Effects of gladiolus rotation between lotus crops on growth, yield, and economic efficiency of lotus

Dang Thi Phuong Anh, Dang Van Dong

Abstract

This study evaluated the effects of gladiolus cultivation during the transition period between successive lotus crops on the growth, flower yield and economic efficiency of Super lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) in Hung Yen Province during the 2024 and 2025 growing seasons. The experiment comprised two cropping systems, lotus-fallow-lotus and lotus-gladiolus-lotus, arranged in a randomized complete block design with three replications. The soil properties measured in the gladiolus rotation system had higher values than those in the fallow system. The survival rate of lotus plants in the gladiolus rotation system reached 93 - 94%, compared with 89 - 90% in the fallow system. The flower-harvesting period was 95 - 96 days in the gladiolus rotation system and 88 - 89 days in the fallow system. Flower yield reached 870 - 900 flowers/150 m² in the gladiolus rotation system, compared with 735 - 750 flowers/150 m² in the fallow system. Flower diameter, flower stalk length and flower longevity were also improved. Disease severity was recorded at level 1 in the gladiolus rotation system compared with level 3 in the fallow system, while insect damage was recorded at levels 1 and 2, respectively. Considering the subsequent lotus crop alone, the gladiolus rotation system generated a profit of VND 1.23 - 1.29 million/150 m² and a return on production costs of 54.7 - 55.8%. The results indicate that gladiolus cultivation during the transition period has the potential to improve the growth, flower yield and economic efficiency of the subsequent lotus crop under the study conditions.

Keywords: Lotus, gladiolus, crop rotation, growth, flower yield, economic efficiency

Ngày nhận bài: 01/5/2026 Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Thị Ngọc Huệ, PGS.TS. Phạm Thị Minh Phượng

Ngày duyệt đăng: 19/8/2026 Ngày phản biện: 13/5/2026

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THIẾT BỊ LÀM MÁT DI ĐỘNG VÀ BƯỚC ĐẦU THỬ NGHIỆM TRÊN RAU XÀ LÁCH VÀ RAU MÁ THỦY CANH TRONG NHÀ MÀNG

Vũ Thị Quyền[1*], Nguyễn Phúc Tân[1], Lê Minh Hiếu[1], Nguyễn Thị Trung Hải[1], Lê Nguyễn Quang Thịnh[2]

TÓM TẮT

Nghiên cứu này thiết kế, chế tạo thiết bị làm mát di động dạng module và đánh giá hiệu quả trên rau xà lách và rau má thủy canh trong nhà màng. Thiết bị vận hành theo nguyên lý làm mát bằng bay hơi tuần hoàn từ vật liệu cellulose tổ ong, quạt công nghiệp 180W và bơm nước 60W. Module có khối lượng 35 kg, kích thước 400 × 400 × 1950 mm, tích hợp bánh xe di chuyển và hệ thống điều hướng gió linh hoạt. Kết quả vận hành đạt tốc độ gió tối đa 4,0 m/s; tiêu thụ trung bình 0,5 L nước/giờ và 0,28 kWh điện/giờ. Thiết bị cải thiện rõ rệt vi khí hậu nhà màng khi giảm nhiệt độ từ 34°C xuống 28,87°C và tăng độ ẩm từ 50,68% lên 65,31%. Thử nghiệm gồm 5 nghiệm thức vi khí hậu, trong đó nghiệm thức NT5 cho hiệu quả cao nhất với năng suất thương phẩm đạt 2,08 kg/m² (sinh khối tươi 111,2 g/cây). Theo sau là nghiệm thức NT3 với năng suất đạt 2,05 kg/m² (sinh khối tươi 109,65 g/cây). Nghiên cứu khẳng định thiết bị có tiềm năng ứng dụng cao trong sản xuất rau thủy canh, đặc biệt là các loại rau ôn đới vùng nhiệt đới. Hệ thống sở hữu nhiều ưu điểm như tiết kiệm điện, nước, thân thiện với môi trường, dễ vận hành và chi phí chế tạo hợp lý (khoảng 4,8 triệu đồng/module).

Từ khóa: Nhà màng, rau má, rau xà lách, thiết bị làm mát, thủy canh

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu toàn cầu đang làm gia tăng nhiệt độ môi trường và tần suất các đợt nắng nóng cực đoan, gây nhiều thách thức cho sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là các hệ thống canh tác trong nhà màng. Tại Thành phố Hồ Chí Minh và các tỉnh Nam Bộ, nhiệt độ trong nhà màng vào mùa khô thường cao hơn môi trường bên ngoài 3 - 8°C, thậm chí vượt ngưỡng 35 - 40°C, trong khi mức nhiệt độ thích hợp cho nhiều loại rau chỉ dao động 18 - 30°C (Soussi *et al.*, 2022). Điều kiện nhiệt độ cao làm gia tăng thoát hơi nước, ảnh hưởng đến sinh trưởng, năng suất và chất lượng nông sản, đồng thời làm tăng chi phí sản xuất và giảm hiệu quả của mô hình nhà màng (Ghani *et al.*, 2019).

