

Interrelaciones en biomasa final de plántulas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) 'Festival' en un sistema hidropónico vertical

Final biomass interrelation of 'Festival' strawberry plantlets (*Fragaria x ananassa* Duch.) in a hydroponic vertical system

Horacio E. Alvarado-Raya^{1*}, Roberto Rivera-del-Río¹, Armando Ramírez-Árias¹, Pablo Escamilla-García² y María Eugenia Estrada-Chavira³

¹Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, Km 38.5. C.P. 56230. Texcoco, Edo. de México. Mex.

²Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 13. Instituto Politécnico Nacional. Calz Taxqueña 1620, Paseo de Taxqueña. C.P. 04250. Ciudad de México. Mex.

³Tecnológico Nacional de México/TES de Ixtapaluca, México. Carretera Coatepec, San Juan, 7. C.P. 56580. Ixtapaluca, Edo. de México. Mex

*Correspondencia: Correo electrónico: halvarador@chapingo.mx (Horacio Eliseo Alvarado Raya)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v16i3.991>

Recibido: 10 de junio de 2022; Aceptado: 12 de diciembre de 2022

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado

Resumen

Los estudios de relación fuente-demanda dentro del estolón de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) son esenciales para configurar sistemas eficientes de producción de plántula en estolones colgantes. Esta investigación analiza, por medio de regresiones, la interrelación de peso seco de raíz y hoja de las plantas madre e hija dentro del corredor. Plantas de fresa 'Festival' se plantaron en abril de 2018 en una canaleta elevada a 1.7 m. Después de 239 días, se eligieron al azar 16 plantas con cinco corredores y con al menos cuatro plántulas por corredor. Se determinó el peso seco de raíz, corona y hoja; se realizaron análisis de regresión. Los coeficientes de determinación mostraron un efecto positivo de la raíz de la planta madre sobre el peso de la corona de las plántulas 1, 2, y 3 ($R^2 > 0.5$), pero no de su apanto fotosintético ($R^2 < 0.07$). También, el aparato fotosintético de la plántula tres es importante para el peso de las coronas de todas las plántulas en el corredor ($R^2 > 0.71$). Como conclusión, el enraizamiento de la tercera plántula en el corredor sería importante para

incrementar el número de plántulas de buena calidad en un sistema hidropónico de estolones colgantes.

Palabras clave: SPAD, sistemas verticales de fresa, propagación vegetativa de fresa, *Fragaria x ananassa*

Abstract

The studies on source-sink relations through the stolon in strawberry are essential to configure efficient suspended-stolon systems. This research analyzes the importance of the mother plant and the plantlets to produce good quality crowns in a hydroponic suspended-stolon system. Plants of the strawberry 'Festival' were plated in April 2018 in a PVC plastic channel raised to 1.7 m height. After 239 days, 16 plants five runners each with at least four plantlets per runner were randomly selected. Dry weights were obtained from the root, crown, and leaves and regression analyses were done. Crown weights were superior or similar to those reported by different authors. The coefficient of determination showed a positive effect of the mother plant roots ($R^2 > 0.5$), but not of its photosynthetic apparatus ($R^2 < 0.07$), on the weight of the crowns from plantlets 1, 2, and 3. Also, the photosynthetic apparatus of the plantlet three is important to the crown weight of each one of the plantlets in the runner ($R^2 > 0.71$). As a conclusion, rooting of the third plantlet in the runner could be important to increase the number of good quality plantlets in a hydroponic suspended-stolon system.

Keywords: SPAD, Strawberry vertical systems, strawberry vegetative propagation, *Fragaria x ananassa*

1. Introducción

La producción de fresa en sustratos es una opción para disminuir la dependencia a los agroquímicos para el control de plagas y enfermedades del suelo, así como también para coadyuvar en la exploración de áreas, espacios y épocas del año diferentes a los convencionales. La producción protegida de fresa junto a la utilización de sustratos y soluciones nutritivas disminuye la incidencia de plagas y enfermedades del suelo, permitiendo también controlar de manera sustentable, áfidos y ácaros (Paranjpe *et al.*, 2003). Estos sistemas también protegen a la planta generándole un ambiente artificial que propicia el adelanto de la producción en la primavera o su completo desfase para una producción en invierno o incluso a lo largo del año (Kadir *et al.*, 2006; Paranjpe *et al.*, 2008; Yamasaki, 2013), incrementando de esta manera los ingresos al colocar el fruto en un mercado con menor oferta.

Una de las etapas del ciclo de vida de la fresa es la producción de estolón o etapa vegetativa. Una planta (planta madre) produce entre 9 y 15 líneas de estolones (corredores) de calidad y cada corredor produce en secuencia entre cinco y diez plantas hijas (plántulas) para un total de 50 a 150 plántulas que deben contar con raíz para poder ser desprendidas y puestas en campo para producir fruto (Takeda *et al.*, 2004; Walter *et al.*, 2005; Shi *et al.*, 2021). Aunque escasa, actualmente se tiene información relacionada con la producción de estolones y plántulas de fresa en hidroponía. En estos sistemas se obtienen plántulas de calidad con o sin raíz que, después pueden ser exitosamente

plantadas (Durner *et al.*, 2002; Türkben, 2008; Treder *et al.*, 2015; Mattner *et al.*, 2017); no obstante, la mayoría de los sistemas propuestos son horizontales, desaprovechando el espacio vertical dentro de un túnel o invernadero.

