

Tener un mayor aprovechamiento del nitrógeno residual no sólo va a mejorar la implantación del nuevo cultivo, sino que reducirá el riesgo de pérdida de nitratos a aguas subterráneas

¿CÓMO MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DEL NITRÓGENO RESIDUAL PARA EL CULTIVO POSTERIOR?

Jesús Val¹, Miguel Quemada², María Dolores Raya-Sereno², Israel Carrasco¹ y Ángel Maresma¹

¹ Departamento de I+D de EuroChem Agro Iberia

² E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, CEIGRAM, Universidad Politécnica de Madrid

El objetivo del presente estudio es determinar el efecto del nuevo inhibidor de la nitrificación (DMP5A) en la disponibilidad del nitrógeno residual para el cultivo posterior. Para ello se evalúa la disponibilidad de nitrógeno en el cultivo de trigo (sin fertilizar), tras una fertilización nitrogenada en el cultivo precedente de maíz.

INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos es una práctica agrícola que consiste en alternar cultivos con diferentes características agronómicas sobre una misma parcela durante ciclos sucesivos. Gracias a la alternancia de cultivos se consigue mejorar la estructura del suelo, facilitar el control de plagas y enfermedades



Imagen aérea del campo experimental del ensayo.



Detalle del efecto residual del N en distintas parcelas de trigo.

y facilitar la recirculación de nutrientes. Sin embargo, la fertilización de estos sistemas puede ser un poco más compleja porque los tiempos entre la cosecha de un cultivo y la siembra del siguiente se reducen, y por tanto se debe tener en cuenta el posible efecto residual de algunos nutrientes (especialmente el del nitrógeno).

El plan de fertilización varía en función del cultivo precedente, por ejemplo, no se abonará de igual manera un girasol o un cereal con cultivo precedente de leguminosa que de cereal. Un plan de fertilización equilibrado que cubra las necesidades de los tres macronutrientes principales (nitrógeno, fósforo y potasio) es imprescindible para conseguir buenos rendimientos en los cultivos. Pero además, si queremos mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno, debemos tener en cuenta el posible efecto residual de la fertilización del cultivo anterior.

El nitrógeno que queda en una reserva temporal en el suelo tras la cosecha, se denomina nitrógeno residual. Dadas las propiedades de este nutriente, tiene un manejo complejo porque es muy móvil en el suelo y es susceptible de pérdidas. Concretamente,

el nitrógeno residual de una cosecha puede desplazarse a capas profundas del suelo (50-75 cm) quedando fuera del alcance del cultivo posterior y por tanto siendo altamente susceptible a perderse.

En las últimas décadas, se han desarrollado inhibidores de la nitrificación para mejorar la eficiencia del nitrógeno en la agricultura y reducir las pérdidas de nitrógeno, minimizando el impacto negativo en el medioambiente. Uno de los últimos desarrollados ha sido el DMPSA (3-4 Dimetilpirazol ácido succínico), presente en la gama de fertilizantes ENTEC®, y que supone una mejora en las propiedades de los inhibidores de la nitrificación.

Entre las propiedades beneficiosas del uso de inhibidores de la nitrificación destaca la reducción de la emisión de gases efecto invernadero y de la lixiviación de nitratos durante el ciclo del cultivo. Sin embargo, se tiene poca información científica sobre el efecto que puede tener en el nitrógeno residual de la cosecha, especialmente si es capaz de mantenerlo en capas más superficiales y mejorar su disponibilidad para el cultivo posterior.

METODOLOGÍA

El ensayo para estudiar el efecto del nitrógeno residual sobre el cultivo posterior se ha llevado a cabo en la finca experimental 'Chimenea', ubicada en Aranjuez (Madrid), en un suelo franco-arcilloso y con un sistema de riego por pívot central. El estudio comenzó con la siembra del maíz en abril del 2018 y la aplicación de los distintos fertilizantes, y concluyó con la cosecha de trigo en julio del 2019.

El diseño experimental constó de 12 parcelas (8m x 10,5m), inicialmente sembradas de maíz (*Zea mays* L., Pioneer P1574, FAO 700) a una dosis de siembra de 80.000 semillas/ha, con 3 tratamientos y 4 repeticiones distribuidas aleatoriamente. Tras la cosecha del maíz, en las mismas parcelas se sembró trigo (*Triticum Aestivum* L., cv. Nogal) a una dosis de 200 kg/ha.

