

INCREMENTO DE CALIDAD Y MENOR COSTO DE PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) MEDIANTE NUTRICIÓN BALANCEADA VÍA FERTIRRIEGO

INCREASE IN QUALITY AND LOWER PRODUCTION COST OF BROCCOLI (*Brassica oleracea* L.) THROUGH BALANCED NUTRITION VIA FERTIRRIGATION

Vivanco-Estrada, R.A.¹; Gavi-Reyes, F.^{2*}; Razo-Contreras, D.³; Sánchez-Rodríguez, E.¹; Coria-Téllez, A.¹

¹El Colegio de Michoacán, A.C., Cerro de Nahuatzen 85, Fraccionamiento Jardines del Cerro Grande, C.P. 59370, La Piedad, Michoacán. ²Postgrado de Hidrociencias, Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230. ³Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad Km 44 Predio "El Derramadero", Pénjamo, Guanajuato, México.

*Autor de correspondencia: gavi@colpos.mx

RESUMEN

El brócoli (*Brassica oleracea* L.) es una hortaliza de importancia económica y nutricional debido a sus propiedades alimenticias y medicinales. El tamaño del florete es su principal carácter comercial. Diversos estudios han demostrado que la aportación de fertilizantes a través del riego, mejora la producción y eficiencia de la planta. Con base en lo anterior, el objetivo fue determinar el rendimiento y calidad del florete, la eficiencia de uso de nitrógeno y costo de producción de un cultivo de brócoli, obtenido bajo un programa de nutrición vegetal especializada usando como testigo el programa tradicional de fertilización que acostumbra el productor, en un lote comercial con riego por goteo en el Estado de Querétaro, México. El primer tratamiento consistió en aplicaciones de una mezcla física comercial con análisis 21-17-3 (N, P₂O₅, K₂O) y fertilizantes solubles de acuerdo a la demanda nutrimental de la planta identificada mediante análisis foliar, mientras que el segundo tratamiento se fertilizó semanalmente con un producto comercial conocido como N-22 (22% de N) a base de nitrato y amonio, NPK y Ca(NO₃)₂. Los resultados indicaron mayor producción de brócoli de clase I con el tratamiento de nutrición vegetal especializada (49.7%) respecto al manejo tradicional del productor (26.8%). Para la producción clase II, el tratamiento nuevo obtuvo 50.2% comparado con 73.1% del tradicional. La calidad, rendimiento y eficiencia nutrimental del brócoli se incrementó con el programa de nutrición vegetal especializado, que también resultó más barato, en relación con el manejo tradicional de fertilización del productor.

Palabras claves: hortaliza, nutrición vegetal especializada, fertilización.

ABSTRACT

Broccoli (*Brassica oleracea* L.) is a vegetable of economic and nutritional importance due to its dietary and medicinal properties. The size of the floret is its main commercial character. Various studies have shown that the contribution of fertilizers through irrigation improves the plant's production and efficiency. Based on this, the evolution of vegetative growth, quality, and production cost of a broccoli crop fertilized with 21N-17P-3K and fertirrigated with soluble fertilizers in balanced



Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 9, septiembre. 2017, pp: 15-19.

Recibido: noviembre, 2016. **Aceptado:** julio, 2017.

form was analyzed, in a commercial plot in the state of Querétaro, México. The experimental design consisted of one control and one treatment with balanced nutrition. The first had weekly applications of N-22, NPK and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, while the experimental one received 21-17-3 and soluble fertilizers according to the stage and nutritional demand of the plant identified through foliar analysis. The results obtained indicate that there was higher broccoli production of class I with the treatment proposed (49.7 %) versus 26.8 % for the control. For production class II, the treatment proposed obtained 50.2 % compared to 73.1 % of the control. The cost for fertilizers for the balanced nutrition treatment was 7.1 % less expensive than the control. With the results obtained it is suggested that the quality and production of a broccoli crop can be increased by using soluble fertilizers following a program of specialized balanced plant nutrition.

