

Valor fertilizante de los restos de cosecha en un cultivo de coliflor de ciclo largo

C. X. Jaramillo⁽¹⁾, A. Lidón⁽²⁾ y C. Ramos⁽³⁾

⁽¹⁾Departamento de Producción Vegetal. Universitat Politècnica de València, Camino de Vera S/N 46022 Valencia.

⁽²⁾Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera S/N 46022 Valencia.

⁽³⁾Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Apdo. Oficial, 46113 Moncada (Valencia).

Palabras clave: Coliflor, *Brassica oleracea*, mineralización, nitrógeno orgánico, nitrógeno mineral

Resumen

En los cultivos hortícolas, los restos de cosecha suelen tener un elevado contenido de nitrógeno orgánico que origina una cantidad importante de nitrógeno mineral a través de su mineralización. Los restos de coliflor, debido a su elevada cantidad y alto porcentaje de N, son un ejemplo claro del potencial fertilizante de estos materiales. Por ello, es necesario determinar la cantidad de N aportado y la cinética de su mineralización tras el enterrado de los restos de cosecha, para poder determinar las necesidades de abonado nitrogenado del siguiente cultivo de la rotación. En este trabajo se muestran los valores de mineralización de N obtenidos en condiciones controladas de laboratorio y en condiciones de campo tras la incorporación al suelo de los restos del cultivo de coliflor. La incorporación de estos restos al suelo supuso un aporte adicional de nitrógeno que, en condiciones de campo, osciló entre 30-110 kg N ha⁻¹. La mineralización obtenida en los ensayos de laboratorio en condiciones controladas de temperatura y humedad fue mayor que la obtenida en campo.

INTRODUCCIÓN

El uso eficiente del nitrógeno en sistemas agrícolas requiere del conocimiento y control de todos los aportes de este elemento al suelo. Una de estas fuentes de nitrógeno, que habitualmente no se suele considerar, es el aporte por los restos de cosecha del cultivo anterior, ya que estos restos a menudo tienen un alto contenido de nitrógeno. Por ello, la incorporación de los restos de cosecha es un factor importante en el control de la fertilidad del suelo, por su repercusión en el ciclo del nitrógeno, como fuente de materia orgánica al suelo y abono de los sucesivos cultivos (Nicolardot et al., 1994). En cultivos hortícolas, los restos vegetales suelen tener un elevado contenido de nitrógeno orgánico que pueden producir una cantidad importante de nitrógeno mineral a través de su mineralización (Chaves et al., 2006), que varía en función de las características fisicoquímicas de los restos como son su grado de degradabilidad y su tamaño, la época y el grado de incorporación al suelo (De Neve y Hofman, 1996, 1998; De Neve et al., 1996; Ambus y Jensen, 1997; Aulakh et al., 1991). Los restos de cosecha del cultivo de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) aportan gran cantidad de nitrógeno al suelo (Rahn et al., 1992; De Neve y Hofman, 1998; De Neve et al., 2004). Ello es debido tanto a la cantidad de restos que se generan, entre 40-70 t ha⁻¹ (materia fresca), como a los altos

contenidos de nitrógeno que contienen, entre 2,2–3,5% (sobre materia seca) según varios autores. Estas altas cantidades unidas a una rápida tasa de mineralización (De Neve y Hofman, 1996, 1998), proporcionan un alto potencial fertilizante a los restos de cosecha de la coliflor una vez incorporados al suelo (Akkal et al., 2010), pero también pueden suponer un riesgo potencial de lixiviación de NO_3^- , especialmente en zonas donde la incorporación al suelo de estos restos se realiza en épocas lluviosas (De Neve et al., 2004; Rahn et al., 2003) o en zonas de regadío tradicional. En la Comunidad Valenciana este cultivo es típico de la rotación en invierno, y debido a que casi toda el área de la plana de Valencia es considerada zona vulnerable a la contaminación por nitrato, se hace necesario conocer la dinámica de mineralización de estos materiales una vez incorporados al suelo en estas condiciones, puesto que es la práctica habitual que realizan los agricultores una vez cosechada la coliflor. El objetivo de este trabajo fue determinar la cantidad de N mineralizado tras el enterrado de los residuos de coliflor, puesto que esta información podría ayudar a conocer la cantidad de nitrógeno mineral que habría en el suelo al inicio del siguiente cultivo de la rotación y así poder determinar las necesidades de abonado nitrogenado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante tres años, entre 2012 y 2014, y una vez finalizada la recolección de la coliflor, se realizaron ensayos para medir la mineralización de los restos del cultivo incorporados al suelo mediante la labor de rotovariado. La fecha de incorporación de los restos de cosecha en cada parcela la decidió el agricultor de acuerdo a su calendario de labores. Cada ensayo de campo fue acompañado de un ensayo de laboratorio para determinar la mineralización en condiciones controladas.

