

PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS DE HOJA MEDIANTE AEROPONÍA. I. Apreciación general de la respuesta de los cultivos.

Francisco Marín Thiele
francisco.marin.thiele@gmail.com
Convenio CNP/MAG

Marvin Torres Hernández
Universidad Técnica Nacional

Aspectos generales

El proyecto “*Validación técnica de la implementación de sistema de aeroponía para producción de hortalizas de hoja en Costa Rica*”, se desarrolla de manera conjunta entre la Universidad Técnica Nacional (Dirección de Investigación y Transferencia) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Programa de Agricultura Protegida, ProNAP), con el apoyo económico de la Fundación FITTACORI.

Se presenta un primer acercamiento formal con el sistema productivo en nuestro país y se espera que los resultados permitan sentar las bases de una herramienta adicional en la producción de alimentos, al brindar alternativas viables y pertinentes al sector agrícola nacional.

En una colaboración anterior, Torres (2017) expuso los principios que rigen el sistema de producción aerónico y se mencionaron algunas de sus ventajas como el no uso de sustrato, el alto rendimiento, el mínimo uso de productos fitosanitarios, con ahorro de agua y la posibilidad de adaptación de plantas.

Como parte de los avances logrados, se cuenta con una serie de experimentos desarrollados para varios cultivos hortícolas de hoja, de manera tal que se permita validar

el sistema, no solo en cuanto rendimiento sino también en los alcances propios de su operación. Así mismo, con los resultados se podrá eventualmente generar un análisis financiero de esta aplicación.

El sistema productivo

El módulo de producción se encuentra instalado en la Universidad Técnica Nacional, Sede Alajuela, a una altura de 950 *msm*, que presenta una precipitación media anual de 2096 ml y temperatura de 22 C. Consiste en una nave de 5 x 12 metros con techo de plástico y paredes de malla anti-insecto de 50 mesh. Hay una malla aluminizada de 50 % de sombreado para reducir radiación; y cuenta con tres cajones de cultivo activos, de 0,4 m x 0,8 m y una longitud de 8,0 m. El sistema de fertirriego es recirculante, consiste en una línea central de riego con atomizadores de 27 L·hora⁻¹, espaciados cada 0,7 m aproximadamente. Los cajones son de madera, con aislamiento de poliestireno y forrados en plástico negro de 8 µm de espesor (Figura 1A) y con una pendiente aproximada de 3 a 5 % en el eje longitudinal, que facilita la recolección de los residuos de fertirriego, luego enviados a un tanque de almacenamiento (450 L).

Las plántulas se colocan completas (con el adobe) en canastillas plásticas de 5 cm de apertura, sujetadas con una pieza de

espuma de poliuretano de 2,54 mm de espesor y longitud cercana a 15 cm (Figura 1B). Estas son colocadas en orificios realizados a láminas de poliestireno de 2,54 cm de espesor, de forma tal que parte de las canastillas y el medio de la plántula quedan expuestos en la cámara a las atomizaciones (Figura 1C), basadas en una solución nutricional única (Tabla 1).

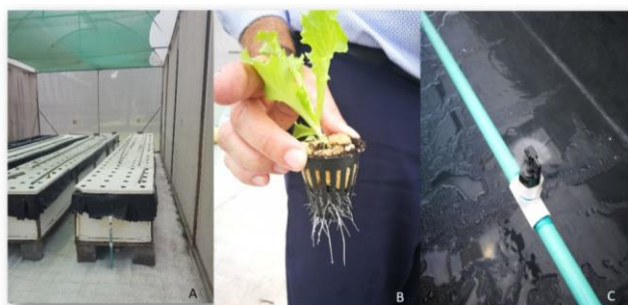


Figura 1. Algunos detalles del sistema de producción. A) Vista general del módulo y los cajones de cultivo, B) canastilla y plántula asegurada ya emitiendo raíces, C) emisor de fertirriego.

