



ISSN: 2615-9597
Kỳ I - 2025

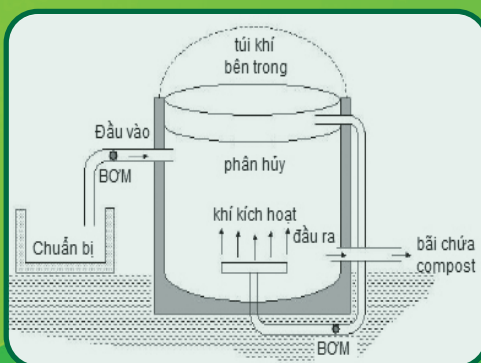
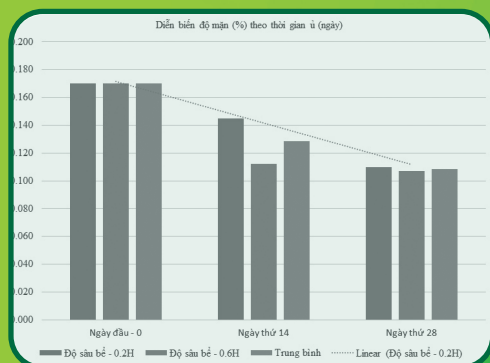
TẠP CHÍ Môi trường

VIỆN CHIẾN LƯỢC, CHÍNH SÁCH NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG - BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG
INSTITUTE OF STRATEGY AND POLICY ON AGRICULTURE AND ENVIRONMENT - MAE

CHUYÊN ĐỀ KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ



SẢN XUẤT THỬ PHÂN BÓN HỮU CƠ VI SINH TỪ Bùn AO NUÔI TÔM THỂ CHÂN TRẮNG THÂM CANH MẬT ĐỘ CAO BẰNG CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN VI SINH



Website: www.tapchimoitruong.vn

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP/EDITORIAL COUNCIL

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. NGUYỄN ĐÌNH THỌ -

Chủ tịch/Chairman

GS.TS/Prof. Dr. NGUYỄN VIỆT ANH

GS.TS/Prof. Dr. ĐẶNG KIM CHI

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. NGUYỄN THẾ CHINH

TS/Dr. MAI THANH DUNG

GS.TS/Prof. Dr. PHẠM NGỌC ĐĂNG

GS.TS/Prof. Dr. ĐẶNG HUY HUỖNH

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. NGUYỄN CHU HỒI

GS.TS/Prof. Dr. PHẠM VĂN LỢI

GS.TS/Prof. Dr. NGUYỄN VĂN PHƯỚC

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. LÊ THỊ TRINH

TS/Dr. NGUYỄN VĂN TÀI

TS/Dr. NGUYỄN TRUNG THẮNG

TS/Dr. NGUYỄN NGỌC SINH

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. NGUYỄN DANH SƠN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. LÊ KẾ SƠN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. LÊ ANH TUẤN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. TRƯƠNG MẠNH TIẾN

GS.TS/Prof. Dr. TRINH VĂN TUYẾN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. DƯƠNG HỒNG SƠN

GS.TS/Prof. Dr. ĐẶNG HÙNG VÕ

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. TRẦN TÂN VĂN

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP PHỤ TRÁCH

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

ThS/Mr. PHẠM ĐÌNH TUYẾN

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

DEPUTY EDITOR

TS/Dr. NGUYỄN GIA THỌ

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN/PUBLICATION PERMIT

Số 192/GP-BTTTT cấp ngày 31/05/2023

Nº 192/GP-BTTTT- Date: 31/05/2023

Thiết kế mỹ thuật/Design: AN BÌNH

Chế bản & in/ Processed & printed by:

Công ty TNHH MTV in Quân đội I, Hà Nội



Bìa/Cover: Quy trình nuôi tôm sử dụng nước tuần hoàn

Ảnh/Photo by: VEM

TRỤ SỞ TẠI HÀ NỘI

Tầng 7, Lô E2, phố Dương Đình Nghệ,

P. Yên Hòa, Q. Cầu Giấy, Hà Nội

Floor 7, lot E2, Duong Dinh Nghe Str.,
Cau Giay Dist. Hanoi

Trị sự/Managing: 033 362 6556

Biên tập/Editorial: 033 932 6556

Quảng cáo/Advertising: 024 66569135

Fax: 024 39412053

Email: tapchimoitruong@mae.gov.vn

THƯỜNG TRÚ TẠI TP. HỒ CHÍ MINH

Phòng A 209, Tầng 2 - Khu liên cơ quan, Bộ NN&MT,
số 200 Lý Chính Thắng, P. 9, Q. 3, TP. HCM

A 209, 2th floor - MONRE's office complex,
Nº. 200 - Ly Chinh Thang Street,

9 ward, 3 district, Ho Chi Minh city

Tel: (028) 66814471 - Fax: (028) 62676875

Email: tcmtphianam@vea.gov.vn

Chuyên đề kỳ I - 2025

Thematic Vol.Nº1, 2025

Giá/Price: 45.000đ

MỤC LỤC

CONTENTS

NGHIÊN CỨU

- [5] **NGUYỄN PHÚ BẢO, NGÔ XUÂN HUY, PHẠM HỒNG NHẬT**
Sản xuất thử phân bón hữu cơ vi sinh từ bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao bằng công nghệ chế biến vi sinh
Production of organic fertilizer from mud of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) raising pond by microbial technology
- [14] **NGUYỄN THỊ PHƯƠNG DUNG, TRẦN ĐĂNG THUẦN, NGUYỄN THỊ THU CÚC, NGUYỄN THỊ THU THẢO**
Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố sinh hóa đến sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của vi khuẩn lam *S. salina* M8h Phú Thọ
Research on the effects of biochemical factors on growth and pollutant removal efficiency from municipal wastewater of cyanobacterium *S.salina* M8
- [26] **CÁI ANH TÚ, TRẦN THỊ HUYỀN NGÀ**
Đánh giá dư lượng axit xyanuric trong nước một số bể bơi tại Hà Nội và nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe đối với người bơi
Evaluation of cyanuric acid residue in some swimming pools in Hanoi and their health risk on swimmers
- [31] **TRẦN NGỌC CHÂU, NGUYỄN THỊ TRÚC THANH, NGUYỄN THỊ BÉ PHÚC, NGUYỄN THỊ MỸ TRUYỀN, NGUYỄN THANH HÙNG**
Hiện trạng canh tác lúa và xử lý rơm rạ sau thu hoạch tại Huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang
Current status of rice cultivation and post-harvest straw treatment in Thoai Son district, An Giang province
- [39] **TRẦN THỊ PHI OANH, PHAN XUÂN THẠNH**
Đánh giá mức độ ô nhiễm NH_3 và H_2S trong không khí tại các điểm cống ngăn triều trên lưu vực sông Sài Gòn
An assessment of ammonia (NH_3) and hydrogen sulfide (H_2S) air pollution Levels at tidal sluice gate locations within the Saigon river basin
- [45] **VŨ ĐÌNH HIẾU, NGUYỄN THỊ THÚY, VŨ THỊ HIỀN, PHẠM VĂN VIỆT**
Nghiên cứu đề xuất các giải pháp khai thác bền vững quặng bô xít khu vực Tây Nguyên
Study proposes solutions for sustainable extraction of bauxite ore in central highland area of Vietnam
- [51] **NGUYỄN QUỐC AN, ĐỖ THỊ THU HUYỀN, LÊ QUỐC VĨ, NGUYỄN THỊ PHƯƠNG THẢO, TRẦN TRUNG KIÊN, NGUYỄN TRẦN THIÊN KHÁNH, NGÔ THỊ PHƯƠNG NAM**
Thiết kế và đánh giá mô hình nông nghiệp tích hợp hướng tới không phát thải, ứng dụng tại trang trại trồng cây ăn quả quy mô tập trung ở An Giang
Design and evaluation of an integrated agricultural model toward zero emissions applied to a concentrated fruit farming system in An Giang province
- [58] **TÔ NGUYỄN HOÀNG PHÚC, LÊ HOÀNG BẢO THIÊN, NGUYỄN PHẠM QUANG PHÚ, LƯƠNG NGUYỄN BẢO NGỌC, NGUYỄN THỊ HẠNH QUYÊN, NGUYỄN ĐÌNH QUÂN**
Phương pháp trích ly cà phê xanh nguyên hạt Robusta với dung môi NADES tổng hợp bằng đường xylitol và acid lactic
The extraction method of green Robusta coffee beans using NADES solvent synthesized from xylitol and lactic acid

[64] **NGUYỄN THÀNH DƯƠNG, NGUYỄN VĂN DOANH, NGUYỄN ĐỨC TOÀN**
Tận thu hợp chất sinh học và pectin từ vỏ sầu riêng (*Durio zibethinus* Murr.) hướng đến giảm ô nhiễm và phát triển sản phẩm giá trị gia tăng
Valorization of durian peel (*Durio zibethinus* Murr.) through bioactive compound extraction and pectin recovery toward waste reduction and circular bioeconomy

[68] **DƯƠNG QUÁCH KIM NGÂN, NGUYỄN HIỀN THÂN**
Xây dựng bộ chỉ thị đánh giá kết quả công tác bảo vệ môi trường cho các cơ sở sản xuất, kinh doanh và dịch vụ – Nghiên cứu điển hình TP. Thủ Dầu Một
Developing indicators for evaluating environmental protection performance of manufacturing, business and service enterprises – a case study of Thu Dau Mot city

[76] **NGUYỄN VIỆT VŨ, LÊ THỊ KIM OANH, HỒ QUỐC BẰNG**
Ứng dụng phương pháp AHP-TOPSIS nhằm xác định trọng số tiêu chí đánh giá giải pháp ưu tiên trong kiểm soát chất lượng không khí tại các vùng kinh tế trọng điểm, Việt Nam
Application of the AHP-TOPSIS method for determining evaluation criteria weights in prioritizing air quality management solutions in Vietnam's key economic regions

TRAO ĐỔI - THẢO LUẬN

[85] **ĐỖ KHẮC UẨN, VŨ NGỌC THỦY, NGUYỄN THỊ LAN PHƯƠNG, BÙI HOA DƯƠNG, HOÀNG THỊ THU HƯƠNG**
Đánh giá cơ hội và phân tích các vấn đề kỹ thuật trong việc tái sử dụng nước tại các khu công nghiệp

[90] **NGUYỄN QUỐC VIỆT, ĐỖ THỊ MINH HUỆ, NGUYỄN THỊ THOAN, NGUYỄN THỊ HỒNG TRÂM**
Chiến lược chuyển đổi năng lượng tái tạo: Rà soát chính sách và những “điểm nghẽn” thực thi

[98] **PHAN THANH GIẢN**
Định hướng của đảng về kinh tế xanh và tăng trưởng bền vững ở Tây Nguyên

[103] **PHAN THỊ THU HƯƠNG, VŨ ĐĂNG TIẾP**
Đổi mới sáng tạo trong quản lý tài nguyên để phát triển kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam: Kinh nghiệm quốc tế và khuyến nghị chính sách

[108] **NGUYỄN MINH CƯỜNG**
Báo cáo Môi trường, xã hội và quản trị: Chìa khóa để doanh nghiệp phát triển bền vững

SẢN XUẤT THỦ PHÂN BÓN HỮU CƠ VI SINH TỪ Bùn AO NUÔI Tôm THẺ CHÂN TRẮNG THÂM CANH MẬT ĐỘ CAO BẰNG CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN VI SINH

NGUYỄN PHÚ BẢO^{1*}, NGÔ XUÂN HUY², PHẠM HỒNG NHẬT³

¹ Viện Nhiệt đới môi trường, Trung tâm Nghiên cứu Môi trường và Xã hội

² Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

³ Trường Đại học Văn Lang

Tóm tắt:
Sự chuyển đổi từ mô hình nuôi tôm thẻ chân trắng truyền thống sang mô hình nuôi thâm canh mật độ cao (mật độ 200 – hơn 500 con/m² mặt nước) đã dẫn đến lượng bùn thải ao nuôi ngày càng nhiều. Tuy nhiên, thành phần chất hữu cơ, chất dinh dưỡng trong bùn ao nuôi tôm là khá cao nên có thể xem như là một nguồn tài nguyên, có thể sử dụng cho sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh. Công nghệ vi sinh lên men ướt là đã được áp dụng để sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh. Phân bón hữu cơ vi sinh được sản xuất có chất lượng đạt QCVN 01-189:2019/BNNT. Ngoài ra, kết quả đánh giá hiệu quả của phân bón đối với giống lúa OM18 cho thấy, sự gia tăng năng suất từ 10,45% đến 16,72% và tăng giá trị kinh tế khoảng 4,6%...
Từ khóa: Phân bón hữu cơ vi sinh, bùn ao nuôi tôm, tôm thẻ chân trắng, công nghệ vi sinh lên men ướt, tỉnh Trà Vinh.
Ngày nhận bài: 20/01/2025; **Ngày sửa chữa:** 15/2/2025; **Ngày duyệt đăng:** 31/3/2025.

Production of organic fertilizer from mud of white shrimp (Litopenaeus vannamei) raising pond by microbial technology

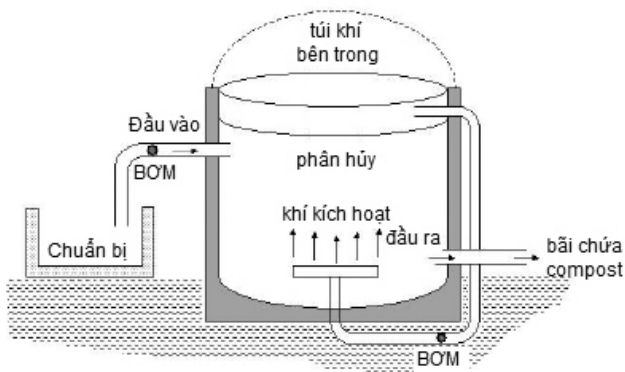
Abstract:
The conversion from the traditional white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming model to a intensive farming model (density of 200 - more than 500 shrimp/m² of water surface) has led to an increasing amount of pond sludge. However, the organic and nutrients content in pond mud is quite high, so it can be considered a resource that can be used for the production of organic fertilizers. The wet fermentation technology was applied for organic fertilizers production. The organic fertilizers quality meet QCVN 01-189:2019/BNNT. In addition, the effectiveness evaluation results of fertilize for the OM18 rice variety also shown increase in productivity from 10.45% to 16.72% and an increase in economic value of about 4.6%...
Keywords: organic fertilizer, pond mud, *Litopenaeus vannamei*, wet fermentation technology, Tra Vinh province.
JEL Classifications: Q51, Q57, Q55.

1. MỞ ĐẦU

Từ năm 2016, quy trình nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao được bắt đầu áp dụng ở tỉnh Trà Vinh và một số tỉnh ở đồng bằng sông Cửu Long do năng suất tăng khoảng 150 - 200% so với mô hình nuôi tôm truyền thống. Xu hướng chuyển đổi từ các mô hình khác (nuôi ao đất thâm canh đối với tôm thẻ chân trắng, thâm canh, bán thâm canh, quảng canh đối với tôm sú) sang nuôi tôm thâm canh mật độ cao trong khu vực đã gia tăng đáng kể trong những năm gần đây.
Hiện nay, diện tích nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao là rất nhiều như ở Bến Tre có hơn 3.110 ha ao nuôi (Bảo N. , 2024), Trà Vinh có hơn 500 ha ao nuôi (Bảo N. P., 2022)... Các nghiên cứu cho thấy, bùn chiếm khoảng 17 – 20% lượng nước thải xả đáy ao từ xi phông và có chứa nhiều chất hữu cơ, chất dinh dưỡng do trong thành phần chủ yếu là

phân tôm, thức ăn nuôi tôm thừa nên có thể sử dụng làm nguyên liệu tốt cho sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh. Khối lượng bùn sinh ra từ thức ăn dư thừa chiếm khoảng 20% lượng thức ăn nuôi tôm (FCR: 1,22), tương đương 0,6% trọng lượng tôm và có chứa nhiều chất ô nhiễm như EDTA, vi sinh vật, các hóa chất khử trùng, hàm lượng chất hữu cơ khoảng 30 - 40%. Mặc dù vậy, hiện nay, người nuôi tôm vẫn xử lý bùn bằng cách bơm trực tiếp kênh tiếp nhận nước thải và chưa có doanh nghiệp, đơn vị nào thực hiện công tác thu gom, xử lý bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao. Dựa trên cơ sở khoa học và thực tiễn về nguồn nguyên liệu bùn ao nuôi tôm và kỹ thuật ủ phân hữu cơ vi sinh, nghiên cứu đã thực hiện sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh (HCVS) bằng công nghệ vi sinh lên men ướt liên tục (R&D Project P1-311, 2002). Kết quả nghiên cứu là sẽ góp phần vào việc bảo vệ môi trường, tái sử dụng tài nguyên bùn ở ao nuôi tôm thẻ

chân trắng thâm canh mật độ cao. Khi ứng dụng thành công, kết quả nghiên cứu sẽ góp phần cung cấp phân hữu cơ vi sinh cho khoảng 3.963,7 nghìn ha đất trồng lúa ở đồng bằng sông Cửu Long (Cục thống kê, 2021).



Hình 1. Hệ thống phân hủy ướt trong bể phản ứng hình trụ đứng trong nghiên cứu (R&D Project P1-311, 2002)

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp chuẩn bị nguyên liệu

Nghiên cứu kế thừa quy trình sản xuất phân bón HCVS đã được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu (Bảo, 2016). Tuy nhiên do điều kiện nuôi và chất lượng bùn ao nuôi thê chân trắng thâm canh mật độ cao là cũng có sự khác biệt nên các chất dinh dưỡng, vi sinh vật, vi lượng bổ sung cũng đã được nghiên cứu, xác định phù hợp, cụ thể như sau:

2.1.1. Nguyên liệu và vi sinh vật cho phân hữu cơ (compost microorganisms)

Nguyên liệu chính: Bùn ao nuôi tôm thê chân trắng thâm canh mật độ cao được lấy tại bể lắng bùn từ xi phông thải vào.

Bã mía: Được lấy từ xe ép mía và xay nhuyễn.

Vi sinh vật: Bao gồm các chủng vi sinh vật hữu hiệu đã được tuyển chọn và phân lập có những đặc điểm phù hợp với điều kiện chịu mặn (Kim, 2004; Bảo N. P., 2010) (Bảng 1).

Bùn ao nuôi tôm thê chân trắng được kiểm tra độ mặn và yêu cầu độ mặn nhỏ hơn 0,23%. Nếu độ mặn lớn hơn 0,23% thì nhất thiết cần phải thực hiện giảm mặn.

Bùn trước khi giảm mặn được xác định hàm lượng chất hữu cơ và tổng nitơ phục vụ cho tính toán cân bằng C/N.

2.1.2. Phương pháp giảm độ mặn trong bùn ao nuôi tôm thê chân trắng

Dựa vào tính chất hóa học của axit Oxalic là có khả năng tác dụng với một số ion kim loại mạnh như Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} trong dung dịch để tạo thành các tinh thể muối Oxalate. Bên cạnh đó, tốc độ phản ứng tạo thành muối Oxalate phụ thuộc vào nồng độ NaCl có trong dung dịch nên khi nồng độ muối NaCl càng cao thì tốc độ phản ứng (Levanov, Isaikina, Azizova, Kharlanov, & Lunin, 2020) tạo thành tinh thể Oxalate càng nhanh.

Phương pháp được sử dụng để giảm độ mặn trong bùn bằng axit Oxalic được kế thừa từ kết quả nghiên cứu trước đây của tác giả (Bảo, 2016). Cơ chế sự giảm mặn bằng axit Oxalic như sau:

Các muối Oxalate có độ tan thấp hơn so với các muối thuộc loại có liên kết ion hoàn toàn (như NaCl) nên nồng độ tổng chất rắn hòa tan (TDS) trong bùn giảm (Bảng 2).

2.1.3. Phương pháp phân tích chất hữu cơ và tổng Nitơ

Để phân hủy các chất thải hữu cơ, vi khuẩn hữu hiệu sử dụng carbon (C) làm năng lượng và nitơ (N)

Bảng 1. Các chủng vi sinh nổi trội trong bùn ao nuôi tôm thê chân trắng được phân lập, tuyển chọn (Bảo, 2016)

STT	Thành phần vi khuẩn	Thuộc chi	Tính năng	Khả năng chịu NaCl
1	Nấm sợi	Aspergillus	Phân giải tinh bột và xenluloza	< 0,3%
2	Vi khuẩn	Lactobacillus Bacillus	Phân giải protein và tinh bột	< 0,5%
3	Xạ khuẩn	Streptomyces	Phân giải tinh bột và xenluloza	< 0,3%
4	Nấm men	Saccharomyces	Sinh trưởng nhanh trong môi trường hiếu khí hay yếm khí	< 0,3%

Bảng 2. Kết quả so sánh về độ tan của các muối (Bảo, 2016)

Muối	NaCl	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	CaCl	CaC_2O_4
Độ tan (g/100ml nước) ở 20°C	35,9	3,41	74,5	Không tan

để tổng hợp Protein. Thông thường tỷ lệ C:N lý tưởng để tạo điều kiện thuận lợi cho các loài vi sinh vật phân hủy các chất hữu cơ ở các giai đoạn đầu hoạt động mạnh là 30:1 (Chongrak, 2007).

Phương pháp xác định hàm lượng chất hữu cơ: Theo TCVN 8941:2011.

Phương pháp xác định hàm lượng tổng Nitơ: Theo TCVN 6498:1999.

2.1.4. Phương pháp lựa chọn chất độn

Dựa vào điều kiện thực tế ở tỉnh Trà Vinh, chất độn được lựa chọn sử dụng trong nghiên cứu là bã mía. Trong bã mía chứa trung bình 49% là nước, 48% là xơ (trong đó chứa 45 – 55% xenlulo), 2,5% là chất hòa tan (khoáng chất) và các axit amin. Bên cạnh đó, do đặc tính của bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh là có độ ẩm cao, hàm lượng chất hữu cơ và một số chất dinh dưỡng khác là tương đối lớn nên việc chọn tỷ lệ chất độn khi đưa vào nguyên liệu chính cũng được nghiên cứu xác định.

2.1.5. Phương pháp cân bằng tỷ lệ C/N trong nguyên liệu

Do tỷ lệ C/N trong các thành phần nguyên liệu là khác nhau và không đạt được tỷ lệ lý tưởng (C/N 30:1) nên cần phải được hiệu chỉnh bằng cách bổ sung dưỡng chất tương ứng. Áp dụng công thức tính khối lượng chất độn bổ sung (Chongrak, 2007).

$$X * \frac{\% C1 + \% C2}{\% N1 + \% N2} = \frac{30}{1} \tag{C1}$$

Trong đó: X: khối lượng nguyên liệu được bổ sung (Hỗn hợp bùn – bã mía).

C1: hàm lượng chất hữu cơ của bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng.

C2: hàm lượng chất hữu cơ của bã mía.

N1: hàm lượng tổng Nitơ của bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng.

N2: hàm lượng tổng Nitơ của bã mía.

2.1.6. Xác định độ trộn đều của nguyên liệu

Hỗn hợp nguyên liệu cần được trộn đều trước khi ủ. Quy trình xác định độ trộn đều của nguyên liệu được thực hiện như sau:

Chất xác định phân bố đều trong nguyên liệu: Với nồng độ Kali ban đầu của bùn ao nuôi tôm khoảng 1,63% và nồng độ Kali khi được trộn đều (70% bùn với 30% chất độn, độ tin cậy P=0,95) thì hàm lượng dự kiến nằm trong khoảng 1,08 - 1,20%.

Phương pháp xác định độ trộn đều: Áp dụng phương pháp tối ưu hóa thực nghiệm (Trí, 2005) với điều kiện thực nghiệm 02 yếu tố toàn phần:

Tốc độ trộn: 5, 10, 15 vòng/phút.

Thời gian trộn: 5 - 7,5 - 10 - 12,5 - 15 phút.

Thiết bị trộn: Thùng trộn nằm ngang, thùng quay.

Xác định điều kiện trộn tối ưu

Tổng số thí nghiệm khảo sát sự trộn đều: 16 thí nghiệm.

Thiết bị trộn: Thùng quay, nằm ngang.

Điều khiển tốc độ: Tự động điều tốc.

Các giá trị của kết quả thực nghiệm được tính toán và phân tích phương sai (Analysis of Variance) bằng phần mềm excel (Giáp, 1997).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp kiểm soát nhiệt độ, pH, độ ẩm

1) Kiểm soát độ ẩm: Trong quá trình ủ (composting), nước được bổ sung để đạt được độ hoạt tính tối ưu của vi sinh vật. Độ ẩm tối ưu của quá trình ủ phân vi sinh yếm khí dao động trong khoảng 50 - 60% được tính theo công thức (2) (Ken, 2000).

$$\text{Độ ẩm (H}_2\text{O)} = \frac{(a * x) + (b * y) + (c * z)}{x + y + z} \tag{C2}$$

Trong đó:

	Độ ẩm (%)	Tỷ lệ (%)
Bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng	a = 78,5	x = 70
Chất độn bã mía	b = 11,0	y = 30
Hỗn hợp vi sinh - chất dinh dưỡng	c = 1,0	z = 2,82

Độ ẩm được lấy mẫu và phân tích hàng ngày theo TCVN 9297:2012. Nếu độ ẩm có xu hướng giảm (thấp hơn 40%) thì phun hơi nước với thể tích 05 lít/lần.

2) Kiểm soát độ pH, nhiệt độ: Giá trị pH tối ưu để vi sinh vật phát triển dao động trong khoảng 6,5 – 7,5. Nếu pH lớn hơn 9,0 hoặc thấp hơn 4,5 thì các phân tử axit yếu hoặc bazơ yếu có thể khuếch tán dễ dàng hơn vào tế bào so với các ion hydro và hydroxyt, do đó làm thay đổi pH nội bào và phá hủy tế bào.

Nhiệt độ và độ pH trong quá trình ủ được đo hàng ngày vào lúc 16h00 cùng với việc lấy mẫu xác định độ ẩm.

Thiết bị đo nhiệt độ, pH: Sử dụng thiết bị HI99121 (Hana, Mỹ).

2.2.2. Kiểm soát quá trình ủ phân bón hữu cơ vi sinh

Một số thông số có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả của quá trình chuyển hóa các chất hữu cơ, dinh dưỡng và phát triển vi sinh vật là được kiểm soát, gồm:

Theo dõi độ mặn: Tần suất 07 ngày/lần. Xác định theo TCVN 8727:2012.

Theo dõi nhiệt độ, pH, độ ẩm: Đo trực tiếp hàng ngày.

Theo dõi hàm lượng chất hữu cơ và dinh dưỡng, vi sinh vật: Tần suất 7 ngày/lần. Xác định theo TCVN 9294:2012, TCVN 8557:2010 và TCVN 6168:2002 tương ứng.

Cấp khí: Hàng ngày, mỗi lần cấp 1 giờ vào buổi sáng.

Bổ sung vi sinh vật: Tần suất 1 lần/tuần, mỗi lần 5 lít với dung dịch 1%.

2.2.3. Phương pháp kiểm tra chất lượng phân bón HCVS:

Các phương pháp được sử dụng cho phân tích chất lượng phân bón HCVS theo QCVN 01-189:2019/ BNNPTNT bao gồm: Hàm lượng chất hữu cơ (TCVN 9294:2012), Độ ẩm (TCVN 9297:2012), pH_{H₂O} (Ref. TCVN 5979:2007), As (TCVN 11403:2016), Cd (TCVN 9291:2018), Pb (TCVN 9290:2018), Hg (TCVN 10676:2015), Bacillus spp (KNPB/HD/101), Bacillus subtilis (KNPB/HD/101), Độ mặn (TCVN 8727:2012), E. coli (Ref. TCVN 6846:2007) và Salmonella spp (Ref. TCVN 10780-1:2017).

2.2.4. Phương pháp đánh giá ảnh hưởng của phân bón hữu cơ vi sinh đối với sự phát triển của cây lúa

1) Mục đích đánh giá: Đánh giá chất lượng phân bón phục vụ cho nghiên cứu, không sử dụng cho mục đích được công nhận lưu hành.

2) Đối tượng được đánh giá: Giống lúa OM18 với mật độ là 7 kg giống/1.000 m².

3) Loại đất canh tác: Đất thịt với một số chỉ tiêu cơ bản như cát (45%, limon (40%), sét (15%), chất hữu cơ (1,1%), pH_{H₂O} (4,9), nitơ tổng số (0,11%), P₂O₅ tổng (0,04 -1,10%), K₂O tổng (0,55%).

4) Thiết kế thí nghiệm: Thí nghiệm được thiết kế theo phương pháp thí nghiệm đồng ruộng kiểu khối ngẫu nhiên đầy đủ (RCB), gồm 04 công thức và 03 lần

nhắc lại. Trong đó, CT0 là công thức đối chứng, 03 công thức còn lại là công thức thí nghiệm.

Diện tích mỗi ô thí nghiệm: 150m². Tổng diện tích thí nghiệm 150m² x 4 x 3 = 1.800 m², được bố trí trên cùng một thửa đất (Bảng 3).

5) Chế độ canh tác: Định lượng và loại phân bón nền được sử dụng như Bảng 4.

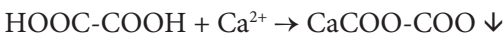
6) Phương pháp thử nghiệm: Quy trình thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của phân bón hữu cơ vi sinh đối với sự phát triển của cây lúa là được thực hiện theo hướng dẫn của nghị định 84/2019/NĐ-CP với qui mô thí nghiệm 1.000m² và thời gian thực hiện trong 01 vụ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chuẩn bị nguyên liệu

3.1.1. Giảm độ mặn của bùn nuôi tôm thẻ chân trắng

Khi cho axit oxalic vào trong nguyên liệu bùn ở dạng lỏng, phản ứng giữa axit Oxalic với Na⁺ và ion Ca²⁺ được diễn ra như sau:



Theo phương trình cân bằng khối lượng phản ứng, để giảm 1% độ mặn trong bùn thì cần thêm 0,65% axit oxalic.

3.1.2. Xác định tỷ lệ C/N tối ưu và bổ sung chất dinh dưỡng, vi sinh vật

1) Lượng chất hữu cơ thêm vào

Carbon cung cấp cả nguồn năng lượng và sinh khối cơ bản để hình thành tế bào vi sinh vật. Nitơ là thành phần quan trọng của protein, axit nucleic, axit amin, enzyme và đồng enzyme cần thiết cho sự phát triển và chức năng của tế bào. Kết quả phân tích hàm lượng

Bảng 3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

Nhắc lại 1	CT1	CT2	CT0 (Đ/c)	CT3
Nhắc lại 2	CT0(Đ/c)	CT1	CT3	CT3
Nhắc lại 3	CT3	CT0(Đ/c)	CT2	CT1

Bảng 4. Lượng phân bón và thời gian bón phân trên cây lúa của các công thức

Tên phân bón		Tổng lượng phân bón (kg/ha/vụ)	Bón lót (kg/ha/vụ)	Bón lần 1 (kg/ha/vụ)	Bón lần 2 (kg/ha/vụ)	Bón lần 3 (kg/ha/vụ)	Bón lần 4 (kg/ha/vụ)
Phân bón nền	Lân	125	125				
	DAP	275	15	65	65	65	65
	URE	260		65	65	65	65
	Kali	260		65	65	65	65
Phân bón thí nghiệm theo 03 công thức		CT1: 700		200	200	200	100
		CT2: 550		150	150	150	100
		CT3: 850		250	250	250	100

Bảng 5. Kết quả kiểm định Anova quá trình trộn đều

ANOVA	df	SS	MS
Regression	2	0,004	0,002
Residual	13	0,011	0,001
Total	15	0,015	
	Coefficients	Standard Error	t Stat
Intercept	1,178	0,028	40,271
X Variable 1	0,004	0,002	1,883
X Variable 2	-0,002	0,002	-1,061

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

chất hữu cơ, tổng Nitơ và tỷ lệ C/N trong các thành phần nguyên liệu được nghiên cứu như sau:

Tỷ lệ C/N của bùn = 25,41:1.

Tỷ lệ C/N của chất độn = 24,89:1.

Cân bằng tỷ lệ C/N = 30:1. Áp dụng công thức:

$$X * \frac{\% C1 + \% C2}{\% N1 + \% N2} = \frac{30}{1}$$

Kết quả tính: X = 1,59.

Tỷ lệ chất hữu cơ cần thêm vào là 1,59%. Lượng chất hữu cơ được bổ sung bằng thành phần rỉ đường, có tỷ lệ chất hữu cơ chiếm 76%. Lượng rỉ đường thêm vào hỗn hợp nguyên liệu là 2,10%.

2) *Lượng chất dinh dưỡng, vi sinh vật bổ sung*

Vi sinh vật có chức năng chính trong quá trình ủ là phân giải xenlulo và cố định đạm do đó lượng vi sinh vật đặc thù bổ sung tương đương với hàm lượng nitơ có sẵn là 1,41%. Vi sinh vật đặc thù được phân lập từ bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng và được nuôi cấy trong môi trường phù hợp tương ứng với từng chủng vi sinh. Các vi sinh vật được bổ sung là *Aspergillus*, *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Streptomyces*, *Saccharomyces*. Mật độ vi sinh vật 1,0x10⁶ CFU/g và lượng vi sinh vật bổ sung cho từng loại là 0,282%.

Chất dinh dưỡng: bổ sung cho quá trình chuyển hóa vi sinh vật, tăng cường sự hoạt động của vi sinh vật, chuyển hóa chất hữu cơ thành dạng carbon tế bào, dễ hấp thu. Lượng dinh dưỡng được bổ sung tương đương với lượng vi sinh vật thêm tương ứng là 1,41%. Loại chất dinh dưỡng được bổ sung là N 41%, P 46%, K 72% với tỷ lệ 0,47% trong hỗn hợp nguyên liệu ủ phân hữu cơ vi sinh.

3.1.3. *Kết quả tính toán độ trộn đều và trộn nguyên liệu*

Kết quả phân tích hàm lượng Kali trong các ứng thí nghiệm được xử lý thống kê với độ tin cậy P=95%.

So sánh các kết quả thực nghiệm của nghiên cứu sự trộn đều với giá trị hệ số Student lý thuyết (xác suất p=0,95 và số bậc tự do f=15) được các kết quả như sau:

Hệ số hồi quy tự do b0: có hệ số Student thực nghiệm (ttn = 40,27) lớn hơn hệ số Student lý thuyết (tlt = 1,753) nên hệ số b0 có ý nghĩa.

Hệ số hồi quy Student thực nghiệm của tốc độ trộn (b1) có giá trị là 1,883 lớn hơn hệ số Student lý thuyết (tlt = 1,753) nên hệ số hồi quy b1 có ý nghĩa.

Hệ số hồi quy Student của thời gian trộn (b2) có giá trị tuyệt đối (1,06) là nhỏ hơn hệ số Student lý thuyết (tlt = 1,753) nên hệ số hồi quy b2 là không có ý nghĩa. Như vậy, sự trộn đều nguyên liệu trong khoảng thời gian 1-15 phút, không phụ thuộc tuyến tính vào thời gian trộn mà chỉ phụ thuộc tuyến tính vào tốc độ trộn (Bảng 5).

Phương trình hồi quy tuyến tính biểu diễn sự trộn đều nguyên liệu (Y) của máy trộn thùng quay phụ thuộc vào tốc độ trộn được xác định như sau:

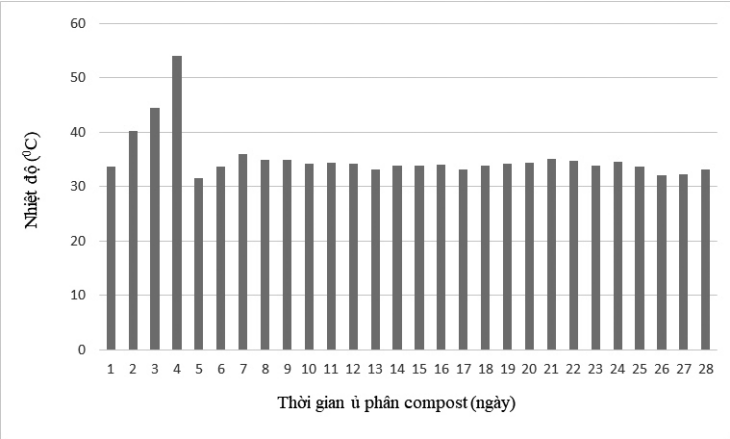
$$(Y) = 0,004X1 + 1,116$$

Trong đó: X1 là tốc độ trộn (5 - 15 vòng/phút)

Trong thực tế nghiên cứu sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh, tốc độ trộn biến động trong khoảng 6 - 8 vòng/phút và thời gian trộn khoảng 15 phút. Sau khi các nguyên liệu được trộn đều thì được đưa sang bồn ủ để đánh giá các yếu tố của quá trình ủ.

3.1.4. *Kiểm soát quy trình ủ nguyên liệu trong quá trình ủ phân bón HCVS*

Trong quá trình ủ phân bón hữu cơ vi sinh, các yếu tố về nhiệt độ, pH và độ ẩm là được quan trắc hàng ngày. Sau 2 - 4 ngày ủ, nhiệt độ tăng cao (40,2 - 54,1°C) và khí sinh ra nhiều, nắp bồn ủ được tháo để thoát nhiệt và khí. Sau khoảng thời gian 5 ngày, nhiệt độ ổn định trong khoảng 31,5 - 35,9°C trong suốt quá trình ủ. Kết quả nghiên cứu về sự biến độ nhiệt độ



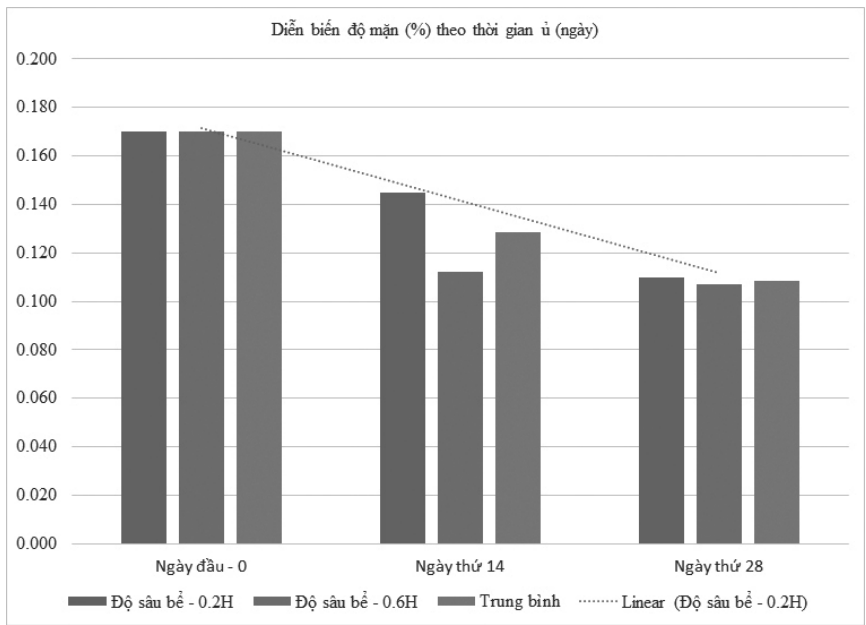
Hình 2. *Diễn biến nhiệt độ theo thời gian ủ compost*

trong quá trình ủ cũng phù hợp với nghiên cứu của nước ngoài về ủ phân bón hữu cơ vi sinh (Ken, 2000).

Các yếu tố nhiệt độ, pH và độ ẩm là được giữ ở mức độ khá ổn định và phù hợp với các khuyến nghị về điều kiện cho sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh. Sự khác biệt tương đối về giá trị của các yếu tố được quan trắc trong quá trình ủ phân là thấp, dao động trong khoảng 0,06 - 0,13%. Giá trị trung bình của các yếu tố được ghi nhận như nhiệt độ khoảng 35,22°C, pH khoảng 7,68 và độ ẩm khoảng 53,76% (Hình 2).

Kết quả nghiên cứu trong quá trình ủ phân hữu cơ vi sinh cũng cho thấy, có sự tương quan tuyến tính nghịch giữa pH với độ ẩm (H%), nghĩa là độ ẩm tăng thì pH giảm và ngược lại. Nghiên cứu đã xác định được phương trình tương quan hồi quy giữa pH và độ ẩm (H%) và được thể hiện trong phương trình (4) với khoảng xác định của độ ẩm là 49,03 - 58,98%.

$$pH = -0,10H\% + 12,95$$



Hình 3. Diễn biến độ ẩm của phân bón theo thời gian ủ

3.1.5. Theo dõi sự biến động các thành phần trong quá trình ủ

Như đã thể hiện trong cơ chế giảm độ mặn, phản ứng giữa axit oxalic với các ion kim loại kiềm (Na) và kiềm thổ (Ca) phụ thuộc nhiều vào thời gian và nhiệt độ theo phương trình lũy thừa của Areniut (Arrhenius). Do quá trình ủ phân được thực hiện theo cơ chế ủ yếm khí trong thời gian 28 ngày và nhiệt độ tăng trong quá trình ủ nên phản ứng tạo muối Oxalate

Bảng 6. Kết quả theo dõi chất lượng phân bón trong quá trình ủ

	Nguyên liệu thô	Nguyên liệu được ủ	Phân bón ủ 7 ngày	Phân bón ủ 21 ngày	Phân bón ủ 28 ngày
C (%)	13,30	21,19	22,2	25,9	28,1
N (%)	0,71	0,71	0,41	0,33	0,32
Tỷ lệ C/N (chưa bổ sung N)	19	30	54	78	88
Tỷ lệ C/N (có bổ sung N: 1,41%)	-	-	12,2	-	-

(không tan) theo chiều thuận và do đó góp phần làm giảm độ mặn trong quá trình ủ phân bón.

Hàm lượng chất hữu cơ trong phân bón tăng nhẹ do sự phân hủy các thành phần trong bùn bởi vi sinh vật. Với sự tác dụng của vi sinh vật, một số cacbon ở dạng vô cơ hoặc hữu cơ khó phân hủy chuyển sang dạng cacbon hữu cơ dễ phân hủy và dễ hấp thu. Trong quá trình ủ, hàm lượng N giảm là do chúng chuyển hóa một thành thành tế bào của các vi sinh vật, làm tăng mật độ vi sinh vật và tăng tính hữu hiệu của phân bón.

Như vậy, các thông số kỹ thuật của công nghệ đã được hoàn thiện và kiểm tra về kết quả và đáng tin cậy. Kết quả thực nghiệm đã tìm ra các mối quan hệ để điều chỉnh các thông số nhằm kiểm soát được quy trình sản xuất.

Thực nghiệm trong tính toán đã xác định được khối lượng tổng Nitơ bổ sung là 1,41% nên sau 07 ngày, tỷ lệ C/N là khoảng 12,2 và đạt yêu cầu của QCVN 01-189:2019/BNNPTNT đối với phân bón hữu cơ vi sinh.

3.2. Kết quả kiểm tra và đánh giá chất lượng phân bón hữu cơ vi sinh

Phân bón HCVS sau khi được sản xuất đã được kiểm nghiệm để đánh giá chất lượng của các thông số đã hoàn thiện cũng như đánh giá tính tin cậy của phương pháp kiểm nghiệm chất lượng phân bón. Xử lý số liệu về kết quả phân tích phân bón HCVS là được so sánh, đánh giá chất lượng so theo nghị định số 108/2017/NĐ-CP và QCVN 01-189:2019/BNNPTNT.

Bảng 7. Kết quả phân tích trung bình chất lượng phân bón HCVS qua các đợt thử nghiệm

STT	Thông số	Đơn vị	Kết quả phân tích trung bình mẫu phân bón hữu cơ vi sinh		
			M1 – Mẫu đối chứng*	M2 – Mẫu kiểm nghiệm vi sinh	M3 - Mẫu hoàn thiện công nghệ
1	Hàm lượng chất hữu cơ	%	29,1	27,8	24,8
2	Tỷ lệ C/N	-	27,0	29,7	30,2
3	Độ ẩm	%	27,7	27,0	29,3
4	pH	-	7,8	7,5	7,5
5	Độ mặn***	%	0,1	0,1	0,1
6	Hàm lượng As	mg/kg	0,7	0,6	0,6
7	Hàm lượng Cd	mg/kg	0,2	0,2	0,2
8	Hàm lượng Pb	mg/kg	0,8	0,7	0,9
9	Hàm lượng Hg	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
10	E. coli	MPN/g	KPH	KPH	KPH
11	Salmonella spp	MPN/25g	KPH	KPH	KPH
12	Mật độ VSV cố định N	CFU/g	3,4 x107	2,9 x107**	9,3 x107
13	Mật độ VSV phân giải P	CFU/g	1,9 x107	2,6 x107**	3,3 x107
14	Mật độ VSV phân giải Xenlulo	CFU/g	6,3 x107	6,5 x107**	4,3 x107

Ghi chú:

*Trung tâm Kiểm nghiệm Phân bón quốc gia thực hiện.

** Trung tâm Dịch vụ Phân tích và Thí nghiệm (CASE) thực hiện.

*** Trung tâm Nghiên cứu và Dịch vụ công nghệ môi trường (ETC) thực hiện.

Phân bón HCVS được đánh giá bởi 02 thông số chính là hàm lượng chất hữu cơ (>15%) và mật độ vi sinh vật (>1,0*106 CFU/g đối với mỗi loại vi sinh vật). Ngoài ra còn các thông số hạn chế như Hg, As, Cd, Pb và E.coli và Salmonella. Kết quả tự kiểm tra đánh giá về chất lượng phân bón hữu cơ vi sinh như được thể hiện trong Bảng 6.

Nhận xét: Phân bón HCVS được làm từ bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao bởi công nghệ vi sinh là có chất lượng đạt QCVN 01-189:2019/ BNNPTNT đối với phân bón hữu cơ vi sinh.

Các kết quả nghiên cứu và kiểm chứng đều cho những giá trị khá ổn định, điều này chứng tỏ chất lượng nguyên liệu bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao là tương đối ổn định về chất lượng.

Nhận xét: Ứng dụng công nghệ vi sinh cho sản xuất phân bón HCVS từ nguyên liệu bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao là khả thi và hiệu quả như các kết quả quan trắc và đánh giá như đã được thể hiện ở trên.

3.3. Đánh giá ảnh hưởng của phân bón hữu cơ vi sinh tới sự sinh trưởng, phát triển và năng suất lúa OM18

3.3.1. Tình hình sinh trưởng, phát triển của cây lúa
Qua theo dõi và đánh giá ảnh hưởng của phân bón hữu cơ vi sinh tới sự sinh trưởng, phát triển và năng suất

lúa đã cho thấy, khả năng sinh trưởng của các công thức khảo nghiệm có phần phát triển tốt hơn so với công thức đối chứng. Ở các công thức khảo nghiệm, cây ra rễ nhiều và to, đẻ nhánh nhanh và nhiều hơn. Trong đó, ở công thức khảo nghiệm CT1 lá ra to và dày hơn các công thức còn lại.

