

CULTIVOS DE INVIERNO:

Conceptos generales sobre la fertilización Nitrogenada

Ing. Agr. Walter E. Baethgen (1)



El nitrógeno (N) es el nutriente que más comúnmente limita los rendimientos de los cultivos comerciales; cumple roles fundamentales en el desarrollo fisiológico de las plantas, y por ello es probable que no exista otro nutriente del cual se puedan derivar más beneficios económicos al ser manejado eficientemente. Sin embargo, lo esencial de sus requerimientos y la gran cantidad de procesos de pérdida a los que se enfrenta el N, hacen que la definición de su manejo eficiente, constituya en muchas regiones del mundo un problema todavía no completamente resuelto.

En efecto, y a pesar de los avances mundiales en la investigación de fertilidad de suelos y fertilización, los cultivos sembrados aún utilizan en promedio solamente un 50% del N aplicado en el fertilizante. A diferencia de otros nutrientes como el fósforo o el potasio, no existen mecanismos que permitan que el N que no es utilizado en el corto plazo por las plantas, permanezca en el suelo y pueda ser aprovechado más tarde en el ciclo del cultivo o por cultivos posteriores.

El N aplicado en los fertilizantes comerciales, es rápidamente convertido en nitratos en el suelo, y como tal queda disponible para ser utilizado por las plantas. Sin embargo, también queda sujeto a numerosos procesos de pérdida tales como denitrificación, lavado, etc. Estas pérdidas traen como consecuencia, no sólo una baja eficiencia económica en el uso del insumo fertilizante nitrogenado por los productores, sino que además puede constituirse en un problema potencial de contaminación ambiental, especialmente en regiones con aplicaciones masivas de fertilizante (por ej.: a través de la contaminación de aguas sub-superficiales con nitratos).

Una de las posibilidades para mejorar la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado sería fraccionar la fertilización en varias aplicaciones a lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo. De esta manera se harían coincidir los requerimientos de N del cultivo (que varían a lo largo del ciclo) con la disponibilidad de este nutriente en el suelo. Esta práctica es

común en los sistemas de producción intensivos de trigo y cebada en los EE.UU. y Europa Occidental donde los productores fraccionan el fertilizante nitrogenado en cuatro o más aplicaciones.

Sin embargo, en la mayoría de los países en vías de desarrollo, los niveles de rendimiento de los cultivos, y las relaciones de precios que enfrentan los productores, generalmente no justifican los altos costos de numerosas aplicaciones de fertilizantes. En estas condiciones parece más razonable detectar períodos críticos en el desarrollo del cultivo en los cuales la eficiencia de uso del N podría ser maximizada.

En este sentido un primer aspecto a ser considerado es la variación de los requerimientos de N de un cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento. La cantidad de N requerida por un cereal durante las primeras etapas de desarrollo (siembra, implantación y comienzo del macollaje) es relativamente baja. En el momento de iniciación del encañado, la producción de materia seca aumenta rápidamente, por lo que la tasa de absorción de N también aumenta considerablemente.

Un segundo aspecto a tomar en cuenta para la determinación de un manejo óptimo del N para un cereal, es considerar qué es lo que se está estimulando al aumentar la disponibilidad del N en los diferentes estados de desarrollo del cultivo. En las condiciones climáticas medias del Uruguay, y en el caso de un cereal de invierno (cebada o trigo), una alta disponibilidad de N a la siembra estimula la implantación del cultivo y el comienzo del macollaje. Por otro lado, una alta disponibilidad de N al principio del macollaje (uno o dos macollos), estimula fundamentalmente el número de macollos obtenidos. Por último, el N a fines del macollaje (inmediatamente antes del comienzo del encañado) afecta generalmente el número de macollos que producen espiga.

Finalmente, un tercer aspecto a considerar son los posibles inconvenientes que puede implicar un aumento de la disponibilidad de N al aplicar fertilizante en esas diferentes etapas del cultivo. En este sentido, las aplicaciones tempranas

(1) Ph. D., M. Sc., International Fertilizer Development Center, M. Shoals, AL, USA

(siembra y/o comienzo del macollaje) son realizadas con demasiada anticipación al momento de los mayores requerimientos de N por el cultivo.

Dadas las características de los suelos, y del régimen de lluvias del Uruguay, es probable que una gran proporción del N aplicado a la siembra en altas dosis, al no ser absorbido inmediatamente por el cultivo, permanezca sujeto a procesos de pérdida en el suelo (lavado, denitrificación, etc.). Las aplicaciones tempranas también pueden resultar en un excesivo número de macollos, muchos de los cuales no formarán espiga, resultando en una competencia adicional para los macollos fértiles. Esa competencia puede resultar en macollos con tallos más finos y débiles, con una alta relación parte aérea: raíz. Esto a su vez puede derivar en problemas de vuelco en etapas más tardías del cultivo, así como en un incremento de la incidencia de enfermedades en la base del tallo.

