

Balance nutricional y productividad del trigo

María R. Landriscini y Juan A. Galantini
CONICET, Dpto. Agronomía - UNS, Bahía Blanca, mlandris@criba.edu.ar; Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), CERZOS

Introducción

Las plantas requieren cantidades equilibradas de nutrientes que deben ser satisfechas con una fertilización balanceada. Los nutrientes deben ser aportados en conjunto para que su efecto sobre el rendimiento sea mayor. Todos los factores deben acompañar y no afectar negativamente la expresión de la respuesta a los fertilizantes: fecha de siembra, agua disponible, variedad de alto potencial, control sanitario, y una cosecha precisa y oportuna.

La fertilización balanceada requiere herramientas adecuadas para evaluar la disponibilidad en el suelo y el estado nutricional de la planta, que permitan interpretar y calibrar las necesidades del cultivo. El análisis de suelo, permite conocer la disponibilidad de los nutrientes en un momento dado, y el análisis de planta, indica la habilidad del cultivo para tomar esos nutrientes frente a condiciones climáticas dadas.

La concentración de los nutrientes foliares depende principalmente de su disponibilidad en el suelo. Las características del suelo, del clima y el manejo afectan el crecimiento del cultivo y la dinámica de los nutrientes foliares, haciendo que su concentración en la planta cambie con la edad del cultivo, la parte de la planta analizada, la disponibilidad edáfica y otros factores incontrolables. Por lo tanto, la concentración de un nutriente en planta, por ejemplo porcentaje de N, por sí sola no sirve como diagnóstico del estado nutricional del cultivo.

Para solucionar este problema, se desarrolló el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) y fue aplicado intensivamente a los cultivos de maíz, trigo y soja. Este método de diagnóstico

utiliza las relaciones entre nutrientes, las que varían mucho menos que las concentraciones de los nutrientes individuales y las compara con las relaciones obtenidas en poblaciones de altos rendimientos. De esta forma, se independiza de la edad y de la parte analizada de la planta.

Varios trabajos han utilizado la metodología DRIS en el país desde fines de los años '80 para evaluar el balance de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) en trigo. Se han desarrollado normas DRIS regionales con una base de 700 análisis de plantas de trigo. Estudios previos encontraron que el mejor momento para detectar los desbalances nutricionales fue después del macollaje, brindando un diagnóstico tardío para una fertilización convencional, pero adecuada para una fertilización complementaria destinada a mejorar el rendimiento del cultivo y/o calidad del grano.

La fertilización foliar soluciona los problemas de deficiencias de nutrientes en forma rápida y en los momentos críticos donde los requerimientos del cultivo son superiores a su capacidad de absorción desde el suelo. Es complementaria de la fertilización al suelo, utilizándose en cultivos de alta producción y en situaciones donde la absorción no satisface los requerimientos del cultivo, o cuando las condiciones climáticas no permiten la descomposición del fertilizante en el suelo a formas asimilables. Si bien fisiológicamente todos los nutrientes pueden ser absorbidos por vía foliar, en algunas oportunidades no es posible por el alto costo de las aplicaciones que sería necesario realizar para satisfacer el total de los requerimientos. Su utilización debería restringirse a períodos críticos de crecimientos, momentos de demanda específica de

Tabla 1: Fuentes y dosis de N, P, K y S aplicados en trigo a la siembra.

Tratamiento	Fuente	N Kg/ha	P	S
Testigo		0	0	0
N2	Urea	50	0	0
P1	Superfosfato triple (SPT)	0	20	0
N2S	Sulfato amonio	20,5	0	23,4
N3	Urea	100	0	0
N2P1	Urea-SPT	50	20	0
N3P	Urea-Sulfato amonio	70,5	0	23,4
P2	SPT	0	40	0
N1P1S	SPT- Sulfato amonio	20,5	20	23,4
N2S	Sulfato amonio	41	0	46

algún nutriente o en situaciones adversas del suelo que comprometa la nutrición de las plantas.