Trong các giải pháp kiểm soát vi khí hậu hiện nay, hệ thống cooling pad được đánh giá là công nghệ làm mát hiệu quả, tiêu thụ ít năng lượng và thân thiện với môi trường (Misra & Ghosh, 2018; Yang *et al.*, 2019). Công

[1]Khoa Công nghệ Ứng dụng, Trường Công nghệ Văn Lang, Trường Đại học Văn Lang
[2]Khoa Môi trường, Trường Công nghệ Văn Lang, Trường Đại học Văn Lang; *Tác giả liên hệ, email: quyen.vt@vlu.edu.vn

nghệ này hoạt động dựa trên nguyên lý làm mát bay hơi, trong đó nước tuần hoàn qua vật liệu có diện tích tiếp xúc lớn như cellulose dạng tổ ong, hấp thụ nhiệt từ không khí và làm giảm nhiệt độ môi trường xung quanh (Tejero-González & Franco-Salas, 2021). Nhiều nghiên cứu cho thấy cooling pad có thể làm giảm nhiệt độ nhà kính từ 3 đến 10°C, tăng độ ẩm không khí lên 85 - 90% và đạt hiệu quả làm mát từ 80 đến 92%, đặc biệt phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới (Misra & Ghosh, 2018).

Bên cạnh hiệu quả làm mát, công nghệ cooling pad còn được xem là giải pháp thay thế thân thiện với môi trường cho các hệ thống điều hòa sử dụng dung môi chất lạnh thuộc nhóm CFC và HCFC, vốn có nguy cơ gây suy giảm tầng ozone và làm gia tăng hiệu ứng nhà kính (Thẩm Bội Châu, 2021). Việc duy trì nhiệt độ và ẩm độ thích hợp trong nhà màng đặc biệt quan trọng đối với các loại rau ăn lá. Đối với rau xà lách, độ ẩm không khí 70-80% kết hợp với nhiệt độ thích hợp giúp tăng diện tích lá, khả năng quang hợp và tích lũy sinh khối. Ngược lại, nhiệt độ cao hoặc độ ẩm không phù hợp có thể gây rối loạn sinh lý, làm giảm sinh trưởng và năng suất cây trồng (Kozai *et al.*, 2015).

Hiện nay, phần lớn các hệ thống cooling pad và quạt thông gió được lắp đặt cố định trong nhà màng, phù hợp với các cơ sở sản xuất quy mô lớn nhưng còn hạn chế đối với các mô hình canh tác nhỏ, khu nghiên cứu thực nghiệm hoặc nông nghiệp đô thị. Khả năng di chuyển và bố trí linh hoạt của các thiết bị làm mát vẫn chưa được quan tâm và nghiên cứu đầy đủ. Do đó, việc phát triển một thiết bị làm mát dạng module di động có khả năng điều chỉnh vị trí sử dụng theo nhu cầu thực tế được xem là hướng tiếp cận có nhiều tiềm năng.

Rau xà lách (*Lactuca sativa* L.) là loại rau có giá trị kinh tế cao nhưng rất nhạy cảm với nhiệt độ. Khi nhiệt độ vùng rễ và môi trường vượt quá 25°C, cây dễ bị cháy mép lá, tích lũy vị đắng, ra hoa sớm và suy giảm năng suất (Sakamoto & Suzuki, 2015; Sublett *et al.*, 2018). Trong khi đó, rau má (*Centella asiatica* L.) là cây dược liệu và thực phẩm có giá trị, đồng thời chứa nhiều hoạt chất sinh học quan trọng như asiaticoside và madecassoside, nhưng sinh trưởng tốt trong điều kiện ẩm và mát (Trần Thị Oanh & Lê Văn Hòa, 2020; Đỗ Thị Cẩm Vân và *cs.*, 2024). Cả hai loài đều được sử dụng phổ biến dưới dạng rau ăn tươi, đòi hỏi điều kiện sản xuất an toàn và ổn định nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của thị trường (Trần Thị Ba và *cs.*, 2009).

Xuất phát từ những yêu cầu thực tiễn trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm thiết kế và chế tạo thiết bị làm mát không khí dạng module di động sử dụng nguyên lý bay hơi nước tuần hoàn, đồng thời đánh giá bước đầu hiệu quả ứng dụng trên rau xà lách và rau má trồng thủy canh trong điều kiện nhà màng. Nghiên cứu không chỉ góp phần hoàn thiện giải pháp kỹ thuật có chi phí hợp lý, dễ thương mại hóa và phù hợp với điều kiện sản xuất tại Việt Nam mà còn cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng các thiết bị làm mát linh hoạt nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất nông nghiệp trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu chế tạo module làm mát: thép V lỗ (3 cm × 3 cm); ốc, bu lông và ke góc chuyên dụng (cho thép V lỗ); tấm tôn lá (khổ ngang 1,2 m); ống nhựa PVC (Ø 60 mm); tấm làm mát cooling pad; quạt công nghiệp công suất 180W (40 × 40 × 17 cm); máy bơm Lifetech ATMAN AP-3500 (60W); phao cơ chống tràn; bánh xe nhựa cứng (tải trọng 100 kg); tủ điện nhựa ABS chống nước (20 × 18 × 14 cm); aptomat 5A; bộ giảm tốc 220VAC (cho quạt) và các loại phụ kiện co góc, ống nối...

