AVANCES EN LA DETERMINACIÓN RÁPIDA DE NITRÓGENO EN PLANTA PARA CEBADA Y TRIGO PARA EL DIAGNÓSTICO DE REFERTILIZACIÓN

Alejandro Morón[1]
Daniel Cozzolino[2]
Adriana García[3]
Jorge Sawchik[3]

1. Introducción

El uso correcto del nitrógeno (N) es una de las variables de manejo más importantes para lograr altos rendimientos en cultivos. En nuestro país existe una larga tradición de investigación en el tema lo que ha dado como fruto significativos avances en el conocimiento de la dinámica de este nutriente.

Así, en base a los conocimientos adquiridos, se han desarrollado herramientas de diagnóstico que permiten predecir con ciertas limitaciones la respuesta al agregado de N, en especial en los cultivos de trigo y cebada.

En general, los suelos presentan una alta variación en la capacidad de aporte de N mineral. Esta está afectada por dos tipos de factores: naturales y de manejo. Dentro de los factores naturales, la textura del suelo y los factores climáticos entre otros son los más importantes.

Los factores de manejo engloban aquellos relacionados con el tipo de rotación de cultivos y el manejo de los rastrojos. Los sistemas agrícolas - ganaderos de producción basados en la rotación de cultivos y pasturas, introducen una gran variación en la capacidad de suministro de N. De esta manera, son notoriamente menores las necesidades de fertilizante nitrogenado en el 1er y 2do cultivo luego de pasturas.

Resulta muy importante caracterizar la capacidad de aporte de N de los suelos pues esta es una parte principal del N constituyente de los cultivos. Como ejemplo, un cultivo de cebada de 3000 kg de rendimiento retira 60 kg de N/ha en el grano y alrededor de 40 kg de N/ha en el resto de la planta, o sea un total de 100 kg de N/ha. Considerando una fertilización promedio de 50 kg de N/ha y asumiendo una recuperación media del 50 % en el cultivo, determinarían que 25 kg de N en planta provengan del fertilizante. El suelo aportaría entonces un 75 % del N existente en la planta. Estimaciones realizadas a nivel nacional para un ciclo de un cultivo de invierno, registran variaciones de N en el cultivo proveniente del suelo desde un mínimo de 25 kg de N/ha en chacras viejas hasta un máximo de 150 kg de N/ha en situaciones después de praderas. De esto se deduce la trascendencia de conocer o estimar la capacidad de aporte de N del suelo.

Podemos definir 2 grandes categorías de indicadores para estimar la capacidad de aporte de N del suelo: indicadores de suelo e indicadores de planta.

1.1 Indicadores de suelo

[1] Ing. Agr., Dr., Sección Suelos, INIA La Estanzuela
[2] Ing. Agr., Dr., Nutrición Animal, INIA La Estanzuela
[3] Ing. Agr., MSc., Sección Suelos, INIA La Estanzuela

Hoy en el país existen disponibles 2 indicadores de suelo utilizables a nivel de cultivos. La determinación del potencial de mineralización de N (PMN) por el método de incubación anaeróbica y la determinación de la concentración de nitratos en el suelo referido a determinados estadios fenológicos del cultivo. Ambos son indicadores útiles y complementarios que permiten la toma de decisiones en cuanto a las necesidades de fertilizante nitrogenado.

El PMN es un indicador del N fácilmente mineralizable de un suelo en el corto y mediano plazo y representa el *pool* más lábil de N. Este ha mostrado una fuerte asociación con el manejo anterior de suelos y en menor medida con la concentración de nitratos en el suelo debido a la variabilidad de las condiciones ambientales.

Este agrega una medida objetiva para su uso en la selección temprana de chacras de menor riesgo para la calidad de la cebada (alto nivel de proteína en el grano). También es un indicador complementario para la interpretación del valor de nitratos. Valores inferiores a 30 mg de $N\text{-}NH_4^+$/kg representan chacras de baja capacidad de aporte de N, mientras que valores superiores a 55-60 mg de $N\text{-}NH_4^+$/kg son de alta capacidad de suministro, interpretaciones válidas para muestras tomadas a 15 cm de profundidad.

