

Estudios de efectividad biológica de ocho plásticos para invernadero en el cultivo de lechuga

Biological effectiveness studies of eight greenhouse plastics in lettuce cultivation

Alberto Sandoval-Rangel^{2*}, Perla Abigail Cárdenas-Atayde¹,
Adalberto Benavides-Mendoza², Valentín Robledo-Torres²

¹Estudiante de la Maestría en Ciencias en Horticultura, ²Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: alberto.sandoval@uaaan.edu.mx (*Autor responsable)

RESUMEN

Durante los últimos años, con el propósito de incrementar la producción y calidad, además de ampliar los periodos de cosecha y reducir los efectos negativos de las condiciones climáticas adversas, la agricultura muestra una tendencia a establecer los cultivos bajo cubierta o invernadero. Considerando esta realidad, se realizó este trabajo durante el ciclo otoño-invierno 2019, con el propósito de evaluar la efectividad biológica de ocho prototipos de películas de polietileno (PE) o plásticos para invernadero en el cultivo de lechuga, los cuales se compararon con dos PE comerciales. Cada PE constituyó un tratamiento, que se evaluaron en cuatro repeticiones, que consistieron en un túnel de 50 m² (5×10 m y 3.5 m de altura) con paredes laterales de malla antiáfidos. Los túneles se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar. Las variables que se evaluaron fueron: radiación fotosintéticamente activa, temperatura y humedad relativa, conductancia estomática, contenido de clorofila A, B y total, además de número, largo, ancho, peso fresco y seco de hojas y peso fresco total a la cosecha. Los resultados que se obtuvieron muestran que los prototipos tienen diferente porcentaje de reducción de la radiación fotosintéticamente activa y/o sombreado, y este efecto modificó el crecimiento y productividad de la lechuga, mientras que la temperatura y humedad relativa no se afectó.

Palabras clave: agricultura protegida, estudios de efectividad.

ABSTRACT

In recent years, agriculture shows a tendency to establish crops under cover or greenhouse, seeking to increase production, quality, extend harvest periods and, in short, reduce the negative effects of adverse climatic conditions. With this background, this research was carried out with the purpose of evaluating the biological effectiveness of 8 prototypes of greenhouse foils in lettuce crop during the autumn winter 2019 cycle, compared with 2 commercial PEs. Each PE provided a treatment and each treatment was evaluated in 4 repetitions. Each repetition consisted of a tunnel of 50 m² (5 + 10 m) and 3.5 m high with anti-aphid mesh side walls. The tunnels were distributed in a randomized complete block design. The variables that were evaluated were: Photosynthetically Active Radiation (PAR), Temperature and Relative Humidity, Stomatic Conductance, Chlorophyll A, B and Total Content, Number, Leaf Length and Width, Fresh and Dry Leaf Weight and Fresh Weight Total to harvest. The variable where a greater difference was obtained, was in the weight at harvest, obtaining lettuces with more development in 3 of the prototypes used.

Keywords: protected agriculture, effectiveness tests.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la agricultura muestra una tendencia a establecer los cultivos bajo cubierta o invernadero, con el propósito de incrementar la producción, la calidad y ampliar los periodos de cosecha y, en suma, reducir los efectos negativos de las condiciones climáticas adversas (SIAP,

2017). En México, la construcción de invernaderos ha tenido un incremento importante, y a la fecha, la superficie construida oscila entre las 12 a 15 mil ha (Iglesias, 2017; Sagarpa, 2018).

Esto ha ocasionado un incremento en la demanda de insumos y, en particular, de cubiertas de polietileno (PE) comúnmente denominado plástico y, a su vez, ha derivado en el aumento de empresas ofertantes de

plástico, que, en la competencia por el mercado, están realizando diversas innovaciones y mejoras del producto. Estos plásticos, antes de ponerse en el mercado, es necesario que se verifique su eficiencia, y una forma de hacerlo es a través de estudios de efectividad biológica, la cual consiste en pruebas de campo bajo rigor científico (Castilla, 2017; DOF, 2013). Ante esta exigencia, el objetivo de este estudio fue evaluar ocho prototipos de plásticos para cubierta de invernadero en el cultivo de lechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Parcela 17 del ejido el Pilar, antes La Gloria, municipio de General Cepeda, Coahuila, y en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UA-AAN), durante el periodo de abril a diciembre del 2019.