La aplicación foliar ha demostrado ser un excelente método para abastecer los requerimientos de los nutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) y de micronutrientes (zinc, hierro, cobre, manganeso, boro y molibdeno), mientras que complementa los requerimientos de N, P y K necesarios en los períodos de crecimiento crítico del cultivo. La nutrición foliar tiene la finalidad de retrasar la senescencia natural y lograr un óptimo rendimiento y calidad de producto, garantizando el mínimo riesgo ambiental.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Evaluar la sensibilidad de la metodología DRIS para detectar posibles respuestas a la fertilización con N, P y S a la siembra, utilizando normas internacionales.
- Realizar un análisis integrado, considerando las

propiedades químicas y físicas edáficas, la nutrición del cultivo y la productividad (calidad y rendimiento), para evaluar la respuesta a la fertilización.

- Evaluar el efecto de la fertilización foliar complementaria, sobre el rendimiento y la calidad del grano de trigo.

Cómo se hizo la experiencia

El ensayo se realizó en el año 2004, sobre un lote de trigo (Buck Guapo), sobre trigo en siembra directa, ubicado en el Establecimiento Cumelén, partido de Coronel Dorrego. El suelo del sitio tenía 3.4 % de MO, 17 ppm de P y 18 ppm de S disponibles. Los valores de N -NO₃ y N-NH₄ a la siembra se consideraron para estimar el N disponible sumado al N aplicado a la siembra como fertilizante.

Los tratamientos de fertilización a la siembra fueron combinaciones de N, P y S (Tabla 1). Se usó un diseño de parcelas divididas totalmente aleatorizado con 2 réplicas. Los tratamientos principales

Tabla 2. Concentración de N, P, K y S foliares en hojas de trigo en elongación, grado de balance de nutrientes derivadas de los índices DRIS y orden relativo de deficiencias.

Tratamiento	N	P	K %	S	Índice Desbalance	Deficiencia Relativa
Testigo	1.62	0.32	1.86	0.12	122	N > S > K > P
N2	1.71	0.25	2.06	0.13	88	N > S > K > P
P1	1.73	0.36	1.95	0.14	123	N > S > K > P
N2S	1.49	0.26	1.92	0.13	102	N > S > K > P
N3	2.35	0.23	2.15	0.14	48	S > N > P > K
N2P1	1.74	0.4	2.13	0.15	138	N > S > K > P
N3P	1.81	0.23	1.76	0.15	47	N > S > K > P
P2	1.72	0.28	1.59	0.11	93	S > N > K > P
N1P1S	1.5	0.29	1.46	0.14	100	N > S > K > P
N2S	1.62	0.24	1.77	0.14	72	N > S > K > P

fueron la fertilización a la siembra y los secundarios la fertilización foliar, que consistió en 30 kg N/ha como urea en solución al 20%, previo a antesis.

Las plantas de trigo se muestrearon en elongación (1°-2° nudo, Feekes 6-7) y en madurez fisiológica (Feekes 11.4). En el primer caso se determinó el contenido de nutrientes (N-P-K-S) y la producción de materia seca total aérea (MSta). Se analizó la concentración de NPK y S y con estos resultados se calcularon los índices DRIS de cada nutriente, para determinar las deficiencias o excesos relativos. Con la suma de los valores de los índices DRIS se calculó el índice de balance nutricional (IBN).

En la cosecha se evaluó la producción de grano y paja. Se determinaron los componentes del rendimiento: espigas por unidad de superficie (espigas m⁻²), granos por espiga (granos esp⁻¹), peso de los granos (P1000), así como la calidad de los mismos (% de proteína).

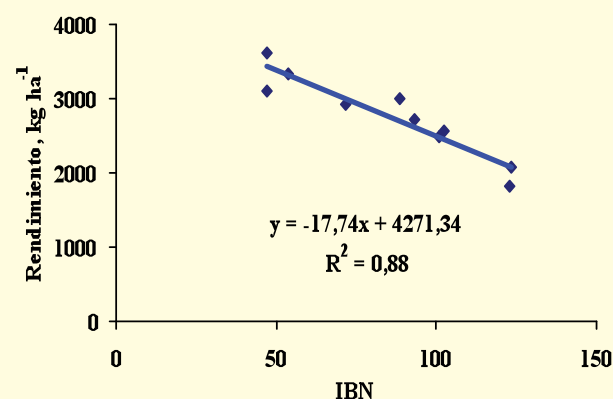


Figura 1. Relación entre índice de balance nutricional (IBN) y rendimiento de grano a cosecha.