Vật liệu thí nghiệm trồng rau: hạt giống rau má và xà lách, dung dịch dinh dưỡng dành cho thủy canh và thuốc bảo vệ thực vật sinh học.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Lắp đặt hoàn thiện thiết bị và chạy thử nghiệm

Nguyên tắc lựa chọn vật liệu và linh kiện lắp ráp: (1) Ưu tiên loại cooling pad có hiệu quả làm mát cao (chất liệu cellulose, đủ độ dày, dễ thấm ướt); (2) vật liệu có độ bền cao, chịu được môi trường vi khí hậu ẩm ướt; (3) kết cấu dễ tháo lắp và bảo trì; (4) tiết kiệm năng lượng; (5) công suất hoạt động phù hợp với quy mô làm mát của nhà màng; và (6) đảm bảo an toàn cho người sử dụng và môi trường.

Thiết kế module làm mát: Thiết bị được thiết kế dựa trên công suất phù hợp với quy mô nhà màng, loại cây trồng và điều kiện môi trường thực tế. Tấm cooling pad được cấu tạo từ sợi cellulose, có cấu trúc các lớp sóng hợp với nhau một góc 90°, trong đó góc nghiêng của các lớp sóng chẵn và lẻ so với phương ngang là 45°, đây là loại vật liệu được thương mại hóa phổ biến và dễ tiếp cận trong nước.

Các chỉ tiêu vận hành thiết bị: Đánh giá các thông số bao gồm lưu lượng gió, tốc độ gió, công suất tổng, công suất quạt, công suất bơm, lượng nước tiêu thụ, điện năng tiêu thụ và kích thước tổng thể của module.

Thiết bị đo đạc: Các thông số kích thước và khối lượng được xác định bằng thước đo, cân (tải trọng 60 kg) và dựa trên thông số kỹ thuật của quạt và bơm từ nhà sản xuất. Tốc độ gió được đo bằng thiết bị đo chuyên

dụng GM816 (dải đo: 0 - 30 m/s; độ phân giải: ± 0,1 m/s, ± 0,2°C). Nhiệt độ và ẩm độ được ghi nhận bằng máy Testo 625 (dải đo: -10°C, - 60°C, 0 - 100 % RH; độ phân giải: ± 0,1°C, ± 0,1% RH).

2.2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Nhà màng bố trí thí nghiệm có diện tích 72m^2 với khung nhà bằng thép, mái lợp bằng màng PE, có hệ thống thông gió cố định trên đỉnh mái. Xung quanh nhà màng bao phủ bằng lưới chắn côn trùng. Nhiệt độ và độ ẩm không khí bình quân trong nhà màng là 34°C và 50,68% (Bảng 1).

Bảng 1. Nhiệt độ và ẩm độ không khí trong nhà màng sau 4 tuần theo dõi khi chưa có thiết bị làm mát

Tuần	Nhiệt độ bình quân (°C)	Ẩm độ bình quân (%)
Tuần 1	32,75 ± 4,47	53,48 ± 8,18
Tuần 2	36,15 ± 7,19	49,53 ± 10,10
Tuần 3	33,70 ± 6,05	48,20 ± 3,81
Tuần 4	33,38 ± 6,43	51,50 ± 7,04
Cộng	34,00	50,68

Do đặc thù thiết bị và giới hạn không gian, mỗi điều kiện vi khí hậu được bố trí ở một phân khu duy nhất, bao gồm: Phân khu 1 (ký hiệu là NT1 - Nghiệm thức đối chứng: canh tác trong điều kiện nhà màng hiện hữu); phân khu 2 (NT2 - điều kiện nhà màng kết hợp lưới cắt nắng 75%); phân khu 3 (NT3 - nhà màng kết hợp tưới phun sương); phân khu 4 (NT4 - nhà màng kết hợp lưới cắt nắng và phun sương); và phân khu 5 (NT5 - nhà màng sử dụng thiết bị làm mát). Diện tích mỗi phân khu 12 m^2 - để đối sánh hiệu quả vận hành của thiết bị làm mát trong nhà màng, trong mỗi phân khu bố trí trồng 30 cây (đóng vai trò là các điểm thu thập số liệu sinh học). Các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất được theo dõi lặp lại 3 lần nhằm đánh giá bước đầu xu hướng phát triển của cây.

Dinh dưỡng thủy canh gồm: Dung dịch A và B được pha theo hướng dẫn của nhà sản xuất, đảm bảo độ dẫn điện EC = 0,6 - 0,8 mS/cm (10 ngày đầu tiên) và EC = 1,0 - 1,2 mS/cm (từ ngày thứ 11 trở đi); duy trì độ pH = 5,5 - 6,0 trong suốt quá trình thử nghiệm.

Các chỉ tiêu sinh trưởng được theo dõi gồm:

Số lá (lá/cây): đếm tổng số lá trên cây vào thời điểm thu hoạch (30 ngày sau trồng).

Kích thước lá (cm): đo chiều dài và chiều rộng lớn nhất của phiến lá bằng thước đo cm. Đo ngẫu nhiên 4 lá/cây và tất cả cây/nghiệm thức.

Chiều cao cây (cm): đo từ bề mặt giá thể đến ngọn lá dài nhất bằng thước đo cm.

Sinh khối tươi (g/cây): cân toàn bộ khối lượng rau thu hoạch (bao gồm cả rễ) của từng cây bằng cân điện tử 0,5 kg (độ chia nhỏ nhất: 0,01 kg).

Năng suất thương phẩm (kg/m^2): cân toàn bộ khối lượng rau thu hoạch (bỏ phần rễ và lá úa vàng) của từng nghiệm thức bằng cân điện tử 2 kg (độ chia nhỏ nhất: 0,01 kg).

