

[VENTAJAS E INCONVENIENTES]

Fertilizantes de liberación lenta y controlada

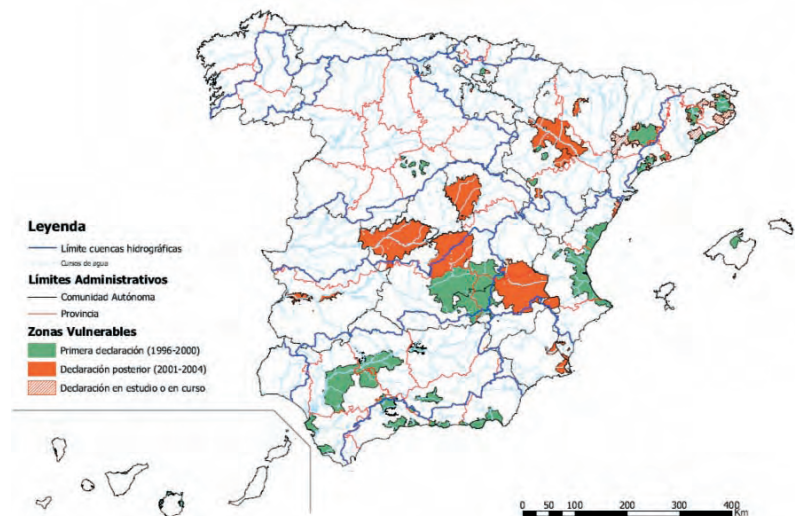
José M. Durán Altisent
Norma Retamal Parra

Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia
ETSI Agrónomos de Madrid. UPM

En este artículo se describen de forma resumida las distintas modalidades de abonado que podemos encontrar en el mercado de los fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados, enumerando las características que los definen y cuáles son las principales ventajas e inconvenientes que presentan. Por último, con el fin de ilustrar las ventajas económicas y medioambientales que ofrecen algunos de los fertilizantes de liberación controlada, presentamos un ejemplo comparativo en un cultivo de maíz realizado en el Valle del Ebro.

Figura 1:

Zonas vulnerables a la contaminación por nitrato como consecuencia de la actividad agrícola y ganadera en España. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2004).



Los inconvenientes que presenta la fertilización convencional se intentan solucionar con los fertilizantes de liberación lenta o controlada, denominados “*slow release*” en inglés. Estos fertilizantes suministran a los cultivos los nutrientes que contienen de un modo más eficaz y de forma controlada y prolongada en el tiempo; de ahí la denominación que reciben de “fertilizantes de liberación controlada”. Lo anteriormente expuesto permite aportar, mediante una única aplicación, las unidades fertilizantes que requiere el cultivo, lo que contribuye a reducir las pérdidas de nutrientes -principalmente N- y evita el exceso o defecto que de ellos se produce cuando se utilizan fertilizantes convencionales. Los principales fertilizantes de liberación lenta o controlada que podemos encontrar en el mercado están reflejados en la **Tabla 1**. Dicha tabla permite comparar las tecnologías utilizadas para la elaboración de fertilizantes de liberación lenta y controlada y su comportamiento en el suelo.

Fertilizantes convencionales

Pueden presentarse en forma sólida (cristalinos, pulverulentos o granulados) o líquida (disoluciones con distinta riqueza) y se caracterizan por poner a disposición del cultivo, de forma rápida, los nutrientes que contienen (N, P, K, S, Ca y Mg), debido principalmente a la alta solubilidad que poseen cuando entran en contacto con la disolución del suelo. A pesar del incremento de coste que algunos de ellos han sufrido en los últimos años, su coste es inferior a los fertilizantes que describiremos seguidamente. Lógicamente, al no disponer de ningún proceso que controle la liberación de los nutrientes que contienen, las pérdidas por lixiviación son importantes, principalmente en el caso del N cuando va en forma nítrica (NO_3), lo que reduce la eficacia de la fertilización, pudiendo llegar en algunos casos a ser superior al 50 %, lo que se traduce en una mayor contaminación sobre el medioambiente, especialmente si

ENTEC®

Alta tecnología para una mejor fertilización.

ENTEC®



ENTEC®, la mayor innovación en fertilizantes de los últimos años, permite obtener cosechas abundantes y de calidad, con el mínimo esfuerzo y respetando el medio ambiente. El nitrógeno de ENTEC® se encuentra estabilizado por el inhibidor de la nitrificación DMPP, desarrollado por BASF y comercializado por K+S.

