Font: MAGRAMA (www.magrama.es)

GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA

ISBN: 978-84-491-0997-3

9 FERTILIZACIÓN NITROGENADA

FORMAS DEL NITRÓGENO EN EL SUELO

La fuente mayoritaria de nitrógeno es el aire ya que las rocas contienen cantidades insignificantes de este nutriente.

La fertilización, orgánica o inorgánica, constituye, en la práctica, la fuente más importante de nitrógeno en la agricultura, aunque también se incorpora al suelo por la lluvia o por la fijación a través de numerosos microorganismos y de los vegetales superiores. Esta última vía es la que, de manera natural, proporciona más nitrógeno a los suelos cultivados.

Ensayos de campo

El 90-95% del nitrógeno total del suelo se encuentra en forma orgánica, de modo que no es directamente asimilable por las plantas, sino que debe sufrir un proceso de transformación denominado mineralización.

A su vez, el nitrógeno mineral del suelo, se encuentra en forma de amonio, NH_4^+, y de nitrato, NO_3^- . Ambas formas son asimilables por las plantas, pero la mayor parte del nitrógeno es absorbido en forma de nitrato.

El amonio se encuentra en el suelo adsorbido en el complejo de cambio, fijado en las redes cristalinas de determinadas arcillas o en la solución del suelo. El amonio fijado en las arcillas no es fácilmente cambiable, pero la acción de ciertos cationes provoca la expansión de las arcillas, pudiendo liberarse y pasar a la solución del suelo. Por el contrario, el amonio adsorbido en el complejo de cambio, es desplazado por otros cationes y pasa fácilmente a la solución del suelo.

El nitrato, se encuentra libre en la solución del suelo y es asimilado por las plantas y los microorganismos. Por efecto de la pluviometría o por el exceso de riego puede ser arrastrado a horizontes profundos del suelo. La cantidad de nitrato que puede ser lixiviado depende de

la intensidad de las lluvias, de la dosis de riego, de la capacidad de retención de humedad del suelo, del estado vegetativo del cultivo y de las características de su sistema radicular. A su vez, los movimientos ascendentes del agua a la superficie, durante las estaciones secas, pueden provocar el ascenso de los nitratos a horizontes superficiales del suelo.

TRANSFORMACIONES DEL NITRÓGENO EN EL SUELO

En los ecosistemas naturales y agrícolas, el nitrógeno es transformado de unas formas a otras dependiendo de las condiciones medioambientales, tales como pH, temperatura, humedad, y mediante la acción de distintos microorganismos. Las transformaciones y flujos del nitrógeno en la naturaleza conforman el Ciclo del Nitrógeno. El balance de todos estos procesos, indica la cantidad de nitrógeno disponible y asimilable por las plantas y, por lo tanto, el que hay que aportar a través de la fertilización.

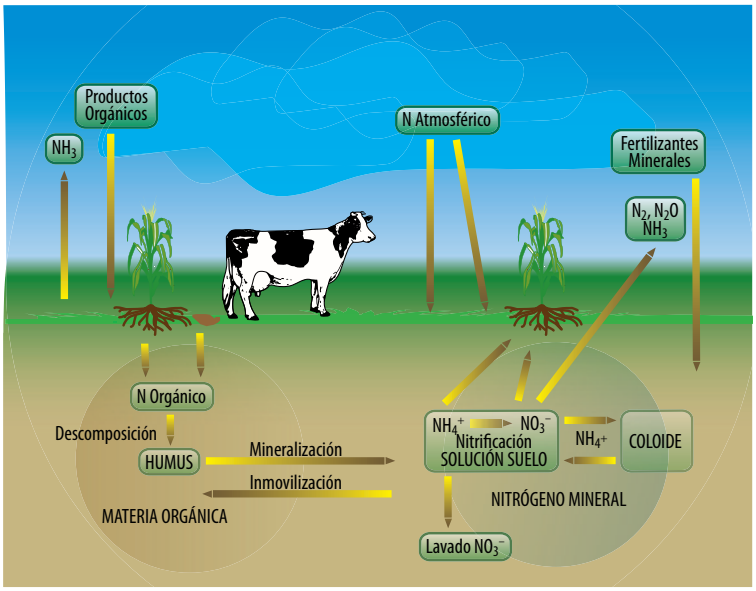
Desde el punto de vista del sistema atmósfera-suelo-planta, se producen ganancias de nitrógeno por deposición atmosférica, por el aportado en el agua de riego (tabla 3.1), por fijación microbiana, por mineralización de la materia orgánica (tabla 4.2) o por la propia fertilización, tanto orgánica como mineral. A su vez y de manera simultánea se producen pérdidas por lavado, volatilización, desnitrificación e inmovilización.