Phương pháp xử lý số liệu: các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất của rau má và xà lách được tổng hợp bằng phần mềm Microsoft Excel, tính toán các giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (Mean ± SD) và vẽ đồ thị.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 10 năm 2025 đến tháng 4 năm 2026 tại nhà màng của Khoa Công nghệ Ứng dụng, Cơ sở chính, Trường Đại học Văn Lang.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

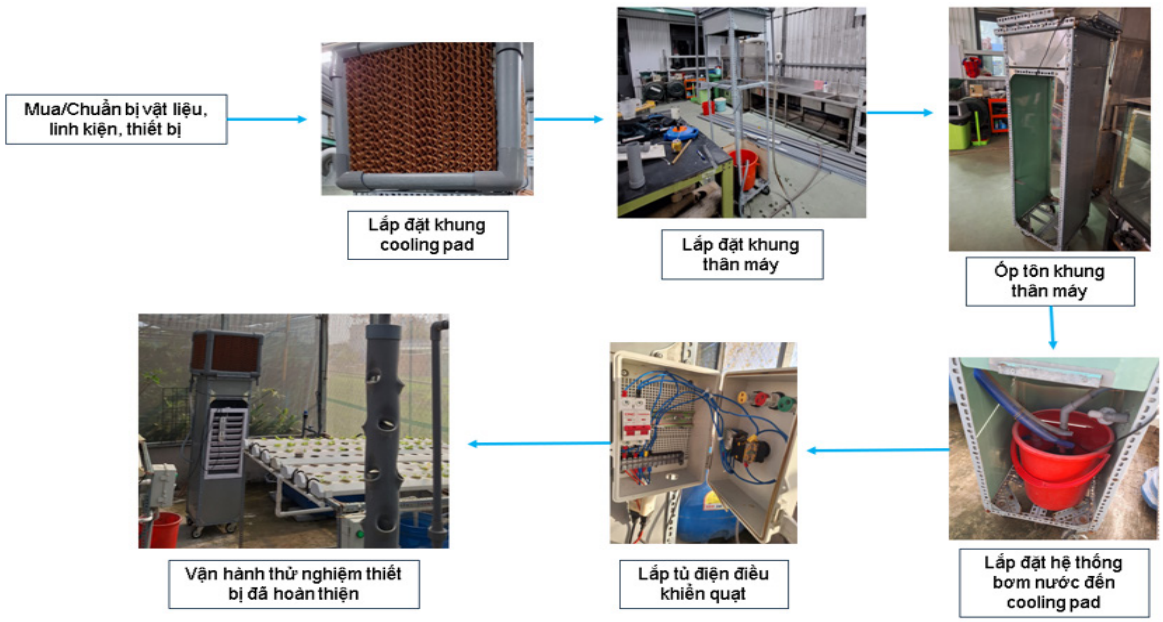
3.1. Chế tạo thiết bị làm mát cooling pad

Từ các vật liệu đã lựa chọn, thiết bị làm mát được gia công, lắp đặt như hình 1. Sản phẩm hoàn thiện cuối cùng là thiết bị làm mát dạng module độc lập, khối lượng 35 kg, kích thước 400 × 400 × 1950 mm, dễ dàng di chuyển và phù hợp cho hoạt động nghiên cứu. Cấu tạo hệ thống của thiết bị bao gồm 4 bộ phận chính (Hình 2): (1) Bộ phận làm mát (Cooling pad): được lắp đặt ở phía trên của thiết bị; sử dụng vật liệu cellulose dạng tổ ong, có khả năng giữ nước tốt, tạo diện tích tiếp xúc lớn với không khí; được bao quanh bởi khung ống nhựa PVC để cố định và dẫn nước; (2) Hệ thống phân phối và tuần hoàn nước: bao gồm ống dẫn nước, bơm chìm và bể chứa. Nước được bơm từ bể chứa phía dưới lên đỉnh tấm cooling pad, sau đó chảy đều qua bề mặt pad và quay lại bể chứa. Hệ thống hoạt động theo chu trình tuần hoàn kín; (3) Quạt công nghiệp có công suất 180 W: được lắp phía sau (bên trong thân thiết bị), có nhiệm vụ hút không khí nóng từ môi trường bên ngoài đi qua tấm cooling pad, tạo dòng khí lưu thông cưỡng bức qua hệ thống; (4) Khung và vỏ thiết bị: được làm từ thép V lỗ kết hợp tôn và nhựa formex. Thiết kế dạng khối đứng, chắc chắn, có bánh xe di chuyển. Bên trong bố trí khoang chứa bơm và bể nước riêng biệt, tích hợp hộp điều khiển bên ngoài để vận hành hệ thống.

Hệ thống vận hành dựa trên nguyên lý bay hơi nước giúp giảm nhiệt độ không khí tại NT5 (phân khu có sử dụng thiết bị) xuống khoảng 5,1°C, và tăng ẩm độ không khí thêm khoảng 14,6% so với điều kiện nhà màng đối chứng (Bảng 1 và 2). Điều này hoàn toàn tương đồng với kết quả nghiên cứu của Misra và Ghosh (2018) với mức giảm nhiệt độ nhà kính từ 3 - 10°C khi sử dụng thiết bị cooling pad.