En la parcela Burjassot la incorporación de los restos de cosecha se realizó el 18 de abril 2012, 43 días después de la recolección (ddr), incorporándose $6,6 \text{ t ha}^{-1}$ de material seco. En la parcela Paterna I la incorporación se realizó el 21 de marzo 2013 (29 ddr) y en promedio la materia seca aportada fue de $5,5 \text{ t ha}^{-1}$. En la parcela Paterna II el enterrado de los restos de cosecha se realizó el 4 de marzo 2014 (17 ddr) y se incorporaron en promedio unas $5,8 \text{ t ha}^{-1}$. La duración de los ensayos fue de 105, 70 y 72 días, respectivamente. En las tres parcelas se dejó una zona sin residuos (SR) como zona control.

La mineralización en campo se estimó por balance de nitrógeno, midiendo y estimando todos los términos de dicho balance excepto la mineralización y las pérdidas gaseosas, que se engloban en un término denominado “mineralización mínima”. Ésta coincidiría con la mineralización real cuando las pérdidas gaseosas fuesen nulas. En el caso de que se produjesen pérdidas gaseosas por volatilización o desnitrificación, la mineralización calculada por el balance de nitrógeno estaría infraestimada por el valor de dichas pérdidas. Se midió el aporte de N por riego y lluvia y la variación de N mineral en el perfil de suelo (0-30 cm), y se calculó la lixiviación como el producto del drenaje, estimado por balance de cloruro (Lidón et al., 1999), y la concentración de nitrato a 30 cm de profundidad.

Para evaluar la mineralización producida por los residuos de cosecha de la coliflor en condiciones controladas, se incubaron muestras de suelo con y sin restos de cosecha durante un periodo de 5 meses. Los tratamientos que se establecieron en los ensayos de incubación fueron los mismos que los establecidos en sus correspondientes ensayos en campo, tomando el suelo a incubar en cada uno de los tratamientos, inmediatamente después de la incorporación de los restos de cosecha, a 0-15 cm y a 15-30 cm. Como los

ensayos en campo se realizaron en primavera, se utilizó una sola temperatura de incubación (25°C), y como la humedad del suelo era escasa, se le adicionó agua a cada matraz, para llevar el suelo a una humedad cercana a capacidad de campo.