NECESIDADES DE NITRÓGENO DE LOS CULTIVOS

La determinación de las dosis de fertilizante y de los momentos de aplicación a los cultivos es un proceso complejo que depende del cultivo, del rendimiento esperado, de los nutrientes disponibles en el suelo y de sus transformaciones a lo largo del ciclo de cultivo, y de las condiciones climáticas.

Las necesidades de nitrógeno dependen de la especie, de la variedad, del rendimiento potencial y de la calidad de la cosecha. A lo largo del ciclo de cultivo las necesidades son distintas: en los cereales de invierno son más importantes en el ahijado y el encañado, mientras que en cultivos arbóreos las necesidades son máximas durante la floración y cuajado de los frutos.

Figura 9.1. Ciclo del Nitrógeno



Fuente: Elaboración propia

TRANSFORMACIONES DEL NITRÓGENO EN EL SUELO

MINERALIZACIÓN

Los microorganismos del suelo utilizan la materia orgánica para tomar la energía que necesitan para vivir. Durante este proceso se liberan nutrientes para las plantas como nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno orgánico, es transformado en amonio y este proceso es conocido como mineralización de la materia orgánica. Se estima que entre el 1 y 3% del nitrógeno orgánico es mineralizado anualmente por acción de los microorganismos, en un suelo templado.

$C_3\text{-}NH_2 \rightarrow C_2\text{=}NH \rightarrow NH_4^+$

NITRIFICACIÓN

El amonio puede ser utilizado por las plantas pero la mayor parte es transformado en nitrato en dos etapas, en condiciones aerobias, y por la acción de dos grupos de bacterias, las nitrosomonas y las nitrobacter. La humedad y aireación del suelo influyen muy positivamente en este proceso, siendo también determinantes la temperatura y el pH.

$NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$

DESNITRIFICACIÓN

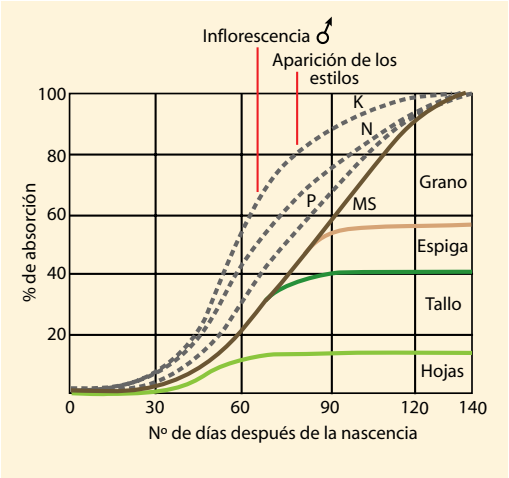
En condiciones de escasez de oxígeno, determinados microorganismos reducen el nitrato a NO, N_2O y N_2. La desnitrificación está ligada a la cantidad de oxígeno presente en el suelo, el pH y la temperatura.

$NO_3^- \rightarrow N_2O \rightarrow N_2\uparrow$

INMOVILIZACIÓN

La población microbiana del suelo utiliza las formas minerales del nitrógeno para formar proteínas. Este proceso supone una competencia para el cultivo por el nitrógeno mineral del suelo y se denomina inmovilización. Los microorganismos al morir pasan a ser fuente de nitrógeno orgánico, que de nuevo debe sufrir el proceso de mineralización. Este proceso está afectado, al igual que la mineralización, por la humedad, pH, aireación, etc.

Figura 9.2. Crecimiento del maíz y absorción de elementos nutritivos



Fuente: Adaptado Darpoux y Debelley (1967)

En la aplicación de elementos nutritivos debe tenerse en cuenta el destino final del cultivo: alimentario, industrial, etc. Así, la cantidad y momentos de aplicación de nitrógeno en un cultivo de cebada determinan el contenido en proteína del grano y, en función de este, podrá ser destinado o no, a la producción de cerveza. De la misma manera, se ha demostrado la influencia de la fertilización de la colza en la calidad de las semillas para la producción de biodiesel.

Las necesidades nutritivas se determinan a través de ensayos de campo y de los análisis foliares en diferentes estadíos del desarrollo vegetativo. Por otra parte, es fundamental la experiencia acumulada por el agricultor en cada zona, que conoce, de manera empírica, la fertilidad de sus suelos y su respuesta, y las necesidades de los cultivos.

La literatura científica aporta información muy valiosa sobre las necesidades en nutrientes de los cultivos y sus diferentes variedades. En este apartado no se indican las extracciones de cada cultivo que se incluirán en la parte II de esta Guía.

