

AUTOMATIC CONTROL SOLUTIONS FOR AGRICULTURAL SYSTEMS OF ARTIFICIAL LIGHTING AND HYDROPONIC HARVEST

Le Tien Phong*, Vu Thi Huyen, Luong Thanh Tung, Nguyen Duc Duong, Hoang Minh Ngoc, Nguyen Thi Ngoc Han, Tran Thi Kim Giang

TNU - University of Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 24/6/2024	This paper mentions solutions for agricultural systems of artificial lighting and hydroponic harvest. Artificial lighting system will be regulated by switching blue, red and ultra violet LED lamps on/off corresponding to growing periods of plants. In this system, water pumps will be also regulated to change their speed basing on measured information about environment temperature and soil humidity to change between drop-by-drop mode and high speed mode. Moreover, automatic control for some stages of hydroponic harvest, from the stage of picking up the substrate to the stage of dropping the substrate onto the conveyor belt, will be also proposed in this paper. Two experimental models will be introduced and created in the laboratory to make clear research results. They will show the feasibility of proposes for agriculture systems. Contributions of this paper will be continued to develop and complete to apply in real agriculture systems.
Revised: 10/7/2024	
Published: 11/7/2024	

KEYWORDS

Artificial lighting control
Automatic control for hydroponic harvest
Intelligent agriculture
Agriculture automation
Operating in stages

GIẢI PHÁP ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG CHO HỆ THỐNG TRỒNG CÂY DƯỚI ÁNH SÁNG NHÂN TẠO VÀ THU HOẠCH CÂY TRỒNG THỦY CANH

Lê Tiên Phong*, Vũ Thị Huyền, Lương Thanh Tùng, Nguyễn Đức Dương, Hoàng Minh Ngọc, Nguyễn Thị Ngọc Hân, Trần Thị Kim Giang

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 24/6/2024	Bài báo này đề cập đến giải pháp trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo và tự động thu hoạch cây thủy canh. Ánh sáng nhân tạo sẽ được điều khiển bởi việc đóng cắt các bộ đèn LED ánh sáng màu xanh, màu đỏ và tím tương thích với giai đoạn sinh trưởng của cây trồng. Đồng thời, tốc độ hoạt động của các máy bơm cũng được điều chỉnh trên cơ sở thông tin đo lường được gửi về cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm của đất, từ đó giúp điều chỉnh chế độ bơm từ nhỏ giọt sang bơm tốc độ cao hoặc ngược lại. Một số công đoạn tự động thu hoạch cây thủy canh được xây dựng, bao gồm chu trình từ khi gắp giá thể đến khi thả giá thể vào băng chuyền. Các kết quả nghiên cứu đã được cụ thể hóa thông qua các kết quả thực nghiệm trên hai mô hình thiết bị thực. Các kết quả này đã cho thấy tính khả thi và tính khoa học của các đề xuất. Các đóng góp của bài báo sẽ còn tiếp tục được phát triển và hoàn thiện để có thể đưa vào thực tiễn.
Ngày hoàn thiện: 10/7/2024	
Ngày đăng: 11/7/2024	

TỪ KHÓA

Điều khiển ánh sáng nhân tạo
Tự động thu hoạch cây thủy canh
Nông nghiệp thông minh
Tự động hóa nông nghiệp
Vận hành theo chu trình

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.10659>

* Corresponding author. Email: mrphonghtd1246@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Theo truyền thống, quá trình quang hợp của cây trồng được đáp ứng bởi ánh sáng tự nhiên và việc thu hoạch cây trồng được thực hiện thủ công hoàn toàn. Sự biến động của thời tiết đã phát sinh các vấn đề như ánh sáng không được cung cấp đúng và đủ vào các giai đoạn sinh trưởng của cây. Đồng thời, việc khai thác cũng gặp nhiều khó khăn và năng suất thấp. Điều này đã thúc đẩy các giải pháp trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo và tự động thu hoạch cây trồng.