Antes de la siembra del maíz y del trigo, y para garantizar la disponibilidad de fósforo y potasio, se aplicaron 70 kg P₂O₅/ha y 120 kg K₂O /ha. Posteriormente se diferenciaron las coberturas nitrogenadas en el maíz dependiendo del tipo de fertilizante utilizado (Tabla 1). Además, se añadió



Detalle del campo donde se evaluó el efecto residual del N.

La producción de trigo fue ligeramente superior en los tratamientos procedentes de las parcelas fertilizadas en el maíz, y concretamente en aquellas donde se utilizó el inhibidor de la nitrificación (+6% que el NAC)

un tratamiento control sin fertilización nitrogenada. En el cultivo de trigo, no se realizó aplicación de nitrógeno para evaluar el efecto residual del nitrógeno procedente del cultivo de maíz.

Se tomaron muestras de suelo para determinar el contenido de nitrógeno mineral (Nmin) del suelo, analizándose concentración de nitratos y amonio. Los momentos de muestreo fueron después de la cosecha de maíz (octubre 2018) y antes del ahijado del trigo (enero 2019). Se tomaron 3 muestras por parcela y se combinaron por capa de suelo. Las muestras se tomaron en intervalos de 0,25 m hasta 0,75 m de profundidad.

En el trigo se cosechó una franja central de 1,5m x 6,5m en cada parcela mediante una cosechadora experi-

mental. En submuestras del grano cosechado en cada parcela se determinó la concentración de nitrógeno, directamente relacionado con el contenido en proteína. Además, en el trigo también se realizaron evaluaciones de desarrollo vegetativo mediante muestreos de planta e imágenes multiespectrales capturadas con un dron.

RESULTADOS

Contenido del nitrógeno residual en el suelo después del maíz y antes del ahijado del trigo

Los tratamientos fertilizados mostraron un mayor Nmin que el control (figura 1) después de la cosecha del maíz. Destaca que en la capa más superficial del suelo (0-25 cm) se observó una mayor concentración de Nmin en el tratamiento con el inhibidor de la nitrificación (DMPSA). De este resultado se puede resaltar la mayor disponibilidad de nitrógeno residual para el cultivo posterior, ya que la zona radicular de la planta de trigo solo tiene capacidad para explorar la profundidad de 0-25 cm en los primeros meses de desarrollo.

En las capas más profundas (25-75 cm) el tratamiento con NAC 27 obtuvo

FERTILIZACIÓN	MAÍZ			TRIGO
	Producto	Nitrógeno (kg N/ha)	Aplicación (escala BBCH)	Nitrógeno (kg N/ha)
CONTROL	-	0	-	0
NAC (S)	NAC 27%	200	GS13 y GS38	0
NAC(S) + DMPSA	ENTEC® EVO™ 27	200	GS13 y GS38	0

Tabla 1. Tratamientos nitrogenados utilizados en el ensayo.

mayor concentración de nitrógeno que el control y que el tratamiento con ENTEC® EVO™. Estos resultados tienen coherencia, y sugieren que el inhibidor de la nitrificación (DMPSA) ralentizó la transformación de amonio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-) controlando el movimiento de nitrato a capas más profundas, reduciendo el potencial de lixiviación de nitratos.

Estos datos corroboran los resultados de otros estudios científicos (Alonso-Ayuso et al., 2016), donde la utilización de fertilizantes con inhibidor de la nitrificación (DMPSA) aumentaron la NUE al año siguiente de la aplicación en comparación con un fertilizante convencional, permitiendo reducir hasta un 23% la dosis de fertilizante con el uso de inhibidores de la nitrificación sin disminuir el rendimiento de grano ni la calidad.

La disponibilidad del nitrógeno residual del maíz para el cultivo de trigo también puede verse reflejada en la cantidad de Nmin en los primeros 25 cm de suelo antes del ahijado del cereal. El tratamiento control tenía 38 kg N/ha, el NAC tenía 68,6 kg N/ha y el ENTEC® EVO™ tenía 82,2 kg N/ha. En este caso, se evidencia el efecto del N residual en los tratamientos donde se fertilizó el maíz, y como con el uso del inhibidor de la nitrificación DMPSA incrementó el N disponible para el cultivo (+20%). Tener N disponible en este momento es fundamental para que el cultivo tenga un buen desarrollo del potencial productivo antes de aplicar las coberturas nitrogenadas, y además permite flexibilizar la entrada con el fertilizante nitrogenado en el campo.