Se evaluaron ocho prototipos de PE para cubierta de invernadero y se compararon con dos PE comerciales. Cada PE constituyó un tratamiento, y cada tratamiento se evaluó en cuatro repeticiones. La repetición consistió en un túnel de 50 m² (5×10 m y 3.5 m de altura) con paredes laterales de malla

antiáfidos. Los túneles se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar.

En cada túnel se produjo el cultivo de lechuga orejona F1 var. Scala en un sustrato de fibra de coco en bolis y fertirrigación con estaca, y se midió la reducción de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) con un medidor Quantum Meter modelo BQM SUN-2166 de Apogee® (Apogee, 2018). Los datos se tomaron a las 8:00, 14:00 y 18:00 horas durante cinco días consecutivos, y simultáneamente se midió la luz interior y exterior de cada túnel. Con los datos de RFA obtenidos en $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ se calculó el porcentaje de sombreado y la luz diaria integrada (DLI) en $\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}$, que es la cantidad de RFA recibida cada día en un área determinada (Lambers *et al.*, 2008); lo anterior para poder comparar la información obtenida con aquella que se encuentra en la literatura.

La temperatura y humedad relativa se midió con un Termohigrómetro Marca Oaktom® a las 8:00, 14:00 y 18:00 horas, durante cinco días. Para evaluar crecimiento se midió: conductancia estomática con un Porómetro Leaf porometer® modelo SC-1, contenido de clorofila A, B y total por el método de Arnon (Arnon, 1994) modificado por Munira *et al.* (2015).

Cuadro 1. Reducción de la radiación por las cubiertas de PE o plásticos a las 14:00 horas del día 29 de octubre y luz integrada por día (LID) considerando los valores medios de las 8:00, 14:00 y 18:00 horas.

No.	Prototipos de PE	Radiación promedio por día ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{seg}^{-1}$)			LDI ($\text{mol} / \text{m}^2 / \text{día}^{-1}$)
		Exterior	Interior	% de reducción	
1	Prototipo 1	775.08±20.84	624.79±23.44 ab	19.36±3.13	23.16
2	Prototipo 2	813.08±21.28	601.66±18.43 ab	25.90±3.06	22.30
3	Prototipo 3	741.79±19.74	639.95±4.46 a	13.61±3.74	23.72
4	Prototipo 4	805.45±16.90	597.75±8.25 ab	25.70±3.41	22.16
5	Prototipo 5	776.95±2.70	561.41±9.21 ab	27.74±1.14	20.81
6	Prototipo 6	782.29±19.29	506.58±15.89 c	35.26±2.05	18.78
7	Prototipo 7	779.08±2.52	617.75±17.72 ab	20.70±2.48	22.90
8	Prototipo 8	774.87±8.49	573.12±12.49 ab	26.02±1.83	21.25
9	Testigo Alemania	751.70±21.44	656.04±16.41 a	12.74±3.08	24.32
10	Testigo México	768.50±19.67	527.25± 12.73b	31.18±4.55	19.55
	Fc≥Fa	1.06-0.042 NS	20.676-0.007*	3.30 - 0.005*	

Literales diferentes en la misma columna a, b, c... indican diferencia estadística ($P \geq 0.05$). LDI = luz diaria integrada; PE, NS= no significativo.

La conductancia estomática, contenido de clorofila A, B y total, además de número, largo y ancho de la hoja, peso fresco y seco de hojas se midieron a los 25 días después del trasplante y, por último, el peso total a la cosecha se evaluó a los 40 días después del trasplante. Los datos se analizaron bajo el modelo de bloques al azar (Zar, 1999), en el paquete estadístico Statistica Versión 7.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables climáticas

Los prototipos de PE para cubiertas de invernaderos que se evaluaron tuvieron diferente transmisividad de la radiación fotosintéticamente activa al interior del invernadero, por lo tanto, el porcentaje de reducción de la radiación o sombreo también fue diferente y osciló en el rango de 16.27 a 42.87% (Cuadro 1).

La radiación solar se puede considerar como el factor ambiental más importante en los cultivos bajo invernadero, pues influye en procesos relacionados con la fotosíntesis, los balances de agua y energía, y el crecimiento, desarrollo y calidad de los cultivos

(Díaz, 2012). Los cultivos para su óptimo desarrollo tienen diferente requerimiento de luz, que se mide como luz diaria integrada (LDI), y corresponde a la cantidad de luz en moles por día en un metro cuadrado ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$): entre 3 a 6 se considera bajo, de 6 a 12 medio, de 12 a 18 alto, y aquellos que requieren más de 18 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ son considerados de muy alto requerimiento de luz (Torres y López, 2010). En el caso particular del cultivo de lechuga, se desarrolla adecuadamente en un rango de 15-25 $\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ (Dorais, 2003), lo cual indica que todos los prototipos se encuentran dentro del rango recomendado. En regiones secas templadas en verano, que es el clima del área de estudio, la LDI es de 35-40 $\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ al aire libre (Torres y López, 2010), por lo que se utilizan plásticos con un porcentaje de sombreo de 25 a 30% (Cemek *et al.*, 2006); si se considera este rango, los prototipos 1, 3, 7 y el testigo Alemán, no cumplen con esta recomendación.

