

MONITOREO NUTRIMENTAL Y FERTILIZACION NITROGENADA: BASES PARA ALTOS RENDIMIENTOS Y CALIDAD DE BROCOLI CULTIVADO EN VERTISOLES RICOS EN POTASIO DE LA PARTE CENTRAL DE MEXICO1

Javier Z. Castellanos*, Ignacio Lazcano F. **, Anacleto Sosa Baldibia, Vicente Badillo y Salvador Villalobos

En el centro de México se cultivan más de 27,000 ha de brócoli en más de dos temporadas al año, que producen la mayor parte del brócoli que se exporta a Canadá, Japón y Estados Unidos. Para obtener altos rendimientos y buena calidad en el cultivo del brócoli, se requiere de un cuidadoso manejo de los nutrientes, para lo cual es necesario tener conocimiento de la demanda nutrimental del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas. En la actualidad los estándares para juzgar el nivel nutrimental del brócoli en el Bajío (centro de México) se basan en literatura extranjera generada para Australia (Reuter y Robinson, 1986) ó Estados Unidos (Jones et al, 1991) en donde las condiciones de clima y suelo y las variedades mismas difieren de las que se cultivan en esta región agrícola. Además, no existe información sobre la disponibilidad de los nutrientes en los suelos Vertisoles del Bajío.

En respuesta a esta deficiencia de información, varios investigadores estudiaron el efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento, acumulación de nutrientes y demanda por el brócoli a través de su ciclo de crecimiento en esta región.

En el estudio también se determinaron los niveles normales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en la planta de brócoli durante toda la época de crecimiento.

Desde 1996 hasta 1998 se llevaron a cabo tres experimentos de campo, cerca de Celaya, Guanajuato, en suelos franco arcillosos y arcillosos con un contenido de 2 a 2.2 por ciento de materia orgánica, 11 a 20 partes por millón (ppm) de fósforo, 600 a 900 ppm de potasio y en un intervalo de pH de 7.4 a 7.6.

Durante 1996 y 1997, fueron aplicadas distintas dosis de nitrógeno (0 a 400 kg/ha), fraccionadas de la siguiente forma: 20 % al momento de la siembra, 40 % treinta días después de la siembra y 40 % cuarenta y cinco días después de la siembra. A todos los tratamientos se les aplicó 80 kg P₂O₅/ha y 300 kg K₂O/ha al momento de la siembra. Durante el tercer año, el nitrógeno y

el potasio fueron inyectados a través de un sistema de riego por goteo de acuerdo a la curva de demanda del cultivo y el fósforo fue agregado al momento de la siembra. Se incluyeron tratamientos con variaciones en la dosis de fósforo y potasio con un nivel de nitrógeno considerado óptimo para el crecimiento del cultivo.

Acumulación y demanda de nutrimentos

En la figura 1a y 1b se presenta la acumulación de biomasa total (BT) y nutrimentos en valores relativos en donde 100 corresponde al valor máximo alcanzado durante el ciclo del brócoli en 1996.

Se puede notar que la acumulación de materia seca fue lenta al principio del desarrollo y comenzó a incrementarse aceleradamente desde el estado de 12 hojas hasta la precosecha (en este período se acumuló 73% del total de materia seca).

Figura 1a Curvas relativas de acumulación de biomasa (MS)total en brócoli cv. Legacy durante su ciclo de cultivo en Celaya 1996.

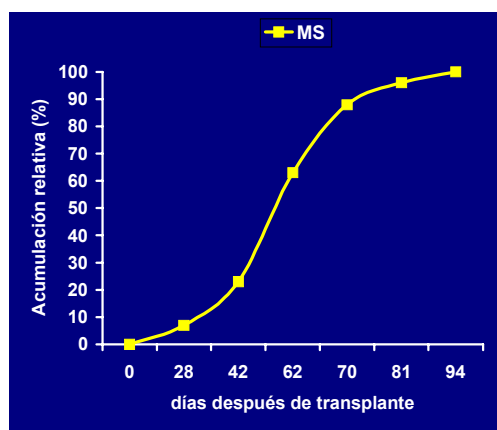
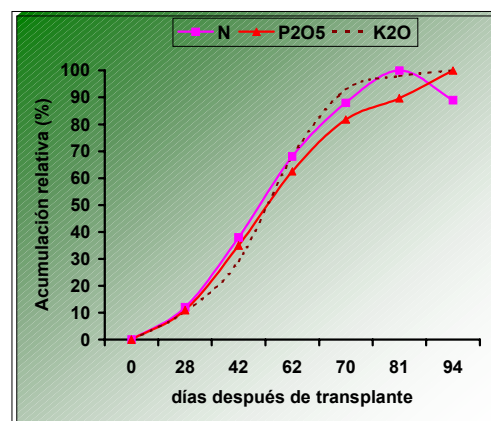


Figura 1b Curvas relativas de acumulación de N, P₂O₅ y K₂O en brócoli cv. Legacy durante su ciclo de cultivo en Celaya 1996.



