

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.HCM
Khu phố 6, Phường Linh Trung, TP. Thủ Đức, TP.HCM
Điện thoại: (028)37245670
Email: jad@hcmuaf.edu.vn

MỤC LỤC (CONTENT)

Nông học, Lâm nghiệp (Agronomy and Forestry Sciences)

- 1 Efficacy of bokashi-composting methods and quality assessment of organic fertilizers on spinach (*Spinacia oleracea* L.)
Binh T. Nguyen, Tien D. Tran, Nghi T. H. Nguyen, Truong Q. Pham, Phuc T. Diep, Thao T. Mai, & Binh T. Nguyen

Nghiên cứu phương pháp ủ bokashi, compost và đánh giá chất lượng phân bón hữu cơ trên cải bó xôi (*Spinacia oleracea* L.)

Nguyễn Thái Bình, Trần Dương Tiến, Nguyễn Thị Hồng Nghi, Phạm Quốc Trường, Diệp Trọng Phúc, Mai Thị Thảo & Nguyễn Thanh Bình

- 12 Evaluation of some physical and mechanical properties of *Acacia hybrid* BV10 planted in Quy Chau, Nghe An
Doan Van-Duong, Hoa T. T. Vu, Hien T. Ngo, & Tu V. Cao

Đánh giá một số tính chất vật lý và cơ học chủ yếu của gỗ Keo lai (*Acacia hybrid*) BV10 trồng tại huyện Quỳnh Châu, tỉnh Nghệ An

Dương Văn Đoàn, Vũ Thị Thanh Hòa, Ngô Thị Hiền & Cao Văn Tư

- 22 Developing production models and analyzing timber production variation of *Acacia hybrid* plantations on different sites in Dong Nai province
Them V. Nguyen

Xây dựng các hàm sản lượng và phân tích biến động sản lượng gỗ của rừng Keo lai (*Acacia hybrid*) theo những lập địa khác nhau tại tỉnh Đồng Nai

Nguyễn Văn Thêm

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

- 36 Assessment of biomass culturing effectiveness of *Artemia* in tarpaulin tank in Ho Chi Minh City
Hang T. T. Truong, Lai H. Lam, & Binh T.T. Vo

Đánh giá hiệu quả nuôi *Artemia* sinh khối trong bể lót bạt tại Thành phố Hồ Chí Minh

Trương Thị Thúy Hằng, Lâm Hoàng Lai & Võ Thị Thanh Bình

Công nghệ sinh học (Biotechnology)

- 47 Structure, function, and potential application of F18 in vaccine development
Uy H. G. Vu, Trang T. X. Le, & Hieu Tran-Van

Cấu trúc, chức năng và tiềm năng ứng dụng của F18 trong phát triển vắc-xin

Vũ Hoàng Gia Uy, Lê Thị Xuân Trang & Trần Văn Hiếu

Môi trường và Tài nguyên (Environmental and Natural Resources)

- 57 Impact of cultivation conditions on biomass yield and lipid content of *Scenedesmus obliquus*
Huong T. G. Thach, Hong T. Tran, Anh T. V. Nguyen, & Khang V. Huynh

Ảnh hưởng của điều kiện nuôi cấy đến khả năng sinh trưởng và tích lũy lipid của vi tảo
Scenedesmus obliquus

Thạch Thị Giang Hương, Trần Thị Hồng, Nguyễn Thị Vân Anh & Huỳnh Vĩnh Khang

Efficacy of bokashi-composting methods and quality assessment of organic fertilizers on spinach (*Spinacia oleracea* L.)

Binh T. Nguyen, Tien D. Tran, Nghi T. H. Nguyen, Truong Q. Pham,
Phuc T. Diep¹, Thao T. Mai, & Binh T. Nguyen*

Faculty of Agronomy, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: May 17, 2023

Revised: June 25, 2023

Accepted: July 11, 2023

Keywords

Bokashi

Compost

Corn stalk

Organic

Watercress

*Corresponding author

Nguyen Thanh Binh

Email:

binh.ngthanh@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Raw materials of corn stalk and Japanese watercress at four volumetric ratios of 4:1, 3:1, 2:1, 1:2 were composted for 40 days using compost (PP compost) and bokashi (PP bokashi) methods. The quality of organic fertilizer products as solid (R_{Comp}) and liquid (L_{Comp} & L_{Boka}) was analyzed for physico-chemical properties and initially evaluated for spinach (*Spinacia oleracea* L.) in a pot study. The single-factor experiment was arranged in a completely randomized design with seven treatments and three replications. The treatments differed in application rates, types and dilution of liquid organic fertilizers. The PP compost had a thermophilic phase ($t > 40^{\circ}\text{C}$) lasting for 15 days, which was three times longer than the PP bokashi. Accordingly, R_{Comp} (2:1) had a high EC (electrical conductivity) value (3.8 mS/cm) and organic matter (77.7%), and macronutrient concentrations of total N, available phosphorus and potassium were 26.3 g/kg, 13.6 g P_2O_5 /kg and 63.0 g K_2O /kg, respectively. Total aerobic plate counts in L_{Comp} (2:1) reached 2.5×10^7 CFU/mL. Meanwhile, L_{Boka} (1:2) had an EC value of 19.8 mS/cm, and nutrient concentrations of total N, available phosphorus and potassium were 0.35 g N/kg, 0.09 g P_2O_5 /kg and 9.93 g K_2O /kg, respectively. Total humic and fulvic acids in L_{Boka} (1:2) reached 2,300 mg/kg. The results of the trial rate of 0.5 kg R_{Comp} /m² as a single or combined application with L_{Comp} (2:1) and L_{Boka} (1:2) at diluted concentrations of total dissolved solids (TDS) 500 ppm gave a similar performance of plant heights, number of leaves, and yields of 1,278.9 - 1,425.7 g/m², and were significantly different from those of the control treatment (526.8 g/m²).

Cited as: Nguyen, B. T., Tran, T. D., Nguyen, N. T. H., Pham, T. Q., Diep, P. T., Mai, T. T., & Nguyen, B. T. (2023). Efficacy of bokashi-composting methods and quality assessment of organic fertilizers on spinach (*Spinacia oleracea* L.). *The Journal of Agriculture and Development* 22(5), 1-11.

Nghiên cứu phương pháp ủ bokashi, compost và đánh giá chất lượng phân bón hữu cơ trên cải bó xôi (*Spinacia oleracea* L.)

Nguyễn Thái Bình, Trần Dương Tiến, Nguyễn Thị Hồng Nghi, Phạm Quốc Trường,

Diệp Trọng Phúc, Mai Thị Thảo & Nguyễn Thanh Bình*

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

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 17/05/2023

Ngày chỉnh sửa: 25/06/2023

Ngày chấp nhận: 11/07/2023

Từ khóa

Bokashi

Compost

Hữu cơ

Rau cải xoong

Thân lá bắp

*Tác giả liên hệ

Nguyễn Thanh Bình

Email:

binh.ngthanh@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Nguyên liệu thân lá bắp và rau cải xoong phối trộn theo bốn tỷ lệ 4:1, 3:1, 2:1, 1:2 (v/v) được ủ làm phân bón hữu cơ (PHC) trong thời gian 40 ngày bằng phương pháp compost (PP compost) và phương pháp bokashi (PP bokashi) nhằm (i) xác định tỷ lệ phối trộn phù hợp. Sản phẩm PHC dạng rắn (R_{Comp}) và dạng lỏng (L_{Comp} và L_{Boka}) được phân tích lý hóa tính và (ii) đánh giá sơ bộ chất lượng phân bón trên cây cải bó xôi (*Spinacia oleracea* L.) trồng chậu. Thí nghiệm đơn yếu tố được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên, gồm bảy nghiệm thức (NT) và ba lần lặp lại. Các NT khác nhau về lượng, loại phân bón và nồng độ pha loãng. Phương pháp compost có giai đoạn ưa nhiệt ($t > 40^{\circ}C$) kéo dài 15 ngày, hơn 03 lần so với PP bokashi. Theo đó, $R_{Comp}(2:1)$ có giá trị EC (electrical conductivity, 3,8 mS/cm) và hàm lượng chất hữu cơ cao 77,7%; thành phần dinh dưỡng đa lượng gồm 26,3 g N_{ts} /kg, 13,6 g P_2O_{5hh} /kg và 63,0 g K_2O_{hh} /kg; tổng số vi sinh vật hiếu khí trong mẫu $L_{Comp(2:1)}$ đạt $2,5 \times 10^7$ CFU/mL. $L_{Boka}(1:2)$ có EC 19,8 mS/cm, hàm lượng dinh dưỡng N_{ts} , P_2O_{5hh} và K_2O_{hh} lần lượt là 0,35 g/kg; 0,09 g/kg và 9,93 g/kg; tổng axit humic và axit fulvic đạt 2.300 mg/kg. Kết quả bón thử nghiệm R_{Comp} ở mức 0,5 kg/m² bón đơn hoặc bón kết hợp với hai loại dịch chiết L_{Comp} , L_{Boka} pha loãng ở nồng độ chất rắn hòa tan 500 ppm đều cho hiệu quả như nhau và làm tăng chiều cao, số lá, cho năng suất rau thu hoạch từ 1.278,9 - 1.425,7 g/m², khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng không bón (526,8 g/m²).

1. Đặt Vấn Đề

Tái sử dụng phế phụ phẩm nông nghiệp thành các sản phẩm phân hữu cơ (PHC) được xem là một trong những giải pháp bền vững trong phát triển kinh tế nông nghiệp tuần hoàn. Việt Nam có điều kiện thuận lợi về nguồn nguyên liệu để sản xuất PHC. Theo số liệu của Tổng cục Thống kê năm 2020, cả nước có trên 156,8 triệu tấn phụ

phẩm, trong đó rơm lúa chiếm khối lượng lớn (42,8 triệu tấn), thân cây bắp (10 triệu tấn), rau và quả (3,6 triệu tấn) và các loại khác (6,1 triệu tấn). Tuy nhiên, tỷ lệ thu gom và tái sử dụng phụ phẩm trên chỉ đạt khoảng 52% (GSO, 2020).

Việc xây dựng các quy trình nhằm tận dụng tối đa nguồn nguyên liệu sẵn có tại địa phương có ý nghĩa quan trọng nhằm giảm sự lệ thuộc vào

nguồn phân bón hóa học và PHC thương mại. Ủ compost được biết là một trong những phương pháp đơn giản và hiệu quả trong việc tái chế nguồn chất thải hữu cơ tạo thành các sản phẩm có giá trị như phân bón. Đây là quá trình lên men các hợp chất hữu cơ trong điều kiện hiếu khí, ngược lại, trong điều kiện yếm khí hay không khí hạn chế thì được gọi là ủ bokashi. Cả hai phương pháp trên đều tạo ra các loại sản phẩm phân bón dạng rắn hoặc lỏng có hàm lượng dinh dưỡng cao (Olle, 2021). Phân bón dạng rắn sử dụng bón lót trước khi trồng, sản phẩm có thể dùng để chiết dịch tạo phân bón dạng lỏng để tưới gốc hoặc phun qua lá. Kết quả nghiên cứu bước đầu của nhóm tác giả Phạm & Nguyễn (2022) cho thấy, sử dụng dịch trích compost và bokashi giúp tăng năng suất rau cải xoong Nhật từ 1.327,3 - 1.362,5 kg/1.000 m². Tuy nhiên với tính chất đa dạng của nguồn nguyên liệu, việc làm rõ các quy trình sản xuất và chế biến PHC để tạo ra nhiều loại sản phẩm đáp ứng tốt hơn nhu cầu sử dụng là rất cần thiết.

Mục tiêu của nghiên cứu nhằm: 1) xác định tỷ lệ phối trộn nguyên liệu phù hợp giữa thân lá bắp (TLB) và rau cải xoong (RCX) theo PP compost và PP bokashi và 2) xác định thành phần dinh dưỡng và đánh giá hiệu quả sử dụng phân bón qua bón thử nghiệm cho cải bó xôi (*Spinacia oleracea* L.) trồng chậu.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

2.1. Nguyên liệu ủ và thông tin các nghiệm thức

Nguyên liệu TLB và RCX thu thập từ Trại thực nghiệm Khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM được phối trộn theo các tỷ lệ 4:1, 3:1, 2:1, 1:2 (v/v). Theo đó, hỗn hợp được ủ bằng PP compost và PP bokashi trong thời gian 40 ngày. Tổng cộng có 16 thùng ủ (2 PP × 4 tỷ lệ × 2 LLL) được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên. Đặc điểm của nguyên liệu đơn và hỗn hợp sau phối trộn được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Đặc điểm lý-hóa của nguyên liệu đơn và hỗn hợp

Đặc điểm	TLB	RCX	TLB : RCX (v/v)			
			4:1	3:1	2:1	1:2
Dung trọng ¹ (kg/m ³)	230	460				
Độ ẩm (%)	65 - 70	86 - 88	70	80	80	80
pH H ₂ O (1:10)	7,57	7,26	5,35	5,40	5,31	5,42
EC (mS/cm)	2,39	1,95	1,62	1,94	1,69	2,00
NaCl (%)	0,11	0,11	0,08	0,09	0,08	0,15
N _{ts} (g/kg)	13,72	3,26				

¹Tính trên đơn vị vật liệu tươi sau xay nhuyễn.

TLB: thân lá bắp; RCX: rau cải xoong; EC: electrical conductivity; N_{ts}: nitơ tổng số.

Bảng 2. Thông tin về các nghiệm thức phân bón trong thí nghiệm

Nghiệm thức ²	R_{Comp} (g/chậu)	L_{Comp} , L_{Boka} (mL/chậu)	Tỷ lệ pha loãng	TDS sau pha loãng (ppm)	Lượng dung dịch phun qua lá (mL/chậu)	Lượng nguyên chất (kg/1.000 m ²) ¹		
						N_{ts}	P_2O_{5hh}	K_2O_{hh}
NT ₁	0	0	–	–	5.000	0	0	0
NT ₂	210	0	–	–	5.000	10,77	5,55	25,82
NT ₃	420	0	–	–	5.000	21,54	11,10	51,64
NT ₄	210	2.500	1:2	500	5.000	11,39	5,55	32,25
NT ₅	210	5.000	1:1	1.000	5.000	12,01	5,55	38,68
NT ₆	210	250	1:20	500	5.000	10,98	5,61	31,73
NT ₇	210	500	1:10	1.000	5.000	11,19	5,66	37,64

¹Lượng P_2O_{5hh} chứa bao gồm phần bổ sung từ L_{Comp} .

²NT₁: đối chứng không bón; NT₂ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + nước lã; NT₃ = 1,0 kg R_{Comp}/m^2 + nước lã; NT₄ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + $L_{Comp500ppm}$; NT₅ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + $L_{Comp1000ppm}$; NT₆ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + $L_{Boka500ppm}$; và NT₇ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + $L_{Boka1000ppm}$.

TDS: Tổng số chất rắn.

Từ thí nghiệm ủ phân bón chọn ra tỷ lệ phối trộn nguyên liệu phù hợp theo từng phương pháp dựa trên sản phẩm cho kết quả EC cao hơn, sau đó mẫu gộp được phân tích một số thành phần dinh dưỡng chính. Sản phẩm thu được từ PP compost gồm: phân bón dạng rắn (R_{Comp}) và phân bón dạng lỏng (L_{Comp}) - sản phẩm được chiết từ R_{Comp} bằng nước sạch (tỷ lệ chiết 1:20, w/v) sau thời gian 24 giờ. Sản phẩm thu được từ PP bokashi là dịch bokashi (L_{Boka}). Các mẫu R_{Comp} và L_{Comp} , L_{Boka} lần lượt được sử dụng để bón qua rễ và phun qua lá cải bó xôi trồng chậu. Kích thước chậu gỗ dài 70 cm × rộng 60 cm × cao 20 cm chứa 57 kg giá thể cát sạch và lượng phân bón chia theo từng NT. Thí nghiệm đơn yếu tố được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên gồm bảy NT và ba lần lặp lại. Các NT khác nhau về loại, lượng phân bón và nồng độ pha loãng, trong đó: NT₁ = đối chứng không bón; NT₂ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + phun nước lã; NT₃ = 1,0 kg R_{Comp}/m^2 + phun nước lã; NT₄ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + phun $L_{Comp500ppm}$; NT₅ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + phun $L_{Comp1000ppm}$; NT₆ =

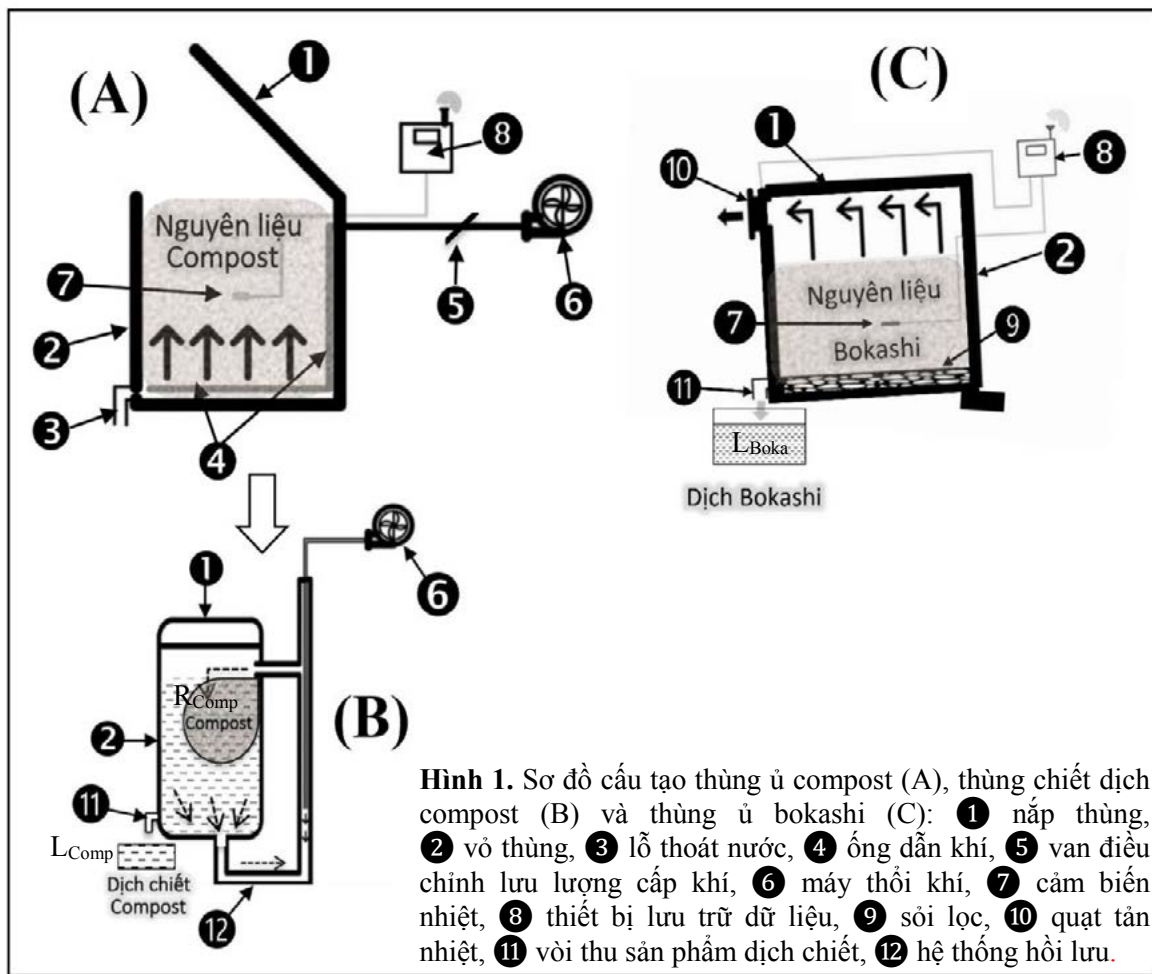
0,5 kg R_{Comp}/m^2 + phun $L_{Boka500ppm}$; và NT₇ = 0,5 kg R_{Comp}/m^2 + phun $L_{Boka1000ppm}$. Toàn bộ lượng R_{Comp} được lót ở lớp giá thể từ 0 - 5 cm; lượng L_{Comp} và L_{Boka} pha loãng ở hai nồng độ có tổng chất rắn hòa tan (TDS) là 500 ppm và 1.000 ppm. Dung dịch sau pha loãng chia thành 05 lượt bón qua lá tại các thời điểm 15, 22, 29, 36 và 43 ngày sau gieo (NSG). Thông tin về các nghiệm thức phân bón trong thí nghiệm được tổng hợp trong Bảng 2.

2.2. Phương tiện ủ phân bón

Thùng ủ compost (A) cấu tạo dạng thường mở, kích thước dài 42 cm × rộng 43 cm × cao 52 cm, được cấp khí từ đáy với lượng 6,3 L/phút/kg nguyên liệu tươi. Thùng B dùng để chiết dịch compost từ thùng A cấu tạo bằng nhựa PE thể tích 30 L có thiết kế ống hồi lưu, qua đó dịch trích được tuần hoàn trong hệ thống.

Thùng ủ bokashi (C) có cấu tạo dạng thường đóng, thể tích như thùng A, được trang bị quạt tản nhiệt. Phần đáy được lót lớp sỏi dày 5 cm để lọc thô phần dịch chiết. Tất cả thùng A và C đều được gắn cảm biến nhiệt DS18B20 để thu thập

dữ liệu nhiệt độ ở giữa vùng chứa nguyên liệu cũng như kết nối với bộ điều khiển đóng ngắt relay. Sơ đồ cấu tạo thùng A, B và C được mô tả chi tiết trong Hình 1.



2.3. Chỉ tiêu theo dõi và phân tích

Đối với phân bón, nhiệt độ phân ủ được thu thập hằng ngày. Phân bón dạng lỏng được phân tích các chỉ tiêu pH (TCVN 13263-9:2020), EC, độ mặn NaCl (thiết bị chuyên dụng), N_{is} (TCVN 8557:2010), P_2O_{5hh} (TCVN 8559:2010), K_2O_{hh} (TCVN 8560:2010), tổng axit humic và axit fulvic (TCVN 8561:2010), tổng số vi sinh vật hiếu khí (ISO 4833-1:2013/Amd 1:2022), phân

bón dạng rắn phân tích hàm lượng chất hữu cơ (TCVN 9294:2012) và tỷ lệ C/N, P_2O_{5hh} và K_2O_{hh} .

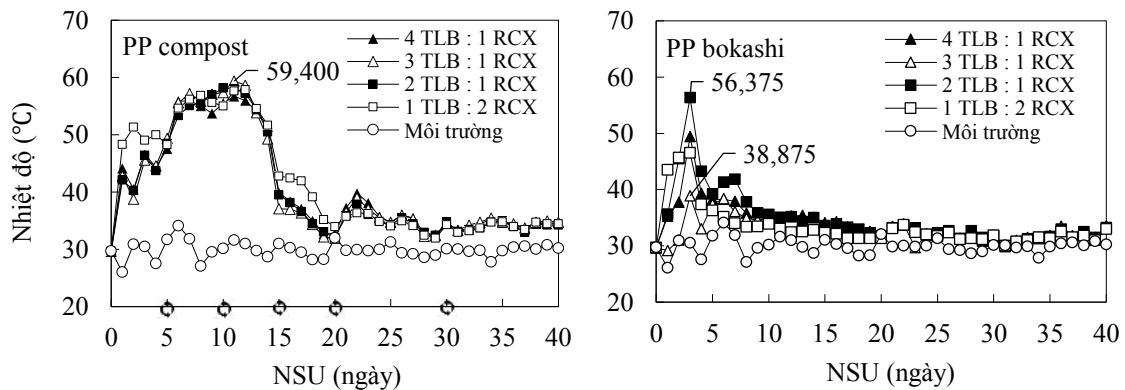
Đối với cây trồng, mỗi ô cơ sở chọn ngẫu nhiên 07 cây để theo dõi các chỉ tiêu về chiều cao cây, số lá, năng suất lý thuyết (NSLT), năng suất thực thu (NSTT) và bội thu năng suất (BTNS) theo các phương pháp tiêu chuẩn. Số liệu được phân tích ANOVA, xử lý thống kê và trắc nghiệm phân hạng LSD bằng phần mềm R 4.1.3.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Diễn biến nhiệt độ phân ủ

Nhiệt độ môi trường dao động từ 26 - 34°C trong thời gian thực hiện thí nghiệm. Ở PP compost, ngoại trừ tỷ lệ 1 TLB: 2 RCX có mức gia tăng nhiệt độ cao hơn ở giai đoạn 0 - 5 NSU, các NT còn lại có diễn biến nhiệt độ tương tự nhau: đều tăng nhiệt độ sau khi ủ, đạt cao nhất ở 59,4°C

(11 NSU), sau đó giảm dần đến 20 NSU trước khi cân bằng với nhiệt độ môi trường. Ở PP bokashi, diễn biến nhiệt độ trong 5 ngày đầu có sự chênh lệch rõ hơn giữa các tỷ lệ phối trộn, trong đó mức nhiệt cao nhất vào ngày thứ 3 ở tỷ lệ 2:1 (56,4°C) và thấp nhất ở tỷ lệ 3:1 (38,9°C). Mức chênh lệch nhiệt độ được thu hẹp từ 07 NSU nhờ hoạt động của hệ thống tản nhiệt (Hình 2).

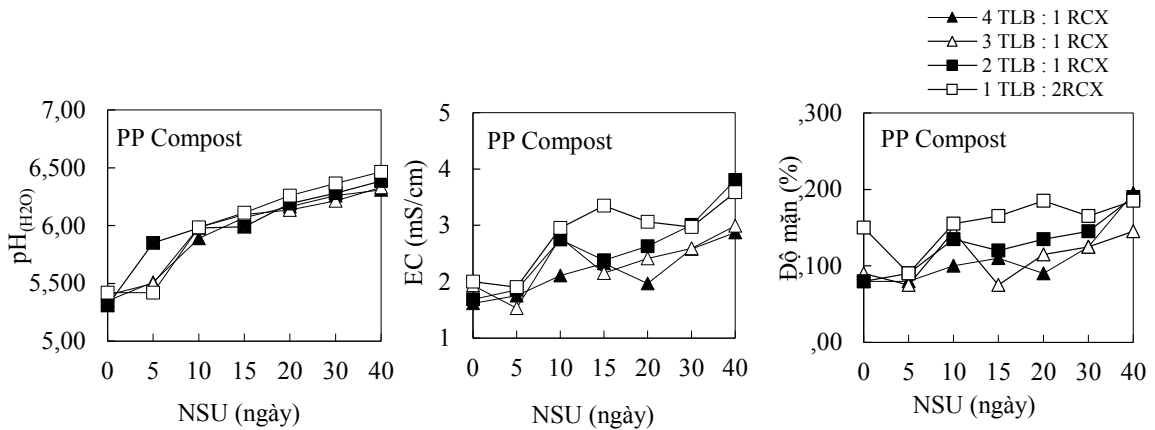


Hình 2. Diễn biến nhiệt độ phân ủ theo PP compost và bokashi; ◯: ngày đảo trộn, NSU: ngày sau ủ; TLB: thân lá bắp; RCX: rau cải xoong.

Nhìn chung, PP compost có giai đoạn ưa nhiệt *thermophilic* ($t > 40^{\circ}\text{C}$) kéo dài trong 15 ngày gấp 03 lần so với PP bokashi. Burge & ctv. (1978) cho rằng, nhiệt độ ủ compost trong hệ thống cần được duy trì ở mức tối thiểu 55°C trong khoảng thời gian ít nhất ba ngày liên tục nhằm hạn chế mầm bệnh và cỏ dại trong nguồn nguyên liệu. Ngược lại, nhiệt độ gia tăng ở PP bokashi cần được khống chế và rút ngắn nhằm tối ưu hóa năng suất thu hồi sản phẩm (Faozi & ctv., 2018).

3.2. Diễn biến pH, EC và độ mặn

Kết quả diễn biến pH ở PP compost cho thấy đều có mức độ gia tăng tương tự nhau trong quá trình ủ (Hình 3). Tuy nhiên, EC và độ mặn được ghi nhận cao hơn ở tỷ lệ 2:1 và 1:2, nhưng nhìn chung sự chênh lệch là không đáng kể, đa phần tăng ở cuối tiến trình ủ so với thời điểm ban đầu. Chỉ số EC tăng cho thấy mức độ phân hủy của các hợp chất hữu cơ tạo ra muối và khoáng được tham khảo để chọn ra sản phẩm sử dụng trong thí nghiệm sau. Thứ tự sắp xếp theo chiều giảm dần chỉ số EC trong phân ủ lần lượt là 2 TLB: 1 RCX \geq 1 TLB : 2 RCX $>$ > 3 TLB: 1 RCX \geq 4 TLB: 1 RCX.



Hình 3. Diễn biến pH, EC (electrical conductivity) và độ ẩm của phân ủ compost. TLB: thân lá bắp; RCX: rau cải xoong.

3.3. Nguyên liệu đầu vào và đầu ra sản phẩm

Thống kê nguyên liệu đầu vào và đầu ra sản phẩm cung cấp nhiều thông tin trong quy trình sản xuất và chế biến phân bón. Kết quả Bảng 3 cho thấy với cùng một thể tích thùng ủ (94 L), PP compost có thể nạp từ 22,1 - 30,6 kg nguyên liệu tươi, thấp hơn ở tỷ lệ 4:1 và cao hơn ở tỷ lệ 1:2 do sự chênh lệch về

đặc tính nguyên liệu tươi ban đầu (Bảng 1). Sản phẩm R_{Comp} thu được từ 2,4 - 3,6 kg, thấp nhất ở tỷ lệ 2:1 và cao nhất ở tỷ lệ 1:2. Với lượng sản phẩm R_{Comp} như trên, thể tích phân dịch trích L_{Comp} đạt năng suất từ 48 - 72 L. Như vậy ở hầu hết các tỷ lệ phối trộn, khối lượng sản phẩm phân bón dạng rắn đều giảm 1/10 so với nguyên liệu đầu vào với tỷ lệ thu hồi từ 9,8 - 11,8%.

Bảng 3. Khối lượng đầu vào, đầu ra, lượng nước bổ sung và tỷ lệ thu hồi sản phẩm

Thông số	PP compost				PP bokashi			
	4:1	3:1	2:1	1:2	4:1	3:1	2:1	1:2
Nguyên liệu đầu vào¹								
TLB _{-in} (kg)	14,7	13,8	12,3	6,1	7,4	6,9	6,1	3,0
RCX _{-in} (kg)	7,4	9,2	12,3	24,5	3,7	4,6	6,1	12,2
Σ _{TLB+RCX} (kg)	22,1	23,0	24,6	30,6	11,1	11,5	12,2	15,2
H ₂ O _{-in} (L)	3,2	2,7	2,4	2,0	13,4	13,7	13,8	12,2
Sản phẩm đầu ra¹								
R _{Comp-out} (kg)	2,5	2,6	2,4	3,6				
	[11,3%]	[11,3%]	[9,8%]	[11,8%]				
L _{Comp-out} (L)	50	52	48	72				
L _{Boka-out} (L)					0,7	0,6	2,0	1,2
					[5,2%]	[4,4%]	[14,5%]	[9,8%]

¹Tính trên đơn vị vật liệu tươi sau xay nhuyễn; giá trị trong [] là tỷ lệ % thu hồi sản phẩm tính trên tổng khối lượng nguyên liệu đầu vào (PP compost) hoặc tổng lượng nước bổ sung (PP bokashi).