A todas las muestras de suelo tomadas en campo se les determinó el contenido de agua, nitrato, amonio y cloruro. La determinación del nitrógeno mineral (nitrato y amonio), se realizó sobre suelo húmedo pasado a través de un tamiz con luz de malla de 4 mm, la extracción se hizo con KCl 2N. La determinación de amonio y nitrato se realizó con una unidad analizadora FIAstar 5000 (modelo Foss Tecator) y software SoFIA. Cada muestra se extrajo y analizó por duplicado. La determinación de cloruros se hizo en extracto acuoso 1:1, utilizando suelo seco y tamizado por 2 mm, empleando el clorurímetro Sherwood modelo M926. La humedad se determinó por gravimetría. Se tomaron muestras de agua de lluvia y de riego, a las que se les determinó también el contenido de cloruro y nitrógeno mineral (nitrato y amonio). El nitrógeno total y el carbono del material vegetal se determinaron mediante un analizador elemental LECO.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido promedio de nitrógeno en los residuos de coliflor fue del 3%, similar al señalado por otros autores (De Neve et al., 1996; Akkal et al., 2010), y la cantidad de N media aportada fue de 180 kg N ha⁻¹, valor ligeramente superior a la obtenida por otros autores, aunque similar a la obtenida por Fink et al. (1999). En la parcela Burjassot, los restos incorporados tenían un 2,9% de N_{total}, lo que supuso la incorporación de 190 kg N ha⁻¹, en la parcela Paterna I el porcentaje de N fue del 3,04% y la cantidad aportada de 190 kg N ha⁻¹, mientras que en la parcela Paterna II la cantidad aportada fue de 178 kg N ha⁻¹ y el porcentaje de N fue similar al de la anterior parcela. Estas cantidades equivalen al 41-50% del nitrógeno absorbido por la parte aérea de la planta, el cual se devuelve al suelo mediante la incorporación de los restos de cosecha. Este porcentaje es similar al 55% obtenido por Akkal et al. (2010) y por Everaarts (2000). Los porcentajes de carbono presentes en los restos de cosecha fueron más bajos (34-38%) que los citados en la literatura (41-46%), aunque la relación C/N (11,3-12,4) estuvo dentro del rango encontrado por otros autores (14-26). Esta baja relación C/N en principio debería favorecer una rápida mineralización.

En la Figura 1 se muestran las cantidades de nitrógeno mineralizadas tras 150 días de incubación en condiciones controladas de humedad y temperatura en muestras de suelo procedentes de los dos horizontes muestreados (0-15 y 15-30 cm). Solo se observaron diferencias de mineralización entre las muestras con y sin restos de cosecha tomadas en los primeros 15 cm, coincidiendo con la profundidad de la labor de incorporación de los restos. De la diferencia entre la mineralización media de los tratamientos con y sin restos, se obtiene una mineralización media atribuible a los restos de cosecha incorporados de 67 mg N kg⁻¹ en Burjassot, 58 mg N kg⁻¹ en Paterna I y 60 mg N kg⁻¹ en Paterna II, lo que representa un 58%, 53% y 48%, respectivamente, del nitrógeno total incorporado con los restos de la parte aérea. Esta mineralización se produce principalmente en los primeros 15-28 días de incubación. Estos porcentajes están en el rango medio de los obtenidos por De Neve y Hofman (1996), donde las hojas y los tallos de la coliflor mineralizaron casi un 80% y un 45% del nitrógeno total, respectivamente, mineralizándose la mayor parte

durante los primeros 7-30 días de la incubación (De Neve y Hofman, 1996; De Neve et al., 1996).

En la Tabla 1 se muestra la mineralización mínima obtenida por balance de N en cada una de las parcelas. En el caso de Burjassot, la mineralización mínima fue de 131 kg N ha⁻¹ en la zona con restos de cosecha y de 99 kg N ha⁻¹ en la zona sin restos de cosecha, en la parcela de Paterna I, los valores fueron de 133 kg N ha⁻¹ y en la zona sin restos fue de 104 kg N ha⁻¹, mientras que en la de Paterna II fue de 201 kg N ha⁻¹ y de 91 kg N ha⁻¹, respectivamente. De la diferencia entre las zonas con y sin incorporación de restos de la parte aérea de coliflor, se obtiene una mineralización mínima atribuible a los restos de 32 kg N ha⁻¹ en Burjassot, 29 kg N ha⁻¹ en Paterna I y 110 kg N ha⁻¹ en Paterna II, lo que equivale a un 17%, 17% y 62%, respectivamente, del nitrógeno aportado por los restos de la parte aérea. La mineralización mínima obtenida en la parcela de Paterna II, fue similar a la obtenida por De Neve y Hofman (1998), donde los residuos de hojas de coliflor produjeron durante 125 días y en condiciones de campo, 88 kg N ha⁻¹, que representaba un 60% del nitrógeno total aplicado. Otros autores (De Neve y Hofman, 1996; De Neve et al., 1996) también encuentran un amplio rango en los valores de mineralización de restos de coliflor que oscilan entre un 20-80% del nitrógeno de los restos de cosecha.

