

Efecto de la vernalización sobre la producción de estolones de fresa

Karolina Guevara-Matus¹
Carlos Luis Loría-Quirós¹
Milagro Granados-Montero^{1,2§}

¹Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno-Escuela de Agronomía-Universidad de Costa Rica. (karogm12@gmail.com; carlos.loria@ucr.ac.cr). ²Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas-Vicerrectoría de Investigación-Universidad de Costa Rica.

§Autora para correspondencia: maria.granadosmontero@ucr.ac.cr.

Resumen

En el cultivo de fresa la reproducción por estolones es la más utilizada debido a su bajo costo, a la cantidad y homogeneidad de las plantas hijas. Aunque, tiene la capacidad de producir estolones naturalmente, se pueden exponer a períodos de vernalización para aumentar el rendimiento y calidad del material de siembra. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la producción de estolones y plantas hijas de las variedades Albión, Festival y Oso Grande expuestas a cuatro temperaturas de vernalización en condiciones de invernadero, en Heredia, Costa Rica, entre setiembre 2018 y febrero 2019. Se cuantificó el número y longitud de estolones; así como, la cantidad de plantas hijas por estolón, de 50 plantas por variedad, expuestas a 0, 250, 500 y 750 h frío a 6 °C. Las tres variables presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo. Las plantas de todas las variedades produjeron mayor cantidad de estolones al ser vernalizadas. Festival obtuvo el mayor número de plantas por estolón con 250 h frío (5) y Oso Grande con 500 h frío presentó la mayor longitud de estolón, 143 cm. Se concluyó que existe efecto de la vernalización sobre la producción de estolones y plantas hijas según la variedad.

Palabras clave: *Fragaria × ananassa* Duchesne ex Rozier, horas frío, propagación vegetativa.

Recibido: enero de 2023

Aceptado: febrero de 2023

En el año 2020 se estimó para el cultivo de fresa una producción mundial de 8 861 381 t, el mayor productor fue China con 37.5%, seguido de Estados Unidos de América que produjo 12%. México, España y Brasil produjeron en conjunto la misma cantidad que EE. UU. (FAOSTAT, 2022). En Costa Rica el cultivo de fresa es considerado como un cultivo permanente que está en manos de pequeños productores, según el último Censo Agropecuario (INEC, 2015) hay 342 fincas dedicadas a este cultivo, de las cuales 151 tienen una extensión menor a una hectárea y 121 fincas son de menos de 5 ha. Costa Rica produce fresa desde hace más de 30 años, las variedades más comunes fueron Chandler y Oso Grande (Zumbado, 1994). Entre las nuevas variedades sembradas en Costa Rica están Albión, Cabrillo, Elyana, Festival, Portola, Real, Rubillen y San Andreas (MAG, 2021). De acuerdo con Shaw y Larsson (2006), Albión, Elyana, Festival y San Andreas producen mayor cantidad de flores y frutos, los cuales presentan mayor firmeza y sabor.

Inicialmente se obtenían las plantas hijas de Estados Unidos de América, luego se empezó a traer plantas madre de desecho del mismo país. Estas permanecían alrededor de dos meses a una temperatura de 2 °C. Este periodo de frigo-conservación lograba que las plantas se mantuvieran vivas por más tiempo y que recibieran el estímulo de frío necesario para iniciar la producción de estolones (Matamoros, 1996). Actualmente, en Costa Rica con el desarrollo de nuevas tecnologías, es posible producir estolones a partir de plantas madre *in vitro*. Estas plántulas podrían aumentar su calidad, teniendo el frío necesario para producir mayor cantidad de estolones. Lo cual disminuye los costos y tiempo de producción, además de brindar a las plantas un periodo de aclimatación similar al que se expondrán al salir a campo (Jiménez y Alvarado, 2014), lo cual podría aumentar el rendimiento.

Costa Rica posee ventajas comparativas en relación con otros países, por ser un país tropical se puede producir plantas y fruta fresca durante todo el año. Esto a diferencia de países líderes como Estados Unidos de América, donde el clima templado hace que se escasee el producto principalmente durante el invierno (FAO, 2002). El ensayo se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en Santo Domingo de Heredia, Costa Rica a 1 360 msnm, correspondiente a una zona de vida denominada Bosque muy Húmedo Premontano (bmh-P). Se inició en el mes de setiembre del año 2018 y se concluyó a finales de febrero del año 2019. Las hileras de producción se colocaron de noreste a suroeste en la misma orientación que posee el invernadero de tipo semiarco multicapa, construido con hierro galvanizado, cubierto con polietileno trasparente. El área del experimento comprendió 55.2 m² (Figura 1A).