Los sistemas verticales para la producción de plántulas de fresa son una propuesta reciente que consiste en corredores colgantes donde las plántulas no forman raíz hasta que son desprendidas para ser puestas en charolas de enraizamiento. Walter *et al.* (2005) analizaron un sistema vertical de producción de corredores colgantes (sistemas en suspensión). Ellos, al comparar con los sistemas convencionales de cama, obtuvieron más plántulas por superficie. Además, incrementaron casi al doble el número de plántulas producidas cuando promovieron la formación de raíces funcionales en las primeras dos plántulas del corredor; sin embargo, la cantidad de estolones generados de esa manera, congestionó el sistema haciendo difícil su manejo. Para mejorar sistemas como el mencionado, donde las plántulas del corredor estarían dependiendo completamente de la planta madre para obtener agua y minerales, se requiere información de la relación fuente-demanda de la planta de fresa en producción vegetativa y estos conocimientos son escasos.

El movimiento de agua y minerales en el xilema del estolón es bidireccional, al igual que el movimiento de asimilados en su floema, pero con una posible preferencia a las plántula de menor edad. De esta manera, si la plántula más joven en el extremo del estolón no tiene raíz podría demandar (“jalar”) los carbohidratos de la plántula de más edad a su lado (Savini *et al.*, 2008). Por su parte, Türkben (2008) y Pérez de Camacaro *et al.* (2016) encontraron que las mejores plántulas fueron aquellas provenientes de la posición uno y dos en el corredor. Los anteriores hallazgos sugieren la existencia de una dilución de carbohidratos hacia abajo del nivel de posición de las plántulas en el corredor, aunque la información aún es insuficiente como para afirmarlo. Esta información sería necesaria para diseñar un sistema eficiente de producción de plántula de fresa de calidad, basado en estolones colgantes.

Considerando que en un sistema como el estudiado las plantas hijas crecen sin raíz y por lo tanto dependen de las raíces de la planta madre para obtener agua y minerales; considerando también que los carbohidratos almacenados en las coronas de las plantas hijas se sintetizan en el aparato fotosintético y que no existe información clara si es en las hojas de la planta madre o en las hojas de la planta hija (Savini *et al.*, 2008); igualmente, considerando que la acumulación de carbohidratos en la corona de la planta hija es primordial para su buen desempeño en campo (rendimiento y calidad de fruto; Torres-Quezada *et al.*, 2015); esta investigación se realizó para analizar, por medio de regresiones lineales con base a peso seco final, la interrelación entre raíz y hoja de planta madre y hojas de plantas hijas dentro de un mismo corredor con el peso seco acumulado en la corona de las plantas hijas.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

El experimento se ubicó en un invernadero de plástico tipo sierra en Texcoco, Edo. de México (19° 29' 23" N and 98° 53' 37" W; 2,250 msnm). Se utilizó planta madre del cultivar Festival, adquiridas a raíz desnuda de un vivero comercial de Tangancícuaro, Michoacán. Las plantas se plantaron el 4 de abril de 2018 en un sistema de canaletas horizontales hechas de tubos de PVC de

6.0 m de largo y 15.2 cm de diámetro, cortados longitudinalmente por la mitad (Fig. 1). El sustrato en las canaletas fue tezontle rojo con granulometría menor a 3.4 mm de diámetro (70 % de partículas menores a 2.0 mm y 30 % de partículas de 2.0 a 3.4 mm).



Figura 1. Módulo experimental para un sistema hidropónico de producción de plántula de fresa con estolón colgante (sistema vertical) en Texcoco, Edo. de México, Mex.

Figure 1. Experimental module for a hydroponic production system of strawberry plantlets with hanging stolons (vertical system) in Texcoco, Edo. de Mexico, Mex.

2.2. Métodos

2.2.1 Material vegetativo, manejo del experimento y diseño experimental. Las plantas se enfriaron durante 1,400 h a una temperatura de 0 °C antes de plantarlas. Se plantaron entre 16 y 17 plantas por canaleta a una distancia entre plantas de 30 cm y se fertilizaron con la solución nutritiva universal de Steiner (1984), la cual en forma completa está constituida por 12 meq L⁻¹ de NO₃⁻, 1 meq L⁻¹ de H₂PO₄⁻, 7 meq L⁻¹ de SO₄²⁻, 7 meq L⁻¹ K⁺, 9 meq L⁻¹ de Ca²⁺ y 4 meq L⁻¹ de Mg²⁺. Esta solución se utilizó reducida al 50 % de su concentración en los primeros 15 días después de la plantación y 80 % hasta el final del experimento. El pH de la solución nutritiva se mantuvo entre 6.0 y 7.0 y una conductividad eléctrica entre 1.0 y 2.0 dS m⁻¹. El sistema de riego constó de una cinta de gotero autocompensante con gasto de 4.0 L h⁻¹ y con goteros espaciados a 30 cm. El sistema se encendió 10 ocasiones por día con 2.0 min cada riego para un total de 1.6 a 1.7 L diarios por planta.