Hệ thống làm mát hoạt động theo 5 bước chính như sau: (1) Bơm nước (60W) đưa nước từ bể chứa lên đỉnh tấm cellulose tổ ong; (2) Nước chảy đều qua bề mặt vật liệu, làm ướt toàn bộ tấm pad; (3) Quạt công nghiệp

(180W) kéo không khí nóng đi qua lớp vật liệu ẩm; (4) Nước bay hơi, hấp thụ nhiệt từ không khí; (5) Không khí sau khi qua tấm cellulose tổ ong được làm mát và tỏa ra xung quanh.



Hình 1. Sơ đồ thực hiện gia công, lắp đặt thiết bị làm mát bằng cooling pad

Hình 2. Thiết bị cooling pad sau lắp đặt hoàn thiện

Bảng 2. Nhiệt độ và ẩm độ không khí trong nhà màng sau 4 tuần theo dõi sau khi vận hành thiết bị làm mát

Tuần theo dõi	Nhiệt độ bình quân (°C)	Ẩm độ bình quân (%)
Tuần 1	28,88 ± 1,21	63,35 ± 6,12
Tuần 2	28,92 ± 1,43	64,32 ± 6,49
Tuần 3	28,98 ± 2,21	65,82 ± 3,98
Tuần 4	28,70 ± 0,95	67,75 ± 3,77
Cộng	28,87 ± 1,37	65,31 ± 4,99

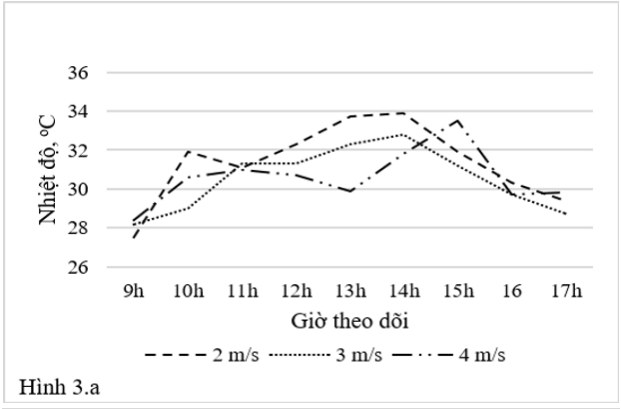
Kết quả đo đạc các thông số kỹ thuật của thiết bị làm mát được thể hiện ở bảng 3. Theo đó, thiết bị có khối lượng 55 kg (khi chứa đầy nước), hoạt động với điện áp 220 V, công suất bơm 60W, lưu lượng gió 1.500 m^3/h, công suất quạt 180 W, tốc độ gió tối đa 4 m/s, lượng nước tiêu thụ là 0,5 L/h và điện năng tiêu thụ trung bình là 0,28 kWh/giờ; hướng gió có thể điều chỉnh đi lên, đi ngang hay đi xuống linh hoạt. Với kích thước tương đối nhỏ gọn (400 × 400 × 1950 mm) kết hợp với hệ thống bánh xe, việc di chuyển thiết bị khá dễ dàng (Hình 2).

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của thiết bị làm mát

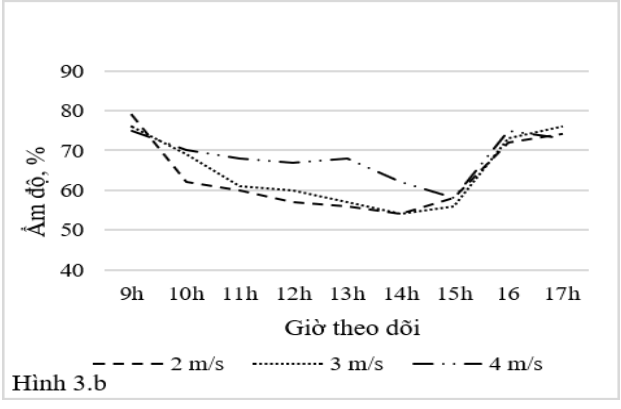
STT	Tên thông số	Giá trị/Đặc điểm
1	Lưu lượng gió	1.500 m^3/h
2	Công suất tổng	280 W
3	Công suất quạt	180 W
4	Công suất bơm	60 W
5	Điện áp	220 V
6	Hướng gió	Hướng lên/ Hướng ngang/Hướng xuống
7	Tốc độ gió (có giảm tốc quạt)	Tối đa: 4 m/s
8	Thể tích bình chứa nước	20 Lit
9	Tiêu thụ nước	0,5 L/h
10	Khối lượng máy (chưa chứa nước)	35 kg
11	Tiêu thụ điện	0,28 kW/h
12	Kích thước máy (d × r × c)	400 × 400 × 1950 mm
13	Kích thước bộ phận trao đổi nhiệt	530 × 530 × 450 mm
14	Kích thước miệng gió	750 × 350 mm
15	Kích thước quạt	400 × 400 × 160 mm
16	Kích thước 1 tấm cooling pad	370 × 410 × 50 mm
17	Diện tích tấm cooling pad	0,607 m^2
18	Kiểu cánh quạt	Hướng trục

Kết quả ở hình 3.a và 3.b ghi nhận hiệu quả làm mát không khí của thiết bị ở 3 mức tốc độ gió 2, 3 và 4 m/s so với điều kiện nhà màng thông thường. Nhìn chung, việc sử dụng thiết bị đã làm giảm nhiệt độ và cải thiện độ ẩm không khí trong nhà màng rất hiệu quả. Ở ba tốc

