

EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch, esne Cv. Albión) EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO TIPO NFT

Neyly Yuridiana López Ramírez¹, Efraín Neri Ramírez^{1*}; Héctor Manuel Rodríguez Morán¹; Miguel Ángel García Delgado¹; Yolanda del Rocío Moreno Ramírez¹ y Rafael Delgado Martínez¹

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Victoria, Bulevar Adolfo López Mateos s/n, Centro. C.P. 87149, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

eneri@docentes.uat.edu.mx – teléfono: (834) 318 18 00 EXT: 2103 (*Autor de correspondencia)

Resumen

A nivel mundial la agricultura es el sector con mayor demanda de agua, consumiendo anualmente hasta el 70 % del agua consuntiva total. Esto es debido a dos factores fundamentales, primero la gran demanda de agua por unidad de producción que tienen los productores agrícolas, y las eficiencias globales de riego. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general evaluar el desarrollo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv. Albión) en condiciones de un sistema hidropónico NFT, en Ciudad Victoria, Tamaulipas. El experimento se llevó a cabo con tres tratamientos con 14 repeticiones cada una para un total de 42 unidades experimentales: T1-Solución nutritiva comercial, T2-Solución nutritiva Hoagland y T3- mezcla de sustratos en maceta (tezontle al 75% y fibra de coco al 25%) las variables de respuesta analizadas se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación múltiple Tukey ($P \leq 0.05$), dichos análisis se realizaron con el software estadístico STATA12 (2009). Los resultados de esta mostraron una mejora en el rendimiento agronómico del cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. Vc. Albión) para el tratamiento 3, además se demostró que el cultivo es factible en la estación de otoño e invierno en C. Victoria Tamaulipas. Finalmente se pudo concluir que bajo un sistema hidropónico tipo NFT el cultivo de fresa se desarrolló adecuadamente en combinación con la solución nutritiva Hoagland, mostrando una mayor concentración de azúcares ($^{\circ}$ Brix).

Palabras claves: Agua, solución nutritiva, fresa.

Introducción

La FAO a nivel mundial en el 2011 observó que la agricultura es el mayor consumidor de agua, coincidiendo todos los reportes al respecto en señalar que consume anualmente el 70% del agua total utilizada en el planeta. Esto es debido a dos factores fundamentales, primero la gran demanda de agua por unidad de producción que tienen los productores agrícolas, y las eficiencias globales de riego. El mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de riego es un tema prioritario para la mayoría de los países del mundo (Sánchez y Sánchez, 2004). Olvera (2016) menciona que en la actualidad es de vital importancia producir alimentos, libres de concentraciones tóxicas de metales pesados, insecticidas y que no se contamine el ambiente en el que se cultivan y además optimicen el uso de los recursos naturales para producir cultivos con calidad e inocuidad. Una alternativa de producción agrícola es la hidroponía que cumple con las características antes mencionadas, logra atender las necesidades alimenticias saludables y permite el control sobre la nutrición vegetal gracias al uso de soluciones nutritivas; obteniendo un fruto estandarizado, de mejor tamaño y calidad. Un cultivo hidropónico ayuda a reducir totalmente la infiltración de agua en comparación con un cultivo de tierra hasta el 80% y otro porcentaje se evapora; así como gran parte de la evapotranspiración ya que el cultivo se realiza en general en espacios cerrados. Se obtienen cultivos con mejor sanidad y calidad. Es importante trabajar sobre un sustrato desinfectado, un producto hidropónico tiene características distintivas como color, sabor y tamaño, además de mayor vida en anaquel (Beltrano y Giménez, 2015). Las fresas de fruto grande del tipo *Fragaria x ananassa*, son llamadas coloquialmente fresón y muy raramente se encuentran del tipo fruto pequeño. El tallo es un rizoma corto con peciolo foliares largos y raíces fasciculadas, que descienden hasta una profundidad de 25 a 30 cm; de ellas el 70% se concentra en los siete primeros cm y el 90% restante en los 15 primeros cm. Su propagación vegetativa se hace en forma de estolones que necesitan fotoperiodo largo y temperaturas altas para formarse. Sin embargo, la iniciación de botones florales requiere por el contrario fotoperiodo relativamente corto, siempre que la planta haya alcanzado un desarrollo vegetativo adecuado; así mismo las temperaturas bajas favorecen la floración, no obstante, se puede encontrar diferencias según la variedad cultivada. Los fotoperiodos y temperaturas intermedias favorecen el desarrollo en roseta (FAO, 2002). Las fresas en tales condiciones consumen menos agua, requieren menor aplicación de herbicidas, la fruta se mantiene limpia, aumenta su tamaño, se incrementa el rendimiento, precocidad y calidad (Yuan y Sun, 2004). Dentro de los factores de calidad de la fresa se encuentra su contenido en vitaminas y minerales, además de componentes sensoriales que le dan aroma y sabor. El tamaño, forma, color, firmeza, acidez, dulzura y sabor hace que la fresa sea una de las frutas más populares y consumidas (Roussos et al., 2009).

