

Crecimiento de hortalizas en sistemas acuapónicos

Ortiz-Cortés, Lourdes Yaret (1), Martínez-Yañez, Alicia del Rosario (2)

1 Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Chiapas, yaret.ortiz@hotmail.com

2 Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, ar.martinez@ugto.mx

Resumen

La acuaponía representa una alternativa para la producción de alimentos, ya que permite obtener en un mismo ciclo de producción biomasa animal y vegetal (peces y hortalizas). El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de plantas de apio (*Apium graveolens*) y acelga (*Beta vulgaris*) cultivadas en un sistema acuapónico, bajo dos densidades de cultivo. Los peces sembrados en el estanque fueron japoneses dorados (*Carassius auratus*). Se observó que las acelgas mostraron un mayor crecimiento en comparación al apio, así mismo el peso registrado por estas es superior al del apio, siendo la superficie de siembra un factor determinante, ya que las plantas tanto de apio como acelgas con mayor densidad de siembra, presentaron menor altura y peso comparados con las de menor densidad. Los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron dentro de los límites recomendados para el cultivo de las especies evaluadas.

Abstract

Aquaponics is an alternative for food production, as it allows in one cycle plant and animal biomass production (fish and vegetables). The aim of this study was to evaluate the growth of celery (*Apium graveolens*) and chard (*Beta vulgaris*) grown in an aquaponic system, under two planting densities. Fish stocked in the pond were Japanese goldfish (*Carassius auratus*). Chard showed a higher growth compared to celery, also the weight recorded by these was higher than the celery, being the sowing area a determining factor, since both plants celery and chard in higher density had lower height and weight compared to less dense. Water physicochemical parameters were within the recommended range for the cultivation of the tested species.

Palabras Clave

Acuaponía, *Carassius auratus*, *Apium graveolens*, *Beta vulgaris* var

INTRODUCCIÓN

La acuaponía puede definirse como un proceso de producción cíclico y sustentable en donde no es necesario el uso de suelo y puede obtenerse la producción de biomasa vegetal y animal en un mismo periodo de tiempo. Se caracteriza porque las plantas son cultivadas en camas hidropónicas y el agua del estanque de los peces es recirculada mediante bombas a través de filtros y dichas camas. El principio fundamental de este sistema se basa en el ciclo del nitrógeno, ya que los desechos producidos por los peces se pueden asimilar como nitratos los cuales son absorbidos por las plantas y éste se traduce en crecimiento vegetal; para ello se requiere la ayuda de bacterias de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*, ya que estas bacterias son las que realizan el ciclo del nitrógeno mediante el cual se fundamenta el sistema acuapónico. Las *Nitrosomonas* tienen la capacidad de convertir el amoníaco liberado por la excreta de los peces en el agua en nitritos posterior a su ionización en amonio, y por último las *Nitrobacter* son las encargadas de transformar el nitrito en nitratos y esta es la forma química mediante la cual las plantas incorporan nitrógeno a sus células en la síntesis de proteínas, lo cual genera crecimiento vegetal. Una vez que las plantas absorben estos nutrientes del recurso hídrico, el agua regresa a los peces limpia, por lo cual la función de las plantas es actuar como filtro biológico en el sistema [1].

El agua es el elemento clave para que el sistema acuapónico pueda desarrollarse, para ello este factor debe de contar con ciertos parámetros como son el oxígeno disuelto, el cual debe mantenerse por encima de 3 mg/L, siendo preferible una concentración igual o mayor a 5 mg/L, ya que valores fuera de este rango pueden afectar la nitrificación, la cual es indispensable para el desarrollo de biomasa vegetal y así mismo puede causar toxicidad a los peces, lo cual se traduce en pérdida de biomasa animal. La temperatura, este factor es variante, ya que depende de la especie animal que se desee producir, sin embargo se deben de evitar los cambios bruscos de temperatura. El pH debe ser entre 7.2 a 7.8 ya que este es un elemento clave para que se lleve a cabo el proceso de nitrificación [2].