Todas las plántulas se obtuvieron de cultivo *in vitro*, para asegurar calidad, uniformidad y condiciones fitosanitarias. La siembra se realizó en potes de 3 L, con sustrato de fibra de coco en una proporción de 70% coco grueso y 30% coco fino (2 mm y 0.5 mm, respectivamente). Se colocó una planta por pote y fueron instaladas a doble hilera sobre cables a un metro de altura. Se conectaron al sistema de fertirrigación (Figura 1B y C), con frecuencia de riego de cinco veces por día (de 9 am a 2 pm, cada hora), con una duración de tres minutos cada uno.

El experimento constó de 12 tratamientos derivados de la combinación factorial de tres variedades (Albión, Festival y Oso Grande) y cuatro duraciones de vernalización (0, 250, 500 y 750 h) a 6 °C previo al establecimiento. Se trabajó con un total de 10 repeticiones al azar por tratamiento, la unidad experimental fue una planta por pote.



Figura 1. Sitio de ubicación del ensayo. A) invernadero multicapa completamente cubierto con plástico transparente; B) camas de plantas produciendo estolones; y C) plantas recién sembradas en potes de 3 L.

En los tres cultivares el aumento en las horas frío provocó un aumento en la producción de estolones por planta madre. Las diferencias en la cantidad de estolones fueron altamente significativas con respecto a los testigos (Cuadro 1). Se registró un comportamiento ascendente sostenido en la cantidad de estolones en las variedades Albión y Oso Grande conforme se aumentó la cantidad de horas frío. Estas variedades, además, produjeron mayor cantidad de estolones que la variedad Festival. La longitud total del estolón presentó diferencias altamente significativas en relación con el testigo sin vernalización para todas las variedades, además, se presentó diferencia entre variedades para 500 y 750 h frío (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad y longitud promedio de estolones y promedio de plantas hijas de fresa (*Fragaria × ananassa*) Duchesne ex Rozier por estolón de las variedades Albión, Festival y Oso Grande expuestas 0, 250, 500 y 750 h de vernalización a 6 °C, Costa Rica 2019.

Variedad	Período de vernalización (h) a 6 °C											
	0			250			500			750		
	Estolones		Ph	Estolones		Ph	Estolones		Ph	Estolones		Ph
Cantidad	L (cm)	Cantidad		L (cm)	Cantidad		L (cm)	Cantidad		L (cm)		
Albión	3 ^{Aa*}	62.53 ^{Aa*}	1.3 ^{Aa*}	4.8 ^{Ba}	115.77 ^{2.9^{Ba}}	8.8 ^{Cb}	133.07 ^{Bab}	3.5 ^a	9.9 ^{Cb}	128.30 ^{Ba}	2.9 ^{Ba}	
Festival	1.7 ^{Aa}	87.3 ^{Aa}	2.6 ^{Ab}	6.1 ^{Cb}	12.370 ^{5^{Cb}}	4.7 ^{Ba}	117.50 ^{Ba}	3.5 ^{Ba}	6.6 ^{Ca}	110.17 ^{Ba}	3.7 ^{Ba}	
Oso Grande	1.1 ^{Aa}	93.52 ^{Aa}	2 ^{Aab}	6.4 ^{Bb}	12.473 ^{46^{Cb}}	9.5 ^{Cb}	143.37 ^{Cb}	3.5 ^{Ba}	11.9 ^{Dc}	130.97 ^{BCa}	3.4 ^{Ba}	

Ph= plantas hijas; L= longitud. Promedios comparados por medio de Anova, utilizando un valor de $p < 0.05$. * = letras mayúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas entre horas de frío y letras minúsculas resaltadas con negrita en la misma columna indican diferencias significativas entre variedades.

Con respecto a la producción de hijos por estolón, las plantas sin vernalización de las tres variedades fueron las que produjeron menor cantidad. La variedad Albión con 0 h de exposición al frío reportó el número más bajo de producción de hijos por estolón de todos los tratamientos (1,3); mientras que, Festival a 250 h de frío alcanzó el mayor valor (5) (Cuadro 1.).