độ gió, nhiệt độ và ẩm độ đạt 30 - 34°C và 55 - 68%, thấp hơn 2 - 10°C và ẩm độ cao hơn 5 - 8% so với điều kiện nhà màng ở tất cả các thời điểm đo trong ngày. Tuy nhiên, các giá trị này vẫn cao hơn mức nhiệt lý tưởng cho nhóm rau là 15 - 30°C và gần tiệm cận mức ẩm độ khuyến cáo là 60 - 80%. Đồng thời, trong suốt thời gian đo, tốc độ gió 4 m/s cho khả năng kiểm soát nhiệt độ và ẩm độ không khí tốt nhất (27 - 29°C và 58 - 75%), tạo môi trường phù hợp cho cây sinh trưởng, phát triển. Điều này chứng minh thiết bị làm mát được chế tạo và hoạt động ở tốc độ 4 m/s có hiệu suất tốt nhất và có tiềm năng ứng dụng để phục vụ canh tác trong nhà màng.



Hình 3.a



Hình 3.b

Hình 3. Biểu đồ diễn biến theo giờ của nhiệt độ (°C, 3.a) và độ ẩm không khí (%, 3.b) được làm mát từ thiết bị

Ngoài ra, thông qua việc tổng hợp chi phí mua nguyên vật liệu và nhân công gia công, nhóm nghiên cứu đã tính toán được chi phí chế tạo cho một module là 4.800.000 VNĐ (Bảng 4). So với giá thành của các sản phẩm cùng loại trên thị trường, mức chi phí này có tính cạnh tranh tương đương. Tuy nhiên, nếu đưa vào sản xuất dạng bán công nghiệp hoặc công nghiệp, chi phí chế tạo dự kiến sẽ còn thấp hơn nhiều. Đồng thời, khi phân tích tính khả thi về mặt kỹ thuật, kinh tế và môi trường, tính ưu việt của thiết bị nằm ở tính di động cao nhờ hệ thống bánh xe, rất linh động cho người sử dụng, đặc biệt phù hợp với quy mô hộ gia đình, trang trại nhỏ và cơ sở nghiên cứu.

Bảng 4. Giá thành chế tạo thiết bị làm mát

STT	Hạng mục/Linh kiện	Đơn giá (VNĐ)
1	Quạt hút hướng trục	800.000
2	Máy bơm nước chìm	800.000
3	Tấm làm mát (Cooling Pad)	350.000
4	Hệ thống mạch điều khiển	400.000
5	Khung vỏ máy & Bình chứa	1.400.000
6	Vật tư phụ	250.000
7	Công lắp ráp	800.000
	Tổng cộng	4.800.000

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của thiết bị làm mát đến sinh trưởng và năng suất rau má trồng thủy canh trong nhà màng

Kết quả ghi nhận ở bảng 5 cho thấy, xu hướng sinh trưởng của rau má có sự khác biệt giữa các nghiệm thức cải thiện vi khí hậu, trong đó NT4 (lưới kết hợp phun sương) và NT5 (thiết bị làm mát) cho hiệu quả nổi bật. Theo đó, số liệu bước đầu cho thấy, NT4 thể hiện tính phù hợp đối với đặc tính sinh thái của rau má hơn cả. Kết quả này hoàn toàn tương đồng với nghiên cứu của Kittas và cộng sự (2012), khi tác giả ghi nhận rằng hệ thống lưới che và phun sương giúp giảm nhiệt độ không khí từ 3 đến 5°C, đồng thời cải thiện đáng kể sinh trưởng sinh dưỡng của cây trồng.

Bảng 5. Ảnh hưởng của thiết bị làm mát đến sinh trưởng và năng suất rau má thủy canh

Nghiệm thức	Số lá (cái/cây)	Chiều cao thân (cm)	Chiều dài lá (cm)	Chiều rộng lá (cm)	Sinh khối tươi (g/cây)	Năng suất thương phẩm (kg/m²)
NT1(ĐC)	46,33 ± 3,43	15,97 ± 1,02	2,50 ± 0,21	3,27 ± 0,23	322,33 ± 13,86	2,51 ± 0,11
NT2	47,33 ± 3,50	16,05 ± 1,03	2,17 ± 0,18	2,90 ± 0,21	349,67 ± 15,04	2,73 ± 0,12
NT3	50,00 ± 3,70	16,32 ± 1,04	2,47 ± 0,21	3,30 ± 0,23	368,67 ± 15,85	2,88 ± 0,13
NT4	54,67 ± 4,05	16,47 ± 1,05	2,60 ± 0,22	3,43 ± 0,24	380,67 ± 16,37	2,97 ± 0,13
NT5	55,67 ± 4,12	16,55 ± 1,06	2,62 ± 0,22	3,43± 0,24	344,67 ± 14,82	2,69 ± 0,12

Ở nghiệm thức NT4, sinh khối tươi và năng suất thương phẩm ghi nhận mức giá trị trung bình lớn hơn so với các phân khu còn lại (tương ứng đạt 380,67 g/cây và 2,97 kg/m²), thể hiện xu hướng phát triển tích cực của cây. Điều này có thể là do hiệu quả cộng hưởng giữa giảm nhiệt độ và tăng ẩm độ không khí, giúp cân bằng giữa quang hợp và thoát hơi nước, tạo điều kiện thuận lợi cho tích lũy sinh khối và tăng diện tích lá. Điều này phù hợp với nhận định của nhiều tác giả về việc kiểm soát vi khí hậu trong nhà kính có thể làm tăng năng suất sinh khối từ 15 đến 30% so với không kiểm soát (Kozai *et al.*, 2015; Taiz & Zeiger, 2015; Dorais *et al.*, 2000).