Vai trò của ánh sáng nhân tạo đối với cây trồng là đặc biệt quan trọng bởi xu hướng đô thị hóa đang khiến cho mô hình trồng cây trong nhà dần trở nên phổ biến hơn. Trồng cây bằng ánh sáng nhân tạo sẽ giúp cây quang hợp, tích nước tốt hơn kể cả trong điều kiện thiếu ánh sáng tự nhiên đồng thời tránh được tình trạng sâu bệnh hay cháy lá như khi trồng cây ở ngoài trời [1]. Sự tiến bộ của công nghệ đã giúp chế tạo ra những loại đèn LED tiết kiệm từ (60÷80)% điện năng so với các bóng đèn thông thường, không phát tán nhiệt quá cao (không cần trang bị hệ thống làm mát) giúp tiết kiệm tối đa chi phí. Các loại đèn LED này giúp cây trồng phát triển nhanh hơn sử dụng đèn thông thường từ (2÷3) lần, qua đó tiết kiệm được rất nhiều thời gian trồng trọt [1] – [4]. Ngày nay, diện tích đất nông nghiệp dường như phải nhường chỗ cho những tòa cao ốc, chung cư,... Điều này dẫn đến sự phát triển của những mô hình trồng cây trong nhà. Tuy nhiên đi kèm theo đó là điều kiện chiếu sáng tự nhiên kém, khiến cây chậm phát triển. Chính vì vậy, nhóm sử dụng ánh sáng từ đèn LED để cung cấp ánh sáng nhân tạo cho mô hình trồng cây thủy canh trong nhà. Cụ thể trồng cây bằng ánh sáng nhân tạo sẽ giúp cây quang hợp, tích nước tốt hơn kể cả trong điều kiện thiếu ánh sáng tự nhiên.

Bên cạnh đó, việc áp dụng các công nghệ hiện đại vào thu hoạch các loại sản phẩm nông nghiệp nước ta vẫn đang là một vấn đề phức tạp. Việc thu hoạch thủ công khiến chất lượng nông nghiệp không được nâng cao. Vì vậy việc áp dụng các công nghệ hiện đại vào trong thu hoạch sản phẩm nông nghiệp, đặc biệt là cây thủy canh, là vấn đề thực sự cần thiết [5] – [7]. Để thực hiện quy trình vận hành tự động, phương pháp GRAFCET đã được đề xuất và được sử dụng cho các bộ điều khiển có thể lập trình (PLC – Programmabel Logic Controller) [8], [9]. Trong đó, chu trình GRAFCET có thể được xây dựng tùy biến theo bài toán được áp dụng. Việc áp dụng các phương pháp GRAFCET vào lĩnh vực nông nghiệp không chỉ giúp nâng cao chất lượng của sản phẩm nông nghiệp mà còn có khả năng thúc đẩy nông nghiệp số ở nước ta hiện nay.

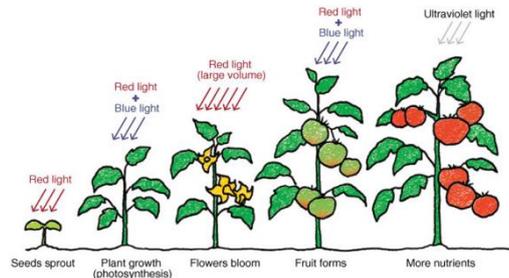
Vì vậy, bài báo này sẽ hướng tới giải quyết hai vấn đề được đề cập trên. Vấn đề thứ nhất, nghiên cứu giải pháp trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo, trong đó xây dựng một mô hình có khả năng điều khiển ánh sáng và tưới cây theo yêu cầu để kiểm chứng tính khả thi của công nghệ điều khiển. Vấn đề thứ hai, nghiên cứu giải pháp điều khiển tự động thu hoạch cây thủy canh, trong đó xây dựng một mô hình có khả năng tự động vận hành một phần của quy trình tự động thu hoạch cây thủy canh để kiểm chứng tính khả thi của công nghệ điều khiển. Phần tiếp theo của bài báo sẽ giới thiệu giải pháp trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo và tự động thu hoạch cây thủy canh... Phần III sẽ trình bày mô hình thực nghiệm và kết quả vận hành. Phần cuối cùng sẽ trình bày một số kết luận về đóng góp của bài báo.