NITRÓGENO MINERAL DISPONIBLE Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

La cantidad de nitrógeno que es necesario aportar a través de la fertilización orgánica y mineral se determina partiendo de las necesidades de los cultivos y teniendo en cuenta todas las fuentes de entrada y salida de nitrógeno, para asegurar que la disponibilidad en nitrógeno es la adecuada en cada momento del ciclo vegetativo.

Cultivo de maíz en regadío

BALANCE DEL NITRÓGENO

ENTRADAS ABSOLUTAS

- Deposición atmosférica: 8 kg/ha (1)
- Fijación biológica de las leguminosas, en función de las especies: 15-150 kg/ha
- Residuos de cosechas
- Aporte del agua de riego
- Aporte de los fertilizantes orgánicos
- Aporte de los fertilizantes inorgánicos

ENTRADAS RELATIVAS

- Mineralización de la materia orgánica

SALIDAS ABSOLUTAS

- Lixiviación: mínima si se realizan Buenas Prácticas Agrícolas
- Erosión: mínima en un suelo agrícola bien manejado
- Exportación por las malas hierbas.
- Desnitrificación en los suelos encharcados, ácidos y fríos: 20-30 kg/ha
- Volatilización (aportaciones orgánicas y minerales): 10 kg/ha (1)
- Extracción por los cultivos

SALIDAS RELATIVAS

- Inmovilización del nitrógeno mineral del suelo

(1) Valores medios del BNAE elaborado por el MARM-Año 2006

El análisis de los componentes del balance del nitrógeno de cada explotación, permite considerar los factores que se deben tener en cuenta a la hora de efectuar una recomendación de fertilización. El balance debe ser considerado a medio plazo ya que, como se ha indicado, las transformaciones del nitrógeno en el suelo son constantes, y la correcta nutrición de las plantas depende del nitrógeno mineral presente en cada momento en el suelo.

La cantidad de nitrógeno que aportan al sistema la deposición atmosférica, en su caso la fijación biológica, así como las pérdidas por lixiviación, erosión, desnitrificación y volatilización pueden calcularse de manera teórica según las condiciones edafoclimáticas de la zona.

El contenido en nitrógeno total, determinado mediante análisis del suelo, no es suficiente para conocer la cantidad de nitrógeno disponible por los cultivos. El nitrógeno total nos indica todas las formas de nitrógeno, orgánico e inorgánico, cualquiera que sea su estado, asimilable o no, y es muy variable en el tiempo.

Los aportes de nitrógeno por mineralización de la materia orgánica del suelo procedente de los restos de cosecha, de la fertilización con estiércoles, purines, restos de cosechas y de otras posibles fuentes orgánicas, deben de ser inter-

pretados a partir de algunas determinaciones analíticas efectuadas en el laboratorio.

Materia orgánica: la determinación analítica de la materia orgánica, MO, que puede referirse a la total o al humus estable, es esencial para conocer las aportaciones de nitrógeno mineral por su mineralización progresiva a lo largo del ciclo de cultivo. La velocidad de mineralización depende de factores como el origen de la materia orgánica, el contenido en arcilla, el pH y el carbonato de calcio presente en el suelo.

Los suelos arcillosos suelen tener un nivel de materia orgánica más elevado que los suelos arenosos, ya que la mineralización es más lenta por la falta de aireación del suelo. Por el contrario, los suelos arenosos, con menos del 10% de arcilla, suelen presentar una fuerte mineralización por la aireación excesiva y conviene que tengan un nivel algo más alto de MO. En los suelos calizos se favorece la destrucción de la MO.

Relación C/N: indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica en nitrógeno mineral. De manera general se considera que una relación C/N entre 10 y 12 produce una correcta liberación de nitrógeno, mientras que valores por encima o por debajo de esta cifra, provocan liberaciones muy escasas o excesivas.

Explotación cerealista abonada con fertilizantes nitrogenados

El nivel de MO y la relación C/N proporcionan información sobre el nitrógeno asimilable que el suelo va a producir a lo largo del ciclo de cultivo. El nitrógeno que se libere a partir de la materia orgánica del suelo tendrá importancia en el abonado sólo cuando suponga cantidades significativas.

Los suelos españoles presentan, mayoritariamente, contenidos en MO entre el 1 y 2%, y pueden aportan al suelo entre 15 y 30 kg de N/ha en el caso de tierras fuertes y climas fríos, y entre 30 y 60 kg de N/ha en el caso de suelos arenosos y climas cálidos (tabla 4.2).

