

Sistema de producción y parámetros de calidad agronómica de brócoli en Mixquic, D. F.*

Production system and parameters of agronomic quality of broccoli in Mixquic, D. F.

Ma. Antonia Pérez-Olvera^{1§}, Rosario García-Mateos², Mario Pérez Grajales² y Hermilio Navarro-Garza¹

¹Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 35.5. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. (hermnav@colpos.mx). ²Departamento de Fitotecnia-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5 Chapingo, Estado de México. (rosgar@yahoo.com.mx; perezgm7@yahoo.com.mx). [§]Autora para correspondencia: molvera@colpos.mx.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los indicadores de calidad agronómica de brócoli en los sistemas de producción de San Andrés Mixquic, D. F. donde el cultivo de brócoli se siembra en 950 ha, durante dos y hasta tres ciclos al año. Mixquic es el principal productor en el Distrito Federal, y uno de los principales abastecedores en la Central de Abasto de la Ciudad de México. El trabajo de campo se realizó en 20 parcelas de agricultores, donde se hizo seguimiento agronómico de parcelas, muestreo de suelo y de brócoli. Se seleccionaron cinco sitios de muestreo en cada parcela, se determinaron: densidad de población y se estimó rendimiento. Con muestras de cabezuelas, en laboratorio se midió: perímetro, diámetro, peso y color de cabezuela. Los parámetros agronómicos de calidad se encuentran dentro de los estándares de calidad definidos para su comercialización en fresco para el mercado nacional NMX- FF-046-1982 de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SFI, 1982), que establece que para la calidad México Extra y México Núm. 1, el diámetro ecuatorial del florete debe ser mayor de 7 cm y que se encuentre en punto sazón cuando las yemas están cerradas y la inflorescencia esté compacta. El rendimiento promedio de brócoli fue 13.2 t ha⁻¹ con una variación entre 7.5 y 19.9 t ha⁻¹.

Abstract

This research aimed to evaluate the agronomic quality indicators in broccoli production systems in San Andrés Mixquic, D. F., where the crop is planted in 950 ha during two or three year cycles. Mixquic is the largest producer in the Federal District, and one of the leading providers in the Central de Abasto in Mexico City. Fieldwork was conducted in 20 farmers' fields, monitoring agronomic plots, soil sampling and broccoli. Five sampling sites were selected in each plot, determining: density and yield. With heads samples, in the laboratory we measured perimeter, diameter, weight and colour of the heads. The agronomic quality parameters are within the defined quality standards for marketing in fresh in the domestic market NMX-FF 046-1982 of the Ministry of Trade and Industry (SFI, 1982), which states that for quality Mexico Extra and No. Mexico 1, the equatorial diameter of the plant should be larger than 7 cm and with the buds closed and the inflorescence is compact. The average yield of broccoli was 13.2 t ha⁻¹ with a variation between 7.5 and 19.9 t ha⁻¹.

Keywords: *Brassica oleraceae*, heads diameter, Mixquic, yield.

* Recibido: febrero de 2014
Aceptado: agosto de 2014

Palabras claves: *Brassica oleraceae*, diámetro de cabezuela, Mixquic, rendimiento.

Introducción

El cultivo de crucíferas en México ha aumentado considerablemente. Actualmente se siembran cerca de 38 100 ha, de las cuales 68% corresponde a brócoli (SIAP, 2013). Datos de la Secretaría de Fomento a los Agronegocios (2011) indican que el incremento en la superficie de este cultivo se debe al aumento en el consumo nacional, así como el crecimiento en las exportaciones hacia los Estados Unidos de América. Al inicio de los 80's la superficie promedio fue de 570 ha, para los 90's se tuvieron alrededor de 15 500 ha., actualmente, la superficie cultivada asciende a 25 800 ha. Los principales estados productores de acuerdo con los volúmenes de producción son Guanajuato, Michoacán, Jalisco, D. F., Sonora, Baja California y Puebla (SIAP, 2013).

San Andrés Mixquic, es la principal zona agrícola de la delegación de Tláhuac, D. F. concentra cerca de la cuarta parte de tierras agrícolas (alrededor de 1 200 ha) y es el principal productor de brócoli. El cultivo inició en 1987 con una superficie de 20 ha, en la actualidad se cultivan alrededor de 950 ha (SIAP, 2013), manejándose hasta tres ciclos al año. De esta forma se convierte en la localidad con mayor crecimiento en superficie sembrada a nivel nacional. Su participación en el mercado nacional se ha incrementado de 1.1% en 1999 a 4.9% en 2008, año en que la superficie sembrada ocupó el quinto lugar a nivel nacional (Almaguer *et al.*, 2012). Actualmente su participación se mantiene en 4.95% (SIACON, 2014). Los rendimientos medios reportados durante los primeros años de su cultivo en esa localidad fueron de 6 a 9 t ha⁻¹ hasta 1992, en los últimos años el rendimiento ha variado entre 9 y 10 t ha⁻¹ (SIAP, 2013).