2. Giải pháp đề xuất

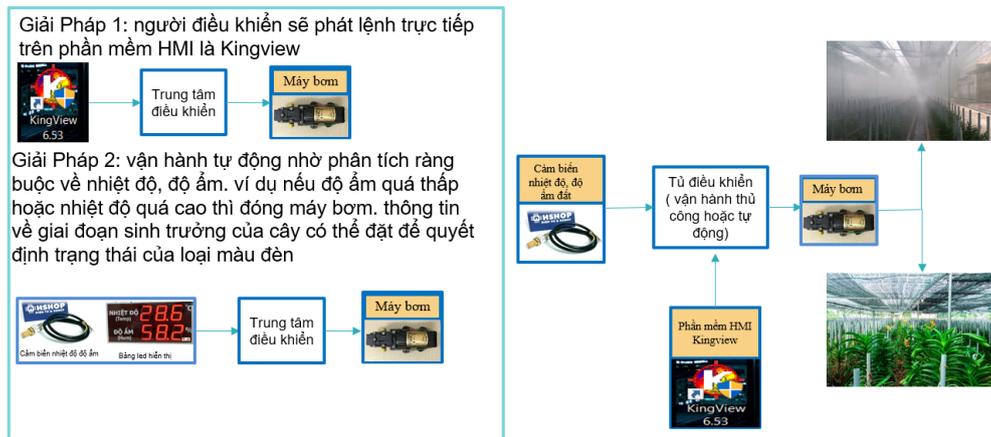
2.1. Điều khiển tự động hệ thống trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo

Ánh sáng là nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sự tồn tại và phát triển của cây trồng. Tuy nhiên cây sẽ không hấp thụ toàn bộ dãy ánh sáng mà chỉ hấp thụ một số bước sóng nhất định. Tùy theo từng loại cây và giai đoạn phát triển. Chúng ta sẽ lựa chọn, điều chỉnh bước sóng sao cho phù hợp. Đa phần thực vật hấp thụ chủ yếu 2 loại bước sóng đỏ và xanh dương như thể hiện trên Hình 1 [2] – [4].

Giải pháp trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo được xây dựng dựa trên nguyên tắc điều khiển bật tắt các ánh sáng màu theo chu kỳ sinh trưởng của cây và bật tắt máy bơm nước sau khi đánh giá thông tin thu thập được từ các cảm biến nhiệt độ như thể hiện trên Hình 2.