Contenido de nitrógeno en el trigo

Comparando el contenido de nitrógeno del trigo en la floración y el contenido de nitrógeno en cosecha (Figura 2) se vuelve a observar el efecto residual que tiene el nitrógeno dependiendo del tipo de fertilizante

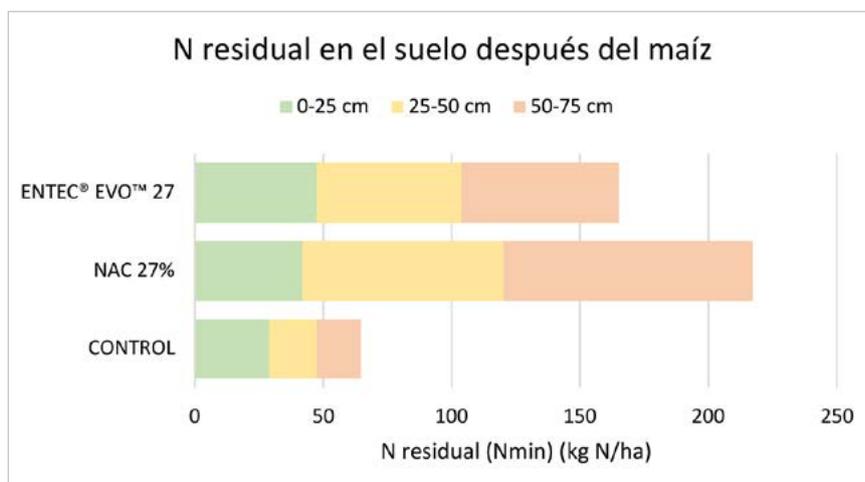


Figura 1. Nmin del suelo (kg N/ha) presente en las capas del suelo 0-25, 25-50, 50-75 cm después de la cosecha de maíz.

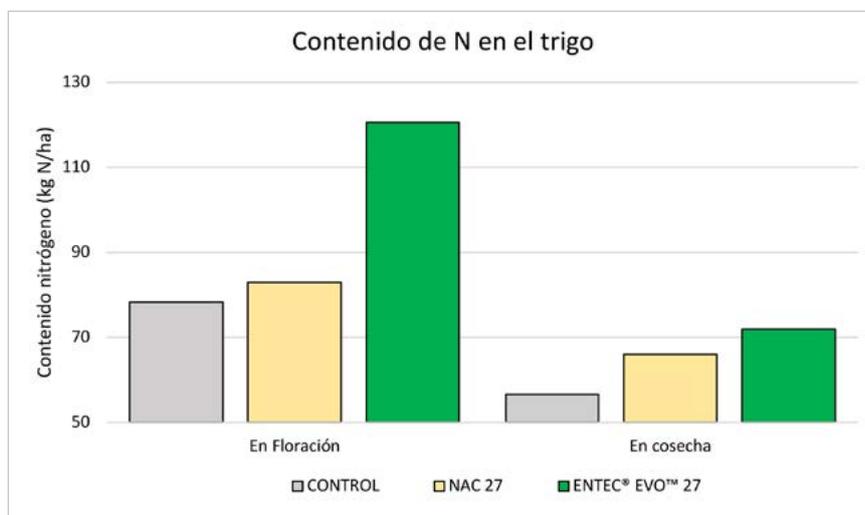


Figura 2. Contenido de N en (1) la biomasa del trigo (kg N/ha) medido en floración y (2) en el grano en cosecha.

utilizado en el cultivo anterior. En la etapa de floración del trigo el contenido de nitrógeno es mayor en el tratamiento que incorporaba inhibidor de la nitrificación DMPSA frente a la fertilización convencional (+44%) y al testigo (+54%). En el contenido de nitrógeno final en el grano se puede observar una tendencia similar, pese a que las diferencias no son tan grandes entre los tratamientos.

Determinación del valor NDVI en el trigo

El efecto residual del nitrógeno fue estudiado a través de imágenes multispectrales (Raya-Sereno et al., 2021)

mostrando una tendencia similar al contenido de Nmin en el suelo. En la floración, las parcelas abonadas con ENTEC® EVO™ 27 en maíz, mostraron un NDVI mal alto en el trigo que en el control (+26%) y NAC 27 (+16%) (Figura 3). Esto hace indiciar un mayor potencial de rendimiento del cultivo para el tratamiento procedente de la fertilización del maíz que incorporaba el inhibidor de la nitrificación DMPSA.