Tabla 1. Solución nutritiva empleada (Diseñada por el Dr. Freddy Soto, UCR (2017).

Fuente	mg/L
FOSFATO DE POTASIO	180
NITRATO DE POTASIO	320
SULFATO DE POTASIO	55
SULFATO DE MAGNESIO	410
COSMOQUEL HIERRO	10
SULFATO DE COBRE 5H ₂ O	1,25
SULFATO DE MANGANESO .H ₂ O	2,5
SULFATO DE ZINC 1H ₂ O	1
ACIDO BORICO	3
MOLIBDATO DE SODIO	0,25
NITRATO DE CALCIO	655

Se han ensayado de momento varios cultivos entre los cuales están acelga, albahaca, apio, arúgula, berros, cebollino, culantro castilla y culantro coyote, cuatro variedades de lechuga y pak-choy. Se

establecieron para cada caso diseños en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y parcelas útiles variables dependiendo de las densidades de siembra, contemplando siempre el efecto de borde.

Comportamiento de los cultivos

En esta primera contribución, se desea dar a conocer la experiencia global en torno de la posibilidad de usar los diversos cultivos. En próximas anotaciones, se ofrecerán resultados puntuales sobre algunos de ellos.

Es tal vez importante rescatar que se presentan variaciones en relación con las experiencias, tal que el sistema de sujeción parece ser el elemento de mayor importancia en la adaptación de las plantas. Es evidente que la sujeción de las raíces al suelo permite un crecimiento más estable, ya que se anotó una tendencia a volcarse conforme crecían algunos cultivos, como albahaca, apio, cebollino o culantro de castilla (Figura 2). En otros, de portes más bajos, como lechugas, culantro coyote o pak-choy, se ha observado un más fácil manejo dados sus hábitos de crecimiento, con base en la distribución del peso y poca altura de las plantas.

Por otro lado, se determinaron otras diferencias durante el desarrollo de los cultivos, en relación con su manejo. Al desarrollarse en un módulo tipo invernadero, no se dio mojado de los tejidos tal que la condición fitosanitaria ha sido excelente. Se han encontrado mínimos problemas temporales o asociados con cultivos específicos. Por ejemplo, albahaca, apio, culantro coyote y pak-choy, fueron los cultivos más sensibles, en cuanto antracnosis, ácaros, áfidos y crisomélidos respectivamente. Sin embargo, dado que se pretendía la valoración general del sistema, no se realizaron atomizaciones curativas en

forma sistemática a menos que se determinara riesgo mayor.



Figura 2. Tendencia a volcamiento en albahaca: un incremento en la densidad de siembra fue parte de la solución.

La expresión de problemas nutricionales se dio en forma aislada y enfocada hacia ciertos cultivos. La albahaca y el culantro coyote exhibieron deficiencias de magnesio, que fueron corregidas vía foliar inicialmente y, al igual que en caso de la lechuga -muy quebradiza a falta de calcio- se aumentó la concentración en la solución nutritiva. En cuanto berros, se encontraron problemas de clorosis durante el desarrollo, aunque el caso requiere de más estudio debido a los hábitos de nutrición de esa planta; se presume en inicio que la solución nutritiva debería ser de menor concentración.

Otro elemento de importancia en la operación fue la cosecha. Algunos cultivos

entrelazaron el follaje de manera que separar las hojas al momento de la cosecha fue un proceso algo complicado (Figura 3). Ello podría generar daños y futuras pérdidas en poscosecha, asunto que se deberá analizar en otro proyecto. Esto se debe en parte a la alta densidad de siembra que se empleó, pero provocó la necesidad de emplear alguna medida que facilitara en réplicas posteriores, la cosecha. Un marco de PVC o un enrejado de malla de 4 x 4", se utilizaron como estrategias de apoyo y evidenciaron ventaja.



Figura 3. Entrelazamiento de follaje en culantro de castilla. La relativa dificultad de cosecha debe atenderse ante potencial daño.

