTAL K

### PRODUCTOS NATURALES

FUEGO (Bacterias inhibidoras de larvas de nemátodos)

NEEM (Insecticida - repelente natural)

### PRODUCTOS ESPECIALES

NETAPSILA (Limpiador de melazas)

pH CONTROL (Regulador de pH)

ACUALIMP (Alguicida floculante)

Dibujo realizado por: Jara Casanova Castro, 9 años  
1º premio del Concurso de Dibujo de Agrícola de la Riva. Abril 1.998



## COSECHAS ESPECTACULARES



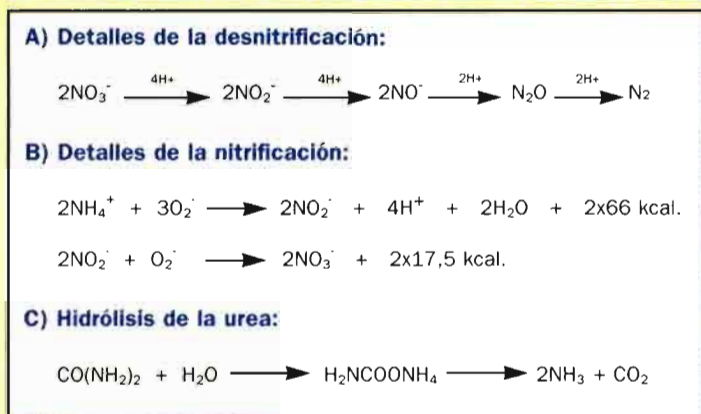
# SEMILLAS

R I V A

AGRÍCOLA DE LA RIVA S.L.  
Ctra. Alfageme, 39 - 24010 LEON  
TEL.: 902 300 308  
Fax: 987 80 16 20  
info@delariva.com  
www.delariva.com

**maíz, girasol,  
sorgo y sudax**

FIGURA 2. EVOLUCIÓN DEL NITRÓGENO EN EL SUELO



gánicas de nitrógeno u otras formas químicas, etc.), hidrólisis lenta de las moléculas de bajo peso molecular u otras desconocidas hasta la fecha.

En la práctica, los dos grupos más importantes de estos fertilizantes están formados por productos de condensación de la urea (FLL) y por los fertilizantes revestidos o encapsulados (FLC). Entre los FLL, los más habituales en nuestro mercado (Urbano, 1992) son la urea-formaldehído (38% N), la isobutilidendiurea (32% N) y la crotonilendiurea (30% N). Entre los FLC, los de mayor importancia son la urea-azufre (30-40% N), los fertilizantes simples o compuestos encapsulados con una cubierta de material polimérico y los que llevan una capa doble de azufre y de material polimérico.

La fabricación de estos fertilizantes requiere unos costes que se traducen en mayor precio del abono y, como consecuencia, de las unidades fertilizantes. Por esta razón, su uso está restringido actualmente a situaciones muy determinadas (campos de golf u otros espacios deportivos, jardinería de calidad, áreas verdes urbanas, etc.) o cultivos de alto rendimiento (horticultura, invernaderos, viveros, etc.).

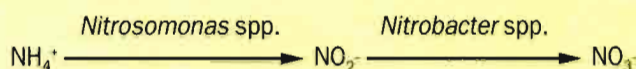
Sin embargo, estos fertilizantes también pueden tener cabida en los cultivos tradicionales, si se tiene en cuenta que el sobreprecio del abono puede quedar compensado con su mayor eficiencia. Con ella, puede conseguirse asistir más fácilmente a una producción integrada en la que se mejoren los rendimientos y se reduzcan las aportaciones de producto y los costes operativos.

Es necesario comprobar, en cada caso, el comportamiento de estos fertilizantes y los resultados obtenidos con su aplicación, por lo que, junto a la investigación que con ellos se está haciendo a escala mundial, se requiere una experimentación local que permita comprobar, para cada sistema de cultivo, su interés técnico y económico.

A los fertilizantes de liberación lenta y controlada hay que sumar los fertilizantes estabilizados (FE). De nuevo, con estos fertilizantes se presenta confusión ya que, en ocasiones, lo que se utilizan son fertilizantes convencionales y los agentes estabilizadores se aportan al suelo. En el fertilizante estabilizado las materias estabilizadoras se incluyen en el proceso de su fabricación. Generalmente, estas materias actúan retrasando la evolución del nitrógeno, siendo los mecanismos más utilizados los que inhiben el proceso de nitrificación y de actuación de la ureasa.