Análisis rendimiento, calidad de grano y contenido de nitrógeno

Los rendimientos de trigo fueron inferiores a las medias obtenidas en otros años (tabla 2), probablemente

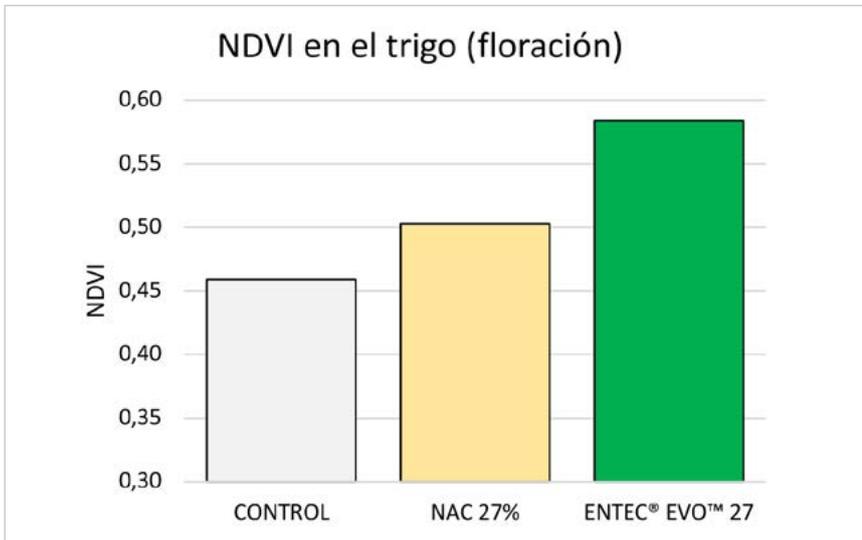


Figura 3. NDVI en la floración del trigo.

TRATAMIENTO	TRIGO	
	Producción (t/ha)	Concentración N grano (%)
CONTROL	3,4	1,89
NAC 27	3,5	2,23
ENTEC® EVO™ 27	3,7	2,29

Tabla 2. Rendimiento de grano, concentración de N en grano y contenido de N en grano en el trigo.

debido a la sequía extrema durante el otoño y el invierno, período en el que no se disponía de agua para regar y que limitó mucho el ahijamiento del cultivo. A partir de principios de abril comenzó a llover y hubo disponibilidad de agua pero la densidad de tallos espigados era baja. Estos limitantes hicieron que las producciones de los tratamientos procedentes de parcelas fertilizadas no fueran tan superiores a las parcelas no fertilizadas, y es un indicador de que el nitrógeno procedente de la mineralización fuese suficiente para conseguir gran parte de la cosecha obtenida.

La producción de trigo fue ligeramente superior en los tratamientos procedentes de las parcelas fertilizadas en el maíz, y concretamente en aquellas donde se utilizó el inhibidor de la nitrificación (+6% que el NAC). Por

otro lado, el contenido de nitrógeno en grano aumentó siguiendo la misma tendencia que el rendimiento en los tratamientos fertilizados y especialmente en los procedentes de ENTEC® EVO™.

CONCLUSIONES

El nitrógeno residual juega un papel muy importante dentro de una rotación de cultivos, siempre y cuando esté disponible en una profundidad del suelo que puede ser aprovechado y no se pierda a capas profundas. Tener un mayor aprovechamiento del nitrógeno residual no sólo va a mejorar la implantación del nuevo cultivo, sino que reducirá el riesgo de pérdida de nitratos a aguas subterráneas.

Nuestro trabajo muestra como el nuevo inhibidor de la nitrificación DMPSA mejora la disponibilidad del nitrógeno residual manteniéndolo de manera superficial en el suelo. En una rotación de cultivos, trabajar un buen plan de abonado y un fertilizante de eficiencia mejorada como ENTEC® EVO™ puede ser una solución para mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno de los sistemas agrarios. ■

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la beca Torres de Quevedo PTQ2020-011271/ AEI / 10.13039/501100011033 recibida por Dr. Ángel Maresma, y al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León por la ayuda destinada (expediente de subvención nº 3/2023-ATI) a la realización de proyectos de investigación industrial en el marco de la Plataforma de Dinamización de I+i Agraria y Agroalimentaria.



BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J.L., Quemada, M. 2016. Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. European Journal of Agronomy, Volume 80, Pages 1-8. ISSN 1161-0301. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.008>
- Raya-Sereno, M. D., Alonso-Ayuso, M., Pancorbo, J. L., Gabriel, J.L., Camino, C., Zarco-Tejada, P. J., & Quemada, M. 2021. Residual Effect and N Fertilizer Rate Detection by High-Resolution VNIR-SWIR Hyperspectral Imagery and Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence in Wheat. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 60. 1-17. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2021.3099624>