Algunas otras acciones fueron consideradas; y se trató de establecer una calificación para valorar cada cultivo en ese ámbito particular y bajo las condiciones únicas de trabajo (ambiente, riego, fertilización). Para tal fin, se estableció un criterio subjetivo inicial y se asignaron valores de acuerdo con la complejidad de la

respuesta, con clara pretensión en seguir algunas ideas de Duck y colaboradores (2017), que se deberá actualizar al contar con la información completa. De forma preliminar, se asignó un (-) para los casos en los que se encontró dificultad, un (0) para aquéllos sin dificultad o con fácil solución; o bien un (+) para los que presentaban una fácil adaptación o respuesta positiva. En la tabla 2 se resumen esos criterios.

Tabla 2. Criterios subjetivos y calificación general preliminar para los cultivos ensayados en producción aeropónica.

Variable* / Cultivos**	Ac	Al	Ap	Ar	Be	Ce	Ccs	Ccy	Lch	Pk
Ajuste de plántulas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arraigo de planta	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
Sensibilidad al volcamiento	0	-	-	+	0	0	-	+	+	+
Presencia de enfermedades	-	0	+	+	+	+	+	+	+	+
Presencia de plagas	+	0	-	+	+	+	+	-	+	-
Deficiencias nutricionales	+	0	-	+	-	+	+	+	0	0
Mecánica de cosecha	+	+	+	+	-	-	0	+	+	+
Aspecto del producto final	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Cosecha de partes	+	+	-	0	+	-	-	+	-	-
Suma de (+)	7	5	3	8	5	7	6	7	7	6
Suma de (-)	1	1	6	0	3	2	2	2	1	2

* (-) Negativo, dificultoso; 0= de fácil respuesta o corrección; (+) situación de ventaja o facilidad

** Ac= acelga (*Beta vulgaris cicla*); Al= albahaca (*Ocimum basilicum*); Ap= apio (*Apium graveolens*); Ar= arúgula (*Eruca vesicaria*); Be= berro (*Nasturtium officinale*); Ce= cebollino (*Allium schoenoprasum*); Ccs= culantro de castilla (*Coriandrum sativum*); Ccy= culantro coyote (*Eryngium foetidum*); Lch= lechuga (*Lactuca sativa*); Pk= pak choy (*Brassica rapa chinensis*).

Comentarios

De acuerdo con estas apreciaciones preliminares, existen claras oportunidades para el desarrollo de cultivos hortícolas de hoja mediante la producción basada en aeroponía. Las medidas de adaptación de algunos de ellos son simples y permitirían una rápida respuesta por parte del productor.

Las condiciones generales de un módulo tipo invernadero de bajo costo con

mallla aluminizada, son suficientes para realizar el trabajo, pese a que se requerirán operaciones específicas para facilitar el desarrollo de distintos cultivos. El uso sistémico de productos repelentes contra insectos podría ser valiosa herramienta ante la falta de protocolos específicos.

Por otro lado, la aplicación de una solución nutritiva única y básica es posible para iniciar la experiencia. Los ajustes deberán ser realizados según la expresión de

los diferentes cultivos, su mezcla y condiciones. Más investigación es necesaria en este ámbito para fortalecer el sistema.

Finalmente, de momento la experiencia debe analizarse bajo la óptica de la oportunidad. En futuras exposiciones se realizarán análisis sobre el comportamiento específico de los cultivos con propuestas acerca de su situación. Claro es que el análisis de costos es fundamental para determinar la viabilidad financiera, asunto que se trataría con posterioridad, más por el momento los objetivos son un tanto amplios y en el orden de validación agronómica.

Literatura de consulta

- Duck, T. *et al.* .2016. Choosing crops for cultivation in space. 46TH. Intl. Conference on Environmental Systems. Austria. 9 p.
- Torres, M. 2017. Nociones sobre aeroponía. Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción bajo Ambientes Protegidos. Costa Rica. 15'16.