

# Eficiencia del nitrógeno fertilizante en los cultivos de trigo harinero y duro

**Luis López Bellido<sup>1</sup>, Rafael J. López-Bellido<sup>2</sup>, Ramón Redondo<sup>3</sup> y Jorge Benítez<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Universidad de Córdoba.

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva.

<sup>3</sup> Laboratorio de Isótopos Estables. Universidad Autónoma de Madrid.

**Este artículo presenta los resultados de las investigaciones de campo sobre la utilización del  $^{15}\text{N}$  en la determinación de la eficiencia del N fertilizante en los cultivos de trigo harinero y duro en las condiciones de secano de las campiñas andaluzas. Los ensayos se han realizado con diferentes dosis de nitrógeno en siembra y cobertura en condiciones semiáridas para establecer cuál de ellas es la más eficiente, en cuanto a la recuperación del nitrógeno por estos cereales de invierno.**

Los estudios para incrementar la rentabilidad y la eficiencia de utilización del N por los cultivos son necesarios para desarrollar sistemas agrícolas más sostenibles. Maximizar la eficiencia en el uso de N es un aspecto cada vez más importante de los sistemas de gestión de cultivos, debido a presiones tanto económicas como ambientales.

La recuperación de  $^{15}\text{N}$  por los cultivos es frecuentemente utilizada como una medida de la eficiencia de utilización del N fertilizante. En las condiciones de secano, la eficiencia de N en la recolección generalmente varía del 20 al 80%, dependiendo de factores tales como el tipo de fertilizante, método y época de aplicación, tipo de suelo y condiciones climáticas. Generalmente, los máximos valores de eficiencia obtenidos en la región mediterránea son más bajos que los correspondientes a las áreas de clima templado.

La mayoría de las investigaciones sobre el uso eficiente del N fertilizante se han realizado en los climas templados y únicamente sobre trigos harineros. Es necesario estudiar el comportamiento del N fertilizante en los climas semiáridos, como la región mediterránea. Falta información sobre la respuesta a la variación de la época de aplicación del N fertilizante en los trigos sembrados en otoño.

## Metodología

Los experimentos de campo fueron realizados en Córdoba (España) durante un período de tres años (de 1999 a 2000 y de 2001 a 2002), en un suelo vertisol típico de la región mediterránea, bajo condiciones de cultivo de secano.

Para monitorizar la extracción del fertilizante marcado  $^{15}\text{N}$  por el trigo, se establecieron microparcelas de  $2\text{ m}^2$  ( $1 \times 2\text{ m}$ ) dentro de las parcelas de  $50\text{ m}^2$  de un experimento principal. El objetivo de éste fue estudiar la respuesta del trigo a diferentes épocas de aplicación y fraccionamiento de  $150\text{ kg/ha}$  de N fertilizante convencional. Las microparcelas fueron dispuestas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones de seis tratamientos, para cada tipo de trigo. Todas las microparcelas recibieron  $150\text{ kg N/ha}$ , con las siguientes épocas de aplicación:

(1) 100% siembra ( $^{15}\text{N}$ -marcado).



## La recuperación y eficiencia del N fertilizante en el cultivo de trigo aumenta con la aplicación en cobertura, antes del encañado

- (2) 50% siembra (<sup>15</sup>N-marcado) + 50% cobertura (<sup>14</sup>N).
- (3) 50% siembra (<sup>14</sup>N) + 50% cobertura (<sup>15</sup>N-marcado).
- (4) 1/3 siembra (<sup>15</sup>N-marcado) + 2/3 cobertura (<sup>14</sup>N).
- (5) 1/3 siembra (<sup>14</sup>N) + 2/3 cobertura (<sup>15</sup>N-marcado).
- (6) 100% cobertura (<sup>15</sup>N-marcado).

Todas las aplicaciones de cobertura se realizaron al comienzo del encañado del trigo. Los datos de los tratamientos (2), (3), (4) y (5) fueron combinados para determinar la contribución total del N fertilizante aplicado en siembra y cobertura en la correspondiente aplicación. Las soluciones fertilizantes fueron formuladas con urea 46% y urea enriquecida con <sup>15</sup>N (2,5 átomos <sup>15</sup>N en exceso) para la aplicación de siembra y nitrato amónico 27% y nitrato amónico enriquecido con <sup>15</sup>N (2,5 átomos <sup>15</sup>N en exceso) para la aplicación de cobertura. Las aplicaciones de siembra se realizaron inmediatamente después de ésta y las de cobertura al comienzo del encañado del trigo. Los tratamientos fueron aplicados a la superficie del suelo del área de la microparcela, utilizando 4 l de agua destilada por microparcela y un pulverizador manual.