Las cubiertas de PE no afectaron la temperatura, aun cuando el porcentaje de reducción de la radiación o sombreo fue muy variable. La temperatura, al igual que la radiación, es otro factor de suma importancia en la producción de cultivos, dado que es el catalizador del metabolismo, y está estrechamente

Cuadro 2. Efecto de las cubiertas sobre la temperatura y la humedad relativa.

No.	Película	Temperatura °C		Humedad relativa %	
		Interior	Exterior	Interior	Exterior
1	Prototipo 1	30.38 ±0.62	30.27 ±0.49	40.33±1.16	39.75±0.96
2	Prototipo 2	30.14 ±0.54	30.24 ±0.54	40.37±0.69	40.25±0.67
3	Prototipo 3	30.48 ±0.96	30.41 ±1.11	40.12±1.74	39.79±1.40
4	Prototipo 4	30.25 ±1.36	30.40 ±1.20	40.58±3.42	39.45±3.91
5	Prototipo 5	29.87 ±0.16	30.04 ±0.05	40.79±0.15	40.37±0.47
6	Prototipo 6	30.02 ±0.19	30.12 ±0.05	40.58±0.79	40.58±0.91
7	Prototipo 7	30.21 ±0.91	30.27 ±0.96	40.79±1.39	39.62±1.02
8	Prototipo 8	29.93 ±1.73	30.02 ±1.68	41.91±3.85	41.41±3.77
9	Testigo Alemania	30.58 ±1.36	30.59 ±1.25	39.83±2.50	39.91±1.92
10	Testigo México	28.89 ±2.39	29.15 ±2.13	44.16±5.2	42.66±4.33
	Fc≥Fα	0.60-0.78 NS	0.47-0.88 NS	1.09-1.39 NS	0.82-0.65 NS

Literales diferentes en la misma columna a, b, c... indican diferencia estadística ($P \geq 0.05$). NS= no significativo.

Cuadro 3. Efecto de las películas sobre las variables fisiológicas de la lechuga.

No.	Película	Conductancia estomática (mmol/m ² /seg)	Clorofila (mg.L)		
			A	B	Total
1	Prototipo 1	0.66 b	0.66 c	0.35 c	1.01 c
2	Prototipo 2	0.97 a	0.97 ab	0.60 bc	1.56 ab
3	Prototipo 3	0.80 a	0.80 b	0.52 b	1.33 b
4	Prototipo 4	0.82 b	0.82 b	0.50 b	1.33 b
5	Prototipo 5	1.08 a	1.08 ab	0.99 a	2.07ab
6	Prototipo 6	0.91 b	0.91 abc	0.57 abc	1.48 abc
7	Prototipo 7	0.81 ab	0.81 b	0.65 ab	1.46 b
8	Prototipo 8	0.90 b	0.90 a	0.66 ab	1.57 a
9	Testigo Alemania	1.16 a	1.16 a	1.04 a	2.21 a
10	Testigo México	0.94 b	0.94 a	0.61 ab	1.56 a
	Fc≥Fα	13.09-0.001	7.37- 0.02	11.24-0.09	9.99-0.001

Literales diferentes en la misma columna a, b, c... indican diferencia estadística (P ≥ 0.05). LDI

relacionada a la radiación (Salisbury y Ross, 1994). En un invernadero, la luz del sol, que se compone de diferentes longitudes de onda, algunas de las cuales están en el espectro visible e infrarrojo, sólo la luz en el espectro visible puede penetrar en el invernadero, mientras que la luz infrarroja entrante, que también se conoce como radiación de calor, está bloqueada por el vidrio o el plástico.