Materiales y Métodos

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en el Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, ubicado en las coordenadas geográficas 23°42'51" N y 99°09'08" O, a una altitud de 363 msnm.

Características del área de investigación

El experimento se instaló en un piso firme de 4 x 4 m cercado por malla ciclónica galvanizada y techado con lámina galvanizada, a un costado del vivero de la FIC. Dicho espacio se encuentra orientado perpendicular al recorrido del sol, es decir, en dirección de norte-sur, lo cual lo hizo ideal para las horas luz requeridas por el cultivo de fresa.

Desarrollo del experimento

El experimento consistió en el establecimiento de un sistema hidropónico NFT versus un sistema convencional maceta con sustrato, el cual fue tezontle (75%) y fibra de coco (25%) en bolsas negras con una dimensión de 30 X 30 cm con una capacidad de 5.7 L.

Sistema Hidropónico Film Nutritivo (NFT)

La instalación del sistema consistió en ocho tubos de PVC de sanitario de tres pulgadas de diámetro" (75 mm) con un largo de 2 m, en los cuales se perforaron con un taladro y una broca sacabocados de 2" (51 mm) cada 30 cm para colocar siete plantas por cada tubo de PVC. Se colocaron adaptadores de inserción para manguera en los extremos de cada tubo, los cuales se perforaron con una broca escalonada de 3/4" (19 mm) a 6 cm de un extremo del lado contrario de las anteriores perforaciones, esto con la finalidad de alcanzar una lámina de solución nutritiva de 1.8 cm y después ser drenada por el adaptador para ser recirculada en el sistema. Este adaptador de inserción se le colocaron mangueras de silicón de 3/4" que estará conectada al almacén de la solución nutritiva, para que la solución recircule en todo el sistema hidropónico mediante una bomba sumergible de 450 LPH. El almacén de solución nutritiva fue un recipiente plástico de 40 L de capacidad, además de contar un reservorio de agua de 200 L; el sistema hidropónico estuvo soportado en una base metálica de 50 cm de altura.

Diseño Experimental

Para realizar la evaluación de las plantas en condiciones semi-controladas, se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres tratamientos con 14 repeticiones cada uno, a continuación, se describen cada uno de ellos: T1 Solución Comercial, T2 Solución Hoagland y T3 mezcla de sustratos (tezontle al 75% y fibra de coco al 25%). En total el experimento contó con 42 unidades experimentales, es decir una planta de fresa de variedad Albión por cada repetición que fueron sometidas a evaluación.

Variables evaluadas

En el ciclo otoño-invierno se evaluaron diversas variables del cultivo como: pH de la solución nutritiva se midió con el equipo portátil marca HORIBA LAQUAtwin, con un rango

de medición de pH/MV: 0 A 14 pH/ +650 MV y una precisión de + 0.1 pH. La conductividad Eléctrica (mS cm⁻¹) con el equipo portátil marca HOORIBA LAQUAtwin, con un rango de medición de conductividad de: 0-199µS/cm, 200-1999µS/cm, 2.00-19.99 mS/cm y una precisión de + 2%. La concentración de sólidos solubles totales se midió con el equipo portátil 300051 POCKET DIGITAL REFRACTOMETER-SPER SCIENTIFIC, con una gama °Brix de 0 a 65%, resolución de 0.1% y una precisión de + 0.2%.

Para la medición de °Brix, se recolectó un cuarto de la muestra por tratamiento después se quitaron las impurezas, posteriormente se tuvo que exprimir para recolectar el jugo del fruto y para finalizar se colocó en el equipo antes mencionado para la obtención de datos. Para medir el diámetro del tallo de la planta se utilizó un vernier de acero marca Pretul de 5 pulgadas. Para medir la altura de la planta se utilizó un flexómetro marca Truper de 3 m de longitud. Para medir las unidades SPAD se utilizó medidor marca Minolta SPAD 502 plus modelo estándar, para obtener una indicación de la cantidad de clorofila presentes en las hojas de la planta de fresa. Se tomaron mediciones de las siguientes variables: para el peso del fruto se utilizó una balanza de precisión A&D modelo FX-1200i y; lo largo y ancho del fruto se midió con un vernier de acero marca Pretul con la finalidad de establecer la factibilidad de la producción de fresa bajo las condiciones propuestas. Se seleccionó el primer fruto maduro de cada tratamiento para determinar los sólidos solubles totales en muestras por triplicado por fruto, para lo cual se utilizó un refractómetro digital Sper Scientific modelo 300051 y la concentración de sólidos solubles se expresó en °Brix. De acuerdo con la metodología de Nagata y Yamashita (1992).