Sus principales limitantes son: a) representa un valor potencial que puede o no realizarse y b) la técnica no considera las partículas orgánicas mayores a 2 mm.

La concentración de nitratos en el suelo nos informa la cantidad de nitrógeno mineral en esta forma presente en la solución del suelo y fácilmente asimilable por las plantas. Además es un estimador relativo con limitaciones de la capacidad de aporte de N del suelo.

La concentración de nitratos en el suelo ha sido calibrado para el cultivo de trigo con laboreo convencional en INIA La Estanzuela en siembra y fin de macollaje. Posteriormente los trabajos de las Cátedras de Fertilidad y Cereales (Facultad de Agronomía) han determinado los valores críticos de esta variable para el cultivo de cebada.

Para el cultivo de trigo bajo laboreo convencional, se encontraron valores críticos aproximados de 18-20 mg $N\text{-}NO_3^-$ /kg para siembra y fin de macollaje. Para el caso de cebada, los valores críticos se tomaron para 2 momentos: siembra y Z-22 (Zadocks 22), siendo los valores de 16 - 18 y 12-14 mg $N\text{-}NO_3^-$ /kg respectivamente.

1.2 Indicadores de planta

El N total en planta es una medida utilizable para los cultivos de trigo y cebada a fin de macollaje. Este indicador informa sobre el estado nutricional de la planta y además sobre la capacidad de aporte de N del suelo. En Uruguay ha sido confirmado como un indicador confiable para los dos cultivos. Su interpretación requiere de alguna forma de estimación del rendimiento potencial del cultivo en cuestión.

Sin embargo ha sido una herramienta de baja adopción en nuestro país. Una de las razones es que la metodología que se utiliza para su determinación (Kjeldahl) requiere de varios pasos (secado, molido, digestión, destilación y titulado) lo cual demora la obtención de los resultados. En este momento, fin de macollaje, comienza la etapa de mayor tasa de crecimiento y absorción de N por el cultivo. La toma de decisiones debe ser ágil, por tanto la información debe llegar al técnico asesor de forma rápida.

En el cuadro 1 se esquematiza el uso de los indicadores de suelo y planta antes mencionados para el ciclo tipo de un cultivo de cebada sembrado en fecha normal. Debe mencionarse que

estos no son alternativas excluyentes, se complementan, y de acuerdo a cada situación deberá seleccionarse el o los indicadores mas apropiados.

Cuadro 1. Esquema general de uso de indicadores para el manejo de la fertilización nitrogenada en cultivos de invierno.

	Momento en el ciclo del cultivo			
Indicador	Pre-siembra	Siembra	Z-22	Z-30
PMN	X	X		
Nitratos en suelo		X	X	X
Nitrógeno total en planta				X

1.3 Objetivo: Un Nuevo Método Rápido en Planta

El objetivo del presente trabajo fue el de ajustar una metodología rápida para la determinación de N en planta para cebada y trigo, del cual existen antecedentes nacionales para su utilización en recomendaciones de fertilización nitrogenada.

2. Materiales y Métodos

Para el presente trabajo se seleccionaron plantas enteras de cebada y trigo de diferente origen. Se tomaron 63 muestras frescas de plantas de cebada de la zafra 2000, provenientes fundamentalmente de chacras comerciales. Estas se encontraban al estado fenológico aproximado de Z-30, siendo las variedades más importantes Diamalta y Perún.

Para trigo se seleccionaron 135 muestras secas y molidas provenientes de distintos ensayos de fertilización realizados en INIA La Estanzuela en diferentes años. La selección incluyó las variedades INIA Mirlo, INIA Tijereta e INIA Caburé.