Resultados obtenidos

Balance de nutrientes e índices DRIS

El muestreo realizado en elongación puso en evidencia que con las dosis y fuentes de fertilizantes

aplicados a la siembra se lograron diferentes disponibilidad nutricional. La concentración de nutrientes osciló entre 1,49–2,35% para el N, 0,23–0,40% para el P, 1,46–2,15% para el K y 0,11–0,15% para el S (Tabla 2). El S fue menos variable y no mostró respuesta a la aplicación a la siembra debido a que los suelos poseían una buena disponibilidad de sulfatos.

Según los resultados obtenidos con los índices DRIS el índice de N fue siempre negativo, indicando una deficiencia relativa generalizada respecto a los nutrientes involucrados en el análisis. El índice de fósforo fue siempre positivo, indicando un exceso relativo, coincidente con el adecuado nivel de P extractable del suelo. En los casos en los que se aplicó fertilizante con P, el exceso fue mayor, y con aplicaciones de N y NS los valores numéricos disminuyeron acercándose a la zona de balance nutricional (± 15). El índice de S tuvo valores cercanos a cero. En general, los valores en los índices DRIS y su variación con los tratamientos reflejaron el análisis de suelo y las fertilizaciones, evidenciando que la metodología es sensible para detectar diferencias en la nutrición del cultivo. Además, la aplicación de

un nutriente modificó el balance con el resto de los nutrientes considerados. Esto confirma que la aplicación de fertilizantes destinadas a obtener la máxima productividad deben ser balanceada y teniendo en cuenta la disponibilidad en el suelo. El orden de deficiencias relativas durante la etapa vegetativa del cultivo tuvo al N como el elemento más deficiente y al S en segundo lugar. Sólo en los casos de alta disponibilidad de N o de P, el S presentó una deficiencia relativa mayor.

El IBN, como síntesis del balance nutricional del cultivo, fue variable en los diferentes tratamientos. Los valores más altos se observaron en los tratamientos que más deficiencias tuvieron, mientras que los más bajos fueron aquellos recibieron mayores dosis de N y S. La importancia del IBN es que refleja el grado de desbalance entre los nutrientes considerados, aspecto que está ligado a su rendimiento final. En este trabajo, se encontró una relación negativa altamente significativa entre el IBN y el rendimiento en grano a cosecha es decir a menor desbalance mayor rendimiento (Figura 1),

Tabla 2. Rendimientos de biomasa, grano de trigo y proteína en el grano de cada tratamiento.

	Biomasa		Grano		Proteína	
	F. Foliar		F. Foliar		F. Foliar	
	kg/ha				%	
Testigo	5884	6615	2087	2413	9.6	10.9
N2	8966	9551	2990	3534	9.3	9.5
P1	4635	6169	1823	2311	10.7	11.3
N2S	7415	5808	2559	1949	9.4	9.9
N3	10413	13522	3622	4895	8.5	9.7
N2P1	9414	10647	3322	3810	9.7	9.6
N3P	8208	11099	3101	3969	10.4	9.8
P2	7759	6005	2709	2280	9.0	10.2
N1P1S	7350	7183	2487	2652	9.5	8.6
N2S	8477	9612	2920	3365	9.4	9.3

Efecto de la fertilización a la siembra

En la cosecha se observó respuesta a los tres nutrientes evaluados aplicados a la siembra, sobre el rendimiento (Tabla 2) siendo el N el del efecto más importante, con una respuesta de 15 kg de trigo por kg de N. La variación de rinde estuvo fuertemente asociada al mayor número de espigas fértiles (95% de la variación), y mucho menos a la cantidad de granos por espiga (4%), y al peso de granos (1%).