TLB: thân lá bắp; RCX: rau cải xoong; H₂O: nước sạch.

Đối với PP bokashi, hỗn hợp nguyên liệu cần được nén chặt nhằm giảm thể tích phần rỗng, do đó đã hạn chế lượng nạp liệu ít hơn khoảng $\frac{1}{2}$ so với các thùng compost ở cùng tỷ lệ phối trộn. Trong PP bokashi, lượng nước sử dụng trong toàn bộ quy trình là 12,2 - 13,4 L, nhiều hơn từ 4 - 6 lần so với PP compost. Tuy nhiên, sản phẩm L_{Boka} thu được chỉ từ 0,6 - 2,0 L, thấp nhất ở tỷ lệ 3:1 và cao nhất ở tỷ lệ 2:1, tỷ lệ thu hồi đạt từ 4,4 - 14,5% (Bảng 3).

3.4. Thành phần dinh dưỡng của sản phẩm phân bón

Bảng 4 cho thấy các sản phẩm R_{Comp} có pH(H_2O) từ 6,3 - 6,5; độ ẩm từ 18 - 24% (số liệu không thể hiện qua bảng), EC từ 2,9 - 3,8 (mS/cm), chất hữu cơ từ 77,7 - 85,6 (%) và tỷ lệ C/N từ 13,2 - 15,6. Hàm lượng N_{ts} của R_{Comp} cao hơn ở công thức có tỷ lệ TLB nhiều hơn, kết quả này phù hợp với hàm lượng N_{ts} của nguyên liệu đầu vào (Bảng 1).

Bảng 4. Thành phần dinh dưỡng và chỉ tiêu chất lượng phân bón trong sản phẩm

Sản phẩm	pH(H_2O)	EC (mS/cm)	OM (%)	N_{ts} (g/kg)	Tỷ lệ C/N	P_2O_{5hh} (g/kg)	K_2O_{hh} (g/kg)	Tổng số vi sinh vật hiếu khí (CFU/mL)	Tổng axit humic và axit fulvic (mg/kg)
R_{Comp}									
4:1	6,3	2,9	82,1	28,3	13,2				
3:1	6,3	3,0	85,6	28,2	13,8				
2:1	6,4	3,8	77,7	26,3	13,4	13,6	63,0		
1:2	6,5	3,6	77,9	22,6	15,6				
L_{Comp} (2:1)	7,7	2,1		0,10			1,08	$2,5 \times 10^7$	
L_{Boka}									
4:1	7,6	13,4							
3:1	7,5	12,1							
2:1	7,4	17,5							
1:2	7,9	19,8		0,35		0,09	9,93		2.300

EC: electrical conductivity; OM: organic matter; N_{ts} : nitơ tổng.

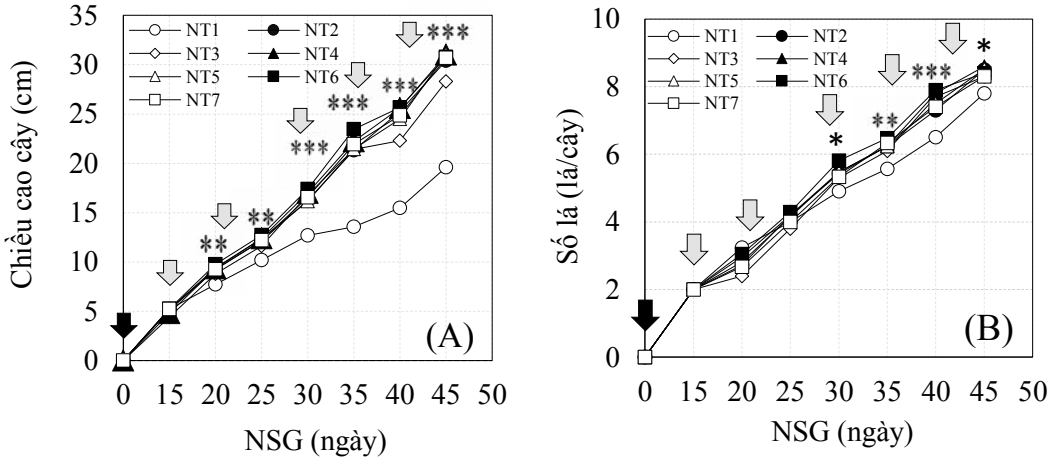
Sản phẩm R_{Comp} (2:1) có giá trị EC cao nhất (3,8 mS/cm), hàm lượng dinh dưỡng gồm 26,3 g N_{ts} /kg, 13,6 g P_2O_{5hh} /kg và 63,0 g K_2O_{hh} /kg. Tổng số vi sinh vật hiếu khí trong mẫu L_{Comp} (2:1) đạt $2,5 \times 10^7$ CFU/mL. Kết quả đo pH(H_2O) và EC của mẫu dịch chiết L_{Comp} (2:1) lần lượt là 7,7 và 2,1 (mS/cm). PP bokashi tạo ra các loại sản phẩm L_{Boka} dạng lỏng có pH(H_2O) từ 7,4 - 7,9; EC từ

12,1 - 19,8 (mS/cm), cao hơn từ 4 - 6 lần so với các sản phẩm R_{Comp} và từ 6 - 9 lần so với L_{Comp} . Kết quả phân tích hàm lượng dinh dưỡng N_{ts} , P_2O_{5hh} và K_2O_{hh} trong mẫu L_{Boka} (1:2) lần lượt là 0,35 g/kg; 0,09 g/kg và 9,93 g/kg, tổng axit humic và axit fulvic đạt 2.300 mg/kg (Bảng 4).

Từ các kết quả phân tích trên, tham chiếu quy chuẩn kỹ thuật quốc gia (QCVN 01-189:2019/BNNPTNT) quy định đối với PHC truyền thống,

các mẫu R_{Comp} , L_{Comp} và L_{Boka} đáp ứng hầu hết các chỉ tiêu chất lượng để sử dụng bón gốc và bổ sung dinh dưỡng qua lá cho cây trồng.

3.5. Ảnh hưởng của phân bón đến chiều cao và số lá



Hình 4. Chiều cao cây (A) và số lá (B) ở các nghiệm thức; ký hiệu *, ** và *** chỉ sự khác biệt ý nghĩa ở xác suất $P < 0,05, 0,01$ & $0,001$; NSG: ngày sau gieo, mũi tên ↓ chỉ thời điểm bón lót R_{Comp} và mũi tên ↓ chỉ thời điểm bón thúc L_{Comp} hoặc L_{Boka} .

Kết quả Hình 4 cho thấy chiều cao cây và số lá đều có sự tăng trưởng ổn định trong suốt thời gian theo dõi, theo đó các NT khác biệt rõ hơn từ 30 NSG. Kết quả thống kê cho thấy tại 45 NSG, chiều cao cây ở các nghiệm thức từ NT_4 - NT_7 đạt cao nhất (30,6 - 31,0 cm), khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với NT_2 (30,3 cm), tuy nhiên khác biệt rất ý nghĩa thống kê ($P < 0,001$) so với NT_1 (19,5 cm) và NT_3 (28,3 cm). Kết quả tương tự đối với chỉ tiêu số lá.

3.6. Ảnh hưởng của phân bón đến NSLT, NSTT và BTNS

Bón thử nghiệm cho cây trồng là bước cần thiết nhằm đánh giá sơ bộ chất lượng của phân bón. Kết quả Bảng 5 cho thấy NSLT và NSTT thấp nhất ở NT_1 , cao nhất ở NT_4 . Thứ tự sắp xếp theo chiều giảm dần của NSTT là: $NT_4 \geq NT_6 \geq NT_2 = NT_5 \geq NT_7 = NT_3 \geq NT_1$.

Bảng 5. Năng suất lý thuyết (NSLT), năng suất thực thu (NSTT) và bội thu năng suất (BTNS)

Nghiệm thức	NSLT (g/m ²)	NSTT (g/m ²)	BTNS (%)
NT ₁ (đối chứng không bón)	591,8 ^b	526,8 ^b	–
NT ₂ (0,5 kg R _{Comp} /m ² + nước lã)	1591,3 ^{ab}	1278,9 ^a	143
NT ₃ (1,0 kg R _{Comp} /m ² + nước lã)	1525,8 ^{ab}	1034,4 ^{ab}	96
NT ₄ (0,5 kg R _{Comp} /m ² + L _{Comp500ppm})	1832,2 ^a	1425,7 ^a	171
NT ₅ (0,5 kg R _{Comp} /m ² + L _{Comp1000ppm})	1626,7 ^{ab}	1276,9 ^a	142
NT ₆ (0,5 kg R _{Comp} /m ² + L _{Boka500ppm})	1492,6 ^{ab}	1310,8 ^a	149
NT ₇ (0,5 kg R _{Comp} /m ² + L _{Boka1000ppm})	1457,2 ^{ab}	1102,5 ^{ab}	109
CV (%)	24,9	21,6	
F _{tính}	3,6*	4,5**	

^{a-b}Các giá trị trung bình trong cùng một cột theo sau bởi cùng một ký tự không khác biệt thống kê theo trắc nghiệm phân hạng LSD ở xác suất $P > 0,05$: ns, * và ** lần lượt chỉ sự khác biệt có ý nghĩa, khác biệt lần lượt ở mức 0,05 và 0,01.

Như vậy, có thể thấy ở tất cả các NT có sử dụng PHC đều mang lại hiệu quả về BTNS cao hơn so với đối chứng. Tuy nhiên với lượng bón R_{Comp} ở mức 0,5 kg/m², bón đơn hoặc bón kết hợp bổ sung với hai loại dịch chiết L_{Comp}, L_{Boka} pha loãng với nồng độ TDS 500 ppm đều cho hiệu quả như nhau và làm tăng NSLT (1492,6 - 1832,2 g/m²), NSTT (1278,9 - 1425,7 g/m²) và BTNS so với đối chứng từ 143% - 171%. Các liều lượng bón gốc và phun qua lá cao hơn (như 1,0 kg R_{Comp}/m² hoặc 0,5 kg R_{Comp}/m² + L_{Boka1000ppm}) đã làm giảm năng suất tuy nhiên mức giảm này là không có ý nghĩa thống kê (Bảng 5).

4. Kết Luận

Nghiên cứu đã xác định tỷ lệ phối trộn nguyên liệu phù hợp giữa TLB và RCX theo PP compost (tỷ lệ 2:1) hoặc PP bokashi (tỷ lệ 1:2). Kết quả phân tích cho thấy sản phẩm phân hữu cơ thu được từ PP compost có giá trị EC 3,8 mS/cm, chất hữu cơ đạt 77,7%, hàm lượng dinh dưỡng đa lượng gồm 26,3 g N_{ts}/kg, 13,6 g P₂O_{5hh}/kg và

63,0 g K₂O_{hh}/kg. Tổng số vi sinh vật hiếu khí trong mẫu L_{Comp} đạt $2,5 \times 10^7$ CFU/mL. Trong khi đó, sản phẩm dạng lỏng từ PP bokashi có EC cao (19,8 mS/cm), hàm lượng dinh dưỡng N_{ts}, P₂O_{5hh} và K₂O_{hh} lần lượt là 0,35 g/kg; 0,09 g/kg và 9,93 g/kg; tổng axit humic và axit fulvic đạt 2.300 mg/kg. Sản phẩm sau ủ có thể bón trực tiếp hoặc chiết thành phân bón dạng lỏng để bổ sung dinh dưỡng cho cây trồng. Tuy nhiên, kết quả thử nghiệm phân compost ở liều lượng 0,5 kg/m² bón đơn hoặc bón kết hợp với hai loại dịch chiết pha loãng với nồng độ TDS 500 ppm đều cho hiệu quả như nhau và làm tăng chiều cao, số lá, cho năng suất rau thu hoạch từ 1310,8 - 1425,7 g/m², bội thu năng suất tăng từ 148,8 - 170,6% so với đối chứng không bón.

Nghiên cứu đã đề xuất hai phương pháp ủ phân bón hữu cơ nhằm tận dụng nguồn nguyên liệu và đa dạng hóa các sản phẩm hữu cơ phục vụ trồng trọt. Liều lượng bón lót compost và nồng độ phun dịch trích cần được tiếp tục nghiên cứu trước khi khuyến cáo sử dụng trên diện rộng.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và chưa từng được công bố trong bất kỳ nghiên cứu nào khác.

Lời Cảm Ơn

Nghiên cứu được tài trợ kinh phí từ nhiệm vụ KH&CN của Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh (mã số CS-SV22-NH-01).

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Burge, W. D., Cramer, W. N., & Epstein, E. (1978). Destruction of pathogens in sewage sludge by composting. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers* 21(3), 0510-0514.
- Faozi, K., Yudono, P., Indradewa, D., & Maas, A. (2018). Banana stem bokashi and its effect to increase soybean yield (*Glycine max* L. Merrill) in coastal sands area. *Agrotechnology* 7(2), 1000184. <https://doi.org/10.4172/2168-9881.1000184>.
- GSO (General Statistics Office). (2020). *The statistical yearbook of Vietnam 2020*. Ha Noi, Vietnam: Statistical Publishing House.
- Olle, M. (2021). Bokashi technology as a promising technology for crop production in Europe. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 96(2), 145-152. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1810140>.
- Pham, T. T. H., & Nguyen, B. T. (2022). Effects of bokashi and compost extracts on yield of Japanese watercress (*Nasturtium officinale*). *SAE Conference: The 4th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment - Innovative Approaches in Agriculture in Adapting to Climate Change* (55). Ho Chi Minh City, Vietnam: Nong Lam University.

Evaluation of some physical and mechanical properties of *Acacia hybrid* BV10 planted in Quy Chau, Nghe An

Doan Van-Duong^{1*}, Hoa T. T. Vu¹, Hien T. Ngo¹, & Tu V. Cao²

¹Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry, Thai Nguyen, Vietnam

²Quy Chau Administration of Forestry, Nghe An, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: June 06, 2023

Revised: August 28, 2023

Accepted: August 29, 2023

Keywords

Acacia hybrid BV10

Air-dry density

MOE

MOR

Stress wave velocity

*Corresponding author

Duong Van Doan

Email:

duongvandoan@tuaf.edu.vn

ABSTRACT

This study aimed to evaluate some major physical and mechanical properties of 7 year old *Acacia hybrid* BV10 planted in Quy Chau district, Nghe An province. Small specimens with dimensions of 20 (Radial) × 20 (Tangential) × 320 (Longitudinal) mm³ were cut near the pith and near the bark at breast height from each sample tree, then placed in a standard laboratory setting until their weights reached a constant value. The resulting mean air-dry density (AD), stress wave velocity (SWV), static modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) were 0.53 g/cm³, 4,241 m/s, 10.00 GPa, and 82.17 MPa, respectively. Statistical analysis showed that SWV and these wood properties examined near the bark were always higher than those values measured near the pith. Stress wave technology can be used to predict MOE and MOR; however, AD is still a more reliable indicator for predicting mechanical properties since it showed a strong correlation with MOE ($r = 0.86$; $P < 0.001$) and MOR ($r = 0.80$; $P < 0.001$).

Cited as: Van-Duong, D., Vu, H. T. T., Ngo, H. T., & Cao, T. V. (2023). Evaluation of some physical and mechanical properties of *Acacia hybrid* BV10 planted in Quy Chau, Nghe An. *The Journal of Agriculture and Development* 22(5), 12-21.

Đánh giá một số tính chất vật lý và cơ học chủ yếu của gỗ Keo lai (*Acacia hybrid*) BV10 trồng tại huyện Quỳnh Châu, tỉnh Nghệ An

Dương Văn Đoàn^{1*}, Vũ Thị Thanh Hòa¹, Ngô Thị Hiền¹ & Cao Văn Tu²

¹Trường Đại Học Nông Lâm, Đại Học Thái Nguyên, Thái Nguyên

²Hạt Kiểm Lâm Huyện Quỳnh Châu, Nghệ An

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 06/06/2023

Ngày chỉnh sửa: 28/08/2023

Ngày chấp nhận: 29/08/2023

Từ khóa

Keo lai BV10

Khối lượng riêng

MOE

MOR

Vận tốc sóng ứng suất

*Tác giả liên hệ

Dương Văn Đoàn

Email:

duongvandoan@tuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá một số tính chất vật lý và cơ học chủ yếu của gỗ Keo lai BV10 bảy (7) tuổi trồng tại huyện Quỳnh Châu, tỉnh Nghệ An. Các mẫu gỗ nhỏ theo tiêu chuẩn có kích thước 20 (Xuyên tâm) × 20 (Tiếp tuyến) × 320 (Dọc thớ) mm³ được cắt tại vị trí gần tâm và gần vỏ từ mỗi cây mẫu ở vị trí ngang ngực, sau đó được đặt trong phòng thí nghiệm tiêu chuẩn đến khi khối lượng đạt giá trị không đổi. Giá trị trung bình khối lượng thể tích (AD), vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV), mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền uốn tĩnh (MOR) lần lượt là 0,53 g/cm³, 4.241 m/s, 10,00 GPa, và 82,17 MPa. Phân tích thống kê chỉ ra rằng giá trị SWV và các tính chất gỗ ở vị trí gần vỏ luôn cao hơn các giá trị đó khi đo ở vị trí gần tâm. Công nghệ sóng ứng suất có thể được sử dụng để dự đoán MOE và MOR, tuy nhiên AD vẫn là một chỉ số đáng tin cậy hơn để dự đoán các tính chất cơ học khi chỉ ra hệ số tương quan rất cao với MOE và MOR lần lượt là 0,86 ($P < 0,001$) và 0,80 ($P < 0,001$).

1. Đặt Vấn Đề

Theo báo cáo của Hiệp hội gỗ và lâm sản Việt Nam (VIFOREST, 2023), năm 2022 mặc dù bị ảnh hưởng của đại dịch Covid-19 nhưng giá trị xuất khẩu gỗ và sản phẩm gỗ của Việt Nam đạt 15,67 tỷ USD, tăng 10,9% so với năm 2021. Các mặt hàng xuất khẩu chính của Việt Nam hiện nay là đồ gỗ nội thất, dăm gỗ, viên nén, ván bóc, ván sợi và ván ghép. Tăng trưởng của ngành năm 2022 đưa ra tín hiệu rõ ràng đã tăng trưởng sẽ tiếp tục được duy trì trong năm 2023 và các năm tiếp theo. Tuy nhiên, để đảm bảo tăng trưởng trở

thành bền vững, ngành cần phải giải quyết một số rủi ro, đặc biệt trong khâu gỗ nguyên liệu. Hiện nay, để đáp ứng nhu cầu sản xuất, bên cạnh việc sử dụng nguồn nguyên liệu từ gỗ rừng trồng trong nước, Việt Nam đã phải nhập khẩu nguồn nguyên liệu lớn từ nước ngoài. Để giải quyết bài toán về nguồn nguyên liệu, thì việc nghiên cứu khoa học để tạo ra được những giống mới không chỉ sinh trưởng nhanh, năng suất cao mà còn có chất lượng gỗ tốt là yêu cầu cấp thiết đối với các nhà khoa học ở Việt Nam.

Trong những năm vừa qua, đã có nhiều dòng Keo lai hay Keo lai tự nhiên (*Acacia hybrid*) được

lai tạo và công nhận là giống quốc gia và giống tiến bộ kỹ thuật cho trồng rừng (Nguyen, 2014). Trong đó, Keo lai BV10 là dòng vô tính keo lai tự nhiên số 10, do tác giả Lê Đình Khả, Hà Huy Thịnh, Nguyễn Đình Hải thuộc Viện Nghiên cứu Giống và Công nghệ sinh học Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam lai tạo (VAFS, 2000). Đặc điểm của giống BV10 ưu việt cho trồng rừng kinh tế, hiện được người dân rất ưa chuộng. Giống này có khả năng gây trồng rộng rãi trên khắp cả nước, trên nhiều dạng đất và điều kiện khí hậu khác nhau, có thể trồng trên đất đồi trọc nghèo dinh dưỡng ở miền Bắc đến đất phèn bán ngập có lên líp ở Đồng bằng sông Cửu Long, sinh trưởng tốt trong điều kiện mùa đông khô lạnh ở miền Bắc.

Cây Keo lai BV10 sinh trưởng nhanh, thân thẳng, chống chịu sâu bệnh tốt, nhanh khép tán phủ xanh đất trống đồi núi trọc trong thời gian ngắn, cây cố định đạm do đó có khả năng cải tạo đất tốt. Với năng suất hàng năm từ 15 - 35 m³/ha tùy theo dạng lập địa và hình thức thâm canh, vượt hơn từ 20 - 40% so với giống keo tai tượng nhập nội, trồng rừng bằng giống quốc gia BV10 mang lại hiệu quả kinh tế cao, rút ngắn chu kỳ kinh doanh, và sử dụng đa mục đích như làm nguyên liệu giấy và ván nhân tạo (luân kỳ 5 - 7 năm) hoặc gỗ xẻ (luân kỳ 8 - 10 năm) (VAFS, 2000). Kết hợp ưu điểm sinh trưởng nhanh, mang lại hiệu quả kinh tế cao, giống quốc gia BV10 được các hộ dân, công ty trồng rừng trong nước, công ty đa quốc gia trồng với diện tích lớn.

Tuy nhiên, các nghiên cứu về Keo lai nói chung và dòng Keo lai BV10 nói riêng chủ yếu tập trung đánh giá các chỉ tiêu sinh trưởng, chống chịu sâu bệnh (Nguyen, 2014; Duong & ctv., 2021). Hiện nay, chưa có nhiều những nghiên cứu chuyên sâu đánh giá chất lượng gỗ Keo lai, so sánh với một số loài khác hiện đang được quy hoạch chuyển đổi sang trồng rừng gỗ lớn. Đặc biệt hiện nay việc ứng dụng các công nghệ cao trong việc dự đoán chất lượng gỗ đã và đang được nghiên cứu ở nhiều loài gỗ khác nhau

(Wang & ctv., 2001; Baar & ctv., 2015), tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào được áp dụng trên đối tượng Keo lai trồng tại Việt Nam. Do đó nghiên cứu này nhằm mục tiêu chính là để đánh giá được một số tính chất vật lý và cơ học quan trọng của gỗ Keo lai BV10 trồng tại huyện Quỳnh Châu, tỉnh Nghệ An. Bên cạnh đó, công nghệ sóng ứng suất cũng được sử dụng để kiểm tra khả năng dự đoán mô đun đàn hồi uốn tĩnh và độ bền uốn tĩnh cho gỗ Keo lai BV10.

2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng trong nghiên cứu này là rừng trồng gỗ Keo lai BV10 bảy (7) tuổi trồng tại huyện Quỳnh Châu, tỉnh Nghệ An (E00549905; N02162688). Năm 2015, Lâm trường Quỳnh Châu, Nghệ An thực hiện trồng 43,29 ha Keo lai BV10 với mật độ trồng là 1.666 cây/ha (cự ly hàng cách hàng 3 m, cây cách cây 2 m). Tại địa điểm trồng thì loại đất chủ yếu là Feralits màu vàng nhạt, lượng mưa trung bình dao động từ 1.500 - 2.000 mm, nhiệt độ trung bình là 23°C. Năm 2022 chúng tôi tiến hành thu thập 5 cây mẫu có sinh trưởng tốt, thân thẳng, không có sâu bệnh, khuyết tật để thực hiện các thí nghiệm đánh giá một số tính chất vật lý và cơ học gỗ Keo lai BV10. Đường kính tại 1,3 m tính từ mặt đất được đo cho mỗi cây mẫu và sau khi chặt hạ, chiều dài của mỗi cây cũng được đo bằng thước dây từ gốc đến đỉnh sinh trưởng (chiều cao vút ngọn). Các thông tin cơ bản của cây mẫu được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Thông tin đường kính tại 1,3 m và chiều cao vút ngọn các cây mẫu Keo lai BV10

Cây	D _{1,3} (cm)	Chiều cao (m)
1	20,38	22,60
2	19,43	21,10
3	18,15	19,10
4	21,33	20,40
5	18,80	18,20

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Một khúc gỗ dài 0,5 m được cắt tại chiều cao ngang ngực của mỗi cây mẫu. Sau khi để khô, các mẫu gỗ có kích thước 20 (Xuyên tâm) × 20 (Tiếp tuyến) × 320 (Dọc thớ) mm³ được cắt tại vị trí gần tâm và gần vỏ từ mỗi khúc gỗ và được để trong phòng thí nghiệm ở nhiệt độ 20°C và độ ẩm 60% đến khi đạt được khối lượng không đổi. Tổng cộng 40 mẫu gỗ được cắt từ 5 cây mẫu (8 mẫu trên 1 khúc gỗ/cây mẫu, 4 mẫu gần tâm và 4 mẫu gần vỏ). Trong quá trình xử lý, kiểm tra có 4 mẫu chứa nhiều mắt gỗ nên bị loại bỏ.

Khối lượng riêng (AD - air-dry density) của mỗi mẫu được xác định theo phương pháp cân và đo thể tích. Thời gian truyền sóng ứng suất theo hướng dọc thớ ở mỗi mẫu được đo bằng thiết bị Fakopp (Fakopp Enterprise Bt., Hungary). Thiết bị này đo thời gian truyền sóng trong từng mẫu gỗ theo hướng dọc thớ. Tín hiệu truyền được tạo ra bằng cách sử dụng búa để tác dụng một lực vào đầu truyền. Thời gian truyền sóng sẽ được hiển thị trên thiết bị đo. Vận tốc sóng ứng suất (SWV - stress wave velocity) là tỷ số giữa chiều dài mẫu và thời gian truyền sóng ứng suất (Hình 1).



Hình 1. Một số hình ảnh trong quá trình thí nghiệm: (A) Đo chiều dài cây mẫu; (B) xẻ mẫu; (C) đo vận tốc truyền sóng ứng suất; (D) đo mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền uốn tĩnh (MOR).

Sau khi đo sóng ứng suất, giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE - modulus of elasticity) và độ bền uốn tĩnh (MOR - modulus of rupture) của mỗi mẫu gỗ được đo bằng máy thử sức bền vật liệu vạn năng INSTRON 5569/USA. Khoảng cách giữa hai gối đỡ khi đo là 240 mm với lực tác dụng vào mẫu gỗ theo chiều tiếp tuyến một giá trị vận tốc không đổi (5 mm/phút). Một số mẫu được lựa chọn ngẫu nhiên để kiểm tra độ ẩm bằng phương pháp cân - sấy. Giá trị trung bình của các mẫu được đo có độ ẩm sấp xỉ 12%.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của AD, SWV, MOE, MOR trong nghiên cứu này được tính toán bởi phần mềm R (Phiên bản 3.2.4). Phân tích t-test được sử dụng để kiểm tra liệu có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê của các thông số AD, SWV, MOE, MOR giữa vị trí gần tâm và gần vỏ. Dựa trên các dữ liệu thí nghiệm, mô hình hồi quy tuyến tính đơn giản (Linear regression analysis) được xây dựng giữa hai biến liên tục bằng phương pháp bình quân nhỏ nhất. Hệ số tương quan (Pearson) được sử dụng để đánh giá mức độ tương quan giữa hai biến sử dụng trong mỗi mô hình.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Sự biến động giá trị sóng ứng suất và các tính chất gỗ Keo lai

Bảng 2 trình bày giá trị trung bình và độ lệch chuẩn vận tốc truyền sóng ứng suất và các tính chất gỗ được đo trong nghiên cứu này. Giá trị trung bình khối lượng riêng và vận tốc truyền sóng ứng suất đo trên 5 cây mẫu Keo lai lần lượt là 0,53 g/cm³ và 4.241 m/s. Phân tích so sánh t-test đã chỉ ra có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi giá trị khối lượng riêng (AD) và vận tốc truyền sóng (SWV) đo các mẫu gỗ gần vỏ luôn cao hơn khi đo các mẫu gỗ gần tâm. Cụ thể, giá trị khối lượng riêng Keo lai BV10 tại vị trí gần vỏ và gần tâm lần lượt là 0,56 g/cm³ & 0,50 g/cm³, trong khi đó giá trị vận tốc truyền sóng ứng suất lần lượt là 4.308 và 4.119 m/s. So sánh với một số loài cây rừng trồng mọc nhanh khác thì giá trị khối lượng riêng của Keo lai BV10 trong nghiên cứu này tương đương với giá trị khối lượng riêng đo trên Keo lá tràm (Duong & ctv., 2022) và Bạch đàn (Duong & Schimleck, 2022) và cao hơn hẳn giá trị khối lượng riêng của Keo tai tượng (Duong & ctv., 2023) (Bảng 3). Trong khi đó, giá trị trung bình vận tốc truyền sóng ứng suất đo trên gỗ Keo lai ở nghiên cứu này là tương tự đo trên gỗ Keo lá tràm, Keo tai tượng và Bạch đàn (Bảng 3).

Bảng 2. Giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của vận tốc truyền sóng ứng suất và các tính chất gỗ Keo lai

Thông số	Vị trí mẫu gỗ		Trung bình cả hai vị trí
	Gần tâm	Gần vỏ	
AD (g/cm ³)	0,50 ± 0,05 ^b	0,56 ± 0,05 ^a	0,53 ± 0,06
SWV (m/s)	4119 ± 175 ^b	4308 ± 102 ^a	4241 ± 170
MOE (GPa)	8,99 ± 1,95 ^b	11,00 ± 1,53 ^a	10,00 ± 2,00
MOR (MPa)	73,83 ± 17,53 ^b	90,51 ± 11,11 ^a	82,17 ± 16,76

AD: Giá trị khối lượng riêng; SWV: Vận tốc truyền sóng ứng suất; MOE: mô đun đàn hồi uốn tĩnh; MOR: độ bền uốn tĩnh.

Bảng 3. So sánh kết quả trong nghiên cứu này với kết quả ở một số loài cây rừng trồng khác

Thông số	Keo lai	Keo lá tràm	Keo tai tượng	Bạch đàn
	7 tuổi ¹	(5 tuổi) ²	(5 tuổi) ³	(6 tuổi) ⁴
AD (g/cm ³)	0,53 ± 0,06	0,54 ± 0,04	0,47 ± 0,05	0,52 ± 0,06
SWV (m/s)	4241 ± 170	4242 ± 213	4230 ± 176	4142 ± 249
MOE (GPa)	10,00 ± 2,00	8,07 ± 1,01	7,70 ± 1,28	7,48 ± 1,36
MOR (MPa)	82,17 ± 16,76	92,12 ± 12,47	75,89 ± 15,07	72,47 ± 13,11

¹Kết quả nghiên cứu này; ²Duong & ctv., 2022; ³Duong & ctv., 2023; ⁴Duong & Schimleck (2022).

AD: Giá trị khối lượng riêng; SWV: Vận tốc truyền sóng ứng suất; MOE: mô đun đàn hồi uốn tĩnh;

MOR: độ bền uốn tĩnh.