La cultivo de brócoli se realiza durante todo el año, y es uno de los cultivos principales conjuntamente con romero (*Suaeda diffusa* W.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y verdolaga (*Portulaca oleracea* L.). El sistema de producción es uno de los más complejos y diversos (Jiménez y Núñez, 1993), integra prácticas de producción propias del sistema de chinampas, el cual es un sistema prehispánico con insumos y maquinaria modernos (Rojas, 1991). La calidad del brócoli es muy importante para los distribuidores y

Introduction

The cultivation of crucifers in Mexico has increased considerably. About 38 100 ha are currently planted, of which 68% are broccoli (SIAP, 2013). Data from the Ministry of Development for Agro-Business (2011) indicated that, the increase in the area of this crop is due to the increase in domestic consumption and growth in exports to the United States of America. In the early 80's the average size was 570 ha, for the 90's about 15 500 ha were taken. Currently, the cultivated area is 25 800 ha. The main producing States according to production volumes are Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Mexico City, Sonora, Baja California and Puebla (SIAP, 2013).

San Andrés Mixquic, is the main agricultural area of the delegation Tláhuac, D. F., concentrated near a quarter of agricultural land (about 1 200 ha) and is the leading producer of broccoli. Cultivation began in 1987 with an area of 20 ha, currently about 950 ha (SIAP, 2013), working up to three cycles per year. Thus, it becomes the locality with the largest growing in planted area. Its participation in the domestic market has increased from 1.1% in 1999 to 4.9% in 2008, occupying the fifth nationally place that year (Almaguer *et al.*, 2012). Currently, its share remains at 4.95% (SIACON, 2014). The average yields reported during the first years of its cultivation in that locality were 6-9 t ha⁻¹ until 1992, in recent years the yield has varied between 9 and 10 t ha⁻¹ (SIAP, 2013).

Growing broccoli is done throughout the year, and is one of the main crops together with rosemary (*Suaeda diffusa* W.), Spinach (*Spinacia oleracea* L.) and purslane (*Portulaca oleracea* L.). The production system is one of the most complex and diverse (Jiménez and Núñez, 1993), integrates production practices used in the chinampas system, which is a prehispanic system with inputs and modern machinery (Rojas, 1991). The quality of broccoli is very important for distributors and consumers of broccoli. It is associated with a degree of excellence or superiority (Kader, 2002), which is a set of features that serve to differentiate some units from others and that have meaning in the acceptance thereof by the consumer (SAGARPA-ASERCA-BANCOMEXT-SE - Mexico Supreme Quality, 2005). The size of the plant is the main commercial trait in broccoli (Wescott and Callan, 1990), followed by other indicators such as closed buds, dark green glossy colour and compact heads (Cantwell and Suslow, 2007). Agricultural management of the

consumidores de brócoli. Está asociada a un grado de excelencia o superioridad (Kader, 2002), que constituye un conjunto de características que sirven para diferenciar unas unidades de otras y que tienen significado en la aceptación del mismo, por el consumidor (SAGARPA-ASERCA-BANCOMEXT-SE- México Calidad Suprema, 2005). El tamaño del florete es el principal carácter comercial en el brócoli (Wescott y Callan, 1990), seguido por otros indicadores como: floretes cerrados, color verde oscuro brillante y cabezas compactas (Cantwell y Suslow, 2007). El manejo agrícola del cultivo de brócoli debe estar encaminado a desarrollar las características de tamaño, peso, forma, color y aspecto (Soto, 1991). En relación al rendimiento Lazcano *et al.* (1997), reportan rendimientos ligeramente mayores a 12 t ha⁻¹ en Guanajuato con manejo convencional y un rendimiento comercial de 7 a 12 t ha⁻¹. Aunque el potencial de producción supera las 20 t ha⁻¹ con una densidad de población de 80 000 plantas ha⁻¹. Rincón *et al.* (1997) reportan rendimientos máximos de 10-15 t ha⁻¹. Wien y Wurr (1997), señalan que la densidad de plantación es el principal factor que afecta el rendimiento.

La evaluación de la calidad en brócoli para el mercado nacional y en específico para Mixquic ha sido poco documentada, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo documentar el sistema de producción y evaluar los indicadores de calidad agronómica: peso, color y perímetro de cabezuela de brócoli en los sistemas de producción de brócoli. Se parte del supuesto que los principales parámetros agronómicos de calidad establecidos para brócoli se encuentran dentro de la normatividad establecida.

Materiales y métodos

Descripción general del área de estudio

San Andrés Mixquic (19° 13' 28" latitud norte y 98° 58' 51" latitud oeste), se localiza en la delegación Tláhuac en el sureste del Distrito Federal, a una altura de 2 220 msnm. El clima predominante es templado subhúmedo con un régimen de lluvias en verano. La temperatura media anual es de 15.7°, y una precipitación pluvial promedio de 534 mm. Tiene una extensión aproximada de 3 000 km² (INEGI, 1980). El 90% del territorio de San Andrés Mixquic es plano, con presencia de humedales, zonas chinamperas y áreas destinadas a la agricultura (Rojas, 1991). El agua de riego utilizada es agua

broccoli crop should aim to develop the characteristics of size, weight, shape, colour and appearance (Soto, 1991). Regarding the yield, Lazcano *et al.* (1997) reported slightly higher yields to 12 t ha⁻¹ in Guanajuato with conventional management and commercial yield of 7-12 t ha⁻¹, although, the production potential exceeds 20 t ha⁻¹ with a population density of 80 000 plants ha⁻¹. Rincón *et al.* (1997) reported maximum yields 10-15 t ha⁻¹. Wien and Wurr (1997) indicated that planting density is the main factor affecting the yield.