3.3. Ảnh hưởng của thiết bị làm mát đến năng suất rau xà lách thủy canh

Kết quả ở bảng 6 ghi nhận, xu hướng sinh trưởng của xà lách có sự thay đổi giữa các phân khu (từ NT1 đến NT5). Trong đó, nghiệm thức NT5 ghi nhận mức giá trị trung bình về kích thước lá lớn hơn các phân khu còn lại. Điều này cho thấy sự gia tăng kích thước và diện tích phiến lá diễn ra tích cực trong điều kiện vi khí hậu được kiểm soát ổn định. Về mặt nông học, sự phát triển tốt của hình thái lá không chỉ giúp tăng cường khả năng quang hợp mà còn ảnh hưởng đến năng suất và giá trị thương phẩm của xà lách. Rõ ràng, thiết bị làm mát đã tạo ra điều kiện vi khí hậu thuận lợi cho cây trồng, phù hợp với nhận định của Kozai và cộng sự (2015) rằng, trong điều kiện canh tác có kiểm soát yếu tố nhiệt độ và ẩm độ không khí sẽ giúp cân bằng giữa quang hợp và thoát hơi nước, tạo điều kiện thuận lợi cho tích lũy sinh khối và tăng diện tích lá.

Bảng 6. Ảnh hưởng của hệ thống cooling pad đến năng suất rau xà lách thủy canh

Nghiệm thức	Số lá (cái/cây)	Chiều cao thân (cm)	Chiều dài lá (cm)	Chiều rộng lá (cm)	Khối lượng tổng (g/cây)	Năng suất thương phẩm (kg/m²)
NT1 (ĐC)	12,28 ± 0,06	21,03 ± 0,38	14,56 ± 0,23	9,49 ± 0,23	78,65 ± 3,54	1,63 ± 0,08
NT2	12,18 ± 0,06	24,79 ± 0,45	17,32 ± 0,28	12,09 ± 0,29	73,83 ± 3,32	1,33 ± 0,07
NT3	13,33 ± 0,07	23,14 ± 0,42	16,83 ± 0,27	10,52 ± 0,25	109,65 ± 4,93	2,05 ± 0,10
NT4	13,73 ± 0,07	21,99 ± 0,40	18,23 ± 0,29	11,18 ± 0,27	84,28 ± 3,79	1,59 ± 0,08
NT5	11,83 ± 0,06	21,97 ± 0,40	21,23 ± 0,34	14,17 ± 0,34	111,20 ± 5,00	2,08 ± 0,11

Đối với chỉ tiêu sinh khối tươi và năng suất thương phẩm, số liệu thu thập tại phân khu NT5 ghi nhận có giá trị trung bình cao hơn so với các điều kiện khác (đạt 2,08 kg/m²), tương ứng với sinh khối tươi đạt mức 111,2 g/cây. Xu hướng sinh trưởng tích cực tiếp theo được ghi nhận ở nghiệm thức NT3 với năng suất thương phẩm đạt 2,05 kg/m² và sinh khối tươi đạt 109,65 g/cây.

Từ kết quả ở bảng 5 và 6, có thể giải thích xu hướng này bởi xà lách là loài rau ôn đới, nên trong điều kiện nhà màng không có thiết bị làm mát, việc dùng lưới cắt nắng tới 75% (NT2) đã làm giảm cường độ ánh sáng xuống dưới ngưỡng tối ưu cho quá trình quang hợp của xà lách. Do đó, mặc dù nhiệt độ có thể giảm, nhưng cây bị thiếu ánh sáng, dẫn đến giảm hiệu suất tích lũy sinh khối, làm ảnh hưởng tiêu cực đến sinh trưởng và năng suất. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nhận định của Ghent (2002), "Việc che bóng quá mức làm giảm tốc độ tăng trưởng của xà lách nhiều hơn là lợi ích từ việc giảm nhiệt độ mà nó mang lại".

IV. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

4.1. Kết luận

Nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo thành công thiết bị làm mát di động dạng module cho nhà màng. Thiết bị có tính cơ động cao (trang bị bánh xe, hướng gió điều chỉnh linh hoạt), thiết kế nhỏ gọn (400 × 400 × 1950 mm, khối lượng tịnh 35 kg) và chi phí chế tạo hợp lý (4.800.000 VNĐ/module). Về năng lực vận hành, thiết bị ghi nhận mức tiêu thụ tài nguyên thấp (điện năng 0,28 kWh/giờ, lượng nước 0,5 L/h) nhưng cải thiện hiệu quả vi khí hậu, giúp duy trì nhiệt độ trung bình ở mức 28,87°C và ẩm độ 65,31%.

Kết quả khảo sát trên hệ thống thủy canh nhà màng cho thấy thiết bị làm mát phù hợp với đặc tính sinh thái của rau xà lách, giúp cây đạt mức sinh khối tươi (111,20 g/cây) và năng suất thương phẩm (2,08 kg/m²) cao hơn so với các điều kiện đối chứng.

