

Efecto de la fertirrigación fosforada en el crecimiento y absorción de nutrientes de la coliflor

M.J. Gil¹, M. Ribó², F. Tarazona², R. Bartual², C. Baixauli³ y F. Pomares²

¹ Universidad Miguel Hernández. E. P. S. de Orihuela. Ingeniería Técnica Agrícola

² IVIA. Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Moncada (Valencia)

³ Fundación Ruralcaja. Paiporta (Valencia)

Palabras clave: biomasa, fertirrigación, fósforo, *Brassica oleracea*

Resumen

En un ensayo de fertirrigación fosforada realizado en las parcelas experimentales de la Fundación Ruralcaja, en Paiporta (Valencia), con diferentes dosis de fósforo (0, 50, 100 y 150 kg P₂O₅/ha) para evaluar su efecto sobre diferentes cultivos hortícolas, se ha estudiado cuantitativamente el ritmo de crecimiento y absorción de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en la coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) cv. Daydream de ciclo largo, con una densidad de 2 plantas/m². Durante el ciclo de cultivo se realizaron muestreos de plantas cada 3 semanas para determinar la materia seca y el contenido de macronutrientes en los diferentes órganos vegetativos de la planta (raíces, tallos, hojas y pellas) en dos de los tratamientos: el testigo (P0) y la dosis intermedia de abonado (P2). También se determinó la producción de biomasa y la absorción de nutrientes al final del ciclo de cultivo en todos los tratamientos de abonado fosforado.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocido el efecto negativo que tiene la sobrefertilización sobre la calidad de las cosechas (Evers, 1994; Batelliani, 2007), así como el fuerte impacto ambiental que puede generar. Sin embargo, la fertirrigación es una práctica agronómica que aumenta la eficacia y el aprovechamiento de los fertilizantes, pues permite dosificar su aplicación de acuerdo a las necesidades de la planta, evitando así pérdidas indeseables de nutrientes por lixiviación o escorrentía (Batilliani y Ferreres, 1999).

La información experimental correspondiente al ritmo de absorción de nutrientes por el cultivo resulta de crucial importancia para el cálculo de los programas de fertirrigación. A este respecto, cabe indicar algunos trabajos realizados sobre la absorción de nutrientes por la coliflor en diferentes zonas (Casas, 1994; Rincón et al., 2001; Pomares et al., 2007). Pero, en cambio, son escasos los estudios relacionados con el efecto de la fertilización fosforada en la absorción de nutrientes por la coliflor en nuestras condiciones de cultivo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la fertilización fosforada en el desarrollo y ritmo de absorción de nutrientes en coliflor, con vistas al establecimiento de programas razonados de fertirrigación en este cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo consistió en cuatro dosis de fertilización fosforada (0, 50, 100 y 150 kg P₂O₅/ha), en forma de ácido fosfórico, con denominaciones de P0, P1, P2 y P3, respectivamente. El abonado nitrogenado y potásico fue igual en todas las dosis de fósforo, y consistió en el aporte de nitratos del agua de riego y 200 kg K₂O/ha en forma de sulfato potásico,

respectivamente. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones por dosis de abono, con parcelas elementales de 8 x 12 m.

El cultivo fue coliflor de ciclo largo (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) cv. Daydream, obtenido en semillero y transplantado el 6/10/04, con marco de plantación de 1 x 1 m (al tresbolillo), con doble fila de plantas por caballón, con una densidad de plantación de 2 plantas/m².

Las características del suelo eran: textura franca, pH básico (8,2 - 8,3), materia orgánica 1,3 - 1,7%, CE ext. 1:5 entre 0,27 y 0,32 dS/m, fósforo asimilable (método Olsen) 43 mg/kg y potasio asimilable (método extracto de acetato amónico) 340 mg/kg.

El agua utilizada para el riego procedía de pozo, y presentó una CE de 2,53 dS/m, y un contenido de nitratos de 364 mg/kg. El agua se aportó mediante un sistema de riego por goteo. La incorporación de fertilizantes se realizó a través del sistema de riego. El fraccionamiento de la fertirrigación se realizó siguiendo los criterios indicados por Pomares et al. (2007).

Las plantas se muestrearon cada 21 días aprox., mediante la recogida de 3 plantas enteras de cada una de las parcelas elementales correspondiente a las dosis P0 y P2. Y al final del cultivo, se tomaron de plantas completas en las 12 parcelas elementales del ensayo. Las plantas muestreadas se fraccionaron en los diferentes órganos vegetativos: hojas, tallos, raíces y pellas, se pesaron para obtener el peso fresco de las muestras, se lavaron y desecaron en estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante, y por último, una vez secas, se trituraron para su posterior caracterización físico-química, siguiendo los métodos del MAPA, (1986) o ligeras modificaciones.