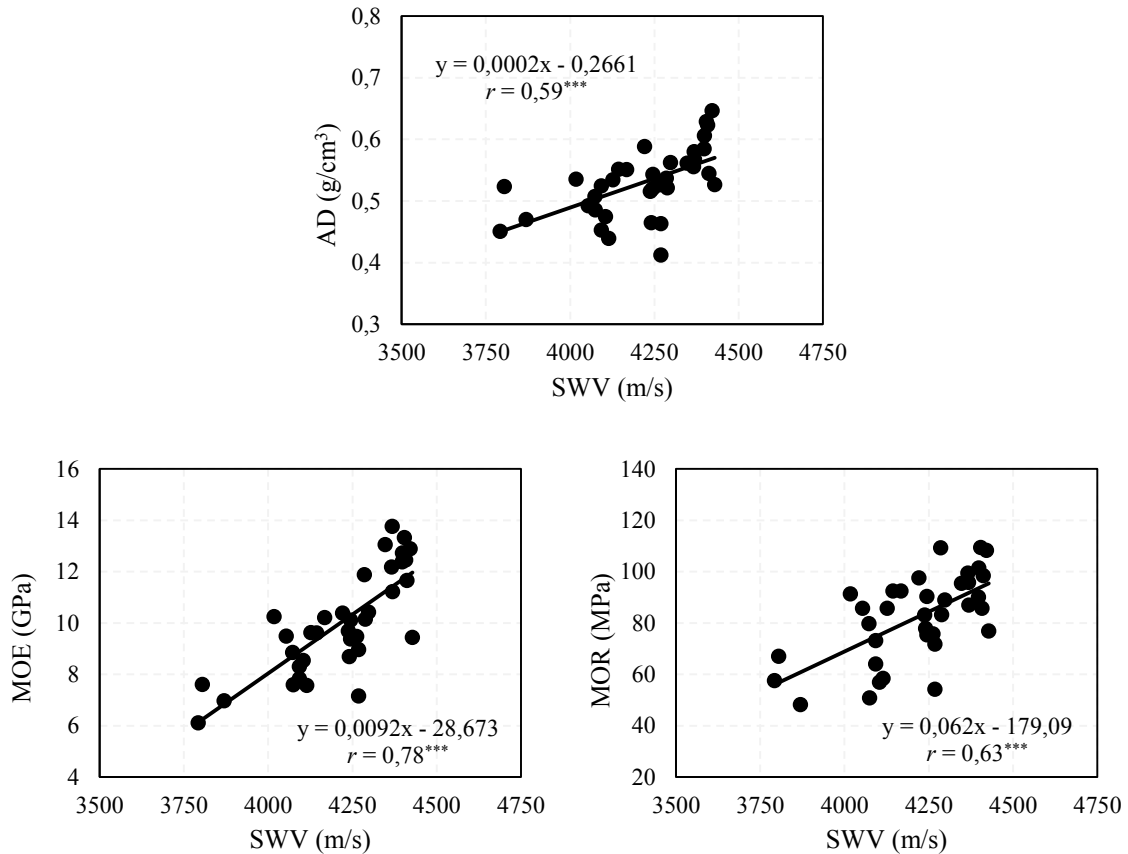
Về các tính chất cơ học, giá trị trung bình mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền uốn tĩnh (MOR) đo bằng phương pháp truyền thống lần lượt là 10,00 GPa và 82,17 MPa. Giá trị MOR của Keo lai BV10 trong nghiên cứu này là thấp hơn giá trị MOR của Keo lá tràm được báo cáo bởi Duong & ctv. (2022) nhưng cao hơn so với MOR của Keo tai tượng và Bạch đàn lần lượt được báo cáo bởi Duong & ctv. (2023) và Duong & Schimleck (2022). Giá trị MOE của Keo lai BV10 trong nghiên cứu này là cao hơn hẳn so với giá trị MOE được báo cáo trong các nghiên cứu trước đó cho Keo lá tràm, Keo tai tượng và Bạch đàn (Bảng 3). Sự khác biệt này có thể được giải thích bởi tuổi của cây mẫu Keo lai BV10 là 7 tuổi, trong khi đó tuổi của các cây mẫu Keo lá tràm, Keo tai tượng và Bạch đàn là 5 ~ 6 tuổi (Bảng 3). Tuy nhiên, sự khác nhau tính chất gỗ giữa các loài có thể được giải thích bởi nhiều các yếu tố khác như điều kiện sinh trưởng, kỹ thuật lâm sinh,...

Kết quả phân tích so sánh t-test cũng chỉ ra rằng cả giá trị MOE và MOR cùng có xu hướng tăng dần từ tâm ra vỏ (Bảng 2). Kết quả nghiên cứu này là nhất quán với các báo cáo trước đó. Chowdhury & ctv. (2012) đã chỉ ra giá trị MOE và MOR đo ở vị trí gần tâm là thấp hơn đo ở vị trí gần vỏ cho gỗ Keo lá tràm 11 tuổi trồng tại Bangladesh.

3.2. Tương quan giữa vận tốc truyền sóng ứng suất với khối lượng riêng và các tính chất cơ học

Mối liên hệ giữa vận tốc truyền sóng ứng suất với khối lượng riêng, mô đun đàn hồi uốn tĩnh và độ bền uốn tĩnh ở gỗ Keo lai được kiểm tra như ở Hình 2. Mô hình hồi quy tuyến tính được tính toán để ước tính từng giá trị AD, MOE, và MOR dựa trên biến SWV. Kết quả phân tích chỉ ra rằng SWV có tương quan rõ ràng với cả AD, MOE, & MOR. Tương quan giữa SWV và AD là trung bình với hệ số tương quan $r = 0,59$ ($P < 0,001$). Hệ số tương quan giữa vận tốc truyền sóng và khối lượng riêng được báo cáo khác nhau ở một số nghiên cứu. Ilic (2003) và Yanez & ctv. (2021) báo cáo không có tương quan được tìm thấy giữa giá trị khối lượng riêng và vận tốc truyền sóng, trong khi đó, trong khi đó Oliveira & Sales (2006) đã chỉ ra có tương quan rõ ràng giữa vận tốc sóng âm và khối lượng riêng ở một số loài gỗ nhiệt đới tại Brazil. Do đó, mối quan hệ giữa vận tốc sóng âm và khối lượng riêng có thể phụ thuộc vào loài. Hệ số tương quan giữa SWV và MOE là 0,78 ($P < 0,001$), trong khi đó hệ số tương quan giữa SWV và MOR là 0,63 ($P < 0,001$). Kết quả nghiên cứu này là phù hợp với các báo cáo về tương quan giữa SWV với MOE và MOR ở gỗ Keo tai tượng và Keo lá tràm (Bảng 3). Do đó, kết quả nghiên cứu này gợi ý rằng có

thể dùng công nghệ sóng ứng suất thông qua giá trị vận tốc truyền sóng để dự đoán MOE và MOR của gỗ Keo lai BV10 ở độ ẩm khoảng 12%.

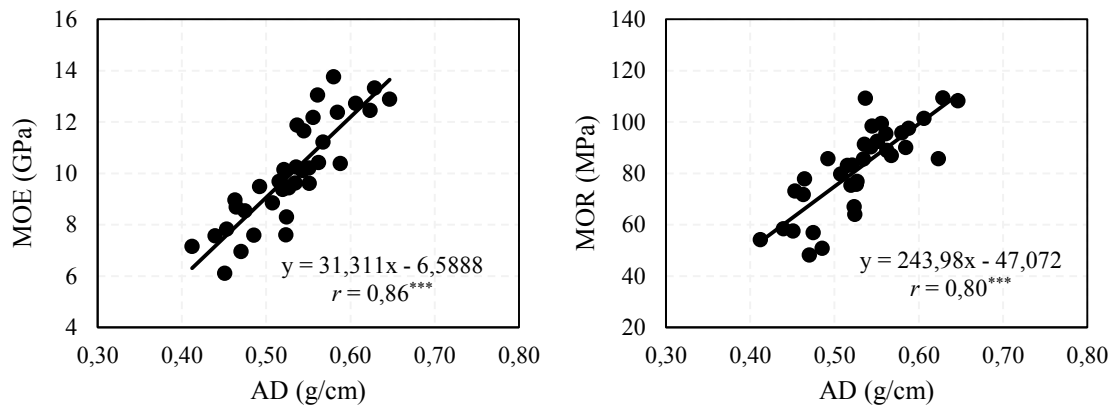


Hình 2. Tương quan giữa Vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV) với giá trị khối lượng riêng (AD), Mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và Độ bền uốn tĩnh (MOR).

3.3. Tương quan giữa khối lượng riêng và các tính chất cơ học

Khối lượng riêng là một chỉ số quan trọng vì nó thường có mối tương quan cao với các tính chất cơ học. Mô hình hồi quy tuyến tính đơn giản cũng được tính toán cho AD với MOE và AD với MOR. Tương quan giữa giá trị AD với MOE và MOR của gỗ Keo lai BV10 được thể hiện ở Hình 3. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, AD có

tương quan dương cao với cả MOE và MOR. Cụ thể, hệ số tương quan giữa AD và MOE là 0,86 ($P < 0,001$); giữa AD và MOR là 0,80 ($P < 0,001$). Hệ số tương quan của AD với MOE và MOR là cao hơn nhiều hệ số tương quan của SWV với MOE và MOR. Điều này một lần nữa chứng minh rằng khối lượng riêng là một chỉ số đáng tin cậy để dự đoán MOE và MOR gỗ Keo lai BV10.

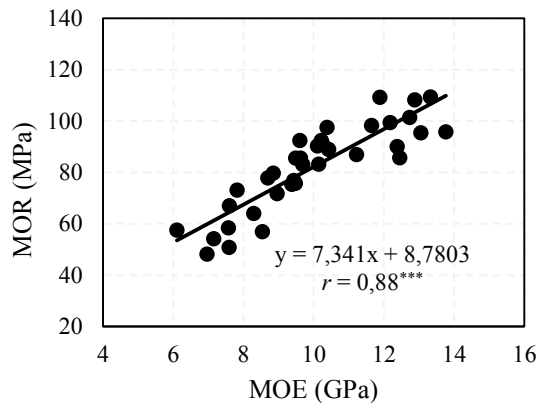


Hình 3. Tương quan giữa khối lượng thể tích (AD) với mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền uốn tĩnh (MOR).

3.4. Tương quan giữa MOE và MOR

Mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) thường có mối liên quan mật thiết với MOR và có thể nói MOE là một chỉ số tốt nhất để dự đoán MOR (Duong & Matsumura, 2018). Kết quả phân tích mối liên hệ giữa giá trị MOE và MOR đo trên gỗ

Keo lai BV10 được trình bày ở Hình 4. MOE và MOR có mối liên hệ rất mật thiết với hệ số tương quan rất cao ($r = 0,88; P < 0,001$). Kết quả này cũng gợi ý rằng MOE là một chỉ số tốt để ước tính giá trị MOR của Keo lai BV10.



Hình 4. Tương quan giữa Mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và Độ bền uốn tĩnh (MOR) ở gỗ Keo lai BV10.

4. Kết Luận

Giá trị trung bình khối lượng riêng (AD), vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV), mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền uốn tĩnh (MOR)

của gỗ Keo lai BV10 bảy (7) tuổi trồng tại Quy Châu, Nghệ An lần lượt là 0,53 g/cm³, 4.241 m/s, 10,00 GPa, và 82,17 MPa. Vận tốc truyền sóng ứng suất và các tính chất gỗ được đo tại vị trí gần

vô đều cao hơn rõ ràng so với các giá trị tương ứng đo tại vị trí gần tâm.

Vận tốc truyền sóng ứng suất có tương quan thuận rõ ràng với khối lượng riêng, mô đun đàn hồi uốn tĩnh và độ bền uốn tĩnh, tuy nhiên mức độ tương quan là trung bình. Khối lượng riêng là một chỉ số đáng tin cậy để dự đoán mô đun đàn hồi uốn tĩnh và độ bền uốn tĩnh khi có hệ số tương quan lần lượt là 0,86 và 0,80. Bên cạnh đó, MOE là một chỉ số tốt để ước tính giá trị MOR của Keo lai BV10.

Lời Cảm Ơn

Kết quả nghiên cứu này đã được sự nhất trí giữa các tác giả để nộp lên Tạp chí Nông Nghiệp và Phát triển, Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Baar, J., Tippner, J., & Rademacher, P. (2015). Prediction of mechanical properties - modulus of rupture and modulus of elasticity - of five tropical species by nondestructive methods. *Maderas. Ciencia y Tecnologia* 17(2), 239-252. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000023>.
- Chowdhury, M. Q., Ishiguri, F., Hiraiwa, T., Takashima, Y., Iizuka, K., Yokota, S., & Yoshizawa, N. (2012). Radial variation of bending property in plantation grown *Acacia auriculiformis* in Bangladesh. *Forest Science and Technology* 8(3), 135-138. <https://doi.org/10.1080/21580103.2012.704961>.
- Duong, D. V., & Matsumura, J. (2018). Within-stem variations in mechanical properties of *Melia azedarach* planted in northern Vietnam. *Journal of Wood Science* 64(4), 329-337. <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1725-9>.
- Duong, D. V., & Schimleck, L. (2022). Prediction of static bending properties of Eucalyptus clones using stress wave measurements on standing trees, logs and small clear specimens. *Forests* 13(10), 1728. <https://doi.org/10.3390/f13101728>.
- Duong, D. V., Schimleck, L., & Tran, D. L. (2023). Variation in wood density and mechanical properties of *Acacia mangium* provenances planted in Vietnam. *Journal of Sustainable Forestry*. 42(5), 518-532. <https://doi.org/10.1080/010549811.2022.2045507>.
- Duong, D. V., Schimleck, L., Tran, D. L., & Vo, H. D. (2022). Radial and among-clonal variations of the stress-wave velocity, density, and mechanical properties in 5-year-old *Acacia auriculiformis* clones. *Bioresources* 17(2), 2084-2096. <https://doi.org/10.15376/biores.17.2.2084-2096>.
- Duong, Q. H., Nguyen, K. D., & Tran, H. V. (2021). Growth of *Acacia hybrid* clones in clonal trial at Ba Vi, Ha Noi and Cam Lo, Quang Tri province. *Journal of Forestry Science and Technology* 4, 58-65.
- Ilic, J. (2003). Dynamic MOE of 55 species using small wood beams. *European Journal of Wood and Wood Products* 61(3), 167-172. <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0367-8>.
- Nguyen, N. H. (2014). Research on selecting disease-resistant *Acacia* and *Eucalyptus* clones with high yield for economic afforestation. Retrieved June 1, 2023, from <http://vafs.gov.vn/vn/nghien-cuu-chon-cac-dong-keo-va-bach-dan-chong-chiubenh-co-nang-suat-cao-phuc-vu-trong-rung-kinh-te-2/>.
- Oliveira, F. G. R. D., & Sales, A. (2006). Relationship between density and ultrasonic velocity in Brazilian tropical woods. *Bioresource Technology* 97(18), 2443-2446. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.050>.
- VAFS (Vietnamese Academy of Forest Sciences). (2000). Natural *Acacia hybrid* BV10. Retrieved June 5, 2023, from <http://vafs.gov.vn/vn/giong-keo-lai-tu-nhien-ky-hieu-bv10/>.
- VIFOREST (Vietnam Timber and Forest Products Association). (2023). Vietnam imports and exports wood and wood products in 2022 and trends in 2023. Retrieved June 3, 2023, from

<https://goviet.org.vn/bai-viet/viet-nam-xuat-nhap-khau-go-va-san-pham-go-nam-2022-va-xu-huong-nam-2023-9942>.

Wang, X., Ross, R. J., McClellan, M., Barbour, R. J., Erickson, J. R., Forsman, J. W., & McGinnis, G. D. (2001). Nondestructive evaluation of standing trees with a stress wave method. *Wood Fiber Science* 33(4), 522-533.

Yanez, M. A., Zamudio, F., Espinoza, S., Ponce, M., Gajardo, J., & Espinosa, C. (2021). Assessing wood properties on hybrid poplars using rapid phenotyping tools. *New Forests* 52(3), 397-410. <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09799-x>.

Developing production models and analyzing timber production variation of *Acacia hybrid* plantations on different sites in Dong Nai province

Them V. Nguyen

Forest Science and Technology Association of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: June 15, 2023

Revised: August 01, 2023

Accepted: August 16, 2023

Keywords

Acacia hybrid plantation

Forest site

Production function

Site index

Timber growth

Corresponding author

Nguyen Van Them

Email:

nvthem2009@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the variation in timber production in *Acacia hybrid* plantations based on age and different sites. Data were collected from 50 standard plots (25 × 20 m) of different plantation ages ranging from 2 to 10 years. The site condition of *Acacia hybrid* plantations were assessed using 5 site indices from I to V. Site index functions were developed from the height of 50 dominant trees at the age of 10. Production functions at the average tree level were constructed using data from 50 trees at age 10. The research results showed that 5 site indices of *Acacia hybrid* plantations had values of 28, 25, 22, 19 & 16 m, respectively. Timber production of *Acacia hybrid* plantations has changed markedly with age and site indices. The age of 2 could be the time when diameter and height of *Acacia hybrid* plantations change from the fast growing stage to the slow growing stage. By the age of 5, the timber volume of *Acacia hybrid* plantations changes from the fast growing stage to the slow growing stage. The average timber productivity of 10 year old *Acacia hybrid* plantations on 5 site indices from I đến V was 38.8, 28.6, 20.2, 13.6, & 8.5 m³/ha per year, respectively. The age of quantitative maturity of *Acacia hybrid* plantations on 5 site indices was 9 years of age.

Cited as: Nguyen, T. V. (2023). Developing production models and analyzing timber production variation of *Acacia hybrid* plantations on different sites in Dong Nai province. *The Journal of Agriculture and Development* 22(5), 22-35.

Xây dựng các hàm sản lượng và phân tích biến động sản lượng gỗ của rừng Keo lai (*Acacia hybrid*) theo những lập địa khác nhau tại tỉnh Đồng Nai

Nguyễn Văn Thêm

Hội Khoa Học & Kỹ Thuật Lâm Nghiệp TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 15/06/2023

Ngày chỉnh sửa: 01/08/2023

Ngày chấp nhận: 16/08/2023

Từ khóa

Chỉ số lập địa

Hàm sản lượng

Lập địa rừng

Rừng Keo lai

Tăng trưởng gỗ

Tác giả liên hệ

Nguyễn Văn Thêm

Email:

nvthem2009@gmail.com

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích sự biến đổi của sản lượng rừng Keo lai theo tuổi và những lập địa khác nhau. Đặc điểm của rừng Keo lai từ tuổi 2 đến 10 đã được thu thập từ 5 ô tiêu chuẩn với kích thước 500 m². Lập địa của rừng Keo lai đã được đánh giá theo 5 cấp chỉ số lập địa từ I đến V. Các hàm chỉ số lập địa đã được xây dựng từ chiều cao của 50 cây ưu thế tại tuổi 10. Các hàm sản lượng ở mức cây bình quân đã được xây dựng từ chiều cao của 50 cây tại tuổi 10. Kết quả nghiên cứu cho thấy 5 chỉ số lập địa của rừng Keo lai từ I đến V tương ứng là 28, 25, 22, 19 và 16 m. Sản lượng của rừng Keo lai thay đổi rõ rệt theo tuổi và lập địa. Tuổi 2 là thời điểm đường kính và chiều cao của rừng Keo lai chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Tuổi 5 là thời điểm sản lượng gỗ của rừng Keo lai chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Năng suất gỗ trung bình hàng năm của rừng Keo lai 10 tuổi trên 5 chỉ số lập địa từ I đến V tương ứng là 38,8, 28,6, 20,2, 13,6 và 8,5 m³/ha. Tuổi thành thực số lượng của rừng Keo lai trên 5 cấp chỉ số lập địa là 9 năm.

1. Đặt Vấn Đề

Sản lượng của rừng là chỉ tiêu phản ánh sức sản xuất của lập địa. Lập địa là tổng hợp những điều kiện môi trường (khí hậu, đất, địa hình, hoạt động của sinh vật) ảnh hưởng đến rừng. Sản lượng rừng trồng không chỉ thay đổi theo loài cây gỗ và cấu trúc, mà còn theo tuổi và lập địa. Trong lâm học, sức sản xuất của lập địa ở rừng trồng thường được đánh giá theo chỉ số lập địa (Site Index = SI). Chỉ số SI là chiều cao trung bình của những cây ưu thế ở tuổi cơ sở. Tuổi cơ sở là tuổi rừng được chọn để phân chia chỉ số SI. Ở Việt Nam, nhiều nghiên cứu (Nguyen & Dao, 1988; Tran, 2019; Nguyen & Tran, 2020) đã

xây dựng các hàm sản lượng đối với những loài cây gỗ khác nhau. Các nhà lâm học sử dụng sản lượng rừng không chỉ để đánh giá và so sánh sức sản xuất của các lập địa, mà còn xây dựng các phương thức lâm sinh (Nguyen, 2002; Vu, 2012). Các nhà kinh tế sử dụng sản lượng hay trữ lượng gỗ để phân tích hiệu quả tài chính và kinh tế của rừng (Vo & ctv., 2019; Lee & ctv., 2022).

Tổng diện tích rừng trồng của tỉnh Đồng Nai tính đến năm 2022 là 48.964 ha (DNPC, 2022); trong đó rừng sản xuất là 26.977 ha (55,1%). Phần lớn rừng sản xuất là rừng Keo lai (*Acacia hybrid*). Rừng Keo lai được trồng tập trung ở 5 huyện: Xuân Lộc, Vĩnh Cửu, La Ngà, Tân Phú và

Định Quán. Tran (2019) đã phân chia rừng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai thành 3 cấp chỉ số SI dựa theo chiều cao của cây ưu thế tại tuổi 8; trong đó khoảng cách giữa 2 cấp chỉ số SI kế cận là 4 m. Nguyen & Tran (2020) đã xây dựng các hàm thể tích thân cây bình quân của rừng Keo lai ở tỉnh Đồng Nai theo 2 biến đường kính và chiều cao. Trong kinh doanh rừng với cường độ cao, chỉ số SI thường được phân chia thành 5 cấp; trong đó khoảng cách giữa 2 cấp chỉ số SI kế cận dao động từ 2 đến 3 m. Mặc khác, chỉ số SI thay đổi tùy theo dạng hàm và tuổi cơ sở để phân chia chỉ số SI. Sản lượng của rừng trồng không chỉ phụ thuộc vào tuổi, mà còn cả lập địa. Vì thế, phân chia chỉ số lập địa và xác định mối quan hệ giữa sản lượng của rừng Keo lai với tuổi và những lập địa khác nhau là vấn đề cần được đặt ra. Xuất phát từ những vấn đề đặt ra trên đây, mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích sự biến đổi của sản lượng rừng Keo lai theo tuổi và những lập địa khác nhau tại tỉnh Đồng Nai. Kết quả của nghiên cứu này là cơ sở khoa học để thống kê sản lượng, lập biểu quá trình sinh trưởng và phân tích hiệu quả tài chính và kinh tế đối với rừng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai.

2. Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Đối tượng và địa điểm nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng Keo lai (*Acacia hybrid*) từ 1 đến 10 tuổi. Mật độ trồng rừng Keo lai ban đầu là 1.667 cây/ha. Số liệu về rừng Keo lai được thu thập tại 3 huyện: Xuân Lộc, La Ngà và Vĩnh Cửu thuộc tỉnh Đồng Nai. Đây là ba khu vực có diện tích rừng Keo lai lớn nhất và lập địa đa dạng. Thời gian nghiên cứu từ 2018 đến 2020. Khu vực nghiên cứu mang đặc tính chung của khí hậu nhiệt đới gió mùa. Hàng năm khí hậu phân chia thành hai mùa mưa và khô rõ rệt. Mùa mưa kéo dài 6 tháng từ tháng 5 đến tháng 11, còn mùa khô từ tháng 12 năm trước đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ không khí dao động từ 23,9 đến 29,0°C. Lượng mưa dao động từ 2.400 đến 2.800

mm/năm. Độ ẩm không khí trung bình 80%. Độ cao dao động từ 80 đến 120 m so với mặt biển. Rừng Keo lai được trồng trên đất xám phát triển từ phù sa cổ, đất nâu đỏ trên đá bazan và đất đỏ vàng trên đá phiến sét.

2.2 Phương pháp thu thập số liệu

Nghiên cứu này xác định sản lượng của cây bình quân (đường kính = D , cm; chiều cao = H , m; thể tích = V , m^3) và rừng Keo lai (mật độ = N , cây/ha; tiết diện ngang thân = G , m^2 /ha; trữ lượng gỗ = M , m^3 /ha) đạt đến tuổi nhất định (A , năm). Để thu thập các chỉ tiêu sản lượng, rừng Keo lai đã được phân chia thành 5 cấp A với mỗi cấp $A = 2$ năm ($A = 2, 4, 6, 8$ và 10 năm). Mỗi cấp A được thu thập 10 ô tiêu chuẩn điển hình (OTC). Tính điển hình được xác định theo 5 tình trạng sinh trưởng của rừng Keo lai (rất tốt, tốt, trung bình, xấu và rất xấu) ở các cấp A. Tổng số 5 cấp tuổi là 50 OTC. Diện tích OTC là $500 m^2$ ($25 \times 20 m$). Các OTC được phân bố đều vào 5 tình trạng sinh trưởng của rừng Keo lai.

Trong mỗi ô tiêu chuẩn, tuổi rừng Keo lai được xác định theo hồ sơ trồng rừng. Tất cả các cây trong các OTC được đo đường kính (D , cm) bằng thước kẹp kính với độ chính xác 0,5 cm. Chiều cao toàn thân (H , m) được đo đạc bằng thước Blume leise. Trong mỗi OTC tại tuổi 10, chọn 20% số cây ưu thế để phân chia các cấp chỉ số SI của rừng Keo lai. Những cây ưu thế có H lớn nhất (H_D , m) và D lớn nhất (D_D , cm) trong OTC.

Sinh trưởng của cây ưu thế và cây bình quân sau 10 năm được xác định bằng phương pháp giải tích. Các cây giải tích phân bố đều rừng Keo lai sinh trưởng rất tốt, tốt, trung bình, xấu và rất xấu; trong đó mỗi lập địa là 13 cây ưu thế và 10 cây bình quân. Tổng số cây giải tích là 65 cây ưu thế và 50 cây bình quân. Cây bình quân là cây có D tương đương với cây có tiết diện ngang bình quân (G_{bq} , m^2). Những cây giải tích có thân thẳng và tròn đều; tán lá tròn đều;

không bị cụt ngọn; sinh trưởng bình thường. Các cây giải tích được chặt hạ cách mặt đất 10 cm. Chiều dài thân cây ưu thế (H_D , m) và cây bình quân (H , m) được xác định bằng thước dây với độ chính xác 1,0 cm. Thân cây được phân chia thành các phân đoạn với chiều dài (L) 100 cm; đoạn ngọn có chiều dài (L_n) trên dưới 100 cm. Ở mỗi phân đoạn của cây giải tích, của

các thớt ở đầu lớn và đáy đoạn ngọn. Đường kính và bề rộng của các vòng năm trên các thớt được xác định bằng thước Panme với độ chính xác 0,1 mm. Đặc trưng thống kê D và H của cây ưu thế và cây bình quân được tổng hợp tương ứng ở Bảng 1 và Bảng 2. Bảng 3 tổng hợp tiết diện ngang bình quân (G_{BQ} , m²/ha) và sản lượng gỗ bình quân (M_{BQ} , m³/ha) của rừng Keo lai.

Bảng 1. Đặc trưng thống kê đường kính và chiều cao cây ưu thế của rừng Keo lai

A (năm)	n (cây)	D_D (cm)	D_{DMin}	D_{DMax}	$D_{DMax} - D_{DMin}$	$\pm Sd^1$	CV% ²
2	50	4,9	3,2	6,7	3,5	1,1	22,9
4	50	10,4	7,9	13,3	5,4	1,5	14,3
6	50	13,4	10,5	16,7	6,2	1,7	12,4
8	50	15,2	10,7	20,4	9,7	2,6	17,5
10	50	17,2	13,5	23,2	9,7	2,2	12,7
A (năm)	n (cây)	H_D (m)	H_{DMin}	H_{DMax}	$H_{DMax} - H_{DMin}$	$\pm Sh^1$	CV% ²
2	50	6,5	3,9	8,9	5,0	1,6	24,3
4	50	13,7	9,2	17,5	8,3	2,3	17,0
6	50	17,6	11,9	22,2	10,3	2,7	15,2
8	50	20,0	13,3	27,0	13,7	3,8	19,0
10	50	22,5	15,5	30,0	14,5	3,6	15,8

¹Sd và Sh = Sai lệch chuẩn của số trung bình; ²CV% = Hệ số biến động.

D_D : Đường kính của cây ưu thế; H_D : chiều cao của cây ưu thế.

Bảng 2. Đặc trưng thống kê đường kính và chiều cao cây bình quân của rừng Keo lai

A (năm)	n (cây)	D_{Bq} (cm)	D_{Min}	D_{Max}	$D_{Max}-D_{Min}$	$\pm Sd^1$	CV% ²
2	50	5,1	3,2	7,0	3,8	1,5	29,6
4	50	9,8	6,1	13,4	7,3	3,1	31,8
6	50	12,6	7,9	17,4	9,5	3,4	26,9
8	50	14,6	9,1	20,0	10,9	4,2	28,8
10	50	16,0	10,0	22,0	12,0	5,0	31,3
A (năm)	n (cây)	H_{Bq} (m)	H_{Min}	H_{Max}	$H_{Max}-H_{Min}$	$\pm Sh^1$	CV% ²
2	50	5,9	4,1	7,6	3,5	1,3	22,2
4	50	11,9	8,3	15,4	7,1	2,8	23,6
6	50	15,6	10,9	20,3	9,4	3,4	21,8
8	50	18,1	12,7	23,6	10,9	4,1	22,6
10	50	20,0	14,0	26,0	12,0	4,6	23,0

¹Sd và Sh = Sai lệch chuẩn của số trung bình; ²CV% = Hệ số biến động.

D_{Bq} : Đường kính cây bình quân; H_{Bq} : Chiều cao cây bình quân.

Bảng 3. Đặc trưng thống kê tiết diện ngang và sản lượng gỗ bình quân của rừng Keo lai

A (năm)	G_{Bq} (m ² /ha)	G_{Min}	G_{Max}	$G_{Max}-G_{Min}$	$\pm SG^1$	CV% ²
2	3,5	1,8	5,4	3,6	1,4	41,3
4	10,2	5,2	15,9	10,7	4,2	41,5
6	15,6	8,1	24,2	16,1	6,4	40,9
8	19,5	10,4	30,0	19,6	7,8	39,8
10	22,2	12,0	33,8	21,8	8,6	38,9
A (năm)	M_{Bq} (m ³ /ha)	M_{Min}	M_{Max}	$M_{Max}-M_{Min}$	$\pm SM^1$	CV% ²
2	13,1	4,9	23,5	18,6	7,4	56,8
4	64,3	24,2	115,3	91,1	36,3	56,4
6	123,3	47,3	220,0	172,7	68,8	55,8
8	175,9	68,8	311,6	242,8	96,6	54,9
10	219,5	87,4	385,8	298,4	118,7	54,1

¹SG và SM là sai lệch chuẩn của số trung bình; ²CV% = Hệ số biến động.