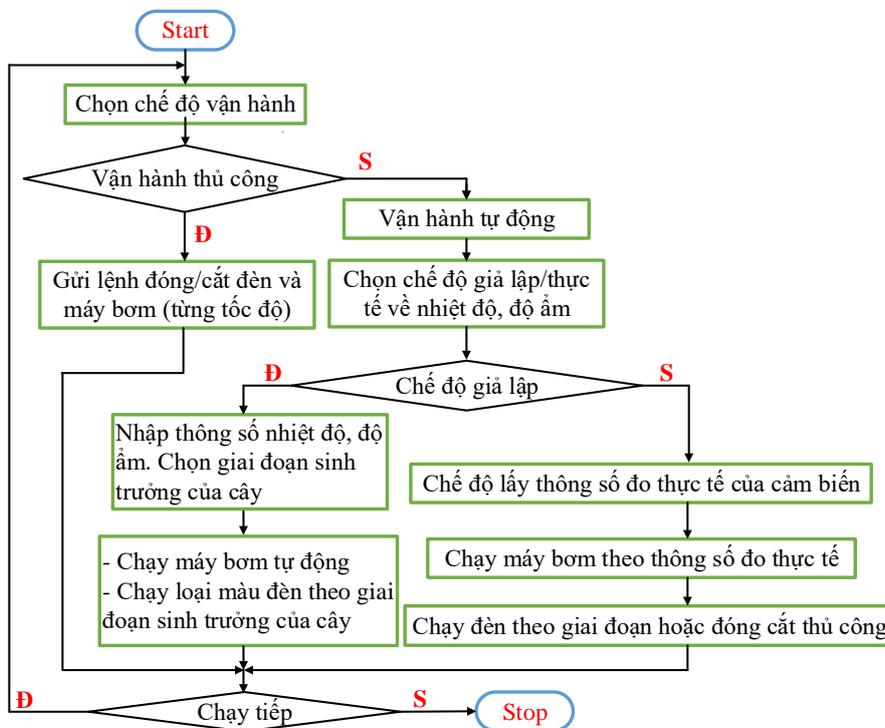


Hình 1. Mô tả việc hấp thụ các dải màu ánh sáng của cây trồng



Hình 2. Giải pháp điều khiển tự động cho hệ thống trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo

Thuật toán vận hành điều khiển mô hình trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Thuật toán điều khiển tự động cho hệ thống trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo

2.2. Điều khiển tự động hệ thống thu hoạch cây trồng thủy canh

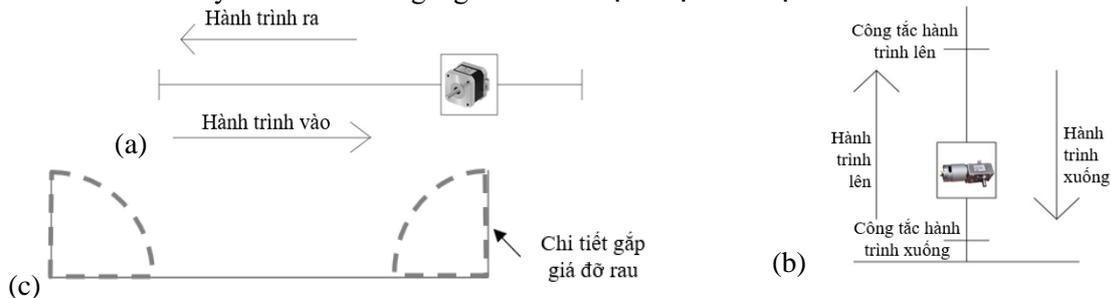
Tự động hóa việc trồng và thu hoạch cây thủy canh có vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm nông nghiệp [5] – [7]. Công nghệ này được mô tả qua những công đoạn sau: Đẩy bầu đất vào dây chuyền; Dây chuyền tra hạt vào bầu đất; Dây chuyền tưới nước kích thích nảy mầm; Dây chuyền gấp cây con và bầu đất vào giá thể; Dây chuyền vận chuyển giá thể; Hệ thống gấp giá thể vào môi trường nước để trồng cây; Hệ thống đẩy giá thể vào khu vực nuôi cây sinh trưởng; Hệ thống đẩy giá thể cây đã được thu hoạch vào vị trí thu hoạch; Hệ thống gấp giá thể rau đủ điều kiện thu hoạch để thả vào dây chuyền; Băng chuyền nhận giá thể và vận chuyển ra ngoài; Công nhân thu hoạch rau từ giá thể.

Mô hình thu hoạch cây thủy canh được đề xuất để thực hiện một phần quy trình tự động thu hoạch cây thủy canh, trong đó tập trung vào cơ cấu di chuyển gấp giá thể rau đã trưởng thành để đưa vào dây chuyền vận chuyển ra ngoài. Với nội dung đề xuất này, các bước di chuyển được mô tả trên Hình 4.



Hình 4. Các bước vận hành dự kiến của mô hình tự động thu hoạch cây trồng thủy canh

Chi tiết di chuyển của cơ cấu ngang và cơ cấu dọc được thể hiện trên Hình 5.



Hình 5. Mô tả sự di chuyển của cơ cấu ngang và cơ cấu dọc

(a) Cơ cấu ngang (b) Cơ cấu dọc (c) Cơ cấu gấp

3. Mô hình thiết bị thực và kết quả vận hành

3.1. Tự động điều khiển hệ thống trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo

Mô hình trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo được thể hiện trên Hình 6. Giao diện phần mềm điều khiển được thể hiện trên Hình 7. Kết quả thử nghiệm mô hình trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo được thể hiện trên Hình 8.