La tecnología ENTEC® disminuye las pérdidas de nitrógeno por lavado. Además permite reducir el número de abonados, con el ahorro y comodidad que ello supone.

Ahora, en K+S Nitrogen hemos adaptado nuestra estrategia para que todavía más agricultores puedan utilizar ENTEC® y beneficiarse de sus excelentes resultados en todos los cultivos.

® Marca registrada del grupo K+S

K plus S Española, S.L.
División K+S nitrogen
Joan d'Austria 39-47 08005 Barcelona
Tel. 93 224 72 22 Fax. 93 221 41 93
Una empresa del grupo K+S

k+s nitrogen

Tabla 1:

Comparación entre las tecnologías utilizadas para la elaboración de fertilizantes de liberación lenta y controlada y su comportamiento en el suelo.

CARACTERÍSTICA	TIPO DE FERTILIZANTE ⁽¹⁾				
	SCU	IBDU	MU+UF	INI	COTE
Tecnología	Fertilizante recubierto de azufre (S)	Producto de reacción con urea	Producto de reacción de urea	Inhibidores de la nitrificación bacteriana	Recubrimiento con polímero degradable
Mecanismo de liberación	Ruptura de la cubierta	Hidrólisis	Degradación microbiana	Retardo de la oxidación del amonio	Difusión
Longevidad	2 – 2.5 meses	Depende del tamaño de la partícula	MU: 3 meses UF: 12 meses	-	2 – 12 meses
Factores que afectan a la liberación	Actividad microbiana pH del suelo Materia orgánica	Humedad del suelo Temperatura pH del suelo	Actividad microbiana pH del suelo Humedad del suelo Materia orgánica	Actividad Nitrosomas pH del suelo	Temperatura
Fracción de N (%) de liberación controlada	40 – 50	85	MU: 50 UF: 20	-	100
Otros nutrientes	-	-	-	-	N:P:K

⁽¹⁾ Tipo de fertilizante: SCU (*Sulphur Coating Urea*; Urea recubierta de azufre); IBDU, fertilizantes a base de isobutilidendiurea; MU+UF, Metilenurea (MU) + urea formaldehído (UF); INI, Inhibidores de la nitrificación y COTE, cubierta de polímero biodegradable.

estamos en zonas vulnerables al nitrógeno (**Figura 1**). Para compensar las pérdidas estamos obligados a: 1, Aplicar más fertilizante del que sería estrictamente necesario y 2, a fraccionar las aportaciones, lo que conlleva mayor número de aplicaciones. Todo ello supone pérdidas de unidades fertilizantes y mayor contaminación de aguas subterráneas.

Tipologías de fertilizantes de liberación lenta

Urea recubierta con azufre (*Sulphur Coating Urea*: SCU)

Se obtiene nebulizando azufre (S) molido sobre gránulos de urea sobrecalentados. Para cerrar las posibles grietas y reducir las posibles imperfecciones que pueden haberse producido durante el proceso de recubrimiento, la cubierta de azufre, se sella posteriormente con una capa de cera. Es frecuente la aparición de gránulos con agujeros sin sellar, lo que provoca que una parte del nitrógeno no tenga la propiedad de “liberación lenta o controlada” que se persigue con el proceso de recubrimiento. Tras una primera liberación inicial, a partir de los gránulos que presentan pequeños orificios y hasta que el resto de los gránulos comiencen a liberar el nitrógeno, se transcurre un periodo de tiempo en el que desciende de forma importante la

Los inconvenientes que presenta la fertilización convencional se intentan solucionar con los fertilizantes de liberación lenta o controlada

disponibilidad de nitrógeno. Una vez que las bacterias del suelo del (*Thiobacillus*) oxidan la capa de azufre que contienen los gránulos sin imperfecciones, comienza la liberación del nitrógeno encapsulado procedente de la urea. La actividad bacteriana se ve favorecida por la humedad del suelo, la temperatura ambiente, el pH neutro de la disolución del suelo y el contenido en materia orgánica. Por lo tanto, se trata de factores que van a incidir directamente sobre la longevidad (vida media) del producto en el suelo.

Fertilizantes a base de isobutilidendiurea (IBDU)

Están formados a partir de la reacción de la urea con aldehídos saturados. En el suelo se hidrolizan de forma gradual formando urea que, finalmente, será transformada en otras formas de nitrógeno asimilables por la planta. La velocidad con la que se produce la hidrólisis resulta afectada por el tamaño de la partícula, ya que la reacción se produce en su superfi-

cie y la relación superficie / volumen aumenta al disminuir el tamaño de partícula; por lo tanto, la liberación de nitrógeno es más rápida a medida que disminuye el volumen de la partícula. La humedad y la temperatura del suelo favorecen la hidrólisis; por consiguiente, la liberación de nitrógeno se ve favorecida a medida que aumentan dichas variables, ya sea como consecuencia de un riego o a medida que avanza el ciclo del cultivo hacia épocas de mayor temperatura. Por el contrario, si la humedad del suelo es escasa o disminuye la temperatura, los fertilizantes de tipo IBDU liberan nitrógeno durante un período de tiempo mayor.

