

Mineral nitrogen fertilization effect on broccoli crop yield and physiology

Efecto de la fertilización mineral de nitrógeno sobre la fisiología y rendimiento de brócoli

P. Berríos*, A. Pérez-Pastor

Departamento de Ingeniería Agronómica, ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Murcia. Spain

*pablo.berrios@edu.upct.es

Abstract

Broccoli is considered a crop that requires high amounts of nitrogen (N) to reach its productive potential, since N is the most determining macronutrient for the development and performance of agricultural production. Moreover, N use can have a negative impact on the environment, even under efficient fertigation strategies. Therefore, the main objective of this work was to determine the most adequate N dose to maximize the efficient use of N by the crop, with the least possible impact on the environment. Three treatments were established based on different N extraction coefficients for the crop: 9.0, 7.3, and 5.7 kg of N per t harvested, and the effect on leaf gas exchange and yield was determined. The most restrictive extraction coefficient did not significantly affect plant physiological activity, yield or physical characteristics of the harvested heads.

Keywords: N; fertigation; *Brassica*

Resumen

El brócoli es considerado un cultivo que requiere altas cantidades de nitrógeno (N) para alcanzar su potencial productivo, puesto que el N es el macronutriente más determinante para el desarrollo y rendimiento de la producción agrícola. Asimismo, el uso del N puede presentar un impacto negativo sobre el medioambiente, incluso bajo estrategias eficientes de fertirrigación. Por ello, el objetivo principal de este trabajo fue determinar la dosis más adecuada de N para maximizar el uso eficiente del N por el cultivo, con el menor impacto posible en el medioambiente. Se establecieron 3 tratamientos basados en diferentes coeficientes de extracción de N por el cultivo: 9,0, 7,3 y 5,7 kg de N por t recolectada y se determinó el efecto sobre el intercambio gaseoso foliar y rendimiento. El coeficiente de extracción más restrictivo no afectó significativamente la actividad fisiológica de las plantas, producción ni características físicas de las pellas recolectadas.

Palabras clave: N; fertirrigación; *Brassica*.

1. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) es el macronutriente más determinante para el desarrollo y rendimiento en el cultivo de *Brassicaceae* (1), asimismo el brócoli es considerado un cultivo con elevados requerimientos de N necesarios para alcanzar su máximo potencial productivo (2). Incluso bajo estrategias eficientes de fertirrigación el N puede presentar efectos negativos sobre el medio ambiente, tales como, degradación de suelo, lixiviación de nitratos e incremento en la emisión de gases de efecto invernadero (3). Por ello, el objetivo principal de este trabajo fue determinar la dosis más adecuada de N para maximizar el uso eficiente del N por el cultivo, con el menor impacto

posible en el medioambiente, comparando distintos coeficientes de extracción del cultivo de brócoli en el Campo de Cartagena.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Parthenon durante otoño-invierno en una parcela de 800 m² ubicada en Cartagena (Región de Murcia) a una densidad de plantación de 4,4 plantas por m². El cultivo fue regado por un sistema de goteo con una lateral por caballón y emisores distanciados a 0,2 m con un caudal de 0,8 L h⁻¹. El suelo entre 0 y 0,3 m presentó una clase textural franco arcillosa y se consideró un aporte de 43,3 kg por ha de N al cultivo, basada en el N mineral en suelo al momento del trasplante (11,29 kg N ha⁻¹), la mineralización de la materia orgánica del suelo (29,5 kg N ha⁻¹) y el aporte de 2.000 m³ ha⁻¹ de agua de riego (2,54 kg N ha⁻¹) (4). De esta forma, se establecieron 3 tratamientos de fertirrigación nitrogenada distribuidos al azar con 4 repeticiones, considerando diferentes coeficientes de extracción de N por el cultivo: 9,0, 7,3 y 5,7 (kg N por t recolectada) para T1, T2 y T3, respectivamente. El requerimiento de N para cada tratamiento se calculó como la diferencia entre los aportes anteriormente mencionados y el coeficiente de extracción por el rendimiento esperado de 20 t ha⁻¹, siendo para T1, T2 y T3 un requerimiento de 137,2, 103,6 y 70,2 kg N por ha, respectivamente. La fuente fertilizante utilizada correspondió a sulfato de amonio en formato líquido. El resto de macro y micronutrientes no se incluyeron en el programa de fertirrigación debido a que las concentraciones en el suelo sobrepasaban los requerimientos del cultivo.

El contenido volumétrico del agua, temperatura y salinidad del suelo se midieron a partir de sondas (una por repetición) compuestas por un sensor cada 10 cm de profundidad y hasta 60 cm. A partir de estos datos, el riego se programó para mantener el sensor ubicado a 30 cm de profundidad con un agotamiento máximo del agua en suelo de un 10-12% respecto a la capacidad de campo.

