

Herramientas para la determinación de la dosis y el momento de aplicación de nitrógeno

Aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales en cobertera en cereal de invierno

A lo largo de este artículo sobre la fertilización de cobertera de los cereales de invierno se revisan y se dan recomendaciones sobre las dosis de nitrógeno a aplicar en cobertera en cereal de invierno, los diferentes tipos de abono que es posible utilizar, incluyendo las deyecciones ganaderas líquidas (purines) y el tipo de maquinaria que optimiza el uso

de estas deyecciones en aplicaciones de cobertera. En un siguiente artículo y como continuación de éste, que se publicará en el próximo número de **Vida Rural**, se expondrá la influencia de las aplicaciones de N en coberteras tardías en la calidad del grano del trigo para panificación y los métodos a utilizar para decidir estas aplicaciones tardías.

Albert Roselló Martínez, Elena González Llinàs, Carles Mallol Nabot, Irma Geli Bosch, Francesc Domingo Olivé.

IRTA Mas Badia. Estación Experimental Agrícola. La Tallada d'Empordà. Girona.

Para maximizar las producciones de cereales de invierno es importante que el cultivo esté bien nutrido a lo largo de todo el ciclo, tanto en los primeros estadios de desarrollo (otoño e invierno) como en las fases de máximo crecimiento. Esto no significa necesariamente que sea imprescindible aportar fertilizantes, ya que el cultivo puede utilizar nutrientes que ya están presentes en el suelo antes de la siembra o que lo estarán a lo largo de sus fases de desarrollo, por la descomposición de la materia orgánica (del suelo o aportada con las deyecciones ganaderas de los últimos años), la fijación de nitrógeno por cultivos anteriores de leguminosas, los aportes de nutrientes con el riego, etc.

Dependiendo de zonas y manejos, en un número importante de ocasiones no es necesario el aporte de fertilizantes antes de la siembra de los cereales de invierno, especialmente por lo que se refiere al nitrógeno, que puede realizarse en otros momentos del cultivo. De los ma-



Ensayos de aplicación de abonos minerales en cereal de invierno. IRTA Mas Badia, La Tallada d'Empordà (campaña 2011-12).

cronutrientes que normalmente se aportan con los fertilizantes, el nitrógeno es el que puede mostrar un efecto más rápido sobre el cultivo y, al no poderse asegurar su acumulación en el suelo, el que puede necesitar de diversos aportes en diferentes momentos del cultivo. Por el contrario, los otros macronutrientes -fósforo (P) y potasio (K)- tienden a ser menos móviles y acumularse en el suelo, y la aplicación de fertilizantes con P y K pretende, en general, mante-

ner los niveles de fertilidad de las parcelas a medio-largo plazo y no tanto suministrar los nutrientes para el uso inmediato por parte del cultivo. Por esta razón, estos nutrientes tienden a aportarse, cuando son necesarios, antes de la siembra del cultivo, aunque son susceptibles también de ser introducidos en otros momentos.

En las primeras fases del cultivo, es relativamente frecuente que no sea necesario el apor-

te de fertilizantes, ya que las necesidades de nutrientes son bastante bajas en los primeros estadios. Pero es más extraño que no sea necesario el aporte de fertilizantes, esencialmente nitrogenados, en cobertera (salida de invierno-primavera). Los cereales de invierno tienen sus máximas necesidades de nutrientes entre el final de la parada invernal y el estadio de espigado del cultivo, con unas extracciones en este periodo del orden de más del 60% de las extracciones totales que se producirán en todo el ciclo de desarrollo de la planta. Es por tanto muy importante que el cultivo disponga a lo largo de este período de las cantidades adecuadas de nitrógeno en una forma fácilmente disponible para su absorción: en el caso del nitrógeno, principalmente las formas nítrica y amoniacal. Además, la nutrición nitrogenada en las últimas fases del cultivo tiene una elevada importancia en la calidad final del grano, siendo, en estos casos, prácticamente ineludible la aplicación de coberteras tardías cuando el objetivo es una producción que requiera contenidos elevados de proteína.