Metilenurea (MU) / Urea formaldehído (UF)

Se trata de fertilizantes formados por la reacción de la urea con el formaldehído, dando lugar a mezclas de urea y cadenas de polímeros con diferentes longitudes. La longitud de las cadenas depende de las condiciones de la reacción y de la relación urea / formaldehído. La liberación del nitrógeno viene dada por la escisión de dichas cadenas por la acción de los microorganismos del suelo. La velocidad de liberación es tanto mayor cuanto menor es la longitud de las cadenas. Dado que la solubilidad depende también de la longitud de la cadena, para medir la liberación lenta de un fertilizante se utiliza un ín-

dice de Actividad (IA) que viene determinado por la siguiente ecuación:

$$IA = \frac{\text{Fracción II}}{\text{Fracción I} + \text{Fracción III}}$$

La Fracción I representa el N soluble en agua fría y por tanto, rápidamente disponible para la planta; la Fracción II, la fracción compuesta por el N soluble en agua caliente, que será liberado a lo largo de las próximas semanas o meses; es decir, el N propiamente dicho de “liberación lenta” y la Fracción III, el N no soluble en agua caliente, no disponible para la planta. La temperatura, el pH, la humedad y el contenido de materia orgánica del suelo afectan la liberación de nitrógeno de estos fertilizantes.

Inhibidores de la nitrificación

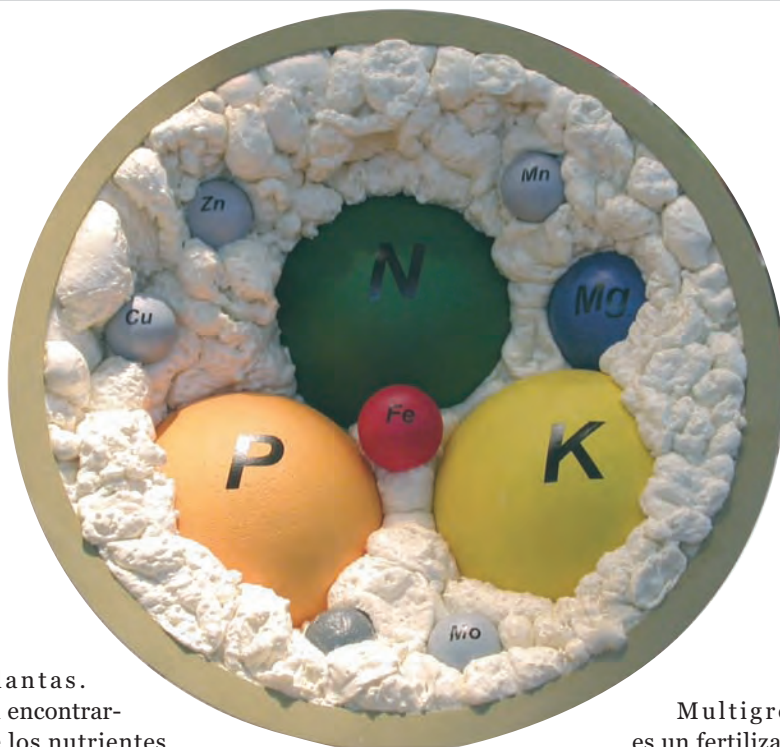
Son compuestos químicos que se incorporan a los fertilizantes para retrasar la actividad de las bacterias (*Nitrosomonas*) responsables de la transformación del amonio (NH_4^+) en nitrito (NO_2^-) como etapa previa a la transformación en nitrato (NO_3^-) por la acción de las otras bacterias (*Nitrobacter* y *Nitrosolobus*), siendo la forma nítrica la que genera la mayor fracción de pérdidas del nitrógeno aplicado en la fertilización, debido a su facilidad de lavado. A lo largo de todo el proceso oxidativo de nitrificación ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$), el nitrógeno amoniacal que contiene el fertilizante se encuentra disponible para la planta y su asimilación contribuye a reducir (acidificar) el pH del suelo.