Para el cálculo de la fertilización nitrogenada hay que considerar, no solo los balances netos de mineralización e inmovilización, sino en qué momento se producen ya que, de este balance, depende que exista nitrógeno disponible en el suelo en los momentos de máxima necesidad de los cultivos. De esta manera se determinan, no solo la cantidad de nitrógeno a aportar, sino en qué momentos, sementera y cobertera.

El nitrógeno mineral (Nmin) es un índice de la disponibilidad de nitrógeno a lo largo del período del crecimiento de un cultivo, tanto en la cantidad como en su distribución en el perfil del suelo. Es una forma práctica que obvia el cálculo de la mineralización del nitrógeno orgánico que es complejo. La medida del nitrógeno mineral no suele presentar problemas.

Algunos estudios han indicado que las medidas del nitrógeno mineral antes del cultivo o en el comienzo de la primavera en los cereales de invierno y en estado V2-V4 en maíz, proporcionan una información válida para realizar una correcta fertilización nitrogenada en cobertera. Ésta se calcula con la diferencia entre el nitrógeno mineral requerido por el cultivo y la cantidad que puede suministrarle el suelo.

Dependiendo del momento en el que se desee que el nitrógeno esté disponible para el

cultivo se utilizarán unas u otras formas químicas, es decir unos u otros fertilizantes y, si se pretende un mayor aprovechamiento y unas menores pérdidas, deberán realizarse aplicaciones fraccionadas.

La primera aplicación de nitrógeno se efectuará en presiembra, aunque las necesidades sean pequeñas. Esta aplicación debe cubrir las necesidades de nitrógeno desde la siembra hasta la primera cobertera, cuando empiezan las mayores necesidades del cultivo.

NITRÓGENO Y MEDIO AMBIENTE

El nitrógeno ha sido determinante en el incremento de las producciones agrarias en los últimos cincuenta años. La síntesis de amoniaco a partir del nitrógeno del aire y su posterior transformación en fertilizantes nitrogenados ha permitido, junto con la utilización de otros medios de producción, el incremento de los rendimientos de la mayoría de los cultivos hasta los niveles actuales. Distintos estudios han demostrado que una tercera parte del incremento de la producción mundial de cereales en los años setenta y ochenta se debe al aumento del uso de fertilizantes.

Sin embargo, cuando el nitrógeno no se utiliza de manera adecuada, puede tener efectos negativos sobre el medio ambiente. Los problemas más importantes que puede generar el nitrógeno son:

Lixiviación: debido a su movilidad, el nitrógeno nítrico puede ser arrastrado a capas profundas del suelo y pasar a las aguas subterráneas. Factores tales como la textura del suelo, el manejo del agua de riego, la fertilización orgánica, el momento y la cantidad de fertilizante mineral que se aplique, las prácticas culturales, los tipos de cultivo, etc., influyen en que el proceso de lixiviación sea mayor o menor.

La aplicación de la dosis y forma adecuada de nitrógeno a los cultivos, en el momento en que éstos lo necesitan, minimizan las pérdidas por lavado. Sólo cuando la dosis de nitrógeno que se utiliza excede las necesidades de los cultivos, aumenta el riesgo de lavado.

Volatilización: la Agencia Europea de Medioambiente estima que el 90% del amoniaco emitido a la atmósfera es de origen agrario, siendo la ganadería la responsable del 74% de estas emisiones.

Las pérdidas por volatilización son muy variables según los tipos de fertilizantes que se empleen. Los abonos amoniacales y la urea, cuyas pérdidas por volatilización pueden ser más elevadas, deben aplicarse adecuadamente para minimizarlas. Para la urea pueden seguirse los consejos que se indican en el Código de Buenas Prácticas de la Urea, en el capítulo 7.

La volatilización se ve favorecida en suelos con pH elevado, alta temperatura, fuerte velocidad del viento, etc. Por el contrario, disminuye en suelos con gran capacidad de infiltración, alto contenido en arcilla y carbono orgánico, aplicando riegos ligeros tras el abonado, incorporando el fertilizante al suelo, etc.

Emisiones de óxidos de nitrógeno: se estima que los fertilizantes son responsables del 17% de las emisiones de N_2O antropogénico. Las emisiones de N_2O son provocadas fundamentalmente por la desnitrificación y, en mucha menor medida, por la nitrificación. La cantidad de nitrógeno presente en el suelo, el carbono orgánico y las condiciones anaeróbicas favorecen la desnitrificación.

El agricultor, con un buen manejo de las labores y procurando mantener una buena estructura y un contenido adecuado en materia orgánica, puede influir, muy positivamente, en la reducción de este proceso.