La baja mineralización de los restos de cosecha incorporados en los ensayos de Burjassot y Paterna I, puede deberse a las bajas condiciones de humedad que se dieron durante el período evaluado, siendo la humedad volumétrica en los primeros centímetros de suelo inferior al 10% en el caso de Burjassot, mientras que en el ensayo en la parcela de Paterna I, sólo se mejoró la humedad volumétrica del suelo al final del ensayo, con la aplicación del riego de preparación del siguiente cultivo. Esto se pone de manifiesto cuando se comparan los valores de mineralización obtenidos en condiciones controladas y en condiciones de campo, los cuales fueron en promedio más altos (58%) en el caso de las incubaciones en laboratorio. Los ensayos de incubación son útiles para ver la potencialidad del proceso, ya que se realizan bajo condiciones de temperatura y humedad constantes, pero hay que tener cuidado a la hora de utilizar esa información como base del N aportado por los restos, pues se puede sobreestimar la cantidad mineralizada.

El manejo del suelo que se hace en la zona de la huerta tras el cultivo, donde el agricultor incorpora los restos de cosecha pero después no labra ni riega hasta el momento de preparar el cultivo siguiente (primeros de mayo), provoca que el suelo desnudo se vaya secando y, por tanto, se alcancen humedades muy bajas en la capa más superficial del suelo que es donde están incorporados los restos, lo que ralentiza el proceso de descomposición. Este comportamiento puede ser beneficioso cuando se desea retrasar el proceso de mineralización a fin de obtener una mejor sincronización con la disponibilidad de N en el siguiente cultivo de la rotación.

Otro aspecto a considerar es el momento de la incorporación de los restos del cultivo. En el experimento de Burjassot, los restos de cosecha se incorporaron 43 días después de la cosecha, en el experimento en Paterna I, a los 29 días y en el experimento en Paterna II, a los 17 días. Posiblemente en los dos primeros casos se produjeron pérdidas por volatilización del N procedente de la mineralización de los restos que estaban en contacto con el suelo, por lo que el contenido de nitrógeno de los restos estaría formando parte de componentes de más difícil degradación (De Ruijter et al., 1999).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto RTA2011-00136-C04-01 del INIA-Ministerio de Ciencia e Innovación. C. X. Jaramillo agradece la financiación recibida de Colfuturo. Agradecemos la colaboración en el trabajo de campo y laboratorio de Piedad Romero y Francisco Berbegall del IVIA.

