

PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG CANH TÁC AQUAPONICS THÔNG MINH TRONG NHÀ MÀNG

DEVELOPMENT OF SMART AQUAPONICS SYSTEM IN GREEN HOUSE

Nguyễn Quốc An¹, Nguyễn Minh Triều¹,
Nguyễn Trường Thịnh^{1,*}

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.029>

TÓM TẮT

Trong bài báo này cấu trúc của một hệ thống aquaponics thông minh trồng rau sạch với hệ thống tưới nước tự động kết hợp nuôi một số loại cá nước ngọt có giám sát và đánh giá chất lượng nguồn nước. Những điều kiện cần thiết đối với cây trồng và các loại cá để có thể cho ra những sản phẩm đạt chất lượng cao với nguyên lý hoạt động phù hợp các yêu cầu bộ điều khiển trong nhà màng theo nguyên lý aquaponics đã được nghiên cứu và phát triển. Ngoài ra hệ thống còn được kết hợp với hệ thống IoT để điều khiển từ xa, thu thập dữ liệu trên nền tảng điện thoại thông minh để có thể theo dõi liên tục. Quá trình thực nghiệm cũng được triển khai thông qua quá trình thu thập dữ liệu hoàn toàn tự động cùng với các công việc của hệ thống aquaponics như: tưới nước cho cây trồng tự động, đánh giá được chất lượng nước đối với bể nuôi cá, tự động cho ăn theo thời gian qui định, lọc chất thải và xử lý nước trong bể.

Từ khóa: Aquaponics, nông nghiệp thông minh, IoT, nhà màng.

ABSTRACT

In this paper, the structure of a smart aquaponics system that grows clean vegetables with an automatic watering and monitoring system, some types of freshwater fish with checks and evaluates water quality automatically. The necessary conditions for plants and fish to be able to produce high-quality products in the greenhouse are based on the aquaponics system. In addition, the system is also combined with the IoT for remote control and data collection by a smartphone app for continuous monitoring. The experiments are implemented through fully automatic data such as automatic watering of plants, evaluation of water quality, automatic feeding, filtering waste, and treating water in the tank.

Keywords: Aquaponics, smart agriculture, IoT, green house.

¹Viện Công nghệ Thông minh và Tương tác, Trường Đại học Kinh tế TP. HCM

*Email: thinhnt@ueh.edu.vn

Ngày nhận bài: 05/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

1. GIỚI THIỆU

Trong thời kì phát triển mạnh mẽ của nền công nghệ 4.0, việc công nghệ hóa - hiện đại hóa trong nông nghiệp là việc phát triển và dần thay thế sức lao động con người bằng những máy móc, robot hiện đại nhằm tối ưu về năng suất, sản lượng, chất lượng sản xuất. Quá trình hiện đại hóa

đang phát triển rất nhanh và mạnh mẽ nên việc áp dụng khoa học kỹ thuật hiện đại vào lĩnh vực nông nghiệp là một điều tất yếu và cần thiết để đưa nông nghiệp Việt Nam bắt kịp với các nước tiên tiến trên thế giới [1, 2]. Những máy móc hiện đại giúp con người thực hiện những công việc lao động tay chân hay các công việc ảnh hưởng đến sức khỏe trong quá trình canh tác nông nghiệp như Robot diệt cỏ dại, phun thuốc trừ sâu, thu hoạch nông sản, phát hiện và cung cấp thức ăn tự động cho các loại thủy sản,... Nhà màng thường được trồng những loại cây trồng có giá trị cao, việc áp dụng các máy móc hiện đại giúp họ có thể kiểm soát được những yêu cầu kỹ thuật nuôi trồng nông - thủy sản, giảm sức lao động mang đến những lợi nhuận về kinh tế, tiết kiệm thời gian canh tác. Aquaponics là thuật ngữ tiếng Pháp được kết hợp giữa hai từ Aquaculture (nuôi trồng thủy sản) và Hydroponics (thủy canh). Nói một cách ngắn gọn Aquaponics là sự pha trộn giữa nuôi trồng thủy sản và thủy canh trồng rau sạch. Hệ thống thủy canh được diễn ra trong điều kiện thiên nhiên khép kín với sự hỗ trợ của các hệ vi sinh vật. Việc canh tác dưới mô hình Aquaponics người nuôi trồng không phải bổ sung phân bón cho cây trồng, mà chất dinh dưỡng được cung cấp cho cây bằng cách phân giải phân cá thành các chất cần thiết cho cây trồng, kèm với đó là lọc nước sạch và trả lại cho hồ nuôi thủy sản. Mục tiêu của hệ thống canh tác aquaponics thông minh sử dụng trong nhà màng nhằm đáp ứng các yêu cầu sau như tưới cây trồng theo thời gian quy định hoặc theo nhu cầu người sử dụng từ xa và thực hiện các chức năng chăm sóc, giám sát, kiểm tra tự động các thông số ảnh hưởng đến chất lượng cây trồng. Quá trình canh tác aquaponics luôn liên quan đến hồ nuôi cá do đó một yêu cầu nữa là phải đánh giá chất lượng, lọc nước đảm bảo sự tốt phát triển cho nông - thủy sản. Bên cạnh đó, hệ thống aquaponics này còn có thể điều khiển từ xa thông qua phần mềm điện thoại với giao diện thân thiện người dùng. Mô hình canh tác aquaponics đang được sử dụng rất phổ biến ở các hộ gia đình hay thậm chí là các quy mô lớn như trang trại, giúp họ có thể vừa nuôi một số loại thủy sản, vừa có thể trồng rau mà không cần tốn quá nhiều diện tích đất [3]. Đây là một mô hình khép kín, không cần sử dụng nhiều thuốc bảo vệ thực vật từ đó sẽ yên tâm hơn cho người dùng