3.3.2. Các yếu tố cấu thành năng suất, năng suất thực thu và bội thu năng suất của cây lúa

So sánh các yếu tố cấu thành năng suất:

Số bông: Số bông của các công thức khảo nghiệm dao động từ 480 – 524 bông/1m², trong đó công thức thu được số bông cao nhất là CT1 đạt 524 bông/1m² cao hơn so với công thức đối chứng 44 bông/1m², công thức khảo nghiệm có số bông thấp nhất là CT2 với 506 bông/1m² cao hơn so với CT0(Đ/c) 25 bông/1m² và CT3 đạt 511 bông/1m² cao hơn so với CT0(Đ/c) 30 bông/1m².

Số hạt chắc trên bông: Trung bình số hạt chắc/bông của 04 công thức dao động từ 73-79 hạt. Trong đó CT0 đạt 73 hạt và công thức khảo nghiệm CT1 đạt 79 hạt, cao nhất trong các công thức và cao hơn so với công thức đối chứng 7 hạt/bông. Công thức khảo nghiệm CT2 và CT3 đạt 74 hạt/bông và cao hơn so với CT0 1 hạt/bông.

Khối lượng 1000 hạt: Khối lượng của 1000 hạt dao động khoảng 24,1 – 25,5gam. Trong đó, công thức

Bảng 8. Các yếu tố cấu thành năng suất của cây lúa

STT	Công thức	Số bông/1m ² (bông)	
		Số bông	Chênh lệch
1	CT0 (Đối chứng)	480	0
2	CT1	524	44
3	CT2	506	25
4	CT3	511	30
STT	Công thức	Số hạt chắc trên bông (hạt)	
		Số hạt	Chênh lệch
1	CT0 (Đối chứng)	73	0
2	CT1	79	5
3	CT2	74	1
4	CT3	74	1
STT	Công thức	Khối lượng 1000 hạt (gam)	
		Khối lượng hạt	Chênh lệch
1	CT0 (Đối chứng)	24,1	0,0
2	CT1	24,1	0,0
3	CT2	25,2	1,1
4	CT3	25,5	1,4

Bảng 9. Kết quả tính năng suất thực thu và bội thu của cây lúa

STT	Công thức	Năng suất thực thu (tạ/ha)	Bội thu năng suất	
			(tạ/ha)	%
1	CT0 (Đối chứng)	76,6	-	-
2	CT1	89,4	12,8	16,72
3	CT2	84,6	8,0	10,45
4	CT3	86,4	9,8	12,84
	CV (%)	5,0		
	LSD0,05	8,4		

Bảng 10. Bảng so sánh sự khác biệt về năng suất giữa các công thức khảo nghiệm

Công thức	CT0 (Đối chứng)	CT1	CT2	CT3
CT0 (Đối chứng)	0	-12,8	-8,0	-9,8
CT1	12,8a	0	4,8	3,0
CT2	8,0	-4,8	0	-1,8
CT3	9,8 a	-3,0	1,8	0
Ghi chú : a - Sai khác có ý nghĩa				

đối chứng CT3 có khối lượng cao nhất với 25,5 gam/1000 hạt, CT0 và CT1 có khối lượng 1000 hạt thấp nhất với 24,1 gam thấp hơn CT3 1,4gam. CT2 đạt 25,2 gam/1000 hạt thấp hơn CT3 khoảng 0,3 gam.

So sánh năng suất và bội thu năng suất: trong thực tế, năng suất thực thu thấp hơn so với năng suất được tính theo lý thuyết. Năng suất thực thu và bội thu năng suất được thể hiện như trong Bảng 8.

Các công thức sử dụng phân bón khảo nghiệm đều đạt năng suất cao hơn so với công thức đối chứng. Ở công thức khảo nghiệm CT1 cho ra năng suất thực thu cao nhất là 89,4 tạ/ha cao hơn so với công thức đối chứng (CT0: 76,6 tạ/ha), bội thu năng suất đạt 12,8 tạ/ha (tương đương 16,72%). Hai công thức khảo nghiệm còn lại CT2 đạt năng suất 84,6 tạ/ha và CT3 đạt năng suất 86,4 tạ/ha với bội thu năng suất so với CT0 lần lượt là CT2: 8 tạ/ha (tương đương 10,45%) và CT3: 9,8 tạ/ha (tương đương 12,84%).

Có sự khác biệt về mặt năng suất giữa các công thức. Ở 03 công thức khảo nghiệm đều cho năng suất cao hơn so với công thức đối chứng. Nhưng ở độ tin cậy 95%, CT1 cao hơn CT0 12,8 tạ/ha, CT2 cao hơn 8 tạ/ha và CT3 cao hơn 9,8 tạ/ha, cho thấy sai khác giữa CT1 và CT3 so với công thức đối chứng CT0 là có ý nghĩa.

Bên cạnh đó, khi so sánh sai khác giữa các công thức khảo nghiệm với nhau cho thấy CT1 cao hơn các công thức còn lại, tuy nhiên không có ý nghĩa ở độ tin cậy 95%.

3.3.3. *Đánh giá chất lượng sản phẩm*

Về tình hình sinh trưởng: Rễ nhiều và to, đẻ nhánh nhanh và nhiều. Nhìn chung, cây phát triển tốt, lá xanh, to và dày.

Về tình hình sâu bệnh: Bệnh đạo ôn đối với lúa trong giai đoạn 30 - 40 ngày, bệnh sâu cuốn lá trong giai đoạn 35 - 45 ngày.

Về khả năng chống chịu điều kiện bất lợi của cây lúa ở thí nghiệm của phân hữu cơ vi sinh: Lúa chịu hạn tốt và chưa đánh giá được mức độ chống chịu do mưa bão do mùa thực nghiệm có đến gần 95% là nắng.

4. KẾT LUẬN

Quy trình sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh từ bùn ao nuôi tôm thể chân trắng thâm canh mật độ cao bằng công nghệ vi sinh đã được nghiên cứu hoàn thiện về công nghệ, công thức và được sản xuất thử nghiệm. Chất lượng



Thực hiện khảo nghiệm phân bón hữu cơ vi sinh

phân bón hữu cơ vi sinh đạt QCVN 01-189:2019/ BNNPTNT đối với phân bón HCVS.

Nghiên cứu cũng đã xác định được tỷ lệ tỷ lệ giảm mặn cho bùn (thêm 0,65% axit oxalic/giảm 1% độ mặn), các nguyên liệu bùn (70%), chất độn bã mía (30%), bổ sung ri đường (2,10%), các chất dinh dưỡng và vi sinh vật bổ sung (1,41%).

Hiệu quả của phân bón HCVS đối với giống lúa OM18 là gia tăng năng suất lên từ 10,45% đến 16,72% và tăng giá trị kinh tế khoảng 4,6%...

Kiến nghị: Do đa số các cơ sở nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh mật độ cao là nằm rải rác, không tập trung và có quy mô nhỏ nên việc ứng dụng sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh trực tiếp tại hộ nuôi tôm là có hiệu suất thấp. Do đó, kiến nghị nên nghiên cứu xây dựng phương án thu gom, sơ chế bùn ao nuôi tôm thẻ chân trắng mật độ cao tại các cơ sở nuôi tôm thành nguyên liệu và sản xuất phân bón HCVS tại cơ sở tập trung.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Trà Vinh■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bảo, N. (2024). Nghiên cứu xây dựng quy trình xử lý nước thải ao nuôi tôm siêu thâm canh tuần hoàn nước trên địa bàn tỉnh Bến Tre". Bến Tre: Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bến Tre.
2. Bảo, N. P. (2010). Nghiên cứu ứng dụng bùn ao nuôi tôm sú ở Trà Vinh để sản xuất phân bón vi sinh. Trà Vinh: Sở KHCVN tỉnh Trà Vinh.
3. Bảo, N. P. (2016). Sản xuất thử nghiệm phân bón

hữu cơ vi sinh từ bùn ao nuôi tôm, bùn ao nuôi cá lóc và phụ phẩm nông nghiệp ở Trà Vinh. Trà Vinh: Sở KHCVN tỉnh Trà Vinh.

4. Bảo, N. P. (2022). Xây dựng quy trình xử lý nước và chất thải từ ao nuôi tôm thẻ chân trắng siêu thâm canh bằng phương pháp sinh học tại tỉnh Trà Vinh. Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Trà Vinh.
5. Chongrak, P. (2007). Organic Waste Recycling: Technology and Management. Bangkok, Thailand: IWA Publishing.
6. Cục thống kê. (2021). Niên giám thống kê Việt Nam năm 2020. Hà Nội.
7. Giáp, Đ. V. (1997). Phân tích dữ liệu khoa học bằng chương trình MS Excel. Hà Nội: Nhà xuất bản giáo dục.
8. Ken, M. (2000). The science and engineering of composting. Cleveland, OH 44142: Journal of Composting & Recycling.
9. Kim, Đ. Đ. (2004). Nghiên cứu công nghệ xử lý bùn ao nuôi tôm góp phần làm sạch môi trường nuôi trồng thủy sản và sản xuất phân bón hữu cơ vi sinh. Bắc Ninh: Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản I.
10. Levanov, A. V., Isaikina, O. Y., Azizova, P. S., Kharlanov, A. N., & Lunin, V. V. (2020). Oxidation of Oxalic Acid in the Ozone-Chloride-Ion Reaction System in an Aqueous Solution. Russian Journal of Physical Chemistry A, 71-76.
11. R&D Project P1-311. (2002). Processes and Plant for Waste Composting and other Aerobic Treatment. Cambridgeshire: Environment Agency, UK.
12. Trí, B. M. (2005). Xác suất Thống kê và Quy hoạch Thực nghiệm. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.



NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ SINH HÓA ĐẾN SINH TRƯỞNG VÀ HIỆU SUẤT XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT CỦA VI KHUẨN LAM S. SALINA M8

NGUYỄN THỊ PHƯƠNG DUNG^{1,2*}, TRẦN ĐĂNG THUẦN³, NGUYỄN THỊ THU CÚC²,
NGUYỄN THỊ THU THẢO²

¹Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

³Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt:

Công nghệ sinh học vi tảo đang được quan tâm như một giải pháp bền vững trong xử lý nước thải nhờ khả năng hấp thu, chuyển hóa hiệu quả chất ô nhiễm và tiềm năng thu hồi sinh khối cao. Mục tiêu của nghiên cứu là sử dụng chủng vi khuẩn lam quang tự dưỡng *S.salina* M8, được phân lập từ môi trường nước nông nghiệp Việt Nam, nhằm đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố sinh hóa gồm mật độ giống, pH, tỷ lệ chất dinh dưỡng C:N:P đến sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của *S.salina* M8 trong quy mô phòng thí nghiệm. Nghiên cứu áp dụng phương pháp lấy mẫu, phân tích nước thải trong phòng thí nghiệm và phương pháp đánh giá sự sinh trưởng của *S.salina* M8. Kết quả cho thấy, *S.salina* M8 có khả năng sinh trưởng tốt, đạt được năng suất sinh khối tương đương khoảng 1,6 g/L và hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm đạt khoảng 75% đối với COD và trên 80% đối với các chất như N-NH_4^+ , tổng nitrogen (T-N), P-PO_4^{3-} và tổng phosphorus (T-P) dưới điều kiện thích hợp là tỷ lệ tảo giống 20-25% (v/v), pH=7, nhiệt độ 27°C, sục khí (0,1 vvm) và khuấy từ (150 vòng/phút), cường độ ánh sáng 4500 Lux và tỷ lệ dinh dưỡng C:N:P = 100:10:1 sau 8 ngày nuôi cấy. Nước thải sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn chất lượng theo QCVN 14:2008/BTNMT, cột B. Vì vậy, nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng *S.salina* M8 trong xử lý nước thải sinh hoạt nhờ khả năng hấp thu và chuyển hóa chất hữu cơ, chất dinh dưỡng, đồng thời tạo ra sinh khối có thể thu hồi sản xuất ra các sản phẩm có giá trị ứng dụng trong các ngành công nghiệp. Đây là một hướng đi mới mang tính bền vững, thân thiện với môi trường, góp phần thúc đẩy mô hình công nghệ xanh và kinh tế tuần hoàn.

Từ khóa: Nước thải sinh hoạt, quang-tạp dưỡng, sinh khối, *S.salina* M8.

Ngày nhận bài: 4/2/2025; Ngày sửa chữa: 3/3/2025; Ngày duyệt đăng: 17/3/2025.

Research on the effects of biochemical factors on growth and pollutant removal efficiency from municipal wastewater of cyanobacterium *S.salina* M8

Abstract:

Microalgae biotechnology is being considered as a sustainable solution in wastewater treatment due to its ability to effectively absorption and metabolism pollutants and the potential for biomass recovery. The aim of this paper is to use the photoautotrophic cyanobacteria strain *S.salina* M8, isolated from Vietnamese agricultural water environment, evaluation the effects of biochemical factors including inoculum density, pH and nutrient ratio C:N:P on the growth and domestic wastewater treatment efficiency of *S.salina* M8 in laboratory scale. Research on the application of methods for sampling and analyzing wastewater in the laboratory and methods for evaluating the growth of *S.salina* M8. The results showed that *S.salina* M8 achieved dry cell weight of 1.6 g/L with treatment efficiency reaching over 75% for COD and 85% for substances such as NH_4^+ , total nitrogen (T-N), PO_4^{3-} and total phosphorus (T-P) under the preferable conditions of innoculation rate of 20-25% (v/v), pH=7, temperature 27°C, aeration (0.1 vvm) and magnetic stirring (150 rpm), light intensity 4500 Lux and nutrient ratio C:N:P = 100:10:1 after 8 days of culture. The effluent meets the quality standards according to QCVN 14:2008/BTNMT column B. This study demonstrated the potential of *S.salina* M8 in treating domestic wastewater, and providing valuable biomass, contributing to the development of a green economy and a circular economy.

Keywords: Municipal wastewater, Photo-mixotrophic, Biomass, *S.salina* M8.

JEL Classifications: P18, Q53, Q55.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, ô nhiễm môi trường nước đang là một trong những vấn đề đáng quan tâm không chỉ ở quy mô toàn cầu mà còn ở các quốc gia và từng địa phương, đặc biệt tại các đô thị lớn như Hà Nội. Sự gia tăng dân số, tốc độ đô thị hóa nhanh chóng cùng với hệ thống hạ tầng kỹ thuật chưa theo kịp đã làm phát sinh một lượng lớn nước thải sinh hoạt hàng ngày. Theo thống kê, trung bình mỗi người dân Hà Nội thải ra khoảng 100–150 lít nước thải mỗi ngày, trong khi tổng lượng nước thải sinh hoạt toàn thành phố ước tính lên đến gần 1 triệu m³/ngày (Anh, T. T. D., 2022). Báo cáo của Bộ TN&MT năm 2023 cho biết, đến nay ở Việt Nam mới chỉ có khoảng 18% nước thải đô thị được thu gom và xử lý tại các nhà máy xử lý nước thải tập trung (Bộ TN&MT, 2023). Nước thải sinh hoạt thường chứa hàm lượng cao chất hữu cơ, chất dinh dưỡng như nitrogen (N), phosphorus (P), vi khuẩn gây bệnh và các vi chất độc hại. Nếu không được xử lý đúng cách, các chất dinh dưỡng này sẽ thúc đẩy hiện tượng phú dưỡng hóa nguồn nước, gây suy thoái hệ sinh thái thủy sinh, phát sinh mùi hôi, ảnh hưởng đến mỹ quan đô thị và đe dọa đến sức khỏe cộng đồng. Trong khi đó, công nghệ xử lý nước thải đô thị hiện tại chủ yếu áp dụng phương pháp sinh học, hiếu khí, kỵ khí hoặc thiếu khí. Nhược điểm của công nghệ này là tạo ra một lượng bùn rất lớn, yêu cầu phải có công đoạn xử lý bùn thải triệt để và thường không thân thiện với môi trường.

Trước thực trạng đó, việc tìm kiếm các giải pháp xử lý nước thải hiệu quả, thân thiện với môi trường, chi phí thấp và có khả năng tận dụng tài nguyên đang là định hướng quan trọng. Một trong những hướng tiếp cận đang được quan tâm hiện nay là ứng dụng công nghệ sinh học dựa trên vi sinh vật quang tự dưỡng, đặc biệt là vi tảo. Vi tảo có khả năng hấp thụ và chuyển hóa các chất dinh dưỡng trong nước thải để tổng hợp sinh khối thông qua quá trình quang hợp, đồng thời làm giảm nồng độ các chất ô nhiễm như COD, N, P trong nước. Ngoài ra, sinh khối vi tảo có thể được thu hồi để sử dụng làm nguyên liệu sản xuất phân bón hữu cơ, thức ăn chăn nuôi hoặc nhiên liệu sinh học, từ đó tạo ra chu trình tái sử dụng tài nguyên, hướng tới phát triển bền vững. Chẳng hạn, chủng *Chlorella variabilis* TH03 đạt năng suất sinh khối cao trong các hệ thống nuôi cấy khác nhau và có khả năng loại bỏ 74.8–89.8% COD, 93.8–96.1% tổng nitrogen và 97.1–99.9% tổng phosphorus chỉ sau 14–17 ngày nuôi cấy (Dang Thuan Tran et al., 2021). Bên cạnh đó, theo nghiên cứu của Nattawut Krasaesueb và cộng sự (2019), chủng *Synechocystis* sp. được nuôi trong nước thải giàu NH₄⁺ và PO₄³⁻ đã cho hiệu suất loại bỏ chất dinh dưỡng là 96,99% đối với phosphate, 80,10% đối với nitrate, 67,90% đối với nitrite và 98,07%

đối với amoni (Krasaesueb et al., 2019). Vì vậy, ứng dụng vi tảo trong xử lý nước thải không chỉ giúp giảm thiểu ô nhiễm môi trường mà còn tạo ra các hợp chất sinh học có giá trị (như lipid, protein, cacbohydrat) từ sinh khối của vi tảo.

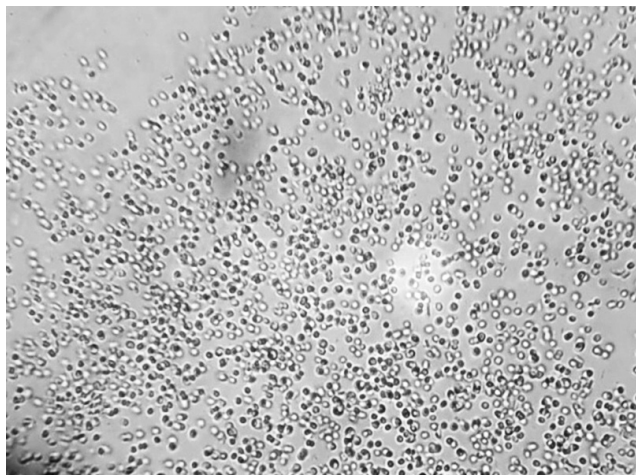
Phần lớn các nghiên cứu trước đây tập trung vào nuôi cấy vi tảo theo chế độ dị dưỡng, tận dụng hàm lượng các-bon hữu cơ cao trong nước thải sinh hoạt (Santos, C. A et al., 2020). Trong chế độ dị dưỡng, vi tảo phát triển dựa trên nguồn các-bon hữu cơ và không cần ánh sáng, cho phép loại bỏ hiệu quả các hợp chất hữu cơ, nitrogen và phosphorus khỏi nước thải so với nuôi cấy quang dưỡng thông thường (Santos, C. A et al., 2020). Ngược lại, vi tảo quang - tạp dưỡng hiện đang thu hút sự quan tâm nghiên cứu gần đây nhờ khả năng sử dụng đồng thời các-bon hữu cơ và vô cơ cùng các dưỡng chất nitrogen và phosphorus trong nước thải, giúp làm giảm nồng độ các chất ô nhiễm này (Voulvoulis, N et al., 2020).

Mặc dù điều này đã được ghi nhận ở một số loài vi tảo như *A. platensis* (M. I. B. Pereira et al., 2019), tuy nhiên việc ứng dụng khả năng quang tạp dưỡng của chủng *S.salina* M8 trong xử lý nước thải sinh hoạt tại Việt Nam vẫn còn mới và chưa có nhiều nghiên cứu để đánh giá một cách hệ thống. *S.salina* M8 được biết đến là vi khuẩn lam quang tạp dưỡng, có thể sinh trưởng trong cả môi trường nước mặn và ngọt. Tế bào có hình cầu hoặc oval (0,7–8 μm), không cố định đạm, có hoặc không có lớp chất nhầy trong suốt. Hệ sắc tố gồm phycocyanin (tạo màu xanh lam) và chlorophyll-a giúp hấp thụ ánh sáng hiệu quả cho quang hợp (Allaf, M et al., 2022). Nhờ khả năng quang hợp, chúng tạo ra năng lượng từ ánh sáng mặt trời và sản sinh oxy, glucose phục vụ sinh trưởng (Meixner, K et al., 2018). *S.salina* M8 có khả năng loại bỏ amoni, nitrat, nitrit và photphat từ nước thải trong khoảng từ 6-10 ngày sau khi nuôi cấy, cho thấy khả năng tích lũy các chất này trong sinh khối của chúng (Cepoi, L et al., 2016). Ngoài ra, loài này cũng đã được chứng minh là có khả năng loại bỏ các chất dinh dưỡng như phosphorus và nitrogen từ nước thải, với hiệu suất loại bỏ lên đến 96% phosphorus và 66% nitrogen (Trentin, G et al., 2019). Đồng thời *S.salina* M8 phát triển mạnh trong môi trường giàu chất hữu cơ và có thể tích lũy lượng lớn các hợp chất có giá trị cao như protein, polysaccharide và polyhydroxybutyrate (PHB) – một loại polymer sinh học. Mục tiêu của nghiên cứu là sử dụng chủng vi khuẩn lam quang tự dưỡng *S.salina* M8, được phân lập từ môi trường nước nông nghiệp Việt Nam, nhằm đánh giá ảnh hưởng của một số yếu tố sinh hóa gồm mật độ giống, pH và tỷ lệ chất dinh dưỡng C:N:P đến sinh trưởng và hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của *S.salina* M8 trong quy mô phòng thí nghiệm.

Bảng 1. Thành phần trong 1 lít môi trường BG-11

STT	Tên hóa chất	Công thức phân tử	Đơn vị (g/l)
1	Sodium nitrate	NaNO ₃	1,5
2	Dipotassium phosphate	K ₂ HPO ₄	0,04
3	Aluminum sulfate	Al ₂ SO ₄	0,04
4	Magnesium sulfate heptahydrate	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,075
5	Calcium chloride dihydrate	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,036
6	Citric acid	C ₆ H ₈ O ₇	0,006
7	Ferric ammonium citrate	(NH ₄) ₃ [Fe(C ₆ H ₄ O ₇) ₂]	0,006
8	Disodium ethylenediaminetetraacetate dihydrate	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	0,001
9	Sodium carbonate	Na ₂ CO ₃	0,02
10	Hỗn hợp vi lượng - kim loại (mix A5): H ₃ BO ₃ : 2,86g/L; MnCl ₂ ·4H ₂ O: 1,81 g/L; ZnSO ₄ ·7H ₂ O: 0,222g/L; Na ₂ Mo ₄ ·2H ₂ O: 0,39g/L; CuSO ₄ ·5H ₂ O: 0,079g/L; Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O: 0,049 g/L.		1 mL/L

Nguồn: (Synechocystis sp. (n.d.). Ccap.ac.uk, 2025)



Hình 1. Hình thái VKL S.salina M8

Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng S.salina M8 trong xử lý nước thải sinh hoạt, đồng thời tạo ra sinh khối có thể thu hồi sản xuất ra các sản phẩm có giá trị ứng dụng trong các ngành công nghiệp như nhựa sinh học PHA, phân bón sinh học, nguyên liệu biofuel, hoặc phycocyanin. Đây là một hướng đi mới mang tính bền vững, thân thiện với môi trường, góp phần thúc đẩy mô hình công nghệ xanh và kinh tế tuần hoàn.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và dụng cụ thí nghiệm

2.1.1. Nguồn tảo giống

Chủng vi khuẩn lam S.salina M8 từ bộ sưu tập giống được lưu giữ và nuôi cấy tại Phòng Công nghệ Hóa sinh, Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 18 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội. S.salina M8 được tiến nuôi cấy trong môi trường BG-11 (Bảng 1).



Hình 2. Nhân giống tảo S.salina M8 trong bình 250 mL

Sử dụng các bình tam giác 250 mL với thể tích làm việc 100 mL. Điều kiện nuôi cấy được duy trì tại nhiệt độ khoảng 25 – 27°C, nguồn sáng là 2 bóng đèn huỳnh quang với cường độ ánh sáng 4.500 Lux, chu kỳ chiếu sáng là 24 giờ sáng, sục khí (0,1 vvm) và khuấy từ (150 vòng/phút).

2.1.2. Nước thải sinh hoạt

Nước thải sinh hoạt được lấy tại 2 cống xả nước thải của khu dân cư phố Triều Khúc, Thanh Xuân, Hà Nội. Vị trí điểm lấy mẫu tại cống thoát nước thải ngõ 66 Triều Khúc, tọa độ: X1 = 2.321.350, Y1 = 594.921 và ngõ 48 phố Triều Khúc, tọa độ: X2 = 2.345.350, Y1 = 594.823.

2.1.3. Dụng cụ thí nghiệm (Bảng 2)

2.2. Bố trí thí nghiệm

2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của mật độ giống ban đầu lên khả năng sinh trưởng của S.salina M8

Bảng 2. Dụng cụ, thí nghiệm

STT	Tên thiết bị	Model/Thông số kĩ thuật	Nhà sản xuất
1	Cân phân tích	JF2204	Labex – Anh
2	Máy ly tâm	Z206A	Hermle, Đức
3	Máy siêu âm	Ultrasonic Cleaner	Anh
4	Nồi hấp tiệt trùng	LS-75LJ	Nanbei, Trung Quốc
5	Tủ sấy và tủ ẩm		Heraeus, Đức
6	Kính hiển vi	Kính hiển vi	OLYMPUS, Nhật Bản
7	Máy đo quang UV-Vis	U-2900/2910	Shimadzu, Nhật Bản
8	Đèn LED		Rạng Đông, Việt Nam
9	Máy sục khí	HP-400	Atman, Trung Quốc
10	Van điều chỉnh lưu lượng khí		Việt Nam
11	Đầu lọc khí	0,22 µm	Trung Quốc
12	Ống dây Silicon		Trung Quốc
13	Bình thủy tinh dùng để nuôi cấy	1 L; 2 L; 3,5 L; 5 L	SIMAX, Germany
14	Ống đong	25 mL, 50 mL, 100 mL, 1000 mL	Đức
15	Bình định mức Duran	1000 mL	Đức
16	Bình nón tam giác	50 mL, 250mL	Đức



Hình 3. Thí nghiệm nuôi S.salina M8 trong nước thải sinh hoạt

Để lựa chọn được mật độ giống thích hợp cho sự sinh trưởng của S.salina M8, chủng này được nuôi trong các bình Duran 1L với môi trường BG-11. Mật độ tảo giống ban đầu tại các thí nghiệm OD₆₈₀ = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 tương ứng với tỷ lệ tảo giống 10%, 15%, 20% và 25% (v/v). Các thí nghiệm được thực hiện trong thời gian 8 ngày với điều kiện

hiệt độ 25-27°C, sục khí (0,1 vvm) và khuấy từ (150 vòng/phút), cường độ chiếu sáng 4.500 Lux, chu kỳ sáng là 24h. Mỗi thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng sinh trưởng của S.salina M8 và hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt

Thí nghiệm tiến hành trong các bình Duran 1L tại các giá trị pH từ (5, 6, 7, 8, 9), với mật độ S.salina M8 ban đầu được lựa chọn là OD₆₈₀ = 0,3 (tương ứng với tỷ lệ giống 20% v/v). Các điều kiện thí nghiệm như sau: nhiệt độ 25-27°C, sục khí (0,1 vvm) và khuấy từ (150 vòng/phút), cường độ chiếu sáng 4.500 Lux, chu kỳ sáng là 24h. Mỗi thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần. Sự sinh trưởng và hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của S.salina M8 được theo dõi trong 8 ngày, các chỉ tiêu phân tích chất lượng nước thải sau xử lý bao gồm: N-NH₄⁺, T-N, T-P, PO₄³⁻, COD.

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ C:N:P đến khả năng sinh trưởng của S.salina M8 và hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt

Thí nghiệm tiến hành trong các bình Duran 1L tại các tỷ lệ C:N:P = (100:10:1), (100:5:1), (100:10:0,5), (100:15:1). Điều chỉnh thành phần dinh dưỡng bằng cách bổ sung nguồn các-bon (CO₂ hoặc acetate), nitrogen (NaNO₃) và phosphorus (K₂HPO₄). Các điều kiện thí nghiệm như sau: nhiệt độ 25-27°C, sục khí (0,1 vvm) và khuấy từ (150 vòng/phút), cường độ chiếu sáng 4.500 Lux, chu kỳ sáng là 24h, mật độ tảo giống OD₆₈₀ = 0,3 và pH = 7. Mỗi thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần. Sự sinh trưởng và hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của S.salina M8 được theo dõi trong 8 ngày, các chỉ tiêu phân tích chất lượng nước thải sau xử lý bao gồm: N-NH₄⁺, T-N, T-P, PO₄³⁻, COD.



2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp lấy mẫu và phân tích nước thải trong phòng thí nghiệm

Nước thải được lấy theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5999:1995 (ISO 5667/10: 1992) về chất lượng nước - lấy mẫu - hướng dẫn lấy mẫu nước thải; Bảo quản theo tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663-3:2016 (ISO 5667-3:2012) về chất lượng nước - lấy mẫu - Phần 3: Bảo quản và xử lý mẫu nước. Nước thải đựng vào can 5-10 L và đưa về phòng thí nghiệm Công nghệ Hóa sinh, Viện Hóa học. Nước thải được xử lý sơ bộ bằng phương pháp lọc qua giấy lọc có kích thước lỗ 3 - 7 μm trong 30 phút để loại bỏ rác, hạt lơ lửng trước khi tiến hành các thí nghiệm. Các thông số đầu vào như COD, NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , TN, TP được đo ngay sau khi mẫu được đưa về phòng thí nghiệm; các thông số đầu ra của thí nghiệm được tiến hành phân tích sau 8 ngày nuôi cấy; phương pháp phân tích NH_4^+ theo TCVN 6179-1:1996; phân tích NO_3^- theo TCVN 6180:1996 ISO 7890-3:1998 (E); phân tích phosphorus theo TCVN 6202:2008 - phương pháp đo phổ dùng amoni moliphat; phân tích COD theo TCVN 6491:1996. Kết quả phân tích chất lượng nước thải đầu vào sau khi xử lý sơ bộ qua lọc: pH = $7,3 \pm 0,2$; COD = $325,6 \pm 0,3$ mg/L; NO_3^- = $3,2 \pm 0,1$ mg/L; NH_4^+ = $32,12 \pm 0,42$ mg/L; TN = $36,12 \pm 0,52$ mg/L; P- PO_4^{3-} = $4,24 \pm 0,15$ mg/L; TP = $5,2 \pm 0,2$ mg/L, TSS = $1,4 \pm 0,2$ mg/L. Các thí nghiệm được bố trí theo thiết kế hoàn toàn ngẫu nhiên với các biến độc lập gồm tỷ lệ tảo giống, pH và tỷ lệ C:N:P với biến phụ thuộc là mật độ quang học (OD_{680}). Mỗi thí nghiệm lặp lại 3 lần để đảm bảo độ tin cậy thống kê và kết quả đo được trình bày bằng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Số liệu thô được xử lý trên phần mềm Excel 2016 của Microsoft. Hiệu suất xử lý COD, N- NH_4^+ , T- N, P- PO_4^{3-} và T-P được xác định theo công thức:

$$H_i = (1 - \frac{C_i}{C_{oi}}) \times 100$$

Trong đó H_i là hiệu suất xử lý; C_{oi} là giá trị nồng độ các thông số của nước

thải đầu vào (mg/L); và C_i là giá trị nồng độ các thông số của nước thải sau xử lý (mg/L).

2.3.2. Phương pháp đánh giá sự sinh trưởng của S.salina M8

Với mục đích xác định sự sinh trưởng của S. salina M8 trong môi trường nuôi cấy, phương pháp đo mật độ quang học (Optical Density – OD) dựa trên khả năng hấp thụ ánh sáng của các sắc tố Chlorophyll trong tế bào được sử dụng. Sự sinh trưởng của S. salina M8 được theo dõi bằng cách đo độ hấp thụ quang tại bước sóng 680 nm (OD_{680}) bằng máy quang phổ UV-Vis. Giá trị OD_{680} tỷ lệ thuận với mật độ sinh khối trong môi trường.

Tiến hành đo mật độ quang với tần suất 1 lần/ngày vào cùng thời điểm trong ngày. Trước khi đo cần lắc đều bình thí nghiệm và dùng pipet lấy 3 mL dung dịch thí nghiệm cho vào cuvet sạch. Đặt cuvet vào máy đo quang ở bước sóng 680 nm, sau đó ghi lại giá trị OD_{680} của mẫu. Xây dựng đường chuẩn OD_{680} theo thời gian để theo dõi sự sinh trưởng của S. salina M8.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát mẫu nước thải sinh hoạt tại khu vực nghiên cứu

Các số liệu phân tích nước thải được thể hiện trên bảng 3 cho thấy, nước thải sinh hoạt đã qua lọc và trước khi đưa vào xử lý bằng S.salina M8 có môi trường pH trung tính. Hàm lượng COD dao động trong khoảng $325,6 \pm 0,3$ mg/L. Nước thải giàu nitrogen trong đó hàm lượng amoni (N- NH_4^+) cao với nồng độ trong khoảng $32,12 \pm 0,42$ mg/L và N- NO_3^- có hàm lượng thấp $3,2 \pm 0,1$ mg/L. Hàm lượng photphat (PO_4^{3-}) là dạng hợp chất phosphorus chủ yếu được tìm thấy trong nước thải sinh hoạt với nồng độ dao động $4,24 \pm 0,15$ mg/L. Tổng nitrogen T-N và tổng phosphorus T-P ghi nhận trong nghiên cứu này nằm tương ứng trong khoảng $36,12 \pm 0,52$ mg/L và $5,2 \pm 0,2$ mg/L. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) sau lọc khoảng $1,4 \pm 0,2$ mg/L và không ảnh hưởng đến khả năng khuếch tán của ánh sáng vào trong nước. Để nuôi S.salina M8, giá trị pH trong nước thải sinh hoạt từ mẫu thu tại cống thải là phù hợp với chủng S.salina M8 trong môi trường chuẩn BG-11.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, nước thải sinh hoạt được sử dụng trong thí nghiệm này chứa các chất dinh dưỡng thiết yếu như các-

Bảng 3. Nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt sau khi xử lý sơ bộ và trước khi nuôi S.salina M8 (n=3)

STT	Thông số	Đơn vị	Hàm lượng	QCVN 14:2008/ BTNMT (Cột B)
1	pH	-	$7,3 \pm 0,2$	5-9
2	Nhiệt độ	$^{\circ}\text{C}$	$25,67 \pm 0,21$	-
3	TSS	mg/L	$1,4 \pm 0,2$	100
4	N- NO_3^-	mg/L	$3,2 \pm 0,1$	50
5	N- NH_4^+	mg/L	$32,12 \pm 0,42$	10
6	Tổng N	mg/L	$36,12 \pm 0,52$	-
7	P- PO_4^{3-}	mg/L	$4,24 \pm 0,15$	10
8	Tổng P	mg/L	$5,2 \pm 0,2$	-
9	COD	mg/L	$325,6 \pm 0,3$	-

bon, nitrogen, các hợp chất phosphorus cần thiết cho sự phát triển của tảo. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả Dang Thuan Tran và cộng sự, 2021 (D.T. Tran et al., 2021). Do đó, trong các nghiên cứu tiếp theo nước thải sinh hoạt được sử dụng để làm môi trường nuôi cấy cho *S.salina* M8.

3.2. Ảnh hưởng của mật độ giống *S.salina* M8 ban đầu lên khả năng sinh trưởng

Mật độ cấy giống ban đầu có vai trò quan trọng và ảnh hưởng đến sinh trưởng của *S.salina* M8 trong môi trường dinh dưỡng. Trong nghiên cứu này mật độ giống ban đầu được khảo sát với các giá trị OD₆₈₀ lần lượt là 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 (tương ứng với tỷ lệ *S.salina* M8 giống 10%, 15%, 20% và 25% v/v). Sinh trưởng của *S.salina* M8 được theo dõi và đo mật độ quang ở các mốc thời gian T = 0; 2; 4; 6 và 8 ngày (Hình 4).

Số liệu khảo sát cho thấy, mật độ tảo giống ban đầu có ảnh hưởng rõ rệt đến tốc độ sinh trưởng của *S.salina* M8. Ở các tỷ lệ 10% và 15%, tốc độ sinh trưởng chậm hơn, với giá trị OD₆₈₀ lần lượt đạt 1,203±

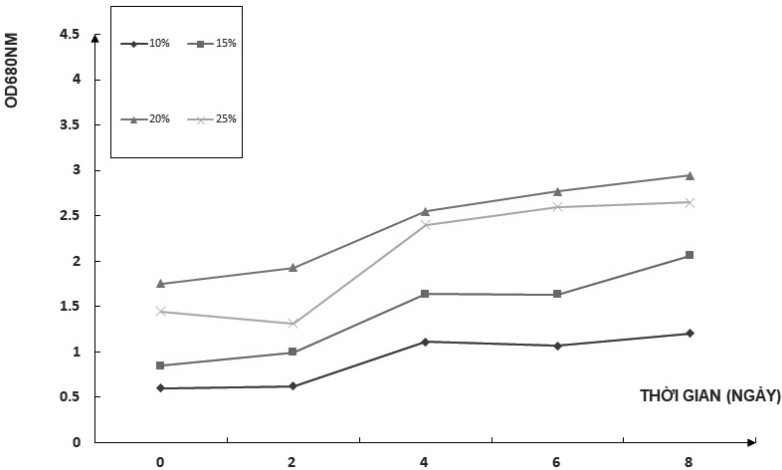
0,026 và 2,058± 0,009 sau 8 ngày. Điều này có thể được giải thích khi lượng giống cấy ban đầu thấp sinh khối đạt được không cao dẫn đến mật độ sinh khối thấp. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, khẳng định rằng mật độ giống nuôi ban đầu ảnh hưởng lớn đến hiệu suất quang hợp và tốc độ tăng trưởng của sinh khối (A. Vonshak et al., 1982). Trong khi ở tỷ lệ các 20% và 25%, tốc độ sinh trưởng nhanh hơn, đạt giá trị OD₆₈₀ lần lượt là 2,941 ± 0,05 và 2,648 ± 0,04. Tại tỷ lệ tảo giống 25% thấp hơn so với tỷ lệ 20% có thể lý giải nguyên nhân là do mật độ tảo lớn dẫn đến sự cạnh tranh về chất dinh dưỡng và cường độ ánh sáng bị giảm cho các tế bào ở lớp phía dưới. Vì vậy, tỷ lệ *S.salina* M8 giống ban đầu là 20% (v/v) cho kết quả sinh trưởng tốt nhất với giá trị OD₆₈₀ = 2,941 ± 0,05 được lựa chọn để thực hiện các thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng của pH đến sinh trưởng của *S.salina* M8 và hiệu quả xử lý chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt

3.3.1. Ảnh hưởng của pH lên khả năng sinh trưởng của *S.salina* M8

pH là một yếu tố chỉ thị quan trọng, phản ánh tình trạng dinh dưỡng của môi trường nuôi cấy, đặc biệt liên quan đến nguồn cung cấp bicarbonat và khí CO₂ hòa tan là các thành phần cần thiết cho quá trình quang hợp của tảo. Trong môi trường nuôi *S.salina* M8 thì pH đóng vai trò then chốt, vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng hấp thu dinh dưỡng và tốc độ sinh trưởng của tảo. Do đó, pH được xem là một trong những nhân tố môi trường có tác động đáng kể đến hiệu quả nuôi cấy chủng tảo này. Thí nghiệm tiến hành trong các bình Duran 1L tại các giá trị pH: 5, 6, 7, 8, 9 với tỷ lệ 20% (v/v) tảo giống *S.salina* M8 được thêm vào mỗi bình thí nghiệm.

Kết quả cho thấy, *S.salina* M8 sinh trưởng và phát triển tốt ở pH = 7 và 8 tương ứng với OD₆₈₀ = 2,925± 0,002 và 2,315± 0,005 so với pH = 5, 6 và 9 trong cùng một điều kiện nuôi. Theo



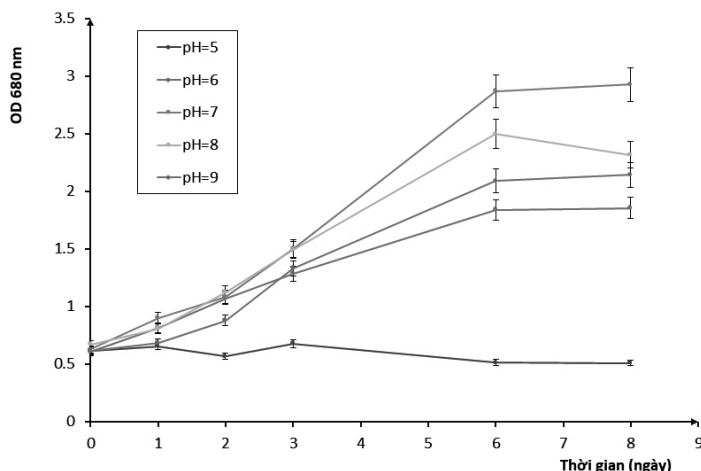
Hình 4. Sinh trưởng của *S.salina* M8 theo mật độ giống khác nhau sau 8 ngày nuôi



Hình 5. Thí nghiệm nuôi *S.salina* M8 trong nước thải sinh hoạt tại các giá trị pH khác nhau

Bảng 4. Ảnh hưởng của pH lên sự sinh trưởng của S.salina M8

Mật độ quang (OD680)	pH=5	pH=6	pH=7	pH=8	pH=9
T0 (7/1/2025)	0,609 ± 0,064	0,603± 0,057	0,627± 0,02	0,669± 0,008	0,615± 0,025
T2 (9/1/2025)	0,564± 0,015	1,070± 0,03	1,082± 0,012	1,124± 0,011	0,878± 0,004
T4 (11/1/2025)	0,675± 0,124	1,284± 0,061	1,5± 0,032	1,491± 0,006	1,329± 0,002
T6 (13/1/2025)	0,512± 0,01	1,836± 0,051	2,868± 0,041	2,496± 0,013	2,088± 0,013
T8 (15/1/2025)	0,508± 0,003	1,852± 0,016	2,925± 0,002	2,315± 0,005	2,14± 0,009



Hình 6. Sinh trưởng của S.salina M8 ở các pH khác nhau, mật độ tảo giống 20%

nghiên cứu của Coutteau (1996) cũng cho kết quả pH thích hợp đối với sự phát triển của tảo từ 7 - 9 (Coutteau, P et al., 1996). Như vậy, trong nghiên cứu này pH = 7 là giá trị tối ưu cho sự sinh trưởng của S.salina M8 và tương ứng với OD₆₈₀ = 2,925± 0,002 sau 8 ngày nuôi.

Bên cạnh đó, giá trị pH của môi trường nuôi S.salina M8 có xu hướng tăng lên theo thời gian trong tất cả các thí nghiệm. Điều này được giải thích là do quá trình tạo ra ion HCO₃⁻ thông qua quá trình quang hợp của tảo, CO₂ từ khí quyển được tan vào trong môi trường theo phản ứng CO₂ + H₂O → HCO₃⁻ + H⁺.

3.3.2. Đánh giá hiệu quả xử lý NTSH của S.salina M8 tại giá trị pH = 7

Kết quả phân tích nồng độ và hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm của S.salina M8 tại pH = 7 trong nước thải sinh hoạt được thể hiện trong Bảng 5 và Hình 7.

Kết quả cho thấy, sau 8 ngày nuôi cấy tại pH = 7, nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt giảm rõ rệt. Hiệu

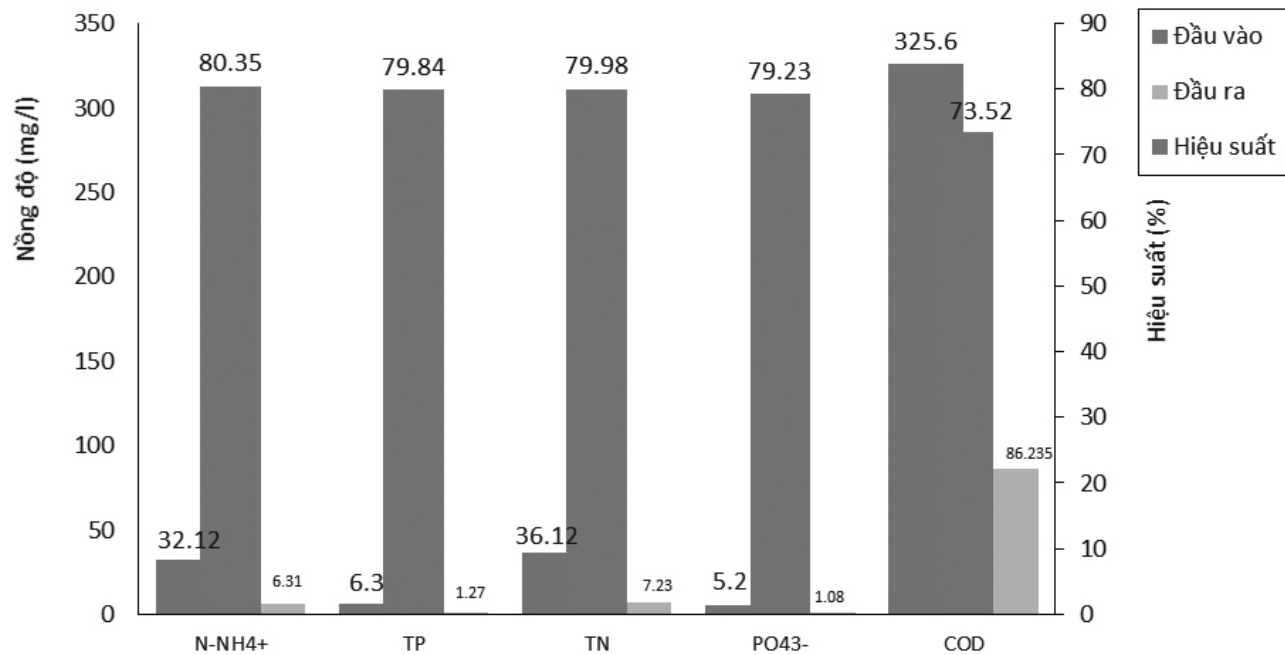
suất xử lý cao nhất ghi nhận đối với N-NH₄⁺, đạt 80,35±0,33% (từ 32,12 ± 0,42 mg/L xuống 6,31 ± 0,22 mg/L), chứng tỏ khả năng loại bỏ amoni hiệu quả của S.salina M8. Tổng nitrogen (TN) đạt 79,98±0,41% (từ 36,12± 0,52 mg/L còn 7,23±0,25 mg/L), phản ánh khả năng hấp thụ dinh dưỡng tốt. Tương tự, P-PO₄³⁻ và TP lần lượt đạt hiệu suất 79,23±0,51% và 79,84±0,28% cho thấy khả năng loại bỏ phosphorus cũng rất đáng kể. COD giảm từ 325,6 ± 0,3 mg/L xuống 86,3± 0,5 mg/L, đạt hiệu suất 73,52±0,12%. Mặc dù hiệu suất xử lý COD thấp hơn so với các chất dinh dưỡng, song vẫn đáp ứng được yêu cầu, khẳng định tiềm năng của S.salina M8 trong xử lý đồng thời các hợp chất nitrogen, phosphorus và chất hữu cơ trong nước thải. Các số liệu trong nghiên cứu này là đồng nhất với các kết quả trong nghiên cứu của nhóm tác giả Đoàn Thị Oanh và cộng sự (2020), chủng Chlorella vulgaris CNK có tốc độ sinh trưởng tối ưu tại pH = 7 và đạt OD₄₂₀ = 0,068 ở ngày thứ 12 đồng thời hiệu suất xử lý N-NH₄⁺ đạt 54% (Đoàn Thị Oanh và cộng sự, 2020).