Dentro del invernadero, la luz visible es absorbida por las plantas y el suelo y se convierte en calor, que luego es emitido por las plantas y el suelo en forma de radiación infrarroja. Debido a que la cubierta bloquea esa radiación de calor, la mayor parte no puede escapar y las temperaturas dentro del invernadero aumentarán constantemente (Díaz, 2012; Biernbaum, 2013). En este proyecto no se observó el “efecto invernadero”, debido al tamaño de los túneles y a que las paredes estaban cubiertas por malla antiáfidos, lo cual les proporcionó una alta ventilación y desplazamiento del aire caliente (He *et al.*, 2017).

La temperatura óptima para el crecimiento de la lechuga es de 23 °C durante el día y puede disminuir hasta 10 °C por las noches (Cantwell *et al.*, 2016); aun cuando en los túneles se registraron temperatu-

ras de 28 a 30 °C, al no haber diferencia estadística, el posible efecto negativo fue el mismo en todos los tratamientos.

Al igual que la temperatura, la humedad relativa (Cuadro 2) no se vio afectada. Buckley (2017) menciona que la HR es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener, y está relacionada directamente con la temperatura, es decir, el aire caliente puede retener mayor cantidad de agua. La humedad relativa es importante porque regula el estado hídrico de la planta al afectar la apertura y cierre de estomas y, por lo tanto, la transpiración y absorción de CO₂; asimismo, reporta que la HR adecuada para el óptimo desarrollo de la lechuga es de 60 - 80%. En este estudio, la HR estuvo por debajo del óptimo, sin embargo, al igual que la temperatura fue igual en todos los túneles, por lo que el efecto positivo o negativo fue igual para todos los tratamientos.

Variables de crecimiento

En este trabajo, la conductancia estomática, que se midió con un porómetro con la técnica del Estado Es-

Cuadro 4. Efecto de las películas sobre las variables de crecimiento de la lechuga.

No.	Película	Hoja			Biomasa	
		No.	Ancho (cm)	Largo (cm)	Fresco (g)	Seco (g)
1	Prototipo 1	11.25 ab	17.70 bc	12.95 b	56.25 b	5.20 ab
2	Prototipo 2	9.750 b	15.80 c	12.57 c	89.00 a	6.22 ab
3	Prototipo 3	11.00 ab	17.35 bc	12.20 ab	58.75 a	4.37 b
4	Prototipo 4	11.25 ab	17.02 bc	12.87 ab	57.75 b	4.35 b
5	Prototipo 5	9.000 b	15.35 c	11.65 bc	63.75 ab	5.25 ab
6	Prototipo 6	9.750 b	15.75 bcd	10.90 bc	57.25 b	4.17 b
7	Prototipo 7	10.00 b	15.22 abc	12.05 b	65.50 ab	5.25 b
b8	Prototipo 8	10.50 b	16.70 ab	13.72 abc	60.25 b	4.75 b
9	Testigo Alemania	9.500 b	14.60 d	10.47 c	71.50 a	5.25 b
10	Testigo México	12.75 a	18.67 a	14.60 a	89.75 a	6.30 a
Fc≥Fα		3.08-0.009	13.07-0.00	11.49-0.00	3.91-0.02	3.91-0.002

Literales diferentes en la misma columna a, b, c... indican diferencia estadística ($P \geq 0.05$).

tacionario, fue diferente en los prototipos evaluados, según se aprecia en el Cuadro 3. Esta información por sí misma es un indicador del estrés hídrico porque existe una estrecha relación entre el cierre estomático y la falta de agua en el suelo o sustrato, y esto, a su vez, está relacionado con el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa, que son modificadas por la radiación (Dow, 2014). Asimismo, la conductancia estomática es una función de la densidad, tamaño y grado de apertura de los estomas; al tener mayor cantidad de estomas abiertos se obtiene una mayor conductancia, la cual indica, subsecuentemente, que las tasas de fotosíntesis y transpiración son potencialmente más altas (Pask *et al.*, 2013).

La luz del sol determina la apertura de los estomas, ya que al incrementar la temperatura se acelera la velocidad de transpiración. Cuando la humedad relativa es alta, la pérdida de agua es mucho más lenta, por lo que la conductancia estomática es menor y, por último, cuando la temperatura es alta, la presión osmótica de la planta baja mucho y el ácido giberélico impide que la planta se deshidrate, lo cual evita el funcionamiento de la bomba de H^+ y provoca el cierre de la estoma y, a la vez, que la conductancia estomática se reduzca (Dow, 2014).

Los prototipos de cubierta para invernadero también afectaron el tipo y contenido de clorofi-

Cuadro 5. Efecto de las películas sobre el rendimiento de la lechuga y su extrapolación a toneladas por hectárea.