Assessing quality in broccoli for the domestic market and specifically for Mixquic has been poorly documented, so this research was to document the production system and evaluate the agronomic quality indicators: weight, colour and perimeter of heads in the production systems. It starts from the assumption that the main agronomic quality parameters established for broccoli are within the established norms.

Materials and methods

Overview of the study area

San Andrés Mixquic (19° 13' 28" north latitude and 98° 58' 51" west longitude), is located in the southeast Tláhuac delegation of the Federal District, at an elevation of 2 220 meters. The climate is temperate humid with summer rainfall. The average annual temperature is 15.7°, and an average rainfall of 534 mm. It has an area of approximately 3 000 km² (INEGI, 1980). 90% of the territory of San Andrés Mixquic is flat, with the presence of wetlands, chinamperas and areas for agriculture (Rojas, 1991). The irrigation water is treated with water from the treatment plant of Cerro de la Estrella. The pattern is made up of crops: broccoli, romerito, purslane, spinach, celery and spinach, among others (Pérez and Navarro, 2013).

Selection of plots of farmers

20 producers of broccoli were selected using methodological tools of participatory and rapid rural appraisal (Chambers, 1994, Ye *et al.*, 2002). The characterization of the system was carried out by: history plot management, activity log and information provided by the producer and technician of the local board of plant protection in field logbook. It was also produced in each soil sampling plots at the beginning of

tratada proveniente de la planta de tratamiento del Cerro de la Estrella. El patrón de cultivos lo conforman: brócoli, romerito, verdolaga, acelga, apio y espinaca, entre otras (Pérez y Navarro, 2013).

Selección de parcelas de agricultores

Se seleccionaron 20 productores de brócoli, utilizando herramientas metodológicas del diagnóstico rural rápido y participativo (Chambers, 1994; Ye *et al.*, 2002). La caracterización del sistema de producción se realizó mediante: el historial de manejo de las parcelas, registro de actividades e información proporcionada por el productor y técnico de la Junta Local de Sanidad Vegetal, en bitácora de campo. Se realizó además en cada una de las parcelas un muestreo de suelo, al inicio del ciclo y uno de cabezuelas de brócoli, al momento de la cosecha. Las cabezuelas fueron trasladadas al laboratorio, donde se determinó: a) color, para lo cual se utilizó la tabla de colores para tejido vegetal (Munsell, 1977) tomando en consideración los valores básicos de Hue, Cromo y Value; b) perímetro de la cabezuela. Se midió la sección mayor de la inflorescencia, después de cortar el tallo; c) diámetro, se estimó mediante la fórmula de perímetro de una circunferencia; y d) rendimiento: se estimó considerando el peso fresco de la cabezuela y la densidad de población, la cual fue calculada con datos de campo y corroborada con los datos del productor.

Muestreo y análisis de suelo

Para la toma de muestras, en cada una de las parcelas se hizo un muestreo en zig zag en donde se tomaron 5 submuestras a una profundidad de 0 a 30 cm. Las submuestras se mezclaron, homogeneizaron y se integraron para constituir una muestra compuesta. Las muestras se secaron a la sombra, posteriormente se molieron y tamizaron en malla 10. Las propiedades del suelo analizadas fueron pH (suelo: agua relación 1:2), materia orgánica (MO) (Walkley y Black), nitrógeno total (Nt) (Microkjeldahl), fósforo (P) (Olsen-P) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) (acetato de amonio pH 7.0) (MAFF, 1986).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y prueba de comparación de Medias Tukey ($p < 0.05$), mediante el programa SPSS V.20.

the cycle and one of heads at harvest time. The heads were transferred into the laboratory where it was determined: a) colour, for which the colour table used for plant tissue (Munsell, 1977) taking into account the basic values of Hue, Chroma, and Value; b) perimeter of the head. The largest section of the inflorescence was measured after cutting the stem; c) diameter, estimated using the formula for circumference of a circle; d) yield was estimated considering the fresh weight of the head and population density, which was calculated using field data and corroborated by the data producer.

Sampling and analysis of soil

For sampling, in each of the plots were sampled via zig-zag, taking 5 sub-samples at a depth of 0-30 cm. The sub-samples were mixed, homogenized and integrated to form a composite sample. The samples were dried in the shade, then ground and sieved with mesh 10. Soil properties analysed were pH (soil: water ratio 1: 2), organic matter (OM) (Walkley and Black), total nitrogen (Nt) (microkjeldahl), phosphorus (P) (Olsen-P) and cation exchange capacity (CEC) (ammonium acetate pH 7.0) (MAFF, 1986).

Statistical analysis

Data were analysed by analysis of variance and comparison test Tukey Sox ($p < 0.05$) using SPSS V.20 program.