Entre las especies vegetales utilizadas en producción acuapónica están el apio y las acelgas. La producción de apio es cerca de 24 mil 270 toneladas al año y se estima un consumo de 170g por mexicano, en general el consumo se cifra en un 70%. Requiere temperaturas de 7°C a 10°C, su germinación es de 14 a 28 días y 4 meses para que alcance su óptimo desarrollo para consumo, su rendimiento es de 8 kg por metro cuadrado y las plantas alcanzan un peso entre 0.75 y 1 kg. Por su parte la acelga se está volviendo más demandante, ya que su consumo en fresco aumenta ligeramente pues en el mercado está todo el año, este cultivo requiere una temperatura de 18°C a 22°C, germina de 5 a 10 días y requiere de 50 a 60 días para que alcance su madurez, su rendimiento es de 15 kg por metro cuadrado y puede llegar a alcanzar una altura de 1.20 m y una anchura de hasta 10 cm [3]. El pez japonés (*Carassius auratus*) es altamente demandado como animal de ornato debido a sus vistosa coloración, siendo una de las principales especies que se comercializan a nivel mundial, la talla máxima conocida es 45 cm de longitud total, 2 kg de peso y la edad máxima es de 30 años. Se desarrolla en aguas lentas con temperaturas de 21°C en promedio [4].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un sistema acuapónico, integrado por un estanque circular plástico con capacidad de 1,000 L, un filtro de 75 L, y 4 camas hidropónicas (CH) plásticas con capacidad de 120 L y 0.72 m² de superficie, bombas y líneas de conducción de agua y aire en constante recirculación. Las CH fueron colocadas a 1m de altura y fueron cubiertas con placas de unicel. Fueron puestas a germinar en bandejas de unicel, previamente lavadas y desinfectadas, semillas de acelga y apio (adquiridas en una casa comercial). Las plántulas con 35 días de germinación fueron trasplantadas a las CH a razón de 8 y 10 plantas por CH, teniendo dos camas con acelgas y dos camas con apio, con el objetivo de realizar un arreglo factorial 2 x 2, donde el factor A fueron las especies de hortalizas y el factor B la densidad de siembra. Previo al trasplante fueron registrados altura y peso de las plántulas. El experimento tuvo una duración de 35 días. En este periodo fue monitorizada la temperatura, oxígeno disuelto, conductividad

eléctrica, pH y amonio, con un equipo multiparamétrico Professional Pluss YSI 14M101737 y los nitratos con un equipo dual Professional Pluss YSI 12D100050, como indicadores de la calidad de agua. Una vez por semana fue registrada la altura de las plantas con una cinta métrica de la base hasta el ápice de las hojas. Al final del periodo experimental fueron cosechadas las plantas y registrados peso y altura para determinar su desarrollo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de peso y altura de las hortalizas experimentales pueden observarse en la Tabla 1. De acuerdo a nuestros resultados, se observó diferencia estadística significativa para la variable peso, para los factores especie y densidad de siembra. En cuanto a la variable altura, sólo el factor especie mostró efecto.

Tabla 1. Peso y altura final de plantas de acelga y apio cultivadas en acuaponía de acuerdo a la densidad de siembra

Tratamiento	Acelga 8	Apio 8	Acelga 10	Apio 10
Peso (g)	27.02 ± 9.5	25.80 ± 15.6	23.01 ± 6.2	14.25 ± 5.7
Altura (cm)	23.71 ± 8.1	14.68 ± 4.2	20.90 ± 7.8	15.11 ± 3.7

Los parámetros fisicoquímicos indicadores de la calidad de agua, se registraron dentro de los rangos adecuados para el crecimiento de peces dorados.