Referencias

- Akkal-Corfini, N., Morvan, T., Menasseri-Aubry, S., Bissuel-Bélaygue, C., Poulain, D., Orsini, F., Leterme, P. 2010. Nitrogen mineralization, plant uptake and nitrate leaching following the incorporation of (15N)-labeled cauliflower crop residues (*Brassica Oleracea*) into the soil: A 3-year lysimeter study. *Plant and Soil* 328 (3), 17-26.
- Ambus, P., Jensen, E. S. 1997. Nitrogen mineralization and denitrification as influenced by crop residue particle size. *Plant and Soil* 197 (2), 261-270.
- Aulakh, M. S., Doran, J. W., Walters, D. T., Power J. F. 1991. Legume residue and soil water effects on denitrification in soils of different textures. *Soil Biology and Biochemistry* 23 (11), 1161-1167.
- Chaves, B., Opoku, A., De Neve, S., Boeckx, P., Van Cleemput, O., Hofman, G. 2006. Influence of DCD and DMPP on soil N dynamics after incorporation of vegetable crop residues. *Biology and Fertility of Soils*, 43(1), 62-68.
- De Neve, S., Hofman, G. 1996. Modelling N mineralization of vegetable crop residues during laboratory incubations. *Soil Biology and Biochemistry* 28 (10-11), 1451-1457.
- De Neve, S., Pannier, J., Hofman, G. 1996. Temperature effects on C- and N-mineralization from vegetable crop residues. *Plant and Soil* 181 (1), 25-30.
- De Neve S., Hofman G. 1998. N mineralization and nitrate leaching from vegetable crop residues under field conditions: a model evaluation. *Soil Biol. Biochem.* 30, 2067-2075.
- De Neve, S., Sáez, S. G., Daguiar, B. C., Sleutel, S., Hofman, G. 2004. Manipulating N mineralization from high N crop residues using on- and off-farm organic materials. *Soil Biology and Biochemistry* 36, 127-134.
- De Ruijter, F. J., Huijsmans, J. F. M., Rutgers, B. 2010. Ammonia volatilization from crop residues and frozen green manure crops. *Atmospheric Environment* 44(28), 3362-3368.
- Everaarts, A. P. 2000. Nitrogen balance during growth of cauliflower. *Scientia Horticulturae* 83, 173-186.
- Fink, M., Feller, C., Scharpf, H. C., Weier, U., Maync, A., Ziegler, J., Paschold, P. J., Strohmeyer, K. 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables-recent data for fertiliser recommendations and nutrient balances. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 162 (1), 71-73.
- Lidón, A., Ramos, C., Rodrigo, A. 1999. Comparison of drainage estimation methods in irrigated citrus orchards. *Irrigation science*, 19(1), 25-36.
- Nicolardot, B., Fauvet, G., Cheneby, D. 1994. Carbon and nitrogen cycling through soil microbial biomass at various temperatures. *Soil Biology and Biochemistry* 26 (2), 253-261.
- Rahn, C. R., Vaidyanathan, L. V., Paterson, C. D. 1992. Nitrogen residues from brassica crops. *Aspects of Applied Biology* 30, 263-270.
- Rahn, C. R., Bending, G. D., Turner, M. K., Lillywhite, R. D. 2003. Management of N mineralization from crop residues of high N content using amendment materials of varying quality. *Soil Use and Management* 19(3), 193-200.

Tabla 1. Mineralización mínima (ver texto) obtenida por balance de N en los primeros 30 cm de suelo en las zonas con y sin incorporación de restos de cosecha de cada una de las tres parcelas.

Parcela	Período	Mineralización mínima (kg N ha ⁻¹)	
		Con restos	Sin restos
Burjassot	19/04 - 26/07	131	98
Paterna I	21/03 - 30/05	134	104
Paterna II	04/03 - 15/05	208	99

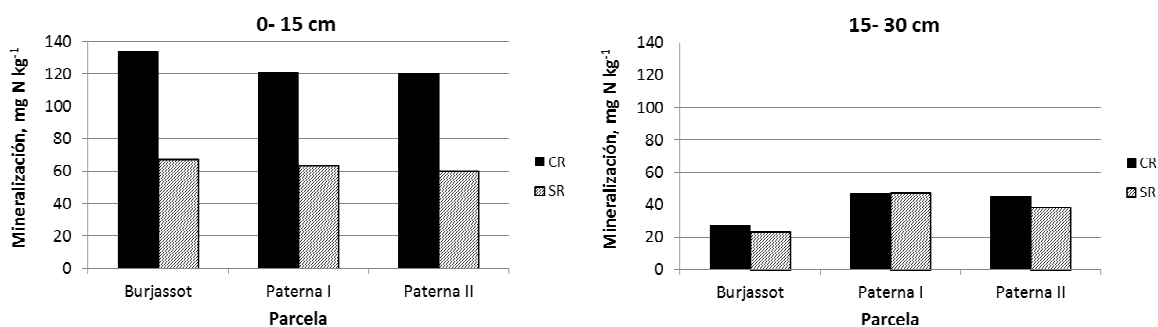


Fig. 1. Nitrógeno mineralizado en condiciones controladas de temperatura y humedad en suelo con (CR) y sin (SR) restos de cosecha incorporados en cada una de las parcelas a las profundidades de 0-15 y 15-30 cm.