No.	Película	Peso por pieza (g)	Rendimiento (Kg/m ²) (11 lechugas/m ²)
1	Prototipo 1	0.947 a	10.41
2	Prototipo 2	0.898 ab	9.878
3	Prototipo 3	0.930 ab	10.23
4	Prototipo 4	0.910 ab	10.01
5	Prototipo 5	0.858 b	9.438
6	Prototipo 6	0.859 b	9.449
7	Prototipo 7	0.948 a	10.428
8	Prototipo 8	0.927 ab	10.197
9	Testigo Alemania	0.892 ab	9.812
10	Testigo México	0.946 a	10.406
Fc≥Fα		2.48-0.029	

la, al igual que la conductancia estomática, y no se observó una correlación directa entre la luz diaria integrada y el contenido de clorofila, excepto en el testigo alemán. Esta clorofila reside principalmente en los cloroplastos, y da a las hojas su color verde. Los picos de absorción están a 430 nm y 662 nm, mientras que la clorofila b tiene una absorbancia máxima a los 453 nm y 642 nm (Gitelson *et al.*, 2013). Por lo tanto, si la radiación al interior del túnel fue la única variante, pero al no haber una relación directamente proporcional con la LDI, este efecto puede atribuirse al tipo de luz que permiten pasar los plásticos y, a su vez, estar relacionado al diseño de las películas. En la práctica, para esta región se recomienda utilizar plástico con 30% de sombreo y película de color blanco, que son las características del PE que se utilizó como control mexicano.

Los prototipos afectaron de forma diferente el crecimiento de la lechuga, medido como número de hojas, ancho y largo de la hoja y el peso fresco y seco, evaluado a los 25 días después del trasplante, y se observó mayor crecimiento de la lechuga en el control de México (Cuadro 4). La lechuga es un cultivo de hoja, y por lo tanto su productividad está directamente asociada al desarrollo de las hojas o acumulación de biomasa como materia fresca, entonces para lograr un buen rendimiento, es necesario conseguir un rápido crecimiento inicial de las plantas jóvenes, incrementando sustancialmente la superficie foliar, ya que entre más hojas y de mayor tamaño se obtendrá mayor recepción de luz y de fotosíntesis, lo cual se traducirá en un mayor rendimiento (Challa *et al.*, 2015).

Considerando que la radiación al interior del túnel fue la única variante, lo más recomendable es utilizar plástico con 30% de sombreo y película de color blanco, que son las características del PE que se utilizó como control mexicano.

Rendimiento (gramos por pieza)

Finalmente, los prototipos tuvieron un efecto diferente sobre la productividad del cultivo de la lechuga, pero no superaron a los controles o testigos (Cuadro 5). En lechuga, los componentes del rendimiento son: densidad de plantación, tamaño y peso de la pieza o unidad (Abubakari *et al.*, 2011); las lechugas con mayor peso se obtuvieron en los prototipos 1, 7 y control mexicano, y las lechugas con menos desarrollo en los prototipos 5 y 6. La densidad de plantación recomendada para lechuga sustrato hidropónico, es de 10 a 12 plantas por m² (Khazaei *et al.*, 2013), por

lo tanto, al hacer una extrapolación de los resultados obtenidos, el potencial rendimiento por m² se muestra en la cuadro 5.

CONCLUSIONES

Los prototipos evaluados mostraron diferente porcentaje de sombreo o transmisividad de la radiación fotosintéticamente activa en un rango de 12.74 a 35.26%, lo cual afectó el crecimiento y productividad del cultivo de lechuga.