Dosis de nitrógeno a aplicar en cobertera

La determinación de las necesidades de nitrógeno en cobertera del cereal de invierno (principalmente trigo y cebada) está ligada a las prácticas de manejo de la fertilización nitrogenada de todo el ciclo del cultivo e incluso en las prácticas de fertilización en años anteriores, especialmente en manejos con abonos orgánicos.

Tradicionalmente se han aportado reiteradamente las mismas cantidades de abonado en cobertera sin atender a criterios técnicos que tuvieran en cuenta el manejo de la parcela y la gestión anterior de los abonos orgánicos. En la actualidad se dispone del conocimiento, la técnica y la adaptación de la maquinaria para poder suministrar al cereal la cantidad óptima de nitrógeno, en el mejor momento para rentabilizar las aportaciones de abonado. Se recomienda encarecidamente utilizar alguna de estas herramientas para razonar la fertilización y no seguir rutinas que no estén basadas en criterios agronómicos. Unas prácticas de fertilización no razonadas pueden comportar tanto una falta de nutrientes para el cultivo con una probable disminución de cosecha y/o calidad, como una sobrefertilización

CUADRO I.

Componentes considerados en el balance de nitrógeno de uso para las recomendaciones.

Entradas (+)	Salidas (-)
Nitrógeno mineral en el suelo	Extracciones del cultivo
Aporte de N mineral realizado por el agricultor	Lavado de nitratos
Mineralización de la materia orgánica del suelo	
Mineralización de nitrógeno procedente de los abonos orgánicos aportados en éste y años anteriores	
Aportaciones de N por el agua de riego	
Nitrógeno aportado por cultivos anteriores	

que, aparte de encarecer la producción, es susceptible de afectar negativamente al medio ambiente.

No obstante, existe una limitación de tipo legal respecto a las aplicaciones de N a los cultivos. En los últimos años la legislación europea (Directiva 91/676/CE) ha comportado la designación, por parte de cada comunidad autónoma, de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario. En éstas zonas se limitan los posibles aportes de N, orgánico y mineral, a los cultivos desde puntos de vista de dosificación y tipos de abono orgánico, pero también de momentos de aplicación, distancias a granjas y masas de agua superficial. En todo caso, al plantearse la fertilización se debe tener en cuenta la normativa autonómica aplicable.

El manejo de los fertilizantes nitrogenados en la rotación de cultivos incide directamente en las recomendaciones de cobertera, especialmente en las parcelas que reciben abonos orgánicos. En función de la naturaleza de los abonos orgánicos aplicados con anterioridad en una parcela agrícola, se liberarán distintas cantidades de nitrógeno que el cultivo podrá aprovechar directamente. Por tanto, no existe una

dosis de aplicación de cobertera fija para todas las parcelas a lo largo de los años. En cada campaña de cereal será necesario valorar las necesidades del cultivo de forma razonada.

Herramientas para la determinación de la dosis

Existen diferentes herramientas que permiten decidir la dosis de fertilización nitrogenada a aportar en fondo y cobertera.

El balance de nitrógeno permite cuantificar de forma rápida, sencilla y eficaz las necesidades de nitrógeno a nivel de parcela. Considera de forma global todas las entradas y salidas importantes de nitrógeno de la parcela. Para ello, se debe disponer, con el mayor detalle posible, de las actuaciones realizadas en fondo e incluso del manejo del año anterior. Los principales elementos que tiene en cuenta el balance de nitrógeno se describen en el **cuadro I**.

El cultivo utiliza únicamente para su nutrición el nitrógeno que se encuentra en forma mineral (nítrica y amoniacal) en el suelo. Por eso, es conveniente conocer cuál es el contenido (a distintas profundidades) en el momento de plantearse la recomendación de cobertera.



Aplicación de abonos minerales en cereal de invierno. IRTA Mas Badia.

FIGURA 1

Producción media de las campañas 2005-2012 (kg/ha al 13% de humedad) obtenida en un ensayo de abonado mineral de cobertera (0, 40, 80 y 120 kgN/ha) con la aplicación reiterada de abonado orgánico (150 kg N/ha) en fondo.