Análisis estadístico

Los datos de la primera y segunda fase fueron capturados en una hoja de Excel para su posterior análisis estadístico, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación múltiple Tukey ($P \leq 0.05$), dichos análisis se realizaron con el software estadístico STATA12 (2012).

Resultados y Discusión

Cuadro 1. Comparación del promedio de las variables medidas en el cultivo de fresa en los tres tratamientos.

Variable	Tratamiento T1	Tratamiento T2	Tratamiento T3
Altura de planta (cm)	5.05B	3.95B	6.90A*
Diámetro del tallo de la planta (mm)	2.35B	2.71B	3.21A
Unidad SPAD en hoja	27.02B	32.25A	37.34A
Peso de fruto (g)	9.47B	10.38A	10.90A
Longitud de fruto de fresa (mm)	37.87B	35.14A	33.71A
Diámetro de fruto de fresa (mm)	25.20B	24.81AB	27.50A
Concentración de sólidos solubles (°Brix)	7.20C	14.70B	21.10A

*Medias con diferente letra dentro de las columnas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), T=Tratamiento

De la tabla anterior se puede comentar de los sólidos solubles que de acuerdo con Ramírez (2011) las fresas son aceptables con un contenido de sólidos solubles mínimos de 7 °Brix. Ahora bien, diferencias encontradas entre los grados °Brix en los tratamientos pudo deberse a la ubicación solar durante las mañanas y la tarde (T2 y T3); coincidiendo estos con los niveles más elevados de frutos dulce, cabe mencionar que para los tres tratamientos se cumplió con los requerimientos mínimos de dulzura de fruto, sin embargo, el T1 presentó un sabor ácido debido a su nivel bajo de grados °Brix.

Ahora bien en lo relacionado con el índice de contenido de clorofila, se puede decir que de acuerdo con Krugh et. al. (1994) las unidades SPAD serán las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas y en el transcurso del experimento las hojas se tornaron de un color verde claro a un verde oscuro. Como se puede observar en la tabla el tratamiento 1 mostró una diferencia significativa en unidades SPAD, es decir, con la solución comercial las hojas mostraron menor asimilación de nitrógeno que los dos tratamientos restantes. Como mencionan Hiderman et. al. (1992); Piekielek y Fox (1992) el contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades Spad en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno, etc.

En cuanto al diámetro de tallo la tabla muestra que el T3 mostro el valor más alto y T2 y T1 fueron iguales estadísticamente, relacionado con esto Palencia et al. (2010) establecieron una correlación positiva entre el diámetro de corona y el crecimiento vegetativo de la planta de fresa; en comparación con Faby (1997) quien encontró correlación positiva entre el diámetro de corona y la producción de la planta de fresa. Se observó a lo largo del experimento que mientras el diámetro del tallo se encontraba desarrollándose la planta tenía un mejor soporte para evitar problemas climáticos como es el viento; es decir, al tener fuertes vientos la planta lo soportaba mucho mejor.

En cuanto a la variable de altura de planta, Ramírez (2011) mencionó que la fisiología del cultivo de fresa encontrando que al aumentar la altura de la planta en los sistemas hidropónicos se incrementa la temperatura de la hoja. Teniendo en cuenta la relación de la radiación solar ya que mientras la planta más se desarrollaba en la variable altura esta captaba más la luz solar a lo largo del experimento, lo anterior permite explicar el comportamiento del T3, el cual fue superior a los dos restantes, al estar las macetas orientadas de tal forma que las horas luz a las estuvieron expuestas fue superior a los tratamientos en el sistema hidropónico.

La variable peso de fruto no presento diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos 3 y 2 (10.90 y 10.38 g respectivamente) que mostraron los valores más elevados; mientras que el tratamiento 1 fue diferente a los dos restantes y registro el valor medio más bajo (9.47 g). Con base en lo anterior se puede decir que Casierra-Posada y Poveda (2005) obtuvieron pesos por fruto de hasta 10.70 g, los cuales están en los rangos obtenidos en presente trabajo, sin embargo, también mencionan que la radiación y fotoperiodo afectan el peso de los frutos de fresa, por lo que se entiende el peso alcanzado por el tratamiento 3.