Fertilizantes recubiertos a base de polímeros biodegradables

Los nutrientes se encuentran recubiertos por una capa, más o menos gruesa, de un polímero biodegradable, de tal forma que permite una liberación controlada, únicamente en función de la temperatura del suelo. Por lo tanto, la liberación de nutrientes depende única y exclusivamente de la degradación del polímero y ésta de la temperatura, siendo tanto más elevada cuanto mayor sea la temperatura, lo que viene a coincidir con el aumento de las necesidades de las

Figura 2:

Representación esquemática de un gránulo de fertilizante, recubierto con un polímero biodegradable. El tamaño de los elementos nutritivos que contiene (N, P, K, S, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y Mo), está relacionado con la concentración que contiene. Los elementos nutritivos están mezclados con una matriz inerte.



plantas. Al encontrarse los nutrientes encapsulados (Figura 2), pueden aplicarse de forma localizada cerca del sistema radical de los cultivos, ya que no existen problemas debidos a la concentración que podría producirse en el entorno de las raíces con alguno de ellos. Para que la liberación de los nutrientes, el agua debe penetrar en el interior del gránulo, disolver los nutrientes, de tal forma que la liberación se produce de forma progresiva, siendo la temperatura del suelo el único factor que controla el proceso.

Aplicación de fertilizantes de liberación lenta en maíz

El fertilizante con el que se han llevado a cabo el ensayo que seguidamente se describe pertenece al último grupo de fertilizantes; es decir, se trata de un fertilizante de liberación controlada, elaborados por Haifa Chemicals Ltd., similar al que dicha empresa elabora bajo diferentes formulaciones: Multicote®, para producción de planta en viveros; Multi-green®, para áreas verdes y Multigro®, para agricultura.

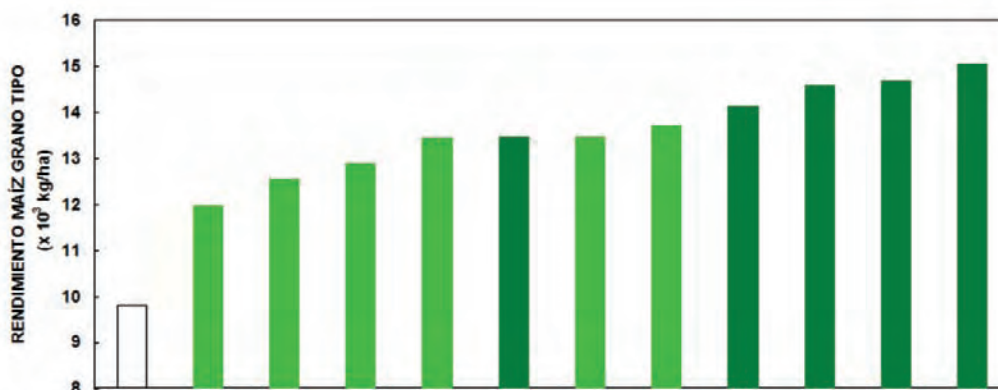
Multigro® es un fertilizante de acción prolongada, específicamente diseñado para cultivos al aire libre; contiene fertilizantes con recubrimiento y sin recubrimiento, en el que todo el potasio proviene del nitrato potásico, la fuente más soluble y de menor índice salino que existe en el mercado.

Resultados

Los que presentamos (Figura 3) proceden de ensayos realizados en parcelas de maíz cultivadas en el Valle del Ebro (Bellpuig, Lleida) durante los años 2005-07. A lo largo de tres campañas consecutivas, se llevaron a cabo ensayos en diferentes parcelas, sobre suelos de textura francoarenosa. Antes de realizar la siembra del maíz, durante la primera quincena de abril, se enterraron 1,000 kg/ha de un complejo NPK (8:15:15) a modo de abonado de fondo. La densidad de siembra fue tal que en el momento de la recolección se consiguió un número de plantas por ha comprendido entre 70 y 80,000, con líneas de siembra separadas entre si 75 cm. Los tratamientos realizados (12), distribuidos en bloques al azar

Figura 3:

Producción de maíz grano, referido al 14 % de humedad, utilizando diferentes combinaciones de fertilizantes de liberación controlada (Cote-N). Aplicación: L, en la línea de cultivo y V, a voleo. Los valores medios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas al nivel del 5 por ciento.



