

BAN BIÊN TẬP TẠP CHÍ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN

STT	Họ và tên	Đơn vị	Nhiệm vụ
I	Thành viên trong nước		
1	Chế Minh Tùng	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Tổng biên tập
2	Nguyễn Đình Phú	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM University of California, Irvine, Mỹ	Biên tập viên
3	Lê Đình Đôn	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
4	Lê Quốc Tuấn	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
5	Nguyễn Bạch Đằng	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
6	Nguyễn Huy Bích	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
7	Phan Tại Huân	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
8	Nguyễn Phú Hòa	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
9	Võ Thị Trà An	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
10	Tăng Thị Kim Hồng	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Biên tập viên
II	Thành viên nước ngoài		
11	Tô Phúc Tường	Nguyên chuyên gia IRRI, Việt Nam	Biên tập viên
12	Peeyush Soni	Asian Institute of Technology, Thái Lan	Biên tập viên
13	Ta-Te Lin	National Taiwan University, Đài Loan	Biên tập viên
14	Glenn M. Young	University of California, Davis, Mỹ	Biên tập viên
15	Soroosh Sorooshian	University of California, Irvine, Mỹ	Biên tập viên
16	Katleen Raes	Ghent University, Bỉ	Biên tập viên
17	Vanessa Louzier	Lyon University, Pháp	Biên tập viên
18	Wayne L. Bryden	The University of Queensland, Úc	Biên tập viên
19	Jitender Singh	Sardar Vallabhbhai Patel University of Agriculture and Technology, Ấn Độ	Biên tập viên
20	Kevin Fitzsimmons	University of Arizona, Mỹ	Biên tập viên
21	Cyril Marchand	University of New-Caledonia, Pháp	Biên tập viên
22	Koichiro Shiomori	University of Miyazaki, Nhật Bản	Biên tập viên
23	Kazunari Tsuji	Saga University, Nhật Bản	Biên tập viên
24	Sreeramanan Subramaniam	Universiti Sains Malaysia, Malaysia	Biên tập viên
25	Thomas L. Rost	University of California, Davis, Mỹ	Biên tập viên
26	James E. Hill	University of California, Davis, Mỹ	Biên tập viên

BAN THƯ KÝ TẠP CHÍ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN

STT	Họ và tên	Đơn vị	Nhiệm vụ
1	Nguyễn Thị Thương	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Trưởng ban thư ký
2	Trương Quang Bình	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Trưởng ban trị sự
3	Hoàng Minh Phương	Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM	Thành viên

Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển

Giấy phép xuất bản:
567/GP-BVHTT-24/12/2002
175/GP-BTTTT-20/04/2018

Tòa soạn:

Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh
Khu phố 33, Phường Linh Xuân, TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại: (028)37245670
Email: jad@hcmuaf.edu.vn

MỤC LỤC (CONTENT)

Nông học, Lâm nghiệp (Agronomy and Forestry Sciences)

- 1 Effects of seedling age and the number of leaves on the main stem on the growth and yield of the Kim Hoang Hau melon variety cultivated in a greenhouse

Giang V. Tong, & Mai T. Nguyen

Ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến sinh trưởng và năng suất giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu trồng trong nhà màng

Tống Văn Giang & Nguyễn Thị Mai

- 14 Effects of α -naphthaleneacetic acid (NAA) and substrate formulations on the growth and nursery performance of *Homalomena occulta* (Lour.) Schott plants

Duyen T. T. Nguyen, Phuc H. Le, Lan T. Dao, & Luan Dieu

Ảnh hưởng của axit α -naphthaleneacetic (NAA) và giá thể đến sinh trưởng và tỉ lệ xuất vườn cây giống Thiên niên kiện *Homalomena occulta* (Lour.) Schott

Nguyễn Thị Thanh Duyên, Lê Hoàng Phúc, Đào Thanh Lan & Điều Luận

Chăn nuôi, Thú y, Thủy sản (Animal Sciences, Veterinary Medicine and Aquaculture)

- 24 Exploring microalgae (*Chlorophyta*)-based desalination and open-system cultivation strategies

Viet B. Nguyen, Quyen T. N. Nguyen, Kha D. Nguyen, Thao T.T. Bui, & Vi N. H. Vu

Tổng quan ứng dụng vi tảo (*Chlorophyta*) trong quá trình khử mặn nước ở hệ thống nuôi cấy mở

Nguyễn Bảo Việt, Nguyễn Thị Ngọc Quyen, Nguyễn Duy Kha, Bùi Trần Thanh Thảo & Vũ Ngọc Hà Vi

- 38 Effects of feeds on the growth and survival rate of Koi carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) from 1 to 20 days old

Luong T. Le, Vy T. Ninh, Phuc Q. Nguyen, Nam H. Le, Vinh Q. Bui, & Thang T. Le

Ảnh hưởng của thức ăn đến tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá chép Koi (*Cyprinus carpio haematopterus*) giai đoạn từ 1 đến 20 ngày tuổi

Lê Thế Lương, Ninh Thanh Vy, Nguyễn Quang Phúc, Lê Hoàng Nam, Bùi Quang Vinh & Lê Thế Thắng

Công nghệ sinh học (Biotechnology)

- 52 Analysis of genetic diversity of *Cymbidium finlaysonianum* based on SSR markers

Giang T. Nguyen, Thao P. Pham, Hien T. X. Nguyen, Biet V. Huynh, & Duc H. Huynh

Đánh giá đa dạng di truyền lan kiếm tiên vũ (*Cymbidium finlaysonianum*) dựa trên chỉ thị SSR

Nguyễn Trường Giang, Phạm Phương Thảo, Nguyễn Thị Xuân Hiên, Huỳnh Văn Biết & Huỳnh Hữu Đức

- 64 Selection of native *Bacillus* strains with the ability plant growth promoting and controlling root-knot nematode *Meloidogyne* spp.
Van T. Tran, Dieu T. H. Nguyen, Khanh T. V. Nguyen, Quang M. Nguyen, Hoang P. T. Truong, Ha T. T. Tran, Da U. T. Dao, Hue T. T. Vo, & Don D. Le
 Tuyển chọn các chủng vi khuẩn *Bacillus* bản địa có khả năng kích thích sinh trưởng thực vật và kiểm soát tuyến trùng bуро rễ *Meloidogyne* spp.
Trần Thị Vân, Nguyễn Thị Hồng Diệu, Nguyễn Thị Vân Khanh, Nguyễn Minh Quang, Trương Phước Thiên Hoàng, Trần Thị Thu Hà, Đào Uyên Trân Đa, Võ Thị Thuý Huệ & Lê Đình Đôn
- Môi trường và Tài nguyên (Environmental and Natural Resources)**
- 83 Land use change prediction in Cu Chi district, Ho Chi Minh City using an integrated Markov chain and GIS approach
Duyen T. M. Le, Nghia V. Nguyen, & Long B. Le
 Dự báo biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh dựa trên chuỗi Markov tích hợp GIS
Lê Thị Mỹ Duyên, Nguyễn Văn Nghĩa & Lê Bá Long
- 99 The situation and solutions to improve the landscape under the overpass in Ho Chi Minh City
Thuy T. Vuong, Nhi T. Y. Pham, & Tien T. M. Duong
 Thực trạng và giải pháp cải thiện cảnh quan dưới cầu vượt ở Thành phố Hồ Chí Minh
Vương Thị Thủy, Phạm Thị Yến Nhi & Dương Thị Mỹ Tiên
- 114 Assessment of long-term changes in hydrological regime of river basins across Vietnam
Hong X. Do, Hien D. X. Nguyen, Tu H. Le, & Biet C. Pham
 Đánh giá thay đổi dài hạn của chế độ thủy văn tại một số lưu vực sông của Việt Nam
Đỗ Xuân Hồng, Nguyễn Đặng Xuân Hiền, Lê Hoàng Tú & Phạm Chí Biết
- Công nghệ thực phẩm (Food Science and Technology)**
- 129 Effects of pectin supplementation on dehydration, texture, and sensory evaluation of the coffee pulp leather
Diep N. T. Duong, Bao Q. Cu, & Binh Q. Hoang
 Ảnh hưởng của hàm lượng pectin đến khả năng thoát ẩm, cấu trúc và cảm quan của thịt quả cà phê sấy dẻo
Dương Thị Ngọc Diệp, Cù Quốc Bảo & Hoàng Quang Bình

Effects of seedling age and the number of leaves on the main stem on the growth and yield of the Kim Hoang Hau melon variety cultivated in a greenhouse

Giang V. Tong*, & Mai T. Nguyen

Faculty of Agriculture, Forestry and Fisheries, Hong Duc University, Thanh Hoa, Vietnam

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Research Paper Received: March 03, 2025 Revised: April 09, 2025 Accepted: April 22, 2025 Keywords Growth Kim Hoang Hau melon Quantity of leaves Seedling age Yield *Corresponding author Tong Van Giang Email: tongvangiang@hdu.edu.vn	The objective of this study was to determine the optimal seedling age and number of leaves on the main stem for cultivating the Kim Hoàng Hậu melon in greenhouses to achieve good growth and high yield. The experiment utilized a main-subplot design with three replications, comprising two factors: the age of the seedlings at planting (T), which included seedlings without true leaves (T1), those with one true leaf (T2), and those with two true leaves (T3); and the number of leaves on the main stem (L), categorized as 24 leaves (L1), 28 leaves (L2), and 32 leaves (L3). The results indicated that the combination of no true leaves and 32 leaves on the main stem resulted in the longest duration from planting to topping and fruit ripening, taking 47 and 80 days, respectively, during the spring-summer crop, and 44 and 74 days in the summer-autumn crop. Additionally, the combination of one true leaf and 28 leaves (T2L2) achieved the highest yield and brix level, yielding 37.8 tons/ha with a brix of 12% in the spring-summer season and 36.2 tons/ha with a brix of 11.6% in the summer-autumn season.

Cited as: Tong, G. V., & Nguyen, M. T. (2026). Effects of seedling age and the number of leaves on the main stem on the growth and yield of the Kim Hoang Hau melon variety cultivated in a greenhouse. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 1-13.

Ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến sinh trưởng và năng suất giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu trồng trong nhà màng

Tổng Văn Giang* & Nguyễn Thị Mai

Khoa Nông Lâm Ngư Nghiệp, Trường Đại Học Hồng Đức, Thanh Hóa

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 03/03/2025

Ngày chỉnh sửa: 09/04/2025

Ngày chấp nhận: 22/04/2025

Từ khóa

Dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Năng suất

Sinh trưởng

Số lá

Tuổi cây con

*Tác giả liên hệ

Tổng Văn Giang

Email:

tongvangiang@hdu.edu.vn

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu nhằm xác định tuổi cây con và số lá trên thân chính phù hợp cho cây dưa vàng Kim Hoàng Hậu trồng trong nhà màng đạt sinh trưởng tốt và năng suất cao. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu lô chính-lô phụ, 3 lần lặp lại, gồm 2 yếu tố: tuổi cây con khi trồng (T), gồm: cây chưa có lá thật (T1), có 1 lá thật (T2) và có 2 lá thật (T3); yếu tố để số lá trên thân chính (L), gồm: để 24 lá (L1), 28 lá (L2) và 32 lá (L3). Kết quả nghiên cứu cho thấy công thức trồng khi cây chưa có lá thật và để 32 lá trên thân chính thì thời gian từ trồng đến bấm ngọn và quả chín là dài nhất lần lượt là 47 và 80 ngày ở vụ xuân hè, ở vụ hè thu là 44 và 74 ngày. Công thức trồng khi cây có 1 lá thật và để 28 lá (T2L2) có năng suất và độ brix cao nhất lần lượt đạt 37,8 tấn/ha và độ brix 12% ở vụ xuân hè, vụ hè thu đạt 36,2 tấn/ha và độ brix 11,6%.

1. Đặt Vấn Đề

Dưa vàng Kim Hoàng Hậu (*Cucumis melo* L.) thuộc họ bầu bí (Cucurbitaceae), cây có tốc độ sinh trưởng nhanh, thời gian sinh trưởng ngắn và năng suất quả cao (Doan & ctv., 2015). Sản phẩm quả dưa vàng Kim Hoàng Hậu sử dụng chủ yếu ăn tươi hoặc nước ép giải khát, đây là loại quả được tiêu thụ mạnh bởi hương vị thơm, màu sắc hấp dẫn và có giá trị dinh dưỡng phong phú (Nguyen & ctv., 2023). Tuy nhiên, năng suất và giá trị dinh dưỡng của dưa phụ thuộc vào các biện pháp kỹ thuật canh tác (Vu & ctv., 2021). Các

nghiên cứu thăm dò về các biện pháp kỹ thuật cho dưa vàng Kim Hoàng Hậu thì năng suất tối ưu tại tỉnh Thanh Hoá đã đạt 28,78 tấn/ha tại vụ hè thu và 29,36 tấn/ha tại vụ xuân hè (Tong & ctv., 2023). Nghiên cứu của Nguyen & ctv. (2014) kết luận rằng khi ngắt đợt cây dưa leo là biện pháp làm tăng năng suất từ 28,9 tấn/ha lên 31,73 tấn/ha. Vì vậy, nhằm phát huy tiềm năng năng suất cây dưa thì áp dụng các sáng kiến và tiến bộ kỹ thuật mới luôn được quan tâm. Trong các biện pháp kỹ thuật thì biện pháp xác định tuổi cây con khi trồng là cơ sở hạn chế ảnh hưởng xấu đến bộ rễ khi nhổ cây ra vườn sản xuất,

giúp cây sinh trưởng thuận lợi. Xác định số lá hữu hiệu trên thân chính có ý nghĩa quan trọng trong quang hợp, từ đó thuận lợi cho cây phát triển cân đối, tập trung dinh dưỡng nuôi quả góp phần nâng cao năng suất và chất lượng quả đạt tối ưu (Hoang & ctv., 2006). Vì vậy, nghiên cứu ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến sinh trưởng và năng suất giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu trồng trong nhà màng có ý nghĩa thực tiễn trong sản xuất, góp phần bổ sung hoàn thiện quy trình kỹ thuật và nâng cao năng suất và chất lượng quả dưa tại các vùng sản xuất.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

2.1. Vật liệu

Dưa vàng Kim Hoàng Hậu là giống lai F1 do Công ty Nông sản Phù Sa cung ứng, phân NPK (13:13:13+TE), canxi-bo (Ca: 12%), kali sunphat (K_2O : 50%, S: 17%) do Công ty dịch vụ nông nghiệp Phú Thứ cung cấp, phân vi lượng (thành phần dinh dưỡng gồm đồng (Cu): 350 ppm, kẽm (Zn): 700 ppm, bo (B): 650 ppm, mangan (Mn): 600 ppm, sắt (Fe): 300 ppm, molipđen (Mo): 50 ppm), vôi, canxi nitrate (N: 15,5%, Ca: 18,5%) do Công ty dịch vụ nông nghiệp Minh Hưng cung cấp, magie sunphat (Mg: 9%; S:12%), phân chuồng hoai mục, sử dụng nhà màng nilon trong nghiên cứu thí nghiệm.

2.2. Phương pháp bố trí

Thí nghiệm gồm 2 yếu tố: Yếu tố tuổi cây con (T) ở 3 thời điểm: T1 trồng khi cây chưa có lá thật (lá mầm phát triển tối đa), T2 trồng khi cây có 1 lá thật và T3 trồng khi cây có 2 lá thật. Yếu tố số lá trên thân chính (L): L1 bấm ngọn khi cây đạt 24 lá trên thân chính, L2 bấm ngọn khi cây đạt 28 lá trên thân chính và L3 bấm ngọn khi cây đạt 32

lá trên thân chính. Các công thức gieo hạt cùng thời gian và thời điểm trồng theo tình trạng số lá trên thân cây con. Các biện pháp kỹ thuật chăm sóc như nhau.

Thí nghiệm bố trí theo kiểu lô chính lô phụ (Split plot design) (Nguyen & ctv., 2017), gồm 9 công thức, 3 lần lặp lại. Tổng diện tích 270 m², trong đó yếu tố tuổi cây con ở lô phụ 10 m² và yếu tố để số lá trên thân chính ở lô chính 30 m².

2.3. Biện pháp kỹ thuật canh tác

Thời gian gieo hạt: Ngày 12/1 (vụ xuân hè) và ngày 20/5 (vụ hè thu). Giá thể ươm cây phối trộn theo tỷ lệ 10% đất thịt + 40% xơ dừa + 10% phân hữu cơ vi sinh + 20% than rêu + 20% trấu hun. Thí nghiệm trên nền đất thịt nhẹ độ phì trung bình, pH_{KCl} = 5,3; chất hữu cơ OM = 5,2%; đạm tổng số (N) = 0,28%; lân tổng số (P_2O_5) = 0,14%; kali tổng số (K_2O) = 1,72%. Lượng phân bón tính cho 1 ha gồm: 15 tấn phân chuồng hoai mục, 400 kg vôi bột (vãi đều trên mặt ruộng), 1.500 kg NPK (13:13:13+TE), 30 kg canxi-bo; 40 kg kali sunphat, 40 kg phân vi lượng, 30 kg magie sunphat và 30 kg canxi nitrate.

Mật độ trồng: 20.000 cây/ha, khoảng cách hàng là 100 cm, khoảng cách cây là 50 cm, để 1 cành khi mang quả và bấm ngọn đến số lá theo công thức thí nghiệm.

Cách bón phân: Bón lót 100% phân chuồng + 100% vôi + 50% lượng NPK. Bón thúc: lần 1 sau trồng 3 - 4 ngày lượng bón 6% lượng NPK, lần 2 sau trồng 10 - 12 ngày, bón 8% kg NPK + 5 kg phân vi lượng + 15 kg magie sunphat, lần 3 sau trồng 19 - 20 ngày, bón 8% kg NPK + 5 kg phân vi lượng + 20 kg canxi-bo + 15 kg canxi nitrate, lần 4 sau trồng 27 - 28 ngày (sau thụ phấn) bón

8% lượng NPK, lần 5 sau trồng 35 - 36 ngày, bón 8% lượng NPK + 10 kg phân vi lượng + 15 kg magie sunphat; lần 6 sau trồng 44 - 45 ngày, bón 7% lượng NPK + 10 kg phân vi lượng + 15 kg canxi nitrate + 15 kg kali sunphat; lần 7 sau trồng 53 - 55 ngày, bón 5% lượng NPK + 25 kg kali sunphat.

2.4. Địa điểm và thời gian

Thí nghiệm thực hiện tại Công ty Nông nghiệp Công nghệ cao Thiên Trường 36, tỉnh Thanh Hoá.

Vụ xuân hè (từ 12/1 đến 20/4/2024) và vụ hè thu (từ 20/5 đến 20/8/2024).

2.5. Các chỉ tiêu và phương pháp theo dõi

Vận dụng Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN01-91:2012/BNNT về khảo nghiệm giá trị canh tác của giống dưa hấu (MARD, 2012) để theo dõi các chỉ tiêu sau:

Chỉ tiêu sinh trưởng: Theo dõi ngày ra hoa đực, ra hoa cái, ngày đậu quả (ngày): thời gian từ trồng đến trên 80% số cây có quả đậu. Ngày bấm ngọn (từ trồng đến ngày cây có đủ số lá theo công thức thí nghiệm).

Theo dõi chiều dài thân và đường kính gốc: Đo tại điểm cách mặt đất 5 cm.

Các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất: Mỗi công thức lấy ngẫu nhiên 10 quả/lần nhắc lại xác định các chỉ tiêu: chiều dài quả (cm): đo từ đầu đến cuối quả, đo đường kính quả (cm), cân khối lượng quả (kg), cân khối lượng toàn bộ số quả thí nghiệm để tính năng suất (tấn/ha), độ dày thịt quả, độ brix bằng máy brix kế cầm tay.

Số liệu xử lý theo chương trình IRRISTAT 5.0 và sử dụng kiểm định Duncan để so sánh sự khác nhau giữa các giá trị trung bình của các công thức ở độ tin cậy 95%.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến phát triển giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy, thời điểm cây ra hoa đực, hoa cái và đậu quả thì số lá trên thân chính chưa đạt để cắt ngọn nên không ảnh hưởng, yếu tố tuổi cây con ảnh hưởng đến các chỉ tiêu này. Thời gian từ trồng đến ra hoa đực dao động 15 - 17 ngày ở vụ xuân hè và 14 - 15 ngày ở vụ hè thu, ra hoa cái dao động 22 - 23 ngày ở vụ xuân hè và 21 - 23 ngày ở vụ hè thu, đậu quả là 31 - 34 ngày ở vụ xuân hè và 29 - 33 ngày ở vụ hè thu. Phân tích thống kê cho thấy, công thức trồng khi chưa có lá thật thì thời gian từ trồng đến ra hoa đực, hoa cái và đậu quả dài nhất và khác biệt qua phép thử Duncan so với các công thức khác. Như vậy, cây giống có số lá nhiều, tương ứng tuổi của cây con dài, xuất vườn muộn nên bộ rễ bị tổn thương thì thời gian ra hoa đực, ra hoa cái và đậu quả ngắn hơn so với các công thức xuất vườn sớm. Kết quả nghiên cứu này tương tự với kết luận của Hoang & ctv. (2006) biện pháp ức chế phát triển bộ rễ thì tương quan xuân hoá mầm hoa sớm, ngược lại bộ rễ phát triển thì sự hút dinh dưỡng và hình thành xytokinin mạnh, có ý nghĩa trong việc kéo dài thời gian sinh trưởng và tuổi thọ của cây.

Thời gian từ trồng đến bấm ngọn dao động 42 - 46 ngày ở vụ xuân hè và 38 - 44 ngày ở vụ hè thu, đến quả chín dao động 74 - 80 ngày ở vụ xuân hè và 68 - 74 ngày ở vụ hè thu. Công thức

T1L3, T2L3, T3L3 có thời gian từ trồng đến bấm ngọn là không khác biệt và xếp mức lớn nhất, nhưng có sự khác biệt so với các công thức khác qua phép thử Duncan. Thời gian từ trồng đến quả chín tại công thức T1L3 (80 ngày ở vụ xuân hè và 74 ngày ở vụ hè thu) và T2L3 (79 ngày ở vụ xuân hè và 74 ngày ở vụ hè thu) không khác biệt và xếp mức dài nhất nhưng khác biệt so với các công thức khác. Công thức để 24 lá trên thân có thời gian từ trồng đến thời điểm bấm ngọn ngắn nhất trung bình 42 ngày ở vụ xuân hè và 38 - 39 ngày ở vụ hè thu, đến thời điểm quả chín 74 - 75 ngày ở vụ xuân hè và 70 - 71 ngày ở vụ hè thu.

Khi phân tích thống kê cho thấy, tuổi cây con trồng chưa có lá thật và để 32 lá trên thân có thời gian từ trồng đến bấm ngọn và thời điểm quả chín là dài nhất, có sự khác biệt qua phép thử Duncan. Vì vậy, thời gian trồng khi cây có 2 lá thật thì bộ rễ bị ảnh hưởng nên ức chế quá trình sinh trưởng sinh thực rút ngắn quá trình sinh trưởng dinh dưỡng ở các giai đoạn tiếp theo nên có thời gian chín sớm hơn. Ngắt ngọn sớm, số lá ít quá trình sinh trưởng sinh dưỡng dừng lại kích thích quá trình sinh trưởng sinh thực, cây tập trung nuôi hoa và quả nên để số lá ít thì thời gian quả chín sớm hơn so với công thức để số lá nhiều. Nhận định này phù hợp với kết luận của Hoang & ctv. (2006) khi ức chế phát triển bộ rễ làm giảm hàm lượng xytokinin nội sinh trong cây nên cây ra hoa và chín sớm hơn và ngắt ngọn sớm quá trình hình thành auxin giảm thì kích thích phát triển chồi bên, hoa và quả

TSU với ẩm độ 70% đạt hàm lượng C tổng số cao nhất (74,4%).

Nghiem thức bổ sung năm TC1 (1,28%) có hàm lượng N thấp hơn đối chứng (1,57%) và

Trico-ĐHCT (1,48%) vào 1 TSU. Vào 2 TSU, bổ sung hỗn hợp TC1, TC2, TC3 có N tổng số cao hơn bổ sung Trico-ĐHCT, dòng đơn TC1, TC2 và TC3, với 1,70% so với 1,18 - 1,51%. Ngoài ra, các nghiệm thức bổ sung năm có hàm lượng N tổng số tương đương nhau vào 3 TSU, với dao động từ 1,47 đến 1,66%. Bên cạnh đó, hàm lượng N tổng số khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% giữa các ẩm độ vào 1 và 2 TSU. Cụ thể, ẩm độ 50% đạt N tổng số cao nhất vào 1 TSU (1,57%). Kể đến, vào 2 TSU, ẩm độ 60% có giá trị N tổng số thấp hơn ẩm độ 50 và 70%, với 1,38% so với 1,53 và 1,50%, theo thứ tự (Bảng 2).

Thời điểm 3 và 4 TSU tỷ lệ C/N dòng đơn TC1, TC2, TC3 và hỗn hợp TC1, TC2, TC3 tương đương nghiệm thức bổ sung năm Trico-ĐHCT, với giá trị dao động 31,6 - 45,2. Tỷ lệ C/N giữa các ẩm độ ở 2 và 3 TSU khác biệt không có ý nghĩa thống kê, với 42,8 - 52,6. Vào 1 TSU, ẩm độ 70% đạt tỷ lệ C/N cao nhất, với 62,0. Tỷ lệ C/N ở ẩm độ 50% (36,2) tương đương ẩm độ 70% (38,4) và cao hơn so với tỷ lệ C/N ẩm độ 60% (34,1) (Bảng 2).

Vào thời điểm 4 TSU nghiệm thức bổ sung hỗn hợp TC1, TC2, TC3 có hàm lượng P tổng số tương đương nghiệm thức bổ sung năm Trico-ĐHCT, với 0,507 - 0,538% và cao khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% so với dòng đơn TC1, TC2 và TC3, với 0,351 - 0,380%. Ngoài ra, ẩm độ 50% ở 1 và 4 TSU có hàm lượng P tổng số cao khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% so với 60 và 70%, dao động 0,265 - 0,455% so với 0,166 - 0,420%. Hàm lượng P tổng số giữa các ẩm độ ở 2 và 3 TSU khác biệt không có ý nghĩa thống kê, với 0,142 - 0,293% (Bảng 2).

3.3. Hàm lượng C, N, P và tỷ lệ C/N trong phân ủ của tỷ lệ vật liệu ủ khóm:bã bùn mía:phân bò với tỷ lệ 9:0,5:0,5

Đối với vật liệu ủ KBB9, hàm lượng C tổng số ở nghiệm thức đối chứng cao hơn các nghiệm thức bổ sung nấm Trico-ĐHCT, TC1, TC2, TC3 và hỗn hợp TC1, TC2, TC3 ở 4 TSU, với 62,0 - 642 < 81,9%. Bên cạnh đó, hàm lượng C tổng số khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% giữa các độ ẩm vào 4 TSU. Nghiệm thức có ẩm độ 50% đạt hàm lượng C tổng số (68,2%) cao hơn so với ẩm độ 60% (64,8%), và tương đương với ẩm độ 70% (66,6%) (Bảng 3).

Vào 4 TSU, các dòng nấm tuyển chọn đạt hàm lượng N cao hơn đối chứng và Trico-ĐHCT, với giá trị lần lượt là 1,75 - 1,87% so với 1,51 và 1,59%. Đối với ẩm độ, hàm lượng N tổng số ở ẩm độ 50% đạt cao nhất vào 4 TSU, với dao động 1,55 - 1,79% so với 1,35 - 1,68% (Bảng 3).

Kết quả Bảng 3 cho thấy, vào 3 và 4 TSU, nghiệm thức đối chứng có tỷ lệ C/N cao nhất, với giá trị lần lượt là 55,5 và 54,8%. Bên cạnh đó, tỷ lệ C/N khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% giữa các mức ẩm độ tại 1 và 3 TSU. Trong đó, ẩm độ 60 và 70% có tỷ lệ C/N cao hơn ẩm độ 50% vào 1 TSU, với giá trị lần lượt là 61,6% so với 53,6%. Mặt khác, ở ẩm độ 70% đạt tỷ lệ C/N cao nhất (49,0%) ở 3 TSU.

Nghiệm thức bổ sung nấm Trico-ĐHCT đạt hàm lượng P cao nhất vào 4 TSU (0,503%). Đối với ẩm độ, hàm lượng P thấp nhất (0,140%) ở ẩm độ 70% vào 1 TSU. Vào 2 TSU, tại ẩm độ 50 và 70% hàm lượng P tương đương nhau và cao hơn ẩm độ 60%, với 0,121 - 0,139%. Thêm vào đó, vào 3 và 4 TSU, ẩm độ 50% cho hàm lượng P tổng số đạt cao nhất, với 0,262 và 0,414% so với 0,203 - 0,204% và 0,372 - 0,381%, theo thứ tự (Bảng 3).

Bảng 1. Ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến thời gian phát triển của giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Công thức		Từ trồng đến (ngày):									
		Ra hoa đực		Ra hoa cái		Đậu quả		Bấm ngọn		Quả chín	
		xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu
	T1L1	17	15	23	22	34	32	42 ^{bc}	39 ^{bc}	75 ^{bc}	70 ^b
	T1L2	17	15	23	22	34	32	45 ^{ab}	41 ^b	77 ^b	72 ^{ab}
	T1L3	17	15	23	22	34	32	47 ^a	44 ^a	80 ^a	74 ^a
	T2L1	16	14	22	21	32	31	42 ^{bc}	39 ^{bc}	74 ^c	68 ^c
	T2L2	16	14	22	21	32	31	44 ^b	41 ^b	76 ^b	71 ^b
	T2L3	16	14	22	21	32	31	46 ^a	43 ^a	79 ^a	74 ^a
	T3L1	15	14	22	21	31	29	42 ^{bc}	38 ^c	74 ^c	68 ^c
	T3L2	15	14	22	21	31	29	43 ^b	40 ^b	75 ^{bc}	71 ^b
	T3L3	15	14	22	21	31	29	45 ^a	43 ^a	77 ^b	72 ^{ab}
CV (%)								4,8	5,7	7,1	6,4
LSD _{0,05} (T * L)								2,5	3	3	3
Trung bình tuổi cây con	T1	17 ^a	15 ^a	23 ^a	22 ^a	34 ^a	32 ^a	44,7 ^a	41,3 ^a	77,3 ^a	72,0 ^a
	T2	16 ^b	14 ^b	22 ^b	21 ^b	32 ^b	31 ^{ab}	44,0 ^b	41,0 ^b	76,3 ^b	71,0 ^b
	T3	15 ^c	14 ^b	22 ^b	21 ^b	31 ^{bc}	29 ^b	43,3 ^c	40,3 ^c	75,3 ^c	70,3 ^{bc}
LSD _{0,05} (T)		1,0	0,5	0,7	0,5	1,3	1,5	0,7	0,5	1,0	0,8
Trung bình số lá trên thân	L1							42,0 ^c	38,7 ^{bc}	74,3 ^{bc}	68,7 ^c
	L2							44,0 ^b	40,7 ^b	76,0 ^b	71,3 ^{ab}
	L3							46,0 ^a	43,3 ^a	78,7 ^a	73,3 ^a
LSD _{0,05} (L)								2,0	2,3	2,2	2,3

Trong Bảng 1, Bảng 2, Bảng 3, Bảng 4: những số cùng cột khác chữ cái a,b,c thì khác nhau có ý nghĩa thống kê qua phép thử Duncan ở mức ý nghĩa 5%. T1: trồng khi cây chưa có lá thật (lá mầm phát triển tối đa); T2: trồng khi cây có 1 lá thật; T3: trồng khi cây có 2 lá thật; L1: bấm ngọn khi cây đạt 24 lá trên thân chính; L2: bấm ngọn khi cây đạt 28 lá trên thân chính; L3: bấm ngọn khi cây đạt 32 lá trên thân chính.

3.2. Ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến chiều dài và đường kính thân giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Kết quả tại Bảng 2 cho thấy, chiều dài thân tại thời điểm bấm ngọn dao động 178,2 - 207,5

cm ở vụ xuân hè và 154,7 - 187,7 cm ở vụ hè thu. Trong đó, công thức T1L3 và T2L3 có chiều dài thân khi bấm ngọn không khác biệt qua phép thử Duncan và xếp mức dài nhất. Khi phân tích thống kê thì trồng cây chưa có lá thật và để 32 lá

thì chiều dài thân khi bấm ngọn dài nhất và khác biệt qua phép thử Duncan so với các công thức khác. Như vậy, cây dưa trồng khi chưa có lá thật bộ rễ chưa phát triển mạnh so với trồng cây có 1 và 2 lá thật nên sinh trưởng mạnh hơn. Tương tự với giải thích của Hoang & ctv. (2006) cho rằng, bộ rễ của cây khoẻ thì cây sinh trưởng và phát triển mạnh do cơ quan tổng hợp xytokinin là từ rễ trong khi xytokinin là hormone hình thành chồi giúp cho cây phát triển thân và chiều dài cây. Tương tự với kết luận của Nguyen & ctv.

(2014) khi ngắt đợt cây dưa leo thì chiều dài thân chính ngắn hơn và chiều cao cây dưa không ngắt đợt đạt 216,94 cm.

Đường kính thân tại thời điểm bấm ngọn dao động 0,77 - 0,86 cm ở vụ xuân hè và 0,70 - 0,76 cm ở vụ hè thu. Khi phân tích thống kê qua phép thử Duncan cho thấy, công thức T1L1, T1L2, T1L3 có đường kính thân xếp mức lớn nhất và không khác biệt với nhau nhưng khác biệt với các công thức khác.

Bảng 2. Ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến chiều dài và đường kính thân giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Công thức		Chiều dài thân khi bấm ngọn (cm)		Đường kính thân khi bấm ngọn (cm)		Đường kính thân khi thu hoạch (cm)	
		xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu
T1L1		183,3 ^c	167,8 ^c	0,85 ^a	0,75 ^a	0,97 ^a	0,87 ^a
T1L2		195,2 ^b	179,4 ^b	0,86 ^a	0,75 ^a	0,93 ^{ab}	0,82 ^{ab}
T1L3		207,5 ^a	187,7 ^a	0,86 ^a	0,76 ^a	0,92 ^b	0,81 ^b
T2L1		181,1 ^c	164,9 ^c	0,79 ^{bc}	0,71 ^{bc}	0,95 ^a	0,84 ^a
T2L2		191,5 ^b	174,1 ^b	0,81 ^b	0,73 ^b	0,90 ^b	0,79 ^b
T2L3		202,1 ^{ab}	182,5 ^a	0,83 ^{ab}	0,74 ^{ab}	0,88 ^{bc}	0,77 ^{bc}
T3L1		178,2 ^{cd}	154,7 ^d	0,77 ^{bc}	0,70 ^c	0,93 ^{ab}	0,81 ^b
T3L2		188,3 ^{bc}	173,5 ^{bc}	0,80 ^b	0,72 ^b	0,89 ^{bc}	0,77 ^{bc}
T3L3		198,8 ^{ab}	180,8 ^{ab}	0,80 ^b	0,73 ^b	0,87 ^c	0,76 ^{bc}
CV (%)		6,4	6,7	7,2	6,8	4,6	5,3
LSD _{0,05} (T * L)		9,6	11,6	0,05	0,03	0,05	0,06
Trung bình tuổi cây con	T1	195,3 ^a	178,3 ^a	0,86 ^a	0,75 ^a	0,94 ^a	0,83 ^a
	T2	191,2 ^b	173,8 ^{ab}	0,81 ^b	0,73 ^b	0,91 ^b	0,80 ^b
	T3	188,4 ^{bc}	164,0 ^b	0,79 ^{bc}	0,72 ^{bc}	0,90 ^{bc}	0,78 ^{bc}
LSD _{0,05} (T)		3,5	7,2	0,03	0,02	0,02	0,03
Trung bình số lá trên thân	L1	180,9 ^c	162,5 ^b	0,80 ^c	0,72 ^c	0,95 ^a	0,84 ^a
	L2	191,7 ^b	172,7 ^{ab}	0,82 ^b	0,73 ^b	0,91 ^b	0,79 ^b
	L3	202,5 ^a	181,0 ^a	0,83 ^a	0,74 ^a	0,89 ^c	0,78 ^b
LSD _{0,05} (L)		10,8	9,3	0,01	0,01	0,02	0,03

T1: trồng khi cây chưa có lá thật (lá mầm phát triển tối đa); T2: trồng khi cây có 1 lá thật; T3: trồng khi cây có 2 lá thật; L1: bấm ngọn khi cây đạt 24 lá trên thân chính; L2: bấm ngọn khi cây đạt 28 lá trên thân chính; L3: bấm ngọn khi cây đạt 32 lá trên thân chính.

Phân tích thống kê cho thấy, công thức trồng cây chưa có lá thật và để 32 lá trên thân có đường kính thân khi bấm ngọn đạt cao nhất và khác biệt so với các công thức khác. Kết quả nghiên cứu tương tự với kết luận của Mai & ctv. (1996) cho rằng cây dưa là cây sinh trưởng vô hạn và luôn tăng kích thước đường kính gốc ở các chu kỳ sinh trưởng.

Đường kính thân tại thời điểm thu hoạch dao động 0,87 - 0,97 cm ở vụ xuân hè và 0,76 - 0,87 cm ở vụ hè thu. Khi phân tích thống kê qua phép thử Duncan cho thấy, công thức T1L1, T2L1 có đường kính thân lớn nhất và không khác biệt với nhau nhưng khác biệt có ý nghĩa với các công thức khác. Phân tích thống kê trung bình tuổi cây con và số lá trên thân cho thấy, cây con trồng khi chưa có lá thật và để 24 lá trên thân có đường kính thân khi thu hoạch đạt cao nhất và khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% so với các công thức khác. Như vậy, trồng cây khi chưa có lá thật thì cây phát triển mạnh hơn, do cây còn nhỏ nên bộ rễ chưa phát triển, không gián đoạn hút chất dinh dưỡng và sự vận chuyển chất điều tiết sinh trưởng lên các bộ phận trên. Kết hợp bấm ngọn sớm, dinh dưỡng sẽ tập trung nuôi các cơ quan dinh dưỡng và sinh thực, trong đó có đường kính thân phát triển tối đa. Kết quả nghiên cứu này tương tự với giải thích của Hoang & ctv. (2006) cho rằng, bộ

rễ hút dinh dưỡng, khoáng chất và hình thành xytokinin vận chuyển lên trên giúp tăng kính thước thân và phát triển ngọn trong khi auxin hình thành từ chồi ngọn và ức chế thân cành phát triển, khi cắt ngọn và tia cành bên thì chồi bên và các bộ phận khác (đường kính thân) thoát khỏi trạng thái ức chế và lập tức phát triển.

3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến các yếu tố cấu thành năng suất giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 3 cho thấy, công thức trồng khi cây có 1 lá thật (T2) thì chiều dài quả dao động 17,1 - 19,5 cm (trung bình đạt 18,0 cm) ở vụ xuân hè và 16,6 - 18,7 cm (trung bình đạt 17,4 cm) ở vụ hè thu, đường kính quả dao động 14,1 - 15,8 cm (trung bình đạt 14,8 cm) ở vụ xuân hè và 13,3 - 15,2 cm (trung bình đạt 14,0 cm) ở vụ hè thu. Độ dày thịt quả đạt 3,82 - 3,91 cm (trung bình đạt 3,9 cm) ở vụ xuân hè và 3,45 - 3,54 cm (trung bình đạt 3,5 cm) ở vụ hè thu đạt lớn nhất. Khi phân tích thống kê tuổi cây con cho thấy công thức T1 và T2 có chiều dài quả, đường kính quả lớn nhất và không khác biệt qua phân tích thống kê nhưng khác biệt so với công thức T3. Kết quả nghiên cứu phù hợp với lý giải của Mai & ctv. (1996) cho rằng cây giống có bộ rễ khoẻ là tiền đề cho năng suất cây trồng cao.

Bảng 3. Ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến các yếu tố cấu thành năng suất giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Công thức		Chiều dài quả (cm)		Đường kính quả (cm)		Độ dày thịt quả (cm)	
		xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu
T1L1		16,4 ^b	15,8 ^b	14,0 ^b	13,2 ^b	3,74 ^b	3,39 ^b
T1L2		18,6 ^a	18,2 ^a	15,6 ^a	14,6 ^a	3,88 ^a	3,51 ^a
T1L3		17,9 ^{ab}	17,3 ^{ab}	14,8 ^{ab}	14,1 ^{ab}	3,85 ^{ab}	3,48 ^{ab}
T2L1		17,1 ^b	16,6 ^b	14,3 ^b	13,3 ^b	3,82 ^{ab}	3,45 ^{ab}
T2L2		19,5 ^a	18,7 ^a	15,8 ^a	15,2 ^a	3,91 ^a	3,54 ^a
T2L3		17,3 ^{ab}	17,0 ^{ab}	14,1 ^b	13,6 ^b	3,84 ^{ab}	3,47 ^{ab}
T3L1		14,7 ^c	14,5 ^c	13,5 ^{bc}	12,7 ^{bc}	3,67 ^{bc}	3,30 ^{bc}
T3L2		15,2 ^{bc}	14,8 ^{bc}	13,7 ^{bc}	13,0 ^b	3,69 ^b	3,32 ^{bc}
T3L3		15,8 ^{bc}	15,3 ^{bc}	13,8 ^b	13,0 ^b	3,71 ^b	3,34 ^b
CV (%)		4,7	5,5	3,8	4,2	5,2	5,6
LSD _{0,05} (T * L)		2,4	2,1	1,2	1,2	0,12	0,12
Trung bình tuổi cây con	T1	17,6 ^a	17,1 ^a	14,7 ^a	13,9 ^a	3,8 ^b	3,4 ^b
	T2	18,0 ^a	17,4 ^a	14,8 ^a	14,0 ^a	3,9 ^a	3,5 ^a
	T3	15,2 ^b	14,9 ^b	13,7 ^b	12,9 ^b	3,7 ^c	3,3 ^c
LSD _{0,05} (T)		1,4	1,3	0,6	0,6	0,1	0,1
Trung bình số lá trên thân	L1	16,1 ^b	15,6 ^b	13,9 ^{bc}	13,1 ^{bc}	3,7 ^b	3,4 ^{ab}
	L2	17,8 ^a	17,2 ^a	15,0 ^a	14,2 ^a	3,8 ^a	3,5 ^a
	L3	17,0 ^{ab}	16,5 ^{ab}	14,2 ^b	13,6 ^b	3,7 ^b	3,4 ^{ab}
LSD _{0,05} (L)		0,9	0,8	0,6	0,6	0,1	0,2

T1: trồng khi cây chưa có lá thật (lá mầm phát triển tối đa); T2: trồng khi cây có 1 lá thật; T3: trồng khi cây có 2 lá thật; L1: bấm ngọn khi cây đạt 24 lá trên thân chính; L2: bấm ngọn khi cây đạt 28 lá trên thân chính; L3: bấm ngọn khi cây đạt 32 lá trên thân chính.

Theo dõi để số lá trên thân chính cho thấy, để 28 lá trên thân chính (L2) có chiều dài quả, đường kính quả và độ dày thịt quả cao hơn so với để 24 lá (L1) và 32 lá (L3) lần lượt dao động 15,2 - 19,5 cm (trung bình đạt 17,8 cm) ở vụ xuân hè và 14,8 - 18,7 cm (trung bình đạt 17,2 cm) ở vụ hè thu, Đường kính quả dao động 13,7 - 15,8 cm (trung bình đạt 15,0 cm) ở vụ xuân hè và 13,0 - 15,2 cm (trung bình đạt 14,2 cm) ở vụ hè thu. Độ dày thịt quả đạt 3,69 - 3,91 cm (trung bình đạt 3,8 cm) ở vụ xuân hè và 3,32 - 3,54 cm (trung bình

đạt 3,5 cm) ở vụ hè thu. Khi phân tích thống kê cho thấy công thức L2 luôn lớn nhất và khác biệt so với các công thức khác. Kết quả phù hợp với giải thích của Hoang & ctv. (2006) cho rằng, số lá trên cây hợp lý là cơ sở tăng năng suất do các lá đều được quang hợp và tổng hợp chất hữu cơ.

Đánh giá tương tác giữa các yếu tố thì công thức T1L2 và T2L2 không khác biệt qua phép thử Duncan và xếp mức lớn nhất so với các công thức khác ở mức sai khác có ý nghĩa 5%. Trong đó, công thức T2L2 (trồng cây có 1 lá thật và để

28 lá) các chỉ tiêu lớn nhất: chiều dài quả đạt 19,5 cm vụ xuân hè và 18,7 cm vụ hè thu, đường kính quả đạt 15,8 cm ở vụ xuân hè và 15,2 cm ở vụ hè thu và độ dày thịt quả đạt 3,91 cm ở vụ xuân hè và 3,54 cm ở vụ hè thu.

3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của tuổi cây con và số lá trên thân chính đến năng suất và chất lượng giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Kết quả nghiên cứu tại Bảng 4 cho thấy, khối lượng quả ở công thức trồng khi cây có 1 lá thật (T2) lớn nhất dao động 1,73 - 1,89 kg/quả (trung

binh đạt 1,8 kg/quả) ở vụ xuân hè và 1,55 - 1,82 kg/quả (trung bình đạt 1,7 kg/quả) ở vụ hè thu. Công thức để 28 lá (L2) lớn nhất dao động 1,62 - 1,89 kg (trung bình đạt 1,8 kg/quả) ở vụ xuân hè và 1,38 - 1,81 kg/quả (trung bình đạt 1,6 kg/quả) ở vụ hè thu. Trong đó, công thức T2L2 lớn nhất đạt 1,89 kg/quả ở vụ xuân hè và 1,81 kg ở vụ hè thu, tiếp đến công thức T1L2 đạt 1,85 kg/quả ở vụ xuân hè và đạt 1,74 kg/quả vụ hè thu. Khi phân tích thống kê cho thấy công thức T1L2 và T2L2 có khối lượng quả lớn nhất và không khác biệt ở mức sai khác có ý nghĩa 5%. So sánh trung

Bảng 4. Ảnh hưởng của thời gian ương và số lá trên thân chính đến năng suất và chất lượng giống dưa vàng Kim Hoàng Hậu

Công thức		Khối lượng quả (kg)		Năng suất (tấn/ha)		Độ brix (%)	
		xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu	xuân hè	hè thu
T1L1		1,69 ^b	1,51 ^b	33,8 ^b	30,2 ^b	11,0 ^{bc}	10,6 ^{bc}
T1L2		1,85 ^a	1,74 ^a	37,0 ^a	34,8 ^a	11,7 ^b	11,3 ^b
T1L3		1,80 ^{ab}	1,65 ^{ab}	36,0 ^{ab}	33,0 ^{ab}	11,1 ^{bc}	10,8 ^b
T2L1		1,72 ^b	1,55 ^b	34,4 ^b	31,0 ^b	10,9 ^{bc}	10,4 ^c
T2L2		1,89 ^a	1,81 ^a	37,8 ^a	36,2 ^a	12,0 ^a	11,6 ^a
T2L3		1,73 ^b	1,62 ^{ab}	34,6 ^b	32,4 ^{ab}	11,4 ^b	11,1 ^{ab}
T3L1		1,59 ^{bc}	1,29 ^c	31,8 ^{bc}	25,8 ^c	10,9 ^{bc}	10,5 ^c
T3L2		1,62 ^{bc}	1,38 ^{bc}	32,4 ^{bc}	27,6 ^{bc}	11,6 ^{ab}	11,2 ^{ab}
T3L3		1,65 ^{bc}	1,40 ^{bc}	33,0 ^{bc}	28,0 ^{bc}	11,3 ^b	11,0 ^b
CV (%)		6,6	6,1	7,2	6,9	5,8	5,3
LSD _{0,05} (T * L)		0,15	0,26	3,0	5,2	0,6	0,5
Trung bình tuổi cây con	T1	1,8 ^a	1,6 ^{ab}	36,0 ^a	32,0 ^{ab}	11,3 ^c	10,8 ^c
	T2	1,8 ^a	1,7 ^a	36,0 ^a	34,0 ^a	11,4 ^a	11,0 ^a
	T3	1,6 ^b	1,4 ^b	32,0 ^b	28,0 ^b	11,3 ^b	10,9 ^b
LSD _{0,05} (T)		0,1	0,2	1,6	3,0	0,1	0,1
Trung bình số lá trên thân	L1	1,7 ^b	1,5 ^b	34,0 ^b	30,0 ^b	10,9 ^b	10,5 ^b
	L2	1,8 ^a	1,6 ^a	36,0 ^a	32,0 ^a	11,8 ^a	11,4 ^a
	L3	1,7 ^b	1,5 ^a	34,0 ^b	30,0 ^a	11,3 ^{ab}	11,0 ^{ab}
LSD _{0,05} (L)		0,1	0,1	1,2	1,9	0,4	0,4

T1: trồng khi cây chưa có lá thật (lá mầm phát triển tối đa); T2: trồng khi cây có 1 lá thật; T3: trồng khi cây có 2 lá thật; L1: bấm ngọn khi cây đạt 24 lá trên thân chính; L2: bấm ngọn khi cây đạt 28 lá trên thân chính; L3: bấm ngọn khi cây đạt 32 lá trên thân chính.

biên tuổi cây con và số lá trên thân qua phân tích thống kê cho thấy, công thức trồng cây khi cây có chưa có lá thật và có 1 lá thật có khối lượng quả cao nhất kết hợp để 28 lá trên thân thì năng suất đạt cao nhất ở cả 2 thời vụ và khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% so với các công thức khác.

Năng suất tại công thức trồng khi cây đạt 1 lá thật (T2) lớn nhất dao động 34,4 - 37,8 tấn/ha (trung bình đạt 36,0 tấn/ha) ở vụ xuân hè và đạt 31,0 - 32,4 tấn/ha (trung bình đạt 34,0 tấn/ha) ở vụ hè thu và công thức để 28 lá (L2) lớn nhất dao động 31,8 - 37,8 tấn/ha (trung bình đạt 36,0 tấn/ha) ở vụ xuân hè và đạt 27,6 - 36,2 tấn/ha (trung bình đạt 32,0 tấn/ha) ở vụ hè thu. Trong đó, công thức T2L2 lớn nhất đạt 37,8 tấn/ha ở vụ xuân hè và đạt 36,2 tấn/ha ở vụ hè thu, tiếp đến công thức T1L2 đạt 37,0 tấn/ha ở vụ xuân hè và đạt 34,8 tấn/ha ở vụ hè thu, cả 2 công thức không khác biệt qua phép thử Duncan. Kết quả này tương tự với kết luận của Nguyen & ctv. (2014) khi ngắt đợt cây dưa leo là biện pháp làm tăng năng suất từ 28,9 lên 31,73 tấn/ha.

Độ brix tại công thức để 28 lá (L2) có độ brix cao nhất đạt 11,6 - 12,0 % (trung bình đạt 11,8%) ở vụ xuân hè và đạt 11,2 - 11,6 % (trung bình đạt 11,4%) vụ hè thu. Công thức T2L2 có độ brix cao nhất đạt 12,0% ở vụ xuân hè và 11,6 % ở vụ hè thu, có sự khác biệt có ý nghĩa so với các công thức trong thí nghiệm qua phân tích thống kê. Qua phân tích thống kê khi so sánh trung bình biên tuổi cây con và số lá trên thân cho thấy, công thức trồng cây khi có 1 lá thật và công thức để 28 lá có độ brix cao nhất và có sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5% so với các công thức trong thí nghiệm. Như vậy, số lá trên cây ít hoặc quá nhiều thì độ brix của cây dưa đều ảnh hưởng, kết quả nghiên cứu này tương tự với kết luận của Hoang

& ctv. (2006) cho rằng diện tích lá quá thấp thì năng suất quang hợp thấp, chất lượng giảm, số lá nhiều và không cân đối làm giảm khả năng quang hợp, từ đó giảm năng suất và chất lượng cây trồng, diện tích lá tối ưu là diện tích có hiệu suất quang hợp cao nhất.

4. Kết Luận

Tuổi cây con ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển giai đoạn đầu của cây dưa vàng Kim Hoàng Hậu, trồng cây khi chưa có lá thật thì thời gian từ trồng đến ra hoa đực, ra hoa cái và đậu quả muộn nhất lần lượt 17, 23, 34 ngày ở vụ xuân hè và ở vụ hè thu là 15, 22, 32 ngày. Công thức trồng khi cây chưa có lá thật và để 32 lá trên thân chính thì thời gian từ trồng đến bấm ngọn và quả chín là dài nhất lần lượt là 47 và 80 ngày ở vụ xuân hè, ở vụ hè thu là 44 và 74 ngày. Công thức trồng khi cây có 1 lá thật và để 28 lá (T2L2) có năng suất và độ brix cao nhất lần lượt đạt 37,8 tấn/ha và độ brix 12% ở vụ xuân hè, vụ hè thu đạt 36,2 tấn/ha và độ brix 11,6%. Công thức trồng cây có 1 lá thật và để 28 lá trên thân chính thì cây dưa vàng Kim Hoàng Hậu trồng trong nhà màng và điều kiện tương tự cho năng suất và độ brix cao nhất.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả

Tài Liệu Tham Khảo (References)

Doan, C. X., Nguyen, T. D., Trinh, L. T., & Tran, T. C. (2015). The results on selection of tomatoes, cucumber and muskmelon in net house for high technology application in the northern provinces. *Journal of Vietnam Agricultural*

- Science and Technology* 3(6), 34-42.
- Hoang, T. M., Vu, S. Q., & Nguyen, T. K. (2006). *Textbook of plant physiology*. Ha Noi, Vietnam: University of Education.
- Mai, A. T. P. (1996). *Textbook of vegetables and vegetable growing for master of agriculture*. Ha Noi, Vietnam: Ha Noi Agriculture University.
- MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development). (2012). Testing the value of cultivation and use of watermelon varieties. Ha Noi, Vietnam: Agricultural Publishing House. <https://luatvietnam.vn/nong-nghiep/quy-chuan-qcvn-01-91-2012-bnnptnt-khao-nghiem-gia-tri-canhh-tac-su-dung-cua-giong-dua-hau-159998-d3.html>.
- Nguyen, H. H., Le, C. H., Nguyen, T. B., Le, T. Q., Nguyen, H. D., Le, S. D., & Pham, G. A. (2017). *Textbook of experimental methods and biostatistics*. Ha Noi, Vietnam: Ha Noi National Economics University.
- Nguyen, T. D., Tran, B. T., Vo, T. T. B., Tran, M. N. N., & Thai, T. V. (2014). Evaluating the effect of rootstock ages and shoot cutting times of cucumber grafted on luffa. *Can Tho University Journal of Science* 4(2014), 68-75.
- Nguyen, T. N., Luu, C. M., Vo, H. T. P., Nguyen, N. T. T., Bui, L. H. D., & Huynh, P. X. (2023). Study on fermentation conditions for cantaloupe wine (*Cucumis melo* L.) using *Saccharomyces cerevisiae* BV818. *TNU Journal of Science and Technology* 228(09), 415-423. <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7851>.
- Tong, G. V., Dam, G. H., & Vu, L. N. (2023). Effects of density and dosage of NPK fertilizer (13:13:13+TE) on growth, yield and quality of Kim Hoang Hau Melon (*Cucumis melo* L.) grown in plastic house in Thanh Hoa. *Science and Technology Journal of Agricultural and Rural Development* 457(11), 21-33.
- Vu, C. V., Tong, G. V., Le, B. T., & Do, A. T. P. (2021). Research results of some technical measures of the production of cantaloupe taki variety (*Cucumis melo* L.) growing in the tunnel house with plastic cover. *Hong Duc University Journal of Science* 55(2021), 20-28.

Effects of α -naphthaleneacetic acid (NAA) and substrate formulations on the growth and nursery performance of *Homalomena occulta* (Lour.) Schott plants

Duyen T. T. Nguyen*, Phuc H. Le, Lan T. Dao, & Luan Dieu

Department of Plant Physiology, Genetics and Breeding, Faculty of Agronomy, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: March 19, 2025

Revised: April 23, 2025

Accepted: April 29, 2025

Keywords

Growth regulators

Homalomena occulta

Stem cutting propagation

Substrate

*Corresponding author

Nguyen Thi Thanh Duyen

Email:

ntthanhduyen@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Homalomena occulta, a member of the Araceae family, is a medicinal plant of high economic value widely used in traditional medicine. Clonal propagation via stem cuttings offers several advantages, including maintaining genetic fidelity, ensuring high-quality seedlings. This study aimed to determine the optimal concentration of α -naphthaleneacetic acid (NAA), the appropriate treatment duration, and the most suitable substrate formulation to enhance the growth performance and nursery-stage transplanting success of *Homalomena occulta*. The results showed that treating cuttings with 150 ppm NAA for 60 sec yielded the best outcomes, with an average of 20.1 roots, and a root length of 27.7 cm. The most effective growing medium for the nursery stage was a mixture of 25% Tribat soil, 50% sand, and 25% coir dust. This substrate achieved a survival rate of 85.8%, shoot height of 27.7 cm, an average of 3.9 leaves, stem diameter of 14.4 mm, transplanting success rate of 99.4%, and a Dickson quality index of 1.8. This study provides a scientific basis for optimizing propagation techniques and nursery practices for *Homalomena occulta*, contributing to large-scale production and conservation of this valuable medicinal species.

Cited as: Nguyen, D. T. T., Le, P. H., Dao, L. T., & Dieu, L. (2026). Effects of α -naphthaleneacetic acid (NAA) and substrate formulations on the growth and nursery performance of *Homalomena occulta* (Lour.) Schott plants. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 14-23.

Ảnh hưởng của axit α -naphthaleneacetic (NAA) và giá thể đến sinh trưởng và tỉ lệ xuất vườn cây giống Thiên niên kiện *Homalomena occulta* (Lour.) Schott

Nguyễn Thị Thanh Duyên*, Lê Hoàng Phúc, Đào Thanh Lan & Điều Luận

Bộ Môn Sinh Lí, Di Truyền và Chọn Giống Cây Trồng, Khoa Nông Học,

Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 19/03/2025

Ngày chỉnh sửa: 23/04/2025

Ngày chấp nhận: 29/04/2025

Từ khóa

Chất điều hoà sinh trưởng

Giá thể

Giâm hom

Thiên niên kiện

*Tác giả liên hệ

Nguyễn Thị Thanh Duyên

Email:

ntthanhduyen@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Thiên niên kiện (*Homalomena occulta*) thuộc họ Ráy (Araceae) là loài dược liệu có giá trị cao, được ứng dụng rộng rãi trong y học cổ truyền. Cây giống được nhân giống vô tính bằng phương pháp giâm hom sẽ mang lại nhiều ưu điểm, bao gồm duy trì chất lượng giống và bảo tồn đặc tính di truyền của cây mẹ. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định nồng độ xử lý thích hợp của axit α -naphthaleneacetic (NAA), thời gian xử lý tối ưu và công thức giá thể phù hợp để nâng cao khả năng sinh trưởng và tỷ lệ xuất vườn của cây thiên niên kiện trong giai đoạn vườn ươm. Kết quả cho thấy, xử lý hom với NAA ở nồng độ 150 ppm trong 60 giây cho hiệu quả cao nhất đạt 20,1 rễ và chiều dài rễ 27,7 cm. Công thức giá thể gồm 25% đất Tribat, 50% cát và 25% mụn dừa được xác định là phù hợp nhất cho giai đoạn vườn ươm, với tỷ lệ hom sống đạt 85,8%, chiều cao chồi 27,7 cm, số lá trung bình 3,9 lá, đường kính thân 14,4 mm, tỷ lệ xuất vườn 99,4% và hệ số chất lượng Dickson đạt 1,8. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học cho việc tối ưu hóa quy trình nhân giống và ươm cây thiên niên kiện phục vụ sản xuất quy mô lớn.

1. Đặt Vấn Đề

Thiên niên kiện (*Homalomena occulta*) là loài dược liệu quý thuộc họ Ráy (Araceae), có giá trị kinh tế cao nhờ hàm lượng tinh dầu giàu hoạt chất sinh học như linalool, β -caryophyllene có tác dụng kháng viêm, giảm đau và hỗ trợ điều trị các bệnh về xương khớp. Tuy nhiên, do khai thác quá mức và phạm vi phân bố hạn chế, loài này đã được đưa vào danh sách các loài được bảo tồn (Nguyễn & ctv., 2007), do đó việc phát triển nguồn giống để phục vụ bảo tồn và sản xuất là hết sức cần thiết.

