

Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo*

Flowering and fruiting of Mirasol pepper (*Capsicum annuum* L.) with minimum tillage, conventional tillage or addition of oats to the soil

Mario Domingo Amador Ramírez^{1§}, Rodolfo Velásquez Valle¹, Blanca I. Sánchez Toledano¹ y Efraín Acosta Díaz²

¹Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. Carretera Zacatecas-Fresnillo, km 24.5. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. C. P. 98500. C. P. 18. (fitovalle58@yahoo.com.mx; bsanchez@zacatecas.inifap.gob.mx). ²Campo Experimental General Terán-INIFAP. Carretera Montemorelos-China, km 31. General Terán, Nuevo León. C. P. 67400. (acostaefrain@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: castor_aztlan@hotmail.com.

Resumen

La falta de conocimiento de las respuestas del crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos a las operaciones de labranza reducida o enmiendas al suelo es posible que sea el principal obstáculo para su aceptación en la producción de chile mirasol. Por este motivo, se realizó un experimento de campo de 2008 a 2010 en terrenos del Campo Experimental Zacatecas, con el objetivo de medir el efecto de la labranza reducida y la incorporación de avena al suelo en la floración, fructificación y rendimiento de chile mirasol. La respuesta de las prácticas agronómicas en estudio fue comparada contra el efecto del sistema de labranza convencional. Los valores medios de las prácticas agronómicas fueron comparados a través de un análisis de medidas repetidas, mediante la cual se probó el efecto de los sistemas de manejo dentro y entre años en las curvas de crecimiento del número de yemas, flores y frutos por planta. Las fases fenológicas de inicio de floración, 50% floración, 50% frutos verde-rojo y 50% frutos rojos fueron definidas y explicadas a través de la acumulación de las unidades calor, mientras que el peso seco de fruto a través del ciclo fue diferente entre años. No hubo una respuesta definida en la floración, fructificación y fenología del chile mirasol al uso de determinado tipo de labranza o incorporación de avena al suelo. El peso seco de fruto estuvo inversamente relacionado con el número de

Abstract

The lack of knowledge of the responses of growth, development and yield of crops in minimum tillage operations or soil amendments may be the main obstacle to its acceptance in the production of Mirasol pepper. Therefore, a field experiment was conducted from 2008 to 2010 on the Experimental field Zacatecas, in order to measure the effect of minimum tillage and the addition of oats to the soil during flowering, fruiting and yield of Mirasol pepper. The response of agronomic practices under study was compared with the effect of conventional tillage system. Mean values of agronomic practices were compared through an analysis of repeated measure, in which the effect of management systems was tested within and between years in growth curves of the number of buds, flowers and fruits per plant. The phenological stages of beginning of flowering, 50% flowering, 50% green and red fruits and 50% red fruits were defined and explained by the accumulation of heat units, while the dry weight of fruit through the cycle was different between years. There was not a defined response in flowering, fruiting, and phenology of Mirasol peppers to the use of certain type of tillage or addition of oats to the soil. The dry weight of fruit was inversely related to the number of fruits per plant, i.e., the highest dry weight observed in 2009 and 2010 coincided with the lowest number of fruits quantified, happening the opposite in 2008.

* Recibido: noviembre de 2013
Aceptado: mayo de 2014

frutos por planta, es decir, el mayor peso seco observado en 2009 y 2010 coincidió con un menor número de frutos cuantificados, sucediendo lo opuesto en 2008.

Palabras clave: atributos reproductivos, área bajo la curva, análisis de medidas repetidas, fenología del cultivo modelos mixtos.

Introducción

La producción de chile mirasol realizada de manera convencional e intensiva por alrededor de 90% de los productores del altiplano de Zacatecas (Galindo *et al.*, 2002; SAGARPA, 2004), brinda la oportunidad de realizar nuevas prácticas que reduzcan los costos de producción y mejore la productividad del cultivo y suelo. El riego por goteo solo (Bravo *et al.*, 2006) o asociado con acolchado plástico (Burciaga *et al.*, 2004), así como la reducción en la cantidad de agua de riego (Serna-Pérez *et al.*, 2008; Serna Pérez y Zegbe, 2012) son prácticas agrícolas innovadoras de reciente aplicación en el cultivo de chile, en donde el uso de la labranza reducida y enmiendas al suelo en chile para secar se encuentra aún en una etapa temprana de investigación y sobre todo de adopción de la tecnología.

El crecimiento y rendimiento de los cultivos acostumbra verse comprometido como una respuesta a las condiciones del suelo impuestas por el manejo convencional, entre las que se destacan la pérdida de la estabilidad estructural (Leiva *et al.*, 2002) y la mayor resistencia a la penetración (Mora *et al.*, 2001). Para contrarrestar esta condición negativa del suelo, se requiere del uso de métodos alternativos de tipo sostenible, como las enmiendas y la labranza reducida o de conservación. El uso de enmiendas como el abono verde contribuye al mejoramiento del suelo en su estructura, aunque requiere de fertilizantes químicos para reponer aquellos nutrientes que tomó el cultivo previo (García-Carreón y Martínez-Menes, 2010), tal y como lo sugirió Astier *et al.* (2006).

Para la incorporación de avena, la cual debe ser complementada con una fuente de nitrógeno orgánico e inorgánico. Por otro lado, son innegables los beneficios que produce el uso de la labranza reducida, como el ahorro de energía y la protección del suelo contra la erosión. Sin embargo, derivado de la variable respuesta de los cultivos a los diversos modelos de labranza reducida se deduce que no existe un modelo de labranza sostenible universalmente aplicable (Lal, 1991).

Keywords: reproductive attributes, area under the curve, analysis of repeated measures, crop phenology, mixed models.

Introduction

The production of Mirasol pepper made in conventional and intensive way is accounted for 90% of producers in the highlands of Zacatecas (Galindo *et al.*, 2002; SAGARPA, 2004), provides the opportunity for new practices that reduce production costs and improve crop and soil productivity. Drip irrigation alone (Bravo *et al.*, 2006) or associated with plastic mulch (Burciaga *et al.*, 2004), as well as reducing the amount of irrigation water (Serna-Pérez *et al.*, 2008; Serna Pérez and Zegbe, 2012) are innovative agricultural practices of recent application pepper crops, where the use of minimum tillage and soil amendments in pepper for drying is still at an early stage of research and above all the adoption of technology.

The growth and yield of crops are usually compromised as a response to soil conditions imposed by the conventional management, among which highlights the loss of structural stability (Leiva *et al.*, 2002) and greater resistance to penetration (Mora *et al.*, 2001). To counter this negative condition of the soil, it is required the use of sustainable alternative methods, such as amendments and minimum or conservation tillage. The use of amendments as green manure helps improve soil structure, although it requires chemical fertilizers to replace those nutrients taken by previous crop (García-Carreón and Martínez-Menes, 2010), as suggested by Astier *et al.* (2006).

For the incorporation of oat, this must be supplemented with a source of organic and inorganic nitrogen. On the other hand, the benefits produced by the use of reduced tillage, as saving energy and soil protection against erosion are undeniable. However, derivative of the response variable of crop to the different models of minimum tillage, is deduced that there is not a model of sustainable tillage universally applicable (Lal, 1991).