Se contó con 12 unidades experimentales dentro del invernadero. Cada unidad experimental consistió en un par de canaletas paralelas (canaletas gemelas) sostenidas horizontalmente a una altura de 1.7 m por una estructura metálica. No hubo diferencia en el manejo de las unidades experimentales. Dentro de cada unidad experimental se etiquetaron cinco plantas al azar para

determinar, cada dos semanas, el contenido de clorofila con un medidor Minolta Spad502. Estas mediciones se hicieron entre las 8:00 y 10:00 horas en los tres folíolos de la cuarta hoja de la planta madre y de todas las hojas, que, en el momento de la medición, tenían las plántulas hijas.

A los 239 días después de plantación (DDP; 29 de noviembre de 2018), se eligieron al azar sólo 16 plantas de entre todas las plantas madre etiquetadas, a las que se les determinó por separado el peso seco de la raíz (sin corona) y hojas. De cada una de estas plantas se eligieron al azar cinco corredores y en cada uno se determinó por separado el peso seco del área foliar y la corona de la plántula de primero, segundo, tercero y cuarto orden de aparición (posición 1, 2, 3 y 4, respectivamente). En todos los casos, el área foliar se midió con un integrador de área foliar LiCOR LI-3100C. Para obtener el peso seco, las estructuras vegetales se llevaron a una estufa con temperatura de 75 °C hasta peso constante y éste se determinó con una balanza analítica.

2.2.2 Análisis estadístico. Debido a que las plantas madre no estuvieron bajo el efecto de tratamientos diferentes, sus estructuras vegetales (raíz, corona y hoja) no se consideraron en los análisis de varianza ni comparación de medias. Los datos de peso seco de corona y hoja de plántulas de las diferentes posiciones en el corredor se analizaron mediante el procedimiento MIXED considerando un modelo completamente al azar (DCA) y la prueba de comparación de medias de Tukey (Tukey, $P \leq 0.05$). La relación entre la biomasa acumulada de las estructuras vegetales (raíz de planta madre, hoja de planta madre y corona de plántula hija) se analizó por medio de regresión lineal simple empleando el coeficiente de determinación (R^2) como indicador de ajuste. Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, 2006; Cary, NC, USA).

3. Resultados y discusión

3.1 Pesos fresco y seco de plántulas

En la Tabla 1 se indica el peso fresco y el peso seco acumulado para grupos de cinco plántulas al final del experimento, para las coronas y hojas en su respectivo orden de aparición en el corredor. Es clara la diferencia estadística entre las plántulas de posición 1 y 2 con las de posición 3 y 4 para estas dos variables, lo cual se puede explicar por el orden cronológico en el que fueron apareciendo; no obstante, es importante considerar el peso acumulado de los órganos de las plántulas porque esta característica podría influir en su rendimiento de fruto ya que los carbohidratos de las coronas juegan un papel crucial en el crecimiento de la planta, así como en el rendimiento y calidad del fruto (Macías-Rodríguez *et al.*, 2002; Takeda *et al.*, 2004; Torres-Quezada *et al.*, 2015).

El peso fresco y peso seco de las plántulas obtenidas en este experimento coinciden con los encontrados en otros estudios (Takeda *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2010). Bartczak *et al.* (2010) encontró una correlación positiva significativa entre el peso seco de la planta al momento de la plantación y su rendimiento. Los autores alcanzaron rendimientos por planta de hasta 500 g cuando usaron plántulas de hasta 17 a 18 g de peso seco.

En este experimento, incluso las plántulas de la posición cuatro en el corredor tuvieron un peso fresco total similar a los clasificados como “pesados” por Takeda *et al.* (2004), quienes encontraron que pesos frescos totales de 4.9 g en plántulas pueden resultar hasta en 770 g de fruto por planta. En este experimento, grupos de cinco plántulas alcanzaron pesos frescos totales de 76.9, 46.1, 25.6 y 20.2 g (plantas de posición 1, 2, 3, y 4 en el corredor, respectivamente; Tabla 1). Lo anterior indica que el sistema hidropónico de estolones colgantes como el estudiado en este experimento tiene potencial de producir plántulas de buena calidad.

Tabla 1. Peso fresco y peso seco final de órganos de plántula de fresa ‘Festival’ en un sistema hidropónico de producción con base en estolones colgantes (sistema en suspensión). Los valores son la media de grupos de cinco plantas (n=16). Mediciones realizadas a los 239 días de la plantación.