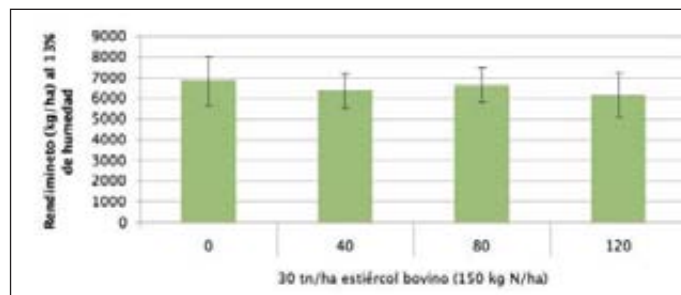
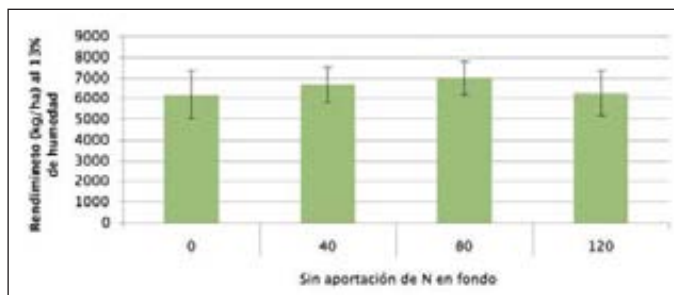


FIGURA 2

Producción media de las campañas 2005-2012 (kg/ha al 13% de humedad) obtenida en un ensayo de abonado mineral de cobertera (0, 40, 80 y 120 kgN/ha) sin aplicación de abonos orgánicos en fondo.



En algunos casos y zonas se realizan recomendaciones a partir únicamente del análisis del nitrógeno mineral del suelo (N_{min}), sin considerar otros aportes de nitrógeno por parte de otras fuentes. Cuanto mayor sea el aporte de éstas (mineralización, agua de riego, etc.), respecto al contenido en nitrógeno mineral del suelo, menos preciso resultará el método N_{min} . No obstante, la utilización del contenido de nitrógeno mineral del suelo como elemento en el balance de nitrógeno constituye un excelente complemento para los datos de manejo.

Recomendaciones genéricas

Las necesidades de nitrógeno del cereal de invierno dependen, principalmente, de las extracciones del cultivo, y por lo tanto del rendimiento que se obtenga en el momento de cosecha. Así, se trata de un factor sometido a una elevada variabilidad. Un buen estimador del rendimiento potencial puede ser la producción media de las tres últimas campañas. En el **cuadro II** se muestra la variación de las extracciones en función del potencial productivo para distintas especies.

Los valores de extracciones no se deben tomar como valores recomendados de aportación de nitrógeno ya que existen, además de abonos orgánicos y minerales, entradas de ni-

trógeno al sistema que pueden ser importantes y se deben tener en cuenta.

A continuación se presentan recomendaciones genéricas de aplicación basadas en el uso del método del balance de nitrógeno, tanto en parcelas comerciales como en ensayos anuales y a largo plazo.

Situaciones en que no será necesaria la aplicación de N en cobertera

No será necesaria la aplicación de nitrógeno en cobertera:

-En los casos en que se apliquen repetidamente abonos orgánicos (en la mayor parte de cultivos de la rotación) a dosis cercanas a los 150 kg N/ha, y también se hayan aplicado en fondo, no será necesario aplicar N en cobertera. La mineralización de la materia orgánica aportada anteriormente liberará suficiente nitrógeno para suplir las necesidades en cobertera.

En la **figura 1** se observan valores medios de producción en un ensayo a largo plazo con la aplicación de estiércol en fondo (aproximadamente 150 kg N/ha) y distintas coberteras minerales. La mayor producción se consigue sin aplicación de N en cobertera y dosis excesivas pueden perjudicar el rendimiento del cereal.