Phương pháp nuôi cấy mô giúp nhân giống nhanh nhưng đòi hỏi chi phí cao và điều kiện phòng thí nghiệm nghiêm ngặt, gây khó khăn trong ứng dụng thực tế. Trong khi đó, giâm hom là một phương pháp nhân giống vô tính đơn giản, dễ thực hiện, ít tốn kém và có thể áp dụng trực tiếp trong điều kiện sản xuất. Tuy nhiên, hiệu quả của phương pháp này phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có hai yếu tố quan trọng là chất điều hoà sinh trưởng và giá thể giâm hom.

Axit α -naphthaleneacetic (NAA) là chất kích thích sinh trưởng phổ biến, có tác dụng kích thích sự hình thành rễ và cải thiện khả năng sinh

trường của cây giâm hom. Bên cạnh đó, giá thể giâm hom đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp độ ẩm, chất dinh dưỡng và tạo môi trường thích hợp cho sự phát triển của cây. Sự khác biệt về đặc tính vật lý và hóa học của giá thể, như khả năng giữ ẩm, độ thoáng khí và độ pH, có ảnh hưởng đáng kể đến sự hình thành hệ rễ và sinh trưởng của cây con (Long, 1932; Dole & Wilkins, 1999).

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định nồng độ và thời gian xử lý NAA tối ưu, cũng như công thức giá thể phù hợp để nâng cao tỷ lệ sống, khả năng sinh trưởng và chất lượng cây giống trong giai đoạn vườn ươm. Kết quả nghiên cứu góp phần hoàn thiện quy trình nhân giống thiên niên kiện, phục vụ mục tiêu bảo tồn và phát triển loài cây được liệu quý này trong điều kiện sản xuất quy mô lớn.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

Hom củ thiên niên kiện 1,5 tuổi, mang 02 mắt ngủ của cây khỏe mạnh, có chiều dài 6 - 7 cm và không bị sâu bệnh (Hình 1).



Hình 1. Hom củ thiên niên kiện sử dụng trong thí nghiệm.

Chất điều hòa sinh trưởng thực vật được sử dụng là NAA độ tinh khiết $\geq 99\%$ (hãng BioBasic, Canada).

Giá thể gồm: đất Tribat là đất nhân tạo với thành phần chính bao gồm đa lượng (chất hữu cơ 24,91%, chất mùn: 14,45%, K_2O tổng số: 0,73%, P_2O_5 tổng số: 0,30%, pH: 5,8 - 6,5, CEC: 44.69 meq/100 g) và trung vi lượng (Mg, Mn, Zn, B, Cu, Mo và Sắt dạng chelate); cát trung bình (kích thước hạt 0,25 - 0,5 mm); tro trấu hun; phân tròn quế và mụn dừa đã xử lý.

2.1. Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của NAA đến quá trình ra rễ của hom giống thiên niên kiện

Thí nghiệm hai yếu tố, bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (CRD) với 9 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Tổng số ô cơ sở là $9 \times 3 = 27$. Mỗi ô cơ sở có 20 cây. Tổng số cây là 540 cây.

Yếu tố A gồm 3 nồng độ NAA (A1: 100 ppm, A2: 150 ppm và A3: 200 ppm)

Yếu tố B gồm 3 khoảng thời gian (T1: 30 giây, T2: 60 giây và T3: 90 giây)

Cách tiến hành: Hom củ thiên niên kiện thu thập về được làm sạch, cắt thành đoạn có độ dài khoảng 6 - 7 cm, đem ngâm trong dung dịch NAA ở các mức nồng độ và thời gian khác nhau (100, 150, 200 ppm và 30, 60, 90 giây). Sau đó, hom được lấy ra để khô ráo trong 15 phút và được trồng vào trong bầu ươm có kích thước 12 x 25 cm với giá thể bao gồm 25% đất, 50% cát và 25% mụn dừa (Le & ctv., 2020). Đặt bầu có chứa hom giống trong nhà lưới, tưới nước hàng ngày, đảm bảo độ ẩm 75 - 80% được kiểm tra bằng máy đo độ ẩm MP Kit-406.

Tất cả các chỉ tiêu đo vào thời điểm 60 ngày sau trồng (NST). Các chỉ tiêu theo dõi gồm:

- Tỷ lệ hom sống (%): Số hom sống/số hom được giâm ban đầu.
- Số chồi/hom (chồi): Đếm số chồi trên hom.

- Chiều cao chồi (cm): Đo từ vị trí mọc chồi đến vị trí cao nhất.
- Số lá (lá/chồi): Đếm số lá (thấy rõ cuống lá và phiến lá) trên chồi của thân chính.
- Đường kính thân (mm): Dùng thước kẹp điện tử đo cách gốc 5 cm.
- Số rễ (rễ): Đếm toàn bộ rễ mọc ra từ hom.
- Chiều dài rễ (cm/cây): Đo chiều dài từ cổ rễ đến vị trí dài nhất.

2.2. Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng của giá thể đến sinh trưởng và tỷ lệ xuất vườn cây giống thiên niên kiện giai đoạn vườn ươm

Thí nghiệm đơn yếu tố, được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với 5 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Số ô cơ sở là $5 \times 3 = 15$. Mỗi ô cơ sở có 25 cây. Tổng số cây là 375 cây.

Năm công thức phối trộn giá thể gồm:

- G1: 25% đất Tribat + 50% cát + 25% mụn dừa (ĐC).
- G2: 10% phân trùn quế + 10% tro trấu + 80% mụn dừa.
- G3: 15% đất Tribat + 15% tro trấu + 70% mụn dừa.
- G4: 20% đất Tribat + 20% tro trấu + 60% mụn dừa.
- G5: 25% đất Tribat + 25% tro trấu + 50% mụn dừa.

Cách tiến hành: Sử dụng nồng độ NAA và thời gian xử lý tốt nhất của thí nghiệm 1 để xử lý hom giống trước khi trồng vào các bầu ươm giá thể theo từng nghiệm thức tương ứng. Chuẩn bị giá thể thông qua việc kiểm tra nguyên liệu trước khi xử lý gồm tro trấu hun, đất, cát, mụn dừa. Sau

khí xử lý các loại giá thể được phối trộn theo công thức tương ứng, ủ với chế phẩm *Trichoderma* (dạng bột, hàm lượng $\geq 10^8$ bào tử/g) với liều lượng 3 g chế phẩm/kg giá thể trong 30 ngày và dùng bạt che kín đồng ủ. Trong thời gian ủ, đảo trộn đồng ủ 10 ngày/lần và tưới nước giữ ẩm. Sau đó, lấy mẫu tại 5 vị trí phân bố trên đồng ủ và đem phân tích các tính chất vật lý, hóa học. Cho giá thể vào bịch có kích thước 12 x 25 cm và tiến hành giâm hom.

Chỉ tiêu theo dõi: ở thời điểm 60 NST theo dõi các chỉ tiêu tỉ lệ hom sống (%), chiều cao chồi (cm), số lá (lá/chồi), đường kính thân (mm) (phương pháp theo dõi tương tự thí nghiệm 1); khối lượng chất khô trên mặt đất (rễ khô) trên hom (g) (RDW), khối lượng chất khô trên mặt đất (chồi, lá) trên hom (g) (SDW), chiều cao phần trên mặt đất (cm) (SH), đường kính gốc chồi (mm) (RCD), từ đó hệ số chất lượng Dickson (DQI) được tính bằng công thức: $DQI = (SDW + RDW) / ((SH/RCD) + (SDW/RDW))$.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được thu thập, tổng hợp tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel; phân tích phương sai "ANOVA" và trắc nghiệm phân hạng LSD bằng phần mềm R 4.2.3. Số liệu ở thí nghiệm 1 được chuyển đổi bằng công thức: $100 - 1/(4n)$ và $\arcsin(x)^{1/2}$ để phân tích thống kê.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Ảnh hưởng của NAA đến quá trình ra rễ của hom giống thiên niên kiện

Qua số liệu Bảng 1 cho thấy nồng độ NAA và thời gian xử lý cũng như sự tương tác của hai yếu tố này đã ảnh hưởng đến quá trình ra chồi của hom thiên niên kiện và sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức. Khi xử lý mẫu hom của cây thiên niên kiện bằng NAA với nồng độ 150

ppm trong 60 giây cho kết quả về tỷ lệ hom sống (90%) và chiều cao chồi (23,2 cm) khác biệt có ý nghĩa trong thống kê so với các nghiệm thử còn lại.

Bảng 1. Ảnh hưởng của axit α -naphthaleneacetic (NAA) và thời gian xử lý đến tỷ lệ hom sống, số chồi trên hom, chiều cao chồi và đường kính thân của cây thiên niên kiện ở thời điểm 60 ngày sau trồng

Chỉ tiêu	Nồng độ NAA (ppm) (A)	Thời gian (s) (T)			TB (A)
		30	60	90	
Tỷ lệ hom sống (%)	100	80,0 ^{bc}	62,7 ^e	67,7 ^{de}	70,1 ^B
	150	76,7 ^{cd}	90,0 ^{ab}	86,7 ^{abc}	84,4 ^A
	200	95,0 ^a	75,0 ^{cd}	82,7 ^{bc}	84,2 ^A
	TB (T)	83,9 ^A	75,9 ^B	79,0 ^{AB}	
CV (%) = 5,4; $F_A = 33,2^{**}$; $F_T = 8,0^{**}$; $F_{A:T} = 14,8^{**}$					
Số chồi trên hom (chồi)	100	1,8	1,8	2,0	1,9 ^{AB}
	150	1,7	2,0	2,1	1,9 ^A
	200	1,8	1,8	1,8	1,8 ^B
	TB (T)	1,8 ^B	1,9 ^{AB}	2,0 ^A	
CV (%) = 5,2; $F_A = 3,8^*$; $F_T = 8,2^{**}$; $F_{A:T} = 2,8_{ns}$					
Chiều cao chồi (cm)	100	17,2 ^d	19,9 ^c	18,8 ^c	18,6 ^B
	150	19,9 ^c	23,2 ^a	24,0 ^a	22,4 ^A
	200	16,4 ^d	19,0 ^c	21,4 ^b	18,9 ^B
	TB (T)	17,8 ^C	20,7 ^B	21,4 ^A	
CV (%) = 2,3; $F_A = 180,0^{**}$; $F_T = 151,3^{**}$; $F_{A:T} = 15,0^{**}$					
Đường kính thân (mm)	100	9,6 ^b	9,5 ^b	8,8 ^{cd}	9,3 ^B
	150	10,7 ^a	10,7 ^a	9,2 ^{bcd}	10,2 ^A
	200	8,1 ^d	9,5 ^b	10,0 ^{ab}	9,2 ^B
	TB (T)	9,5 ^{AB}	9,9 ^A	9,3 ^B	
CV (%) = 4,2; $F_A = 17,3^{**}$; $F_T = 4,7^*$; $F_{A:T} = 14,6^{**}$					

Trong cùng một nhóm, các giá trị trung bình có cùng ký tự đi kèm thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa trong thống kê; *: sự khác biệt rất có ý nghĩa trong thống kê ở mức $\alpha = 0,05$; **: sự khác biệt rất có ý nghĩa trong thống kê ở mức $\alpha = 0,01$; TB: trung bình; NAA: axit α -naphthaleneacetic.

Ở thời điểm 60 NST, số rễ và chiều dài rễ của hom thiên niên kiện được xử lý với nồng độ NAA 150 ppm trong thời gian 60 giây đạt kết quả tốt nhất lần lượt là 20,1 rễ và có chiều cao 27,7 cm (Bảng 2). Trong khi đó, các nồng độ khác (100

và 200 ppm) có số rễ và chiều dài rễ thấp hơn, cho thấy nồng độ NAA quá thấp hoặc quá cao đều không có lợi cho quá trình hình thành rễ tối ưu. Bên cạnh đó, số lá của hom thiên niên kiện cũng được ghi nhận ở NAA 150 ppm với thời

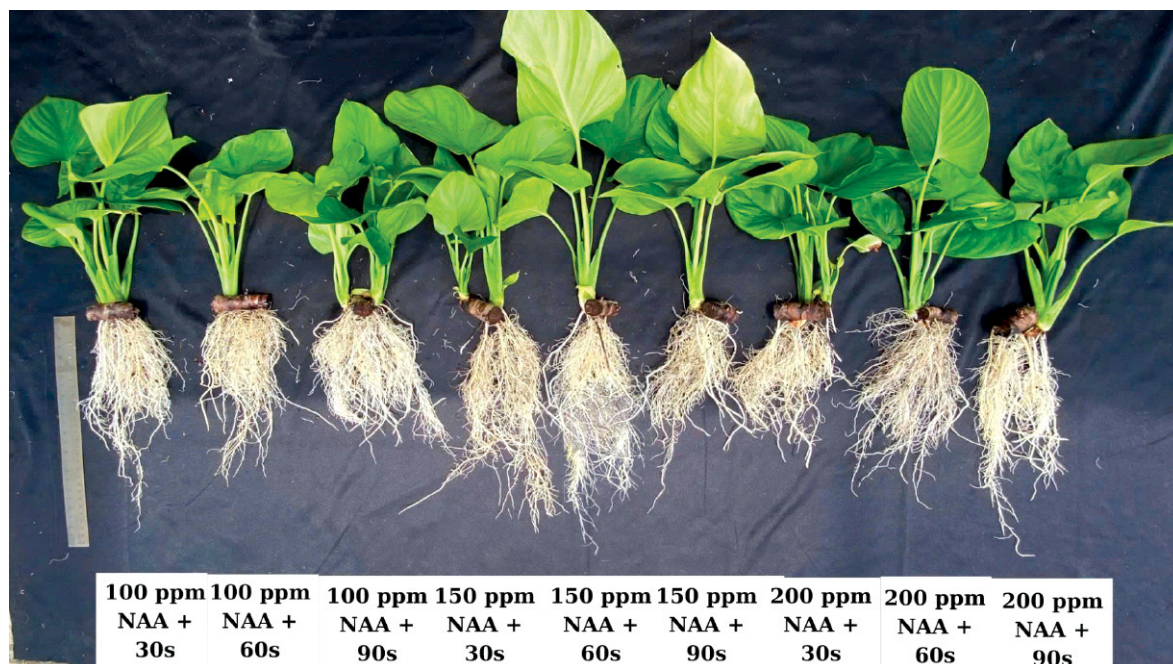
gian 60 giây 6,7 lá, khác biệt không có ý nghĩa trong thống kê so với số lá ở NAA 100 ppm với thời gian 90 giây (7,1 lá) (Bảng 2). Điều này cho thấy ảnh hưởng tích cực của NAA không chỉ đối với sự ra rễ mà còn giúp tăng cường sự phát triển chồi và lá, từ đó cải thiện chất lượng hom giống (Hình 2). Vì vậy, đây là nồng độ và thời gian

được xác định là phù hợp nhất cho quá trình ra rễ và sinh trưởng của hom giống thiên niên kiện. Kết quả này phù hợp với Pham & ctv. (2024) khi sử dụng 150 ppm NAA ngâm hom củ thiên niên kiện cho số chồi, số rễ và chiều dài rễ là cao nhất lần lượt là 1,53 chồi; 5,53 rễ và 12,03 cm.

Bảng 2. Ảnh hưởng của axit α -naphthaleneacetic (NAA) và thời gian xử lý đến số lá, số rễ và chiều dài rễ của cây thiên niên kiện ở thời điểm 60 ngày sau trồng

Chỉ tiêu	Nồng độ NAA (ppm) (A)	Thời gian (s) (T)			TB (A)
		30	60	90	
Số lá (lá)	100	5,7 ^d	6,1 ^{cd}	7,1 ^a	6,3 ^A
	150	6,3 ^{cd}	6,7 ^{ab}	6,2 ^{bcd}	6,4 ^A
	200	4,7 ^e	6,1 ^{cd}	6,4 ^{bc}	5,7 ^B
	TB (T)	5,6 ^C	6,3 ^B	6,6 ^A	
CV (%) = 2,8; F _A = 39,4 ^{**} ; F _T = 75,2 ^{**} ; F _{A:T} = 28,7 ^{**}					
Số rễ (rễ)	100	15,8 ^{bc}	12,8 ^e	15,9 ^{bc}	14,8 ^B
	150	15,0 ^{cd}	20,1 ^a	16,4 ^b	17,2 ^A
	200	14,7 ^d	16,0 ^{bc}	14,2 ^d	15,0 ^B
	TB (T)	15,2 ^B	16,3 ^A	15,5 ^B	
CV (%) = 2,4; F _A = 116,5 ^{**} ; F _T = 22,3 ^{**} ; F _{A:T} = 108,9 ^{**}					
Chiều dài rễ (cm)	100	26,9 ^{abc}	26,2 ^{bcd}	27,2 ^{ab}	26,8 ^A
	150	25,5 ^d	27,7 ^a	25,4 ^d	26,2 ^A
	200	23,3 ^e	26,6 ^{abcd}	25,8 ^{cd}	25,2 ^B
	TB (T)	25,2 ^C	26,8 ^A	26,1 ^B	
CV (%) = 1,7; F _A = 26,5 ^{**} ; F _T = 28,1 ^{**} ; F _{A:T} = 20,9 ^{**}					

Trong cùng một nhóm, các giá trị trung bình có cùng ký tự đi kèm thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa trong thống kê; **: sự khác biệt rất có ý nghĩa trong thống kê ở mức $\alpha = 0,01$; TB: trung bình bình; NAA: axit α -naphthaleneacetic.



Hình 2. Ảnh hưởng của axit α -naphthaleneacetic (NAA) và thời gian xử lý đến quá trình ra rễ của hom thiên niên kiện thời điểm 60 ngày sau trồng.

3.3. Ảnh hưởng của giá thể đến sinh trưởng và tỷ lệ xuất vườn cây giống thiên niên kiện giai đoạn vườn ươm

Qua kết quả ở Bảng 3 và 4 thấy công thức giá thể đối chứng: 25% Đ + 50% C + 25% MD cho ra kết quả tốt nhất về tỉ lệ hom sống (85,8%), chiều cao chồi (27,7 cm), số lá (3,9 lá), đường kính thân (14,4 mm), tỷ lệ xuất vườn (99,4%) và hệ số chất lượng Dickson (1,75). Do công thức phối trộn 25% Đ + 50% C + 25% MD với cát là thành phần chính trong việc tăng khả năng thoát nước và giảm hiện tượng nén chặt giá thể, trong

khi mụn dừa (25%) giúp duy trì độ ẩm ổn định mà không gây úng, đảm bảo cây phát triển khỏe mạnh (Hình 3). So với các công thức khác có tỷ lệ mụn dừa cao hơn (50 - 80%) có thể tăng độ tơi xốp nhưng giữ ẩm lâu, dễ gây ẩm ướt kéo dài là làm giảm sự thông khí, từ đó ảnh hưởng đến sự phát triển của hệ rễ. Điều này phù hợp với kết quả của Le & ctv. (2021) khi tiến hành trên loài *Homalomena pierreana* Engl., đã chứng tỏ giá thể giâm hom thiên niên kiện cần độ tơi xốp, thoát nước tốt như công thức phối trộn 25% Đ + 50% C + 25% MD.

Bảng 3. Ảnh hưởng của giá thể đến tỷ lệ cây sống, chiều cao chồi, số lá và đường kính thân của cây thiên niên kiện ở thời điểm 60 ngày sau trồng

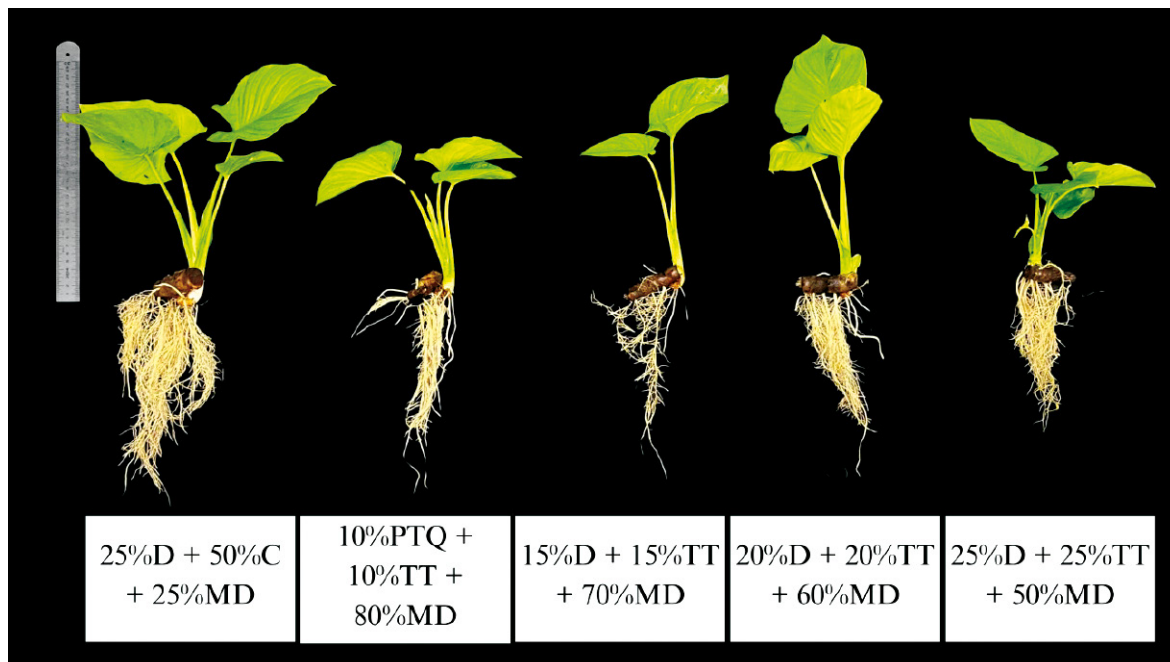
Tỷ lệ phối trộn giá thể	TLHS (%)	CCC (cm)	SL (lá)	DKT (mm)
25% Đ + 50% C + 25% MD (ĐC)	85,8 ^a	27,7 ^a	3,9 ^a	14,4 ^a
10% PTQ + 10% TT + 80% MD	65,7 ^b	22,5 ^b	3,5 ^b	9,0 ^c
15% Đ + 15% TT + 70% MD	66,4 ^b	21,3 ^c	2,6 ^d	8,1 ^d
20% Đ + 20% TT + 60% MD	83,3 ^a	21,7 ^{bc}	3,0 ^c	8,3 ^d
25% Đ + 25% TT + 50% MD	67,5 ^b	22,0 ^{bc}	3,1 ^c	10,5 ^b
CV (%)	5,4	1,6	3,7	1,9
F _{tính}	17,9 ^{**}	148,8 ^{**}	52,4 ^{**}	590,0 ^{**}

Trong cùng một cột, các giá trị trung bình có cùng ký tự đi kèm thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa trong thống kê; **: sự khác biệt rất có ý nghĩa trong thống kê ở mức $\alpha = 0,01$. Đ: đất; C: cát; MD: mụn dừa; PTQ: phân trùn quế; TT: tro trấu; TLHS: tỷ lệ hom sống; CCC: chiều cao cây; SL: số lá; DKT: đường kính thân.

Bảng 4. Ảnh hưởng của giá thể đến tỷ lệ xuất vườn và hệ số chất lượng Dickson của cây thiên niên kiện ở thời điểm 60 ngày sau trồng

Tỷ lệ phối trộn giá thể	TLXV (%)	DQI
25% Đ + 50% C + 25% MD (ĐC)	99,4 ^a	1,8 ^a
10% PTQ + 10% TT + 80% MD	87,7 ^b	1,3 ^b
15% Đ + 15% TT + 70% MD	74,8 ^d	1,0 ^c
20% Đ + 20% TT + 60% MD	77,4 ^c	1,3 ^b
25% Đ + 25% TT + 50% MD	78,8 ^c	1,3 ^b
CV (%)	0,7	5,1
F _{tính}	797,7 ^{**}	46,2 ^{**}

Trong cùng một cột, các giá trị trung bình có cùng ký tự đi kèm thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa trong thống kê; **: sự khác biệt rất có ý nghĩa trong thống kê ở mức $\alpha = 0,01$; Đ: đất; C: cát; MD: mụn dừa; PTQ: phân trùn quế; TT: tro trấu; TLXV: tỷ lệ xuất vườn; DQI: Dickson's quality index (Hệ số chất lượng Dickson).



Hình 3. Ảnh hưởng của giá thể đến sự phát triển của hom thiên niên kiện thời điểm 60 ngày sau trồng.

4. Kết Luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy sử dụng nồng độ axit α -naphthaleneacetic 150 ppm trong thời gian 60 giây là mức nồng độ và thời gian thích hợp nhất cho quá trình xử lý hom giống thiên niên kiện. Cây non thu được sau 60 ngày có bình quân 2,1 chồi, 20,1 rễ và chiều dài rễ 27,7 cm. Công thức giá thể: 25% Đ + 50% C + 25% cho kết quả tốt nhất với tỉ lệ hom sống (85,8%), chiều cao chồi (27,7 cm), số lá (3,9 lá), đường kính thân (14,4 mm), khối lượng thân lá khô (1,7 g/cây) và hệ số chất lượng Dickson (1,8).

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả.

Lời Cảm Ơn

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ kinh phí cho đề tài mã số CS-SV24-NH-04.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Dole, J. M., & Wilkins, H. F. (1999). *Floriculture: Principles and species*. New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Le, D. T., Ngo, T. M. H., Tran, H. K. T., Cao, N. G., Tran, M. N., Nguyen, M. H., & Tran, T. L. (2021). Study on clonal propagation of *Homalomena pierreana* Engl. in Phu Quoc, Kien Giang. *Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development* 14(2), 59-65. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v30.e242711>.
- Long, J. (1932). Root formation in plant cuttings: The role of substrate aeration and moisture content. *Botanical Review* 28(2), 121-134.

- Nguyen, T. B., Tran, D. L., Nguyen, T., Vu, V. D., Nguyen, N. T., Nguyen, V. T., & Nguyen, K. (2007). *Vietnam red data book*. Ha Noi, Vietnam: Natural Science and Technology Publishing House.
- Pham, T., Thoi, T. L. N., Thi, N. D., Nhat, M. N. H., Yen, T. N. H., Tuyet, A. B. T., Vuong, T. Y. N., & Nguyen, T. Q. T. (2024). Rapid propagation of *Homalomena gigantea* ornamental plant using rhizome cuttings. *Ornamental Horticulture* 30, e242711. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v30.e242711>.

Exploring microalgae (*Chlorophyta*)-based desalination and open-system cultivation strategies

Viet B. Nguyen, Quyen T. N. Nguyen, Kha D. Nguyen, Thao T.T. Bui, & Vi N. H. Vu*

Department of Chemical Engineering, Faculty of Chemical Engineering and Food Technology,
Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: February 14, 2025

Revised: June 05, 2025

Accepted: July 04, 2025

Keywords

Desalination

Microalgae

Open system

Water treatment

*Corresponding author

Vu Ngoc Ha Vi

Email:

vivnh@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Saltwater intrusion presents a global challenge that adversely affects ecosystems, depletes freshwater resources, compromises human health, and hinders agricultural development. Therefore, the development of efficient desalination methods has become critically important. Among emerging solutions, microalgae-based desalination has gained significant attention due to its high efficiency, cost-effectiveness, and environmental sustainability. This study summarizes current knowledge on the mechanisms, influencing factors, and practical applications of microalgae (*Chlorophyta*) in desalination. Microalgae desalinate water mainly through two mechanisms: biosorption and bioaccumulation. Cultivation of microalgae can be employed in different photosynthetic bioreactors, in which open pond systems are particularly promising due to their scalability, low operational costs, and ability to harness solar energy. The application of microalgae for desalination addresses salinization and contributes to sustainable development goals by promoting ecological balance.

Cited as: Nguyen, V. B., Nguyen, Q. T. N., Nguyen, K. D., Bui, T. T. T., & Vu, V. N. H. (2026). Exploring microalgae (*Chlorophyta*)-based desalination and open-system cultivation strategies. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 24-37.

Tổng quan ứng dụng vi tảo (*Chlorophyta*) trong quá trình khử mặn nước ở hệ thống nuôi cấy mở

Nguyễn Bảo Việt, Nguyễn Thị Ngọc Quyên, Nguyễn Duy Kha, Bùi Trần Thanh Thảo & Vũ Ngọc Hà Vi*
Bộ Môn Công Nghệ Hoá Học, Khoa Công Nghệ Hoá Học và Thực Phẩm, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 14/02/2025

Ngày chỉnh sửa: 05/06/2025

Ngày chấp nhận: 04/07/2025

Từ khóa

Hệ thống nuôi cấy mở

Khử mặn

Vi tảo

Xử lý nước

*Tác giả liên hệ

Vũ Ngọc Hà Vi

Email: vivnh@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Quá trình xâm nhập mặn đã trở thành một thách thức toàn cầu khi gây nhiều tác động tiêu cực lên hệ sinh thái, suy giảm nguồn nước ngọt, ảnh hưởng đến sức khỏe và kìm hãm sự phát triển của nông nghiệp. Trước thực trạng này, việc nghiên cứu các giải pháp khử mặn hiệu quả là yêu cầu cấp bách hiện nay. Trong số các phương pháp đang được phát triển, khử mặn bằng vi tảo đang nhận được nhiều sự quan tâm nhờ hiệu quả cao, chi phí thấp và có tính bền vững với môi trường. Nghiên cứu này tổng hợp các cơ chế, yếu tố ảnh hưởng và ứng dụng thực tiễn của vi tảo (*Chlorophyta*) trong quá trình khử mặn. Vi tảo khử mặn bằng hai cơ chế chính là hấp thụ sinh học và tích lũy sinh học, trong đó hiệu suất xử lý phụ thuộc các yếu tố môi trường như pH, nhiệt độ, ánh sáng. Vi tảo có thể được nuôi cấy ở các hệ thống quang học khác nhau, trong đó hệ thống nuôi cấy mở được đánh giá cao nhờ khả năng mở rộng quy mô, giảm thiểu chi phí vận hành và tận dụng năng lượng mặt trời. Công nghệ sử dụng vi tảo khử mặn giúp góp phần giải quyết vấn đề về môi trường, bảo vệ cân bằng sinh thái và hướng đến mục tiêu phát triển bền vững.

1. Đặt Vấn Đề

Xâm nhập mặn là hiện tượng nước biển dâng cao xâm nhập sâu vào trong đất liền và làm cho hàm lượng muối tăng vượt mức cho phép (Prusty & Farooq, 2022). Hiện nay, tình hình xâm nhập mặn ở Việt Nam diễn ra ngày càng phức tạp, đặc biệt là các tỉnh ở vùng Đồng bằng Sông Cửu Long. Theo nghiên cứu của Vo & ctv. (2021), năm 2019 - 2020 độ mặn bao phủ tỉnh Bến Tre đã tăng từ 3 đến 7‰ với độ sâu xâm nhập khoảng 85km. Tình hình xâm nhập mặn vào năm 2024 được dự báo cao hơn mức trung

bình trong nhiều năm, và tiếp tục tăng đến tháng 3 năm 2025 khi độ sâu xâm nhập từ 45 - 60 km tại các cửa sông Cửu Long (Vo & ctv., 2021). Hiện tượng xâm nhập mặn không chỉ diễn ra ở Đồng bằng sông Cửu Long (Việt Nam) mà còn đe dọa đến nhiều khu vực trên thế giới như Địa Trung Hải, Bắc Mỹ (Cao & ctv., 2021). Xâm nhập mặn có thể xuất phát từ tự nhiên hoặc do hoạt động sản xuất của con người. Vào mùa khô, mực nước ở sông thấp trong khi thủy triều dâng cao khiến nước biển chạy ngược dòng, gây ngập lụt, nhiễm mặn và sạt lở. Ngoài ra, các hoạt động sản xuất của con người như việc khai thác nguồn

nước ngầm, nuôi trồng thủy sản, khai thác nông nghiệp một cách quá mức cũng gây nên hiện tượng xâm nhập mặn. Sự nóng lên toàn cầu làm mực nước biển dâng cao cũng khiến quá trình xâm nhập mặn diễn biến phức tạp hơn (Moore & Joye, 2021).

Quá trình xâm nhập mặn ảnh hưởng tiêu cực lên sức khỏe và cuộc sống của con người. Việc tiếp xúc thường xuyên với nước mặn có thể gây ra các bệnh lý như viêm da, các bệnh về gan, huyết áp cao hay bệnh thận (Mueller & ctv., 2024). Đất bị nhiễm mặn gây ảnh hưởng tiêu cực đến sinh trưởng và phát triển của các loài cây trồng. Khi thiếu nước ngọt, nông dân không thể tưới tiêu các loại cây ăn quả, hoa màu và lương thực khiến nền nông nghiệp phát triển trì trệ (Tran & ctv., 2012). Do đó, cần tiến hành các phương án chống xâm nhập mặn để bảo vệ hệ sinh thái, sức khỏe và kinh tế của người dân.

Nhiều biện pháp chống xâm nhập mặn và công nghệ khử mặn nước ở quy mô lớn và hộ gia đình đã được tiến hành. Xây dựng công trình thủy lợi chống mặn, các hồ dự trữ nước ngọt giúp điều tiết, kiểm soát nước mặn xâm nhập và lưu trữ nước ngọt thường được thực hiện ở phạm vi lớn và tốn nhiều kinh phí để xây dựng lắp đặt, sửa chữa, bảo trì. Đối với quy mô hộ gia đình, phương án gia cố đê bao, nạo vét mương được triển khai nhưng phương án này có thể tăng nguy cơ tích lũy muối trong đất, gây suy giảm chất lượng đất (Nguyen & Nguyen, 2024). Một công nghệ khử mặn phổ biến được sử dụng hiện nay là lọc thẩm thấu ngược (RO), công nghệ này có thể đồng thời loại bỏ tạp chất và chất gây ô nhiễm trong nước (Jiang & ctv., 2018). Công nghệ lọc có nhiều ưu điểm như dễ vận hành, hiệu quả lọc tạp chất có trong nước mặn cao và

nước sau lọc đảm bảo an toàn (Kore, 2011). Tuy nhiên, công nghệ lọc khá tốn kém vì màng lọc chi phí cao và cần được thay đổi định kỳ.

Các kết quả nghiên cứu gần đây cho thấy khử mặn bằng vi tảo vi tảo một phương án tiềm năng. Vi tảo là loài sinh vật nhân thực có kích thước nhỏ dao động từ 0,2 tới 200 μm , đa dạng về hình dạng, thành phần và số lượng loài, sinh trưởng và phát triển trong môi trường có bổ sung muối, nguồn nito, phospho, chất dinh dưỡng vô cơ (Jones & ctv., 2019). Vi tảo có thể sống được trong môi trường nước ngọt cũng như nước mặn và thích nghi ở các điều kiện sống khác nhau (Sathasivam & ctv., 2019). Nghiên cứu của Nguyen & ctv. (2023) cho thấy vi tảo sinh trưởng, phát triển tốt ở các nồng độ muối từ 1 - 30 g/L ở các điều kiện nuôi cấy khác nhau và độ mặn của nước giảm theo thời gian nuôi cấy. Với khả năng quang tự dưỡng, vi tảo hấp thụ CO_2 trong quá trình quang hợp giúp giảm hiệu ứng nhà kính, tận dụng ánh sáng mặt trời, nguồn năng lượng dồi dào từ tự nhiên mà không cần phải tiêu tốn quá nhiều năng lượng. Hơn nữa, hệ thống nuôi tảo có chi phí vận hành thấp và có thể tăng quy mô nuôi cấy (Esmaceli & ctv., 2023). Do đó, phương án khử mặn sử dụng vi tảo được xem là một biện pháp “xanh” đầy tiềm năng thay thế các phương pháp truyền thống khi tiêu thụ ít năng lượng, giảm chi phí và không gây ảnh hưởng tới môi trường.

Bài nghiên cứu tổng quan này đánh giá tiềm năng khử mặn của vi tảo, so sánh các chủng tảo có khả năng khử mặn và phân tích cơ chế khử mặn cũng như ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh tới quá trình sinh trưởng và hiệu quả khử mặn của một số chủng vi tảo nước ngọt và nước mặn. Ngoài ra, bài nghiên cứu cũng đưa ra những

ưu và nhược điểm của phương pháp khử mặn sử dụng vi tảo và những thách thức, triển vọng của phương pháp xử lý sinh học này.

2. Các Giống Tảo Có Hiệu Quả Khử Mặn Cao

Nghiên cứu gần đây cho thấy tiềm năng ứng dụng của vi tảo không chỉ để sản xuất sinh khối, năng lượng sinh học mà vi tảo còn có thể khử mặn (Gao & ctv., 2016). Bốn loài vi tảo là *Spirulina*, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella* và *Nannochloropsis* đã được chứng minh cho hiệu quả khử mặn cao (Zarzo & ctv., 2014; Matos & ctv., 2015; Moayedid & ctv., 2021).

Spirulina, *Chlorella* và loài *Scenedesmus* là các loại tảo nước ngọt có thể thích nghi với môi trường có độ mặn cao. Khả năng khử mặn của các giống tảo này đã được đánh giá trong nghiên cứu của Sahle-Demessie & ctv. (2019). Quá trình hấp thụ muối của các giống tảo này ban đầu tuân theo mô hình động học biểu kiến bậc nhất, trong đó hằng số tốc độ phản ứng thay đổi từ -3,58 đến -7,68 theo ngày, và hiệu quả hấp thụ đạt tới 30% trong một chu kỳ. Nghiên cứu của Gilani & ctv. (2024) cho thấy *Spirulina* sp. LEB 18 được nuôi cấy trong môi trường gồm nước muối thô (nước lợ khử mặn) pha trộn 25% dung dịch dinh dưỡng Zarrouk phát triển tốt mà còn có hiệu suất xử lý dinh dưỡng dư thừa rất cao, đạt 96,99% với NO_3^- và 83,11% với PO_4^{3-} . Nghiên cứu của Barahoei & ctv. (2021) chỉ ra rằng, *Chlorella* được nuôi ở môi trường BG11 cải tiến trong hệ thống quang học dạng cột đứng cho tốc độ sinh trưởng và hiệu quả khử mặn cao. Khả năng khử mặn của *Chlorella* có thể có thể lên tới 50 g/L (Matos & ctv., 2017). Ngoài ra, *Chlorella* còn có khả năng loại bỏ các nhóm chất hữu cơ có trong nước thải sơ cấp và thứ cấp (Znad & ctv., 2018). El Nadi &

ctv. (2014) báo cáo tảo *Scenedesmus* có thể sinh trưởng tại môi trường có độ mặn dao động từ 2.000 đến 40.000 ppm cùng với khả năng loại bỏ tổng chất rắn hòa tan (TDS) hiệu suất dao động từ 13 đến 63%. Các yếu tố có thể ảnh hưởng tới hiệu quả xử lý là nồng độ TDS ban đầu, nhiệt độ, thời gian chiếu sáng và thời gian lưu. Nghiên cứu chỉ ra rằng quá trình vận hành ở chế độ dòng chảy liên tục trong điều kiện tự nhiên cho hiệu suất loại bỏ TDS tối ưu nhất. Dựa trên kết quả này, nhóm tác giả đề xuất việc ứng dụng hệ thống phản ứng liên tục để nâng cao hiệu quả khử mặn. Hệ thống này cũng cho thấy nhiều ưu điểm như khả năng thiết lập dễ dàng, chi phí vận hành và bảo trì thấp, tiêu thụ ít năng lượng, đồng thời hạn chế phát sinh ô nhiễm thứ cấp và không tạo ra phụ phẩm độc hại.

Dunaliella và *Nannochloropsis* là những giống tảo được tìm thấy ở môi trường mặn như hồ và đầm nước mặn. *Dunaliella* có khả năng tăng trưởng tối đa trong môi trường có nồng độ 1,5 - 3,0 M NaCl và có thể sống sót ở ngay cả ở điều kiện 4,5 M NaCl (Farhat & ctv., 2011). Moayedid & ctv. (2021) kết luận rằng tới hiệu quả khử mặn của các giống tảo *Dunaliella* và *Nannochloropsis* là không đáng kể ở phạm vi độ mặn từ 50 - 70 mS/cm, tuy nhiên ở môi trường độ mặn cao hiệu quả khử mặn của giống *Dunaliella salina* tăng lên đáng kể khi hàm lượng ion Na^+ , Cl^- và HCO_3^- giảm ở cùng điều kiện xử lý. Tảo *Dunaliella* khi được nuôi cấy trong môi trường có nồng độ NaCl đầu vào là 1,0 M cho hàm lượng lipid lên 70% (Takagi & ctv., 2006). Kết quả này cho thấy ảnh hưởng của nồng độ muối đối với sự tích tụ lipid trong vi tảo *Dunaliella*, mở ra ứng dụng tiềm năng của loài vi tảo này trong tương lai. *Nannochloropsis oculata* là vi tảo đơn bào hình

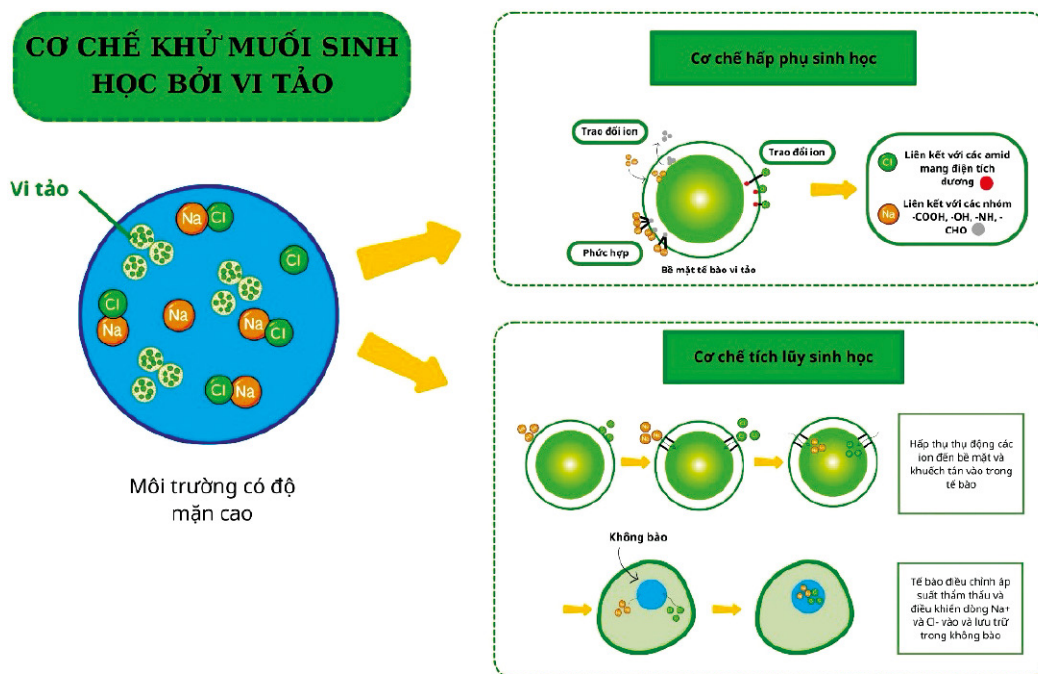
cầu có có đường kính chỉ từ 2 - 3 μm , giống tảo này có khả năng chịu mặn lên đến 80 g/L và khử mặn tốt nhất ở nồng độ 70 g/L (Elbarmelgy & ctv., 2021; Kannah & ctv., 2021).

Quá trình khử mặn hiệu quả cần lựa chọn giống tảo phù hợp, quá trình hấp thu muối được tối ưu hoá và cần có phương pháp tách tảo ra khỏi nước được xử lý. Tùy thuộc vào độ mặn ban đầu của nguồn nước và khả năng chịu mặn của tảo mà mục tiêu của quá trình sẽ là khử mặn hoặc xử lý nước trước khi qua quá trình lọc thẩm thấu để sử dụng cho quá trình tưới tiêu,

sản xuất thức ăn gia súc, thực phẩm hay nước uống (Sahle-Demessie & ctv., 2019).

3. Cơ Chế Khử Mặn Sinh Học

Cơ chế khử mặn sinh học được mô tả trong Hình 1. Quá trình khử mặn sinh học theo hai cơ chế chính như sau: (1) Cơ chế hấp phụ sinh học (bám dính vật lý) và (2) cơ chế tích lũy sinh học hoặc hấp thụ sinh học. Nghiên cứu của Gilani & ctv. (2024) đã chỉ ra rằng quá trình khử mặn của vi tảo khá tương đồng với quá trình khử kim loại nặng theo các cơ chế kể trên.



Hình 1. Cơ chế của quá trình khử mặn sinh học.

Hấp phụ sinh học

Quá trình hấp phụ sinh học của vi tảo đối với các ion muối (Na⁺, Cl⁻) được thực hiện thông qua hai cơ chế chính: (1) trao đổi ion và (2) tạo phức hợp. Trong cơ chế trao đổi ion, các ion Na⁺

sẽ thay thế cation khác và liên kết với các nhóm chức mang điện tích âm (như -COO⁻) trên bề mặt tế bào, đồng thời ion Cl⁻ liên kết với các vị trí mang điện tích dương (như -NH₃⁺). Trong khi đó, cơ chế phức hợp xảy ra khi các ion muối tạo

thành liên kết phối trí với các nhóm chức đặc biệt trên bề mặt tế bào. Theo Patel & ctv. (2021), các nhóm amin (bậc I, II, III) và carboxyl đóng vai trò then chốt trong việc hấp phụ chọn lọc các ion thông qua tương tác tĩnh điện. Trong khi đó, Chojnacka (2010) nhấn mạnh khả năng tạo phức đa phối tử của các nhóm chức này với ion muối. Do đó, có thể thấy rằng quá trình hấp phụ chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như đặc điểm cấu trúc tế bào của từng loài tảo, các nhóm chức bề mặt ($-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{CHO}$) trong thành phần pectin và protein của thành tế bào và loại liên kết hình thành (tĩnh điện hoặc cộng hóa trị).

Tích lũy sinh học (hấp thụ sinh học)

Quá trình tích lũy sinh học ở vi tảo là cơ chế chủ động sử dụng hệ thống vận chuyển màng để duy trì nồng độ Na^+ nội bào thấp, diễn ra liên tục trong vòng đời tảo (Gilani & ctv., 2024). Cơ chế này gồm hai giai đoạn: (1) hấp thụ thụ động ion muối trên bề mặt tế bào nhờ chênh lệch nồng độ, và (2) khuếch tán ion vào nội bào được cung cấp năng lượng từ quang hợp (Minas & ctv., 2015). Protein halorhodopsin đóng vai trò then chốt khi sử dụng năng lượng ánh sáng để bơm Cl^- , tạo điều kiện cho Na^+ xâm nhập qua kênh protein mà không tiêu tốn ATP. Quá trình này đạt trạng thái ổn định khi nồng độ ion được cân bằng. Ngoài ra, vi tảo chủ động điều chỉnh bằng cách giảm dự trữ ATP để hạn chế dòng Na^+ thoát ra, đồng thời sử dụng bơm Na^+/K^- để kiểm soát áp suất thẩm thấu và thể tích tế bào (Pade & Hagemann, 2014; Chen & ctv., 2019).

Trong môi trường độ mặn cao, vi tảo tăng cường tích lũy Na^+ và Cl^- chủ yếu trong không bào thông qua cơ chế điều hòa thẩm thấu (Figler & ctv., 2019). Sự chênh lệch nồng độ ion ban

đầu thúc đẩy hấp thụ thụ động, sau đó hệ thống bơm Na^+/K^- hoạt động để cân bằng nội môi. Khi áp suất thẩm thấu tăng, tế bào hình thành thêm không bào mới, nơi tập trung đến 80% ion muối, giảm tác động lên tế bào chất (Patel & ctv., 2021). Quá trình này đi kèm với sự điều chỉnh nhanh thể tích tế bào thông qua hấp thụ/giải phóng nước, đồng thời tăng tổng hợp chất tan tương thích để thiết lập cân bằng thẩm thấu mới. Nhờ đó, vi tảo duy trì được hoạt động sinh lý tối ưu ngay cả khi độ mặn môi trường biến động mạnh (Gilani & ctv., 2024).

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khử mặn sinh học

Các yếu tố môi trường như độ pH, nhiệt độ, thời gian tiếp xúc và các loại ion có thể ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ sinh học. Quá trình hấp phụ sinh học tăng lên ở pH kiềm nhưng nếu pH tăng quá cao có thể gây ra hiện tượng kết tủa. Nhiệt độ cũng là một yếu tố quan trọng khi những thay đổi nhỏ về nhiệt độ có thể thay đổi nhiệt động lực học và ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ sinh học. Trong quá trình thu nhiệt, sự hấp phụ tăng khi nhiệt độ tăng, nhưng trong quá trình tỏa nhiệt thì ngược lại. Thời gian tiếp xúc giữa các ion kim loại và tế bào tảo cũng ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ sinh học. Ví dụ khi thời gian tiếp xúc tăng, quá trình hấp phụ sinh học tăng lên, nhưng sau một thời gian, nó trở nên không đổi vì không còn vị trí hoạt động nào để hấp phụ (Gilani & ctv., 2024). Nghiên cứu của Chojnacka (2010) đã chỉ ra rằng, hiệu quả hấp phụ sinh học không khác biệt đáng kể giữa tế bào tảo sống và chết. Việc sử dụng vi tảo có chi phí thấp là một lợi thế lớn trong ứng dụng khử mặn sinh học.

Đối với quá trình tích lũy sinh học, các yếu tố như ánh sáng, chất dinh dưỡng và mật độ tế bào có thể ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình. Tảo cần đạt mật độ cao trước khi sử dụng năng lượng để đẩy Na^+ ra ngoài. Cả tế bào tảo sống và khô đều tham gia vào quá trình loại bỏ muối (Patel & ctv., 2019).

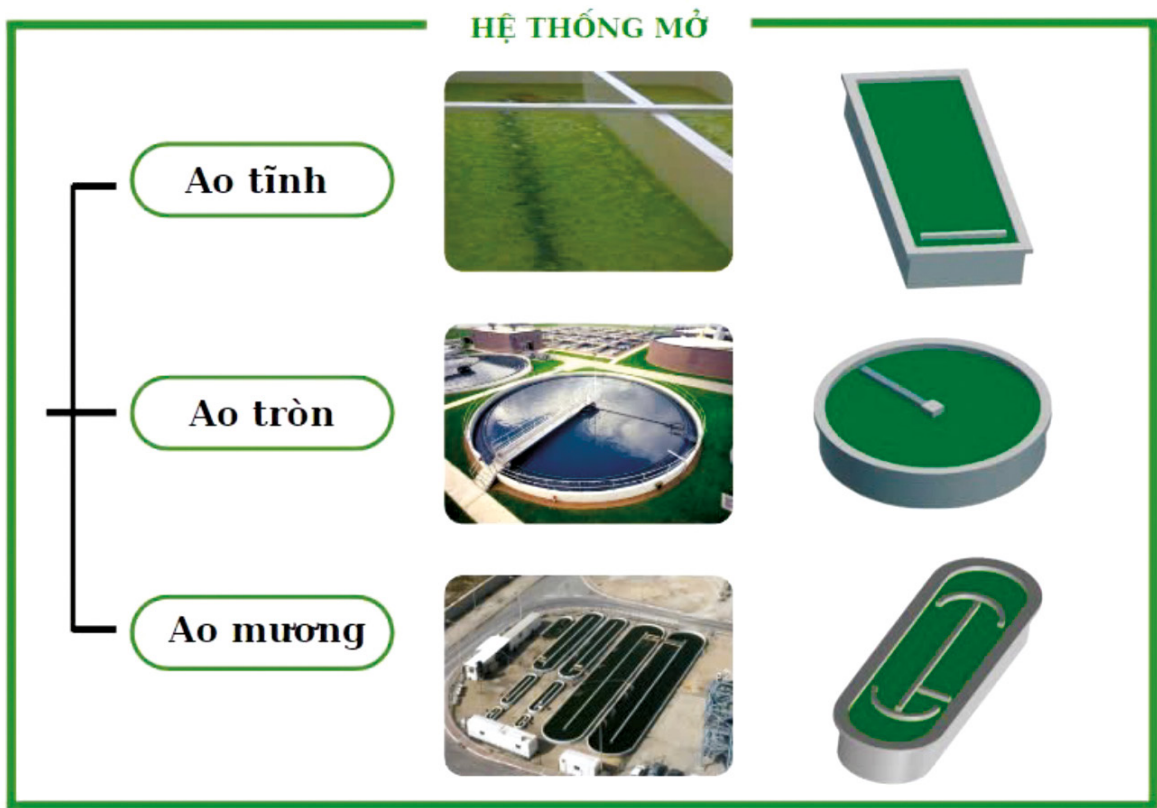
4. Ứng Dụng Vi Tảo Khử Mặn Trong Hệ Thống Nuôi Cây Mở

Để đảm bảo quá trình khử mặn đạt hiệu quả thì phải chọn lựa được giống tảo phù hợp. Theo Pan & ctv. (2024), độ mặn cao làm hạn chế khả năng quang hợp cũng như làm giảm đáng kể hàm lượng chất diệp lục tổng có trong vi tảo. Do đó, việc cần tìm hiểu khả năng thích nghi với độ mặn mỗi chủng vi tảo khác nhau là quan trọng và cần thiết (Skifa & ctv., 2025). Một số giống tảo địa phương có thể được sàng lọc và đánh giá sơ bộ khả năng khử mặn trước khi được nghiên cứu sâu và chi tiết hơn về hình thái, quy trình thu hoạch và tái sử dụng sinh khối tảo.

Môi trường nuôi tảo có độ mặn cao như nước biển có thể bổ sung các nguồn dinh dưỡng bổ sung là chất hữu cơ, nguồn carbon, vitamin và các nguyên tố vi lượng có vai trò như nhân tố sinh trưởng. Korbee & ctv. (2005) nghiên cứu tác động của ánh sáng và nhiệt độ lên quá trình phát triển của tảo nước mặn, cho thấy rằng môi trường nuôi cấy với chi phí thấp cũng có thể đạt hiệu quả cao khi sản xuất vi tảo ở quy mô thương

mại (Korbee & ctv., 2005). Nghiên cứu của Figler & ctv. (2019) cũng cho thấy ảnh hưởng của các thông số quá trình có ảnh hưởng đến khả năng quang hợp, tốc độ phát triển của tảo, khả năng chịu mặn, hiệu quả khử mặn và khả năng hấp thụ CO_2 của các giống vi tảo.

Nhiều công nghệ và thiết bị được thiết kế để nuôi cấy vi tảo, tùy vào điều kiện môi trường và vận hành mà có thể lựa chọn các công nghệ và quy trình phù hợp. Cách đơn giản nhất để nuôi cấy vi tảo là sử dụng hệ thống nuôi mở (open system), hệ thống dạng này phù hợp ở nơi có khí hậu nóng và nắng. Hệ thống nuôi cấy mở có thể là hồ tự nhiên, ao tĩnh, ao tròn hoặc ao mương (Arutselvan & ctv., 2022). Hồ tự nhiên có điều kiện nuôi cấy phụ thuộc ánh sáng và khí hậu tự nhiên. Ao tĩnh, ao tròn hay ao mương có những ưu điểm như chi phí thấp, dễ mở rộng, dễ bảo trì cũng như có thể thiết lập các cấu hình khác nhau theo kích thước, vật liệu xây dựng và hệ thống khuấy. Mata & ctv. (2020) đã sử dụng một ao mương với kích thước 2,2 (dài) $\times$ 0,9 (rộng) $\times$ 0,35 m (cao) để nuôi cấy vi tảo *Spirulina* sp. LEB 18 trong môi trường nước muối thô thu được từ quá trình khử mặn nước ngầm giếng khoan. Matos & ctv. (2021) sử dụng hệ thống bể raceway có quy mô lớn hơn (diện tích 8 m^2 , kích thước 5,0 $\times$ 1,6 $\times$ 0,5 m) với tổng thể tích 4 m^3 (4.000 lít) để nuôi *Spirulina* trong cùng loại nước muối thô. Một số hệ thống mở phổ biến được trình bày ở Hình 2.



Hình 2. Hệ thống mở nuôi vi tảo (open system).

Hệ thống nuôi cấy mở bao gồm bể nuôi hở với thiết kế đơn giản nhưng hiệu quả trao đổi khí cao và tiếp xúc trực tiếp với ánh sáng từ môi trường tự nhiên. Bên cạnh đó, hệ thống còn tích hợp các ống dẫn nước mặn vào bể nuôi hoặc thiết bị cung cấp khí để vi tảo sinh trưởng và phát triển nhanh hơn. Ngoài ra, hệ thống mở khử mặn bằng vi tảo có thể được trang bị thiết bị khuấy có vai trò phân bố vi tảo đều trong bể nuôi, đồng thời tránh hiện tượng lắng tảo làm giảm quá trình trao đổi khí. Khi kết thúc một chu kỳ nuôi vi tảo, các kỹ thuật lắng, lọc, ly tâm được sử dụng để thu hồi sinh khối vi tảo và ứng dụng trong một số lĩnh vực như dược phẩm, mỹ phẩm, nhiên liệu sinh học. Phần nước còn lại có thể được xử lý bổ sung để tái sử dụng trong nuôi

cấy vi tảo hoặc ứng dụng vào các lĩnh vực khác (Skifa & ctv., 2025).

Hệ thống nuôi cấy mở thường được ứng dụng để xử lý nước thải hoặc khử mặn (Matos & ctv., 2017) và được sử dụng phổ biến do ưu điểm chi phí thấp, việc thiết kế và xây dựng tương đối đơn giản. Nghiên cứu của Schippe & ctv. (2021) cho thấy nuôi cấy vi tảo bằng hệ thống mở như ao mương cho hiệu quả kinh tế cao hơn so với hệ thống phản ứng quang học dạng phẳng hoặc dạng ống, chi phí sản xuất sinh khối chỉ khoảng 2,9 Euro/kg. Tuy hệ thống kín cho hiệu suất quang hợp và năng suất trên một đơn vị diện tích cao hơn hệ thống mở nhưng chi phí lắp đặt và vận hành cao hơn nhiều. Tuy nhiên, vì đặc tính

hở nên hệ thống dễ bị côn trùng xâm nhập, khả năng truyền ánh sáng bị hạn chế, khó kiểm soát điều kiện vận hành và sinh khối tảo thường thấp (Rayen & ctv., 2019). Thêm vào đó, nước có thể bị bốc hơi trong quá trình vận hành và cần phải kiểm soát và duy trì mực nước ổn định trong suốt quá trình (Arutselvan & ctv., 2022). Một số nghiên cứu đã đánh giá cao hiệu quả khử mặn của vi tảo phát triển trong nước mặn ở hệ thống mở và cho thấy ảnh hưởng của các yếu tố như cường độ ánh sáng, nhiệt độ, pH, môi trường và giống tảo tới hiệu quả khử mặn (Muñoz & Guieysse, 2006; Maru & ctv., 2021).

5. Thuận Lợi và Khó Khăn

Khử mặn bằng vi tảo đang được đánh giá là một giải pháp “xanh” đầy tiềm năng nhờ khả năng khử mặn hiệu quả, góp phần thay thế cho các phương pháp khử mặn truyền thống (Gilani & ctv., 2024). Vì vi tảo có nhiều ưu điểm nổi bật như thích nghi và phát triển nhanh, chịu mặn tốt, dễ biến đổi thành phần gen (Patel & ctv., 2021; Ahmed & ctv., 2023), nên chúng có thể sinh trưởng và phát triển trong các hệ thống phản ứng quang học khác nhau ở chế độ nuôi cấy liên tục (Sahle-Demessie & ctv., 2019). Quá trình này giúp duy trì sự tăng trưởng ổn định của vi tảo và tăng hiệu quả hấp thụ muối. Bên cạnh đó, sinh khối tảo thu được sau quá trình nuôi cấy chứa các thành phần có giá trị cao như chất béo, carbohydrate, protein, chất màu tự nhiên và chất chống oxy hóa (Mata & ctv., 2020). Những thành phần này có tiềm năng ứng dụng cao để sản xuất các sản phẩm có giá trị cao như dược phẩm, mỹ phẩm, thực phẩm và thức ăn chăn nuôi. Ngoài ra, sinh khối vi tảo được xem là nguồn nguyên liệu mới và bền vững để sản xuất nguyên liệu sinh

học như biodiesel, biohydrogen và bioethanol (Matos & ctv., 2024). Hệ thống xử lý bằng vi tảo có tác động môi trường thấp vì không phụ thuộc nguyên liệu hóa thạch, hấp thụ CO₂ qua quang hợp, và có thể triển khai tại các khu vực xa xôi, khô cằn, thiếu cơ sở hạ tầng hoặc đất đai canh tác.