Los resultados se evaluaron mediante análisis de la varianza, considerando tratamientos y bloques como únicas fuentes de variación, mediante el Programa Statgraphics Plus.

RESULTADOS

Producción de biomasa seca

La Tabla 1 muestra el ritmo de producción de materia seca a lo largo del ciclo de cultivo, en los tratamientos P0 (testigo) y P2 (dosis intermedia). Puede observarse que el peso de materia seca de todos los órganos aumentó progresivamente con el crecimiento del cultivo, aunque en el caso del tallo y las hojas se registró una ligera disminución al final del cultivo (a partir de los 146 días del trasplante). Considerando la biomasa del último muestreo, el efecto de la fertilización fosforada resultó mayor en los tallos que en los restantes órganos, y considerando a la biomasa total el aumento derivado del fósforo fue del 17%.

En cuanto al efecto de las distintas dosis de fósforo sobre la cantidad de materia seca producida por los órganos de la coliflor al final del ciclo de cultivo (Tabla 2), puede apreciarse que a pesar de que no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, sí que se constató una tendencia clara a aumentar la cantidad de biomasa seca con las progresivas dosis de fósforo aplicadas, particularmente en los tallos y hojas y biomasa total. Aunque la mayor respuesta se obtuvo entre la dosis baja de fósforo (P1) y el testigo (P0).

Ritmo de absorción de nutrientes por las plantas

Respecto a la cantidad de nitrógeno absorbido por los órganos vegetativos de la coliflor a lo largo del ciclo (Tabla 3), se puede observar que la absorción de este elemento aumentó progresivamente con el crecimiento del cultivo, produciéndose un pequeño descenso del ritmo de absorción al final del ciclo, en todas las partes de la planta, a excepción de las pellas.

La adición de fertilizante, estimuló la absorción de nitrógeno en todos los órganos del cultivo, excepto en las raíces, con un incremento en la absorción total de la planta del 18%.

Los valores obtenidos con aplicación de fertilizante fosforado están dentro del rango

obtenido por Everaarts et al. (1996), entre 200 y 250 kg N/ha, pero resultaron algo más bajos que los encontrados por Casas (1994) y Rincón et al. (2001).

En el caso del fósforo, según los resultados mostrados en la Tabla 4, se observó que la adición de este elemento favoreció considerablemente su absorción por los distintos órganos de la planta, con un aumento en la absorción total del 84%, con respecto al tratamiento testigo. Estos niveles de fósforo hallados tanto en la parte comercial del cultivo como en la planta completa, fueron bastante superiores a los citados por Lorenz y Vittum (1980). Y en la fase de mayor crecimiento de las pellas (3 semanas finales), se originó una disminución considerable en la cantidad de fósforo absorbida por algunos órganos de la planta, particularmente, las hojas, lo que pone de manifiesto la contribución de las hojas como órgano de reserva nutricional en la formación de las pellas.

El ritmo de absorción de potasio (Tabla 5) indica que tanto en las hojas como en los tallos la absorción fue aumentando hasta la fase de crecimiento de la inflorescencia, mientras que en las raíces y las pellas esta tendencia se mantuvo hasta el final del ciclo de cultivo. El efecto del fósforo sobre la absorción de potasio resultó mayor en los tallos (con un 68% de aumento), mientras que en el resto de órganos este incremento fue más moderado (entre 5 y 23%). Estos resultados son discordantes con los obtenidos por Peck y Mac Donald (1986), ya que estos autores constataron que en un cultivo de coliflor al recibir fertilización con superfosfato concentrado se produjo una disminución en el contenido de potasio foliar.

En cuanto a los resultados obtenidos para el magnesio (Tabla 6), se puede observar que en todos los órganos de la planta se registró una absorción muy escasa de este elemento, particularmente, durante la primera fase de crecimiento del cultivo. Las hojas fueron los órganos que mostraron las absorciones más altas en magnesio durante todas las fases del cultivo. Considerando los resultados de la absorción correspondiente al último muestreo, la influencia del abonado fosforado resultó mayor en los tallos y hojas, registrándose incrementos del 67 y 63%, respectivamente, mientras que en la totalidad de la planta, la aplicación del fósforo causó un aumento de absorción de magnesio del 45%.

Respecto al calcio (Tabla 7), puede observarse que todos los órganos de la coliflor siguieron un patrón similar, consistente en un progresivo aumento de la absorción de calcio a medida que el crecimiento del cultivo fue avanzando. Los tallos fueron los que presentaron una mayor respuesta a la adición de fósforo, pues la absorción de este nutriente se vio aumentada en un 67% con respecto al testigo.

Efecto del abonado en el contenido de macronutrientes al final del ciclo de cultivo.