Keywords: vegetable, specialized plant nutrition, fertilization.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca "San Clemente" (20° 30.185' N - 100° 4.366' O) en el Estado de Querétaro, México. Las plantas de brócoli (*Brassica oleracea* L.), se obtuvieron en semillero y trasplantaron el 26 de Marzo de 2013, a una densidad de 7.2 plantas m^{-2} (líneas pareadas, 0.4 m entre las filas de cada línea y 0.3 m entre las plantas de cada fila). La superficie total de cultivo con el tratamiento NVE fue de 0.25 ha^{-2} , dentro de la cual se establecieron catorce surcos de 0.75 m de separación entre ellos y 100 m de longitud. El área experimental se ubicó en la parte central de una tabla de 7 ha, la cual sería el testigo absoluto a comparar, es decir el tratamiento MFP.

La fertilización de base se realizó cuatro días antes de la siembra, en el tratamiento NVE con 312 kg ha^{-1} de una mezcla física comercial de análisis 21-17-3, y en el tratamiento MFP con 400 kg ha^{-1} de la mezcla física (17-23-12) a base de Sulfato de Amonio (20-00-00), Fosfonitrato (33-03-00), Cloruro de Potasio (00-00-50) y Fosfato Diamónico (18-46-00).

La fertilización durante el crecimiento y desarrollo se llevó a cabo como se describe a continuación. En el tratamiento NVE la nutrición vía fertirrigación se hizo manteniendo en el agua de riego concentraciones conforme la demanda y etapa fenológica del brócoli identificada mediante análisis foliar, usando productos solubles de especialidad (conocidos como Ultrasol™) como se indica en el Cuadro 1. En el tratamiento testigo MFP la fertilización vía fertirriego, se realizó semanalmente desde los 14 días después del trasplante hasta siete días antes

INTRODUCCION

El brócoli (*Brassica oleracea* L.) es una hortaliza de importancia económica a nivel mundial debido a sus valores alimenticios y medicinales. Tanto las hojas como la inflorescencia (florete) tienen alto valor nutricional por sus contenidos de proteínas, carbohidratos, fibra, calcio y hierro, entre otros (Yanaguchi, 1983). El tamaño del florete es el principal carácter comercial en el brócoli (Wescott y Callan, 1990), por lo que las evaluaciones de rendimiento y calidad de florete son esenciales para elegir cultivares que cumplan con los estándares del mercado (Sterrett *et al.*, 1990). Diversos estudios han demostrado que la aportación de fertilizantes a través del riego localizado de alta frecuencia mejora la producción y la eficiencia del uso de los nutrientes por la planta de brócoli (Letey *et al.*, 1983; Beverly *et al.*, 1986; Hipp, 1973). Las ventajas de la fertirrigación se basan en la posibilidad de aplicar los nutrientes directamente a la zona radicular, permitiendo controlar la concentración en la solución del suelo y la dosificación según demanda y etapa fenológica de la planta. La mayoría de los estudios sobre la fertilización del brócoli se han centrado en el suministro de N para obtener el rendimiento máximo, el cual se han logrado en un amplio rango de dosis, desde 540 (Magnifico *et al.*, 1979) y 400 kg N ha^{-1} (Greenwood *et al.*, 1990) hasta 250, 270 y 224 kg N ha^{-1} reportados por Kowalenko y Hall (1987), Letey *et al.* (1983) y Hipp (1973), respectivamente. A pesar de los trabajos realizados, la información sobre la absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes etapas del crecimiento del brócoli es escasa para las condiciones de producción de Querétaro, México; los datos disponibles se refieren a valores totales de extracciones principalmente de N, P y K (Magnifico *et al.*, 1979; Letey *et al.*, 1983; Hipp, 1973) y en menor grado de Ca y Mg. El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad y rendimiento de florete, eficiencia de uso de nitrógeno y costo de producción de un cultivo de brócoli, bajo dos manejos de nutrición, abonado de base con el producto 21-17-3 (N, P_2O_5 , K_2O) y aplicación de fertilizantes de especialidad mediante fertirriego como programa de nutrición vegetal especializada (NVE) y el manejo de fertilización del productor (MFP) en Querétaro.

Cuadro 1. Programa de nutrición vegetal especializada vía fertirriego a base de fertilizantes de especialidad.