Regarding plant growth, flowering and fruiting in a variety of crops are interrelated stages whose behavior impacts fruit yield. In general, plants form an excessively high number of flowers than the final number of harvested fruits, even though this type of expression, number of fruit set or studded constitutes the parameter that determines yield (Guardiola, 1997). Fluctuations in yield and number of fruit established in pepper have been positively correlated, although the degree of fluctuation in yield is usually not of the same magnitude as the fluctuation in number of fruits

En relación con el crecimiento de las plantas, la floración y fructificación en los diversos cultivos son fases interrelacionadas cuyo comportamiento alcanza a tener un impacto en el rendimiento de frutos. En general, las plantas forman un número excesivamente más alto de flores que el número final de frutos cosechados, aunque no obstante este tipo de expresión, el número de frutos establecidos o cuajados constituye el parámetro que determina el rendimiento (Guardiola, 1997). Las fluctuaciones en el rendimiento de chile y número de frutos establecidos han sido positivamente correlacionadas, aunque el grado de la fluctuación en el rendimiento no suele ser de la misma magnitud que el de la fluctuación del número de frutos (Wubs *et al.*, 2009). En la elección de los sistemas de producción, no sólo la sostenibilidad deberá de tomarse en cuenta sino también la respuesta del cultivo al manejo agrícola, ya que parámetros del crecimiento como el número de frutos por planta y por parcela, el patrón flores/frutos y el rendimiento de chile son positivamente afectados por la preparación del suelo a diferencia de los resultados obtenidos cuando se usa la no labranza (Samuel y Ajav, 2010; Belel *et al.*, 2011).

La falta de conocimiento de las respuestas del crecimiento y desarrollo del cultivo a las operaciones de labranza reducida o enmiendas al suelo es posible que sea el principal obstáculo para su aceptación en la producción de chile mirasol. El análisis de la floración y fructificación del chile podría dar una idea de las diferencias entre sistemas de producción que afectan el rendimiento. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue medir el efecto de la labranza reducida y la incorporación de avena al suelo en la floración, fructificación y el peso seco de fruto de chile mirasol.

Materiales y métodos

Sitio experimental y Descripción de tratamientos

Experimentos de campo se llevaron a cabo de 2008 a 2010 en terrenos del Campo Experimental Zacatecas localizado en Calera de V. R., Zacatecas (22° 54' latitud norte, 102° 39' longitud oeste, 2 197 msnm). Se trasplantaron a mano plántulas de 52 días de edad con seis hojas verdaderas de chile mirasol el 18, 8 y 10 de abril en 2008, 2009 y 2010, respectivamente.

Los tratamientos fueron establecidos con base en tres sistemas de manejo denominados labranza reducida (LR), incorporación de avena al suelo (IAV) y labranza convencional (LC). El sistema LR estuvo constituido

(Wubs *et al.*, 2009). The choice of production systems, not only sustainability should be taken into account but also crop response to agricultural management, since growth parameters such as number of fruits per plant and per plot, the flowers/ fruit pattern and pepper yield are positively affected by soil preparation unlike the results obtained when no-tillage is used (Samuel and Ajav, 2010; Belel *et al.*, 2011).

Lack of knowledge of the responses of growth and crop development to operations of minimum tillage or soil amendments may be the main obstacle to its acceptance in the production of Mirasol pepper. Analysis of flowering and fruiting of the pepper could provide an idea of the differences between production systems that affect yield. Therefore, the objective of this research was to measure the effect of minimum tillage and the addition of oat to the soil during flowering, fruiting and fruit dry weight of Mirasol pepper.

Materials and methods

Experimental site and treatments description

Field experiments were conducted from 2008 to 2010 in the experimental field Zacatecas located in Calera de V. R., Zacatecas (22° 54' north latitude, 102° 39' west latitude, 2 197 masl). Seedlings were transplanted by hand of 52 days of age with six true leaves Mirasol pepper on April 18, 8 and 10 in 2008, 2009 and 2010, respectively.

Treatments were established based on three management systems called minimum tillage (LR), incorporation of oat to the soil (IAV) and conventional tillage (LC). The LR system was constituted only by secondary tillage (rotary cultivator and weeding). The IAV system included primary tillage (fallow, harrowing, leveling and furrowed), incorporating oat and secondary tillage (weeding and rotary cultivator). This system consisted in seeding oat at a dose of 100 kg ha⁻¹, which upon reaching the required dry matter was cut and incorporated into the soil at a rate of 510 g dry weight per square meter. These two management systems of Mirasol pepper were compared against the LC system, which consisted on primary tillage (plowing, harrowing, grading and furrowed), secondary tillage (3-4 spades or mattock, 3-4 weeding and 3-5 manual weeding). Flood irrigation was used.

In all treatments, fertilizers were applied in band and mechanically incorporated into the soil at a dose of 220 kg ha⁻¹ of nitrogen, 100 kg ha⁻¹ phosphate and 150 kg ha⁻¹ of

solamente por labranza secundaria (cultivador giratorio y escardas). El sistema IAV incluyó labranza primaria (barbecho, dos pasos de rastreo, nivelación y surcado), incorporación de avena y labranza secundaria (cultivador giratorio y escardas). Este sistema consistió en la siembra de avena en una dosis de 100 kg ha⁻¹, la que una vez alcanzada la materia seca requerida entonces fue cortada e incorporada al suelo en una tasa de 510 g de peso seco por metro cuadrado. Estos dos sistemas de manejo del chile mirasol fueron comparados contra el sistema LC, el cual estuvo constituido por la labranza primaria (barbecho, dos pasos de rastreo, nivelación y surcado), labranza secundaria (3-4 picas o azadoneos manuales, 3-4 escardas y 3-5 deshierbes manuales). La aplicación del riego fue por gravedad mediante el uso de tubería de compuerta.

En todos los tratamientos, los fertilizantes se aplicaron en banda e incorporados mecánicamente al suelo en una dosis de 220 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 100 kg ha⁻¹ de fosfato, and 150 kg ha⁻¹ de potasio. Las cantidades totales de fosfato y potasio más un tercio del nitrógeno se aplicó a los 15 días después del trasplante (DDT), mientras que la restante cantidad de nitrógeno fue dividido en dos y cada fracción se aplicó a los 30 y 70 DDT.

Tamaño de la parcela y medición de variables

Plántulas de chile mirasol se trasplantaron en surcos de 0.76 m de ancho. La evaluación de tratamientos se llevó a cabo en parcelas de tipo semicomercial, en donde el tamaño de la parcela con LC fue de 44 surcos de 70 m de largo para una superficie de 2 340.8 m², mientras que la parcela con IAV estuvo constituida por 22 surcos del mismo largo para una superficie de 1 170.4 m². La parcela con el sistema LR fue de 48 surcos de 50 m de largo para una superficie de 1 824 m².