Los contenidos de macronutrientes en cada uno de los órganos de la coliflor al final del ciclo de cultivo para todas las dosis de abonado ensayadas se muestran en la Tabla 8. Como puede observarse, se registraron unas diferencias considerables en el contenido de fósforo de los tratamientos de aplicación de fósforo con respecto al testigo en todos los órganos de la coliflor, con significación a nivel estadístico entre los tratamientos P1 y P0, y con escasas diferencias a dosis superiores a P1. En otros nutrientes como el potasio y magnesio no se obtuvo un patrón de variación definido, y en los casos del nitrógeno y calcio no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

DISCUSIÓN

En relación a la biomasa generada en las plantas de coliflor, el abonado fosforado produjo una respuesta positiva y de bastante consideración en todos los órganos de la planta.

La adición del fertilizante fosforado incrementó de forma significativa los contenidos de algunos macronutrientes: el fósforo en todos los órganos vegetativos del cultivo, y el K y Mg en los tallos y hojas.

En cuanto a la absorción de nutrientes, la dosis intermedia de fertilizante (P2) generó, con respecto al testigo (P0), un aumento en la absorción de macronutrientes, particularmente de fósforo. Las cantidades totales de macronutrientes en kg/ha absorbidas por el cultivo en el tratamiento P2 fueron: 249 de N, 39,7 de P, 289 de K, 170 de Ca y 26,4 de Mg.

Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo financiero de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana.

Referencias

- Batellani, A. 2007. Control de la calidad de frutas y hortalizas por medio de la fertirrigación. *Actas Horticultura* 49: 15-32.
- Batellani, A. and Ferreres, E. 1999. The use of decision support systems to manage fertigation and to minimize environmental effects: a challenge for the future. *Acta Hort.*, 487: 547-556.
- Casas, J.J. 1994. Extracción de nutrientes por el cultivo de la coliflor e riego a surcos y por goteo. Trabajo Fin de Carrera. UPV-EUITA, Valencia.
- Evers, A.M. 1994. The influence of fertilisation and environment on some nutritionally important quality criteria in vegetables – a review of research in the Nordic countries. *Agr. Sci. in Finland* 3: 177-187.
- Everaarts, A.P. y De Moel, C.P. 1997. The effect of nitrogen on phosphorus and potassium removal by cauliflower. *Gartenbauwissenschaft* 62 (3): 133-137.
- Lorenz, O.A. and Vittum, M.T. 1980. Phosphorus nutrition of vegetable crops and sugar beets. En: *The role of Phosphorus in Agriculture*. 737-762.
- Peck, N.H. y MacDonald, G.E. 1986. Cauliflower, broccoli, and Brussels sprouts responses to concentrated superphosphate and potassium chloride fertilization. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(2): 195-201.
- Pomares, F., Baixauli, C., Bartual, R., Ribó, M. 2007. El riego y la fertirrigación de la coliflor y el brócoli. En: *El Cultivo de la Coliflor y el Brócoli*. Maroto, J.V., Pomares, F. Baixauli, C. (eds.). Fundación Ruralcaja/Mundi-Prensa. pp. 157-198.
- Rincón, L., Pellicer, C., Sáez, J., Abadía, A., Pérez, A., Marín, C. 2001. Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. *Invest. Prod. Prot. Veg.* 16 (1): 119-130.

Tabla 1. Efecto de la fertilización fosforada en la evolución de la materia seca seca (kg/ha) de los diferentes órganos de la coliflor.

Días a partir del transplante	Raíces		Tallos		Hojas		Pellas		Total	
	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2
34	16,2	19,3	9,2	14,8	94,1	142			120	176
62	114	130	81,5	103	442	534			637	767
89	254	275	272	273	2143	1888			2669	2436
119	418	478	501	628	3088	4058			4007	5163
146	614	673	480	563	3425	5623	391	382	4909	7241
166	839	962	362	483	3141	3651	1727	2033	6069	7129

Tabla 2. Efecto del abonado en la producción de materia seca en los órganos de la coliflor al final del ciclo de cultivo

Tratamientos	Raíces	Materia seca (kg/ha)				Total
		Tallos	Hojas	Pellas		
P0	839a	362a	3141a	1727a	6069a	
P1	849a	463a	3411a	2154a	6876a	
P2	962a	483a	3651a	2033a	7129a	
P3	880a	533a	3777a	1988a	7179a	

Tabla 3. Efecto de la fertilización fosforada en el ritmo de absorción de nitrógeno (kg N/ha) por los órganos de la coliflor