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ C:N:P đến sinh trưởng và hiệu quả xử lý chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt bởi S.salina M8

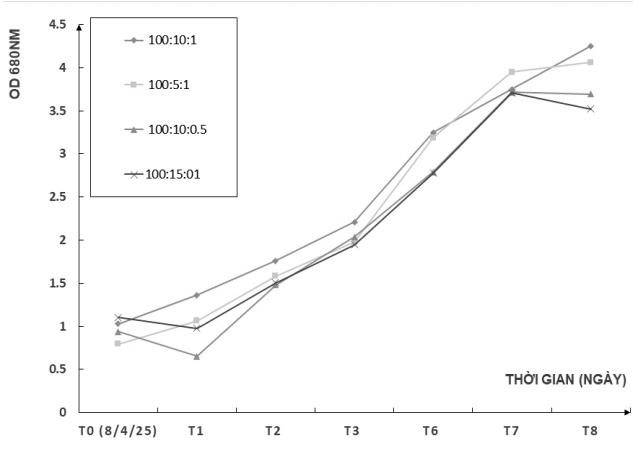
Kết quả thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ các chất dinh dưỡng C:N:P đến sinh trưởng và hiệu quả xử lý chất ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt bởi S.salina M8 sau 8 ngày, mật độ tảo giống 20% (v/v), pH = 7 được thể hiện trong Bảng 6 và Hình 9.

Bảng 5. Nồng độ các chất ô nhiễm của NTSH khi xử lý bằng nuôi S.salina M8 tại pH = 7

pH = 7.0	N-NH ₄ ⁺	TN	PO ₄ ³⁻	TP	COD
Trước xử lý (mg/L)	32,12 ± 0,42	36,12± 0,52	4,24 ± 0,15	5,2 ± 0,2	325,6 ± 0,3
Sau xử lý (mg/L)	6,31 ± 0,22	7,23± 0,25	1,08± 0,05	1,27± 0,15	86,3± 0,5
Hiệu suất (%)	80,35± 0,33	79,98± 0,41	79,23± 0,51	79,84± 0,28	73,52± 0,12



Hình 7. Nồng độ các chất ô nhiễm trong NTSH trước và sau khi xử lý tại pH =7, mật độ tảo giống 20%



Hình 8. Thí nghiệm S.salina M8 tại các tỉ lệ C:N:P khác nhau Hình 9. Sinh trưởng của S.salina M8 ở tỉ lệ C:N:P khác nhau

Bảng 6. Ảnh hưởng của tỉ lệ C:N:P đến sinh trưởng của tảo S.salina M8

Tỷ lệ C:N:P				
Mật độ quang OD ₆₈₀	100:10:1	100:5:1	100:10:0.5	100:15:1
T0 (8/4/2025)	1,03±0,02	0,794±0,23	0,936±0,16	1,1±0,15
T1 (9/4/2025)	1,362±0,012	1,064±0,31	0,652±0,82	0,976 ±0,011
T2 (10/4/2025)	1,76±,0,014	1,58±0,16	1,48±0,25	1,504±0,2
T3 (11/4/2025)	2,211±0,01	1,977±0,24	2,037±0,45	1,947±0,23
T6 (14/4/2025)	3,248±0,011	3,188±0,15	2,787±0,12	2,778±0,15
T7 (15/4/2025)	3,75±0,009	3,95±0,015	3,716±0,006	3,704±0,003
T8 (16/4/2025)	4,25±0,015	4,06±0,012	3,695±0,002	3,52±0,001

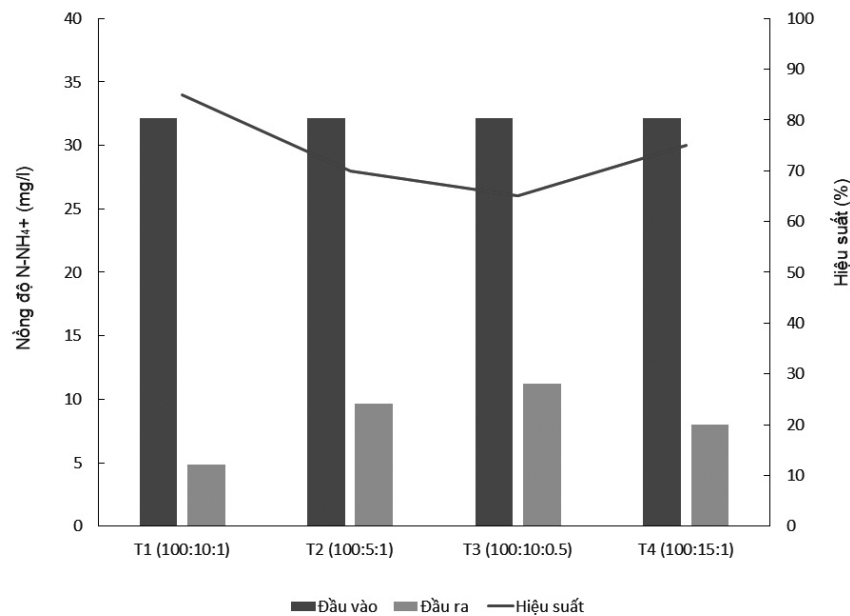


Kết quả cho thấy, ở tất cả các nghiệm thức đều thể hiện xu hướng tăng trưởng rõ rệt của *S.salina* M8 theo thời gian. Trong đó, tỷ lệ C:N:P = 100:10:1 cho kết quả tối ưu với OD₆₈₀ đạt cao nhất từ T1 trở đi và đạt giá trị lớn nhất 4,25±0,015 tại T8. Tỷ lệ 100:5:1 tuy có hàm lượng nitrogen thấp nhưng vẫn đạt OD₆₈₀ = 4,06±0,012 vào T8, nitrogen ở mức trung bình vẫn đáp ứng cho sinh trưởng khi phosphorus được cung cấp đầy đủ. Ngược lại, tỷ lệ 100:10:0.5 bị hạn chế sinh trưởng ban đầu do thiếu phosphorus, nhưng sau đó tăng dần và đạt OD₆₈₀ =

3,695±0,002 tại T8. Trong khi đó, tỷ lệ 100:15:1 có OD₆₈₀ cao nhất tại T1 nhưng tăng trưởng chậm ở các giai đoạn sau, OD₆₈₀ chỉ đạt 3,52±0,001 tại ngày thứ 8 và thấp nhất trong các nghiệm thức, cho thấy dư thừa nitrogen gây mất cân bằng dinh dưỡng. Vì vậy, tỷ lệ C:N:P = 100:10:1 tương ứng với OD₆₈₀ = 4,25±0,015 là tối ưu cho sinh trưởng của *S.salina* M8 trong nước thải sinh hoạt. Phosphorus đóng vai trò then chốt trong giai đoạn tăng trưởng mạnh, trong khi dư thừa nitrogen không cải thiện hiệu quả mà còn làm giảm tốc độ phát triển của tảo.

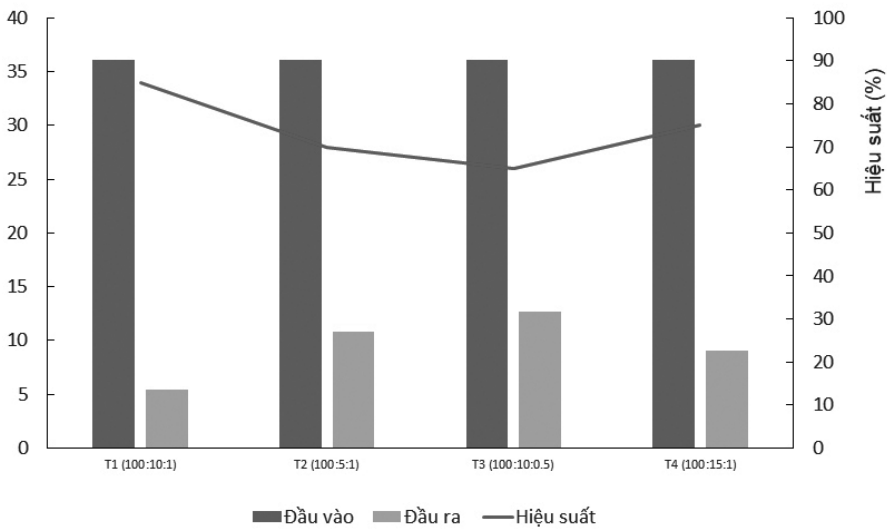
Bảng 7. Nồng độ các chất ô nhiễm trong NTSH sau xử lý bằng *S.salina* M8 tại các tỷ lệ C:N:P

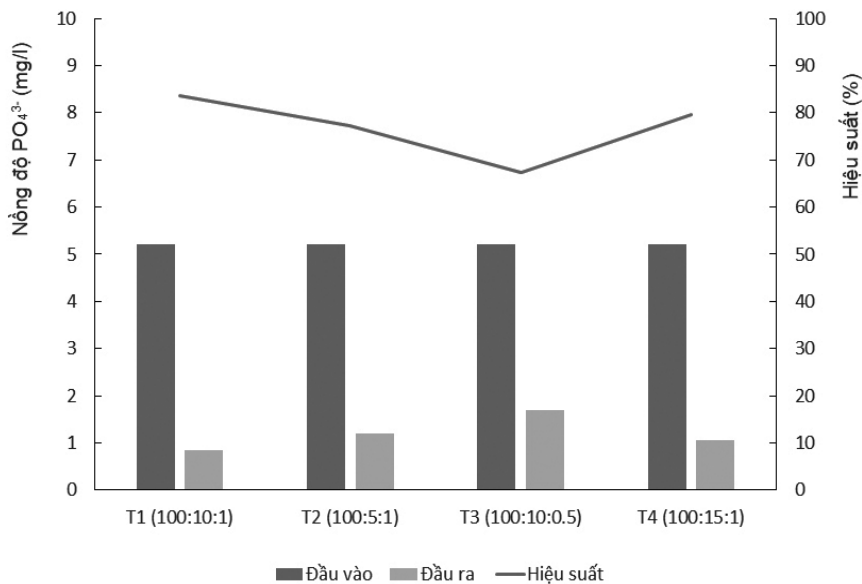
Tỷ lệ C:N:P	NH ₄ (mg/L)	Tổng N (mg/L)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Tổng P (mg/L)	COD (mg/L)
T1 (100:10:1)	4,82± 0,11	5,42± 0,14	0,85± 0,10	1,14± 0,56	81,15± 0,16
T2 (100:5:1)	9,64± 0,21	10,84± 0,43	1,19± 0,20	1,66± 0,47	97,38± 0,23
T3 (100:10:0.5)	11,24± 0,24	12,64± 0,16	1,70± 0,16	2,18± 0,31	113,61± 0,85
T4 (100:15:1)	8,03± 0,31	9,03± 0,62	1,06± 0,08	1,56± 0,12	90,89± 0,16



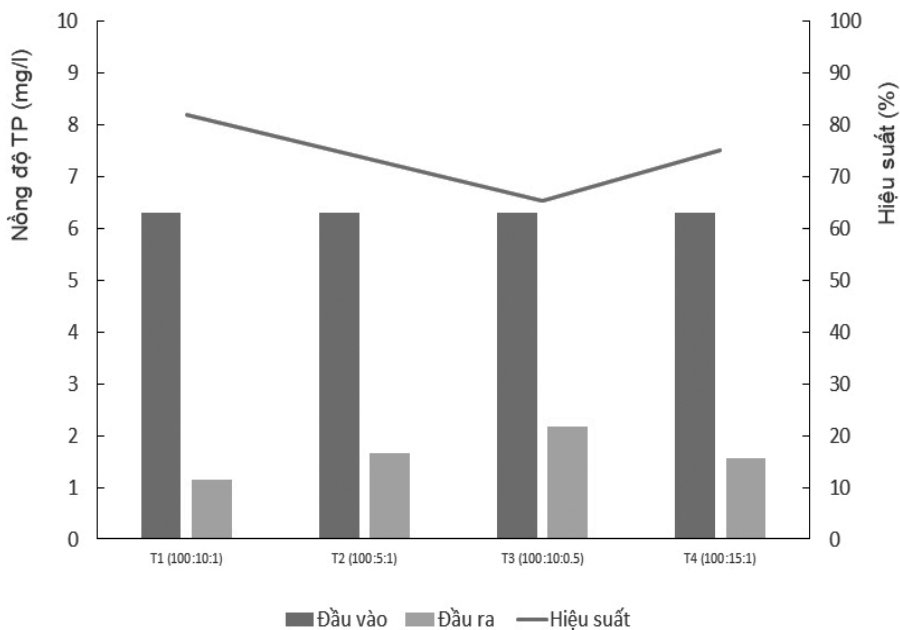
Hình 10. Hàm lượng N-NH₄⁺ trong nước thải trước và sau khi xử lý tại các tỷ lệ C:N:P

Hình 11. Hàm lượng T-N trong nước thải trước và sau khi xử lý tại các tỷ lệ C:N:P

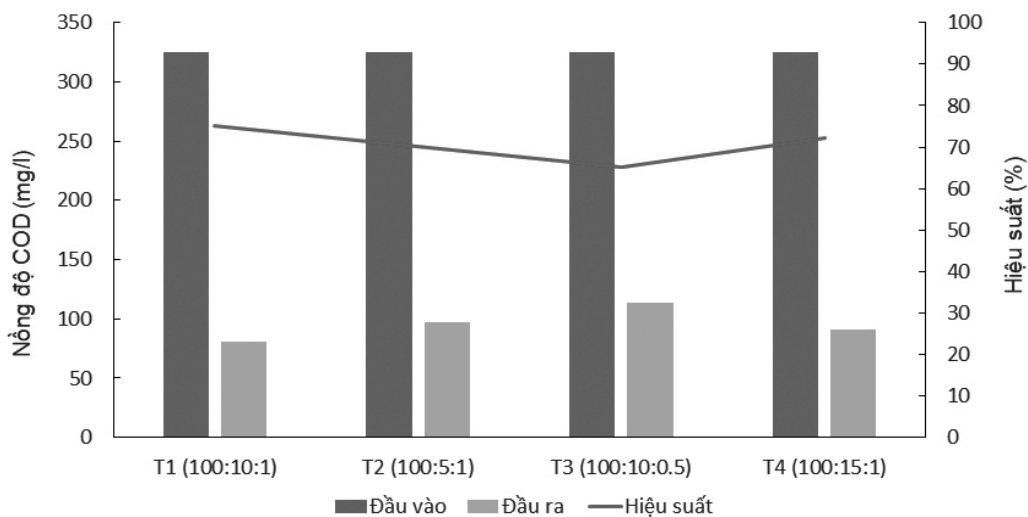




Hình 12. Hàm lượng PO_4^{3-} trong nước thải trước và sau khi xử lý tại các tỷ lệ C:N:P



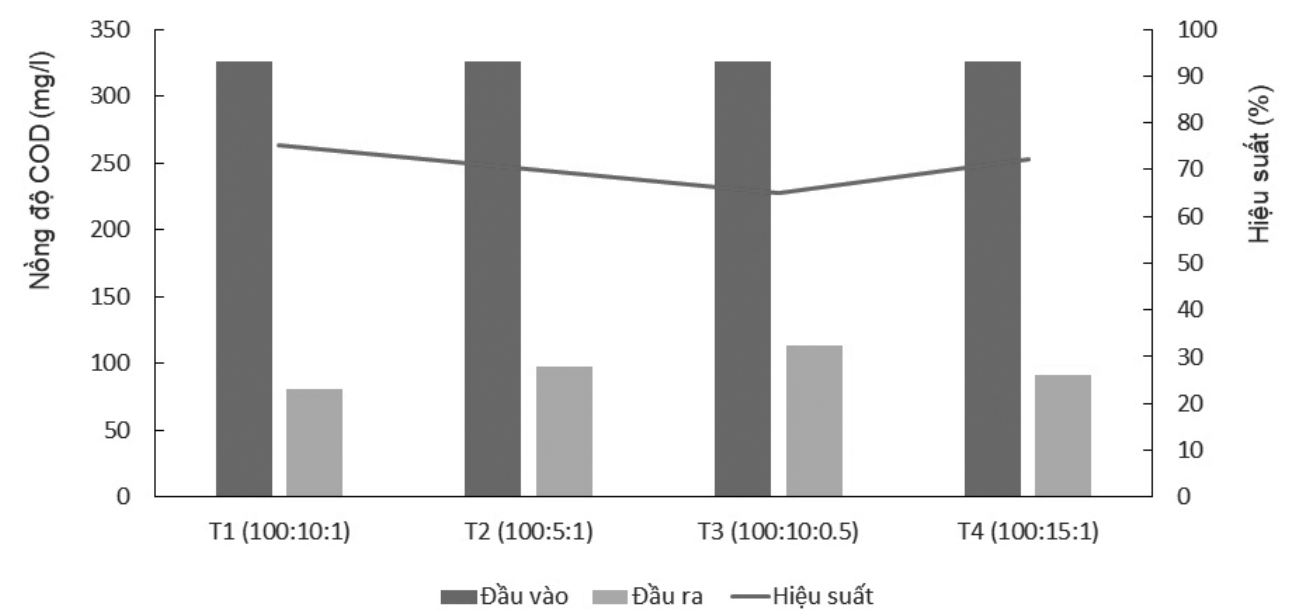
Hình 13. Hàm lượng T-P trong nước thải trước và sau khi xử lý tại các tỷ lệ C:N:P



Hình 14. Hàm lượng COD trong nước thải trước và sau khi xử lý tại các tỷ lệ C:N:P

Bảng 8. Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm trong NTSH của S.salina M8 tại tỷ lệ C:N:P = 100:10:1

C:N:P = 100:10:1	N-NH ₄ ⁺	T-N	PO ₄ ³⁻	T-P	COD
Trước xử lý (mg/L)	32,12 ± 0,42	36,12± 0,52	4,24 ± 0,15	5,2 ± 0,2	325,6 ± 0,3
Sau xử lý (mg/L)	4,82± 0,11	5,42± 0,14	0,85± 0,10	1,14± 0,56	81,15± 0,16
Hiệu suất (%)	84,99± 0,54	84,99± 0,62	83,65± 0,21	81,9± 0,2	75,08± 1,20



Hình 15. Nồng độ các chất ô nhiễm trong NTSH trước và sau khi xử lý tại tỷ lệ C:N:P = 100:10:1

Kết quả cho thấy, sau 8 ngày nuôi cấy ở tỷ lệ C:N:P = 100:10:1, hàm lượng N-NH₄⁺, TN, TP, PO₄³⁻ và COD trong nước thải đều giảm đáng kể, cho thấy hiệu quả xử lý tổng hợp cao của S.salina M8. Trong đó, N-NH₄⁺ và TN đều đạt hiệu suất xử lý 84,99 ± 0,54%, phản ánh khả năng loại bỏ hiệu quả cả nitrogen vô cơ và hữu cơ. PO₄³⁻ và TP cũng được loại bỏ với hiệu suất lần lượt 83,65 ± 0,21% và 81,9 ± 0,2%. COD giảm từ 325,6 ± 0,3 mg/L xuống 81,15 ± 0,16 mg/L, tương đương 75,08 ± 1,20%, đáp ứng yêu cầu xả thải theo QCVN 14:2008/BTNMT (cột B). Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Nattawut Krasaesueb và cộng sự (2019), chủng Synechocystis sp. được nuôi trong nước thải giàu NH₄⁺ và PO₄³⁻ đã cho hiệu suất loại bỏ chất dinh dưỡng là 96,99% đối với phosphate; 80,10% đối với nitrate; 67,90% đối với nitrite và 98,07% đối với amoni (N. Krasaesueb et al., 2019). Kết quả cũng tương đồng với Li và cộng sự (2024), khi thí nghiệm với chủng Chlorella vulgaris và vi khuẩn hiếu khí được

nuôi cấy đồng thời để xử lý nước thải hỗn hợp ở tỷ lệ C:N = 15:1 đã cho hiệu suất loại bỏ COD, NH₄⁺-N và TP cao nhất, lần lượt chiếm 60,89 ± 1,80%, 43,38 ± 1,00% và 68,55 ± 0,59% (Li, R et al., 2024). Như vậy, kết quả tỷ lệ dinh dưỡng cân đối giữa C:N:P = (100:10:1) kết hợp với điều kiện tỷ lệ tảo giống 20% (v/v), cường độ ánh sáng 4.500 Lux, pH = 7 và nhiệt độ 27°C đã tạo môi trường tối ưu cho S.salina M8 sinh trưởng tốt và xử lý hiệu quả các chất ô nhiễm đồng thời tăng cường tích lũy sinh khối.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã hoàn thành việc khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố hóa sinh đến sinh trưởng và hiệu suất của quá trình xử lý nước thải bằng vi khuẩn lam S.salina M8. Kết quả nghiên cứu cho thấy ,S.salina M8 có hiệu quả cao trong việc xử lý nước thải sinh hoạt dưới điều kiện tối ưu được xác định gồm tỷ lệ giống 20-25% (v/v), pH=7 và tỷ lệ dinh dưỡng C:N:P là 100:10:1. Sau 8 ngày nuôi cấy trong

môi trường nước thải sinh hoạt, S.salina M8 đã đạt nồng độ sinh khối OD₆₈₀ trên 4,0 Abs, tương đương sinh khối khô 1,6 g/L. Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm như sau: N-NH₄⁺ (85%), tổng nitrogen (85%), P- PO₄³⁻ (83,65%), tổng phosphorus (81,9%) và COD (75,08%). Nước thải sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn xả thải theo QCVN 14:2008/BTNMT cột B. Mặc dù kết quả nghiên cứu mới chỉ thực hiện ở quy mô phòng thí nghiệm, cần tiếp tục nghiên cứu và triển khai mô hình sử dụng S.salina M8 trong thực tế vào các hệ thống xử lý nước thải quy mô nhỏ như hộ gia đình, khu dân cư, hoặc trường học, cơ quan. Hơn nữa, nghiên cứu cần tập trung vào việc giảm chi phí vận hành, thu hồi và tái sử dụng sinh khối từ S.salina M8 bao gồm việc chiết tách và tinh chế các sản phẩm có giá trị như nhựa sinh học PHA, phân bón sinh học, nguyên liệu biofuel, hoặc phycocyanin, từ đó đóng góp vào mục tiêu phát triển nền kinh tế xanh và tuần hoàn bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Anh, T. T. D. (2022, July 28). Hiện trạng ô nhiễm môi trường của Việt Nam. <https://doi.org/10.31219/osf.io/9hwca>.
2. Cấp bách giải bài toán môi trường ở Hà Nội. (n.d.). Nhandan.Vn. Retrieved April 17, 2025, from <http://specical.nhandan.vn/cap-bach-giai-bai-toan-moi-truong-o-Ha-Noi>.
3. Dang Thuan Tran, Thi Cam Van Do, Quang Trung Nguyen, Truong Giang Le. Simultaneous removal of pollutants and high value biomaterials production by *Chlorella variabilis* TH03 from domestic wastewater Clean Technologies and Environmental Policy. <http://dio.org/10/1007/s10098-020-01810-5>.
4. N. Krasaesueb, A. Incharoensakdi, W. Khetkorn, Utilization of shrimp wastewater for poly-β-hydroxybutyrate production by *Synechocystis* sp. PCC 6803 strain ΔSphU cultivated in photobioreactor, Biotechnology Reports, 23 (2019) e00345.
5. Santos, C. A., & Costa, J. A. V. (2020). Cultivation of microalgae in the Brazilian scenario: A review. Clean Technologies and Environmental Policy, 22(6), 1325–1338. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01810-5>.
6. Voulvoulis, N., Arpon, K. D., & Giakoumis, T. (2017). The EU Water Framework Directive: From great expectations to problems with implementation. Science of the Total Environment, 575, 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.228>.
7. M. I. B. Pereira et al., "Mixotrophic cultivation of *Spirulina platensis* in dairy wastewater: Effects on the production of biomass, biochemical composition and antioxidant capacity," PLOS ONE, vol. 14, no. 10, p. e0224110, 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0224110.
8. Allaf, M., & Peerhossaini, H. (2022). Cyanobacteria: Model Microorganisms and Beyond. Microorganisms, <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040696>.
9. Meixner, K., Kovalcik, A., Sykacek, E., Gruber-Brunhumer, M., Zeilinger, W., Markl, K., Haas, C., Fritz, I., Mundigler, N., Stelzer, F., Neureiter, M., Fuchs, W., & Drosig, B. (2018). Cyanobacteria Biorefinery - Production of poly(3-hydroxybutyrate) with *Synechocystis salina* and utilisation of residual biomass. Journal of biotechnology, 265, 46–53. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2017.10.020>.
10. Cepoi, L., Donțu, N., Șalaru, V., & Șalaru, V. (2016). Removal of Organic Pollutants from Wastewater by Cyanobacteria. , 27-43. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26751-7_4.
11. Trentin, G., Bertucco, A., & Sforza, E. (2019). Mixotrophy in *Synechocystis* sp. for the treatment of wastewater with high nutrient content: effect of CO₂ and light. Bioprocess and Biosystems Engineering, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02162-1>.
12. *Synechocystis* sp. (n.d.). Ccap.ac.uk. Retrieved April 17, 2025, from <https://www.ccap.ac.uk/catalogue/strain-1480-4>.
13. D.T. Tran, T.C. Van Do, Q.T. Nguyen, T.G. Le, Simultaneous removal of pollutants and high value biomaterials production by *Chlorella variabilis* TH03 from domestic wastewater, Clean Technologies and Environmental Policy, 23 (2021) 3-17
14. A. Vonshak, A. Abeliovich, S. Boussiba, S. Arad, A. Richmond (1982), Production of *Spirulina* biomass: affects of environmental factors and population density, Biomass, 2(3), pp.175-185.
15. Coutteau, P., (1996). Micro-algae. In: Patrick Laven and Patrick Sorgeloos (Eds). Manual on the production and use of live food for aquaculture. Published by Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 361 pages.
16. Đoàn Thị Oanh, Dương Thị Thuý, Nguyễn Thành Trung (2020), Đánh giá ảnh hưởng của pH ban đầu đến khả năng sinh trưởng và xử lý các hợp chất nitrogen trong nước thải sinh hoạt của vi tảo *Chlorella vulgaris* CNK.
17. N. Krasaesueb, A. Incharoensakdi, W. Khetkorn, Utilization of shrimp wastewater for poly-β-hydroxybutyrate production by *Synechocystis* sp. PCC 6803 strain ΔSphU cultivated in photobioreactor, Biotechnology Reports, 23 (2019) e00345.
18. Li, R., Guo, D., Li, T., Zhao, J., & Pan, J. (2025). Effect of C:N ratio on treatment of mixed industrial-domestic wastewater by microalgae-bacteria consortium. Biomass Conversion and Biorefinery, 15, 10829–10837. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05871-0>.



ĐÁNH GIÁ DƯ LƯỢNG AXIT XANURIC TRONG NƯỚC MỘT SỐ BỂ BƠI TẠI HÀ NỘI VÀ NGUY CƠ ẢNH HƯỞNG SỨC KHỎE ĐỐI VỚI NGƯỜI BƠI

CÁI ANH TÚ^{1*}, TRẦN THỊ HUYỀN NGÀ¹

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Tóm tắt:

Clo tự do có tác dụng làm sạch các yếu tố gây ô nhiễm nước bể bơi như vi sinh vật và một số chất thải của con người. Tuy nhiên, dưới tác động của bức xạ cực tím của ánh sáng mặt trời, clo tự do dễ dàng bị phân hủy, làm suy giảm hiệu quả khử trùng. Để khắc phục hạn chế này, axit trichloroisoxyanuric (TCCA) thường được bổ sung nhằm duy trì nồng độ clo tự do ổn định và kéo dài thời gian tác dụng. Trong quá trình phân hủy, TCCA tạo ra axit xyanuric (CYA) - một chất có khả năng ổn định clo trong nước. Tuy nhiên, sự tích tụ CYA ở nồng độ cao có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe con người. Hiện nay, nhiều quốc gia, trong đó có Việt Nam, chưa ban hành quy chuẩn kỹ thuật quy định giới hạn nồng độ CYA trong nước bể bơi. Theo khuyến cáo của Quỹ quốc gia về bể bơi (National Swimming Pool Foundation - NSPF), Hoa Kỳ và Tổ chức Y tế Thế giới (World Health Organization - WHO), nồng độ CYA nên được kiểm soát dưới 100 mg/l để đảm bảo hiệu quả khử trùng và an toàn cho người sử dụng. Nghiên cứu được thực hiện tại 5 bể bơi trong mùa bơi tại Hà Nội đã phát hiện nồng độ CYA tại 2 trong số 5 bể. Bằng các phương pháp: Lấy mẫu nước bể bơi, phân tích mẫu, kết quả nghiên cứu cho thấy, bể P4 có nồng độ CYA dao động từ 36,28 đến 43,11 mg/l, nằm trong giới hạn khuyến cáo; trong khi đó, bể P1 có nồng độ CYA từ 267,87 đến 324,35 mg/l, vượt xa mức khuyến cáo, tiềm ẩn nguy cơ gây ảnh hưởng đến mắt, da và hệ hô hấp của người bơi.

Từ khóa: Axit trichloroisoxyanuric, axit xyanuric, nước bể bơi, nguy cơ sức khỏe.

Ngày nhận bài: 6/2/2025; **Ngày sửa chữa:** 21/2/2025; **Ngày duyệt đăng:** 14/3/2025.

Evaluation of cyanuric acid residue in some swimming pools in Hanoi and their health risk on swimmers

Abstract:

Free chlorine has an effective disinfectant against contaminants in swimming pool water, including microorganisms and human waste. However, under ultraviolet radiation from sunlight, free chlorine is easily degraded, reducing its disinfection efficacy. To overcome this limitation, trichloroisocyanuric acid (TCCA) is commonly added to maintain a stable concentration of free chlorine and prolong its disinfectant action. During decomposition, TCCA generates cyanuric acid (CYA), a compound that helps stabilize chlorine in water. Nevertheless, the accumulation of CYA at high concentrations can adversely affect human health. At present, many countries, including Vietnam, have not yet issued technical regulations specifying the permissible concentration of CYA in swimming pool water. According to the recommendations of the National Swimming Pool Foundation (NSPF) USA and the World Health Organization (WHO), CYA concentrations should be maintained below 100 mg/l to ensure disinfection effectiveness and swimmer safety. The study, conducted at five swimming pools during the swimming season in Hanoi, detected CYA concentrations in two out of the five pools. Using methods such as swimming pool water sampling and laboratory analysis, the study found that Pool P4 had CYA concentrations ranging from 36.28 to 43.11 mg/l, which falls within the recommended limits; whereas pool P1 exhibited CYA concentrations ranging from 267.87 to 324.35 mg/l, significantly exceeding the recommended levels and posing potential risks to swimmers' eyes, skin, and respiratory system.

Keywords: Trichloroisocyanuric acid, cyanuric acid, swimming pool water, health risks.

JEL Classifications: N50, N54, O13.

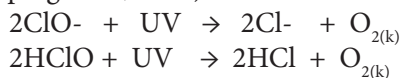
1. GIỚI THIỆU

Vệ sinh bể bơi là yêu cầu cần thiết nhằm đảm bảo an toàn cho sức khỏe người bơi. Hai phương pháp chính thường được áp dụng trong xử lý nước bể bơi là pha loãng và khử trùng. WHO và nhiều quốc gia trên thế giới đã ban hành các hướng dẫn nhằm giảm thiểu

rủi ro do các yếu tố vi sinh và hóa học (WHO, 2006). Trung tâm Kiểm soát và Phòng ngừa Dịch bệnh Hoa Kỳ (CDC) đã công bố các thông tin liên quan đến vệ sinh và xử lý nước bể bơi (CDC, 2009). Tại Việt Nam, Thông tư số 02/2011/TT-BVHTTDL của Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch quy định chất lượng nước bể bơi

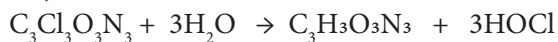
phải tuân thủ theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt (QCVN 02:2009/BYT do Bộ Y tế ban hành).

Clo là chất khử trùng phổ biến và được sử dụng rộng rãi. Clo tồn tại dưới nhiều dạng, bao gồm: Clo lỏng (natri hypoclorit - NaOCl); dạng bột hoặc viên nén (canxi hypoclorit - Ca(ClO)₂; natri dicloroisocyanurat - C₃Cl₂N₃NaO₃; axit tricloroisoxyanuric - C₃Cl₃N₃O₃); khí clo được tạo tại chỗ (Cl₂). Khi hòa tan vào nước, clo chuyển thành dạng hypoclorit có khả năng vô hiệu hóa nhiều loại vi khuẩn và virus nhưng lại dễ bị phân hủy nhanh chóng dưới tác động của tia cực tím với bước sóng λ = 290 - 350 nm. Vào những ngày nắng, từ 90 đến 100% HClO có thể bị phân hủy nhanh chóng trong vài phút bởi các phản ứng quang phân mà chưa kịp phát huy hiệu quả diệt khuẩn (Baxter, 1994; Anping et al., 2020).



Mỗi hợp chất clo đều có những ưu điểm và hạn chế riêng. NaOCl là chất khử trùng rẻ tiền, dễ sử dụng, tuy nhiên axit hypoclorơ (HClO) được tạo ra lại không bền vững, dễ bị phân hủy dưới ánh sáng mặt trời. Ca(OCl)₂ có khả năng khử trùng cao hơn NaOCl, nhưng cũng dễ bị phân hủy khi tiếp xúc ánh sáng mặt trời, đồng thời làm tăng độ cứng của nước (WHO, 2000).

Trong số các hợp chất clo, TCCA ở dạng bột hoặc viên nén phổ biến trên thị trường và dễ dàng sử dụng để khử trùng nước bể bơi. TCCA có tính chất khác biệt so với các dạng còn lại. Đây là hợp chất hữu cơ, không bị phân hủy bởi ánh sáng mặt trời, nhờ đó làm tăng hiệu quả khử trùng trong nước bể bơi. Tuy nhiên, các sản phẩm phụ tạo ra trong nước hồ khi sử dụng TCCA là CYA (H₃C₃N₃O₃) và axit hypoclorơ (HOCl). Hàm lượng clo khả dụng có thể đạt tới 90% (nhưng 55% trong số đó là CYA), pH dao động trong khoảng 2,8 - 3,0.



TCCA là hợp chất clo tan chậm và đồng thời cung cấp chất ổn định CYA vào nước, giúp clo duy trì hiệu lực dưới ánh nắng mặt trời lâu hơn. Tuy nhiên, TCCA cũng có tính chất dễ bay hơi, dễ nổ và có tính axit, điều này có thể gây ăn mòn các linh kiện kim loại trong hệ thống bể bơi. Khi đó, các ion kim loại có thể hòa tan trong nước và sau đó kết tủa, gây ra hiện tượng ố màu trên bề mặt bể (Falk et al., 2019). Ngoài ra, TCCA có hiệu lực cao trong việc tiêu diệt vi khuẩn, tảo và thường được sử dụng trong xử lý nước bể bơi, nước cấp, ngành thuốc nhuộm. Hợp chất này cũng được sử dụng như một chất tẩy trắng trong công nghiệp dệt may, phổ biến trong phòng và trị bệnh trong chăn nuôi thủy sản, bảo quản rau quả, xử lý hạt giống và trong tổng hợp hóa học hữu cơ... Tuy nhiên, nhược điểm

đáng kể của TCCA là sản sinh ra CYA – một hợp chất có thể gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người khi tích tụ trong nước. Theo Bách khoa toàn thư về Hóa học Công nghiệp (Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005), CYA được phân loại là “gần như không độc” (Huthmacher & Most, 2005), có hệ số tích lũy sinh học (BCF) thấp, dưới 0,5. Liều gây chết trung bình theo đường uống (LD₅₀) ở chuột là 7.700 mg/kg (U.S. Food and Drug Administration, 2007). Nhưng, ở nồng độ cao, CYA có thể gây ra một số rủi ro cho sức khỏe như gây rối loạn tiêu hóa cấp tính (Pickens, 2023; Yuan et al., 2021; Zhu & Kannan, 2020).

Một số nghiên cứu độc tính qua đường uống đã chỉ ra rằng CYA có thể gây tổn thương thận (giãn ống thận, hoại tử hoặc tăng sản biểu mô thận, thâm nhiễm bạch cầu, lắng đọng khoáng chất và xơ hóa) (OECD, 1999). Mặt khác, melamine và CYA có thể tạo thành hỗn hợp gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến chức năng thận (Dobson et al., 2008).

Sở Y tế bang Florida, Hoa Kỳ, quy định nồng độ CYA trong nước bể bơi không được vượt quá 100 mg/l (ppm) nhằm ngăn ngừa các bệnh lý về tiêu hóa, viêm da và các vấn đề sức khỏe khác. Ở một số quốc gia, mức giới hạn tối đa được cho phép cũng là 100 mg/l, theo khuyến nghị từ CDC và NSPF - Hoa Kỳ.

Mặc dù vấn đề dư lượng CYA đã được quan tâm tại nhiều quốc gia phát triển, tại Việt Nam, đây là một chủ đề còn rất mới và chưa được nghiên cứu một cách hệ thống. Nghiên cứu không chỉ là một trong những khảo sát đầu tiên về CYA tại các bể bơi trên địa bàn Hà Nội, mà còn mở ra góc nhìn mới về mối liên hệ giữa việc sử dụng hóa chất xử lý nước bể bơi và các rủi ro sức khỏe tiềm ẩn. Nghiên cứu được thực hiện để khảo sát, phân tích và đánh giá về dư lượng CYA trong nước bể bơi tại Hà Nội, từ đó cung cấp dữ liệu ban đầu để đề xuất các tiêu chí kiểm soát phù hợp trong công tác quản lý bể bơi.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Mẫu nước thu thập từ 5 bể bơi nằm trên địa bàn 4 quận trung tâm của Hà Nội. Việc lấy mẫu được thực hiện vào 3 đợt trong năm 2023, cụ thể vào các ngày 30/3, 4/4 và 17/4 là nơi và thời điểm có nhu cầu bơi rất cao. Các địa điểm được chọn đều là những cơ sở có quy mô vừa với lượng khách phục vụ nhiều mỗi ngày.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Lấy mẫu nước bể bơi: Quy trình lấy, bảo quản và vận chuyển mẫu tuân thủ theo hướng dẫn lấy mẫu nước TCVN 6663-11:2011 và TCVN 6663-3:2008 tại 5 bể bơi thể hiện ở Bảng 1. 5 bể bơi được thu mẫu tương ứng với các mã: P1 (quận Đống Đa), P2 (quận Ba Đình), P3 và P4 (quận Cầu Giấy), P5 (quận Hoàng

Bảng 1. Một số thông tin về vị trí lấy mẫu nước 5 bể bơi tại 4 quận nội thành Hà Nội

Bể bơi	Vị trí	Tọa độ		Diện tích bể (m ²)	Khách/ngày (TB tại thời điểm khảo sát)
		N	E		
P1	Quận Đống Đa	21.01366	105.82309	300	200-300
P2	Quận Ba Đình	21.03236	105.81714	300	200-300
P3	Quận Cầu Giấy	21.04158	105.79403	300	200-300
P4	Quận Cầu Giấy	21.02721	105.78452	400	200-300
P5	Quận Hoàng Mai	20.99193	105.85127	300	200-300

Mai). Cụ thể: Mẫu nước được thu thập tại 4 góc và vị trí trung tâm của bể bơi, ở độ sâu từ 0–30 cm.

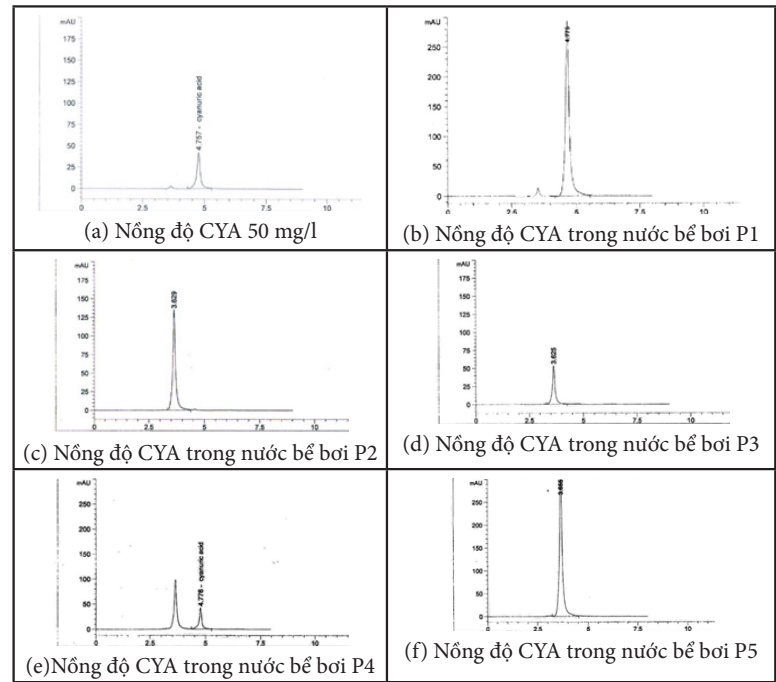
- Phương pháp phân tích mẫu: Các mẫu nước bể bơi được phân tích tại phòng thí nghiệm Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học tự nhiên theo các tiêu chuẩn hiện hành như TCVN 9048:2012 (ISO/TS 15495:2010) và TCVN 13804:2023 (ISO 23970:2021). CYA được phân tích bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC). Thiết bị HPLC sử dụng là Chromaster L-5000 của hãng Hitachi (Nhật Bản), với đầu dò DAD, bước sóng hấp thụ cực đại (λ_{max}) là 213 nm. Cột sắc ký sử dụng có kích thước 220 x 4.6 mm, pha tĩnh ODS-C18, kích thước hạt 5 μ m. Pha động là dung dịch K₂HPO₄ 0,01M, được điều chỉnh pH ở mức 6,7. Tốc độ dòng của pha động là 1 ml/phút. Thể tích mẫu tiêm là 25 μ l.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nồng độ CYA trong nước bể bơi

Trong 5 bể bơi, bể P1 và P4 có sự hiện diện của CYA

Hình 1 bao gồm 6 sắc ký đồ, bao gồm một mẫu chuẩn CYA và 5 mẫu nước bể bơi. Hình 1.a thể hiện sắc ký đồ của dung dịch chuẩn CYA nồng độ 50 ppm với đỉnh xuất hiện tại thời gian lưu là 4,7 phút.



Hình 1. Sắc ký đồ của CYA trong các mẫu nước bể bơi
Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

Dựa trên đó, mẫu nước tại hồ P1 và P4 xuất hiện đỉnh tại thời gian lưu 4,7 phút, chứng tỏ mẫu nước có chứa CYA, trong khi các mẫu nước tại hồ P2, P3 và P5 không xuất hiện đỉnh tại thời gian này – có nghĩa là không phát hiện CYA trong các mẫu đó. Sự xuất hiện của CYA trong nước P1 và P4 được xác định thông qua diện tích đỉnh, tương ứng với nồng độ CYA trong mẫu nước.

Nồng độ CYA trong nước bể bơi P1

Theo Bảng 2, nồng độ CYA trong mẫu nước bể bơi P1 tại 3 thời điểm lấy mẫu lần lượt là 267 mg/l, 312 mg/l và 324 mg/l. Theo khuyến nghị của NSPF và WHO, nồng độ CYA trong các bể bơi công cộng sử dụng clo không nên vượt quá 100 mg/l. Tại Hoa Kỳ, trong số 49 bang có quy định cụ thể, có tới 12 mức giới hạn khác nhau được xem là giới hạn tối đa cho CYA, dao động từ 0 đến 150 mg/l. Khoảng 50% các bang ở Hoa Kỳ áp dụng giới hạn 100 mg/l, trong khi NSPF khuyến nghị khoảng giá trị an toàn là từ 10 đến 100 mg/l (Cantu, 2005). Bang New York là nơi duy nhất cấm hoàn toàn việc sử dụng hóa chất này. Ngoài ra, có 8 bang không đề cập đến nồng độ CYA trong các tiêu chuẩn chất lượng nước bể bơi. Nồng độ CYA tại bể bơi P1 trong nghiên cứu này cao hơn giới hạn cho phép từ 2 đến 3 lần theo tiêu chuẩn của NSPF và CDC, Hoa Kỳ. Điều này cho thấy bể bơi P1 đã sử dụng TCCA làm chất khử trùng, với nồng độ CYA là khá cao và có thể gây ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe của người bơi (Bảng 2).

Nồng độ CYA trong nước bể bơi P4

Bảng 3 cho thấy bể bơi P4 có chứa CYA với nồng độ dao động từ 36 đến 43 mg/l, thấp hơn mức giới hạn do NSPF và CDC, Hoa Kỳ khuyến nghị. Theo Askins

Bảng 2. Nồng độ CYA trong nước bể bơi P1

Mẫu nước	Nồng độ CYA (mg/l)		
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3
P1.1	267,99	312,81	325,41
P1.2	267,52	312,51	323,86
P1.3	268,23	312,74	323,45
P1.4	267,44	312,13	324,37
P1.5	268,17	312,85	324,66
Trung bình	267,87	312,61	324,35

(2011), nồng độ CYA hiệu quả trong bể bơi là khoảng 20 mg/l; khi nồng độ CYA vượt quá 70 mg/l, hiệu lực diệt khuẩn của clo không tăng thêm, bất kể lượng clo bổ sung (Askins, 2013). Khoảng giá trị lý tưởng của CYA được xác định là 20–70 mg/l. Theo Terry Chappell, nồng độ CYA lý tưởng cho bể bơi thương mại là 30 - 50 mg/l, phù hợp với khuyến nghị của NSPF và WHO (Chappell, 2013).