Efecto de la aplicación foliar de N

La respuesta en el rendimiento en grano a la aplicación foliar de N, fue variable según la fertilización inicial de N con un promedio de 355 y 769 kg/ha de grano y de MSta, respectivamente y los tratamientos que mostraron respuesta significativa a la fertilización foliar fueron los que habían recibido dosis más elevadas de N a la siembra y que en consecuencia tenían un buen desarrollo inicial del cultivo (Tabla 1 y Figura 2).

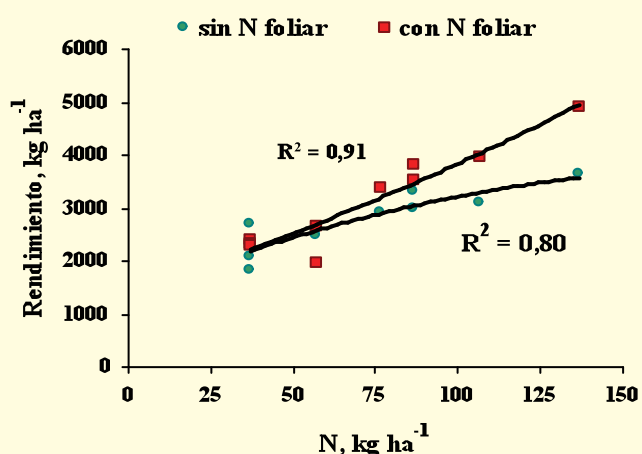


Figura 2. Rendimiento de trigo con y sin aplicación foliar en función del N disponible

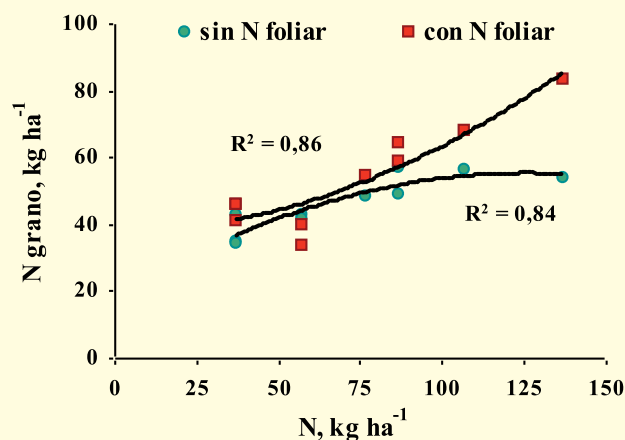


Figura 3. Contenido de N en grano con y sin aplicación foliar en función del N disponible.

Las buenas condiciones de humedad, si bien favorecieron obtener muy buenos rendimientos, cercanos a las 10 t/ha de materia seca y a los 5 t/ha de grano, resultaron en que el N aplicado fuera insuficiente limitando tanto el peso como el contenido proteico de los granos, que tendieron a disminuir al aumentar el N aplicado. (Tabla 3). El agregado de fósforo sin nitrógeno, logró incrementar el rinde sin afectar el contenido proteico. La aplicación combinada de N y S produjo los mayores niveles de N en grano. En todos los casos la proteína no alcanzó los niveles de comercialización requeridos.

En general la fertilización foliar aumentó en 28 espigas más por m², y en 0.9 g/1000g el peso de los granos, pero no produjo cambios en la cantidad de granos por espiga lo que indicarían que se mejoró la fertilidad de las espigas. Como se muestra en la figura 2, con menor fertilidad nitrogenada inicial no se observaron respuestas a la aplicación foliar y ésta aumentó a que la disponibilidad inicial de N aumentó.

Un comportamiento semejante al rendimiento en grano se obtuvo cuando se analizó la producción de biomasa en estadios más tempranos. La

disponibilidad de N y la cantidad de biomasa presente al momento de la aplicación fueron elementos claves para la determinación de la respuesta. Alta respuesta en grano se obtendría con un cultivo bien nutrido y con buena biomasa para aumentar la eficiencia en la absorción y translocación del fertilizante aplicado en forma foliar.