Table 1. Final fresh weight and dry weight of ‘Festival’ strawberry plant organs in a hydroponic production system based on hanging stolons (suspended systems). Values are the mean of groups of five plants (n=16). Measurements done at 239 days after planting.

Posición en corredor	Peso fresco (g) ^z			Peso seco (g)		
	Hoja	Corona	Total	Hoja	Corona	Total
1	58.3 a ^y	18.6 a	76.9 a	19.4 a	6.2 a	25.5 a
2	34.2 b	11.9 b	46.1 b	11.5 b	4.3 b	15.7 b
3	18.5 c	7.1 c	25.6 c	5.9 c	2.8 c	8.8 c
4	13.8 c	6.4 c	20.2 c	4.8 c	2.2 c	7.0 c
Significancia estadística						
Valor de p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

^zLos valores son el promedio de las sumatorias de grupos de cinco plántulas (n=16). Mediciones a los 239 días después de plantación.

^yValores con la misma letra dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes por la prueba de Tukey (p<0.05)

El contenido de clorofila en las hojas de las plántulas, determinado por medio de las unidades SPAD, varió entre 35.0 y 47.1, independientemente de la posición de la planta en el corredor o de la fecha (Tabla 2). Estos son valores encontrados en las hojas de plantas hijas en otros estudios (Nhut *et al.*, 2003; Savini *et al.*, 2008). A los 97 DDP, aún no emergían las plántulas de la posición tres y cuatro en el corredor; a los 114 DDP aún no emergían las plántulas de posición cuatro en el corredor, por lo que solamente se pueden comparar en su contenido de clorofilas hasta después de los 114 y 130 DDP; no obstante, se puede observar en este experimento, que la edad de la plántula (posición en el corredor) tuvo un efecto poco consistente sobre la cantidad de clorofila en sus hojas y que, durante la etapa comprendida de crecimiento intenso (97 a 172 DDP), las plántulas en posición tres y cuatro tuvieron igual o más clorofila en sus hojas que las plántulas en posición uno y dos en el corredor (Tabla 2); empero, debido a la menor cantidad de aparato fotosintético total por

planta (menos área foliar total, determinada por el peso seco de la hoja), estas plántulas resultaron con menor peso seco final (Tabla 1). Los valores de unidades SPAD relativamente altos observados en este sistema de cultivo para las plántulas de posición tres y cuatro en el corredor nos indican el gran potencial fotosintético de todas las plántulas, y ayuda a explicar que en este experimento se hayan obtenido plántulas con pesos secos considerados “altos” por otros autores (Takeda *et al.*, 2004).

Tabla 2. Unidades SPAD en hojas de plántulas en posición 1, 2, 3, y 4 en el corredor en un sistema de producción hidropónica de estolones colgantes bajo condiciones de invernadero en el Valle de México, Mex. Plantación: 4 de abril de 2018.

Table 2. SPAD units from leaves of plantlets on positions 1, 2, 3, and 4 in the runner in a hydroponic production system based on hanging stolons (suspended systems) under greenhouse conditions in the Mexican Valley, Mex. Planting date: April 4th, 2018.

Posición de plántula	Días después de plantación					
	97	114	130	143	153	172
Primera	35.0 b ^z	41.2 b	42.5	43.6 a	44.6	45.8 b
Segunda	38.3 a	42.6 a	42.9	43.9 a	44.6	46.4 ab
Tercera	ND ^y	40.9 b	42.9	43.6 a	44.8	47.1 a
Cuarta	ND	ND	42.8	42.6 b	43.6	47.0 a
Significancia estadística						
Valor de p	0.002	0.002	0.661	0.099	0.163	0.0009

^zValores con la misma letra dentro de la misma fecha de muestreo no son estadísticamente diferentes por la prueba de Tukey ($p < 0.05$). ^yND=No hay datos disponibles.

3.2 Relación planta madre y plántulas

En un sistema como el estudiado en este experimento donde las plántulas crecen sin raíz, estas dependerán definitivamente de la planta madre para proveerse de agua. Lo anterior se observa en la correlación positiva que existe entre el peso seco de la raíz de la planta madre, considerado en este estudio como indicador del tamaño de este órgano, y el peso seco de las diferentes coronas en posición 1, 2, 3, y 4 (Fig. 2). Excepto para la corona de la plántula de posición 4, los coeficientes de determinación obtenidos en estos análisis de regresión lineal fueron superiores a 0.5 ($R^2=0.559$, $R^2=0.696$, y $R^2=0.502$). El coeficiente de determinación menor a 0.5 ($R^2=0.377$) para el caso de la correlación entre peso seco de raíz de planta madre y peso seco de la corona de la plántula de posición cuatro en el corredor, podría deberse a que el peso de su corona no esté tan afectado por el agua y minerales que pueda obtener desde la planta madre, sino de algún otro factor, posiblemente carbohidratos desde sus hojas o las plántulas vecinas. Al respecto, Pérez de Camacaro *et al.*, (2016) mencionan que las mejores plántulas de fresa son aquellas que se obtienen

del segundo y tercer nudo del estolón de la planta madre (posición uno y dos en el corredor), y no las del cuarto nudo (posición tres en el corredor), con lo que se entiende una dilución de carbohidratos de la planta madre hacia las plántulas más nuevas. Igualmente, los resultados de Savani *et al.*, (2008) sugieren que en un sistema de dos plantas hijas conectadas por un estolón, la planta hija más joven puede ser la demanda más fuerte para los fotosintatos. Lo anterior podría explicar que el peso seco de la corona de la plántula de posición cuatro sea menos afectada por el tamaño de la raíz de la planta madre y dependa más de sus propios fotosintatos.