Theo nghiên cứu của Ümmihan T. Yilmaz và Zehra Yazar (2010), nồng độ CYA trong nước bể bơi tại Ankara (Thổ Nhĩ Kỳ) chỉ dao động từ 2,54 đến 19,7 mg/l và nghiên cứu của Liang et al. (2018) đã kiểm tra hàm lượng CYA trong nước của 21 bể bơi tại Côn Sơn (Trung Quốc) và cho thấy nồng độ CYA là 2 - 79 mg/l, với giá trị trung vị là 20,0 mg/l thấp hơn nhiều so với mức tại bể P4.

Như vậy, có thể thấy rằng bể bơi P4 đã được sử dụng TCCA làm chất khử trùng và nồng độ CYA dao động trong khoảng 30 - 50 mg/l, là mức có hiệu quả diệt khuẩn, đồng thời ít gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người (Bảng 3, Hình 2).

3.2. Ảnh hưởng của CYA đến sức khỏe con người

Kết quả từ Hình 2 cho thấy:

Không phát hiện CYA trong mẫu nước của 3 hồ bơi P2, P3 và P5. Có thể các bể bơi này không sử dụng các loại chất khử trùng chứa CYA.

Bể P4 có nồng độ CYA dao động từ 35 - 45 mg/l, trong khoảng nồng độ hiệu quả, đảm bảo hiệu suất khử trùng mà không gây ảnh hưởng đến sức khỏe.

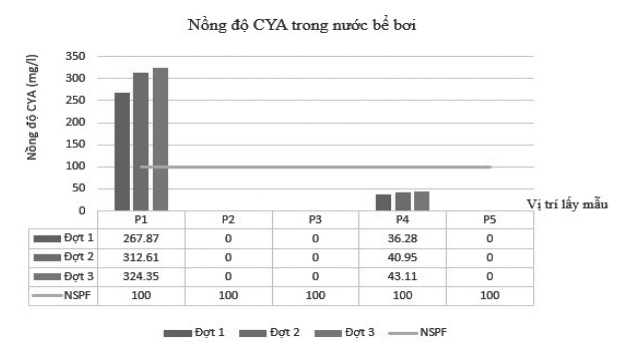
Ngược lại, hồ P1 có nồng độ CYA vượt quá 100 mg/l, cao hơn so với nồng độ giới hạn là khoảng 25 mg/l (Taylor Technologies, Inc., 2011) và gấp 2–3 lần giới hạn khuyến nghị từ NSPF, CDC (Hoa Kỳ) và WHO. Nồng độ này có thể làm giảm hiệu quả khử trùng và gây tích tụ dư lượng trong nước.

Tác hại của CYA:

Mặc dù nghiên cứu của Wojtowicz (2001) từng đánh giá CYA là chất có độc tính thấp đối với người và động vật, nhưng các dữ liệu an toàn hóa chất (ScienceLab.com, Inc., 2012) lại chỉ ra rằng CYA có thể gây tác động cấp tính nhẹ khi tiếp xúc qua da, mắt,

Bảng 3. Nồng độ CYA trong nước bể bơi P4

Mẫu nước	Nồng độ CYA (mg/l)		
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 3
P4.1	37,98	40,22	42,65
P4.2	34,73	41,31	43,04
P4.3	37,05	40,79	42,33
P4.4	35,98	41,56	43,71
P4.5	35,67	40,87	43,80
Trung bình	36,28	40,95	43,11



Hình 2. Biểu đồ nồng độ CYA trong nước 5 bể bơi
Nguồn: Nhóm nghiên cứu thực hiện

hô hấp và tiêu hóa, như: Phát ban da, bệnh đường ruột, kích ứng mắt và các phản ứng viêm khác. Nghiên cứu của Wang và cs. (2021) đã tiến hành phơi nhiễm chuột đực vị thành niên với melamine và CYA – thông qua đường uống với liều 10, 20 và 40 mg/kg/ngày trong 4 tuần liên tục có thể ảnh hưởng xấu đến hệ nội tiết, cụ thể là suy giảm chức năng tuyến giáp, từ đó dẫn đến các hành vi lo âu và trầm cảm (Wang et al., 2021). Thử nghiệm trên thỏ khi tiếp xúc ngoài da và mắt với CYA ghi nhận với liều 200-500mg/kg trọng lượng cơ thể gây kích ứng nhẹ với da sau 24 giờ và gây phản ứng nhẹ như đỏ mắt, không gây tổn thương nghiêm trọng (National Center for Biotechnology Information, n.d.).

Như vậy, với nồng độ CYA cao nhất tại hồ bơi P1 là 325 mg/l, kết hợp với thời gian tiếp xúc thực tế từ 1 - 2 giờ, là vượt ngưỡng an toàn và có nguy cơ ảnh hưởng đến da, mắt, niêm mạc đường hô hấp và tiêu hóa.

4. KẾT LUẬN

Khảo sát nồng độ CYA trong nước tại 5 bể bơi ở Hà Nội cho thấy: 3 bể (P2, P3, P5) không phát hiện CYA, có thể do không sử dụng TCCA mà thay vào đó là các chất khử trùng khác; một bể (P4) có nồng độ CYA dao động trong khoảng 36,28–43,11 mg/l, nằm trong giới hạn an toàn theo khuyến cáo của NSPF và WHO (<100 mg/l); trong khi đó, một bể (P1) có nồng độ CYA cao bất thường, dao động từ 267,87–324,35 mg/l, vượt gấp 2–3 lần ngưỡng khuyến cáo, tiềm ẩn nguy cơ gây hại cho mắt, da và hệ hô hấp của người



sử dụng. Tuy nhiên, nghiên cứu còn tồn tại một số hạn chế như: Số lượng mẫu nước và bể khảo sát còn ít, chưa đại diện đầy đủ cho toàn bộ hệ thống bể bơi tại Hà Nội; đồng thời, chưa phân tích cụ thể mối liên hệ giữa tần suất sử dụng TCCA và mức độ tích lũy CYA theo thời gian. Từ kết quả này, nghiên cứu mở ra hướng tiếp cận mới trong việc theo dõi và kiểm soát các hợp chất phụ sau khử trùng trong bể bơi – đặc biệt là CYA – nhằm nâng cao hiệu quả khử trùng đồng thời đảm bảo an toàn cho người sử dụng. Các nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng phạm vi khảo sát, kết hợp với phân tích định kỳ và dài hạn để xác định xu hướng tích tụ CYA và ảnh hưởng sức khỏe theo thời gian. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả kiến nghị các cơ quan quản lý nhà nước xem xét ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn CYA trong nước bể bơi, đồng thời hướng dẫn các cơ sở quản lý bể bơi lựa chọn và sử dụng hóa chất xử lý nước phù hợp nhằm đảm bảo an toàn sức khỏe cộng đồng■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. World Health Organization. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments – Volume 2*. <https://www.who.int>
2. Centers for Disease Control and Prevention. (2009, November 30). *Healthy swimming*. <https://www.cdc.gov>
3. Baxter, R. (1994, April). *Swimming pool*. *Chem Matters*, 10–12.
4. Anping, C., Yuxia, L., Junfeng, C., Zhen, R., Yonghong, Z., Feng, Y., et al. (2020). *Electro Catalytic degradation of cyanuric acid in swimming pool water*. *Applied Chemical Engineering*, 49, 1970–1973. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-3206.2020.0>
5. World Health Organization. (2000). *Disinfectants and disinfectant by-products: Environmental health criteria 216*. Geneva.
6. Falk, R. A., Blatchley, E. R. III, Kuechler, T. C., Meyer, E. M., Pickens, S. R., & Suppes, L. M. (2019). *Assessing the impact of cyanuric acid on bather's risk of gastrointestinal illness at swimming pools*. *Water*, 11(6), 1314. <https://doi.org/10.3390/w11061314>.
7. Huthmacher, K., & Most, D. (2005). *Cyanuric acid and cyanuric chloride*. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/14356007.a08191>.
8. U.S. Food and Drug Administration. (2007). *Interim melamine and analogues safety/risk assessment; availability*. *Federal Register*, 72(103). (Archived December 16, 2007).
9. Pickens SR. *Cyanuric acid requirement versus free chlorine in Pool water*. *J Swim Pool Spa Ind.* (2023) 6:6–13.
10. Yuan W, Xiaojun L, Jian L, Yujia P, Zhirong Z, Yuting L, et al. *Turbidimetric determination of cyanuric acid in swimming Pool water*. *Chin J Disinf.* (2021) 38:2.
- doi: 10.11726/j.issn.1001-7658.2021.02.001 <https://doi.org/10.11726/j.issn.1001-7658.2021.02.001>.
11. Zhu H, Kannan K. *Occurrence and distribution of melamine and its derivatives in surface water, drinking water, precipitation, wastewater, and swimming pool water*. *Environ Pollut.* (2020) 258:113743. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113743.
12. OECD. (1999). *Screening Information Data Set for isocyanuric acid (CYAS No. 108-80-5)*. <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECDSDS/108805.pdf>.
13. Dobson, R. L. M., Motlagh, S., Quijano, M., Cambron, R. T., Baker, T. R., Pullen, A. M., et al. (2008). *Identification and characterization of toxicity of contaminants in pet food leading to an outbreak of renal toxicity in cats and dogs*. *Toxicological Sciences*, 106(1), 251–262. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn160>.
14. Cantu, R. O. (2005, July 15). *HPLC determination of cyanuric acid in swimming pool waters using phenyl and confirmatory porous graphitic carbon columns*. EPA Science Inventory. http://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?dirEntryId=65053.
15. Askins, A. (2013). *Cyanuric acid in commercial swimming pools and its effects on chlorine's "staying power" and oxidation reduction potentials* [Master's thesis, North Carolina State University].
16. Chappell, T. (2013, April 5). *Section Chief of the Wake County Plan Review and Sanitation Program*. (A. Askins, Interviewer).
17. Yilmaz, Ü. T., & Yazar, Z. (2010). *Determination of cyanuric acid in swimming pool water and milk by differential pulse polarography*. *Journal of AOAC International*, 38(9), 816–821.
18. Xiaojun, L., Haizhen, W., & Yueming, W. (2018). *Study on the content of cyanuric acid in swimming pool water and its effect on chlorination disinfection*. *Chinese Journal of Disinfection*, 35(6). <https://doi.org/10.11726/j.issn.1001-7658.2018.06.018>.
19. Taylor Technologies, Inc. (2011). *Pool and spa water chemistry: A testing and treatment guide* (Waterproof ed.). Taylor Technologies Inc.
20. Wojtowicz, J. A. (2001). *Cyanuric acid technology*. *Journal of the Swimming Pool and Spa Industry*, 80–84.
21. ScienceLab.com, Inc. (2012, June 9). *Cyanuric acid MSDS*. Houston, TX.
22. Wang, S., Zhang, J., Zhang, S., Shi, F., Feng, D., & Feng, X. (2021). *Exposure to melamine cyanuric acid in adolescent mice caused emotional and behavioral disorder*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 211, 111938. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111938>
23. National Center for Biotechnology Information. (n.d.). *Cyanuric acid - NIOSH toxicity data*. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cyanuric-acid#section=NIOSH-Toxicity-Data>.

HIỆN TRẠNG CANH TÁC LÚA VÀ XỬ LÝ RƠM RẠ SAU THU HOẠCH TẠI HUYỆN THOẠI SƠN, TỈNH AN GIANG

TRẦN NGỌC CHÂU^{1*}, NGUYỄN THỊ TRÚC THANH¹, NGUYỄN THỊ BÉ PHÚC²,
NGUYỄN THỊ MỸ TRUYỀN³, NGUYỄN THANH HÙNG¹

¹ Khoa Kỹ thuật - Công nghệ - Môi trường, Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP.Hồ Chí Minh
² Phòng Quản lý khoa học và Đào tạo sau đại học, Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP.Hồ Chí Minh
³ Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP.Hồ Chí Minh

Tóm tắt:
Huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang là một trong những vùng sản xuất lúa trọng điểm của Đồng bằng sông Cửu Long với diện tích gieo trồng hàng năm 113.300 ha và sản lượng lúa đạt khoảng 765.000 tấn. Riêng xã Vĩnh Trạch có diện tích đất canh tác trên 1.310 ha (3 vụ lúa/năm), đóng vai trò quan trọng trong đảm bảo an ninh lương thực và phát triển kinh tế nông nghiệp địa phương. Tuy nhiên, lượng rơm rạ phát sinh sau mỗi vụ thu hoạch rất lớn, gây áp lực trong việc quản lý chất thải nông nghiệp sau thu hoạch và phương pháp xử lý rơm rạ phổ biến nhất hiện nay vẫn là đốt ngoài đồng, gây phát thải khí CO₂, NO_x,... những tác nhân chính gây ô nhiễm không khí và biến đổi khí hậu. Để hiểu rõ thực trạng này, nghiên cứu đã tiến hành khảo sát tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn với 50 hộ nông dân tham gia. Kết quả cho thấy, đa phần nông hộ vẫn sử dụng phương pháp đốt để diệt mầm bệnh và bổ sung dinh dưỡng cho đất trong cả ba mùa vụ, đặc biệt ở vụ Đông Xuân và Hè Thu. Tuy nhiên, nông dân đã bước đầu áp dụng các phương pháp xử lý rơm rạ thay thế việc đốt như vùi rơm vào đất được sử dụng vào mùa mưa để tận dụng rơm rạ làm phân hữu cơ tự nhiên, nông dân cũng tận dụng rơm rạ để trồng nấm hoặc bán rơm tăng thêm thu nhập nhưng chưa đáng kể. Những phương pháp thay thế tuy còn hạn chế nhưng cho thấy tiềm năng góp phần giảm thiểu tác động môi trường, hướng tới canh tác nông nghiệp bền vững hơn.

Từ khóa: Canh tác lúa, rơm rạ, đốt, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang.
Ngày nhận bài: 02/02/2025; **Ngày sửa chữa:** 10/3/2025 ; **Ngày duyệt đăng:** 2/4/2025.

Current status of rice cultivation and post-harvest straw treatment in Thoai Son district, An Giang province

Abstract:
Thoai Son District in An Giang Province is one of the primary rice-producing regions in Vietnam's Mekong Delta, with an annual cultivated area of 113,300 hectares and an estimated rice yield of approximately 765,000 tons. Vinh Trach Commune, in particular, cultivates over 1,310 hectares of arable land across three rice crops annually, contributing significantly to food security and local agricultural economic development. However, the substantial volume of rice straw generated after each harvest presents a growing challenge for post-harvest waste management. Open-field burning remains the most prevalent method of straw treatment, despite its environmental consequences, including emissions of CO₂, NO_x,... that contribute to air pollution and climate change. To better understand current straw management practices and assess the potential for more sustainable alternatives, this study conducted a field survey in Vinh Trach Commune, involving 50 farming households. The findings reveal that a majority of farmers continue to adopt straw burning as the primary method for pathogen control and soil nutrient replenishment across all three cropping seasons, especially in the Winter-Spring and Summer-Autumn seasons. Nonetheless, farmers have initially applied straw treatment methods to replace burning, including incorporating straw into the soil during the rainy season to utilize straw as natural organic fertilizer. In addition, some farmers have used straw for mushroom cultivation or sold it to generate supplemental income, but not significantly. While adoption remains limited, these methods demonstrate potential to mitigate environmental impacts and promote the transition toward more sustainable agricultural practices in the region.

Keywords: Rice cultivation, straw, burning, Thoai Son district, An Giang province.
JEL Classifications: O13, Q15, Q53, Q57



1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một trong những nước dẫn đầu trong ngành nông nghiệp toàn cầu, mặc dù trong điều kiện thời tiết và khí hậu diễn biến khá phức tạp nhưng vẫn duy trì được mức tăng trưởng tích cực chiếm tỷ trọng khoảng 11,86% trong cơ cấu nền kinh tế năm 2024. Diện tích lúa đạt 7,13 triệu ha trên cả nước với sản lượng lúa đạt 43,46 triệu tấn (Cục thống kê, 2024). Trong đó, Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) được mệnh danh là vựa lúa số một cả nước hiện nay với sự đóng góp hơn 90% lượng gạo xuất khẩu của Việt Nam [1]. Tỉnh An Giang là một trong những khu vực có diện tích sản xuất lúa lớn nhất trong ĐBSCL với tổng diện tích gieo trồng cây hằng năm đạt 667,4 ngàn ha vào năm 2024, diện tích xuống giống lúa từng mùa vụ cụ thể như sau vụ Đông Xuân đạt hơn 227,7 nghìn ha, vụ Mùa đạt được 3.519 ha, vụ Hè Thu đạt được 228,5 nghìn ha và vụ Thu Đông đạt được 158,8 nghìn ha. Với diện tích xuống giống đạt được, sản lượng cả năm ước tính đạt được 4,071 triệu tấn, gồm vụ Đông Xuân thu hoạch được 1,696 triệu tấn, vụ Mùa đạt được 13,6 ngàn tấn, vụ Hè Thu thu hoạch hơn 1,369 triệu tấn và vụ Thu Đông với 994 ngàn tấn (Chi cục thống kê tỉnh An Giang, 2025).

Riêng huyện Thoại Sơn thuộc địa bàn tỉnh An Giang đã có diện tích tự nhiên 47.103,8 ha, trong đó, có 41.245,5 ha đất dành cho sản xuất nông nghiệp (Chi cục thống kê tỉnh An Giang, 2022) đóng góp 46,15% tỷ trọng trong cơ cấu kinh tế huyện năm 2023 đối với khu vực nông, lâm và thủy sản. Trong giai đoạn 2019 – 2030, huyện đã duy trì tổng 116.795 ha phục vụ cho diện tích sản xuất nông nghiệp hằng năm và sản xuất lúa chiếm 113.301 ha trong 3 vụ đạt tổng sản lượng 765.000 tấn lúa với lúa chất lượng cao chiếm 82,04% sản lượng (Sở Nông nghiệp và Môi trường, 2024). Với diện tích canh tác và sản lượng lúa thì tương ứng lượng rơm rạ sau thu hoạch mỗi mùa vụ cũng khá lớn. Để loại bỏ được số lượng rơm rạ lớn này, những hộ nông dân cần phải lựa chọn các phương pháp quản lý và xử lý rơm rạ thích hợp với điều kiện kinh tế, xã hội và tự nhiên tại địa phương sinh sống.

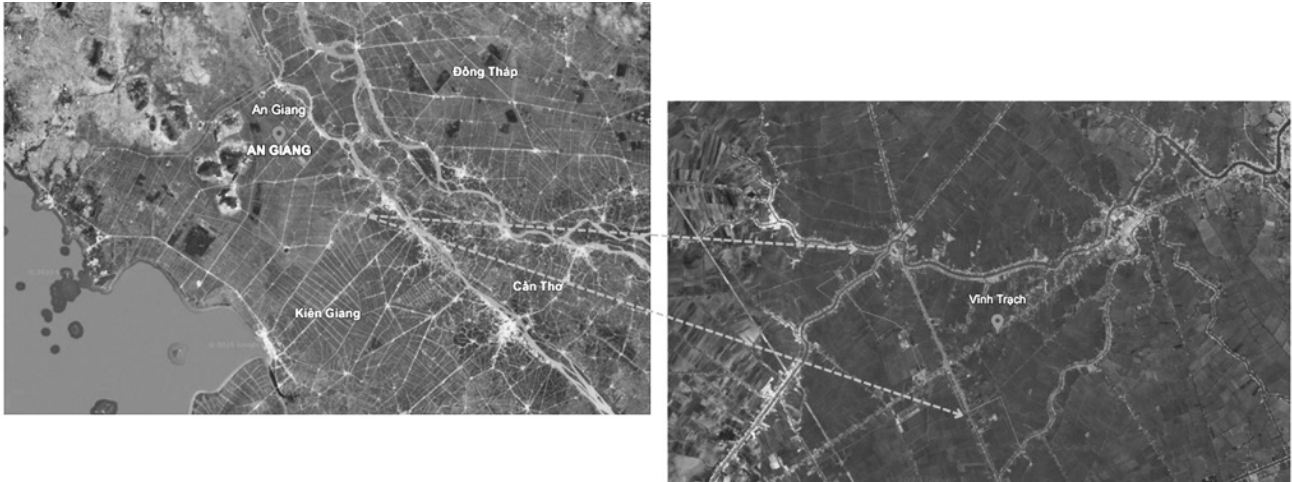
Điển hình, hiện trạng quản lý phụ phẩm sau thu hoạch tại các tỉnh Thái Bình, Nam Định, Long An, Cần Thơ, An Giang, Hậu Giang và Đồng Tháp nhận định phương pháp đốt có tỷ lệ khá cao với 25% tại Đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) và 30% tại ĐBSCL; phương pháp vùi lại vào đất có 32,5 % tại ĐBSH và 22% tại ĐBSCL. Bên cạnh đó, tại vùng ĐBSH, lượng rơm rạ còn được sử dụng làm thức ăn trong chăn nuôi, ủ làm phân bón, chất độn chuồng, chất đốt và tủ gốc; còn với vùng ĐBSCL, lượng rơm được các hộ dân sử dụng làm nấm và một lượng nhỏ làm chất đốt và tủ gốc (Hà Đ., 2019). Tại xã Thọ Xuân, huyện Đan Phượng; xã Đắc Sở,

huyện Hoài Đức và xã Liệp Tuyết, huyện Quốc Oai, Hà Nội ghi nhận được kết quả phương pháp đốt rơm rạ được sử dụng phổ biến nhất, tiếp theo là phương pháp bán rơm và cuối cùng là phương pháp để rơm hoai mục. Mặc khác, các phương pháp gom cho vật nuôi ăn, ủ rơm và trồng nấm chỉ chiếm 0,01% (Hà P., 2022).

Ở huyện Yên Thành, Nghệ An, nông dân đều lựa chọn phương pháp đốt rơm trực tiếp hàng năm. Vào năm 2019, lượng rơm rạ sau thu hoạch được nông dân xử lý bằng cách đốt ở vụ Xuân (98,33%) và Hè thu (95,83%); mặc khác, một số phương pháp xử lý rơm rạ khác vẫn được sử dụng với tỷ lệ rất thấp (Tiệp N., 2020). Một nghiên cứu khác tại xã Thủy Phù, nông dân tại đây xử lý rơm rạ bằng cách đốt trực tiếp vào vụ Đông Xuân (2020 - 2021) và vùi lại trong đất vào vụ Hè Thu (2020). Đối với xã Hương Toàn, vụ Hè Thu, người dân xử lý rơm rạ bằng cách vùi lại trong đất; ngược lại vụ Đông Xuân, sử dụng 3 cách xử lý khác nhau gồm đốt trực tiếp, sử dụng chế phẩm và vùi lại trong đất có tỷ lệ thấp nhất (Phương T., 2021). Ngoài ra, tại ĐBSCL, các tỉnh An Giang, Đồng Tháp, Kiên Giang và Cần Thơ có 6 hình thức chính trong xử lý rơm rạ, các hình thức xử lý thay đổi tùy theo mùa vụ. Vụ Đông Xuân, xử lý rơm rạ bằng hình thức đốt được ứng dụng phổ biến và còn lại là trồng nấm, bán rơm và cho rơm. Đối với vụ Hè Thu, phương pháp đốt phần lớn và vùi lại trong đất, vụ Thu Đông có tỷ lệ đốt rơm thấp nhất và vùi lại trong đất lại cao nhất trong 03 vụ, tiếp theo là trồng nấm và các hình thức khác có tỷ lệ rất nhỏ (Nam T., 2014).

Một nghiên cứu khác tại các tỉnh Sóc Trăng, Bến Tre, Cần Thơ, Đồng Tháp và Kiên Giang cũng cho rằng, ở các vụ nông dân đều sử dụng phương pháp đốt để xử lý rơm rạ, cao nhất ở vụ Đông Xuân. Tiếp đó, phương pháp vùi cả rơm và gốc rạ chiếm tỷ lệ khá cao, nhất là vụ Thu Đông. Đặc biệt, một số địa phương ở hạ nguồn sông Cửu Long để lại 100% lượng rơm rạ phục vụ cho nuôi tôm mùa sau (Hùng Đ., 2025). Các nông dân tại huyện Thốt Nốt, Cần Thơ đều xử lý hầu hết lượng rơm rạ sau thu hoạch trong vụ Thu Đông bằng cách đốt. Đối với mùa Xuân Hè và Hè Thu có tỷ lệ xử lý rơm rạ bằng phương pháp đốt lần lượt là 22% và 1%. Khi không áp dụng phương pháp đốt thì rơm rạ được sử dụng trong trồng nấm vào 2 vụ này. Bên cạnh đó, một nửa lượng rơm rạ được để lại trong ruộng dưới dạng gốc rạ nhằm vùi lại trong đất (Van N., 2014).

Nhìn chung, lượng rơm rạ được nông dân loại bỏ chủ yếu bằng phương pháp đốt do điều kiện thời tiết và khí hậu (Tiệp N., 2020) khi thời tiết mưa nhiều vào thời điểm thu hoạch thì việc đốt rơm rạ giảm xuống (Van N., 2014). Tuy nhiên, việc đốt rơm rạ đóng góp đáng kể vào sự gia tăng khí nhà kính và các chất ô nhiễm không khí, dẫn đến thay đổi khí hậu và



Hình 1. Khu vực nghiên cứu tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang

ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe cộng đồng (El Safty A. , 2020). Không chỉ gây ra lượng khói bụi nhất định tại khu vực đốt rơm rạ mà một phần khói sẽ bay sang những khu vực lân cận xung quanh theo gió mùa trong mùa khô (Tipayarom D. , 2007). Chất lượng đất cũng bị giảm hàm lượng nước, độ cứng, màu sắc, hàm lượng carbon hữu cơ và thành phần mùn bởi việc đốt rơm rạ.

Tóm lại, việc loại bỏ rơm rạ bằng phương pháp đốt rơm rạ có một mức độ tác động tiêu cực đến chất lượng môi trường, tài nguyên và sinh thái. Vì vậy, việc thực hiện đề tài nghiên cứu “Hiện trạng canh tác lúa và xử lý rơm rạ sau thu hoạch tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang” là cần thiết nhằm đánh giá tình hình canh tác lúa thông qua diện tích đất canh tác, số vụ lúa trong năm, hình thức thu hoạch, giống lúa, năng suất và thực trạng quản lý, xử lý rơm rạ sau thu hoạch tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn; đồng thời, đánh giá các phương pháp xử lý rơm rạ mà người dân đang áp dụng. Bên cạnh đó, nghiên cứu cung cấp một lượng thông tin và tài liệu cụ thể làm tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Đề tài tập trung nghiên cứu tại xã Vĩnh Trạch thuộc huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang. Xã Vĩnh Trạch có tổng diện tích tự nhiên 1.836 ha với dân số 16.502 người, được chia thành 7 ấp bao gồm Vĩnh Tây, Vĩnh An, Vĩnh Trung, Trung Bình Tiến, Trung Bình Nhất, Trung Bình Nhì, Tây Bình. Vị trí nghiên cứu được lựa chọn cụ thể ở xã Vĩnh Trạch (560 ha) được thể hiện rõ ở Hình 1.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành nhằm tìm hiểu thực trạng canh tác lúa và phương pháp xử lý rơm rạ của nông dân tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn. Để thu thập dữ liệu thực tế, nhóm nghiên cứu đã sử dụng bảng

hỏi cấu trúc và thực hiện khảo sát trực tiếp với các hộ nông dân đang sinh sống hoặc có đất sản xuất lúa trên địa bàn xã. Phương pháp chọn mẫu ngẫu nhiên được áp dụng để đảm bảo tính khách quan và đại diện cho cộng đồng, với tổng số 50 phiếu phỏng vấn được thực hiện. Số lượng mẫu nghiên cứu phục vụ cho phỏng vấn cấu trúc được xác định theo công thức Slovin (1960) với khoảng tin cậy mặc định là 90%, theo công thức:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \quad (1)$$

Trong đó:

- n: số lượng mẫu cần nghiên cứu điều tra;

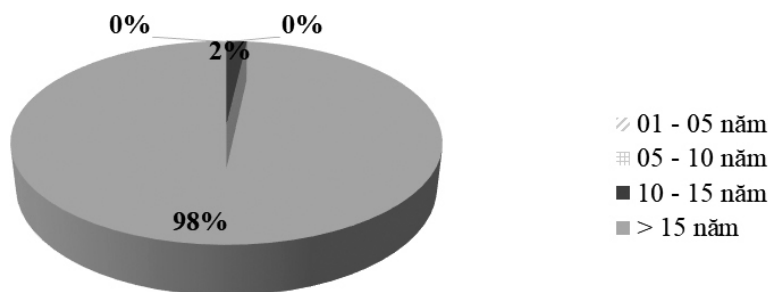
- e: sai số chấp nhận (áp dụng công thức Yamane và chọn sai số chấp nhận với $e=10\%$, độ tin cậy là 90%);

- N: tổng số quần thể mẫu trên địa bàn nghiên cứu.

Căn cứ vào số hộ dân trên địa bàn xã Vĩnh Trạch $N = 4114$ hộ, trong đó cơ cấu lao động trong nông nghiệp chiếm gần 60% trong tổng số lao động, vì vậy số lượng mẫu điều tra tương ứng khoảng 50 phiếu.

Nội dung bảng hỏi tập trung vào nhiều khía cạnh quan trọng trong quá trình canh tác lúa như: thông tin chung về hộ nông dân, tình hình canh tác hiện tại và trước đây, số vụ lúa trong năm, sản lượng thu hoạch mỗi vụ, khối lượng rơm rạ phát sinh sau thu hoạch, cũng như những thay đổi trong kỹ thuật canh tác theo thời gian. Đặc biệt, bảng hỏi đi sâu vào các phương pháp xử lý rơm rạ mà nông dân đang áp dụng, nhằm xác định mức độ phổ biến của từng phương pháp, những lợi ích đem lại trong quá trình thực hiện.

Thông qua việc phỏng vấn trực tiếp, nghiên cứu không chỉ thu thập được dữ liệu định lượng mà còn ghi nhận thêm các ý kiến, quan điểm và kinh nghiệm thực tiễn của người dân địa phương trong quá trình xử lý rơm rạ sau thu hoạch. Từ kết quả khảo sát, nhóm nghiên cứu có thể phân tích xu hướng lựa chọn phương pháp xử lý rơm rạ phổ biến nhất tại địa phương, cũng như lý do lựa chọn.



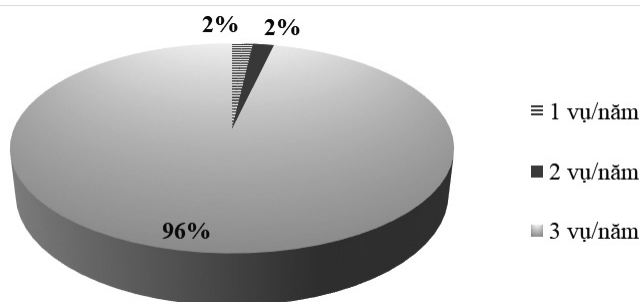
Hình 2. Thời gian nông dân gắn bó với nghề canh tác nông nghiệp tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

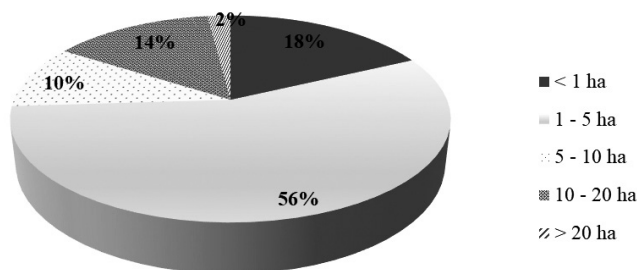
3.1 Hiện trạng canh tác lúa

Nông dân tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn đa phần gắn bó với nghề canh tác nông nghiệp lâu dài trên 15 năm (Hình 2), có thể thấy các nông hộ tại khu vực này đều dày dặn kinh nghiệm và có kiến thức chuyên sâu đối với nghề canh tác lúa. Bên cạnh đó, có khoảng 2% số hộ có thời gian gắn bó từ 10 đến 15 năm và không có nông hộ nào gắn bó với nghề dưới 10 năm. Nhìn chung, xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn là một trong những xã chuyên về sản xuất nông nghiệp tại tỉnh An Giang từ xưa đến nay (Hình 2).

Đa phần các nông hộ đều canh tác lúa 3 vụ (96%), có khoảng 2% số hộ canh tác 2 vụ và 2% còn lại canh tác 1 vụ trong năm (Hình 3). Các hộ canh tác lúa 1 và 2 vụ là do trồng xen kẽ với cái loại cây ngắn ngày khác, điển hình là hộ canh tác lúa 1 vụ trong năm và dành 2 vụ canh tác còn lại để trồng sen.



Hình 3. Số vụ lúa trong năm mà nông dân canh tác



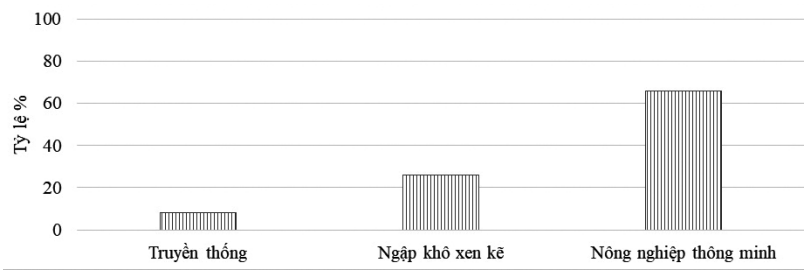
Hình 4. Diện tích đất canh tác của nông hộ

Diện tích đất canh tác theo kết quả phỏng vấn các nông hộ (Hình 4) khoảng 56% số hộ có diện tích đất từ 1 – 5 ha, 18% là dưới 1 ha, 10% số phiếu từ 5 đến 10 ha, 14% có 10 đến 20 ha đất canh tác và chỉ có 2% phiếu có hơn 20 ha đất canh tác lúa Hình 5.

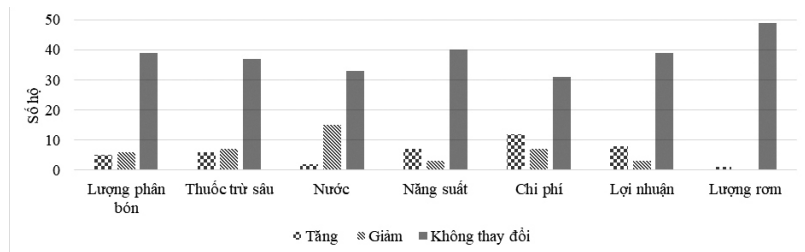
Đối với kỹ thuật canh tác, theo kết quả phỏng vấn cho thấy kỹ thuật canh tác nông nghiệp thông minh (rải phân xịt thuốc bằng máy bay không người lái) được 66% nông hộ tại đây áp dụng trong khoảng 3 năm gần đây và độ hiệu quả của kỹ thuật này được chứng minh bởi những nông dân sử dụng trước đã thúc đẩy các nông dân còn lại thay đổi. Hình 6.

Phần lớn các nông hộ tại xã Vĩnh Trạch đều thay đổi kỹ thuật canh tác theo hướng nông nghiệp thông minh. Khi áp dụng kỹ thuật canh tác này, 39/50 hộ cho rằng, không có sự thay đổi về lượng phân bón, 6 hộ thì cho là giảm, còn lại 5 hộ nhận định là tăng. Tương tự lượng thuốc trừ sâu, năng suất lúa, lợi nhuận, đặc biệt là lượng rơm không có sự thay đổi nhiều so với kỹ thuật canh tác trước đây. Riêng lượng nước sử dụng, khoảng 15/50 hộ cho rằng, lượng nước giảm, có thể thấy khi áp dụng nông nghiệp thông minh sẽ giảm lượng nước sử dụng nhưng lượng rơm rạ sau thu hoạch không có sự thay đổi (49/50 hộ nhận định).

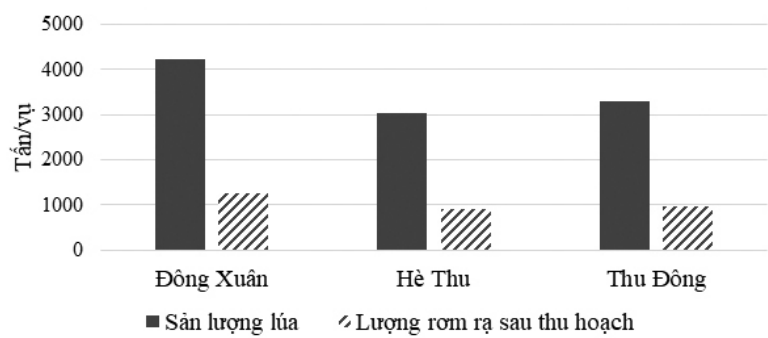
Kết quả phỏng vấn sản lượng lúa mỗi vụ (Hình 7) cho thấy, vụ Đông Xuân đạt được 2279 tấn lúa (tổng 50 hộ được phỏng vấn), cũng là vụ có sản lượng cao nhất trong năm, vụ Thu Đông với 1764 tấn lúa và vụ Hè Thu chỉ đạt được 1633 tấn lúa. Vụ Đông Xuân đạt được sản lượng cao nhất trong năm thường do điều kiện thời tiết thuận lợi cho cây sinh trưởng và phát triển, ít bị ảnh hưởng bởi nắng nóng, khô hạn và khoảng thời gian này là thời điểm kết thúc mùa lũ, khi lũ rút sẽ để lượng lớn phù sa có ích cho cây trồng. Bên cạnh đó, việc chuyển đổi kỹ thuật canh tác nhằm nâng cao chất lượng và năng suất cây trồng cũng góp phần đáng kể vào sự thành công của vụ Đông Xuân. Ngoài ra, một số nông hộ tại xã lựa chọn không canh tác hoặc chuyển đổi canh tác lúa sang cây trồng khác ở vụ Hè Thu và Thu Đông, nên diện tích canh tác lúa cũng giảm vào 2 mùa vụ này và đây cũng là một trong những nguyên nhân góp phần giảm sản lượng lúa.



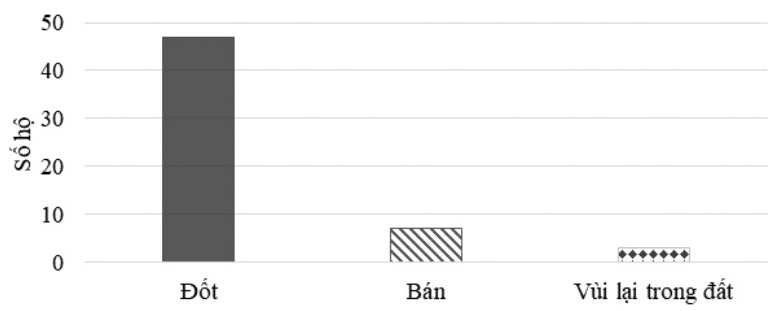
Hình 5. Các kỹ thuật canh tác lúa mà nông hộ đang áp dụng hiện nay



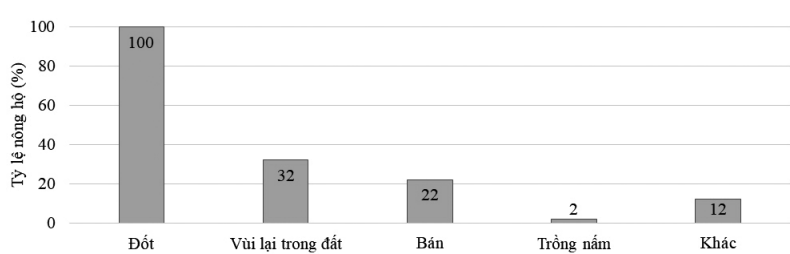
Hình 6. Sự thay đổi khi áp dụng kỹ thuật canh tác hiện tại so với trước đây của nông hộ



Hình 7. Sản lượng lúa và rơm rạ sau mỗi mùa vụ



Hình 8. Các phương pháp xử lý rơm rạ trước đây mà nông hộ áp dụng



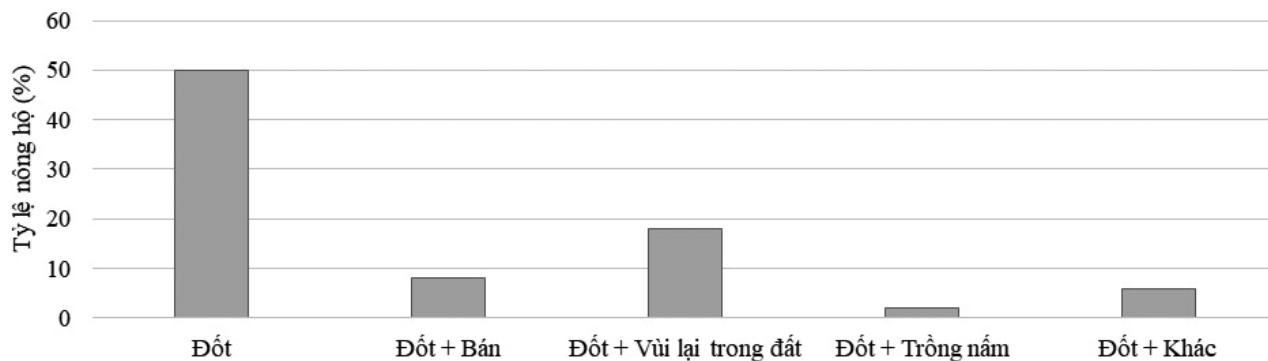
Hình 9. Các phương pháp xử lý rơm rạ hiện nay

3.2 Hiện trạng xử lý rơm rạ tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn

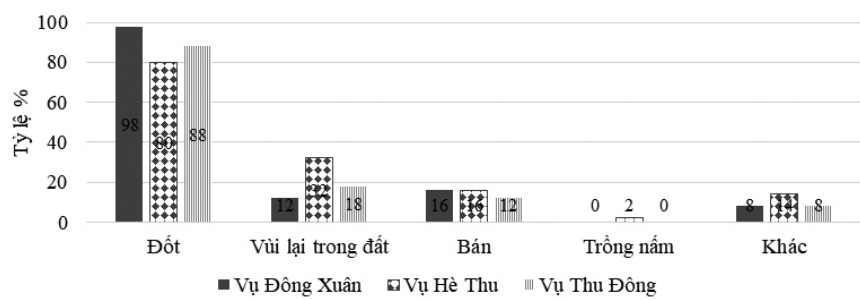
Khối lượng rơm rạ vụ Đông Xuân phát sinh 1254 tấn (50 hộ được phỏng vấn) có lượng rơm rạ phát thải cao nhất trong năm, tiếp theo là vụ Hè Thu và Thu Đông đạt lần lượt là 898 tấn và 970 tấn. Nhìn chung, khối lượng rơm rạ sau thu hoạch phát sinh nhiều nhất vào vụ Đông Xuân cũng là vụ có sản lượng lúa cao nhất năm, vụ Thu Đông và Hè Thu có sản lượng lúa không cao do nhiều lý do, trong đó nổi bật là do thời tiết không thuận lợi như vào vụ Đông Xuân hoặc một số hộ không canh tác, một số khác chuyển canh tác lúa sang loại cây trồng khác vào 02 vụ này (Hình 7).

Trước đây, đa phần các nông hộ (47/50 hộ) sử dụng phương pháp đốt trong xử lý rơm rạ sau thu hoạch (Hình 8), 2/50 hộ hoàn toàn bán và 1/50 hộ vùi lại trong đất, tuy nhiên trong 47/50 hộ sử dụng phương pháp đốt có kết hợp phương pháp khác như bán và vùi lại trong đất, nên có khoảng 7/50 hộ có sử dụng phương pháp bán rơm rạ và 3/50 hộ xử lý rơm rạ bằng cách vùi lại trong đất (kết hợp đốt). Các phương pháp xử lý rơm rạ sau thu hoạch được các nông hộ lựa chọn xử lý bằng một hoặc kết hợp nhiều phương pháp trong 03 vụ/năm. Hiện nay, 100% số hộ sử dụng phương pháp đốt (Hình 9), tuy nhiên trong số đó có một số hộ kết hợp thêm các phương pháp xử lý rơm rạ khác trong cùng một mùa hay xen kẽ các mùa trong năm. Ngoài phương pháp bán và vùi lại trong đất như trước đây, hiện nay nông dân còn tận dụng rơm rạ để trồng nấm, cho vịt ăn và xịt thuốc. Hơn nữa, việc áp dụng phương pháp vùi lại trong đất và bán trong xử lý rơm rạ có sự gia tăng hơn so với trước đây.

Tuy số nông hộ sử dụng phương pháp đốt không giảm nhưng số nông hộ sử dụng kết hợp phương pháp đốt với phương pháp khác lại tăng lên đáng kể. Theo kết quả khảo sát (Hình 10), khoảng gần 20% nông hộ áp dụng



Hình 10. Tỷ lệ nông hộ sử dụng phương pháp đốt kết hợp phương pháp khác trong xử lý rơm rạ hiện nay



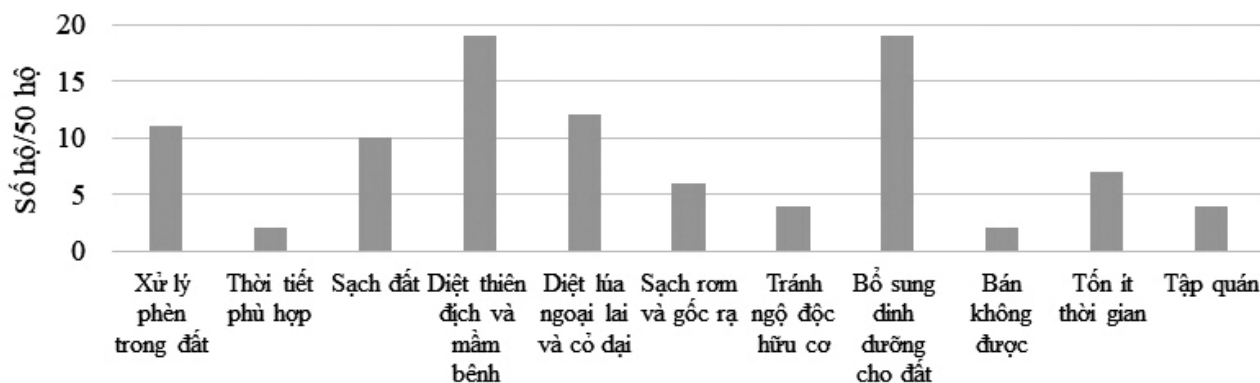
Hình 11. Các phương pháp xử lý rơm rạ đang áp dụng ở mỗi mùa vụ của nông hộ

phương pháp đốt kết hợp với vùi lại trong đất và khoảng 10% hộ kết hợp đốt và bán. Có khoảng 2% nông hộ sử dụng đồng thời sử dụng phương pháp đốt và trồng nấm, còn lại 6% hộ xử lý rơm rạ bằng cách đốt kết hợp với một số phương pháp khác như cho vịt ăn và xịt thuốc và khoảng 50% nông hộ chỉ sử dụng phương pháp đốt mà không kết hợp phương pháp nào khác.