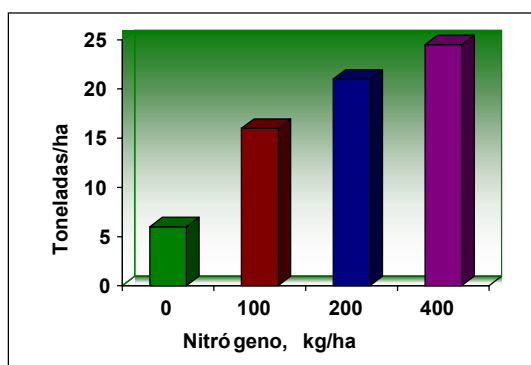
Con respecto a la acumulación de N, P y K se observa la misma tendencia, en los primeros 28 días después del transplante (DDT) se acumuló alrededor del 10% de cada nutriente, pero posterior a la etapa V6 la acumulación nutrimental comenzó a incrementar rápidamente encontrándose que durante el período de 12 hojas a precosecha el cultivo acumuló el 61 % de N, 55 % de P y 69 % de K.

La curva de acumulación de nutrientes es una guía que sirve para aplicar los fertilizantes en el momento que la planta los necesita y de esta forma optimizar el uso de los mismos. Se evitan pérdidas de rendimiento en el cultivo por falta de nutrientes y por otro lado se evitan pérdidas de fertilizantes por lixiviación.

Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento

Los resultados del rendimiento de brócoli (apto para comercialización) obtenidos durante 1998 se muestran en la figura 2. Se encontró una respuesta significativa a la aplicación de nitrógeno arriba de 290 kg/ha. El rendimiento máximo de 24.5 toneladas/ha se obtuvo cuando se aplicaron 400 kg/ha de N. Se observaron tendencias similares durante 1996 y 1997. En otros estudios, los rendimientos máximos reportados van de 10 a 15 ton/ha (Rincón et al., 1997; Doerge and Thompson, 1997), estos autores reportaron una dosis óptima de 250 kg N/ha para obtener un rendimiento de 9.5 ton/ha. En nuestro estudio, la dosis óptima fue mucho mayor como lo fue también el rendimiento, probablemente fue el resultado de condiciones más favorables de crecimiento y suelos ricos en potasio y calcio. No hubo respuesta a la aplicación de fósforo y potasio, ya que el análisis de suelo reportó niveles altos de ambos elementos (P-Olsen de 11 a 20 ppm y K intercambiable mayor de 600 ppm).

Figura 2 Rendimientos de brócoli apto para la comercialización, en respuesta a diversas dosis de nitrógeno, en un sistema de fertirriego durante 1998.



Niveles de suficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en hoja

Se analizó tejido vegetal durante distintas etapas de desarrollo para determinar niveles de suficiencia para nitrógeno y las concentraciones normales de nutrientes para fósforo, potasio, calcio y magnesio. Los resultados del análisis de la hoja más recientemente madura (4ta o 5ta hoja) se muestran en la tabla 1. El porcentaje de nitrógeno total desde las etapas iniciales de crecimiento hasta el inicio del botoneo osciló entre 5.5 - 6.5, reduciéndose a 6 y 5.5 al desarrollo del florete y entre 4 y 5 durante la etapa de precosecha. Valores de suficiencia menores en el desarrollo del florete han sido reportados por otros autores (Reuter and Robinson, 1986; Jones et al., 1991). Las concentraciones de P, K, Ca y Mg también decayeron conforme la planta maduró, pero en la etapa de desarrollo del florete los valores estuvieron dentro del intervalo reportado comúnmente en la literatura.

Tabla 1. Niveles de suficiencia de N-total, N-NO₃ y niveles normales de P, K y Mg en la hoja más recientemente madura de brócoli (intervalos promedio de tres años).