Las variables medidas quincenalmente a través del ciclo de cultivo en la planta de chile fueron número de yemas, número de flores, número de frutos y peso seco por fruto. Las yemas, flores y frutos fueron cuantificados desde una muestra de cuatro plantas y reportado sobre una base de número planta⁻¹. El peso seco por fruto expresado en gramos fue estimado a partir de la división de la materia seca total de frutos planta⁻¹ entre el número de frutos planta⁻¹. La materia seca total de frutos por planta se obtuvo al poner a secar en estufa a 70 °C por 24 h. A partir de los datos del número de flores y frutos, se estimaron las fases fenológicas de inicio de floración, 50% floración, 50% frutos verde-rojo y 50% frutos rojos. Registros diarios de las variables climáticas

potassium. Total amounts of phosphate and potassium plus one-third of nitrogen is applied at 15 days after transplanting (DDT), while the remaining amount of nitrogen was divided in two and each fraction was applied at 30 and 70 DDT.

Plot size and measurement of variables

Mirasol peppers seedlings were transplanted in rows 0.76 m wide. Evaluation of treatments was carried out on semi-commercial plots type, where the size of the plot with LC was 44 rows of 70 m long for an area of 2 340.8 m², while the plot with IAV consisted of 22 rows of equal length for a surface of 1 170.4 m². The plot with the LR system consisted of 48 rows of 50 m long for an area of 1 824 m².

The variables measured biweekly throughout the growing season in the pepper plant were bud number, number of flowers, number of fruits and dry weight per fruit. The buds, flowers and fruits were quantified from a sample of four plants and reported on the basis of number plant⁻¹. Dry weight per fruit was expressed in gr and was calculated based on the division of the total dry matter of fruits plant⁻¹ divided by the number of fruits plant⁻¹. Total dry fruits per plant were obtained by putting to dry in an oven at 70 °C for 24 h. From the data on the number of flowers and fruits, the phenological phases of beginning of flowering, 50% flowering, 50% green-red fruits, 50% red fruits were estimated. Daily records of climatic variables such as precipitation, temperature, relative humidity and radiation were obtained from an automated weather station located 100 m from the study area.

Statistical analysis

Technological treatments were compared by an analysis of repeated measures by mixed models resorting to the use of the structure of autoregressive covariance AR (1) to be the one that provided the best fit, compared to those provided by the structures of compound symmetry and unstructured, from which the response of the number of buds, flowers and fruits per plant was evaluated, thus the dry weight per fruit of Mirasol pepper (Littell *et al.*, 1996; SAS, 1999). In order to determine a relationship between variables, data from climate variables, reproductive attributes and yield were processed by a simple correlation analysis of Pearson (SAS, 1999).

The phenological stages beginning of flowering, 50% flowering, 50% green and red fruits and 50% red fruit were related to heat units by using a base temperature of 10 °C. The thermal time (useful to normalize results from

como precipitación, temperatura, humedad relativa y radiación fueron obtenidos de una estación climatológica automatizada localizada a 100 m del área de estudio.

Análisis estadístico

Los tratamientos tecnológicos fueron comparados a través de un análisis de medidas repetidas por modelos mixtos recurriendo al uso de la estructura de covarianza autoregresiva AR(1) por ser la que proporcionó el mejor ajuste, en comparación a los ajustes proporcionados por las estructuras de simetría compuesta y la no estructurada, a partir de lo cual se evaluó la respuesta del número de yemas, flores y frutos por planta, así como el peso seco por fruto de chile mirasol (Littell *et al.*, 1996; SAS, 1999). Con el propósito de determinar alguna relación entre variables, los datos de las variables de clima, atributos reproductivos y rendimiento fueron procesados mediante el análisis de correlación simple de Pearson (SAS, 1999).

Las fases fenológicas de inicio de floración, 50% floración, 50% frutos verde-rojo y 50% frutos rojos se relacionaron a las unidades calor al usar una temperatura base de 10°C. El tiempo termal (útil para normalizar resultados de diferentes experimentos) se calculó al sustraer la temperatura base a la temperatura media diaria. Si la temperatura mínima fue menor que 10 °C, entonces la temperatura mínima considerada para un día específico fue 10 °C (McMaster and Wilhelm, 1997). Las unidades calor diarias se acumularon desde el trasplante y son reportadas como UC. La determinación de las fases fenológicas fue mediante ajuste del modelo de Gompertz o modelos polinomiales, en los cuales se estuvo moviendo la cantidad de unidades calor hasta alcanzar la etapa correspondiente.

Se calculó el indicador de área promedio del área bajo la curva (Torres *et al.*, 2003; Pedroza, 1999) ajustada al período de muestreo con el propósito de estimar diferencias entre tecnologías de manejo, dentro y entre años, basándose para ello en la magnitud de los números de yemas, flores y frutos.

La ecuación utilizada fue:

$$ABC = S((Y_{i+1} + Y_i)/2 * (T_f - T_i)) * (T_{i+1} - T_i)$$

Donde: ABC= área bajo la curva, Y_{i+1} = cantidad de la variable dependiente en el muestreo T_{i+1} , Y_i =cantidad de la variable dependiente en el muestreo T_i , T_f = fecha final del muestreo, y T_i = fecha inicial del muestreo.

different experiments) was calculated by subtracting the base temperature to the average daily temperature. If the minimum temperature was below 10 °C, then considered the minimum temperature for a particular day was 10 °C (McMaster and Wilhelm, 1997). Daily heat units accumulated since the transplant and are reported as UC. Determination of phenological stages was through fitting Gompertz model or polynomial models, which was moving the amount of heat units to reach the appropriate stage.

The average area indicator for the area under the curve (Torres *et al.*, 2003; Pedroza, 1999) was calculated; adjusted to the sampling period in order to estimate differences between technologies management within and between years, relying on the magnitude of the numbers of buds, flowers and fruits.

The equation used was:

$$ABC = S((Y_{i+1} + Y_i)/2 * (T_f - T_i)) * (T_{i+1} - T_i)$$

Where: ABC= area under the curve, Y_{i+1} = amount of the dependent variable in the sample T_{i+1} , Y_i = amount of the dependent variable in the sample T_i , T_f = final sampling date, and T_i = initial date of sampling.

Results and discussion

The response of the average number of buds, flowers and fruits per plant between management systems, between years or their interaction was not statistically different, although growth curves of these variables were different between years and between management systems over time (Table 1, Figure 1). According to the average area indicators, the growth curves of number of buds turned lower in 2009 than in other years of study. While in 2008 and 2010 pepper plants managed with the IAV system showed a growth curve of the number of buds per plant higher than the LC and LR systems, in 2009; the plant response was completely opposite by displaying a growth curve of the number of buds lower than the other management systems. Although with different magnitude, this same trend was observed between years in pepper plants with LC and LR. Pepper plants managed with LC produced a growth curve of the number of buds lower than LR through years.