La aplicación de dosis de nitrógeno excesivas puede producir efectos adversos al cultivo: menor producción, encamado en las zonas con mayor potencial productivo y asurado del grano en zonas cálidas en relación al estado de llenado del grano así como presentar mayor susceptibilidad frente a ataques de origen biótico.

-En el caso que habitualmente se apliquen abonos orgánicos y el cultivo anterior fuere un cultivo de leguminosa (alfalfa, guisante, habas, etc.) no será necesario aplicar N en cobertera.

Las plantas de la familia de las leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. Al final del cultivo (plurianual -alfalfa- o anual -guisante, habas, etc.-), parte de este nitrógeno fijado se pondrá a disposición del cultivo siguiente y debe tenerse en cuenta en la recomendación de abonado. La aportación de la alfalfa al cultivo de cereal puede suponer hasta 120 kg N/ha durante el año posterior a la incorporación de la leguminosa.

Situaciones en que será necesaria la aplicación de N en cobertera

Será necesaria la aplicación de nitrógeno en cobertera:

-En los casos en los que tradicionalmente se aplican abonos orgánicos, pero no se han aplicado en fondo del cultivo que se pretende fertilizar en cobertera, la dosis óptima, generalmente, se sitúa entre los 50-100 kg N/ha.

Normalmente, el efecto residual de estiércoles es mayor que el de los purines debido al mayor contenido de N orgánico. En función de

CUADRO II.

Extracciones y exportaciones de nitrógeno genéricas para los cereales de invierno para grano.

Especie	Extracciones totales por cada tn de grano (13% humedad)	Extracciones (kg N/ha) en función del potencial productivo (Pobj)		
		Pobj =1.500 kg/ha	Pobj =3.000 kg/ha	Pobj =4.500 kg/ha
Trigo	30	45	90	135
Cebada	24	36	72	108
Avena	28	42	84	126

la climatología el proceso de mineralización puede tardar incluso varios años.

-En aquellas parcelas, sin antecedentes de aplicación de abonos orgánicos, en que el cultivo anterior fue una leguminosa (alfalfa, guisante, habas, etc.) la dosis de N en cobertera no debe superar los 75 kg N/ha.

-En los casos en que generalmente no se aplican abonos orgánicos (y no se han aplicado en sementera) se recomienda aplicar un máximo de 120 kg N/ha. En zonas templadas con riesgo de asurado se recomiendan dosis menores para no favorecer el desarrollo vegetativo excesivo. En la **figura 2** se observa la disminución del rendimiento en parcelas con dosis de 120 kg N/ha donde la dosis óptima, para el conjunto de años del ensayo, se sitúa en 80 kg N/ha.

-En los casos particulares de una producción de calidad del grano en que se demande proteína elevada serán necesarias aplicaciones tardías de cobertera mineral. La estrategia a seguir se detallará en el próximo número de **Vida Rural**.

FIGURA 3

Esquema de la mineralización del nitrógeno



Tipos de abono que se pueden utilizar en cobertera

Desde el momento del ahijado hasta que se alcanza la madurez fisiológica, las necesidades del cultivo se incrementan, representan un 60% de las necesidades totales del cultivo. Habitualmente el aporte de nitrógeno en este momento (abonado de cobertera) se realiza con fertilizantes minerales, los cuales están compuestos principalmente por formas amoniacales y nítricas, y aportan al cultivo nitrógeno rápidamente asimilable. No obstante,

en la actualidad, se dispone de la maquinaria y los equipos de ayuda necesarios para la consideración de aplicación de abonos orgánicos en cobertera, los cuales también aportan cantidades importantes de nitrógeno rápidamente asimilable.

El nitrógeno de los fertilizantes se puede encontrar en forma orgánica (no disponible por el cultivo) o en forma mineral (disponible por el cultivo), en función de su origen. Los fertilizantes orgánicos (purines, estiércoles, lodos de depuradora, etc.) contienen N orgánico que deberá pasar por un proceso de transformación (mi-

UREATEC®
Powered by AGROTAIN 46

RENTABILIZA
LA HECTÁREA
DE CULTIVO

CUADRO III.

Composición de fertilizantes minerales.