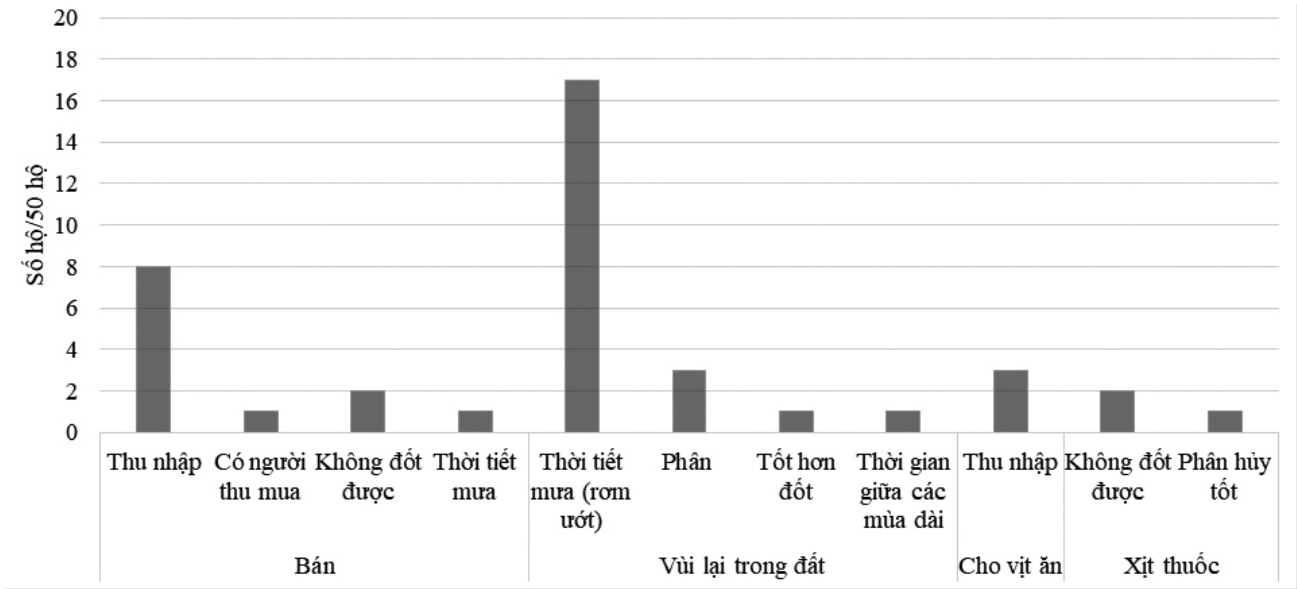
Phương pháp xử lý rơm rạ đang áp dụng ở mỗi vụ (Hình 11) có thể thấy, tỷ lệ nông hộ có sử dụng phương pháp đốt để xử lý rơm rạ sau thu hoạch ở cả 3 vụ khá cao khoảng từ 80 đến 98%, tuy nhiên trong số đó có một số hộ kết hợp phương pháp đốt với các phương pháp xử lý rơm rạ khác, nghĩa là mỗi hộ áp dụng 1-3 phương pháp xử lý rơm rạ. Tỷ lệ hộ dân đốt rơm rạ giảm nhẹ ở vụ Hè Thu do thời tiết vào vụ này có mưa rất nhiều gây khó khăn cho việc đốt rơm rạ. Ngược lại, phương pháp xử lý rơm rạ bằng cách vùi lại trong đất có tỷ lệ cao nhất ở vụ Hè Thu, khoảng 32% vì khoảng thời gian này rơm rạ bị ướt, không thể đốt cũng như không thể bán được nên nông dân chỉ

có cách vùi lại trong đất, sau đó dùng máy xới đất lên lại để tiếp tục trồng cho mùa sau, thêm vào đó phương pháp này còn cung cấp một lượng phân bón đáng kể nên được nhiều nông dân lựa chọn để xử lý rơm rạ. Tiếp theo, phương pháp bán cũng được nông hộ sử dụng khoảng từ 12 đến 16% ở cả 3 vụ, không có sự khác biệt đáng kể. Một số phương pháp khác có tỷ lệ rất thấp như trồng nấm, cho vịt ăn và xịt thuốc.

Kết quả phỏng vấn nông dân có nhiều lý do để chọn phương pháp xử lý rơm rạ bằng cách đốt (Hình 12). Trong đó, đốt rơm rạ để diệt thiên địch và mầm bệnh (muỗi bám hành, nhện dế, nấm bệnh và sâu rầy) với bổ sung dinh dưỡng cho đất là 2 lý do mà nông dân trả lời nhiều nhất. Việc diệt thiên địch và mầm bệnh bằng phương pháp đốt có thể giảm được lượng thuốc bảo vệ



Hình 12. Lý do nông dân chọn phương pháp đốt trong xử lý rơm rạ sau thu hoạch



Hình 13. Các lý do chọn phương pháp khác ngoài đốt để xử lý rơm rạ của nông hộ

thực vật sử dụng trong mùa vụ sau, từ đó giảm được chi phí, hạn chế gây ô nhiễm môi trường và cân bằng được hệ sinh thái. Đối với lý do bổ sung dinh dưỡng cho đất thì theo nông dân cho biết đốt rơm rạ sẽ để lại một lượng phân bón, tro trấu và đặc biệt là bổ sung Kali trong đất. Vì vậy, mùa sau giảm được chi phí bổ sung dinh dưỡng cho đất.

Lý do phương pháp đốt rơm rạ diệt được lúa ngoại lai và cỏ dại được lựa chọn bởi 12/50 nông dân được phỏng vấn và tiếp theo là xử lý được phèn trong đất (11/50 hộ). Ngoài ra, còn một số lý do khác với tỷ lệ trả lời thấp như thời tiết thuận tiện, sạch đất và dễ cải tạo lại đất, sạch rơm và gốc rạ còn sót lại, tốn ít thời gian, tránh bị ngộ độc hữu cơ ở mùa sau và do tập quán tại vùng.

Ngoài phương pháp đốt, nông dân tại xã Vĩnh Trạch còn sử dụng nhiều phương pháp khác trong xử lý rơm rạ với nhiều lý do khác nhau. Chủ yếu nông hộ cho rằng bán rơm rạ mang thêm thu nhập so với các phương pháp khác (8/50 hộ), bên cạnh đó có 3 hộ cho là do không đốt được và rơm rạ bị ướt vào mùa mưa và chỉ có 01 hộ duy nhất bán rơm rạ do có người thu mua. Còn đối với phương pháp vùi lại trong đất, phương pháp này có nhiều nông hộ sử dụng thay thế cho phương pháp đốt bởi vì khi thời tiết mưa, rơm rạ bị ướt nên không đốt được do đó phải vùi vào đất (17/50 hộ), từ đó sẽ tạo nên phân bón cho đất (3 hộ), giảm được lượng phân và chi phí cho sử dụng phân bón vào mùa sau. Chỉ có 1 nông hộ cho rằng, vùi lại trong đất tốt hơn đốt rơm rạ, bởi vì mùa sau trừ tháng đầu tiên canh tác thì khoảng thời gian lúa phát triển tốt hơn và 1 nông hộ lựa chọn vùi lại trong đất do thời gian giữa các vụ khá dài nên thích hợp để rơm rạ hoại mục trở thành

phân bón. Ngoài ra, chiếm tỷ lệ rất nhỏ nông dân bán rơm rạ sau thu hoạch vào mùa mưa cho vịt chạy đồng ăn để có thêm thu nhập và xịt thuốc do không thể đốt được và nông dân cho là phân rơm rạ tốt.

4. KẾT LUẬN

Phần lớn nông dân tại xã Vĩnh Trạch, huyện Thoại Sơn có thời gian gắn bó với nghề canh tác lúa trên 15 năm, với 96% hộ trồng lúa 3 vụ/năm, chủ yếu do điều kiện sản xuất thuận lợi. Diện tích đất canh tác phổ biến là từ 1–5 ha. Đáng chú ý, kỹ thuật canh tác truyền thống đã giảm, trong khi canh tác theo hướng nông nghiệp thông minh tăng mạnh từ 0% lên 66%. Mặc dù lượng phân bón và năng suất không thay đổi đáng kể, nhưng nhờ áp dụng kỹ thuật mới giúp giảm lượng nước tưới, tuy nhiên vẫn không làm thay đổi lượng rơm rạ sau thu hoạch.

Tổng lượng rơm rạ phát sinh cao nhất vào vụ mùa Đông Xuân, tương ứng với vụ có sản lượng lúa cao nhất. Trước đây, có đến 47/50 hộ xử lý rơm rạ bằng cách đốt, 7 hộ bán rơm và chỉ 3 hộ vùi lại trong đất. Hiện nay, tuy phương pháp đốt vẫn phổ biến (100%), nhưng số hộ kết hợp đốt với các phương pháp khác như vùi đất (20%), bán (10%) hoặc cho vịt ăn, trồng nấm, xịt thuốc (tổng 8%) đang tăng. Đặc biệt, vào mùa mưa (vụ Hè Thu), 32% hộ chuyển sang vùi rơm vì không thể đốt do rơm ướt, đồng thời tận dụng làm phân hữu cơ. Nông dân lựa chọn phương pháp đốt chủ yếu vì hiệu quả diệt mầm bệnh (sâu rầy, nấm) và bổ sung Kali cho đất (chiếm hơn 60% ý kiến), trong khi phương pháp bán rơm giúp tăng thêm thu nhập (8/50 hộ).

Những thông tin này là cơ sở quan trọng để đề xuất các giải pháp phù hợp, bền vững trong quản lý rơm rạ



Rơm rạ được đốt trực tiếp trên cánh đồng sau thu hoạch tại huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang

sau thu hoạch, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất và bảo vệ môi trường nông thôn. Tuy nhiên, nghiên cứu cần tiếp tục khảo sát sâu hơn về hiệu quả môi trường và kinh tế của từng phương pháp xử lý rơm rạ, đặc biệt là so sánh giữa biện pháp đốt và các hình thức tái sử dụng như làm phân hữu cơ, trồng nấm, vùi lại trong đất hay bán. Nghiên cứu chưa đánh giá được đầy đủ tác động lâu dài của việc đốt rơm ảnh hưởng đến BĐKH trong khu vực. Đồng thời, việc xây dựng các chính sách hỗ trợ cho nông dân như: khuyến khích tài chính, chuyển giao kỹ thuật cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo nhằm thúc đẩy thay đổi hành vi xử lý rơm rạ theo hướng thân thiện với môi trường.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số C2025-16-02■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cơ quan thống kê quốc gia. (2021, 2024). Niên giám thống kê Việt Nam. Hà Nội, Việt Nam: Tổng cục Thống kê.
2. Cục thống kê tỉnh An Giang. (2022, 2025). Báo cáo thống kê tỉnh An Giang. An Giang, Việt Nam.
3. Sở Nông nghiệp và Môi trường. (2024). Báo cáo tổng kết sản xuất nông nghiệp huyện Thoại Sơn. An Giang, Việt Nam.
4. Đỗ Thu Hà, Hoàng Thị Ngân, Nguyễn Thị Huệ và Phạm Quang Hà. (2019). Nghiên cứu quản lý phụ phẩm từ trồng lúa tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp*, số 10 (107).
5. Phạm Thị Thu Hà. (2022). Ứng dụng mô hình PSR đánh giá hiện trạng Đốt rơm rạ ngoài trời khu vực ngoại thành Hà Nội. *Tạp chí Nghiên cứu Địa lý nhân văn*, số 2 (37).
6. Nguyễn Văn Tiệp, Lê Minh Thanh và Lê Quốc Tuấn.

(2020). *Hiện trạng quản lý sử dụng rơm rạ theo định hướng phát triển nông nghiệp bền vững trên địa bàn huyện Yên Thành, tỉnh Nghệ An*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nghệ An*, số 6.

7. Trần Thị Xuân Phương, Hoàng Trọng Nghĩa, Hồ Đăng Khoa, Tôn Thất Các, Phùng Viên, Trương Phútốc Hiếu và Nguyễn Hoàng Linh. (2021). *Hiện trạng sản xuất lúa và xử lý rơm rạ sau thu hoạch ở tỉnh Thừa Thiên Huế*. *HUAF Journal of Agricultural Science & Technology*. Số 5 (3).

8. Trần Sỹ Nam, Nguyễn Thị Huỳnh Như, Nguyễn Hữu Chiếm, Nguyễn Võ Châu Ngân, Lê Hoàng Việt và Kjeld Ingvorsen. (2014). Ước tính lượng và các biện pháp xử lý rơm rạ ở một số tỉnh đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, số 32 (2014).

9. Đào Trung Hùng, Vũ Việt Hà, Nguyễn Quang Hải, Hoàng Ngọc Thuận, Nguyễn Toàn Thắng, Hoàng Thị Thu Hường và Võ Quang Trung. (2025). *Kết quả khảo sát thực trạng quản lý rơm rạ ở Đồng bằng sông Cửu Long*. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, kỳ 1.

10. Nguyen Pham Hong Van, Truong Thi Nga, Hironori Arai, Yasukazu Hosen, Nguyen Huu Chiem và Kazuyuki Inubushi. (2014). *Rice Straw Management by Farmers in a Triple Rice Production System in the Mekong Delta, Viet Nam*. *Trop.Agr.Develop.*, số 58.

11. El Safty, A. M. K. (2020). Impacts of rice straw open burning on air quality and climate change. *Environmental Research Journal*, 185, 109379. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109379>

12. Tipayarom, D., & Nguyen, T. K. O. (2007). Effects of rice straw burning emissions transported by seasonal monsoon winds in Southeast Asia. *Atmospheric Environment*, 41(9), 1981–1990. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.10.046>.

ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ Ô NHIỄM NH₃ VÀ H₂S TRONG KHÔNG KHÍ TẠI CÁC ĐIỂM CỐNG NGẮN TRIỀU TRÊN LƯU VỰC SÔNG SÀI GÒN

TRẦN THỊ PHI OANH^{1,2,*}, PHAN XUÂN THẠNH^{1,2}

¹ Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách Khoa TP. Hồ Chí Minh

² Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

Nghiên cứu đánh giá ô nhiễm khí NH₃ và H₂S tại các cống ngăn triều trong lưu vực sông Sài Gòn, trong bối cảnh đô thị hóa và biến đổi khí hậu. Mẫu khí được thu thập định kỳ tại 6 vị trí quan trắc với 36 mẫu NH₃ và 36 mẫu H₂S trong hai mùa (mùa khô và mùa mưa) từ 2022 đến 2024. Kết quả cho thấy nồng độ NH₃ và H₂S biến động theo mùa, cao hơn rõ rệt vào mùa khô do điều kiện khí hậu và địa hình hạn chế khuếch tán khí. Mô hình AERMOD được sử dụng để mô phỏng phát tán khí, xác định các điểm nóng ô nhiễm và dự báo mức độ lan truyền trong không gian và thời gian. Nghiên cứu đề xuất tăng cường giám sát định kỳ và áp dụng các giải pháp kỹ thuật như cải thiện thông khí và sử dụng mô hình mô phỏng hiện đại nhằm kiểm soát hiệu quả ô nhiễm không khí tại các khu vực cống ngăn triều.

Từ khóa: Ô nhiễm không khí (NH₃ và H₂S); Cống ngăn triều; Lưu vực sông Sài Gòn.

Ngày nhận bài: 8/2/2025; **Ngày sửa chữa:** 4/3/2025; **Ngày duyệt đăng:** 22/3/2025.

An assessment of ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S) air pollution Levels at tidal sluice gate locations within the Saigon river basin

Abstract

This study evaluates the pollution levels of ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S) gases at tidal sluices within the Saigon River Basin amid the pressures of urbanization and climate change. Gas samples were periodically collected from six monitoring sites, totaling 36 NH₃ samples and 36 H₂S samples across two distinct seasons (dry and rainy) from 2022 to 2024. Results indicate significant seasonal variations in NH₃ and H₂S concentrations, with markedly higher levels during the dry season, attributed to climatic factors and topographical constraints limiting gas dispersion. The AERMOD dispersion model was employed to simulate pollutant spread, identify contamination hotspots, and predict the spatial and temporal distribution of gas emissions. The study recommends enhanced periodic monitoring and the implementation of technical interventions, such as improved ventilation systems and advanced simulation modeling, to effectively control air pollution at tidal sluice locations.

Keywords: Air pollution (NH₃ and H₂S); Tidal sluice gates; Saigon River basin.

JEL Classifications: Q50, Q52, Q56, Q57.

1. GIỚI THIỆU

Trước tốc độ đô thị hóa ngày càng tăng và những tác động rõ nét của biến đổi khí hậu, các công trình kiểm soát ngập như hệ thống cống ngăn triều đã được triển khai rộng rãi trên lưu vực sông Sài Gòn nhằm hạn chế xâm nhập mặn và điều tiết lũ. Tuy nhiên, quá trình vận hành đóng/mở cống theo chế độ triều có thể làm suy giảm lưu lượng dòng chảy tự nhiên, tạo điều kiện tích tụ bùn lắng, chất hữu cơ và hợp chất dinh dưỡng tại khu vực cửa cống, đặc biệt trong điều kiện triều thấp và dòng chảy yếu. Sự tích tụ này dẫn đến hình thành môi trường yếm khí, thúc đẩy quá trình phân hủy kỵ khí chất hữu cơ và phát sinh khí độc như amoniac (NH₃) và hydro sunfua (H₂S), ảnh hưởng

ng nghiêm trọng đến chất lượng không khí và sức khỏe cộng đồng. [1]; [3];[4];[7];[8]

Nghiên cứu tập trung khảo sát, đánh giá hiện trạng và mức độ ô nhiễm khí NH₃ và H₂S, phân tích các yếu tố môi trường - sinh học ảnh hưởng đến quá trình phát thải, và đề xuất các giải pháp kỹ thuật và quản lý nhằm kiểm soát và giảm thiểu ô nhiễm khí tại các khu vực cống ngăn triều trong lưu vực sông Sài Gòn trong hai mùa điển hình (mùa khô và mùa mưa) giai đoạn 2022–2024. Nhóm tác giả tập trung. Đây là một lĩnh vực nghiên cứu còn tương đối mới, chưa được quan tâm đúng mức trong các nghiên cứu môi trường trước đây. Mặc dù ô nhiễm không khí tại khu vực đô thị đã được nghiên cứu rộng rãi, các nghiên cứu chuyên sâu

về phát thải khí độc tại khu vực cống ngăn triều, nơi có đặc thù môi trường và cơ chế vận hành riêng biệt vẫn còn hạn chế. Tính mới của đề tài nằm ở việc phân tích chuyên sâu hiện trạng ô nhiễm khí độc hại NH_3 và H_2S tại các điểm giao thoa giữa công trình kiểm soát ngập và môi trường nước đô thị. Việc đánh giá mức độ ô nhiễm khí tại các điểm cống ngăn triều là cần thiết nhằm nhận diện rủi ro môi trường và xây dựng cơ sở khoa học cho các chiến lược quản lý không khí và sức khỏe môi trường. [1];[2];[5];[6];[7];[8]

2. CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu phục vụ nghiên cứu đánh giá mức độ ô nhiễm khí NH_3 và H_2S tại các điểm cống ngăn triều trên lưu vực sông Sài Gòn được xây dựng từ quá trình thu thập mẫu chất lượng không khí tại hiện trường và kết quả phân tích trong phòng thí nghiệm. Dữ liệu được ghi nhận tại nhiều điểm quan trắc khác nhau, bao gồm thông tin về tọa độ địa lý, thời gian lấy mẫu, cùng các chỉ tiêu liên quan đến nồng độ NH_3 và H_2S trong không khí. Công tác xử lý số liệu được thực hiện bằng phần mềm Microsoft Excel nhằm tổ chức, phân tích và chuẩn hóa dữ liệu phục vụ cho các bước mô phỏng tiếp theo. Mô hình AERMOD được áp dụng để mô phỏng sự phát tán của NH_3 và H_2S tại các vị trí cống ngăn triều, dựa trên bộ dữ liệu thu thập trong cả hai mùa khô và mùa mưa, tại 6 điểm lấy mẫu thuộc lưu vực sông Sài Gòn, trong khoảng thời gian từ năm 2022 đến năm 2024. Tổng số mẫu đã thu thập được 36 mẫu khí NH_3 và 36 mẫu khí H_2S . Kết quả mô phỏng góp phần đánh giá mức độ ô nhiễm không khí theo không gian và thời gian, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp quản lý chất lượng không khí hiệu quả trong khu vực đô thị chịu ảnh hưởng của hệ thống cống ngăn triều. Kết quả giúp đánh giá mức độ ô nhiễm và đề xuất giải pháp quản lý không khí phù hợp cho khu vực đô thị. [4];[5];[6];[7];[8]

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu bao gồm các bước thu thập và phân tích mẫu kết hợp với mô hình hóa phát tán nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm không khí do NH_3 và H_2S tại các cống kiểm soát triều trên lưu vực sông Sài Gòn. Mẫu không khí được lấy định kỳ tại các vị trí cống ngăn triều trong

cả hai mùa (mùa khô và mùa mưa) nhằm đảm bảo tính đại diện về mặt thời gian và không gian. Các chỉ tiêu ô nhiễm NH_3 và H_2S được phân tích trong phòng thí nghiệm theo các phương pháp tiêu chuẩn. Dữ liệu thu được sau đó được xử lý và thống kê bằng phần mềm Microsoft Excel để đánh giá mức độ và xu hướng ô nhiễm theo từng khu vực và thời điểm quan trắc. Bên cạnh đó, mô hình phát tán khí AERMOD được áp dụng để mô phỏng sự lan truyền của NH_3 và H_2S từ các nguồn không khí xung quanh phát thải tại cống ngăn triều, qua đó hỗ trợ xác định phạm vi ảnh hưởng và các điểm nóng ô nhiễm không khí trong khu vực nghiên cứu.

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu

Tất cả các mẫu không khí được thu thập định kỳ vào hai mùa đặc trưng trong năm: mùa khô (tháng 3 và tháng 4) và mùa mưa (tháng 10 và tháng 11), tại 6 điểm lấy mẫu thuộc lưu vực sông Sài Gòn, trong khoảng thời gian từ năm 2022 đến năm 2024. Tổng số mẫu đã thu thập được 36 mẫu khí NH_3 và 36 mẫu khí H_2S . Các điểm lấy mẫu được lựa chọn tại những khu vực có nguy cơ ô nhiễm cao, chịu ảnh hưởng từ các hoạt động sinh hoạt, công nghiệp và giao thông đường thủy. Công tác lấy mẫu, bảo quản mẫu và phân tích được thực hiện theo hướng dẫn của các phương pháp phân tích đã được phê duyệt trong các quy định kỹ thuật hiện hành, nhằm đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy trong việc xác định sự hiện diện cũng như nồng độ của các chất ô nhiễm NH_3 và H_2S trong điều kiện khí hậu thực tế. Các phương pháp phân tích được áp dụng tuân thủ nghiêm ngặt theo hướng dẫn của Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) [8], đồng thời phù hợp với các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành như TCVN 5293:1995 và phương pháp MASA 701.[7];[8]. Việc phân tích mẫu khí được thực hiện tại phòng thí nghiệm của Công ty Cổ phần Đầu tư phát triển môi trường Đại Việt, theo giấy chứng nhận VIMCERTS 066 (bổ sung thông số), căn cứ theo Quyết định số 321/QĐ-BTNMT ngày 12/02/2019 của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tin chi tiết về vị trí các điểm lấy mẫu được trình bày tại Bảng 1 và Hình 1.

2.2.2. Phương pháp xử lý và tổng hợp dữ liệu

Trong nghiên cứu Đánh giá mức độ ô nhiễm NH_3 và H_2S trong không khí tại các điểm cống ngăn triều trên lưu vực sông Sài Gòn, sử dụng phần mềm Microsoft Excel xuyên suốt trong quá trình thực hiện để xử lý và tổng hợp dữ liệu một cách hiệu quả. Dữ liệu thu thập được từ thực địa,

Bảng 1: Vị trí lấy mẫu chất lượng không khí

TT	Vị trí	Kí hiệu	Tọa độ VN 2000	
			X (m)	Y (m)
1	Cây Khô	K1	1180370	683729
2	Phú Định	K2	1184465	677321
3	Mương Chuối	K3	1179800	689123
4	Phú Xuân	K4	1183756	690373
5	Tần Thuận	K5	1189549	688163
6	Bến Nghé	K6	1190825	686245

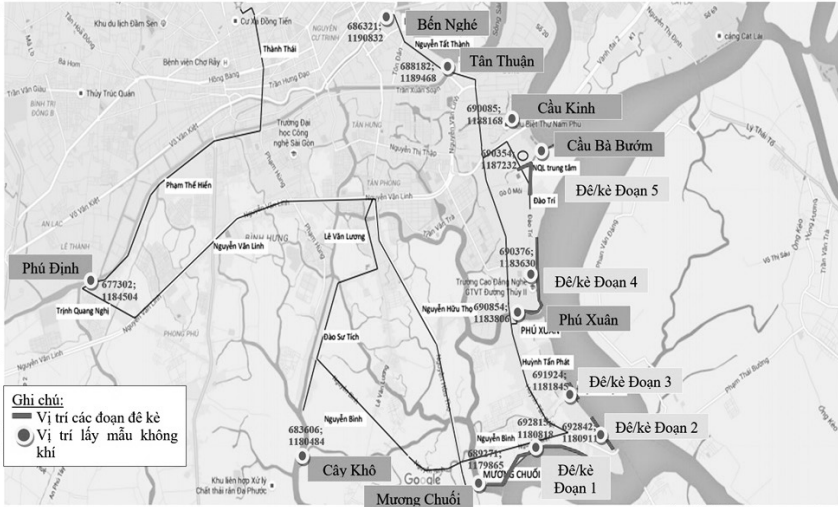
trong phòng phân tích được nhập vào Excel dưới dạng bảng, sử dụng các hàm để tính toán, xử lý dữ liệu như giá trị trung bình, độ lệch chuẩn và phạm vi dao động của các thông số, phân tích xu hướng.

2.2.3. Mô hình phát tán khí AERMOD

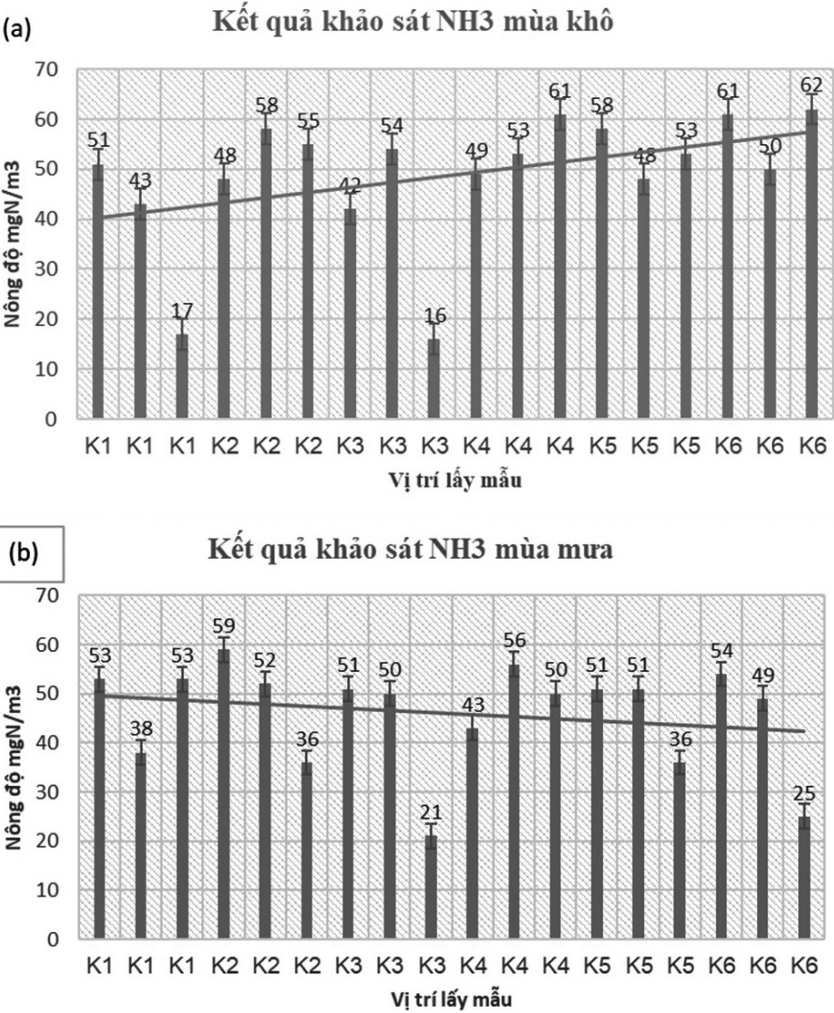
AERMOD là mô hình khuếch tán khí ổn định do Cục Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) và Cơ quan Khí tượng Quốc gia phát triển từ năm 1991 thông qua nhóm AER-MIC. Mô hình này chính thức được EPA đưa vào sử dụng từ ngày 09/12/2015, thay thế cho mô hình ISC3 (ngoại trừ xử lý lắng đọng). AERMOD có khả năng mô phỏng phát tán khí với độ phân giải cao trong không gian 2D hoặc 3D, hỗ trợ đánh giá trực quan ảnh hưởng của khí thải đến khu vực khảo sát. Một điểm nổi bật của mô hình là khả năng mô tả lớp biên khí quyển (PBL) theo phương đứng, sử dụng các tham số “hiệu quả” để phản ánh đặc tính không đồng nhất của PBL theo chiều cao (Cimorelli et al., 2005). Nhóm nghiên cứu tiến hành thu thập, tổng hợp và xử lý các tập dữ liệu đầu vào cần thiết phục vụ cho mô hình tính toán phát tán AERMOD, bao gồm: Các thông số khí tượng như: hướng và tốc độ gió, nhiệt độ không khí, độ ẩm được lấy tại hiện trường khi thu thập mẫu không khí,... Các thông số khí tượng được xác định dựa trên phân loại Pasquill nhằm phản ánh chính xác mức độ pha trộn thẳng đứng trong khí quyển tại khu vực mô phỏng. Sử dụng mô hình số độ cao (Digital Elevation Model – DEM) với độ phân giải phù hợp nhằm mô tả chi tiết đặc điểm địa hình có ảnh hưởng đến sự phân tán và khuếch tán chất lượng không khí.

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT (Hình 1, 2, 3 4)

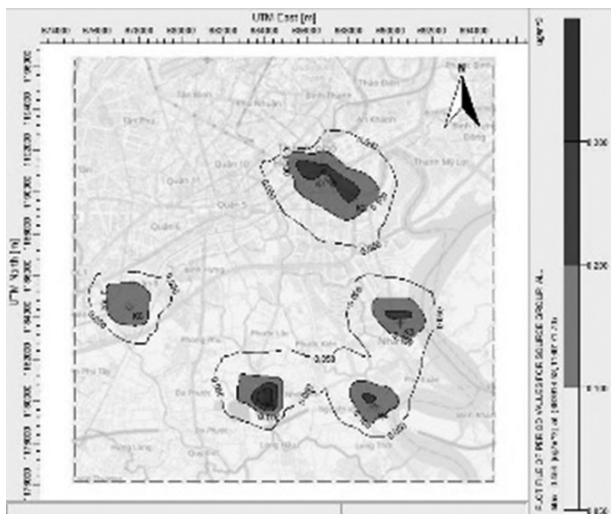
Kết quả khảo sát nồng độ khí NH₃ tại các điểm lấy mẫu trong



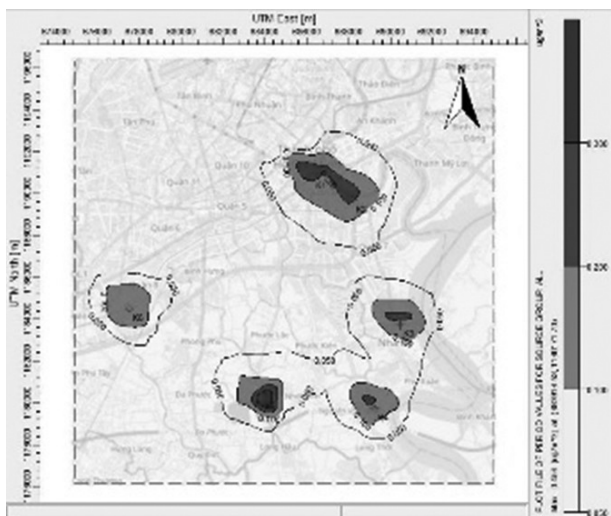
Hình 1: Bản đồ vị trí lấy mẫu chất lượng không khí



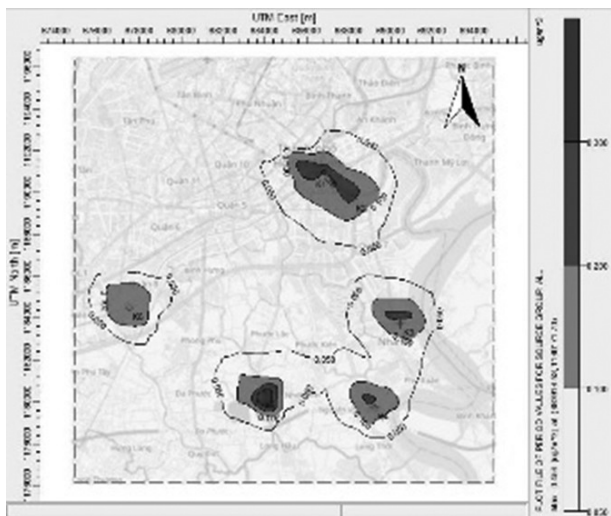
Hình 1: Nồng độ NH₃ vào mùa khô (a) và mùa mưa (b)



Hình 2: Bản đồ lan truyền khí NH_3 trung bình năm 2022 từ mô hình AERMOD



Hình 3: Bản đồ lan truyền khí NH_3 trung bình năm 2023 từ mô hình AERMOD



Hình 4: Bản đồ lan truyền khí NH_3 trung bình năm 2024 từ mô hình AERMOD

hai mùa (mùa khô K1–K6 và mùa mưa K1'–K6') cho thấy, sự biến động rõ rệt theo mùa, phản ánh ảnh hưởng mạnh mẽ của các yếu tố khí tượng và đặc điểm địa hình đến sự phân bố và lan truyền khí ô nhiễm. Trong mùa khô, nồng độ NH_3 dao động từ 16 đến 62 mgN/m^3 và có xu hướng tăng dần từ K1 đến K6, cho thấy, khả năng tích tụ cao hơn do điều kiện thời tiết khô ráo, nhiệt độ cao và thông khí hạn chế. Ngược lại, mùa mưa ghi nhận nồng độ dao động từ 21 đến 59 mgN/m^3 , với xu hướng giảm nhẹ từ K1 đến K6, phản ánh ảnh hưởng của hiện tượng rửa trôi và pha loãng do mưa lớn. Một số vị trí có biến động lớn giữa hai mùa như K1' (tăng mạnh vào mùa mưa), K3' và K6' (giảm sâu vào mùa mưa) cho thấy sự chi phối mạnh của điều kiện địa phương như dòng khí, dòng chảy và nguồn thải cục bộ. Đặc biệt, các vị trí K2 và K5 duy trì nồng độ cao trong cả hai mùa, có thể là “điểm nóng” phát thải NH_3 cần được quan trắc và điều tra thêm. [1];[2];[3];[5];[7]

Bản đồ lan truyền NH_3 trung bình năm được xây dựng từ mô hình AERMOD đã thể hiện rõ khả năng mô phỏng chính xác quá trình phát tán khí NH_3 theo không gian và thời gian, qua đó phản ánh mức độ ô nhiễm tại từng khu vực về nguồn thải góp phần nâng cao độ chính xác trong công tác dự báo và đánh giá chất lượng không khí. Mô hình AERMOD phân tích sự chênh lệch nồng độ NH_3 giữa các vị trí lấy mẫu mà còn xác định xu hướng tích tụ theo mùa, đồng thời làm rõ vai trò của các yếu tố môi trường như nhiệt độ, lượng mưa, địa hình và khả năng thông khí cục bộ trong việc chi phối sự phát tán khí ô nhiễm. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ, nhằm góp phần xây dựng các chính sách kiểm soát và quản lý ô nhiễm không khí một cách hiệu quả và bền vững. [1];[2];[4];[5];[7] (Hình 5, 6, 7, 8)

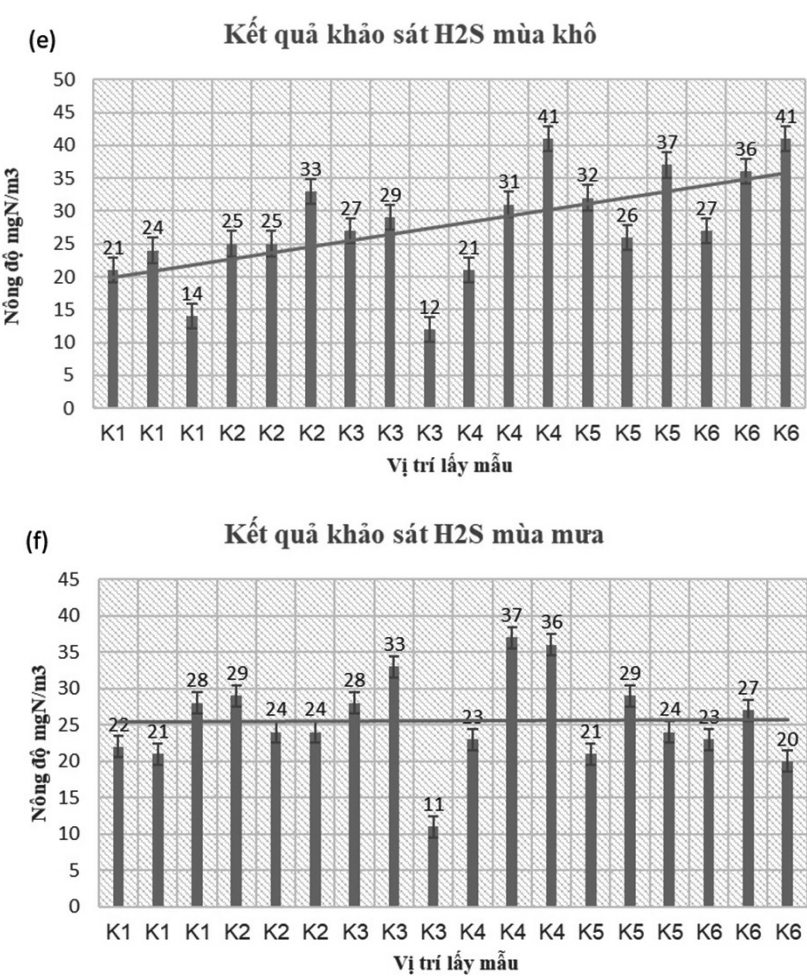
Kết quả khảo sát nồng độ H_2S cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa hai mùa (mùa khô K1–K6 và mùa mưa K1'–K6'). Trong mùa mưa, nồng độ H_2S dao động trong khoảng từ 11 đến 37 mg/Nm^3 với sự phân bố không đồng đều giữa các điểm quan trắc. Các vị trí như K4' và K2' ghi nhận giá trị cao bất thường, trong khi K3' lại có giá trị rất thấp (11 mg/Nm^3), khả năng là do ảnh hưởng của lượng mưa lớn làm loãng và rửa trôi khí H_2S tại mặt đất. Điều kiện môi trường ẩm ướt trong mùa mưa nhìn chung đã hạn chế quá trình phát tán khí H_2S thông qua việc hòa tan vào nước và giảm khuếch tán trong không khí. Ngược lại, trong mùa khô, nồng độ H_2S tăng đáng kể, đặc biệt tại các điểm K1, K2 và K3 với giá trị lên tới 41 mg/Nm^3 . Đường xu hướng tuyến tính thể hiện rõ sự gia tăng đều theo không gian, phản ánh khả năng tồn tại của một hoặc nhiều nguồn phát thải cố định nằm ở đầu khu vực khảo sát. Nhiệt

độ cao cùng độ ẩm thấp trong mùa khô đã góp phần thúc đẩy quá trình khuếch tán và tích tụ khí H₂S gần bề mặt đất. [1];[2];[3];[5];[6];[7]

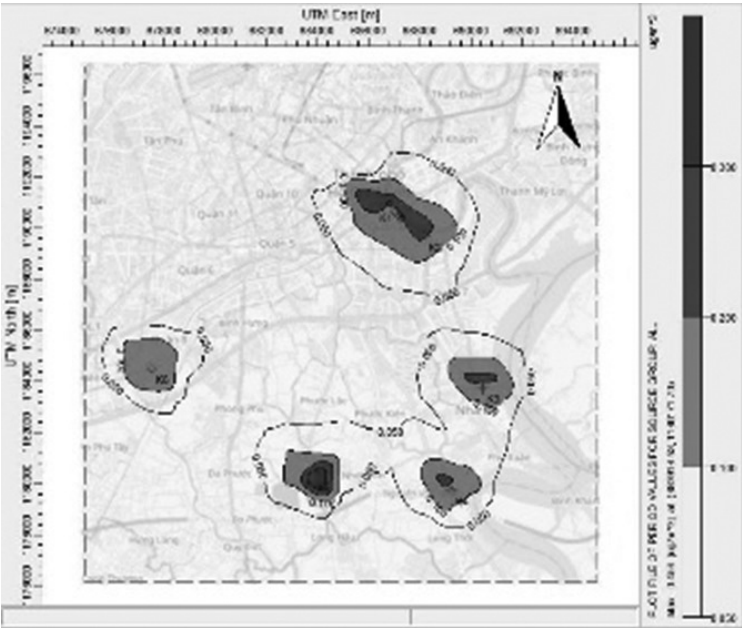
Để mô phỏng lan truyền khí H₂S, mô hình AERMOD được sử dụng nhằm phân tích sự khuếch tán khí trong không khí, dựa trên các yếu tố như đặc điểm nguồn phát thải tại các nguồn thải có thể nằm tại các vị trí đầu khu vực (như K1, K2), nơi nồng độ H₂S có xu hướng tăng dần theo chiều gió và khoảng cách, thể hiện đặc điểm lan truyền theo dạng. Mùa khô được đánh giá là điều kiện ổn định giúp kiểm soát hướng lan truyền khí và giảm biến động, cũng như xác định các khu vực có hoạt động công nghiệp hoặc phân hủy hữu cơ mạnh. Xây dựng bản đồ phân bố nồng độ H₂S theo mùa sẽ giúp xác định chính xác các khu vực chịu ảnh hưởng lớn, từ đó đề xuất vùng đệm và biện pháp quản lý môi trường phù hợp. Cuối cùng, nên tiến hành đánh giá rủi ro môi trường – sức khỏe dựa trên dữ liệu mô phỏng nồng độ H₂S. [1];[2];[3];[4];[5];[6];[7]

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nồng độ NH₃ tại khu vực nghiên cứu có sự phân bố không đều và biến đổi mạnh theo mùa, chịu ảnh hưởng rõ rệt của các yếu tố khí tượng và địa hình. Cần tăng cường công tác giám sát định kỳ, đặc biệt tại các điểm có nồng độ cao ổn định như K2, K5 và K6 nhằm xác định chính xác nguồn phát sinh và đánh giá mức độ lan truyền. Đề xuất tích hợp mô hình AERMOD trong các nghiên cứu đánh giá chất lượng không khí để mô phỏng chính xác mức độ lan truyền NH₃ theo thời gian. Đồng thời, cần thu thập và bổ sung các thông số khí tượng thực đo cùng dữ liệu nguồn thải cụ thể vào mô hình nhằm nâng cao độ chính xác trong dự báo và hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản lý ô nhiễm không khí bền vững. [1];[2];[4];[5];[7]



Hình 5: Nồng độ H₂S vào mùa khô (e) và mùa mưa (f)



Hình 6: Bản đồ lan truyền khí H₂S trung bình năm 2022 từ mô hình AERMOD

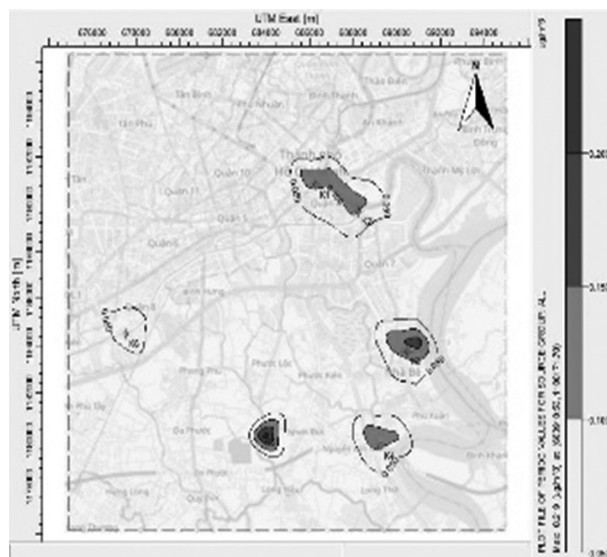
Kết quả khảo sát và mô phỏng lan truyền khí H_2S cho thấy sự phân hóa rõ rệt theo mùa, phản ánh mối liên hệ chặt chẽ giữa điều kiện khí tượng – địa hình và sự phát tán chất ô nhiễm trong môi trường không khí. Việc tích hợp mô hình lan truyền khí AERMOD với dữ liệu viễn thám và GIS không chỉ giúp xác định nguồn và phạm vi ảnh hưởng của H_2S một cách chính xác, mà còn mở ra hướng tiếp cận hiệu quả trong giám sát, cảnh báo và quản lý chất lượng không khí khu vực. Trong bối cảnh đô thị hóa và công nghiệp hóa ngày càng gia tăng, việc ứng dụng các công cụ mô phỏng hiện đại kết hợp dữ liệu từ xa đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng các giải pháp kiểm soát ô nhiễm không khí bền vững và hướng tới phát triển môi trường an toàn, thích ứng với biến đổi khí hậu. [1];[2];[3];[4];[5];[6];[7]

Từ những phân tích trên, có thể kết luận, nồng độ NH_3 và H_2S trong không khí chịu ảnh hưởng mạnh bởi điều kiện thời tiết theo mùa. Để quản lý hiệu quả nguồn ô nhiễm, cần thiết phải tiến hành giám sát định kỳ tại các vị trí có nồng độ cao, đồng thời tích hợp các yếu tố hỗ trợ như nhiệt độ, độ ẩm, hướng và tốc độ gió nhằm làm rõ hơn cơ chế phát tán và lan truyền khí trong môi trường không khí. Các thông tin này sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng giải pháp quản lý và giảm thiểu ô nhiễm hiệu quả, bền vững.