Etapa Fenológica	Sem.*	Días**	Fertilizante	Aplic. ^a	Fertilizante (kg)	Aporte de Nutrientes					
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₄
Establecimiento	2	14	crecimiento (25-10-10)	3	25	19	8	8			
	Unidades×Etapa					19	8	8			
Desarrollo vegetativo	5	49	crecimiento (25-10-10) mezclado con	16	22	88	35	35			
			Sulfato de magnesio (16MgO+31.7 SO ₄)		8				20	41	
			Nitrato de calcio (15.5-0-26.5)		4	10			17		
	Unidades×Etapa					98	35	35	20	17	41
Producción	4	77	desarrollo (18-6-18) mezclado con	16	25	72	24	72			
			Nitrato de calcio (15.5-0-26.5)		4	10			17		
	Unidades×Etapa					82	24	72		17	
Total						199	67	115	20	34	41

*Semanas de desarrollo. ** Días de desarrollo acumulado. ^aNúmero de aplicaciones durante el periodo.

de la fecha de corte, empleando el producto comercial N-22, complejos NPK y Nitrato de Calcio.

La cosecha de frutos comerciales se efectuó en tres cortes, conforme el procedimiento establecido por el productor el cual consistió en recolección, selección y empaque *in situ*. Para ello se empleó un grupo de corte de nueve personas (para cubrir siete surcos por vuelta) y otro grupo de 10 personas para selección y empaque. La clasificación de calidad se hizo conforme los estándares establecidos para el mercado de exportación en fresco (Primera o Clase I: 6"×6" con 24 piezas×caja; Segunda o Clase II: 5"×5" con 28 piezas por caja; Recorte: menor a 5"). En cada corte se determinó el número y peso de cajas por Clase (considerando lotes de cinco cajas). En el segundo corte se tomaron muestras de planta completas para la evaluación del status nutrimental, acumulación de N y características físicas de la planta (raíz y tallo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y calidad de floretes

La cosecha inició a los 84 días después del trasplante, tiempo en el que se recolectaron los floretes comerciales en las tres categorías de clasificación (primeras, segundas y recorte).

La cosecha de cajas de clase primera fue más alta con el programa de NVE (49.7 %) que con el MFP (26.8 %). De manera inversa, con el MFP se obtuvo una mayor cantidad de cajas de segunda, 22.9% más de lo obtenido con

NVE. Esta misma tendencia se observó en el recorte. En el Cuadro 2 se presentan el número de cajas conforme el tamaño de clasificación de las inflorescencias y el peso medio de las mismas para cada corte.

El peso de florete se incrementó de 487 a 508 y de 403 a 410 g pieza⁻¹ con el NVE respecto al MFP, respectivamente.

Aporte nutrimental de los tratamientos

En el periodo de cultivo, para el tratamiento de NVE la fertilización total fue equivalente a 266, 121, 124 y 34 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O y Ca, respectivamente. La diferencia entre este tratamiento y el tradicional del agricultor (MFP), además de las fuentes de nutrimentos, fue la disminución en las unidades aportadas de N y K (en 54 y 82 kg ha⁻¹) e incremento en las aportaciones de P y Ca (en 28 y 13 kg ha⁻¹). Tradicionalmente se ha visto al brócoli como un cultivo altamente demandante de N y se ha tratado de relacionar su potencial productivo con altas dosis de éste; sin embargo, existen registros que generan amplios rangos de dosificación, como por ejemplo: Magnifico *et al.* (1979) señala 540 kg N ha⁻¹ como adecuados, que contrasta con lo anotado por Kowalenko y Hall (1987), Letey *et al.* (1983) y Hipp (1974), quienes aplicaron 250 y 270 y 224 kg N ha⁻¹, respectivamente, para una producción eficiente de brócoli. Lo anterior produce un rango de 316 kg de N en la fertilización, lo cual sugiere un amplio reto para recomendar la mejor dosis y eficiencia del uso de nitrógeno, considerando los sitios y variedades de brócoli.

Cuadro 2. Producción de floretes obtenida con el Manejo de Fertilización del Productor (MFP) y el programa de Nutrición Vegetal Especializada (NVE).

Tratamiento	Corte	Primera		Segunda		Recorte
		Núm. cajas	Peso promedio de caja (kg)	Núm. cajas	Peso promedio de caja (kg)	Núm. cajas
MFP	1	10	10.9 b	66	10.9 a	30
	2	20	12.2 a	26	11.5 a	5
	3	7	12.2 a	9	11.5 a	6
		37	11.7	101	11.3	41 a
		26.8% b		73.1% a		
NVE	1	47	12.2 a	53	11.6 a	23
	2	31	12.3 a	22	11.5 a	3
	3	9	12.3 a	13	11.5 a	8
		87	12.2	88	11.5	34 b
		49.7% a		50.2% b		

Valores con la misma letra en la columna, no presentan diferencia significativa (Tukey<0,05).