Results and discussion

Production system

The results of the agronomic monitoring plots indicate that, the production of broccoli in San Andrés Mixquic, is an intensive system carried out by producers with surfaces available between 2.5 and 3 ha. The traditional farming system integrates technologies such as chinampas and intensive use of hybrids and pesticides. The variety "Legend" was used in all cases, which according to information from producers, fits any season and meets the quality standards to be sold fresh (colour, size and life-shelf), which is consistent with that reported in the data sheet (SAKATA, 2006). The management of nutrition in

Resultados y discusión

Sistema de producción

Los resultados del seguimiento agronómico de parcelas indican que la producción de brócoli en San Andrés Mixquic, es un sistema intensivo llevado a cabo por productores con superficies disponibles entre 2.5 y 3 ha. El sistema de cultivo integra tecnologías tradicionales como son las chinampas y el uso intensivo de híbridos y de plaguicidas. En todos los casos se utilizó la variedad "Legend", la cual de acuerdo con la información de los productores, se adapta a cualquier época del año y cumple con los estándares de calidad, para su comercialización en fresco (color, tamaño y vida de anaquel), lo cual coincide con lo reportado en la ficha técnica (SAKATA, 2006). El manejo de la nutrición en los sistemas de producción de San Andrés Mixquic, se basa en la aplicación de estiércoles de res, en forma mateada. La producción de plántulas se realiza en almácigos elaborados con una mezcla de lodo de los canales y estiércol de bovino seco. Antes del trasplante, se deposita una cantidad de estiércol seco o de tierra amarilla, en los sitios donde va a ser puesta cada una de las plántulas de brócoli, a esta actividad se le conoce localmente como "mateado" y de acuerdo con el productor permite minimizar los efectos de la salinidad en los cultivos.

Características de los suelos

Los suelos en los que se cultiva brócoli en San Andrés Mixquic, son medianamente alcalinos, con altos contenidos de materia orgánica (MO) y fósforo, niveles medios de nitrógeno total y alta capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 1); sin embargo, los valores de conductividad eléctrica presentan una variación de 0.3-6.6 dS m⁻¹, en donde 45% de los suelos presentan efectos despreciables de salinidad, el 45% son suelos que van de ligera a moderadamente salinos, y 5%, restante son suelos salinos. Los contenidos de MO lo cual está asociado a la acumulación de sedimentos lacustres (Ramos *et al.*, 2011). No obstante, un factor que ha contribuido a su acumulación, en los horizontes superficiales, es la aplicación de materiales orgánicos provenientes de los sedimentos acumulados en los canales empleados para fertilizar los cultivos y para la elaboración de los almácigos. La reacción alcalina es una propiedad común en la mayoría de las parcelas estudiadas y ha sido reportada en otras tierras agrícolas de la delegación de Tláhuac (Ramos *et al.*, 2001).

production systems in San Andres Mixquic is based on the application of beef manure. Seedling production is done in seedbeds prepared with a mixture of mud and manure. Before transplantation, a quantity of dried manure or yellow dirt is placed where it will be set each of the seedlings of broccoli, this activity is known locally as "matting" and according to the producer settles allows minimize the effects of salinity on crops.

Soil characteristics

Soils in which broccoli is grown in San Andrés Mixquic are moderately alkaline, high in organic matter (OM) and phosphorus, average levels of total nitrogen and high cation exchange capacity (Table 1); however, the values of electrical conductivity show a variation of 0.3-6.6 dS m⁻¹, where 45% of the soils have negligible effects of salinity, 45% are soils that are slightly to moderately saline, and 5% remaining are saline soils. The contents of MO which is associated with the accumulation of lake sediments (Ramos *et al.*, 2011). However, a factor that has contributed to its accumulation in the surface horizons is the application of organic material from the sediments accumulated in the channels used to fertilize crops and for developing seedlings. The alkaline reaction is a common property in most of the plots studied and has been reported in other farmland delegation of Tláhuac (Ramos *et al.*, 2001).

Yield

The population density was not significantly different. The mean for this variable was 40 000 plants ha⁻¹, which according to the literature is relatively low compared to those reported in other regions and studies ranging from 55 000 to 80 000 plants ha⁻¹ (Soto, 1991; Lazcano *et al.*, 1997; Vangen, 2007; Fraire *et al.*, 2010). Generally, high densities are employed under intensive systems with high doses of fertilization. However, in order to improve the quality of population densities of 55 000 plants ha⁻¹ is recommended. Albarracin *et al.* (1995) mentioned that, the diameter of the inflorescence is an important feature in broccoli, especially when it is marketed packet (several inflorescences tied), since larger diameter less inflorescences are needed to form the marketing unit. Fernández *et al.* (1991) mentioned that by manipulating planting density we can adjust the weight of foil to different markets. The high density planting this crop has been associated with a reduction in size and weight (Chung, 1982).

Cuadro 1. Propiedades químicas de parcelas de agricultores cultivadas con brócoli, San Andrés Mixquic.
Table 1. Chemical properties of farmers' fields planted with broccoli, San Andrés Mixquic.