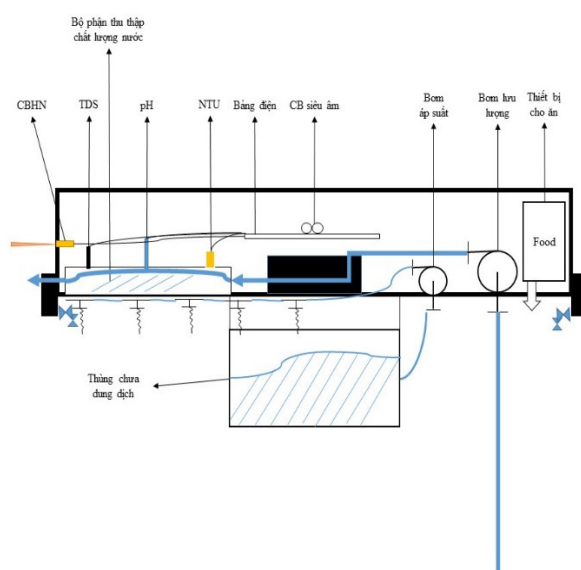
về vấn đề thực phẩm sạch [4]. Tuy nhiên, việc áp dụng tự động hóa vào mô hình aquaponics còn chưa cao, đa số việc giám sát, kiểm tra chất lượng nước, tưới nước, và cung cấp thức ăn cho thủy sản nuôi trồng đều thực hiện thủ công. Việc áp dụng khoa học công nghệ giúp người nông dân biết được chất lượng nước, cho cá ăn và các số liệu như nồng độ pH, nồng độ chất rắn hòa tan, độ đục của nước được cập nhật và gửi đến người dùng thông qua phần mềm điện thoại, từ đó họ có thể có những xử lý nhanh chóng kịp thời dù không ở tại nơi nuôi trồng [5].