Tuy nhiên, công nghệ khử mặn bằng vi tảo vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi ở quy mô lớn do thiếu các phương tiện kỹ thuật cần thiết cùng với nhiều rào cản trong việc kiểm soát độ mặn (Patel & ctv., 2021; Aly & ctv., 2024). Quá trình khử mặn bằng vi tảo không phải là lựa chọn tối ưu trên quy mô lớn vì hiệu quả khử mặn giảm dần theo thời gian (Ahmed & ctv., 2023), không đáp ứng đủ lượng nước sinh hoạt và cần phải kết hợp với các công nghệ khác để tối ưu hóa chi phí và năng lượng (Patel & ctv., 2021). Thêm vào đó, hệ thống nuôi trồng vi tảo dễ bị ô nhiễm bởi các vi sinh vật, côn trùng và tốn nhiều chi phí cho việc lựa chọn giống phù hợp và duy trì điều kiện nuôi cấy ổn định. Quá trình khử mặn bằng vi tảo mất nhiều thời gian, đặc biệt kéo dài khi cơ chế khử mặn là tích lũy sinh học, khiến hiệu quả xử lý chưa cao. Bên cạnh đó, khâu thu hoạch sinh khối tảo vẫn còn là thách thức lớn vì tế bào tảo có kích thước nhỏ, mật độ thấp và diện tích bề mặt lớn, gây khó khăn trong quá trình tách khỏi môi trường nuôi cấy (Patel & ctv., 2021; Gilani & ctv., 2024). Nhiều kỹ thuật được áp dụng như lắng, lọc, ly tâm, keo tụ, tuyển nổi hay sử dụng hóa chất, nhưng các phương pháp có ưu và nhược điểm riêng và phụ thuộc vào đặc tính của từng chủng tảo, cần phải nghiên cứu lựa chọn để sử dụng cho phù hợp (Wen & ctv., 2011; Patel & ctv., 2021). Phương pháp bổ sung chất kết bông hóa học tuy tiết kiệm chi phí nhưng làm ô nhiễm

sinh khối (Huang & ctv., 2023), trong khi đó các phương pháp sinh học an toàn và cho hiệu suất cao hơn nhưng mất nhiều thời gian hơn để tạo bông (Walczak & ctv., 2023; Huang & ctv., 2024).

6. Cơ Hội và Thách Thức

Công nghệ khử mặn bằng vi tảo không chỉ góp phần giải quyết vấn đề khan hiếm nước ngọt mà còn mở ra nhiều cơ hội phát triển trong lĩnh vực môi trường và kinh tế. Nhu cầu ngày càng cao về những giải pháp nước bền vững và các sản phẩm có giá trị từ vi tảo đang góp phần gia tăng sự quan tâm của giới nghiên cứu đối với công nghệ này (Patel & ctv., 2021; Ahmed & ctv., 2023). Việc áp dụng các hệ thống phản ứng quang sinh học tích hợp giúp duy trì sự tăng trưởng ổn định của vi tảo, từ đó tăng cường khả năng hấp thụ muối (Sahle-Demessie & ctv., 2019). Sau khi xử lý, sinh khối tảo có thể được tận dụng để sản xuất các sản phẩm giá trị cao, đồng thời thúc đẩy việc mở rộng thị trường và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như nhiên liệu sinh học, mỹ phẩm, dược phẩm và thực phẩm (Matos & ctv., 2024). Hệ thống này có thể được triển khai tại các khu vực thiếu nước hoặc không phù hợp để canh tác, đồng thời giảm phát thải CO₂ và góp phần giảm thiểu biến đổi khí hậu nhờ khả năng quang hợp. Bên cạnh đó, sự tiến bộ trong ngành công nghệ khử mặn dựa trên vi tảo còn có thể mở ra nhiều cơ hội việc làm trong các lĩnh vực như kỹ thuật, nông nghiệp, sinh học và quản lý tài nguyên nước. Theo thời gian, những tiến bộ kỹ thuật và việc mở rộng quy mô sản xuất có thể giúp giảm chi phí vận hành, từ đó nâng cao tính cạnh tranh của công nghệ này so với các phương pháp truyền thống.

Tuy nhiên, công nghệ khử mặn bằng vi tảo vẫn đối mặt với nhiều thách thức đáng kể. Đầu tiên là khả năng mở rộng quy mô bị hạn chế do yêu cầu nghiêm ngặt về điều kiện nuôi cấy tối ưu (như ánh sáng, nhiệt độ, dinh dưỡng) và quy trình thu hoạch tốn kém. Bên cạnh đó, hệ thống dễ bị nhiễm bởi vi sinh vật ngoại lai và làm giảm hiệu suất xử lý nước. Cơ chế hấp thụ muối của vi tảo diễn ra chậm, đòi hỏi thời gian dài, dẫn đến chi phí vận hành cao. Do đó, để ứng dụng hệ thống khử mặn bằng vi tảo ở quy mô nghiệp, cần đánh giá toàn diện hai yếu tố: (1) tính khả thi kỹ thuật - kinh tế của hệ thống, bao gồm tối ưu hóa năng suất và giảm thiểu năng lượng tiêu thụ; và (2) tiềm năng tận dụng sinh khối tảo sau xử lý (như sản xuất nhiên liệu sinh học, phân bón hoặc dược phẩm). Những phân tích này không chỉ góp phần phát triển kinh tế tuần hoàn mà còn nâng cao hiệu quả giải pháp bền vững cho vấn đề khan hiếm nước ngọt và ô nhiễm môi trường.

7. Kết Luận

Khử mặn vi tảo là một phương pháp sinh học đầy tiềm năng. Các giống tảo *Spirulina*, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella*, *Nannochloropsis* đã được chứng minh cho hiệu quả khử mặn cao thông qua các cơ chế như hấp phụ sinh học và tích lũy sinh học. Bên cạnh đó, hệ thống nuôi cấy mở có thể được áp dụng cho quá trình khử mặn bằng vi tảo có nhiều ưu điểm như chi phí thấp, dễ mở rộng, dễ bảo trì, đồng thời lượng sinh khối tảo thu được có thể được sử dụng làm nguyên liệu cho nhiều ngành công nghiệp, góp phần vào nền kinh tế tuần hoàn. Mặc dù vẫn còn những thách thức về hiệu suất và quy trình nuôi trồng, những tiến bộ trong công nghệ di truyền

và tối ưu hệ thống nuôi cấy sẽ mở ra cơ hội nâng cao năng suất khử mặn và chất lượng sinh khối. Phương pháp sử dụng vi tảo khử mặn không chỉ góp phần giải quyết vấn đề cấp bách của môi trường nước mà còn phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kì mâu thuẫn giữa các tác giả.

Lời Cảm Ơn

Nhóm nghiên cứu trân trọng cảm ơn trường Đại Học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ kinh phí và tạo điều kiện cơ sở vật chất để chúng tôi hoàn thành nghiên cứu này với mã số đề tài CS-SV24-HHTP-01.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Ahmed, M. E., Zafar, A. M., Hamouda, M. A., Aly Hassan, A., & Arimbrathodi, S. (2023). Biodesalination research trends: A bibliometric analysis and recent developments. *Sustainability* 15(1), 16. <https://doi.org/10.3390/su15010016>.
- Aly, S. M., ElBanna, N. I., & Fathi, M. (2024). *Chlorella* in aquaculture: Challenges, opportunities, and disease prevention for sustainable development. *Aquaculture International* 32, 1559-1586. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01229-x>.
- Arutselvan, C., Seenivasan, H. Kumar, Lewis Oscar, F., Ramya, G., Thuy Lan Chi, N., Pugazhendhi, A., & Thajuddin, N. (2022). Review on wastewater treatment by microalgae in different cultivation systems and its importance in biodiesel production. *Fuel* 324, 124623. <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124623>.
- Barahoei, M., Hatamipour, M. S., & Afsharzadeh, S. (2021). Direct brackish water desalination using *Chlorella vulgaris* microalgae. *Process Safety and Environmental Protection*, 148, 237–248. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.006>.
- Cao, T., Han, D., & Song, X. (2021). Past, present, and future of global seawater intrusion research: A bibliometric analysis. *Journal of Hydrology* 603, 126844. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126844>.
- Chen, T., Wang, W., Xu, K., Xu, Y., Ji, D., Chen, C., & Xie, C. (2019). K⁺ and Na⁺ transport contribute to K⁺/Na⁺ homeostasis in *Pyropia haitanensis* under hypersaline stress. *Algal Research* 40, 101526. <https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2019.101526>.
- Chojnacka, K. (2010). Biosorption and bioaccumulation - the prospects for practical applications. *Environment International* 36(3), 299-307. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.12.001>.
- Elbarmelgy, A., Ismail, M. M., & Sewilam, H. (2021). Biomass productivity of *Nannochloropsis* sp. grown in desalination brine culture medium. *Desalination and Water Treatment* 216, 306-314. <https://doi.org/10.5004/DWT.2021.26848>.
- El Nadi, M. H. A., El Sergany, F. A. G. H., & El Hosseiny, O. M. (2014). Desalination using algae ponds under nature Egyptian conditions. *Journal of Water Resources and Ocean Science* 3(6), 69-73. <https://doi.org/10.11648/j.wros.20140306.11>.
- Esmaceli, A., Moghadam, H. A., & Golzary, A. (2023). Application of marine microalgae in biodesalination and CO₂ biofixation: A review. *Desalination* 567, 116958. <https://doi.org/10.1016/J.DESAL.2023.116958>.
- Farhat, N., Rabhi, M., Falleh, H., Jouini, J., Abdelly, C., & Smaoui, A. (2011). Optimization of salt concentrations for a higher carotenoid production in *Dunaliella salina* (Chlorophyceae).

- Journal of Phycology* 47(5), 1072-1077. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.01036.x>.
- Figler, A., B-Béres, V., Dobronoki, D., Márton, K., Nagy, S. A., & Bácsi, I. (2019). Salt tolerance and desalination abilities of nine common green microalgae isolates. *Water* 11(12), 2527. <https://doi.org/10.3390/w11122527>.
- Gao, F., Li, C., Yang, Z. H., Zeng, G. M., Feng, L. J., Liu, J. zhi, Liu, M., & Cai, H. wen. (2016). Continuous microalgae cultivation in aquaculture wastewater by a membrane photobioreactor for biomass production and nutrients removal. *Ecological Engineering* 92, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.046>.
- Gilani, I. E., Hosseini, H., Al-Ghouti, M. A., Saadaoui, I., & Sayadi, S. (2024). Microalgal-based desalination brine remediation: Achievements, challenges, and future research trends. *Environmental Technology and Innovation* 34(2), 103592. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103592>.
- Huang, K. X., Mao, B. Di, Lu, M. M., Chen, D. Z., Qiu, J., & Gao, F. (2024). Effect of external acetate added in aquaculture wastewater on mixotrophic cultivation of microalgae, nutrient removal, and membrane contamination in a membrane photobioreactor. *Journal of Environmental Management* 349, 119391. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119391>.
- Huang, K. X., Vadiveloo, A., Zhou, J. L., Yang, L., Chen, D. Z., & Gao, F. (2023). Integrated culture and harvest systems for improved microalgal biomass production and wastewater treatment. *Bioresource Technology* 376, 128941. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128941>.
- Jiang, L., Tu, Y., Li, X., & Li, H. (2018). Application of reverse osmosis in purifying drinking water. E3S Web of Conferences (01037). *Les Ulis, France: EDP Sciences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183801037>.
- Jones, E., Qadir, M., van Vliet, M. T. H., Smakhtin, V., & Kang, S. M. (2019). The state of desalination and brine production: A global outlook. *Science of The Total Environment* 657, 1343-1356. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.12.076>.
- Kannah, R. Y., Kavitha, S., Parthiba, O., Rene, E. R., Kumar, G., & Banu, J. R. (2021). A review on anaerobic digestion of energy and cost effective microalgae pretreatment for biogas production. *Bioresource Technology*, 332(February), 125055. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125055>.
- Korbee, N., Figueroa, F. L., & Aguilera, J. (2005). Effect of light quality on the accumulation of photosynthetic pigments, proteins and mycosporine-like amino acids in the red alga *Porphyra leucosticta* (Bangiales, Rhodophyta). *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 80(2), 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2005.03.002>.
- Kore, S. (2011). *A short review on process and applications of reverse osmosis*. Retrieved February 13, 2026, from <http://www.environmentaljournal.org>.
- Mata, S. N., Santos, T. de S., Cardoso, L. G., Andrade, B. B., Duarte, J. H., Costa, J. A. V., Souza, C. O. de, & Druzian, J. I. (2020). *Spirulina* sp. LEB 18 cultivation in a raceway-type bioreactor using wastewater from desalination process: Production of carbohydrate-rich biomass. *Bioresource Technology* 311(March), 123495. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123495>.
- Maru, M., Sahle-Demissie, E., & Zewge, F. (2021). Retracted: A review on biodesalination using halophytic microalgae: opportunities and challenges. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua* 70(8), 1210-1234. <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.068>.
- Matos, A. P., Ferreira, W. B., de Oliveira Torres, R. C., Morioka, L. R. I., Canella, M. H. M., Rotta, J., da Silva, T., Moecke, E. H. S., & Sant'Anna, E.

- S. (2015). Optimization of biomass production of *Chlorella vulgaris* grown in desalination concentrate. *Journal of Applied Phycology* 27(4), 1473-1483. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0451-y>.
- Matos, A. P., Moecke, E. H. S., & Sant'Anna, E. S. (2017). The use of desalination concentrate as a potential substrate for microalgae cultivation in Brazil. *Algal Research* 24, 505-508. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.08.003>.
- Matos, A. P., Prado Saldanha-Corrêa, F.M., Hurtado, G.R., Vadiveloo, A., Moheimani, N.R. (2024). Influence of desalination concentrate medium on microalgal metabolism, biomass production and biochemical composition. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 99(2), 321-329. <https://doi.org/10.1002/jctb.7565>.
- Minas, K., Karunakaran, E., Bond, T., Gandy, C., Honsbein, A., Madsen, M., Amezaga, J., Amtmann, A., Templeton, M. R., Biggs, C. A., & Lawton, L. (2015). Biodesalination: an emerging technology for targeted removal of Na⁺ and Cl⁻ from seawater by cyanobacteria. *Desalination and Water Treatment* 55(10), 2647-2668. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.940647>.
- Moayedi, A., Yargholi, B., Pazira, E., & Babazadeh, H. (2021). Investigation of bio-desalination potential algae and their effect on water quality. *Desalination and Water Treatment* 212, 78-86. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.26638>.
- Moore, W. S., & Joye, S. B. (2021). Saltwater Intrusion and Submarine Groundwater Discharge: Acceleration of Biogeochemical Reactions in Changing Coastal Aquifers. *Frontiers in Earth Science* 9, 600710. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.600710>.
- Mueller, W., Zamrsky, D., Essink, G. O., Fleming, L. E., Deshpande, A., Makris, K. C., Wheeler, B. W., Newton, J. N., Narayan, K. M. V., Naser, A. M., & Gribble, M. O. (2024). Saltwater intrusion and human health risks for coastal populations under 2050 climate scenarios. *Scientific Reports* 14(1), 16450. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66956-4>.
- Muñoz, R., & Guieysse, B. (2006). Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review. *Water Research* 40(15), 2799-2815. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.06.011>.
- Nguyen, D. H., & Nguyen, C. T. (2024). Farmers' solutions to cope with saline intrusion: A study in Kien Giang province. *Journal of Economics and Development* 26(2), 22-30. <https://doi.org/10.33301/jed.vi.1859>.
- Nguyen, H. T., Ho, G. T. K., Nguyen, H. T., Nguyen, S. M., Nguyen, S. T., Duy, D. N., Nguyen, V. B., & Bao, V. N. (2023). Water desalination of *Chlorella vulgaris*. *The Journal of Agriculture and Development* 22(4), 39-46. <https://doi.org/10.52997/jad.2023.22.4.5>.
- Pade, N., & Hagemann, M. (2014). Salt acclimation of cyanobacteria and their application in biotechnology. *Life* 5(1), 25-49. <https://doi.org/10.3390/life5010025>.
- Pan, Y., Amenorfenyo, D. K., Dong, M., Zhang, N., Huang, X., Li, C., & Li, F. (2024). Effects of salinity on the growth, physiological and biochemical components of microalga *Euchlorocystis marina*. *Frontiers in Marine Science* 11, 1402071. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1402071>.
- Patel, A. K., Joun, J. M., Hong, M. E., & Sim, S. J. (2019). Effect of light conditions on mixotrophic cultivation of green microalgae. *Bioresource Technology* 282, 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.024>.
- Patel, A. K., Tseng, Y. S., Singhanian, R. R., Chen, C. W., Chang, J. S., & Dong, C. D. (2021). Novel application of microalgae platform for biodesalination process: A review. *Bioresource Technology* 337, 125343. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125343>.

- Prusty, P., & Farooq, S. H. (2022). Potential tools for identification of saltwater intrusion into the coastal aquifers: A case study from East Coastal Regions of India. *Current Direction in Water Scarcity Research* 5, 247-269. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85378-1.00013-1>.
- Rayen, F., Taidi, B., & Pareau, D. (2019). Optimization of a raceway pond system for wastewater treatment: A review. *Critical Reviews in Biotechnology* 39(3), 422-435. <https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1571007>.
- Sahle-Demessie, E., Aly Hassan, A., & El Badawy, A. (2019). Bio-desalination of brackish and seawater using halophytic algae. *Desalination* 465, 104-113. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.05.002>.
- Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A., & Abd-Allah, E. F. (2019). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26(4), 709-722. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.11.003>.
- Schipper, K., Al-Jabri, H. M. S. J., Wijffels, R. H., & Barbosa, M. J. (2021). Techno-economics of algae production in the Arabian Peninsula. *Bioresource Technology* 331, 125043. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125043>.
- Skifa, I., Chauchat, N., Cocquet, P. H., & Guer, Y. Le. (2025). Microalgae cultivation in raceway ponds: Advances, challenges, and hydrodynamic considerations. *EFB Bioeconomy* 5, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2024.100073>.
- Takagi, M., Karseno, & Yoshida, T. (2006). Effect of salt concentration on intracellular accumulation of lipids and triacylglyceride in marine microalgae *dunaliella* cells. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 101(3), 223-226. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.223>.
- Tran, Q. D., Nguyen, H. T., & Likitdecharote, K. (2012). Modeling the influence of river discharge and sea level rise on salinity intrusion in the Mekong Delta. *Can Tho University Journal of Science* 2012(23b), 141-150.
- Vo, V. B., Mai, L. C., & Nguyen, T. H. N. (2021). Assessing the impact of saline intrusion on agricultural production in Binh Dai district, Ben Tre province. *Journal of Scientific Research and Economic Development* 14, 287-299.
- Walczak, J., Karolinczak, B., & Zubrowska-Sudol, M. (2023). Effect of co-digestion and hydrodynamic disintegration on the methane potential of sewage sludge and organic fraction of municipal solid waste with consideration of the carbon footprint. *Energy* 282, 128949. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128949>.
- Wen, Z., Liu, J., & Chen, F. (2011). Biofuel from microalgae. In Moo-Young, M. (Ed.), *Comprehensive biotechnology* (2nd ed., 121-133). Retrieved February 13, 2026, from <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00172-0>.
- Zarzo, D., Campos, E., Prats, D., Hernandez, P., & Garcia, J. A. (2014). Microalgae production for nutrient removal in desalination brines. *IDA Journal of Desalination and Water Reuse* 6(2), 61-68. <https://doi.org/10.1179/2051645214y.0000000021>.
- Znad, H., Ketife, A. M. D. Al, Judd, S., Almomani, F., & Vuthaluru, H. B. (2018). Bioremediation and nutrient removal from wastewater by *Chlorella vulgaris*. *Ecological Engineering* 110(October 2017), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.10.008>.

Effects of feeds on the growth and survival rate of Koi carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) from 1 to 20 days old

Luong T. Le*, Vy T. Ninh, Phuc Q. Nguyen, Nam H. Le, Vinh Q. Bui, & Thang T. Le
Faculty of Fisheries, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Research Paper	The purpose of this study was to find a suitable feed for Koi carp during the nursing time, a period from 1 to 20 days old. Three types of feed were tested: <i>Moina</i>, bloodworms, and commercial food. <i>Moina</i> and bloodworms were used in the form of fresh biomass, while the commercial food was a type of fine powder and flakes with a protein content of 42%, specifically formulated for fish. There were three experimental treatments (NT) as follows: NT1: days 1 - 10, feeding <i>Moina</i>; days 11 - 15, feeding bloodworms; days 16 - 20, feeding commercial food. NT2: days 1 - 5, feeding <i>Moina</i>; days 6 - 10, feeding <i>Moina</i> + bloodworms (50:50 ratio); days 11 - 15, feeding bloodworms + commercial food (50:50 ratio); days 16-20, feeding commercial food. NT3: feeding commercial food from days 1 - 20. The stocking density was 5 fingerlings per liter. Each treatment was repeated 3 times simultaneously. The research results showed that the type of feed significantly affected the growth in length, weight, and survival rate of the fish ($P < 0.05$). The NT2 exhibited the best growth, with the highest length (24.03 ± 0.37 mm), weight (414.25 ± 8.06 mg), and had the highest survival rate ($81.67 \pm 0.33\%$). The NT3 had the lowest growth performance, with length (7.52 ± 0.34 mm), weight (75.18 ± 0.91 mg), and survival rate ($54.33 \pm 2.73\%$). The NT1 had an intermediate growth performance, with length (20.52 ± 0.32 mm) and weight (16.98 ± 0.33 mg) ($P < 0.05$). Briefly, these results help improve the koi carp rearing process in a commercial farming environment.
Received: March 28, 2025	
Revised: May 09, 2025	
Accepted: May 23, 2025	
Keywords	
<i>Cyprinus carpio haematopterus</i>	
Feed	
Growth	
Koi carp	
Survival rate	
*Corresponding author	
Le The Luong	
Email:	
luong.lethe@hcmuaf.edu.vn	

Cited as: Le, L. T., Ninh, V. T., Nguyen, P. Q., Le, N. H., Bui, V. Q., & Le, T. T. (2026). Effects of feeds on the growth and survival rate of Koi carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) from 1 to 20 days old. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 38-51.

Ảnh hưởng của thức ăn đến tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá chép Koi (*Cyprinus carpio haematopterus*) giai đoạn từ 1 đến 20 ngày tuổi

Lê Thế Lương*, Ninh Thanh Vy, Nguyễn Quang Phúc, Lê Hoàng Nam, Bùi Quang Vinh & Lê Thế Thắng
Khoa Thủy Sản, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 28/03/2025

Ngày chỉnh sửa: 09/05/2025

Ngày chấp nhận: 23/05/2025

Từ khóa

Cá chép Koi

Cyprinus carpio haematopterus

Tăng trưởng

Thức ăn

Tỷ lệ sống

*Tác giả liên hệ

Lê Thế Lương

Email:

luong.lethe@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là tìm ra loại thức ăn phù hợp trong ương cá chép Koi giai đoạn từ 1 đến 20 ngày tuổi. Ba loại thức ăn được thử nghiệm bao gồm *Moina*, trùn chỉ và thức ăn tổng hợp. *Moina* và trùn chỉ được sử dụng dưới dạng sinh khối tươi, thức ăn tổng hợp là loại cám tổng hợp dạng bột mịn và dạng mảnh có độ đậm 42% chuyên dùng cho cá. Có ba nghiệm thức (NT) thử nghiệm như sau: NT1: ngày 1 - 10 cho ăn *Moina*, ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ, ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp. NT2: ngày 1 - 5 cho ăn *Moina*, ngày thứ 6 - 10 cho ăn *Moina* + trùn chỉ (tỷ lệ 50:50), ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ + thức ăn tổng hợp (tỷ lệ 50:50), ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp và NT3: cho ăn thức ăn tổng hợp từ ngày 1 - 20. Mật độ ương là 5 cá bột/lít. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần tại cùng một thời điểm. Kết quả nghiên cứu cho thấy thức ăn có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng chiều dài, khối lượng và tỷ lệ sống của cá ($P < 0,05$). Nghiệm thức NT2 cho kết quả ương đạt tăng trưởng tốt nhất về chiều dài ($24,03 \pm 0,37$ mm), khối lượng ($414,25 \pm 8,06$ mg) và tỷ lệ sống ($81,67 \pm 0,33\%$). Nghiệm thức NT3 cho kết quả ương có mức tăng trưởng thấp nhất về chiều dài ($7,52 \pm 0,34$ mm), khối lượng ($75,18 \pm 0,91$ mg) và tỷ lệ sống ($54,33 \pm 2,73\%$). Nghiệm thức NT1 cho kết quả ương đạt tăng trưởng về chiều dài ($20,52 \pm 0,32$ mm) và khối lượng ($16,98 \pm 0,33$ mg) ở mức trung bình ($P < 0,05$). Tóm lại, kết quả này giúp cải thiện quy trình ương cá chép Koi, có thể ứng dụng trong sản xuất.

1. Đặt Vấn Đề

Cá chép Koi là loài cá có nguồn gốc từ cá chép thường đã được thuần hóa và lai tạo để nuôi làm cảnh. Hiện nay, cá chép Koi được xem là một trong những loài cá cảnh phổ biến và có giá trị kinh tế cao do chúng có nét độc đáo, đa dạng về màu sắc và được coi là đem lại sự may mắn. Ngoài phục vụ thị trường trong nước, cá chép

Koi ở Việt Nam được xuất khẩu ra thị trường các nước như Mỹ, châu Âu và châu Á... Hiện nay, một số trại cá ở Việt Nam đã thực hiện sản xuất giống; tuy nhiên, có ít tài liệu hướng dẫn chi tiết về sản xuất giống và ương nuôi loài cá này. Trong sản xuất giống cá, ương cá là khâu rất quan trọng, quyết định đến chất lượng và số lượng con giống về sau. Trong ương cá, đặc biệt là giai đoạn cá

bột lên giống thì thức ăn tự nhiên là thành phần không thể thiếu của rất nhiều loài cá. Nếu thiếu thức ăn sống (livefood) cho cá trong giai đoạn cá bột sẽ làm giảm tỷ lệ sống, giảm sức đề kháng và giảm tăng trưởng của cá. Nguyen & Pham (2009) cũng cho rằng động vật phù du sinh (zooplanton) là thức ăn ưa thích và cần thiết cho hầu hết cá bột. Tuy nhiên, việc chủ động đủ nguồn thức ăn sống (livefood) trong ương nuôi cá bột ở quy mô lớn là khá khó khăn. Do đó việc lựa chọn thức ăn phù hợp với từng thời điểm phát triển của cá để đảm bảo cá có tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống cao là rất cần thiết. Giai đoạn ương cá từ 1 đến 20 ngày tuổi là một trong những giai đoạn quan trọng nhất đối với sự phát triển của cá. Việc lựa chọn loại thức ăn phù hợp sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá trong giai đoạn này. Mặc dù có nhiều loại thức ăn được sử dụng trong nuôi cá chép Koi, nhưng sự ảnh hưởng của từng loại thức ăn trong giai đoạn ương vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Hiện nay có một số nghiên cứu về thử nghiệm ương cá bột lên cá hương trên đối tượng này như Ha & ctv. (2011); Truong (2012); và trên một số đối tượng khác sử dụng các loại thức ăn tươi sống như Le & ctv. (2025) ương cá chốt sọc; Vo & ctv. (2020) ương cá chốt bông; Nguyen & ctv. (2008) ương nuôi cá kết; Nguyen (1997) ương cá basa lai...

Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định hiệu quả của ba loại thức ăn khác nhau (Moina, trùn chỉ, thức ăn tổng hợp) lên tăng trưởng và tỷ lệ sống cá chép Koi giai đoạn từ 1 đến 20 ngày tuổi.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Cá chép Koi (*Cyprinus carpio haematopterus*) bột. Cá bố trí thí nghiệm là cá được sinh ra từ một cặp bố mẹ trong cùng một đợt đẻ. Sau khi cá nở 3 - 4 ngày, cá tiêu hóa hết noãn hoàng và chọn những cá khỏe mạnh để bố trí thí nghiệm.

2.2. Nguồn nước

Sử dụng nước thủy cục, lắng lọc qua hệ thống lọc thô, xử lý bằng chlorine 20 - 30 ppm, sau 24 - 48 giờ kiểm tra dư lượng chlorine trong nước, nếu đã hết chlorine trong nước thì sử dụng để cung cấp và thay nước cho hệ thống thí nghiệm, nếu chưa hết chlorine thì sử dụng Natri ThioSunfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) để khử lượng chlorine còn dư ở trong nước, liều lượng sử dụng theo khuyến cáo của nhà sản xuất.

2.3. Bố trí thí nghiệm

Thử nghiệm các loại thức ăn khác nhau trong ương cá chép Koi giai đoạn từ 1 đến 20 ngày tuổi kể từ khi cá bắt đầu sử dụng thức ăn ngoài để tìm ra loại thức ăn phù hợp nhất cho cá chép Koi giai đoạn này. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên trong các bể composite tròn có thể tích 200 lít nước (Hình 1), mức nước thí nghiệm được cấp vào cách thành bể 10 cm, thể tích nước nuôi cho mỗi bể là 180 lít nước, mật độ ương 5 cá bột/lít. Thí nghiệm gồm ba nghiệm thức (NT), mỗi nghiệm thức lặp lại ba lần tại cùng thời điểm. Các nghiệm thức được thiết kế như được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các nghiệm thức thí nghiệm

Nghiệm thức (NT)	Công thức cho ăn			
	Ngày thứ 1 - 5	Ngày thứ 6 - 10	Ngày thứ 11 - 15	Ngày thứ 16 - 20
NT1	<i>Moina</i>	<i>Moina</i>	Trùn chỉ	Thức ăn tổng hợp
NT2	<i>Moina</i>	<i>Moina</i> + Trùn chỉ	Trùn chỉ + Thức ăn tổng hợp	Thức ăn tổng hợp
NT3	Thức ăn tổng hợp	Thức ăn tổng hợp	Thức ăn tổng hợp	Thức ăn tổng hợp

Ở những thời điểm thay đổi thức ăn, thức ăn mới được cho ăn trước 1 ngày để cá làm quen, thức ăn mới được bổ sung 10% vào ngày đầu và tăng dần vào những ngày sau.

**Hình 1.** Bố trí thí nghiệm ương cá chép Koi trong bể composite tròn.

Trong thí nghiệm, *Moina* và trùn chỉ sử dụng dưới dạng tươi sống, thức ăn tổng hợp là loại cám chuyên dụng trong nuôi trồng thủy sản có dạng bột mịn và dạng mảnh, độ đậm 42%, kích cỡ thức ăn được tăng theo cỡ miệng của cá. Cá được cho ăn với lượng ăn thỏa mãn, mỗi ngày cho cá ăn 2 lần vào lúc 7:00 và 16:00. Theo dõi

ghi nhận hoạt động ăn, bơi lội, bắt mồi của cá và đếm số cá chết (nếu có). Mỗi ngày định kỳ siphon, bổ sung và thay nước từ 10 - 20% tùy theo giai đoạn ương và chất lượng nước. Chế độ thay nước được thực hiện như nhau giữa các nghiệm thức thí nghiệm.

2.4. Các chỉ tiêu phân tích

Môi trường nước: Nhiệt độ (°C) và pH đo bằng máy đo pH HI991001; cây nâng nhiệt (heater) hiệu Periha bằng inox có cảm biến nhiệt ở đầu, công suất 200 w, khoảng duy trì nhiệt độ của cây nâng nhiệt từ 24 - 34°C, bước nhảy 1°C và được sử dụng để ổn định nhiệt độ của bể ương. Hàm lượng oxy hòa tan được xác định bằng máy đo DO HI9142 bằng cách đo 2 lần mỗi ngày vào lúc 8:00 và 17:00; NH₃; NO₂ đo 3 ngày/lần bằng testkit Sera.

Cân khối lượng và đo chiều dài cá 2 lần trong quá trình thí nghiệm, lần 1 lúc bố trí thí nghiệm và lần 2 lúc kết thúc thí nghiệm để xác định các chỉ tiêu liên quan:

+ Tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài (mm):

$$TL = L2 - L1$$

Trong đó: TL: Tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài (mm);

- L2: Chiều dài cá lúc kết thúc thí nghiệm (mm);
- L1: Chiều dài cá ban đầu bố trí thí nghiệm (mm).

+ Tăng trưởng tương đối về chiều dài (mm/ngày):

$$DTL (mm/ngày) = \frac{L2 - L1}{\text{Số ngày thí nghiệm}}$$

Trong đó: DTL: Tăng trưởng tương đối về chiều dài DTL (mm/ngày);

- L2: Chiều dài cuối (mm);
- L1: Chiều dài ban đầu (mm).

+ Tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng (mg):

$$W (mg) = W2 - W1$$

Trong đó: W: Tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng (mg);

- W2: Khối lượng cuối (mg);
- W1: Khối lượng đầu (mg).

+ Tăng trưởng tương đối (mg/ngày):

$$DWG (mg/ngày) = \frac{W2 - W1}{\text{Số ngày thí nghiệm}}$$

Trong đó: DWG: Tăng trưởng tương đối (mg/ngày);

- W2: Khối lượng cuối (mg);
- W1: Khối lượng ban đầu (mg).

+ Tăng trưởng riêng (%/ngày):

$$SGR \left(\frac{\%}{\text{ngày}} \right) = \frac{(\ln W2 - \ln W1) \times 100}{\text{số ngày thí nghiệm}}$$

Trong đó: SGR: Tăng trưởng riêng (%/ngày);

- W2: Khối lượng cuối (mg);
- W1: Khối lượng ban đầu (mg).

+ Tỷ lệ sống SR (%) được tính theo công thức:

$$SR (\%) = \frac{\text{Số lượng cá cuối thí nghiệm}}{\text{Số lượng cá ban đầu}} \times 100$$

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được nhập và xử lý sơ bộ bằng phần mềm Microsoft Excel 2016. Phần trăm (%) tỷ lệ sống được chuyển hóa bằng arcsin trước khi tiến hành phân tích thống kê, nhưng số liệu được

thể hiện trong các bảng là số liệu ban đầu. Các số liệu tăng trưởng của cá chép Koi được phân tích thống kê bằng phương pháp phương sai một yếu tố mẫu đo lường lặp lại (repeated measures ANOVA). Kiểm định Bonferroni được dùng để so sánh sự khác biệt giữa các mức của yếu tố thí nghiệm và thời gian. Mức xác suất $P < 0,05$ được chấp nhận như tiêu chuẩn đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Tất cả các phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0.

3. Kết Quả

3.1. Các yếu tố môi trường trong quá trình thí nghiệm

Trong quá trình thí nghiệm, các chỉ tiêu về môi trường được theo dõi, kiểm tra thường xuyên và duy trì ở các mức độ cho phép cho quá trình sinh trưởng và phát triển của cá. Giá trị các yếu tố môi trường trong quá trình thí nghiệm được trình bày qua Bảng 2.

Bảng 2. Các yếu tố môi trường trong quá trình thí nghiệm

Chỉ tiêu môi trường	NT1	NT2	NT3
Nhiệt độ sáng (°C)	30,19 - 31,41	29,74 - 31,34	30,22 - 31,10
Nhiệt độ chiều (°C)	29,23 - 30,85	30,48 - 31,50	29,64 - 31,24
pH sáng	6,24 - 6,34	6,14 - 6,32	6,08 - 6,20
pH chiều	6,58 - 6,70	6,47 - 6,63	6,22 - 6,42
DO sáng (mg/L)	5,91 - 6,11	5,85 - 6,01	5,88 - 6,08
DO chiều (mg/L)	5,88 - 6,02	5,76 - 5,92	5,87 - 6,37
NH ₃	-	-	-
NO ₂	-	-	-

NT1: ngày 1 - 10 cho ăn Moina, ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ, ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp; NT2: ngày 1 - 5 cho ăn Moina, ngày thứ 6 - 10 cho ăn Moina + trùn chỉ (tỷ lệ 50:50), ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ + thức ăn tổng hợp (tỷ lệ 50:50), ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp; NT3: cho ăn thức ăn tổng hợp từ ngày 1 - 20.

Qua Bảng 2, cho thấy nhiệt độ, pH và hàm lượng oxy hòa tan gần như là tương đương ở các NT thí nghiệm. Theo đó, nhiệt độ nước trong bể ương trung bình buổi sáng 30,54 - 30,80°C, buổi chiều 30,04 - 30,99°C. pH trung bình buổi sáng 6,14 - 6,29, buổi chiều 6,32 - 6,64. Hàm lượng oxy hòa tan trung bình buổi sáng 5,93 - 6,01 mg/L, buổi chiều 5,84 - 6,12 mg/L. Chưa phát hiện được NH₃ và NO₂ trong thí nghiệm này.

3.2. Tăng trưởng chiều dài cá chép Koi

Tăng trưởng về chiều dài của cá chép Koi giai đoạn 1 - 20 ngày tuổi khi sử dụng các loại thức ăn khác nhau trong thí nghiệm được thể hiện qua Bảng 3.

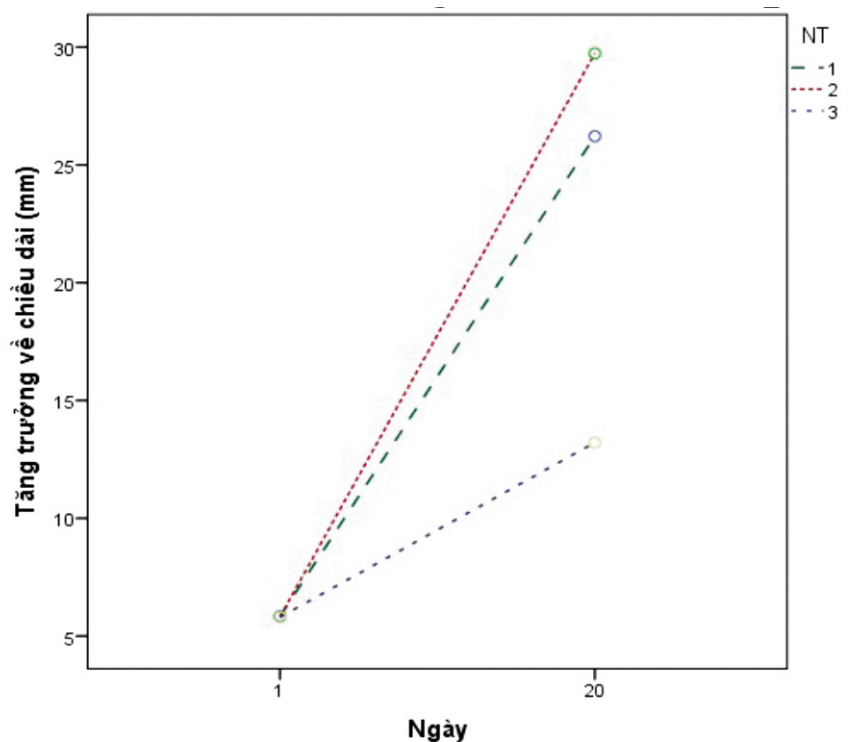
Bảng 3. Ảnh hưởng của thức ăn lên tăng trưởng chiều dài cá chép Koi

Chỉ tiêu	Thí nghiệm thức		
	NT1	NT2	NT3
L1 (mm)	1,61 ± 0,49 ^a	1,63 ± 0,49 ^a	1,61 ± 0,49 ^a
L2 (mm)	26,22 ± 0,32 ^b	29,74 ± 0,38 ^a	13,21 ± 0,34 ^c
TL (mm)	20,52 ± 0,32 ^b	24,03 ± 0,37 ^a	7,52 ± 0,34 ^c
DTL (mm/ngày)	1,08 ± 0,02 ^b	1,26 ± 0,2 ^a	0,40 ± 0,18 ^c

Trong cùng một hàng, các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$) ($a > b > c$). Số liệu trong Bảng 3 được trình bày dưới dạng TB ± SE. NT1: ngày 1 - 10 cho ăn Moina, ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ, ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp; NT2: ngày 1 - 5 cho ăn Moina, ngày thứ 6 - 10 cho ăn Moina + trùn chỉ (tỷ lệ 50:50), ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ + thức ăn tổng hợp (tỷ lệ 50:50), ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp; NT3: cho ăn thức ăn tổng hợp từ ngày 1 - 20. L1: chiều dài đầu; L2: chiều dài cuối; TL: tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài; DTL: tăng trưởng tương đối về chiều dài.

Cá chép Koi giai đoạn 1 tới 20 ngày tuổi kể từ khi cá sử dụng thức ăn ngoài có mức tăng trưởng về chiều dài khác nhau khi sử dụng các loại thức ăn và thời điểm thay đổi thức ăn khác nhau. Kết quả phân tích phương sai một yếu tố mẫu đo

lượng lặp lại cho thấy có sự khác biệt về chiều dài giữa 3 NT thí nghiệm có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$). Ở cả 3 NT, chiều dài có khuynh hướng tăng dần từ lúc cá bắt đầu sử dụng thức ăn ngoài và đạt cao nhất ở cuối thí nghiệm (Hình 2).

**Hình 2.** Ảnh hưởng của thức ăn lên tăng trưởng về chiều dài ở cá chép Koi.

Chiều dài cá ở thời điểm kết thúc thí nghiệm (ngày 20) ở các NT có sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$), trong đó, chiều dài cá ở NT2 là cao nhất ($29,74 \pm 0,38$ mm), chiều dài cá ở NT3 là thấp nhất ($13,21 \pm 0,34$ mm) và chiều dài cá ở NT1 ở mức trung bình ($26,22 \pm 0,32$ mm). Tương tự, tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài của cá chép Koi ở 3 NT thí nghiệm có sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$), trong đó, tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài cá ở NT2 là cao nhất ($24,03 \pm 0,37$ mm), tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài cá ở NT3 là thấp nhất ($7,52 \pm 0,34$ mm) và tăng trưởng tuyệt đối về chiều dài cá ở NT1 ở mức trung bình ($20,52 \pm 0,32$ mm). Bên cạnh đó, tăng trưởng tương đối về chiều dài của

cá chép Koi ở giai đoạn 1 đến 20 ngày tuổi khi sử dụng các loại thức ăn và thời điểm thay đổi thức ăn khác nhau có sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$); tăng trưởng tương đối về chiều dài cá ở NT2 là cao nhất ($1,26 \pm 0,2$ mm/ngày), tăng trưởng tương đối về chiều dài cá ở NT3 là thấp nhất ($0,40 \pm 0,18$ mm/ngày), và tăng trưởng tương đối về chiều dài cá ở NT1 ở mức trung bình ($1,08 \pm 0,02$ mm/ngày). Như vậy, NT2 cho tăng trưởng về chiều dài là cao nhất.

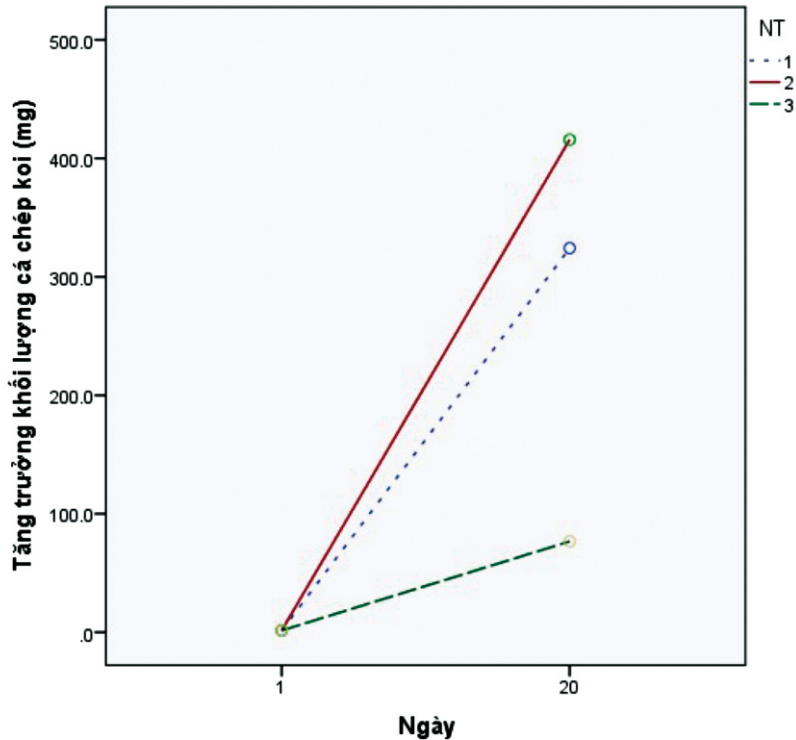
3.3. Tăng trưởng về khối lượng của cá chép Koi

Tăng trưởng về khối lượng của cá chép Koi giai đoạn 1 - 20 ngày tuổi khi sử dụng các loại thức ăn khác nhau được thể hiện qua Bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của loại thức ăn lên tăng trưởng khối lượng cá chép Koi

Chỉ tiêu	Thí nghiệm		
	NT1	NT2	NT3
W1 (mg)	$1,61 \pm 0,05^a$	$1,63 \pm 0,06^a$	$1,61 \pm 0,05^a$
W2 (mg)	$324,19 \pm 6,23^b$	$415,80 \pm 8,05^a$	$76,72 \pm 0,91^c$
W (mg)	$322,65 \pm 6,23^b$	$414,25 \pm 8,06^a$	$75,18 \pm 0,91^c$
DWG (mg/ngày)	$16,98 \pm 0,33^b$	$21,80 \pm 0,42^a$	$3,96 \pm 0,05^c$
SGR (%/ngày)	$28,12 \pm 0,13^b$	$29,40 \pm 0,15^a$	$20,63 \pm 0,12^c$

Trong cùng một hàng, các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$) ($a > b > c$). Số liệu trong Bảng 4 được trình bày dưới dạng TB $\pm$ SE. NT1: ngày 1 - 10 cho ăn Moina, ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ, ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp; NT2: ngày 1 - 5 cho ăn Moina, ngày thứ 6 - 10 cho ăn Moina + trùn chỉ (tỷ lệ 50:50), ngày 11 - 15 cho ăn trùn chỉ + thức ăn tổng hợp (tỷ lệ 50:50), ngày 16 - 20 cho ăn thức ăn tổng hợp; NT3: cho ăn thức ăn tổng hợp từ ngày 1 - 20. W1: khối lượng đầu; W2: khối lượng cuối; W: tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng; DWG: tăng trưởng tương đối.



Hình 3. Ảnh hưởng của thức ăn lên tăng trưởng về khối lượng cá chép Koi.

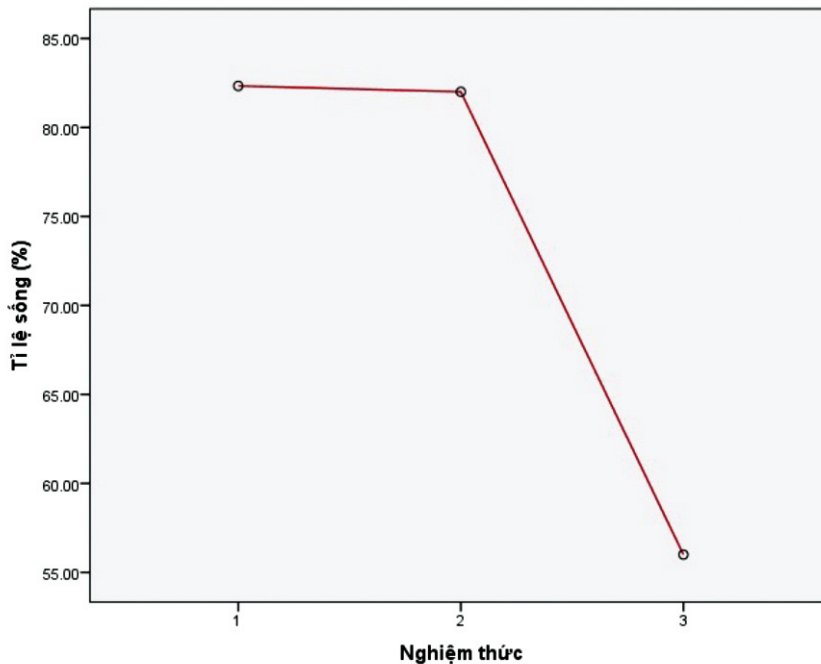
Cá chép Koi giai đoạn 1 - 20 ngày tuổi có mức tăng trưởng về khối lượng khác nhau với các loại thức ăn và thời điểm thay đổi thức ăn khác nhau. Kết quả phân tích phương sai một yếu tố với đo lường lặp lại cho thấy có sự khác biệt về khối lượng giữa ba nghiệm thức thí nghiệm có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$). Ở cả 3 nghiệm thức, khối lượng cá thí nghiệm có khuynh hướng tăng từ khi cá sử dụng thức ăn ngoài và đạt cao nhất ở cuối thí nghiệm (Hình 3). Ở thời điểm kết thúc thí nghiệm (ngày 20), khối lượng cá ở NT2 là cao nhất ($415,80 \pm 8,05$ mg), khối lượng cá ở NT3 là thấp nhất ($76,72 \pm 0,91$ mg) và khối lượng cá ở NT1 ở mức trung bình ($324,19 \pm 6,23$ mg). Tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng của cá chép Koi ở 3 NT thí nghiệm có sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$), trong đó, tăng

trưởng tuyệt đối về khối lượng cá ở NT2 là cao nhất ($414,25 \pm 8,06$ mg), tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng cá ở NT3 là thấp nhất ($75,18 \pm 0,91$ mg) và tăng trưởng tuyệt đối về khối lượng cá ở NT1 ở mức trung bình ($322,65 \pm 6,23$ mg). Tăng trưởng tương đối về khối lượng của cá chép Koi ở giai đoạn 1 đến 20 ngày tuổi khi sử dụng các loại thức ăn và thời điểm thay đổi thức ăn khác nhau có sự khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$); tăng trưởng tương đối về khối lượng cá ở NT2 là cao nhất ($21,80 \pm 0,42$ mg/ngày), tăng trưởng tương đối về khối lượng cá ở NT3 là thấp nhất ($3,96 \pm 0,05$ mg/ngày), và tăng trưởng tương đối về khối lượng cá ở NT1 ở mức trung bình ($16,98 \pm 0,33$ mg/ngày). Ngoài ra, tăng trưởng riêng về khối lượng cũng khác nhau có ý nghĩa về mặt thống kê giữa các NT thí nghiệm (P

< 0,05); tăng trưởng riêng về khối lượng đạt cao nhất ở cá NT2 ($29,40 \pm 0,15$ %/ngày), thấp nhất ở cá NT3 ($20,63 \pm 0,12$ %/ngày), và tăng trưởng riêng của cá ở NT1 đạt mức trung bình ($28,12 \pm 0,13$ %/ngày). Như vậy, cá chép Koi ở NT2 cho tăng trưởng về khối lượng là cao nhất.

3.4. Tỷ lệ sống

Tỷ lệ sống (SR) của cá chép Koi ở các nghiệm thức thí nghiệm khác nhau không giống nhau. SR cá chép Koi giai đoạn 1 - 20 ngày tuổi khi thử nghiệm với các loại thức ăn và thời điểm thay đổi thức ăn khác nhau được thể hiện qua Hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của thức ăn lên tỷ lệ sống cá chép Koi.

Kết quả phân tích phương sai một yếu tố với đo lường lặp lại cho thấy có sự khác biệt về tỷ lệ sống giữa NT3 với NT1 và NT2 có ý nghĩa về mặt thống kê ($P < 0,05$). Trong đó, nghiệm thức NT1 có tỷ lệ sống cao nhất (82,41%), NT3 có tỷ lệ sống thấp nhất (54,16%) và NT2 có tỷ lệ sống ở mức trung bình ($81,67 \pm 0,33$ %). Tuy nhiên, sự khác biệt về SR giữa NT1 và NT2 không có ý nghĩa về mặt thống kê ($P > 0,05$).

4. Thảo Luận

Các yếu tố môi trường có ảnh hưởng nhất định đến quá trình sinh trưởng và phát triển của các loài cá nói chung và cá chép Koi nói riêng, các yếu tố môi trường nước có ảnh hưởng đến quá trình sinh lý của cá theo các chiều hướng khác nhau. Theo Truong & ctv. (2006), giới hạn nhiệt độ cho phép cá tồn tại và phát triển là từ 10 - 40°C, nếu nhiệt độ cao hơn 40°C hay nhỏ hơn

10°C, ít loài cá nào có khả năng sống sót. Trong nghiên cứu này, sự biến thiên nhiệt độ trong quá trình thí nghiệm dao động trong khoảng 30,04 - 30,99°C, nhiệt độ trong suốt quá trình thí nghiệm chỉ biến động trong một khoảng nhỏ, sự biến động của nhiệt độ trong thí nghiệm nằm trong khoảng giới hạn cho phép cho sự sinh trưởng và phát triển của cá, do đó không ảnh hưởng bất lợi cho sự tăng trưởng và phát triển của cá chép Koi trong quá trình ương. Sở dĩ nhiệt độ nước trong thí nghiệm thu được kết quả như trên là do thí nghiệm của chúng tôi được bố trí trong trong các bể composite có thể tích nhỏ, 200 lít, nguồn nước sử dụng là nước thủy cục có chung nguồn gốc, ở mỗi bể ương có gắn cây nâng nhiệt hiệu Periha để ổn định nhiệt độ. Theo Truong & ctv. (2006), pH thích hợp cho thủy sinh vật là 6,5 - 9,0. Khoảng pH mà chúng tôi thu được trong quá trình thí nghiệm là 6,14 - 6,64 và nằm trong khoảng thích hợp cho cá tăng trưởng. Giá trị pH môi trường nước nuôi cá ít biến đổi là do nguồn nước của chúng tôi là nước thủy cục, được lấy vào một bể chứa có dung tích lớn, sau đó sử dụng nguồn nước này để cung cấp và thay nước cho quá trình ương, ngoài ra, mặc dù trong quá trình ương chúng tôi cho cá ăn với lượng ăn thỏa mãn; tuy nhiên, sau khi cá ăn no 60 phút, chúng tôi tiến hành vớt, siphon hết thức ăn dư thừa và phân cá ra khỏi bể thí nghiệm và định kỳ thay nước bể ương; do đó, môi trường nước ít có biến động về pH nước cũng như hàm lượng các loại khí độc NH_3 , NO_2 . Theo Swingle (1969) trích dẫn bởi Truong & ctv. (2006) thì hàm lượng oxy hòa tan trong nước lý tưởng cho tôm, cá là trên 5 mg O_2 /L. Hàm lượng oxy hòa tan đo được trong quá trình thí nghiệm là 5,84 - 6,12 mg O_2 /L

vì các bể nuôi được sục khí liên tục và có gắn van chỉnh khí để điều chỉnh lượng khí trong bể giúp ổn định lượng oxy hòa tan tạo điều kiện phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của cá chép Koi.

Trong phạm vi nghiên cứu này, cá chép Koi bổ sung trùn chỉ ở giai đoạn sớm (từ ngày thứ 6 - 10) và kéo dài tới ngày ương thứ 15 là cách thức cho ăn cho kết quả tốt nhất để ương. Một số nghiên cứu trước đây cũng có kết quả tương tự, như Le & ctv. (2025) đã sử dụng *Moina*, trùn chỉ và thức ăn tổng hợp trong ương cá chốt sọc giai đoạn cá bột lên cá hương, Vo & ctv. (2020) sử dụng *Moina*, trùn chỉ và cá tạp xay để ương cá chốt bông giai đoạn cá bột lên cá hương; Nguyen & ctv. (2008) ương nuôi cá kết giống bằng các loại thức ăn khác nhau cho thấy tăng trưởng của cá sau 30 ngày ương đạt tốt nhất khi cho ăn trùn chỉ so với cho ăn bằng *Moina* hay *Artemia* hay kết hợp hai loại thức ăn này. Kết quả của Nguyen (1997) cũng chỉ ra rằng, trùn chỉ cũng là thức ăn thích hợp khi ương cá basa lai.

Theo quy luật tự nhiên, cá bột sau khi tiêu hóa hết noãn hoàng và bắt đầu sử dụng thức ăn ngoài, kích cỡ miệng của cá sẽ tăng theo số ngày tuổi của cá, do đó kích cỡ thức ăn vô cùng quan trọng đối với quá trình ăn phát triển của chúng. Ngoài ra, việc cung cấp loại thức ăn phù hợp với tập tính ăn của loài ảnh hưởng rất lớn đến sinh trưởng và phát triển cũng như tỷ lệ sống của chúng. *Moina* và trùn chỉ là thức ăn thường được sử dụng trong ương nuôi nhiều loài cá nước ngọt. Đây là các loại thức ăn tươi sống phổ biến và có hàm lượng dinh dưỡng cao. Cá chép Koi sau khi tiêu hóa hết noãn hoàng, chúng có tốc độ lớn rất nhanh nếu cung cấp đầy đủ dinh dưỡng, cùng với sự phát

triển đó kích cỡ miệng của chúng cũng lớn dần theo, do đó, chúng có thể sử dụng được *Moina* ở các ngày đầu và kể từ ngày thứ 6 sau khi nở trở đi cá đã ăn được trùn chỉ nguyên con. Theo quan sát, kể từ ngày thứ 4 kể từ khi cá sử dụng thức ăn ngoài, cá chép Koi đã có thể ăn trùn chỉ cắt nhỏ. Kích cỡ thức ăn có liên quan mật thiết đến thời gian ăn và tiêu hao năng lượng của cá khi bắt mồi, kích cỡ thức ăn quá nhỏ cá sẽ tiêu tốn nhiều thời gian và năng lượng hơn do phải di chuyển và bắt mồi nhiều lần và ngược lại. Trùn chỉ là loại thức ăn tươi sống có kích cỡ lớn, do đó cá nhanh chóng thỏa mãn nhu cầu ăn mồi và tiết kiệm năng lượng cho việc tìm mồi so với *Moina* và các loại thức ăn có kích cỡ nhỏ khác. Do đó, cá chép Koi ở NT2 có tăng trưởng tốt hơn so với các nghiệm thức khác. Mặt khác, như đã đề cập ở trên, ở giai đoạn này, cá chép Koi là một trong những loài có xu hướng bắt mồi sống, chúng có xu hướng bơi theo các con mồi có sự di chuyển để bắt mồi; bên cạnh đó, ở giai đoạn này cá chép Koi có cường độ trao đổi chất mạnh, tăng cường tích lũy vật chất cho cơ thể do đó nhu cầu về đạm rất cao. Theo Le (2002), hàm lượng protein trong trùn chỉ rất cao, chiếm tỷ lệ 60% khối lượng thô, nên cá tăng trưởng nhanh. Mặt khác, trong trùn chỉ còn chứa vitamin A và một ít vitamin B. Do đó, trùn chỉ là một trong những lựa chọn phù hợp về dinh dưỡng cho cá giai đoạn này.

Cho cá chép Koi ăn trùn chỉ ở giai đoạn sớm sẽ cung cấp đầy đủ dinh dưỡng cho sự sinh trưởng và phát triển của cá. Cá chép Koi ở NT2 được bổ sung trùn chỉ từ ngày thứ 6 tới ngày thứ 15 nên khoảng thời gian cá được ăn trùn chỉ kéo dài, do đó cá có được nguồn thức ăn giàu dinh

dưỡng cho sự phát triển của chúng so với cá ở NT1 chỉ cho ăn trùn chỉ trong vòng 5 ngày, từ ngày ương thứ 11 đến ngày 15, và cao hơn rất nhiều so với NT cho ăn thức ăn tổng hợp. Thức ăn tổng hợp là loại thức ăn có mùi vị đặc trưng, tuy nhiên, do có xu hướng bắt mồi động nên cá chép Koi ít thực hiện hành vi bắt mồi đối với cám, ngoài ra trong thức ăn tổng hợp còn thiếu một số chất dinh dưỡng mà chỉ có trong thức ăn tươi sống cho nên tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá bột giai đoạn này sẽ thấp hơn. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với nhiều nghiên cứu trên các đối tượng khác như Le & ctv. (2025) cho rằng, sử dụng trùn chỉ ở giai đoạn sớm sẽ cho kết quả tăng trưởng tốt hơn về chiều dài và khối lượng cá chốt sọc; Vo & ctv. (2020) cho rằng, việc thay thế trùn chỉ bằng cá tạp xay sớm không cải thiện sinh trưởng cá chốt bông do không phù hợp với tập tính ăn mồi đã được tạo ra bởi thức ăn trùn chỉ trước đó; Do (2008) đã tìm thấy cá hú con cho ăn trùn chỉ có tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống cao nhất và khác biệt có ý nghĩa so với cho ăn hoàn toàn thức ăn công nghiệp. Mật độ ương càng cao thì sự phát triển của cá càng thấp có thể do sự cạnh tranh về thức ăn và môi trường sống. Trong thí nghiệm này, kết quả tăng trưởng tương đối về chiều dài cá chép Koi ở NT2 ($1,26 \pm 0,2$ mm/ngày) và NT1 ($1,08 \pm 0,02$ mm/ngày) là cao hơn so với kết quả nghiên cứu trên cá chép Koi của Truong (2012) (0,82 - 0,97 mm/ngày) và cao hơn kết quả của Ha & ctv. (2011). Kết quả tăng trưởng tương đối về khối lượng ở NT1 ($16,98 \pm 0,33$ mg/ngày) và NT2 ($21,08 \pm 0,42$ mg/ngày) cao hơn kết quả của Truong (2012) (6,0 - 6,7 mg/ngày) và cao hơn so với kết quả của Ha & ctv. (2011).