Parcela (agricultor)	pH-H ₂ O	MO	N (g kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	CIC (cmol ⁺ kg ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)
1	8.1	103	5.1	55	30.2	3.5
2	8.3	86	4.3	32	12.9	0.5
3	8.5	94	4.7	61	34.1	0.7
4	8	102	5.1	29	31	3.2
5	8.1	58	2.9	87	31	0.3
6	8	102	5.1	29	31	3.2
7	8.1	24	1.2	52	22.2	0.8
8	8.4	91	4.6	29	27.9	6.5
9	8.2	83	4.2	28	29.4	0.8
10	8	97	4.8	33	28.9	3.8
11	8.2	62	3.1	93	28.9	1.2
12	8.5	100	5	41	33	1.9
13	7.6	42	2.1	24	33	1.1
14	8	136	6.8	88	35.6	1.9
15	8.3	114	5.7	30	28.4	1
16	8.1	91	4.6	93	35.1	2.6
17	8.3	97	4.9	34	27.4	1.8
18	8.3	111	5.5	36	29.4	0.9
19	8.6	91	4.6	55	33	0.9
20	8.2	83	4.2	28	29.4	6.6

Rendimiento de brócoli

La densidad de población no presentó diferencias significativas. La media en esta variable fue de 40 000 plantas ha⁻¹, la cual de acuerdo con la literatura es relativamente baja, en comparación con las reportadas en otras regiones y estudios que varía de 55 000 a 80 000 plantas ha⁻¹ (Soto, 1991; Lazcano *et al.*, 1997; Vagen, 2007; Fraire *et al.*, 2010). En general altas densidades son empleadas bajo sistemas intensivos y con dosis altas de fertilización. No obstante, para mejorar la calidad se recomiendan densidades de población de 55 000 plantas ha⁻¹. Albarracín *et al.* (1995) mencionan que el diámetro de la inflorescencia es una característica importante en el brócoli, sobre todo cuando se comercializa por paquetes (varias inflorescencias atadas), ya que a mayor diámetro se necesitan menos inflorescencias para conformar la unidad de comercialización. Fernández *et al.* (1991), mencionan que mediante la manipulación de la densidad de plantación se puede ajustar el peso del florete a los diferentes mercados. La alta densidad de plantación en este cultivo se ha relacionado con una reducción del tamaño y peso del florete (Chung, 1982).

El rendimiento presentó diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre las parcelas de los agricultores, se definieron 7 grupos (Figura 1). El rendimiento promedio obtenido fue

The yield presented statistical differences ($p < 0.05$) between the farmers' fields, 7 identifying groups (Figure 1). The average yield was 13.2 t ha⁻¹, which is slightly higher than the market average yield 7 and 12 t ha⁻¹ reported by Lazcano *et al.* (1997) obtained by a conventional management (BANCOMEXT, 2001). Muramoto *et al.* (2011) reported a yield of broccoli from 14.5 t ha⁻¹ in fertile soils, without the application of external sources of nutrients.

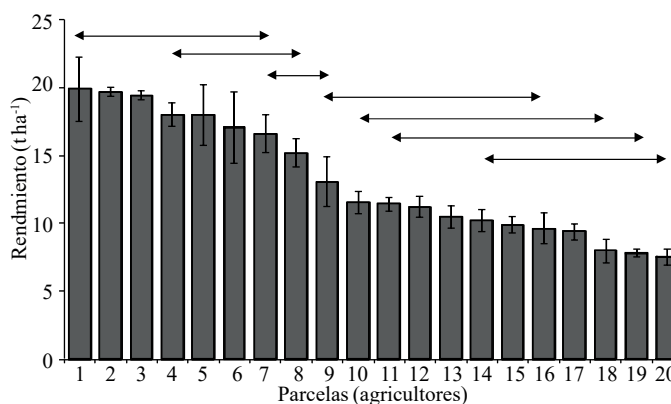


Figura 1. Rendimiento de brócoli (t ha⁻¹) en fresco (89% de humedad) en parcelas de agricultores, San Andrés Mixquic. Flechas denotan diferencias significativas ($p < 0.05$), las barras corresponden al error estandarizado.

Figure 1. Yield of broccoli (t ha⁻¹) fresh (89% moisture) in farmers' fields, San Andrés Mixquic. Arrows denote significant differences ($p < 0.05$) the bars correspond to standard error.

de 13.2 t ha⁻¹, el cual es ligeramente superior al rendimiento medio comercial 7 y 12 t ha⁻¹ reportado por Lazcano *et al.* (1997) obtenido mediante un manejo convencional (BANCOMEXT, 2001). Muramoto *et al.* (2011), reportan un rendimiento de brócoli de 14.5 t ha⁻¹ en suelos fértiles, sin la aplicación de fuentes externas de nutrientes.