Contrastando con esta situación, las aplicaciones de N realizadas al final del macollaje (Zadoks-30) encuentran al cultivo en el estado de desarrollo inmediatamente previo al momento de mayor tasa de producción de materia seca y de absorción de N. Además, en este estado de desarrollo la cobertura vegetal del cultivo es generalmente suficiente como para reducir en gran medida las posibles pérdidas de N por lavado de nitratos.

Por otro lado, se ha demostrado que el fin del macollaje es el último estado de crecimiento del cultivo en el cual se puede esperar una alta respuesta al N en producción de grano. Aplicaciones de N posteriores al fin del macollaje generalmente resultan también en eficiencias de uso más bajas. En el caso particular de la cebada en el Uruguay, un atraso en la fertilización nitrogenada es extremadamente peligroso. En efecto, aplicaciones tardías de N en este cultivo pueden provocar un aumento del contenido proteico del grano, con la consecuente pérdida de calidad industrial.

Parecería entonces que, una vez asegurado un nivel de disponibilidad de N suficiente para una buena implantación y adecuado macollaje, el estado Zadoks-30 (Z-30) sería un momento potencialmente óptimo para desarrollar métodos de predicción de requerimientos de fertilizante nitrogenado para un cereal. En la práctica, el estado Z-30 puede definirse como el momento en el que un 5-10% de los tallos primarios del cereal presentan en su base un nudo detectable.

Resultados recientemente obtenidos con trigo en Virginia, EE.UU., parecen confirmar estos conceptos. Trabajando con 5 años de datos de rendimiento y respuesta a la fertilización nitrogenada de trigo, Baethgen y Alley (1989a, 1989b) lograron desarrollar un sistema de predicción de necesidades óptimas de N para el cultivo, considerando (a) el contenido de N en la planta (% de N) o (b) los kg N/ha absorbidos por el cultivo (% de N en la planta x producción de materia seca) en Z-30, el momento inmediatamente previo al comienzo del encañado. Se encontraron además valores de eficiencia de uso del N aplicado en ese estado de crecimiento, de hasta 80%.

Los autores recalcaron sin embargo, lo fundamental de obtener un nivel suficiente de disponibilidad de N en el momento de la siembra, para permitir una buena implantación y un adecuado desarrollo inicial de macollos.

La información presentada y los conceptos discutidos previamente permitirían definir un esquema tentativo y teórico para el manejo racional de la fertilización nitrogenada de un cereal de invierno. Este esquema consistiría en: (1) disponer de cantidades "suficientes" de N en la siembra y/o comienzo del macollaje que aseguren una buena implantación del cultivo y una adecuada población de macollos y (2) lo "necesario" al final del macollaje. De este esquema teórico surgen claramente los interrogantes de cuánto es lo "suficiente" para asegurar la implantación y cuánto es lo "necesario" para obtener rendimientos económicamente óptimos.

Por estas razones es fundamental disponer de resultados nacionales de investigación para evaluar los efectos del N aplicado en distintas etapas del cultivo, así como para desarrollar un sistema que permita determinar las necesidades de fertilizante nitrogenado en esas distintas etapas. En este sentido, es importante señalar que en el país se han realizado numerosos esfuerzos para estudiar los efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción de los cultivos. Muchos de estos trabajos de investigación han consistido en el empleo de diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados, aplicadas en diferentes estados de crecimiento. Esos experimentos eran repetidos en varias localidades por dos o más años y las recomendaciones sobre el uso de fertilizante se realizaban en base a los tratamientos que en promedio de años y localidades habían resultado más exitosos.

A pesar de la utilidad en algunos casos de este enfoque de investigación, existe en el Uruguay una enorme variabilidad en los requerimientos de N de los cultivos en diferentes suelos, años, y manejos anteriores. Por ello parece lógico suponer que sería más efectivo orientar la investigación para intentar desarrollar herramientas de diagnóstico para cada situación en particular. Estos diagnósticos complementarían al sentido común y a la experiencia de técnicos asesores y productores para establecer recomendaciones de fertilización.

Numerosos han sido los intentos de investigadores en distintas partes del mundo para intentar predecir las dosis de fertilizante necesarias para obtener rendimientos óptimos. Uno de los enfoques utilizados en algunas regiones es el de "rendimientos esperados". El mismo consiste en establecer para una chacra determinada, un rendimiento esperado o potencialmente realizable para esa situación en particular, estimar la capacidad de suministro de N por el suelo, suponer un 50% de eficiencia en el uso del fertilizante, y calcular de esta forma los requerimientos de fertilizante a agregar. Claramente este enfoque es muy poco viable para el Uruguay, ya que las enormes variaciones climáticas de un año a otro hacen prácticamente imposible las estimaciones de rendimientos esperados o de la capacidad de suministro de N de los suelos.