Tỷ lệ sống của cá nói chung và cá chép Koi nói riêng phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện môi trường, chăm sóc, chế độ dinh dưỡng,... nếu môi trường bất lợi, chế độ chăm sóc và dinh dưỡng cung cấp cho cá không phù hợp thì tỷ lệ sống của cá cũng giảm theo. Trong quá trình ương nuôi, nếu không quản lý tốt bể ương thì tỷ lệ sống của cá sẽ có xu hướng giảm dần theo thời gian. Trong nghiên cứu này tỷ lệ chết tích lũy của cá chép Koi tăng dần theo thời gian ương, có nghĩa tỷ lệ sống của cá giảm dần theo thời gian ương. Kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ sống của NT1 ($82,41 \pm 0,96\%$) và NT2 ($81,72 \pm 0,66\%$) đều cao hơn so với kết quả nghiên cứu trên cá chép Koi của Truong (2012) (66,5 - 72%) và Ha & ctv. (2011) (63,70 - 81,75%). Ở NT3, cá được cho ăn hoàn toàn bằng thức ăn tổng hợp có tỷ lệ sống ($54,16 \pm 4,28\%$) đều thấp hơn kết quả của Truong (2012) và Ha & ctv. (2011), theo ghi nhận, ở nghiệm thức này, trong những ngày đầu cá chép Koi ít bắt mồi và chết khá nhiều, những cá chết hầu hết là trong ruột không có thức ăn. Như vậy, sử dụng thức ăn tổng hợp để ương cá chép Koi ngay từ khi cá vừa tiêu hóa hết noãn hoàng là chưa phù hợp.

Việc kết hợp các loại thức ăn trong giai đoạn ương cá chép Koi có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá. Nghiệm thức NT2, với sự kết hợp của *Moina*, trùn chỉ ở giai đoạn sớm và thức ăn tổng hợp, cho thấy hiệu quả tốt nhất về tăng trưởng chiều dài và khối lượng, cũng như tỷ lệ sống chứng tỏ rằng việc cung cấp một chế độ ăn đa dạng từ *Moina*, trùn chỉ, đến thức ăn tổng hợp giúp cá phát triển tốt và có sức đề kháng tốt. Trong giai đoạn 1 - 15 ngày, cá nhận

được các loại thức ăn tự nhiên (*Moina*, trùn chỉ) giúp tăng cường sức khỏe, khả năng chống lại bệnh tật và giảm tỷ lệ chết. NT1, mặc dù cá có tỷ lệ sống tốt và cũng có sự kết hợp giữa thức ăn tự nhiên và thức ăn tổng hợp. Tuy nhiên, sự kết hợp này chưa tối ưu về tỷ lệ và thời gian sử dụng các loại thức ăn, điều này có thể làm giảm hiệu quả dinh dưỡng, từ đó ảnh hưởng đến sức khỏe và tỷ lệ sống của cá nên tốc độ tăng trưởng kém hơn so với cá ở NT2. NT3 mặc dù đơn giản, dễ áp dụng nhưng lại không đạt hiệu quả cao về tăng trưởng chiều dài và khối lượng cũng như tỷ lệ sống, điều này cho thấy thức ăn tổng hợp không đủ khả năng duy trì sự sống và phát triển của cá trong suốt quá trình ương, đặc biệt trong giai đoạn đầu khi cá cần nhiều dinh dưỡng từ thức ăn tự nhiên. Thức ăn tổng hợp chỉ có thể duy trì sự sống ở mức độ thấp, thiếu các yếu tố dinh dưỡng tự nhiên có trong các loại thức ăn tươi sống.

5. Kết Luận

Cá chép Koi từ 1 đến 20 ngày tuổi được cho ăn *Moina* ở ngày thứ 1 - 5, *Moina* + trùn chỉ ở ngày thứ 6 - 10, trùn chỉ + thức ăn tổng hợp ở ngày ngày thứ 11 - 15 và cho ăn thức ăn tổng hợp từ ngày thứ 15 - 20 có mức tăng trưởng tốt nhất về chiều dài ($24,03 \pm 0,37$ mm), khối lượng ($414,25 \pm 8,06$ mg) và tỷ lệ sống ($81,67 \pm 0,33\%$).

Cho cá chép Koi từ 1 đến 20 ngày tuổi ăn thức ăn tổng hợp hoàn toàn cho kết quả ương có mức tăng trưởng thấp nhất về chiều dài ($7,52 \pm 0,34$ mm), khối lượng ($75,18 \pm 0,91$ mg) và tỷ lệ sống ($54,33 \pm 2,73\%$).

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả.

Lời Cảm Ơn

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM đã cấp kinh phí để chúng tôi thực hiện nghiên cứu này, mã số đề tài: CS-SV24-TS-04.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Do, T. M. (2008). *Experimental production of catfish (Pangasius conchophilus) breed (Unpublished master's thesis)*. Can Tho University, Can Tho, Vietnam.
- Ha, L. L. T. (2011). Scientific and technological results of the research project on technology for seed production and commercial farming of some ornamental fish species with export value (Report No. KC.06/06-10). *Research Institute for Aquaculture* No. 3, Nha Trang, Vietnam.
- Le, K. V., Dinh, N. T., Pham, D. T., Do, T. M., Le, T. U. V., & Le, L. T. (2025). Effect of feeds on growth and survival rate of Banded mystus (*Mystus mysticetus*) from larvae to fry stage. *Mekong River Fisheries Magazine* 31(25), 50-61.
- Le, Y. H. T. (2002). *The effect of food on the growth of red tilapia* (Unpublished bachelor's thesis). Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Nguyen, K. V., & Pham, T. M. (2009). *Scientific and technical basis for fish seed production*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Nguyen, T. T. B. (1997). *Evaluation of the effectiveness of using some types of feed for raising catfish and basa fish* (Unpublished bachelor's thesis). Can Tho University, Can Tho, Vietnam.
- Nguyen, T. V., Duong, N. L., & Nguyen, T. A. (2008). Research on rearing of Bleekeri (*Micronema bleekeri*) using different types of food. *Can Tho University Science Journal* 2, 67-75.
- Truong, D. K. (2012). *Effect of de-adhesive concentration on carp (Cyprinus carpio Linnaeus, 1758) seed production* (Unpublished bachelor's thesis). Can Tho University, Can Tho province, Vietnam.
- Truong, P. Q., Nguyen, Y. L. J., & Huynh, G. T. (2006). *Aquaculture water quality management*. Can Tho, Vietnam: Science Publishing House.
- Vo, B. T. T. (2020). Research on the production process of Siamese catfish (*Pseudomystus siamensis*) (Ministerial-level scientific and technological summary report). Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Analysis of genetic diversity of *Cymbidium finlaysonianum* based on SSR markers

Giang T. Nguyen^{1,2}, Thao P. Pham¹, Hien T. X. Nguyen¹, Biet V. Huynh³, & Duc H. Huynh^{1*}

¹Biotechnology Center of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Biological Sciences, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Research Institute for Biotechnology and Environment, Nong Lam University,
Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: February 26, 2025

Revised: April 23, 2025

Accepted: May 07, 2025

Keywords

Cluster analysis

Cymbidium finlaysonianum

Genetic diversity

Primer

SSR markers

*Corresponding author

Huynh Huu Duc

Email:

hhduc.snn@tphcm.gov.vn

ABSTRACT

Cymbidium finlaysonianum is one of the Vietnamese orchid species, diverse in shape and color of flowers, with high economic value, but the genetic resources of this species have been depleted due to overexploitation. A total of 32 *C. finlaysonianum* samples were collected and evaluated for genetic diversity based on SSR markers. The results showed that 12 primers showed high polymorphism with an average polymorphic allele frequency of 0.22 and an average allele number of 3.5 alleles/primer, ranging from 2 to 6 alleles/primer. In addition, the high genetic diversity between these samples was also recorded through the polymorphic information content of 0.79, ranging from 0.58 to 0.94. The results of genetic relationship analysis showed that these samples had genetic diversity coefficients ranging from 0.02 to 0.4 with an average of 0.17. Cluster analysis displayed that 32 *C. finlaysonianum* samples were divided into 06 main groups. Group (Ia, Ib) consisted of 18 samples, group Ic comprised 04 samples, group IIa comprised 07 samples, group IIb comprised 02 samples, and group III showed only 01 sample. These results could be useful information for the genetic conservation and development of new *C. finlaysonianum* varieties in the future.

Cited as: Nguyen, G. T., Pham, T. P., Nguyen, H. T. X., Huynh, B. V., & Huynh, D. H. (2026). Analysis of genetic diversity of *Cymbidium finlaysonianum* based on SSR markers. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 52-63.

Đánh giá đa dạng di truyền lan kiếm tiên vũ (*Cymbidium finlaysonianum*) dựa trên chỉ thị SSR**Nguyễn Trường Giang^{1,2}, Phạm Phương Thảo¹, Nguyễn Thị Xuân Hiền¹, Huỳnh Văn Biết³****& Huỳnh Hữu Đức^{1*}**¹Trung Tâm Công Nghệ Sinh Học TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh²Khoa Khoa Học Sinh Học, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh³Viện Nghiên Cứu Công Nghệ Sinh Học và Môi Trường, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh**THÔNG TIN BÀI BÁO****Bài báo khoa học**

Ngày nhận: 26/02/2025

Ngày chỉnh sửa: 23/04/2025

Ngày chấp nhận: 07/05/2025

Từ khóa

Chỉ thị SSR

Cymbidium finlaysonianum

Đa dạng di truyền

Phân tích phân nhóm

Primer

***Tác giả liên hệ**

Huỳnh Hữu Đức

Email:

hhduc.snn@tphcm.gov.vn

TÓM TẮT

Lan kiếm tiên vũ (*Cymbidium finlaysonianum*) là một trong những loài lan kiếm bản địa Việt Nam, đa dạng về hình thái và màu sắc, có giá trị cao nhưng đang bị suy kiệt nguồn gen do sự khai thác quá mức. Nghiên cứu này đánh giá đa dạng di truyền 32 mẫu lan kiếm tiên vũ dựa trên chỉ thị sinh học phân tử SSR nhằm phục vụ cho công tác bảo tồn và phát triển giống. Kết quả cho thấy 12 primer SSR hiển thị tính đa hình cao với tần số alen đa hình trung bình là 0,22; số lượng alen trung bình 3,5 alen/primer, dao động từ 2 - 6 alen/primer. Bên cạnh đó, sự đa dạng di truyền cao giữa các mẫu lan kiếm cũng được ghi nhận qua hệ số đa hình (Polymorphic information content, PIC) là 0,79; dao động từ 0,58 đến 0,94. Kết quả phân tích mối quan hệ di truyền cho thấy các mẫu lan kiếm thu thập có khoảng cách đa dạng di truyền dao động từ 0,02 - 0,4 với giá trị trung bình là 0,17 và cây phân nhóm di truyền chia thành 06 nhóm chính, nhóm I (Ia, Ib) gồm 18 mẫu, nhóm Ic (04 mẫu), IIa (07 mẫu), IIb (02 mẫu) và III gồm 01 mẫu. Dữ liệu di truyền dựa trên chỉ thị SSR này hữu ích cho công tác lai tạo giống mới và bảo tồn nguồn gen lan kiếm tiên vũ nói riêng cũng như các loài thuộc chi *Cymbidium* nói chung.

1. Đặt Vấn Đề

Chi lan kiếm (*Cymbidium*) là một trong những chi quan trọng thuộc họ lan (Orchidaceae) bao gồm nhiều loài đã được lai tạo, trồng và thương mại hóa thành công. Có khoảng 50 loài lan thuộc chi *Cymbidium* thích nghi đa dạng với nhiều vùng khí hậu từ vùng cận nhiệt đới đến vùng nhiệt đới, trải dài từ Tây Bắc dãy núi Himalayas

đi qua Arunachal Pradesh, Bhutan, China, Japan, Malaysia và kéo dài đến phía Bắc nước Úc (Nayak và ctv., 2006; Yang và ctv., 2013). Trong đó, ở Việt Nam hiện ghi nhận được 21 loài với 4 loài lan kiếm lá cứng phổ biến là *Cymbidium aloifolium* (Lan kiếm Lô hội), *Cymbidium finlaysonianum* (Lan kiếm tiên Vũ), *Cymbidium bicolor* (Lan kiếm hai màu) và *Cymbidium atropurpureum* (Lan kiếm treo) (Tran, 2000). Lan kiếm tiên vũ

có nhiều giống mang các đặc tính đa dạng về cấu trúc, màu sắc hoa, cũng như hình dạng, kích thước và màu sắc thân, lá. Điều này đã chứng minh bằng sự đa dạng về các giống lan kiếm tiên vũ đã được thuần hóa, trồng và thương mại hóa trên thị trường. Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm trên, tình trạng khai thác quá mức nguồn gen lan kiếm hoang dại cũng như việc phát triển các giống lan kiếm tiên vũ lai tạo mới còn hạn chế là vấn đề đặt ra cho các nhà phát triển giống và trồng lan. Điều này cho thấy sự cần thiết phải thực hiện việc đánh giá, phân tích di truyền nguồn gen lan kiếm này nhằm mục tiêu bảo tồn, lưu trữ, phát triển và lai tạo giống mới một cách hiệu quả.

Chỉ thị phân tử DNA như AFLP (amplified fragment length polymorphism), RFLP (restriction fragment length polymorphism), RAPD (randomly amplified polymorphic DNA), SSR (simple sequence repeats-SSR), DNA barcode, SNP (single nucleotide polymorphism), ISSR (inter-simple sequence repeats), cpDNA (polymorphism analysis cpDNA) đã và đang được sử dụng trong nghiên cứu, đánh giá đa dạng di truyền, xác định nguồn gốc bố mẹ, phân tích gen mục tiêu, phân tích sự biến đổi di truyền,... một cách có hiệu quả trên nhiều đối tượng cây trồng. Trong đó, chỉ thị phân tử SSR đã được sử dụng nhiều trong việc đánh giá đa dạng di truyền, xây dựng bản đồ di truyền, đánh giá nguồn gen và ứng dụng trong chọn tạo nhiều giống cây trồng (Silva & ctv., 2016). Đối

với hoa lan nói chung, việc sử dụng chỉ thị phân tử SSR đã được nghiên cứu trên nhiều loài lan thuộc các chi như *Dendrobium*, *Phalaenopsis*, *Rhynchostylis* (Anuttato & ctv., 2017; Chung & ctv., 2017; Zhao & ctv., 2019). Đối với các loài lan thuộc chi *Cymbidium*, các thông tin về chỉ thị SSR đã được nghiên cứu và xác định trên một số loài như *C. ensifolium*, *C. Goeringii*, *C. sinense* (Xia & ctv., 2008; Moe & ctv., 2010; Lee & ctv., 2020). Các nghiên cứu này, đã đánh giá và chọn lọc một số primer SSR có hiệu quả trong việc đánh giá đa dạng di truyền, xây dựng bản đồ gen và ứng dụng trong lai tạo giống. Tuy nhiên, đối với loài lan kiếm tiên vũ, việc nghiên cứu và đánh giá đa dạng di truyền, phân tích nguồn gen chưa được nghiên cứu.

Trong nghiên cứu này, chỉ thị sinh học phân tử SSR được sử dụng để đánh giá đa dạng di truyền nguồn gen lan kiếm tiên vũ được thu thập tại các khu vực ở Việt Nam nhằm phục vụ công tác lưu trữ, bảo tồn và phát triển nguồn gen lan kiếm tiên vũ.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

Tổng số 32 mẫu lan kiếm tiên vũ (*C. finlaysonianum*) được thu thập ở một số địa phương gồm Đắk Lắk, Gia Lai, Quảng Nam, Tây Ninh, Kon Tum, Lâm Đồng, Bình Phước, Đắk Nông, Đà Nẵng, Thừa Thiên Huế và Quảng Trị (Bảng 1; Hình 1) được sử dụng trong đánh giá đa dạng di truyền.

Bảng 1. Danh sách 32 mẫu lan kiếm tiên vũ được thu thập từ các địa điểm

TT	Mã hóa	Tên tiếng Việt	Tên khoa học	Địa điểm thu thập mẫu
01	CF01	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Kon Tum (Vườn Quốc Gia Chư Mơ Ray)
02	CF02	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Gia Lai (Vườn Quốc Gia Kon Ka Kinh)
03	CF03	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đắk Lắk (Vườn Quốc Gia Chư Yang Sin)
04	CF04	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đắk Nông (Vườn Quốc Gia Tà Đùng)
05	CF05	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Lâm Đồng (Vườn Quốc Gia Bidoup Núi Bà)
06	CF06	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đắk Lắk (Vườn Quốc Gia Yok Đôn)
07	CF07	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Bình Phước (Vườn Quốc Gia Bù Gia Mập)
08	CF08	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Kon Tum (Vườn Quốc Gia Chư Mơ Ray)
09	CF09	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Gia Lai
10	CF10	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Tây Ninh (Vườn Quốc Gia Lò Gò-Xa Mát)
11	CF11	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Kon Tum
12	CF12	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Gia Lai
13	CF13	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Bình Phước
14	CF14	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đà Nẵng
15	CF15	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Quảng Nam (Vườn Quốc Gia: Sông Thanh)
16	CF16	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đà Nẵng (Bà Nà-Núi Chúa)
17	CF17	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Quảng Nam (Vườn Quốc Gia: Sông Thanh)
18	CF18	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Quảng Trị
19	CF19	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đà Nẵng
20	CF20	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đắk Lắk
21	CF21	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đắk Lắk
22	CF22	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Quảng Nam
23	CF23	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Kon Tum
24	CF24	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Quảng Nam
25	CF25	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Bình Phước
26	CF26	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đà Nẵng
27	CF27	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đắk Lắk
28	CF28	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Lâm Đồng
29	CF29	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Thừa Thiên Huế
30	CF30	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Gia Lai (Vườn Quốc Gia Kon Ka Kinh)
31	CF31	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Kon Tum
32	CF32	Lan kiếm Tiên vũ	<i>C. finlaysonianum</i>	Đắk Lắk (Khu dự trữ thiên nhiên Nam Kar)



Hình 1. Đặc điểm hình thái của một số mẫu giống lan kiếm tiên vũ (*C. finlaysonianum*) được sử dụng trong nghiên cứu.

2.1. Ly trích DNA tổng số

Lá của 32 mẫu lan kiếm tiên vũ được sử dụng để tách chiết DNA tổng số bằng Kit GeneJET Plant genomic DNA Purification (ThermoFisher

Scientific, Hoa Kỳ). Độ tinh sạch và nồng độ của các dịch chiết DNA được kiểm tra bằng phương pháp điện di gel agarose 0,8% và trên máy Nano drop spectrophotometer (ThermoFisher Scientific, Hoa Kỳ).

2.2. Chọn lọc chỉ thị sinh học phân tử SSR để đánh giá đa dạng di truyền lan kiểm tiền vũ

DNA tổng số của mẫu lan kiểm tiền vũ được gộp thành 03 nhóm mẫu DNA (mỗi nhóm gồm

DNA của mẫu có đặc điểm hình thái tương tự nhau) được sử dụng để thực hiện PCR sàng lọc với 32 primer SSR.

Bảng 2. Danh sách 32 primer SSR được sử dụng để sàng lọc trong đánh giá đa dạng di truyền lan kiểm tiền vũ

TT	Primer	Trình tự lặp lại	Kích thước dự kiến (bp)	Trình tự primer 5' --> 3'	Ta (°C)	Nguồn
1	SSR01	(AC) ₈	400 - 500	AACGCCATGTCCAATACCC GGAGGGCTTATTTGCAGCG	54	(Li & ctv., 2014)
2	SSR03	(AC) ₈	400 - 500	GACCGCAGCGTTAATGACC CTCGGTTTCATTTGCAGCCC	55	
3	SSR08	(AC) ₁₀	100 - 200	TGCTGGAATACATGCGAGAC GTTTGCCGAAGCCAGTGC	55	
4	SSR18	(AG) ₁₁	300	TGAAACGGTTGGCTCTAGTTC AGCAAGCACTGACCTGAAAC	54	
5	SSR21	(GT) ₈	300 - 500	TGGGCGACAGATCGAGTTC ACATGGACCACAGCATTC	55	
6	SSR22	(GT) ₉	200 - 300	TATGCGTCTCTCCCAACCG AAGCTAGTGGCCTTTGGTG	54	
7	SSR26	(AAG) ₇	100 - 250	GCTTTATGCGACATCTGCG CGTCGGTTCCATGCACATC	53	
8	SSR34	(AGG) ₆	700 - 900	GAGAGGGAATTGCAGTGGC ACCGAGCTAGCACTTCATC	54	
9	SSR36	(ATC) ₅	400 - 500	AGTATTGGACCCCTCCAGGC AGAGGATCATGGTGTTAGGC	54	
10	SSR43	(CCG) ₅	200 - 300	GACGACATATCGCGTTCCG CTCAGCCACACCCAAGAGG	55	
11	SSR44	(CCG) ₅	500	GGAGCTGCATACGCAAGTG AGCTTCTCACTGCCTCCAG	54	
12	SSR62	(CGG) ₆	300 - 400	GGTGGGTTAGACCAGCTCC TCCTCAAGGCAAAGCTCCC	56	
13	SSR64	(CGG) ₆	400 - 500	CGCTCAAAGAGATGGCACG TAGTACGGCGCTGCTTGAG	55	
14	CG2	(AG) ₁₆	114 - 138	TGATTAAGCAGCCATTCAAGG TGGCTCTCAATCTCCCTCAC	54	(Hyun & ctv., 2012)
15	CG280	(AAAG) ₇	101 - 132	CCCCACAAAAGAATCACAAAG CAGCTGGAGAAAGATAAGGTCTCC	53	
16	CG415	(AG) ₁₂	117 - 150	CTTCCAACAACCCCTTCTGTC CTTTGCTACGGAGGTCATGC	55	
17	CG428	(AG) ₂₄	130 - 178	AGACATCAAATTCACCAAGAGAG TCAGCTCACTGATTAGGAAAATCC	54	
18	CG450	(AG) ₁₈	89 - 160	CCAAACTGCCTTAACCTACTTACA ACTTGGGGCCTTACAACCTGATA	54	
19	CG709	(AG) ₁₃	148 - 193	TTGACCGATTGAGGAAGTATCA CATGCCATCAATCATCATCC	51	
20	CG722	(AG) ₁₂	160 - 197	TGGTGCAAGCAGTTGGAATA CAGGTTGCCTCATCTCCACT	54	
21	Cym 9	(GA) ₃₃	105 - 172	CGCTACTGAAATAGAAATAA GATCAACTGATACTAAAGCTC	45	(Xia & ctv., 2008)
22	Cym 12	(CAGA) ₉	174 - 215	TTAAGCAGGAGCCGTCACAG AGTTGCGGGTCAGTGTAAC	55	
23	Cym 15	(CT) ₃₆	129 - 180	TTCAAAGATAAATATGCTCC GTTGTGAAATACTTTAAAGGTG	46	
24	Cym 18	(GT) ₈	124 - 126	GATCAAGTTGTCTTTCAGACTG CAAACCTCGAAGAATTACC	47	
25	Cym 344	(CA) ₆₃	216 - 222	TAGTGCCATCTAATCTAATG TTTTCTTGTGCTCGAAG	45	(Moe & ctv., 2010)
26	Cym 371	(GT) ₃₅	171 - 178	GTGAAAGCCACCTCCATG GATGGATACCTCGCACTGG	53	
27	KNU-CC-32	(AG) ₂₇	114 - 248	AAAACCTTGATCCTCACAAAGA TGGGTCGACATGATCTGTT	51	
28	KNU-CC-43	(CT) ₁₄	135 - 295	TCGCTGCGCCTATACAGT CTCAGCTGTTGCCTCCAC	55	
29	KNU-CC-40	(GA) ₃₂	140 - 260	AAGCTCTGTCTTCATCCTTCAA TGGTGTGGAGAGAGGTTTTT	52	
30	KNU-CC-55	(CAA) ₁₄	105 - 315	AAGGTTGCATTTCCCTCA ACTAGGTGGGGTCGGCTA	54	
31	KNU-CC-35	(TC) ₁₀ , (GT) ₁₃	119 - 263	TCTCAGGCAATGCCGTAT TTTGTGTGTGGCATTCGA	52	
32	KNU-CC-203	(TG) ₁₃	136 - 380	AACCTAATCAAGGGTTTCTAACTC CCACCCAACAAAGCGATA	51	

Phản ứng PCR được thực hiện với thành phần hóa chất cho mỗi phản ứng trong thể tích 20 μ L bao gồm 1X Mastermix (10 μ L Dream Taq Green PCR Master Mix -ThermoFisher Scientific-Hoa kỳ); 0,4 μ L primer xuôi (20 μ M); 0,4 μ L primer ngược (20 μ M) (tổng hợp tại Integrated DNA technologies (IDT)); 8,2 μ L nước cất 2 lần khử trùng; 1 μ L DNA khuôn mẫu (50 ng/ μ L). Chu kỳ PCR được thực hiện như sau tiến biến tính 95°C trong 1 phút, 30 chu kỳ (biến tính ở 95°C trong 30 giây, bắt cặp (Ta: theo từng cặp primer) trong 30 giây, kéo dài ở 72°C trong 40 giây), chu kỳ hoàn thành 72°C trong 10 phút. Sản phẩm PCR được điện di trên gel polyacrylamide nồng độ 6% và chụp hình trên máy chụp gel (GelDoc-It®2315 imager UVP, Mỹ).

2.3. Đánh giá đa dạng di truyền lan kiểm tiên vũ dựa trên chỉ thị sinh học phân tử SSR

Dựa trên các primer SSR đã được chọn lọc để đánh giá đa dạng di truyền lan kiểm tiên vũ. Sản phẩm PCR của từng chỉ thị SSR trên các mẫu nghiên cứu được mã hóa sang hệ nhị phân để phân tích. Các băng DNA được ghi nhận dựa trên sự có mặt của chúng trên băng điện di của các mẫu nghiên cứu theo DNA thang chuẩn (DNA ladder). Nếu một phân đoạn DNA xuất hiện ở mẫu i nhưng không xuất hiện mẫu j hoặc đồng thời xuất hiện ở cả i và j nhưng không xuất hiện ở các mẫu khác thì phân đoạn DNA này gọi là phân đoạn đa hình. Ngược lại, nếu phân đoạn DNA nào xuất hiện ở tất cả các mẫu nghiên cứu thì gọi là phân đoạn đồng hình. Các đoạn được mã hóa bằng số tự nhiên 0 và 1, khi đó mẫu nào xuất hiện đoạn DNA thì ký hiệu là 1, còn không xuất hiện thì ký hiệu là 0. Các số liệu nhị phân này được đưa vào xử lý bằng phần mềm NTSYSpc 2.1 (numerical taxonomy and multivariate analysis system) để tính giá trị đa

hình di truyền và xây dựng cây phân nhóm đa hình di truyền giữa các mẫu nghiên cứu.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Ly trích DNA tổng số

DNA tổng số thu được từ lá của 32 mẫu lan kiểm tiên vũ cho thấy tỉ lệ OD260/280 đạt từ 1,57 - 2,13; nồng độ DNA tổng số thu được từ 101,13 - 249,09 ng/ μ L. Kết quả điện di DNA tổng số trên gel agarose 0,8% cho thấy band DNA tổng số thu được rõ và không bị đứt gãy. Các DNA tổng số được pha về nồng độ 50 ng/ μ L để thực hiện phản ứng PCR-SSR.

3.2. Chọn lọc chỉ thị sinh học phân tử SSR để đánh giá đa dạng di truyền lan kiểm tiên vũ

Trong tổng số 32 primer SSR được sử dụng để chọn lọc trong nghiên cứu, có 26/32 primer SSR khuếch đại được sản phẩm PCR với tỷ lệ khuếch đại đạt 81,25%. Trong 26 primer SSR khuếch đại thành công chỉ có 12 primer đa hình với tổng số đoạn khuếch đại là 618 (trung bình 3,5 đoạn khuếch đại/primer, số đoạn khuếch đại dao động từ 2 - 6 đoạn khuếch đại/primer). Primer SSR34, SSR26 cho số lượng alen cao nhất (06 alen), tiếp theo primer SSR01 với 03 alen; 09 primer đa hình còn lại có 02 alen/primer. Kích thước sản phẩm PCR, đa số tương ứng với kích thước sản phẩm PCR dự kiến, ngoại trừ một số mẫu có nhiều hơn số lượng sản phẩm PCR như SSR21, SSR26, SSR34 và Cym371. Đồng thời có 02 primer có kích thước sản phẩm PCR lớn hơn so với dự kiến như SSR08 (1.100 - 1.300 bp), KNU-CC-43 (1.400 - 1.500 bp). Đối với primer KNU-CC-43, các đoạn có kích thước lớn hơn 1.500 bp được loại bỏ và giữ lại những đoạn có kích thước 1.400 - 1.500 bp để phân tích. Trong nghiên cứu này, primer SSR08 và KNU-CC-43 vẫn được để

sử dụng trong đánh giá đa dạng di truyền. Kích thước dự kiến (100 - 380 bp) của 2 primer này được đánh giá trên *C. goeringii*, *C. Sinensis*, *C. Hybridium* và 09 loài thuộc chi *Cymbidium* nên khi phân tích đánh giá trên *C. finlaysonianum* cho sản phẩm kích thước khác so với dự kiến. Các kết quả nghiên cứu trước đây đã xác định được một số primer đa hình để đánh giá di truyền, cấu trúc quần thể của một số mẫu trong chi *Cymbidium*. Xia & ctv. (2008) đã xác định được 09 primer đa hình trên 30 cá thể thuộc loài *Cymbidium sinense* từ 11 primer SSR. Li & ctv. (2014) đã chọn được 55 primer SSR đa hình trên 9 loài *Cymbidium* với 59 mẫu cá thể từ 62/80 primer khuếch đại thành công. Theo Moe & ctv. (2010) đã phát triển 14 primer SSR để nghiên cứu đa dạng di truyền trên chi *Cymbidium* với 96 mẫu thuộc 3 loài gồm *C. goeringii* (72 mẫu), *C. sinensis* (4 mẫu) và *C.*

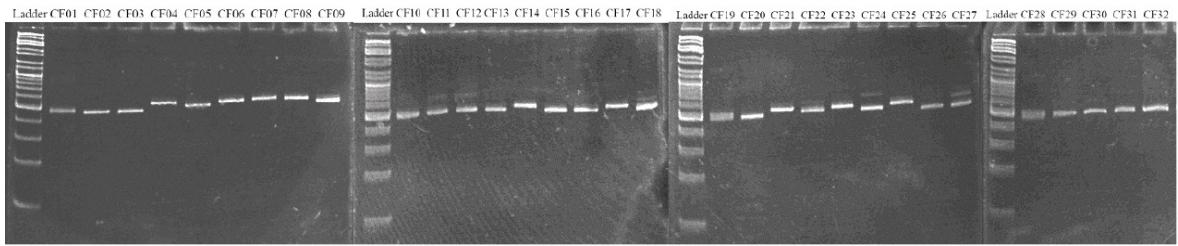
hybridium (20 mẫu). Huang & ctv. (2011) đã xác định được 15 primer đa hình từ 38/48 primer SSR khuếch đại thành công trên 24 cá thể của hai quần thể *Cymbidium* để đánh giá đa dạng di truyền trên *C. goeringii*. Điều này cho thấy, kết quả của nghiên cứu này có sự tương đồng nhất định so với một số nghiên cứu đã được công bố của các tác giả. Tuy nhiên, những công bố này nghiên cứu này tập trung lên những loài như *C. sinense*, *C. goeringii*, *C. Sinensis*, *C. hybridium* và *C. ensifolium*.

3.3. Đánh giá đa dạng di truyền lan kiểm tiên vũ dựa trên chỉ thị sinh học phân tử SSR

Tổng số 12 primer SSR đa hình được chọn lọc để đánh giá mối quan hệ di truyền của 32 mẫu lan kiểm tiên vũ, kết quả được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Danh sách 12 primer SSR được chọn lọc để đánh giá đa dạng di truyền 32 mẫu lan kiểm tiên vũ

TT	Primer	Kích thước sản phẩm PCR (bp)	Tổng số đoạn khuếch đại	Tổng số đoạn khuếch đại đa hình	Tỷ lệ đa hình (%)	Tần số alen đa hình	PIC
1	SSR01	380 - 500	68	60	88,24	0,22	0,78
2	SSR08	1.100 - 1.300	38	26	68,42	0,23	0,77
3	SSR18	280 - 290	43	21	48,84	0,23	0,77
4	SSR36	350 - 900	34	32	94,12	0,06	0,94
5	SSR26	120 - 210	131	66	50,38	0,19	0,81
6	SSR34	420 - 1.200	37	25	67,57	0,22	0,78
7	SSR44	500 - 520	38	26	68,42	0,16	0,84
8	CG415	100 - 150	37	27	72,97	0,19	0,81
9	CG709	200 - 250	37	27	72,97	0,17	0,83
10	CG722	150 - 300	42	22	52,38	0,25	0,75
11	Cym 371	150 - 200	52	12	23,08	0,30	0,70
12	KNU-CC-43	1.400 - 1.500	61	14	22,95	0,42	0,58
Dao động			34 - 131	12 - 66	22,95 - 94,12	0,06 - 0,42	0,58 - 0,94
Tổng			618	358	67,96		
Trung bình				0,22	0,78		

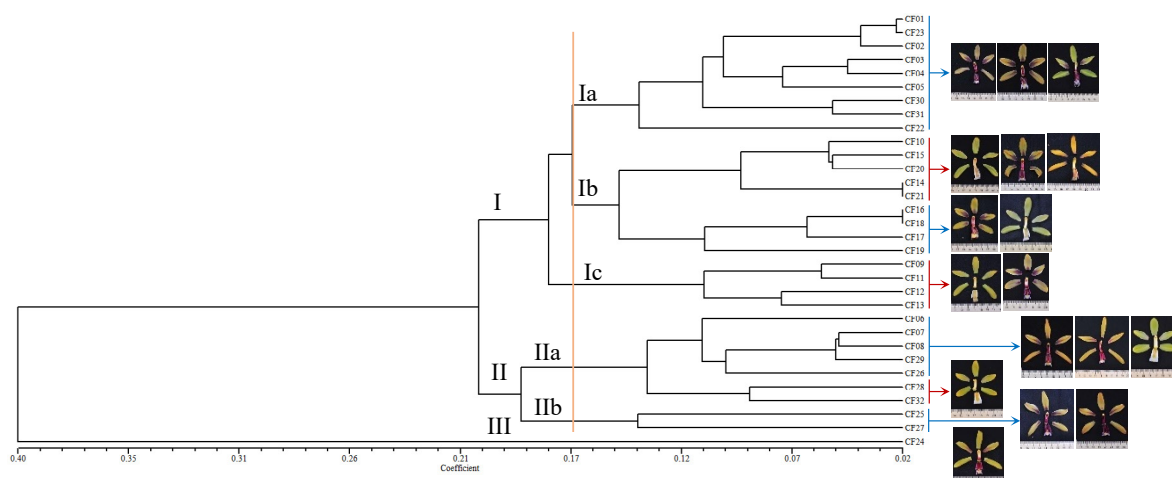


Hình 2. Sản phẩm PCR của cặp mỗi SSR44 điện di trên gel polyacrylamide nồng độ 6%.

Ladder: 1 kp (Thermo Scientific™ GeneRuler DNA Ladder Mix-SM0331), CF01 - CF32: mẫu lan kiểm tiên vũ.

Phân tích tần số alen, chỉ số PIC dựa trên 12 primer SSR cho 32 mẫu lan kiểm tiên vũ cho thấy số sản phẩm khuếch đại từ 2 - 6 alen/primer, 358 đoạn khuếch đại đa hình (tổng các đoạn khuếch đại đa hình của 32 mẫu trên 12 primer SSR) và dao động từ 12 - 66, tần số alen đa hình trung bình là 0,22 và biến thiên từ 0,06 - 0,42; chỉ số PIC trung bình là 0,78 biến thiên từ 0,58 đến 0,94. Trong đó, ở primer SSR36 có chỉ số PIC cao nhất là 0,94; tiếp theo là các primer còn lại có chỉ số PIC từ 0,70 đến 0,83; ngoại trừ primer có giá trị PIC thấp nhất là KNU-CC-43 với 0,58 (Bảng 3). Điều này cho thấy có sự đa dạng di truyền của các mẫu lan kiểm tiên vũ trong nghiên cứu này. Một số công bố trước đây của các tác giả đã xác định được một số primer SSR đa hình có hiệu quả trong phân tích đa dạng di truyền cho một số loài thuộc chi *Cymbidium*. Xia &

ctv. (2008) cho thấy chỉ số đa hình trung bình là 0,47 và dao động từ 0,18 - 0,9 khi đánh giá đa dạng di truyền *Cymbidium sinense* dựa trên 9 primer SSR đa hình. Li & ctv. (2014) đã phân tích đa dạng di truyền 59 cá thể của 9 loài thuộc chi *Cymbidium* với 55 primer đa hình cho thấy chỉ số đa dạng di truyền PIC trung bình là 0,407 dao động từ 0,033 đến 0,863. Theo Moe & ctv. (2010) cho thấy chỉ số đa dạng di truyền và PIC cao, đạt tương ứng là 0,394 (dao động từ 0,213 đến 0,931) và 0,639 (dao động từ 0,209 đến 0,927) khi phân tích đa dạng di truyền cho 30 cá thể thuộc chi *Cymbidium* dựa trên 9 primer đa hình. Điều này cho thấy, kết quả của nghiên cứu này có sự tương quan với một số nghiên cứu trước đây đã được công bố và chứng tỏ các primer được lựa chọn có hiệu quả trong việc đánh giá đa dạng trên một số loài *C. finlaysonianum*.



Hình 3. Cây phân nhóm di truyền của các mẫu lan kiểm tiên vũ dựa trên 12 primer SSR.

Cây phân nhóm di truyền của 32 mẫu lan kiểm tiên vũ được xây dựng dựa trên 12 primer SSR cho thấy giá trị khoảng cách đa dạng di truyền dao động từ 0,02 đến 0,40. Với giá trị trung bình đạt 0,17, cây phân nhóm di truyền chia 32 mẫu lan kiểm tiên vũ thành 6 nhóm gồm nhóm Ia gồm các mẫu CF01 - CF06, CF22, CF23, CF30, CF31, nhóm Ib gồm các mẫu CF10, CF15 - CF21, CF24; nhóm Ic gồm các mẫu CF09, CF11 - CF13, nhóm IIa gồm các mẫu CF6 - CF8, CF26, CF28, CF29, CF32, nhóm IIb gồm các mẫu CF25, CF27. Nhóm III gồm mẫu CF24 (Hình 3). Kết quả của nghiên cứu này cho thấy có sự đa dạng di truyền các mẫu lan kiểm tiên vũ thu thập ở các khu vực khác nhau. Khi xét về đặc điểm hình thái cũng cho thấy các mẫu lan kiểm tiên vũ có sự đa dạng di truyền, đặc biệt có sự đa dạng về màu sắc hoa, hình dạng cánh hoa, đài hoa. Quan sát về màu sắc hoa như đài hoa, cánh hoa, môi được thu mặt trong của hoa và dựa trên bảng so màu (RHS Colour Chart) (Chandra & ctv., 2015). Cụ thể màu sắc chính của cánh hoa và màu sắc hoa với nhiều màu khác nhau như Dark Purplish Red (PN79A), Dark Greenish Yellow (YG152D),

Greyish Purple (PN77A), Brilliant Yellow (Y7A), White (WNN155C), Strong Greenish Yellow (YG151A), Moderate Purplish Red (RP59C), Dark Red (RP59A), Brilliant Yellow (Y7A), White (WNN155C). Màu sắc của cánh môi chủ yếu 03 màu chính là Dark Red (RP59A), Brilliant Yellow (Y7A), White (WNN155C) và một số màu phụ khác. Điều này cho thấy màu sắc hoa ở lan kiểm tiên vũ có sự đa dạng. Li & ctv. (2014) đã cho thấy sự đa dạng di truyền 59 cá thể của 9 loài thuộc *Cymbidium* dựa trên 55 primer SSR (Li & ctv., 2014). Hyun & ctv. (2012) cho thấy 04 quần thể thuộc loài *Cymbidium goeringii* có sự đa dạng di truyền khi phân tích dựa trên với 21 primer SSR và chia các mẫu thành 4 nhóm chính (Hyun & ctv., 2012). Kết quả phân loại di truyền dựa trên 12 primer SSR cho thấy có sự đa dạng di truyền giữa các mẫu nghiên cứu này.

Cây phân nhóm di truyền trên cho thấy mẫu CF24 có sự khác biệt so với các mẫu còn lại với khoảng cách đa dạng di truyền là 0,4. Với khoảng cách đa dạng di truyền từ 0,02 - 0,4 cho thấy đối với các mẫu trong cùng một nhóm vẫn có sự

khác biệt nhất định. Đối với nhóm Ia, mẫu CF22 nằm riêng một nhóm so với các mẫu trong nhóm này. Ở mẫu này có đặc điểm màu sắc hoa là Strong Greenish Yellow (YG151A) và Moderate Purplish Red (RP59C). Màu sắc của cánh môi với 02 màu chính là Dark Red (RP59A), Brilliant Yellow (Y7A) và màu phụ White (WNN155C). Nhóm IIb, mẫu CF25 và CF27 nằm chung một nhóm và có sự phân nhóm nhỏ với các mẫu còn lại trong nhóm. Đối với nhóm III chỉ có mẫu CF24 và có sự khác biệt lớn so với các mẫu còn lại và có sự đa hình về alen so với các mẫu khác. Ở mẫu này có sự khác biệt lớn về màu sắc hoa, cụ thể màu sắc đài hoa và cánh hoa tập trung chủ yếu hai màu chính là Moderate Yellow (YG161A), Dark Purplish Red (PN79B), màu sắc của cánh môi chủ yếu 03 màu chính là Dark Red (RP59A), Brilliant Yellow (Y7A), White (WNN155C). Đây là cơ sở dữ liệu di truyền hữu ích phục vụ cho công tác lưu trữ, bảo tồn nguồn gen lan kiếm tiền vũ và lai tạo giống mới.

4. Kết Luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự đa dạng di truyền cao giữa 32 mẫu lan kiếm tiền vũ (*C. finlaysonianum*) dựa trên 12 primer SSR. Hệ số khoảng cách đa dạng dao động từ 0,02 - 0,4, với trung bình khoảng cách đa dạng di truyền là 0,17. Cây phân nhóm đa dạng di truyền chia 32 mẫu lan kiếm thành 06 nhóm (Ia, Ib, Ic, IIa, IIb và III). Trong đó, mẫu CF24 có sự khác biệt so với các mẫu còn lại với khoảng cách đa dạng di truyền là 0,4. Kết quả đạt được của nghiên cứu này sẽ là những thông tin hữu ích cho công tác bảo tồn nguồn gen và phát triển giống lan kiếm mới trong tương lai.

Lời Cam Đoan

Nhóm tác giả cam đoan kết quả nghiên cứu trong bài báo này do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả.

Lời Cảm Ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ TP. Hồ Chí Minh đã cấp kinh phí theo hợp đồng số 07/2023/HĐ-QKCN ngày 09 tháng 03 năm 2023 giữa Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ TP. HCM và Trung tâm Công nghệ Sinh học TP. Hồ Chí Minh về việc thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ "Nghiên cứu bảo tồn và đánh giá nguồn gen lan kiếm lá cứng (*Cymbidium* spp.) Việt Nam", Trung tâm Công nghệ sinh học Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ trang thiết bị và cơ sở vật chất để thực hiện nghiên cứu này.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Anuttato, S., Boonruangrod, R., Kongsamai, B., & Chanprame, S. (2017). Morphological characterization of wild *Rhynchostylis gigantea* in Thailand. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences* 23(2), 20-32.
- Chandra, D. L., Pathak, P., Rao, A. N., & Rajeevan, P. K. (Eds.). (2015). Commercial orchids. Berlin, Germany: De Gruyter Open.
- Chung, Y. L., Kuo, Y. T., & Wu, W. L. (2017). *Development of SSR markers in Phalaenopsis orchids, their characterization, cross-transferability and application for identification*. Singapore: World Scientific.
- Huang, J. L., Zeng, C. X., Li, H. T., & Yang, J. B. (2011). Isolation and characterization of 15 microsatellite markers from the spring orchid (*Cymbidium goeringii*) (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 98(4), e76-e77. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2011.00511.x>

- org/10.3732/ajb.1000446.
- Hyun, Y. S., Kim, J., & Chung, K. W. (2012). Development of polymorphic microsatellite markers for *Cymbidium goeringii* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 99(5), e193-e198. <http://doi.org/10.3732/ajb.1100505>.
- Lee, H. J., Park, H. R., Lee, A. J., Nam, D. E., Lee, D. G., Do, Y., & Chung, K. W. (2020). Genetic authentication of cultivars with flower-variant types using SSR markers in spring orchid, *Cymbidium goeringii*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 61(3), 577-590.
- Li, X., Jin, F., Jin, L., Jackson, A., Huang, C., Li, K., & Shu, X. (2014). Development of *Cymbidium ensifolium* genic SSR markers and their utility in genetic diversity and population structure analysis in cymbidiums. *BMC Genetics* 15, 124. <http://doi.org/10.1186/s12863-014-0124-5>.
- Moe, K. T., Zhao, W., Song, H. S., Kim, Y. H., Chung, J. W., Cho, Y. I., Park, P. H., Park, H. S., Chae, S. C., & Park, Y. J. (2010). Development of SSR markers to study diversity in the genus *Cymbidium*. *Biochemical Systematics and Ecology* 38(4), 585-594.
- Nayak, N. R., Tanaka, M., Teixeira, D., & Silva, J. (Eds.). (2006). *Biotechnology of Cymbidium - An overview of recent progress and future opportunities*. Isleworth, UK: Global Science Books.
- Silva, T. J. A., Jin, X., Dobránszki, J., Lu, J., Wang, H., Zotz, G., Cardoso, J. C., & Zeng, S. (2016). Advances in *Dendrobium* molecular research: Applications in genetic variation, identification and breeding. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 95, 196-216. <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2015.10.012>.
- Tran, H. (Ed.). (2000). *The orchids of Vietnam*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Xia, K., Ye, X., & Zhang, M. (2008). Isolation and characterization of nine microsatellite markers for *Cymbidium sinense*. *HortScience* 43(6), 1925-1926. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.6.1925>.
- Yang, J. B., Tang, M., Li, H. T., Zhang, Z. R., & Li, D. Z. (2013). Complete chloroplast genome of the genus *Cymbidium*: lights into the species identification, phylogenetic implications and population genetic analyses. *BMC Evolutionary Biology* 13, 84. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-84>.
- Zhao, T. M., Zheng, S. G., Hu, Y. D., Zhao, R. X., Li, H. J., Zhang, X. Q., & Chun, Z. (2019). Classification of interspecific and intraspecific species by genome-wide SSR markers on *Dendrobium*. *South African Journal of Botany* 127, 136-146. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.051>.

Selection of native *Bacillus* strains with the ability plant growth promoting and controlling root-knot nematode *Meloidogyne* spp.

Van T. Tran¹, Dieu T. H. Nguyen², Khanh T. V. Nguyen¹, Quang M. Nguyen¹, Hoang P. T. Truong¹,
Ha T. T. Tran³, Da U. T. Dao¹, Hue T. T. Vo², & Don D. Le²

¹Research Institute for Biotechnology and Environment, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Biological Sciences, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Faculty of Chemical and Food Technology, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: June 11, 2025

Revised: July 18, 2025

Accepted: July 29, 2025

Keywords

Bacillus

Meloidogyne spp.

Root-knot nematodes

*Corresponding author

Tran Thi Van

Email:

van.tranthi@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

The study aimed to identify beneficial indigenous microorganisms to control root-knot nematodes on vegetables. This research isolated, selected, and identified three promising indigenous *Bacillus* strains (*Bacillus velezensis* BHMT 4.1, *B. amyloliquefaciens* CCCX 2.2, and *B. subtilis* CCCX 2.1) for controlling root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and promoting vegetable plant growth. The study qualitatively assessed several plant growth-promoting traits of *Bacillus* strains. All of them were capable of producing IAA (indole-3-acetic acid), solubilizing phosphate (with solubilization halos ranging from 1.57 to 2.0 mm), and producing siderophores (with siderophore production indices from 3.33 to 6.33 mm). Furthermore, three *Bacillus* strains exhibited nematicidal activity against the second juvenile stage (J2) and inhibited egg hatching of *Meloidogyne* spp. *B. velezensis* BHMT 4.1 strain demonstrated the highest mortality rate of 66.67% against J2 after 48 h and achieved a 44% inhibition rate of egg hatching after 7 days. These findings suggest that indigenous *Bacillus* strains have strong potential for application in the biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on vegetables.

Cited as: Tran, V. T., Nguyen, D. T. H., Nguyen, K. T. V., Nguyen, Q. M., Truong, H. P. T., Tran, H. T. T., Dao, D. U. T., Vo, H. T. T., & Le, D. D. Selection of native *Bacillus* strains with the ability plant growth promoting and controlling root-knot nematode *Meloidogyne* spp. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 64-82.

Tuyển chọn các chủng vi khuẩn *Bacillus* bản địa có khả năng kích thích sinh trưởng thực vật và kiểm soát tuyến trùng bướu rễ *Meloidogyne* spp.

Trần Thị Vân¹, Nguyễn Thị Hồng Diệu², Nguyễn Thị Vân Khanh¹, Nguyễn Minh Quang¹,

Trương Phước Thiên Hoàng¹, Trần Thị Thu Hà³, Đào Uyên Trân Đa¹, Võ Thị Thuý Huệ² & Lê Đình Đôn²

¹Viện Nghiên Cứu Công Nghệ Sinh Học và Môi Trường, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Khoa Học Sinh Học, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

³Khoa Công Nghệ Hóa Học và Thực Phẩm, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 11/06/2025

Ngày chỉnh sửa: 18/07/2025

Ngày chấp nhận: 29/07/2025

Từ khóa

Bacillus spp.

Meloidogyne spp.

Tuyến trùng bướu rễ

*Tác giả liên hệ

Trần Thị Vân

Email:

van.tranthi@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Với mục tiêu tìm kiếm các vi sinh vật bản địa có lợi để sản xuất thử nghiệm các chế phẩm sinh học trong phòng trừ tuyến trùng gây hại trên các loại rau, nghiên cứu này đã phân lập, tuyển chọn và xác định được 3 chủng vi khuẩn *Bacillus* bản địa có triển vọng trong việc kiểm soát tuyến trùng *Meloidogyne* spp. gây hại rễ và kích thích sinh trưởng (KTST) cây rau. Bằng phương pháp định danh hình thái, sinh hóa và giải trình tự vùng 16S rRNA đã xác định được 3 loài vi khuẩn *Bacillus velezensis* BHMT 4.1, *B. amylolifequacien* CCCX 2.2 và *B. subtilis* CCCX 2.1. Nghiên cứu đã khảo sát định tính một số đặc điểm KTST của vi khuẩn, kết quả, 3 chủng vi khuẩn đều có khả năng sinh IAA, hòa tan phosphate (với vòng phân giải đạt từ 1,57 - 2,0 mm) và tổng hợp siderophore (với hiệu số sinh siderophore đạt 3,33 - 6,33 mm). Hơn nữa, 3 chủng đều có khả năng gây chết đối với ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 và kiểm soát sự nở trứng của tuyến trùng *Meloidogyne* spp. Trong đó, chủng *B. velezensis* BHMT4.1 có khả năng gây chết ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 với tỉ lệ cao nhất 66,67% sau 48 giờ và kiểm soát tỉ lệ ức chế nở trứng tuyến trùng đạt 44% sau 7 ngày. Kết quả nghiên cứu cho thấy, 3 chủng vi khuẩn *Bacillus* bản địa đã phân lập rất có tiềm năng ứng dụng trong kiểm soát tuyến trùng *Meloidogyne* spp. gây hại trên cây rau.

1. Đặt Vấn Đề

Tuyến trùng bướu rễ (*Meloidogyne* spp.; root-knot nematodes; RKN) là tuyến trùng ký sinh thực vật thường được quan sát thấy và gây hại nhiều nhất trong sản xuất rau (Jones & ctv., 2013). Cây bị nhiễm tuyến trùng bướu rễ có lá

vàng, còi cọc, các triệu chứng thiếu chất dinh dưỡng và nhiễm trùng thứ cấp bởi các mầm bệnh khác (Hunt & Handoo, 2009). Năng suất cây trồng bị mất do nhiễm tuyến trùng phụ thuộc vào loài tuyến trùng hiện có, quần thể tuyến trùng ban đầu và các giống cây trồng được

trồng (Ornat & Sorribas, 2008). Theo Sasser & Carter (1985), năng suất mất 22 - 30% đối với cây cà chua bị nhiễm *M. incognita*. Tương tự như vậy, Sikora & Fernandez (2005) đã báo cáo rằng, năng suất giảm hơn 30% ở ba loại cây rau dễ bị nhiễm tuyến trùng (cà tím, cà chua và dưa leo) ở nhiều vùng nông nghiệp nhiệt đới và cận nhiệt đới. Có 4 loại tuyến trùng chính *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* và *M. hapla*, cũng như một số loài mới nổi như *M. enterolobii* và *M. chitwoodi*, gây ra phần lớn thiệt hại cho mùa màng (Moens & ctv., 2009). Chúng tác động vào rễ cây gây hư rễ, cây không hút được nước, dinh dưỡng, làm cho các tác nhân gây bệnh khác tấn công vào rễ (Sasser, 1980; Mai, 1985). Những phương pháp phòng trừ tuyến trùng gây bướu rễ như phơi đất, ngâm đất, dùng giống cây có kiểu gen kháng, và kiểm soát bằng hóa chất được sử dụng. Hiện nay, phương pháp phổ biến nhất để ngăn ngừa tuyến trùng gây hại là dùng thuốc hoá học; tuy nhiên, sử dụng thuốc hoá học về lâu dài sẽ gây kháng thuốc, hơn nữa nhiều thuốc hoá học trừ tuyến trùng đã bị hạn chế sử dụng bởi dư lượng độc tố không đảm bảo sức khỏe con người và môi trường tự nhiên. Do đó, việc nghiên cứu những biện pháp thay thế trong phòng trừ tuyến trùng gây bướu rễ là rất cần thiết.

Vi khuẩn vùng rễ thúc đẩy sinh trưởng thực vật (plant growth-promoting rhizobacteria, PGPR) là một nhóm vi khuẩn có lợi chỉ chiếm 2 - 5% vi khuẩn vùng rễ, giúp tăng hấp thụ chất dinh dưỡng, tăng trưởng, tăng năng suất cây trồng, và thường thể hiện hoạt động kiểm soát sinh học chống lại các tác nhân gây bệnh thực vật (Liu, 2013). PGPR được tìm thấy gồm vi khuẩn gram âm và gram dương. Tuy nhiên, phần lớn là vi khuẩn gram âm, chỉ có một số ít vi khuẩn gram dương được báo cáo (Kloepper & ctv., 2004).

Trong tất cả các chi vi khuẩn được xác định là PGPR, *Bacillus* spp. và *Pseudomonas* spp. là hai chi chiếm ưu thế đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi cho cây trồng (Podile & Kishore, 2006). Cơ chế hoạt động của vi khuẩn đối kháng trong quá trình kiểm soát sinh học tuyến trùng bao gồm ký sinh bắt buộc, giảm khả năng xâm lấn, ức chế tăng trưởng do cạnh tranh chất dinh dưỡng và kháng kháng sinh liên quan đến các chất chuyển hóa có hoạt tính sinh học hoặc chất chuyển hóa thứ cấp (Mendoza & ctv., 2008).

Trên thế giới, các sản phẩm đã được thương mại hóa để kiểm soát tuyến trùng như BioNem-WP do AgrGreen phát triển với *B. firmus* là thành phần chính, có hiệu quả chống lại *M. incognita*, *M. hapla*, *Heterodera* spp., *Tylenchulus semipenetrans*, *Xiphinema index* và *Ditylenchus dipsaci* (Keren-Zur & ctv., 2000). BioYield với thành phần chính là *B. amyloliquefaciens* IN937a và *B. subtilis* GB03, được Gustafson phát triển để kiểm soát các tác nhân gây bệnh trong đất và ngăn chặn quần thể *M. incognita* ở cà chua (Kloepper & ctv., 2004; Burkett-Cadena & ctv., 2008). *Bacillus firmus* GB-126, được Bayer CropScience tiếp thị dưới tên thương mại VOTiVO, được sử dụng để kiểm soát *M. incognita*, *Ditylenchus dipsaci* và *Rotylenchulus reniformis* trong ngô, bông, lúa miến, đậu nành và củ cải đường (Castillo & ctv., 2013). Pathway consortia, hỗn hợp PGPR của *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. coagulans*, *P. fluorescens*, *Streptomyces* spp. và *Trichoderma* spp., là sản phẩm kiểm soát sinh học được bào chế dưới dạng lỏng, dạng hạt và dạng thixotropic để kiểm soát *Meloidogyne* spp. và *R. reniformis* (Askary, 2015). Ở Việt Nam bước đầu có một số nghiên cứu sử dụng các chế phẩm sinh học từ vi khuẩn, giúp giảm việc sử dụng phân hóa học, an toàn với môi trường và giảm chi phí

sản xuất. Tuy nhiên, việc sử dụng các chế phẩm sinh học để phòng trừ tuyến trùng gây bệnh trên các cây trồng nói chung và cây rau nói riêng với hiệu quả cao, ổn định chưa có nhiều vì chưa tìm được nhiều chủng vi khuẩn bản địa có đồng thời cả khả năng kích thích sinh trưởng (KTST) và kiểm soát tuyến trùng. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm sàng lọc, tuyển chọn các chủng vi khuẩn *Bacillus* bản địa có cả khả năng KTST và kiểm soát tuyến trùng gây bệnh bướu rễ trên cây rau.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

2.1. Địa điểm thu thập nguồn mẫu

Mẫu đất và rễ cây rau ăn lá thu thập tại Củ Chi và Hóc Môn (TP. Hồ Chí Minh), Cẩm Mỹ và Biên Hoà (Đồng Nai), vi khuẩn được phân lập, làm thuần, lưu giữ tại Viện Nghiên cứu Công nghệ sinh học và Môi trường, Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM.

2.2. Vật liệu nghiên cứu

Tuyến trùng *Meloidogyne* spp. gây bướu rễ trên cây rau được thu thập tại vườn trồng rau ăn lá (mồng toi, dền, cải xanh, cải ngọt) ở Củ Chi, Hóc Môn (TP. Hồ Chí Minh), lưu giữ và nhân nguồn tại nhà lưới Bệnh cây, Viện Nghiên cứu Công nghệ sinh học và Môi trường.

Hạt giống cây mồng toi của Công ty TNHH TM Trang Nông (2E, Lê Quang Sung, Phường 2, Quận 6, TP.HCM) được sử dụng trồng để giữ nguồn tuyến trùng trong nhà lưới.

2.3. Thu thập và phân lập mẫu

Những vườn rau được chọn để lấy mẫu là vườn chưa từng sử dụng các chế phẩm hay thuốc

có nguồn gốc từ vi sinh vật trước đó. Thu thập, phân lập mẫu vi khuẩn nội sinh rễ theo phương pháp nghiên cứu của Wang & Liang (2014), trong đó mẫu rễ được lấy từ các cây không bị nhiễm bệnh và biểu hiện sức sống khỏe mạnh. Các vi khuẩn vùng rễ được phân lập từ mẫu đất bao quanh rễ theo phương pháp của Burgess & ctv. (2009).