Los valores de rendimiento presentaron una variación de 7.5 a 19.9 t ha⁻¹. El 40% de las parcelas presentó un rendimiento superior al promedio, mientras que 30% tuvo un rendimiento inferior a 10 t ha⁻¹. A pesar de que en éstas parcelas no se usan fuentes de fertilización química, se ha documentado que el uso exclusivo de fuentes orgánicas en la nutrición de brócoli puede promover rendimientos entre 11.5 y 19 t ha⁻¹ con un alto grado de calidad, y mantener el suelo en altos niveles de fertilidad (Stamatiadis *et al.*, 1999; Sanwal *et al.*, 2006; Antonious *et al.*, 2012). Aunado a esto, la baja densidad de población que se manejó puede ser un factor que permite que se utilicen los nutrientes disponibles de una manera eficiente, debido a que la demanda de nutrientes es menor.

Parámetros de calidad de brócoli

El análisis de los parámetros de calidad agronómica: peso, perímetro, y diámetro de cabezuela indican diferencias significativas ($p < 0.05$) Cuadro 2, con un mayor rango de variación en las variables peso y perímetro de las cabezuelas. En 70% de las parcelas se obtuvo un peso promedio de cabezuelas superior a los 250 g, lo que de acuerdo con Lazcano *et al.* (1997), son consideradas como producto de primera calidad, si además presentan diámetros entre 8 y 20 cm, características que se cumple en la totalidad de las parcelas, las cuales presentaron diámetros superiores a los 10 cm.

El diámetro de la cabezuela de brócoli es una característica importante cuando se comercializa en fresco, lo que está asociado al tamaño de los paquetes (Albarracín *et al.*, 1995). De acuerdo a los resultados encontrados, el diámetro de la cabezuela se encuentra dentro de los estándares de alta calidad definidos acuerdo con la norma mexicana NMX-FF-046-1982 y pliego de condiciones de México calidad suprema. 2005. PC-2005, para brócoli.

Yield values showed a variation from 7.5 to 19.9 t ha⁻¹. 40% of the plots presented above average yield, while 30% underperformed at 10 t ha⁻¹. Although in these plots chemical fertilizer sources are used, it has been documented that the exclusive use of organic sources in the nutrition of broccoli may promote yields between 11.5 and 19 t ha⁻¹ with high quality, and maintain high levels of soil fertility (Stamatiadis *et al.*, 1999; Sanwal *et al.*, 2006; Antonious *et al.*, 2012). Added to this, the low population density that is handled can be a factor that allows the nutrients available in an efficient way, because the demand for nutrients is less used.

Quality parameters of broccoli

The analysis of agronomic quality parameters: weight, perimeter, and diameter of the head indicated significant differences ($p < 0.05$) Table 2, with a higher range of variation in the variables weight and perimeter of the heads. In 70% of the plots an average weight of over 250 g heads was obtained, which according to Lazcano *et al.* (1997) are considered premium product, if also have diameters between 8 and 20 cm, features that are true in all the plots, which showed larger than 10 cm diameter.

The diameter of the head of broccoli is an important feature when it is sold fresh, which is associated with the packet size (Albarracín *et al.*, 1995). According to the results, the diameter of the head is within the defined quality standards according to the Mexican standard NMX-FF-046-1982 and specification of Mexico, supreme quality. 2005 PC-2005 for broccoli.

Broccoli heads colour

In order to evaluate the colour of the flower head seven ranges of Value and Chroma at 7.5 GY were found being dominant the values of 4/4 of Value and Chroma, respectively, according to the Munsell Colour Chart (1977). The variability in the colour of the heads of broccoli found (Figure 2) is linked to the time when the cutting is done. Growers can delay the harvest, up to 15-20 days, with the aim of achieving a better sale price. It has been determined that, the coloration of broccoli did not affect the intrinsic quality of broccoli (Shewfelt *et al.*, 1984). However, in Mexico and especially for the fresh market is an important parameter to be considered.

Cuadro 2. Peso, perímetro y diámetro de cabezuelas de brócoli al momento de la cosecha en Mixquic.
Table 2. Weight, perimeter and diameter of broccoli heads at the time of harvest in Mixquic.

Parcela (agricultor)	Cabezuela		
	Peso (g)	Perímetro (cm)	Diámetro (cm)
1	496.9 a	51.4 a	16.4 a
2	491.5 a	51.5 a	16.4 a
3	484.4 a	51.5 a	16.4 a
4	449.8 ab	49.2 ab	15.7 ab
5	449.3 ab	51.8 a	16.5 a
6	425.9 ab	45.2 bc	14.4 bc
7	414.4 abc	45.4 bc	14.4 bc
8	379 bc	46.5 bc	14.8 bc
9	326.6 cd	42.6 cde	13.6 cd
10	288.6 de	42.9 cd	13.5 cde
11	285.2 efg	40.4 def	12.9 def
12	280.5 efg	40.4 def	12.9 def
13	261.8 defg	39.5 defg	12.6 defg
14	255.8 defg	40.4 def	12.9 def
15	247.1 defg	38.6 efg	12.3 efg
16	240.8 defg	38.1 fg	12.1 fg
17	234.5 efg	40.5 def	12.9 def
18	199.3 efg	36.2 gh	11.5 gh
19	195.8 fg	39.4 defg	12.5 defg
20	188.2 g	33.4 h	10.6 h
DSH	89.6	4.1	1.3
CV	37.2	14.2	14.3