4.2. Đề nghị

Do một số giới hạn của bước thử nghiệm ban đầu, cần tiếp tục tiến hành các nghiên cứu đánh giá sâu hơn ở nhiều thời vụ để kiểm chứng độ bền vận hành của thiết bị cũng như tác động dài hạn lên sinh lý cây trồng, từ đó tối ưu hóa giải pháp kỹ thuật trước khi đưa vào ứng dụng ở quy mô lớn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Văn Lang với mã số đề tài 2410-DT-VLT-KUD-SV-001.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Trần Thị Ba, Võ Thị Bích Thủy, Nguyễn Thị Minh Hiền, 2009. Trắc nghiệm sáu giống cải xà lách vụ Xuân Hè 2008. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 11a: 314-322.

Thẩm Bội Châu, 2021. Nghiên cứu khả năng sử dụng năng lượng tái tạo cho hệ thống làm lạnh kiểu hấp phụ tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng Hải*, 86: 38-43.

Trần Thị Oanh & Lê Văn Hòa, 2020. Ảnh hưởng của dung dịch dinh dưỡng và giá thể đến sự sinh trưởng, năng suất rau má (*Centella asiatica* L.) canh tác thủy canh. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 56(2), 85-93.

Đỗ Thị Cẩm Vân, Phạm Thị Mai Hương, Đỗ Thế Khánh, 2024. Nghiên cứu chế biến rau má thành sản phẩm snack dạng miếng tẩm vị ăn liền. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 13 (2): 31-39. https://doi.org/10.55250/Jo.vnuf.13.2.2024.031-039.

Dorais M., Papadopoulos A.P., Gosselin A., 2000. Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Reviews*, 26: 239-319. https://doi.org/10.1002/9780470650806.ch.5.

Ghani S., Bakochristou F., ElBialy E.M.A.A., Gamaledin

S.M.A., Rashwan M.M., Abdelhalim A.M., Ismail S.M., 2019. Design challenges of agricultural greenhouses in hot and arid environments - A review. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12 (1): 48-70. https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.09.004.

Ghent K., 2002. Effect of shade on the growth and yield of lettuce in a greenhouse. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 77 (3): 350-355.

Kittas C., Katsoulas N., Bartzanas T., 2012. Greenhouse microclimate and dehumidification effectiveness under different ventilation and fogging systems. *Biosystems Engineering*, 113 (1): 1-13. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.05.002.

Kozai T., Niu G., Takagaki M., 2015. Plant factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production. *Academic Press*, 432 pp.

Misra D. & Ghosh S., 2018. Evaporative cooling technologies for greenhouses: A comprehensive review. *CIGR Journal*, 20 (1): 1-15.

Sakamoto M. & Suzuki T., 2015. Effect of root-zone temperature on growth and quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 6 (14): 2357.

Soussi M., Chaibi M.T., Buchholz M., Saghrouni Z., 2022. Comprehensive review on climate control and cooling systems in greenhouses under hot and arid conditions. *Agronomy*, 12 (3): 626. https://doi.org/10.3390/agronomy12030626.

Sublett W.L., Barickman T.C., Sams C.E., 2018. The effect of root-zone temperature on hydroponic lettuce yield, quality, and tipburn. *HortScience*, 53 (5): 642-648.

Taiz L., Zeiger E., Møller I.M., Murphy A., 2015. *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates, 761pp.

Tejero-González A. & Franco-Salas A., 2021. Optimal operation of evaporative cooling pads: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151: 111632. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111632.

Yang Y., Cui G., Lan C.Q., 2019. Developments in evaporative cooling and enhanced evaporative cooling - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113: 109230. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.037.

Development and preliminary assessment of a portable evaporative cooling unit for hydroponic cultivation of lactuca sativa and centella asiatica under greenhouse conditions

Vu Thi Quyen, Nguyen Phuc Tan, Le Minh Hieu, Nguyen Thi Trung Ha, Le Nguyen Quang Thinh

Abstract

This study designed, fabricated a modular mobile cooling device, and evaluated its efficiency on hydroponic lettuce and pennywort in a greenhouse. Operating on a recirculating evaporative cooling principle, the device integrates honeycomb cellulose material, a 180W industrial fan, and a 60W water pump. The module weighs 35 kg, measures 400 × 400 × 1950 mm, and features caster wheels for mobility alongside a flexible wind direction control system. Operational results indicated a maximum wind speed of 4.0 m/s, with average water and electricity consumption rates of 0.5 L/h and 0.28 kWh/h, respectively. The device significantly optimized the greenhouse microclimate, reducing air temperature from 34°C to 28.87°C and increasing relative humidity from 50.68% to 65.31%. Testing across five microclimate treatments revealed that treatment NT5 yielded the highest efficiency, achieving a commercial yield of 2.08 kg/m² and a fresh biomass of 111.2 g/plant. This was followed by treatment NT3, which recorded a yield of 2.05 kg/m² and a fresh biomass of 109.65 g/plant. The findings validate the high application potential of this mobile cooling device in hydroponic vegetable production, particularly for temperate crops cultivated under tropical climates. The system offers key advantages, including energy and water efficiency, environmental friendliness, ease of operation, and an affordable fabrication cost of approximately 4.8 million VND per module.

Keywords: Greenhouse, *Centella asiatica, Lactuca sativa*, cooling device, hydroponics

Ngày nhận bài: 12/5/2026 Người phản biện: TS. Hoàng Anh Tuấn, TS. Phan Ngọc Nhí

Ngày duyệt đăng: 07/8/2026 Ngày phản biện: 15/5/2026