EFMA, ha recogido y divulgado, en los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias para el Nitrógeno, una serie de pautas de utilización para los fertilizantes nitrogenados. Este Código ha sido elaborado en base a la gran experiencia acumulada por los fabricantes de fertilizantes europeos respecto a la aplicación del contenido de la Directiva de la U.E., 91/676/EEC, relativa a la protección de las aguas de la contaminación causada por nitratos de origen agrario. Por su interés práctico, reproducimos un resumen del mismo.

El nitrógeno aumenta el contenido en proteínas del trigo

CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS PARA EL NITRÓGENO (EFMA)

El objetivo de este código es dar unas pautas del uso adecuado de los fertilizantes nitrogenados y evitar una posible contaminación de la atmósfera y del agua.

1. BALANCE DE NUTRIENTES

Debe determinarse la cantidad de nitrógeno necesario para el cultivo y el nitrógeno disponible en el suelo.

El nitrógeno requerido por el cultivo se determina considerando los experimentos de campo y las recomendaciones establecidas en cada zona.

El nitrógeno que hay al final del invierno en el suelo es muy variable y debe ser determinado a través del análisis del suelo. La mineralización del nitrógeno de la materia orgánica durante la época de crecimiento se tendrá en cuenta al hacer el balance de nitrógeno.

La disponibilidad de nitrógeno del suelo varía con el tiempo y depende de la fuente de materia orgánica, las características del suelo y el clima.

La disponibilidad de nitrógeno aportado por el fertilizante nitrogenado también varía con el tiempo y depende del tipo de fertilizante, la forma (líquido o sólido) y la técnica de aplicación.

Los compuestos nitrogenados se transforman de forma natural en el suelo y cuando pasan a nitratos pueden producirse lixiviaciones en el suelo. El fertilizante nitrogenado se utilizará de acuerdo a la demanda del cultivo para evitar pérdidas.

(Continuación)

2. PLAN DE FERTILIZACIÓN

Un plan de fertilización, tendrá en cuenta el valor nutricional de los productos reciclados por el agricultor. Los abonos orgánicos, deyecciones y residuos se aplicarán en primer lugar y se utilizarán los fertilizantes nitrogenados como suplemento.

El nitrógeno interactúa con otros nutrientes: fósforo, potasio, azufre y con micronutrientes. Un plan equilibrado de fertilización deberá asegurar la correcta dosis de cada nutriente.

Se seleccionará el fertilizante más apropiado y eficiente. Igualmente se calculará la dosis en función del contenido, forma química y tiempo que puede transcurrir hasta que la planta lo absorba, considerando las características del suelo, clima y las necesidades nutritivas del cultivo.

Las aplicaciones de fertilizante se realizarán según las épocas de absorción de nutrientes por el cultivo. El fraccionamiento de las aplicaciones puede ser necesario, sobre todo en cultivos de invierno, para maximizar así la absorción de nutrientes y prevenir las pérdidas. En cultivos de regadío, se deben hacer varias aportaciones a lo largo del ciclo y a continuación aplicar el riego.

El fertilizante se aplicará con precisión, usando la técnica más apropiada: espolvoreado, pulverizado o localizado. Las abonadoras se calibrarán y se aplicarán fertilizantes con una buena calidad física que facilite un reparto uniforme en el terreno.

El plan de fertilización debe revisarse si las condiciones climáticas se hacen extremas o el crecimiento y desarrollo del cultivo se interrumpen.

3. PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL AGUA

Se deberán seguir los Códigos de Buenas Prácticas Agrarias que aconsejan o regulan sobre los siguientes aspectos:

- Épocas menos apropiadas para abonar.
- Aplicación de fertilizantes en terrenos escarpados.
- Aplicación de fertilizantes en suelos encharcados, inundados, helados o nevados.
- Condiciones para la fertilización en terrenos cercanos a cursos de aguas.
- Capacidad y construcción de las balsas de estiércol, incluyendo medidas para evitar la contaminación del agua por la escorrentía y percolación a los acuíferos.
- Procedimientos para la aplicación homogénea del fertilizante mineral u orgánico.
- Manejo del suelo, incluyendo sistemas de rotación de cultivos que mantengan una adecuada proporción de parcelas dedicadas a cultivos permanentes en relación con los cultivos anuales.
- Mantenimiento de una mínima superficie de cobertura vegetal durante los periodos de lluvias, que absorba el nitrógeno que podría ser causa de la contaminación del agua.
- Establecimiento de planes de fertilización, finca por finca, y un registro del fertilizante utilizado.