La recuperación del N fertilizante marcado por la planta ( $N_R$ ) fue

calculada según la **ecuación 1**, donde  $N_t$  = N total de la planta en maduración en kg/ha,  $a$  = % átomos <sup>15</sup>N en el fertilizante,  $b$  = % átomos <sup>15</sup>N en las plantas no fertilizadas,  $c$  = % átomos <sup>15</sup>N en las plantas fertilizadas, y  $f$  = dosis fertilizante en kg N/ha.

El porcentaje del N total de la planta derivado del <sup>15</sup>N fertilizante (NF) se calcula según la **ecuación 2**.

$$\text{Ecuación 1: } N_R = N_t \times (c - b)/(a - b) \text{ y \%N}_R = (N_R/f) \times 100.$$

$$\text{Ecuación 2: } N_F = N_R/N_t \times 100.$$

Las variedades de trigo utilizadas fueron Gazul (T. harinero) y D. Pedro (T. duro). El cultivo precedente fue siempre el girasol.

## Resultados

La recuperación de N fertilizante fue significativamente diferente entre las aplicaciones realizadas en otoño, antes de la siembra, y en cobertura, en el encañado del trigo, tanto en el trigo harinero como en el trigo duro (**figura 1**). Según la dosis de N aplicada en siembra, el porcentaje de recuperación del fertilizante <sup>15</sup>N marcado ( $N_R$ ) fue de 20,9; 12 y 9,3% en el trigo harinero y de 19,4; 11,2 y 7,6 en el trigo duro, para las dosis de 150, 75 y 50 kg N/ha, respectivamente. En la aplicación en el encañado del trigo, el  $N_R$  fue del 68,3; 51,5 y 44,6 en el trigo harinero y del 49,6; 38,2 y 35,4% en el trigo duro, para las dosis de 150, 75 y 50 kg N/ha, respectivamente. El  $N_R$  promedio en las aplicaciones del otoño fue del 14% en el trigo harinero y del 12,7 en el trigo duro; y en las aplicaciones de cobertura, en el encañado, fue

**Saleplas COVERLINE**

Tecnología



Calidad



Innovación



Servicio



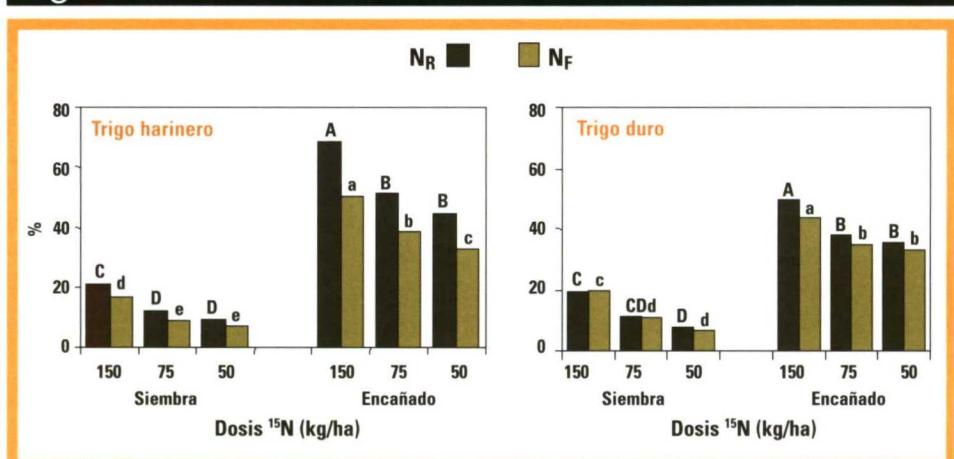
**Saleplas**  
sistemas de riego irrigation systems

diseñamos soluciones

del 54,8% en trigo harinero y del 41% en trigo duro; es decir, un valor entre tres y cuatro veces superior al de la siembra.

El N derivado del fertilizante marcado también mostró una diferencia altamente significativa entre las aplicaciones en siembra y en encañado. Según la dosis de N fertilizante aplicada en siembra, el porcentaje de N derivado del  $^{15}\text{N}$  fertilizante ( $N_F$ ) fue en el trigo harinero del 16,8; 8,9 y 6,8 y en el trigo duro del 19,6, 10,5 y 6,7%, para las dosis 150, 75 y 50 kg N/ha, respectivamente. En la aplicación en el encañado del trigo, el  $N_F$  en el trigo harinero fue de 50,6; 38,3 y 33% y en el trigo duro del 43,7; 34,7 y 32,9%, para las dosis 150, 75 y 50 kg N/ha, respectivamente. El  $N_F$  medio en las aplicaciones de otoño fue del 10,8% en el trigo harinero y del 12,3% en el trigo duro, y en las aplicaciones de primavera fue del 40,6% y del 37,1% para ambos tipos de trigos, respectivamente.