TRATAMIENTO	11	5	2	6	9	3	12	10	4	1	7	8
FONDO (8:15:15 kg/ha)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
UREA (46:0:0 kg/ha)	0	122	174	122	87	228	0	87	228	326	163	163
COTE (41:0:0 kg/ha)	0	58	0	58	97	109	195	97	109	0	183	183
N TOTAL (kg/ha)	80	160	160	160	160	230	160	160	230	230	230	230
RECUBRIMIENTO (%)	0	30	0	30	50	30	50	50	30	0	50	50
APLICACION	V	V	V	L	V	V	L	L	L	V	V	L
GRANO (H = 14%)	9.814	11.976	12.552	12.911	13.449	13.480	13.484	13.723	14.130	14.587	14.695	15.062
SIGNIFICACION		a	a b	a-c	a-d	b-d	b-d	b-e	c-e	d e	d-e	e

(3), contemplaban cuatro tipos de variables: a, Cantidad de nitrógeno total aportado al cultivo (80, 160 y 230 kg/ha); b, diferentes combinaciones de urea (46 % N) más el fertilizante de liberación controlada Cote-N (41% N), para conseguir las dosis de nitrógeno descritas en apartado anterior; c, porcentaje de recubrimiento del fertilizante de liberación controlada Cote-N (0, 30 y 50 %) y d, forma de aplicación del fertilizante (V, voleo y L en la línea de cultivo). Las parcelas elementales fueron de 108 m² (12 x 9).

[Conclusiones

A. Tratándose de un cultivo exigente en nitrógeno; es decir, que responde a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, como ocurre en el caso del maíz grano, aplicaciones crecientes de nitrógeno, cualquiera que sea la forma de aportarlo, aumentan la producción de grano referido al 14 % de humedad. Por ejemplo, los tratamientos 11 (80 kg N/ha), 2 (160 kg N/ha) y 1 (230 kg N/ha) dieron lugar respectivamente a 9,814, 12,552 y 14,587 kg/ha de maíz grano tipo, con diferencias claramente significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos.

B. La importancia del empleo de fertilizantes de liberación controlada se pone claramente de manifiesto

cuando comparamos los tratamientos 2, 6 y 9. Los tres tratamientos recibieron la misma cantidad de nitrógeno total (160 kg/ha), si bien la cantidad de COTE-N aportado fue de 0, 58 y 97 kg/ha, lo que dio lugar a una producción de maíz grano, referido al mismo nivel de humedad (14 %), de 12,252, 12,991 y 13,449 kg/ha. Conviene señalar que, si bien las diferencias observadas no resultaron estadísticamente significativas ($p > 0.05$), en términos absolutos llegan a ser muy importantes: 897 kg/ha de maíz grano, entre los tratamientos 2 y 6.

C. Al comparar la producción de maíz grano obtenida por hectárea, en los tratamientos 2 (12,252 kg/ha), 6 (12,991 kg/ha) y 9 (13,449 kg/ha), cabe pensar que las diferencias alcanzadas se deben principalmente al porcentaje de recubrimiento del fertilizante empleado, que fueron del 0, 30 y 50 %, respectivamente. Por lo tanto, tratándose de un cultivo de verano, exigente en nitrógeno -como lo es el maíz- todo parece indicar que la eficacia del nitrógeno aumenta a medida que también lo hace el porcentaje de recubrimiento del fertilizante de liberación controlada.

D. Si comparamos tratamientos que contienen la misma cantidad de nitrógeno total y el mismo porcentaje de recubrimiento, como pueden ser las parejas 5-6 (160 kg/ha de nitrógeno

total y 30 % de recubrimiento) y 7-8 (230 kg/ha de nitrógeno total y 50 % de recubrimiento), podemos observar que, a pesar de que las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$), la producción de maíz grano referido al mismo porcentaje de humedad (14 %), siempre fue superior en el caso de que la aplicación se hubiera realizado en la línea de cultivo (L), frente a la distribución realizada a voleo (V). Lo anteriormente expuesto nos lleva a aconsejar -siempre que sea posible- realizar la aplicación del fertilizante de liberación controlada en las inmediaciones del sistema radical del cultivo y, si fuera el caso, sobre la misma línea de cultivo.

[Bibliografía

Nolasco, J.; Outeiriño, A.; Monzó, J.; González, A.; López, J. (2005). Aplicación de fertilizantes de encapsulados en el cultivo de brócoli en la región de Murcia. *Horticultura Internacional*, 50:10-14.

Nolasco, J.; Outeiriño, A. (2006). Tipología de fertilizantes utilizados en jardinería y paisajismo. *Tecnogarden*, 108:35-40.

Urbano, P. (1995). Tratado de Fito-tecnia General. Mundi-Prensa Libros, Madrid, 895 p. ISBN: 97-84-7114-386-0. •