The growth curves of the number of flowers produced by the plants were different between management systems and between years (Table 1, Figure 1). In general, the growth

Resultados y discusión

La respuesta del número promedio de yemas, flores y frutos por planta entre los sistemas de manejo, entre años o su interacción no fue estadísticamente diferente, aunque las curvas de crecimiento de estas variables fueron diferentes entre años y entre sistemas de manejo a través del tiempo (Cuadro 1; Figura 1). De acuerdo con los indicadores de área promedio, las curvas de crecimiento del número de yemas resultó menor en 2009 que en los otros años de estudio. Mientras que en 2008 y 2010 las plantas de chile manejadas con el sistema IAV mostraron una curva de crecimiento del número de yemas por planta mayor que la de los sistemas LC y LR, en 2009 la respuesta de las plantas fue completamente opuesta al mostrar una curva de crecimiento del número de yemas menor que los otros sistemas de manejo. Aunque con diferente magnitud, ésta misma tendencia entre años fue observada en las plantas de chile con LC y LR. Las plantas de chile manejadas con LC produjeron una curva de crecimiento del número de yemas menor que con LR a través de años.

Las curvas de crecimiento del número de flores producidas por las plantas fueron diferentes entre sistemas de manejo y entre años (Cuadro 1; Figura 1). En general, las curvas de crecimiento del número de flores por planta cuantificadas en 2008 fueron mayores que en los otros años de estudio, sobresaliendo el manejo con IAV por la magnitud mostrada de hasta 18.1 flores día⁻¹. La magnitud del número de flores día⁻¹ mostrada por los tres sistemas de manejo en 2009 y 2010 fue similar, aunque menor que en 2008. De acuerdo con el indicador de área promedio, el número de flores mostradas por las plantas manejadas con LR disminuyó paulatinamente de 2008 a 2010, mientras que con LC y IAV tendieron a reducirse en 2009, con una leve recuperación en 2010.

La respuesta basada en las curvas de crecimiento del número de frutos fue diferente entre sistemas de manejo dentro y entre años a través del ciclo (Cuadro 1). Las plantas manejadas con IAV y LC en 2008 mostraron una mayor magnitud en el número de frutos de chile en comparación a las plantas con LR (Figura 2). Alrededor de los 110 y 137 DDT, las plantas manejadas con estos sistemas presentaron el más alto número de frutos por planta. Los tres sistemas de manejo en 2009 y 2010 fueron similares dentro de estos años. La magnitud del número de frutos día⁻¹ determinada en las plantas con LR fue relativamente constante, ya que de 16 frutos que mostró la planta se redujo a solo 14 frutos día⁻¹. La respuesta en la magnitud del número de frutos planta⁻¹ día⁻¹ de

curvas de la número de flores por planta cuantificadas en 2008 fueron mayores que en los otros años de estudio, sobresaliendo el manejo con IAV por la magnitud mostrada de hasta 18.1 flores día⁻¹. La magnitud del número de flores día⁻¹ mostrada por los tres sistemas de manejo en 2009 y 2010 fue similar, aunque menor que en 2008. De acuerdo con el indicador de área promedio, el número de flores mostradas por las plantas manejadas con LR disminuyó paulatinamente de 2008 a 2010, mientras que con LC y IAV tendieron a reducirse en 2009, con una leve recuperación en 2010.

The response based on growth curves of the number of fruits was different between management systems within and between years through the cycle (Table 1). Plants managed with IAV and LC in 2008, showed a greater magnitude in the number of fruits compared to the plants with LR (Figure 2). Around 110 and 137 DDT, plants managed by these systems had the highest number of fruits per plant. The three management systems in 2009 and 2010 were similar within these years. The magnitude of the number of fruit day⁻¹ determined in plants with LR was relatively constant, since 16 fruits that the plant had was reduced to 14 fruits day⁻¹. The response in the magnitude of the number of fruits plant⁻¹ day⁻¹ of the LC and IAV management systems through the years was closely related to the number of buds and flowers per plant, by descending from 19 and 20 fruits plant⁻¹ day⁻¹ to 13 and 12 fruits plant⁻¹ day⁻¹ and then ascend to 16 fruits.

The yield based on the dry weight per fruit and growth dynamics over time was different between years, while the response to management systems and their interaction with year was not significantly different (Table 1, Figure 3). The fruits of plants handled with all systems in 2008 had a lower dry weight than in the other years. While the maximum dry weight in 2008 was about 6 g fruit⁻¹, in 2009 and 2010 that dry weight represented the minimum value. In 2008, the fruits of plants handled with LC tended to have a higher dry weight than the other management systems from 84 DDT and until the end of the measurement, while the fruit weight of plants handled with LR and IAV behaved quite similar throughout the growth cycle of the fruit.

In 2009, the dry weight of fruits with LR was similar to the dry weight with LC from the beginning of fruiting, while the weight with IAV was different to LC from 75 DDT, although these responses of LR and IAV were inverted at 130 and 135 DDT, respectively. In 2010, the fruit dry weight was similar between the management systems from the beginning of fruiting until 132 DDT, although from 146 DDT the fruit dry weight of plants with IAV and LC reduced their growth, while the fruits of plants with LR continued their growth in weight until 7.2 g on average.

los sistemas de manejo LC y IAV a través de los años estuvo estrechamente relacionada al número de yemas y flores por planta, al descender de 19 y 20 frutos planta⁻¹ día⁻¹ a 13 y 12 frutos planta⁻¹ día⁻¹ para luego ascender a 16 frutos.

The phenology of pepper did not show a defined response to the types of management within years, but through management systems, was able to observe a delay from 50% flowering and forward in 2009 and 2010, compared to 2008

Cuadro 1. Respuesta basada en el número de yemas, flores y frutos por planta y peso seco de fruto de chile mirasol a los sistemas de manejo dentro y entre años o su interacción.

Table 1. Response based on the number of buds, flowers and fruits per plant and dry weight of Mirasol pepper to the management systems within and between years, or their interaction.

Efecto	Yemas		Flores		Frutos		Peso seco de fruto	
	Valor F	Pr > F	Valor F	Pr > F	Valor F	Pr > F	Valor F	Pr > F
Año	36.45	0.1163	79.68	0.079	4.63	0.3121	178.43	0.0529
Sistema	10.42	0.214	1.68	0.4792	2.03	0.4448	1.92	0.4549
Año*sistema	7.89	0.2602	3.56	0.3758	8.99	0.2445	3.82	0.3643
Curva de Crecimiento (CC)	181.82	<.0001	65.83	<.0001	70.56	<.0001	210.81	<.0001
Año*CC	5.93	<.0001	10.07	<.0001	12.57	<.0001	15.66	<.0001
Sistema*CC	6.32	<.0001	3.45	0.0048	4.85	0.0002	1.2	0.331