La temperatura se registró en un rango de 20.1 a 24.7 °C. De acuerdo a algunos autores, el cultivo de apio necesita de 17 a 21°C [5], mientras que para la acelga es de 18 a 22 [6] y los peces requieren de 19 a 21°C [7, 8]. El pH mostro un rango de 7.31 a 7.49, y de acuerdo a la literatura, el apio requiere de un pH entre 6.5 a 7.5 [5], la acelga de 7.2 a 7.5 [6] y los peces dorados necesitan de valores de 7.2 a 7.5 [7, 8]. La conductividad eléctrica del agua mostro un rango de 786 a 980, según los estudios antes citados se ha mostrado que la conductividad del agua para el apio es superior a 1.8 d 2/m [5], mientras que para la acelga se han encontrado valores de 1.5 a 2.5

11 ms/cm.s [6], y para los peces se han registrado valores de 5 a 7.5 ms/cm.s. [7, 8].

Otros de los parámetros monitorizados fueron el oxígeno disuelto que presentó un valor de 3.1 a 4.04 mg/L, algunos autores mencionan que este gas debe mantenerse por encima de 3 mg/L, siendo preferible una concentración igual o mayor a 5 mg/L [9]. Los niveles de amonio fueron de 0.68 a 1.94 mg/L, de acuerdo a estudios anteriores se ha encontrado que el rango óptimo de amonio para los peces dorados es de 0.576 a 1.384 mg/L [10, 11] sin embargo, los especímenes del presente estudio no presentaron signos de enfermedad asociado a toxicidad por amonio. Por último, los niveles de nitratos registrados fueron de 21.80 a 283.03 mg/L, y de acuerdo en la bibliografía consultada se han encontrado que estos valores pueden variar de 50 a 300 mg/L, mismos que van aumentando según se vaya presentando el proceso de nitrificación [12]. Para los peces, niveles mayores de 1,000 mg/L pueden representar riesgos de salud [13].

En la imagen 1 se observa que las acelgas presentaron un crecimiento mayor al de los apios, ya que la máxima altura que obtuvieron durante éste experimento fue de 27.14 cm, mientras que la máxima altura del apio fue de 17.43 cm. Así mismo se observó que la densidad de siembra es un factor que interviene en el crecimiento de las hortalizas que se cultivaron en acuaponía, ya que tanto para las acelgas como para el apio, se obtuvo un mayor crecimiento en los tratamientos de 8 plantas, que en los de 10. Este comportamiento es similar en sistemas de cultivo tradicional [11,12].

Algunos autores describen que la altura máxima para las acelgas es de 1.20m, [14], misma que se obtiene en un periodo de 60 a 75 días, mientras que el apio puede llegar a presentar una altura de 80 cm en un periodo de tiempo de 120 días [15]. Sin embargo los resultados de altura que se obtuvieron en este trabajo son de 35 días, por lo cual, es importante llevar a cabo más estudios donde se determine la producción del cultivo de estas hortalizas hasta la cosecha.

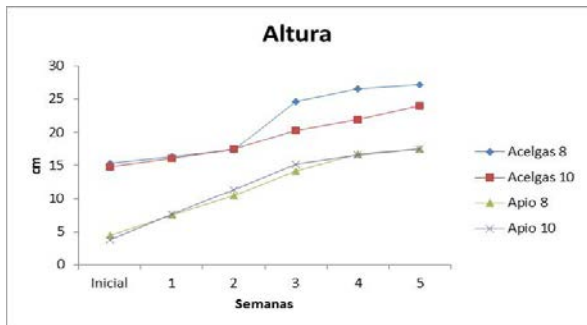


IMAGEN 1. Altura final de acelgas y apio cultivados en acuaponía con dos densidades de siembra

En la imagen 2 se muestran los pesos de las acelgas y apio cultivados en acuaponía durante 5 semanas. Se observa que los apios obtuvieron un peso máximo de 25.80 g y mientras que para las acelgas el peso máximo fue de 27.02 g, mayor al presentado por el apio. De acuerdo a la literatura consultada, las acelgas pueden llegar a presentar un peso de 0.750g a 1 kg por planta, el cual se alcanza en un periodo de 60 a 75 días [16]. Mientras que el apio puede alcanzar un peso que varía entre los 400 y 600g, mismo que se obtiene después de 120 días [17].