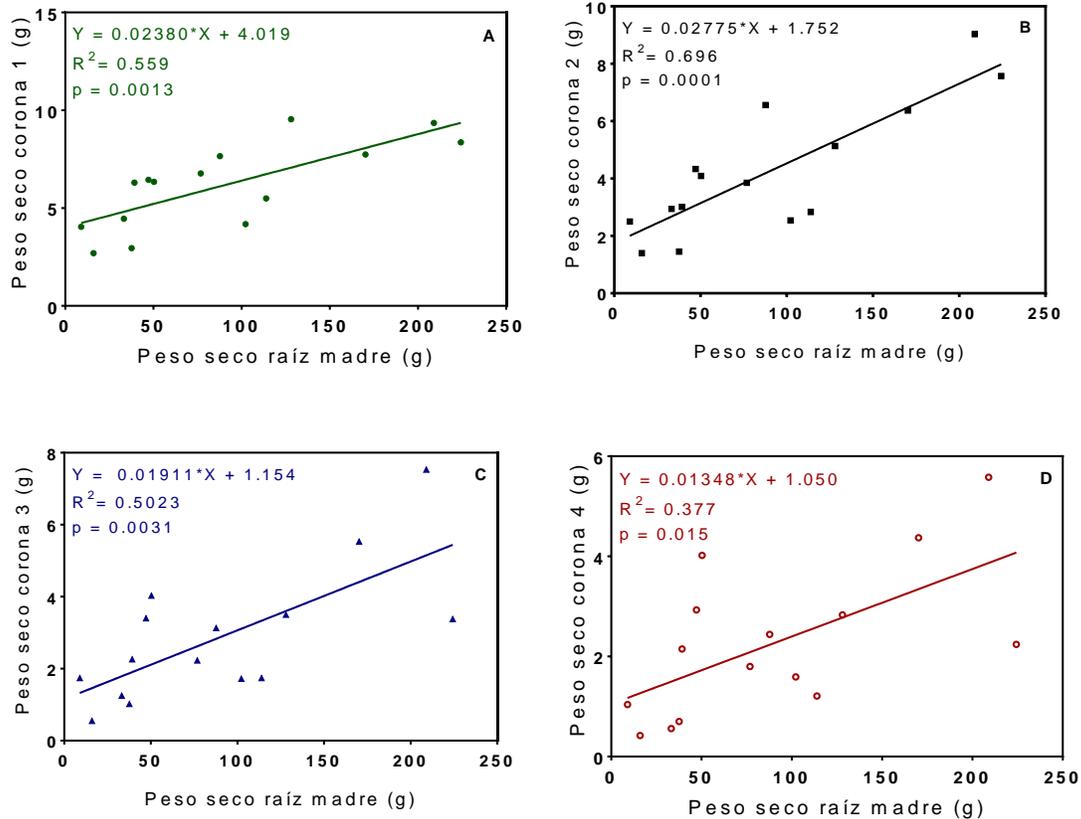


Figura 2. Regresiones lineales entre el peso seco de la raíz de la planta madre y el peso seco de las coronas de las plantas hijas en la posición 1, 2, 3, y 4 (A, B, C, y D, respectivamente) dentro del corredor en un sistema hidropónico vertical de producción de plántula bajo condiciones de invernadero en el Valle de México, Mex.

Figure 2. Linear regression between root dry weight of the mother plant and crown dry weights of the daughter plants in position 1, 2, 3, and 4 in the runner (A, B, C, and D, respectively) in a hydroponic vertical system for production of plantlets under greenhouse conditions in the Mexican Valley, Mex.

Si se observa la Fig. 3, encontraremos que el peso seco de las hojas de la planta madre, indicativo en este experimento del potencial fotosintético de la parte aérea de la planta, no sólo no determina el peso seco de las coronas de las plantas hijas de todo el corredor, como lo indican los coeficientes de determinación menores a 0.07, sino que, además, la relación entre las variables en cada regresión es negativa. Lo anterior nos podría indicar que en un sistema como el estudiado existe una nula

importancia de los carbohidratos de la planta madre para el desarrollo de las plántulas una vez que estas tienen su aparato fotosintético activo (Savini *et al.*, 2008).