2.4. Nhân nuôi nguồn tuyến trùng, thu trứng và ấu trùng J2

Tuyến trùng *Meloidogyne* spp. gây bệnh được chuẩn bị theo phương pháp của Hooper & ctv. (2005), nhân nuôi tuyến trùng trong cây mồng toi sạch bệnh theo phương pháp của Pérez & ctv. (2011). Hạt giống cây mồng toi được khử trùng với 70% ethanol trong 5 phút, NaOCl 1% trong 10 phút và rửa lại bằng nước cất khử trùng 4 lần. Gieo hạt (3 - 5 hạt/chậu) vào các chậu đất đã được khử trùng (duy trì 3 cây/chậu) và thêm 200 tuyến trùng tuổi 2 (J2) vào trong mỗi chậu đất. Bón phân NPK (8-16-8) 1 lần trước khi gieo hạt 2 ngày (2 g/chậu). Đặt cây trong nhà lưới ở nhiệt độ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$, chăm sóc cây đến khi xuất hiện bướu rễ, nhổ cây và thu tuyến trùng phục vụ cho các nội dung nghiên cứu.

Phương pháp thu trứng (Godinez-Vidal và ctv., 2024): Rửa sạch rễ cây nhiễm tuyến trùng, loại bỏ hết đất bám vào rễ. Cho rễ (1 - 3 cây) vào máy xay, xay nhỏ. Cho NaOCl 10% vào rễ (thêm nước vừa đủ để phủ kín rễ, khoảng 350 mL/1 lít). Trộn và lắc rễ trong 3 phút. Đặt các loại rây mắt lưới 170, 500 và 500 vào xô nhựa theo thứ tự rây 170 lưới ở trên cùng. Đổ rễ đã xay vào rây trên cùng và rửa sạch bằng nước máy đến khi hết NaOCl (dùng chày đập nhẹ vào thành rây để tránh làm tắc lỗ rây). Bỏ phần rễ cây ở rây trên

cùng, rửa sạch cặn bẩn trong rây mắt lưới 500 đến khi hết NaOCl, nhẹ nhàng gom trứng tuyến trùng ở một bên rây. Dùng bình rửa để thu gom trứng cùng với nước máy vào cốc nhựa sạch. Nhẹ nhàng rửa sạch các mảnh vụn mịn trong rây mắt lưới 500 cuối cùng. Cẩn thận gom lại trứng tuyến trùng rể ở một bên của rây cuối cùng này để tránh trứng bị lọt qua lưới. Dùng chai rửa để gom trứng vào cốc nhựa.

Phương pháp tách ấu trùng J2: Tách lọc ấu trùng J2 di động trong rể bằng phương pháp Baermann cải tiến (Hooper và ctv., 2005). Mẫu rể được cân 5 g, cắt nhuyễn và trải đều lên rây lọc tinh, cho nước tiết trùng vào rể để nước vừa đủ chạm đáy rây, sau 24 giờ thu huyền phù tuyến trùng dưới rây để quan sát dưới kính hiển vi soi nổi ở độ phóng đại 40X. Tách lọc ấu trùng tuổi 2 di động trong đất bằng phương pháp Baermann cải tiến sử dụng khay nông (Bell & Watson, 2001). Cân 100 g đất trải đều lên rây lọc tinh, cho nước tiết trùng vào rể để nước vừa đủ chạm đáy rây, ủ trong tối ở nhiệt độ 30°C trong 24 giờ. Thu dịch huyền phù dưới rây và quan sát thu nhận J2 dưới kính hiển vi soi nổi (40X).

2.5. Chọn lọc các chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. có khả năng KTST dựa vào khả năng sinh IAA, hoà tan phosphate và sản sinh siderophore

Khảo sát khả năng sản xuất IAA của vi khuẩn *Bacillus* spp.: Dựa trên phương pháp của Bric & ctv. (1991) cải tiến. Cấy vi khuẩn vào ống nghiệm chứa 10 mL môi trường LB lỏng (peptone 10 g/L, yeast extract 5 g/L, NaCl 5 g/L, nước 1 lít, pH 7,0 ± 0,2) bổ sung 0,1% L - tryptophan với nồng độ 1000 µg/L, ủ ở 30°C, trên máy lắc ổn nhiệt (Cole-Parme, Anh) tốc độ 150 vòng/phút

trong 5 ngày. Ly tâm (200 rpm, 15 phút, 4°C) dịch nuôi cấy thu dịch nổi. Chuyển 1 mL dịch nổi vào các ống nghiệm và bổ sung thêm thuốc thử Salkowski (15 mL FeCl₃ 0,5M, 300 mL H₂SO₄ 98%) (Glickmann & Dessaux, 1995;) với tỉ lệ 1:2 (dịch mẫu:thuốc thử Salkowski) ủ ở nhiệt độ phòng 30°C, trong tối, 30 phút. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, tương ứng 3 ống nghiệm cho mỗi chủng vi khuẩn *Bacillus*. Theo dõi sự xuất hiện màu đỏ đến hồng trong dịch nuôi cấy có bổ sung 0,1% L-tryptophan cho thấy sự có mặt của IAA.

Khảo sát khả năng hòa tan phosphate của vi khuẩn *Bacillus* spp.: Khả năng hòa tan phosphate được xác định dựa trên kích thước vòng phân giải xung quanh khuẩn lạc trên môi trường Pikovskaya (Pikovskaya, 1948). Cấy vi khuẩn *Bacillus* lên đĩa môi trường thạch Pikovskaya (Glucose 10 g, Ca₃(PO₄)₂ 5 g, (NH₄)₂SO₄ 0,5 g, NaCl 0,2 g, MgSO₄.7H₂O 0,1 g, KCl 0,2 g, Yeast extract 0,5 g, MnSO₄.H₂O 0,002 g, FeSO₄.7H₂O 0,002 g), ủ ở 30°C trong 3 ngày. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần cho mỗi chủng *Bacillus*, mỗi lần lặp lại là một đĩa petri. Khả năng hòa tan phosphate của vi khuẩn được xác định bằng cách đo vùng trong suốt xung quanh khuẩn lạc. Chỉ số hòa tan phosphate (PSI) được xác định bằng công thức: $PSI = [\text{đường kính khuẩn lạc (mm)} + \text{đường kính vùng trong suốt quanh khuẩn lạc (mm)}] / \text{đường kính khuẩn lạc (mm)}$.

Khảo sát khả năng sinh siderophore của vi khuẩn *Bacillus* spp.: Khảo sát khả năng sinh siderophore bằng phương pháp nuôi cấy trên môi trường CAS agar (Louden & ctv., 2011). Cấy vi khuẩn *Bacillus* spp. lên môi trường CAS agar (Chrome Azure S (CAS) 60,5 mg, Hexadecyltrimethyl amoni bromua (HDTMA) 72,9 mg, Piperazin 1,4-bis (acid 2-ethanesulfonic)

(PIPETS) 30,24 g, 1 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ trong 10 mM HCl 10 mL, Agar 9 g, pH 6,8 - 7,0). Ủ đĩa ở 30°C trong 48 giờ. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần với mỗi vi khuẩn *Bacillus*, mỗi lần lặp lại là một đĩa petri. Quan sát và đo đường kính vùng màu vàng cam xung quanh khuẩn lạc. Khả năng tạo siderophore của vi khuẩn *Bacillus* được đánh giá bằng hiệu số sinh siderophore = $D - d$ (mm), với D là đường kính vòng màu vàng cam hay vùng sản xuất siderophore (mm), d là đường kính khuẩn lạc (mm).

2.6. Đánh giá ảnh hưởng của huyền phù và dịch nổi vi khuẩn *Bacillus* spp. lên ấu trùng J2 *Meloidogyne* spp.

Tùng khuẩn lạc vi khuẩn *Bacillus* spp. (1 mL) được cấy vào bình Erlenmeyer 250 mL chứa 49 mL môi trường (10 g/L peptone, 10 g/L glucose, 1 g/L KH_2PO_4 và 0,5 g/L MgSO_4), lắc ở tốc độ 200 vòng/phút, ở 30°C trong 24 giờ, cho đến khi đạt 10^8 cfu/mL. Lấy 20 ml của mỗi mẫu sau nuôi cấy, ly tâm ở tốc độ 5.590 rpm trong 20 phút, và thu thập phần dịch nổi không có tế bào, lọc qua xy lanh (0,2 μm). Cặn tế bào của mỗi mẫu nuôi cấy được thu thập, rửa sạch và ly tâm ở tốc độ 5.590 rpm trong 20 phút, huyền phù trong 20 mL nước cất vô trùng sử dụng cho thí nghiệm.

Hút 500 μL dịch huyền phù vi khuẩn (10^8 cfu/mL) (với dịch nổi vi khuẩn cũng làm tương tự) cho vào mỗi giếng của bản nhựa Biolog 12 giếng, bổ sung 500 μL (tỉ lệ 1:1) dịch chứa 100 ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 vào mỗi giếng, ủ ở 25°C trong 48 giờ, theo dõi ấu trùng J2 chết ở các mốc thời gian (24 và 48 giờ với huyền phù vi khuẩn; 4, 6 và 8 giờ với dịch nổi). Ấu trùng J2 chết được đánh giá bằng cách, cho tiếp xúc với NaOH 1M trong vòng 2 phút, nếu ấu trùng không cử động sau 2 phút tiếp xúc với NaOH 1 M được coi là

đã chết (Xiang & Lawrence, 2016). Bên cạnh đó, lượng ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 chết được đánh giá dựa theo nghiên cứu của Rajasekharan & ctv. (2018), khi cho tiếp xúc với đèn LED (450 - 490 nm) trong vòng 120 giây quan sát sự chuyển động, những ấu trùng không cử động trong vòng 120 giây chiếu đèn LED được xem như đã chết. Các thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên đơn yếu tố, mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần. Nghiệm thức đối chứng là ủ tuyến trùng trong nước cất tiệt trùng.

Tỉ lệ (%) chết ấu trùng J2 được tính bằng công thức: $D = (T/C) \times 100$ với D là tỉ lệ ấu trùng J2 chết (%); T là số lượng J2 (con) chết sau xử lý, C là số lượng J2 (con) ban đầu.

Tỉ lệ chết của J2 so với đối chứng được tính dựa trên công thức của Mahesha & ctv. (2017): $\text{TLC} (\%) = [(C - T)/C] \times 100$, Trong đó: TLC là tỉ lệ ấu trùng J2 chết so với đối chứng (%); C là số lượng J2 còn sống của nghiệm thức đối chứng (%); T là số lượng J2 còn sống của nghiệm thức xử lý.

2.7. Đánh giá ảnh hưởng của dịch huyền phù tế bào và dịch nổi vi khuẩn *Bacillus* spp. đến tỉ lệ nở trứng tuyến trùng *Meloidogyne* spp.

Hút 500 μL dịch chứa trứng (khoảng 100 ± 5 trứng) cho vào giếng của bản nhựa Biolog 12 giếng, thêm 500 μL (tỉ lệ 1:1) huyền phù vi khuẩn (10^8 cfu/mL) hoặc dịch nổi vi khuẩn của mỗi chủng vi khuẩn vào mỗi giếng riêng biệt, đặt ở nhiệt độ 30°C. Theo dõi tỉ lệ nở trứng ở các mốc thời gian. Các thí nghiệm được thực hiện hoàn toàn ngẫu nhiên đơn yếu tố, mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần, nghiệm thức đối chứng ủ trứng trong nước cất tiệt trùng. Theo dõi số lượng trứng nở sau 7 ngày và tính toán theo công thức:

Tỉ lệ nở tương đối (%) = (số trứng đã nở thành ấu trùng J2/số trứng ban đầu trong dung dịch nước) x 100

Tỉ lệ ức chế nở (%) = 100 - Tỉ lệ nở tương đối (%)

Tỉ lệ ức chế nở trứng so với đối chứng (%) được tính toán dựa trên công thức của Mahesha & ctv. (2017): $TLC1 (\%) = [(C1 - T1)/C1] \times 100$, Trong đó: TLC1 là tỉ lệ ức chế nở trứng của vi khuẩn so với đối chứng (%); C1 là số lượng trứng nở thành ấu trùng J2 của nghiệm thức đối chứng (%); T1 là số lượng trứng nở thành ấu trùng J2 của nghiệm thức xử lý.

2.8. Định danh các chủng vi khuẩn bằng phân tích trình tự vùng gen 16S rRNA

Các chủng vi khuẩn được nuôi cấy trên các đĩa chứa môi trường LB agar, các khuẩn lạc đơn được lựa chọn sau 24 giờ ở 37°C. DNA bộ gen vi khuẩn được tách chiết sử dụng kit The DNeasy blood and tissue kit (Qiagen, Malaysia). Khuếch đại gen 16S rRNA thông qua PCR sử dụng cặp mồi 27 F (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3') và 1492 R (5'-TAC GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3') (DeLong, 1992), đoạn gen được nhân lên có kích thước > ~1.300 bp và được giải trình tự tại Công ty 1 st Base (Malaysia). Trình tự nucleotide được tham chiếu BLAST so với cơ sở dữ liệu NCBI GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Các trình tự có độ tương đồng hơn 99% được sử dụng để căn chỉnh và phân tích phát sinh loài bằng chương trình MEGA (phiên bản 12) (Tamura & ctv., 2021). Cây phát sinh loài được xây dựng bằng phương pháp phân cụm

Neighbor-Joining. Tỉ lệ các cây sao chép trong đó các đơn vị phân loại có liên quan được nhóm lại với nhau trong thử nghiệm bootstrap (1.000 lần) được hiển thị bên cạnh các nhánh.

2.9. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu thí nghiệm được xử lý bằng Excel 2007, phần mềm phân tích thống kê Statistical Analysis Systems (SAS) và phân tích phương sai (ANOVA).

3. Kết Quả

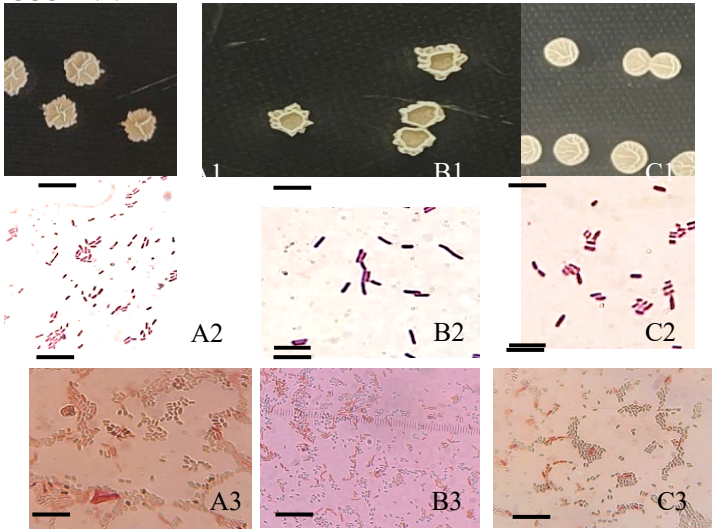
3.1. Kết quả thu thập, phân lập và xác định các đặc tính hình thái sinh hóa của vi khuẩn

Từ 50 mẫu rễ và đất vùng rễ thu thập trên cây rau ăn lá ở vùng trồng rau TP. Hồ Chí Minh (Củ Chi, Hóc Môn) và Đồng Nai (Biên Hoà, Cẩm Mỹ), đã phân lập được 20 mẫu vi khuẩn. Với các đặc điểm nhận dạng như trực khuẩn hình que, gram dương, sinh nội bào tử, di động, khuẩn lạc tròn hoặc hơi méo, có màu trắng trong đến trắng đục, rìa tròn đều, lượn sóng hoặc răng cưa. Hai mươi chủng vi khuẩn được xác định thuộc chi *Bacillus* dựa theo khóa phân loại vi khuẩn học của Begrey (Berkeley & ctv., 1984; Sneath & ctv., 1987). Tiếp tục thực hiện đánh giá sơ bộ khả năng chết của tuyến trùng trong dịch vi khuẩn của 20 mẫu đã phân lập, thu được 3 mẫu vi khuẩn *Bacillus* spp. có khả năng giết chết tuyến trùng *Meloidogyne* sp. gây bệnh bướu rễ cao nhất với tỉ lệ chết trên 50%. Hình thái của 3 mẫu vi khuẩn chọn lọc ra từ các chủng *Bacillus* spp. cho những thí nghiệm tiếp theo được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 1.

Bảng 1. Đặc điểm hình thái và sinh hoá của 3 chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. đã phân lập

Đặc điểm sinh hóa	BHMT 4.1	CCCX 2.2	CCCX 2.1
Gram	+	+	+
Hình dạng	Que	Que	Que
Màu sắc	Trắng vàng nhạt	Trắng kem nhạt	Trắng nhạt
Nội bào tử	có	có	có
Khả năng di động	Di động	Di động	Di động
MR test	+	+	+
VP test	+	+	+
Indol	-	-	-
Citrate utilization	+	+	+
Thủy phân tinh bột	+	+	+
Thủy phân gelatin	+	-	+
Urease test	-	-	-
Oxidase	+	+	+
Catalase	+	+	+
H ₂ S	-	+	-
Glucose	+	+	+
Lactose	-	-	-
Sucrose	+	-	+
Loài <i>Bacillus</i>	<i>B. velezensis</i>	<i>Bacillus</i> sp.	<i>B. subtilis</i>

VP: Vogues-Proskauer's; MR: Methyl red; H₂S: Hydrogen sulfide; (+): dương tính; (-): âm tính. BHMT 4.1: vi khuẩn *Bacillus velezensis* BHMT 4.1; CCCX 2.2: vi khuẩn *B. amylolifequacien* CCCX 2.2 và CCCX 2.1: vi khuẩn *B. subtilis* CCCX 2.1.

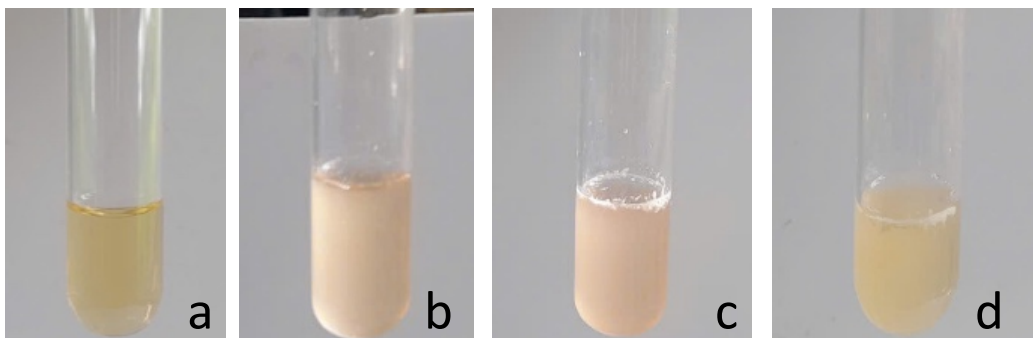


Hình 1. Hình dạng khuẩn lạc (A1, B1, C1), hình dạng tế bào và kết quả nhuộm Gram (A2, B2, C2), nội bào tử (A3, B3, C3) của các chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. đã phân lập từ rễ và đất cây rau ăn lá. Mẫu BHMT 4.1 (A1, A2,A3), mẫu CCCX 2.2 (B1, B2, B3), mẫu CCCX 2.1 (C1, C2, C3).
Scale bar: 10 μ m.

3.2. Khảo sát khả năng sản xuất IAA của vi khuẩn *Bacillus* spp.

Kết quả khảo sát định tính khả năng sản xuất IAA của 3 chủng vi khuẩn *Bacillus* cho thấy, 3 chủng đều có khả năng sản xuất IAA làm thay đổi màu môi trường có bổ sung 0,1% L-tryptophan khi cho thuốc thử Salkowski, tạo màu hồng nhạt (Hình 2). Trong đó, 2 chủng CCCX 2.1 và BHMT 4.1 có khả năng sản xuất IAA mạnh nhất tạo màu hồng nhạt khi phản ứng với thuốc thử Salkowski sau 5 ngày nuôi cấy. Theo Swain & ctv. (2007),

B. subtilis có khả năng sản xuất IAA. Chủng *B. amyloliquefaciens* FZB42 có các gen *dhaS*, *patB* có khả năng sinh IAA (He & ctv., 2013). Nhiều vi khuẩn *Bacillus* spp. được xác định có tiềm năng sản xuất IAA như *B. velezensis*, *B. megaterium*, *B. thuringiensis*, *B. pumilus*, *B. weihenstephanensis*, *B. cereus*, *B. toyonensis*, và *B. subtilis* (Wagi & Ahmed, 2019). Mohite (2013) khẳng định trong điều kiện nuôi cấy các nhau, các vi khuẩn *Bacillus* spp. có sự khác biệt về loài thì khả năng sản xuất IAA cũng khác nhau.



Hình 2. Kết quả định tính khả năng sản xuất IAA của một số chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. sau 5 ngày nuôi cấy. a) Đối chứng; b) Chủng BHMT 4.1; c) Chủng CCCX 2.1; d) Chủng CCCX 2.2.

Trong 3 mẫu *Bacillus* phân lập, có 2 mẫu (CCCX 2.2 và BHMT 4.1) biểu hiện vòng phân giải rõ ràng xung quanh khuẩn lạc, cho thấy sự hòa tan phosphate trên môi trường thạch Pikovaskaya. Mẫu CCCX 2.2 có vòng phân giải trung bình 1,57 mm, mẫu BHMT4.1 đạt 2,0 mm. Chủng CCCX 2.1 không xuất hiện vòng phân giải quanh khuẩn lạc. Kết quả ghi nhận, mẫu vi khuẩn CCCX 2.2 có hiệu số phân giải cao nhất với giá trị trung bình của 3 lần lặp lại đạt khoảng $1,67 \pm 0,58$ mm.

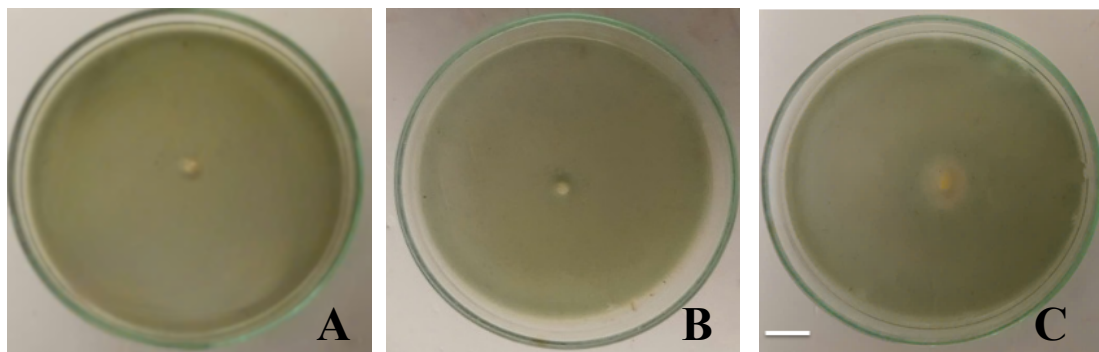
Đã có nhiều nghiên cứu cho thấy, phosphate có ảnh hưởng đến tuyến trùng bấu rễ. Nghiên

cứu của Terefe & ctv. (2009), chỉ ra rằng vi khuẩn hòa tan phosphate *B. firmus* có khả năng ức chế quần thể *M. incognita* trong rễ cà chua. Nghiên cứu của El-Hadad & ctv. (2011), cho thấy khi tiêm chủng *B. megaterium* vào đất có thể ngăn chặn quần thể RKN trong đất thông qua việc điều chỉnh khả năng hòa tan phosphate và khoáng hóa. Các thí nghiệm trong điều kiện *in vitro* của Habash & Al-Banna (2011) cho kết luận, các vật liệu chứa canxi phosphonate và magie phosphonate có hiệu quả trong việc ức chế nở trứng và gây ra tỉ lệ tử vong 100% ở J2.

3.4. Khảo sát khả năng sinh siderophore của vi khuẩn *Bacillus* spp.

Vi khuẩn cần sắt để phục vụ cho chức năng chuyển hóa và truyền tín hiệu, quan trọng nhất là một số đặc điểm độc lực. Siderophore là hợp chất do vi khuẩn tiết vào môi trường để thu nhận các ion sắt (Fe^{3+}) từ môi trường xung quanh (khi sống trong điều kiện thiếu sắt), do đó giúp cây trồng chống lại stress do thiếu sắt gây nên. *Bacillus* spp. đã phát triển một cơ chế để thu nhận sắt bằng cách sử dụng siderophore. *Bacillus* spp. được biết đến là có khả năng sản xuất nhiều

loại siderophore như bacillibactin, pyoverdine, pyochelin, schizokinen, petrobactin,... đóng vai trò quan trọng trong sự tồn tại của nó (Khan & ctv., 2016). Kết quả ghi nhận, sau 48 giờ nuôi cấy 3 chủng *Bacillus* spp. trên môi trường CAS agar đều có hiện tượng môi trường nuôi cấy chuyển sang màu trắng cam nhạt xung quanh khuẩn lạc (Hình 3), cho thấy các chủng có khả năng sản xuất siderophore. Tuy nhiên, chỉ có 2 chủng vi khuẩn CCCX 2.2 và BHMT 4.1 thể hiện khả năng sinh siderophore tốt nhất với hiệu số sinh siderophore có giá trị trung bình lần lượt là khoảng 6,33 và 3,33 mm.



Hình 3. Kết quả khảo sát định tính khả năng sinh siderophore của vi khuẩn *Bacillus* spp. trên môi trường CAS agar. A: CCCX 2.1; B: CCCX 2.2; C: BHMT 4.1. Scale bar = 1 cm.

3.5. Đánh giá ảnh hưởng của vi khuẩn *Bacillus* spp. lên ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tỉ lệ kiểm soát ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 của dịch huyền phù tế bào vi khuẩn *Bacillus* spp. dao động từ 54,67% đến 66,67% sau 48 giờ đồng nuôi cấy, trong đó, chủng BHMT 4.1 có tỉ lệ gây chết ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 cao nhất đạt 66,67%, tỉ lệ

chết của ấu trùng J2 so với đối chứng là 64,19%, tiếp theo là chủng CCCX 2.1 với tỉ lệ gây chết ấu trùng là 61,33% và tỉ lệ chết so với đối chứng đạt 58,64 % (Bảng 2). Ấu trùng J2 khi chết đuối thẳng ra, khi cho tiếp xúc với NaOH 1 M trong vòng 2 phút ấu trùng J2 hoàn toàn không cử động (Hình 4) (Xiang & Lawrence, 2016).

Bảng 2. Tác động của dịch huyền phù tế bào vi khuẩn *Bacillus* spp. đến ấu trùng J2 *Meloidogyne* spp. trong 24 giờ và 48 giờ sau khi đồng nuôi cấy trong điều kiện *in vitro*

Chủng vi khuẩn	24 giờ		48 giờ	
	Tỉ lệ chết của J2 (%)	Tỉ lệ chết của J2 so với ĐC (%)	Tỉ lệ chết của J2 (%)	Tỉ lệ chết của J2 so với ĐC (%)
ĐC	2,67 ^b ± 1,16	0,00 ^c	6,67 ^c ± 2,31	0,00 ^c
BHMT 4.1	38,00 ^a ± 8,00	36,35 ^a ± 7,60	66,67 ^a ± 4,62	64,19 ^a ± 5,75
CCCX 2.1	43,33 ^a ± 3,06	41,79 ^b ± 2,65	61,33 ^{ab} ± 6,11	58,64 ^{ab} ± 5,82
CCCX 2.2	39,33 ^a ± 5,77	37,64 ^a ± 6,32	54,67 ^b ± 2,31	52,05 ^b ± 6,34

Trong cùng một cột, các số liệu có kí tự theo sau khác nhau thì có sự khác biệt về mặt thống kê ($P < 0,05$). Số liệu trong bảng thể hiện số liệu trung bình (Mean) ± Độ lệch chuẩn (SD) từ 3 lần lặp lại. ĐC: đối chứng; BHMT 4.1: vi khuẩn *Bacillus velezensis* BHMT 4.1; CCCX 2.2: vi khuẩn *B. amylolifequacien* CCCX 2.2 và CCCX 2.1: vi khuẩn *B. subtilis* CCCX 2.1.

Dịch nổi từ các chủng *Bacillus* spp. có khả năng gây chết cho ấu trùng J2 với tỉ lệ cao, đặc biệt là chủng BHMT4.1 với 90,4% sau 8 giờ (Bảng 3). *Bacillus* spp. gây chết nhanh cho J2 ở thời điểm 4 - 6 giờ, nhưng từ 6 - 8 giờ tỉ lệ chết của J2 tăng nhẹ. Điều này cho thấy, dịch nổi các chủng *Bacillus* spp. gây chết nhanh cho ấu trùng

J2 ở thời gian đầu và bền vững khi đạt ngưỡng. Kết quả này phù hợp với một số nghiên cứu đã công bố như *B. subtilis* có thể gây chết 85 - 92% ấu trùng J2 sau 8 giờ với dịch nổi. *B. velezensis* tiết surfactin gây chết 93% ấu trùng J2 sau 8 giờ (Tian & ctv., 2022).

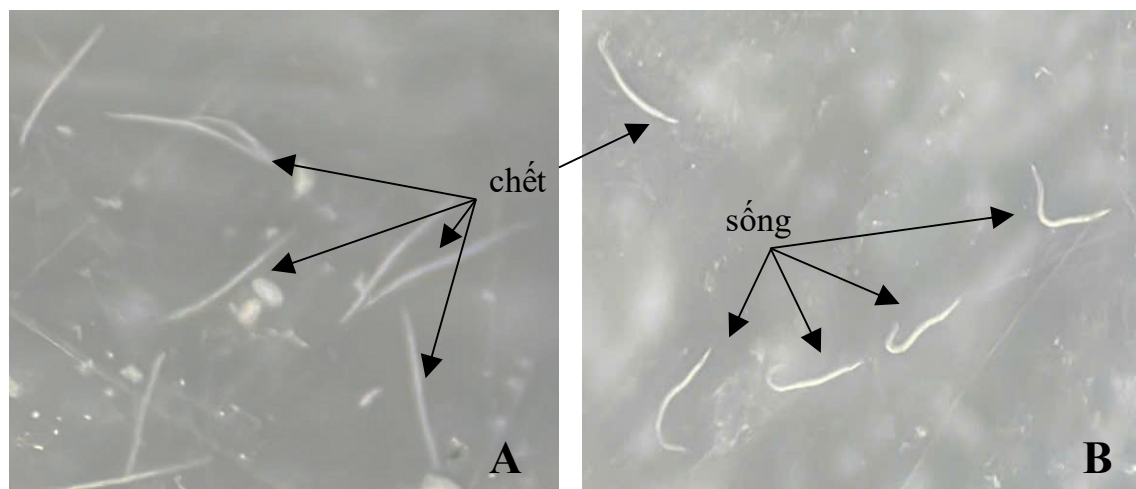
Bảng 3. Tác động của dịch nổi các chủng *Bacillus* spp. đến ấu trùng J2 *Meloidogyne* spp. sau khi đồng nuôi cấy trong điều kiện *in vitro*

Chủng vi khuẩn	Tỉ lệ chết (%) của J2 với dịch nổi <i>Bacillus</i> spp.		
	4 giờ	6 giờ	8 giờ
ĐC	3,73 ^c ± 0,7	8,5 ^c ± 1,0	11,6 ^c ± 1,0
BHMT 4.1	83,7 ^a ± 2,3	87,7 ^a ± 3,9	90,4 ^a ± 0,8
CCCX 2.1	65,5 ^b ± 3,0	74,5 ^b ± 1,4	84,2 ^b ± 2,0
CCCX 2.2	73,1 ^a ± 2,5	80,6 ^a ± 1,2	88,7 ^b ± 0,9

Trong cùng một cột, các số liệu có kí tự theo sau khác nhau thì có sự khác biệt về mặt thống kê ($P < 0,05$). Số liệu trong bảng thể hiện số liệu trung bình (Mean) ± Độ lệch chuẩn (SD) từ 3 lần lặp lại. ĐC: đối chứng; BHMT 4.1: vi khuẩn *Bacillus velezensis* BHMT 4.1; CCCX 2.2: vi khuẩn *B. amylolifequacien* CCCX 2.2 và CCCX 2.1: vi khuẩn *B. subtilis* CCCX 2.1.

Nghiên cứu của nhóm tác giả Xiang & ctv. (2014) về ảnh hưởng của 19 chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. lên ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 sau 48 giờ cho thấy, vi khuẩn gây chết ấu trùng J2 đạt từ 52,6 - 88,3%. Hu & ctv. (2022) công bố đã phân lập được 12 chủng vi khuẩn nội sinh từ mô thực vật và phát hiện ra ba trong số chúng là *B. cereus* BCM2, *B. cereus* SZ5 và *B. altitudinis*

CCM7 thể hiện hoạt tính diệt tuyến trùng đối với *M. incognita*, với tỉ lệ gây chết cao hơn 90% trong cả ba trường hợp. Các chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. bản địa trong nghiên cứu này có tỉ lệ kiểm soát ấu trùng J2 *Meloidogyne* spp. là tương đối giống với kết quả đã được Xiang & ctv. (2014) và Hu & ctv. (2022) công bố.



Hình 4. Ấu trùng J2 *Meloidogyne* spp. chết ở các nghiệm thức chụp ở vật kính 10X, (A): Nghiệm thức chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. (BHMT4.1), (B): Nghiệm thức đối chứng.

3.6. Đánh giá ảnh hưởng của vi khuẩn *Bacillus* spp. đến tỉ lệ nở trứng tuyến trùng *Meloidogyne* spp.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, dịch huyền phù tế bào của 3 chủng vi khuẩn khảo sát đều có ảnh hưởng đến tỉ lệ nở và ỨC CHẾ NỞ TRỨNG sau 5 và 7 ngày (Bảng 4). Trong đó, chủng BHMT 4.1 có tỉ

lệ ỨC CHẾ NỞ TRỨNG cao nhất sau 7 ngày với 44%, kế đến là chủng CCCX 2.1 với 42,67% và thấp nhất là chủng CCCX 2.2 với 33,33%. Các nghiệm thức dịch huyền phù tế bào của 3 chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. đều có tỉ lệ nở trứng của tuyến trùng rất khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức đối chứng.

Bảng 4. Ảnh hưởng của dịch huyền phù tế bào vi khuẩn *Bacillus* spp. đến sự nở trứng tuyến trùng *Meloidogyne* spp. trong điều kiện *in vitro*

Chủng vi khuẩn	5 ngày			7 ngày		
	Tỉ lệ nở trứng (%)	Tỉ lệ ức chế nở trứng (%)	Tỉ lệ ức chế nở so với ĐC (%)	Tỉ lệ nở trứng (%)	Tỉ lệ ức chế nở trứng (%)	Tỉ lệ ức chế nở so với ĐC (%)
ĐC	81,33 ^b ± 4,62	18,67 ^b ± 4,62	0,00 ^b	96,00 ^b ± 2,00	4,00 ^b ± 2,00	0,00 ^b
BHMT 4.1	47,33 ^a ± 7,02	52,67 ^a ± 7,02	41,98 ^a ± 5,88	56,00 ^a ± 9,17	44,00 ^a ± 9,17	41,69 ^a ± 9,18
CCCX 2.1	50,00 ^a ± 7,21	50,00 ^a ± 7,21	38,64 ^a ± 6,67	57,33 ^a ± 4,16	42,67 ^a ± 4,16	40,20 ^a ± 5,57
CCCX 2.2	49,33 ^a ± 12,22	50,67 ^a ± 12,22	39,77 ^a ± 12,12	66,67 ^a ± 7,57	33,33 ^a ± 7,57	30,52 ^a ± 8,26

Trong cùng một cột, các số liệu có kí tự theo sau khác nhau thì có sự khác biệt về mặt thống kê ($P < 0,05$). Số liệu trong bảng thể hiện số liệu trung bình (Mean) ± Độ lệch chuẩn (SD) từ 3 lần lặp lại. ĐC: đối chứng; BHMT 4.1: vi khuẩn *Bacillus velezensis* BHMT 4.1; CCCX 2.2: vi khuẩn *B. amylolifequacien* CCCX 2.2 và CCCX 2.1: vi khuẩn *B. subtilis* CCCX 2.1.

Kết quả thí nghiệm về sự tác động của dịch nổi vi khuẩn *Bacillus* spp. cho thấy, cả 3 chủng vi khuẩn đều ức chế sự nở trứng mạnh (từ 40 - 70%) sau 72 giờ đồng nuôi cấy. Trong đó, chủng BHMT4.1 có tỉ lệ nở trứng từ 32,8 - 54% sau 72

giờ (Bảng 5). Kết quả này khá tương đồng với nghiên cứu của Basyony & Abo-Zaid (2018), khi sử dụng dịch nổi *Bacillus* B10 và B8 để kiểm soát tuyến trùng *M. incognita* cho tỉ lệ nở trứng đạt 44,7 và 46,3%.

Bảng 5. Ảnh hưởng của dịch nổi vi khuẩn *Bacillus* spp. đến sự nở trứng tuyến trùng *Meloidogyne* spp. trong điều kiện *in vitro*

Chủng vi khuẩn	Tỉ lệ nở trứng (%) của J2 với dịch nổi <i>Bacillus</i> spp.		
	24 giờ	48 giờ	72 giờ
ĐC	66 ^a ± 5,0	83,8 ^a ± 6,0	97,5 ^a ± 1,2
BHMT 4.1	30,6 ^b ± 3,0	36,4 ^b ± 2,9	44,3 ^b ± 7,0
CCCX 2.1	32,8 ^b ± 5,8	42,5 ^b ± 3,5	54,0 ^b ± 2,5
CCCX 2.2	37,5 ^b ± 3,8	41,4 ^b ± 5,8	45,7 ^b ± 3,5

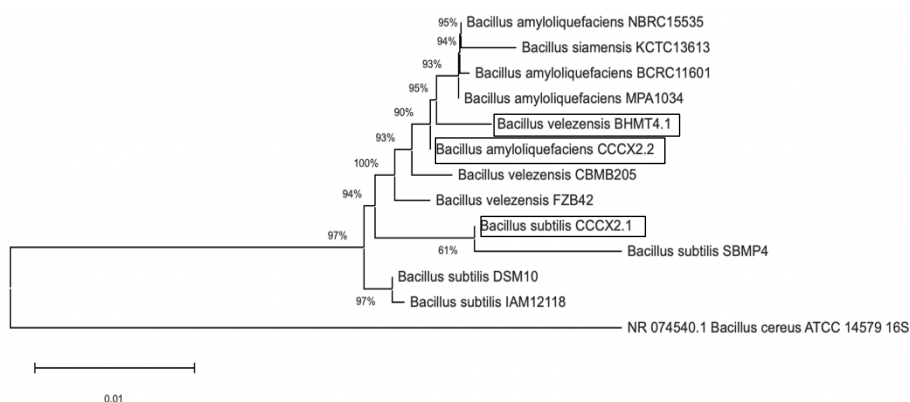
Trong cùng một cột, các số liệu có kí tự theo sau khác nhau thì có sự khác biệt về mặt thống kê ($P < 0,05$). Số liệu trong bảng thể hiện số liệu trung bình (Mean) ± Độ lệch chuẩn (SD) từ 3 lần lặp lại. ĐC: đối chứng; BHMT 4.1: vi khuẩn *Bacillus velezensis* BHMT 4.1; CCCX 2.2: vi khuẩn *B. amylolifequacien* CCCX 2.2 và CCCX 2.1: vi khuẩn *B. subtilis* CCCX 2.1.

Puttawong và ctv. (2024) cho biết, dịch huyền phù và dịch nổi *B. subtilis* làm tỉ lệ nở trứng *M. incognita* chỉ còn 44 - 57% tùy chủng và nồng độ, kết quả trong nghiên cứu này cho thấy chủng CCCX2.2 có tỉ lệ nở trứng của tuyến trùng phù hợp với nghiên cứu trên. Một nghiên cứu khác cho thấy chủng *B. velezensis* Bv-25 cho tỉ lệ ức chế nở trứng lên đến 95 - 98% (Tian và ctv., 2022). Trong nghiên cứu này chủng BHMT4.1 cho khả năng kiểm soát nở trứng 44%, thấp hơn so với nghiên cứu của Tian & ctv. (2022). Một số *Bacillus* spp. khác từ nho, dưa leo, cà tím cũng làm giảm 42 - 84% số lượng J2 và giảm số nốt sần/rễ (El-Nagdi & Abd-El-Khair, 2019). Điều này cho thấy, mỗi loài vi khuẩn khác nhau sẽ có hoạt tính enzyme, có các gen phản ứng phòng vệ là khác nhau nên khả năng tác động lên tuyến trùng cũng sẽ khác nhau.

3.7. Định danh các chủng vi khuẩn bằng phân tích trình tự vùng gen 16S rRNA

Các chủng vi khuẩn được định danh phân tử bằng cách giải trình tự 16S rRNA. Cây phát sinh loài cho thấy sự phân tách rõ rệt giữa nhóm

B. subtilis, *B. amyloliquefaciens* và *B. velezensis* (Hình 4). Chủng CCCX2.2 tương đồng với chủng *B. amyloliquefaciens* BCRC11601 và NBRC15535 với bootstrap 93 và 95%. Chủng BHMT4.1 có độ tương đồng cao với chủng *B. velezensis* FZB42 (99,36%) với bootstrap 93% và *B. velezensis* CBMB205 với bootstrap 90%. Dựa trên vị trí phân nhánh và mối quan hệ gần giữa các chủng, cho thấy mẫu BHMT4.1 thuộc loài *B. velezensis* với độ tương đồng cao trên vùng 16S rRNA. Mặt khác, BHMT4.1 nằm cùng nhánh với một số chủng *B. amyloliquefaciens* cho thấy, trình tự 16S rRNA giữa 2 loài này rất giống nhau, kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước là chúng được xem là cùng một loài trong lịch sử phân loại (Dunlap & ctv., 2016). Để làm rõ hơn sự khác biệt giữa các chủng *B. amyloliquefaciens* và *B. velezensis* cần giải trình tự thêm vùng gen *ropB* và *gyrB*. Chủng *B. subtilis* CCCX2.1 tương đồng cao với chủng *B. subtilis* DSM10 và IAM12118 với bootstrap 97%. Chủng *B. cereus* ATCC 14579 được sử dụng để làm nhóm ngoài cho thấy sự tách biệt với nhóm các chủng *Bacillus* đã phân lập được.



Hình 4. Cây phát sinh loài của các loài *Bacillus* dựa trên trình tự gen 16S rRNA được xây dựng bằng phương pháp neighbor-joining sử dụng phần mềm MEGA 12.0. Các giá trị bootstrap được hiển thị tại các điểm nhánh. *Bacillus cereus* (ANR 074540.1) được sử dụng làm nhóm ngoài.

4. Thảo Luận

Bacillus spp. là một trong những chi vi khuẩn phổ biến và ứng dụng nhiều nhất trong kiểm soát tuyến trùng *Meloidogyne* spp. (Engelbrecht & ctv., 2022). *Bacillus* spp. gây tử vong ấu trùng *Meloidogyne* spp. nhờ vào khả năng sản xuất các hoạt chất sinh học có vai trò quan trọng trong sự phát triển của cây trồng cũng như trong quá trình kiểm soát tuyến trùng. Các hợp chất có hoạt tính sinh học hoặc các chất chuyển hóa thứ cấp có thể gây độc cho tuyến trùng và do đó giết chết tuyến trùng (Mendoza & ctv., 2008). Bên cạnh đó, sự hiện diện của vi khuẩn gây nhiều tác động khác nhau lên trứng tuyến trùng như hoại tử, kết tụ và hình thành màng sinh học giữ trứng và ấu trùng nở ra; ngoài ra, có bằng chứng về kích thước trứng nhỏ hơn, chất lượng trứng kém và chậm phát triển vì không quan sát thấy giai đoạn nào gần với thời điểm nở, do đó trứng có thể đang tạo ra trạng thái ngủ đông tùy ý do sự hiện diện của vi khuẩn (Jiménez-Aguirre & ctv., 2023). Một số vi sinh vật đối kháng như *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp. tạo màng sinh học giải phóng các enzyme chitinase, protease... phá vỡ vỏ trứng tuyến trùng, màng bọc trứng tuyến trùng ngăn trứng nở ra. Do đó, giúp khống chế mật số tuyến trùng trong tự nhiên (Basyony & Abo-Zaid, 2018). Lipopeptide vòng của surfactin và iturin do *B. subtilis* tạo ra có khả năng ức chế sự nở trứng của *M. incognita* và đóng vai trò quan trọng trong việc tăng tỉ lệ tử vong của ấu trùng (Kavitha và ctv., 2012).

Tác dụng đối kháng của các chủng *Bacillus* khác nhau trên trứng *Meloidogyne* spp. từng được trình bày trong nghiên cứu của Lee & Kim (2015). Các tác giả này đã báo cáo tác dụng kiểm

soát sinh học đối với *Meloidogyne* spp. của các chủng *Bacillus* spp. bản địa như gây hại cho cấu trúc bên ngoài của ấu trùng và vỏ trứng. Trong nghiên cứu này, 3 chủng vi khuẩn *B. velezensis* BHMT 4.1, *B. amyloliquefaciens* CCCX 2.2 và *B. subtilis* CCCX 2.1 đã được phân lập từ vùng đất và rễ trồng rau ăn lá có khả năng sản xuất IAA, hòa tan phosphate và sản xuất siderophore. Tuy nhiên, nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở khảo sát khả năng định tính, nên cần có thêm nghiên cứu để định lượng hoạt tính IAA, khả năng hòa tan phosphate và hàm lượng siderophore của các chủng vi khuẩn *Bacillus*. Bên cạnh đó, ghi nhận về khả năng kiểm soát trứng và ấu trùng *Meloidogyne* spp. J2 trong điều kiện *in vitro* đã cho thấy các chủng vi khuẩn *Bacillus* spp. rất có tiềm năng trong kiểm soát tuyến trùng *Meloidogyne* spp. Việc áp dụng những chủng vi khuẩn *Bacillus* bản địa này lên cây trồng trong nhà lưới và ở điều kiện đồng ruộng là điều kiện cần thiết cần phải thực hiện trước khi ứng dụng chúng trong điều kiện sản xuất thực địa.

5. Kết Luận

Đã phân lập và định danh bằng hình thái, sinh hóa và giải trình tự vùng gen 16S RNA được 3 chủng *Bacillus* phân lập từ vùng rau ăn lá bao gồm *B. velezensis* BHMT 4.1, *B. amyloliquefaciens* CCCX 2.2 và *B. subtilis* CCCX 2.1. Cả 3 chủng vi khuẩn đều có khả năng sinh IAA, hòa tan phosphate và sản sinh siderophore. Hơn nữa, 3 chủng đều có khả năng gây chết đối với ấu trùng J2 và kiểm soát sự nở trứng của tuyến trùng. Trong đó, chủng *B. velezensis* BHMT 4.1 có khả năng gây chết ấu trùng J2 *Meloidogyne* spp. với tỉ lệ cao nhất 66,67% sau 48 giờ và kiểm soát tỉ lệ ức chế nở trứng tuyến trùng đạt 44% sau 7 ngày.

Kết quả cho thấy, 3 chủng vi khuẩn *Bacillus* bản địa đã phân lập rất có tiềm năng ứng dụng trong kiểm soát tuyến trùng *Meloidogyne* spp. gây hại trên cây rau.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn giữa các tác giả. Kết quả này chưa từng công bố trên các tạp chí khoa học khác.

Lời Cảm Ơn

Tác giả xin cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã tài trợ kinh phí cho nghiên cứu này thông qua đề tài với mã số BO2025-NLS-05.

Tài liệu tham khảo (References)

- Askary, T. H. (2015). Limitation, research needs, and future prospects. In Askary, T. H., & Martinelli, P. R. P. (Eds.), *Biocontrol agents of phytonematodes* (446-454). Wallingford, UK: CAB International.
- Basyony, A. G., & Abo-Zaid, G. A. (2018). Biocontrol of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* using an eco-friendly formulation from *Bacillus subtilis*, lab. and greenhouse studies. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 28, 87. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0094-4>.
- Bell N. L. & Watson R. N. (2001). Optimising the whitehead and hemming tray method to extract plant parasitic and other nematodes from two soil under pasture. *Nematology* 3(2), 179-185.
- Berkeley, R. C. W., Logan, N. A., Shute, L. A., & Capey, A. G. (1984). Identification of *Bacillus* species. In Bergan, T. (Ed.), *Methods in microbiology* (291-328). Florida, USA: Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0580-9517\(08\)70397-0](https://doi.org/10.1016/S0580-9517(08)70397-0).
- Bric, J. M., Bostock, R. M., & Silverstone, S. E. (1991). Rapid *in situ* assay for indoleacetic acid production by bacteria immobilized on a nitrocellulose membrane. *Applied and Environmental Microbiology* 57(2), 535-538. <https://doi.org/10.1128/aem.57.2.535-538.1991>.
- Burgess, L. W., Knight, T. E., Tesoriero, L., & Hien, T. P. (2009). *Diagnostic manual for plant diseases in Vietnam*. Canberra, Australia: Australian Center for International Agricultural Research.
- Burkett-Cadena, M., Kokalis-Burelle, N., Lawrence, K. S., Van Santen, E., & Kloepper, J. W. (2008). Suppressiveness of root-knot nematodes mediated by rhizobacteria. *Biological Control* 47(1), 55-59. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.07.008>.
- Castillo, J. D., Lawrence, K. S., & Kloepper, J. W. (2013). Biocontrol of the reniform nematode by *Bacillus firmus* GB-126 and *Paecilomyces lilacinus* 251 on cotton. *Plant Disease* 97(7), 967-976. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-12-0978-RE>.
- DeLong, E. F. (1992). Archaea in coastal marine environments. *Proceedings of The National Academy of Sciences* 89(12), 5685-5689. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.12.5685>.
- Dunlap, C. A., Kim, S. J., Kwon, S. W., & Rooney, A. P. (2016). *Bacillus velezensis* is not a later heterotypic synonym of *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus methylotrophicus* and *Bacillus oryzicola* are later heterotypic synonyms of *Bacillus velezensis*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 66(3), 1212-1217. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.000858>.
- El-Hadad, M. E., Mustafa, M. I., Selim, S. M., El-Tayeb, T. S., Mahgoob, A. E. A., & Aziz, N. H. A. (2011). The nematicidal effect of some bacterial biofertilizers on *Meloidogyne incognita* in sandy soil. *Brazilian Journal of Microbiology* 42(1), 105-113. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000100014>.
- El-Nagdi, W. M. A., & Abd-El-Khair, H. (2019). Application of *Bacillus* species for controlling root-knot nematode *Meloidogyne incognita*

- in eggplant. *Bulletin of The National Research Centre* 43, 154. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0187-6>.
- Engelbrecht, G., Claassens, S., Mienie, C. M., & Fourie, H. (2022). Filtrates of mixed *Bacillus* spp. inhibit second-stage juvenile motility of root-knot nematodes. *Rhizosphere* 22, 100528. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100528>.
- Glickmann, E., & Dessaux, Y. (1995). A critical examination of the specificity of the Salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 61(2), 793-796. <https://doi.org/10.1128/aem.61.2.793-796.1995>.
- Godinez-Vidal, D., Edwards, M. S., & Groen, C. S. (2024). Root-knot nematode egg extraction. *Protocols.io*. <https://doi.org/10.17504/protocols.io.eq2lyj5nqlx9/v1>.
- Habash, S., & Al-Banna, L. (2011). Phosphonate fertilizers suppressed root knot nematodes *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. *Journal of Nematology* 43(2), 95-100.
- He, P., Hao, K., Blom, J., Rückert, C., Vater, J., Mao, Z., Wu, Y., Hou, M., He, P., He, Y., & Borriss, R. (2013). Genome sequence of the plant growth promoting strain *Bacillus amyloliquefaciens* subspecies plantarum B9601-Y2 and expression of mersacidin and other secondary metabolites. *Journal of Biotechnology* 164(2), 281-291. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2012.12.014>.
- Hooper, D. J., Hallmann, J., & Subbotin, S. A. (2005). Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. In Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (Eds.), *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (2nd ed., 53-86). Retrieved February 15, 2025, from <https://doi.org/10.1079/9780851997278.0053>.
- Hunt, D., & Handoo, Z. (2009). Taxonomy, identification and principal species. In Perry, R. N., Moens, M., & Starr, J. L. (Eds.), *Root-knot nematodes* (55-88). London, UK: CAB International.
- Hu, Y., You, J., Wang, Y., Long, Y., Wang, S., Pan, F., & Yu, Z. (2022). Biocontrol efficacy of *Bacillus velezensis* strain YS-AT-DS1 against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato plants. *Frontiers in Microbiology* 22(13), 1035748. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1035748>.
- Jiménez-Aguirre, M. A., Hurtado, P. B. E., Gonzalez-Cardona, C., Ceballos, N., Cardona-Agudelo, D. L., & Montoya-Estrada, N. C. (2023). Antagonist effect of native bacteria of the genus *Bacillus* on the root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in tomato germplasm. *Chilean Journal of Agricultural Research* 83(5), 565-578. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392023000500565>.
- Jones, T. J., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K., Kikuchi, T., Manzanilla-Lopez, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M. L., & Perry, R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 14(9), 946-961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>.
- Kavitha, P. G., Jonathan, E. I., & Nakkeeran, S. (2012). Effects of crude antibiotic of *Bacillus subtilis* on hatching of eggs and mortality of juveniles of *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea* 40(2), 203-206.
- Keren-Zur, M., Antonov, J., Bercovitz, A., Feldman, K., Husid, A., Kenan, G., Markov, N., & Rebhun, M. (2000). *Bacillus firmus* formulations for the safe control of root-knot nematodes. In *Proceedings of The Brighton Crop Protection Conference on Pests and Diseases* (47-52). Brighton, UK: British Crop Protection Council.
- Khan, A., Doshi, H. V., & Thakur, M. C. (2016). *Bacillus* spp.: A prolific siderophore producer. In Arora, A. M., & Mehnaz, S. (Eds.), *Bacilli and Agrobiotechnology: Phytostimulation and Biocontrol* (1st ed., 309-323). Retrieved February

- 15, 2026, from https://doi.org/10.1007/978-3-319-44409-3_13.
- Kloepper, J. W., Ryu, C. M., & Zhang, S. A. (2004). Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94(11), 1259-1266. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>.
- Lee, Y. S., & Kim, K. Y. (2015). Antagonistic potential of *Bacillus pumilus* L1 against root-knot nematode *Meloidogyne arenaria*. *Journal of Phytopathology* 164(1), 29-39. <https://doi.org/10.1111/jph.12421>.
- Liu, Z., Budiharjo, A., Wang, P., Shi, H., Fang, J., Borriss, R., Zhang, K., & Huang X. (2013). The highly modified microcin peptide plantazolicin is associated with nematocidal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *Applied Microbiology and Biotechnology* 97(23), 1081-1090. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5247-5>.
- Louden, B. C., Haarmann, D., & Lynne, A. M. (2011). Use of blue agar CAS assay for siderophore detection. *Journal of Microbiology and Biology Education* 12(1), 51-53. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v12i1.249>.
- Mahesha, H. S., Ravichandra, N. G., Rao, M. S., Narasegowda, N. C., Sonyal, S., & Hotkar, S. (2017). Bio-efficacy of different strains of *Bacillus* spp. against *Meloidogyne incognita* under *in vitro*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(11), 2511-2517. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.295>.
- Mai, W. F. (1985). Plant-parasitic nematodes: their threat to agriculture. In Sasser, J. N., & Carter, C. C. (Eds.), *An advanced treatise on Meloidogyne, Volume 1: Biology and control* (11-17). Department of Plant Pathology, Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- Mendoza, A., Kiwnick, S., & Sikora, R. A. (2008). *In vitro* activity of *Bacillus firmus* against the burrowing nematode *Radopholus similis*, the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and the stem nematode *Ditylenchus dipsaci*. *Biocontrol Science and Technology* 18(4), 377-389. <https://doi.org/10.1080/09583150801952143>.
- Moens, M., Perry, R. N., & Starr, J. L. (2009). *Meloidogyne species - a diverse group of novel and important plant parasites*. In Perry, R. N., Moens, M., & Starr, J. L. (Eds), *Root-knot nematodes* (1-17). Wallingford, UK: CAB International.
- Mohite, B. (2013). Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13(3):638-649. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000051>.
- Ornat, C., & Sorribas, F. J. (2008). Integrated management of root-knot nematodes in Mediterranean horticultural crops. In Ciancio A., & Mukerji, K. G. (Eds.), *Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes* (295-320). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Pérez, A. L., Escuer, M., Diez-Rojo, M. A., & Robertson, L. (2011). Host range of *Meloidogyne arenaria* (neal, 1889) chitwood, 1949 (nematoda: *Meloidogynidae*) in Spain. *Nematopica* 41(1), 130-140.
- Pikovskaya, R. (1948). Mobilization of phosphorus in soil in connection with the vital activity of some microbial species. *Microbiology* 17, 362-370.
- Podile, A. R., & Kishore, G. K. (2006). Plant growth-promoting rhizobacteria. In Gnanamanickam, S. S. (Ed.), *Plant-associated bacteria* (195-230). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Puttawong, K., Beesa, N., Kasem, S., Jindapunnapat, K., Chinnesri, B., & Sasnarukkit, A. (2024). Potential of *Bacillus* spp. against root-knot nematode, *Meloidogyne enterolobii* parasitizing chili (*Capsicum annuum* L.). *Crop Protection*

- 184, 106780. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2024.106780>.
- Rajasekharan, S. K., Raorane, C. J., & Lee, J. (2018). LED based real-time survival bioassays for nematode research. *Scientific Reports* 8(1), 11531. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30016-5>.
- Sasser, J. N. (1980). Root-knot nematodes: a global menace to crop production. *Plant Disease* 64, 36-41. <https://doi.org/10.1094/PD-64-36>.
- Sasser, J. N., & Carter, C. C. (1985). Overview of international Meloidogyne Project 1975-1984. In Sasser, J. N., & Carter, C. C. (Eds.), *An advanced treatise on Meloidogyne, Volume 1: Biology and control* (19-25). North Carolina, USA: State University Graphics.
- Sikora, R. A., & Fernandez, E. (2005). Nematode parasites of vegetables. In Luc, M., Sikora, R. A., & Bridge, J. (Eds.), *Plant-parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (319-392). Oxfordshire, UK: CABI Publishing.
- Sneath, P. H. A., Mair, N. S., Sharpe, M. E., & Holt, J. G. (1987). *Bergey's manual of systematic bacteriology*, Volume 2. Retrieved February 10, 2025, from <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19872040344>.
- Swain, R. M., Naskar, K. S., & Ray, C. R. (2007). Indole-3-acetic acid production and effect on sprouting of Yam (*Dioscorea rotundata* L.) minisetts by *Bacillus subtilis* isolated from culturable cowdung microflora. *Polish Journal of Microbiology* 56(2), 103-110.
- Tamura, K., Stecher, G., & Kumar, S. (2021). MEGA12: Molecular evolutionary genetics analysis version 12. *Molecular Biology Evolution* 38(7), 3022-3027.
- Terefe, M., Tefera, T., & Sakhuja, P. K. (2009). Effect of a formulation of *Bacillus firmus* on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infestation and the growth of tomato plants in the greenhouse and nursery. *Journal of Invertebrate Pathology* 100(2), 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.11.004>.
- Tian, X., Zhao, X., Zhao, S., Zhao, J., & Mao, Z. (2022). The biocontrol functions of *Bacillus velezensis* strain Bv-25 against *Meloidogyne incognita*. *Frontiers in Microbiology* 9, 843041. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.843041>.
- Wagi, S., & Ahmed, A. (2019). *Bacillus* spp.: potent microfactories of bacterial IAA. *PeerJ* 7, e7258. <https://doi.org/10.7717/peerj.7258>.
- Wang, X., & Liang, G. (2014). Control efficacy of an endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* strain BZ6-1 against peanut bacterial wilt *Ralstonia solanacearum*. *BioMed Research International* 2014, 465435. <https://doi.org/10.1155/2014/465435>.
- Xiang, N., & Lawrence, K. S. (2016). Optimization of *in vitro* techniques for distinguishing between live and dead second stage juveniles of *Heterodera glycines* and *Meloidogyne incognita*. *PLoS One* 11(5), e0154818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154818>.
- Xiang, N., Lawrence, K. S., Kloepper, J. W., & Mcinroy, J. A. (2014). *In vitro* screening of biological control agents on *Meloidogyne incognita*. In *Proceedings of The 2014 Beltwide Cotton Conference* (258-260). Louisiana, USA: National Cotton Council of America. Retrieved February 11, 2025, from <http://www.cotton.org/beltwide/proceedings>.