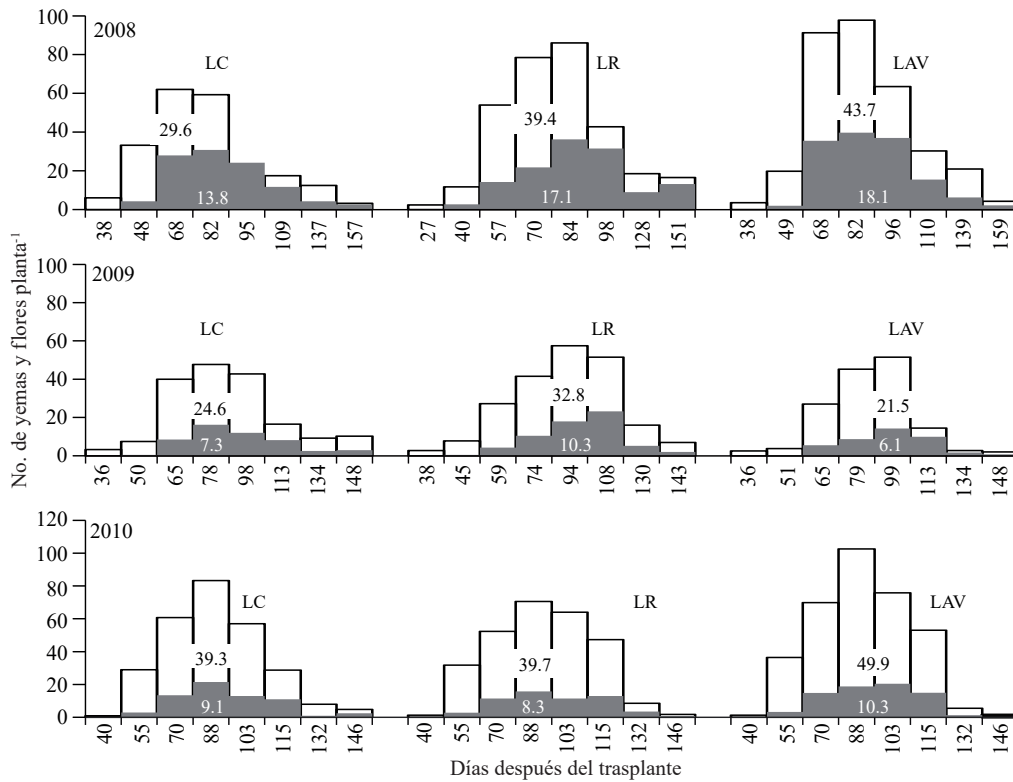


Figura 1. Número de yemas y flores del chile como una respuesta al tipo de labranza y enmienda al suelo. Barras blancas= número de yemas, barras oscuras= número de flores, LC = labranza convencional, LR = labranza reducida, IAV = incorporación de abono verde. Valores dentro de cada gráfica corresponden al indicador de área promedio del área bajo la curva expresada en yemas día⁻¹ o flores día⁻¹.

Figure 1. Number of buds and flowers as response to the type of tillage and soil amendments. White bars= number of buds; dark bars= number of flowers; LC= conventional tillage; LR= minimum tillage; IAV= incorporation of green manure. Values within each graph correspond to the average area indicator for the area under the curve expressed in buds day⁻¹ or flowers day⁻¹.

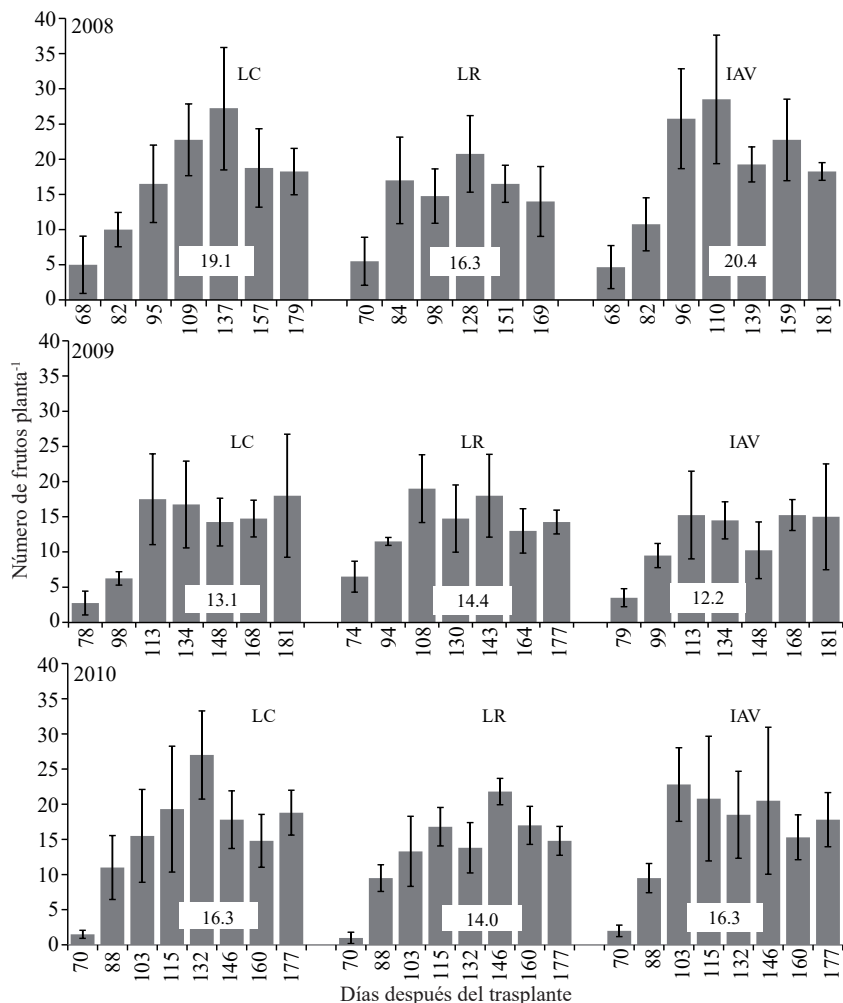


Figura 2. Número de frutos por planta (±D.E.) en respuesta al tipo de labranza y enmienda al suelo. LC, labranza convencional; LR, labranza reducida; IAV, incorporación de abono verde. Valores dentro de las gráficas corresponden a su respectiva área bajo la curva expresada en frutos día⁻¹.

Figure 2. Number of fruits per plant (D.E.) in response to the type of tillage and soil amendment-LC= conventional tillage; LR= minimum tillage; IAV= incorporation of green manure. Values with in the graphs correspond to their respective area under the curve expressed in fruit day⁻¹.

El rendimiento basado en el peso seco por fruto así como su dinámica de crecimiento a través del tiempo fue diferente entre años, mientras que la respuesta a los sistemas de manejo y su interacción con años no fue significativamente diferente (Cuadro 1, Figura 3). Los frutos de plantas manejadas con todos los sistemas en 2008 presentaron un menor peso seco que en los otros años. Mientras que el peso seco máximo en 2008 fue alrededor de 6 g fruto⁻¹, en 2009 y 2010 ese peso seco representó el valor mínimo. En 2008, los frutos de plantas manejadas con LC tendieron a presentar un mayor peso seco que los otros sistemas de manejo desde los 84 DDT y hasta el final de la medición, mientras que el peso del fruto de plantas manejadas con LR y IAV se comportó bastante similar a lo largo del ciclo de crecimiento del fruto.

(Table 2). In relation with LC management, the phenological stages of beginning of flowering and 50% red fruits were achieved early with LR in 2008 and 2010, whereas in IAV these stages were reached much later. In all years, the stage of 50% flowering was recorded earlier with LC, whereas in LR, pepper plants belatedly reached this stage in 2009 and 2010. In 2008, pepper plants managed with IAV recorded late all phenological stages under study, which did not happen in other years. Pepper plants managed with IAV recorded late the stage of 50% green-red fruit in 2008 and 2009, while in 2010 it was reached early. The management with LR did not influence pepper plants by presenting an indefinite pattern in the relative response to the stage of 50% green-red fruit.