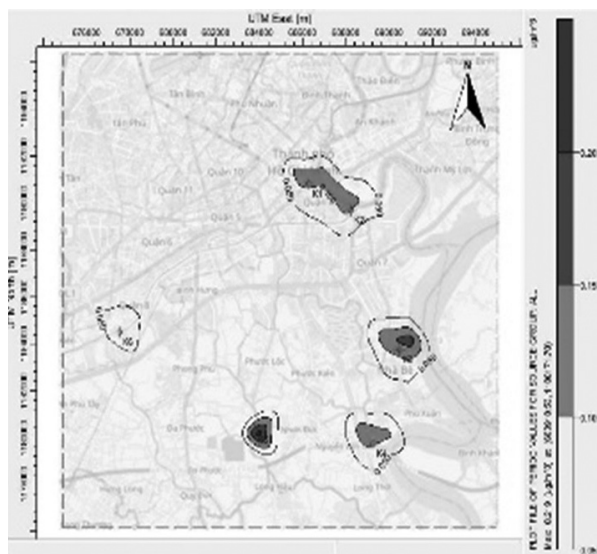
Lời cảm ơn: Trân trọng cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. B. Alföldy E, et al cộng sự, “Measurements of air pollution emission factors for marine transportation in SECA, Atmos”. Meas. Tech., 6, 2013, 1777–1791.
2. Zarate E, et al. Air quality modeling over Bogota Colom-bia: combined techniques to estimate and evaluate emission inventories. Atmos Environ. 2007;41(29):6302-6318;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.03.011>.
3. Lê Việt Thắng và cộng sự “Kiểm kê khí thải và mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí phục vụ xây dựng kế hoạch quản lý chất lượng không khí tỉnh Trà Vinh (Việt Nam) giai đoạn 2022-2025”. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Trái đất và Môi trường, 2010, 8(1):873-887.
4. Vũ Hoàng Ngọc Khuê và cộng sự “Tính toán phát thải khí và ứng dụng hệ mô hình TAPM – AERMOD mô phỏng ô nhiễm không khí từ hệ thống cảng bến cảng tại Thành phố Hồ Chí Minh”. Tạp chí phát triển khoa học & công nghệ: Chuyên san Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 2, số 2, 2018.



Hình 7: Bản đồ lan truyền khí H_2S trung bình năm 2023 từ mô hình AERMOD



Hình 8: Bản đồ lan truyền khí H_2S trung bình năm 2024 từ mô hình AERMOD

5. Bùi Tá Long và cộng sự, “Mô hình hóa ô nhiễm không khí trong điều kiện địa hình phức tạp trường hợp nguồn thải điểm” Tạp chí phát triển KH&CN, Tập 10, số 01 -2007.
6. Đỗ Quang Trung và cộng sự, “Nghiên cứu đặc trưng các chỉ tiêu hóa lý của bùn thải đô thị trước và sau khi phân hủy kỵ khí”. Tạp chí Khí tượng thủy văn, số tháng 04- 2019, trang 34-45, 2019.
7. The United States Environmental Protection Agency (EPA) maintains and approves test methods.
8. QCVN 05:2023/BTNMT (Quy chuẩn quốc gia về chất lượng không khí).
9. TCVN 5293:1995 (Chất lượng không khí - phương pháp indophenol xác định hàm lượng amoniac).

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP KHAI THÁC BỀN VỮNG QUẶNG BÔ XÍT KHU VỰC TÂY NGUYÊN

VŨ ĐÌNH HIẾU¹, NGUYỄN THỊ THÚY¹, VŨ THỊ HIỀN¹, PHẠM VĂN VIỆT²

¹Viện Khoa học môi trường, biển và hải đảo

²Khoa Mô, Đại học Mô - Địa chất

Tóm tắt:

Việt Nam có nguồn tài nguyên bô xít khá phong phú, phân bố ở nhiều vùng trong cả nước nhưng tập trung chủ yếu ở vùng Tây Nguyên. Mặc dù việc khai thác quặng bô xít đã diễn ra được 10 năm nhưng vẫn còn nhiều vấn đề cần phải giải quyết để đảm bảo khai thác bền vững như hạn chế trong giải phóng mặt bằng, công suất khai thác mùa mưa giảm, chất lượng quặng đưa về nhà máy còn chưa đồng nhất... Bài báo đề xuất một số giải pháp khai thác bền vững quặng bô xít khu vực Tây Nguyên trên cơ sở khảo sát, phân tích hiện trạng sơ bộ việc khai thác, đánh giá các ưu, nhược điểm, yếu tố ảnh hưởng đến hoạt động khai thác quặng bô xít trong khu vực.

Từ khóa: Tây Nguyên, bô xít, alumin, công nghệ khai thác, cải tạo môi trường.

Ngày nhận bài: 19/2/2025; **Ngày sửa chữa:** 3/3/2025; **Ngày duyệt đăng:** 25/3/2025.

Study proposes solutions for sustainable extraction of bauxite ore in central highland area of Vietnam

Abstract:

Vietnam has significant bauxite resources, which is distributed at many regions in nationwide, but it concentrates mainly on Central Highland area. Although bauxite extraction has been carried out for more than ten years, there are more problems to need to be resolved to ensure sustainable development. These issues include land clearance, extraction in rainy season, unstable exploited ore quality. The paper suggests minning-technique solutions for extracting sustainably bauxite ore in Central Highland region from current mining investigation and advantage and disadvantage analysis, affecting elements to bauxite extraction in the region.

Keywords: Central Highland, bauxite, mining technique, environmental reclamation.

JEL Classifications: N50, O13, Q51.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quặng bô xít là nguồn tài nguyên khoáng sản quan trọng, được xem là nguyên liệu chính để sản xuất nhôm - một kim loại có tính ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp và đời sống. Thành phần chính của quặng bô xít gồm oxit nhôm (Al_2O_3), silic điôxit (SiO_2), sắt oxit (Fe_2O_3), titan điôxit (TiO_2) và nước (H_2O). Quặng bô xít thường có màu đỏ, nâu hoặc hồng do chứa hàm lượng oxit sắt cao.

Nước ta có nguồn tài nguyên bô xít khá phong phú, phân bố ở nhiều vùng trong cả nước nhưng tập trung chủ yếu ở vùng Tây Nguyên. Theo dự tính, tổng trữ lượng và tài nguyên bô xít của nước ta là 5,8 tỷ tấn quặng, trong đó quặng bô xít laterit phân bố ở Tây Nguyên là chủ yếu. Với tài nguyên quặng bô xít laterit ở nước ta là rất lớn, đảm bảo đủ nguyên liệu để xây dựng các khu công nghiệp khai thác, chế biến bô xít phát triển ổn định và lâu dài (Thủ tướng Chính phủ, 2023).

Theo quy hoạch thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng các loại khoáng sản thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến 2050 của Thủ tướng Chính phủ (Thủ tướng Chính phủ, 2023), khoáng sản bô xít đã được quy hoạch trở

thành loại khoáng sản có trữ lượng lớn và đủ điều kiện phát triển thành tổ hợp công nghiệp khai thác quặng bô xít trong cả nước, tập trung ở một số tỉnh khu vực Tây Nguyên như Đắk Nông và Lâm Đồng, đem lại hiệu quả kinh tế lớn cho nền công nghiệp khai khoáng của nước nhà. Tuy nhiên hiện nay, hai nhà máy chế biến bô xít thành alumin ở khu vực Nhân Cơ (Đắk Nông) và Tân Rai (Lâm Đồng) cũng còn tồn tại một số vấn đề trong hoạt động khai thác, gây ảnh hưởng đến việc mở rộng khai thác bô xít ra toàn vùng Tây Nguyên.

Do đặc thù thành quặng bô xít chủ yếu được hình thành từ quá trình phong hóa các đá giàu nhôm, hiện nay công nghệ khai thác quặng bô xít trên thế giới nói chung và Việt Nam chủ yếu là khai thác lộ thiên bằng thiết bị cơ giới (máy gạt kết hợp máy xúc hoặc máy phay cắt liên hợp), vận tải bằng ô tô tự đổ từ khai trường về nhà máy tuyển. Tùy theo đặc điểm thành tạo (chiều dày lớp phủ, chiều dày thân quặng...), sản lượng khai thác các mỏ sẽ bố trí đồng bộ thiết bị khai thác, vận tải với công suất khác nhau để đảm bảo hiệu quả kinh tế trong công đoạn khai thác mỏ. Phương pháp khai thác quặng bô xít lộ thiên rất đơn giản, phù



hợp với điều kiện địa hình đồi núi. Phương án khai thác kết hợp đồng thời cùng phương án bóc phủ, hoàn thổ sau khai thác đảm bảo hồi phục môi trường nhanh chóng liên tục theo thời gian khai thác.

Công nghệ khai thác quặng bô xít lộ thiên bằng thiết bị cơ giới được thực hiện theo quy trình các bước sau:

Bước 1: Phát quang, dọn thực bì trên mặt, đối với cây bụi nhỏ có thể kết hợp cùng phương pháp bóc đất phủ.

Bước 2: Xúc đất phủ bằng máy xúc thủy lực gàu ngược (lớp đất phủ dày) kết hợp với máy gạt bánh xích (đối với lớp phủ mỏng); đưa đất phủ sang bên cạnh hoặc gần vị trí khu khai thác.

Bước 3: Xúc lớp quặng bằng máy xúc thủy lực gàu ngược lên xe ô tô vận chuyển về bãi đổ tập trung hoặc cấp trực tiếp cho nhà máy tuyển.

Bước 4: Vận chuyển (bằng bơm hoặc xe vận chuyển) bùn thải đuôi quặng đặc (tỷ lệ rắn lỏng 50/50) hoàn trả vào diện tích đã khai thác hết quặng một phần chiều dày lớp quặng đã khai thác trước khi hoàn thổ tại các khu vực đã khai thác xong.

Bước 5: Dùng xúc trực tiếp hoặc xúc từ các luồng gạt gom đất phủ lên xe ô tô vận chuyển đến hoàn thổ lên trên mặt lớp bùn thải đuôi quặng tại các khu vực đã khai thác xong (đã điền đủ lớp bùn thải đuôi quặng theo thiết kế).

Công nghệ này trong quá trình hoạt động khai thác còn một số bất cập dẫn tới khó khăn trong khai thác quặng bô xít ở Tây Nguyên cần phải làm sáng tỏ để đưa ra các giải pháp khai thác bền vững quặng bô xít khu vực Tây Nguyên.

2. THỰC TRẠNG KHAI THÁC BÔ XÍT KHU VỰC TÂY NGUYÊN

2.1. Thực trạng

Quặng bô xít ở Tây Nguyên là loại quặng có nguồn gốc phong hóa từ các loại đá bazan, quặng thường có màu nâu sẫm, nâu đỏ, nâu gạch,

xám, xám phớt vàng loang lổ đến màu xám trắng. Màu sắc của quặng phụ thuộc vào hàm lượng khoáng vật quặng, khoáng vật sét, hàm lượng Al_2O_3 và Fe_2O_3 , độ ngậm nước của quặng nguyên khai.

Về cấu tạo, quặng có nhiều loại từ bờ rời đến kết tầng cứng chắc. Quặng bô xít bờ rời phổ biến nhất và gồm nhiều dạng, phổ biến là dạng mảnh cục, hạt nhỏ đến dạng xỉ, ít hơn gặp dạng hạt đậu và cầu. Phần lớn các tầng, mảnh cục, dạng cầu bị phá vỡ tạo thành các mảnh vụn kích thước khác nhau. Dựa vào cấu tạo có thể chia ra các loại hình quặng tự nhiên như sau:

- Laterit bô xít dạng kết tầng: là lớp quặng giàu sắt lộ ngay trên mặt hoặc dưới lớp phủ và nằm trên lớp bô xít laterit. Thành phần gồm các sản phẩm laterit kết tầng rắn chắc. Phụ lớp dưới laterit bô xít gồm mảnh vụn, vón cục.

- Bô xít laterit dạng bờ rời: là lớp quặng kết vón có dạng vón cục, cành cây, hạt đậu, san hô màu nâu đỏ, nâu nhạt, vàng nhạt. Quặng có cấu tạo lỗ hổng cứng. Bô xít dạng xỉ gồm các mảnh màu đỏ, đỏ xám; quặng có nhiều lỗ hổng. Bô xít giàu sắt có màu đỏ, tím đỏ đều hạt. Bô xít dạng hạt đậu có màu nâu, nâu đỏ quặng ít lỗ hổng, loại này thường nằm ở phần dưới của thân quặng.

Chiều dày thân quặng bô xít tại mỏ thay đổi theo địa hình, phía đỉnh có chiều dày lớn và giảm dần xuống địa hình sườn đồi, thung lũng. Chiều dày lớp quặng bô xít trung bình toàn mỏ từ 2-8m. Bên trên lớp quặng bô xít là lớp đất màu hữu cơ hoặc có một số nơi quặng bô xít lộ trên bề mặt, lớp đất hữu cơ tại mỏ có chiều dày trung bình từ 0,5-2m. Bên dưới lớp quặng là lớp đất sét litoma.

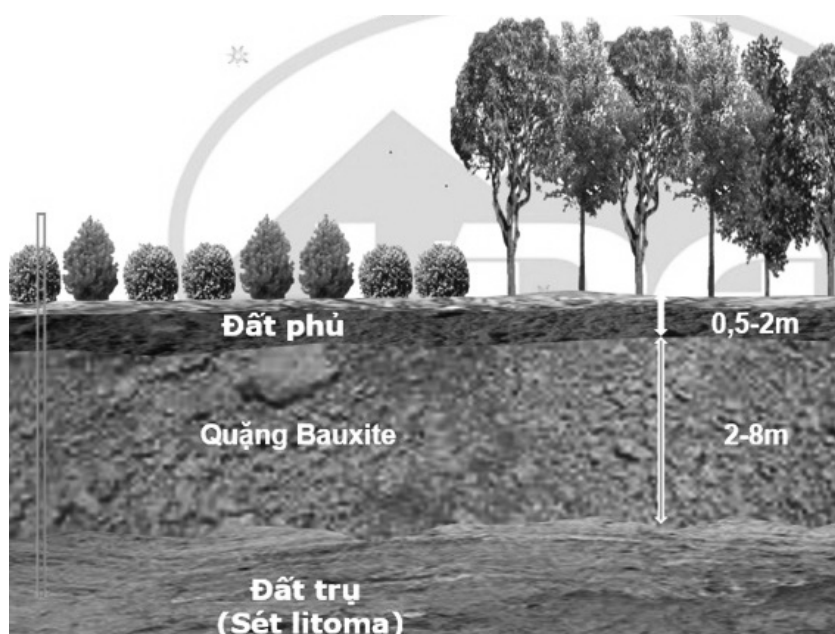
Thành phần độ hạt của quặng bô xít: Độ hạt tập trung chủ yếu kích thước > 1mm. Độ hạt lớn nhất thuộc đối bô xít laterit và trung bình 4÷6,5 mm.

Tính chất cơ lý của quặng:

+ Thể trọng trung bình quặng bô xít nguyên khai khai thác là 1,71 t/m³.

+ Độ ẩm tự nhiên của quặng nguyên khai trung bình là 21,1%.

Hiện nay, khai thác bô xít khu vực Tây Nguyên đã được diễn ra tại hai khu vực. Khu vực thứ nhất là mỏ bô xít Tân Rai - Bảo Lâm - Lâm Đồng có



Hình 1. Phân bố quặng bô xít khu vực Tây Nguyên



Hình 2. Công nghệ khai thác sử dụng trên các mỏ bô xít khu vực Tây Nguyên

diện tích 42 km² nằm trên địa phận 3 xã Lộc Thắng, Lộc Phú, Lộc Ngãi thuộc huyện Bảo Lâm, tỉnh Lâm Đồng, cách thị trấn Bảo Lộc 20 km về phía Đông Bắc. Khu vực thứ 2 nằm trong ranh giới hành chính gồm 8 xã/thị trấn gồm: thị trấn Kiến Đức; xã Kiến Thành, xã Đắk Wer, xã Nghĩa Thắng, xã Đạo Nghĩa, xã Đắk Sin, xã Nhân Đạo và xã Nhân Cơ thuộc huyện Đắk R'Lấp, tỉnh Đắk Nông.

Quặng bô xít thuộc loại quặng bô xít laterit. Thân quặng bô xít phân bố tương đối đồng đều tạo ra hình thái thân quặng dạng vĩa khá liên tục bao phủ các đỉnh và sườn các plato. Vĩa quặng có bề dày biến đổi từ 1-13m, trung bình 4,57m, thuộc nhóm vĩa mỏng đến trung bình (dày < 15m). Bề dày các thân quặng bô xít ở trung tâm khối thường lớn và có chất lượng tốt hơn phần rìa (Hình 1).

Công nghệ khai thác trên hai mỏ sử dụng là công nghệ khai thác lộ thiên, khu vực mỏ chia thành các block khai thác theo trình tự khai thác cuốn chiếu, đồng bộ thiết bị sử dụng máy xúc, ô tô và máy gặt (Đỗ Ngọc Tước và cộng sự., 2011) (Hình 2).

Công tác cải tạo phục hồi môi trường mỏ bô xít diễn ra khi khai thác lớp đất phủ được đánh dấu riêng vào các khu vực quy định hoặc xúc và vận chuyển bằng ô tô tự đổ đến khu vực đã khai thác xong để tiến hành hoàn thổ và trồng cây (Nguyễn Ngọc Khánh, 2009; Tạ Dương Sơn, 2010, 2012) (Hình 3).

Thực trạng khai thác bô xít khu vực Tây Nguyên đã nêu trên có những ưu và nhược điểm như sau:

* Ưu điểm

Góp phần phát triển cơ sở hạ tầng khu vực xung quanh dự án như đường, trường học, hệ thống điện và phát triển các ngành công nghiệp hỗ trợ trong khu vực như xây dựng, cơ khí chế tạo...

Thu hút, tạo công ăn việc làm cho các hộ dân trong khu vực vào làm trong khu vực khai thác và chế biến bô xít, nâng mức thu nhập của người dân trong khu vực dự án.

Góp phần phát triển kinh tế-xã hội khu vực có dự án do hiệu quả sản xuất đem lại, góp phần đóng góp vào ngân sách địa phương.

Nguồn khoáng sản bô xít sau chế biến trở thành nguyên liệu cho các ngành công nghiệp cơ khí chế tạo sản xuất các thiết bị máy móc, phát triển tổ hợp công nghiệp sau chế biến bô xít.

* Nhược điểm

Công tác bồi thường, giải phóng mặt bằng, thu hồi đất còn chậm so với tiến độ kế hoạch khai thác đã được thiết kế, lập kế hoạch khai thác của dự án, làm ảnh hưởng đến đảm bảo nguồn quặng bô xít phục vụ cho nhà máy nhôm.

Mùa mưa kéo dài, chất lượng đường kém dẫn tới giảm công suất khai thác cho mùa mưa.

Chất lượng bô xít cấp cho nhà máy tuyển còn chưa đảm bảo chất lượng theo yêu cầu nhà máy tuyển và luyện nhôm làm khó khăn cho công tác điều hành sản xuất của nhà máy.

Các diện khai thác không theo kế hoạch, khó khăn trong công tác trung hòa khoáng sản; Chất lượng công



Hình 3. Công tác phục hồi tại các mỏ bô xít khu vực Tây Nguyên

tác đánh giá thăm dò khoáng sản còn kém nên không đảm bảo hoạt động của mỏ theo thiết kế, dẫn tới mỏ hết quặng sớm so với thiết kế ban đầu tới 4 năm.

Công tác xúc bốc chọn lọc làm giảm tổn thất và làm nghèo chưa được chú trọng quan tâm, ảnh hưởng đến chất lượng quặng nguyên khai cấp cho nhà máy tuyển.

Cung độ vận tải tăng lên khi phát triển dự án do lựa chọn vị trí mỏ via chưa phù hợp với cân đối cung độ dự án.

Công tác cải tạo phục hồi đất sau khai thác chưa phù hợp với chất lượng đất sau hoàn thổ, làm thời gian giao đất sau khai thác kéo dài ảnh hưởng đến việc bố trí sử dụng đất sau khai thác bô xít.

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến khai thác bô xít khu vực Tây Nguyên

Khó khăn trong công tác giải phóng mặt bằng dẫn đến chậm tiến độ đưa diện khai thác vào sản xuất theo kế hoạch đặt ra, dẫn tới khó khăn trong việc điều hành sản xuất, trung hòa chất lượng quặng vào nhà máy tuyển, có khi phải ngừng dây chuyền sản xuất do thiếu nguồn nguyên liệu cấp cho nhà máy vận hành ảnh hưởng đến công tác sản xuất trên mỏ.

Khí hậu khu vực Tây Nguyên vừa mang tính chất nhiệt đới ẩm cao nguyên, vừa chịu ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam khô nóng. Khí hậu có hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 4 đến hết tháng 10, tập trung 90% lượng mưa cả năm. Mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau, lượng mưa không đáng kể. Vào cao điểm của mùa mưa, có những đợt mưa rào kéo dài suốt ngày, suốt đêm, từ ngày này qua ngày khác, có khi đến 30-40 ngày không nhìn thấy mặt trời (Trương Thị Thanh Thủy và cộng sự., 2020). Mặt đất của Tây Nguyên chủ yếu là đất đỏ bazan, đặc thù chung của loại đất này là dính, bết vào mùa mưa nên việc sử dụng thiết bị vận tải quặng bô xít bằng ô tô gặp nhiều khó khăn.

Công tác khai thác chọn lọc, xúc tách riêng quặng và các lớp xung quanh còn chưa phù hợp với điều kiện địa hình, độ dốc và độ dày vỉa quặng, thống nhất công nghệ khai thác chọn lọc, dẫn đến việc xác định đúng giá trị tổn thất và làm nghèo quặng lớn gây khó khăn xác định chất lượng quặng đầu vào cho nhà máy tuyển tinh quặng bô xít.

Ngoài ra, công tác phục hồi môi trường các mỏ bô xít trồng chủ yếu là keo, có trồng xen thông, tốc độ phát triển chậm. Hiện nay, có thể thấy công tác hoàn thổ, phục hồi môi trường tại khu vực sau khai thác bô xít chưa thực hiện đúng tiến độ và quy trình đặt ra là

khai thác đến đâu, hoàn thổ đến đó. Điều này không chỉ gây lãng phí tài nguyên đất mà còn ảnh hưởng tới sinh kế của người dân vì sau cùng đất sẽ được trả lại cho họ để khai thác phục vụ cuộc sống. Đất là tư liệu sản xuất đối với người dân địa phương, nếu chất lượng đất không đảm bảo để có thể canh tác nông nghiệp thì cuộc sống của họ sẽ trở nên khó khăn hơn. Trong bối cảnh xu hướng mở rộng hoạt động khai thác bô xít tại Tây Nguyên trong tương lai, cần có các giải pháp kịp thời để nâng cao hiệu quả của công tác hoàn thổ, phục hồi môi trường sau khai thác quặng, góp phần phục vụ sự phát triển của ngành công nghiệp bô xít - nhôm ở Việt Nam.

3. ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP KHAI THÁC BỀN VỮNG QUẶNG BÔ XÍT Ở KHU VỰC TÂY NGUYÊN

3.1. Giải pháp vận tải

Đất phủ chủ yếu là đất bazan yếu khi gặp nước dễ dính kết dẫn tới khó khăn trong công tác vận tải bằng ô tô. Khi khai thác diện tích thường xuyên mở rộng phân tán, cung độ vận tải xa gây tăng chi phí cho vận tải bằng ô tô. Trên cơ sở điều kiện địa hình, địa chất khu mỏ, khối lượng vận tải, cung độ vận tải hàng năm và thời gian tồn tại của mỏ, giá thành khai thác (chủ yếu là vận tải) luôn luôn thay đổi theo từng năm khai thác mỏ nhưng với các hình thức và thiết bị vận tải khác nhau thì mức độ tăng chi phí khi mở rộng diện khai thác là rất khác nhau. Chính vì mức độ quan trọng của hình thức vận tải, cần lựa chọn một hình thức vận tải hợp lý như kết hợp vận tải bằng băng tải với ô tô.

Trong hệ thống vận tải mỏ (từ gương tầng khai thác đến trạm nghiền đập, kho chứa, bãi thải) thường được chia ra thành các khâu (công đoạn): trên gương tầng và trên bề mặt.

Đối với công tác vận tải ở gương tầng: Khoảng cách vận tải không lớn, thường chỉ từ 1,2÷1,6 km, chênh độ cao cũng không lớn, thường từ

70÷100m. Không có các tuyến nâng kéo, không có các đường ô tô cơ bản đất tiền, có nhiều công đoạn cơ động, tốc độ chuyển động không cao (chủ yếu 15km/h). Tất cả những điều kiện này chỉ có vận tải bằng ô tô mới thỏa mãn đầy đủ và hợp lý nhất.

Khu vực vận tải trên mặt: Đặc trưng của vận tải trên mặt đất là góc nghiêng không lớn và chủ yếu có đường cố định. Khi khoảng cách vận tải vừa đủ nên dùng hình thức vận tải bằng băng tải có lợi nhất (Hình 4).

3.2. Giải pháp khai thác

Khu vực mỏ bô xít ở Tây Nguyên chia địa hình và phân bố quặng phần đỉnh và phần sườn đồi khác nhau. Do đó, cần xây dựng giải pháp khai thác khu vực phần đỉnh và phần sườn đồi khác nhau.

Giải pháp khai thác phần sườn đồi: Do có chiều dày mỏng nên dùng máy gạt gạt gom quặng thành đồng để máy xúc thủy lực gầu ngược xúc lên ô tô vận chuyển về nhà máy tuyển.

Giải pháp khai thác phần đỉnh đồi: Nhìn chung ở khu vực đỉnh đồi thân quặng có chiều dày lớn hơn khu vực sườn đồi. Quặng được máy xúc thủy lực gầu ngược xúc trực tiếp lên ô tô chở về nhà máy tuyển.

Chất lượng khoáng sản khi khai thác bị ảnh hưởng bởi những yếu tố tự nhiên (chiều dày, góc cắm và cấu trúc thân khoáng sản), kỹ thuật (phương pháp khai thác, thiết bị sử dụng) và được phản ánh qua hai chỉ tiêu cơ bản là hệ số tổn thất, làm nghèo khoáng sản. Hiện tượng tổn thất và làm nghèo khoáng sản xảy ra chủ yếu ở các khâu dọn vách, trụ vĩa, xúc chọn lọc các lớp đá kẹp nếu có như: Công nghệ chọn lọc bằng máy ủi phối hợp với máy xúc; Công nghệ chọn lọc bằng máy xúc.

3.3. Giải pháp khai thác vào mùa mưa

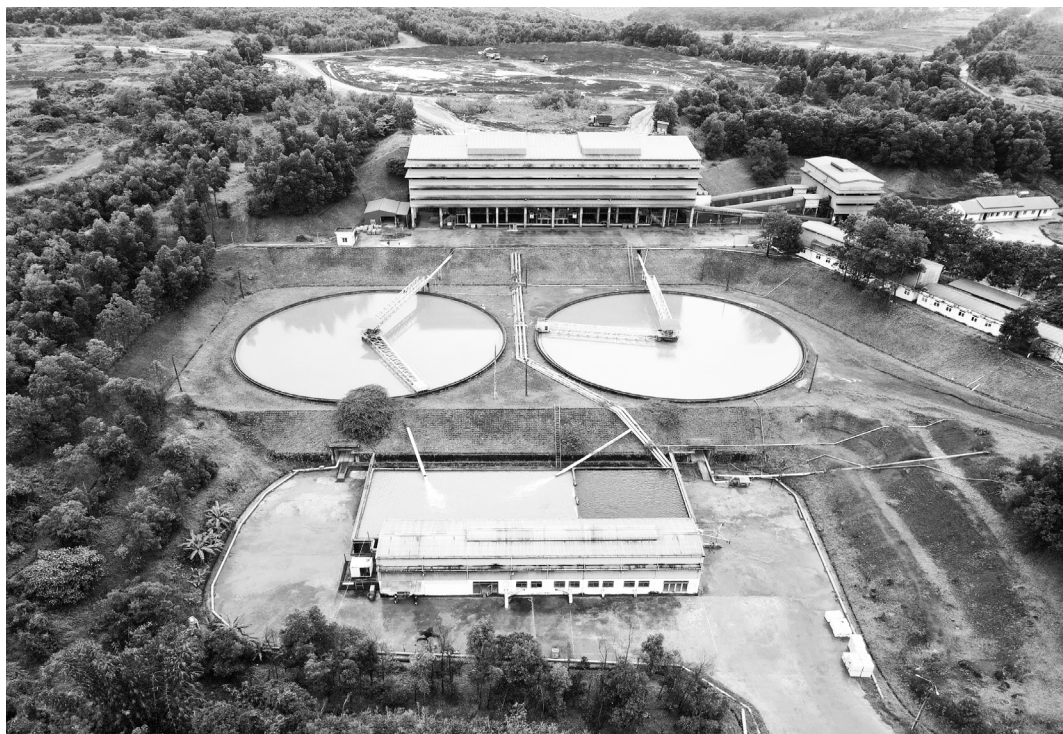
Từ việc phân tích kỹ các quy luật của tự nhiên, đặc tính cơ lý của các loại đất, mỏ khu vực Tây Nguyên đưa ra một mô hình tổ chức sản xuất, cộng với một sơ đồ công nghệ đường vận chuyển tối ưu để ứng phó với mùa mưa Tây Nguyên. Theo mô hình này, các khối quặng ở dưới thung lũng sâu sẽ được ưu tiên khai thác trước trong mùa khô, các khối quặng nằm trên mặt bằng, trên cao dễ vận chuyển, cung đường ít dốc sẽ để lại tổ chức khai thác trong mùa mưa. Phần đất bóc phủ trên quặng, khối lượng không lớn, nhưng rất mềm, lầy, lún sẽ được ưu tiên bóc xúc, vận chuyển trước trong mùa khô. Trong mùa khô sẽ tổ chức thi công, hình thành cơ bản các tuyến đường vận chuyển theo nguyên tắc: đường đi trên mặt vách, trên quặng, độ dốc dọc rất thấp, thoát nước mặt đường bằng độ dốc ngang thật tốt. Trong mùa mưa, không dùng máy gạt xích, gạt lớp làm nhiệm vụ thoát nước mà sử dụng máy xúc nhỏ khơi thông các điểm thoát nước bên đường đảm bảo sau mưa không còn nước đọng trên mặt đường.

3.4. Giải pháp cải tạo phục hồi môi trường

Quá trình hoàn thổ cần phải thực hiện theo quy hoạch sẽ là cách tiếp cận tối ưu. Đây là bước đi đầu tiên và rất cần thiết trong công tác bảo vệ môi trường các khu vực mỏ sau khai thác. Do vậy, cần lập quy hoạch hoàn thổ, phục hồi môi trường đối với từng khu khai thác bô xít tại Tây Nguyên. Trong đó, tại mỗi khu xác định rõ mục đích sử dụng, loại cây trồng và tổ chức thực hiện theo dạng mô hình như: (1) trồng rừng lâm nghiệp; (2) cải tạo đất phục vụ phát triển các cây công



Hình 4. Vận tải bằng băng tải trên mỏ bô xít



Hình 5.
Hồ bùn đỏ
tại Nhà máy
alumin Đắk Nông

ngiệp như chè, cà phê, hồ tiêu...; (3) trồng các cây nông nghiệp ngắn ngày như ngô, sắn, rau, củ, quả... để cung cấp thực phẩm sạch, đảm bảo an toàn sức khỏe cho người lao động, đồng thời tạo thêm việc làm cho người dân địa phương. Đất được quy hoạch hoàn thổ, phục hồi môi trường theo các khu với mục đích sử dụng khác nhau phù hợp với điều kiện từng khu vực không chỉ góp phần làm cho quá trình hoàn thổ được tiến hành dễ dàng và hiệu quả, mà còn thuận tiện hơn cho quá trình đánh giá chất lượng đất và hoàn trả đất cho địa phương sau này.

4. KẾT LUẬN

Quặng bô xít khu vực Tây Nguyên có trữ lượng lớn, đáp ứng yêu cầu sản xuất quy mô theo tổ hợp công nghiệp. Trong hoạt động khai thác, ngoài những đóng góp về hiệu quả kinh tế, lao động và cơ sở hạ tầng khu vực xung quanh mỏ thì hoạt động khai thác vẫn còn tồn tại một số hạn chế trong giải phóng mặt bằng, công suất khai thác mùa mưa giảm, chất lượng quặng đưa về nhà máy còn chưa đồng nhất... Những hạn chế trên đều xuất phát từ các yếu tố như chất lượng khâu giải phóng mặt bằng, điều kiện thời tiết khí hậu khu vực Tây Nguyên và công tác phục hồi môi trường chưa phù hợp với thực tế mục đích sử dụng đất sau khai thác. Qua đó, các giải pháp khai thác quặng bô xít mang tính bền vững đã được đề xuất là sử dụng hình thức vận tải bằng tải kết hợp với ô tô, giải pháp khai thác giảm tổn thất và làm nghèo quặng khi khai thác phù hợp điều kiện mỏ bô xít, tổ chức sản xuất đảm bảo hoạt động mỏ trong mùa mưa và công tác phục hồi môi trường cần bám theo yêu cầu

về quy hoạch sử dụng đất để có kế hoạch phục hồi môi trường phù hợp với từng loại đất theo yêu cầu thực tế.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của chương trình 02/2024/HĐ-KHCN-DONGBAC■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Quốc Khánh (2009), “Phục hồi môi trường sau khai thác quặng bô xít và chế biến alumin”, *Tạp chí Công nghiệp mỏ*, số 5, tr. 46-48.
2. Tạ Dương Sơn (2010), “Nghiên cứu lựa chọn sơ đồ khai thác kết hợp với hoàn thổ môi trường cho khoáng sản bô xít Tây Nguyên”, *Tạp chí Công nghiệp mỏ*, số 4, tr. 28-30.
3. Đỗ Ngọc Tước, Đoàn Văn Thanh, Vũ Đình Trường (2011), “Công nghệ khai thác bô xít trên sườn dốc”, *Thông tin khoa học Công nghiệp mỏ*, số 1+2, tr. 58-61.
4. Tạ Dương Sơn (2012), “Diện tích chiếm đất và đề xuất biện pháp hoàn thổ phục hồi môi trường cho khai thác bô xít ở Tây Nguyên”, *Tạp chí Công nghiệp mỏ*, số 4, tr. 38-41.
5. Trương Thị Thanh Thủy, Vũ Văn Thăng, Nguyễn Hữu Quyền, Nguyễn Trọng Hiệu, Trần Duy Hiền (2020), “Ảnh hưởng của điều kiện khí hậu và biến đổi khí hậu đến thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng bô xít trên các mỏ ở Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học biến đổi khí hậu*, số 13, tr. 42-52.
6. Thủ tướng Chính phủ (2023), Quyết định số 1626/QĐ-TTg, ngày 15/12/2023, phê duyệt Quy hoạch thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng các loại khoáng sản thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.

THIẾT KẾ VÀ ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH NÔNG NGHIỆP TÍCH HỢP HƯỚNG TỚI KHÔNG PHÁT THẢI, ỨNG DỤNG TẠI TRANG TRẠI TRỒNG CÂY ĂN QUẢ QUY MÔ TẬP TRUNG Ở AN GIANG

NGUYỄN QUỐC AN¹, ĐỖ THỊ THU HUYỀN¹, LÊ QUỐC VĨ¹, NGUYỄN THỊ PHƯƠNG THẢO¹,
TRẦN TRUNG KIÊN¹, NGUYỄN TRẦN THIÊN KHÁNH², NGÔ THỊ PHƯƠNG NAM¹

¹Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

²Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

Tình trạng ô nhiễm do chất thải nông nghiệp tại các trang trại cây ăn quả kết hợp chăn nuôi đang trở thành vấn đề nghiêm trọng tại nhiều địa phương ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), đặc biệt là tỉnh An Giang. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm thiết kế và đánh giá mô hình nông nghiệp tích hợp hướng tới không phát thải cho một trang trại trồng mít quy mô 2,5 ha kết hợp nuôi dê tại xã Vĩnh Phú, huyện Thoại Sơn. Phương pháp nghiên cứu bao gồm: Khảo sát các hộ dân; lấy mẫu môi trường (đất, nước); áp dụng công cụ SWOT, DPSIR và triển khai thí điểm mô hình tuần hoàn khép kín (đệm lót sinh học - ủ compost - sản xuất biochar - ao thủy sinh). Kết quả dự báo mô hình giúp giảm 75% BOD₅, > 80% NH₄⁺ trong nước thải, cải thiện độ phì nhiêu đất, tiết kiệm 50% chi phí phân bón hóa học và nhiên liệu, với thời gian hoàn vốn khoảng 3 năm và IRR đạt khoảng 20%. Mô hình cũng được dự báo có khả năng tích hợp linh hoạt nhiều công nghệ sinh thái đơn giản, phù hợp quy mô hộ gia đình, góp phần BVMT, tăng hiệu quả sản xuất. Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu đề xuất nhân rộng mô hình cho các trang trại tương tự tại ĐBSCL, kết hợp hỗ trợ kỹ thuật - chính sách và tiếp tục nghiên cứu hiệu quả dài hạn của biochar, khả năng xử lý nước thải nâng cao, ứng dụng năng lượng tái tạo trong hệ thống nông nghiệp khép kín.

Từ khóa: Nông nghiệp không phát thải, mô hình tuần hoàn, compost và biochar, trang trại cây ăn quả, ĐBSCL.

Ngày nhận bài: 24/12/2024; **Ngày sửa chữa:** 18/2/2025; **Ngày duyệt đăng:** 24/3/2025.

Design and evaluation of an integrated agricultural model toward zero emissions applied to a concentrated fruit farming system in An Giang province

Abstract:

Agricultural waste pollution at fruit tree farms combined with livestock raising has become a serious issue in many areas of the Mekong Delta, particularly in An Giang province. This study was conducted to design and evaluate an integrated low-emission agricultural model for a 2.5 hectare jackfruit farm combined with goat rearing in Vinh Phu commune, Thoai Son district. The research methods included household surveys, environmental sampling (soil and water), application of SWOT and DPSIR frameworks, and pilot implementation of a closed-loop system integrating bio-litter bedding, composting, biochar production, ecological pond treatment. The preliminary results suggest that the model can reduce BOD₅ by 75% and NH₄⁺ by over 80% in wastewater, enhance soil fertility, and lower chemical fertilizer and energy costs by approximately 50%, with an estimated payback period of three years and an internal rate of return (IRR) of around 20%. The model also demonstrates flexibility in integrating simple ecological technologies suitable for household-scale farms, contributing to both environmental protection and production efficiency. Based on these findings, the research team recommends scaling up the model for similar farms in the Mekong Delta, with combined support in technology and policy, and further studies on the long-term effects of biochar, advanced wastewater treatment, and the integration of renewable energy into circular agricultural systems.

Keywords: Low-emission agriculture, circular model, compost and biochar, fruit tree farm, Mekong Delta.

JEL Classifications: O13, O44, Q51, Q53, R11.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, hoạt động nông nghiệp tại Việt Nam đang đối mặt với nhiều thách thức nghiêm trọng liên quan đến ô nhiễm môi trường. Sự phát triển thâm canh trong cả trồng trọt và chăn nuôi đã làm phát sinh một lượng lớn chất thải nông nghiệp, trong đó phần lớn chưa được xử lý triệt để. Theo ước tính, tổng lượng chất thải chăn nuôi trên phạm vi cả nước vào khoảng 60 - 80 triệu tấn/năm, trong đó có đến gần 36% đang xả trực tiếp ra môi trường mà không qua xử lý phù hợp (Nguyen et al., 2017; Trung & cs, 2024). Thực trạng này đặc biệt đáng lo ngại ở những vùng chuyên canh cây ăn quả kết hợp chăn nuôi quy mô hộ gia đình, nơi thiếu cơ sở hạ tầng xử lý và nhận thức cộng đồng còn hạn chế.

Tại tỉnh An Giang - một trong những địa phương trọng điểm của ĐBSCL về phát triển cây ăn quả, huyện Thoại Sơn đang đẩy mạnh tái cơ cấu nông nghiệp. Theo kế hoạch, toàn huyện thực hiện chuyển đổi thêm 95 ha đất trồng lúa kém hiệu quả sang trồng rau màu và cây ăn quả, nâng tổng diện tích cây ăn quả toàn huyện lên khoảng 1.000 ha vào cuối năm 2024 (Sở NN&PTNT tỉnh An Giang, 2023). Trong số các loại cây trồng chủ lực, cây mít đang ngày càng chiếm ưu thế nhờ khả năng thích nghi tốt với điều kiện khí hậu - thổ nhưỡng, cho năng suất ổn định và giá trị kinh tế cao. Mít được trồng tập trung tại các xã Vĩnh Phú, Vĩnh Trạch, Định Thành, với quy mô mỗi hộ từ vài nghìn đến hàng chục nghìn m². Tuy nhiên, quá trình chăm sóc, canh tác mít cũng phát sinh nhiều phụ phẩm nông nghiệp như lá, cành tỉa, vỏ quả, phần lớn chưa được xử lý mà thường được đốt trực tiếp ngoài đồng, gây phát thải nhiều chất độc hại cho sức khỏe con người và ảnh hưởng đến chất lượng không khí địa phương.

Song song với trồng cây ăn quả, nhiều hộ nông dân tại Thoại Sơn còn kết hợp chăn nuôi quy mô vừa và nhỏ như nuôi dê, bò, nhằm tận dụng mặt bằng chuồng trại, phụ phẩm nông nghiệp làm thức ăn thô xanh và tạo thêm nguồn thu. Tuy nhiên, việc thiếu mô hình xử lý chất thải đồng bộ khiến lượng phân, nước tiểu từ đàn vật nuôi thải ra môi trường một cách tự phát, thấm trực tiếp xuống đất, chảy ra kênh mương hoặc phát tán mùi hôi trong không khí, ảnh hưởng đến chất lượng đất, nước mặt và sức khỏe cộng đồng nếu không được kiểm soát hợp lý.

Các mô hình nông nghiệp tuần hoàn và không phát thải đã được nghiên cứu, áp dụng nhằm giải quyết những vấn đề nêu trên. Ở Việt Nam, mô hình VAC (Vườn - Ao - Chuồng) là một hệ thống canh tác tích hợp truyền thống, kết hợp vườn cây, ao cá, chuồng chăn nuôi để tận dụng tuần hoàn chất thải trong quy mô hộ gia đình (Trọng & cs, 2013). Mô hình VAC đã chứng minh hiệu quả trong việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp và cải thiện sinh kế nông thôn suốt nhiều thập kỷ qua. Bên cạnh VAC, nhiều khái niệm hiện đại

hơn cũng đã được phát triển trên thế giới, chẳng hạn như Hệ thống sinh học tích hợp (Integrated Biosystems - IBS) (Foo et al., 2002) và Hệ thống không phát thải (Zero Emission Systems - ZETS) (Schnitzer et al., 2007) nhấn mạnh việc thiết kế trang trại như một hệ sinh thái khép kín, trong đó chất thải của quá trình này trở thành đầu vào cho quá trình khác. Gần đây, nghiên cứu về mô hình tích hợp VACBNXT của Lê Thanh Hải và cs, 2016 đã mở rộng khái niệm này bằng cách tích hợp các công nghệ tiên tiến như hệ thống biogas, bể ủ compost, lò đốt biochar, nhằm tối ưu hóa chu trình tuần hoàn, đồng thời tạo ra giá trị kinh tế mới từ chất thải nông nghiệp. Mô hình VACBNXT không chỉ cải thiện hiệu quả xử lý chất thải mà còn giúp tăng cường khả năng giữ nước, cải tạo đất, giảm phát thải khí nhà kính, từ đó mang lại lợi ích về kinh tế và môi trường. Nghiên cứu cho thấy, so với mô hình VAC truyền thống, VACBNXT có khả năng tái sử dụng chất thải đạt trên 90% và tiết kiệm chi phí đầu vào lên đến 50%, đồng thời cải thiện năng suất cây trồng cũng như sức khỏe đàn vật nuôi (Hải & cs, 2016).

Mặc dù vậy, hiện vẫn thiếu các mô hình tích hợp được thiết kế cụ thể cho trang trại cây ăn quả quy mô tập trung kết hợp với chăn nuôi hộ tại các địa phương, điển hình là An Giang. Xuất phát từ khoảng trống khoa học này và nhu cầu thực tiễn tại địa phương, nghiên cứu được thực hiện nhằm thiết kế, đánh giá một mô hình nông nghiệp tích hợp hướng tới không phát thải cho một trang trại trồng mít có quy mô tương đối lớn kết hợp chăn nuôi dê tại An Giang.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại trang trại hộ ông Trần Duy Đức (ấp Trung Phú 2, xã Vĩnh Phú, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang), có quy mô 2,5 ha, trồng mít kết hợp chăn nuôi trên 60 con dê. Đây là mô hình tích hợp tiêu biểu tại địa phương, nơi nhiều hộ kết hợp trồng cây ăn quả và chăn nuôi quy mô nhỏ.

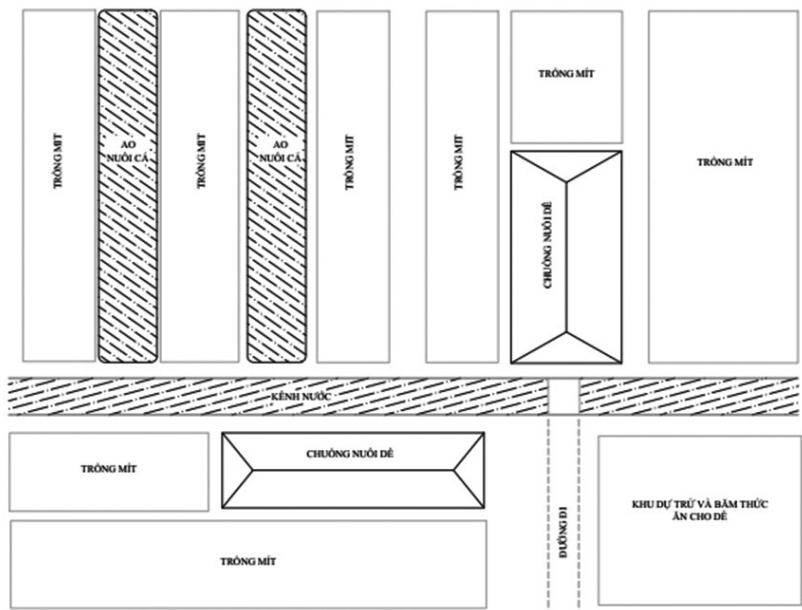
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp đánh giá hiện trạng

Nhóm nghiên cứu thu thập 3 mẫu đất tầng canh tác, 2 mẫu nước ngầm, 2 mẫu nước tưới (từ ao cá cũ), lấy vào tháng 5/2024, phân tích theo QCVN 03-MT:2015 (đất) và QCVN 08-MT:2015 (nước mặt), với các chỉ tiêu pH, OM, COD, BOD₅... Ngoài ra, khảo sát 15 hộ (1 hộ thực hiện mô hình, 14 hộ xung quanh) thông qua bảng hỏi về quy mô sản xuất, chi phí đầu vào, phụ phẩm và khó khăn trong công tác quản lý chất thải (QLCT). Dữ liệu được tổng hợp, phân tích theo công cụ SWOT, mô hình DPSIR để xác định nguyên nhân - hệ quả các vấn đề môi trường tại hộ.