La actividad fisiológica de las plantas se determinó mediante un seguimiento quincenal de la fotosíntesis neta (Pn) y conductancia foliar (Lc) mediante un equipo de intercambio gaseoso portable CIRAS2® (PP Systems, Hitchin, Hertfordshire, UK) a dos hojas maduras por repetición. El rendimiento se calculó mediante la recolección de 20 plantas por repetición, a las que se midió el peso fresco aéreo total y la proporción de la pella respecto a éste. Las pellas se recolectaron según el criterio comercial para consumo en fresco dejando un tallo de alrededor de 10 cm, a las se les evaluó el perímetro, peso fresco y seco. Los datos se analizaron mediante un ANDEVA (p > 0,05) con el software estadístico InfoStat (U. Nacional de Córdoba, Arg.)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo de cultivo tuvo una duración de 15 semanas desde el trasplante (30 de octubre 2020) hasta la recolección, que se llevó a cabo entre los días 101 y 105 después de trasplante, no observándose efecto alguno de los tratamientos sobre la fecha de recolección. El déficit de presión de vapor (DPV) promedió valores en torno a 0,56 kPa, oscilando en un rango entre 0,3 a 0,8 kPa. El volumen de riego aplicado fue de 1.439 m³ ha⁻¹, siendo un 28% inferior al mayormente empleado en el Campo de Cartagena, que se sitúa en torno a 2.000 m³ ha⁻¹, muy próximo al recomendado por la FAO (Fig. 1, A). Se realizaron 20 riegos durante todo el ciclo del cultivo, con un tiempo de riego que promedió 80 minutos, y una frecuencia de 4 días a partir de la tercera semana, y así, de esta forma se incrementó la eficiencia en el uso del agua y de los nutrientes aportados, al reducirse en gran medida su lixiviación.

El plan de abonado se realizó desde la tercera semana del cultivo en dosis crecientes y basadas en la acumulación de biomasa del cultivo hasta la duodécima semana, siendo la reducción de N aplicada de manera proporcional entre los tratamientos ensayados, a excepción de los dos primeros eventos de fertirrigación donde se aportaron 5 kg ha⁻¹ en cada uno de ellos (Fig. 1, B). Los parámetros de intercambio gaseoso foliar no se vieron alterados por los tratamientos ensayados durante el ciclo del cultivo. Los valores más elevados de fotosíntesis neta y

conductancia estomática se observaron al inicio del ciclo del cultivo, coincidiendo con hojas más jóvenes y valores más elevados de déficit de presión de vapor. (Fig. 1, C y D).

El rendimiento obtenido y las características físicas medidas durante la cosecha mostraron valores estadísticamente similares entre tratamientos, al igual que la relación entre biomasa aérea total y peso de las pellas. Sin embargo, es de resaltar que los tratamientos con un aporte más restrictivo en N presentaron una tendencia no significativa a reducir su rendimiento (Tabla 1).

El brócoli es un cultivo considerado muy demandante de N y se ha reportado un amplio rango de necesidades nutricionales del cultivo que varían entre 125 y hasta 560 kg de N por ha, de cara a obtener su máximo potencial productivo (5–7). Sin embargo, es importante considerar que estos valores deben de ser contrastados con el N disponible en el suelo en cada momento.

Por todo ello, la incorporación de tecnología como la sensorización, para control del riego y la optimización del coeficiente de extracción para las condiciones del Campo de Cartagena, permitieron ahorros de agua de riego y N, en torno a un 30% respecto del manejo tradicional. Efectivamente, los resultados obtenidos permitieron alcanzar una considerable reducción en el uso de N sin afectar el rendimiento comercial óptimo. De hecho, si se hubiese realizado el balance de N, a través del coeficiente de extracción recomendado para el cultivo de brócoli en el Campo de Cartagena (12 kg de N por t) (4), la dosis de N a aportar en este estudio serían 1,43, 1,89 y 2,80 veces superior para T1, T2 y T3, respectivamente.

4. CONCLUSIONES

El uso del coeficiente de extracción de 5,7 kg de nitrógeno por t de brócoli recolectado no afectó significativamente el rendimiento ni la calidad física de las pellas recolectadas, para un cultivo de otoño-invierno en las condiciones edafoclimáticas del Campo de Cartagena.

5. AGRADECIMIENTOS

Estos resultados se enmarcan en el proyecto “Nuevas técnicas para mejorar la eficiencia de la fertirrigación mediante el uso de inhibidores de la nitrificación en cultivos hortícolas de la Región de Murcia” ejecutado por el Grupo Operativo de Nutrición Vegetal Sostenible (GO-NUVES), financiado por el Programa de Desarrollo Rural de la Región de Murcia y con participación del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural y el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España. Asimismo, se agradece la colaboración a las empresas participantes y colaboradores integrantes del GO-NUVES.