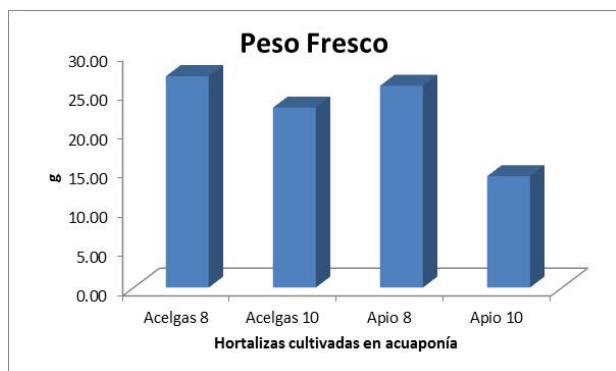


IMAGEN 2. Peso final de acelgas y apio cultivados en acuaponía bajo dos densidades de siembra

Tanto para las acelgas como para el apio, se obtuvo una biomasa vegetal más elevada en los tratamientos de menor densidad de siembra.

Los niveles de pH que se registraron durante los 42 días experimentales se observan en la imagen 3. Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos para que las acelgas, el apio y los peces dorados puedan desarrollarse óptimamente [18, 19]. El pH es uno de los factores de mayor importancia dentro del sistema acuapónico, ya que este parámetro interviene en la disponibilidad de nutrientes para las plantas,

debido a que nutrientes esenciales como hierro, manganeso, cobre, zinc y boro, se encuentren menos disponibles para las plantas a pH mayores a 7.5, mientras que la solubilidad del fósforo, calcio y magnesio, disminuyen con pH menor a 6. Pero sobretodo interviene en el proceso de nitrificación, para que el amonio pueda ser transformado en nitrito y posteriormente en nitrato, los cuales son absorbidos por las plantas para el desarrollo de biomasa vegetal [9].

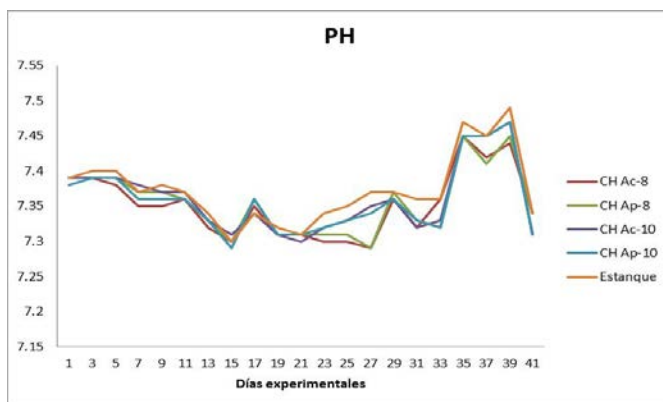


IMAGEN 3. Niveles de pH en las camas hidroónicas (CH) v en Las acelgas y apio cultivados en acuaponía se muestran en las imágenes 4 y 5.



IMAGEN 4. *Beta vulgaris* cultivada en acuaponía



IMAGEN 5. *Apium graveolens* cultivado en acuaponía

CONCLUSIONES

La densidad de siembra es un factor que influye en el desarrollo de altura y peso de las hortalizas cultivadas en acuaponía, ya que se obtienen alturas más elevadas y mayores pesos en las camas hidropónicas con 8 plantas en comparación a las de 10.

Las acelgas fueron las hortalizas que desarrollaron una mayor altura y peso que los apios.

Los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua se mantuvieron dentro de los límites óptimos, lo cual permitió el crecimiento de acelgas, apio y peces dorados en el sistema acuapónico.