Otras regiones del mundo utilizan análisis de suelos para establecer niveles críticos y realizar recomendaciones de fertilización nitrogenada. Los más comúnmente usados son probablemente materia orgánica y nitratos. La utilización de materia orgánica como único indicador de la disponibilidad de N para un cultivo tiene como limitante que sólo indica la capacidad potencial de ese suelo para suministrar N. La cantidad de N que en la realidad va a hacerse disponible a través de la mineralización de esa materia orgánica, puede variar mucho de un año a otro dependiendo de las condiciones climáticas (principalmente lluvia y temperatura).

Un factor adicional que limita el uso de materia orgánica como indicador de la disponibilidad de N en el Uruguay, radica en el uso generalizado de rotaciones cortas de cultivos con pasturas que contienen leguminosas. En efecto, está bien establecido el aumento en la disponibilidad de N que ocurre al roturar una pastura. Sin embargo el contenido de materia orgánica de los suelos es poco sensible a este cambio, limitando su valor como elemento diagnóstico de las necesidades de fertilizante en ese tipo de situaciones.

Por otro lado, el contenido de nitratos en el suelo en un momento dado, indica la disponibilidad de N en ese momento. Sin embargo, ese contenido puede variar considerablemente en un período corto de tiempo, dada la extrema movilidad de los nitratos con el agua del suelo. De esta forma, el contenido de nitratos generalmente depende demasiado de las condiciones climáticas inmediatamente previas e inmediatamente posteriores a la toma de muestras del suelo, para ser un buen indicador de las necesidades de fertilizante durante todo el ciclo del cultivo. Este problema es especialmente

importante, cuando se realiza un único muestreo de suelos a la siembra.

Cabe señalar, sin embargo, que Capurro et al. (1982) lograron desarrollar un sistema para recomendaciones de fertilización nitrogenada en cebada, considerando simultáneamente el contenido de materia orgánica a la siembra (como indicador de potencialidad de suministro de N) y de nitratos a la siembra (como indicador de disponibilidad inmediata de N).

Una tercera posibilidad para desarrollar sistemas de recomendación de fertilización es el uso de análisis de planta. De hecho, tal como lo indica Batey (1977), si existe un período crítico para la disponibilidad de N en el suelo, la planta debería ser el mejor indicador de dicha disponibilidad. En la práctica, el productor y/o técnico asesor generalmente utilizan este principio en Uruguay, cuando deciden el uso de fertilizante nitrogenado al macollaje considerando el color y el aspecto general de los cultivos.

Los análisis de planta han sido utilizados en forma cada vez más frecuente en diversas regiones del mundo, para establecer recomendaciones de fertilización N.

En el estado de Virginia, EE.UU., Baethgen y Alley (1989b) desarrollaron un sistema de recomendaciones de dosis económicamente óptimas de N para trigo, utilizando el contenido de N total en la planta al estado de desarrollo Z-30. Una posible limitación de un sistema de este tipo en el Uruguay de hoy, consistiría en el poco tiempo que debe transcurrir entre el momento de muestreo de plantas, y la obtención del resultado del análisis para realizar la recomendación.

En este sentido, debería esperarse que esa situación podría revertirse con estímulos adecuados para los laboratorios de análisis. Los equipos automatizados para el análisis de N en suelos y plantas, que permiten analizar más de 100 muestras por turno, se han vuelto económicamente muy accesibles para la mayoría de los laboratorios oficiales y privados. En segundo lugar, también es importante destacar que en Australia, Nueva Zelandia, Reino Unido y

algunas regiones de EE.UU. se está evaluando el método de análisis de nitratos en tallos con éxito aceptable. Este método presenta la ventaja de poder ser utilizado por un técnico asesor a nivel de chacra. Los resultados obtenidos con el uso de este método en muchas situaciones parecen ser promisorios y justifican su evaluación en el Uruguay.

CONCLUSIONES

El N es el nutriente que más comúnmente limita la producción de los cultivos y que por lo tanto generalmente permite los mayores beneficios económicos al ser manejado eficientemente.

Para la definición de un manejo eficiente del fertilizante N, el primer elemento a considerar es que los requerimientos de los cultivos varían a lo largo de su ciclo de crecimiento.

Los requerimientos al comienzo del ciclo son cualitativamente fundamentales para lograr una buena implantación y un buen desarrollo inicial de macollos y raíces. Sin embargo, las cantidades requeridas en esas etapas iniciales son bajas. Altas dosis de N aplicadas en este período, probablemente resulten en altas pérdidas de N por lavado y/o denitrificación, en una baja eficiencia en el uso del fertilizante, y en resultados económicos desfavorables para el productor.

El fin de macollaje constituye el momento inmediatamente previo al de máxima utilización de N por el cultivo. Por lo tanto, las necesidades de los cultivos en esta etapa son cuantitativamente importantes y puede esperarse una alta eficiencia de uso del fertilizante N.

Es necesario disponer entonces de indicadores de los requerimientos de N a la siembra y a fin de macollaje (análisis de laboratorio de suelos y plantas, análisis de planta a nivel de chacra, etc.). Estos diagnósticos colaborarían con el técnico asesor para establecer recomendaciones de fertilización N que permitan obtener rendimientos de grano económicamente óptimos.