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG AQUAPONICS

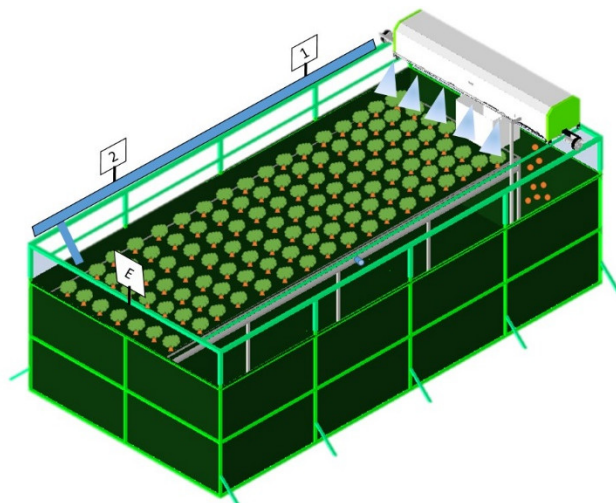
Hệ thống được đặt trong nhà màng với kích thước 6m x 6m có khả năng điều khiển nhiệt độ, độ ẩm và độ sáng tự động (bao gồm các cơ cấu chấp hành quạt, màng cooling pad và lưới che nắng). Hệ thống aquaponics thiết kế bao gồm một robot di chuyển trên ray, một hồ nuôi cá, một bàn trồng cây và dàn trồng cây ớt chuông. Thành phần đầu tiên là robot phục vụ canh tác Aquaponic (hình 1). Chức năng của robot gồm các chức năng chính bao gồm cho cá ăn, tưới phun sương, tưới cây và lọc nước cũng như kiểm tra chất lượng nước. Các chức năng cho ăn, tưới phun sương, tưới cây hoạt động dựa trên phụ thuộc theo thời gian [6], thời điểm phát triển của cây, chất lượng nước và được điều khiển bằng điện thoại. Chức năng kiểm tra chất lượng nước được thực hiện theo thời gian cụ thể 2 lần/1 ngày bằng cách khi đúng với thời cài đặt kiểm tra chất lượng thì robot di chuyển đến từng vị trí để bơm nước từ hồ lên thiết bị kiểm tra chất lượng nước. Sau đó, các dữ liệu được tiến hành phân tích và đánh giá nước tại khu vực đó, tiếp đến robot sẽ gửi các giá trị (pH, TDS, NTU, WQI, vị trí) và kết quả đánh giá lên màn hình điện thoại để người điều hành dễ dàng xử lý kịp thời khi chất lượng nước ở trạng thái xấu [7]. Khi nước ở trạng thái ô nhiễm thì robot tự động bơm nước từ đáy hồ ra ngoài để thay nước mới vào hồ kèm theo đó là ngừng cho ăn. Về chức năng cho cá ăn, robot sẽ tiến hành cho ăn khi đúng thời gian cài đặt cho ăn hoặc điều khiển trực tiếp bằng điện thoại được điều khiển từ xa. Khi chức năng này được kích hoạt thì cơ cấu chấp hành hoạt động, tùy thuộc vào sự sinh trưởng của cá, robot tiến hành cho ăn lượng phù hợp dựa theo thời gian cho ăn, về các loại cá khác nhau thì có những tập tính khác nhau, robot sẽ tiến hành cho ăn tại một chỗ hoặc có thể di chuyển rải từng khu vực trong hồ để đáp ứng được tập tính của loại cá đó. Chức năng này sẽ ngừng hoạt động khi chất lượng nước ở mức thấp ảnh hưởng tới cá. Về chức năng tưới phun sương, robot sẽ tiến hành tưới cây khi thời gian cài đặt hoặc bằng điện thoại điều khiển từ xa bằng cách kích hoạt máy bơm áp suất. Chức năng này có nhiệm vụ làm cho rau sạch hơn hoặc có thể trộn lẫn dung dịch hữu cơ mà không ảnh hưởng đến sức khỏe người dùng để cho rau có thể phát triển tốt hơn. Về chức năng tưới tiêu và lọc nước, chức năng này hoạt động khi đúng với thời gian cài đặt hoặc bằng điện thoại được điều khiển từ xa. Chức năng này có nhiệm vụ bơm nước vào hồ bể trồng rau để tưới rau và kết hợp lọc nước theo định kỳ (2 lần/ 1 ngày) sau khi cho ăn. Robot tiến hành di chuyển và bơm nước ra ngoài khi chất lượng nước ở trạng thái xấu. Sau mỗi lần thực hiện chức

năng như vậy, robot sẽ tự động về vị trí ban đầu để sạc pin nhằm phục vụ cho nhiệm vụ tiếp theo.

Robot có kích thước (l = 2,0m x w = 0,3m x h = 0,28m), được gắn thêm thùng chứa dung dịch dưới đáy robot có kích thước (l = 0,4m x w = 0,3m x h = 0,40m) và lắp ghép thêm 5 đầu béc phun sương phía trước robot. Bên trong robot gồm các bộ phận như ắc quy, máy bơm áp suất, máy bơm lưu lượng, thiết bị cho ăn, bảng điện và bộ phận thu thập chất lượng nước. Máy bơm áp suất, máy bơm lưu lượng và thiết bị cho ăn được đặt bên trái robot. Các bộ phận được đặt trong nhà màng ở những vị trí có điều kiện thuận lợi nhất cho sự phát triển cây trồng và vật nuôi. Bên cạnh, các hệ thống robot chăm sóc, theo dõi và đánh giá tự động với các chức năng cho ăn, tưới tiêu, xử lý nước, bón vi phân và giám sát đánh giá chất lượng nước để nuôi trồng thủy sản.