El porcentaje de proteína aumentó hasta 1,3 puntos, en casi todos los tratamientos respecto al testigo, salvo en los que habían recibido fertilización a la siembra con sulfato de amonio como fuente de N. Es de destacar que en todos los casos este porcentaje estuvo cercano al 10%, no alcanzándose el valor requerido para panificación (11,5%).

Este comportamiento se reflejó mejor al analizar el efecto de la fertilización foliar sobre la cantidad de N en grano (Figura 3). Nuevamente, con baja disponibilidad inicial de N las curvas son semejantes y se separan a dosis más altas de N, comportamiento más evidente que al analizar el rendimiento en grano.

Con baja disponibilidad inicial, el N aplicado estimula la respuesta en grano y N en grano, mientras que superando cierto umbral el N se acumularía en la paja, no alcanzando a ser translocado.

Desde el punto de vista agronómico se debe destacar que el aumento de la disponibilidad inicial de N estuvo asociado a la disminución de la eficiencia agronómica a la cosecha (kg de grano por kg de N aplicado). La eficiencia de uso del N foliar sobre la recuperación aparente del fertilizante fue del 25%, para el promedio de los tratamientos, con una translocación del 98% de ese N al grano.

La disponibilidad inicial de N, relacionada al área foliar en el momento de la aplicación, condicionó la eficiencia con que el cultivo transformó cada kg de N aplicado en forma foliar en N en grano. Cuando la disponibilidad de N inicial fue de 50 kg de N / ha, las eficiencias fueron bajas y hasta negativas, y

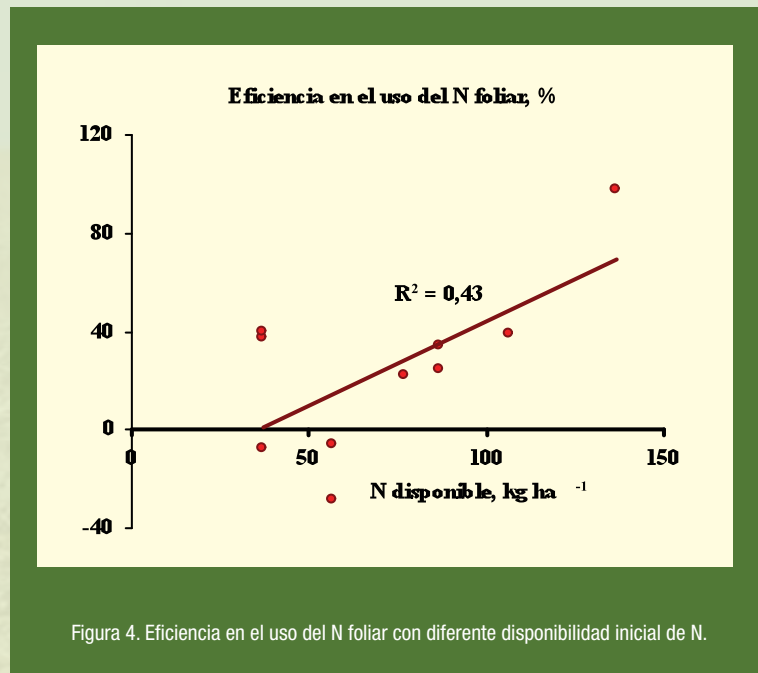


Figura 4. Eficiencia en el uso del N foliar con diferente disponibilidad inicial de N.

a partir de los 70 kg, se observó una tendencia creciente en la eficiencia desde el 20 al 97% (Figura 4).

Conclusiones

Los diferentes tratamientos de fertilización a la siembra resultaron en diferentes concentraciones de nutrientes en las hojas, medidos por los índices DRIS y en los rendimientos a cosecha. Este rendimiento creciente fue directamente proporcional al mejor balance de entre N P y S.

A medida que el cultivo estuvo inicialmente mejor provisto de N la producción de biomasa fue mayor y en consecuencia la respuesta a la fertilización foliar fue mayor, tanto en grano como en proteína.

Pero el principal efecto de la aplicación foliar fue el aumento del rendimiento, y en mucha menor medida el aumento de la proteína. Para el promedio de los tratamientos, la recuperación aparente del N foliar fue del 25%, del cual el 98% se translocó al grano.