Savini *et al.* (2008) concluyeron que el transporte de agua y carbohidratos en el estolón es bidireccional, pero con preferencia a la plántula más pequeña cuando esta es defoliada o podada en la raíz; sin embargo, su estudio se basó solamente en un par de plantas conectadas por el estolón y las dos con raíces formadas, generándoles independencia una de la otra. En nuestro experimento, solamente la planta madre tuvo raíz y las plántulas nacieron y crecieron sin ese órgano, el cual se forma hasta después de desprenderlas y llevarlas a enraizar; es decir, durante su desarrollo en el estolón, las plántulas no utilizaron fotosintatos para formar raíz, lo cual podría explicar su relativamente menor necesidad de carbohidratos y su posible independencia a los fotosintatos de la planta madre como los mencionan Savini *et al.*, (2008).

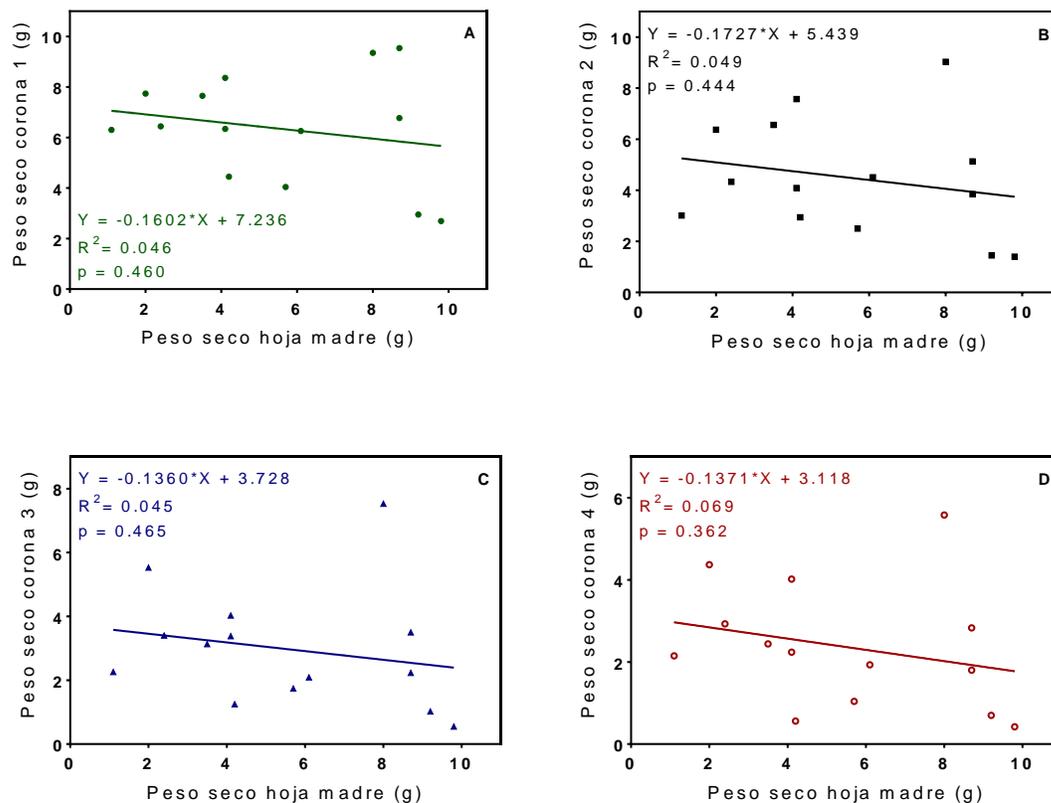


Figura 3. Regresiones lineales entre el peso seco de las hojas de la planta madre y el peso seco de las coronas de las plantas hijas en la posición 1, 2, 3 y 4 (A, B, C, y D, respectivamente) dentro del corredor en un sistema hidropónico vertical de producción de plántula bajo condiciones de invernadero en el Valle de México, Mex.

Figure 3. Linear regressions between the leaves dry weight of the mother plant and the crown dry weights of the daughter plant in positions 1, 2, 3, and 4 in the runner (A, B, C, and D, respectively) in a hydroponic vertical system for production of plantlets under greenhouse conditions in the Mexican Valley, Mex.

3.3 Interrelación entre plántulas

Los carbohidratos que almacena la corona de la plántula se sintetizan en las hojas por medio de la fotosíntesis y son importantes para el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de esa plántula una vez establecida definitivamente (Torres-Quezada et al., 2015). En este experimento, el peso seco de las hojas de las plántulas fue importante para la acumulación de peso seco final de su propia corona, según lo muestran los coeficientes de determinación relativamente altos (valores de R² de 0.67 a 0.96; Fig. 4).

También se puede observar que el peso seco de las hojas de la plántula de posición uno en el corredor podría ser importante para el peso seco de las coronas de la segunda (R² = 0.68) y cuarta (R² = 0.67) plántulas, pero no para la tercera plántula (R² = 0.33). Contrariamente, el peso seco de las hojas de la tercera plántula en el corredor parece ser importante para el peso seco de las coronas de las plántulas de posición 1, 2 y 4 con coeficientes de determinación superiores o iguales a 0.71 (Fig. 1).