Con anterioridad se han llevado a cabo estudios sobre vernalización en fresa y han demostrado que la exposición al frío mejora algunas características de producción como rendimiento y número de frutos. Al respecto Rivera (1993) encontró que dos semanas de vernalización (336 h entre 0 y 5 °C) produjo los mayores rendimientos por planta, mientras que, cuatro semanas (672 h) lo disminuyó en 50% y aumentó la mortalidad. En esta investigación no se hallaron diferencias significativas entre 500 y 750 h frío, por lo que probablemente estas plantas no presenten diferencias en rendimientos.

Rodríguez-Bautista *et al.* (2012) encontraron que plantas de la variedad Festival producen menor cantidad de estolones al estar expuestas a climas más fríos debido a diferencias altitudinales. Estos investigadores obtuvieron un promedio de 12 y 8.2 estolones/planta a una altitud de 1 700 y 2 228 m, respectivamente. Estas localidades presentaron temperaturas anuales medias de 17.7 °C y 16.2 °C, lo que indica que las plantas a 2 228 msnm estuvieron expuestas a más horas frío. Esa tendencia se observó al aumentar de 250 a 500 h en esta investigación, 6.1 y 4.7 estolones por planta respectivamente; sin embargo, con 750 h la producción de estolones (6.6) fue estadísticamente igual que con solo 250 h. Esto indica que el valor óptimo de vernalización para esta variedad es de 250 h, ya que, además, produjo estolones de la mayor longitud y con el mayor número de plantas hijas, lo que probablemente se traducirá en mayores rendimientos.

Con respecto a la variedad Albión, estos autores no encontraron diferencias en la cantidad de estolones según la altitud de siembra, en ambas localidades se produjeron 6.4 estolones/planta, resultados diferentes a los registrados en este estudio, donde la cantidad de estolones aumentó proporcionalmente con el aumento de las horas frío. de Oliveira *et al.* (2017) estudiaron el comportamiento sin vernalización de diez variedades de fresa y encontraron una relación inversamente proporcional entre el número de estolones y el número de plantas hijas por estolón, mismo comportamiento observado en esta investigación. Sin embargo, estos autores encontraron valores entre 3.9 y 8.4 estolones por planta madre, en las variedades estudiadas; por ejemplo, Oso Grande produjo 7.2 estolones por planta madre; mientras que, en este estudio las plantas no vernalizadas produjeron como máximo tres estolones y fueron necesarias al menos 250 h de frío para superar los cuatro estolones por planta.

De acuerdo con Andrés *et al.* (2021) en condiciones naturales (sin vernalización) las variedades de día corto que desarrollan su ciclo de cultivo a 24 °C, como Festival y Oso Grande con cero horas de enfriamiento, tienen la capacidad de producir alta cantidad de estolones por planta, debido al alto nivel de expresión del gen FvGA20ox4 indispensable para su desarrollo y que está regulado por la estrecha relación entre fotoperíodo y temperatura. Aunque, los resultados no mostraron este comportamiento en el tratamiento de cero horas, sí se observó un aumento en la cantidad de estolones en las plantas vernalizadas, lo que podría indicar que los niveles de expresión del gen varían según las horas de enfriamiento de las plantas.

Husaini y Wen Xu (2016) indican que la vernalización es un factor importante en los procesos vegetativos y reproductivos de las plantas de fresa y que es necesaria para romper la dormancia de las yemas y promover la floración, además indican que es dependiente del genotipo. En este sentido

Strand (2008) menciona que una planta madre tiene la capacidad de producir hasta 100 plantas hijas en un ciclo de cultivo, lo cual depende de la variedad, de la localidad y las prácticas agrícolas. Lo anterior podría explicar la variación obtenida entre los cultivares estudiados.

De acuerdo con da Costa *et al.* (2014) la vernalización puede predecir el ciclo fenológico de variedades de día neutro como Albión, ellos encontraron que plantas expuestas a 4 °C por 24 días (576 h) florecieron 20 días antes que las plantas no vernalizadas, lo que presupone que produjeron menor cantidad de estolones; ya que el enfriamiento antes de la siembra es una estrategia para estimular la diferenciación floral sobre la vegetativa (Diel *et al.*, 2017).