Etapa fenológica	N total	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----					
4-6 hojas	5.5 - 6.5	0.80 - 1.10	0.50 - 0.80	3.50 - 6.50	2.00 - 3.50	0.40 - 0.50
10-12 hojas	5.5 - 6.5	0.60 - 0.80	0.50 - 0.80	3.50 - 6.50	2.00 - 3.50	0.25 - 0.50
Inicio botoneo	5.5 - 6.5	0.35 - 0.60	0.45 - 0.80	3.00 - 5.00	1.00 - 3.50	0.20 - 0.45
Desarrollo florete	5.5 - 6.0	0.30 - 0.50	0.45 - 0.80	3.00 - 4.50	1.00 - 2.50	0.20 - 0.30
Precosecha	4.0 - 5.0	0.25 - 0.40	0.45 - 0.70	3.00 - 3.50	1.00 - 2.50	0.18 - 0.25

Niveles de suficiencia de nitrato, fosfato y potasio en extracto celular y peciolo seco

Los niveles normales de nitrato-N (NO₃-N), fosfato-P (PO₄-P), y K en el peciolo de la hoja más reciente madura se presentan en la tabla 2. Los valores de NO₃-N son similares a los reportados por Doerge y Thompson (1997) y por Gardner y Roth (1989). Los rangos normales de PO₄-P se redujeron levemente al final de la temporada de crecimiento, pero los valores de K se redujeron por la mitad desde el inicio de la temporada hasta la precosecha.

Tabla 2. Niveles de suficiencia de NO₃-N y niveles normales de PO₄-P y K en el peciolo

seco de la hoja mas recientemente madura de brócoli.

Etapa fenológica	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K
	----- % -----		
4-6 hojas	1.50 – 2.00	0.45 – 0.55	6.50 – 9.20
10-12 hojas	0.80 – 1.80	0.35 – 0.50	6.50 – 9.00
Inicio botoneo	0.55 – 1.30	0.30 – 0.50	3.50 – 5.50
Desarrollo florete	0.50 – 0.80	0.30 – 0.45	3.00 – 5.00
Precosecha	0.25 – 0.40	0.30 – 0.40	2.80 – 4.00

En la tabla 3 se presentan los valores para extracto celular del peciolo. Se observa que los valores de nitrato-N son levemente mas altos al inicio del desarrollo que los propuestos por Kubota et al. (1997), pero similares a partir de la mitad hasta el final de la etapa de crecimiento. Literatura que reporte niveles normales de P y K es muy limitada y los datos en la tabla 3 son solo para guía general. Por otro lado, la falta de respuesta del cultivo a estos nutrientes no permite una determinación exacta de los valores críticos en estos experimentos.

Tabla 3. Niveles de suficiencia de NO₃-N y niveles normales de PO₄-P y K en extracto celular del peciolo de la hoja mas recientemente madura de brócoli.

Etapa fenológica	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K
	----- mg/L -----		
4-6 hojas	1,500 – 2,000	130 – 200	4,000 – 6,500
10-12 hojas	1,000 – 1,900	120 – 200	3,000 – 6,000
Inicio botoneo	800 – 1,500	100 – 120	2,500 – 5,500
Desarrollo florete	700 – 1,000	100 – 120	2,500 – 4,000
Precosecha	300 - 600	80 - 120	2,200 – 4,000

La mayoría de las referencias literarias reportan concentración de nutrientes al desarrollo del florete o en plantas maduras, lo cual no permite corrección de las deficiencias durante la etapa de crecimiento del cultivo. Datos sobre el estado nutrimental en las etapas tempranas de crecimiento han probado ser útiles en diagnosticar problemas de deficiencias en tiempo para corregirlas durante la época de crecimiento. Con ayuda de los resultados de este

estudio es posible para los productores de brócoli del bajo monitorear el estado nutrimental del cultivo a lo largo de todo su desarrollo y hacer las correcciones de nutrientes necesarias para así obtener mejores rendimientos.

Bibliografía

- Rincón, L., J. Sáez, J.A. Perez, M.D. Gómez. 1997. Crecimiento y absorción de nutrientes de brócoli. Memorias del Primer Congreso Ibérico de Fertiirrigación. Soc. Española de Ciencias Hortícolas 9185-193. Madrid, España.
- Jones, B., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro Macro Publishing, Inc. Athens, GA. USA.
- Gardner, B.R. and R.L. Roth. 1989. Midbrid nitrate concentrations as a means for determining nitrogen needs of broccoli. Journal of Plant Nutrition. 12:111-125
- Doerge, T.A. and T.L. Thompson. 1997. Optimizing water and fluid nitrogen inputs for subsurface trickle irrigated broccoli and cauliflower. 1997 Fluid Forum Proceedings. Scottsdale, Arizona. Fluid Fertilizer Foundation. p. 104-113
- Kubota, A., T.L. Thompson, T.A. Doerge and R. Godin. 1997. A petiole sap nitrate test for broccoli. Journal of plant nutrition. 20:669-682
- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. Plant Analysis and interpretation manual. Inkata Press. Melbourne, Australia. p. 155

*Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Apartado postal 112, Celaya, Gto. , México C.P. 38000

**Director INPOFOS México y Norte de Centro América.