G_{Bq} : Tiết diện ngang bình quân; M_{Bq} : Sản lượng gỗ bình quân.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

2.3.1. Xây dựng hàm chiều cao cây ưu thế của rừng Keo lai

(a) Xây dựng hàm ước lượng H_D bình quân chung theo tuổi của rừng Keo lai. Hàm $H_D = f(A)$ được mô tả bằng hàm Korf (1929) (Hàm 1); trong đó a_0, a_1 và a_2 là các tham số. Sở dĩ chọn hàm Korf là vì hàm này mô tả tốt quy luật sinh trưởng của rừng trồng trong giai đoạn từ tuổi non đến tuổi gần thành thực.

$$H_D = a_0 \times \exp(-a_1 \times A^{-a_2}) \quad (1)$$

Theo định nghĩa, chỉ số SI là H_D tại tuổi cơ sở (A_0 , năm) (Hàm 2).

$$SI = a_0 \times \exp(-a_1 \times A_0^{-a_2}) \quad (2)$$

Chia hàm 1 cho hàm 2, nhận được hàm H_D ở dạng hàm 3.

$$H_D = SI \times \exp(-a_1 \times A^{-a_2}) / \exp(-a_1 \times A_0^{-a_2}) \quad (3)$$

(b) Xác định tuổi cơ sở (A_0 , năm) để phân chia các chỉ số SI. Về lý thuyết, nếu chọn A_0 khác nhau, thì sai lệch dự đoán H_D tại tuổi A cũng khác nhau. Đối với rừng Keo lai ở tỉnh Đồng Nai, biên độ tuổi dao động từ 1 đến 10 năm. Vì thế, tuổi A_0 thích hợp đã được chọn trong khoảng tuổi 6 đến 10 năm. Tuổi A_0 thích hợp là thời điểm mà hàm H_D tại A_0 được sử dụng để ước lượng H_D tại tuổi A (năm) với sai lệch nhỏ nhất (SSE_{Min}).

(c) Phân chia các cấp chỉ số SI. Chỉ số SI phản ánh chất lượng lập địa hay năng suất của lập địa. Trong nghiên cứu này, chất lượng lập địa của rừng Keo lai đã được phân chia thành 5 cấp; trong đó cấp I, II, III, IV và V tương ứng là lập địa rất tốt, tốt, trung bình, xấu và rất xấu. Năm cấp lập địa này được đánh giá theo 5 cấp chỉ số SI. Chỉ số SI là H_D tại tuổi cơ sở (A_0 , năm).

(d) Xây dựng các hàm H_D theo các cấp chỉ số SI. Các hàm H_D của 5 cấp chỉ số SI đã được xây dựng từ 50 cây giải tích theo hàm 3; trong đó SI là

chiều cao của những cây ưu thế tại tuổi A_0 .

(e) Kiểm định khả năng ứng dụng của các hàm H_D để phân chia các cấp chỉ số SI. Khả năng ứng dụng của 5 hàm H_D đối với 5 cấp chỉ số SI đã được kiểm định từ 15 cây giải tích không tham gia xây dựng hàm H_D ; trong đó mỗi cấp chỉ số SI là 3 cây. Mức độ phù hợp giữa hàm H_D ở mỗi cấp chỉ số SI so với hàm H_D của những cây kiểm tra đã được kiểm định bằng phương pháp so sánh điểm chặn và độ dốc của các hàm hồi quy tuyến tính bậc 1 (Vasilevich, 1969). Để đạt mục đích này, trước hết mô tả 5 hàm H_D trên 5 cấp chỉ số SI và 5 hàm H_D ước lượng từ những cây kiểm tra bằng hàm Korf (Hàm 1). Kế đến tuyến tính hóa các hàm này theo dạng hàm 4. Sau đó so sánh điểm chặn (a) và độ dốc (b) của các hàm này. Giả thuyết: Điểm chặn và độ dốc của các hàm này là bằng nhau. Khi $P > 0,05$, thì các hàm H_D ở mỗi cấp chỉ số SI là phù hợp. Trái lại, khi $P < 0,05$, thì các hàm H_D ở mỗi cấp chỉ số SI là không phù hợp.

$$\ln(\ln(m/H_D)) = \ln(a_1) - a_2 \times \ln(A) \quad (4)$$

Đặt $\ln(\ln(m/H_D)) = Y$; $\ln(a_1) = a$; $a_2 = b$ và $\ln(A) = X$. Từ đó, $Y = a - b \times X$.

(f) Xây dựng biểu H_D và đường cong chỉ số SI. Giá trị H_D của rừng Keo lai tại tuổi A được xác định bằng cách thay thế A và A_0 vào các hàm H_D tương ứng với 5 chỉ số SI. Sau đó xây dựng đồ thị đường cong H_D và chỉ số SI; trong đó trục tung là H_D và SI, còn trục hoành là A (năm).

2.3.2. Xây dựng các hàm sản lượng của rừng Keo lai theo các chỉ số lập địa

(a) Hàm độ thon thân. Trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất hàm độ thon thân (Dh , cm) ở mức cây bình quân theo dạng hàm 5. Ở hàm 5, Dh (cm) = độ thon thân; D (cm) = đường kính thân ngang ngực; H (m) = chiều cao toàn thân; $Y = (h/H)$; h (m) = chiều cao từ gốc đến những vị trí khác nhau trên thân; $X = (H - h)/(H - 1,3)$; A = tuổi rừng; SI = chỉ số SI; $a_1 - a_8$ là các tham số của hàm Dh . Hàm 5 được sử dụng để xác

định thể tích (V, m^3) của các phân đoạn trên thân cây bình quân.

$$Dh = a_1(D^3H)^{a_2}(a_3 - \sqrt{Y})^K$$

$$K = a_4Y + a_5Y^2 + a_6X + a_7(D/H) + a_8(SI/A) \quad (5)$$

(b) Hàm sinh trưởng D, H và thể tích (V, m^3) ở mức cây bình quân. Ba hàm này được đề xuất ở dạng hàm 6; trong đó $Y = D, H$ và $V, SI =$ chỉ số lập địa, $\ln =$ logarit cơ số Neper, $A =$ tuổi rừng, còn b_0, b_1, b_2 và b_3 là ba tham số.

$$Y = \exp(b_0 + b_1 \times \ln(SI) - b_2 \times A^{-b_3}) \quad (6)$$

(c) Hàm hình số thân ngang ngược (F) ở mức cây bình quân. Hàm F được mô tả theo hàm 7; trong đó D và H tương ứng là D và H của cây bình quân, còn c_0 đến $c_2 =$ các tham số. Hàm 7 được sử dụng để xác định thể tích (V, m^3) của cây bình quân theo công thức $V = g \times H \times F$; trong đó g là tiết diện ngang, F là hình số, D và H tương ứng là đường kính và chiều cao của cây bình quân ở các tuổi.

$$F = c_0 \times D^{c_1} \times H^{c_2} \quad (7)$$

(d) Hàm sản lượng gỗ của rừng Keo lai. Sản lượng gỗ cây đứng của rừng Keo lai tại tuổi A ($M_A, m^3/ha$) trên 5 chỉ số SI được xác định theo công thức 8; trong đó N_A, V_{bqA} tương ứng là mật độ và thể tích của cây bình quân trên 5 chỉ số SI tại tuổi A . Trong nghiên cứu này, tác giả đề xuất hàm mật độ của rừng Keo lai tại tuổi A trên 5 chỉ số SI có dạng hàm 9; trong đó d_0, d_1 và d_2 là ba tham số, $SI =$ chỉ số lập địa. Sự biến đổi sản lượng gỗ của rừng Keo lai theo A trên 5 chỉ số SI được mô tả theo hàm 6; trong đó Y là sản lượng gỗ tại tuổi A ($M_A, m^3/ha$).

$$Y_A = N_A \times V_{bqA} \quad (8)$$

$$N_A = d_0 \times \exp(-d_1 \times A) + d_2 / \exp(SI/A) \quad (9)$$

2.3.3. Đánh giá sai lệch của các hàm sản lượng

Các tham số hồi quy và những thống kê sai lệch của các hàm sản lượng được xác định bằng

phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquartz. Mức độ chặt chẽ của mối quan hệ giữa các biến phụ thuộc với các biến dự đoán được đánh giá theo hệ số xác định (R^2 ; Công thức 10). Sai lệch của các hàm hồi quy được đánh giá theo 4 tiêu chuẩn: (1) Tổng sai lệch bình phương (SSE; Công thức 11); (2) Sai số ước lượng (SEE; Công thức 12); (3) Sai số tuyệt đối trung bình (MAE; Công thức 13); (4) Sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; Công thức 14). Ở công thức (10)-(14), Y_i và Y_j tương ứng là biến phụ thuộc thực tế và ước lượng; Y_{bq} là giá trị bình quân thực tế của biến phụ thuộc; $n =$ dung lượng mẫu; $p =$ số tham số của hàm hồi quy. Các bước phân tích hồi quy và tương quan được thực hiện bằng phần mềm thống kê STATGRAPHICS Centurion XVI.1 15.1.02.

$$R^2 = (1 - (SSE/SST)) \times 100 \quad (10)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_j)^2 \quad (11)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{bq})^2$$

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-p}} \quad (12)$$

$$MAE = \sum_{i=1}^n (|Y_i - Y_j|) / n \quad (13)$$

$$MAPE = (1/n) (|Y_i - Y_j| / Y_i) \times 100 \quad (14)$$

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Xây dựng hàm chiều cao cây ưu thế của rừng Keo lai

Những phân tích hồi quy cho thấy hàm ước lượng H_D của rừng Keo lai từ 1 đến 10 tuổi có dạng như hàm 15. Hàm này nhận hệ số xác định rất cao ($r^2 = 99,66\%$) và sai lệch rất nhỏ ($MAPE = 2,2\%$). Vì thế, hàm 15 được sử dụng để ước lượng H_D tại tuổi A của rừng Keo lai.

$$H_D = 42,3957 \times \exp(-2,85087 \times A^{-0,650179}) \quad (15)$$

$r^2 = 99,66\%$; $SEE = \pm 4,7$; $MAE = 0,28$; $MAPE = 2,2\%$.

3.2. Xác định tuổi cơ sở để phân chia chỉ số lập địa của rừng Keo lai

Từ hàm 15, giá trị H_D tại A được xác định theo hàm 16; trong đó $H_{D(Thực)}$ là H_D bình quân tại tuổi A_0 . Trong nghiên cứu này, tuổi A_0 thích hợp được giả định tại tuổi 6, 8 và 10 năm. Khi thay

$H_{D(Thực)}$, A và $A_0 = 6, 8$ và 10 vào hàm 16, kết quả nhận được H_D ước lượng tương ứng tại tuổi A (Bảng 4). Số liệu ở Bảng 4 cho thấy tổng sai lệch (SSE) nhận giá trị cao nhất tại tuổi 8 (0,69), thấp nhất tại tuổi 10 (0,38). Vì thế, tuổi 10 được chọn là tuổi cơ sở để phân chia các cấp chỉ số SI của rừng Keo lai.

$$H_D = H_{D(Thực)} \times \exp(-2,85087 \times A^{-0,650179}) / \exp(-2,85087 \times A_0^{-0,650179}) \quad (16)$$

Bảng 4. Ước lượng chiều cao cây ưu thế của rừng Keo lai tại $A_0 = 6$ đến 10 năm

A (năm)	$H_{D(Thực)}$ (m)	H_D ước lượng tại A (năm)			Sai lệch (SSE) tại A (năm)		
		6	8	10	6	8	10
2	6,5	7,0	6,8	6,9	0,20	0,08	0,17
4	13,7	13,5	13,1	13,4	0,04	0,26	0,07
6	17,6	17,6	17,2	17,5	0,00	0,15	0,01
8	20,0	20,5	20,0	20,4	0,23	0,00	0,13
10	22,5	22,6	22,1	22,5	0,01	0,20	0,00
Tổng sai lệch (SSE)					0,48	0,69	0,38

3.3. Phân chia các chỉ số lập địa của rừng Keo lai

Chỉ số SI của rừng Keo lai được phân chia thành 5 cấp từ I đến V. Giá trị H_D bình quân của rừng Keo lai tại tuổi A_0 (10 năm) dao động từ 15,5 đến 30,0 m; trung bình là 22,5 m (Bảng 1). Nếu phân chia H_D tại tuổi 10 thành 5 cấp và mỗi cấp cách nhau 3 m, thì 5 cấp chỉ số SI từ I đến V tương ứng là 28, 25, 22, 19 và 16 m. Năm cấp chỉ số SI tại tuổi 10 được kí hiệu tương ứng là SI_{28} , SI_{25} , SI_{22} , SI_{19} và SI_{16} .

3.4. Xây dựng các hàm chiều cao cây ưu thế trên các cấp chỉ số lập địa

Các hàm H_D trên 5 cấp chỉ số SI từ I đến V được xây dựng theo hàm 16; trong đó $H_{D(Thực)}$ là 5 cấp chỉ số SI tại tuổi A_0 ($SI = 28, 25, 22, 19$ và 16 m). Các hàm H_D tương ứng với 5 cấp chỉ số SI có dạng như hàm 17 đến 21 (Bảng 5).

Bảng 5. Các hàm chiều cao cây ưu thế trên 5 cấp chỉ số lập địa của rừng Keo lai

Chỉ số SI	Các hàm H_D theo 5 cấp chỉ số site index (SI)	Hàm
28	$H_D = 28 \times \exp(-2,85087 \times A^{-0,650179}) / \exp(-2,85087 \times 10^{-0,650179})$	(17)
25	$H_D = 25 \times \exp(-2,85087 \times A^{-0,650179}) / \exp(-2,85087 \times 10^{-0,650179})$	(18)
22	$H_D = 22 \times \exp(-2,85087 \times A^{-0,650179}) / \exp(-2,85087 \times 10^{-0,650179})$	(19)
19	$H_D = 19 \times \exp(-2,85087 \times A^{-0,650179}) / \exp(-2,85087 \times 10^{-0,650179})$	(20)
16	$H_D = 16 \times \exp(-2,85087 \times A^{-0,650179}) / \exp(-2,85087 \times 10^{-0,650179})$	(21)

3.5. Kiểm định các hàm chiều cao cây ưu thế trên 5 cấp chỉ số SI

Phân tích hồi quy cho thấy hàm H_D ước lượng đối với 15 cây kiểm tra trên 5 cấp chỉ số SI có dạng như hàm 22. Khi thay thế A, A0 và SI vào hàm 22, xác định được H_D ước lượng đối với 15 cây kiểm tra trên 5 cấp chỉ số SI.

$$H_D = \exp(0,703166 + 0,972012 \times \ln(SI) - 2,848 \times A^{-0,653193}) \quad (22)$$

$$R^2 = 99,6\%; \text{SEE} = 0,131; \text{MAPE} = 2,0\%.$$

Bằng cách tuyến tính hóa 5 hàm H_D ước lượng (Hàm 17 đến 21) và 5 hàm H_D của những cây kiểm tra trên 5 cấp chỉ số SI (Hàm 22), xác định được điểm chặn (a) và độ dốc (b) của 10 hàm hồi quy tuyến tính trên 5 cấp chỉ số SI (Bảng 6). Số liệu ở Bảng 6 cho thấy điểm chặn (a và a') và độ dốc (b và b') của 5 hàm H_D ước lượng và 5 hàm H_D của những cây kiểm tra khác nhau không rõ rệt ($P > 0,05$). Điều đó chứng tỏ 5 hàm 17 đến 21 là những hàm thích hợp để xây dựng biểu H_D và đường cong chỉ số SI đối với rừng Keo lai ở tỉnh Đồng Nai.

Bảng 6. So sánh điểm chặn (a và a') và độ dốc (b và b') của 5 hàm H_D ước lượng đối với 5 cấp chỉ số SI với 5 hàm H_D của những kiểm tra trên 5 cấp chỉ số site index (SI)

Cấp SI	Hàm H_D ước lượng		Hàm H_D kiểm tra		Mức ý nghĩa	
	a ⁽¹⁾	b ⁽²⁾	a' ⁽¹⁾	b' ⁽²⁾	Pa	Pb
16	1,1153	-0,5312	1,1172	-0,5290	0,495	0,837
19	1,0717	-0,5981	1,0749	-0,5931	0,064	0,380
22	1,0390	-0,6723	1,0394	-0,6632	0,077	0,127
25	1,0182	-0,7575	1,0171	-0,7457	0,120	0,433
28	1,0105	-0,8580	1,0078	-0,8426	0,343	0,617

(1) và (2) Điểm chặn và độ dốc của các hàm hồi quy tuyến tính.

3.6. Xây dựng biểu chiều cao cây ưu thế của rừng Keo lai

Biểu chiều cao H_D và các đường cong chỉ số SI của rừng Keo lai được xây dựng bằng cách thay

thế tuổi (A, năm) từ 1 đến 10 năm vào 5 hàm 17 đến 21 (Bảng 7). Đồ thị biểu diễn sự thay đổi của H_D và chỉ số SI theo A của rừng Keo lai được xây dựng với trục tung là H_D và SI, còn trục hoành là A năm (Hình 1).

Bảng 7. Chiều cao cây ưu thế từ tuổi 2 đến 10 trên 5 cấp chỉ số lập địa của rừng Keo lai

A (năm)	Chiều cao H_D (m) trên 5 chỉ số SI (site index)				
	28	25	22	19	16
2	8,6	7,7	6,8	5,8	4,9
3	13,1	11,7	10,3	8,9	7,5
4	16,7	14,9	13,1	11,3	9,5
5	19,5	17,4	15,3	13,2	11,1
6	21,8	19,4	17,1	14,8	12,4
7	23,7	21,2	18,6	16,1	13,5
8	25,3	22,6	19,9	17,2	14,5
9	26,8	23,9	21,0	18,2	15,3
10	28,0	25,0	22,0	19,0	16,0

3.7. Sản lượng của rừng Keo lai trên những lập địa khác nhau

$$K = (-0,813596 \times Y + 2,80527 \times Y^2 + 0,0829398 \times X + 0,96836 \times (D/H)) - 0,0202976 \times (SI/A)$$

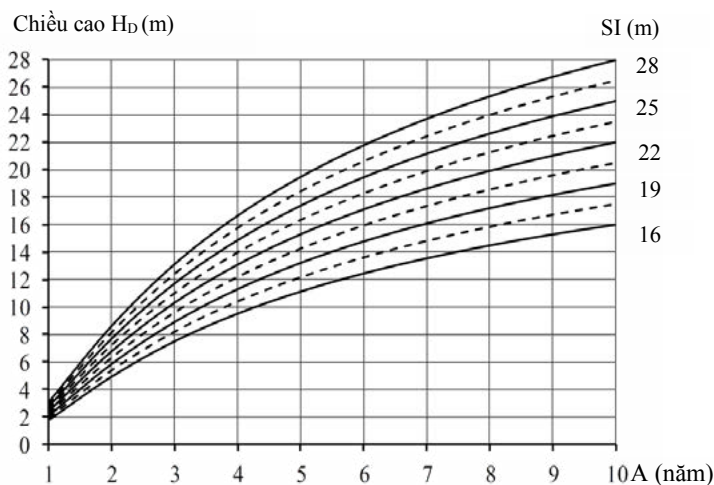
3.7.1. Xây dựng các hàm sản lượng của rừng Keo lai

$$R^2 = 99,9\%; \text{SEE} = 0,0367; \text{MAPE} = 2,5\%$$

Những phân tích hồi quy và tương quan cho thấy hàm D_h ở mức cây bình quân có dạng như Hàm 23.

Các hàm sản lượng ở mức cây bình quân (D, H, V) và quần thụ Keo lai (N, G, M) trên 5 cấp chỉ số SI có dạng như hàm 24 đến 30 (Bảng 8). Các hàm này đều nhận hệ số xác định rất cao ($R^2 > 99,0\%$) và sai lệch nhỏ ($\text{MAPE} < 5\%$). Vì thế, chúng được sử dụng để ước lượng sản lượng của rừng Keo lai.

$$D_h = 1,19402 \times (D^3 \times H)^{0,208538} \times (1,56072 - \sqrt{Y})^k \quad (23)$$



Hình 1. Đường cong chiều cao cây ưu thế (H_D , m) và chỉ số SI-site index (m) tại tuổi 10 của rừng Keo lai ở tỉnh Đồng Nai. Đường liền nét là cấp H_D bình quân của những cây ưu thế trên 5 cấp lập địa. Đường đứt đoạn là ranh giới giữa hai cấp H_D kế cận trên 5 cấp lập địa.

Bảng 8. Các hàm sản lượng của rừng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai

Các hàm sản lượng:	R ² (%)	± SEE	MAPE	Hàm
$D = \exp(0,639476 + 1,00018 \times \ln(SI) - 2,90292 \times A^{-0,49498})$	99,8	0,03	0,3	(24)
$H = \exp(0,893052 + 0,99978 \times \ln(SI) - 3,06554 \times A^{-0,50116})$	99,8	0,03	0,3	(25)
$V = \exp(-7,32484 + 2,79806 \times \ln(SI) - 8,35365 \times A^{-0,45517})$	99,9	0,0005	3,3	(26)
$F = 0,8299 \times D^{-0,13998} \times H^{-0,05961}$	99,9	0,0001	0,3	(27)
$N = 1685,66 \times \exp(-0,0581583 \times A) + 601,645 / \exp(SI/A)$	98,6	22,4	1,1	(28)
$G = \exp(-1,81035 + 1,88423 \times \ln(SI) - 4,33503 \times A^{-0,668809})$	99,8	0,26	3,4	(29)
$M = \exp(-1,81876 + 2,70516 \times \ln(SI) - 6,90119 \times A^{-0,747526})$	99,9	0,97	5,0	(30)

SEE: Sai số ước lượng; MAPE: Sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm.

3.7.2. Sản lượng của rừng Keo lai trên những lập địa khác nhau

Bằng cách khảo sát các hàm 24 đến 30 ở Bảng 8, xác định được lượng tăng trưởng D, H và V ở mức cây bình quân, G và M của rừng Keo lai trên 5 cấp chỉ số SI. Bảng 9 đến Bảng 12 dẫn tóm tắt tăng trưởng D và H ở mức cây bình quân và M của rừng Keo lai trên 5 cấp chỉ số SI. Đường kính và chiều cao bình quân của rừng Keo lai thay đổi rõ rệt theo A và chỉ số SI (Bảng 9 và 10). Lượng tăng trưởng D hàng năm lớn nhất (ZD_{Max}) gia tăng dần từ chỉ số SI_{16} (2,7 cm/năm) đến chỉ số SI_{22} (3,7 cm/năm) và chỉ số SI_{28} (4,6 cm/năm); bình quân 5 chỉ số SI là 3,7 cm/năm. Lượng tăng trưởng D bình quân năm lớn nhất (ΔD_{Max}) gia

tăng dần từ chỉ số SI_{16} (2,2 cm/năm) đến chỉ số SI_{22} (3,1 cm/năm) và chỉ số SI_{28} (3,9 cm/năm); bình quân 5 chỉ số SI là 3,1 cm/năm. Lượng tăng trưởng H hàng năm lớn nhất (ZH_{Max}) gia tăng dần từ chỉ số SI_{16} (2,2 m/năm) đến chỉ số SI_{22} (3,0 m/năm) và chỉ số SI_{28} (3,9 m/năm); bình quân 5 chỉ số SI là 3,0 m/năm. Lượng tăng trưởng H bình quân năm lớn nhất (ΔH_{Max}) gia tăng dần từ chỉ số SI_{16} (1,9 m/năm) đến chỉ số SI_{22} (2,7 m/năm) và chỉ số SI_{28} (3,7 m/năm); bình quân 5 chỉ số SI là 2,7 m/năm. Thời điểm xuất hiện ZD_{Max} , ΔD_{Max} , ZH_{Max} và ΔH_{Max} trên 5 chỉ số SI tại tuổi 2. Vì thế, tuổi 2 là thời điểm D và H của rừng Keo lai chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm.

Bảng 9. Đặc trưng tăng trưởng đường kính bình quân của rừng Keo lai trên 5 chỉ số lập địa

Chỉ số SI (site index)	Lượng tăng trưởng hàng năm			Lượng tăng trưởng bình quân năm		
	ZD_{Max}	A (năm)	D (cm)	ΔD_{Max}	A (năm)	D (cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
16	2,7	2	4,5	2,2	2	4,5
19	3,2	2	5,3	2,7	2	5,3
22	3,7	2	6,2	3,1	2	6,2
25	4,2	2	7,0	3,5	2	7,0
28	4,6	2	7,8	3,9	2	7,8
Bình quân	3,7	2	6,2	3,1	2	6,2

Bảng 10. Đặc trưng tăng trưởng chiều cao bình quân của rừng Keo lai trên 5 chỉ số lập địa

Chỉ số SI (site index)	Lượng tăng trưởng hàng năm			Lượng tăng trưởng bình quân năm		
	ZH _{Max}	A (năm)	H (m)	ΔH _{Max}	A (năm)	H (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
16	2,2	2	3,9	1,9	2	3,9
19	2,6	2	4,6	2,3	2	4,6
22	3,0	2	5,3	2,7	2	5,3
25	3,4	2	6,0	3,0	2	6,0
28	3,9	2	6,8	3,4	2	6,8
Bình quân	3,0	2	5,3	2,7	2	5,3

Sản lượng gỗ cây đứng của rừng Keo lai thay đổi rõ rệt theo A và chỉ số SI (Bảng 11 và 12; Hình 2). So với sản lượng gỗ cây đứng của rừng Keo lai tại tuổi 10 trên chỉ số SI₂₈ (100%), đại lượng này ở chỉ số SI₁₆, SI₁₉, SI₂₂ và SI₂₅ thấp hơn tương ứng 78%, 65%, 48% & 27%. Lượng tăng trưởng sản lượng gỗ hàng năm lớn nhất (ZM_{Max}) và bình quân năm lớn nhất (ΔM_{Max}) gia tăng dần từ chỉ số SI₁₆ (tương ứng ZM_{Max} = 11,6 m³/ha và ΔM_{Max} = 8,6 m³/ha) đến chỉ số SI₂₂ (tương ứng ZM_{Max} = 27,4 m³/ha và ΔM_{Max} = 20,3 m³/ha) và chỉ số SI₂₈

(tương ứng ZM_{Max} = 52,6 m³/ha và ΔM_{Max} = 39,0 m³/ha). Nói chung, năng suất gỗ trung bình hàng năm của rừng Keo lai 10 tuổi trên 5 chỉ số SI từ I đến V tương ứng là 38,8, 28,6, 20,2, 13,6 và 8,5 m³/ha. Thời điểm xuất hiện ZM_{Max} và ΔM_{Max} trên 5 chỉ số SI tương ứng tại tuổi 5 và 9. Vì thế, tuổi 5 là thời điểm sản lượng gỗ của rừng trồng Keo lai chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Tuổi thành thực số lượng của rừng Keo lai trên 5 cấp chỉ số SI là 9 năm.

Bảng 11. Sản lượng gỗ cây đứng của rừng Keo lai trên 5 chỉ số lập địa

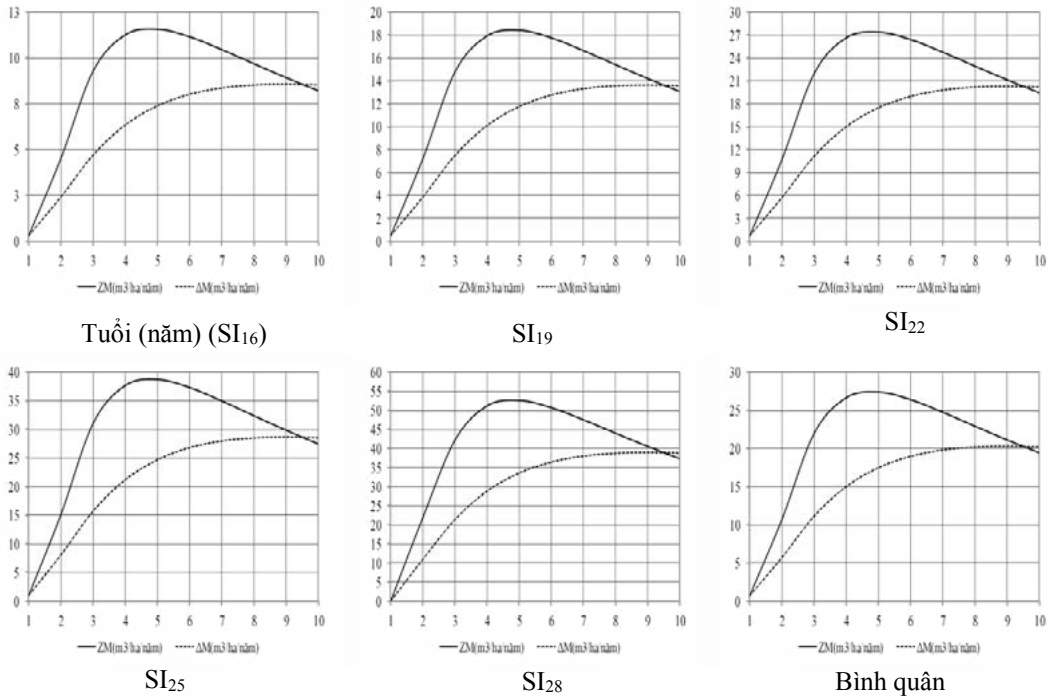
A (năm)	Sản lượng gỗ của rừng trồng Keo lai trên 5 chỉ số lập địa (m ³ /ha)					
	SI ₁₆	SI ₁₉	SI ₂₂	SI ₂₅	SI ₂₈	Bình quân
2	4,8	7,7	11,4	16,1	21,9	12,4
4	25,4	40,4	60,0	84,8	115,2	65,2
6	48,1	76,6	113,8	160,9	218,6	123,6
8	68,3	108,7	161,5	228,3	310,2	175,4
10	85,4	135,9	202,1	285,6	388,1	219,4

SI: site index.

Bảng 12. Đặc trưng tăng trưởng sản lượng gỗ cây đứng của rừng Keo lai trên 5 chỉ số lập địa

Chỉ số SI (site index)	Lượng tăng trưởng hàng năm			Lượng tăng trưởng bình quân năm		
	ZM_{Max}	A (năm)	M (m^3/ha)	ΔM_{Max}	A (năm)	M (m^3/ha)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
16	11,6	5	36,9	8,6	9	77,2
19	18,4	5	58,8	13,7	9	122,9
22	27,4	5	87,4	20,3	9	182,7
25	38,7	5	123,5	28,7	9	258,1
28	52,6	5	167,9	39,0	9	350,7
Bình quân	29,7	5		22,1	9	198,3

ZM và ΔM (m^3/ha trên 1 năm)

**Hình 2.** Đồ thị biểu diễn tăng trưởng sản lượng gỗ cây đứng của rừng Keo lai trên 5 chỉ số lập địa tại tỉnh Đồng Nai. SI: site index.