El diámetro de fruto presento el tratamiento 3 presento el valor medio más elevado como en los anteriores casos con 27.50 mm y en los tratamientos restantes sus valores oscilaron entre 25.20 y 24.81 mm siendo estos estadísticamente iguales de manera que Mitcham (2004) mencionó que la evaluación subjetiva de la forma y tamaño del producto puede llevarse a cabo una vez que se hayan determinado o definido las características deseables e indeseables del producto. El diámetro de la fresa está asociado con el tamaño, por lo que los consumidores tienden a asociar el tamaño grande con mayor calidad y frutas grandes como más maduras. Caso et al. (2010) obtuvieron valores medios de diámetro de 2.99 cm, valores que coinciden con los reportados por la presente investigación.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación muestran una mejora en el rendimiento agronómico del cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. Vc. Albión) para el tratamiento 3, además se demostró que el cultivo es factible en la estación de otoño e invierno en Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Con base a los datos obtenidos de la variante temperatura y teniendo una humedad relativa del 50% se concluye que tuvo un impacto en la proliferación de hongos en el sistema hidropónico. Es importante mencionar que la plántula (corona) de fresa venia infectada de origen con los hongos: *Colletotrichum* sp. y *Cladosporium* sp., también conocidos como Antracnosis y Necrosis marginal.

Tomando en cuenta las variables climáticas predominantes en área de estudio, el sistema adecuado para la implementación del cultivo de fresa corresponde al sistema tradicional; sin embargo, el sistema hidropónico tipo NFT produjo fresa cuya calidad del fruto cumple con los estándares del mercado. Por lo tanto, se considera viable para futuros trabajos, siempre y cuando se realicen acciones que favorezcan la sanidad del cultivo, tales como la elección de semilla o plántula inocuas, lo mismo para el establecimiento de camas de siembra y almácigos. Así como realizar un control oportuno de enfermedades de origen fúngico debido al constante incremento de la humedad, propio de los sistemas hidropónicos, lo que en conjunto nos permita asegurar un ambiente inocuo para el cultivo.

Referencias Bibliográficas

- Beltrano, J., y D., Giménez. 2015. Cultivo en Hidroponía. Universidad Nacional de La Plata (EDULP)
- Casierra-Posada, F. y Poveda, J. 2005. La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp. cv. Camarosa). *Agron. Colomb.* 23(2):283-289
- FAO. 2002. El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo. FAO (Dirección de Producción y

- FAO. 2011. Aquastat, FAO'S Information System on Water and Agriculture [en línea]. Disponible en: <http://www.FAO.org/nr/water/aquasta/waterusearg./index6.stm>
Innovador tipo revolver. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, Texcoco Estado de México.
- Nagata, M., and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Japanese Society for Food Science and Technology 39:925-928. doi:10.3136/nskkk1962.39.925
- Olvera, L., 2016. Evaluación agronómica y fisiológica de fresa en un sistema hidropónico (Protección Vegetal). Capítulo 6.
- Ramírez, H. 2011. Sistema de producción de fresa de altas densidades. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. 75p.
- Roussos, P. A., N. K. Denaxa, and T., Damvakaris. 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. Sci. Horttic. 138-146.
- Sánchez, L. D. y A. Sánchez. 2004. Uso eficiente del agua. International Water and sanitation Centre, CINARA.
- Yuan, B. Z., and S. N. Sun. 2004. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. Biosystems Engineering. 237 p.
- Krugh, B., L. Bichham y D. Miles. 1994. The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. Maize genetics cooperation. News Letter 68: 25-27.
- Hiderman, J.; Makino, A.; Kurita, Y.; Masa, T. y Ojima, K. 1992. Changes in the levels of chlorophyll a/b protein of PSII in senescence. Plant Cell Physiol. 53: pp. 1209- 1214.
- Piekielek, W. P. y Fox, R. H. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict nitrogen requirements for maize. Agron. J. 84: pp. 59-65.
- Palencia, P., M., Ribeiro, E., Pestana, M., Gama, F., Saavedura, T. and Correia, P. J. (2010). Relationship between tipburn and leaf mineral composition in strawberry. Scientia horticulturae, 126: 242-246.
- Faby, R. (1997). The productivity of graded "Elsanta" frigo plants from different origin. Acta Horticulturae, 439: 449-455
- Mitcham, Elizabeth, J. 2004. Strawberry. The Commercial Storage of Fruits, |Vegetables and Florist and Nursery Stocks. USDAARS Agriculture Handbook Number66. <http://usna.usda.gov/hb66/12k>.