Lo anterior sugiere que es de mayor utilidad, en términos de propagación vegetativa, que la planta madre posea pocos estolones productivos que grandes cantidades de estolones con pocas plantas hijas. Esto aparte de aumentar la producción de propágulos, brinda a su vez un ambiente más aireado y limpio, reduciendo de cierta forma la presencia de plagas y enfermedades. Además, facilita al productor las labores de atomizado y cosecha (IICA, 2017).

Conclusiones

Según los hallazgos de esta investigación la vernalización impacta positivamente la producción de estolones y plantas hijas de fresa de las variedades Albión, Festival y Oso Grande.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por el financiamiento parcial mediante el proyecto 'Factores ecofisiológicos y de manejo determinantes de la propagación de la fresa en la región Central Occidental (B8-A05)' y a la empresa AgroVitro por facilitar el material vegetal y las instalaciones.

Literatura citada

- Andrés-Jiménez, J.; Caruana, J.; Liang, J.; Samad, S.; Monfort, A.; Liu, Z.; Hytonen, T. and Koskela, E. A. 2021. Woodland strawberry axillary bud fate is dictated by a crosstalk of environmental and endogenous factors. *Plant Physiol.* 187(3):1221-1234. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab421>.
- da Costa, R. C.; Calvete, E. O.; Mendonça, H. F. C. e DeCosta, L. A. 2014. Fenologia e acúmulo de folhas em mudas vernalizadas e não vernalizadas em morangueiro de dias neutros. *Acta Sci. Agron.* 36(1):57-62. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.17285>.
- de Oliveira, R. P.; Brahm, R. U. and Scivittaro, W. B. 2017. Produção de mudas de morangueiro em casa-de-vegetação utilizando recipientes suspensos. *Hortic. Bras.* 25(1):107-109.
- Diel, M. I.; Pinheiro, M. V. M.; Cocco, C.; Thiesen, L.A.; Altíssimo, B. S.; Fontana, D. C.; Caron, B. O; Testa, V. and Schmidt, D. 2017. Artificial vernalization in strawberry plants: Phyllochron, production and quality. *Austr. J. Crop Sci.* 11(10):1315-1319. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.10.pne603>.
- FAO. 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations. El cultivo protegido en clima Mediterráneo. <http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s00.htm#Contents>.

- FAOSTAT. 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. Production/yield quantities of strawberries in world. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Husaini, A. M. and Wen, X. Y. 2016. Challenges of climate change to strawberry cultivation: uncertainty and beyond. *In*: Amjad, M.; Husaini and D. Neri. Ed. Strawberry growth, development and diseases. 1^{ra} Ed. 323 p.
- IICA. 2017. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Manual de buenas prácticas agrícolas y de producción para el cultivo de la fresa. IICA, San José, Costa Rica. 5-60 p.
- INEC. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Censos. VI Censo Nacional Agropecuario: cultivos agrícolas, forestales y ornamentales. 285 p.
- Jiménez, J. P. y Alvarado, E. B. 2014. Evaluación de dos medios de cultivo en la micropropagación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). *Rev. jóvenes en la ciencia*. 1(1):92-95.
- MAG. 2021. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Censo actividad fresera en Costa Rica. (Presentación Powerpoint). San José, Costa Rica.
- Matamoros-Solorzáno, G. 1996. La fresa, prácticas del cultivo. Programa de comunicación agrícola, Universidad de Costa Rica. 1-29 pp.
- Rivera-Berrú, D. M. 1993. Efecto de la vernalización en la fructificación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) *cv* Chandler. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 1-38 pp.
- Rodríguez-Bautista, G.; Calderón-Zavala, G.; Jaen-Contreras, D. y Curiel-Rodríguez, A. 2012. Capacidad de propagación y calidad de planta de variedades mexicanas y extranjeras de fresa. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 18(1):113-123.
- Shaw, D. V. and Larsson, K. D. 2006. Strawberry plant named 'Albion'. (United States plant patent USPP16228P3) The Regents of the University of California, Oakland, CA (US). <https://patents.google.com/patent/USPP16228P3/en>.
- Strand, L. 2008. Integrated pest management for strawberries. University of California. 2^a Ed. Division Agriculture and Natural Resources. <https://books.google.sc/books?id=2ertGXmmwDwCandlpg=PA5andpg=PR3#v=onepageandqandf=false>.
- Zumbado, C.; Paniagua, G. y Castro, A. A. 1994. Cultivo y comercialización de la fresa en Costa Rica. *In*: Atlas agropecuario de Costa Rica. San José, Costa Rica. 225-235 pp.