4. Kết Luận

Lập địa của rừng Keo lai được đánh giá theo chỉ số lập địa. Chỉ số lập địa của rừng Keo lai được phân chia thành 5 cấp từ I đến V. Năm cấp chỉ số lập địa từ I đến V nhận giá trị tương ứng là 28, 25, 22, 19 và 16 m. Sản lượng của rừng Keo lai thay đổi rõ rệt theo tuổi và chỉ số lập địa. Tuổi 2 là thời điểm D và H của rừng Keo lai chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Tuổi 5 là thời điểm sản lượng gỗ cây đứng của rừng Keo lai chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Năng suất gỗ trung bình hàng năm của rừng Keo lai 10 tuổi trên 5 chỉ số lập địa từ I đến V tương ứng là 38,8, 28,6, 20,2, 13,6 và 8,5 m³/ha. Tuổi thành thực số lượng của rừng Keo lai trên 5 cấp chỉ số lập địa là 9 năm. Tác giả kiến nghị các Ban quản lý rừng ở tỉnh Đồng Nai có thể sử dụng kết quả của nghiên cứu này để thống kê sản lượng gỗ và phân tích hiệu quả lâm sinh - kinh tế đối với rừng Keo lai.

Lời Cam Đoan

Tác giả cam đoan những trích dẫn tài liệu tham khảo, số liệu và kết quả của bài báo này là trung thực.

Tài liệu tham khảo (References)

- DNPC (Dong Nai People's Committee). (2022). Decision No. 998/QĐ-UBND dated on April 21, 2022. Forest area and unforested area of Dong Nai province by use purpose in 2021. Retrieved February 1, 2023, from <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Quyet-dinh-998-QD-UBND-2022-cong-bo-hien-trang-dien-tich-rung-Dong-Nai-2021-511964.aspx>.
- Lee, S. H., Kim, D. H., Jeong, J. H., Han, S. H., Kim, S. J., Park, H. J., & Kim, H. J. (2022). Developing a yield table and analyzing the economic feasibility for *Acacia hybrid* plantations in achieving carbon neutrality in Southern Vietnam. *Forests* 13(8), 1316. <https://doi.org/10.3390/f13081316>.
- Nguyen, L. N., & Dao, C. K. (1988). *Research on growth and yield of planted forests (Applied to Pinus kaysia Royle ex Gordon) forests in Vietnam*. Ha Noi, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Nguyen, T. V. (2002). *Forest ecology*. Ha Noi, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Nguyen, T. V., & Tran, N. T. (2020). Average tree volume functions for *Acacia hybrid* plantation on three site classes in Dong Nai province. *Journal of Forestry Science and Technology* 4, 59-68.
- Tran, T. V. (2019). *Estimation of aboveground biomass and carbon stocks for Acacia hybrid plantations in Dong Nai province (Unpublished doctoral dissertation)*. University of Agriculture and Forestry, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Vasilevich, V. I. (1969). *Statistical methods in geobotany*. Leningrad, Russia: Science Publishing House.
- Vo, H. T. H., Le, H. D., & Luu, V. T. (2019). Small-sized timber or larger-sized timber plantation: A case study in Vinh Linh district, Quang Tri province. *Journal of Forestry Science and Technology* 7, 164-172.
- Vu, T. H. (2012). *Forest production*. Ha Noi, Vietnam: Agricultural Publishing House.

Assessment of biomass culturing effectiveness of *Artemia* in tarpaulin tank in Ho Chi Minh City

Hang T. T. Truong^{1*}, Lai H. Lam, & Binh T.T. Vo²

¹The Management Board of Ho Chi Minh City Agricultural Hi-tech Park, Vietnam

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

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: July 16, 2023

Revised: August 08, 2023

Accepted: August 23, 2023

Keywords

Artemia biomass

Fecundity

Survival rate

*Corresponding author

Truong Thi Thuy Hang

Email: thuyhang.ahrd.712@gmail.com

ABSTRACT

The study was carried out to determine the suitable stocking densities and harvesting methods, and to evaluate the economic efficiency of *Artemia* biomass culturing in tarpaulin tanks in Ho Chi Minh City. The experiment consisted of 8 treatments arranged in a completely randomized block design with 3 replicates of 2 stocking densities (M1: 1,500 & M2: 2,000 individuals/L) and 4 harvesting frequencies (T1: 1 day/time - 10%, T3: 3 days/time - 30%, T5: 5 days/time - 50% and T14: 14 days collecting 100% amount of *Artemia* biomass in the tank). The study results showed that the average size of males and females ranged from 9.12 - 9.55 mm and 9.84 - 11.01 mm, respectively. At day 14, the survival rate at a density of 1,500 individuals/L accounted for $63.68 \pm 2.50\%$ which was statistically significant ($P < 0.05$) compared to the density of 2,000 individuals/L ($60.95 \pm 1.39\%$). The mean fecundity of female *Artemia* ranged from 70 to 72 embryos/female and tended to increase gradually from 92 to 101 embryos/female. The harvesting frequency affected *Artemia* population composition, density and biomass yield. After 29 days, the T3M1 treatment yielded the highest biomass ($3.33 \pm 0.39 \text{ kg/m}^3$) and the most optimal profit with 225.53 ± 9.08 thousand VND/kg. The treatment DCM2 gave the lowest yield ($1.22 \pm 0.27 \text{ kg/m}^3$) with a profit of 78.04 ± 58.58 thousand VND/kg.

Cited as: Truong, H. T. T., Lam, L. H., & Vo, B. T. T. (2023). Assessment of biomass culturing effectiveness of *Artemia* in tarpaulin tank in Ho Chi Minh City. *The Journal of Agriculture and Development* 22(5), 32-39.

Đánh giá hiệu quả nuôi *Artemia* sinh khối trong bể lót bạt tại Thành phố Hồ Chí Minh**Trương Thị Thúy Hằng¹, Lâm Hoàng Lai¹ & Võ Thị Thanh Bình²**¹Ban Quản Lý Khu Nông Nghiệp Công Nghệ Cao TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh²Khoa Thủy Sản, Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh**THÔNG TIN BÀI BÁO****Bài báo khoa học**

Ngày nhận: 16/07/2023

Ngày chỉnh sửa: 08/08/2023

Ngày chấp nhận: 23/08/2023

Từ khóa*Artemia* sinh khối

Sức sinh sản

Tỉ lệ sống

***Tác giả liên hệ**

Trương Thị Thúy Hằng

Email:

thuyhang.ahrd.712@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định mật độ nuôi và phương thức thu hoạch thích hợp, và đánh giá hiệu quả kinh tế của các mật độ nuôi và phương thức thu hoạch sinh khối *Artemia*. Thí nghiệm gồm 8 nghiệm thức được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại của 2 mật độ thả (M1: 1.500 và M2: 2.000 cá thể/L) và 4 tần suất thu tủa (T1: 1 ngày/lần - 10%, T3: 3 ngày/lần - 30%, T5: 5 ngày/lần - 50% và T14: 14 ngày thu 100%) lượng *Artemia* sinh khối trong bể nuôi. Kết quả nghiên cứu cho thấy kích thước trung bình của *Artemia* đực và con cái dao động từ 9,12 - 9,55 mm và 9,84 - 11,01 mm. Ở ngày thứ 14, tỷ lệ sống ở mật độ 1.500 cá thể/L chiếm $63,68 \pm 2,50\%$ cao hơn khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với mật độ 2.000 cá thể/L ($60,95 \pm 1,39\%$). Sức sinh sản trung bình của *Artemia* cái dao động 70 - 72 phôi/con cái và có xu hướng tăng dần dao động từ 92 - 101 phôi/con cái vào ngày thứ 28. Tần suất thu hoạch ảnh hưởng đến thành phần, mật độ quần thể *Artemia* và năng suất sinh khối. Sau 29 ngày, nghiệm thức T3M1 cho năng suất cao nhất ($3,33 \pm 0,39 \text{ kg/m}^3$) và lợi nhuận thu được tối ưu nhất với $225,53 \pm 9,08$ ngàn đồng/kg. Nghiệm thức ĐCM2 cho năng suất thấp nhất ($1,22 \pm 0,27 \text{ kg/m}^3$) với lợi nhuận $78,04 \pm 58,58$ ngàn đồng/kg.

1. Đặt Vấn Đề

Trong số các loại thức ăn tươi sống được sử dụng trong nuôi cá cảnh, *Artemia* được sử dụng rộng rãi do tính tiện lợi, sẵn có (*Artemia* sinh khối ở dạng tươi sống và đông lạnh) và giàu dinh dưỡng (protein, acid béo, sắc tố...). Kết quả khảo sát sơ bộ các cơ sở sản xuất thức ăn cho cá cảnh tại TP. Hồ Chí Minh cho thấy có một vài cơ sở kinh doanh đã chuyển đổi từ hình thức sản xuất cá cảnh sang nuôi *Artemia* thu sinh khối tươi sống. Ban đầu, các cơ sở này sản xuất *Artemia* sinh khối chủ yếu làm thức ăn cho các loài cá cảnh tại trại. Về sau, *Artemia* sinh khối

còn được bán cho các cơ sở kinh doanh cá cảnh làm thức ăn tươi sống. Tuy nhiên, kết quả khảo sát cho thấy nguồn cung *Artemia* sinh khối cho thị trường cá cảnh tại TP. Hồ Chí Minh không ổn định do quy mô sản xuất còn nhỏ lẻ, *Artemia* chưa đạt kích cỡ sinh khối tối đa đã phải tận thu để bán do nguồn cung khan hiếm; các hệ thống nuôi *Artemia* sinh khối chủ yếu là tận dụng các dụng cụ và vật tư có sẵn.... Trong khi *Artemia* có thể nuôi sinh khối trong các bể lót bạt trong nhà quanh năm mà không phụ thuộc vào mùa vụ và khí hậu. Khi nuôi trên bể lót bạt, *Artemia* sinh khối có thể thu hoạch chủ động theo kích cỡ và

tỉ lệ mong muốn nhằm tối ưu năng suất chủ động nguồn cung cho thị trường cá cảnh.

2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

Thức ăn sử dụng nuôi *Artemia* sinh khối: là hỗn hợp của thức ăn tôm sú (thức ăn dạng bột cho tôm sú giai đoạn từ PL (post larvae) 10 - PL17, có hàm lượng đạm tối thiểu 43%, xơ thô 2%, độ ẩm 11%, năng lượng trao đổi 3.400 kcal/kg) và cám gạo ủ lên men *Saccharomyces cerevisiae* (ủ trong 24 giờ theo tỉ lệ: 1 mg men: 1 kg cám gạo) và ngâm nước mặn 30‰ trong 15 phút (đối với 1 kg thức ăn tôm sú).

Đối tượng thí nghiệm: ấu trùng *Artemia* sp. giai đoạn Instar I

Thí nghiệm gồm 8 nghiệm thức (NT) được bố trí theo kiểu khối hoàn toàn ngẫu nhiên gồm 2 nhân tố với 2 mật độ nuôi (1.500 và 2.000 cá

thể/L) và 4 phương thức thu hoạch (1 ngày/lần - 10%/lần, 3 ngày/lần - 30%/lần, 5 ngày/lần - 50%/lần và thu toàn bộ 100% vào ngày thứ 14). Thí nghiệm được bố trí trong 03 đợt (mỗi đợt 29 ngày). Bể nuôi 1 m³ trong trại có mái che bằng tole sáng, các bể nuôi được sục khí liên tục.

Phương pháp cho ăn: hỗn hợp thức ăn sau khi ngâm trong nước có độ mặn 30‰ được lọc qua lưới lọc 50 µM. Thu phần dung dịch thức ăn được lọc tạt đều khắp bể với liều lượng 0,1 ppm. Lượng thức ăn được điều chỉnh tăng hoặc giảm thỏa mãn theo nhu cầu thông qua quan sát độ đục của bể nuôi và quan sát ống tiêu hóa của *Artemia*.

Phương pháp thu hoạch (Bảng 1): *Artemia* sinh khối bắt đầu thu ngày thứ 14. Sử dụng lưới thu có kích thước mắt lưới 2a = 1 mm. Tỉ lệ thu hoạch sinh khối được tính trên thể tích nước nuôi (10%, 30% & 50%).

Bảng 1. Phương thức thu hoạch *Artemia* trong thí nghiệm

Mật độ (cá thể/L)	Đợt	Phương thức thu hoạch				
		Đối chứng (ĐC) 14 ngày/lần (100 %)	T1 1 ngày/lần (10 %)	T3 3 ngày/lần (30 %)	T5 5 ngày/lần (50 %)	
M1	1500	1	ĐCM1	T1M1	T3M1	T5M1
		2	ĐCM1	T1M1	T3M1	T5M1
		3	ĐCM1	T1M1	T3M1	T5M1
M2	2000	1	ĐCM2	T1M2	T3M2	T5M2
		2	ĐCM2	T1M2	T3M2	T5M2
		3	ĐCM2	T1M2	T3M2	T5M2

Phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế của mô hình nuôi

- Tổng chi phí sản xuất (TC) = Chi phí cố định (TFC) + Chi phí biến đổi (TVC)

- Tổng thu nhập (TR) = $\sum Q_j \times P_j$; Q_j là sản lượng sản phẩm j , P_j là đơn giá của sản phẩm j .

- Lợi nhuận (LN) = TR - TC (triệu đồng/m³ trên 1 vụ)

Các chỉ tiêu theo dõi

- Các chỉ tiêu về chất lượng nước: pH, NO₂, TAN, oxy hòa tan (DO).

- Tỉ lệ sống (TLS): được xác định vào ngày thứ 7, 14, TLS (%) = $N_t/N_0 \times 100$ (N_t : Mật độ cá thể thu vào thời điểm thu mẫu; N_0 : Mật độ thả ban đầu).

- Chiều dài thân (L): $L \text{ (mm)} = A/10 \times 1/\gamma$
 (L: Chiều dài của *Artemia* (mm); A: Số vạch đo được; γ : Độ phóng đại).

- Sức sinh sản: thu 10 con *Artemia* cái vào thời điểm cuối tuần thứ 2, thứ 3 và thứ 4, giải phẫu đếm toàn bộ số phôi. Sức sinh sản được tính bằng tổng số phôi nauplius/con cái ngay tại thời điểm quan sát mẫu.

Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu sẽ được tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn bằng phần mềm Excel 2013. Phân tích ANOVA tìm sự khác biệt giữa các trung bình nghiệm thức bằng phép thử Tukey ở mức ý nghĩa ($P < 0,05$) sử dụng phần mềm SPSS 16.0.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Các yếu tố môi trường

Bảng 2. Biến động các yếu tố môi trường

Chỉ tiêu		Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3
Nhiệt độ (°C)	Sáng	28,57 ± 0,53	27,75 ± 0,83	27,40 ± 0,71
	Chiều	29,14 ± 0,51	29,07 ± 0,23	29,12 ± 0,38
Oxy hòa tan (mg/L)	Sáng	5,22 ± 0,90	5,23 ± 0,84	5,19 ± 0,81
	Chiều	5,13 ± 0,86	5,17 ± 0,82	5,16 ± 0,74
Amonia (mg/L)	Sáng	0,031 ± 0,042	0,036 ± 0,033	0,042 ± 0,039
	Chiều	0,033 ± 0,043	0,037 ± 0,037	0,042 ± 0,039
pH	Sáng	7,48 ± 0,39	7,46 ± 0,37	7,47 ± 0,37
	Chiều	7,51 ± 0,41	7,51 ± 0,41	7,36 ± 0,41

Số liệu trình bày trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của từng nghiệm thức.

Kết quả thí nghiệm ở Bảng 2 cho thấy các thông số môi trường nước như nhiệt độ, DO, pH và amonia dao động lần lượt từ 27 - 30°C, 5 - 6 mg/L, 7,0 - 8,5 và 0,003 - 0,173 mg/L. Tuy nhiên, các thông số môi trường vẫn trong khoảng thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển bình thường của *Artemia*. *Atemia* sinh trưởng và phát triển tốt khi hàm lượng oxy hòa tan (DO) từ 3 mg/L trở lên (Browne & ctv., 1984). Theo

Nguyen & ctv. (2007), *Artemia* Vinh Châu sinh trưởng và phát triển tốt trong điều kiện pH từ 7,0 - 9,0. Browne & ctv. (1984) thì kết luận rằng, pH nước thích hợp cho nuôi *Artemia* là 7,0 - 8,5. Boyd (1990; 2007) kết luận rằng, sự hiện diện của NH₃ trong ao nuôi thủy sản phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó đáng kể nhất là độ mặn, nhiệt độ và pH và hàm lượng NH₃ thích hợp cho ao nuôi thủy sản là 0,2 - 2 mg/L.

3.2. Ảnh hưởng của mật độ và phương thức thu hoạch đến tỉ lệ sống của *Artemia*

Bảng 3. Tỉ lệ sống trung bình của *Artemia* (%) ngày thứ 7 và 14

Thu tía	Mật độ 1.500 (cá thể/L)	Mật độ 2.000 (cá thể/L)	Mức ý nghĩa (ANOVA)			
			Mật độ	Thu tía	Mật độ x Thu tía	Đợt thí nghiệm
Ngày 7	66,54 ± 0,54	66,14 ± 0,67	> 0,05	> 0,05	< 0,05	> 0,05
Ngày 14	63,68 ± 2,50	60,95 ± 1,39	< 0,01	> 0,05	> 0,05	< 0,01

Số liệu trình bày trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của từng nghiệm thức.

Tỉ lệ sống của *Artemia* ở giai đoạn 7 ngày và 14 ngày nuôi không có sự khác biệt ($P > 0,05$) giữa 2 mật độ thả nuôi. Sau 7 ngày nuôi, tỉ lệ sống dao động từ $65,70 \pm 0,33\%$ đến $67,03 \pm 0,33\%$ (Bảng 3). Tương tự, tỉ lệ sống ghi nhận sau 14 ngày, tỉ lệ sống dao động $60,43 \pm 1,17\%$ đến $64,93 \pm 1,46\%$ (Bảng 3). Với thể tích bể nuôi 1 m^3 , các ấu trùng *Artemia* ở giai đoạn 7 - 14 ngày được cung cấp cùng điều kiện dinh dưỡng, chất lượng nước như nhau; đồng thời với thể tích nuôi lớn, các ấu trùng không phải cạnh tranh về mặt thức ăn hay nơi ở nên tỉ lệ sống ở giai đoạn này không có sự khác biệt về mật thống kê ($P > 0,05$) giữa các nghiệm thức. Tỉ lệ sống sau 7 và 14 ngày nuôi ở thí nghiệm này cao hơn so với kết quả nghiên cứu của Lê & ctv. (2018), ở độ mặn 30‰ và mật độ 1.500 cá thể/L tỉ lệ sống trung bình của *Artemia* sau 7 ngày (30,9%) và ở 14 ngày (20,5%), đồng thời cao hơn thí nghiệm thu tía (sau 7 ngày tỉ lệ sống 51 - 60,3%, sau 14 ngày là 34,0 - 42,5%). Tuy nhiên, tỉ lệ sống của *Artemia* trong nghiên cứu này lại thấp hơn so với tỉ lệ sống (88,7%) trong nghiên cứu của Lê & Nguyen (2018) khi sử dụng thức ăn là cám gạo ủ lên men kết hợp với thức ăn tôm sú số 0, và nuôi trong bể có thể tích 300 lít. Ngoài ra, tỉ lệ sống của *Artemia* trong nghiên cứu này cũng thấp hơn tỉ lệ sống ở ngày thứ 7 (83 - 93%) và ngày thứ 14 (79 - 85%) trong nghiên cứu của Nguyen (2021), *Artemia* được nuôi trong các bể 40 L, mật độ 500 nauplii/L, độ mặn 30‰. Điều này cho thấy, ở quy mô phòng thí nghiệm, thể tích nuôi càng nhỏ thì càng dễ

kiểm soát các yếu tố môi trường nhưng khi nuôi ở các thể tích lớn hơn, điều kiện thực địa thì tỉ lệ sống có xu hướng giảm dần. Theo Nguyen (2011), *Artemia* được nuôi ở các ao nuôi ngoài trời, tỉ lệ sống của ấu trùng *Artemia* 24 giờ sau khi thả giống có thể đạt khoảng 70 - 80%, sau một tuần nuôi khoảng 50 - 60%.

3.3. Ảnh hưởng của mật độ và phương thức thu hoạch đến tăng trưởng của *Artemia*

Tăng trưởng về chiều dài của *Artemia* ở các nghiệm thức sau 14 ngày dao động trong khoảng được diễn đạt ở Bảng 4, tuy nhiên khác biệt giữa các nghiệm thức không có ý nghĩa ($P > 0,05$). Tăng trưởng của *Artemia* chịu ảnh hưởng bởi mật độ, điều kiện môi trường, chất lượng thức ăn, thể tích nuôi. *Artemia* được bố trí cùng thể tích, mật độ, chế độ và khẩu phần cho ăn giống nhau nên tốc độ tăng trưởng của *Artemia* tương đương nhau ở các nghiệm thức. Sau 7 ngày nuôi, chiều dài *Artemia* dao động từ $5,70 \pm 0,75$ đến $6,22 \pm 0,66$ mm (Bảng 4). Bắt đầu từ ngày nuôi thứ 12 - 14, quan sát có hiện tượng bắt cặp và một số *Artemia* cái đã mang trứng, ở thời điểm này kích cỡ con đực khoảng 9,12 - 9,55 mm ngắn hơn so với kích cỡ con cái (9,84 - 11,01 mm) (Bảng 4). Kết quả này phù hợp với kết quả thí nghiệm của Nguyen & Pham (2016) sau 7 ngày chiều dài *Artemia* dao động từ 4,95 - 6,77 mm và sau 12 ngày dao động từ 7,06 - 9,46 mm (không phân theo đực cái).

Bảng 4. Tăng trưởng về chiều dài của *Artemia* sau 14 ngày thí nghiệm (mm)

Thu tía	Mật độ 1.500 (cá thể/L)	Mật độ 2.000 (cá thể/L)	Mức ý nghĩa (ANOVA)			
			Mật độ	Thu tía	Mật độ x Thu tía	Đợt thí nghiệm
Ngày 1	0,49 ± 0,04	0,48 ± 0,03	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Ngày 7	6,08 ± 0,32	6,07 ± 0,09	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Ngày 14 (con đực)	9,37 ± 0,19	9,44 ± 0,19	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Ngày 14 (con cái)	10,07 ± 0,09	9,95 ± 0,19	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05

Số liệu trình bày trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của từng nghiệm thức.

3.4. Sức sinh sản của *Artemia*

Kết quả từ Bảng 5 cho thấy sau mỗi đợt thu tía sức sinh sản của *Artemia* có xu hướng tăng dần, điều này phù hợp với đặc điểm duy trì nòi giống của loài. Cùng với sự cung cấp đầy đủ chất dinh dưỡng, trong điều kiện nuôi tốt *Artemia* khỏe mạnh sẽ có tuổi thọ cao đồng nghĩa nó có cơ hội sinh sản ra nhiều thế hệ con hơn so với *Artemia* có tuổi thọ thấp (Nguyen 2014). Agostino (1980) cho rằng, sự tăng trưởng và sinh sản của *Artemia* bị chi phối bởi một số yếu tố như môi trường sống (nhiệt độ, độ mặn) và thức ăn (chất lượng

và số lượng) là những nhân tố chính ảnh hưởng nhiều hơn khi *Artemia* sống trong môi trường thuận lợi. Tương tự, Wurtsbaugh & Gliwicz (2001) nhận thấy rằng, số lượng và chất lượng của nguồn thức ăn đều ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng và thời gian đạt giai đoạn thành thực của *Artemia*. Theo Balasundaram & Kumaraguru (1987), khi *Artemia* được cho ăn kết hợp (cám gạo, nấm men, vi tảo và bấp cải bị phân hủy) đạt tăng trưởng tốt nhất và đạt giai đoạn trưởng thành sau 9 ngày nuôi so với cho ăn đơn thuần một loại thức ăn (Duong & ctv., 2016).

Bảng 5. Sức sinh sản (phôi/con cái)

Thu tía	Mật độ 1.500 (cá thể/L)	Mật độ 2.000 (cá thể/L)	Mức ý nghĩa (ANOVA)			
			Mật độ	Thu tía	Mật độ x Thu tía	Đợt thí nghiệm
Đối chứng	71 ± 1	71 ± 2				
Ngày 14	T1	70 ± 2				
	T3	72 ± 1	> 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,01
	T5	72 ± 2				
Ngày 21	T1	85 ± 4				
	T3	86 ± 1	> 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
	T5	84 ± 1				
Ngày 28	T1	92 ± 5				
	T3	101 ± 5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,001
	T5	96 ± 5				

Số liệu trình bày trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của từng nghiệm thức.

3.5. Ảnh hưởng của mật độ và phương thức thu hoạch đến năng suất sinh khối *Artemia*

Bảng 6. Tổng năng suất sinh khối trung bình (kg/m^3) ở cuối thí nghiệm

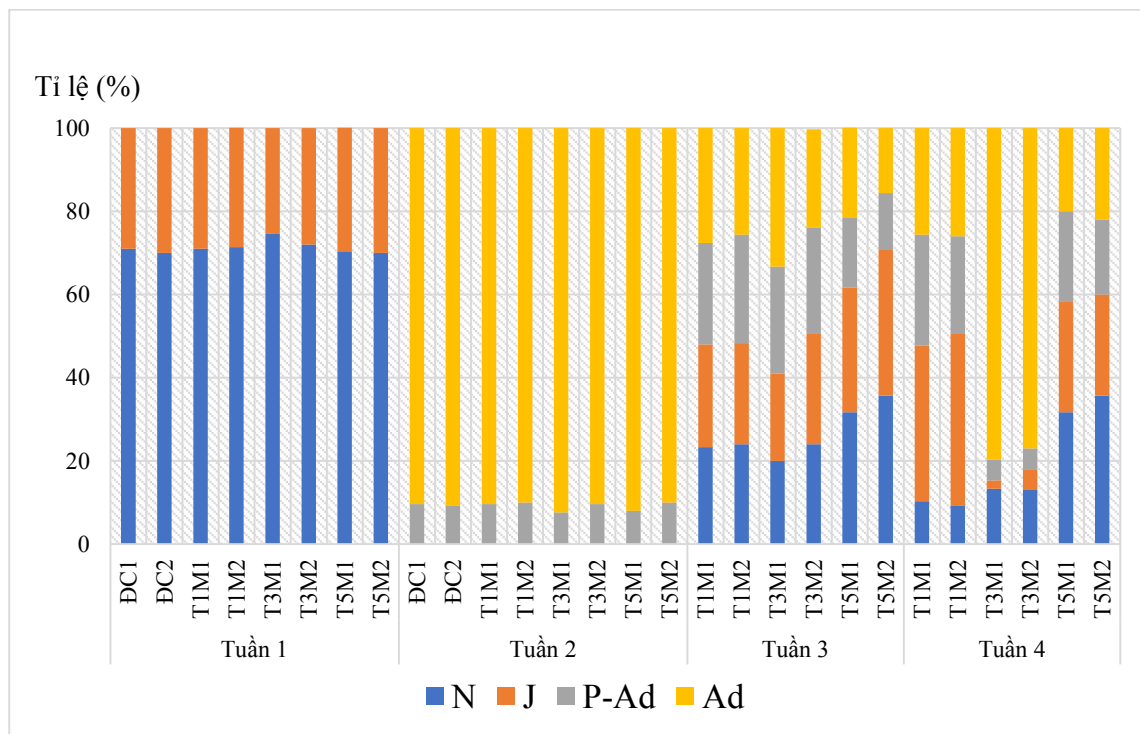
Thu tĩa	Mật độ 1.500 (cá thể/L)	Mật độ 2.000 (cá thể/L)	Mức ý nghĩa (ANOVA)			
			Mật độ	Thu tĩa	Mật độ x Thu tĩa	Đợt thí nghiệm
Đối chứng	1,44 ± 0,40	1,22 ± 0,27				
T1	2,81 ± 0,11	2,50 ± 0,14	< 0,05	< 0,001	> 0,05	< 0,01
T3	3,33 ± 0,21	3,14 ± 0,22				
T5	2,64 ± 0,48	2,46 ± 0,43				

Số liệu trình bày trong bảng là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của từng nghiệm thức.

Kết quả phân tích phương sai hai nhân tố mật độ và tần suất thu tĩa cho thấy, với các mật độ thả nuôi khác nhau tương ứng với tần suất thu tĩa khác nhau có ảnh hưởng rất có ý nghĩa đến năng suất sinh khối *Artemia*. Mật độ ảnh hưởng rất có ý nghĩa đến năng suất sinh khối *Artemia* ($P < 0,05$). Việc thu tĩa với các tần suất thu và lượng sinh khối thu ảnh hưởng rất có ý nghĩa đến năng suất sinh khối ($P < 0,001$). Đồng thời, ảnh hưởng của đợt nuôi lên năng suất sinh khối *Artemia* rất có ý nghĩa ($P < 0,01$). Tuy nhiên, sự tương tác giữa 2 yếu tố mật độ và tần suất thu tĩa không ảnh hưởng đến năng suất sinh khối *Artemia* ($P > 0,05$) (Bảng 6). Bên cạnh đó, ở mỗi đợt thí nghiệm ảnh hưởng có ý nghĩa đến sức sinh sản giai đoạn 28 ngày, điều này dẫn tới năng suất sinh khối thu được ở cuối vụ của mỗi đợt cũng có sự khác biệt. Ngay cả ngoài tự nhiên, quy trình kỹ thuật nuôi được áp dụng như nhau, nhưng mỗi vụ nuôi cho năng suất thu được là khác nhau do nhiều yếu tố khách quan như môi trường, thao tác kỹ thuật nuôi và quy mô nuôi, quy mô càng lớn thì sản lượng thu hoạch thu được cũng có sự chênh lệch ở từng đợt nuôi. Sau 29 ngày nuôi nghiệm thức T3M1 đạt năng suất sinh khối cao nhất là $3,33 \pm 0,39$ (kg/m^3), và

năng suất sinh khối của nghiệm thức T3M2 là $3,14 \pm 0,54$ (kg/m^3), cao hơn có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với các nghiệm thức còn lại (Bảng 6). Trong đó, năng suất sinh khối thấp nhất ở nghiệm thức ĐCM2 và ĐCM1 với năng suất thu được lần lượt là $1,22 \pm 0,27$ (kg/m^3) và $1,44 \pm 0,40$ (kg/m^3) (Bảng 6). Với tần suất thu 3 ngày/lần 30% lượng sinh khối theo thể tích nuôi, mật độ *Artemia* còn lại sau 14 ngày khoảng 70% các cá thể trưởng thành gặp điều kiện thuận lợi sẽ sinh sản để bù vào phần lượng sinh khối đã hao hụt, khả năng cho quần thể phát triển tốt hơn và thu được lượng sinh khối nhiều hơn. Còn ở nghiệm thức thu 50% lượng sinh khối *Artemia* làm mất đi một lượng lớn các cá thể *Artemia* trưởng thành, các ấu trùng được sinh ra từ 50% lượng sinh khối trưởng thành còn lại chưa đủ thời gian để phát triển tối ưu thành các cá thể trưởng thành để bù vào lượng sinh khối đã thu hoạch (sau 5 ngày) lại tiếp tục thu hoạch 50% lượng sinh khối *Artemia* trưởng thành dẫn đến lượng sinh khối thu hoạch ngày càng ít dần. Le & Nguyen (2018) cũng có kết luận rằng: lượng *Artemia* sinh ra nhiều làm cho mật độ trung bình gia tăng, khi nauplii sinh ra dày đặc sẽ phát triển chậm.