Hình 1. Cấu trúc của robot trong hệ thống aquaponics được thiết kế



Hình 2. Sơ đồ tổng quát hệ thống Aquaponics

Hệ thống aquaponics được thiết kế như hình 2 phải đảm bảo các đặc tính khác nhau khi hoạt động. Đầu tiên phải kể đến đó là chu kỳ cấp thoát nước. Để hệ thống hoạt động ổn định, nông thủy sản phát triển và đạt năng suất cao,

người trồng cần quan tâm đến vấn đề kỹ thuật ngập nước - thoát nước cho cây đối với mô hình. Theo những nghiên cứu và kinh nghiệm từ những mô hình đi trước, việc quan tâm đến chu kỳ cấp thoát nước rất quan trọng, việc này giúp tối ưu hóa nguồn nước cho cá cũng như cung cấp phân bón hữu cơ cho cây trồng. Đối với chu kỳ cấp thoát nước dưới mô hình Aquaponics sẽ chu kỳ ngắn hơn so với mô hình canh tác dưới dạng thủy canh, thời gian lý tưởng là trong 15 phút sau mỗi 45 phút. Nếu người trồng thực hiện với chu kỳ giống như thủy canh (khoảng 4 giờ đến 6 giờ) có thể gây hiện tượng tích tụ các chất thải trong hồ, gây bệnh và nguy hiểm cho cá. Bên cạnh đó đặc tính nhiệt độ phải được chú ý, tuy nhiệt độ không phải là vấn đề quá quan trọng trong mô hình trồng cây aquaponics so với thủy canh, nhưng nhiệt độ ảnh hưởng rất lớn đến việc phát triển và tăng trưởng của cá.

Những loài cá được ưa chuộng trong các mô hình Aquaponics ở Việt Nam cụ thể như cá rô phi, cá diêu hồng, các loại cá da trơn, cá chép [8]. Đối với cá rô phi và diêu hồng là những loại cá được tiêu thụ sử dụng nhiều ở Việt Nam, cũng như việc chúng có thể thích nghi với môi trường rất tốt, nhiệt độ tối ưu là khoảng 82°F - 86°F (khoảng 28°C - 30°C), với nhiệt độ này thì vi khuẩn Pythium (vi khuẩn gây bệnh thối rễ ở cây trồng) phát triển nhưng rất hiếm xuất hiện ở mô hình Aquaponics nên vấn đề này không có ảnh hưởng tới mô hình. Trong Aquaponics, nồng độ pH là yếu tố khác biệt hơn so với mô hình thủy canh, vì cần phải quan tâm đến cả ba đối tượng: Cá, cây trồng, vi sinh vật có hại và có lợi. Theo những nghiên cứu cho thấy độ PH tối ưu đối với mô hình Aquaponics là khoảng 6,8 - 7,0 [9]. Ngoài cây trồng và thủy sản, trong hệ thống Aquaponics còn có sự tham gia của nhóm sinh vật thứ ba đó là vi sinh vật, đây là bí quyết đằng sau việc hoạt động hiệu quả của mô hình Aquaponics. Vi sinh vật đóng góp một vai trò vô cùng quan trọng, ảnh hưởng đến sự thành công của mô hình, đặc biệt là vi khuẩn Nitrat hóa, đối với việc lọc nước bằng cơ học chỉ có thể lọc được một số chất thải có kích thước lớn chứ không thể lọc được các hạt siêu nhỏ và chất thải hòa tan trong nước [10]. Vi khuẩn Nitrat hóa biến Amoniac và Nitrit thành Nitrat cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng, đồng thời nước sạch sẽ được đưa quay trở lại bể cá và đó là nhiệm vụ của bộ lọc sinh học.