Phương pháp thiết kế và triển khai mô hình

Mô hình được xây dựng dựa trên việc kế thừa cấu



Hình 1. Sơ đồ tổng quát mặt bằng của hộ

trúc VACBNXT do nhóm nghiên cứu của GS.TS. Lê Thanh Hải phát triển (Hải & cs, 2016). Nguyên tắc thiết kế là tối ưu hóa tuần hoàn nội bộ giữa trồng trọt và chăn nuôi, giảm thiểu dòng thải ra môi trường thông qua tái sử dụng, tái chế toàn bộ phụ phẩm hữu cơ tại chỗ.

Các hạng mục thiết kế được triển khai xây dựng từ tháng 8 - 9/2024 và vận hành từ 10/2024. Nông hộ được tập huấn kỹ thuật trước khi vận hành.

Phương pháp đánh giá hiệu quả sau triển khai

- *Môi trường*: Lấy 3 mẫu nước thải đầu vào sau xử lý và 3 mẫu đất canh tác để phân tích các chỉ tiêu BOD₅, COD, NH₄⁺ (nước); pH, OM, N tổng (đất).

- *Kỹ thuật - kinh tế*: Theo dõi lượng phân bón và nhiên liệu LPG sử dụng trong 1 tháng trước - sau mô hình; đo khối lượng compost, biochar... quy đổi chi phí tiết kiệm theo đơn giá địa phương. Tính toán CBA: Tổng hợp chi phí đầu tư mô hình; tính dòng tiền tiết kiệm từ phụ phẩm và đầu vào giảm; xác định thời gian hoàn vốn, hiệu quả tài chính theo khung phân tích chi phí - lợi ích đơn giản.

Phương pháp xử lý dữ liệu

Dữ liệu được tổng hợp, mã hóa, xử lý bằng các phần mềm Excel, SPSS, so sánh trước - sau và đánh giá hiệu quả theo từng chỉ tiêu môi trường, kinh tế.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá hiện trạng đối tượng nghiên cứu

Qua quá trình khảo sát và kết quả phân tích mẫu cho thấy:

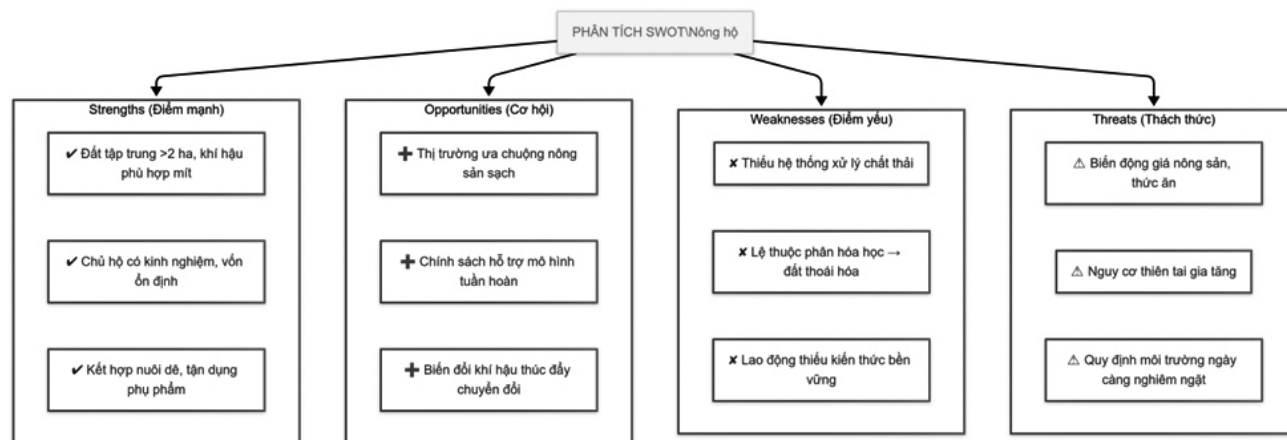
⇒ *Về chất lượng đất*: Phân tích mẫu đất vườn cho thấy pH đất ở mức 5,5 - 6,0, thấp hơn ngưỡng tối ưu cho cây ăn quả (khoảng pH 6,5 - 7,0) (Raese et al., 1994). Hàm lượng chất hữu cơ (OM) trong đất khá thấp, khoảng 2,0%. Mặc dù các kim loại nặng trong đất (As, Pb, Cd) đều nằm dưới giới hạn cho phép của QCVN 03-MT:2015/BTNMT, đất có dấu hiệu tích lũy dinh dưỡng vô cơ: Hàm lượng nitrat (NO₃⁻) trong đất mặt cao (khoảng 45 mg/kg).

⇒ *Về chất lượng nước*: Kết quả phân tích mẫu nước mặt tại ao cá (đang để trống) của hộ là: BOD₅ (80 mg/L), COD (150 mg/L), NH₄⁺

(25 mg/L). Căn cứ QCVN 08:2023/BTNMT chất lượng nước được phân loại ở mức D - Tức chất lượng rất xấu. Nước ao màu xanh, có mùi hôi nhẹ, pH ở mức 7,8 và giàu dinh dưỡng (tổng phosphor > 4 mg/L), có dấu hiệu của hiện tượng phú dưỡng cục bộ do tích tụ phân dê, phân bón rửa trôi. Mẫu nước ngầm ghi nhận nồng độ nitrat là 12 mg/L và tổng Coliform đạt 52 MPN/100 mL, mặc dù giá trị nitrat còn thấp, nhưng sự hiện diện của Coliform cho thấy có nguy cơ ô nhiễm vi sinh.

⇒ *Về khía cạnh kinh tế*: Kết quả điều tra 15 hộ nông dân (1 hộ thực hiện mô hình và 14 hộ xung quanh) cho thấy, thu nhập bình quân từ trồng mít của một hộ khoảng 80 - 100 triệu đồng/ha/năm, đồng thời mỗi ha mít tiêu tốn trung bình 8 - 10 triệu đồng/năm cho phân bón và thuốc bảo vệ thực vật, cùng với đó là khoảng hơn 3 triệu đồng cho nhiên liệu (dầu máy bơm nước, điện). Chăn nuôi dê quy mô nhỏ (10 - 15 con/hộ) mang lại thu nhập bổ sung khoảng 30 - 40 triệu đồng/năm. Kết quả khảo sát cho thấy, hộ đang đối mặt với 3 nhóm khó khăn chính: Chi phí sản xuất cao do giá phân bón, thức ăn chăn nuôi tăng; sâu bệnh, rủi ro thị trường (54% hộ từng bị sâu đục trái mít, giá cả biến động gây thu nhập không ổn định); sức ép môi trường khi trên 85% hộ đốt cành lá sau thu hoạch, khoảng 73% xả nước thải chăn nuôi trực tiếp ra môi trường.

Hình 2 cho thấy, trang trại sở hữu nhiều lợi thế tự nhiên, kinh nghiệm sản xuất, song vẫn tồn tại hạn chế trong QLCT và tiếp cận mô hình canh tác bền vững. Kết hợp với kết quả phân tích SWOT, mô hình DPSIR được áp dụng để hiểu rõ mối quan hệ nhân quả trong hiện trạng của trang trại: Động lực (drivers) chính là nhu cầu mở rộng sản xuất và lợi nhuận từ thị trường trái cây, thịt dê, cùng với chính sách khuyến khích phát triển nông nghiệp hàng hóa. Những động lực này tạo ra áp lực (pressures) lên môi trường như tăng sử dụng phân hóa học, tăng quy mô đàn dê - kéo theo nhiều chất thải hơn. Kết quả, tình trạng môi trường (state) của



Hình 2. Sơ đồ phân tích SWOT cho hiện trạng của hộ

khu vực có dấu hiệu suy giảm: Nước ao tù nhiễm bẩn, đất vườn thiếu dinh dưỡng hữu cơ, hệ sinh thái vi sinh trong đất và nước bị ảnh hưởng. Các tác động hậu quả (impacts) đã xuất hiện như nước ao giàu dinh dưỡng gây tảo phát triển làm cá chậm phát triển, đất chua, nghèo mùn làm cây trồng kém bền vững, mùi hôi ảnh hưởng đến sức khỏe, cuộc sống sinh hoạt của người dân xung quanh. Thực tế này đòi hỏi phản hồi (response) từ cộng đồng và chủ trang trại: Cần áp dụng các giải pháp canh tác sinh thái, tuần hoàn để giảm phát thải, phục hồi môi trường.

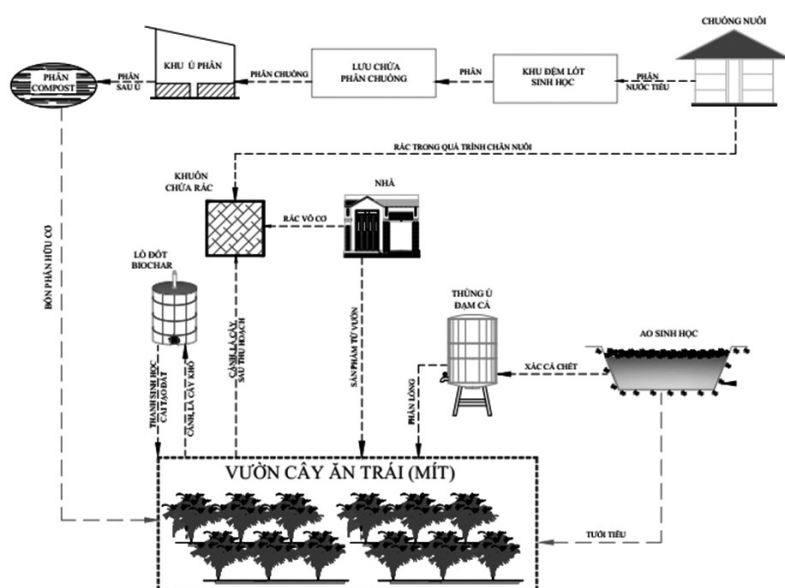
So sánh với các nghiên cứu tương tự, nhiều trang trại cây ăn quả khác ở ĐBSCL cũng ghi nhận tình trạng lạm dụng phân hóa học dẫn đến thoái hóa đất, ô nhiễm nước mặt cục bộ (Yến & cs, 2019; Quang & cs, 2020). Mức độ ô nhiễm tại hộ nhìn chung chưa nghiêm trọng trên diện rộng (chưa phát hiện kim loại nặng hoặc hóa chất vượt chuẩn trong đất, nước ngầm), nhưng những chỉ dấu như BOD_5 , NH_4^+ cao trong nước thải và đất thiếu mùn là đáng lo ngại. Nguyên nhân chính được xác định là do hạn chế trong QLCT và phụ phẩm - một điểm yếu mà SWOT đã nêu. Hộ hiện chưa tận dụng được phế phẩm để tạo giá trị, do đó rất cần một mô hình QLCT tích hợp nhằm biến các dòng thải hiện hữu thành tài nguyên, góp phần khắc phục những điểm yếu hiện tại.

3.2. Thiết kế và triển khai xây dựng mô hình nông nghiệp tích hợp

Trên cơ sở hiện trạng và nhu cầu cải thiện, nhóm nghiên cứu đã đề xuất mô hình nông nghiệp tích hợp cho trang trại như Hình 3.

Trong mô hình này, các dòng phụ phẩm và chất thải được tuần hoàn giữa các hợp phần. Cụ thể, khoảng 45 - 50 kg phân dê/ngày được thu gom, trong khi đó, 60 - 80 lít nước tiểu/ngày được hấp thụ vào lớp đệm lót sinh học; đệm lót sau 2 - 3 tuần được đưa sang ngăn chứa, phối trộn với phân dê, phụ phẩm để ủ compost hiệu khí trong 45 - 60 ngày. Quá trình ủ diễn ra trong bể xây có mái che; cấp khí cưỡng bức bằng quạt ly tâm công suất 0,5 kW; tỷ lệ phối trộn 70 : 30 (đệm lót : phân), độ ẩm duy trì 55 - 60%; tỷ lệ C/N dự kiến khoảng 22 : 1. Compost sau ủ được sử dụng làm phân bón hữu cơ cho cây trồng. Mặt khác, toàn bộ cành lá khô từ vườn mít khoảng ~ 0,5 - 0,7 tấn/tháng được thu gom, đốt yếm khí trong lò biochar thể tích 0,8 m³; mỗi mẻ 40 - 50 kg phụ phẩm, tạo ra 10 - 12 kg biochar, đủ bón cải tạo đất cho toàn bộ vườn mít 2 ha với lượng biochar khoảng 1 - 1,2 tấn/ha/năm.

Ao thủy sinh có diện tích 400 m², sâu 1,2 m đã được lót bạt HDPE từ trước. Sau khi cải tạo, ao được bổ sung bèo, lục bình và nuôi cá



Hình 3. Sơ đồ mô hình nông nghiệp tích hợp đề xuất cho hộ

Bảng 1. Thông số chi tiết các hạng mục triển khai cho mô hình của hộ

TT	Hạng mục	Mô tả
1	Ngăn chứa đệm lót sinh học	DxRxC: 5,0 x 8,0 x 0,8 m; Vật liệu: Gạch, xi măng, đệm lót sinh học
2	Hệ thống phun vi sinh	DxRxC: 5,0 x 8,0 m; Vật liệu: Ống nhựa, béc phun, vi sinh EM
3	Ngăn chứa phân	DxRxC: 2,0 x 4,0 x 0,8m; Vật liệu: Gạch, xi măng, mái tôn
4	Ngăn ủ phân	DxRxC: 2,0 x 4,0 x 0,8 m; Vật liệu: Gạch, xi măng, mái tôn
5	Ao thủy sinh	Diện tích: 400 m ² ; cải tạo từ ao cũ đã lót bạt HDPE, độ sâu 1,2 - 1,5 m
6	Thiết bị ủ phân đạm cá	Thùng nhựa 250 L
7	Lò đốt biochar	Thể tích: 0,8 m ³ ; lò bằng thép hàn, dạng thùng đứng
8	Khu chứa rác	DxRxC: 2,0 x 2,0 x 0,8 m; Vật liệu: Gạch, xi măng, mái tôn
9	Hệ thống tưới tiêu tự động	Hệ thống gồm bơm điện, ống dẫn và béc nhỏ giọt
10	Chuồng nuôi	Diện tích: 50 m ² ; cải tạo, thay thế sàn, máng uống, vệ sinh chuồng

rô phi nhằm xử lý sinh học phần nước tồn đọng trong hệ thống. Dù không tiếp nhận nước thải (nước tiểu dê) trực tiếp từ chuồng trại, nhưng với vai trò là nơi chứa, cải thiện chất lượng nước từ các nguồn nội sinh (nước rửa chuồng, nước tưới dư, nước rỉ từ khu ủ phân), ao được xem là một hạng mục xử lý nước thải trong nông nghiệp. Vào mùa mưa, ao có cơ chế xả tràn khi quá tải qua mương thoát. Cá chết được thu gom, đưa vào thùng ủ 250 lít bổ sung vi sinh để lên men tạo phân đạm cá dạng lỏng, phục vụ bón cây (Bảng 1).

Mô hình được xây dựng trong khoảng thời gian từ tháng 8/2024 - 9/2024 và bắt đầu vận hành từ 10/2024.

3.3. Dự báo hiệu quả của mô hình sau triển khai

Sau một thời gian vận hành thí điểm, mô hình đã cho thấy những kết quả cụ thể như sau:

⇒ *Dự báo về hiệu quả môi trường:*

Bảng 2 cho thấy, chất lượng môi trường cải thiện rõ rệt sau vận hành mô hình. Nồng độ ô nhiễm trong nước thải giảm mạnh: BOD₅ giảm 75%, COD giảm 70%, NH₄⁺ giảm trên 80%. Đất được bón compost và biochar có hàm lượng hữu cơ tăng từ 2,0% lên 2,5%,

pH tăng từ 5,5 - 6,0 lên 6,3, cấu trúc đất tơi xốp hơn, giữ ẩm tốt hơn, thuận lợi cho cây mít sinh trưởng và phát triển. Không khí chuồng trại cũng cải thiện đáng kể: Mùi hôi giảm, gần như không còn ruồi nhặng.

⇒ *Dự báo về hiệu quả kinh tế:*

Mô hình không phát thải mang lại lợi ích kinh tế rõ rệt cho nông hộ. Nhờ tự sản xuất phân compost và đạm cá, trang trại đã giảm khoảng 50% lượng phân hóa học, tiết kiệm 8 - 10 triệu đồng/năm/2 ha mít. Hệ thống tưới tự động giúp giảm thêm 20 - 30% chi phí điện và nước (~ 1 - 2 triệu đồng/năm). Đất cải tạo tốt hơn nhờ bón biochar và compost, góp phần duy trì năng suất mít ổn định (~ 90 triệu đồng/ha/năm) và tiềm năng tăng. Về chăn nuôi, chuồng trại sạch hơn, giúp đàn dê khỏe mạnh, duy trì thu nhập 120 triệu đồng/năm, giảm thiệt hại do bệnh. Các phụ phẩm trước đây bị lãng phí (lá, cành, phân) nay được tái chế thành sản phẩm hữu ích như phân hữu cơ, biochar.

Bảng 3 phân tích chi phí - lợi ích (Cost-Benefit Analysis, CBA) được thực hiện theo chu kỳ 5 năm, sử dụng tỷ lệ chiết khấu r = 5%/năm (tại Việt Nam và



Hình 4. Lò đốt biochar



Hình 5. Khu đệm lót sinh học

Bảng 2: Dự báo hiệu quả môi trường khi vận hành mô hình

Chỉ tiêu cụ thể	Trước mô hình	Sau mô hình	Giá trị tham chiếu	Quy chuẩn tham chiếu
BOD5	80	20	< 50 mg/L	QCVN 62-MT:2016/BTNMT
COD	150	50	< 150 mg/L	QCVN 62-MT:2016/BTNMT
Nồng độ NH ₄ ⁺	25	< 5	<10 mg/L	QCVN 62-MT:2016/BTNMT
pH đất vườn	6	6,3	6,5 - 7,0	(Raese et al., 1994)

Bảng 3: Dự báo hiệu quả kinh tế sau khi vận hành mô hình

Chỉ tiêu	Trước mô hình	Sau mô hình	Đơn vị
Chi phí phân hóa học (2 ha)	18	10	Triệu đồng/năm
Chi phí nhiên liệu bơm tưới (2 ha)	6	4,2	Triệu đồng/năm
Thu nhập từ mít	90	95	Triệu đồng/ha/năm
Thu nhập từ chăn nuôi dê	120	120	Triệu đồng/năm

nhiều quốc gia đang phát triển, tỷ lệ chiết khấu thường chọn từ 5% - 10%, chọn giá trị 5%/năm là phù hợp với mặt bằng tín dụng nông thôn Việt Nam và phản ánh mức chi phí sử dụng vốn trong điều kiện áp dụng thực tế cho hộ nông dân). Tổng lợi ích ròng hàng năm ước tính khoảng 15 triệu đồng, bao gồm: Tiết kiệm chi phí phân bón, năng lượng (~ 10 triệu đồng/năm); gia tăng thu nhập từ sản xuất (~ 5 triệu đồng/năm).

Giá trị hiện tại ròng (Net Present Value - NPV) được tính theo công thức (Hajdasinski et al., 2004):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} - C_o$$

Trong đó:

- B_t : Lợi ích hàng năm (15 triệu đồng)
- C_t : Chi phí vận hành hàng năm (giá định không đáng kể so với đầu tư ban đầu)
- C_o : Chi phí đầu tư ban đầu (50 triệu đồng)
- r : Lãi suất chiết khấu (5%)
- n : Số năm phân tích (5 năm)

Kết quả cho thấy NPV khoảng 20 triệu, NPV > 0 chứng tỏ dự án khả thi về mặt tài chính trong dài hạn. Kế đến, suất sinh lợi nội tại (Internal Rate of Return - IRR) là giá trị r khiến NPV = 0, được ước tính theo phương pháp nội suy tuyến tính từ hai giá trị r gần nhau (Hajdasinski et al., 1993). Theo tính toán, IRR vào khoảng 20%, tức cao hơn đáng kể so với lãi suất chiết khấu xã hội $r = 5\%$.

Thời gian hoàn vốn (Payback Period - PBP) được xác định theo công thức đơn giản (Hajdasinski et al., 1993):

$$PBP = \frac{C_o}{\text{Lợi ích ròng hàng năm}} = \frac{50}{15} = 3,33 \text{ năm}$$

Như vậy, mô hình dự kiến hoàn vốn sau khoảng 3 - 4 năm, mang lại lợi nhuận ròng từ năm thứ 4 trở đi. Điều này khẳng định tính khả thi, hiệu quả tài chính của mô hình đối với hộ nông dân quy mô vừa tại khu vực ĐBSCL.

Thảo luận chung

Mô hình thí điểm đã chứng minh hiệu quả toàn diện khi vừa kiểm soát tốt ô nhiễm môi trường, tái sử dụng > 90% chất thải thành tài nguyên hữu ích, giảm chi phí đầu vào khoảng 50%, hoàn vốn sau 3 - 4 năm, tích hợp linh hoạt các công nghệ xử lý phù hợp quy mô hộ... từ đó khẳng định tính khả thi, hiệu quả và bền vững trong thực tiễn nông nghiệp vùng ĐBSCL. Khi so sánh với các mô hình tích hợp đã công bố trong và ngoài nước, có thể thấy mô hình thí điểm này đạt hiệu quả tương đương hoặc cao hơn. Cụ thể, kết quả nghiên cứu tương đồng với nghiên cứu của Hải & cs, 2016 về VACBNXT tại ĐBSCL. Đồng thời, hiệu suất loại bỏ BOD₅/COD tương đương với nghiên cứu về các biện pháp loại bỏ chất ô nhiễm trong chăn nuôi tại một số nước khu vực Đông Nam Á (giảm ~75% BOD, ~ 70% COD) (Stewart et al., 2009).

Từ quá trình triển khai, có thể rút ra 4 yếu tố chính góp phần vào thành công của mô hình: (i) Sự tham gia tích cực và cam kết của nông hộ; (ii) Công nghệ phù hợp quy mô hộ, dễ điều chỉnh, chi phí thấp; (iii) Hỗ trợ kỹ thuật ban đầu từ nhóm nghiên cứu; (iv) Điều kiện tự nhiên thuận lợi cùng với nhận thức cộng đồng nâng cao. Tuy nhiên, mô hình cũng đối mặt 3 thách thức: (1) Chi phí đầu tư ban đầu cao, cần hỗ trợ tài chính hoặc liên kết nhóm hộ; (2) Yêu cầu kỹ thuật và kỷ luật vận hành cao hơn, đòi hỏi đào tạo; (3) Đầu ra sản phẩm phụ như compost, biochar còn hạn chế, cần có giải pháp tiêu thụ hoặc lưu trữ lâu dài.

Về khả năng nhân rộng, mô hình có tiềm năng nhân rộng tại các trang trại cây ăn quả kết hợp chăn nuôi ở ĐBSCL, với khả năng điều chỉnh linh hoạt theo loại cây, vật nuôi, điều kiện từng hộ. Để triển khai hiệu quả, cần tập huấn kỹ thuật cho nông dân và có chính sách hỗ trợ phù hợp (như tích hợp vào Chương trình mục tiêu quốc gia về xây dựng nông thôn mới hoặc tín dụng xanh).

Về tính bền vững dài hạn, mô hình có thể duy trì dài hạn nếu được quản lý tốt, nhờ vận hành theo quy luật sinh thái và hiệu quả về chi phí. Tuy nhiên, cần theo dõi định kỳ chất lượng đất, nước, hoạt động hệ vi sinh, tránh rủi ro tích lũy muối, kim loại nặng hoặc suy giảm hiệu suất sau 5- 10 năm. Do đó, khuyến nghị tiếp tục hỗ trợ kỹ thuật, nghiên cứu bổ sung (kết hợp biochar với công nghệ xử lý nước khác, thử nghiệm tại vùng đất phèn hoặc ngập úng).

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thiết kế, triển khai thành công mô hình nông nghiệp tích hợp hướng tới không phát thải cho một trang trại trồng mít kết hợp nuôi dê tại huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang. Mô hình đã đạt được các mục tiêu: Giảm thiểu phát thải ô nhiễm (BOD_5 , COD, NH_4^+ trong nước thải từ 70 - 80%; OM và pH đất được cải thiện); tận dụng triệt để phế phụ phẩm (trên 90% chất thải hữu cơ được tái sử dụng); nâng cao hiệu quả kinh tế hộ nông dân (tiết kiệm chi phí đầu vào, ổn định năng suất, thời gian hoàn vốn là 3- 4 năm, IRR ước tính ~ 20%). Điểm mới của nghiên cứu là lần đầu tiên tích hợp chu trình xử lý khép kín (đệm lót sinh học - compost - biochar - ao thủy sinh) chuyên biệt cho trang trại cây ăn quả quy mô vừa, đồng thời cung cấp dữ liệu thực nghiệm về hiệu quả môi trường và kinh tế. Kiến nghị cần hỗ trợ vốn, tập huấn kỹ thuật để nhân rộng mô hình; tiếp tục nghiên cứu dài hạn về hiệu quả biochar, tối ưu công nghệ xử lý nước thải và thử nghiệm mở rộng mô hình tại các vùng sinh thái khác.

Song song với những kết quả đạt được, nghiên cứu còn một số hạn chế nhất định, như quy mô triển khai thí điểm còn nhỏ, thời gian theo dõi ngắn hạn (dưới một năm) nên chưa đánh giá đầy đủ các biến động dài hạn của môi trường đất - nước - khí. Ngoài ra, tác động kinh tế - xã hội mới ghi nhận ở mức hộ gia đình đơn lẻ, chưa phân tích sâu tác động cộng đồng hay chuỗi giá trị nông sản. Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu, theo dõi dài hạn (5 - 10 năm) để đánh giá tính ổn định của mô hình, hiệu quả lâu dài của biochar trong cải tạo đất, khả năng kiểm soát ô nhiễm khi mở rộng quy mô; thử nghiệm áp dụng mô hình tại các vùng sinh thái khác như đất phèn, vùng lũ để kiểm chứng tính linh hoạt và đề xuất hoàn thiện mô hình phù hợp với từng điều kiện địa phương.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ trong khuôn khổ Đề tài độc lập cấp quốc gia, mã số ĐTĐL.CN-71/21 với tên Đề tài là “Nghiên cứu các giải pháp phát triển sinh kế bền vững cho các cộng đồng dân cư nông thôn tỉnh An Giang gắn với sử dụng hợp lý tài nguyên, QLCT và BVMT”. Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn Viện Môi

trường và Tài nguyên, Trường Đại học An Giang đã hỗ trợ, tạo điều kiện thuận lợi để nhóm có thể hoàn thành nghiên cứu ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Canova, A., et al. Comparative economical analysis of a small scale trigenerative plant: a case study. in 2007 IEEE Industry Applications Annual Meeting. 2007. IEEE.
2. Foo, J.J.P.C., Integrated Bio-systems: A global perspective. 2002. 37.
3. Hai, L.T., et al., An integrated eco-model of agriculture and small-scale industry in craft villages toward cleaner production and sustainable development in rural areas - A case study from Mekong delta of Viet Nam. *Journal of Cleaner Production*, 2016. 137: p. 274 - 282.
4. Hajdasinski, M.M.J.T.E.E., The internal rate of return (IRR) as a financial indicator. 2004. 49 (2): p. 185 - 197.
5. Hajdasiński, M.M.J.T.E.E., The payback period as a measure of profitability and liquidity. 1993. 38 (3): p. 177 - 191.
6. Nguyen, T.H. and E. Cassou, An overview of agricultural pollution in Vietnam. 2017.
7. Quang, N.J.T.C.K.h.v.C.n.V.N., ĐBSCL trước nguy cơ mất an ninh nguồn nước: Những nguyên nhân và thách thức. 2020.
8. Raese, J.T.J.C.i.S.S. and P. Analysis, Effect of fertilizers on soil pH and performance of apple and pear trees. II. Grown in different soils in the orchard. 1994. 25 (9 - 10): p. 1865 - 1880.
9. Schnitzer, H. and S. Ulgiati, Less bad is not good enough: approaching zero emissions techniques and systems. *Journal of Cleaner Production*, 2007. 15 (13): p. 1185 - 1189.
10. Stewart, S. W., & Alvarado, C. (2009, October 15 - 16). Optimizing the conversion of the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) to energy. Presented at the Conference on Mitigating Greenhouse Gas Emissions from Livestock and Agro-Industrial Waste, Manila Peninsula Hotel, Philippines. Philippine Bio-Sciences Company Inc., a unit of Asia Biogas Co. Ltd.
11. Trọng, T.Q., et al., Heritability and genotype by environment interaction estimates for harvest weight, growth rate, and shape of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in river cage and VAC in Vietnam. *Aquaculture*, 2013. 384 - 387: p. 119 - 127.
12. Trung, N.T. and D.T.B.J.T.c.K.h.C.n.C.n. Le Xuan Tung, Application of circular economy principles to livestock production in Vietnam. 2024 (148): p. 2 - 10.
13. Yễn, H.P.J.T.c.K.h., Thực trạng ô nhiễm và suy thoái môi trường đất trong phát triển nông nghiệp ở tỉnh Vĩnh Long. 2019. 16 (9): p. 467.



PHƯƠNG PHÁP TRÍCH LY CÀ PHÊ XANH NGUYÊN HẠT ROBUSTA VỚI DUNG MÔI NADES TỔNG HỢP BẰNG ĐƯỜNG XYLITOL VÀ ACID LACTIC

TÔ NGUYỄN HOÀNG PHÚC¹, LÊ HOÀNG BẢO THIÊN^{1*}, NGUYỄN PHẠM QUANG PHÚ¹,
LƯƠNG NGUYỄN BẢO NGỌC¹, NGUYỄN THỊ HẠNH QUYÊN¹, NGUYỄN ĐÌNH QUÂN²

¹ Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

² Khoa Kỹ thuật hóa học, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

NADES (Natural deep eutectic solvent) là dung môi được tạo nên từ các hợp chất tự nhiên có nguồn gốc sinh học, thân thiện với môi trường và có tiềm năng thay thế các dung môi hữu cơ khác trong các lĩnh vực chiết xuất, tách, khoa học y sinh. Nghiên cứu khảo sát hiệu quả trích ly cà phê xanh nguyên hạt Robusta bằng dung môi NADES để giảm hàm lượng caffeine và chlorogenic acid có trong hạt cà phê. Kết quả cho thấy, phương pháp trích ly đã làm giảm 18.09% caffeine và 9.06% acid chlorogenic có trong hạt cà phê Robusta so với ban đầu. Từ đó, hạt cà phê thu được có tiềm năng để phát triển trở thành các dòng cà phê có hàm lượng caffeine thấp hơn, phù hợp với nhu cầu người tiêu dùng.

Từ khóa: Caffeine, chlorogenic acid, hạt cà phê xanh, NADES.

Ngày nhận bài: 21/2/2025; Ngày sửa chữa: 12/3/2025; Ngày duyệt đăng: 25/3/2025.

The extraction method of green Robusta coffee beans using NADES solvent synthesized from xylitol and lactic acid

Abstract:

NADES (Natural deep eutectic solvent) is a solvent made from naturally derived, bio-based compounds that are environmentally friendly and have the potential to replace other organic solvents in fields such as extraction, separation, and biomedical sciences. The study investigates the efficiency of green Robusta coffee bean extraction using NADES solvent to reduce the caffeine and chlorogenic acid content in the coffee beans. The results show that the extraction method reduced the caffeine content by 18.09% and the chlorogenic acid content by 9.06% in Robusta coffee beans compared to the initial levels. As a result, the extracted coffee beans have the potential to be developed into low-caffeine coffee products, catering to consumer demand.

Keywords: Caffeine, chlorogenic acid, green coffee beans, NADES.

JEL Classifications: K32, N54, 013.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cà phê Robusta là một trong những mặt hàng nông sản chủ lực của Việt Nam, đóng góp quan trọng vào nền kinh tế quốc gia và có vị thế đáng kể trên thị trường quốc tế. Giá trị thương mại của cà phê không chỉ được xác định bởi sản lượng và chất lượng hương vị, mà còn bởi sự hiện diện của các hợp chất có lợi cho sức khỏe, điển hình là caffeine và acid chlorogenic (CGA).

Caffeine (1,3,7-trimethylxanthine), một dẫn xuất của purine, là thành phần chính trong hạt cà phê Robusta, có tác dụng kích thích hệ thần kinh Trung ương. Tuy nhiên, hàm lượng caffeine cao trong cà phê Robusta có thể gây ra các tác dụng không mong muốn như mất ngủ, lo lắng và kích thích quá mức đối với một số người tiêu dùng (O. Alimyar et al., 2024).

Bên cạnh đó, CGA là một axit phenolic quan trọng với nhiều đặc tính sinh học như chống oxy hóa, chống viêm, bảo vệ thần kinh, hạ lipid máu và điều hòa đường huyết. Theo nghiên cứu của Sunyoon Jung (S.

Jung et al., 2021), quá trình rang hạt cà phê làm giảm hàm lượng CGA khi mức độ rang tăng lên. Sự suy giảm này chủ yếu do quá trình phân hủy CGA thành acid caffeic và acid quinic, ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt tính sinh học cũng như chất lượng hương vị của cà phê. Do đó, việc nghiên cứu các phương pháp giảm hàm lượng caffeine, đồng thời bảo toàn CGA trong hạt cà phê Robusta đang trở thành một chủ đề được quan tâm và có ý nghĩa thực tiễn cao.

Đối với việc tách chiết caffeine, Alexandre Vandepoensele cùng cộng sự (Vandepoensele et al., 2022) áp dụng CO₂ siêu tới hạn thay thế dung môi hữu cơ, trong đó dung môi nước đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa hiệu suất thu hồi caffeine. Còn về việc chiết xuất CGA, một nghiên cứu thực hiện việc so sánh hiệu suất giữa methanol và nước, nhận thấy methanol chiết xuất CGA tốt hơn, nhưng nước bảo toàn các hợp chất polyphenol hiệu quả hơn (U. Złotek et al., 2016). Nhằm nâng cao hơn nữa hiệu suất trích



Dung dịch NADES



Dịch chiết từ nguyên hạt cà phê Robusta

ly CGA, Borja cùng cộng sự ứng dụng công nghệ chiết xuất có hỗ trợ vi sóng (MAE) với ethanol, giúp thu hồi CGA nhanh hơn và hiệu quả hơn so với phương pháp trích ly Soxhlet truyền thống (J. Q. Borja et al., 2014). Những phương pháp được đề cập đã cho thấy sự hiệu quả và tối ưu hiệu suất trong việc trích ly nhưng đều tồn tại hạn chế. Việc sử dụng methanol và ethanol làm dung môi trích ly tuy có hiệu suất chiết xuất cao nhưng lại tiềm ẩn nguy cơ độc hại và yêu cầu quy trình xử lý nghiêm ngặt để tạo ra thành phẩm. Mặt khác, phương pháp CO₂ siêu tới hạn thân thiện với môi trường nhưng đòi hỏi thiết bị áp suất cao và chi phí vận hành lớn.

Natural deep eutectic solvents (NADES) được biết đến là một loại dung môi xanh mới, được giới thiệu lần đầu vào năm 2011 bởi Dai và các cộng sự (Dai et al., 2013), như một sự thay thế cho các dung môi Deep eutectic solvents (DES) cũ được hình thành từ các hóa chất công nghiệp. NADES được tạo thành từ sự kết hợp của hai hay nhiều hợp chất tự nhiên như axit hữu cơ, đường, amino acid hoặc polyol... với tỷ lệ thích hợp, từ đó, tạo ra một hệ dung môi có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn so với các thành phần riêng lẻ. Ngoài ra, nhờ vào khả năng tạo liên kết hydro giữa các cấu tử, NADES dễ dàng hòa tan nhiều loại hợp chất thiên nhiên có hoạt tính sinh học cao, bao gồm cả phân cực và không phân cực. Sự kết hợp này tạo ra các dung môi thân thiện với môi trường, đồng thời đảm bảo an toàn cho ứng dụng trong lĩnh vực thực phẩm và dược phẩm (Liu et al., 2018).

Nghiên cứu của Syakfanaya và cộng sự (A. M. Syakfanaya et al., 2019) về việc chiết xuất caffeine và acid chlorogenic từ cà phê Robusta sử dụng phương pháp chiết xuất hỗ trợ sóng siêu âm (NADES-UAE) cho thấy, NADES có hiệu quả vượt trội so với methanol. Tỷ lệ betaine: sorbitol (1:1.2) và bổ sung nước 1:2 trong 30 phút mang lại hiệu suất cao nhất. Mặc dù hiệu quả cao, việc bổ sung quá nhiều nước có thể ảnh hưởng đến kết quả chiết xuất. Nghiên cứu của Vo và cộng sự (P. Vo et al., 2024) chứng minh NADES có khả năng chiết xuất phenolic và terpenoid từ thực vật hiệu quả hơn các dung môi truyền thống như ethanol. Sự kết hợp giữa NADES với phương pháp chiết xuất hỗ trợ sóng siêu âm và vi sóng (UAE và MAE) không chỉ tăng hiệu suất mà còn giảm việc sử dụng dung môi, tiêu thụ năng lượng và thời gian chiết xuất, tạo ra một phương pháp bền vững và thân thiện với môi trường cho ngành thực phẩm và dược phẩm.

Trong nghiên cứu này, NADES được sử dụng để khảo sát quá trình trích ly từ hạt cà phê xanh, nhằm thu được sản phẩm cà phê nguyên hạt có hàm lượng caffeine và CGA thấp hơn, từ đó mở ra hướng ứng dụng mới trong sản xuất cà phê ít caffeine nhưng vẫn giữ được hương vị đặc trưng. Một điểm đặc biệt trong nghiên cứu là nhóm nghiên cứu sử dụng dung môi NADES được tổng hợp từ đường xylitol và acid lactic, tạo nên hệ dung môi có vị chua ngọt tự nhiên. Với tính chất này, NADES hứa hẹn nâng cao hiệu suất chiết xuất, đồng thời giúp tạo ra dòng sản phẩm hạt cà phê

Bảng 1. Bảng số liệu thống kê định lượng từng chất để pha dung môi NADES khi thay đổi nồng độ nước tương ứng 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% theo khối lượng với tỷ lệ mol acid lactic:xylitol cố định là 3:1

Tỷ lệ mol acid lactic:xylitol	3	3	3	3	3	3
Khối lượng xylitol (C ₆ H ₁₂ O ₅) (gam)	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25	8.25
Khối lượng acid lactic (C ₃ H ₆ O ₃) (gam)	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
Khối lượng nước (H ₂ O) (gam)	1.24	2.75	4.37	6.19	8.25	10.61

Bảng 2. Bảng thống kê định lượng từng chất để pha dung môi NADES với nồng độ nước tinh khiết sử dụng là 20% theo khối lượng, thay đổi tỷ lệ mol acid lactic và xylitol lần lượt là 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1

Tỉ lệ mol acid lactic:xylitol	1	2	3	4	5
Khối lượng xylitol (C ₆ H ₁₂ O ₅) (gam)	20.55	11.78	8.25	6.38	5.18
Khối lượng acid lactic (C ₃ H ₆ O ₃) (gam)	13.7	15.7	16.5	17	17.25
Khối lượng nước (H ₂ O) (gam)	8.56	6.89	6.19	5.84	5.61

có hàm lượng caffeine thấp hơn phù hợp với nhu cầu người tiêu dùng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

Nguyên vật liệu

Mẫu hạt cà phê Robusta được thu hái ở Đắk Hà - Kon Tum vào tháng 10/2024. Sau khi thu hoạch, hạt cà phê tươi được phơi nắng trong khoảng 7 - 14 ngày, sau đó được xử lý bằng máy xát để loại bỏ vỏ ngoài. Nhân hạt thành phẩm được bảo quản ở nhiệt độ phòng tại môi trường thoáng mát nhằm duy trì chất lượng.

Hóa chất, dụng cụ và thiết bị

Quá trình nghiên cứu sử dụng các hóa chất và dung môi với độ tinh khiết cao, bao gồm: ethanol (Chemsol, 99.5%), hydrochloric acid (China, 36.5%), đường xylitol (NTFood, 99.5%), acid lactic (China, 90%), chất chuẩn caffeine anhydrous (HiMedia, 99%), chất chuẩn chlorogenic acid (Natpro, 99%) và nước cất 2 lần.

Các thiết bị chính được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: Máy quang phổ tử ngoại - khả kiến (UV-Vis) Agilent Cary, bếp điện kèm máy khuấy từ C-MAG HS 7 Digital, cân phân tích, cùng một số thiết bị và dụng cụ hỗ trợ khác.

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Quy trình pha dung môi NADES

Nguyên liệu chính được sử dụng để điều chế dung môi NADES trong thí nghiệm bao gồm: đường xylitol (99%), acid lactic, nước cất (tinh khiết). Cách pha được thực hiện như sau: Cân khối lượng acid lactic (C₃H₆O₃)

và xylitol (C₆H₁₂O₅) theo tỷ lệ số mol (1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1), sau đó cho thêm nước theo tỷ lệ khối lượng (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%), dung môi NADES được khảo sát với nhiều tỷ lệ khác nhau (Bảng 1).

Tỷ lệ hóa chất sử dụng để điều chỉnh lượng thể tích dung môi phù hợp dùng cho những thí nghiệm sau nhưng vẫn đảm bảo định lượng thành phần từng chất trong dung môi vẫn đúng theo tỷ lệ đã cho (Bảng 2).

Sau khi định lượng đầy đủ các chất vào trong becher, hỗn hợp hóa chất được đem đun cách thủy trên bếp điện có sử dụng khuấy từ (C-MAG HS 7 Digital, Germany) để tiến hành thí nghiệm. Bếp điện được gia nhiệt từ từ, duy trì nhiệt độ phản ứng ổn định ở 55°C (± 2°C) và khuấy từ 400 rpm, thực hiện phản ứng trong vòng 30 phút.

Quy trình trích ly cà phê với dung môi NADES

Hạt cà phê Robusta (Đắk Lắk) được tuyển chọn kỹ càng, còn mới, không bị sâu, mốc và được đem đi cân để thực hiện quá trình trích ly.

Hạt cà phê xanh được cân và đem trích ly theo tỷ lệ hạt cà phê xanh:dung môi NADES (g/ml) là 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 với những dung môi NADES đã pha được ở trên. Hỗn hợp trích ly được đun kín bằng giấy bạc và gia nhiệt trên bếp điện có khuấy từ (C-MAG HS 7 Digital, Germany), thực hiện đun cách thủy dung dịch trích ly ở 60°C và khuấy từ 500 rpm. Dung dịch thu được sau khi trích ly được lọc qua giấy lọc nhằm loại bỏ hạt và cặn vỏ cà phê ra khỏi dung dịch để thu dịch chiết cà phê xanh.

Quy trình đo caffeine và CGA

Lấy 1 mL dịch ngâm cà phê đã được lọc, trộn với 1 mL dung dịch HCl 0.01 M, sau đó pha loãng đến thể tích cuối cùng 25 mL bằng nước cất. Một mẫu đối chứng (mẫu zero) được chuẩn bị theo quy trình tương tự, thay thế dịch cà phê bằng nước cất. Các dung dịch mẫu sau khi chuẩn bị được đưa vào máy đo UV-VIS và đo lần lượt tại 2 bước sóng 275 nm và 325 nm để xác định hàm lượng caffeine và acid chlorogenic.

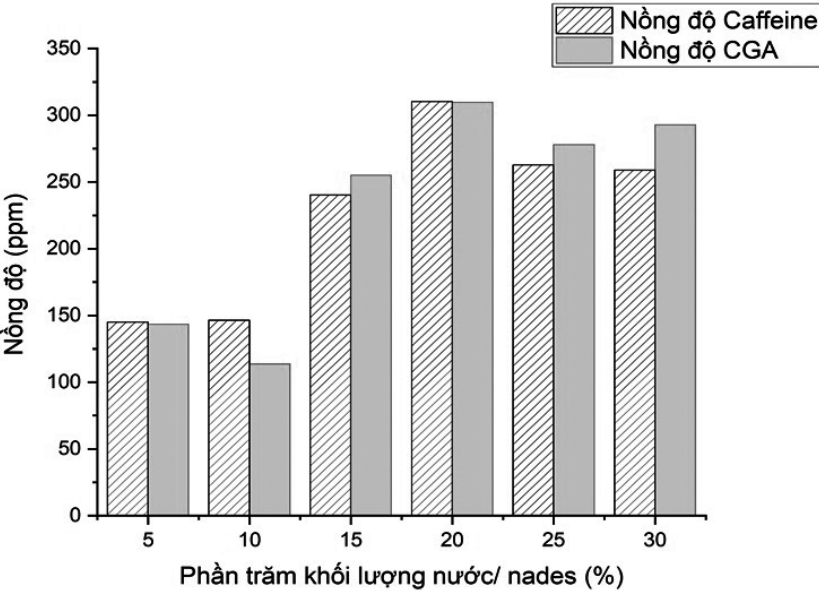
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát tỷ lệ nước

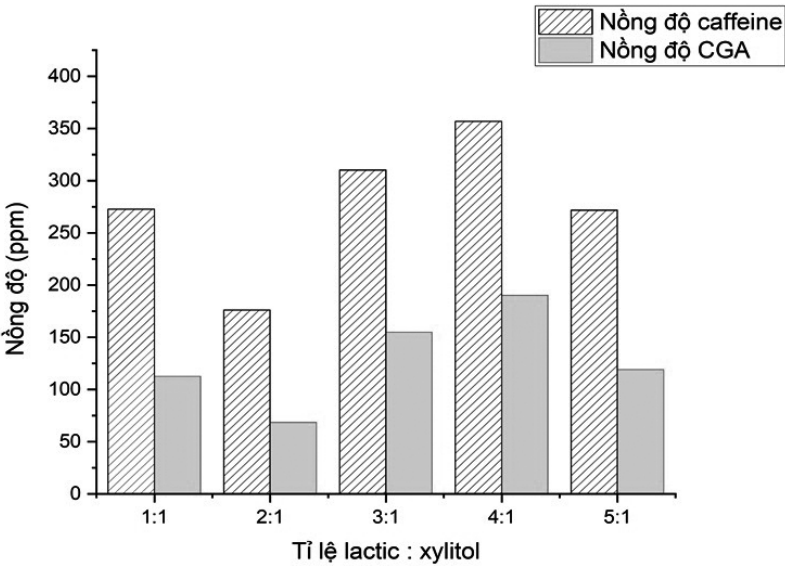
Để tối ưu hóa hiệu suất trích ly caffeine và acid chlorogenic (CGA) từ hạt cà phê, nghiên cứu đã khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nước trong dung môi NADES ở các mức 5%, 10%, 15%, 20%, 25% và 30%. Kết quả phân tích cho thấy, ở tỷ lệ nước 5 - 10%, hàm lượng caffeine và CGA thu được tương đối thấp. Khi tỷ lệ nước tăng lên 15 - 20%, nồng độ hai hợp chất này tăng đáng kể, đặc biệt đạt cực đại ở mức 20% nước với caffeine ~310 ppm và CGA ~150 ppm. Khi tỷ lệ nước vượt quá 25%, hàm lượng CGA vẫn đạt giá trị cao, trong khi caffeine có dấu hiệu bão hòa. Như vậy, hệ dung môi NADES với 20% nước được xác định là điều kiện tốt nhất trong trường hợp này để thu hồi caffeine và CGA hiệu quả từ hạt cà phê (Hình 1).