3.7. Ảnh hưởng của mật độ và phương thức thu hoạch đến thành phần quần thể *Artemia*



Hình 1. Biến động thành phần quần thể *Artemia* trong thí nghiệm. N (Nauplius - Ấu trùng), J (Julives - con non), P - Ad (Pre - Adult - con tiền trưởng thành), Ad (Adult - con trưởng thành).

Sinh khối *Artemia* được nuôi ở cùng điều kiện môi trường chất lượng nước, cùng điều kiện dinh dưỡng nên thành phần quần thể *Artemia* quan sát được như sau: ở tuần thứ nhất thành phần bao gồm ấu trùng (70 - 74,7%) và con non (25,3 - 30%) (Hình 1). Ở tuần thứ 2, thành phần chủ yếu là con trưởng thành (90 - 92,3%) và tiền trưởng thành chiếm tỉ lệ thấp từ 7,67 - 10 (Hình 1). Sang tuần thứ 3, có đủ bốn thành phần ấu trùng, con non, con tiền trưởng thành và trưởng thành, mật độ *Artemia* trưởng thành có xu hướng giảm dần do việc thu sinh khối của các nghiệm thức được tiến hành. Ngược lại, mật độ ấu trùng, con non và con tiền trưởng thành tăng dần ngoại trừ 2 NT đối chứng thu toàn bộ sinh khối sau 14 ngày (Hình 1). Do sau 14 ngày hầu hết *Artemia* cái tham gia sinh sản, đồng thời

việc thu tỉa theo số ngày và theo tỉ lệ sinh khối khác nhau dẫn đến sự biến động về thành phần và mật độ quần thể *Artemia* ở các nghiệm thức. Trong đó, tỉ lệ con tiền trưởng thành - trưởng thành cao nhất ở nghiệm thức T3M1 (25,7% và 33,3%) và thấp nhất ở nghiệm thức T5M2 (13,7% và 15,7%) (Hình 1). Ở tuần thứ 4, tỉ lệ ấu trùng, con non, tiền trưởng thành và trưởng thành có sự thay đổi ở các nghiệm thức thu tỉa khác nhau, tỉ lệ con trưởng thành cao nhất ở nghiệm thức T3M1 (79,7%) và T3M2 (77%), thấp nhất ở nghiệm thức T5M1 (20%) và T5M2 (22%), tỉ lệ ấu trùng thấp nhất ở nghiệm thức T1M2 (9,3%) và T1M1 (10,3%), tỉ lệ con non thấp nhất ở nghiệm thức T3M1 (2%) và T3M2 (5%) (Hình 1). Kết quả quan sát này cũng tương đồng với các kết quả nghiên cứu về vòng đời sinh sản *Artemia*

và tương đồng với kết quả ghi nhận về biến động trên ruộng muối của Nguyen & ctv. (2005). thành phần quần thể *Artemia* khi nuôi sinh khối

3.8. Ảnh hưởng của mật độ và phương thức thu hoạch đến hiệu quả nuôi sinh khối *Artemia*

Bảng 7. Giá thành sản xuất 1 kg *Artemia* sinh khối chu kỳ 29 ngày (ngàn đồng)

Nghiệm thức ¹	ĐCM1	ĐCM2	T1M1	T1M2	T3M1	T3M2	T5M1	T5M2
Tổng chi phí (ngàn đồng) (1)	633,76	690,89	479,38	531,71	479,38	531,71	479,38	531,71
Giống <i>Artemia</i>	28,76	38,34	14,38	19,17	14,38	19,17	14,38	19,17
Thức ăn	28,58	76,12	28,58	76,12	28,58	76,12	28,58	76,12
Công lao động	90,63	90,63	90,63	90,63	90,63	90,63	90,63	90,63
Điện	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01	12,01
Muối	280	280	140	140	140	140	140	140
KHTS	193,80	193,80	193,80	193,80	193,80	193,80	193,80	193,80
Năng suất sinh khối (kg/m ³) (2)	2,89	2,44	2,82	2,50	3,33	3,14	2,64	2,46
Giá thành (ngàn đồng/kg) (1)/(2)	219,34	283,45	170,23	212,41	144,09	169,11	181,50	216,25

¹ĐC: nghiệm thức đối chứng; M: các nghiệm thức mật độ; T: các nghiệm thức thu hoạch.

Giá thành sản xuất 1 kg *Artemia* sinh khối thấp nhất ở nghiệm thức thu 3 ngày/lần-30% sinh khối với mật độ 1.500 cá thể/L (T3M1) là 144,09 ngàn đồng và cao nhất ở nghiệm thức thu 100% sinh khối mật độ 2.000 cá thể/L là 283,45 ngàn đồng. Căn cứ vào giá bán 1 kg *Artemia* tươi

sống với giá là 370 ngàn đồng trên thị trường hiện nay, lợi nhuận thu được giao động từ 86,55 - 225,11 ngàn đồng/kg. Tuy nhiên, còn phụ thuộc vào tổng năng suất sinh khối thu được tương ứng với từng phương thức thu hoạch khác nhau (Bảng 8).

Bảng 8. Lợi nhuận (ngàn đồng/kg) nuôi *Artemia* sinh khối trong 29 ngày

Thu tía	Mật độ 1.500 (cá thể/L)	Mật độ 2.000 (cá thể/L)	Mức ý nghĩa (ANOVA)			
			Mật độ	Thu tía	Mật độ x Thu tía	Đợt thí nghiệm
Đối chứng	137,33 ± 72,40	78,04 ± 58,58				
T1	199,61 ± 6,35	157,14 ± 12,06				
T3	225,53 ± 9,08	200,35 ± 11,54	< 0,01	< 0,001	> 0,05	< 0,01
T5	183,98 ± 37,49	148,60 ± 43,64				

Từ kết quả Bảng 7, ở nghiệm thức T3M1 lợi nhuận đạt cao nhất với $225,53 \pm 9,08$ ngàn đồng/kg, thấp nhất ở nghiệm thức ĐCM2 với lợi nhuận $78,04 \pm 58,58$ ngàn đồng/kg. Như vậy, cứ cách 3 ngày thu 30% các cá thể *Artemia* trưởng thành giúp lượng sinh khối trong bể nuôi đạt năng suất tối ưu nhất sau 29 ngày. Các cá thể trưởng thành gặp điều kiện thuận lợi sẽ sinh sản để bù vào phần lượng sinh khối đã hao hụt, khả năng cho quần thể phát triển tốt hơn và thu được lượng sinh khối nhiều hơn từ đó sẽ làm giảm chi phí con giống, chủ động nguồn thức ăn cho các loài cá ở trại. Còn ở nghiệm thức thu toàn bộ sinh khối sau 14 ngày (ĐC), sau khi thu toàn bộ phải xả bỏ bể nước vừa tốn chi phí dọn bể, thả thêm 1 đợt giống mới, trong khi giống mới thả lại khó thích nghi với môi trường nước nuôi mới, gây ảnh hưởng đến năng suất nuôi và làm nguồn cung không ổn định.

4. Kết Luận

Với mật độ thả nuôi 1.500 cá thể/L và tần suất thu tỉa 3 ngày/lần-30%, cá thể *Artemia* cho năng suất sinh khối và lợi nhuận cao nhất lần lượt là $3,33 \pm 0,39$ kg/m³ và $225,53 \pm 9,08$ ngàn đồng/kg sau 29 ngày nuôi.

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)

Agostino, A. S. D. (1980). The vital requirements of *Artemia*, physiology and nutrition. In Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O., & Jaspers, E. (Eds.). *The brine shrimp Artemia: Physiology, biochemistry, molecular biology* (Vol. 2, 55-82). Wetteren, Belgium: Universa Press.

- Balasundaram, C., & Kumaraguru, A. K. (1987). Laboratory studies on growth and reproduction of *Artemia* (Tuticorin strain). In Sorgeloos, P., Bengtson, D. A., Decler, W. & Jaspers, E. (Eds.). *Artemia research and its applications* (Vol. 3, 331-338). Wetteren, Belgium: Universa Press.
- Boyd, C. E. (2007). Nitrification important process in aquaculture. *Global Aquaculture Advocate* 10(3), 64-66.
- Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama, USA: Birmingham Publishing Company.
- Browne, R. A., Sallee, S. E., Grosch, D. S., Segreti, W. O., & Purser, S. M. (1984). Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan in *Artemia*. *Ecology* 65(3), 949-960. <https://doi.org/10.2307/1938067>.
- Duong, H. T. M., Nguyen, H. V., & Nguyen, A. T. N. (2016). Effects of different protein levels in food on the growth and reproduction of *Artemia franciscana* Vinh Chau. *Journal of Science and Development* 14(1), 1-9.
- Le, T. V., & Nguyen, H. V. (2018). Effects of salinity, density and harvesting method on the productivity of *Artemia franciscana* biomass grown in tanks. *Can Tho University Scientific Journal* 54(1), 129-141.
- Nguyen, A. T. N. (2011). The uses of *Artemia* biomass as feeds in larviculture and nursery phases of the brackish aquaculture species. *Can Tho University Journal of Science* 19b, 168-178.
- Nguyen, H. V., Nguyen, V. T. H., Nguyen, A. T. N., Pham, N. T. T., Huynh, T. T., & Tran, L. H. (2007). *Artemia research and application in aquaculture*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Agricultural Publishing House.
- Nguyen, H. V., Nguyen, V. T. H., Nguyen, A. T. N., Tran, H. T. T., Tran, N. S., & Tran, L. H. (2005). *Improving the efficiency of Artemia biomass farming in salt fields* (Scientific report). Can Tho University, Can Tho City, Vietnam.
- Nguyen, H. V., & Pham, T. N. H. (2016). Effects of oxygen shock time, temperature and salinity

- on the reproduction of *Artemia* (*Artemia franciscana*). *Can Tho University Journal of Science* 42, 118-126.
- Nguyen, V. T. H. (2014). Effect of temperature on fatty acid profiles of two *Artemia Franciscana* populations: SFB and Vinh Chau. *Can Tho University Journal of Science* 1, 252-258.
- Nguyen, V. T. H., Nguyen, H. V., & Huynh, T. T. (2021). Use of crude sea salt in outdoor *Artemia* biomass culture with biofloc technology. *Can Tho University Journal of Science* 57(1), 177-185. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.023>.
- Wurtsbaugh, W. A., & Gliwicz, Z. M. (2001). Limnological control of brine shrimp population dynamics and cyst production in the Great Salt Lake, Utah. *Hydrobiologia* 466, 119-132. <https://doi.org/10.1023/A:1014502510903>.

Structure, function, and potential application of F18 in vaccine development

Uy H. G. Vu, Trang T. X. Le, & Hieu Tran-Van*

Faculty of Biology and Biotechnology, University of Science,
Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: May 18, 2023

Revised: July 03, 2023

Accepted: July 11, 2023

Keywords

Enterotoxigenic *Escherichia coli*
(ETEC)

F18

FedF

Post-weaning diarrhea

*Corresponding author

Tran Van Hieu

Email: tvhieu@hcmus.edu.vn

ABSTRACT

Post-weaning diarrhea is one of the most common diseases in pigs, affecting pigs in the first two weeks after weaning, causing significant economic losses. The main cause of this disease is Enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC), which is characterized by two pathogenic factors: fimbriae and enterotoxins. These fimbriae are considered to mediate bacterial adhesion through binding to the receptor present in the pig intestine. Several studies indicate that F4 and F18 fimbriae account for a high percentage of the fimbriae in ETEC and are detected in most of the isolated ETEC strains. Currently, oral vaccines are a potential preventive measure used with the ability to generate IgA, stimulate the mucosal immune system, and be widely noticed by researchers. However, the vaccines are only effective against ETEC-F4 and less effective against ETEC-F18, so more research is needed to improve the effectiveness of ETEC-F18 vaccines in the future. In this review, we presented the structure, function, and potential application of the F18 in vaccine development.

Cited as: Vu, U. H. G., Le, T. T. X., & Tran-Van, H. (2023). Structure, function, and potential application of F18 in vaccine development. *The Journal of Agriculture and Development* 22(5), 47-56.

Cấu trúc, chức năng và tiềm năng ứng dụng của F18 trong phát triển vắc-xin

Vũ Hoàng Gia Uy, Lê Thị Xuân Trang & Trần Văn Hiếu*

Khoa Sinh Học - Công Nghệ Sinh Học, Trường Đại Học Khoa Học Tự Nhiên,
Đại Học Quốc Gia TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 18/05/2023

Ngày chỉnh sửa: 03/07/2023

Ngày chấp nhận: 11/07/2023

Từ khóa

Enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC)

F18

FedF

Tiêu chảy sau cai sữa

*Tác giả liên hệ

Trần Văn Hiếu

Email: tvhieu@hcmus.edu.vn

TÓM TẮT

Tiêu chảy sau cai sữa là một trong những bệnh phổ biến nhất ở heo, ảnh hưởng đến heo trong hai tuần đầu sau cai sữa, gây thiệt hại kinh tế nặng nề. Nguyên nhân chính gây bệnh này là vi khuẩn Enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC), đặc trưng bởi hai yếu tố gây bệnh: tiêm mao và độc tố ruột. Các tiêm mao được xem là yếu tố trung gian cho sự bám dính của vi khuẩn thông qua việc liên kết với thụ thể có ở ruột heo. Một số nghiên cứu chỉ ra rằng, tiêm mao F4 và F18 chiếm tỉ lệ cao trong các loại tiêm mao ở ETEC, được phát hiện ở hầu hết các chủng ETEC được phân lập. Hiện nay, vắc-xin dạng uống đang là biện pháp phòng bệnh tiềm năng được sử dụng với khả năng tạo được IgA, kích thích hệ miễn dịch niêm mạc và đang được nhiều nhà nghiên cứu chú ý đến. Tuy nhiên, các vắc-xin chỉ hiệu quả đối với ETEC-F4 và kém hiệu quả đối với ETEC-F18; vì vậy, việc cần thêm nhiều nghiên cứu để nâng cao hiệu quả vắc-xin phòng bệnh ETEC-F18 là điều cần thiết trong tương lai. Trong tổng quan này, chúng tôi sẽ trình bày về cấu trúc, chức năng và các tiềm năng ứng dụng của F18 trong vắc-xin.

1. Đặt Vấn Đề

Tiêu chảy sau cai sữa (post-weaning diarrhea, PWD) ở heo con là một trong những bệnh thường gặp, gây thiệt hại kinh tế nặng nề đối với ngành chăn nuôi heo, ảnh hưởng đến hơn 54% người chăn nuôi heo trên toàn thế giới, chi phí điều trị trung bình hơn 5 đô la/heo (Rhouma & ctv., 2017; Gold, 2020). Khi bị bệnh PWD, heo sẽ bị mất nước, tiêu chảy nhiều, dẫn đến giảm tới 10 - 12% khối lượng cơ thể heo con trong vòng 6 giờ, khiến chúng kém phát triển và có thể gây chết đột ngột do sốc giảm thể tích, suy tim, tỷ lệ tử vong lên đến 20 - 30% nếu không được điều trị (Holland, 1990; Rhouma & ctv., 2017). Các nguyên nhân gây bệnh có thể kể đến như tuổi

cai sữa, điều kiện chuồng trại, Enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC),... Trong đó, ETEC được xác định là yếu tố khó kiểm soát nhất do chúng kháng hầu hết các loại kháng sinh như tetracycline, apramycin, neomycin, spectinomycin, và erythromycin. Do đó, ETEC được xem là nguyên nhân chính gây PWD ở heo (Fairbrother & ctv., 2005; Rhouma & ctv., 2017).

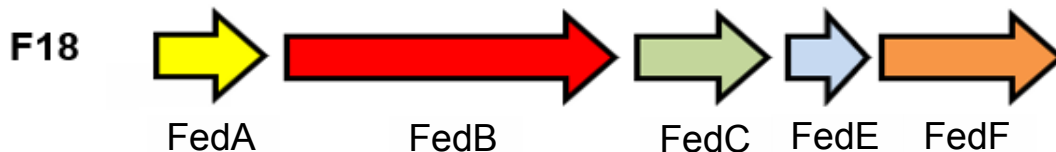
Enterotoxigenic *Escherichia coli* đặc trưng bởi 2 yếu tố gây bệnh: tiêm mao và độc tố. Tiêm mao là nhân tố quan trọng giúp ETEC có thể bám vào lớp biểu mô ở ruột heo sau đó sản xuất các độc tố gây tiêu chảy: độc tố nhạy nhiệt (heat-labile toxin, LT), và độc tố bền nhiệt (heat-stable toxin, ST) bao gồm STa và STb (Frydendahl, 2002;

Fairbrother & ctv., 2005). Theo nghiên cứu của Frydendahl (2002), F18 và F4 là tiêm mao chủ yếu được phân lập từ chủng ETEC gây bệnh, chiếm tỉ lệ lần lượt là 39% và 45% trong tổng số loại tiêm mao ở ETEC. Hiện nay, việc sử dụng kháng sinh hoặc bổ sung oxit kẽm trong khẩu phần ăn của heo đang là biện pháp được sử dụng để kiểm soát PWD (Rhouma & ctv., 2017). Tuy nhiên, việc cho heo ăn với liều lượng kẽm cao dẫn đến ô nhiễm kim loại nặng trong đất, gây ra những hậu quả nghiêm trọng về môi trường (Rhouma & ctv., 2017; Vangroenweghe & Boone, 2022). Ngoài ra, việc sử dụng kháng sinh dẫn đến tình trạng kháng kháng sinh cũng như ảnh hưởng đến sức khỏe người tiêu dùng, chẳng hạn như kháng colistin, một loại kháng sinh được sử dụng rộng rãi để kiểm soát PWD ở heo (Holman & Chénier, 2015; Rhouma & ctv., 2017). Hiện nay, vắc-xin đường uống được chứng minh là hiệu quả trong việc phòng PWD với khả năng

tiết kháng thể IgA. Tuy nhiên, các vắc-xin chỉ hiệu quả đối với ETEC-F4 và kém hiệu quả đối với ETEC-F18 (Tiels & ctv., 2007; Melkebeek & ctv., 2013). Trong tổng quan này, chúng tôi sẽ thảo luận về cấu trúc, chức năng và tiềm năng ứng dụng của F18 trong việc phát triển vắc-xin phòng ETEC-F18.

2. Cấu Trúc F18

Tiêm mao F18 có bản chất là protein với chiều dài khoảng 1 - 2 μm, bao phủ trên bề mặt vi khuẩn, chúng là trung gian cho sự bám dính của vi khuẩn với tế bào ruột ở heo (Hahn & ctv., 2000). Tiêm mao F18 được mã hóa bởi 5 gen (Hình 1): FedA (tiểu đơn vị chính) và các tiểu đơn vị nhỏ FedB (usher), FedC (chaperone), FedF (tiểu đơn vị kết dính), FedE (tiểu đơn vị liên kết giữa FedA và FedF) (Fairbrother & ctv., 2005; Dubreuil & ctv., 2016).



Hình 1. Các gen của tiêm mao F18. Gen mã hóa tiểu đơn vị chính (vàng), usher (đỏ), chaperone (xanh lá), tiểu đơn vị liên kết (xanh dương) và tiểu đơn vị kết dính (cam) (Barth & ctv., 2011).

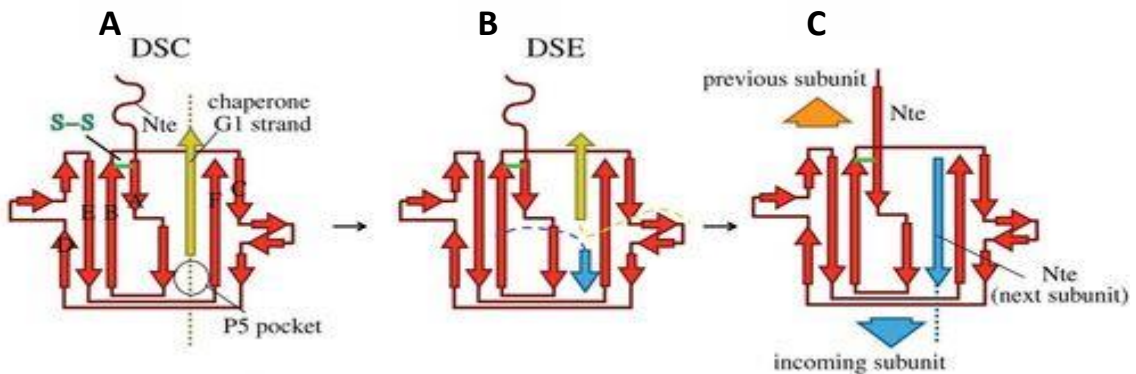
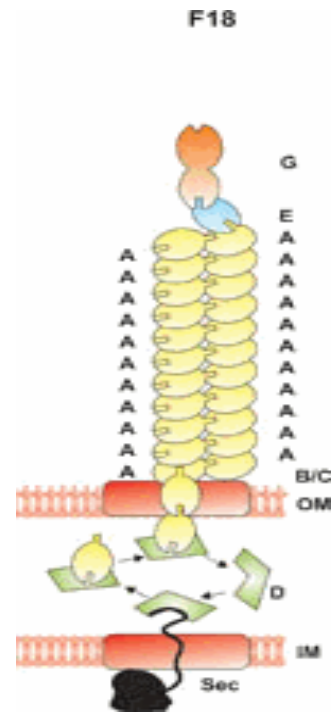
Tiêm mao F18 được lắp ráp bởi con đường chaperone - usher (CU), là con đường dành riêng cho việc lắp ráp các tiêm mao ở vi khuẩn Gram âm. FedC là chaperone chu chất và FedB là một protein màng ngoài hay còn gọi là usher cũng tham gia vào con đường này (Zav'yalov & ctv., 2010; Moonens & ctv., 2014; Werneburg & ctv., 2015). Đầu tiên, con đường bài tiết (secretion pathway) cho phép các tiểu đơn vị mới vừa hình thành đi qua màng trong và tiến vào chu chất, sau đó tương tác với chaperone chu chất để hình thành phức hợp, quá trình lắp ráp F18 bắt đầu từ tiểu đơn vị kết dính FedF, theo sau lần

lượt là tiểu đơn vị liên kết và tiểu đơn vị chính (Busch & Waksman, 2012; Werneburg & ctv., 2015) (Hình 2). Các chaperone cho phép các tiểu đơn vị gấp cuộn lại đúng thông qua cơ chế DSC (donor-strand complementation) (Phan & ctv., 2011; Busch & ctv., 2015). Cơ chế DSC là quá trình chaperone cung cấp sợi β hay còn gọi là sợi G1 để hoàn thành nếp gấp của các tiểu đơn vị, do chúng thiếu đi sợi β và tạo thành một đường “rãnh”, việc bổ sung sợi β giúp bảo vệ các tiểu đơn vị tránh bị phân hủy bởi các protease, ngoài ra còn để tránh các “rãnh” tự do có thể liên kết với nhau trong chu chất (Hình 3-A) (Sauer & ctv.,

2004; Waksman & Hultgren, 2009; Busch & ctv., 2015). Để có thể hình thành tiêm mao F18 trên màng ngoài của tế bào, usher xúc tác làm thay đổi tương tác giữa tiểu đơn vị - chaperone thành tương tác giữa tiểu đơn vị - tiểu đơn vị thông qua cơ chế DSE (donor-strand exchange), đây là quá trình thay thế sợi β được thêm bởi chaperone chu chất bằng đầu N (N-terminal extension-Nte) của tiểu đơn vị tiếp theo, giúp cho các tiểu đơn vị có thể liên kết với nhau thông qua túi P5;

đồng thời, usher này còn có các miền giúp di chuyển và neo chặt các tiêm mao trên bề mặt tế bào (Hình 3-B) (Busch & ctv., 2015; Werneburg & ctv., 2015). Ngoài ra, usher còn có khả năng nhận biết sự khác nhau giữa các phức hợp tiểu đơn vị - chaperone, do đó có thể lắp ráp các tiểu đơn vị khác nhau đúng theo thứ tự (Moonens & ctv., 2014; Busch & ctv., 2015; Werneburg & ctv., 2015).

Hình 2. Quá trình sinh tổng hợp tiêm mao F18. Sec: Con đường bài tiết, D: chaperone, A: tiểu đơn vị chính, E: tiểu đơn vị liên kết, G: tiểu đơn vị kết dính, B/C: usher (Dubreuil & ctv., 2016).

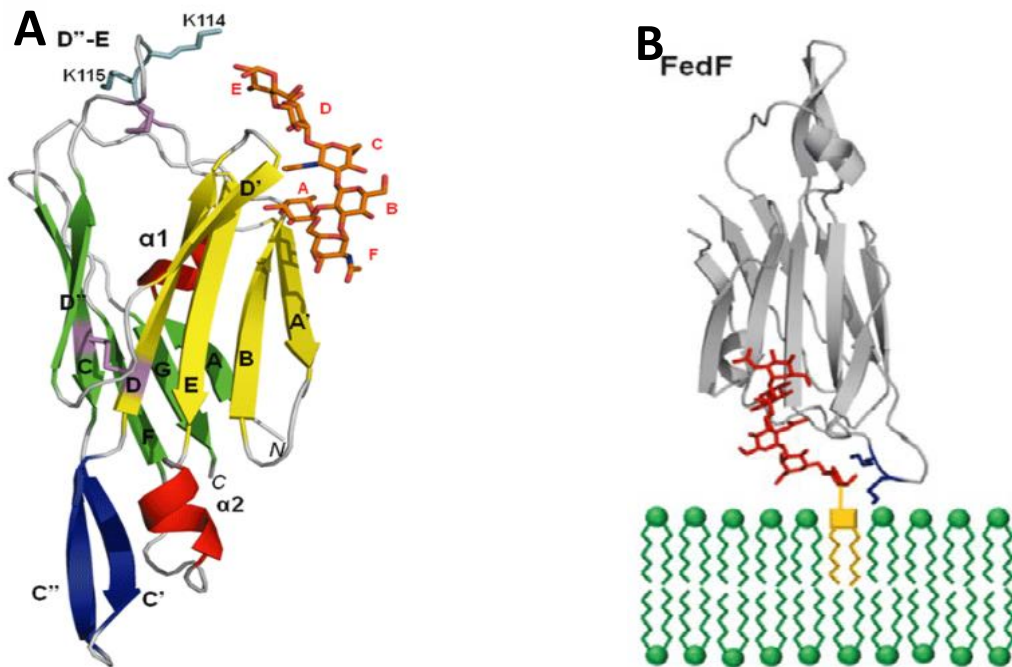


Hình 3. Quá trình hình thành tiêm mao thông qua cơ chế DSC (donor-strand complementation) và DSE (donor-strand exchange). (A): Cơ chế DSC, các phiến β của tiểu đơn vị (đỏ) được cung cấp sợi β (vàng); (B): Cơ chế DSE, sợi β (vàng) được thay thế bởi Nte (xanh dương); (C): Cấu trúc hoàn chỉnh của tiểu đơn vị khi thay thế hoàn toàn sợi β bằng Nte (Busch & ctv., 2015).

3. Chức Năng F18

Như đã đề cập ở phần trên, tiêm mao F18 được xem là yếu tố trung gian giúp ETEC liên kết với thụ thể trên ruột non của heo, sau đó giải phóng một hoặc nhiều độc tố gây tăng tiết nước và chất điện giải, cuối cùng dẫn đến mất nước, tiêu chảy hoặc có thể tử vong do bài tiết quá nhiều. FedF là tiểu đơn vị kết dính đặc hiệu với thụ thể trên tế bào biểu mô ruột ở heo, cụ thể là miền đầu N (N-terminal domain - NTD) của FedF chịu trách nhiệm cho việc liên kết với thụ thể (Moonens & ctv., 2012; Rhouma & ctv., 2017). Các thử nghiệm và dữ liệu cấu trúc đã chỉ ra rằng 165 axit amin đầu tiên của FedF xếp thành miền lectin liên kết với thụ thể glycosphingolipid trên tế bào ruột non của heo (Moonens & ctv., 2012). FedF liên kết với thụ thể glycosphingolipid bằng cách hình thành tương

tác với các sợi β B, E, D, D' thông qua liên kết hydro. Ngoài ra, cấu trúc FedF còn có vòng lặp D''-E chứa hai gốc lysine tích điện dương (K114 & K115), tuy không tham gia trực tiếp vào tương tác với thụ thể nhưng được chứng minh là có vai trò quan trọng (Hình 4-A) (Moonens & ctv., 2012; Moonens & ctv., 2014). Hai gốc lysine này liên kết với lớp phospholipid bằng tương tác tĩnh điện, giúp bổ sung ái lực và ổn định liên kết giữa FedF và thụ thể glycosphingolipid (Hình 4-B) (Moonens & ctv., 2012). Một số nghiên cứu đã tiến hành đột biến các liên kết của glycan với FedF cũng như hai gốc tích điện dương của lysine thành trung tính, kết quả là làm giảm đáng kể khả năng bám dính của vi khuẩn lên tế bào ruột. Do đó, chúng được chứng minh là cần thiết cho quá trình tương tác giữa vi khuẩn với tế bào ruột heo (Moonens & ctv., 2012; Moonens & ctv., 2014).

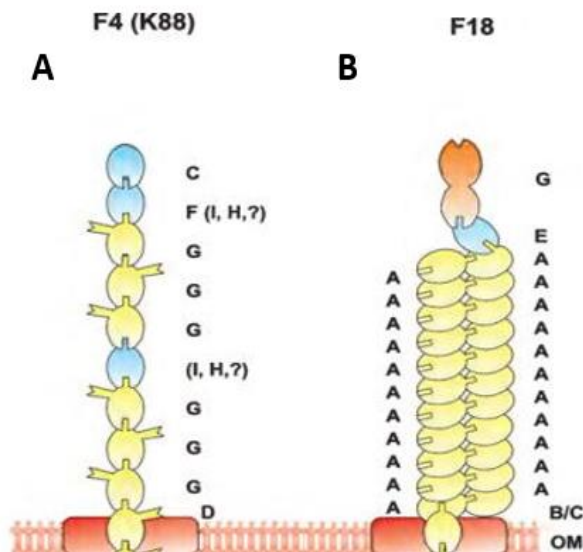


Hình 4. Tương tác của FedF với ruột heo. (A), tương tác của FedF với glycosphingolipid (hình que), các phiến β (xanh lá, vàng và xanh dương) và các xoắn α (đỏ) của FedF; (B), tương tác của vòng lặp D''-E (xanh dương) với biểu mô ruột (xanh lá), thụ thể glycosphingolipid (vàng, đỏ), nhóm glycan (đỏ) (Moonens & ctv., 2012).