Letras diferentes denotan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Color de cabezuelas de brócoli

Al evaluar el color de la cabezuela, se encontraron siete gamas de valores de Value y Chroma en H 7.5 GY, siendo dominante los valores de 4/4 de Value y Chroma, respectivamente, de acuerdo con la Tabla de colores Munsell (1977). La variabilidad en la coloración de la cabezuela de brócoli encontrada (Figura 2), está ligada al tiempo en que se realizó el corte. Los productores pueden retardar la cosecha, hasta por 15-20 días, con la finalidad de lograr un mejor precio de venta. Se ha determinado que la coloración del brócoli no afecta la calidad intrínseca del brócoli (Shewfelt *et al.*, 1984). Sin embargo, en México y sobre todo para el mercado en fresco es un parámetro importante a considerar.

Conclusiones

Con base en los resultados encontrados el rendimiento medio (13.2 t ha^{-1}), es ligeramente superior al rendimiento medio comercial (7 y 12 t ha^{-1}).

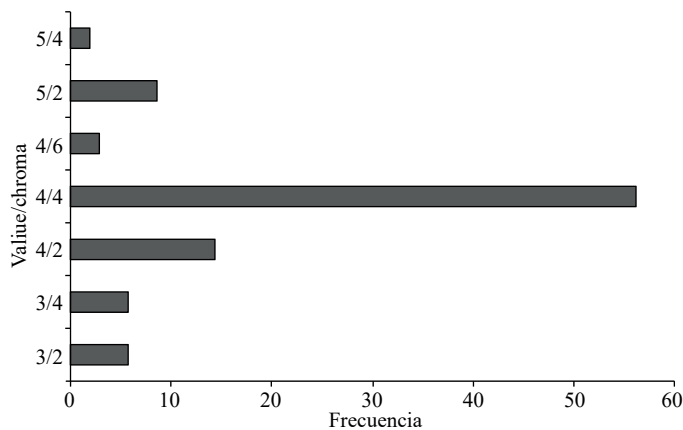


Figura 2. Frecuencias del color de cabezuelas de brócoli en parcelas de agricultores.

Figure 2. Frequencies of colour in broccoli heads in farmers' fields.

Conclusions

Based on the results found the average yield (13.2 t ha^{-1}) is slightly higher than the market average yield (7 and 12 t ha^{-1}).

El 40% de la parcelas presentó un rendimiento superior al promedio, mientras que 30% tuvo un rendimiento inferior a 10 t ha⁻¹.

Los parámetros de calidad agronómicos: tamaño, color y diámetro de la cabezuela se encontraron dentro de los parámetros indicados en normas para comercialización de brócoli fresco; tanto nacionales como internacionales.

La homogeneidad del color es un parámetro importante a considerar para el mercado de brócoli en fresco, la cual puede verse afectada por el retraso en la cosecha del producto.

40% of the plots presented a higher yield than average, while 30% underperformed at 10 t ha⁻¹.

Agronomic quality parameters: size, colour and diameter of the heads were within the range set by marketing standards for fresh broccoli; both national and international.

The uniformity of colour is an important consideration for the fresh market broccoli, which can be affected by the delay in production of the product parameter.