LITERATURA CITADA

- ABUBAKARI, A. H., G. Nyarko, and M. Sheila (2011). Preliminary studies on growth and fresh weight of lettuce (*Lactuca sativa* L.) as affected by clay pot irrigation and spacing. *Pakistan J. Biol. Sci.* 14: 747-751.
- APOGEE (2018). Apogee Instruments. Quantum Meter, Owners manual. In: https://www.apogeeinstruments.com/content/BQM_webmanual.pdf. Consultado el 20 de abril del 2020.
- BIERNBAUM, J. (2013). Hoophouse, Environment Management: Light, Temperature, Ventilation. MSU Horticulture. Disponible en: <https://www.canr.msu.edu/hrt/uploads/535/78622/HT-LightTempManagement-2013-10pgs.pdf>
- BUCKLEY, T. N., John, G. P., Scoffoni, C., Sack, L. (2017). The sites of evaporation within leaves. *Plant Physiol.* 173: 1763-1782.
- CANTWELL, M., Suslow, T. (2017). Lettuce: Cispthead or Iceberg. Department of Plant Sciences, University of California, Davis.
- CASTILLA, P. N. (2017). Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. (Ed.) Mundi- Prensa, 2a. ed.
- CEMEK, B., Demir, Y., Uzun, S., & Ceyhan, V. (2006). The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine. *Energy*, 31, 1780-1788.
- CHALLA, H., Heuvelink, E., Van Meeteren, U. (2015). Crop growth and development. Long-term responses. *Crop growth*. In: Bakker, J.C.; Bot, G.P.A.; Challa, H.; Van de Braak, N.J. *Greenhouse climate control: an integrated approach*. Wageningen: Wageningen Pers.
- DECAGON Devices (2011). Disponible en: <http://www.decagon.com/> (acceso: 11 de agosto de 2011).
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (2013). NMX-E-114-CNCP-2013. Industria del plástico-película formulada con polietileno de baja densidad tratada para

- usarse como cubierta de invernaderos y túneles-especificaciones y métodos de ensayo.
- DÍAZ, V. S. G. (2012). Efecto de la Radiación en el Desarrollo Fenológico, Rendimiento y Calidad en Policultivo: Chile, Tomate, Maíz, Frijol y Amaranto en condiciones de Invernadero. Universidad de Querétaro. Tesis MC. Querétaro, México. 52 p.
- DORAIS, M. (2003). The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. Canadian Greenhouse Conference.
- DOW, G. J. *et al.* (2014). An integrated model of stomatal development and leaf physiology. *New Phytol.* 201: 1218-1226.
- ESPÍ, E., Salmerón, A., García, Y. y Catalina, F. (2012). Pigmentos de inferencia como modificadores del espectro de transmisión de filmes agrícolas. *Revista de plásticos modernos.* Vol. 83: 50-56.
- GITELSON, A. A., Gritz, Y., Merzlyak, M. N. (2013). Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. *J. Plant Physiol.* 160, 271-282. doi:10.1078/0176-1617-00887
- HE, X., Wang, J., Guo, Shirong., Zhang, J., Wei, B., Sun, J., Shu, Sheng (2017). Ventilation optimization of solar greenhouse with removable back walls based on CFD. College of Horticulture, China.
- IGLESIAS, N., Muños, A. (2017). Comparación de la transmisión de la radiación fotosintéticamente activa en invernaderos del norte de la Patagonia. *Horticultura Argentina.* Río Negro, Argentina 26(60): 10-16.
- KHAZAEI, I., R. Salehi, A. Kashi, and S. M. Mirjalili (2013). Improvement of lettuce growth and yield with spacing, mulching and organic fertilizer. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 6: 1137-1143.
- LAMBERS, H., Pons, T. L., & Chapin, S. (2008). *Plant physiological ecology*, 2nd edition. New York: Springer Verlag.
- LÓPEZ, H. J., (2013). Evolución de las estructuras y cubiertas para invernadero en el sureste español. *Técnicas de Producción en cultivos protegidos.* Tomo dos. Caja rural intermediterránea, Cajamar. Madrid, España: 5541-544.
- MUNIRA, S.; Hossain, M. M.; Zakaria, M.; Ahmed, J. U. & Islam, M. M. (2015). Evaluation of potato varieties against salinity stress in Bangladesh. *International Journal of Plant & Soil Science*, 6(2): 73-81
- PASK, A. J. D., Pietragalla, J., Mullan, D. M., Chávez-Dulanto, P. N. y Reynolds, M. P. (2013). *Fitomejoramiento Fisiológico II: Una Guía de Campo para la Caracterización Fenotípica de Trigo.* México: CIMMYT.
- SAGARPA (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SALISBURY, B. F., C. W. Ross (1994). *Fisiología Vegetal.* Respuestas del crecimiento a la temperatura. "2a. ed. Grupo Editorial Iberoamérica. pp. 539-561.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (2017). Agricultura protegida: el valor de la producción bajo esta técnica creció 47.9% en 2016. Disponible en <https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-prottegida-el-valor-de-la-produccion-bajo-esta-tecnica-crecio-47-9-en-2016?idiom=es>
- TORRES, A. P., & López, R. G. (2010). *Medición de Luz Diaria Integrada en Invernaderos.* Purdue University, Departamento de Horticultura y Arquitectura de Áreas Verdes. Purdue extension.
- ZAR, J. H. (1999). *Biostatistical analysis.* Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.