6. REFERENCIAS

1. Booij R. Yield formation in Brussels sprouts: Effects of nitrogen. In: *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science; 2000:377–83.
2. Everaarts AP. STRATEGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZER USE IN THE CULTIVATION OF BRASSICA VEGETABLES. *Acta Hortic*. 1993 Aug;(339):161–74.
3. Ball-Coelho BR, Roy RC. Enhanced ammonium sources to reduce nitrate leaching. *Nutr Cycl Agroecosystems* [Internet]. 1999 [cited 2019 Apr 18];54(1):73–80. Available from: <http://link.springer.com/10.1023/A:1009773428011>
4. Consejería de Agua Agricultura y Medio Ambiente. Boletín Oficial de la Región de Murcia N°140. Murcia, España: Región de Murcia; Jun 18, 2016:19504–27.
5. Zebarth BJ, Bowen PA, Toivonen PM. Influence of nitrogen fertilization on broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. *Can J Plant Sci* [Internet]. 1995 [cited 2021 May 23];75(3):717–25. Available from: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/cjps95-122>
6. Toivonen PMA, Zebarth BJ, Bowen PA. Effect of nitrogen fertilization on head size, vitamin C content and storage life of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Can J Plant Sci* [Internet]. 1994 [cited 2021 May 23];74(3):607–10. Available from: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/cjps94-109>
7. Bracy RP, Parish RL, Bergeron PE. Sidedress n application methods for broccoli production. *J Veg Crop Prod* [Internet]. 1995 [cited 2021 May 23];1(1):63–71. Available from:

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J068v01n01_07

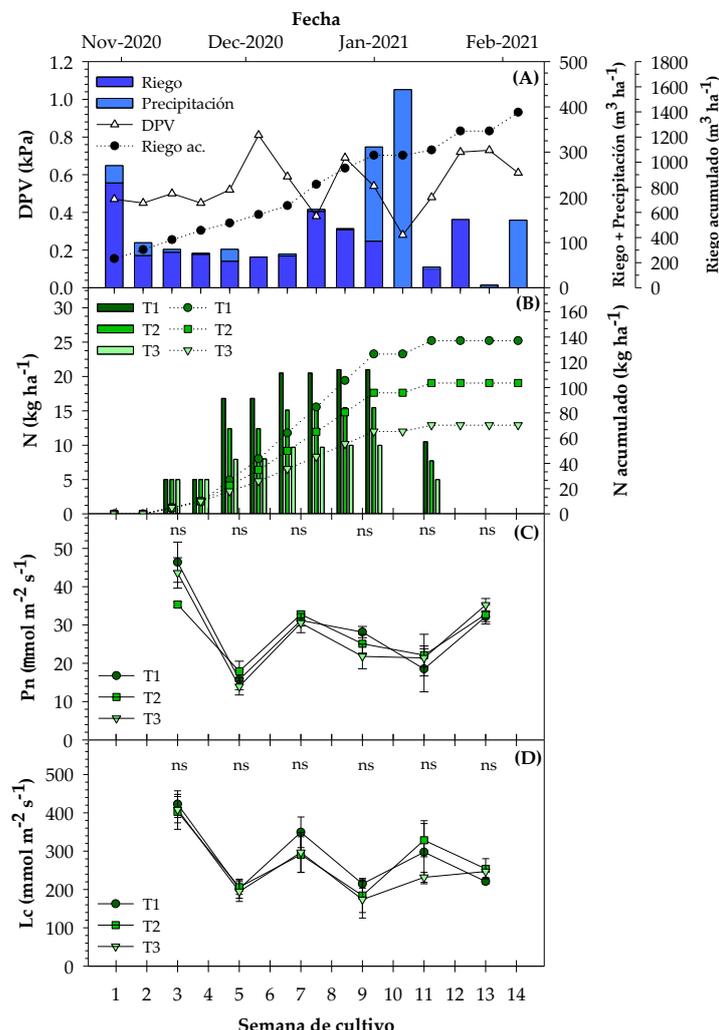


Figura 1. Evolución de las (A) condiciones climáticas y riego aplicado, (B) distribución del aporte de N e intercambio gaseoso foliar: (C) fotosíntesis neta y (D) conductancia foliar, durante el ciclo de cultivo de plantas de brócoli sometidas a distintos aportes de nitrógeno. Medias±error estándar. n=4. ns: sin diferencias significativas, según ANDEVA (p<0,05).

Tabla 1. Rendimiento y características físicas de las pellas recolectadas*.

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Peso (g)	Perímetro (cm)	Pella/Planta (g/g)	Materia seca (%)
T1	21,01±1,90 a	525,2±47,6 a	53,2±1,3 a	0,41±0,02 a	10,08±0,17 a
T2	20,36±0,96 a	509,0±23,9 a	51,1±0,9 a	0,40±0,01 a	10,04±0,34 a
T3	19,69±1,60 a	492,3±40,1 a	51,4±1,0 a	0,41±0,01 a	9,95±0,33 a

* Medias ± error estándar. n=4. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos para una misma columna, según la prueba de Duncan (p<0,05).