Características físicas de la planta y calidad del producto

De manera general el aspecto del brócoli fue similar en ambos tratamientos (NVE y MFP); sin embargo, con el NVE se registró mayor grosor de tallo respecto al testigo y no hubo separaciones entre brazos (florete más compacto) que puede ser más una cualidad fenotípica de la variedad que resultado del manejo. La Figura 1 presenta la apariencia del cultivo de brócoli, bajo el manejo de NVE.

Tradicionalmente se tiene el temor a la aplicación de K en los brócolis, ya que reduce el tiempo de las etapas fenológicas y con ello se adelanta la aparición de la floración; en este estudio se aportaron cantidades relativamente altas de dicho nutrimento y no se presentó la situación mencionada.

El principal defecto encontrado fue tallo hueco en ambos tratamientos estudiados, aunque con el programa de NVE el porcentaje de inflorescencias con daño fue menor al observado con el MFP (20%). Dicho

defecto es común en la variedad usada; también se puede atribuir a

la fecha de plantación, la cual no fue la óptima para el brócoli.



Figura 1. Desarrollo vegetativo del Brócoli (*Brassica oleracea* L.) cultivado con el programa de nutrición vegetal especializada.

En cuanto a la acumulación de nitrógeno en la planta, se registró mayor valor con el tratamiento NVE, asimismo se observó que con este tratamiento la eficiencia de uso de nutrimentos fue significativamente mayor ($\alpha=0.05$) respecto al tratamiento MFP.

Costos de la fertilización

En la fertilización de base, el costo promedio por ha para el tratamiento NVE que llevó 312 kg ha⁻¹ de la mezcla con análisis 21-17-3, fue de \$ 2558.40, \$ 82.00 menos respecto al tratamiento MFP que llevó 400 kg ha⁻¹ de mezcla 17-23-12. Es importante indicar que el desarrollo de la planta en su etapa inicial fue similar en ambos tratamientos bajo estudio.

Para la aplicación del fertilizante mediante riego localizado no se contó con el precio real de N-22, por lo que el costeo se hizo con base en un precio similar al de un Fosfonitrato. El tratamiento MFP que en total representó aplicar 252, 0, 158 y 21 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O y Ca, respectivamente tuvo un costo de \$ 12,218.00, el cual resultó superior en \$ 862.00 respecto del tratamiento NVE. En resumen, el tratamiento NVE fue \$ 944.00 más barato que el tratamiento MFP.

CONCLUSIONES

La calidad, la producción y la eficiencia de uso de nitrógeno del brócoli se incrementaron con el programa de nutrición vegetal especializado (NVE), con base en fertilizantes solubles de alta calidad, y un ahorro de 7.1% en el costo de la fertilización respecto al manejo de fertilización tradicional (MFP).

LITERATURA CITADA

- Beverly, R.B., W.M. Jarrell, and J. Letey. 1986. A nitrogen and water response surface for sprinkler-irrigated broccoli. *Agron. J.* 78:91-94.
- Greenwood, D.J. 1990. Production or productivity, the nitrate problem?. *Ann Appl Biol* 117: 209-231.
- Hipp, B.W. 1973. Influence of nitrogen and maturity rate on hollow stem in broccoli. *HortScience* 9: 68-69.
- Kowlenko, C.G., and J.W. Hall. 1987. Effect of nitrogen application on direct seeded broccoli from a single harvest adjusted for maturity. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 112: 9-13.
- Letey J., W.M. Jarrell, N. Valoras, and R.B. Beverly. 1983. Fertilizer application and irrigation management of broccoli production and fertilizer use efficiency. *Agron. J.* 75: 502-507.
- Magnifico, V., V. Lattanzio, and G. Sarli. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:201-203.
- Sterrett, S.B., J.W. Mapp, and C.W. Coale. 1990. Feasibility of broccoli as a new enterprise. A systems approach. *HortScience* 25:638-641.
- Westcott, M.P., and N.W. Callan. 1990. Modeling plant population and rectangularity effects on broccoli head weights and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:893-897.
- Yanaguchi, M. 1983. *World Vegetable Principles, Production and Nutritive Values*. AVI Publishing Company, INC. West Port, Connection, USA. 405 p.