4. Tiềm Năng Ứng Dụng F18 Trong Vắc-xin

Có 2 dạng vắc-xin phổ biến được sử dụng hiện nay là vắc-xin dạng tiêm và dạng uống. Trong đó, vắc-xin dạng uống có thể kích thích miễn dịch hệ thống và miễn dịch màng nhầy tiết kháng thể IgA, đóng vai trò như một lớp phòng thủ, hoạt động bằng cách bao phủ bề mặt niêm mạc của đường tiêu hóa, hô hấp, sinh dục,... ngăn cản sự gắn kết của mầm bệnh với các lớp biểu mô của niêm mạc thông qua việc liên kết đặc hiệu với kháng nguyên mầm bệnh và được chứng minh là có hiệu quả trong việc chống lại PWD (Woof & Kerr, 2006; Vangroenweghe & Boone, 2022). Khi bắt đầu giai đoạn cai sữa ở heo con quá trình cung cấp IgA từ sữa heo mẹ sẽ bị dừng lại và khi đó vắc-xin dạng uống được xem là một lựa chọn tiềm năng trong việc cung cấp IgA phòng bệnh ở đường ruột (Rhouma & ctv., 2017; Gia & ctv., 2020). Hiện nay, đã có nhiều nghiên cứu vắc-xin

phòng ETEC gây bệnh và các thử nghiệm lâm sàng được thực hiện để kiểm tra hiệu quả vắc-xin, một trong số đó đã được thương mại hóa ở Châu Âu và Canada (Melkebeek & ctv., 2013; Nadeau & ctv., 2016). Tuy nhiên, các vắc-xin này chỉ hiệu quả trong việc bảo vệ heo trước sự xâm nhiễm của ETEC-F4 nhưng không hiệu quả đối với ETEC-F18 (Melkebeek & ctv., 2013; Moonens & ctv., 2014). Nguyên nhân là do có sự khác biệt giữa tiểu đơn vị kết dính của tiêm mao F4 và F18. Tiểu đơn vị kết dính của tiêm mao F4 là FaeG và cũng là tiểu đơn vị chính do đó có số lượng bản sao nhiều, giúp ổn định cấu trúc tiêm mao (Hình 5-A). Tiểu đơn vị kết dính của tiêm mao F18 là FedF với số lượng bản sao ít và tương tác yếu với tiểu đơn vị chính FedA (Hình 5-B), do đó dễ dàng bị đứt ra khỏi F18 và bị phân hủy khi tồn tại đơn lẻ trong môi trường ruột, dẫn đến vắc-xin phòng ETEC-F18 kém hiệu quả (Tiels & ctv., 2007; Verdonck & ctv., 2007).



Hình 5. Cấu trúc tiêm mao của F4 và F18. (A): Cấu trúc tiêm mao F4, G: tiểu đơn vị chính FaeG, C, F: các tiểu đơn vị nhỏ; (B): Cấu trúc tiêm mao F18, G: tiểu đơn vị kết dính FedF, A: tiểu đơn vị chính (Dubreuil & ctv., 2016).

Vì vậy, cần có biện pháp giúp tăng hiệu quả của vắc-xin trong việc phòng ETEC-F18 xâm nhiễm. Nhóm nghiên cứu của Mai & ctv. (2020) đã biểu hiện tiêm mao F18 toàn phần dung hợp với trình tự neo tự nhiên của *S. cerevisiae* trên bề mặt tế bào nấm men *Pichia pastoris* nhằm biểu hiện nhiều nhất kháng nguyên. Hệ thống này giúp bảo vệ sự nguyên vẹn của kháng nguyên khỏi điều kiện khắc nghiệt của hệ tiêu hóa và sử dụng như một loại vắc-xin uống phòng bệnh ETEC. Với kết quả biểu hiện thành công F18 trên bề mặt tế bào nấm men *P. pastoris* đã mở ra tiềm năng ứng dụng vào việc phát triển vắc-xin hiệu quả với giá thành rẻ.

Hiện nay, tình trạng heo con bị nhiễm ETEC-F4 hoặc ETEC-F18 được phát hiện với tỉ lệ 0,4%, trong khi heo nhiễm chủng ETEC mang cả tiêm mao F4, F18 được phát hiện với tỉ lệ lên đến 4,6%, phân lập từ 280 heo bị PWD, từ đó cho thấy các vắc-xin phòng ETEC-F4 hoặc ETEC-F18 không đạt hiệu quả tốt (Luppi & ctv., 2016). Do đó, nghiên cứu của Tiels & ctv. (2008) đã dung hợp thành công vùng FedF của F18 với protein liên kết maltose (maltose-binding protein, MBP), sau đó kết hợp với tiêm mao F4 toàn phần giúp protein tái tổ hợp có thể bám lên niêm mạc ruột, tạo ra đáp ứng miễn dịch đặc hiệu. Ở thí nghiệm này, 5 nhóm heo dương tính với F4, F18 ETEC được thực hiện thí nghiệm, bao gồm nhóm điều trị bằng MBPFedF (số lượng 6 con), nhóm điều trị bằng MBPFedF và F4 không kết hợp (số lượng 6 con), nhóm điều trị bằng MBPFedF kết hợp F4 (số lượng 6 con) và 2 nhóm đối chứng âm không bổ sung MBPFedF và F4 (số lượng 11 con). Kết quả cho thấy chỉ có nhóm điều trị bằng MBPFedF kết hợp với F4 tạo ra kháng thể đặc hiệu kháng tiêm mao F18 và tiêm mao F4, lượng vi khuẩn ETEC-F18 trong phân được ghi nhận trong 10 ngày từ nhóm này giảm đáng kể (từ 107 vi khuẩn có trong 1 gram phân xuống còn 101) sau lần tiêm chủng thứ ba. Sự kết hợp là tiềm năng để trở thành ứng cử viên trong việc phát triển vắc-xin chống được

cả ETEC-F4 và ETEC-F18 trong tương lai. Tuy nhiên, vẫn chưa quan sát được khả năng bảo vệ hoàn toàn cũng như tính ổn định của vắc-xin do khả năng tồn tại kém của FedF trong dạ dày, cụ thể ở pH=3 lượng MBPFedF giảm đáng kể và không được phát hiện sau 60 phút.

Như đã đề cập ở phần trên, F4 và F18 là tiêm mao phổ biến gây bệnh PWD. Tiêm mao F4 gồm có 3 biến thể là F4ab, F4ac, và F4ad, trong đó F4ac được xem là biến thể chính gây bệnh PWD, trong khi đó biến thể của tiêm mao F18 là, F18ac và F18ac thường liên quan đến vi khuẩn ETEC gây bệnh PWD (Rhouma & ctv., 2017). Do đó, nhóm nghiên cứu của Nadeau & ctv. (2017), đã thiết kế vắc-xin nhị giá dạng uống bằng cách kết hợp biến thể kháng nguyên của F4 (F4ac) và biến thể kháng nguyên của F18 (F18ac) tạo miễn dịch chủ động bảo vệ heo. Ở thí nghiệm này, hai mô hình được sử dụng là heo bị nhiễm ETEC-F18 (số lượng 48 con) và bị nhiễm ETEC-F4 (số lượng 40 con), mỗi mô hình được chia đều làm hai nhóm: nhóm 7 ngày sau tiêm chủng và nhóm 21 ngày sau tiêm chủng. Kết quả cho thấy rằng, ở mô hình ETEC-F18, 75% heo đối chứng (không tiêm vắc-xin) bị tiêu chảy từ trung bình đến nặng và không có heo tiêm phòng nào bị tiêu chảy sau 7 ngày tiêm chủng. Tương tự ở nhóm 21 ngày sau tiêm, không có heo tiêm phòng nào tiêu chảy từ vừa đến nặng; ngoài ra, khối lượng cũng tăng lên đáng kể ở nhóm 7 ngày và 21 ngày tương ứng là 0,16 kg/ngày và 0,39 kg/ngày. Ở mô hình ETEC-F4, các đối chứng (không tiêm vắc-xin) chỉ bị tiêu chảy nhẹ không quá nghiêm trọng đến sức khỏe, do đó khó xác định được thời gian bảo vệ cụ thể, điều này có thể giải thích là do ETEC-F4 ít có khả năng xâm nhiễm đường ruột ở những con heo già hơn, tuy nhiên vẫn quan sát được sự bảo vệ của vắc-xin khỏi ETEC-F4. Không những thế, vắc-xin nhị giá còn tạo ra kháng thể IgM và IgA bảo vệ heo khỏi biến thể F18ac mà còn kháng chéo với biến thể F18ab. Tuy nhiên, sự bảo vệ với các biến thể còn lại của F4ab và F4ad vẫn chưa được ghi nhận.

Duan & ctv. (2020) đã thiết kế vắc-xin đa trị phòng ETEC-F4, F5 (K99), F6 (987P), F18, F41, bằng cách sử dụng phương pháp MEFA (multiepitope fusion antigen). Ở thí nghiệm này, vắc-xin đa trị được tạo ra bằng cách sử dụng tiểu đơn vị kết dính của 5 tiêm mao F4, F5, F6, F18, F41, cụ thể FaeG của tiêm mao F4 và FedF của tiêm mao F18 là khung sườn để gắn epitope của tiểu đơn vị FanC của tiêm mao F5, tiểu đơn vị FasA của tiêm mao F6 và Fim41a tiểu đơn vị của fimbria F41. Để đánh giá khả năng sinh miễn dịch của protein MEFA, 3 nhóm chuột (mỗi nhóm 15 con) được tiêm chủng, bao gồm: nhóm 1 (được tiêm với liều lượng 50 µg protein FaeG–Fim41a–FanC–FasA MEFA kết hợp với 50 µg FedF–FasA–Fim41a–FanC), nhóm 2 (100 µg protein FaeG–FedF–FanC–FasA–Fim41a MEFA), và nhóm 3 là nhóm đối chứng (tiêm 200 µL dung dịch PBS). Sau đó, thu huyết thanh để kiểm tra, thực hiện các thử nghiệm *in vitro* để đánh giá khả năng kháng của kháng thể đối với 5 tiêm mao trên. Kết quả cho thấy rằng những con chuột được tiêm bởi vắc-xin này đã đáp ứng miễn dịch tạo ra các kháng thể kháng ETEC có các tiêm mao kể trên và ức chế được sự bám dính của chúng lên tế bào biểu mô ruột non của heo. Đặc biệt nhóm 2 tạo khả năng sinh miễn dịch cũng như ức chế sự bám dính tốt nhất. Ở nhóm 2, chủng ngừa FaeG–FedF–FanC–FasA–Fim41a cho thấy giảm kết dính đáng kể giữa các tế bào IPEC-1 với các chủng F4, F18, F5, F6, F41 ETEC lần lượt là 70%, 71 %, 75%, 72% và 65%, đối với các tế bào IPEC-J2 lần lượt là 58%, 76%, 84%, 69% và 62%. Tuy vẫn chưa có các thử nghiệm *in vivo* trên heo để có thể đánh giá độ hiệu quả, nhưng vắc-xin đa trị hứa hẹn sẽ là biện pháp tiềm năng trong tương lai với việc sản xuất các kháng thể có khả năng phản ứng chéo với các tiêm mao gây bệnh từ các chủng ETEC khác nhau, cung cấp sự bảo vệ toàn diện cho heo chống lại PWD.

Qua đó, ta có thể thấy rằng, tiềm năng ứng dụng vào vắc-xin của các tiêm mao nói chung và F18 nói riêng là vô cùng quan trọng. Các nghiên

cứu trên đã mang đến những tác động mạnh mẽ trong việc phát triển vắc-xin phòng PWD cũng như tác động tích cực đến ngành chăn nuôi heo trong và ngoài nước.

5. Kết Luận

Enterotoxigenic *Escherichia coli* là nguyên nhân chính gây nên PWD ở heo, trong đó tiêm mao F18 là nhân tố có vai trò quan trọng trong quá trình hình thành bệnh ở heo. Với cấu trúc được cấu tạo từ 5 tiểu đơn vị, F18 có khả năng bám vào tế bào ruột ở heo thông qua tiểu đơn vị FedF, từ đó tiết các độc tố gây tiêu chảy khiến cho heo bài tiết quá mức dẫn đến tử vong. Trong tổng quan này, chúng tôi đã tổng hợp, trình bày sơ lược cấu trúc, quá trình sinh tổng hợp, chức năng cũng như tiềm năng ứng dụng của tiêm mao F18 trong việc phát triển vắc-xin. Tuy hiện nay vẫn chưa có biện pháp nào hiệu quả để phòng chống ETEC-F18 ở heo, nhưng đã có nhiều nghiên cứu nhằm cải thiện hiệu quả vắc-xin phòng ETEC-F18, từ đó hướng đến việc sản xuất, thương mại hóa 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 nào giữa các tác giả.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Barth, S., Schwanitz, A., & Bauerfeind, R. (2011). Polymerase chain reaction-based method for the typing of F18 fimbriae and distribution of F18 fimbrial subtypes among porcine Shiga toxin-encoding *Escherichia coli* in Germany. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 23(3), 454-464. <https://doi.org/10.1177/1040638711403417>.
- Busch, A., Phan, G., & Waksman, G. (2015). Molecular mechanism of bacterial type 1 and P pili assembly. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 373(2036), 20130153. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0153>.

- Busch, A., & Waksman, G. (2012). Chaperone-usher pathways: diversity and pilus assembly mechanism. *Philosophical Transactions of the Royal Society London. Series B, Biological Sciences* 367(1592), 1112-1122. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0206>.
- Duan, Q., Pang, S., Wu, W., Jiang, B., Zhang, W., Liu, S., Wang, X., Pan, Z., & Zhu, G. (2020). A multivalent vaccine candidate targeting enterotoxigenic *Escherichia coli* fimbriae for broadly protecting against porcine post-weaning diarrhea. *Veterinary Research* 51(1), 93. <https://doi.org/10.1186/s13567-020-00818-5>.
- Duan, Q., Wu, W., Pang, S., Pan, Z., Zhang, W., & Zhu, G. (2020). Coimmunization with two enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) fimbrial multiepitope fusion antigens induces the production of neutralizing antibodies against five ETEC fimbriae (F4, F5, F6, F18, and F41). *Applied and Environmental Microbiology* 86(24), e00217-00220. <https://doi.org/10.1128/AEM.00217-20>.
- Dubreuil, J. D., Isaacson, R. E., & Schifferli, D. M. (2016). Animal enterotoxigenic *Escherichia coli*. *EcoSal Plus* 7(1). <https://doi.org/10.1128/ecosalplus.ESP-0006-2016>.
- Fairbrother, J. M., Nadeau, É., & Gyles, C. L. (2005). *Escherichia coli* in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. *Animal Health Research Reviews* 6(1), 17-39. <https://doi.org/10.1079/ahr2005105>.
- Frydendahl, K. (2002). Prevalence of serogroups and virulence genes in *Escherichia coli* associated with postweaning diarrhoea and edema disease in pigs and a comparison of diagnostic approaches. *Veterinary Microbiology* 85(2), 169-182. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(01\)00504-1](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(01)00504-1).
- Gold, M. (2020). *Post-weaning diarrhea in pigs farming*. Retrieved April 15, 2023, from <https://msgold.eu/en/diseases/pigs/post-weaning-diarrhea>.
- Hahn, E., Wild, P., Schraner, E. M., Bertschinger, H. U., Häner, M., Müller, S. A., & Aebi, U. (2000). Structural analysis of F18 fimbriae expressed by porcine toxigenic *Escherichia coli*. *Journal of Structural Biology* 132(3), 241-250. <https://doi.org/10.1006/jsbi.2000.4323>.
- Holland, R. E. (1990). Some infectious causes of diarrhea in young farm animals. *Clinical Microbiology Reviews* 3(4), 345-375. <https://doi.org/10.1128/CMR.3.4.345>.
- Holman, D. B., & Chénier, M. R. (2015). Antimicrobial use in swine production and its effect on the swine gut microbiota and antimicrobial resistance. *Canadian Journal of Microbiology* 61(11), 785-798. <https://doi.org/10.1139/cjm-2015-0239>.
- Luppi, A., Gibellini, M., Gin, T., Vangroenweghe, F., Vandenbroucke, V., Bauerfeind, R., Bonilauri, P., Labarque, G., & Hidalgo, A. (2016). Prevalence of virulence factors in enterotoxigenic *Escherichia coli* isolated from pigs with post-weaning diarrhoea in Europe. *Porcine Health Management* 2, 20. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0039-9>.
- Mai, G. Q., Le, T. V. N., & Tran, H. V. (2020). Cloning and surface expression of F18 fimbria on *Pichia pastoris*'s cell wall. *Can Tho University Journal of Science* 56(6), 139-145. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2020.152>.
- Melkebeek, V., Goddeeris, B. M., & Cox, E. (2013). ETEC vaccination in pigs. *Veterinary Immunology Immunopathology* 152(1-2), 37-42. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2012.09.024>.
- Moonens, K., Bouckaert, J., Coddens, A., Tran, T., Panjikar, S., Kerpel, M. D., Cox, E., Remaut, H., & Greve, H. D. (2012). Structural insight in histo-blood group binding by the F18 fimbrial adhesin FedF. *Molecular Microbiology* 86(1), 82-95. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2012.08174.x>.
- Moonens, K., Kerpel, M. D., Coddens, A., Cox, E., Pardon, E., Remaut, H., & Greve, H. D. (2014). Nanobody mediated inhibition of attachment of F18 fimbriae expressing *Escherichia coli*. *PLoS One* 9(12), e114691. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114691>.

- Nadeau, E., Fairbrother, J. M., Zentek, J., Belanger, L., Tremblay, D., Tremblay, C. L., Röhe, I., Vahjen, W., Brunelle, M., Hellmann, K., Cvejic, D., Brunner, B., Schneider, C., Bauer, K., Wolf, R., & Hidalgo, A. (2017). Efficacy of a single oral dose of a live bivalent *E. coli* vaccine against post-weaning diarrhea due to F4 and F18-positive enterotoxigenic *E. coli*. *Veterinary Journal* 226, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.07.004>.
- Nadeau, E., Tremblay, D., Bélanger, L., Cvejic, D., Bauer, K., Schneider, C., Hellmann, K., & Hidalgo, A. (2016). Field efficacy of Coliprotec® F4, live oral vaccine against post-weaning diarrhoea caused by F4-enterotoxigenic *E. coli* (F4-ETEC), in German pig farms. In Lima Alvares da Silva, C. (Ed.), *Proceedings of the 24th International Pig Veterinary Society Congress* (PO-PC02-007). Dublin, Ireland: International Pig Veterinary Society.
- Phan, G., Remaut, H., Wang, T., Allen, W. J., Pirker, K. F., Lebedev, A., Henderson, N. S., Geibel, S., Volkan, E., Yan, J., Kunze, M. B. A., Pinkner, J. S., Ford, B., Kay, C. W. M., Li, H., Hultgren, S. J., Thanassi, D. G., & Waksman, G. (2011). Crystal structure of the FimD usher bound to its cognate FimC-FimH substrate. *Nature* 474(7349), 49-53. <https://doi.org/10.1038/nature10109>.
- Rhouma, M., Fairbrother, J. M., Beaudry, F., & Letellier, A. (2017). Post weaning diarrhea in pigs: risk factors and non-colistin-based control strategies. *Acta Veterinaria Scandinavica* 59(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0299-7>.
- Sauer, F. G., Remaut, H., Hultgren, S. J., & Waksman, G. (2004). Fiber assembly by the chaperone-usher pathway. *Biochimica et Biophysica Acta* 1694(1-3), 259-267. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2004.02.010>.
- Tiels, P., Verdonck, F., Coddens, A., Ameloot, P., Goddeeris, B., & Cox, E. (2007). Monoclonal antibodies reveal a weak interaction between the F18 fimbrial adhesin FedF and the major subunit FedA. *Veterinary Microbiology* 119(2-4), 115-120. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.08.032>.
- Tiels, P., Verdonck, F., Coddens, A., Goddeeris, B., & Cox, E. (2008). The excretion of F18+ *E. coli* is reduced after oral immunisation of pigs with a FedF and F4 fimbriae conjugate. *Vaccine* 26(17), 2154-2163. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2008.01.054>.
- Vangroenweghe, F. A. C. J., & Boone, M. (2022). Vaccination with an Escherichia coli F4/F18 vaccine improves piglet performance combined with a reduction in antimicrobial use and secondary infections due to *Streptococcus suis*. *Animals* (Basel). 12(17), 2231. <https://doi.org/10.3390/ani12172231>.
- Verdonck, F., Tiels, P., Gog, K. V., Goddeeris, B. M., Lycke, N., Clements, J., & Cox, E. (2007). Mucosal immunization of piglets with purified F18 fimbriae does not protect against F18+ *Escherichia coli* infection. *Veterinary Immunology Immunopathology* 120(3-4), 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.06.018>.
- Waksman, G., & Hultgren, S. J. (2009). Structural biology of the chaperone-usher pathway of pilus biogenesis. *Nature Review Microbiology* 7(11), 765-774. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2220>.
- Werneburg, G. T., Henderson, N. S., Portnoy, E. B., Sarowar, S., Hultgren, S. J., Li, H., & Thanassi, D. G. (2015). The pilus usher controls protein interactions via domain masking and is functional as an oligomer. *Nature Structural & Molecular Biology* 22(7), 540-546. <https://doi.org/10.1038/nsmb.3044>.
- Woof, J. M., & Kerr, M. A. (2006). The function of immunoglobulin A in immunity. *The Journal of Pathology* 208(2), 270-282. <https://doi.org/10.1002/path.1877>.
- Zav'yalov, V., Zavialov, A., Zav'yalova, G., & Korpela, T. (2010). Adhesive organelles of Gram-negative pathogens assembled with the classical chaperone/usher machinery: structure and function from a clinical standpoint. *FEMS Microbiology Reviews* 34(3), 317-378. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2009.00201.x>.

Impact of cultivation conditions on biomass yield and lipid content of *Scenedesmus obliquus*

Huong T. G. Thach, Hong T. Tran, Anh T. V. Nguyen, & Khang V. Huynh*

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

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: June 14, 2023

Revised: July 07, 2023

Accepted: July 17, 2023

Keywords

Culture conditions

Lipids

Nitrogen

Phosphorus

Scenedesmus obliquus

*Corresponding author

Huynh Vinh Khang

Email: khanghv@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Microalgae have currently been considered as a promising feedstock for biodiesel production. The accumulation of microalgal lipids is species-specific and largely dependent upon cultivation conditions. The present study aimed to investigate the biomass productivity and lipid content of *Scenedesmus obliquus* cultivated under nitrogen (N)- and phosphorus (P)-depleted conditions. The highest microalgal density was $38.0 \pm 3.5 \times 10^6$ cell/mL after 12 days of cultivation in the standard Bold's Basal Medium (BBM) and significantly decreased with decreasing N concentrations in the media, with the density of $1.4 \pm 0.5 \times 10^6$, $21.5 \pm 1.4 \times 10^6$, $25.7 \pm 4.9 \times 10^6$, and $33.5 \pm 1.2 \times 10^6$ cell/mL in the nutrient solutions containing 0, 25, 50, and 75% N, respectively. Conversely, the P concentrations showed negligible effects on the growth of *S. obliquus* across all treatments. Overall, the lipid accumulation of *S. obliquus* increased with decreasing N and P concentrations. The results revealed that N-starvation yielded the highest microalgal lipid content of 184.1 ± 17.4 mg/g d.w., whereas that under N-sufficient condition was only 80.0 ± 9.8 mg/g d.w. Likewise, the lipid content was almost double when *S. obliquus* was grown in the modified BBM containing half of P concentration of the standard medium. Taken together, this study demonstrates that alteration of the nutrients is an effective approach for enhancing lipid accumulation in *S. obliquus*.

Cited as: Thach, H. T. G., Tran, H. T., Nguyen, A. T. V., & Huynh, K. V. (2023). Impact of cultivation conditions on biomass yield and lipid content of *Scenedesmus obliquus*. *The Journal of Agriculture and Development* 22(5), 57-67.

Ảnh hưởng của điều kiện nuôi cấy đến khả năng sinh trưởng và tích lũy lipid của vi tảo *Scenedesmus obliquus*

Thạch Thị Giang Hương, Trần Thị Hồng, Nguyễn Thị Vân Anh & Huỳnh Vĩnh Khang*

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

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 14/06/2023

Ngày chỉnh sửa: 07/07/2023

Ngày chấp nhận: 17/07/2023

Từ khóa

Điều kiện nuôi cấy

Lipid

Nitơ

Photpho

Scenedesmus obliquus

*Tác giả liên hệ

Huỳnh Vĩnh Khang

Email: khanghv@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, vi tảo được xem là nguồn nguyên liệu đầy hứa hẹn để sản xuất nhiên liệu sinh học. Sự tích lũy lipid tùy thuộc vào từng loài vi tảo cũng như điều kiện nuôi cấy. Nghiên cứu này nhằm khảo sát ảnh hưởng của nitơ (N) và photpho (P) đến khả năng sinh trưởng và tích lũy lipid của vi tảo *Scenedesmus obliquus*. Mật độ vi tảo ghi nhận cao nhất là $38,0 \pm 3,5 \times 10^6$ tế bào/mL sau 12 ngày nuôi cấy trong môi trường Bold's Basal Medium (BBM) gốc và giảm rõ rệt khi nồng độ N giảm dần, với mật độ lần lượt là $1,4 \pm 0,5 \times 10^6$; $21,5 \pm 1,4 \times 10^6$; $25,7 \pm 4,9 \times 10^6$; và $33,5 \pm 1,2 \times 10^6$ tế bào/mL tương ứng với 0, 25, 50, và 75% N. Ngược lại, nồng độ P không có ảnh hưởng đáng kể đến sinh khối vi tảo ở tất cả các nghiệm thức. Nhìn chung, sự tích lũy lipid của *S. obliquus* tăng khi nồng độ N và P trong môi trường nuôi cấy giảm. Kết quả cho thấy hàm lượng lipid đạt cao nhất ($184,1 \pm 17,4$ mg/g sinh khối khô) khi nuôi cấy vi tảo trong môi trường cạn kiệt N; trong khi đó, hàm lượng lipid chỉ đạt $80,0 \pm 9,8$ mg/g sinh khối khô khi cung cấp đầy đủ N. Tương tự, hàm lượng lipid cũng tăng gấp đôi khi vi tảo được nuôi cấy trong môi trường chỉ chứa 50% P so với môi trường BBM gốc. Nghiên cứu này chứng minh rằng điều chỉnh môi trường dinh dưỡng là một hướng đi hiệu quả để gia tăng sự tích lũy lipid của vi tảo *S. obliquus*.

1. Đặt Vấn Đề

Vi tảo là nguồn nguyên liệu phù hợp để sản xuất nhiên liệu sinh học (biodiesel) vì có khả năng quang hợp cao, tốc độ sinh trưởng nhanh, và sinh khối thu được chứa hàm lượng lipid cao, có tiềm năng thay thế dầu mỏ và thân thiện với môi trường (Gouveia & Oliveira, 2009). Khai thác vi tảo để sản xuất nhiên liệu sinh học không gây ảnh hưởng đến việc sản xuất lương thực thực phẩm, thức ăn gia súc, và không cạnh tranh đất canh tác với các loại cây trồng khác (Chisti, 2007).

Mặt khác, vi tảo còn sử dụng khí CO₂ trong quá trình quang hợp, góp phần làm giảm hiệu ứng nhà kính (Putt & ctv., 2011). Vi tảo *Scenedesmus obliquus* có khả năng sinh trưởng và phát triển bằng quang tự dưỡng và quang dị dưỡng, có khả năng cố định CO₂, tạo nhiều sinh khối, và tích lũy lipid ở mức cao. Các nghiên cứu hiện tại về vi tảo *Scenedesmus* sp. chủ yếu tập trung vào việc xử lý nước thải và tăng sản lượng sinh khối chứ chưa chú trọng nhiều đến khai thác khả năng tích lũy lipid phục vụ sản xuất nhiên liệu sinh học.

Quá trình sinh trưởng và tích lũy lipid của vi tảo chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như ánh sáng, nhiệt độ, pH và thành phần môi trường dinh dưỡng; trong đó nitơ (N) và photpho (P) có ảnh hưởng lớn nhất đến hàm lượng cũng như thành phần lipid trong tế bào vi tảo (Brindhadevi & ctv., 2021; Yaakob & ctv., 2021). Thiếu hụt N/P tác động đến các quá trình sinh hóa bên trong tế bào; khi đó, dòng carbon dùng cho quang hợp và tổng hợp protein sẽ dịch chuyển sang sinh tổng hợp các hợp chất cao phân tử giàu năng lượng (chủ yếu là lipids). Shen & ctv. (2015) nhận thấy vi tảo *Chlorella vulgaris* tích lũy lipid cao gấp khoảng 3 lần khi được nuôi cấy trong môi trường không chứa N. Mặt khác, dưới điều kiện cường độ ánh sáng cao và thiếu N/P, các tế bào vi tảo tăng cường tích lũy một lượng lớn lipid ở dạng triacylglycerol (TAG) (Chisti, 2007; Hu & ctv., 2008). Dạng TAG được xem là một nguồn nguyên liệu rất phù hợp để sản xuất nhiên liệu sinh học.

Do đó, nghiên cứu này được tiến hành nhằm khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố dinh dưỡng trong môi trường nuôi cấy, gồm N và P, đến khả năng sinh trưởng và tích lũy lipid của vi tảo *S. obliquus*, làm tiền đề cho việc sản xuất nhiên liệu sinh học có nguồn gốc từ vi tảo.

2. Vật Liệu và Phương Pháp Nghiên Cứu

2.1. Vật Liệu

Vi tảo *Scenedesmus obliquus* được cung cấp bởi Viện Nghiên cứu và Nuôi trồng Thủy sản II (TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam). Sau đó, vi tảo được nhân giống trong các bình thủy tinh chứa 500 mL môi trường Bold's Basal Medium (BBM) (Bảng 1), ở điều kiện nhiệt độ phòng $29 \pm 2^\circ\text{C}$, sục khí liên tục (2,7 L/phút), và chiếu sáng liên tục bằng bóng đèn LED 18W ở cường độ khoảng 3.500 lux.

Bảng 1. Thành phần môi trường Bold's Basal Medium

Thành phần	Nồng độ (g/L)
NaNO_3	0,250
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,075
NaCl	0,025
K_2HPO_4	0,075
KH_2PO_4	0,175
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,025
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,005
KOH	0,025
$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,050
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,222
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,81
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,39
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,049
H_3BO_3	2,86
H_2SO_4	1 mL

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Ảnh hưởng của N đến sinh trưởng và tích lũy lipid của *S. obliquus*

Vi tảo được nuôi cấy trong các môi trường có nồng độ N được điều chỉnh tương ứng với 0, 25, 50, 75, 100% nồng độ N (dưới dạng NaNO_3) so với môi trường BBM gốc (Bảng 1). Nghiệm thức 100% nồng độ N (chứa 0,250 g NaNO_3 /L) được dùng làm đối chứng. Khoảng 50 mL vi tảo sau nhân giống (mật độ $4,9 \times 10^3$ tế bào/mL) được cho vào 3.900 mL môi trường dinh dưỡng tương ứng với từng nghiệm thức. Mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần và được nuôi cấy ở điều kiện tương tự mục 2.1. Sau mỗi 4 ngày, môi trường dinh dưỡng tương ứng với các nghiệm thức được thêm vào các bình nuôi cấy để bù vào lượng nước thất thoát do bay hơi. Sự sinh trưởng của vi tảo được đánh giá 4 ngày/lần thông qua giá trị độ hấp thụ của dung dịch tảo ở bước sóng 680 nm (OD_{680} , Jenway 6850, Anh). Sau đó, mật độ tế bào vi tảo được tính toán dựa theo phương trình đường chuẩn $y = 0,05x + 0,06$ ($R^2 = 0,997$) được xây dựng bởi nhóm nghiên cứu; trong đó x và y lần lượt là mật độ tế bào ($\times 10^6$ tế bào/mL) và mật độ quang (OD_{680}).