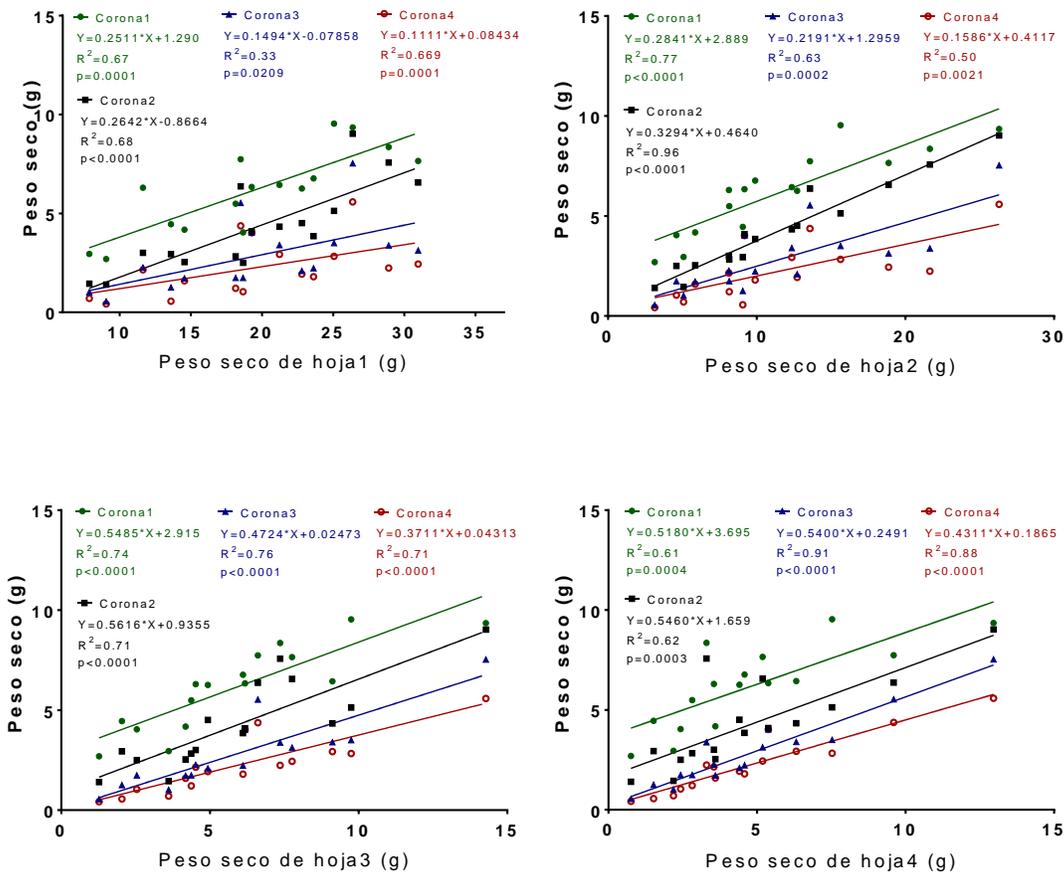


Figura 4. Regresiones lineales entre el peso seco de las hojas y el peso seco de las coronas de las plantas hijas de posición 1, 2, 3, y 4 dentro del corredor en un sistema hidropónico vertical de producción de plántula bajo condiciones de invernadero en el Valle de México, Mex.

Figure 4. Linear regressions among leaves and crown dry weights of daughter plants in positions 1, 2, 3, and 4 in the runner in a hydroponic vertical system for plantlet production under greenhouse conditions in the Mexican Valley, Mex.

Los mejores rendimientos y calidad de frutos se obtienen de las primeras dos plántulas en el corredor, sobre todo, si se desarrollan con raíz (Türkben, 2008; Pérez de Camacaro *et al.*; 2016). También, se incrementa el número de plántulas producidas cuando se enraízan las primeras dos plántulas en un sistema de estolones colgantes como el analizado en este experimento (Walter *et al.*, 2005). Los datos obtenidos permiten confirmar la posibilidad de generar plántulas de buena calidad en un sistema de estolones colgantes, al menos hasta la tercera o cuarta plántula en el corredor. Igualmente, permiten elucubrar que se podría incrementar el número de plántulas de calidad en el corredor enraizando la tercera plántula.

4. Conclusiones

En un sistema hidropónico vertical para la producción de plántula de fresa como el analizado en este estudio, la planta madre es esencial para proveer de agua y minerales a las plántulas (plantas hijas). Los análisis de regresión lineal entre el peso seco de la raíz y el peso seco de las coronas de posición 1, 2, y 3 en el corredor arrojaron coeficientes de determinación superiores a 0.5, lo cual indica una alta correlación entre el peso seco de la raíz de la planta madre y el peso de la corona. Esta correlación no se observó entre el peso seco del área foliar de la planta madre y el peso seco de las coronas de todo el corredor. En los análisis de regresión simple, los coeficientes de determinación para estos análisis fueron menores a 0.07.