	Urea (46%)	Nitrato amónico cálcico (27%)	Nitrosulfato amónico (26%)	Solución N-32%	Complejos NPK (riqueza variable)
N ureico	100	0	0	0	Variable
N amoniacal	0	50	50	50	Variable
N nítrico	0	50	50	50	Variable

neralización) previo a la absorción de éste por parte del cultivo (**figura 3**). La forma que básicamente asimilan los cultivos es el nitrógeno nítrico (NO_3^-).

El paso del nitrógeno en forma orgánica a forma mineral puede durar varios meses en función de la climatología, en cambio, las formas minerales pueden transformarse hasta la forma de nitrógeno nítrico en pocos días. Estos procesos de transformación pueden conllevar pérdidas de nitrógeno no controladas, como son la lixiviación, volatilización, desnitrificación, etc.

Por tanto, el abonado de cobertera se puede realizar con abonos minerales de diferente tipo y con deyecciones ganaderas líquidas que contienen una parte importante del N en forma mineral.

Abonos minerales

Conocer la forma en que se encuentra el nitrógeno en los fertilizantes utilizados es importante para entender en qué momento éste estará disponible por el cultivo. Los abonos convencionales están compuestos principalmente por formas de N rápidamente aprovechables, amoniacal y nítrica (**cuadro III**), motivo por el cual es recomendable aplicarlos en el momento de máximas necesidades del cultivo (ahijado). La utilización de un abonado u otro, en este caso, dependerá más del coste de cada uno de ellos que del efecto sobre el cultivo.

Además de los convencionales, existen otros fertilizantes minerales con características especiales (inhibidores de la nitrificación, la ureasa, de liberación lenta, etc.) que pretenden controlar los procesos de transformación del nitrógeno y mejorar algunos aspectos de las transformaciones no controlados (volatilización, lixiviación, etc.).

En la **figura 4** se observa cómo el uso de abonos especiales aplicados a tres hojas puede generar incrementos de pro-

ducción respecto a los abonos convencionales aplicados en cobertera. Estos resultados pueden variar en función del año, la climatología, la parcela, los manejos en años anteriores, etc., como se muestra en la **figura 5**, donde se representa la producción de otro ensayo en el que no se perciben diferencias productivas entre los distintos tipos de abono aplicados en cobertera.

En algunos casos, los abonos especiales pueden incrementar las producciones (entre 350 y 1.400 kg grano/ha), pero de todos modos se deberá valorar si el incremento de coste del abono compensa el incremento de producción alcanzado.

Purines

Los fertilizantes orgánicos líquidos (purín de bovino y purín de cerdo) pueden contener porcentajes elevados de N rápidamente disponible (NH_4^+). Los purines de porcino y el digestato de biogás contienen aproximadamente un 70% y los purines de bovino aproximadamente un 50% de nitrógeno en forma amoniacal (**figura 6**), el resto es N orgánico que estará a disposición del cultivo en los próximos meses. Las elevadas concentraciones de N amoniacal, sobre todo en los purines de porcino y el digestato de biogás, permiten plantear la aplicación en el momento de máximas necesidades del cultivo (cobertera).

Después de varios ensayos de aplicación de abonado orgánico en cobertera se observa cómo la utilización de éstos puede ser una opción viable si se dispone de maquinaria adecuada, ya que se obtienen producciones iguales o mayores que aplicando las mismas dosis de N en forma mineral (**figura 7**). Cabe destacar que en otros ensayos, no existen diferencias entre ambas.

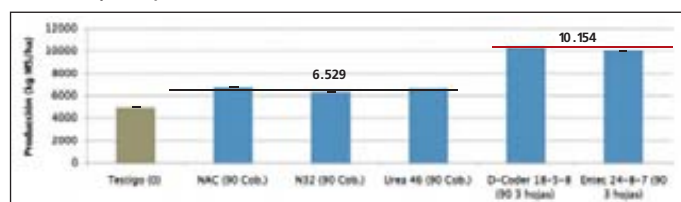
Teniendo en cuenta que entre la siembra y el principio del encañado pueden producirse precipitaciones abundantes y que las necesi-



Aplicación de abonos líquidos en ensayos de tipo de abonado mineral en cereal de invierno.
IRTA Mas Badia.