En 2009, el peso seco de fruto de plantas con LR fue similar al peso seco con LC desde el inicio de la fructificación, mientras que el peso con IAV fue diferente a LC desde los 75 DDT, aunque estas respuestas de LR y IAV se invirtieron a los 130 y 150 DDT, respectivamente. En 2010, el peso seco de fruto fue similar entre los sistemas de manejo desde el inicio de la fructificación hasta los 132 DDT, aunque a partir de los 146 DDT el peso seco de fruto de plantas con IAV y LC redujeron su crecimiento, mientras que los frutos de plantas con LR continuaron su crecimiento en peso hasta alcanzar los 7.2 g en promedio.

La fenología del chile no presentó una respuesta definida a los tipos de manejo dentro de años, aunque a través de los sistemas de manejo, se pudo observar un retraso a partir de 50% de la floración en adelante en 2009 y 2010, en comparación a 2008 (Cuadro 2). En comparación con el manejo de LC, las etapas fenológicas de inicio de la floración y 50% de frutos rojos fueron tempranamente alcanzadas con LR en 2008 y 2010, mientras que con IAV estas etapas se alcanzaron más tardíamente. En todos los años, la etapa de 50% de la floración se registró más temprano con LC, mientras que con LR las plantas de chile alcanzaron tardíamente esta etapa en 2009 y 2010. En 2008, las plantas de chile manejadas con IAV registraron tardíamente todas las etapas fenológicas en estudio, lo cual no sucedió en los otros años. Las plantas de chile manejadas con IAV registraron más tarde la etapa de 50% frutos verde-rojo en 2008 y 2009, que en 2010 año en que fue alcanzada temprano. El manejo con LR no influyó en las plantas de chile al presentar un patrón indefinido en la respuesta relativa a la etapa de 50% fruto verde-rojo.

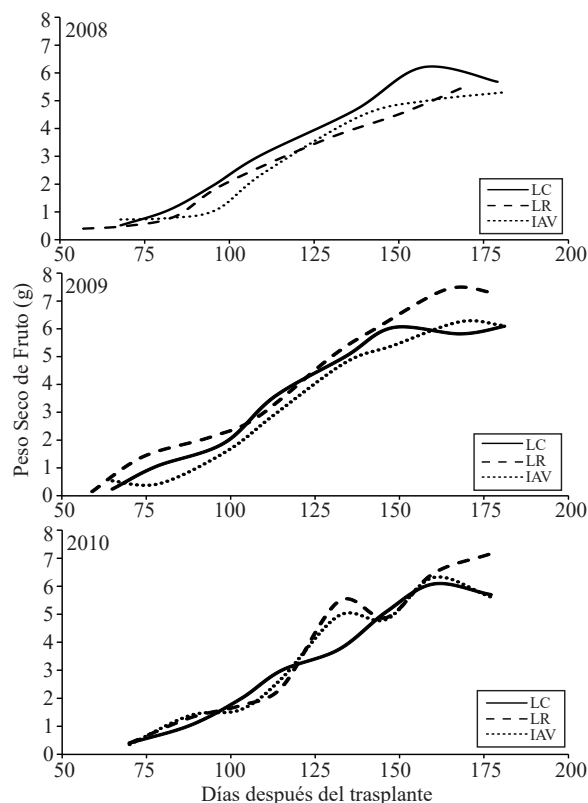


Figura 3. Evolución del peso de fruto de chile mirasol en respuesta al tipo de labranza y la incorporación de abono verde. LC, labranza convencional; LR, labranza reducida; IAV, incorporación de avena.

Figure 3. Evolution of fruit weight in Mirasol pepper in response to the type of tillage and incorporation of green manure; LC= conventional tillage; LR= minimum tillage; IAV= Incorporation of oat.

Cuadro 2. Atributos reproductivos de chile mirasol manejado con LR, LC o IAV como una función de la acumulación de unidades calor. Temperaturas umbrales 30/10 °C.

Table 2. Reproductive attributes of Mirasol pepper managed with LR, LC or IAV as a function of the accumulation of heat units. Threshold temperatures 30/10 °C.

Año	Tipo de manejo	Inicio de floración	50% floración	50% fruto verde/rojo	50% fruto rojo
2008	LR	391	759	1248.4	1378.8
	LC	476	751	1202	1424.4
	IAV	486	764.3	1322	1439.9
	Promedio	451	758.1	1257.5	1414.4
2009	LR	420.5	849.7	1253.9	1580.4
	LC	390	765	1263.5	1567.4
	IAV	392.5	814.2	1313.5	1537
	Promedio	401	809.6	1277	1561.6
2010	LR	463.8	821	1350.5	1466.7
	LC	470	793.4	1331.2	1476.5
	IAV	490	808.6	1320.6	1482.7
	Promedio	474.6	807.7	1334.1	1475.3

LC= labranza convencional; LR= labranza reducida; IAV= incorporación de abono verde.

El peso seco de fruto a través de los sistemas de manejo entre años tendió a mostrar una relación inversa con el número de frutos planta⁻¹, lo que significa que el mayor número de frutos observado en 2008 representó un menor peso seco de fruto, mientras que lo opuesto fue verdad en 2009 y 2010. Ésta misma respuesta fue observada por Olutolaj y Makine (1994) en chiles de las especies *C. annuum* y *C. frutescens*, lo que indica que no es una respuesta específica de la especie. Al igual que lo observado en este estudio, en algunos tipos de chile se ha observado un incremento gradual en el número de flores, número de frutos y peso de fruto, después del cual hay un decremento de los órganos reproductivos, aunque en nuestro caso el decremento ocurrió de manera alternada de acuerdo con el atributo reproductivo y no de forma similar como lo reportado por Olutolaj y Makine (1994).

El decremento inicial del número de flores coincide con el incremento gradual del número de frutos como resultado del desvío de fotoasimilados hacia la formación de frutos (Azofeifa y Moreira, 2004), pero continuando con una producción baja de yemas y flores debido a la acumulación también menor de azúcares, sugiriéndose la existencia de una competencia por asimilados entre todos los órganos vegetativos y reproductivos como las hojas (Aloni *et al.*, 1996) y las semillas, cuyo crecimiento también demanda una alta cantidad de carbohidratos (Marcelis y Baan Hofman-Eijer, 1997).

En base al valor máximo en el número de flores y valor final del número de frutos establecidos o cuajados de chile mirasol observados en este estudio, se coincidió con lo manifestado por Marcelis *et al.* (2004) y Guardiola (1997) en el sentido de que el número de flores suele ser mayor que el número de frutos, aunque la diferencia entre estos dos atributos en chile mirasol no fue tan excesiva. Un hecho importante en este estudio es el porcentaje de frutos cuajados, es decir el número de frutos a la madurez respecto al máximo número de flores, el cual fluctuó a través de años y de sistemas de manejo entre 38 y 100%, mientras que Dahal *et al.* (2006) reportaron un porcentaje de hasta 19% de frutos cuajados de chile.