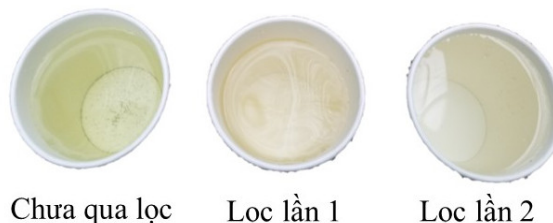
3. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

Sau khi thiết kế, hệ thống aquaponics với robot được chế tạo đã được triển khai như hình 3. Với phương án này, hệ thống robot được thiết kế để có thể di chuyển dọc theo hệ thống Aquaponics trên các luống rau. Robot mang theo các thiết bị điều khiển, động cơ, hệ thống điện, nguồn năng lượng ắc quy và một thùng chứa nằm phía bên dưới dùng để phun sương hoặc bơm vi sinh vật cho cây. Ngoài ra hệ thống điện điều khiển cũng được triển khai nhằm giúp cho robot có thể thực thi được các chức năng thiết kế, kế hợp với các cảm biến cung cấp tín hiệu đầu vào như vị trí hiện tại của robot và các thông số liên quan đến chất lượng nước. Bên cạnh đó, một ứng dụng điện thoại được thiết kế và triển khai nhằm cung cấp các tín hiệu đầu vào thông qua việc người dùng tương tác với robot trên màn hình hoặc từ xa thông qua mạng internet. Tất cả tín hiệu và dữ liệu đầu vào được

đưa về máy tính trung tâm để xử lý và xuất các tín hiệu và thông tin đầu ra thông qua các cơ cấu chấp hành là động cơ và màn hình tương tác. Ngoài ra, robot cũng có hệ thống an toàn để bảo vệ hệ thống điện không bị hư hỏng khi có sự cố xảy ra và đảm bảo an toàn cho robot khi có ngoại vật tác động từ môi trường. Hệ thống điện và điều khiển được chia làm ba phần. Phần thứ nhất là mạch điều khiển và giám sát vị trí robot (slave 1) có chức năng thu thập tín hiệu từ cảm biến (siêu âm và hồng ngoại) và điều khiển sự di chuyển của robot thông qua cơ cấu chấp hành là 2 động cơ. Phần thứ hai là mạch điều khiển và giám sát chất lượng nước (slave 2) từ 3 cảm biến (PH, NTU, TDS) và điều khiển 3 động cơ để phục vụ việc cho ăn, tưới phun sương (nước và phân vi sinh). Phần thứ 3 là mạch trung gian có chức năng thứ nhất là gửi và nhận dữ liệu từ máy tính đã xử lý dữ liệu và điện thoại, chức năng thứ hai là nhận và gửi dữ liệu với hai mạch slave thông qua giao tiếp I2C.