Land use change prediction in Cu Chi district, Ho Chi Minh City using an integrated Markov chain and GIS approach

Duyen T. M. Le¹, Nghia V. Nguyen², & Long B. Le^{3*}

¹Faculty of Land and Real Estate Management, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Technology, Dong Nai Technology University, Bien Hoa City, Vietnam

³Institute of Environmental Science, Engineering and Management, Industrial University of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: January 17, 2025

Revised: April 18, 2025

Accepted: April 24, 2025

Keywords

Land-use change prediction

Land-use planning

Markov chain

Sustainable development

Urbanization

***Corresponding author**

Long Ba Le

Email:

lebalong@iuh.edu.vn

ABSTRACT

This study applied the Markov chain model integrated with Geographic Information Systems (GIS) to analyze land use trends in Cu Chi district, Ho Chi Minh City, from 2010 to 2020 and to project land use changes for 2025 and 2030. Utilizing land use status maps in 2010, 2015, and 2020, the study developed a land use transition probability matrix to simulate future land use trends. The results indicated that from 2010 to 2030, agricultural land and perennial cropland will decline, while residential land and non-agricultural production land will expand significantly due to urbanization and industrialization. The model's accuracy was validated by comparing the 2020 forecast with actual data, yielding an overall model average of 9.08% for Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and 428.73 ha for root mean square error (RMSE), demonstrating high reliability. By 2030, residential land is projected to increase (+973.81 ha, +28.52%), whereas perennial cropland will decline sharply (-1,946.22 ha, -12.45%), primarily being converted into urban and industrial zones, posing challenges in balancing urban expansion, economic growth, and land resource conservation. This research provides a scientific basis to support land use planning, thereby assisting policymakers and urban planners in developing sustainable land management strategies for Cu Chi district.

Cited as: Le, D. T. M., Nguyen, N. V., & Le, L. B. (2026). Land use change prediction in Cu Chi district, Ho Chi Minh City using an integrated Markov chain and GIS approach. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 83-98.

Dự báo biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh dựa trên chuỗi Markov tích hợp GIS

Lê Thị Mỹ Duyên¹, Nguyễn Văn Nghĩa² & Lê Bá Long^{3*}

¹Khoa Quản Lý Đất Đai và Bất Động Sản, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Công Nghệ, Trường Đại Học Công Nghệ Đồng Nai, TP. Biên Hòa, Đồng Nai

³Viện Khoa Học Công Nghệ và Quản Lý Môi Trường, Trường Đại Học Công Nghiệp TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 17/01/2025

Ngày chỉnh sửa: 18/04/2025

Ngày chấp nhận: 24/04/2025

Từ khóa

Chuỗi Markov

Dự báo biến động đất

Đô thị hóa

Phát triển bền vững

Quy hoạch đất đai

*Tác giả liên hệ

Lê Bá Long

Email:

lebalong@iuh.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu ứng dụng mô hình chuỗi Markov kết hợp GIS để phân tích xu thế biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi, TP. Hồ Chí Minh giai đoạn 2010 - 2020 và dự báo đến năm 2025, 2030. Sử dụng dữ liệu bản đồ hiện trạng các năm 2010, 2015 và 2020, nghiên cứu xây dựng ma trận xác suất chuyển đổi sử dụng đất nhằm mô phỏng xu hướng biến động tương lai. Kết quả cho thấy từ 2010 đến 2030, đất nông nghiệp và đất trồng cây lâu năm giảm, trong khi đất ở và đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp tăng đáng kể do đô thị hóa và công nghiệp hóa. Độ chính xác mô hình được kiểm định bằng cách so sánh dự báo năm 2020 với dữ liệu thực tế, với kết quả trung bình toàn bộ mô hình đạt sai số trung bình tuyệt đối (MAPE) 9,08% và sai số trung bình bình phương (RMSE) là 428,73 ha, cho thấy độ tin cậy cao. Dự báo đến năm 2030, đất ở tiếp tục tăng (+973,81 ha, +28,52%), trong khi đất trồng cây lâu năm giảm mạnh (-1.946,22 ha, -12,45%), chủ yếu chuyển đổi sang đất đô thị và công nghiệp, đặt ra thách thức trong cân bằng phát triển và bảo vệ tài nguyên đất. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học hỗ trợ quy hoạch sử dụng đất, giúp định hướng chiến lược phát triển bền vững tại huyện Củ Chi.

1. Đặt Vấn Đề

Biến động sử dụng đất là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến môi trường và phát triển bền vững, đặc biệt tại các khu vực chịu áp lực đô thị hóa mạnh mẽ (Lambin & ctv., 2001). Sự chuyển đổi từ đất nông nghiệp sang đất đô thị hoặc công nghiệp không chỉ phản ánh xu hướng kinh tế - xã hội mà còn đặt ra thách thức trong

quản lý tài nguyên đất, như suy thoái đất canh tác và gia tăng nguy cơ ngập lụt (Qasim & ctv., 2011; Biswas & ctv., 2020). Để giải quyết vấn đề này, mô hình chuỗi Markov tích hợp với Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS) đã được chứng minh là công cụ hiệu quả trong việc phân tích và dự báo xu hướng sử dụng đất, hỗ trợ quy hoạch bền vững (Wang & ctv., 2012; Huynh & ctv., 2017; Abbas & ctv., 2023).

Huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh, là một khu vực ngoại thành điển hình chịu tác động của đô thị hóa nhanh chóng. Với sự phát triển của các khu công nghiệp như Tây Bắc Củ Chi và áp lực dân số từ trung tâm thành phố, đất nông nghiệp tại đây đang suy giảm, trong khi đất ở và đất sản xuất phi nông nghiệp gia tăng (Nguyen, 2011; Le & Nguyen, 2024). Việc dự báo biến động sử dụng đất không chỉ định hướng phát triển hợp lý mà còn giảm ngập lụt, bảo vệ quỹ đất nông nghiệp, và phát triển bền vững nguồn sinh kế chính của người dân địa phương (Koko & ctv., 2020; Tariq & ctv., 2022).

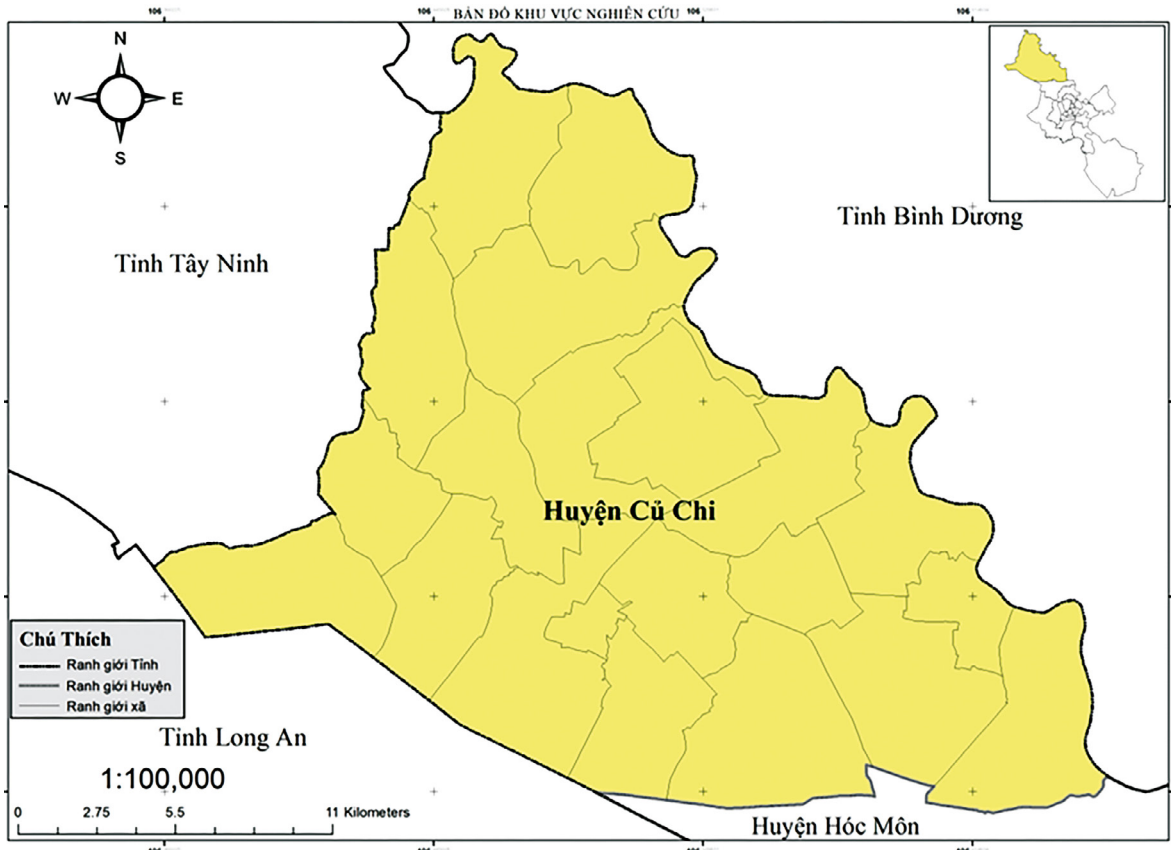
Nghiên cứu này ứng dụng mô hình Markov-GIS, tích hợp dữ liệu bản đồ từ 2010 - 2020, để phân tích và dự báo xu hướng biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi đến năm 2030. Mặc dù, mô hình chuỗi Markov tồn tại hạn chế khi phụ thuộc vào dữ liệu quá khứ và bỏ qua yếu tố ngoại cảnh như chính sách mới hoặc biến đổi khí hậu (Banjara & ctv., 2024). Nhưng kết quả nghiên cứu của chúng tôi đã cung cấp cơ sở khoa

học cho công tác quy hoạch đất đai, góp phần đạt được sự cân bằng giữa phát triển kinh tế và bảo tồn tài nguyên đất tại địa phương.

2. Dữ Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Huyện Củ Chi, thuộc Thành phố Hồ Chí Minh, có địa hình tương đối bằng phẳng, với cao độ trung bình từ 2 đến 10 mét so với mực nước biển (Hình 1). Khu vực phía Bắc có nhiều vùng trũng, thuận lợi cho sản xuất nông nghiệp nhưng dễ bị ngập lụt vào mùa mưa. Huyện nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, với nhiệt độ trung bình năm khoảng 27°C và lượng mưa trung bình 1,800 mm/năm. Mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11, đảm bảo nguồn nước dồi dào cho canh tác lúa và cây công nghiệp ngắn ngày. Ngoài ra, hệ thống sông Sài Gòn và mạng lưới kênh rạch phong phú đóng vai trò quan trọng trong sản xuất nông nghiệp và giao thông đường thủy.



Hình 1. Bản đồ ranh giới huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh.

Về kinh tế - xã hội, Củ Chi là huyện ngoại thành, có vị trí chiến lược kết nối với trung tâm Thành phố Hồ Chí Minh thông qua các tuyến quốc lộ và tỉnh lộ quan trọng. Đến năm 2020, dân số huyện đạt khoảng 462,047 người, với mật độ dân số thấp hơn so với các quận nội thành. Sản xuất nông nghiệp vẫn chiếm tỷ trọng lớn; tuy nhiên, sự phát triển của các khu công nghiệp như Tân Quy và Tây Bắc Củ Chi cùng với cải thiện cơ sở hạ tầng giao thông đã thúc đẩy quá trình chuyển dịch kinh tế sang công nghiệp và dịch vụ. Đô thị hóa nhanh chóng kéo theo sự chuyển đổi mạnh mẽ đất nông nghiệp sang đất phi nông nghiệp, tạo ra cơ hội phát triển nhưng cũng đặt ra thách thức lớn trong quản lý và sử dụng đất bền vững.

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu thứ cấp

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu thứ cấp để phân tích biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi, TP. Hồ Chí Minh giai đoạn 2010 - 2020 và dự báo đến 2025, 2030. Dữ liệu bao gồm bản đồ hiện trạng sử dụng đất các năm 2010, 2015, 2020 từ Sở Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh, định dạng *.dgn (hệ VN-2000, múi chiếu 3°), được chuyển đổi sang shapefile (*.shp) để xử lý GIS. Ngoài ra, dữ liệu kinh tế - xã hội từ Cục Thống kê TP. Hồ Chí Minh và UBND huyện Củ Chi cung cấp số liệu dân số (462.047 người, 2020), lao động, cơ cấu ngành nghề, và quy

hoạch 2010 - 2030, hỗ trợ nhận diện tác động của đô thị hóa và công nghiệp hóa lên chuyển đổi đất nông nghiệp.

Dữ liệu sơ cấp

Dữ liệu sơ cấp được thu thập qua khảo sát thực địa từ tháng 7 đến tháng 12 năm 2023 tại 20 xã và 1 thị trấn ở Củ Chi, nhằm bổ sung và kiểm chứng xu hướng biến động sử dụng đất. Tổng cộng 350 hộ dân tại các khu vực trọng điểm (ví dụ, Tân Thạnh Đông, Hòa Phú) được khảo sát bằng phỏng vấn và quan sát. Phương pháp lấy mẫu áp dụng ngẫu nhiên có phân tầng, chia khu vực theo mức độ đô thị hóa và công nghiệp hóa, chọn trung bình 16 - 17 hộ/xã (0,3% tổng số hộ, ước tính 120.000), đảm bảo đại diện cho các điểm nóng biến động.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Xử lý và phân tích dữ liệu GIS

Dữ liệu bản đồ sử dụng đất được thu thập từ các cơ quan quản lý nhà nước, bao gồm bản đồ hiện trạng sử dụng đất các năm 2010, 2015 và 2020. Các bản đồ này được cung cấp ở định dạng *dgn, được xây dựng theo hệ quy chiếu VN-2000 với múi chiếu 3° (106°30'). Để đảm bảo tính nhất quán và khả năng xử lý dữ liệu, toàn bộ bản đồ đã được chuyển đổi sang định dạng shapefile (*.shp) trong phần mềm ArcMap 10.8, đồng thời giữ nguyên hệ tọa độ VN-2000 nhằm đảm bảo tính chính xác và đồng bộ hóa dữ liệu.

Bảng 1. Danh sách phân nhóm sử dụng đất và mã sử dụng đất

STT	Loại hình sử dụng đất gốc	Mã nhóm	Ghi chú
1	Đất trồng lúa (LUA), cây hàng năm khác (HNK), nuôi trồng thủy sản (NTS), nông nghiệp khác (NKH)	NNP (Đất nông nghiệp)	Bao gồm đất lúa, ngô, rau màu, thủy sản
2	Đất trồng cây lâu năm (CLN)	CLN (Đất trồng cây lâu năm)	Bao gồm cây ăn quả, cây công nghiệp.
3	Đất ở nông thôn (ONT), đô thị (ODT)	OTC (Đất ở)	Bao gồm đất ở tại xã và thị trấn.
4	Đất sản xuất, kinh doanh phi nông nghiệp (SKC, SKK)	CSK (Đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp)	Bao gồm đất khu công nghiệp, cơ sở sản xuất.
5	Đất công cộng (DMC), tôn giáo (TGO), tín ngưỡng (TNG), nghĩa trang (NTD), sông ngòi (SMN), khác (PNK)	PNN (Đất phi nông nghiệp)	Bao gồm đất cơ quan, hạ tầng, chưa sử dụng

Dữ liệu sau đó được phân loại thành năm nhóm sử dụng đất chính (Bảng 1), bao gồm: đất nông nghiệp (NNP), đất trồng cây lâu năm (CLN), đất phi nông nghiệp (PNN), đất

ở (OTC), và đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp (CSK). Việc phân loại dựa trên thực tiễn quy hoạch và quản lý đất đai tại Củ Chi, giúp đơn giản hóa phân tích mà vẫn phản ánh đầy đủ các

xu hướng chuyển đổi quan trọng. Để xác định sự thay đổi diện tích và vị trí của từng nhóm đất qua các giai đoạn 2010 - 2015 và 2015 - 2020, phương pháp chồng lớp bản đồ (overlay analysis) được thực hiện trong ArcMap 10.8. Kỹ thuật này sử dụng các phép toán không gian để tính toán diện tích chuyển đổi giữa các loại đất, tạo ra ma trận chuyển đổi làm cơ sở cho mô hình dự báo Markov.

2.3.2. Mô hình chuỗi Markov dự báo biến động sử dụng đất

Dựa trên kết quả diện tích biến động sử dụng đất qua các giai đoạn 2010 - 2015, 2015 - 2020, và 2010 - 2020 được phân tích trên ArcMap 10.8. Dữ liệu này được tích hợp với mô hình chuỗi Markov trong Excel (Microsoft Office 365) để xây dựng ma trận biến động 2015 - 2020 và dự báo diện tích cho 2025, 2030. Quá trình tích hợp gồm: (1) xuất bảng diện tích chuyển đổi (*.dbf) từ ArcGIS 10.8, (2) tính toán ma trận xác suất trong Excel, và (3) nhân ma trận diện tích với ma trận xác suất để dự báo, kết hợp phân tích không gian GIS và tính toán xác suất Markov (Sang & ctv., 2011).

Ma trận biến động diện tích sử dụng đất được thực hiện bằng công thức (1), như sau:

$$S = (S_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \dots & S_{2n} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & \dots & S_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & \dots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó: S_{ij} là diện tích loại đất i chuyển thành loại đất j từ 2015 đến 2020 (ha); n là số loại hình sử dụng đất (5).

Theo Logsdon & ctv. (1996), chuỗi Markov dự báo biến động đất đai dựa trên nguyên lý xác

suất có điều kiện, giả định rằng xác suất chuyển đổi chỉ phụ thuộc vào trạng thái hiện tại và không chịu ảnh hưởng từ lịch sử xa hơn (Houet & Hubert-Moy, 2006). Giả định này bao gồm: (1) xu hướng biến động 2015 - 2020 duy trì đến 2030, và (2) không có tác động đột biến từ chính sách hoặc môi trường.

Ma trận xác suất chuyển đổi $P = (p_{ij})_{n \times n}$ được tính trên Excel theo công thức (2):

$$P = (p_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \dots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \dots & p_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & p_{n3} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Trong đó: P là ma trận xác suất biến động sử dụng đất từ thời gian 2015 sang 2020, thỏa 2 điều kiện sau: $\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1, 0 \leq p_{ij} \leq 1$; p_{ij} là xác suất thay đổi các kiểu sử dụng đất (chuyển từ kiểu hình sử dụng đất i sang kiểu hình sử dụng đất j), được xác định dựa trên ma trận biến động sử dụng đất:

$$p_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{j=1}^n S_{ij}}$$

Quá trình dự báo diện tích sử dụng đất trong các giai đoạn tiếp theo được thực hiện bằng cách nhân ma trận diện tích sử dụng đất tại thời điểm hiện tại với ma trận xác suất chuyển đổi sử dụng đất, theo công thức (3):

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ \dots \\ S_{n-2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ \dots \\ S_{n-1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \dots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \dots & p_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & p_{n3} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\text{Trong đó: } \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ \dots \\ S_{n-1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ \dots \\ S_{n-2} \end{bmatrix}$$

là diện tích các loại đất tại thời điểm bắt đầu

2015 (đối với dự báo năm 2020), và 2020 (đối với trường hợp dự báo 2025, 2030)

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \cdots & p_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & p_{n3} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}$$

là ma trận xác suất biến động sử dụng đất từ 2015 sang 2020.

2.3.3. Đánh giá kết quả mô hình

Đánh giá hiệu suất dự báo của mô hình Markov là bước quan trọng để xác nhận độ tin cậy trong phân tích biến động sử dụng đất. Nghiên cứu so sánh diện tích dự báo năm 2020 với dữ liệu thực tế từ bản đồ hiện trạng, sử dụng MS Excel để tính toán sai số. Hai chỉ số sai số trung bình tuyệt đối phần trăm (MAPE) và sai số trung bình bình phương (RMSE) được sử dụng để kiểm định mức độ phù hợp của mô hình Markov, công thức tính của 2 chỉ số này được biểu diễn ở công thức (4) và công thức (5), cụ thể như sau:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i^{Thực\ tể} - A_i^{Dự\ báo}}{A_i^{Thực\ tể}} \right| \times 100 \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i^{Thực\ tể} - A_i^{Dự\ báo})^2} \quad (5)$$

Trong đó: $A_i^{Thực\ tể}$ là diện tích thực tế của loại đất i năm 2020 (ha); $A_i^{Dự\ báo}$ là diện tích dự báo của loại đất i năm 2020 (ha); n là số loại hình sử dụng đất (5).

Sai số trung bình tuyệt đối (MAPE) cung cấp sai lệch trung bình phần trăm, dễ diễn giải và chuẩn hóa theo giá trị thực tế, hỗ trợ so sánh giữa các nghiên cứu khác nhau (Moreno & ctv., 2013; Kim & Kim, 2016; Prayudani & ctv., 2019). Trong khi đó, RMSE đo lường độ lệch chuẩn của sai số, nhạy với các sai lệch lớn, qua đó tăng cường độ tin cậy trong việc xác định tính biến động của dự báo.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1 Hiện trạng sử dụng đất các năm 2010, 2015 và 2020 của huyện Củ Chi

Dựa trên dữ liệu phân tích từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất của huyện Củ Chi trong các năm 2010, 2015 và 2020, nhóm tác giả đã tiến hành phân loại lại các loại hình sử dụng đất thành năm nhóm chính, bao gồm: đất nông nghiệp (NNP), đất trồng cây lâu năm (CLN), đất phi nông nghiệp (PNN), đất ở (OTC) và đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp (CSK). Dữ liệu diện tích và tỷ lệ của từng nhóm được tổng hợp trong Bảng 2 và Hình 2, thể hiện rõ xu hướng biến động sử dụng đất trong giai đoạn 2010 - 2020.

Bảng 2. Hiện trạng sử dụng đất huyện Củ Chi các năm 2010, 2015 và 2020

Nhóm sử dụng đất	2010		2015		2020	
	Diện tích (ha)	%	Diện tích (ha)	%	Diện tích (ha)	%
NNP	17.203,3	39,57	16.694,79	38,40	15.640,69	35,97
CLN	15.238,43	35,05	15.298,85	35,19	15.636,92	35,97
PNN	7.118,72	16,37	6.778,96	15,59	6.904,53	15,88
OTC	1.985,51	4,57	2.838,65	6,53	3.414,73	7,85
CSK	1.931,22	4,44	1.865,93	4,29	1.880,31	4,24
Tổng	43.477,18	100	43.477,18	100	43.477,18	100

NNP: đất nông nghiệp; CLN: đất trồng cây lâu năm; PNN: đất phi nông nghiệp; OTC: đất ở; và CSK: đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp.

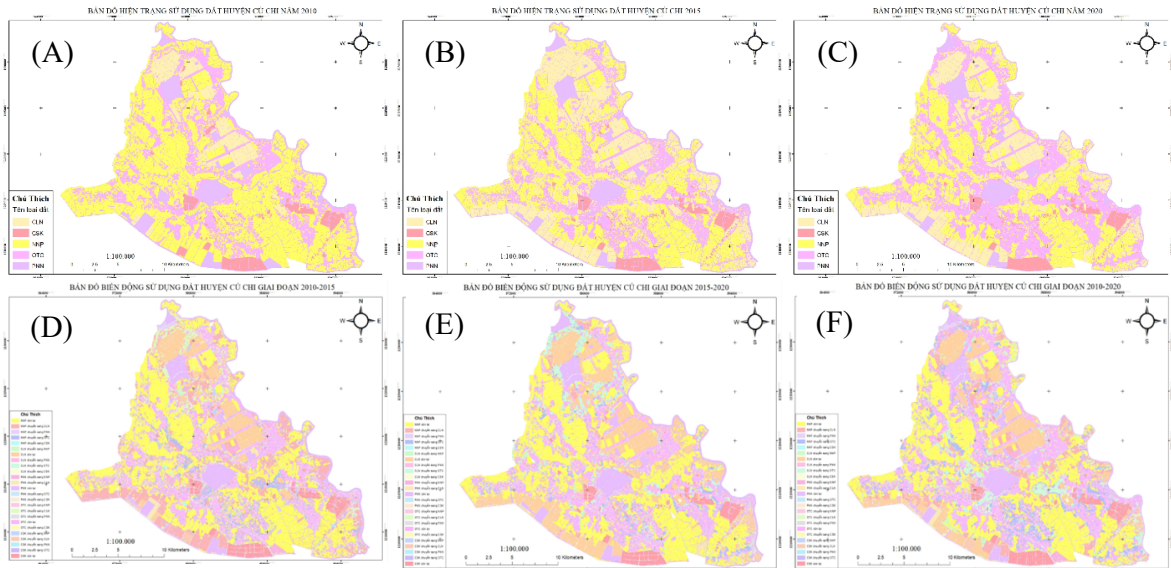
Kết quả phân tích cho thấy sự suy giảm đáng kể của NNP, từ 17.203,3 ha năm 2010 xuống còn 15.640,69 ha năm 2020, tương đương mức giảm 1.562,61 ha (9,08%). Xu hướng này chủ yếu diễn ra tại các khu vực ven đô, nơi NNP bị thu hẹp để nhường chỗ cho các dự án đô thị hóa và phát triển khu công nghiệp. Đây là hệ quả tất yếu của sự gia tăng nhu cầu sử dụng đất cho các hoạt động phi nông nghiệp, đặc biệt trong bối cảnh tốc độ đô thị hóa tại TP. Hồ Chí Minh đang diễn ra mạnh mẽ.

Trong khi đó, CLN có xu hướng duy trì ổn định, dao động nhẹ từ 15.238,43 ha năm 2010 lên 15.636,92 ha năm 2020, tương ứng mức tăng 398,49 ha (2,61%). Điều này phản ánh chính sách phát triển nông nghiệp bền vững của huyện, đặc biệt là sự khuyến khích mở rộng diện tích trồng cây ăn quả và cây công nghiệp lâu năm, vốn có giá trị kinh tế cao và ít bị ảnh hưởng bởi quá trình đô thị hóa.

Đất PNN có xu hướng giảm nhẹ, từ 7.118,72 ha năm 2010 xuống 6.904,53 ha năm 2020. Tuy nhiên, tỷ trọng của nhóm đất này gần như không

thay đổi đáng kể qua các năm, cho thấy sự ổn định trong quỹ đất dành cho cơ sở hạ tầng, công trình công cộng và đất chưa sử dụng. Điều này phản ánh một thực tế rằng, mặc dù có sự chuyển đổi mạnh mẽ giữa các nhóm đất, diện tích dành cho cơ sở hạ tầng vẫn được giữ ở mức tương đối ổn định để đáp ứng nhu cầu phát triển lâu dài.

Đáng chú ý nhất là sự gia tăng mạnh mẽ của OTC, từ 1.985,51 ha năm 2010 lên 3.414,73 ha năm 2020, tương đương mức tăng 1.429,22 ha (71,99%). Xu hướng này chủ yếu tập trung tại các xã có vị trí gần trung tâm TP. Hồ Chí Minh như Tân Thạnh Đông, Hòa Phú và Tân Phú Trung, nơi có tốc độ phát triển dân cư và các dự án đô thị mới diễn ra nhanh chóng. Quá trình này phản ánh sự mở rộng không gian đô thị của TP. Hồ Chí Minh ra các khu vực vùng ven, kéo theo sự gia tăng dân số và nhu cầu về nhà ở tại huyện Củ Chi. Sự dịch chuyển này là hệ quả trực tiếp của các chính sách quy hoạch đô thị, đầu tư hạ tầng và cải thiện kết nối giao thông, khiến huyện Củ Chi trở thành điểm đến tiềm năng cho các dự án bất động sản và khu đô thị mới.



Hình 2. (A) Bản đồ hiện trạng sử dụng đất Củ Chi năm 2010; (B) Bản đồ hiện trạng sử dụng đất huyện Củ Chi năm 2015; (C) bản đồ hiện trạng sử dụng đất huyện Củ Chi năm 2020; (D) bản đồ Biến động sử dụng đất huyện Củ Chi từ năm 2010 đến năm 2015; (E) bản đồ biến động sử dụng đất huyện Củ Chi từ năm 2015 đến năm 2020; (F) Bản đồ Biến động sử dụng đất huyện Củ Chi từ năm 2010 đến năm 2020.

Ngoài ra, diện tích CSK không có sự thay đổi đáng kể, dao động nhẹ từ 1.931,22 ha năm 2010 xuống 1.880,31 ha năm 2020. Mặc dù trong giai đoạn này, một số khu công nghiệp đã mở rộng, nhưng tổng diện tích dành cho sản xuất kinh doanh vẫn duy trì ổn định, không có sự gia tăng đột biến. Điều này cho thấy quá trình mở rộng công nghiệp tại huyện Củ Chi vẫn đang diễn ra có kiểm soát, không gây áp lực lớn lên quỹ đất chung của địa phương.

Nhìn chung, sự thay đổi trong cơ cấu sử dụng đất tại huyện Củ Chi trong giai đoạn 2010 - 2020 phản ánh rõ nét xu hướng đô thị hóa và công nghiệp hóa đang diễn ra mạnh mẽ tại khu vực ven đô TP. Hồ Chí Minh. Đất NNP tiếp tục bị thu hẹp, trong khi OTC gia tăng nhanh chóng để đáp ứng nhu cầu mở rộng dân cư. Sự biến động này là hệ quả của các chính sách quy hoạch sử

dụng đất, chiến lược phát triển hạ tầng và xu hướng kinh tế - xã hội của khu vực. Tuy nhiên, điều này cũng đặt ra những thách thức lớn trong việc quản lý quỹ đất, đòi hỏi chính quyền địa phương phải có các giải pháp quy hoạch hợp lý nhằm đảm bảo phát triển bền vững trong tương lai.

3.2. Dự báo xu thế biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi các năm 2025 và 2030

3.2.1. Biến động sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2020

Để xây dựng mô hình dự báo biến động sử dụng đất trong giai đoạn tiếp theo, cần xác định rõ các xu hướng chuyển đổi trong giai đoạn gần nhất từ 2015 đến 2020. Việc phân tích ma trận biến động diện tích sử dụng đất và ma trận xác suất chuyển đổi trong khoảng thời gian này giúp

xác định các quy luật thay đổi về sử dụng đất, từ đó làm cơ sở cho việc dự báo cho các năm 2025 và 2030.

Phân tích ma trận biến động diện tích sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2020 cho thấy tổng diện tích đất tại huyện Củ Chi giữ nguyên ở mức 43.477,18 ha, tuy nhiên có sự chuyển đổi đáng kể giữa các loại hình sử dụng đất. Đất NNP ghi nhận sự giảm sút từ 16.694,79 ha năm 2015 xuống còn 15.640,69 ha năm 2020, tương đương mức giảm 1.054,10 ha, chủ yếu chuyển đổi sang đất CLN với 1.093,07 ha, đất OTC với 368,61 ha, và một phần nhỏ sang đất PNN và đất CSK.

Đất CLN vẫn giữ diện tích lớn nhất trong cơ cấu sử dụng đất, với 14.332,84 ha được giữ

nguyên trạng, chiếm 93,65% tổng diện tích CLN năm 2015. Tuy nhiên, một phần diện tích CLN đã được chuyển đổi sang đất OTC với 570,54 ha, đất NNP với 253,67 ha và đất PNN với 117,38 ha. Trong khi đó, diện tích đất CSK cũng tăng nhẹ, từ 1.856,03 ha năm 2015 lên 1.880,32 ha năm 2020, phản ánh xu hướng mở rộng các khu công nghiệp và dịch vụ thương mại.

Đáng chú ý, đất OTC có mức tăng đáng kể, từ 2.838,65 ha lên 3.414,73 ha, tương đương mức gia tăng 576,08 ha, chủ yếu thông qua quá trình chuyển đổi từ đất cây lâu năm và đất nông nghiệp. Đất PNN cũng có sự gia tăng từ 6.788,86 ha lên 6.904,53 ha, phản ánh nhu cầu mở rộng hạ tầng giao thông, thương mại và dịch vụ.

Bảng 3. Ma trận biến động diện tích sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2020

Nhóm sử dụng đất	CLN	CSK	NNP	OTC	PNN	2015
CLN	14,332.84	24.40	253.67	570.54	117.38	15,298.85
CSK	12.39	1,768.17	13.94	38.20	23.33	1,856.03
NNP	1,093.07	13.94	15,098.20	368.61	120.97	16,694.79
OTC	100.28	49.93	240.56	2,380.22	67.66	2,838.65
PNN	98.34	23.87	34.31	57.15	6,575.18	6,788.86
Năm 2020	15,636.92	1,880.32	15,640.69	3,414.73	6,904.53	43,477.18

NNP: đất nông nghiệp; CLN: đất trồng cây lâu năm; PNN: đất phi nông nghiệp; OTC: đất ở; và CSK: đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp.

Dựa vào ma trận xác suất chuyển đổi sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2020 (Bảng 4), có thể thấy rằng hầu hết các loại đất có xu hướng duy trì trạng thái hiện tại với tỷ lệ cao. Đất cây lâu năm có tỷ lệ giữ lại lên đến 93,65%, đất nông nghiệp duy trì 90,03%, đất ở giữ lại 83,78%, và đất sản xuất kinh doanh có tỷ lệ ổn định ở mức 93,00%. Tuy nhiên,

đáng chú ý là 6,75% diện tích đất nông nghiệp đã được chuyển đổi sang các loại đất khác, trong đó phần lớn chuyển đổi sang đất cây lâu năm và đất ở. Đối với đất sản xuất kinh doanh, tỷ lệ duy trì là 93,00%, trong khi một phần nhỏ diện tích được bổ sung từ đất nông nghiệp và đất cây lâu năm.

Bảng 4. Ma trận xác suất chuyển đổi sử dụng đất giai đoạn 2015 - 2020

Nhóm sử dụng đất	CLN	CSK	NNP	OTC	PNN
CLN	0.9365	0.0013	0.0179	0.0367	0.0076
CSK	0.0175	0.9300	0.0179	0.0217	0.0130
NNP	0.0675	0.0009	0.9003	0.0236	0.0077
OTC	0.0431	0.0140	0.0859	0.8378	0.0192
PNN	0.0152	0.0037	0.0055	0.0092	0.9665

NNP: đất nông nghiệp; CLN: đất trồng cây lâu năm; PNN: đất phi nông nghiệp; OTC: đất ở; và CSK: đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp.

Những thông tin từ hai ma trận trên sẽ là cơ sở để tính toán dự báo sử dụng đất trong các năm 2025 và 2030. Việc nhân ma trận hiện trạng đất năm 2020 với ma trận xác suất chuyển đổi 2015 - 2020 sẽ giúp xác định diện tích dự báo cho năm 2025. Tương tự, dự báo năm 2030 sẽ được thực hiện bằng cách nhân kết quả dự báo năm 2025 với cùng ma trận xác suất chuyển đổi này. Trong mục tiếp theo, các bước tính toán chi tiết sẽ được trình bày nhằm đưa ra các kịch bản biến động sử dụng đất phù hợp với thực tế phát triển của huyện Củ Chi.

3.2.2. Đánh giá độ chính xác của mô hình dự báo

Kết quả kiểm định độ chính xác của mô hình Markov trong dự báo biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi được trình bày tại Bảng 5, với hai chỉ số RMSE và MAPE. Mô hình đạt độ chính xác cao ở các nhóm đất ổn định như NNP và PNN, với RMSE lần lượt là 78,49 ha và 174,69 ha, MAPE chỉ 0,50 và 2,53%. Trung bình toàn mô hình, RMSE đạt 428,73 ha và MAPE

là 9,08%, phù hợp với nghiên cứu của Tariq & ctv. (2022) về đất ít biến động, đồng thời tương đồng với Ghalehtemouri & ctv. (2022) đạt độ chính xác 96,55% tại Iran và Wu & ctv. (2019) với 97% tại Vũ Hán, chứng minh tính hiệu quả trong bối cảnh đô thị hóa cao. Tuy nhiên, MAPE cao ở đất ở (OTC, 15,79%) và đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp (CSK, 20,08%) là do các dự án quy hoạch bất ngờ (ví dụ như ở khu công nghiệp Tây Bắc, khu công nghiệp Tân Phú Trung) không được phản ánh trong dữ liệu lịch sử 2010 - 2015, cùng với áp lực đô thị hóa từ dân số 468,269 người và sự không đồng bộ trong cập nhật dữ liệu, thực trạng thực tế từ khảo sát. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Koko & ctv. (2020) tại Nigeria, ghi nhận RMSE trung bình 312 ha và MAPE 7,5% khi dự báo đất đô thị, với sai số tăng ở các khu vực quy hoạch đột biến, tương tự OTC và CSK tại Củ Chi. Mô hình khẳng định độ tin cậy trong dự báo xu hướng chung, nhưng cần xem xét các yếu tố quy hoạch bất ngờ để cải thiện dự báo tương lai.

Bảng 5. Đánh giá độ chính xác của mô hình dự báo năm 2020

Nhóm sử dụng đất	Diện tích thực tế 2020 (ha)	Dự báo 2020 (ha)	RMSE (ha)	MAEP (%)
NNP	15.640,69	15.562,20	78,49	0,50
CLN	15.636,92	14.623,84	1,013.08	6,48
PNN	6.904,53	7.079,22	174,69	2,53
OTC	3.414,73	3.953,98	539,25	15,79
CSK	1.880,32	2.257,94	377,63	20,08

NNP: đất nông nghiệp; CLN: đất trồng cây lâu năm; PNN: đất phi nông nghiệp; OTC: đất ở; và CSK: đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp.

3.2.3. Dự báo diện tích sử dụng đất đến năm 2025 và 2030

Kết quả dự báo dựa trên mô hình Markov đã kiểm định cho thấy xu hướng biến động sử dụng đất của huyện Củ Chi trong giai đoạn 2020 - 2030, phản ánh rõ nét sự thay đổi trong cơ cấu sử dụng đất dưới tác động của quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa. Diện tích sử dụng đất

cho các năm 2025 và 2030 được tính toán bằng cách nhân ma trận xác suất chuyển đổi giai đoạn 2015 - 2020 với diện tích sử dụng đất năm 2020, sau đó tiếp tục nhân với ma trận này để dự báo cho năm 2030. Kết quả dự báo xu thế được trình bày ở Bảng 6 cho thấy mỗi nhóm đất có mức độ biến động khác nhau, nhưng xu hướng chung là sự chuyển dịch dần từ đất nông nghiệp và đất trồng cây lâu năm sang đất OTC và đất CSK.

Bảng 6. Dự báo diện tích sử dụng đất cho năm 2025 và 2030

Nhóm sử dụng đất	Diện tích năm 2020	Dự báo		Biến động	
		2025	2030	2020 - 2025	2025 - 2030
NNP	15,640.69	15,562.20	15,511.77	-78.49	-50.43
CLN	15,636.92	14,623.84	13,690.70	-1,013.08	-933.14
PNN	6,904.53	7,079.22	7,265.29	+174.69	+186.07
OTC	3,414.73	3,953.98	4,388.54	+539.25	+434.56
CSK	1,880.32	2,257.94	2,620.88	+377.63	+362.94

NNP: đất nông nghiệp; CLN: đất trồng cây lâu năm; PNN: đất phi nông nghiệp; OTC: đất ở; và CSK: đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp.

Trong giai đoạn 2020 - 2030, đất NNP tiếp tục giảm nhẹ, từ 15 đến 640,69 ha năm 2020 xuống còn 15.562,20 ha vào năm 2025 và 15.511,77 ha vào năm 2030. Mức giảm này tương đối thấp, chỉ khoảng 0,5% trong mỗi giai đoạn 5 năm, cho thấy đất nông nghiệp vẫn đóng vai trò quan trọng trong cơ cấu sử dụng đất của huyện Củ Chi. Xu hướng này tương đồng với kết quả nghiên cứu tại các khu vực đô thị hóa khác, nơi đất nông nghiệp giảm nhưng vẫn được duy trì ở mức nhất định để đảm bảo cân bằng giữa phát triển kinh tế và sản xuất nông nghiệp.

Đất CLN ghi nhận mức suy giảm mạnh nhất, giảm từ 15.636,92 ha năm 2020 xuống còn 14.623,84 ha vào năm 2025 và 13.690,70 ha vào năm 2030, tương đương tổng mức giảm 1.946,22 ha (12,44%) trong vòng 10 năm. Đây là loại hình đất có sự chuyển đổi mạnh mẽ nhất, chủ yếu được chuyển đổi sang đất OTC và CSK nhằm đáp ứng nhu cầu đô thị hóa và phát triển công nghiệp. Sự suy giảm CLN có thể làm mất cây xanh, giảm khả năng điều hòa khí hậu và thấm nước, gia tăng ngập lụt tại các vùng trũng như Tam Tân, Thái Mỹ, đồng thời gây thoái hóa đất do áp lực đô thị hóa (Le & Nguyen, 2024).

Ngược lại, đất PNN có xu hướng tăng nhẹ, đạt 7.079,22 ha vào năm 2025 và 7.265,29 ha vào năm 2030, tương ứng với mức tăng 174,69 ha và 186,07 ha trong hai giai đoạn. Xu hướng này phản ánh nhu cầu mở rộng hệ thống hạ tầng, giao thông và các khu vực phục vụ thương mại - dịch vụ. Tương tự, đất OTC ghi nhận mức tăng trưởng đáng kể, từ 3.414,73 ha năm 2020 lên 3.953,98 ha vào năm 2025 và 4.388,54 ha vào năm 2030, tương đương mức tăng 539,25 ha (15,79%) trong giai đoạn 2020 - 2025 và 434,56 ha (11%) trong giai đoạn 2025 - 2030. Sự gia tăng

này chủ yếu diễn ra ở các khu vực ven đô, nơi có tốc độ phát triển dân cư và các dự án đô thị mới diễn ra mạnh mẽ. Đây là một xu hướng phổ biến trong quá trình mở rộng đô thị tại các thành phố lớn trên thế giới.

Bên cạnh đó, đất CSK cũng ghi nhận xu hướng mở rộng, từ 1.880,31 ha năm 2020 lên 2.257,94 ha vào năm 2025 và 2.620,88 ha vào năm 2030, tương đương mức tăng 377,63 ha (20,08%) trong giai đoạn 2020 - 2025 và 362,94 ha (16%) trong giai đoạn 2025 - 2030. Sự mở rộng này phản ánh sự phát triển mạnh mẽ của các khu công nghiệp, cơ sở sản xuất và dịch vụ thương mại trong khu vực, phù hợp với xu hướng phát triển kinh tế vùng ven đô trong nhiều nghiên cứu quốc tế.

Tổng hợp kết quả dự báo, có thể thấy rằng huyện Củ Chi đang trải qua quá trình chuyển đổi cơ cấu sử dụng đất rõ nét, với xu hướng giảm đất trồng cây lâu năm và đất nông nghiệp để nhường chỗ cho đất ở và đất sản xuất kinh doanh. Sự gia tăng của đất OTC và đất CSK là minh chứng cho tốc độ đô thị hóa và công nghiệp hóa ngày càng mạnh mẽ, trong khi đất nông nghiệp vẫn được duy trì ổn định, phản ánh chính sách cân bằng giữa phát triển kinh tế và bảo tồn quỹ đất sản xuất. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với xu hướng biến động sử dụng đất trong nhiều nghiên cứu trên thế giới, khẳng định rằng mô hình Markov có độ chính xác cao và có thể được sử dụng để tiếp tục dự báo trong các giai đoạn tiếp theo. Những xu hướng này cần được xem xét kỹ lưỡng trong quá trình quy hoạch đất đai và đề xuất các chính sách phát triển bền vững cho địa phương.

4. Kết Luận

Nghiên cứu này ứng dụng mô hình Markov kết hợp GIS để phân tích biến động sử dụng đất tại huyện Củ Chi, TP. Hồ Chí Minh trong giai đoạn 2010 - 2020 và dự báo xu hướng sử dụng đất đến năm 2025 và 2030. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự thay đổi rõ rệt trong cơ cấu sử dụng đất, phản ánh tác động mạnh mẽ của quá trình đô thị hóa, công nghiệp hóa và mở rộng hạ tầng. Trong đó, đất nông nghiệp (NNP) và đất trồng cây lâu năm (CLN) có xu hướng suy giảm, trong khi đất ở (OTC) và đất sản xuất kinh doanh phi nông nghiệp (CSK) tăng nhanh, cho thấy nhu cầu mở rộng không gian đô thị và phát triển công nghiệp ngày càng gia tăng tại địa phương. Việc kiểm định mô hình Markov thông qua so sánh kết quả dự báo năm 2020 với dữ liệu thực tế cho thấy độ tin cậy cao, độ chính xác toàn mô hình đạt MAPE trung bình 9,08% và RMSE trung bình 428,73 ha, cao ở đất nông nghiệp và phi nông nghiệp, nhưng sai số lớn ở đất ở (15,79%) và đất sản xuất kinh doanh (20,08%) do tác động mạnh từ các yếu tố quy hoạch và tốc độ đô thị hóa thực tế. Mặc dù còn tồn tại một số sai lệch, kết quả kiểm định khẳng định rằng mô hình Markov có thể được sử dụng như một công cụ đáng tin cậy để dự báo biến động sử dụng đất trong tương lai.

Dự báo đến năm 2030, đất ở tăng thêm 973,81 ha (+28,52%), trong khi đất trồng cây lâu năm giảm mạnh 1.946,22 ha (-12,45%), chủ yếu chuyển đổi sang đất đô thị và công nghiệp. Xu hướng này phản ánh quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa tiếp tục diễn ra mạnh mẽ, tuy nhiên, tốc độ mở rộng có xu hướng chậm lại trong giai đoạn 2025 - 2030, do quỹ đất dành cho đô thị dần bị thu hẹp. Trước thực trạng này, việc xây dựng các kịch bản quy hoạch phù hợp là cần

thiết để đảm bảo sự phát triển cân bằng và bền vững.

Nghiên cứu này không chỉ cung cấp cơ sở khoa học cho công tác quy hoạch sử dụng đất tại huyện Củ Chi mà còn khẳng định tính ứng dụng của mô hình Markov kết hợp GIS trong phân tích và dự báo biến động đất đai. Kết quả nghiên cứu có thể hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách, cơ quan quản lý đất đai và các tổ chức liên quan trong việc xây dựng chiến lược phát triển phù hợp, hướng tới mô hình quy hoạch đất đai thông minh và bền vững. Trong bối cảnh huyện Củ Chi ngày càng đóng vai trò quan trọng trong chiến lược mở rộng đô thị của TP. Hồ Chí Minh, việc thực hiện các biện pháp quản lý đất đai dựa trên dự báo khoa học là vô cùng cần thiết để đảm bảo quá trình chuyển đổi sử dụng đất diễn ra có kế hoạch, hiệu quả và phù hợp với điều kiện thực tiễn của địa phương.

Lời Cam Đoan

Các tác giả có tên trong bài báo không có bất kỳ xung đột lợi ích nào.

Lời Cảm Ơn

Các tác giả bày tỏ lòng cảm ơn đối với Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh (IUH) và Viện Khoa học Công nghệ và Quản lý Môi trường (IESEM), IUH. Xin gửi lời cảm ơn chân thành đến đội ngũ giảng viên và sinh viên tại IESEM vì sự hỗ trợ trong các chuyến khảo sát thực địa.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

Abbas, H., Tao, W., Khan, G., Alrefaei, A. F., Iqbal, J., Albeshr, M. F., & Kulsoom, I. (2023). Multilayer

- perceptron and Markov Chain analysis based hybrid-approach for predicting land use land cover change dynamics with Sentinel-2 imagery. *Geocarto International* 38(1), 2256297. <https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2256297>.
- Banjara, M., Bhusal, A., Ghimire, A. B., & Kalra, A. (2024). Impact of land use and land cover change on hydrological processes in urban watersheds: Analysis and forecasting for flood risk management. *Geosciences* 14(2), 40. <https://doi.org/10.3390/geosciences14020040>.
- Biswas, M., Banerji, S., & Mitra, D. (2020). Land-use-land-cover change detection and application of Markov model: A case study of Eastern part of Kolkata. *Environment, Development and Sustainability* 22, 4341-4360. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00387-4>.
- Ghalehtemouri, K. J., Shamsoddini, A., Mousavi, M. N., Ros, F. B. C., & Khedmatzadeh, A. (2022). Predicting spatial and decadal of land use and land cover change using integrated cellular automata Markov chain model based scenarios (2019-2049) Zarriné-Rūd River Basin in Iran. *Environmental Challenges* 6, 100399. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100399>.
- Houet, T., & Hubert-Moy, L. (2006). Modeling and projecting land-use and land-cover changes with Cellular Automaton in considering landscape trajectories. *EARSeL eProceedings* 5(1), 63-76.
- Huynh, V. C., Chau, V. T. T., & Huynh, C. H. (2017). Using Markov chain and GIS to detect and predict land use change in Nha Trang city, Khanh Hoa province. *HUAF Journal of Agricultural Science and Technology* 1(1), 37-46. <https://doi.org/10.46826/huaf-jasat.v1n1y2017.10>.
- Kim, S., & Kim, H. (2016). A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts. *International Journal of Forecasting* 32(3), 669-679. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2015.12.003>.
- Koko, A. F., Yue, W., Abubakar, G. A., Hamed, R., & Alabsi, A. A. N. (2020). Monitoring and predicting spatio-temporal land use/land cover changes in Zaria City, Nigeria, through an integrated cellular automata and markov chain model (CA-Markov). *Sustainability* 12(24), 10452. <https://doi.org/10.3390/su122410452>.
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., Fischer, G., & Folke, C. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11(4), 261-269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3).
- Le, B. L., & Nguyen, P. T. D. (2024). Evaluating the efficiency of agricultural production land use in Cu Chi district, Ho Chi Minh city. *Journal of Science and Technology* 68(02), 143-155. <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v68i02.5087>.
- Logsdon, M. G., Bell, E. J., & Westerlund, F. V. (1996). Probability mapping of land use change: A GIS interface for visualizing transition probabilities. *Computers, Environment and Urban Systems* 20(6), 389-398. [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(97\)00004-5](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(97)00004-5).
- Moreno, J. J. M., Pol, A. P., Abad, A. S., & Blasco, B. C. (2013). Using the R-MAPE index as a resistant measure of forecast accuracy. *Psicothema* 25(4), 500-506. <https://doi.org/10.7334/psicothema2013.23>.
- Nguyen, K. L. (2011). *Application of Markov chain and GIS in evaluating land use dynamics*. National GIS Application Conference. Ha Noi, Vietnam: National Agriculture Publishing House.
- Prayudani, S., Hizriadi, A., Lase, Y., & Fatmi, Y. (2019). Analysis accuracy of forecasting measurement technique on random K-nearest neighbor (RKNN) using MAPE and MSE. *Journal of Physics: Conference Series* (1230, 012007).

- Qasim, M., Hubacek, K., Termansen, M., & Khan, A. (2011). Spatial and temporal dynamics of land use pattern in District Swat, Hindu Kush Himalayan region of Pakistan. *Applied Geography* 31(2), 820-828. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.08.008>.
- Sang, L., Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., & Yun, W. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model. *Mathematical and Computer Modelling* 54(3-4), 938-943. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.11.019>.
- Tariq, A., Yan, J., & Mumtaz, F. (2022). Land change modeler and CA-Markov chain analysis for land use land cover change using satellite data of Peshawar, Pakistan. *Physics and Chemistry of The Earth* 128, 103286. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103286>.
- Wang, S. Q., Zheng, X., & Zang, X. (2012). Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences* 13, 1238-1245. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.117>.
- Wu, H., Li, Z., Clarke, K. C., Shi, W., Fang, L., Lin, A., & Zhou, J. (2019). Examining the sensitivity of spatial scale in cellular automata Markov chain simulation of land use change. *International Journal of Geographical Information Science* 33(5), 1040-1061. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1568441>.

The situation and solutions to improve the landscape under the overpass in Ho Chi Minh City

Thuy T. Vuong*, Nhi T. Y. Pham, & Tien T. M. Duong

Faculty of Environment and Natural Resources, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: April 03, 2025

Revised: April 21, 2025

Accepted: May 05, 2025

Keywords

Flypass plants

Overpass landscape

Public spaces

Under the overpass

Urban greenspaces.

*Corresponding author

Thuy Thi Vuong

Email:

vuongthuy@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Along with the development of the transportation system and urban infrastructure in Ho Chi Minh City, many overpasses have been formed to connect districts, shortening travel time and reducing traffic jams during rush hours. This study was organized from March to September 2024 with the aim of surveying and evaluating the landscape under overpasses in terms of infrastructure, soil, light, usage, and flora; thereby proposing solutions to improve these spaces. The survey was conducted with survey questionnaires at 33 overpasses. The criteria were directly observed, photographed, and recorded in the questionnaires, then synthesized, analyzed, and presented graphically. The results showed that most landscapes under the overpasses had plants and infrastructure that met their functions; however, many overpasses were encroached upon or improperly used. Therefore, it is necessary to enhance the landscape under overpasses by planning, designing, and managing solutions to meet its functions.

Cited as: Vuong, T. T., Pham, N. T. Y., & Duong, T. T. M. (2026). The situation and solutions to improve the landscape under the overpass in Ho Chi Minh City. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 99-113.

Thực trạng và giải pháp cải thiện cảnh quan dưới cầu vượt ở Thành phố Hồ Chí Minh

Vương Thị Thủy*, Phạm Thị Yến Nhi & Dương Thị Mỹ Tiên

Khoa Môi Trường và Tài Nguyên, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 03/04/2025

Ngày chỉnh sửa: 21/04/2025

Ngày chấp nhận: 05/05/2025

Từ khóa

Cảnh quan cầu vượt

Cây xanh cầu vượt

Dạ cầu cầu vượt

Không gian công cộng

Mảng xanh đô thị

*Tác giả liên hệ

Vương Thị Thủy

Email:

vuongthuy@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Cùng với sự phát triển của hệ thống giao thông và hạ tầng đô thị TP.HCM, hàng loạt cầu vượt đã hình thành nối giữa các quận rút ngắn thời gian di chuyển, hạn chế tình trạng kẹt xe vào giờ cao điểm. Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 3/2024 đến tháng 9/2024 với mục tiêu khảo sát là đánh giá hiện trạng dạ cầu về các hạng mục hạ tầng, thổ nhưỡng, ánh sáng, hiện trạng sử dụng và hiện trạng mảng xanh; từ đó, làm cơ sở để đề xuất các giải pháp nâng cao chất lượng dạ cầu. Nghiên cứu sử dụng phiếu điều tra trực tiếp tại toàn bộ 33 dạ cầu. Các tiêu chí khảo sát được quan sát, chụp ảnh và ghi nhận trực tiếp vào phiếu, sau đó được tổng hợp, phân tích và vẽ biểu đồ. Kết quả cho thấy hầu hết các dạ cầu đều có hệ thống cây xanh, hạ tầng đáp ứng công năng; tuy nhiên, đa số dạ cầu hiện nay đều bị lấn chiếm. Do đó, cần cải tạo nâng cao chất lượng dạ cầu bằng các giải pháp quy hoạch, thiết kế và quản lý để đáp ứng công năng.

1. Đặt Vấn Đề

Cầu vượt được coi là biểu tượng của sự hiện đại, nhằm mục đích giảm bớt ùn tắc giao thông, thúc đẩy phát triển kinh tế và tăng cường kết nối (Kabir, 2014). Thuật ngữ “cầu vượt” được định nghĩa là cây cầu mang một con đường hoặc đường sắt bắc qua một con đường khác (Roushan, 2013). Dạ cầu - không gian đô thị dưới cầu vượt là không gian được tạo ra bởi cầu vượt (Salamak & Fross, 2016), chúng được hoàn thiện khác nhau về bề mặt như gạch lát, đất và cảnh quan tự nhiên (Qamaruz-Zaman & ctv., 2018). Trước đây, dạ cầu có tác động tiêu cực

đến cảnh quan đô thị vì là nơi hoạt động của tội phạm, nơi ở cho người vô gia cư và nhà ở bất hợp pháp (Laksono, 2018). Không gian dạ cầu có thể nhìn thấy được nhưng chủ yếu vẫn bị bỏ quên bởi các nhà quy hoạch cũng như cư dân của thành phố. Nhiều thành phố đã bắt đầu suy nghĩ lại về những không gian bị lãng quên này (Biesecker, 2015).

Ngày nay, dạ cầu được quy hoạch để tạo cảnh quan hoặc thiết kế thành các công trình công cộng với diện tích khá lớn như công viên, quán cafe, quảng trường hay khu vườn. Điển hình như khu vườn Nanalal D. Mehta nằm dưới cầu

vượt Tulpule được thiết kế mô phỏng dòng sông linh thiêng Narmada ở Ấn Độ (Linah, 2019), dự án Peeragarhi tại Delhi đã tận dụng các không gian dưới các cầu vượt để mô tả một vùng đồng bằng sông (Linah, 2019). Tại Hàn Quốc, không gian dưới cầu vượt Hannam-daero được thiết kế thành một khu trưng bày các tác phẩm nghệ thuật sắp đặt, dạ cầu Oksu được thiết kế vườn cây và quán cà phê (Park, 2020). Tại Trung Quốc, quảng trường Wujiaochang nằm dưới dạ cầu ở Thượng Hải được thiết kế cảnh quan, hồ bơi, đài phun nước, đường đi bộ (Hu, 2020) hay vườn thú cưng Butterfly Valley Road ở Hồng Kong được xây dựng tại dạ cầu của đường cao tốc Tsing Sha với cây bóng mát, cây bụi, cây phủ nền và các tiện nghi giải trí cho thú cưng (Haowei, 2014).

Tại TP.HCM, từ năm 2006, UBND Thành phố đã có văn bản 2059/UBND-ĐT cho phép Công ty Quản lý công trình cầu phà lập quy hoạch chi tiết và dự án sử dụng, khai thác mặt bằng dưới các cây cầu trên địa bàn thành phố và năm 2011 trồng cây xanh nhằm tăng diện tích mảng xanh đô thị thành phố dưới dạ cầu. Theo Sở Xây Dựng, đến năm 2024 đã có 33 dạ cầu, trong đó, Sở Giao thông Vận tải và Công ty Quản lý công trình cầu phà đã tiến hành trồng cây, tạo mảng xanh cho khoảng 10 dạ cầu, còn rất nhiều không gian dưới cầu vượt chưa được quy hoạch và quan tâm đúng mức. Chức năng của các không gian này phần lớn được tận dụng làm các bãi đỗ xe, điểm tập kết máy móc hoặc vật liệu xây dựng, địa điểm kinh doanh ăn uống, nơi tập trung xe ôm, chỗ ở của người lang thang, nơi tập kết rác thải (Dang, 2023).

Vì vậy, việc khảo sát đánh giá hiện trạng dạ cầu là cần thiết để các cơ quan chức năng có các giải pháp cải tạo, quy hoạch, thiết kế và quản lý

nhằm nâng cao chất lượng dạ cầu cũng như sử dụng đúng chức năng của dạ cầu.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

Phương pháp điều tra thực địa: Mỗi dạ cầu được ghi nhận trực tiếp vào từng phiếu điều tra. Phiếu điều tra gồm 2 phần là phần mở đầu chứa các thông tin cơ bản của dạ cầu, phần nội dung chính gồm phần A hiện trạng hạ tầng, sử dụng dạ cầu như diện tích sử dụng, diện tích bị lấn chiếm, kết cấu lối đi và phần B hiện trạng mảng xanh như các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến cây xanh (thổ nhưỡng, ánh sáng), thành phần loài, sức sống, hiện trạng chăm sóc bảo dưỡng, phần kết thúc của phiếu khảo sát là giải pháp cảnh quan.

Nghiên cứu điều tra toàn bộ 33 dạ cầu theo danh sách được Sở Xây dựng cung cấp năm 2024. Sử dụng phương pháp quan sát để thu thập dữ liệu về hiện trạng hạ tầng và cây xanh tại dạ cầu, chụp ảnh và ghi chú số hiệu ảnh, sau đó mã hóa số hiệu ảnh trong phiếu điều tra để thuận tiện trong việc đánh giá. Sử dụng máy đo cường độ ánh sáng Testo 540 để đánh giá điều kiện ánh sáng tại dạ cầu. Dữ liệu sau khi thu thập được tổng hợp trên phần mềm Microsoft Excel để phân tích, vẽ biểu đồ và thống kê.