Existe una relación diferente entre las plántulas de un mismo corredor cuando analizamos la importancia del peso seco del follaje y el peso seco de la corona. Los análisis de regresión lineal entre el follaje de la primera plántula en el corredor y el peso seco de las coronas de la plántula de posición dos y cuatro arrojaron coeficientes de determinación superiores a 0.67, lo cual indica una alta correlación entre estos dos órganos; a pesar de lo anterior no se observó para el peso seco de las coronas de las plántulas de posición tres. Por el contrario, el peso seco del follaje de la plántula de posición tres está relativamente muy correlacionado con el peso seco de las coronas de todas las plántulas en el corredor.

Conflicto de interés

Los autores no reportan conflicto de intereses en la publicación de estos resultados.

5. Referencias

Bartczak, M., Lisiecka, J., & Knaflewski, M. (2010). Correlation between selected parameters of planting material and strawberry yield. *Folia Horticulturae*, 22(1), 9-12. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0144>

- Choi, J. M., Park, J. Y., & Yoon, M. K. (2010). Impact of physico-chemical properties of root substrates on growth of 'Seolhyang' strawberry daughter plants occurred through bag culture of mother plants. *Horticultural Science & Technology*, 28(6), 964-972.
- Durner, E.F., Poling, E.B., & Maas, J.L. (2002). Recent advances in strawberry plug transplant technology. *HortTechnology* 12(4): 545-550. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.12.4.545>
- Kadir, S., Carey, E., & Ennahli, S. (2006). Influence of high tunnel and field conditions on strawberry growth and development. *HortScience* 41(2): 329-335. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.2.329>
- Macías-Rodríguez, L., Quero, E., & López, M. G. (2002). Carbohydrate differences in strawberry crowns and fruit (*Fragaria x ananassa*) during plant development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11), 3317-3321. <https://doi.org/10.1021/jf011491p>
- Mattner, S.W., Horstra, C.B., Milinkovic, M., Merriman, P.R., & Greenhalgh, F.C. (2017). Evaluation of soilless systems for strawberry transplant production in Australia. *Acta Horticulturae* 1176: 53-64. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1176.8>
- Nhut, D. T., Takamura, T., Watanabe, H., Okamoto, K., & Tanaka, M. (2003). Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73(1), 43-52. <https://doi.org/10.1023/A:1022638508007>
- Paranjpe, E.V., Cantliffe, D.J., Lamb, E.M., Stoffella, P.J., & Powell, C. (2003). Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 116: 98-105.
- Paranjpe, A.V., Cantliffe, D.J., Stoffella, P.J., Lamb, E.M., & Powell, C.A. (2008). Relationship of plant density to fruit yield of 'Sweet Charlie' strawberry grown in pine bark soilless medium un a high-roof passively ventilated greenhouse. *Scientia Horticulturae* 115: 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.08.009>
- Pérez de Camacaro, M., Ojeda, M., Mogollón, N., & Giménez, A. (2016). Potencial de plantas hijas de fresa cultivar Chandler de diferentes nudos del estolón como material de propagación. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 34: 1-8.
- Savini, G., Giorgi, V., Scarano, E., & Neri, D. (2008). Strawberry plant relationship through the stolon. *Physiologia Plantarum* 134 (3): 421-429 <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01145.x>
- Shi, X., Hernández, R., & Hoffmann, M. (2021). Timing of stolon removal alters daughter plant production and quality in the ever-bearing strawberry 'Albion'. *HortScience* 56(6):650-656. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15624-20>
- Steiner A. A. (1984) The universal nutrient solution. In: *Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.
- Takeda, F., Hokanson, S. C., & Enns, J. M. (2004). Influence of daughter plant weight and position on strawberry transplant production and field performance in annual plasticulture. *HortScience*, 39(7), 1592-1595. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.7.1592>
- Torres-Quezada, E. A., Zotarelli, L., Whitaker, V. M., Santos, B. M., & Hernandez-Ochoa, I. (2015). Initial crown diameter of strawberry bare-root transplants affects early and total fruit yield. *HortTechnology*, 25(2), 203-208. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.2.203>.

- Treder, W., Tryngiel-Gac, A., & Klamkowski, K. (2015). Development of greenhouse soilless system for production of strawberry potted plantlets. *Horticultural Science* 42(1): 29-36. <https://doi.org/10.17221/102/2014-HORTSCI>
- Türkben, C. (2008). Propagation of strawberry plants in pots: effect of runner order and rooting media. *Journal of Biology and Environmental Science* 2(4): 1-4.
- Walter, M., Snelling, C., Boyd-Wilson, K.S.H., Williams, G., & Langford, G.I. (2005). Evaluation of organic strawberry runner production. *HortTechnology* 15(4): 787-796. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.4.0787>
- Yamasaki, A. (2013). Recent progress of strawberry year-round production technology in Japan. *Japan Agricultural Research Quarterly* 47(1): 37-42. <https://doi.org/10.6090/jarq.47.37>

2022 TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>