Sinh khối vi tảo được thu sau 12 ngày nuôi cấy bằng cách lọc qua giấy lọc định tính 102 (Newstar, Trung Quốc) và sấy ở 70°C đến khối lượng không đổi trước khi tách chiết lipid.

2.2.2. Ảnh hưởng của P đến sinh trưởng và tích lũy lipid của *S. obliquus*

Vi tảo được nuôi cấy trong các môi trường có nồng độ P được điều chỉnh tương ứng với 0, 25, 50, 75 và 100% nồng độ P (dưới dạng K_2HPO_4 và KH_2PO_4) so với môi trường BBM gốc (Bảng 1). Nghiệm thức 100% nồng độ P (chứa 0,075 g K_2HPO_4 /L và 0,175 g KH_2PO_4 /L) được dùng làm đối chứng. Khoảng 50 mL vi tảo sau nhân giống (mật độ $4,9 \times 10^3$ tế bào/mL) được cho vào 3.900 mL môi trường dinh dưỡng

tương ứng với từng nghiệm thức. Các điều kiện thí nghiệm tương tự như mục 2.2.1.

2.2.3. Tách chiết lipid từ vi tảo

2.2.3.1. Phương pháp 1: Phương pháp chiết xuất Soxhlet

Cân $1 \pm 0,0001$ g sinh khối tảo khô vào cốc thủy tinh, thêm 50 mL hexane, đánh sóng siêu âm (công suất 500 W) trong 30 phút ở nhiệt độ phòng, và ngâm qua đêm. Sau đó, mẫu được chiết với thiết bị Soxhlet trong 6 giờ. Hỗn hợp dịch chiết được chứa trong bình cầu, cô quay chân không để loại dung môi và sấy ở 50 - 60°C trong 8 giờ (VS, 2009). Bình cầu chứa lipid sau khi sấy được lấy ra để nguội trong bình hút ẩm đến nhiệt độ phòng, cân và ghi nhận khối lượng. Hàm lượng lipid của vi tảo được tính toán theo công thức: $X = (m_1 \times 100)/m$, trong đó X (%) là hàm lượng lipid; m_1 (g) là khối lượng lipid thu được sau cô quay; và m (g) là khối lượng tảo khô dùng chiết lipid.

2.2.3.2. Phương pháp 2: Dung môi hexane:methanol (1:1), chloroform:methanol (2:1), và hexane có hỗ trợ sóng siêu âm

Cân $1 \pm 0,0001$ g sinh khối tảo khô và gói bằng giấy lọc, cho vào cốc thủy tinh và thêm vào 50 mL lần lượt từng hệ dung môi, gồm hexane:methanol (1:1), chloroform:methanol (2:1), và hexane (Malekzadeh & ctv., 2016; Shin & ctv., 2018; Zarrinmehr & ctv., 2022). Mẫu được đánh sóng siêu âm (công suất 500 W) trong 30 phút ở nhiệt độ phòng và ngâm qua đêm. Sau đó lọc lấy dịch chiết, thêm dung môi và lặp lại các bước ly trích như trên cho đến khi dịch chiết không còn tạo vết mờ trên giấy thấm dầu (Whatman, Anh) (cho 3 - 5 giọt dung dịch lên giấy, đợi dung môi bay hơi hết và quan sát bề mặt). Gộp dịch chiết từ các lần trích, cô quay chân không để loại dung môi và tính toán tương tự như mục 2.2.3.1.

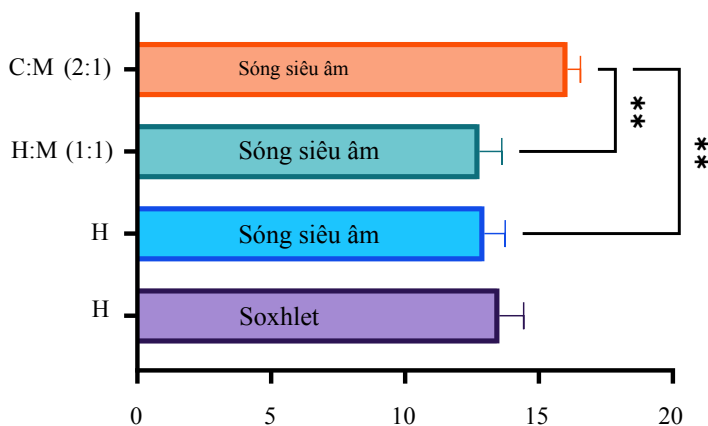
2.2.4. Phân tích thống kê

Dữ liệu được thể hiện dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của ba lần lặp lại. Phân tích phương sai ANOVA và hậu kiểm Tukey's HSD hoặc Dunnett bằng phần mềm GraphPad Prism 9.5 được sử dụng để nhận biết sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức ($P < 0,05$).

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Hiệu suất chiết xuất lipid từ vi tảo *S. obliquus*

Hiệu suất chiết xuất lipid từ sinh khối vi tảo *S. obliquus* được thể hiện ở Hình 1. Khi có hỗ trợ của sóng siêu âm, hệ dung môi chloroform:methanol (2:1) cho hiệu suất lipid cao nhất ($16,1 \pm 0,5\%$), cao hơn đáng kể so với dung môi hexane ($13,0 \pm 0,8\%$; $P = 0,004$) và hệ dung môi hexane:methanol (1:1) ($12,8 \pm 0,8\%$; $P = 0,003$). Sử dụng dung môi hexane, hiệu suất lipid khi ly trích bằng phương pháp Soxhlet truyền thống đạt $13,5 \pm 0,9\%$ và không khác biệt có ý nghĩa so với phương pháp sóng siêu âm ($P > 0,05$).



Hình 1. Hàm lượng lipid từ *S. obliquus* (%) được ly trích bằng cách phương pháp khác nhau. C: chloroform, H: hexane, M: methanol. **: $P < 0,01$.

Các nghiên cứu trước đây cho thấy chloroform:methanol (2:1) và hexane:methanol (1:1) là hai hệ dung môi phù hợp cho quá trình ly trích lipid từ các loài vi tảo (Abomohra & ctv., 2016; Shin & ctv., 2018; Zarrinmehr & ctv., 2022). Theo Ellison & ctv. (2019), hexane (dung môi không phân cực) chỉ ly trích được nhóm lipid trung tính từ tế bào vi tảo. Trong khi đó, hệ dung môi chloroform:methanol (2:1) có khả năng ly trích cả các nhóm lipid khác liên kết trên màng tế bào, dẫn đến hiệu suất ly trích lipid cao hơn so với hexane. Theo Abomohra & ctv. (2016), khi sử dụng đồng thời hỗn hợp dung môi có độ phân

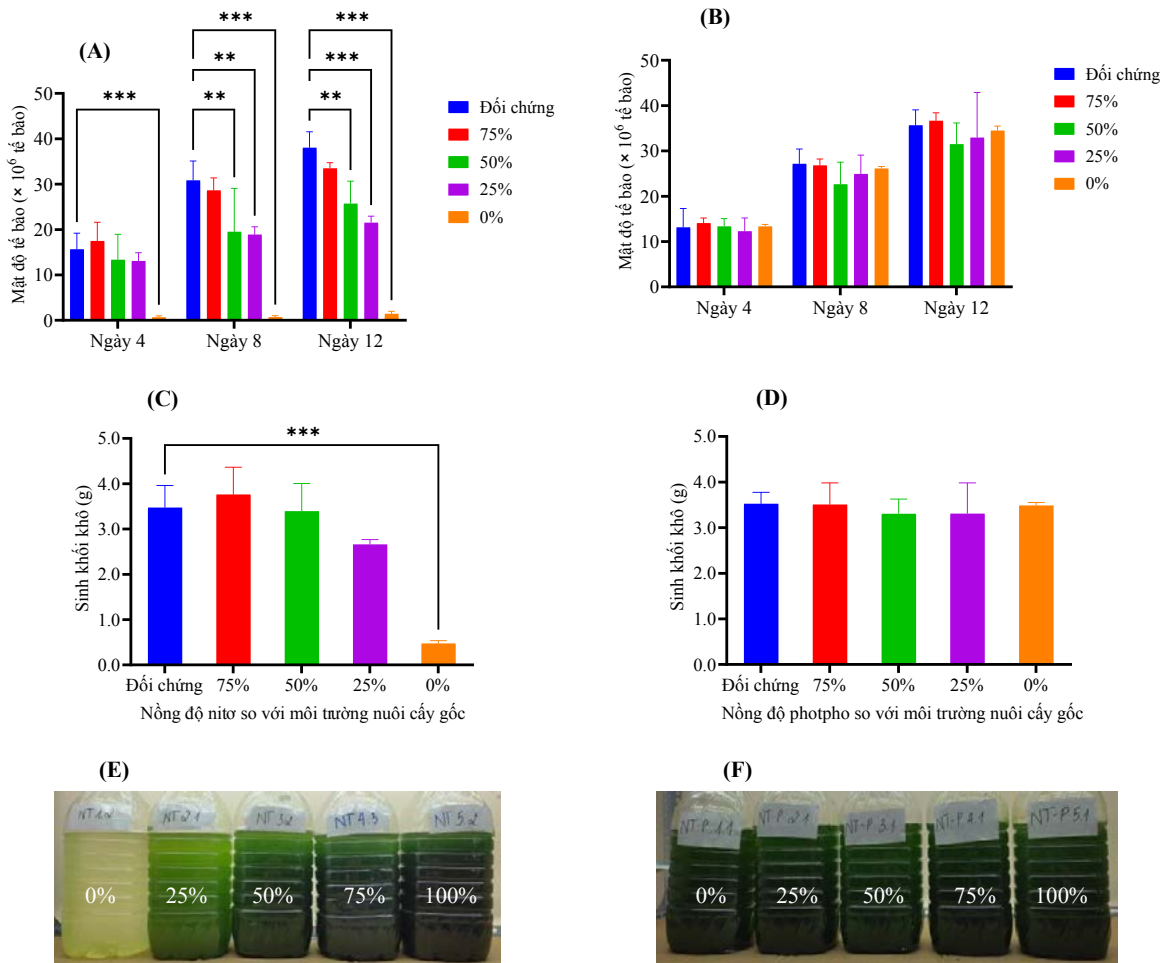
cực khác nhau, lipid từ phức hợp lipid-protein sẽ được ly trích bởi dung môi phân cực và sau đó sẽ hòa tan vào dung môi không phân cực. Hiệu suất ly trích lipid từ vi tảo cũng phụ thuộc vào bản chất của từng loại dung môi (Abomohra & ctv., 2016). Ly trích lipid là một bước quan trọng trong quá trình sản xuất nhiên liệu sinh học. Hai phương pháp Folch và Bligh & Dyer, sử dụng hệ dung môi chloroform và methanol, được sử dụng rộng rãi và cho hiệu quả chiết xuất lipid cao nhất (Mansour & ctv., 2019). Tuy nhiên, dung môi chloroform có độc tính cao, gây ra nhiều ảnh hưởng tiêu cực tới môi trường và sức khỏe con

người (Zhou & ctv., 2022). Kết quả cũng cho thấy hiệu suất chiết lipid từ tế bào vi tảo bằng dung môi hữu cơ có hỗ trợ sóng siêu âm cao hơn hoặc tương đồng so với phương pháp Soxhlet truyền thống, giúp tiết kiệm thời gian và năng lượng sử dụng trong quá trình chiết xuất. Do đó, hệ dung môi hexane:methanol (1:1) đã được chọn để ly trích lipid từ vi tảo *S. obliquus* ở những thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của N và P đến sinh trưởng của vi tảo *S. obliquus*

Ảnh hưởng của N và P đến khả năng sinh trưởng của *S. obliquus* được trình bày ở Hình 2. Ở tất cả các nghiệm thức, mật độ tế bào vi tảo tăng đáng kể liên tục trong suốt thời gian nuôi cấy ($P < 0,001$) và đạt giá trị cao nhất vào ngày thứ 12. Tuy nhiên, tốc độ phát triển của vi tảo tại từng thời điểm thu mẫu thay đổi phụ thuộc vào nồng độ N và P có trong môi trường nuôi cấy (Hình 2A-B). Vi tảo được nuôi trong môi trường không bổ sung N phát triển chậm nhất, chỉ đạt

$1,4 \pm 0,5 \times 10^6$ tế bào/mL sau 12 ngày nuôi cấy. Mặt khác, mật độ tế bào cao nhất quan sát được ở nghiệm thức đối chứng (môi trường BBM gốc), đạt $38,0 \pm 3,5 \times 10^6$ tế bào/mL. Kết quả cũng cho thấy mật độ tế bào ở nghiệm thức chứa 75% N không khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức đối chứng ($P = 0,428$); tuy nhiên, khi môi trường nuôi cấy chỉ chứa 50 và 25% N so với môi trường BBM gốc, mật độ tế bào vi tảo đã giảm đáng kể (lần lượt $P = 0,002$ và $P < 0,001$). Thiếu N gây bất lợi cho sự sinh trưởng và phát triển của các loài vi tảo do quá trình sinh tổng hợp chlorophyll và protein bị ức chế (Nagappan & ctv., 2020). Đối với P, mật độ tế bào vi tảo cũng tăng lên đáng kể ($P < 0,001$) trong suốt thời gian nuôi cấy, đạt giá trị cao nhất vào ngày thứ 12 ở tất cả các nghiệm thức. Mật độ tế bào cao nhất quan sát được ở nghiệm thức chứa 75% P, đạt $36,6 \pm 1,8 \times 10^6$ tế bào/mL và thấp nhất ở nghiệm thức chứa 50% P ($31,5 \pm 4,7 \times 10^6$ tế bào/mL). Kết quả cho thấy mật độ tế bào vi tảo thay đổi không đáng kể ở tất cả các nghiệm thức trong các lần thu mẫu ($P > 0,05$).



Hình 2. Ảnh hưởng của N và P đến mật độ tế bào (A và B) và sinh khối khô (C và D) của vi tảo *S. obliquus*. Các hình E (thí nghiệm N) và F (thí nghiệm P) được chụp khi thu mẫu sau 12 ngày nuôi cấy. **: $P < 0,01$ và ***: $P < 0,001$.

Sinh khối khô (SKK) của vi tảo *S. obliquus* sau 12 ngày nuôi cấy được thể hiện ở Hình 2C-D. Khi không được cung cấp N, quá trình sinh trưởng của vi tảo bị ức chế, với khối lượng SKK chỉ đạt $0,47 \pm 0,06$ g/bình; trong khi đó ở thí nghiệm đối chứng, SKK của vi tảo là $3,47 \pm 0,49$ g/bình ($P < 0,001$). Ở các nồng độ N khác, sinh trưởng của vi tảo không có thay đổi đáng kể so với đối chứng ($P > 0,05$). Điều này chứng minh rằng vi tảo *S. obliquus* vẫn có thể sinh trưởng và phát triển tốt ở môi trường có nồng độ N thấp hơn khoảng hai lần so với môi trường BBM gốc; qua đó, có thể

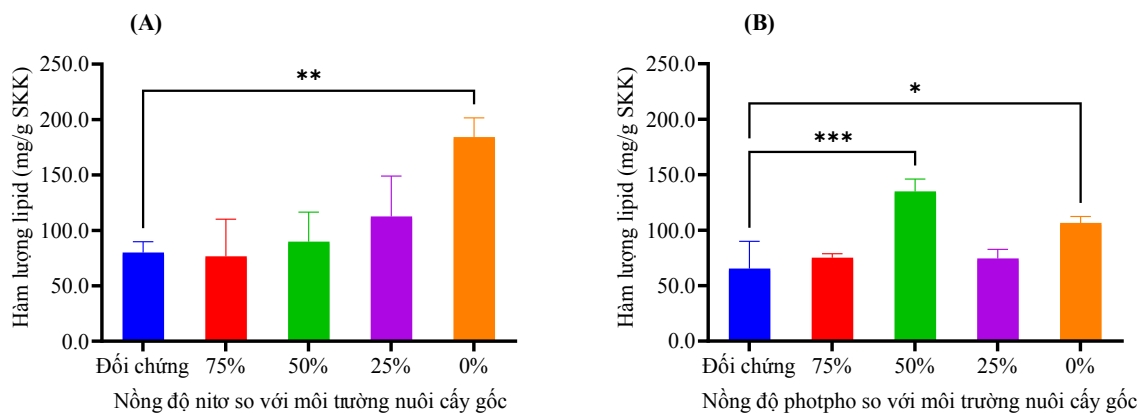
giúp giảm chi phí sản xuất ở quy mô lớn. Đối với P, khối lượng SKK thu được không khác biệt giữa các thí nghiệm ($P > 0,05$) (Hình 2D). Thậm chí, ở thí nghiệm không bổ sung P, vi tảo vẫn phát triển tốt và không quan sát thấy hiện tượng ức chế sinh trưởng như ở thí nghiệm không bổ sung N (Hình 2E-F). Điều này có thể do lượng P còn lại trong dung dịch tảo sau tăng sinh (50 mL) cho vào môi trường nuôi cấy, cũng như lượng P nội bào, vẫn đủ đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng P tối thiểu của *S. obliquus* trong 12 ngày nuôi cấy. Mặt khác, việc loại bỏ P cũng ít tác động đến khả

năng sinh trưởng của vi tảo so với N (Mao & ctv., 2018). Theo nghiên cứu của Goldberg & Cohen (2006), vi tảo *Monodus subterraneus* vẫn có khả năng nhân đôi mật số tế bào sau 4 ngày nuôi cấy trong môi trường không chứa P nhờ lượng P nội bào. Tương tự, việc thiếu hụt P cũng không gây ảnh hưởng đáng kể nào đến sự phát triển của vi tảo *Dunaliella tertiolecta* sau 7 ngày (Chen & ctv., 2011). Qua đó, kết quả này cũng cho thấy hàm lượng P trong môi trường BBM gốc có thể được giảm đáng kể mà không ảnh hưởng nhiều đến sự phát triển của vi tảo *S. obliquus*.

3.3. Ảnh hưởng của N và P đến tích lũy lipid của vi tảo *S. obliquus*

Hình 3A cho thấy sự tích lũy lipid trong tế bào vi tảo thay đổi phụ thuộc vào nồng độ N trong môi trường nuôi cấy. Hàm lượng lipid thu được ở nghiệm thức đối chứng là $80,0 \pm 9,8$ mg/g SKK, và tăng dần khi nồng độ N giảm; cụ thể đạt $76,5 \pm 33,7$; $89,8 \pm 26,6$; $112,5 \pm 36,5$; và $184,1 \pm 17,4$ mg/g SKK ở các nghiệm thức chứa 75, 50, 25, và 0% N so với môi trường BBM gốc. So với nghiệm thức đối chứng, hàm lượng lipid thu được từ sinh khối vi tảo nuôi trong môi trường không bổ sung N cao hơn khoảng 2,4 lần ($P = 0,003$). Sự gia tăng tích lũy lipid ở một số loài vi tảo trong điều kiện thiếu N đã được chứng minh trong các

nghiên cứu trước đây. Theo Anand & Arumugam (2015), hàm lượng lipid của vi tảo *Scenedesmus quadricauda* tăng 2,27 lần khi môi trường nuôi cấy không chứa N. Tương tự, vi tảo *Chlorella vulgaris* cũng tích lũy lipid cao gấp khoảng 3 lần (Shen & ctv., 2015) trong môi trường không chứa N. Khi dinh dưỡng N bị cạn kiệt, sự phân chia tế bào vi tảo giảm, dòng carbon chuyển từ sinh tổng hợp protein sang lipid (Goncalves & ctv., 2016). Ngoài ra, quá trình sinh tổng hợp lipid cũng chuyển sang hướng tích lũy nhiều lipid trung tính (chủ yếu là triacylglycerides) hơn các dạng lipid liên kết trên màng tế bào (Ren & ctv., 2013; Song & ctv., 2022). Mặt khác, sự thiếu hụt N ức chế quá trình tổng hợp chlorophyll làm giảm tốc độ quang hợp của vi tảo; khi đó, lượng nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) tích lũy trong tế bào sẽ ức chế men citrate synthase, ngăn cản các phân tử acetyl-CoA đi vào chu trình tricarboxylic acid (Praveenkumar & ctv., 2012). Nồng độ acetyl-CoA trong tế bào tăng kích hoạt men acetyl-CoA carboxylase chuyển hóa acetyl-CoA thành malonyl-CoA (Rivas & ctv., 2020), dẫn đến sự gia tăng khả năng tích lũy lipid trong tế bào vi tảo (Song & ctv., 2020). Hiệu quả tích lũy lipid của *S. obliquus* trong điều kiện thiếu N có thể được ứng dụng trong thực tế để thu nhận hàm lượng dầu cao phục vụ sản xuất nhiên liệu sinh học.



Hình 3. Ảnh hưởng của N (A) và P (B) đến sự tích lũy lipid của *S. obliquus* sau 12 ngày nuôi cấy. *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; và ***: $P < 0,001$.

Tương tự, sự tích lũy lipid trong tế bào vi tảo *S. obliquus* cũng phụ thuộc vào nồng độ P trong môi trường nuôi cấy (Hình 3B). So với nghiệm thức đối chứng, hàm lượng lipid thu được ở nghiệm thức chứa 50% P tăng lên khoảng 2 lần ($P < 0,001$): $134,9 \pm 11,2$ so với $65,4 \pm 24,7$ mg/g SKK. Ở nghiệm thức không bổ sung P, hàm lượng lipid đạt $106,5 \pm 5,8$ mg/g SKK, cao hơn khoảng 1,6 lần so với đối chứng ($P = 0,01$). Nghiên cứu của Shen & ctv. (2015) cũng cho thấy vi tảo *Chlorella vulgaris* tích lũy lipid cao gấp khoảng 1,8 lần khi được nuôi cấy trong môi trường không chứa P. Photpho là một nguyên tố đa lượng quan trọng, tham gia vào quá trình sinh tổng hợp phospholipids, nucleotides, nucleic acids, ATP, và NADP trong tế bào. Theo Song & ctv. (2022), sự thiếu hụt P dẫn đến ức chế quá trình quang hợp của vi tảo; khi đó, dòng carbon dùng cho quang hợp sẽ dịch chuyển sang sinh tổng hợp các hợp chất cao phân tử giàu năng lượng (chủ yếu là lipids). Mặc dù phương pháp gây stress bằng môi trường thiếu N và P là một trong những cách hiệu quả để gia tăng sự tích lũy lipid trong tế bào vi tảo, sự sụt giảm sinh khối trong quá trình nuôi cấy là một nhược điểm ảnh hưởng lớn đến hiệu suất tạo lipid. Do đó, các nghiên cứu trong tương lai cần tập trung khắc phục nhược điểm này.

4. Kết Luận

Ly trích lipid từ tế bào vi tảo bằng hệ dung môi hexane:methanol (1:1) sẽ giúp tiết kiệm được dung môi, thời gian so với phương pháp Soxhlet truyền thống, an toàn cho người thực hiện và môi trường sinh thái. Kết quả từ nghiên cứu này cho thấy quá trình sinh trưởng và tích lũy lipid của vi tảo *S. obliquus* chịu ảnh hưởng của nồng độ N và ít bị tác động bởi nồng độ P trong môi trường nuôi cấy. Hàm lượng lipid cao nhất ghi nhận được là $184,1 \pm 17,4$ mg/g SKK (không bổ sung N) và $134,9 \pm 11,2$ mg/g SKK (50% P so với môi trường gốc). Ngoài ra, đây cũng là tiền đề cho các nghiên cứu về khảo sát

đánh giá tác động kết hợp các yếu tố môi trường và dinh dưỡng khác nhau đến khả năng sinh trưởng và tích lũy lipid của vi tảo *S. obliquus*.

Lời Cảm Ơn

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

Lời Cảm Ơn

Nghiên cứu được thực hiện dưới sự hỗ trợ kinh phí từ nguồn đề tài sinh viên mã số CS-SV21-KHSH-08 của Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh.

Các tác giả chân thành cảm ơn Viện Nghiên cứu Công nghệ Sinh học và Môi trường, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện cho nhóm nghiên cứu sử dụng thiết bị quang phổ UV-Vis Jenway 6850.

Tài liệu tham khảo (References)

- Abomohra, A. E. F., Jin, W., & Sheekh, M. E. (2016). Enhancement of lipid extraction for improved biodiesel recovery from the biodiesel promising microalga *Scenedesmus obliquus*. *Energy Conversion and Management* 108, 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.11.007>.
- Anand, J., & Arumugam, M. (2015). Enhanced lipid accumulation and biomass yield of *Scenedesmus quadricauda* under nitrogen starved condition. *Bioresource Technology* 188, 190-194. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.12.097>.
- Brindhadevi, K., Mathimani, T., Rene, E. R., Shanmugam, S., Nguyen, C. T. L., & Pugazhendhi, A. (2021). Impact of cultivation conditions on the biomass and lipid in microalgae with an emphasis on biodiesel. *Fuel* 284, 119058. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119058>.
- Chen, M., Tang, H., Ma, H., Holland, T. C., Ng, K. Y. S., & Salley, S. O. (2011). Effect of nutrients on growth and lipid accumulation in the green algae

- Dunaliella tertiolecta*. *Bioresource Technology* 102(2), 1649-1655. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.09.062>.
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25(3), 294-306. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>.
- Ellison, C. R., Overa, S., & Boldor, D. (2019). Central composite design parameterization of microalgae/cyanobacteria co-culture pretreatment for enhanced lipid extraction using an external clamp-on ultrasonic transducer. *Ultrasonics Sonochemistry* 51, 496-503. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2018.05.006>.
- Goldberg, I. K., & Cohen, Z. (2006). The effect of phosphate starvation on the lipid and fatty acid composition of the fresh water eustigmatophyte *Monodus Subterraneus*. *Phytochemistry* 67(7), 696-701. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.01.010>.
- Goncalves, E. C., Wilkie, A. C., Kirst, M., & Rathinasabapathi, B. (2016). Metabolic regulation of triacylglycerol accumulation in the green algae: identification of potential targets for engineering to improve oil yield. *Plant Biotechnology Journal* 14(8), 1649-1660. <https://doi.org/10.1111/pbi.12523>.
- Gouveia, L., & Oliveira, A. C. (2009). Microalgae as a raw material for biofuels production. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 36(2), 269-274. <https://doi.org/10.1007/s10295-008-0495-6>.
- Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., & Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances. *The Plant Journal* 54(4), 621-639. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03492.x>.
- Malekzadeh, M., Najafabadi, H. A., Hakim, M., Feilizadeh, M., Vossoughi, M., & Rashtchian, D. (2016). Experimental study and thermodynamic modeling for determining the effect of non-polar solvent (hexane)/polar solvent (methanol) ratio and moisture content on the lipid extraction efficiency from *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology* 201, 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.066>.
- Mansour, E. A., Enin, S. A. A. E., Hamouda, A. S., & Mahmoud, H. M. (2019). Efficacy of extraction techniques and solvent polarity on lipid recovery from domestic wastewater microalgae. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 12, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2019.100271>.
- Mao, X., Wu, T., Sun, D., Zhang, Z., & Chen, F. (2018). Differential responses of the green microalga *Chlorella zofingiensis* to the starvation of various nutrients for oil and astaxanthin production. *Bioresource Technology* 249, 791-798. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.10.090>.
- Nagappan, S., Devendran, S., Tsai, P. C., Jayaraman, H., Alagarsamy, V., Pugazhendhi, A., & Ponnusamy, V. K. (2020). Metabolomics integrated with transcriptomics and proteomics: Evaluation of systems reaction to nitrogen deficiency stress in microalgae. *Process Biochemistry* 91, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.11.027>.
- Praveenkumar, R., Shameera, K., Mahalakshmi, G., Akbarsha, M. A., & Thajuddin, N. (2012). Influence of nutrient deprivations on lipid accumulation in a dominant indigenous microalga *Chlorella* sp., BUM11008: Evaluation for biodiesel production. *Biomass and Bioenergy* 37, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.12.035>.
- Putt, R., Singh, M., Chinnasamy, S., & Das, K. (2011). An efficient system for carbonation of high-rate algae pond water to enhance CO₂ mass transfer. *Bioresource Technology* 102(3), 3240-3245. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.11.029>.
- Ren, H. Y., Liu, B. F., Ma, C., Zhao, L., & Ren, N. Q. (2013). A new lipid-rich microalga *Scenedesmus* sp. strain R-16 isolated using Nile red staining: effects of carbon and nitrogen sources and initial pH on the biomass and lipid production. *Biotechnology for Biofuels* 6(1), 143. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-6-143>.

- Rivas, J. K. S., Altamirano, R. H., Cervantes, V. Y. M., Gómez, E. J. B., & Chairez, I. (2020). Biodiesel production, through intensification and profitable distribution of fatty acid methyl esters by a microalgae-yeast co-culture, isolated from wastewater as a function of the nutrients' composition of the culture media. *Fuel* 280, 118633. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118633>.
- Shen, X. F., Chu, F. F., Lam, P. K. S., & Zeng, R. J. (2015). Biosynthesis of high yield fatty acids from *Chlorella vulgaris* NIES-227 under nitrogen starvation stress during heterotrophic cultivation. *Water Research* 81, 294-300. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.06.003>.
- Shin, H. Y., Shim, S. H., Ryu, Y. J., Yang, J. H., Lim, S. M., & Lee, C. G. (2018). Lipid extraction from *Tetraselmis* sp. microalgae for biodiesel production using hexane-based solvent mixtures. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 23, 16-22. <https://doi.org/10.1007/s12257-017-0392-9>.
- Song, X., Liu, B. F., Kong, F., Ren, N. Q., & Ren, H. Y. (2022). Overview on stress-induced strategies for enhanced microalgae lipid production: Application, mechanisms and challenges. *Resources, Conservation and Recycling* 183, 106355. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106355>.
- Song, X., Zhao, Y., Han, B., Li, T., Zhao, P., Xu, J. W., & Yu, X. (2020). Strigolactone mediates jasmonic acid-induced lipid production in microalgae *Monoraphidium* sp. QLY-1 under nitrogen deficiency conditions. *Bioresource Technology* 306, 123107. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123107>.
- VS (Vietnam Standards). (2009). Fish and fishery products - Determination of fat content (TCVN 3703:2009). Retrieved July 05, 2023, from <https://luatvietnam.vn/nong-nghiep/tieu-chuan-viet-nam-tcvn-3703-2009-223173-d3.html>.
- Yaakob, M. A., Mohamed, R. M. S. R., Gheethi, A. A., Gokare, R. A., & Ambati, R. R. (2021). Influence of nitrogen and phosphorus on microalgal growth, biomass, lipid, and fatty acid production: An overview. *Cells* 10(2), 393. <https://doi.org/10.3390/cells10020393>.
- Zarrinmehr, M. J., Daneshvar, E., Nigam, S., Gopinath, K. P., Biswas, J. K., Kwon, E. E., Wang, H., Farhadian, O., & Bhatnagar, A. (2022). The effect of solvents polarity and extraction conditions on the microalgal lipids yield, fatty acids profile, and biodiesel properties. *Bioresource Technology* 344B, 126303. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126303>.
- Zhou, J., Wang, M., Saraiva, J. A., Martins, A. P., Pinto, C. A., Prieto, M. A., Gandara, J. S., Cao, H., Xiao, J., & Barba, F. J. (2022). Extraction of lipids from microalgae using classical and innovative approaches. *Food Chemistry* 384, 132236. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132236>.