3. Kết Quả và Thảo Luận

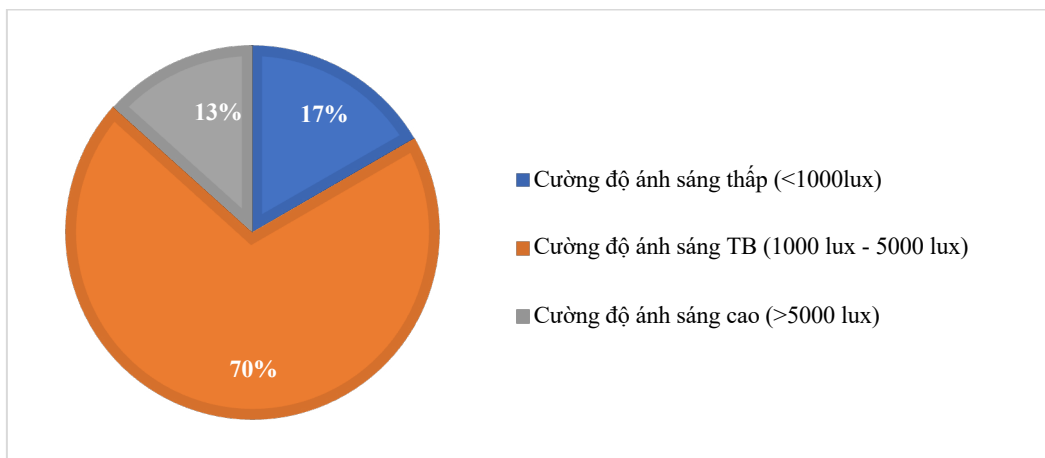
3.1. Hạ tầng và điều kiện tự nhiên dạ cầu

Thổ nhưỡng và ánh sáng

Sự phát triển của hệ thống cây xanh bên dưới dạ cầu bị hạn chế bởi nhiều yếu tố môi trường như ánh sáng và thành phần thổ nhưỡng. Yếu tố thổ nhưỡng như loại đất, hàm lượng dinh dưỡng và khả năng giữ nước của đất đai tại dạ cầu có ý nghĩa quan trọng (Washüttl, 1981). Tại các dạ

cầu đã khảo sát, hỗn hợp đất trộn hoặc đất cải tạo chiếm 100%. Hỗn hợp đất trộn giúp khắc phục các hạn chế về điều kiện thổ nhưỡng như sự xáo

trộn trong quá trình xây dựng cầu làm thay đổi tính chất của đất (Hebel & ctv., 2018), đảm bảo cây xanh có điều kiện phát triển tốt hơn.



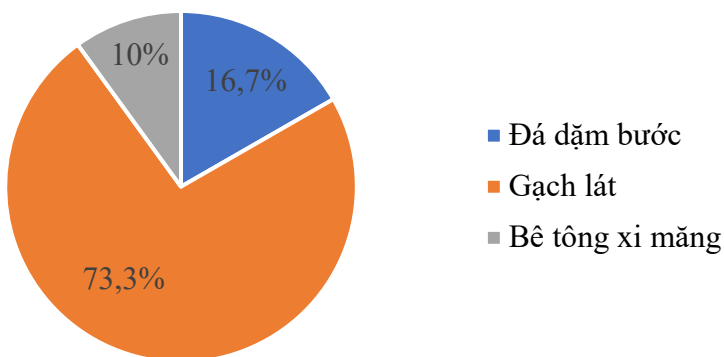
Hình 1. Biểu đồ tỷ lệ dạ cầu theo cường độ ánh sáng.

Từ Hình 1 cho thấy 70% dạ cầu có cường độ ánh sáng trung bình phù hợp cho những loài cây trung tính sinh trưởng tốt dưới ánh sáng vừa phải (1.000 - 5.000 lux); tỷ lệ dạ cầu có cường độ ánh sáng thấp chiếm 17% phù hợp trồng những loại cây chịu bóng, thích nghi với môi trường bóng râm có điều kiện ánh sáng yếu (dưới 1.000 lux); 13% dạ cầu có cường độ ánh sáng cao (trên 5.000 lux) thích hợp cho những loài cây ưa sáng đặc biệt là các loài thân gỗ. Nhìn chung, với điều kiện môi trường dạ cầu chỉ thích hợp trồng các loại cây chịu bóng và cây trung tính, không thích hợp trồng các loài ưa sáng.

Kết cấu lối đi

Số lượng cầu có lối đi chiếm 83,3 và 16,7% là dạ cầu không có lối đi. Việc hình thành lối đi dạ cầu có mục đích cải thiện giao thông và đảm bảo an toàn cho người đi bộ giảm thiểu nguy cơ gây tai nạn, tiết kiệm thời gian. Vật liệu phổ biến lát lối đi dạ cầu là gạch lát (chiếm tỷ lệ 73,3%) đây là vật liệu có độ bền cao, đa dạng về màu sắc và hình dáng, được sử dụng rộng rãi tại các khu vực công cộng. Đá dăm bước chiếm 16,7% dạ cầu chủ yếu được bố trí tại các thảm cỏ. Bê tông xi măng chỉ chiếm 10% (Hình 2).

Hình 2. Biểu đồ tỷ lệ dạ cầu theo vật liệu lối đi.



Hiện trạng lối đi bộ dưới dạp cầu đánh giá dựa trên các yếu tố về sự an toàn, tiện lợi và thẩm mỹ. Tỷ lệ dạp cầu đáp ứng các tiêu chí an toàn trên chỉ chiếm 6,7% (cầu Thủ Thiêm và cầu Thủ Thiêm 2), 93,3% dạp cầu chưa đáp ứng các yêu cầu về lối

đi và có dấu hiệu xuống cấp đáng kể. Điển hình là khu vực dạp cầu Kênh Ngang 2 quận 8, lối đi có dấu hiệu nứt vỡ nghiêm trọng và không an toàn cho người đi bộ (Hình 3).



Hình 3. Lối đi dạp cầu Kênh Ngang quận 8.

Hệ thống chiếu sáng và tưới

Hệ thống chiếu sáng giúp đảm bảo an toàn người sử dụng đặc biệt vào ban đêm và cải thiện hình ảnh không gian công cộng dưới dạp cầu. Tỷ lệ dạp cầu có hệ thống chiếu sáng chiếm 50%. Cụ thể là các khu vực nằm tại tuyến đường lớn, lưu lượng phương tiện đông hay các giao lộ lớn như dạp cầu nút giao vòng xoay Cây Gõ, cầu vượt Hàng Xanh, cầu vượt Nguyễn Hữu Cánh, cầu vượt thép Ngã tư Thủ Đức, cầu Thủ Thiêm, cầu Thủ Thiêm 2 và cầu vượt Bình Phước.

Hệ thống tưới tự động giúp tiết kiệm thời gian và công sức, đảm bảo lượng nước cung cấp đồng đều cho từng khu vực, an toàn cho người thực hiện nhưng chỉ 1/3 số dạp cầu áp dụng biện pháp này. Những dạp cầu không có hệ thống tưới tự động thường gặp khó khăn trong việc duy trì điều kiện tốt cho cây trồng do việc tưới nước phải thực hiện tưới thủ công. Việc tưới thủ công có thể dẫn đến sự không nhất quán trong lượng nước cung cấp và có thể không đạt hiệu quả cao trong việc duy trì độ ẩm ổn định, đặc biệt trong các điều kiện khí hậu khắc nghiệt hoặc trong những khu vực có mảng xanh rộng lớn.

Hiện trạng sử dụng

Hầu hết dạp cầu bị chiếm dụng để xe chứa rác, là nơi nghỉ ngơi của người lao động và cư dân sống xung quanh, tụ tập buôn bán nhỏ và chưa có sự quản lý chặt chẽ gây mất mỹ quan đô thị. Tỷ lệ 83,3% dạp cầu bị lấn chiếm chủ yếu tập

trung tại các khu dân cư có mật độ dân cư cao, khu lao động, khu dịch vụ và thương mại, khu công nghiệp cũng như các khu đô thị cũ, điển hình như dạp cầu Chà Và phía quận 5, cầu chữ Y, cầu Calmete, cầu Chánh Hưng và Nguyễn Văn Cừ quận 8, cầu Ông Lãnh phía quận 4, cầu qua đảo Kim Cương và cầu Phú Hữu (Hình 4).

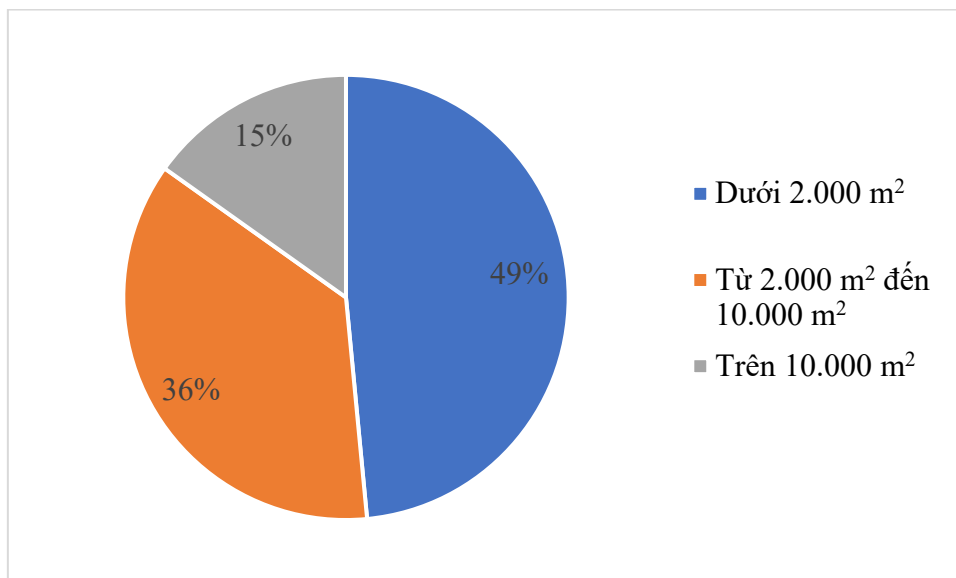


Hình 4. Dạp cầu bị lấn chiếm.

a) cầu Chà Và; b) cầu chữ Y; c) cầu Calmete; d) cầu Chánh Hưng.

3.2. Hiện trạng cảnh quan

3.2.1. Diện tích mảng xanh



Hình 5. Tỷ lệ dạ cầu theo diện tích mảng xanh.

Dạ cầu có diện tích mảng xanh dưới 2.000 m² chiếm tỷ lệ cao nhất (49%), dạ cầu có diện tích mảng xanh trung bình từ 2.000 - 10.000 m² chiếm 36% và dạ cầu có diện tích mảng xanh trên 10.000 m² chiếm tỷ lệ thấp nhất (15%) (Hình 5). Kết quả khảo sát của 30 dạ cầu cho thấy tổng diện tích dành cho mảng xanh là 118.307,98 m² bao gồm các khu vực đã được cải tạo và một số khu vực đang bị chiếm dụng hoặc cần cải thiện. Trong đó, khu vực dạ cầu Thủ Thiêm 2 có diện tích lớn nhất với 15.557,55 m² chủ yếu là cây xanh, thậm chí theo lối thiết kế không gian mở hướng ra bờ sông. Dạ cầu có diện tích thấp nhất là 599,36 m² (cầu Hiệp Ân 1) do khu vực này còn hạn chế về việc sử dụng không gian và quản lý dẫn đến tình trạng bị lấn chiếm.

3.2.2. Thành phần thực vật loài, họ và công dụng

Đa dạng họ thực vật

Năm thực vật được sử dụng phổ biến tại các dạ cầu là Araceae (14%), Apocynaceae (10%), Arecaceae (7%), Acanthaceae (7%) và Dracaenaceae (7%) (Bảng 1). Các loài thuộc họ Araceae là những loại cây thân thảo thường có lá lớn và hình dáng độc đáo và họ Dracaenaceae là cây thân gỗ nhỏ hoặc cây bụi với lá dài và nhọn thường có màu xanh đậm thích nghi tốt với điều kiện ánh sáng yếu đến trung bình, yêu cầu độ ẩm không khí cao rất phù hợp với điều kiện môi trường dạ cầu.

Bảng 1. Thống kê họ thực vật tại dạ cầu

STT	Họ thực vật	Số loài	Tỷ lệ (%)	STT	Họ thực vật	Số loài	Tỷ lệ (%)
1	Araceae	6	14	14	Commelinaceae	1	2
2	Apocynaceae	4	10	15	Dipterocarpaceae	1	2
3	Dracaenaceae	3	7	16	Euphorbiaceae	1	2
4	Arecaceae	3	7	17	Fabaceae	1	2
5	Acanthaceae	3	7	18	Heliconiaceae	1	2
6	Araliaceae	2	5	19	Lythraceae	1	2
7	Amaryllidaceae	2	5	20	Moraceae	1	2
8	Nyctaginaceae	1	2	21	Myrtaceae	1	2
9	Asteraceae	1	2	22	Meliaceae	1	2
10	Asparagaceae	1	2	23	Nephrolepidaceae	1	2
11	Bignoniaceae	1	2	24	Poaceae	1	2
12	Agavaceae	1	2	25	Portulacaceae	1	2
13	Piperaceae	1	2	26	Pandanaceae	1	2

Đa dạng thành phần loài**Bảng 2.** Thống kê loài thực vật tại dạ cầu

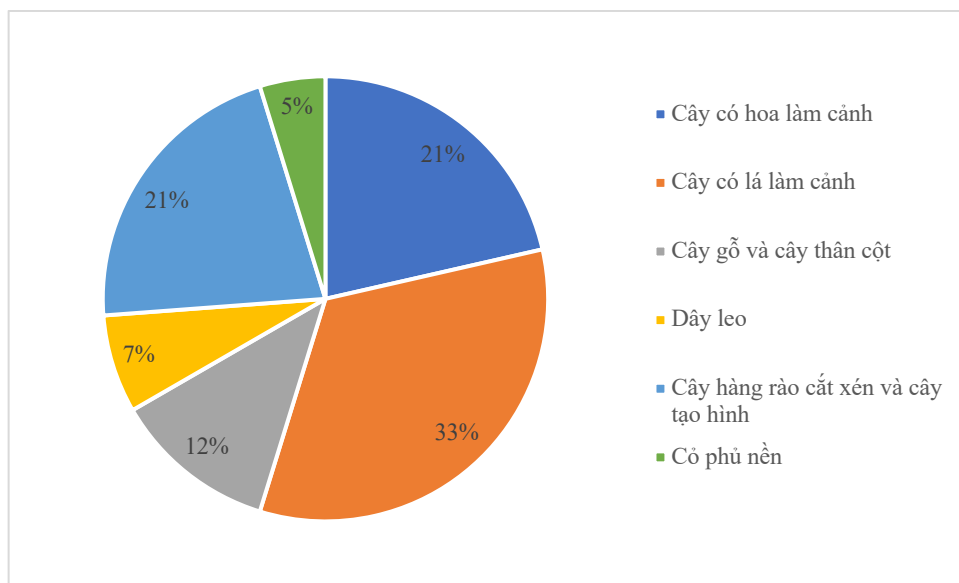
STT	Tên tiếng Việt	Tên khoa học	Họ thực vật	Tần suất (%)
1	Bạch trinh biển	<i>Hymenocallis littoralis</i> (Jacq.) Salisb	Amaryllidaceae	73
2	Trúc bạc	<i>Syngonium podophyllum</i> Schott	Araceae	63
3	Trầu bà vàng	<i>Philodendron erubescens</i> 'Gold'	Araceae	53
4	Cúc xuyên chi	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Asteraceae	43
5	Cau vàng	<i>Chrysalidocarpus lutescens</i> H. Wendl.	Arecaceae	43
6	Cỏ lá gừng	<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv	Poaceae	30
7	Dương xỉ lá me	<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C. Presl	Polypodiaceae	30
8	Lá lốt	<i>Piper sarmentosum</i> Roxb	Piperaceae	27
9	Mặt cắt	<i>Rhapis excelsa</i> (Thunb.) A. Henry	Arecaceae	20
10	Tường vi	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Lythraceae	20
11	Nhất xình	<i>Ruellia simplex</i> C. Wright	Acanthaceae	17
12	Lài trâu	<i>Tabernaemontana divaricata</i> (L.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Apocynaceae	10
13	Sanh	<i>Ficus benjamina</i> L.	Moraceae	10
14	Lá trắng	<i>Pisonia grandis</i> R. Br.	Nyctaginaceae	10

STT	Tên tiếng Việt	Tên khoa học	Họ thực vật	Tần suất (%)
15	Dứa vụn phát	<i>Pandanus tectorius</i> Parkinson	Pandanaceae	10
16	Trầu bà	<i>Epipremnum aureum</i> (Linden & André) G. S. Bunting	Araceae	7
17	Huỳnh liên	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	7
18	Ắc ó	<i>Acanthus integrifolius</i> L. f.	Acanthaceae	7
19	Hồng lộc	<i>Syzygium myrtifolium</i> Walp	Myrtaceae	7
20	Lưỡi hổ	<i>Dracaena trifasciata</i> (Prain) Mabb	Asparagaceae	7
21	Lan ý	<i>Spathiphyllum cannifolium</i> (Dryand. ex Sims) Schott	Araceae	3
22	Mười giờ	<i>Portulaca grandiflora</i> Hook	Portulacaceae	3
23	Dừa cạn	<i>Catharanthus cultivar</i>	Apocynaceae	3
24	Ngâu tàu	<i>Aglaia odorata</i> Lour	Meliaceae	3
25	Dền lửa	<i>Amaranthus tricolor</i> L.	Amaranthaceae	3
26	Mai chi thiên	<i>Wrightia antidysenterica</i> (L.) R. Br.	Apocynaceae	3
27	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	Dipterocarpaceae	3
28	Đinh lăng trở	<i>Polyscias guilfoylei</i> (W. Bull) L. H. Bailey	Araliaceae	3
29	Phượng	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Fabaceae	3
30	Ngũ gia bì	<i>Heptapleurum arboricola</i> Hayata	Araliaceae	3
31	Đại phú quý	<i>Aglaonema</i> sp.	Araceae	3
32	Trúc nhật	<i>Dracaena surculosa</i> Lindl	Asparagaceae	3
33	Phất dụ thơm	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Asparagaceae	3
34	Trúc bách hợp	<i>Dracaena reflexa</i> 'Aurea variegata'	Asparagaceae	3
35	Dứa nam mỹ	<i>Agave angustifolia</i> Haw	Asparagaceae	3
36	Lẻ bạn	<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.	Commelinaceae	3
37	Cau đuôi chồn	<i>Normanbya normanbyi</i> (W. Hill) L. H. Bailey	Arecaceae	3
38	Phong huệ	<i>Zephyranthes rosea</i> Lindl.	Amaryllidaceae	3
39	Kim phát tài	<i>Zamioculcas zamiifolia</i> (G. Lodd.) Engl.	Araceae	3
40	Ô rô gân vàng	<i>Pseuderanthemum maculatum</i> var. <i>reticulatum</i>	Acanthaceae	3
41	Huỳnh anh	<i>Allamanda schottii</i> Pohl	Apocynaceae	3
42	Chuối mỏ két	<i>Heliconia psittacorum</i> cultivars	Heliconiaceae	3

Khảo sát đã ghi nhận được 42 loài thuộc 26 họ thực vật khác nhau tại dạ cầu (Bảng 2). Loài thông dụng nhất và được trồng phổ biến tại 30 dạ cầu với tần suất xuất hiện trên 70% là Bạch trinh biển (*Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb.) (73%), Tróc bạc (*Syngonium podophyllum* Schott) (63%) và Trầu bà vàng (*Philodendron erubescens* 'Gold') (53%). Ba loài này có khả năng sinh trưởng và phát triển tốt trong môi trường có cường độ ánh sáng từ cao đến thấp, khả năng chịu hạn tốt và dễ trồng, chăm sóc, ít sâu bệnh, không có độc, đặc biệt là tính thẩm mỹ cao. Những loài có tần suất xuất hiện từ 20 đến 50% phần lớn là các loại cây phủ nền có khả năng tạo lớp che phủ cao như Cỏ lá gừng (*Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv.) (30%), Cúc xuyên chi (*Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski) (43%), Lá

lốt (*Piper sarmentosum* Roxb.) (27%), Dương xỉ lá me (*Nephrolepis cordifolia* (L.) C.Presl) (30%). Những loài có tần suất xuất hiện dưới 20% như Nhất xính (*Ruellia simplex* C.Wright) (17%), Dứa vạn phát (*Pandanus tectorius* Parkinson) (10%), Huỳnh liên (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth) (7%), Hồng lộc (*Syzygium myrtifolium* Walp.) (7%), Ngũ gia bì (*Heptapleurum arboricola* Hayata) (3%), Lan ý (*Spathiphyllum cannifolium* (Dryand. ex Sims) Schott) (3%) đóng vai trò tạo sự đa dạng và điểm nhấn cho không gian xanh. Để tạo nên sự đa dạng của loài và bền vững cho hệ thống cây xanh từng dạ cầu thì cần bổ sung các loài cây số lượng ít nhưng có giá trị thẩm mỹ cao và phù hợp với điều kiện môi trường dạ cầu.

Đa dạng nhóm thực vật



Hình 6. Tỷ lệ thực vật theo phân nhóm.

Theo công dụng đối với mảng xanh dạ cầu, thực vật được phân loại thành 6 nhóm như Hình 6. Nhìn chung, mảng xanh tại các dạ cầu ưu tiên sử dụng những loài có thể chịu được điều kiện môi trường tại dạ cầu (ít hoặc không có ánh nắng trực tiếp). Theo đó, nhóm cây có lá làm cảnh chiếm tỷ lệ lớn nhất (33%), điều này phù hợp với thực trạng về cường độ ánh sáng của các dạ cầu (87% dạ cầu có cường độ ánh sáng từ thấp đến trung bình như Hình 1). Nhóm cây có hoa làm cảnh và nhóm cây hàng rào cắt xén và tạo hình chiếm tỷ lệ 21% mỗi nhóm phù hợp với tính chất của cảnh quan dạ cầu là một phần của cảnh quan đường phố được trang trí với những loài cây cắt xén tạo hình hoặc cây hàng rào và cây có hoa đẹp.

Hiện trạng bảo dưỡng cảnh quan

Hiện trạng bảo dưỡng đạt các yêu cầu về sức khỏe cây như sinh trưởng, sắc thái lá, dấu hiệu sâu bệnh, kỹ thuật bảo dưỡng như cắt tỉa, tưới nước chỉ chiếm 40% dạ cầu và 60% dạ cầu còn lại có hiện trạng chăm sóc bảo dưỡng chưa đạt yêu cầu. Nguyên nhân chủ yếu do số lượng nhân công bảo dưỡng chưa đủ để chăm sóc toàn bộ các không gian dạ cầu và tần suất bảo dưỡng định kỳ chưa đáp ứng. Yếu tố môi trường không thuận lợi như thiếu ánh sáng tự nhiên do kết cấu gầm cầu quá thấp, thiếu giám sát và sự đánh giá chất lượng cây xanh thường xuyên cùng với ý thức của cư dân khu vực cũng gây ảnh hưởng lớn đến tình trạng chăm sóc bảo dưỡng không gian dạ cầu đáng kể.

3.3. Đề xuất giải pháp cải tạo dạ cầu

Giải pháp quản lý

Sử dụng bảng thông báo, biển chỉ dẫn và các

phương tiện truyền thông để thông báo về các quy định và hướng dẫn an toàn. Khuyến khích cộng đồng tham gia vào việc duy trì an ninh và an toàn bằng cách tổ chức các sự kiện cộng đồng, buổi họp giao lưu và các chương trình tình nguyện để mọi người cùng chung tay bảo vệ khu vực.

Quản lý chặt chẽ và cải thiện hạng mục hạ tầng như thiết kế hệ thống tưới tiêu tự động sử dụng cảm biến độ ẩm, giúp tiết kiệm nước và lắp đặt hệ thống xử lý nước mưa và tận dụng nguồn nước tưới.

Quy hoạch lại không gian dưới dạ cầu để sử dụng cho các tiện ích công cộng và tạo không gian nghệ thuật tranh tường, điêu khắc, nghệ thuật ánh sáng để tăng tính thẩm mỹ và ngăn chặn sự lấn chiếm. Sử dụng cây xanh, bồn hoa để tạo ranh giới mềm ngăn cách không gian dưới gầm cầu với khu vực giao thông. Tăng cường quản lý và giám sát không gian các dạ cầu bị lấn chiếm, xử lý các trường hợp lấn chiếm trái phép. Để giải quyết triệt để tình trạng người vô gia cư lấn chiếm, các cơ quan chức năng nhà nước cần cung cấp chỗ ở, trợ giúp y tế hoặc dịch vụ xã hội để giúp họ cải thiện cuộc sống.

Giải pháp kỹ thuật

Cải thiện đội ngũ quản lý và bảo dưỡng định kỳ cảnh quan, nâng cao hiệu quả các công tác cắt tỉa, kiểm tra hệ thống tưới và duy trì vệ sinh môi trường. Lập kế hoạch theo dõi và đánh giá cụ thể tình trạng cây với các chỉ số để theo dõi sự phát triển của cây, của không gian xanh và các tác động từ môi trường xung quanh.

Đảm bảo toàn bộ khu vực dưới dạ cầu được chiếu sáng an toàn với cường độ chiếu sáng phù

hợp. Sử dụng đèn LED tiết kiệm năng lượng và giảm thiểu chi phí vận hành. Lắp đặt hệ thống camera giám sát để đảm bảo an toàn cho người dân.

Lắp đặt hệ thống tưới tiêu nước hiệu quả để xử lý nước mưa và nước thải. Đảm bảo không có tình trạng ngập úng, giúp duy trì sự sạch sẽ và tránh các vấn đề liên quan đến nước thải. Có thể sử dụng các loại vật liệu thấm nước cho mặt đất và hệ thống thoát nước thông minh.

Giải pháp về quy hoạch thiết kế, cải thiện không gian xanh và môi trường: tùy thuộc vào mỗi dạ cầu mà sẽ có những thiết kế không gian phù hợp với môi trường xung quanh tránh bỏ trống gây lãng phí diện tích, có thể phát triển thành các khu vực công cộng như sân vườn, sân chơi, khu cho thú cưng hay tiện ích cộng đồng như hoạt động ngoài trời, giao lưu và tổ chức sự kiện nhỏ. Có thể trồng các loại cây chịu bóng

hoặc dây leo trên các cấu trúc dưới gầm cầu hoặc kết hợp với hệ thống vườn đứng hạn chế sự bê tông hóa và cải thiện chất lượng không khí. Thiết kế đa chức năng cũng là một gợi ý. Các thiết kế này cần phải linh hoạt và dễ dàng thay đổi.

Giải pháp chọn các loài cây trồng phù hợp: ưu tiên chọn loài có khả năng chịu được điều kiện môi trường dưới cầu như độ ẩm, ánh sáng và nhiệt độ và dễ trồng, ít sâu bệnh, dễ chăm sóc (Bảng 3), nên kết hợp giữa cây mọc nhanh và mọc chậm nhưng phải chọn cây có chiều cao phù hợp với giới hạn của dạ cầu. Nên sử dụng các loại cây phủ nền có thể che phủ diện tích lớn dưới cầu, tạo mảng xanh lớn. Tận dụng triệt để diện tích để trồng thêm cây xanh, tăng cường mảng xanh. Nếu trong trường hợp dạ cầu không thích hợp trồng cây với nhiều nguyên nhân như kết cấu dạ cầu, yếu tố môi trường thì đề xuất phương án thích hợp tùy theo từng khu vực.

Bảng 3. Danh mục cây xanh đề xuất trồng tại dạ cầu

STT	Tên tiếng Việt	Tên khoa học	Họ thực vật	Cường độ ánh sáng phù hợp
1	Cẩm thạch	<i>Alternanthera ficoidea</i> (L.) P. Beauv	Amaranthaceae	Trung bình
2	Bạch trinh biển	<i>Hymenocallis littoralis</i> (Jacq.) Salisb.	Amaryllidaceae	Thấp đến cao
3	Sao sáng	<i>Aglaonema costatum</i> N. E. Br.	Araceae	Thấp đến trung bình
4	Minh ty lai	<i>Aglaonema hybrid</i>	Araceae	Thấp đến trung bình
5	Thanh tâm	<i>Alocasia cucullata</i> (Lour.) G. Don	Araceae	Trung bình
6	Vạn niên thanh	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott	Araceae	Thấp đến trung bình
7	Trầu bà	<i>Epipremnum aureum</i> (Linden & André) G. S. Bunting	Araceae	Thấp đến trung bình
8	Trầu bà thanh xuân	<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott ex Endl	Araceae	Trung bình
9	Trầu bà vàng	<i>Philodendron erubescens</i> 'Gold'	Araceae	Trung bình

STT	Tên tiếng Việt	Tên khoa học	Họ thực vật	Cường độ ánh sáng phù hợp
10	Trầu bà lá xẻ	<i>Philodendron xanadu</i> Croat, Mayo & J. Boos	Araceae	Trung bình
11	Lan ý	<i>Spathiphyllum cannifolium</i> (Dryand. ex Sims) Schott	Araceae	Thấp đến trung bình
12	Trúc bạc	<i>Syngonium podophyllum</i> Schott	Araceae	Thấp đến trung bình
13	Kim phát tài	<i>Zamioculcas zamiifolia</i> (G. Lodd.) Engl.	Araceae	Trung bình
14	Ngũ gia bì	<i>Heptapleurum arboricola</i> Hayata	Araliaceae	Trung bình đến cao
15	Đình lăng trở	<i>Polyscias guilfoylei</i> (W. Bull) L. H. Bailey	Araliaceae	Trung bình đến cao
16	Mật cật	<i>Rhapis excelsa</i> (Thunb.) A. Henry	Arecaceae	Trung bình đến cao
17	Cỏ lan chi	<i>Chlorophytum laxum</i> R. Br.	Asparagaceae	Trung bình
18	Huyết dụ lá kim	<i>Cordyline australis</i> (G. Forst.) Endl	Asparagaceae	Trung bình đến cao
19	Huyết dụ	<i>Cordyline fruticosa</i> cultivars	Asparagaceae	Trung bình đến cao
20	Phất dụ thơm	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	Asparagaceae	Trung bình
21	Trúc nhật	<i>Dracaena surculosa</i> Lindl	Asparagaceae	Trung bình
22	Lưỡi hổ	<i>Dracaena trifasciata</i> (Prain) Mabb	Asparagaceae	Trung bình đến cao
23	Ráng ỗ phụng	<i>Asplenium nidus</i> L.	Aspleniaceae	Trung bình đến cao
24	Cúc xuyên chi	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Asteraceae	Trung bình đến cao
25	Thài lài tím	<i>Tradescantia pallida</i> (Rose) D. R. Hunt	Commelinaceae	Trung bình đến cao
26	Phúc lộc thọ	<i>Costus woodsonii</i> Maas	Costaceae	Trung bình
27	Dương xỉ cổ đại	<i>Sphaeropteris glauca</i> (Blume) R. M. Tryon	Cyatheaceae	Thấp đến trung bình
28	Cô tông lá đốm	<i>Codiaeum variegatum</i> cultivar.	Euphorbiaceae	Cao
29	Đuôi công	<i>Goeppertia veitchiana</i> (Veitch ex Hook.f.) Borchs. & S. Suárez	Marantaceae	Trung bình đến cao
30	Lá lốt	<i>Piper sarmentosum</i> Roxb.	Piperaceae	Trung bình
31	Dương xỉ lá me	<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C. Presl	Polypodiaceae	Trung bình

4. Kết Luận

Dạ cầu tại TP. HCM có diện tích mảng xanh chủ yếu dưới 2.000 m² với đặc tính thổ nhưỡng là hỗn hợp đất trộn hoặc đất cải tạo, 70% dạ cầu có cường độ ánh sáng trung bình, 83,3% dạ cầu có hệ thống lối đi, chủ yếu được lát gạch (73,3%). 50% dạ cầu có hệ thống chiếu sáng, chỉ có 33% dạ cầu có hệ thống tưới tự động. Hầu hết dạ cầu bị chiếm dụng diện tích trở thành khu vực để xe chứa rác, buôn bán. Mảng xanh tại dạ cầu gồm 42 loài thuộc 26 họ thực vật khác nhau đa số là các loài có khả năng thích nghi với điều kiện thổ nhưỡng và ánh sáng tại dạ cầu. Nhóm cây có là làm cảnh chiếm 33% thành phần thực vật. Họ Araceae chiếm tỷ lệ nhiều nhất, loài có tần suất sử dụng phổ biến là Bạch trinh biển (*Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb.). Chỉ có 40% dạ cầu có hiện trạng bảo dưỡng cảnh quan đạt yêu cầu. Để nâng cao chất lượng cảnh quan dạ cầu cần được quy hoạch sử dụng và thiết kế cho các mục đích công cộng, lựa chọn loài cây trồng phù hợp với điều kiện tự nhiên, thổ nhưỡng và tăng cường quản lý không gian dạ cầu bị lấn chiếm, đồng thời nâng cao ý thức người dân và khách tham quan về ý thức bảo vệ và sử dụng hợp lý chức năng của dạ cầu.

Lời Cam Đoan

Các tác giả cam kết rằng không có xung đột lợi ích trong bài viết này.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Biesecker, C. (2015). *Designing urban underhighway spaces* (Unpublished master's thesis). The University of Georgia, Athens, Georgia, USA.
- Dang, N. (2023). *The situation of under overpass in Ho Chi Minh City*. Retrieved September 6, 2024,

- from https://congan.com.vn/doi-song/rat-nhieu-gam-cau-bi-chiem-dung_145422.html.
- Haowei, L. (2014). Design strategies of viaduct accessory space from the perspective of public art: Taking xiamen dongdu overpass park as an example. *Athena Transactions in Social Sciences and Humanities* 1, 225-231.
- Hebel, V. C., Matveeva, M., Verweij, E., Rademske, P., Kaufmann, M. S., Brogi, C., van der Kruk, J., & Vereecken, H. (2018). Understanding soil and plant interaction by combining ground-based quantitative electromagnetic induction and airborne hyperspectral data. *Geophysical Research Letters* 45, 7571-7579. <https://doi.org/10.1029/2018GL078658>yperspectral Data.
- Hu, M. (2020). *Wujiaochang gets upgraded holiday light display*. Retrieved September 10, 2024, from <https://www.shine.cn/news/metro/2009256772/>.
- Kabir, S. (2014). *Re-thinking overpass: A case study in the planning and design of flyovers in Dhaka ctiy* (Unpublished master's thesis). The Harvard University Graduate School of Design, Massachusetts, USA.
- Laksono, S. H. (2018). Site Design of public space under the jenggolo sidoarjo flyover, East Java is reviewed from the location Characteristics. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* 5(12), 1-6.
- Linah, B. (2019). Garden under Dadar TT flyover to open Jan 15. Retrieved February 22, 2024, from <https://mumbaimirror.indiatimes.com/mumbai/civic/garden-under-dadar-tt-flyover-to-open-on-jan-15/articleshow/72407968.cms>.
- Park, Y. (2020). *Art breathes new life into abandoned spaces under bridges*. Retrieved February 23, 2024, from <https://www.koreaherald.com/view.php?ud=20201207001042>.
- Qamaruz-Zaman, N., Samadi, Z., & Nik Azhari, N-F. (2018). Under the flyovers of Kuala Lumpur:

- Uses centers activities in leftover spaces. *Journal of ASIAN Behavioral Studies* 3(7), 141-151.
- Roushan, N. (2013). *In the Shadow: A study for utilization of space under flyovers in Dhaka* (Unpublished bachelor's thesis). BRAC University, Dhaka, Bangladesh.
- Salamak, M., & Fross, K. (2016). Bridges in urban planning and architectural culture. *Procedia Engineering* 161(2016) 207-212.
- Washüttl, J. (1981). *Investigation into the potential for planting and grassing areas under bridges* (research report). Federal Ministry of Buildings and Technology, Vienna, Austria.

Assessment of long-term changes in hydrological regime of river basins across Vietnam

Hong X. Do^{1*}, Hien D. X. Nguyen¹, Tu H. Le², & Biet C. Pham³

¹Faculty of Environment and Natural Resources, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Research Center for Climate Change, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Center for Technology Business Incubation, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: March 26, 2025

Revised: April 26, 2025

Accepted: May 06, 2025

Keywords

Climate change

Long-term changes

Mann-Kendall test

River basins

Water resources

*Corresponding author

Do Xuan Hong

Email:

doxuanhong@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Increased temperatures and changes in rainfall patterns in Vietnam due to climate change are likely to have significant impacts on flow regimes in river basins as well as on national water resources. This study investigated the changes in hydrological regime at 11 freshwater hydrological monitoring stations with good observation data (spanning 35 years, from 1987 to 2022) distributed across Vietnam. The study applied the Mann-Kendall statistical test and calculated Sen's slope for three hydrological indices (annual mean flow, annual maximum flow and annual minimum flow) at selected monitoring stations. The assessment highlighted a dominant decreasing trend throughout the period under study, with data from four monitoring stations (distributed in different river systems) showing a decline in all three indicators. Two basins showed an increasing trend in all three assessed indicators, but most of these trends were not statistically significant. This result demonstrates the complex changes in the hydrological regime of Vietnam's river basins. Some important factors that may influence these trends are changes in land use, the expansion of dams and reservoirs and rapid urbanization (to support the national economic development since 2000s), which should be further investigated in future research.

Cited as: Do, H. X., Nguyen, H. D. X., Le, T. H., & Pham, B. C. (2026). Assessment of long-term changes in hydrological regime of river basins across Vietnam. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 114-128.

Đánh giá thay đổi dài hạn của chế độ thủy văn tại một số lưu vực sông của Việt Nam

Đỗ Xuân Hồng^{1*}, Nguyễn Đặng Xuân Hiền¹, Lê Hoàng Tú² & Phạm Chí Biết³

¹Khoa Môi Trường và Tài Nguyên, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

²Trung Tâm Nghiên Cứu Biến Đổi Khí Hậu, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

³Trung Tâm Ươm Tào Doanh Nghiệp Công Nghệ, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 26/03/2025

Ngày chỉnh sửa: 26/04/2025

Ngày chấp nhận: 06/05/2025

Từ khóa

Biến đổi khí hậu

Kiểm định Mann-Kendall

Lưu vực sông

Tài nguyên nước

Thay đổi dài hạn

*Tác giả liên hệ

Đỗ Xuân Hồng

Email:

doxuanhong@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Sự gia tăng nhiệt độ và thay đổi về chế độ mưa tại Việt Nam do biến đổi khí hậu có khả năng dẫn đến những ảnh hưởng đáng kể đến chế độ dòng chảy tại các lưu vực sông cũng như tài nguyên nước quốc gia. Nghiên cứu này khảo sát sự thay đổi của chế độ thủy văn tại 11 trạm quan trắc thủy văn nước ngọt có dữ liệu quan trắc tốt (kéo dài 35 năm, từ năm 1987 đến 2022) trải dài khắp Việt Nam. Nghiên cứu đã áp dụng phép kiểm định thống kê Mann-Kendall và tính toán xu thế Sen cho ba chỉ số thủy văn (dòng chảy trung bình năm, dòng chảy cực đại năm và dòng chảy cực tiểu năm) tại các trạm quan trắc được lựa chọn. Kết quả đánh giá cho thấy, xu hướng giảm được quan sát phổ biến trong giai đoạn được khảo sát, với số liệu tại bốn trạm quan trắc (phân bố tại các hệ thống sông khác nhau) cho thấy sự suy giảm trên cả ba chỉ số. Có hai lưu vực có xu hướng tăng ở cả ba chỉ số được đánh giá, nhưng hầu hết xu hướng là không đáng kể về mặt thống kê. Kết quả này cho thấy sự biến đổi phức tạp của chế độ thủy văn của lưu vực sông Việt Nam. Một số yếu tố quan trọng có thể điều chỉnh những xu hướng này là thay đổi sử dụng đất, tăng số lượng đập và hồ chứa nước cũng như quá trình đô thị hóa nhanh chóng (để hỗ trợ phát triển kinh tế quốc gia từ những năm 2000), những yếu tố cần được tiếp tục khảo sát trong các nghiên cứu tương lai.

1. Đặt Vấn Đề

Cùng với sự phát triển nhanh của nền kinh tế thế giới, lượng khí nhà kính phát thải vào bầu khí quyển cũng đã tăng cao trong những thập niên gần đây, dẫn đến sự gia tăng nhiệt độ trên toàn cầu (IPCC, 2021). Các biến động của khí hậu đã dẫn đến nhiều tác động tại nhiều khu

vực trên thế giới, và Việt Nam là một trong năm quốc gia gánh chịu ảnh hưởng nặng nề nhất do biến đổi khí hậu gây ra (Schmidt-Thomé & ctv., 2015). Trong số các yếu tố tự nhiên chịu ảnh hưởng trực tiếp từ biến đổi khí hậu, chế độ thủy văn tại các lưu vực sông cũng là một trong các yếu tố được đặc biệt quan tâm (Gudmundsson & ctv., 2021) do sự quan trọng của tài nguyên

nước trong phát triển kinh tế xã hội nói chung. Tại Việt Nam, đã có nhiều chỉ dấu của sự gia tăng về nhiệt độ, cường độ mưa cực đoan, và bão lũ (MONRE, 2021), có khả năng sẽ kéo theo các biến động phức tạp của dòng chảy tại các lưu vực sông cũng như tài nguyên nước ngọt tại Việt Nam.

Đánh giá xu hướng biến động của số liệu quan trắc dòng chảy tại các trạm thủy văn nước ngọt có ý nghĩa quan trọng trong công tác quản lý tài nguyên nước, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu. Nhiều nghiên cứu trước đây đã tập trung vào việc phân tích xu hướng biến động của dòng chảy tại các khu vực khác nhau trên thế giới và cả ở Việt Nam. Các nghiên cứu này đã sử dụng nhiều cách tiếp cận khác nhau, ví dụ như hệ thống 32 chỉ số thủy văn đã được Do & ctv. (2020a) áp dụng để đánh giá sự thay đổi trong chế độ thủy văn của sông Đồng Nai và tìm hiểu về sự khác biệt giữa giai đoạn dòng chảy tự nhiên (1977 - 1989) với giai đoạn dòng chảy điều tiết (1990 - 2019). Kết quả cho thấy hồ Trị An có tác động đáng kể đến chế độ thủy văn phía hạ lưu đập. Số lần xuất hiện lũ lớn tại trạm thủy văn Biên Hòa trong giai đoạn sau đập thấp hơn so với giai đoạn tự nhiên, và ngược lại. Phương pháp viễn thám được (Ho & ctv., 2018) sử dụng để đánh giá biến động đường bờ khu vực sông Tiền và sông Hậu giai đoạn 1989 - 2014, kết quả là khu vực có xu hướng bồi lắng và xói lở, sông Hậu ít xói lở hơn sông Tiền và khu vực cửa sông thì bồi tụ mạnh.

Trong số các cách tiếp cận để đánh giá xu hướng biến động trong nghiên cứu khí tượng - thủy văn, việc áp dụng các phương pháp thống kê đối với dữ liệu quan trắc vẫn thường được quan tâm, vì cách tiếp cận này khá đơn giản, và

có thể trực tiếp chỉ ra các xu hướng chủ đạo, dẫn dắt các đánh giá phức tạp, chuyên sâu hơn để tìm hiểu về cơ chế tạo ra các xu hướng được tìm thấy. Phép kiểm định Mann-Kendall là một phương pháp thường xuyên được sử dụng do ưu điểm không đưa ra các yêu cầu giả định về phân phối dữ liệu, phù hợp với tính chất của dữ liệu dòng chảy thủy văn (Kendall, 1948). Một số ví dụ có thể kể đến công bố của Nguyen & ctv. (2024) đã kết hợp với phương pháp xu hướng Sen để phân tích xu thế mưa tại 16 trạm đo thuộc lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn từ năm 1978 đến 2020. Kết quả tất cả các trạm đều thể hiện xu thế tăng, trạm Hiên có biến động mưa lớn nhất và Khâm Đức có sự thay đổi rõ ràng. Do & ctv. (2020b) đã đánh giá xu hướng thay đổi của lượng mưa cực đoan trên lãnh thổ Việt Nam từ năm 1980 đến 2010 và tìm ra dấu hiệu gia tăng khá mạnh về tần suất ngày mưa lớn, với 28,3% diện tích đất liền của Việt Nam cho thấy xu hướng tăng đáng kể. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu phân tích xu hướng dài hạn cho toàn Việt Nam chỉ mới được áp dụng đối với các yếu tố khí tượng (Nguyen & ctv., 2014; Do & ctv., 2020b), còn các phân tích về chế độ thủy văn, theo hiểu biết của chúng tôi, thường được khảo sát ở các lưu vực riêng lẻ. Do sự khác biệt về thời đoạn đánh giá cũng như phương pháp phân tích khác biệt giữa các nghiên cứu độc lập này, việc đưa ra các nhận định nhất quán về thay đổi của chế độ thủy văn tại Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế.

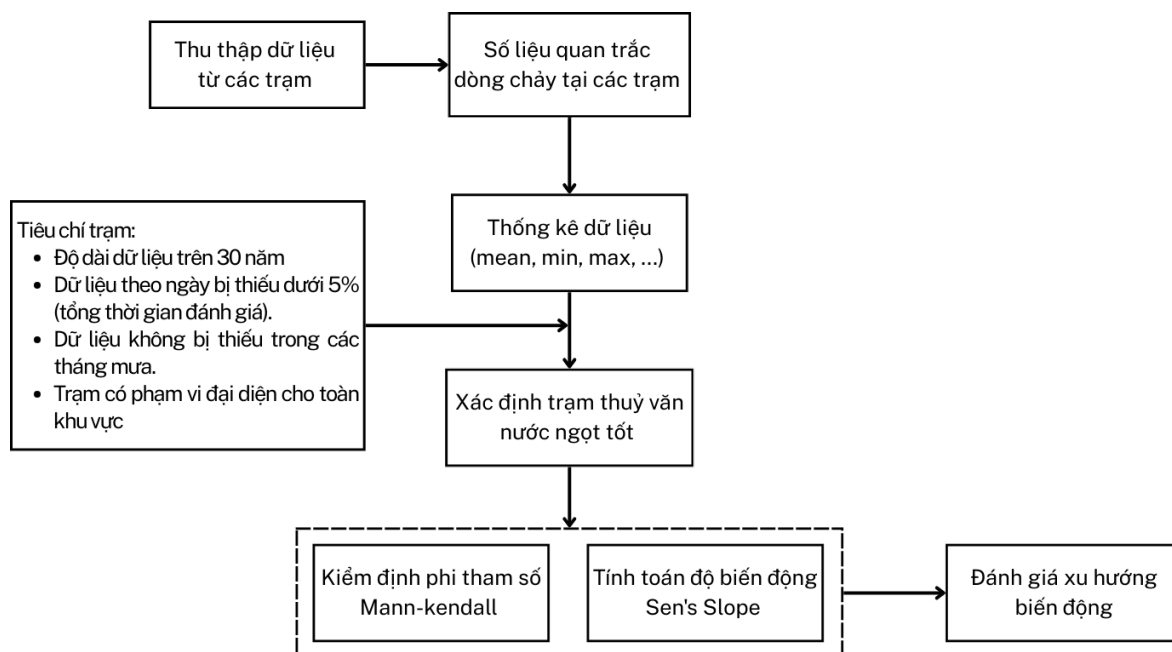
Nghiên cứu này được triển khai nhằm bước đầu xác định khả năng thay đổi của chế độ thủy văn tại các lưu vực sông tại Việt Nam trong bối cảnh ấm lên của Trái Đất. Để thực hiện mục tiêu này, nghiên cứu đã thu thập số liệu quan trắc dòng chảy ở hơn 70 lưu vực, và sau đó phân tích, xác định các trạm thủy văn nước ngọt có dữ liệu

quan trắc tốt (độ dài tối thiểu 30 năm) phân bố dọc Việt Nam. Các chuỗi dữ liệu được thu thập sau đó được sử dụng để trích xuất các chỉ số đại diện cho chế độ thủy văn của từng lưu vực sông, bao gồm chỉ số dòng chảy trung bình năm, dòng chảy cực đại năm, và dòng chảy cực tiểu năm. Các chỉ số này sau đó được phân tích với phép kiểm định phi tham số Mann-Kendall, và xu thế Sen để xác định xu hướng tăng giảm của dòng chảy, và cung cấp thông tin ban đầu về thay đổi của chế độ thủy văn tại Việt Nam trong những năm gần đây.

2. Dữ Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Tổng quan về dữ liệu và quy trình phân tích dữ liệu

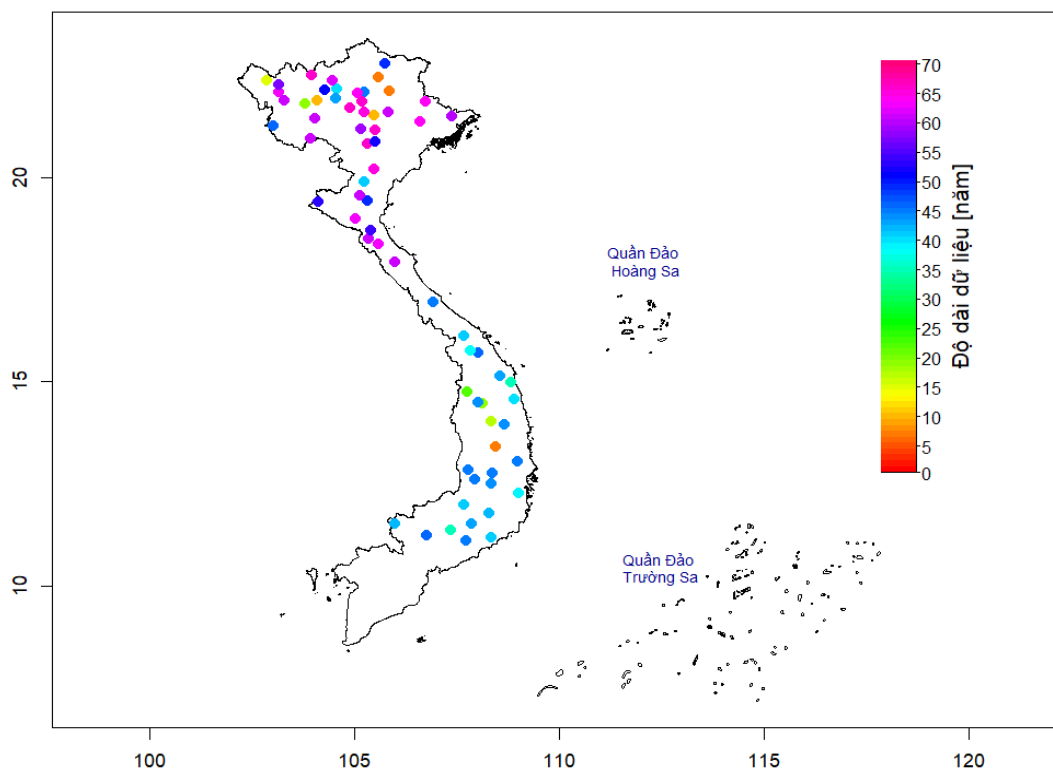
Nghiên cứu này tập trung phân tích dữ liệu thu thập từ toàn bộ hệ thống trạm thủy văn nước ngọt trên lãnh thổ Việt Nam. Việc bao quát toàn quốc sẽ giúp chúng ta có cái nhìn tổng quan về các biến động dòng chảy, từ đó đánh giá một cách chính xác và toàn diện tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước ngọt của cả nước. Hình 1 mô tả quy trình thu thập và xử lý dữ liệu cũng như phương pháp tính toán các chỉ số thống kê đại diện cho xu hướng biến động của chế độ thủy văn tại các trạm thủy văn được lựa chọn.



Hình 1. Sơ đồ quy trình lựa chọn trạm quan trắc và đánh giá xu hướng biến động.

Toàn bộ dữ liệu được thu thập từ các đơn vị phụ trách việc lưu trữ dữ liệu quan trắc của hệ thống quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia như Trung tâm Dự báo Khí Tượng Thủy Văn (KTTV), các đài KTTV khu vực và địa phương trên cơ sở một nghiên cứu đã được triển khai trước đó (Do & ctv., 2022). Trên cơ sở các trạm có dữ liệu được thu thập (Hình 2), các phân tích chi tiết được thực hiện cho từng trạm để đảm bảo chất lượng dữ liệu tốt với các tiêu chí (i) có độ dài trên 30 năm, (ii) số ngày thiếu dữ liệu

không quá 5% tổng thời gian đánh giá và (iii) dữ liệu đầy đủ trong các tháng mưa. Sau đó, nghiên cứu đã xác định các trạm thủy văn có phạm vi đại diện cho các lưu vực sông lớn tại Việt Nam. Chúng tôi cũng lưu ý rằng các trạm thủy văn tại khu vực Đồng bằng Sông Cửu Long không được đưa vào khảo sát trong nghiên cứu này do đặc tính thủy văn của khu vực chịu ảnh hưởng lớn của chế độ triều. Đặc điểm này khiến xu hướng tính toán bằng cách tiếp cận của nghiên cứu này sẽ thiếu chính xác.



Hình 2. Vị trí và độ dài dữ liệu quan trắc của các trạm thủy văn nước ngọt được khảo sát trong nghiên cứu này.

Chuỗi dữ liệu dòng chảy tại các vị trí quan trắc được lựa chọn sau đó sẽ được sử dụng để tính toán các giá trị trung bình, cực đại và cực tiểu theo năm. Chuỗi dữ liệu của các chỉ số được tính toán trong cùng một giai đoạn sẽ được sử

dụng để đánh giá xu thế biến động dài hạn dựa trên độ biến động theo phương pháp Sen's Slope và kiểm định phi tham số Mann-Kendall như trình bày chi tiết trong mục 2.2. Các giá trị biến đổi này sau đó sẽ được biểu thị qua các bản đồ để

cung cấp thông tin về xu hướng biến động của các chỉ số thủy văn trong giai đoạn được đánh giá trên các lưu vực sông của Việt Nam.

2.2. Phương pháp phân tích và đánh giá biến động chế độ thủy văn

2.2.1. Kiểm định phi tham số Mann-Kendall

Phương pháp kiểm định phi tham số Mann-Kendall (Kendall, 1948) là phép kiểm định thống kê về xu hướng biến động theo thời gian của các dữ liệu được khảo sát. Đây là phương pháp được sử dụng khá rộng rãi trong nghiên cứu khí tượng thủy văn để đánh giá xem xu hướng thay đổi của một chỉ số có đáng kể về mặt thống kê hay không.

Xét chuỗi dữ liệu trong N bước thời gian quan sát, gọi x_i và x_j là giá trị của dữ liệu trong chuỗi thời tại thời điểm i và j , ta cần tính chỉ số S theo công thức.

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(x_j - x_i)$$

với

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } x_j - x_i > 0 \\ 0 & \text{nếu } x_j - x_i = 0 \\ -1 & \text{nếu } x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

Phương sai của S có thể được tính theo công thức:

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

Trong đó, n là số điểm dữ liệu, m là số các nhóm dữ liệu có cùng giá trị và t_i số lượng các điểm số liệu trong nhóm thứ i .

Chỉ số Z của kiểm định Mann-Kendall sau đó được tính theo phương trình:

$$Z_S = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{nếu } S > 0 \\ 0 & \text{nếu } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{nếu } S < 0 \end{cases}$$

Nếu giá trị của Z_S dương (âm), ta có thể kết luận chuỗi thời gian được khảo sát có xu hướng tăng (giảm). Z_S có phân phối chuẩn $N(0,1)$ và ta có thể đánh giá xem giá trị Z_S được tính toán từ dữ liệu thực tế có đáng kể về mặt thống kê hay không trên cơ sở tính toán giá trị P tương ứng và so sánh với mức ý nghĩa α cho trước. Nghiên cứu này lựa chọn mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ và nếu giá trị P được tính toán thấp hơn $0,05$ thì ta có thể kết luận có bằng chứng để bác bỏ giả thuyết không (chuỗi dữ liệu không có xu thế biến động) và qua đó có thể kết luận xu thế được tìm thấy là đáng kể về mặt thống kê.

2.2.2. Xu thế Sen (Sen's slope)

Sen (1968) sử dụng mô hình tuyến tính để ước tính độ dốc của xu thế cho chuỗi dữ liệu theo thời gian bất kỳ. Xu thế Sen được xác định bằng cách xác định trung vị của chuỗi các giá trị Q_k được tính toán theo công thức sau:

$$Q_k = \frac{x_j - x_i}{j - i} \text{ với } i = 1, \dots, N; j > i.$$

Trong đó, x_j và x_i lần lượt là giá trị dữ liệu quan trắc tại thời điểm j và i trong số N bước thời gian được khảo sát. Nếu giá trị trung vị của $Q_k > 0$ ta kết luận chuỗi dữ liệu có xu hướng tăng và ngược lại.

Trong nghiên cứu này, dữ liệu đầu vào để tính toán xu thế Sen là giá trị của một chỉ số thủy văn (dòng chảy trung bình năm, dòng chảy cực đại năm hoặc dòng chảy cực tiểu năm) trong thời đoạn khảo sát. Để hỗ trợ cho việc so sánh xu hướng của dòng chảy thuộc các lưu vực sông có diện tích lưu vực khác nhau, giá trị của xu thế Sen được chuyển đổi về đơn vị tỉ lệ % thay đổi trên mỗi thập kỷ (%/thập kỷ) theo các công thức được sử dụng rộng rãi trong đánh giá xu thế (Gudmundsson & ctv., 2019).

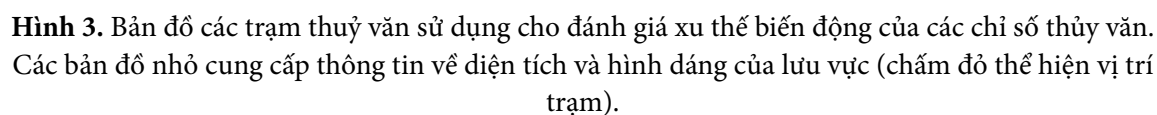
3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Phân bố về mặt không gian của các lưu vực được lựa chọn

Từ quá trình khảo sát về chất lượng dữ liệu của các trạm và đặc điểm phân bố về mặt không gian của chúng, nghiên cứu này đã lựa chọn ra 11 trạm quan trắc có dữ liệu tốt với vị trí và diện tích lưu vực tương ứng với từng trạm được thể hiện tại Hình 3. Ngoài các chỉ tiêu về chất lượng dữ liệu, các trạm thủy văn còn được lựa chọn dựa vào sự phân bố về mặt không gian, để đảm bảo cho tính đại diện cho toàn lãnh thổ Việt

Nam. Ngoại trừ trạm Sơn Tây (hệ thống sông Hồng - Thái Bình) có diện tích lớn hơn nhiều so với phần còn lại (143.600 km^2), các lưu vực thượng nguồn của các trạm được lựa chọn có diện tích dao động trong khoảng từ 1.500 đến 23.000 km^2 , trong đó trạm Lạng Sơn (hệ thống sông Bằng Giang - Kỳ Cùng) có diện tích nhỏ nhất (1.560 km^2). Có ba hệ thống sông lớn của Việt Nam có hai trạm đại diện (hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn, Mê Công, và Sài Gòn - Đồng Nai) và năm lưu vực sông có một trạm đại diện (hệ thống sông Mã, Hồng - Thái Bình, Bắc Giang - Kỳ Cùng, Cà và sông Ba).

Chuỗi số liệu lưu lượng quan trắc tại các trạm đều có độ dài từ 35 đến 65 năm, đảm bảo độ dài đủ lớn để phân tích xu thế dài hạn. Để đảm bảo tính nhất quán cho các phân tích, nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu trong 35 năm (từ năm 1987 đến 2022) tại tất cả các trạm. Từ dữ liệu dòng chảy theo ngày, ba chỉ số thủy văn theo năm, gồm giá trị trung bình, cực đại và cực tiểu, đã được tính toán để làm đầu vào cho các phân tích thống kê để hiểu rõ về xu thế biến động của chế độ thủy văn tại các lưu vực được lựa chọn.



3.2. Các đặc trưng của chế độ thủy văn của các lưu vực sông được lựa chọn

Bảng 1 trình bày giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của lưu lượng dòng chảy tháng tại các trạm thủy văn đại diện cho các hệ thống sông lớn trong giai đoạn 1987 - 2022. Kết quả cho thấy, sự phân hóa theo mùa (mùa lũ - mùa kiệt) và mức độ dao động dòng chảy chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi diện tích lưu vực cũng như đặc điểm khí hậu khu vực. Nhìn chung, các trạm đại diện ở khu vực Bắc Bộ như Sơn Tây và Lạng Sơn có biến động lưu lượng theo mùa rõ rệt, gắn với chế độ mưa mùa hè. Các trạm đại diện cho khu vực miền Trung như Thanh Mỹ, Nông Sơn thể hiện đặc trưng mùa lũ tập trung vào cuối năm (tháng 10 - 12). Các lưu vực miền Nam như Phước Hòa

và Tà Lài thuộc hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai có mùa lũ bắt đầu muộn hơn và kéo dài đến tháng 11.