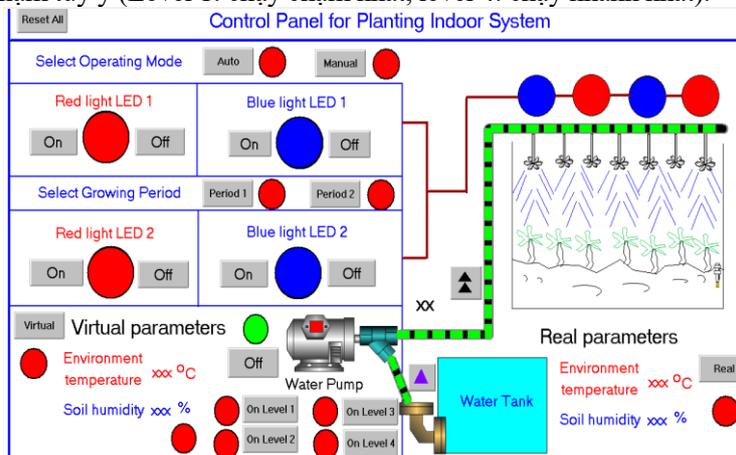
Chế độ vận hành tự động (Auto): Máy bơm thực hiện đóng máy bơm level 1 nếu độ ẩm trên 50%, nhiệt độ dưới 20 độ; đóng máy bơm level 2 nếu độ ẩm trên 50%, nhiệt độ trên 20 độ; đóng máy bơm mức level 3 nếu độ ẩm dưới 50%, nhiệt độ dưới 20 độ; đóng máy bơm mức level 4 nếu

độ ẩm dưới 50%, nhiệt độ trên 20 độ; cắt máy bơm nếu độ ẩm trên 70%. Đèn xanh, đỏ được bật theo từng giai đoạn phát triển của cây trồng như thể hiện trên Hình 7.

Chế độ vận hành thủ công (Manual): Có thể đóng/cắt từng đèn, máy bơm tùy ý. Trong đó, có thể điều khiển máy bơm chạy nhanh, chậm tùy ý (Level 1: chạy chậm nhất, level 4: chạy nhanh nhất).



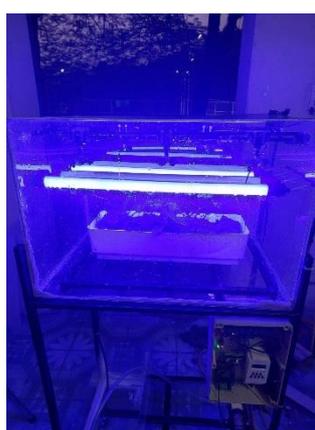
Hình 6. Mô hình thiết bị thực cho hệ thống trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo



Hình 7. Giao diện điều khiển mô hình trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo



(a)



(b)