Figura 1.



Influencia de la época de aplicación y del fraccionamiento en la recuperación del  $^{15}\text{N}$  marcado ( $N_R$ ) y en el N derivado del  $^{15}\text{N}$  fertilizante ( $N_F$ ) en el trigo. Media de tres años. Para cada especie de trigo, letras mayúsculas y minúsculas diferentes indican diferencias significativas al 95% para los índices  $N_R$  y  $N_F$ , respectivamente, según el test de mínima diferencia significativa.

**El trigo harinero fue más eficiente que el trigo duro en la recuperación y translocación del N fertilizante al grano**

## Cuadro I.

### Recuperación del nitrógeno marcado ( $^{15}\text{N}$ ) por el trigo harinero (cv. Gazul), según la época y fraccionamiento de fertilizante nitrogenado.

Dosis Na (kg/ha)	Recuperación de N fertilizante marcado	N derivado del fertilizante $^{15}\text{N}$ (%)
	Kg/ha	%
150 $^{15}\text{N}-0$	31,9 c	20,9 c
75 $^{15}\text{N}-75\text{ }^{15}\text{N}$	81,1 b	56,6 b
50 $^{15}\text{N}-100\text{ }^{15}\text{N}$	91,6 ab	60,8 ab
0-150 $^{15}\text{N}$	102,5 a	68,3 a

<sup>a</sup> época aplicación: siembra-encañado

Media de tres años. Para cada columna, letras diferentes indican diferencias significativas al 95%, según el test de mínima diferencia significativa.

## Cuadro II.

### Recuperación del nitrógeno marcado ( $^{15}\text{N}$ ), por el trigo duro (cv. D. Pedro), según la época y fraccionamiento de fertilizante nitrogenado.

Dosis Na (kg/ha)	Recuperación de N fertilizante marcado	N derivado del fertilizante $^{15}\text{N}$ (%)
	Kg/ha	%
150 $^{15}\text{N}-0$	33,1 b	22,3 b
75 $^{15}\text{N}-75\text{ }^{15}\text{N}$	71 a	47,6 a
50 $^{15}\text{N}-100\text{ }^{15}\text{N}$	68,9 a	46,1 a
0-150 $^{15}\text{N}$	78 a	52,2 a

<sup>a</sup> época aplicación: siembra-encañado

Media de tres años. Para cada columna, letras diferentes indican diferencias significativas al 95%, según el test de mínima diferencia significativa.

La aplicación del N fertilizante (150 kg N/ha) al comienzo del encañado del trigo indujo la tasa de recuperación más alta de N por el trigo, aunque en el trigo harinero no difirió significativamente del tratamiento fraccionado 50 + 100 kg N/ha (siembra + comienzo encañado) (**cuadro I**); y en el trigo duro, en dicho tratamiento, y en el 75 + 75 kg N/ha (**cuadro II**). La aplicación única de los 150 kg N/ha de N fertilizante en siembra registró la recuperación más baja de N fertilizante por el trigo (**cuadros I y II**).

La comparación entre ambos tipos de trigo bajo en las mismas condiciones experimentales, muestra que el trigo harinero registró una recuperación media del  $^{15}\text{N}$  fertilizante más alta que el trigo duro (51,7% frente al 42,1%). También el porcentaje de N fertilizante marcado translocado al grano, respecto al total extraído por la planta, fue superior en el trigo harinero respecto al trigo duro (promedio de 76,3% y 69,4%, respectivamente). Según la época de aplicación del fertilizante, ambos tipos de trigo tuvieron una eficiencia de recuperación del  $^{15}\text{N}$  fertilizante más o menos similar cuando toda la aplicación de N se realizó en la siembra; mientras que se manifestaron diferencias cuando la aplicación tuvo lugar en cobertura. Estas diferencias fueron máximas cuando todo el  $^{15}\text{N}$  fertilizante fue aplicado en el encañado del trigo (un 23,6% superior en el trigo harinero).

## Conclusiones

La recuperación y eficiencia del N fertilizante en el cultivo de trigo aumenta con la aplicación en cobertura, antes del encañado, en los vertisoles de secano mediterráneos. Por el contrario, la aplicación de N en siembra (otoño) muestra una pobre eficiencia.

El uso de  $^{15}\text{N}$  marcado sugiere realizar la aplicación del N fertilizante al trigo preferentemente sólo en cobertura, entre el ahijado y el encañado. Bajo estas condiciones es posible una importante reducción de la dosis total de N fertilizante aplicada, teniendo en cuenta el importante papel del N residual del suelo y de la mineralización del N en la predicción de las necesidades del cultivo.

## Agradecimientos

A las empresas Fertiberia y Limagrain Ibérica, por su colaboración, y a los propietarios de las fincas donde se realizaron los ensayos.