Độ lớn lưu lượng dòng chảy tỷ lệ thuận với diện tích lưu vực, trong đó trạm Sơn Tây (hệ thống sông Hồng - Thái Bình) là trạm có diện tích lớn nhất với lưu lượng trung bình tháng dao động mạnh, giá trị trung bình tháng thấp nhất là $1325,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (vào tháng 3) và cao nhất là $7236,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (vào tháng 7). Trong khi đó, trạm Lạng Sơn (hệ thống sông Bắc Giang Kỳ Cùng) có diện tích lưu vực nhỏ nhất, lưu lượng trung bình rất thấp, khoảng $8 - 12 \text{ m}^3/\text{s}$ trong mùa kiệt (tháng 1 đến 4) và tăng dần vào mùa mưa (tháng 5 đến 9), đạt cực đại vào tháng với giá trị $89,0 \text{ m}^3/\text{s}$.

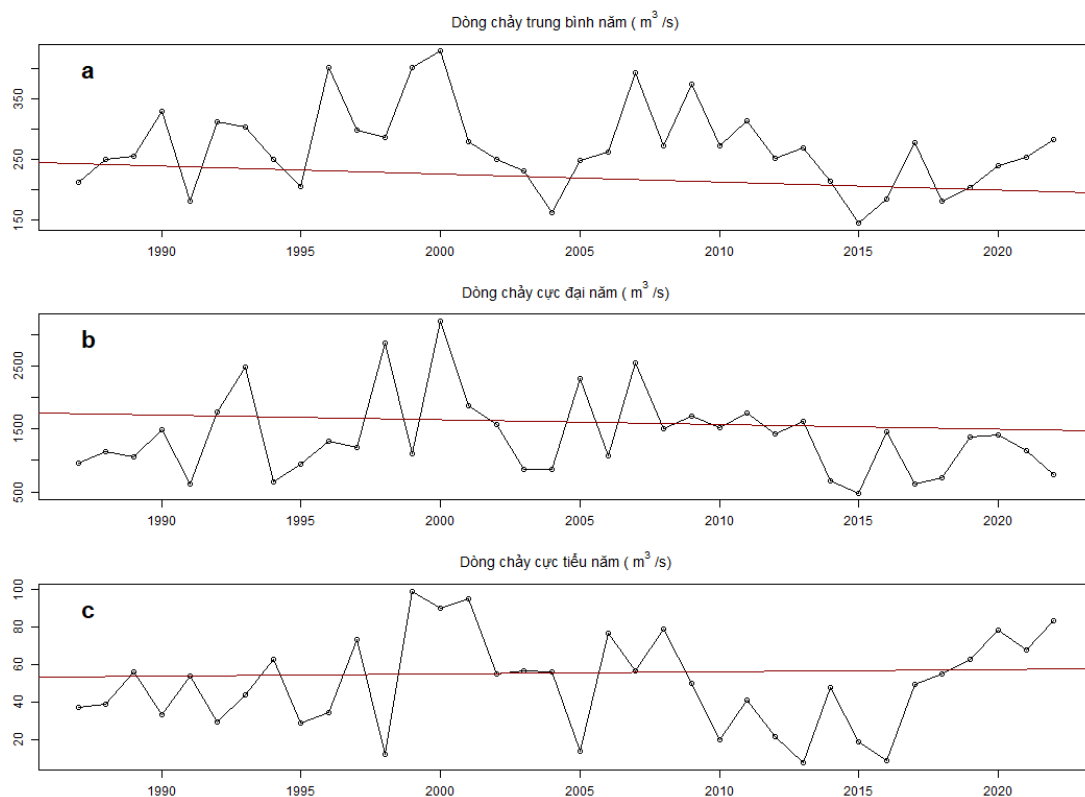
Bảng 1. Giá trị trung bình và độ lệch chuẩn (giá trị trong ngoặc đơn) của dòng chảy tháng tại các lưu vực tính toán trong giai đoạn từ năm 1987 đến 2022

Trạm	Hệ thống sông	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12
Xà Lã	Mã	50,7 (± 13,0)	42,2 (± 9,2)	37,9 (± 7,8)	43,0 (± 10,3)	63,7 (± 32,9)	128,4 (± 80,7)	261,8 (± 155,5)	310,9 (± 131,3)	217,4 (± 85,1)	120,1 (± 44,7)	79,5 (± 26,2)	60,0 (± 16,4)
Sơn Tây	Hồng - Thái Bình	1.555,1 (± 457,2)	1.427,7 (± 383,7)	1.325,8 (± 392,5)	1.656,3 (± 587,9)	2.586,9 (± 851,0)	4.282,4 (± 1671,7)	7.236,2 (± 2454,9)	6.832,0 (± 2108,9)	4.506,0 (± 1391,3)	3.316,6 (± 1090,0)	2.226,6 (± 942,2)	14.92,7 (± 378,3)
Lạng Sơn	Bắc Giang - Kỳ Cùng	8,4 (± 7,7)	8,3 (± 8,5)	9,1 (± 9,5)	12,5 (± 12,2)	23,2 (± 20,1)	38,0 (± 25,8)	66,9 (± 62,3)	89,0 (± 54,2)	59,3 (± 59,8)	26,3 (± 27,5)	17,2 (± 32,5)	7,7 (± 6,1)
Yên Thương	Cả	225,1 (± 62,0)	190,9 (± 57,7)	184,9 (± 72,0)	172,8 (± 60,8)	286,6 (± 130,8)	397,9 (± 230,7)	540,8 (± 310,5)	918,8 (± 468,8)	1294,7 (± 663,4)	1163,0 (± 660,8)	542,4 (± 430,9)	296,2 (± 96,9)
Thanh Mỹ	Vu Gia - Thu Bồn	108,6 (± 57,7)	62,9 (± 33,4)	46,0 (± 23,1)	41,5 (± 22,9)	54,5 (± 34,2)	46,5 (± 32,2)	41,0 (± 22,7)	50,1 (± 35,3)	106,0 (± 88,1)	274,7 (± 182,7)	362,3 (± 243,6)	241,5 (± 143,5)
Nông Sơn	Vu Gia - Thu Bồn	299,0 (± 142,5)	166,9 (± 80,8)	124,9 (± 60,7)	101,8 (± 59,4)	129,0 (± 65,1)	111,8 (± 54,5)	87,6 (± 48,9)	101,1 (± 57,1)	222,9 (± 174,9)	678,9 (± 386,4)	1038,1 (± 594,1)	690,5 (± 408,6)
Kon Tum	Mekong	63,4 (± 19,8)	44,4 (± 13,5)	34,8 (± 11,0)	33,2 (± 11,0)	46,3 (± 17,6)	55,1 (± 24,5)	80,1 (± 38,1)	123,0 (± 47,9)	166,4 (± 86,7)	180,4 (± 84,1)	164,3 (± 95,1)	96,6 (± 43,5)
Bán Đôn	Mekong	160,3 (± 70,1)	100,7 (± 32,6)	84,7 (± 30,5)	91,2 (± 38,5)	143,7 (± 74,3)	213,4 (± 99,9)	263,0 (± 80,9)	391,4 (± 179,4)	481,0 (± 161,5)	534,2 (± 255,3)	434,3 (± 227,3)	327,3 (± 213,0)
Cùng Sơn	Ba	174,8 (± 94,4)	87,1 (± 40,6)	58,6 (± 21,6)	49,7 (± 29,9)	98,1 (± 64,6)	116,9 (± 75,3)	124,9 (± 68,0)	221,4 (± 92,7)	376,2 (± 182,6)	607,5 (± 353,8)	808,6 (± 535,4)	514,0 (± 445,8)
Phước Hoà	Sài Gòn - Đồng Nai	79,6 (± 29,2)	67,3 (± 34,0)	81,7 (± 44,3)	95,9 (± 55,4)	126,4 (± 73,9)	190,6 (± 95,2)	274,9 (± 106,2)	411,3 (± 171,8)	491,0 (± 178,3)	496,8 (± 171,8)	239,9 (± 82,0)	117,6 (± 36,1)
Tà Lài	Sài Gòn - Đồng Nai	95,4 (± 32,4)	67,7 (± 29,8)	69,8 (± 46,6)	82,3 (± 45,4)	146,3 (± 83,0)	288,3 (± 145,2)	483,3 (± 184,5)	745,2 (± 272,0)	773,9 (± 231,3)	698,0 (± 191,4)	355,7 (± 127,5)	182,4 (± 82,9)

3.3. Thay đổi dài hạn của các chỉ số thủy văn tại các lưu vực sông của Việt Nam

Việc đánh giá xu thế của các chỉ số thủy văn được thực hiện với việc tính toán xu thế Sen cho từng chuỗi dữ liệu và ứng dụng kiểm định Mann-Kendall để xác định xu thế thay đổi có đáng kể

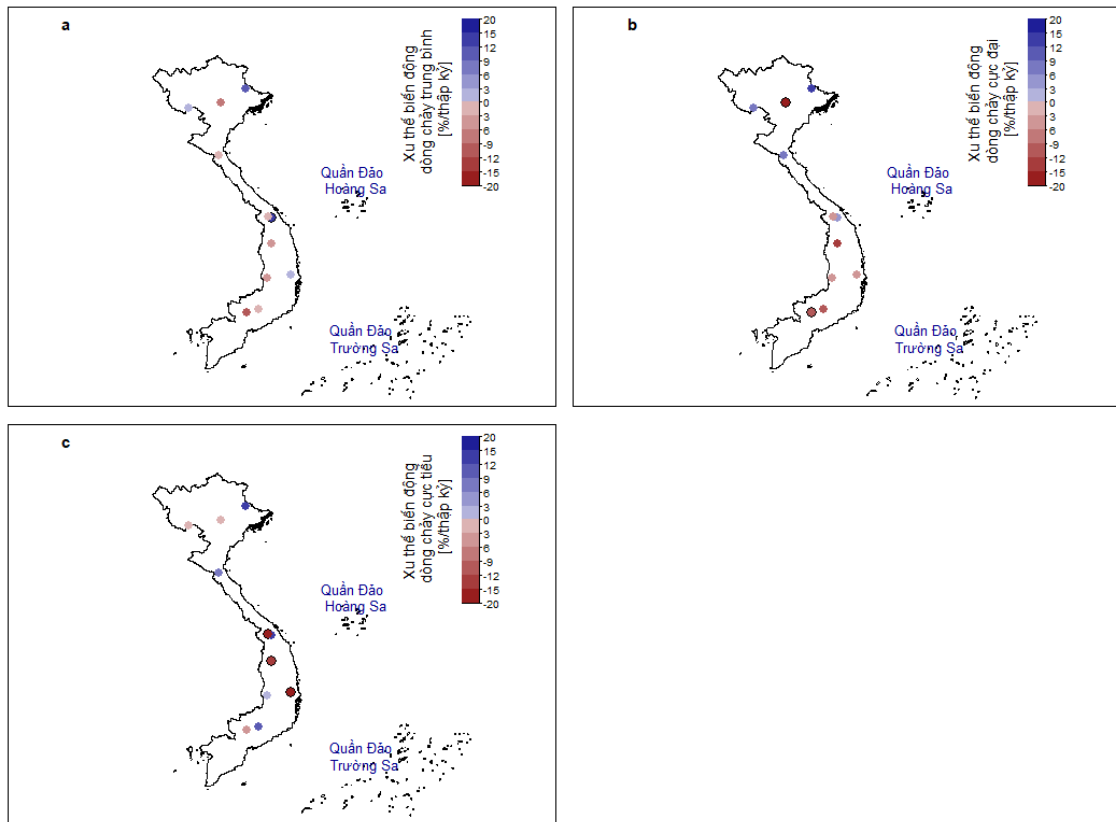
về mặt thống kê hay không. Hình 4 cung cấp ví dụ về việc tính toán xu thế Sen cho các chỉ số được phân tích (trung bình năm, tối cao năm và tối thấp năm) tại trạm Bản Đôn, thuộc hệ thống sông Mê Công.



Hình 4. Biểu đồ xu hướng biến đổi lưu lượng dòng chảy thông qua chỉ số dòng chảy (a) trung bình, (b) tối cao, và (c) tối thấp năm quan trắc tại trạm Bản Đôn (lưu vực sông Srepok thuộc hệ thống sông Mê Công). Đường thẳng màu đỏ thể hiện xu hướng theo giá trị của xu thế Sen.

Có thể thấy, xu thế biến động của 3 chỉ số này không đồng nhất (xu hướng giảm ở chỉ số dòng chảy trung bình và cực đại nhưng lại tăng ở dòng chảy cực tiểu năm), cho thấy sự biến động phức tạp của chế độ thủy văn trong bối cảnh ấm

lên của Trái đất. Các tính toán tương tự đã được thực hiện cho tất cả các trạm được lựa chọn còn lại để hỗ trợ cho việc thiết lập một góc nhìn tổng quan về xu hướng biến động dòng chảy tại Việt Nam.



Hình 5. Thay đổi các chỉ số cao nhất, trung bình, thấp nhất tại các trạm quan trắc. Các chấm được khoanh tròn đại diện cho dữ liệu có biến động đáng kể về mặt thống kê theo kiểm định Mann Kendall.

Các kết quả đánh giá được trình bày trong Hình 5 cho thấy, xu hướng thay đổi chủ đạo của các chỉ số thống kê được khảo sát là suy giảm trong giai đoạn 35 năm (từ năm 1987 đến 2022), với 4 trạm cho thấy xu hướng giảm trên cả 3 chỉ số được đánh giá: Trạm Kon Tum (hệ thống sông Mê Công), trạm Phước Hòa (hệ thống sông Sài Gòn, Đồng Nai), trạm Sơn Tây (hệ thống sông Hồng, Thái Bình), và trạm Thạnh Mỹ (hệ thống sông Vu Gia, Thu Bồn). Một điều thú vị là trạm Nông Sơn thuộc hệ thống sông Vu Gia, Thu Bồn lại cho thấy xu hướng gia tăng ở cả ba chỉ số thủy văn (bên cạnh trạm thứ hai có xu hướng trong tự là trạm Lạng Sơn thuộc hệ thống sông Bằng

Giang, Kỳ Cùng). Điều này tiếp tục khẳng định sự thay đổi khá phức tạp của chế độ thủy văn tại các lưu vực sông, và dòng chảy tại các trạm có vị trí địa lý rất gần nhau trên cùng một hệ thống sông có thể sẽ biểu hiện xu thế thay đổi khác biệt. Nguyên nhân chính là do chế độ thủy văn khá nhạy cảm với nhiều đặc trưng của lưu vực, vốn có thể bị ảnh hưởng mạnh mẽ từ hoạt động phát triển kinh tế xã hội của con người. Một ví dụ cụ thể là việc xây dựng đập và hồ chứa cũng như điều chỉnh dòng chảy ở thượng nguồn của nhiều lưu vực sông, sự thay đổi loại hình sử dụng đất cũng như sự mở rộng của các đô thị (Nguyễn & ctv., 2016; Nguyễn & ctv., 2022; Doan & Ho, 2025).

Đối với chỉ số dòng chảy trung bình (Hình 5a), xu thế giảm được quan sát ở bảy trạm, nhưng giá trị suy giảm chỉ ở mức dưới 10% và kết quả kiểm định Mann-Kendall cho thấy xu thế này là không đáng kể về mặt thống kê. Trong số các trạm có xu hướng tăng, trạm Nông Sơn (tại hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn) là địa điểm duy nhất cho thấy xu hướng tăng là đáng kể về mặt thống kê, với xu thế Sen được tính toán khoảng 15%/thập kỷ.

Đối với chỉ số dòng chảy tối cao (Hình 5b), xu thế giảm cũng được quan sát ở 7 trạm, và xu thế này là đáng kể về mặt thống kê tại trạm Sơn Tây (hệ thống sông Hồng, Thái Bình) và trạm Phước Hòa (hệ thống sông Sài Gòn, Đồng Nai). Trong số ba trạm có xu hướng tăng, không có chuỗi dữ liệu nào cho thấy minh chứng thay đổi đáng kể về mặt thống kê.

Đối với chỉ số dòng chảy tối thấp (Hình 5c), xu thế giảm được quan sát ở 7 trạm, và xu thế này là đáng kể về mặt thống kê tại các trạm Thạnh Mỹ (hệ thống sông Vu Gia, Thu Bồn), Kon Tum (hệ thống sông Mê Công) và Củng Sơn (hệ thống sông Ba). Các trạm còn lại, kể cả trạm có xu hướng tăng đều không cho thấy minh chứng rằng thay đổi được ghi nhận là đáng kể về mặt thống kê.

4. Kết Luận và Kiến Nghị

Nghiên cứu này đã khảo sát thay đổi của chế độ thủy văn tại 11 trạm quan trắc thủy văn nước ngọt có dữ liệu quan trắc tốt tại nhiều khu vực khác nhau của Việt Nam. Mặc dù xu hướng chủ đạo được tìm thấy là sự suy giảm về các chỉ số thủy văn được khảo sát (dòng chảy trung bình năm, dòng chảy cực đại năm và dòng chảy cực

tiểu năm) nhưng vẫn có một số lưu vực có xu hướng tăng ở cả ba chỉ số được đánh giá. Kết quả này cho thấy chế độ thủy văn của các lưu vực sông ở Việt Nam đã có sự biến đổi khá phức tạp trong những thập kỷ gần đây.

Một trong những nguyên nhân có khả năng tạo ra biến động phức tạp của chế độ thủy văn có thể là do thay đổi sử dụng đất, gia tăng đô thị hóa, và quá trình hình thành hệ thống đập thủy văn trên dòng chính của các hệ thống sông nhằm phục vụ phát triển kinh tế từ những năm cuối thế kỷ 20. Tuy nhiên, do giới hạn của nghiên cứu, việc kiểm nghiệm các giả thiết này vẫn chưa được thực hiện, và nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc cung cấp thông tin về xu thế biến động của chế độ thủy văn trên các lưu vực sông ở Việt Nam, chứ chưa đi sâu tìm kiếm các tác nhân chính dẫn đến các biến động đã nêu ra. Việc phân tích các xu thế cùng với đặc điểm về thủy điện, hồ chứa hoặc xây dựng các mô hình thủy văn để kiểm tra các giả thuyết về ảnh hưởng của các kịch bản sử dụng đất khác nhau tại các lưu vực sẽ góp phần xác định các yếu tố ảnh hưởng đến biến động dòng chảy của các lưu vực sông.

Một hạn chế khác của nghiên cứu là chỉ mới đánh giá ba chỉ số thủy văn, và chưa đánh giá các chỉ số cũng rất quan trọng khác như các giá trị bách phân vị thứ năm, thứ chín mươi lăm, số ngày lũ, số ngày hạn, chu kỳ lũ, thời điểm diễn ra lũ... Bên cạnh việc mở rộng các phân tích được áp dụng trong nghiên cứu này cho các trạm thủy văn khác tại Việt Nam, các nghiên cứu trong tương lai cũng nên đánh giá biến động của các chỉ số thủy văn khác để hiểu rõ hơn về sự thay đổi của chế độ thủy văn tại các lưu vực sông ở Việt Nam.

Các kết quả phân tích cũng cho thấy sự biến đổi của các chỉ số thủy văn là không đồng nhất: có sự gia tăng chỉ số dòng chảy cực đại nhưng lại suy giảm chỉ số dòng chảy cực tiểu tại một số lưu vực. Điều này cho thấy sự phức tạp của chế độ thủy văn tại các lưu vực sông Việt Nam trong bối cảnh ấm lên. Các nhà hoạch định chính sách; do đó, cần có những định hướng cho việc quy hoạch tài nguyên nước theo hướng linh hoạt, có khả năng thích ứng cao trước những biến động giữa các hiện tượng thủy văn cực đoan. Ngoài ra, việc duy trì và nâng cao đầu tư cho hệ thống quan trắc thủy văn cũng rất quan trọng, để nâng cao mức độ chính xác của các phân tích dựa trên dữ liệu quan trắc thủy văn trong tương lai.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn giữa các tác giả.

Lời Cảm Ơn

Nghiên cứu này là một phần của đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ mã số B2023-NLS-03 được cấp kinh phí bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Doan, V. B., & Ho, N. N. Y. (2025). Assessing the effects of land use changes and diversion dams on river flow in the Thanh Binh, Dak Nong, and Dai Nga basins. *Vietnam Journal of Hydrometeorology* 769, 27-43.
- Do, H. X., Le, H. M., Pham, H. T., Le, T. H., & Nguyen, B. Q. (2022). Identifying hydrologic reference stations to understand changes in water resources across Vietnam-a data-driven approach. *Vietnam Journal of Earth Sciences* 44(1), 144-164. <https://doi.org/10.15625/2615-9783/16980>.
- Do, Q. M., Pham, T. H. L., Le, T. H., & Le, T. T. H. (2020a). Application of the IHA method (Indicators of Hydrologic Alteration) to evaluate the impacts of Tri An reservoir on hydrological regime in the downstream of the Dong Nai River basin. *Journal Science and Technology Water Resources* 68, 89-97.
- Do, Q. V., Do, H. X., Do, N. C., & Ngo, A. L. (2020b). Changes in precipitation extremes across Vietnam and its relationships with teleconnection patterns of the northern hemisphere. *Water* 12(6), 1646.
- Gudmundsson, L., Boulange, J., Do, H. X., Gosling, S. N., Grillakis, M. G., Koutroulis, A. G., Leonard, M., Liu, J., Schmied, H.M., Papadimitriou, L., Pokhrel, Y., Senerivatne, S.I., Satoh, Y., Thiery, W., Westra, S., Zhang, X., & Zhao, F. (2021). Globally observed trends in mean and extreme river flow attributed to climate change. *Science* 371(6534), 1159-1162.
- Gudmundsson, L., Leonard, M., Do, H. X., Westra, S., & Seneviratne, S. I. (2019). Observed trends in global indicators of mean and extreme streamflow. *Geophysical Research Letters* 46(2), 756-766.
- Ho, Q. N. N., Dao, K. N., Huynh, H. C., & Nguyen, B. T. (2018). Application of remote sensing and GIS to assess riverbank changes of Tien and Hau rivers. *Journal of Meteorology and Hydrology* 690(6), 12-22.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Summary for policymakers. In Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., and Zhou, B. (Eds.), *Climate change 2021: The*

- physical science basis. *Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (3-32). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kendall, M. G. (1948). *Rank correlation methods*. Oxford, England: Griffin.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13(3), 245-259. <https://doi.org/10.2307/1907187>.
- MONRE (Ministry of Natural Resources and Environment). (2021). *Climate change scenarios updated version 2020*. Ha Noi, Vietnam: Vietnam Publishing House of Natural Resources - Environment and Maps.
- Nguyen, D. Q., Renwick, J., & McGregor, J. (2014). Variations of surface temperature and rainfall in Vietnam from 1971 to 2010. *International Journal of Climatology* 34(1), 249-264.
- Nguyen, Q. B., Vo, N. D., & Mai, T. T. D. (2022). Quantifying the impact of upstream dams on the sediment load in the Vu Gia anh Thu Bon river basin. *Journal Science and Technology Water Resources* (2022)78, 121-129.
- Nguyen, T. G., Nguyen, T. H., Nguyen, V., Tran, T. H., Nguyen, N. H., Tran, N. A., & Tran, N. V. (2016). Assessment of hydrologic alterations downstream of the ba river basin under the impact of reservoir system. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences* 32(2).
- Nguyen, T. L., Nguyen, T. A., Do, T. N. B., Le, V. L., Hoang, T. T., Nguyen, H. B., Hoang, B. N., & Pham, L. A. (2024). Rainfall trend analysis in the Vu Gia - Thu Bon river basin from 1978 to 2020. *Vietnam Journal of Hydrometeorology* 1, 74-85. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2024\(757\).74-85](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2024(757).74-85).
- Schmidt-Thomé, P., Nguyen, T. H., Pham, T. L., Jarva, J., & Nuottimäki, K. (2015). Climate change in Vietnam. In Schmidt-Thomé, P. (Ed.), *Climate change adaptation measures in Vietnam: Development and implementation* (7-15). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of The American Statistical Association* 63(324), 137-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>.

Effects of pectin supplementation on dehydration, texture, and sensory evaluation of the coffee pulp leather

Diep N. T. Duong^{1*}, Bao Q. Cu¹, & Binh Q. Hoang²

¹Faculty of Chemical Engineering and Food Technology, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Research Affairs and International Relations Office, Quy Nhon University, Binh Dinh, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: January 21, 2025

Revised: April 22, 2025

Accepted: April 28, 2025

Keywords

Coffee

Drying

Pectin

Sensory

Texture

*Corresponding author

Diep Ngoc Thi Duong

Email:

duongngocdiep@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Coffee fruit pulp is known to be a rich source of fiber and natural antioxidant compounds. Current research has only exploited this source of by-products as fertilizer, animal feed, and new materials, while research in the food industry is still limited. This research aimed to valorize the coffee pulp by developing a new fruit leather product. The research showed that pectin supplementation at a rate of 2%, with a mixing ratio of two types of pectin, including commercial product with high methoxyl pectin (HMP) and commercial low methoxyl pectin (LMP), at the ratios of 1.5:0.5, 1:1, and 0.5:1.5 g/g, significantly affected the physical properties of the dried coffee fruit leather. All the samples supplemented with pectin had higher rupture force values compared to the control samples. Besides, the addition of pectin slightly changed the drying kinetic characteristics of the sample. Moisture diffusivity decreased with the increase in pectin concentration. However, the dried samples with and without pectin had similar drying time, moisture content, and water activity. The supplementation of pectin improved the panelists' acceptance of the texture but did not affect the color, odor, and taste characteristics of the product. To further enhance the product's structure, optimization of pectin concentration and the mixing ratio of HMP and LMP, needs to be performed.

Cited as: Duong, D. N. T., Cu, B. Q., & Hoang, B. Q. (2026). Effects of pectin supplementation on dehydration, texture, and sensory evaluation of the coffee pulp leather. *The Journal of Agriculture and Development* 25(2), 129-139.

Ảnh hưởng của hàm lượng pectin đến khả năng thoát ẩm, cấu trúc và cảm quan của thịt quả cà phê sấy dẻo

Dương Thị Ngọc Diệp^{1*}, Cù Quốc Bảo¹ & Hoàng Quang Bình²

¹Khoa Công Nghệ Hóa Học và Thực Phẩm, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

²Phòng Khoa Học Công Nghệ và Hợp Tác Quốc Tế, Trường Đại Học Quy Nhơn, Bình Định

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 21/01/2025

Ngày chỉnh sửa: 22/04/2025

Ngày chấp nhận: 28/04/2025

Từ khóa

Cà phê

Cảm quan

Kết cấu

Pectin

Sấy

*Tác giả liên hệ

Dương Thị Ngọc Diệp

Email:

duongngocdiep@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Thịt quả cà phê được biết đến là nguồn nguyên liệu giàu chất xơ và các hợp chất chống oxy hóa tự nhiên. Hiện nay các nghiên cứu mới chỉ khai thác được nguồn phụ phẩm này như phân bón, thức ăn chăn nuôi và các vật liệu mới, trong khi nghiên cứu trong ngành thực phẩm còn hạn chế. Mục tiêu của nghiên cứu này là chế biến sản phẩm trái cây sấy dẻo từ nguồn phụ phẩm này. Nghiên cứu cho thấy bổ sung pectin với tỷ lệ 2%, với tỷ lệ pha trộn của hai loại pectin là chế phẩm pectin thương mại có độ methoxyl cao (HMP) và có độ methoxyl thấp (LMP), ở nhiều tỷ lệ 1,5:0,5; 1:1 và 0,5:1,5 g/g đã có tác động đến đặc tính vật lý của sản phẩm. Tất cả các mẫu được bổ sung pectin đều có giá trị lực đứt cao hơn so với mẫu đối chứng. Ngoài ra, việc bổ sung pectin làm thay đổi nhỏ đến quá trình giảm ẩm của mẫu trong quá trình sấy. Độ khuếch tán ẩm giảm khi hàm lượng tăng lượng pectin. Tuy nhiên, sản phẩm có và không có bổ sung pectin đều có thời gian sấy, độ ẩm và hoạt độ nước tương tự nhau. Việc bổ sung pectin cho phép cải thiện sự chấp nhận của cảm quan viên đối với kết cấu của sản phẩm nhưng không ảnh hưởng đến đặc tính màu sắc, mùi và vị của sản phẩm. Để nâng cao hơn nữa khả năng cải thiện cấu trúc sản phẩm, cần tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ bổ sung pectin (HMP và LMP).

1. Đặt Vấn Đề

Trong quá trình chế biến cà phê nhân, thịt quả cà phê được xem là phụ phẩm và thường bị loại bỏ gây tình trạng ô nhiễm môi trường. Thịt quả cà phê rất giàu các hợp chất chống oxy hóa như polyphenol, favonoid và anthocyanin. Dịch chiết từ thịt quả cà phê có các khả năng

như chống oxy hóa, giảm hấp thu cholesterol, giúp kiểm soát lipid trong máu và hỗ trợ sức khỏe tim mạch (dos Santos & ctv., 2021). Về lĩnh vực thực phẩm, trên thế giới đã nghiên cứu ứng dụng thịt quả cà phê như nguồn cung cấp chất chống oxy hóa và chất xơ trong bánh, hoặc chế biến đồ uống, trà cascara...(Gil-Gómez & ctv., 2024). Tuy nhiên, các nghiên cứu trong nước về

đa dạng hóa sản phẩm từ nguyên liệu này còn hạn chế.

Sấy khô là một trong những phương pháp lâu đời được áp dụng để chế biến sản phẩm thực phẩm. Quá trình xử lý giúp giảm lượng nước trong nguyên liệu tươi, hạn chế sự phát triển của vi sinh vật gây hư hỏng, giảm khối lượng và kích thước của nông sản tạo thuận lợi cho việc phân phối và bảo quản (Hnin & ctv., 2019). Trái cây sấy dẻo dạng miếng (fruit leather) là một dạng sản phẩm tái cấu trúc, có vị ngọt, mang hương vị trái cây, chứa ít chất béo nhưng giàu chất xơ, vitamin và các hợp chất chống oxy hóa, có năng lượng thấp và là một món ăn nhẹ lành mạnh. Sự dẻo mềm là một trong những tính chất quan trọng của sản phẩm (Diamante & ctv., 2013). Qua thử nghiệm sơ bộ, sản phẩm sấy dẻo từ thịt quả cà phê có cấu trúc dai cứng, chất lượng cảm quan thấp. Nghiên cứu trước đó về sản xuất trái cây sấy dẻo dạng miếng từ kiwi (Barman & ctv., 2021), hỗn hợp táo và lý chua đen (Diamante & ctv., 2013) đã cho thấy bổ sung pectin giúp cải thiện kết cấu và chất lượng cảm quan của sản phẩm. Do đó, mục đích của nghiên cứu này nhằm đánh giá tác động của việc bổ sung pectin đến khả năng cải thiện chất lượng cảm quan cũng như đặc tính hóa lý của thịt quả cà phê sấy dẻo.

2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Nguyên liệu chính

Nguyên liệu được sử dụng là thịt quả của trái cà phê chín đỏ, giống Robusta và canh tác theo hướng hữu cơ. Thịt quả được thu nhận từ quy trình chế biến cà phê nhân theo phương pháp honey. Nguyên liệu được cung cấp từ công ty

Got Coffee Bảo Lâm, Lâm Đồng. Nguyên liệu được đóng gói 5 kg trong túi nhựa, hút chân không và cấp đông để vận chuyển đến phòng thí nghiệm. Nguyên liệu sau đó được chia thành từng bao 300 g và được cấp đông ở -18°C . Trước khi tiến hành các thí nghiệm, nguyên liệu được rã đông trong tủ lạnh ở nhiệt độ $8 - 10^{\circ}\text{C}$.

Chế phẩm pectin thương mại có độ methoxyl thấp (LMP) mã Pectin NAPPAGE X58 DE < 50% có thành phần: pectin LMP, disodium diphosphate, dextrose và tricalcium phosphate. Chế phẩm được sản xuất bởi hãng Louis Francois (Pháp). Trong khi đó chế phẩm pectin thương mại có độ methoxyl cao (HMP) mã GENU[®] Pectin được sản xuất bởi hãng CP Kelco (Đức).

2.2. Bố trí thí nghiệm

Quy trình chế biến và công thức sản phẩm được xây dựng dựa trên báo cáo của Diamante và ctv. (2013) và các thử nghiệm sơ bộ của nhóm tác giả. Đầu tiên, nguyên liệu sau khi rã đông được xay nhuyễn bằng máy xay Philip 600 W ở mức xay số 4 trong thời gian 1,5 phút. Puree sau đó được xử lý với chế phẩm enzyme cellulase (tên thương mại Biohemichelulasa L, hoạt lực > 1.000 U/g, pH tối ưu 4,0 - 5,5; nhiệt độ tối ưu theo khuyến cáo công ty 45 - 55°C), với tỷ lệ 0,3% (mL/100 g) ở nhiệt độ 50°C trong 90 phút, nhằm tăng cường hiệu suất chiết xuất dịch quả. Tiếp theo, hỗn hợp được lọc qua vải lọc thu hồi dịch quả với tổng hàm lượng chất rắn hòa tan (TSS) đạt 3,9%. Dịch quả sau đó được phối trộn với các chất điều vị và chất tạo cấu trúc theo bố trí thí nghiệm trong Bảng 1. Hỗn hợp tiếp tục được gia nhiệt trên bếp từ 70°C trong 5 phút, pH 3,0 - 3,5 giúp hòa tan hoàn toàn các nguyên

liệu phối trộn. Sau khi gia nhiệt, hỗn hợp có TSS đạt 28% và được đổ vào khuôn có kích thước 12 x 12 cm và độ dày 0,4 cm. Hỗn hợp được sấy khô trong máy sấy khí nóng (Viễn Đông, Việt Nam) ở nhiệt độ 55°C đến khi đạt hoạt độ nước trong khoảng 0,5 - 0,6; độ ẩm tương ứng khoảng 9 - 10%, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình

bảo quản. Máy có công suất quạt gió là 1/2 HP (375 W). Cuối cùng, sản phẩm được để nguội và bao gói trong bao nhựa tráng nhôm, ghép mí và bảo quản ở nhiệt độ phòng (29 - 31°C) trong điều kiện chắn sáng. Trong 24 giờ tiếp theo, sản phẩm nhanh chóng được đánh giá các chỉ tiêu hóa lý và cảm quan.

Bảng 1. Công thức phối trộn

Thành phần	Công thức			
	1	2	3	Đối chứng
Dịch quả cà phê (%)	70	70	70	70
Đường saccharose (%)	15	15	15	15
Citric acid (%)	0,3	0,3	0,3	0,3
Glucose syrup	5	5	5	5
LMP (%)	1,5	1	0,5	-
HMP (%)	0,5	1	1,5	-
Tinh bột bắp (%)	4	4	4	4
Vitamin C (%)	0,1	0,1	0,1	0,1
Nước (%)	3,6	3,6	3,6	5,6
Tổng cộng	100	100	100	100

2.3. Phương pháp phân tích

Các phương pháp phân tích trong mục 2.3.1 đến 2.3.3 được tham chiếu theo nghiên cứu của Deng và ctv. (2020).

2.3.1. Độ ẩm

Cân chính xác 5 g nguyên liệu đã được nghiền nát và cho vào chén nhôm đã biết trước trọng lượng. Tiếp theo, đặt chén chứa mẫu vào tủ ở nhiệt độ 105°C và sấy cho đến khi khối lượng đạt mức ổn định. Sau khi sấy, dùng kẹp lấy chén

ra và đặt vào bình hút ẩm để nguội hoàn toàn. Khi mẫu đã nguội, tiến hành xác định khối lượng bằng cân phân tích với độ chính xác đến 2 chữ số thập phân. Độ ẩm của được tính theo công thức 1.

$$\text{Độ ẩm (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó, m_1 : khối lượng của mẫu và chén nhôm trước sấy, m_2 : khối lượng của mẫu và chén nhôm sau sấy, m_3 : khối lượng của mẫu trước sấy (5 g).

2.3.2. Tốc độ thoát ẩm

$$\text{Tốc độ thoát ẩm (g nước – g chất khô; giờ)} = \frac{M_1 - M_2}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Trong đó t_1 và t_2 biểu thị thời gian sấy; M_1 và M_2 lần lượt biểu thị độ ẩm tại t_1 và t_2 .

2.3.3. Độ khuếch tán ẩm

$$\ln MR = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 \times D_{eff}}{H^2} \times t \quad (3)$$

Trong đó: D_{eff} là độ khuếch tán độ ẩm (m^2/s), H là độ dày của mẫu (m), và t là thời gian sấy (s), MR là tỷ lệ ẩm và được tính theo công thức (4).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (4)$$

Trong đó: M_o là độ ẩm (g/g chất khô) tại thời điểm 0, M_t là độ ẩm tại thời điểm sấy t , M_e là độ ẩm tại giá trị cân bằng.

2.3.4. Đo cấu trúc

Phương pháp đo được đối chiếu theo Diamante & ctv. (2013) với một số sửa đổi. Mẫu được phân tích với máy đo cấu trúc hãng Stable Micro Systems, mã TA-Xtplus (Anh). Mẫu được phân tích bằng đầu dò mũi kim hình trụ với đường kính 2 mm, tốc độ đầu dò 1 mm/s, khoảng cách đầu dò đến mẫu 10 mm, lực đo 5 g. Khi đầu dò đâm thủng mẫu, kết quả lực đâm xuyên được ghi nhận và biểu thị dưới dạng giá trị trung bình cho mỗi mẫu và có đơn vị là Newton (N). Mỗi mẫu được đo 3 lần.

2.3.5. Hoạt độ nước

Hoạt độ nước được xác định bằng máy Aqualab 3 (Decagon Devices, Mỹ).

2.3.6. Phương pháp đánh giá cảm quan

Phương pháp đánh giá cảm quan cho điểm thị hiếu được thực hiện theo Ha (2010). Cảm quan viên không sử dụng bất kì thực phẩm nào trước 30 phút thử mẫu. Mẫu được đựng trong đĩa sứ trắng và được mã hóa bằng số 3 chữ số. Sau mỗi lần thử mẫu, cảm quan viên sử dụng nước lọc để thanh vị. Mẫu được đánh giá cảm quan với 30 cảm quan viên là sinh viên học ngành công nghệ thực phẩm và được cảm quan bằng phép thử cho điểm thị hiếu theo thang điểm 9, trong đó điểm 1 là kém yêu thích nhất và điểm 9 là yêu thích nhất.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được thể hiện là kết quả trung bình của 3 lần lặp lại. Kết quả thể hiện dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Phần mềm Excel 2019 được sử dụng để xử lý và vẽ biểu đồ số liệu thu thập được. Trong chương trình phần mềm Statgraphic, phương pháp phân tích ANOVA và sai khác nhỏ nhất (LSD) được sử dụng để phân tích sự khác biệt tại độ tin cậy 95% giữa các mẫu thí nghiệm.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Cấu trúc

Phân tích thống kê cho thấy có sự khác biệt về lực phá vỡ giữa các mẫu tại $P < 0,05$. HMP và

LMP đều có cấu trúc mạch thẳng được cấu tạo từ nhiều galacturonic acid, có chứa các gốc OH^- , giúp tạo sự liên kết (liên kết hydro) của pectin với các thành phần có chứa gốc ưa nước. Điều kiện pH thấp (2,5 - 3,5) và nồng độ đường (55 - 75%) là điều kiện thuận lợi cho quá trình tạo gel của HMP; trong khi đó sự liên kết giữa Ca^{2+} và các nhóm carboxylic tự do theo mô hình hộp trứng là cơ chế thuận lợi cho quá trình tạo gel của LMP (Said & ctv., 2023). Nhờ vào đặc tính hóa học này của pectin có thể đã giúp cấu trúc của sản phẩm có bổ sung pectin trở nên chặt chẽ hơn mẫu đối chứng. Kết quả Bảng 2 thể hiện tỷ lệ bổ sung LMP càng cao, lực phá vỡ mẫu càng cao tăng từ 0,55 N lên đến 0,75 N tương ứng với tỷ lệ HMP - LMP từ 0,5 - 1,5 đến 1,5 - 0,5; điều

này cho thấy pectin LMP có ảnh hưởng nhiều hơn đến cấu trúc của sản phẩm.

Các kết quả Bảng 2 cũng cho thấy lực phá mẫu cao nhất được ghi nhận tại mẫu có tỷ lệ HMP và LMP là 0,5 - 1,5; trong khi đó mẫu đối chứng có giá trị thấp nhất. Kết quả này minh chứng bổ sung pectin giúp cải thiện độ liên kết của sản phẩm. Kết quả này tương đồng với các báo cáo trước đó, lực phá vỡ đối xoài sấy dẻo tăng từ 3,6 đến 7,9 N, khi tăng tỷ lệ pectin từ 0% đến 2% (Gujral & ctv., 2003). Một nghiên cứu khác cũng cho thấy lực phá vỡ đối với sản phẩm kiwi sấy dẻo là 0,13 và 2,41 N, tương ứng với tỷ lệ pectin 0 và 1% (Barman & ctv., 2021).

Bảng 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ HMP và LMP lên cấu trúc sản phẩm

Mẫu	0,5 - 1,5	1 - 1	1,5 - 0,5	Đối chứng
Lực phá vỡ mẫu (N)	0,75 ^a ± 0,05	0,63 ^b ± 0,02	0,55 ^c ± 0,03	0,23 ^d ± 0,02

Các chữ cái theo sau giá trị trung bình khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

3.2. Quá trình sấy tách nước

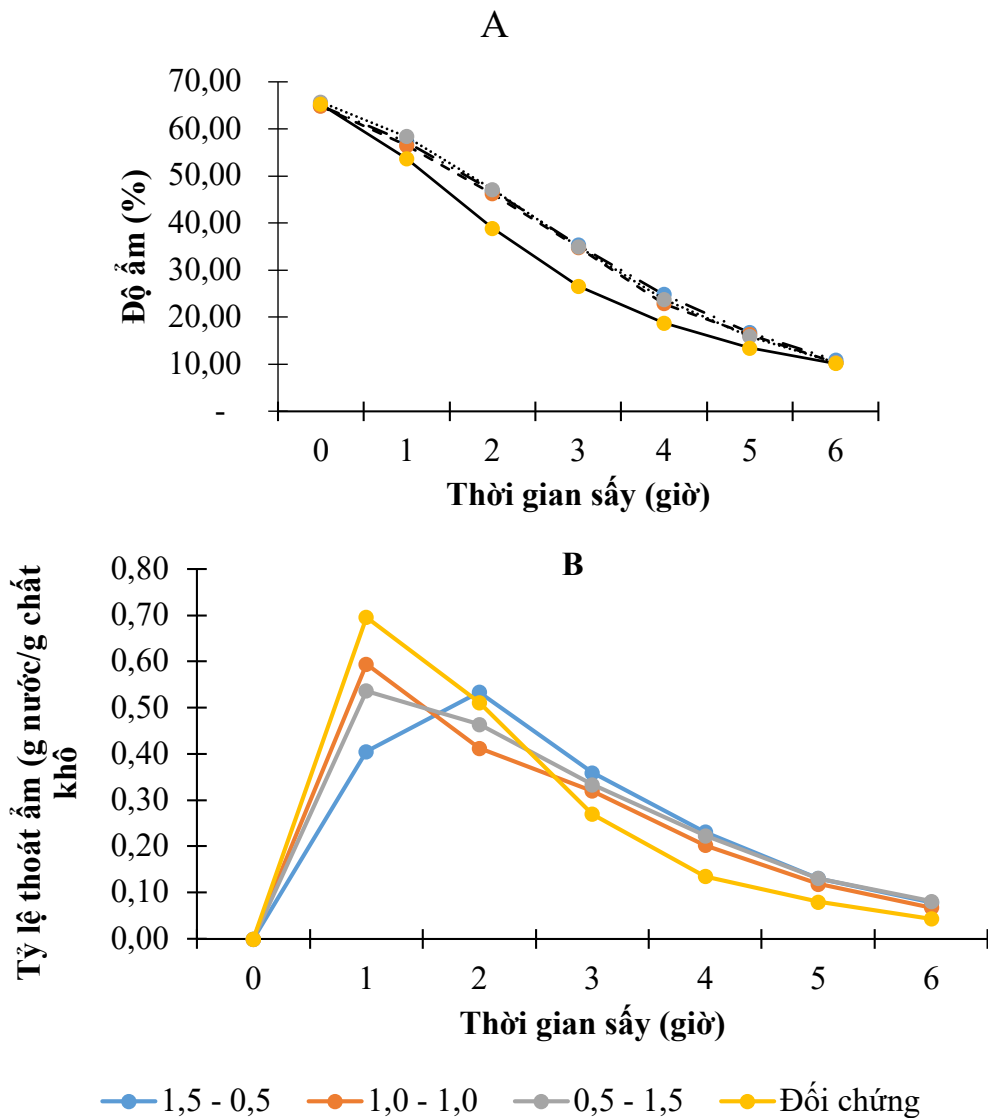
Kết quả ở Hình 1A cho thấy trong giai đoạn đầu quá trình sấy (0 - 3 giờ), hàm lượng ẩm của các mẫu giảm mạnh từ khoảng 60% xuống còn khoảng 30%. Ở giai đoạn sau (3 - 6 giờ), tốc độ giảm ẩm dần chậm lại, hàm lượng ẩm của các mẫu giảm còn 10,38; 10,33; 10,85 và 10,12% tương ứng với tỷ lệ phối trộn hai loại pectin HPM và LMP là 0,5 - 1; 1 - 1; 1,5 - 0,5 và đối chứng. Hình 1A cũng cho thấy đường cong thể hiện độ thoát ẩm của mẫu đối chứng có độ dốc cao hơn so với các mẫu có bổ sung pectin và các tỷ lệ phối trộn HMP/LMP khác nhau không ảnh

hưởng nhiều đến quá trình thoát ẩm của mẫu khảo sát.

Kết quả từ Hình 1B cho thấy trong 1 giờ đầu đầu tiên, tốc độ thoát ẩm của các mẫu tăng lên, và sau đó giảm vào giờ thứ 3 của quá trình sấy. Mẫu không bổ sung pectin có tốc độ thoát ẩm cao nhất 0,70 g nước/giờ; trong khi đó tỷ lệ này ở các mẫu có bổ sung pectin là 0,41 - 0,59 g nước/giờ. Sau 3 giờ sấy, tốc độ thoát ẩm của các mẫu có bổ sung 2 g pectin không có sự khác biệt nhiều, điều này cho thấy tốc độ thoát ẩm không phụ thuộc vào tỷ lệ HMP/LMP.

Bảng 3 thấy không có sự khác biệt về ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$) về hoạt độ nước của sản phẩm có và không có không bổ sung pectin, số liệu ghi nhận cho tất cả các mẫu nằm trong khoảng 0,54 - 0,56. Trong khi đó độ khuếch tán ẩm của cả 3 mẫu bổ sung pectin ($27,83 - 28,56 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$) đều thấp hơn so với mẫu đối chứng ($33,49 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$). Không có sự khác biệt

giữa các mẫu có tỷ lệ HMP/LMP khác nhau. Hoạt độ nước nhỏ hơn 0,6 là điều kiện thuận lợi giúp bảo quản thực phẩm không bị hư hỏng bởi các phản ứng hóa học và vi sinh vật không mong muốn (da Silva & ctv., 2020). Hoạt độ nước của sản phẩm trái lý chua đen-táo sấy dẻo là 0,3 - 0,4 (Diamante & ctv., 2013).



Hình 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ HMP và LMP lên (A) đường cong giảm ẩm và (B) tốc độ thoát ẩm.

Trong thực phẩm, nước tồn tại ở hai dạng liên kết và tự do; trong đó, nước tự do dễ bị bay hơi trong quá trình sấy hơn so với nước liên kết. Quá trình sấy bao gồm đồng thời sự truyền nhiệt và truyền khối, điều này làm nước dần di chuyển từ bên trong ra bên ngoài bề mặt nguyên liệu và hóa hơi (Deng & ctv., 2020). Pectin có khả năng liên kết với nước qua liên kết hydro (Said & ctv., 2023). Điều này giúp giải thích quá trình thoát hơi nước trong giai đoạn sấy đầu diễn ra mạnh mẽ hơn so với giai đoạn sau, cũng như mẫu đối chứng mất nước nhanh hơn mẫu bổ sung pectin. Nghiên cứu của Barman & ctv. (2021) đã báo cáo tùy theo điều kiện sấy mà tốc

độ thoát ẩm của sản phẩm khác nhau, trường hợp kiwi sấy dẻo ở 60°C, độ khuếch tán ẩm mẫu đối chứng là $5,93 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, mẫu bổ sung 0,5% pectin là $5,88 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. Tương tự, dưa sấy dẻo có độ khuếch tán ẩm khi bổ sung 0% và 2% pectin lần lượt là 9,37 và $7,13 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ (Gujral & ctv., 2003). Diamante & ctv. (2013) đã báo cáo rằng gia tăng hàm lượng pectin bổ sung từ 0 đến 4% đã làm tăng hàm lượng nước (tính theo phần trăm vật chất khô) sản phẩm lý chua đen-táo sấy dẻo từ 21,14 lên 25,06%; hoạt độ nước từ 0,31 lên 0,45; lực phá vỡ từ 18,23 lên 22,60 N sau 16 giờ sấy tại nhiệt độ 70°C.

Bảng 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ HMP và LMP lên hoạt độ nước và độ khuếch tán ẩm

Tỷ lệ phối trộn HMP - LMP (%)	0,5 - 1,5	1 - 1	1,5 - 0,5	Đối chứng
Hoạt độ nước	$0,56^a \pm 0,01$	$0,54^a \pm 0,01$	$0,55^a \pm 0,01$	$0,55^a \pm 0,02$
Độ khuếch tán ẩm ($\times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$)	$28,56^b \pm 0,51$	$27,83^b \pm 0,91$	$27,39^b \pm 0,40$	$33,49^a \pm 0,43$

Trong cùng một hàng, các chữ cái theo sau giá trị trung bình khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$). HMP: chế phẩm pectin thương mại có độ methoxyl cao; LMP: chế phẩm pectin thương mại có độ methoxyl thấp.

3.3. Giá trị cảm quan

Kết quả Bảng 4 cho thấy tỷ lệ phối trộn giữa hai loại pectin khác nhau không ảnh hưởng đến màu sắc (6,35 - 6,65 điểm), mùi, và vị (6,65 - 6,96 điểm) của sản phẩm ($P > 0,05$). Tuy nhiên, các giá trị kết cấu, ngoại quan, và tổng thể của sản phẩm thay đổi đáng kể khi phối trộn với pectin ($P < 0,05$). Hầu hết các sản phẩm có vị chua ngọt, điều này có thể là do trong quá trình sấy, đường và các acid hữu cơ ít bị thất thoát, nên vị của sản phẩm ở các công thức chế biến ít có sự khác biệt. Sản phẩm sau sấy có màu sắc đỏ nâu; tuy nhiên, các mẫu có bổ sung pectin có màu sắc đậm hơn so với mẫu đối chứng. Trong thịt

quả cà phê có chứa hợp chất anthocyanin (Hu & ctv., 2023). Tại môi trường pH thấp anthocyanin chuyển đổi thành hợp chất cation flavylium, chuyển đổi từ màu tím sang đỏ/đỏ cam (Zhao & ctv., 2022). Trong một nghiên cứu khác về chế biến mứt dâu đã khám phá ra rằng pectin có khả năng liên kết tốt anthocyanin, hạn chế sự biến đổi hóa học của hợp chất sắc tố này bởi tác động của nhiệt độ cao (Kopjar & ctv., 2009)

Thí nghiệm cũng ghi nhận các sản phẩm có điểm đánh giá về mùi thơm là 5,42 - 5,50/9 điểm. Kết quả này cho thấy mùi thơm của sản phẩm dừng ở mức không thích - không ghét bởi cảm quan viên. Lý do có thể là mùi hương tự

nhiên của thịt quả cà phê chưa thật sự đặc trưng. Trong các nghiên cứu tiếp theo việc bổ sung các phụ gia tạo hương cần được đánh giá, giúp nâng cao chất lượng cảm quan của sản phẩm sấy dẻo.

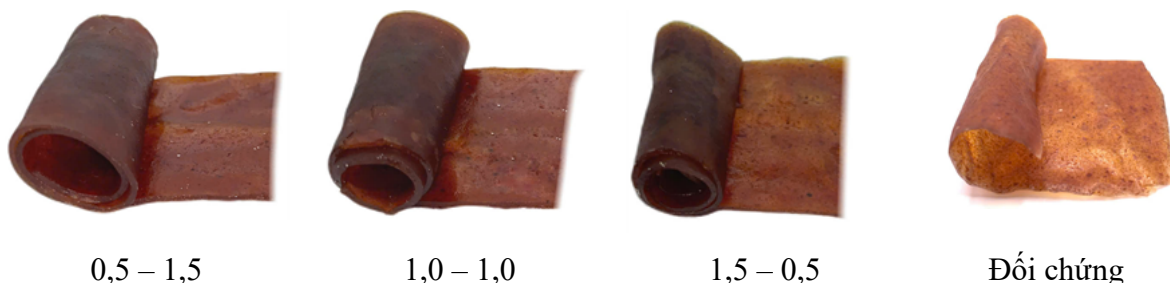
Các cảm quan viên nhận xét mẫu bổ sung pectin có cảm giác mềm dẻo, dày hơn so với mẫu đối chứng. Về kết cấu mẫu có tỷ lệ HMP - LMP 0,5 - 1,5 và 1 - 1 đều có kết quả cao lần lượt là 6,77 và 6,61/9; ngược lại ở tỷ lệ 1,5 - 0,5 sản phẩm có điểm cảm quan thấp hơn 5,50 tương đồng với mẫu mẫu đối chứng 5,46 điểm. Điều này có thể là do khi bổ sung HMP ở tỷ lệ 1,5% đã làm tăng đáng kể độ dai của sản phẩm dẫn đến giảm sự yêu thích của cảm quan viên. Trong

khi đó, các cảm quan viên nhận thấy cấu trúc mẫu đối chứng không có nhiều tính chất liên kết, khi ăn sản phẩm có cảm giác rời rạc. Nghiên cứu của Barman & ctv. (2021) phát hiện bổ sung pectin 1% giúp cải thiện điểm yêu thích về kết cấu của sản phẩm từ 5,1 lên 7,8/9 điểm. Nhìn chung mẫu 0,5 - 1,5 và 1 - 1 hầu hết được cảm quan viên yêu thích. Kết quả xử lý thống kê cho thấy không có sự biệt về điểm đánh giá giữa hai công thức này. Trong nghiên cứu này, dựa trên cơ sở giá thành của nguyên liệu LMP cao hơn so với HMP có thể làm tăng giá thành sản phẩm. Do đó, tỷ lệ 1 - 1 đã được chọn để thực hiện các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ HMP và LMP đến các chỉ tiêu cảm quan được khảo sát

HMP - LMP	Ngoại quan	Kết cấu	Màu sắc	Mùi	Vị	Tổng thể
0,5 - 1,5	6,77 ^a ± 0,8	6,77 ^a ± 0,65	6,61 ± 0,75	5,54 ± 1,21	6,96 ± 0,72	6,85 ^a ± 0,54
1 - 1	6,73 ^a ± 0,87	6,61 ^a ± 0,70	6,65 ± 0,80	5,42 ± 1,27	6,73 ± 0,67	6,61 ^a ± 0,57
1,5 - 0,5	6,38 ^a ± 0,75	5,50 ^b ± 0,76	6,53 ± 0,71	5,50 ± 1,08	6,65 ± 0,69	5,73 ^c ± 0,60
Đối chứng	6,10 ^b ± 0,09	5,46 ^b ± 0,76	6,35 ± 0,89	5,50 ± 0,90	6,69 ± 0,79	6,00 ^b ± 0,63

Trong cùng một cột, các chữ cái theo sau giá trị trung bình khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$). Mức độ yêu thích sản phẩm tỉ lệ thuận với số điểm của từng chỉ tiêu. Mẫu được đánh giá bởi 30 cảm quan viên. HMP: chế phẩm pectin thương mại có độ methoxyl cao; LMP: chế phẩm pectin thương mại có độ methoxyl thấp.



Hình 2. Hình ảnh sản phẩm ở các tỷ lệ bổ sung HMP - LMP khác nhau.

4. Kết Luận

Bổ sung pectin có ảnh hưởng đến đường cong giảm ẩm, tốc độ thoát ẩm và độ khuếch tán ẩm của các sản phẩm so với mẫu không bổ sung. Tuy nhiên, không có sự khác biệt rõ ràng về các chỉ tiêu này giữa các tỷ lệ phối trộn HMP và LMP. Sau 6 giờ sấy, tất cả các mẫu đều có hàm lượng ẩm khoảng 10% và hoạt độ nước 0,54 - 0,56. Trong khi đó, bổ sung pectin đã làm tăng lực phá vỡ của sản phẩm, làm cấu trúc sản phẩm chắc hơn, dẻo mềm được nhiều cảm quan viên yêu thích. Ngược lại, điểm cảm quan giữa các sản phẩm không có sự khác biệt nhiều về màu sắc, mùi thơm và vị. Mẫu sản phẩm có tỷ lệ bổ sung HMP - LMP là 1 - 1 cho giá trị cảm quan tốt, vị chua ngọt, dẻo mềm, màu đỏ cam, điểm yêu thích đạt 6,61/9 điểm. Trong các nghiên cứu tiếp theo tác động của việc bổ sung pectin đến sự biến đổi của các hợp chất sinh học có trong thịt quả cà phê cũng cần được xem xét thực hiện.

Lời Cam Đoan

Nhóm tác giả cam đoan không có bất kỳ mâu thuẫn giữa các thành viên.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí của Bộ Giáo Dục và Đào Tạo thông qua dự án B2024-NLS-05.

Tài liệu tham khảo (References)

Barman, M., Das, A. B., & Badwaik, L. S. (2021). Effect of xanthan gum, guar gum, and pectin on physicochemical, color, textural, sensory, and drying characteristics of kiwi fruit leather. *Journal of Food Processing and Preservation*

45(5), e15478. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15478>.

da Silva, S. R., de Moraes, J. O., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. (2020). Recent advances in the production of fruit leathers. *Food Engineering Reviews* 12, 68-82. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09200-4>.

Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Yang, W. X., Zhang, Q., Zheng, Z. A., Wu, M., & Xiao, H. W. (2020). Hot air impingement drying kinetics and quality attributes of orange peel. *Journal of Food Processing and Preservation* 44(1), e14294. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14294>.

Diamante, L. M., Li, S., Xu, Q., & Busch, J. (2013). Effects of apple juice concentrate, blackcurrant concentrate and pectin levels on selected qualities of apple-blackcurrant fruit leather. *Foods* 2(3), 430-443. <https://doi.org/10.3390/foods2030Ben>.

dos Santos, É. M., de Macedo, L. M., Tundisi, L. L., Ataíde, J. A., Camargo, G. A., & Alves, R. C. (2021). Coffee by-products in topical formulations: A review. *Trends in Food Science and Technology* 111, 280-291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.064>.

Gujral, S. H., & Brar, S. S. (2003). Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather. *International Journal of Food Properties* 6(2), 269-279. <https://doi.org/10.1081/JFP-120017846>.

Gil-Gómez, J. A., Florez-Pardo, L. M., & Leguizamón-Vargas, Y. C. (2024). Valorization of coffee by-products in the industry, a vision towards circular economy. *Discover Applied Sciences* 6(9), 480.

Ha, D. T. (2010). Sensory method. In Ha, D. T. (Ed.), *Food sensory analysis techniques* (59-96). Ho Chi Minh City, Vietnam: Science and Technology Publishing House.

Hnin, K. K., Zhang, M., Mujumdar, A. S., & Zhu, Y. (2019). Emerging food drying technologies with

- energy-saving characteristics: A review. *Drying Technology* 37(12), 1465-1480. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1510417>.
- Hu, S., Gil-Ramírez, A., Martín-Trueba, M., Benítez, V., Aguilera, Y., & Martín-Cabrejas, M. A. (2023). Valorization of coffee pulp as bioactive food ingredient by sustainable extraction methodologies. *Current Research in Food Science* 6, 100475. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100475>.
- Kopjar, M., Piližota, V., Tiban, N. N., Šubarić, D., Babić, J., & Ačkar, D. (2009). Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. *Czech Journal of Food Sciences* 27(1), 20 - 28. <http://dx.doi.org/10.17221/95/2008-CJFS>.
- Said, N. S., Olawuyi, I. F., & Lee, W. Y. (2023). Pectin hydrogels: Gel-forming behaviors, mechanisms, and food applications. *Gels* 9(9), 732. <http://dx.doi.org/10.3390/gels9090732>.
- Zhao, L., Liu, Y., Zhao, L., & Wang, Y. (2022). Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. *Journal of Agriculture and Food Research* 9, 100340. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100340>.