Días a partir del transplante	Raíces		Tallos		Hojas		Pellas		Total	
	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2
34	0,3	0,5	0,2	0,3	4,5	6,9			5,00	7,70
62	2,6	3,1	2,9	3,7	19,1	24,6			24,6	31,3
89	5,3	6,0	10,8	10,5	66,2	62,3			82,3	78,9
119	9,1	10,1	17,1	22,1	135	140			161	172
146	13,0	14,0	11,9	14,0	130	197	20,9	21,9	176	247
166	20,6	19,1	14,2	16,0	88,6	111	87,7	103	211	249

Tabla 4. Efecto de la fertilización fosforada en el ritmo de absorción de fósforo (kg P/ha) por los órganos de la coliflor

Días a partir del transplante	Raíces		Tallos		Hojas		Pellas		Total	
	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2
34	0,10	0,10		0,10	0,30	0,70			0,40	0,80
62	0,50	0,60	0,30	0,50	2,30	3,30			3,10	4,30
89	0,80	0,90	0,90	1,20	6,40	6,40			8,10	8,50
119	1,60	2,00	2,70	3,90	15,1	19,9			19,4	25,7
146	1,10	1,60	1,70	2,60	14,7	24,7	3,00	4,40	20,5	33,3
166	1,70	2,20	1,40	2,70	7,60	15,2	11,0	19,6	21,6	39,7

Tabla 5. Efecto de la fertilización fosforada en el ritmo de absorción de potasio (kg K/ha) por los órganos de la coliflor

Días a partir del transplante	Raíces		Tallos		Hojas		Pellas		Total	
	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2
34	0,50	0,70		0,80	3,90	7,30			4,30	8,70
62	3,00	1,10	4,20	4,60	21,6	21,5			28,8	27,1
89	5,20	5,90	11,9	13,1	75,9	85,3			93,0	104
119	8,50	7,10	21,8	29,1	91,4	148			122	184
146	13,7	17,1	18,6	24,8	144	209	13,9	16,1	190	267
166	21,2	22,5	15,7	26,4	138	169	67,1	70,3	242	289

Tabla 6. Efecto de la fertilización fosforada en el ritmo de absorción de magnesio (kg Mg/ha) por los órganos de la coliflor

Días a partir del transplante	Raíces		Tallos		Hojas		Pellas		Total	
	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2
34	0,10	0,10			0,50	0,80			0,60	0,90
62	0,30	0,30	0,10	0,20	2,00	2,20			2,40	2,70
89	0,30	0,30	0,40	0,50	8,10	8,90			8,90	9,70
119	1,10	1,30	0,70	1,20	14,8	15,0			16,6	17,5
146	3,00	3,50	0,80	1,00	10,3	20,8	0,30	0,40	14,4	25,7
166	3,70	4,00	1,20	2,00	10,8	17,6	2,40	2,70	18,2	26,4

Tabla 7. Efecto de la fertilización fosforada en el ritmo de absorción de calcio (kg Ca/ha) por los órganos de la coliflor

Días a partir del transplante	Raíces		Tallos		Hojas		Pellas		Total	
	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2	P0	P2
34	0,10	0,10	0,10	0,10	3,10	4,60			3,30	4,80
62	1,30	1,40	0,80	1,10	12,1	13,8			14,3	16,3
89	2,50	2,00	2,10	2,30	55,1	51,3			59,7	55,7
119	5,00	7,00	3,10	5,30	90,8	100			98,9	113
146	6,30	7,70	5,60	6,70	71,6	145	1,20	1,50	84,7	160
166	5,90	6,10	3,90	6,50	105	149	7,90	8,50	122	170

Tabla 8. Efecto del abonado fosforado en el contenido de macronutrientes en los órganos de la coliflor al final del cultivo

Dosis de fósforo	Contenido de macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Raíces					
P0	2,42a	0,20a	2,50ab	0,70a	0,45a
P1	2,24a	0,25ab	2,71b	0,67a	0,42a
P2	1,99a	0,23a	2,33a	0,63a	0,41a
P3	2,13a	0,29b	2,51ab	0,76a	0,38a
Tallos					
P0	4,06a	0,38a	4,34a	1,07a	0,34a
P1	3,65a	0,50b	5,22b	1,35a	0,43b
P2	3,48a	0,56b	5,40b	1,31a	0,42b
P3	3,48a	0,55b	4,67ab	1,36a	0,41b
Hojas					
P0	2,89a	0,25a	4,42a	3,15a	0,34a
P1	3,17a	0,45b	5,20b	3,41a	0,41ab
P2	3,04a	0,41b	4,65a	3,88a	0,47b
P3	2,97a	0,41b	4,61a	3,35a	0,41ab
Pellas					
P0	5,10a	0,63a	3,95a	0,46a	0,13a
P1	5,10a	1,00b	4,50a	0,39a	0,13a
P2	5,10a	0,96b	4,44a	0,41a	0,13a
P3	5,24a	0,90b	4,88a	0,42a	0,14a