End of the English version



Literatura citada

- Albarracín, M.; Berbin, W. y Machado, C. 1995. Evaluación agronómica de cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Rev. Fac. Agron.* 21:71-83.
- Almaguer, V. G.; Ayala G. A. V.; Schwentesius, R. R. y Sangerman-Jarquín, D. M. 2012. Rentabilidad de hortalizas en el Distrito Federal, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3:643-654.
- Antonious, G. F. Kochhar, T. S. and Coolong, T. 2012. Yield, quality, and concentration of seven heavy metals in cabbage and broccoli grown in sewage sludge and chicken manure amended soil. *Journal of Environmental Science and Health. Part A: toxic-hazardous substances and J. Environ. Eng.* 47:1955-1965.
- Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT). 2001. Base de datos BANCOMEXT. The world Trade Atlas. México, D. F.
- Cantwell, M. y Suslow, T. 2007. Indicadores básicos del manejo postcosecha de Brócoli. *Postharvest Technology.* Universidad de California, Davis E. U. 4 p.
- Chambers, R. 1994. Participatory rural appraisal (PRA): analysis of experience. *World development.* 22:1253-1268.
- Chung, B. 1982. Effects of plant density on the maturity and once over harvest yields of broccoli. *J. Hort. Sci.* 57:365-372.
- Fraire, C. M. L.; Nieto, A. D.; Cárdenas S. E.; Alonso, G. G.; Bujanos, M. R. y Vaquera, H. H. 2010. Efecto de variedades y densidad de plantación en la calidad física del florete de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Rev. Fitotec. Mex.* 33:141-147.
- Fernández, J. A.; González, A.; Bañón, S. y García, A. 1991. La producción de brócoli: influencia de la densidad de plantación y de la disposición de las plantas. *Hortofruticultura* 10:58-64.
- Instituto Nacional de estadística, Geografía e informática (INEGI). 2013. Recursos naturales: climatología. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccnat/clima/>.
- Jiménez, O. J. y Núñez, P. 1993 La producción en chinampas diversificadas de San Andrés Mixquic, México, D. F. *Agroecología sustentabilidad y educación.* Ferrera-Cerrato (Ed.). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. 62-74 pp.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. *In: postharvest technology of horticultural crops.* Kader, A. A. (Ed.). Third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources. Publication 3311. California, U.S.A. 39-48 pp.
- Lazcano, F. I.; McCully, M. y Chirinos, H. 1997 Los beneficios del uso de K₂SO₄. 2 Mg SO₄. *In: la fertilización balanceada de brócoli en el Bajío de México.* 3rd fertilizer Latin America International Conference. British Sulphur Corporation. (Ed.). Palm Beach, Florida. USA. 7-9 pp.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). 1986. The analysis of agricultural materials. 3rd Ed. Her Majesty's Stationery Office. London, UK. RB 427.
- Munsell, A. H. 1977. Munsell color charts for plant tissue. Macbeth, Baltimore. 6 p.
- Muramoto, J.; Smith, R. F.; Shennan, C.; Klonsky, K. M.; Leap, J.; Ruiz, M. S. and Gliessman, S. R. 2011. Nitrogen contribution of legume/cereal mixed cover crops and organic fertilizers to an organic broccoli crop. *Hortscience.* 46:1154-1162.
- Norma Oficial Mexicana (NOM). NMX-FF-046.1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Hortalizas en estado fresco. Brócoli. (Fecha de consulta: 20 enero de 2014).
- Pérez, O. Ma. A. y Navarro, G. H. La agricultura de Mixquic: un sistema de producción hortícola intensivo en la ciudad. *In: Martínez, R. R. et al. Estudios y propuestas para el medio rural.* Tomo IV. Universidad Autónoma Indígena de México. 119-130 pp.
- Ramos, B. R.; García, C. N. E.; Ortega, E. H. M. y Krasilnikov, P. 2011. Artificial *chinampas* soils of Mexico City: their properties and salinization hazards. *Spanish J. Soil Sci.* 1:70-85.
- Ramos, B. R.; Cajuste, I.; Flores, D. y García, N. 2001. Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México. *Agrociencia.* 35:385-395.
- Rincón L.; Sáez, J.; Pérez, J. A. y Gómez, M. D. 1997. Crecimiento y absorción de nutrientes de brócoli. *In: Memorias del 1^{er} Congreso Ibérico de Fertilización.* Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Madrid, España. 9185-9193.
- Rojas, R. T. 1991. La agricultura en la época prehispánica. *In: la agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días.* Rojas, T. (Coord.). Editorial Grijalbo. México, D. F. 420 pp.
- SAGARPA-ASERCA-BANCOMEXT-SE-México Calidad suprema. 2005. PC-2005 pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema para brócoli.
- SAKATA. 2006. Híbridos de brócoli-paquetes tecnológicos. <http://www.sakata.com.mx/paginas/ptbrocoli.htm>.
- Sanwal, S. K.; Laxminarayana, K.; Yadav, D. S.; Rai, N. and Yadav, R. K. 2006. Growth, yield, and dietary antioxidants of broccoli as affected by fertilizer type. *J. Vegetable Sci.* 12:13-26.

- Secretaría de Fomento a los Agronegocios- Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Monografía del brócoli. <http://www.sagarpa.gob.mx/tramitesyServicios/Paginas/SubsecretariaFomentoAgronegocios.aspx>.
- Shewfelt, R. L.; Heaton, E. K. and Batal, K. M. 1984. Non destructive colour measurement of fresh broccoli. *J. Food Sci.* 49:1612-1613.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)- Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Agricultura y producción anual. <http://www.siap.gob.mx/>.
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)- Secretaría de Agricultura Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Estadísticas agrícolas nacionales. <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialasiacon-zip/>.
- Soto, J. A. 1991. Efecto de la fertilización nitrogenada y la población sobre el rendimiento y calidad del brócoli (*Brassica oleracea* var *italica*) durante dos ciclos en Cartago, San José de Costa Rica. *Agron. Costarric.* 15(1/2):19-27.
- Stamatiadis, S.; Werner, M. and Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California). *Appl. Soil Ecol.* 12:217-225.
- Vagen, I. M. 2007. Nitrogen uptake in a broccoli crop. 1: nitrogen dynamics on a relative time scale. Proceedings XXVI IHC-fertilization strategies for field veg. prod. Tremblay, N. (Ed). *Acta Horticulturae.* 627:195-202.
- Wescott, H. C. and Callan, N. W. 1990. Modeling plant population and rectangularity effects on broccoli head weights and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:893-897.
- Wien H. D. and Wurr, D. C. E. 1997. Cauliflower, broccoli, cabbage and brussels sprouts. *In: the physiology of vegetable crops.* Wien, H. C. (Ed). CAB International. New York, USA. 511-552 pp.
- Ye, X. J.; Wang, Z. Q. and Lu, J. B. 2002. Participatory assessment and planning approach: conceptual and process issues. *J. Sust. Agric.* 20:89-111.