Restrepo-Díaz *et al.* (2010) manifiestan que la producción de hortalizas es afectada por factores del clima, suelo, sistema de producción, así como por la interacción de estos factores. Por consiguiente, la reducción en cantidad del número de flores y frutos, así como el retraso en las etapas fenológicas de floración y fructificación, cuantificado a través de los sistemas de manejo en 2009 y 2010 en comparación a lo

The dry weight of fruit through management systems between years tended to show an inverse relationship with the number of fruits plant⁻¹, which means that the higher number of fruits observed in 2008 represented a lower dry weight of fruit, while the opposite was true in 2009 and 2010. This same response was observed by Olutolaj and Makine (1994) in pepper species *C. annuum* and *C. frutescens*, indicating that it is not a specific response of the species. As noted in this study, in some types of pepper has been observed a gradual increase in the number of flowers, number of fruits and fruit weight, after which there is a decrease in the reproductive organs, but in our case the decrease occurred alternately according to the reproductive attribute and not similar as reported by Olutolaj and Makine (1994).

The initial decrease in the number of flowers match the gradual increase in the number of fruits as a result of the diversion of photoassimilates to fruit formation (Azofeifa and Moreira, 2004), but continuing with a low production of buds and flowers, due to the accumulation of less sugars, suggesting the existence of a competition for assimilates among all vegetative and reproductive organs like leaves (Aloni *et al.*, 1996) and seeds whose growth also demands a high amount of carbohydrates (Marcelis and Baan Hofman-Eijer, 1997).

Based on the maximum value in the number of flowers and final value of number of fruits set or studded in Mirasol pepper observed in this study, it was agreed with the statement by Marcelis *et al.* (2004) and Guardiola (1997) in the sense that the number of flowers is usually larger than the number of fruits, although the difference between these two attributes in Mirasol pepper was not as excessive. An important fact in this study is the percentage of fruit studded, i.e. the number of fruit to maturity regarding the maximum number of flowers, fluctuated through years and management systems between 38 and 100%, while Dahal *et al.* (2006) reported a percentage of up to 19% of set fruits in pepper.

Restrepo-Díaz *et al.* (2010) state that vegetable production is affected by factors as climate, soil, production system, as well as the interaction of these factors. Therefore, the reduction in the amount of number of flowers and fruits, as well as the delay in the phenological stages of flowering and fruiting, quantified through management systems in 2009 and 2010 compared to that observed in 2008 can be attributed exclusively to the prevailing climatic conditions during the study, rather than soil conditions (water condition) and production system, who did not present any limitations.

observado en 2008 puede ser atribuido exclusivamente al ambiente climático prevaleciente durante la realización del estudio, más que al ambiente suelo (condición hídrica) y sistema de producción, quienes no presentaron limitaciones.

Bajo esta premisa, los elementos climáticos que correlacionaron significativamente con el comportamiento de los órganos reproductivos en 2008 fueron la temperatura media y la humedad relativa media, mientras que en 2009 y 2010 la temperatura mínima presentó una significativa correlación con el rendimiento y los atributos reproductivos, así como la humedad relativa máxima.

La temperatura mínima promedio a través del ciclo fue de 11.2 ± 3.0 °C en 2008, 11.6 ± 2.4 °C en 2009 y 10.6 ± 3.6 °C en 2010, aunque al parecer la implicación de estos valores térmicos está en el tiempo de exposición de las plantas de chile a temperaturas ≤ 11 °C durante el ciclo, el cual fue de 73 días con una oscilación promedio de 15.0 °C en 2009 y 82 días con una oscilación de 15.7 °C en 2010, mientras que en 2008 fue de 66 días con una oscilación de 13.5 °C. Esta temperatura mínima, el tiempo de exposición y el diferencial día/noche registrados en nuestro estudio toman relevancia porque los valores registrados están por debajo de los valores reportados como óptimos para el desarrollo del chile de $18-20$ °C de temperatura nocturna con un diferencial día/noche de $5-8$ °C (Nuez Viñals, 1996), así como a las temperaturas mínimas inhibitorias del crecimiento y desarrollo reportadas por Vidal (2004).

Por otro lado, el porcentaje de humedad en el aire tendió a ser menor en 2009 y 2010 en respuesta a los 205 mm y 242 mm de lluvia recibidos durante el ciclo de cultivo en 2009 y 2010 respectivamente, en comparación con los 372 mm recibidos en el mismo período en 2008. Como parte de esta investigación, Amador *et al.* (2013) reportan que la humedad relativa máxima (HRmax) fue el elemento del clima que pudo haber afectado el crecimiento en términos de altura de la planta, diámetro de tallo y peso seco de la planta, así como el rendimiento de fruto de chile mirasol, ya que en 2009 la HRmax fluctuó en promedio $74 \pm 20\%$ durante 143 días después del trasplante, mientras que fluctuaciones de 70 ± 18.1 y $66 \pm 17.2\%$ HRmax estuvieron presentes solamente por 75 y 78 días después del trasplante en 2008 y 2010, respectivamente.

Under this premise, weather elements that correlated significantly with the behavior of the reproductive organs in 2008 were the average temperature and average relative humidity, while in 2009 and 2010, the minimum temperature was significantly correlated with yield and reproductive attributes, thus maximum relative humidity.

The average minimum temperature throughout the cycle was 11.2 ± 3.0 °C in 2008, 11.6 ± 2.4 °C in 2009 and 10.6 ± 3.6 °C in 2010, but apparently the involvement of these thermal values is the time of exposure of the pepper plants at temperatures ≤ 11 °C during the cycle, which was 73 days with an oscillating average of 15.0 °C in 2009 and 82 days with an oscillation of 15.7 °C in 2010, while in 2008 was 66 days with an oscillation of 13.5 °C. This minimum temperature of exposure time and the differential day/night recorded in our study become significant because the recorded values are below the values reported as optimal for the development of pepper of $18-20$ °C night temperature with a differential day / night of $5-8$ °C (Nuez-Viñals, 1996) thus the minimum inhibitory temperatures of growth and development reported by Vidal (2004).

On the other hand, the percentage of moisture in the air tended to be lower in 2009 and 2010 in response to the 205 mm and 242 mm of rainfall received during the growing season in 2009 and 2010 respectively, compared with 372 mm received in the same period in 2008. As part of this research, Amador *et al.* (2013) report that the maximum relative humidity (HRmax) was the element of climate that may have affected the growth in terms of plant height, stem diameter and dry weight of the plant and fruit yield of Mirasol pepper, since in 2009 HRmax ranged on average $74 \pm 20\%$ for 143 days after transplantation, whereas fluctuations of 70 ± 18.1 and $66 \pm 17.2\%$ HRmax were present only for 75 and 78 days after transplanting in 2008 and 2010, respectively.