En la evolución del nitrógeno en el suelo, las formas  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  pueden quedar fijadas en el complejo de cambio y, aunque la planta puede absorberlas directamente, lo hace más lentamente que las  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ . Sin embargo, de acuerdo con la actividad biológica del suelo, mediante la nitrificación, las formas  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  pasan a  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ . Esta oxidación se realiza por vía microbiana y requiere varias etapas con formación de hidroxilamina, hiponitrato, nitrito y nitrato (Urbano, 1992).

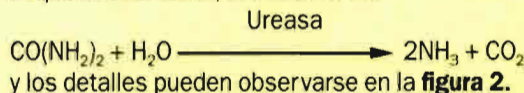
Esquemáticamente, la reacción puede representarse por:



Los inhibidores de la nitrificación son sustancias que retrasan la oxidación bacteriana del  $\text{NH}_4^+$  al inactivar durante un cierto tiempo los *Nitrosomonas* spp. del suelo (Farm Chemicals Handbook, 1996). Con ello se consigue retrasar la aparición de  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  reduciendo las pérdidas por lixiviación y desnitrificación.

La urea aplicada al suelo sufre una hidrólisis enzimática que la transforma con relativa rapidez en  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$ . La enzima responsable de la hidrólisis es la ureasa, producida por *Micrococcus ureae*, especie bacteriana muy abundante en los suelos agrícolas. La reacción se produce en dos etapas formándose, primero carbamato amónico, muy inestable, que se descompone en  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$ .

Esquemáticamente, la reacción es:



Los inhibidores de la ureasa retrasan durante cierto tiempo la transformación del nitrógeno amídico en amoniacal con lo que reducen, primero, las posibles pérdidas por volatilización de  $\text{NH}_3$  y, después, las pérdidas por lixiviación y desnitrificación de los nitratos.

Numerosas materias pueden actuar inhibiendo la nitrificación o inactivando la ureasa. Trenkel (1997) da una amplia lista, debida a Dressel (1995), de compuestos y materiales investigados en laboratorio, invernadero y campo pero, entre ellos, hay dos inhibidores de la nitrificación, la Nitrapirina (2-cloro-6-triclorometil-piridina) y el DCDL (diciandiciamida), y un inactivador de la ureasa, el NBTP (N-butil-tiofosfato-triamida), que actualmente están obteniendo buena difusión.

## Conclusión

La liberación controlada de los nutrientes contenidos en los fertilizantes es una posibilidad de indudable interés en la fertilización desde el triple aspecto: agronómico, medioambiental e industrial. Con estos fertilizantes es más fácil realizar una producción agrícola integrada de altos rendimientos conservando la fertilidad del suelo y reduciendo los riesgos ambientales.

La utilización de estos fertilizantes en una escala mayor que la actual depende, sobre todo de aspectos económicos. Su mayor eficiencia puede permitir reducir las cantidades de abono a aportar (entre 20-30%) o mantener las dosis fertilizantes actuales para obtener mayores rendimientos. Sin embargo, el precio más elevado de estos fertilizantes restringe su uso en gran cultivo ante la incertidumbre de los resultados a obtener. Una experimentación de gran escala en la que se investiguen localmente los costes y rendimientos bajo diferentes sistemas de cultivo, es un trabajo que no debe retrasarse. ■

## BIBLIOGRAFÍA

- Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO), 1995. Official Publication Nº 48, T-29. Pub. As. Am. Plant Food Control Inc. Indiana. EE.UU.
- Benedetti, A., 1998. Fertilizzanti e ambiente: un equilibrio possibile. Terra e Vita. Speciale Fertilizzazione 4-B. Edagricole. Bologna. Italia.
- Farm Chemicals Handbook, 1996. Richard T. Meister ed. Meister Pub. Co. Willoughby. EE.UU.
- Shoji, S. y Gandeza, A.T., 1992. Controlled Release Fertilizers with Poliolefin Resin Coating. Pub. Kanno Printing Co. Ltd. Sendai. Japón.
- Trenkel, M. E., 1997. Controlled Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. Inter. Fert. Ind. Ass. (IFA). Paris. Francia.
- Urbano, P. 1992., Tratado de Fitotecnia General. Ecl. Mundí-Prensa Libros. Madrid.