Para el caso de cebada se llevaron a cabo análisis en muestras frescas y en muestras secadas a 60º C y molidas. Sobre las muestras frescas se determinó el contenido relativo de clorofila utilizando un equipo portátil (Minolta - Spad 502) como forma indirecta de estimar el contenido de N total en planta. Para ello se efectuaron 30 lecturas por muestra en las hojas jóvenes desarrolladas, tomándose el valor promedio de las lecturas. Por otro lado, las mismas muestras enteras y frescas se "*escanearon*" y se determinó la absorbencia en un equipo NIRS 6500 (espectroscopia de infrarrojo cercano) en un rango de longitud de onda de 400 a 2500 nm tomado cada 2 nm.

Luego, las muestras fueron secadas a 60º C, molidas para realizar un análisis convencional de N total por Kjeldahl (digestión, destilación y titulación) y escaneadas nuevamente en el NIRS. El análisis convencional de N total por Kjeldahl se utilizó como patrón para la calibración del NIRS y de la lectura de clorofila.

Para el caso de trigo las muestras secas y molidas fueron analizadas para N total por Kjeldahl y luego *"escaneadas"* en el NIRS como ya fue descripto.

3. Resultados y Discusión

Para cebada, el rango de N total por análisis convencional de Kjeldahl varió desde un mínimo de 1.81 % a un máximo de 4.01 % (Cuadro 2). La variación encontrada resulta interesante en la medida que los valores críticos para rendimientos medios a altos (1500 a 3500 kg/ha) pueden variar de 2.8 a 3.5 % de N total.

Cuadro 2. Características de las muestras utilizadas (% N total) y resultados de la calibración del NIRS (R^2)

	N	Rango	Promedio	Desv. Std.	R^2
Cebada fresca	63	1.81 - 4.01	2.71	0.53	0.600
Cebada seca	63	1.81 - 4.01	2.71	0.53	0.997
Trigo seco	135	1.85 - 4.61	3.13	0.67	0.972

Como se observa en el cuadro 2 (muestras tomadas en el año 2000) no son pocas las situaciones a nivel comercial que presentan claras deficiencias de nitrógeno y limitan alcanzar rendimientos medios a altos.