Conclusions

The results described in this study indicate that growth expressed through the cycle of the reproductive organs of buds, flowers and fruit, thus the yield, based on the dry weight of the fruit of Mirasol pepper in the highlands of Zacatecas was influenced by the weather conditions prevailing in the years of study. There was not a defined response in flowering, fruiting, phenology and yield of Mirasol pepper

Conclusiones

Los resultados descritos en este estudio indican que el crecimiento manifestado a través del ciclo de los órganos reproductivos de yemas, flores y frutos, así como el rendimiento basado en el peso seco de fruto de chile mirasol en el altiplano de Zacatecas fue influenciado por las condiciones climáticas prevalecientes en los años de estudio. No hubo una respuesta definida en la floración, fructificación, fenología y rendimiento del chile mirasol al uso de determinado tipo de labranza o incorporación de avena al suelo. Las flores y frutos en términos de cantidad fueron afectados básicamente por la interacción temperatura mínima-oscilación térmica-lluvia-humedad relativa máxima. Basado en el promedio de los tres sistemas de manejo, el peso seco de fruto estuvo inversamente relacionado con el número de frutos por planta, es decir, el mayor peso seco observado en 2009 y 2010 coincidió con un menor número de frutos cuantificados, sucediendo lo opuesto en 2008.

Literatura citada

- Aloni, B.; Karni, L.; Zaidman, Z. and Schaffer, A. A. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *Ann. Bot.* 78:163-168.
- Amador-Ramírez, M. D.; Velásquez-Valle, R.; Sánchez-Toledano, B. I. y Acosta-Díaz, E. 2013. Respuesta del chile mirasol a la labranza reducida, enmiendas al suelo y acolchado plástico. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4:543-555.
- Astier, M.; Maass, J. M.; Etchevers-Barra, J. D.; Peña, J. J. and de León-González, F. 2006. Short-term green manure and tillage effects on maize yield and soil quality in an andisol. *Soil Tillage Res.* 88:153-159.
- Azofeifa, Á. y Moreira, M. A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot) en Alajuela, Costa Rica. *Agron. Costarricense.* 28:57-67.
- Belel, M. D.; Saidu, M. S. and Sajo, A. A. 2011. Effect of land preparation and weeding regime on the yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in Mubi, Adamawa State. *J. Agron.* 10:62-67.
- Bravo, L. A. G.; Galindo, G. G. y Amador, R. M. D. 2006. Tecnología de producción de chile seco. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) -CIRNOC. Campo Experimental Zacatecas. Libro técnico Núm. 5. 222 p. http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Tecnologia_de_produccion_de_chile_seco.pdf.
- Burciaga, G. M.; Bravo, L. A. G. y Amador, R. M. D. 2004. Eficiencia del agua en el cultivo de chile seco mirasol (*Capsicum annuum* L.) con riego por goteo, con y sin acolchado y riego por gravedad. 1ª Convención Mundial del Chile 2004. León, Guanajuato, México. 215-219 pp.
- Dahal, K. C.; Sharma, M. D.; Dhakal, D. D. and Shakya, S. M. 2006. Evaluation of heat tolerant chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes in Western Terai of Nepal. *J. Institute Agric. An. Sci.* 27:59-64.
- Galindo, G. G.; López, M. C.; Cabañas C., B.; Pérez, T. H. y Robles, M. A. 2002. Caracterización de productores de chile en el altiplano de Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatecas. Folleto científico Núm. 5. 102 p.
- García-Carreón, J. S. and Martínez-Menes, M. R. 2010. Abonos verdes. Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 8 p. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/publicaciones/lists/agricolas/attachments/9/a-04-1.pdf>.
- Guardiola, J. L. 1997. Overview of flower bud induction, flowering and fruit set. *In: proceedings of citrus flowering and fruit short course.* IFAS. Citrus research and education center, University of Florida. http://irrec.ifas.ufl.edu/flcitrus/pdfs/short_course_and_workshop/citrus_flowering_97/Guardiola-Overview_of_Flower_Bud_Induction.pdf. 5-21 pp.
- Lal, R. 1991. Tillage and agricultural sustainability. *Soil Tillage Res.* 20:133-146.
- Leiva, F. R.; Bejarano, A. D.; González, W. y Guerrero, L. 2002. Contribución de la labranza de conservación a la producción sostenible del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región central andina. *Agron. Colombiana.* 20:55-68.
- Littell, R. C.; Milliken, G. A.; Stroup, W. W. and Wolfinger, R. D. 1996. SAS system for mixed models. SAS Institute Inc. Cary N.C. 633 p.
- Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Baan Hofman-Eijer, L. R.; Den Bakker, J. and Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *J. Exp. Bot.* 55:2261-2268.
- Marcelis, L. F. M. and Baan Hofman-Eijer, L. R. 1997. Effect of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Ann. Bot.* 79:687-693.
- McMaster, G. S. and Wilhelm, W. W. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agric. Forest Meteorol.* 87:291-300.

End of the English version



- Mora, G. M.; Ordaz, Ch. V.; Castellanos, J. Z.; Aguilar, S. A.; Gavi, F. y Volke, H. V. 2001. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol después de cuatro años de manejo. *Terra Latinoamericana* 19:67-74.
- Nuez, V. F.; Gil, O. R. y Costa, G. J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. México, DF. 111 p.
- Olutolaj, A. O. and Makine, M. J. 1994. Assessment of the vegetative, reproductive characters and fruit production pattern of pepper cultivars (*Capsicum* spp.). *Capsicum and Eggplant Newsletter* 13:54-57.
- Pedroza, S. A. 1999. Análisis del área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Minicurso Fitopatología cuantitativa: un enfoque estadístico en el análisis epidémico. *In: X Congreso de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología y XXVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Septiembre 27- octubre 01 de 1999. Guadalajara, Jalisco. México. 69 p.
- Restrepo-Díaz, H.; Melgar, J. C. and Lombardini, L. 2010. Ecophysiology of horticultural crops: an overview. *Agron. Colombiana* 28:71-79.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Plan rector del sistema producto chile seco de Zacatecas. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. México, D.F. www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/Chile/Attachments/14/pr_zac.pdf.
- Samuel, T. M. and Ajav, E. A. 2010. Optimum tillage system for pepper production in an alfisol of South-western Nigeria. *Af. J. Agric. Res.* 5:2647-2652.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 1999. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Serna, P. A.; Zegbe, D. J.; Mena, C. J. y Rubio, D. S. 2008. Sistemas de manejo para la producción sustentable de chile seco Cv. Mirasol. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):41-44.
- Serna, P.A. y Zegbe, J.A. 2012. Rendimiento, calidad de fruto y eficiencia en el uso del agua del chile 'Mirasol' bajo riego deficitario. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(5):53-56.
- Torres, V.; Navarro, J. R. y Pérez, T. 2003. Métodos estadísticos para el procesamiento de experimentos con mediciones repetidas en la misma unidad experimental. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 37:227-232.
- Vidal, J. L. 2004. Efectos del factor térmico en el desarrollo y crecimiento inicial de pimiento (*Capsicum annum* L.) cultivado en campo. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán, Argentina. 94 p.
- Wubs, A. M.; Ma, Y. T.; Hemerik, L. and Heuvelink, E. 2009. Fruit set and yield patterns in different *Capsicum* cultivars. *HortScience* 44:1296-1301.