Hình 3. Hệ thống aquaponics trong nhà màng được thiết kế và chế tạo

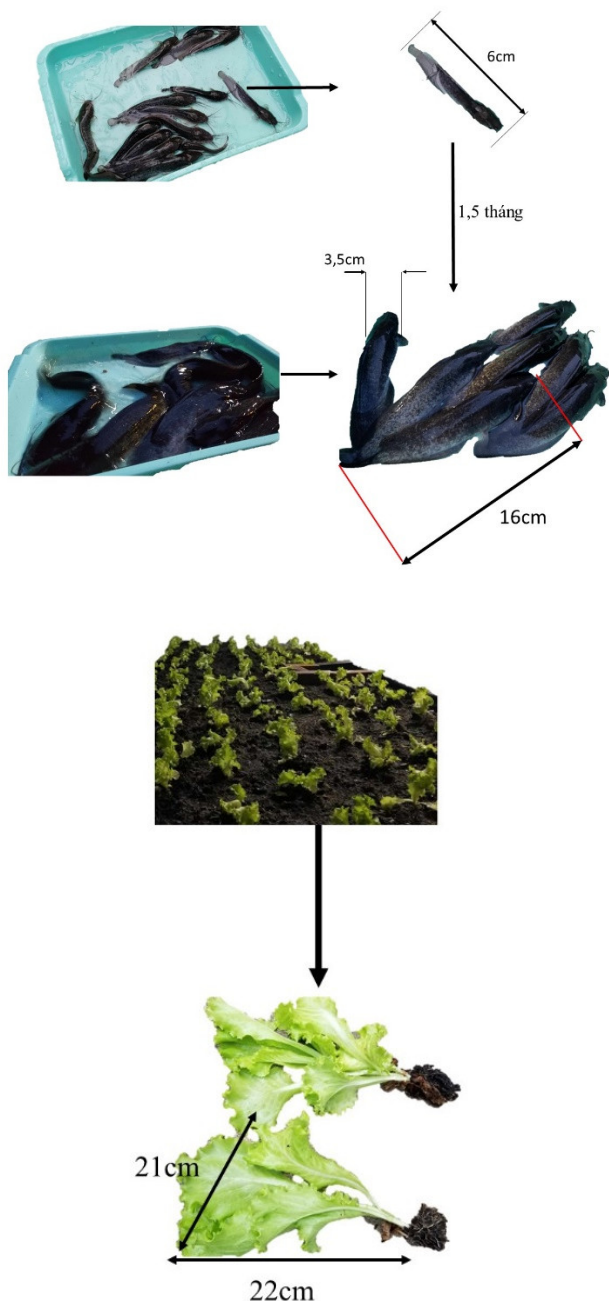


Hình 4. Chất lượng nước sau khi qua 2 lần lọc

Theo hình 4 và bảng 1 thực nghiệm có thể thấy rằng nước ban đầu chưa lọc chứa rất nhiều cặn và đục (rong và phân cá) với các thông số của pH, TDS, NTU đo được lần lượt là 5, 76, 173 và kết quả đánh giá chất lượng nước (WQI) là 66,7%. Sau 2 tiếng lọc lần đầu tiên, thấy rằng nước được xử lý tốt hơn (rong và phân cá đã được xử lý) với các thông số của pH, TDS, NTU đo được lần lượt là 6, 34, 150 và WQI được robot đánh giá 70,8%. Ở hình ảnh lọc lần 1, nước có màu nước hơi phèn (màu của sơ dừa chưa qua xử lý kỹ càng, không ảnh hưởng đến sự phát triển của cá). Sau 5 tiếng lọc thì lần lọc thứ 2, chúng ta thấy rằng nước trong hơn, hoàn toàn không còn cặn bẩn và với các thông số của pH, TDS, NTU đo được lần lượt là 6.5, 13, 100 và WQI 75.6% ở mức tốt đảm bảo rằng cá được phát triển khỏe mạnh hơn. Tuy nhiên, trong trường hợp lâu ngày, nước mới cần được thay vào để đảm bảo chất lượng nuôi cá hơn.

Bảng 1. Bảng thông số kiểm tra chất lượng nước

Số lần lọc	pH	TDS	NTU	WQI	Thời gian
0	5,0	76	173	66.7%	Bắt đầu
1	6,0	34	150	70.8%	2 tiếng
2	6,5	13	100	75.6%	5 tiếng



Hình 5. Hình ảnh cá sau 45 ngày nuôi (a) và rau xà lách sau 10 ngày trồng; (b) trong hệ thống aquaponics

Sau thời gian vận hành hệ thống khoảng 45 ngày nuôi thì cá phát triển đồng đều, khỏe mạnh và không mắc bệnh ngoài da, nó được thể hiện ở hình 5(a). Kích thước ban đầu của cá giống có chiều dài là 6cm, sau 45 ngày thì cá phát