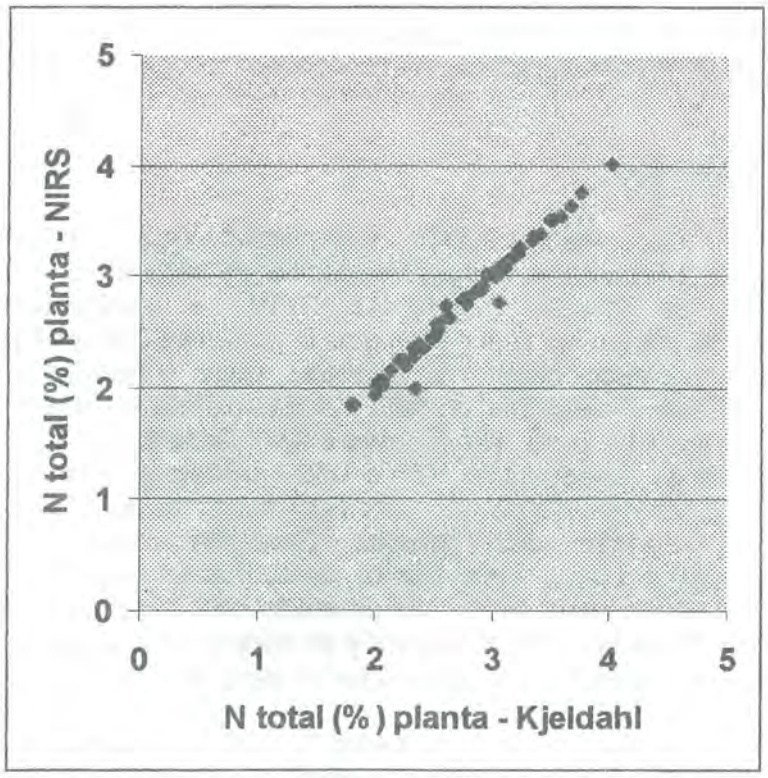

Figura 1. Calibración del NIRS con planta de cebada seca

La relación entre el contenido relativo de clorofila y el contenido de N total en planta mostró una pobre asociación, no significativa. Se entiende que si bien existe una relación entre el color de hoja (clorofila) y el contenido de N total, existen otros factores independientes del N que afectan el color de la hoja. A similares contenidos de N total pueden existir diferencias de colores por las variedades. Sin embargo, en otros trabajos nacionales, para una misma situación y variedad la medición de clorofila reflejó satisfactoriamente el nivel de N en planta.

La calibración del NIRS con muestra entera y fresca de cebada no fue satisfactoria. Parte de esto podría ser explicado por el alto porcentaje de humedad de las muestras, combinado con la presentación de la muestra entera al instrumento (no picado). La ventaja de poder trabajar con muestra fresca (rapidez), podría lograrse con secado con microondas. Se procura perfeccionar esta técnica con futuros trabajos experimentales.

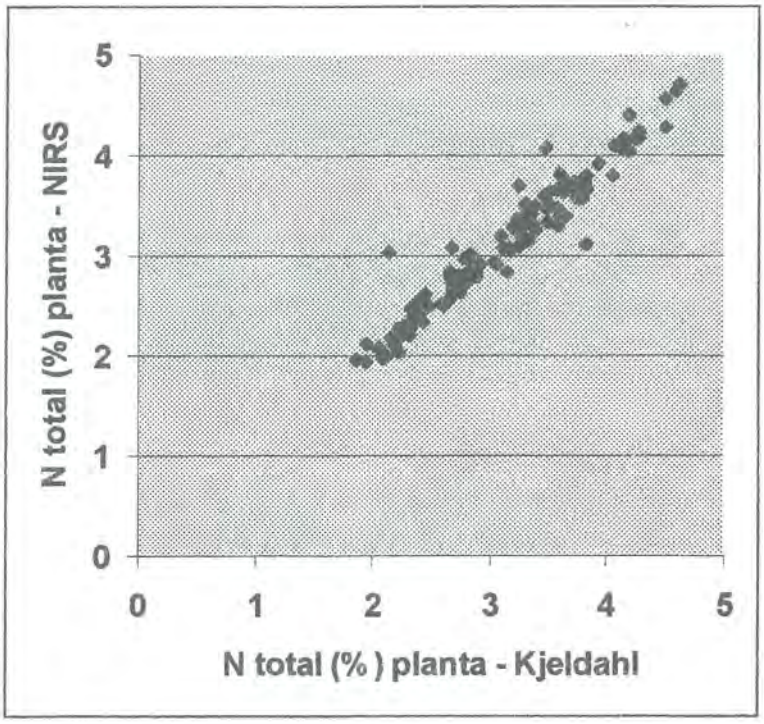

Figura 2. Calibración del NIRS con planta de trigo seca

En cambio la calibración del NIRS con cebada seca y molida muestra una excelente asociación con el método de análisis convencional por Kjeldahl (Figura 1 y Cuadro 2)..

En el caso de trigo el rango de valores observados de N total en planta fue más amplio que en el caso de cebada. Varió desde un mínimo de 1.85 % a 4.61 % de N total. La calibración del NIRS con muestra seca y molida también mostró una excelente asociación (Figura 2). Cabe mencionar que la información nacional generada establece un valor crítico de N total en planta de trigo a fin de macollaje de 3.1 a 3.6 % para rendimientos medios a altos (2500 - 4500 kg/ha).

4. Conclusiones

Estos resultados habilitan el uso de esta nueva herramienta, el NIRS, para la determinación rápida y precisa del contenido de N total en planta para cebada y trigo. A partir de esta zafra INIA La Estanzuela a través del Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua y el Servicio de NIRS implementan su utilización como servicio para empresas, cooperativas, técnicos asesores, etc.