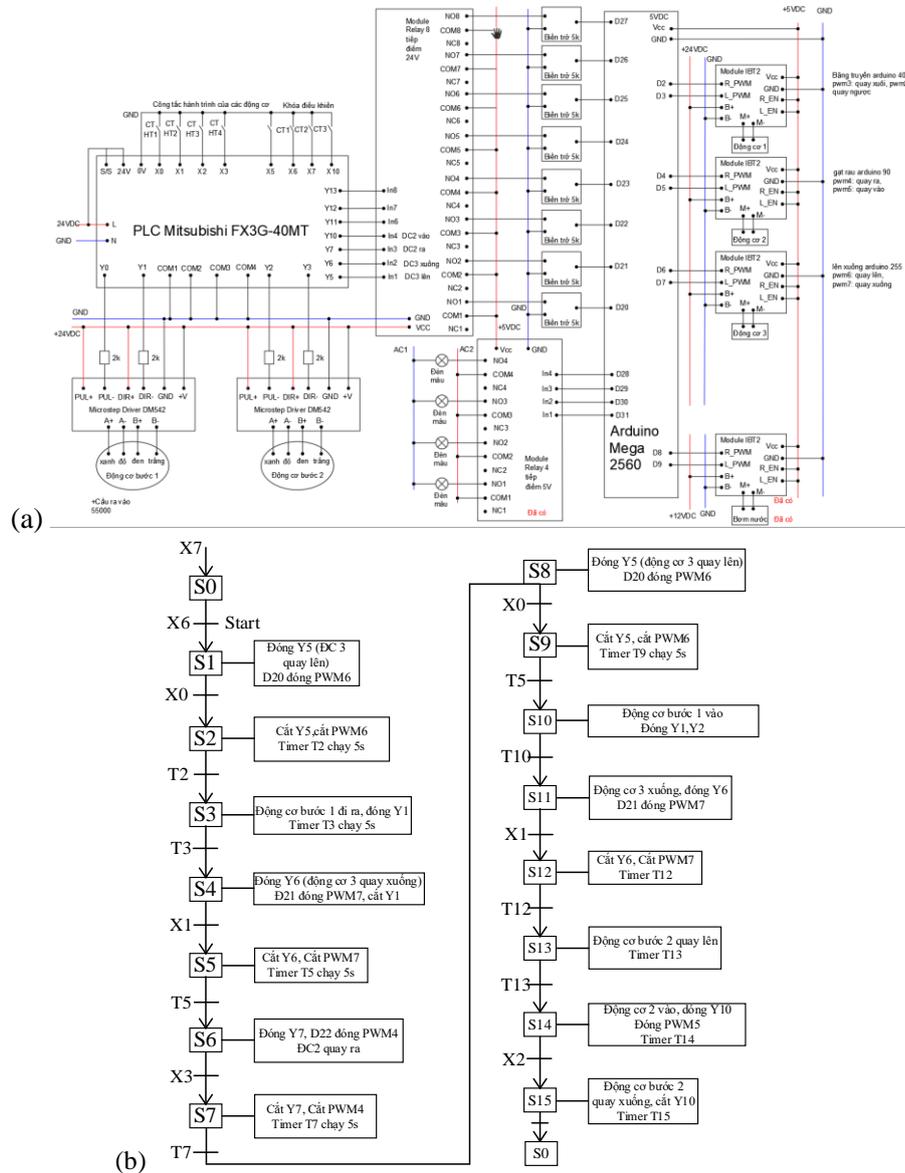


(c)

Hình 8. Kết quả vận hành trên mô hình trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo
(a) Chỉ đèn đỏ bật, (b) Chỉ đèn xanh bật, (c) Đèn xanh, đỏ đều bật

3.3. Tự động thu hoạch cây thủy canh

Phương pháp GRAFCET được sử dụng để thành lập chu trình hoạt động của hệ thống [8], [9]. Sơ đồ đầu nối mô hình và chu trình GRAFCET thể hiện trình tự hoạt động của hệ thống tự động thu hoạch cây trồng thủy canh được thể hiện trên Hình 9. Các kết quả vận hành mô hình thu hoạch cây thủy canh được thể hiện trên các hình từ Hình 10 đến Hình 16.



Hình 9. (a) Sơ đồ đấu nối và (b) GRAFCET chu trình điều khiển tự động hệ thống thu hoạch cây thủy canh



Hình 10. Chế độ khởi đầu



Hình 11. Đẩy tay gắp ra khu vực chứa giá thể



Hình 12. Hạ tay gắp xuống để gắp giá thể



Hình 13. Nhấc giá thể ra khỏi khu vực trồng



Hình 14. Đẩy giá thể về khu vực băng chuyền



Hình 15. Đẩy chi tiết đỡ giá thể lên



Hình 16. Hạ chi tiết đỡ giá thể, gỡ tay gấp để thả giá thể vào băng chuyền

4. Kết luận

Bài báo này đã xây dựng được giải pháp trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo và tự động thu hoạch cây trồng thủy canh. Giải pháp trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo sử dụng thông tin thu thập được về nhiệt độ, độ ẩm của đất và giai đoạn sinh trưởng của cây để thực hiện tự động thay đổi màu sắc của đèn chiếu sáng và tốc độ bơm của máy bơm nước. Giải pháp tự động thu hoạch cây thủy canh đã thiết lập được một phần chu trình từ giai đoạn gấp giá thể rau đến giai đoạn thả giá thể vào dây chuyền cho công nhân rút rau ra khỏi giá thể.