FIGURA 4

Producción de materia seca (kg/ha) de un ensayo de tipos de abonado en cobertera en cereal de invierno para forraje. La Garrotxa, campaña 2009-2010.

**FIGURA 5**

Producción al 13% de humedad (kg/ha) de un ensayo de tipo de abonado en cobertera en la zona agrícola del Vallès durante la campaña 2009-2010.

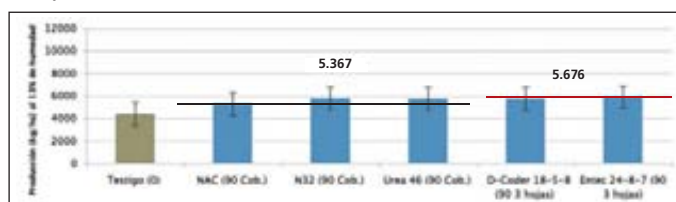


FIGURA 6

Contenido de distintos tipos de N en las deyecciones ganaderas líquidas (Parera *et al.* 2010a, Parera *et al.* 2010b).

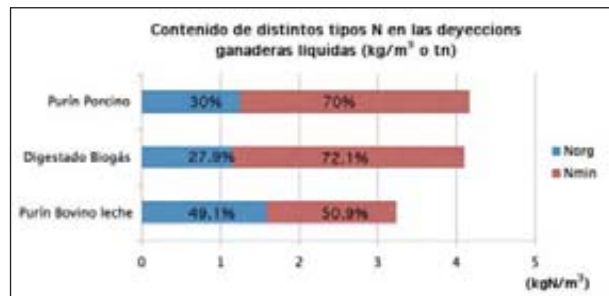
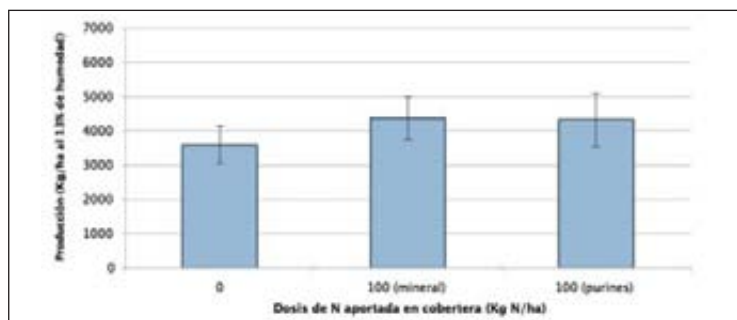


FIGURA 7

Producción obtenida en un ensayo de aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos en cobertera. Zona agrícola del Vallès, campaña 2009-2010.



dades del cultivo en dicho período son bajas, el fraccionamiento en fondo y cobertera (ahijado) puede conllevar mayor eficiencia en el uso del N respecto a aplicaciones únicamente en fondo.

La posibilidad de aplicar purines en cobertera permite fraccionar los aportes de nitrógeno (fondo y cobertera) y evitar posibles pérdidas por lixiviación producidas por la aplicación de una sola dosis en fondo. Esta práctica permite

también reducir el coste de aporte de N, ya que el aplicar dosis menores implica menos costes en desplazamiento y mayor velocidad de aplicación además de permitir la valorización de las deyecciones ganaderas en zonas que son excedentarias.

Si se pretende aplicar purín en cobertera del cereal de invierno, además de aplicar la dosis necesaria para el cultivo en cada momento,

se debe disponer de equipos de aplicación adecuados para evitar efectos indeseables al cultivo y al entorno. Estos equipos han sido analizados en profundidad por los mismos autores en un artículo anterior titulado Viabilidad de distintos equipos de aplicación de purines para una óptima fertilización que ha sido publicado en el número de 1 de septiembre de 2012 de **Vida Rural**. ●



La independencia
da sus frutos

SAPEC
AGRO

www.sapecagro.es