AGRADECIMIENTOS

A Dios sobre todas las cosas porque es quien hizo posible este trabajo, a mi padre Salvador por confiar en mí y brindarme su incondicional apoyo, sabiduría y amor que han sido mi guía y mi fortaleza, a mi madre María de Lourdes por estar siempre conmigo, a mi hermana Zaret por su paciencia y apoyo, a la Dra. Peggy porque su apoyo a sido determinante en este caminar y desde luego gracias a la Dra. Rosario por darme la oportunidad de participar en este proyecto y por creer en mis capacidades, eternamente les estoy agradecida.

REFERENCIAS

[1] Aparecida, A.M., Marques, M.H. & Silva, H.A. (2005). Comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-55. *Aquaculture Research*. 36: 1049-1055.

[2] Martínez, Y.R. (2013). La acuaponía como una alternativa de producción agropecuaria sostenible ¿Una oportunidad para tener una casa? *Revista de Divulgación Científica de Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria*. 2(5): 18-21.

[3] Franklin, B. (2014). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Recuperado de <http://www.siap.gob.mx/produccion-agropecuaria/>

[4] Abramenko, M.E. (2007). Genetic structure of populations in the diploid triploid complex of the goldfish *Carassius auratus gibelio* in the Lower Don basin. *Voprosy Ikhtiologii* 37(1): 62-71.

[5] Alarcón, V. (2011). Evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de apio *Apium graveolens* L. *Revista Horticultura* 25 (2): 42-48.

[6] Martínez, O. (2013). Té de lombricomposta y solución nutritiva en la producción de acelga (*beta vulgaris* var. cicla) en invernadero con sistema de raíz flotante. *Agron. Colomb.* 27(1): 41-48.

[7] Abramenko M. 1., Kravchenko O. v. & A. E. Velikoivanenko. (2007). Genetic structure of populations in the diploid triploid complex of the goldfish *Carassius auratus gibelio* in the Lower Don basin. *Voprosy Ikhtiologii* 37(1): 62-71.

[8] Abramenko M. Y & Poltavcheva T. G. (2000). Discovery of triploid males in Lower Don populations of the crucian carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch). *Doklady Akademii Nauk* 363(3): 415- 418.

[9] Regalado, A.J. (2013). Diseño y Evaluación de un Sistema Acuapónico para la Producción de Animales Acuáticos y Plantas Para Consumo Humano. Tesis doctoral. Universidad de Guanajuato. Pp: 3 y 4.

[10] Baker, A. V. (2005). Organic vs inorganic nutrition and horticultural crop quality. *HortScience* 10(1): 50-53.

[11] Cataldo, D.A & Young, V. L. (2005). Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. S. Sci. and Plant Analysis* 6(1): 71-80.

[12] Dich, J. & Penttila, P. L. (2006). Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish mobile clinic health examination survey. *Food Additives and Contaminants* 13 (2): 541-552.

[13] Timmons, M.B. & Ebeling, J.M. (2010). *Recirculating Aquaculture*, Segunda edición, Cayuga agua ventures, N.Y. USA

[14] Tigue. R. & Rodríguez M. (2015). Evaluación de espinillo como abono verde de biomasa y proteína de acelga. *IDESIA*. 33(2): 137-142. .

[15] Ramírez, J. & Sánchez G. (2003). Fertilización nitrogenada y patrón de absorción nutrimental de apio en ferriero. *Terra Latinoamericana*. 21(1): 101-108.

[16] Dzida, K. & Michaloc, Z. (2012). Effect of nitrogen fertilization on the yield and nutritive value of *Beta vulgaris* L. *Journal of Elementology*, 17(2): 19-29.

[17] Zheng, G.S. (2005). Study on nitrate accumulation in celery with tracing techniques. *Acta Horticulturae Nucleatae Sinica* 9(1): 42-46.