Bài báo đã giới thiệu hai mô hình thiết bị thực bao gồm mô hình trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo và mô hình tự động thu hoạch cây thủy canh. Các kết quả thực nghiệm cho thấy các nội dung đề xuất đã được vận hành thành công cả 2 mô hình. Điều này thể hiện tính khoa học, sáng tạo và ứng dụng tốt các tiến bộ của kỹ thuật vào lĩnh vực nông nghiệp. Điều này cũng đã chứng minh những nội dung được đề cập đến về lĩnh vực trồng cây dưới ánh sáng nhân tạo và tự động thu hoạch cây thủy canh là hoàn toàn khả thi, có khả năng ứng dụng vào thực tế.

Kết quả nghiên cứu của bài báo có thể tiếp tục được phát triển theo một số hướng khác nhau để tăng mức độ thực hiện tự động hóa thu hoạch cây thủy canh. Các hướng này có thể bao gồm thiết kế thêm hệ thống dây và cắt rễ cho cây; phát triển ứng dụng dành riêng cho hệ thống; ứng dụng AI để quét ngoại quan sản phẩm; thiết kế giải pháp điều khiển từ xa thông qua web server.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] N. N. Pham, T. M. H. Ngo, T. K. K. Nguyen, T. S. N. Tong, T. B. T. Vo, and T. B. Tran, "Effect of Color LED Lights and Photoperiod Regimes on Growth of Hydroponic Lettuce (In Vietnames)," *CTU Journal of Science*, vol. 3, pp. 170-178, 2016.

-
- [2] S. D. Gupta and A. Agarwal, *Ligting Emitting Diodes for Agriculture*, Springer Nature Singapore, 2017.
- [3] S. R. Jaeger, "Vertical Farming (Plant Factory with Artificial Lighting) and Its Produce: Consumer Insights," *Current Opinion in Food Science*, vol. 56, 2024, doi: 10.1016/j.cofs.2024.101145.
- [4] C. Najera, V. M. Gallegos-Cedillo, M. Ros, and J. A. Pacual, "LED Lighting in Vertical Farming Systems Enhances Bioactive Compounds and Productivity of Vegetatbles Crops," *Biology and Life Scienses Forum*, vol. 16, 2022, Art. no. 24.
- [5] R. S. Velazquez-Gonzales, A. L. Garcia-Garcia, E. Ventura-Zapata, J. D. O. Barceinas-Sanchez, and J. C. Sosa-Savedra, "A Review on Hydroponics and the Technologies Associated for Medium and Small-Scale Operations," *Agriculture*, vol. 12, no. 5, 2022, Art. no. 646.
- [6] T. Ghate and K. Malpe, "IoT Empowered Harves: Advancing NFT Hydroponics with Smart Agricultural Automation," *International Journal of Sicientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 188-192, 2024.
- [7] S. S. Saldinger, V. Rodov, and D. Kenigsbuch, "Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions," *Horticulturae*, vol. 9, no. 1, 2023, Art. no. 51.
- [8] K. Emmanuel and S. M. Fidele, "Automation of Agricultural Product Watering at Futuka Farm in Lubumbashi: A Comprehensive Study," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 12, no. 8, pp. 1102-1109, 2023.
- [9] A. Bouhamadi, M. Aboufatah, M. A. ould S. Ahmed, M. ould M. Mahmoud, "Study of the Automatic Filling and Capping System, using GRAFCET-GEMMA-PLC and WinCC Flexible," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 12, no. 6, pp. 736-744, 2019.