triển về mặt chiều dài là 16cm tăng lên 10cm và bề ngang tăng lên 2cm so với ban đầu là 1,5cm và tỉ lệ cá chết là 2%. Như vậy, có thể nhận định rằng hệ thống và robot đã đáp ứng được và đưa vào vận hành thực tế rất là cao. So với việc nuôi truyền thống trước đây, thì năng suất và chất lượng cao hơn, đặc biệt là giảm đi nhiều về sức lao động của con người. Sau khi 10 ngày trồng rau, thì rau có sự sinh trưởng nhanh về mặt kích thước về chiều cao thì rau phát triển lên 22cm, về đường kính xoay quanh rau là 21 cm như hình 5(b). Như vậy, nhận định rằng mô hình này hoàn toàn hợp lý để trồng rau sạch ăn sống ngăn ngừa. Nhìn chung, sau khi hoàn thành hệ thống robot hỗ trợ canh tác trong nhà màng dưới mô hình Aquaponics đã đạt được những kết quả những yêu cầu như ban đầu đề ra. Như vậy về chức năng hệ thống đã đáp ứng chức năng phun sương tự động cũng như tưới nước và xả tràn thông qua hệ thống máy bơm nước được lọc sinh học qua hệ thống trồng cây với thứ tự tưới dưới lên bề mặt lần lượt là cát, than vụn, đất sét nung, trên cùng là sơ dừa. Nước được lọc qua đã loại bỏ được các chất thải hữu cơ cũng như chất thải hòa tan nhờ rễ cây, từ đó nước sạch được trả về bể cá. Qua kết quả thực nghiệm thì nhận thấy được nước sạch và trong hơn, nồng độ chất rất hòa tan giảm so với nước ban đầu. Bên cạnh đó, chức năng cung cấp thức ăn cho cá được đảm bảo thông qua thời gian cài đặt sẵn phù hợp với từng loại thủy sản. Nồng độ pH, nồng độ chất rắn hòa tan, độ đục của nước thông qua các cảm biến pH, NTU, TDS được kiểm tra và đánh giá. Ứng dụng trên điện thoại có thể giám sát chất lượng nước bằng gửi các thông số kỹ thuật của nước qua phần mềm điện thoại thông minh, điều khiển ở chế độ thủ công bằng điện thoại. Hệ thống aquaponics thiết kế và phát triển hoạt động ổn định so với yêu cầu ban đầu. Ứng dụng trên điện thoại thông minh điều khiển dễ dàng cài đặt trên điện thoại đối với cả hệ điều hành IOS và Android thân thiện với người sử dụng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã trình bày về quá trình thiết kế hệ thống aquaponics thông minh hoạt động hiệu quả và đạt được các chức năng yêu cầu đề ra. Chất lượng cây trồng, cá nuôi đạt yêu cầu về chất lượng, rút ngắn thời gian nuôi trồng, đảm bảo yêu cầu về vệ sinh và an toàn thực phẩm. Nghiên cứu cũng đã cung cấp các kiến thức và điều kiện cơ bản cần thiết đối với cây trồng và vật nuôi ở hệ thống aquaponics để đạt được năng suất cao. Nghiên cứu đã phân tích các tác động môi trường trong nhà màng của một hệ thống aquaponics được phát triển ở UEH. Nghiên cứu cho thấy rằng hệ thống aquaponics sử dụng trong nhà màng sẽ cho chất lượng sản phẩm nông sản cao, thời gian canh tác ngắn, giá thành thấp có thể rất hữu ích cho nông dân về lâu dài (>5 năm). Thiết bị giám sát được sử dụng cho mục đích phân tích và điều khiển các yếu tố nhân trắc nhằm chứng minh khả năng tồn tại của hệ thống có thể đạt được hiệu quả cao đối với các điều kiện khí hậu ở Thành phố Hồ Chí Minh.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Trường Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh trong nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bich Tran Thi Ngoc, et al., "Productivity and economic viability of snakehead *Channa striata* culture using an aquaponics approach," *Aquacultural Engineering* 89, 102057, 2020.
- [2]. Le Thi Minh Nguyet, *Marketing Mix for Enjoy Aquaponics automatic vegetable and fish farming system of Enjoy Life Vietnam Company*. Master Thesis, University of Economics and Business - Vietnam National University, Hanoi, 2017.
- [3]. Masabni Joseph, Genhua Niu, *Aquaponics*. Plant Factory Basics, Applications and Advances, Academic Press, 167-180, 2022.
- [4]. Marklin Jr, Richard W., et al., *Development of an Aquaponics Research Program*. Civil and Environmental Engineering Faculty Research and Publications, 119, 2013.
- [5]. Bich Tran Thi Ngoc, et al., "Applied aquaponics to culture high value local species and ultimately reused and recycle the local materials to build the green and sustainable agriculture," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 432, 1, IOP Publishing, 2020.
- [6]. Bhakar Vikrant, Kiranjot Kaur, Harpreet Singh, "Analyzing the environmental burden of an aquaponics system using LCA," *Procedia CIRP*, 98, 223-228, 2021.
- [7]. Vo Thi My Lan, Sy Xuan An Nguyen, "Research and Application of Airlift Pump to Operate Aquaponics," *Journal of Technical Education Science*, 77, 29-34, 2023.
- [8]. Tam T. X., Chuc N. T. N., "Investigating fish composition in some main tributaries, springs flowing into Sai Gon river in Binh Phuoc province area," *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 27, 127-141, 2011.
- [9]. Viet T. V., "Evaluating the status of red tilapia (*Oreochromis* spp) in cage culture in Tien river upstream of Vinh Long province," *CTU Journal of Science*, 47b, 110-118, 2016.
- [10]. Minh N. V., Linh D. N., Nhi V. N. Y., Tin H. X., "Isolated and selected nitrifying bacteria for application in aquaculture water treatment," *Ho Chi Minh City Open University Journal of Science*, 7(1), 31-38, 2012.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Quoc An, Nguyen Minh Trieu, Nguyen Truong Thinh

Financial Institute of Intelligent and Interactive Technologies, University of Economics Ho Chi Minh City, Vietnam