3.2. Khảo sát tỷ lệ NADES

Kết quả phân tích khi khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ mol của acid lactic:xylitol trong hệ dung môi NADES ở các mức 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 và 5:1, với tỷ lệ nước 20% cho thấy, khi tỷ lệ tăng từ 1:1 đến 4:1, nồng độ cả hai hợp chất đều tăng dần, đặc biệt tỷ lệ 4:1 cho hiệu suất trích ly cao nhất với hàm lượng caffeine khoảng 360 ppm và CGA khoảng 190 ppm. Tuy nhiên, khi tăng tỷ lệ lên 5:1, hàm lượng các hợp chất giảm đáng kể, cho thấy hiệu suất trích ly không còn tối ưu. Do đó, tỷ lệ mol acid lactic:xylitol là 4:1 được xác định là điều kiện phù hợp nhất để



Hình 1. Biểu đồ so sánh hàm lượng caffeine và CGA trích ly trong dung môi NADES khi khảo sát tỷ lệ nước

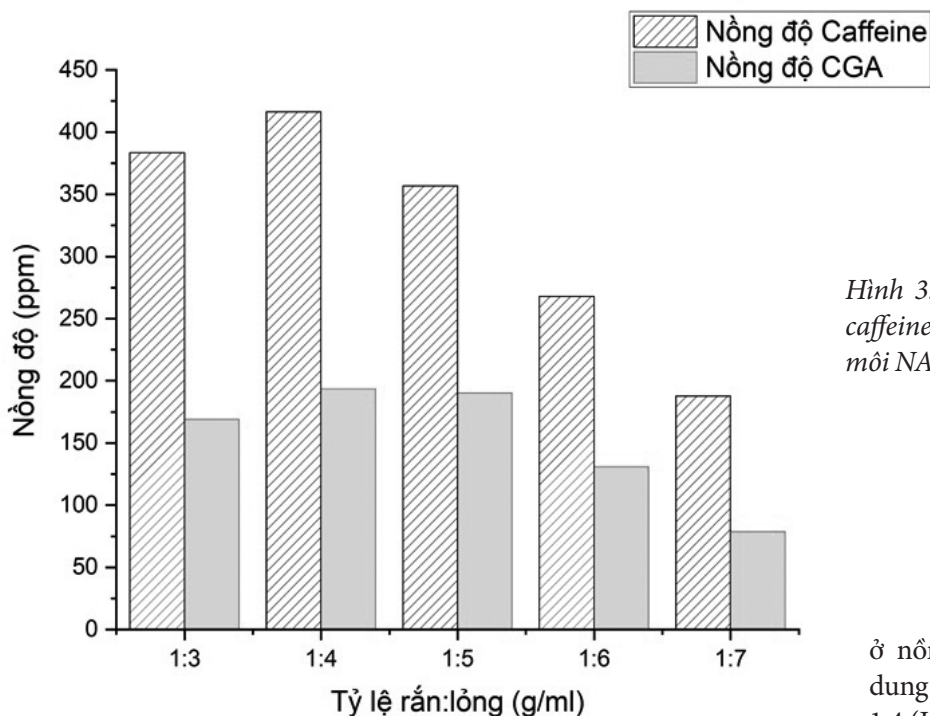


Hình 2. Biểu đồ so sánh hàm lượng caffeine và CGA trích ly trong dung môi NADES khi khảo sát tỷ lệ thành phần NADES

nâng cao hiệu quả thu hồi caffeine và CGA trong quá trình trích ly sử dụng dung môi NADES (Hình 2).

3.3. Khảo sát tỷ lệ rắn lỏng

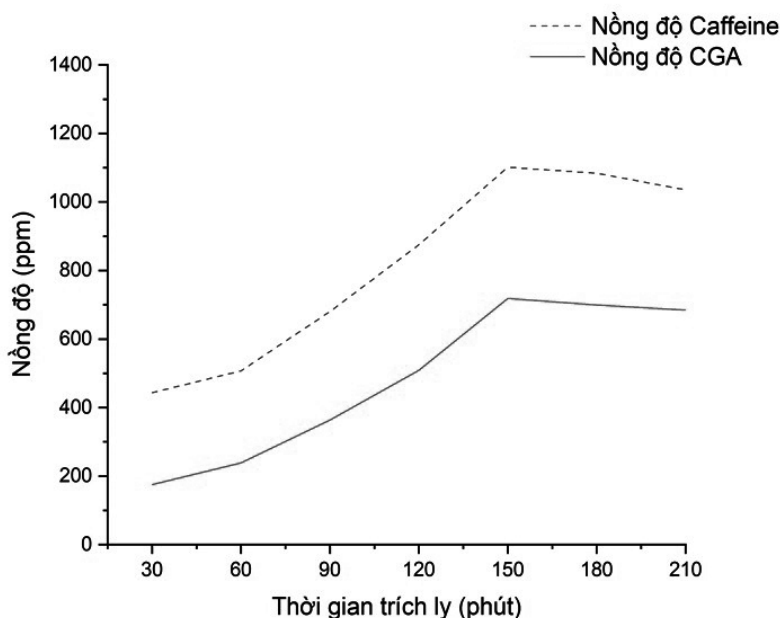
Tiến hành khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ rắn:lỏng (g/ml) đến hiệu suất trích ly caffeine và acid chlorogenic (CGA) từ hạt cà phê bằng dung môi NADES, với tỷ lệ thành phần tốt nhất đã được khảo sát ở trên, tại các mức 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 và 1:7. Kết quả cho thấy, tỷ lệ 1:4 cho hiệu suất trích ly cao nhất, với hàm lượng caffeine là 416.36 ppm và CGA là 193.59 ppm. Khi tiếp tục tăng tỷ lệ dung môi (giảm lượng chất rắn) từ 1:5 đến 1:7, hiệu suất thu hồi hai hợp chất giảm dần. Do đó, tỷ lệ rắn:lỏng 1:4 được xác định là điều kiện tối ưu trong quá trình trích ly bằng dung môi NADES (Hình 3).



Hình 3. Biểu đồ so sánh hàm lượng caffeine và CGA trích ly trong dung môi NADES khi khảo sát tỷ lệ rắn:lỏng

3.4. Khảo sát thời gian

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian trích ly đến hàm lượng caffeine và acid chlorogenic (CGA) sử dụng dung môi NADES, có tỷ lệ thành phần tốt nhất được khảo sát trên, với tỷ lệ rắn:lỏng 1:4 trong các khoảng thời gian 30, 60, 90, 120, 150, 180 và 210 phút được thể hiện trong Hình 4. Trong khoảng thời gian từ 30 đến 150 phút, hàm lượng caffeine tăng nhanh và nhiều từ 416.36 ppm đến 1101.59 ppm, trong khi CGA cũng tăng từ 193.59 ppm đến 718.22 ppm. Tuy nhiên, ở giai đoạn sau đó, nồng độ cả hai chất đều có xu hướng giảm nhẹ. Như vậy, thời gian trích ly 150 phút được xác định là tối ưu, giúp thu hồi đồng thời caffeine và CGA



Hình 4. Biểu đồ so sánh hàm lượng caffeine và CGA trích ly trong dung môi NADES khi khảo sát thời gian trích ly

ở nồng độ cao nhất khi sử dụng dung môi NADES ở tỷ lệ rắn:lỏng 1:4 (Hình 4).

3.5. Hiệu quả trích ly

Kết quả hiệu quả trích ly của phương pháp sẽ dựa trên việc so sánh khả năng trích ly giữa mẫu cà phê nguyên hạt với mẫu cà phê đã xay nhuyễn ở cùng điều kiện tối ưu từ việc khảo sát (Bảng 3).

Kết quả cho thấy, mặc dù hàm lượng các hợp chất trích ly từ mẫu nguyên hạt thấp hơn đáng kể so với mẫu xay (1101.6 ppm so với 6089.9 ppm đối với caffeine và 718.2 ppm so với 7925.8 ppm đối với CGA) nhưng hiệu quả trích ly so với mẫu xay vẫn đạt 18.09% đối với caffeine và 9.06% đối với CGA.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tiến hành tối ưu hóa quy trình trích ly hạt cà phê xanh Robusta bằng dung môi NADES được tạo thành từ acid lactic và xylitol. Kết quả phân tích cho thấy, dịch chiết thu được từ mẫu tối ưu chứa 1101.6 ppm caffeine và 718.2 ppm chlorogenic acid (CGA).

Các yếu tố như tỷ lệ rắn:lỏng, tỷ lệ nước, tỷ lệ mol thành phần NADES và thời gian trích ly được xác định là có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất thu hồi caffeine và

Bảng 3. Bảng so sánh hiệu quả trích ly hạt cà phê bằng dung môi NADES

	Mẫu cà phê nguyên hạt	Mẫu cà phê xay	Hiệu quả trích ly (%)
Nồng độ caffeine (ppm)	1101.6	6089.9	18.09
Nồng độ CGA (ppm)	718.2	7925.8	9.06

CGA. Dung môi NADES giữa xylitol và acid lactic thể hiện tiềm năng rõ rệt trong việc thay thế dung môi hữu cơ truyền thống để trích ly các hợp chất sinh học từ hạt cà phê, đặc biệt là chlorogenic acid và caffeine. Dịch chiết thu được từ quy trình này có khả năng ứng dụng trong các sản phẩm hỗ trợ sức khỏe. Ngoài ra, so với mẫu cà phê xay, lượng caffeine trong mẫu cà phê nguyên hạt sau trích ly đã giảm khoảng 18.09%, cho thấy khả năng điều chỉnh hàm lượng caffeine thông qua quy trình chiết xuất. Điều này mở ra hướng phát triển các dòng sản phẩm cà phê Robusta có hàm lượng caffeine phù hợp với từng nhóm đối tượng tiêu dùng, góp phần nâng cao giá trị sử dụng và tiềm năng thương mại của loại cà phê này. Hơn nữa, kết quả thu được từ việc đánh giá hoạt tính sinh học của dịch chiết hạt cà phê cũng đã cho thấy được tiềm năng của việc ứng dụng dịch chiết hạt cà phê từ dung môi NADES trong thực phẩm, dược phẩm. Khi đó, việc trích ly hướng đến sử dụng dịch chiết hạt cà phê sẽ cần các thiết bị hỗ trợ trích ly như các phương pháp khác nhằm tối ưu hiệu quả trích ly theo mục đích của bài báo. Để nâng cao hiệu quả trích ly, phương pháp trích ly bằng dung môi NADES có hỗ trợ sóng siêu âm cũng như phát triển sản phẩm từ hạt cà phê sau trích ly sẽ là cơ sở cho định hướng nghiên cứu trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh theo hợp đồng số 89/HĐ-ĐHBK-KHCN&DA, ngày 27/11/2024 với mã số đề tài: SVKSTN-2024-KTHH-69. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. O. Alimyar et al., “Coffea plant (Caffeine): Examining its Impact on Physical and Mental Health”, *Eur. J. Med. Heal. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 143-154, 2024, doi: 10.59324/ejmhr.2024.2(2).16.

2. S. Jung, S. Gu, S. H. Lee, and Y. Jeong, “Effect of roasting degree on the antioxidant properties of espresso and drip coffee extracted from coffea arabica cv. Java”, *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 15, 2021, doi: 10.3390/app11157025.

3. A. Vandeponseele, M. Draye, C. Piot, D. Bernard, P. Fanget, and G. Chatel, “Supercritical Carbon Dioxide in Presence of Water for the Valorization of Spent Coffee Grounds: Optimization by Response Surface Methodology and Investigation of Caffeine Extraction Mechanism”, *Foods*, vol. 11, no. 24, 2022, doi: 10.3390/foods11244089.

4. U. Złotek, M. Karaś, U. Gawlik-Dziki, U. Szymanowska, B. Baraniak, and A. Jakubczyk, “Antioxidant activity of the aqueous and methanolic extracts of coffee beans (Coffea arabica L.)”, *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, vol. 15, no. 3, pp. 281-288, 2016, doi: 10.17306/J.AFS.2016.3.27.

5. J. Q. Borja, M. M. Uy, J. S. Lim, M. E. Ong, and A. M. Ros, “Microwave - Assisted extraction of chlorogenic acid from Coffea liberica L”, *ASEAN J. Chem. Eng.*, vol. 14, no. 2, pp. 58-66, 2014, doi: 10.22146/ajche.49709.

6. Dai, Y., van Spronsen, J., Witkamp, G.-J., Verpoorte, R., & Choi, Y. H. (2013). Natural deep eutectic solvents as new potential media for green technology. *Analytica Chimica Acta*, 766, 61-68.

7. Liu, Y., Friesen, J. B., McAlpine, J. B., Lankin, D. C., Chen, S.-N., & Pauli, G. F. (2018). Natural deep eutectic solvents: Properties, applications, and perspectives. *Journal of Natural Products*, 81(3), 679-690. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00945>.

8. A. M. Syakfanaya, F. C. Saputri, and A. Mun'im, “Simultaneously extraction of caffeine and chlorogenic acid from Coffea canephora bean using natural deep eutectic solvent-based ultrasonic assisted extraction”, *Pharmacogn. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 267-271, 2019, doi: 10.5530/pj.2019.11.41.

9. P. Vo et al., “Extracting phenolics, flavonoids, and terpenoids from Codonopsis pilosula using green solvents”, *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 37, p. 101395, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.scp.2023.101395.

10. M. Ivanović, M. Islamčević Razboršek, and M. Kolar, “Innovative Extraction Techniques Using Deep Eutectic Solvents and Analytical Methods for the Isolation and Characterization of Natural Bioactive Compounds from Plant Material”, *Plants*, vol. 9, no. 11, p. 1428, Oct. 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9111428>.

11. D. Habtamu and A. Belay, “First order derivative spectra to determine caffeine and chlorogenic acids in defective and nondefective coffee beans”, *Food Sci. Nutr.*, vol. 8, no. 9, pp. 4757-4762, 2020, doi: 10.1002/fsn3.1723.



TẬN THU HỢP CHẤT SINH HỌC VÀ PECTIN TỪ VỎ SẦU RIÊNG (DURIO ZIBETHINUS MURR.) HƯỚNG ĐẾN GIẢM Ô NHIỄM VÀ PHÁT TRIỂN SẢN PHẨM GIÁ TRỊ GIA TĂNG

NGUYỄN THÀNH DƯƠNG¹, NGUYỄN VĂN DOANH², NGUYỄN ĐỨC TOÀN³

¹ Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Viện Nghiên cứu Khoa học sự sống và Môi trường

³ Cục Biển và Hải đảo Việt Nam

Tóm tắt:

Vỏ sầu riềng là phế phẩm nông nghiệp chiếm đến 60 - 70% trọng lượng quả, thường bị thải bỏ hoặc xử lý sơ sài, gây ô nhiễm môi trường và lãng phí nguồn tài nguyên sinh học. Nghiên cứu này nhằm xây dựng quy trình hai giai đoạn nhằm tận thu giá trị toàn diện từ vỏ sầu riềng gồm: (1) tách chiết các hợp chất sinh học và (2) thu hồi pectin từ phần bã. Sử dụng phương pháp chiết methanol 80% và phân tích bằng UPLC-DAD, dịch chiết thu được chứa hàm lượng cao các flavonoid như catechin (9,05 mg/g), quercetin (4,75 mg/g), rutin (3,77 mg/g). Pectin thu được có hiệu suất 5,79%, độ ester hóa thấp (22,28%), phù hợp cho ứng dụng trong bao bì sinh học và thực phẩm ít đường. Kết quả mở ra hướng tận dụng phụ phẩm hiệu quả, góp phần giảm phát thải hữu cơ và phát triển kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp.

Từ khoá: Vỏ sầu riềng, hợp chất sinh học, pectin, kinh tế tuần hoàn.

Ngày nhận bài: 26/2/2025; Ngày sửa chữa: 13/3/2025; Ngày duyệt đăng: 18/3/2025.

Valorization of durian peel (Durio zibethinus Murr.) through bioactive compound extraction and pectin recovery toward waste reduction and circular bioeconomy

Abstract:

Durian peel, accounting for 60–70% of the fruit's weight, is typically discarded or underutilized, leading to environmental pollution and bioresource wastage. This study proposes a two-step process to comprehensively valorize durian peel: (1) extraction of bioactive compounds and (2) recovery of pectin from the residue. Using 80% methanol extraction and UPLC–DAD analysis, high concentrations of flavonoids were identified: catechin (9.05 mg/g), quercetin (4.75 mg/g), and rutin (3.77 mg/g). The purified pectin yield was 5.79%, with a low degree of esterification (22.28%), suitable for applications in low-sugar foods and biodegradable packaging. These findings provide a practical approach for agricultural by-product utilization, reducing organic waste and promoting circular bioeconomy in durian-producing regions.

Keywords: Durian peel, bioactive compounds, pectin, circular economy.

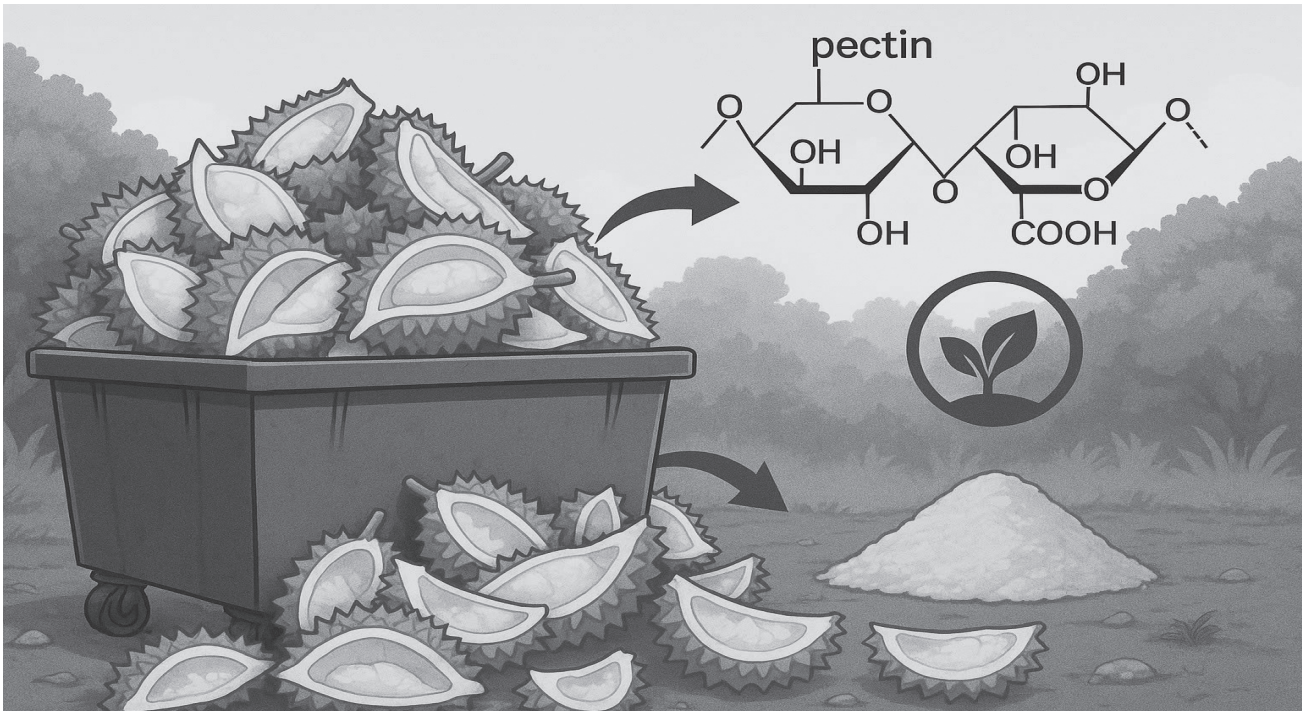
JEL Classifications: O13, O44, N50.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sầu riềng (*Durio zibethinus* Murr.) là một trong những loại cây ăn quả có giá trị kinh tế cao ở khu vực Đông Nam Á, trong đó Việt Nam đang nổi lên như một quốc gia xuất khẩu sầu riềng trọng điểm. Theo Bộ Nông nghiệp và Môi trường, tổng diện tích trồng sầu riềng tại Việt Nam đạt khoảng 131.000 ha, sản lượng ước tính gần 1,2 triệu tấn, tăng mạnh so với các năm trước đó [1]. Cây sầu riềng được trồng tập trung tại các tỉnh Tây Nguyên, Đồng bằng sông Cửu Long và Đông Nam bộ, trong đó Tiền Giang là địa phương có sản lượng sầu riềng lớn nhất cả nước với hơn 458.000 tấn quả/năm [2].

Vỏ sầu riềng là phần không ăn được, chiếm khoảng 60 - 70% trọng lượng quả [3]. Phần lớn lượng phế phẩm này hiện nay bị thải bỏ trực tiếp hoặc được xử lý sơ sài

làm phân bón, không những gây lãng phí tài nguyên sinh học, mà còn là nguồn phát thải chất thải hữu cơ quy mô lớn, tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường do phát sinh khí nhà kính như CH₄ và CO₂ trong quá trình phân hủy [4]. Trong khi đó, nhiều nghiên cứu đã cho thấy vỏ sầu riềng chứa hàm lượng đáng kể các hợp chất có hoạt tính sinh học như polyphenol và flavonoid (catechin, quercetin, rutin, procyanidin B...), với tổng hàm lượng polyphenol (TPC) có thể đạt từ 63,3 đến 245,4 mg GAE/g chất khô tùy giống và phương pháp chiết [5,6]. Đây là những chất có tiềm năng ứng dụng trong thực phẩm chức năng, dược phẩm và mỹ phẩm nhờ khả năng chống oxy hóa, kháng viêm, bảo vệ tế bào gan và tim. Bên cạnh đó, vỏ sầu riềng còn chứa lượng pectin đáng kể - một polysaccharide tự nhiên có tính chất tạo gel, giữ ẩm và tạo màng - thường được sử



Vỏ sầu riềng được chuyển hóa thành pectin, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tạo ra sản phẩm giá trị gia tăng, thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn trong lĩnh vực nông nghiệp

dụng trong công nghiệp thực phẩm, bao bì sinh học và y dược [7].

Tuy nhiên, hiện chưa có mô hình khai thác toàn diện giá trị của vỏ sầu riềng tại Việt Nam. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu xây dựng quy trình tận thu toàn phần từ vỏ sầu riềng thông qua hai giai đoạn: (1) tách chiết hợp chất sinh học (bioactive compounds) từ vỏ; (2) thu hồi pectin từ phần bã sau chiết. Quy trình này không chỉ góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường do phế thải nông nghiệp mà còn tạo ra nguồn nguyên liệu sinh học giá trị, phù hợp định hướng phát triển kinh tế tuần hoàn và nông nghiệp bền vững tại các địa phương trọng điểm trồng sầu riềng.

Vỏ sầu riềng được chuyển hóa thành pectin, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường và tạo ra sản phẩm giá trị gia tăng, thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn trong lĩnh vực nông nghiệp

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

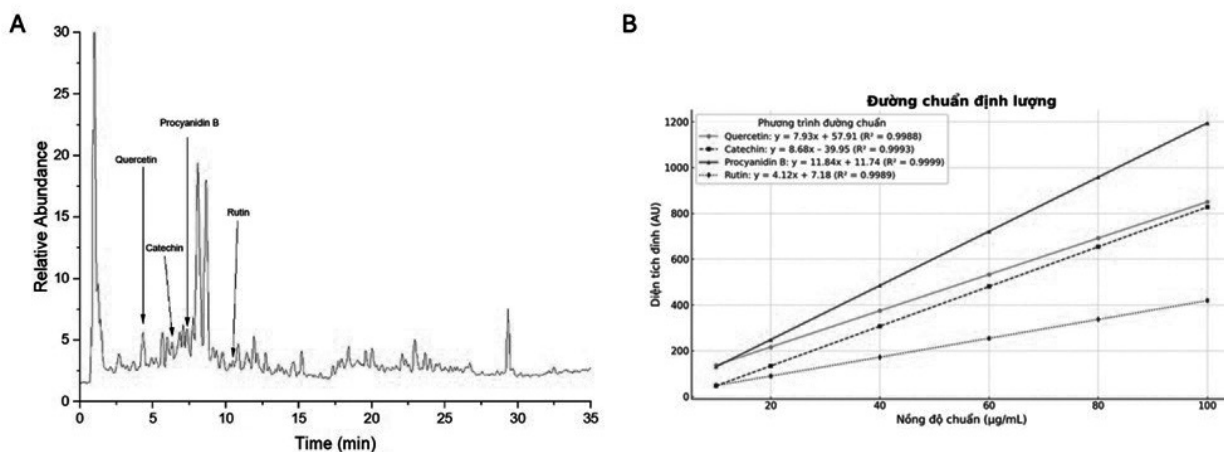
Nguyên liệu vỏ sầu riềng được thu thập từ các cơ sở thu mua tại tỉnh Tiền Giang. Giống sầu riềng sử dụng trong nghiên cứu là giống Ri6 phổ biến tại địa phương. Sau khi được làm sạch bằng nước và loại bỏ phần gai cứng, vỏ sầu riềng được thái lát mỏng (khoảng 1 cm), sấy khô đối lưu ở 50°C, sau đó nghiền và rây qua lưới 50 mesh để thu được bột mịn có kích thước từ 300 đến 400 µm. Bột được bảo quản trong túi kín, để nơi khô ráo cho các phân tích tiếp theo.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Chiết các hoạt chất có hoạt tính sinh học: bột vỏ sầu riềng được xử lý sơ bộ nhằm loại bỏ tạp chất (chlorophyll, đường tự do, sáp) bằng ethanol 99,5% theo tỷ lệ 1:10 (w/v), với sự hỗ trợ của sóng siêu âm trong ba lần, mỗi lần kéo dài 30 phút ở nhiệt độ 40 °C. Sau đó, mẫu được lọc và sấy lại. Quá trình chiết được thực hiện bằng cách ngâm 10 g bột đã xử lý trong 200 mL dung môi methanol 80% (v/v), lắc đều trong 3 giờ ở nhiệt độ phòng. Dịch chiết được ly tâm, lọc và cô đặc chân không để phân tích.

Tổng polyphenol (TPC) được xác định bằng phương pháp Folin-Ciocalteu, đo hấp thụ tại bước sóng 765 nm và biểu diễn dưới dạng mg gallic acid equivalents/g chất khô (mg GAE/g). Tổng flavonoid được đo bằng phương pháp tạo phức với AlCl₃, đọc tại 415 nm và quy đổi theo đơn vị mg quercetin equivalents/g (mg QE/g). Định lượng các hợp chất flavonoid chính như catechin, quercetin, rutin và procyanidin B được thực hiện bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao UPLC-DAD với cột C18 và bước sóng phát hiện lần lượt là 280 nm và 360 nm. Các chất chuẩn có độ tinh khiết ≥98% được sử dụng để thiết lập đường chuẩn với hệ số tương quan tuyến tính R² > 0,998.

Chiết và tinh chế pectin: Phần bã còn lại sau khi chiết các hợp chất sinh học tiếp tục được sử dụng để chiết xuất pectin. Mẫu bã được sấy sơ lại ở 50°C, sau đó 20 g mẫu được khuấy trong 800 mL nước cất, điều chỉnh pH về 4 bằng dung dịch HCl 0,4 N. Quá trình



Hình 1. (A) Kết quả sắc ký lỏng hiệu năng cao của dịch chiết methanol 80% từ vỏ sầu riềng. (B) Đường chuẩn định lượng của catechin, quercetin, rutin và procyanidin B trong dịch chiết methanol 80% từ vỏ sầu riềng

Bảng 1. Hàm lượng hợp chất sinh học trong dịch chiết methanol 80% từ vỏ sầu riềng (n = 3)

Hợp chất	Hàm lượng (mg/g chất khô)
Tổng polyphenol (TPC)	63,30 ± 0,08
Tổng flavonoid	24,56 ± 0,12
Catechin	9,05 ± 0,43
Quercetin	4,75 ± 0,27
Rutin	3,77 ± 0,24
Procyanidin B	3,43 ± 0,64

chiết pectin được thực hiện ở 90°C trong 3 giờ với tốc độ khuấy 700 vòng/phút. Dịch chiết được lọc bỏ bã và cô đặc đến thể tích khoảng 300 mL, sau đó tiến hành kết tủa bằng ethanol tuyệt đối theo tỷ lệ 1:1 (v/v) và để lạnh ở 4°C trong 1 giờ. Tủa thu được tiếp tục hòa tan lại trong nước, lọc qua giấy Whatman số 4, kết tủa lại lần hai với ethanol và được rửa ba lần bằng ethanol 70%. Cuối cùng, mẫu được sấy đông khô để thu pectin tinh khiết.

Các đặc tính hóa lý của pectin được phân tích như hàm lượng anhydrouronic acid (AUA, %) được xác định bằng phương pháp anthrone; hàm lượng methoxyl (MeO, %), độ ester hóa (DE, %) được đo bằng phương pháp chuẩn độ hai bước; khối lượng phân tử trung bình (Mv) xác định bằng phương pháp đo độ nhớt nội tại với ống đo Cannon - Fenske; độ ẩm, hàm lượng tro, khả năng giữ nước (WHC) và khả năng giữ dầu (OHC) được xác định theo các phương pháp chuẩn AOAC (1990).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần hợp chất sinh học trong vỏ sầu riềng

Phân tích dịch chiết methanol 80% từ vỏ sầu riềng cho thấy hàm lượng tổng polyphenol (TPC) đạt 63,30 ± 0,08 mg GAE/g chất khô, flavonoid tổng đạt 24,56 ± 0,12 mg QE/g. Đây là mức tương đối cao, tương đương với nhiều nguồn nguyên liệu giàu chất chống oxy hóa khác như vỏ xoài, vỏ măng cụt hoặc trà xanh khô [5,6]. Định lượng bằng UPLC–DAD cho thấy vỏ sầu riềng

chứa các flavonoid chủ yếu gồm catechin (9,05 ± 0,43 mg/g), quercetin (4,75 ± 0,27 mg/g), rutin (3,77 ± 0,24 mg/g) và procyanidin B (3,43 ± 0,64 mg/g).

Những hợp chất này đều đã được chứng minh có hoạt tính chống oxy hóa, chống viêm và kháng khuẩn mạnh [5]. Catechin là hợp chất chủ đạo, chiếm hàm lượng cao nhất trong nhóm flavonoid, đóng vai trò quan trọng trong việc trung hòa các gốc tự do - nguyên nhân gây ra stress oxy hóa trong tế bào. Các kết quả này phù hợp với nghiên cứu của He và cộng sự (2023), khi phân tích vỏ sầu riềng giống Monthong cũng xác định được hàm lượng catechin tương tự (~9 mg/g), cho thấy tính nhất quán giữa các giống và vùng địa lý [5] (Hình 1).

Việc tận thu các hợp chất sinh học này từ vỏ sầu riềng không chỉ giúp giảm lượng chất hữu cơ dễ phân hủy gây ô nhiễm môi trường, mà còn mở ra hướng phát triển các chế phẩm sinh học có giá trị sử dụng cao như phụ gia thực phẩm tự nhiên, hoạt chất chống oxy hóa trong mỹ phẩm hoặc chất bảo quản sinh học (Bảng 1).

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ ethanol đến hàm lượng polyphenol tổng và hoạt tính chống oxy hóa

Đặc tính pectin thu từ vỏ sầu riềng

Sau khi chiết các hợp chất sinh học, phần bã còn lại được sử dụng để thu pectin bằng phương pháp acid nóng. Kết quả cho thấy hiệu suất pectin tinh sạch đạt 5,79 ± 0,23 % so với khối lượng chất khô ban đầu

Bảng 2. Tính chất hóa lý của pectin thu từ vỏ sầu riêng

Chỉ tiêu	Kết quả (±SD)
Hiệu suất thu pectin (%)	5,79 ± 0,23
Anhydrouronic acid (AUA, %)	58,07 ± 1,19
Methoxyl (MeO, %)	0,85 ± 0,18
Độ ester hóa (DE, %)	22,28 ± 1,73
Khối lượng phân tử (Mv, kDa)	24,75 ± 1,04
Độ ẩm (%)	7,35 ± 0,61
Tro (%)	6,35 ± 0,40
WHC (g/g)	1,89 ± 0,28
OHC (g/g)	2,19 ± 0,14

– một mức hiệu suất khả quan so nghiên cứu gần đây [7]. Pectin thu được có hàm lượng anhydrouronic acid (AUA) 58,07 ± 1,19 %, gần trong khoảng yêu cầu của FAO (>65%) đối với pectin thương mại. Về cấu trúc, độ ester hóa (DE) 22,28 ± 1,73 % và hàm lượng methoxyl (MeO) 0,85 ± 0,18 % cho thấy pectin thuộc nhóm low-methoxyl pectin (LMP), có khả năng tạo gel với ion Ca²⁺ (ưu tiên cơ chế gel hóa ion hóa) thay vì phụ thuộc vào hàm lượng đường. Đây là một đặc tính quan trọng để ứng dụng trong mứt ít đường, thực phẩm chức năng cho người tiểu đường, cũng như làm vật liệu màng bao sinh học và tác nhân dẫn thuốc trong y dược.

Ngoài ra, các chỉ tiêu chức năng và vật lý hóa học pectin thu được còn có khả năng giữ nước (WHC) và giữ dầu (OHC) ở mức trung bình – lần lượt là 1,89 ± 0,28 g/g và 2,19 ± 0,14 g/g – cho thấy có khả năng ứng dụng làm chất ổn định trong thực phẩm nhũ tương hoặc tạo độ nhớt cho sản phẩm dạng gel [7]. Khối lượng phân tử trung bình (Mv) được xác định ở mức 24,75 ± 1,04 kDa, phù hợp với nhóm pectin có khả năng phân tán tốt và không quá nhớt - thuận lợi cho tạo màng hoặc ứng dụng trong dược phẩm (Bảng 2).

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy vỏ sầu riêng - một loại phế phẩm nông nghiệp chiếm đến 60 - 70% trọng lượng quả – không chỉ là nguồn thải hữu cơ gây ô nhiễm môi trường nếu không được xử lý đúng cách, mà còn là nguồn nguyên liệu giàu giá trị sinh học có thể khai thác hiệu quả. Dịch chiết methanol 80% từ vỏ sầu riêng chứa hàm lượng cao các hợp chất phenolic và flavonoid, đặc biệt là catechin, quercetin và rutin – những hoạt chất đã được chứng minh có khả năng chống oxy hóa mạnh. Đồng thời, phần bã sau chiết cũng cho hiệu suất thu pectin tinh sạch đạt 5,79%, với đặc tính hóa lý phù hợp cho ứng dụng công nghiệp, đặc biệt là pectin loại low methoxyl (DE ≈ 22%) – thích hợp làm chất tạo gel trong thực phẩm ít đường, vật liệu màng sinh học và tá dược kiểm soát giải phóng thuốc.

Việc áp dụng quy trình xử lý hai giai đoạn (tách hợp chất sinh học - thu hồi pectin) giúp tận dụng tối đa nguồn nguyên liệu dư thừa từ ngành hàng sầu riêng, đồng thời góp phần giảm thiểu chất thải rắn hữu cơ, hạn chế phát sinh khí nhà kính từ quá trình phân hủy và thúc đẩy mô hình kinh tế tuần hoàn trong nông nghiệp. Trường hợp nghiên cứu tại tỉnh Tiền Giang - nơi sản xuất sầu riêng lớn nhất cả nước - cho thấy tiềm năng ứng dụng thực tế rõ ràng, hoàn toàn có thể nhân rộng thành mô hình công nghiệp quy mô nhỏ đến vừa tại các vùng trồng cây ăn quả trọng điểm.

Kết quả nghiên cứu này là cơ sở khoa học để đề xuất các mô hình xử lý phụ phẩm nông nghiệp có định hướng giảm phát thải, tăng giá trị sử dụng, hướng đến phát triển bền vững ngành nông nghiệp và môi trường nông thôn. Nghiên cứu cũng đặt nền tảng cho các bước tiếp theo trong việc phát triển sản phẩm ứng dụng (gel thực phẩm, màng sinh học, dược liệu...) từ nguồn nguyên liệu tái tạo và thân thiện với môi trường■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Nông nghiệp & Phát triển nông thôn (2023). Báo cáo ngành hàng trái cây – Diễn đàn quốc gia 2023. Cục Trồng trọt.

2. Báo Ấp Bắc (2024). Siết chặt quản lý chất lượng sầu riêng. Truy cập: <https://baoapbac.vn>.

3. Ahmad, A., et al. (2023). Transforming agricultural waste into value: An overview on durian peel utilization. *Journal of Environmental Management*, 348, 119261. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119261>.

4. Trịnh Thị Thu Huyền, Nguyễn Văn Hòa (2021). Tiềm năng phát thải khí nhà kính từ rác hữu cơ tại đô thị Việt Nam. *Tạp chí Môi trường*, 12, 14–20.

5. He, Y., et al. (2023). The profiles of durian (*Durio zibethinus* Murr.) shell phenolics and their antioxidant effects. *Food Research International*, 163, 112122. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112122>.

6. Muhtadi, M., & Ningrum, U. S. (2019). Standardization of durian fruit peels extract from Monthong and Medan variety. *Journal of Physics: Conference Series*, 1375(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1375/1/012027>.

7. Nguyen, A., et al. (2024). Pectin from durian peel (*Durio zibethinus* Murr.) - a novel reducing and stabilizing agent: Physicochemical properties, green synthesis of silver nanoparticles and antimicrobial properties. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 8, 100623. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100623>.



XÂY DỰNG BỘ CHỈ THỊ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ CÔNG TÁC BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG CHO CÁC CƠ SỞ SẢN XUẤT, KINH DOANH VÀ DỊCH VỤ – NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TP. THỦ DẦU MỘT

DƯƠNG QUÁCH KIM NGÂN¹, NGUYỄN HIỀN THÂN²

¹ Viện đào tạo sau đại học, Trường Đại học Thủ Dầu Một

² Trung tâm tư vấn Trung hòa các-bon, Trường Đại học Thủ Dầu Một

Tóm tắt:

Thực hiện công tác BVMT là một trong những hoạt động thường xuyên của cơ sở sản xuất, kinh doanh dịch vụ. Đánh giá hiệu quả công tác BVMT là thước đo quan trọng cho công tác quản lý. Nghiên cứu nhằm xây dựng bộ chỉ thị phục vụ đánh giá hiệu quả công tác BVMT cho các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ. Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp thu thập tài liệu, phân tích đa tiêu chí và chuyên gia để xây dựng bộ chỉ thị đánh giá kết quả công tác BVMT cho các cơ sở sản xuất, kinh doanh và dịch vụ. Bộ chỉ thị bao gồm 23 chỉ thị thuộc 5 nhóm thành phần của mô hình động lực - sức ép - hiện trạng - tác động - đáp ứng (PDSIR) được sàng lọc thông qua tiêu chí SMART (viết tắt của 5 tiêu chí: Tính cụ thể, đo lường được, khả năng thực hiện, tính thực tế, khung thời gian) và 10 chuyên gia, chuyên viên trong lĩnh vực môi trường. Bộ chỉ thị là công cụ đa tiêu chí hữu ích để phân loại và xếp hạng của cơ sở trong công tác BVMT. Bên cạnh đó, bộ chỉ thị còn giúp nâng cao ý thức BVMT, minh bạch thông tin và tạo sự nỗ lực cho cơ sở sản xuất kinh doanh, dịch vụ hướng đến giữ gìn môi trường, trách nhiệm với cộng đồng.

Từ khóa: Chỉ thị, BVMT, cơ sở sản xuất, TP. Thủ Dầu Một.

Ngày nhận bài: 26/2/2025; **Ngày sửa chữa:** 18/3/2025; **Ngày duyệt đăng:** 29/3/2025.

Developing indicators for evaluating environmental protection performance of manufacturing, business, and service enterprises – a case study of Thu Dau Mot city

Abstract:

Environmental protection assessment is a routine activity for production, business, and service enterprises. Implementing environmental protection measures is not only a mandatory task to comply with environmental protection laws but also a measure of competitiveness in production and business operations. This study employed multi-criteria analysis, expert consultation, and the AHP method to establish a set of indicators for evaluating the performance of environmental protection efforts in various establishments. The indicator set comprises 23 indicators categorized into 5 component groups of the PDSIR model, which were filtered using SMART criteria and the input of 10 experts and specialists in the environmental field. This indicator set provides as a useful multi-criteria tool for classifying and ranking the facilities based on their environmental protection performance.

Keywords: Indicator, environmental protection, production enterprises, Thu Dau Mot City.

JEL Classifications: O13, O44, Q57.

1. GIỚI THIỆU

Quản lý môi trường hiệu quả đòi hỏi các công cụ chính sách, phương pháp đo lường phù hợp để theo dõi tình trạng môi trường, đánh giá hiệu quả của các hoạt động và định hướng cho các quyết định trong tương lai. Để đánh giá toàn diện các vấn đề môi trường, chỉ thị (indicators) và chỉ số môi trường đóng vai trò trung tâm. Hệ thống các chỉ thị môi trường được phát triển từ rất sớm trên thế giới. Các tổ chức như Cơ quan BVMT Hoa Kỳ (EPA), Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế (OECD), Cơ quan Môi trường châu Âu (EEA) đã

đưa ra nhiều tiêu chí lựa chọn các chỉ thị môi trường. Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP) đã xây dựng 25 chỉ thị phát triển bền vững (SDG) với nhiều mục tiêu khác nhau. UNEP chịu trách nhiệm phát triển các phương pháp SDG, hợp tác với các cơ quan thống kê quốc gia để thu thập và xem xét dữ liệu SDG (Von Schirnding, 2022). Chỉ số hiệu suất Môi trường (Environmental Performance Index - EPI) được phát triển bởi Đại học Yale và Columbia, EPI xếp hạng các quốc gia dựa trên hiệu quả hoạt động môi trường theo hai lĩnh vực chính sách lớn: Sức khỏe môi trường

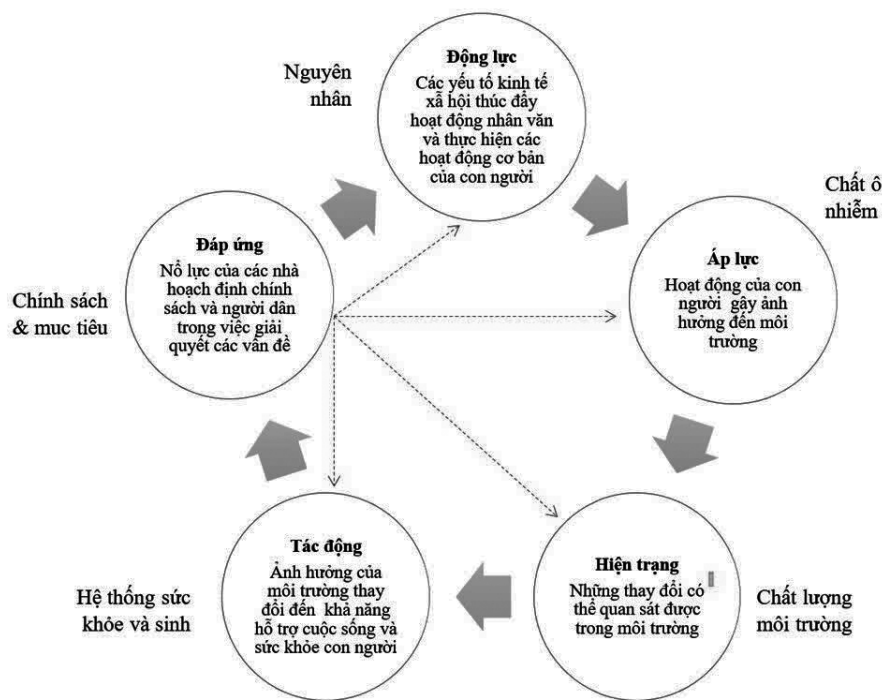
và sức sống hệ sinh thái, sử dụng nhiều chỉ số định lượng (Yale Center for Environmental Law & Policy & Center for International Earth Science Information Network, Columbia University, 2024). Chỉ số bền vững môi trường (Environmental Sustainability Index) được thực hiện bởi Trung tâm Luật và Chính sách môi trường Yale, Đại học Yale và Trung tâm quốc tế nghiên cứu Mạng lưới Thông tin Khoa học trái đất (CIESIN) thuộc Đại học Columbia (Yale University & Columbia University, 2005). Environmental Sustainability Index for Indian States 2009 được thực hiện bởi Trung tâm Phát triển tài chính - Viện nghiên cứu và phát triển tài chính Chennai Ấn Độ (Centre for Development Finance, 2009). Đến năm 2025, chỉ số hoạt động môi trường vẫn là chỉ số tổng hợp được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay.

Việt Nam trong các năm qua đã có nhiều văn bản, nghiên cứu phát triển các chỉ thị môi trường và chỉ số để phục vụ cho việc quản lý môi trường. Theo Bộ TN&MT (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), chỉ thị (indicator) là thông số cơ bản phản ánh các yếu tố đặc trưng của môi trường phục vụ mục đích đánh giá, theo dõi diễn biến chất lượng môi trường, lập Báo cáo hiện trạng môi trường (Bộ TN&MT, 2009a). Chỉ số là giá trị tích hợp đánh giá sự biến đổi về TN&MT được tính toán từ một số các chỉ thị (Bộ TN&MT, 2009a). Trong thời gian qua, Việt Nam đã ban hành các chỉ thị và chỉ số môi trường phục vụ cho công tác quản lý và đánh giá môi trường. Thông tư số 08/2010/TT-BTNMT ngày 18/3/2010 của Bộ TN&MT về việc xây dựng Báo cáo môi trường quốc gia, báo cáo hình ảnh tác động môi trường của ngành, lĩnh vực và Báo cáo hiện trạng môi trường cấp tỉnh. Thông tư này yêu cầu việc Báo cáo hiện trạng môi trường phải được xây dựng theo mô hình DPSIR và sử dụng các Bộ chỉ thị môi trường để thu thập thông tin, dữ liệu (Bộ TN&MT, 2010). Thông tư số 43/2015/TT-BTNMT ngày 29/9/2015 về Báo cáo hiện trạng môi trường, bộ chỉ thị môi trường và quản lý số liệu quan trắc môi trường. Bộ chỉ thị môi trường quốc gia bao gồm 36 chỉ thị môi trường, 93 chỉ thị thứ cấp được phân thành 5 nhóm, gồm: Chỉ thị động lực; Chỉ thị sức ép; Chỉ thị hiện trạng; Chỉ thị tác động; Chỉ thị đáp ứng (Bộ TN&MT, 2015). Thông tư số 73/2017/TT-BTNMT ngày 29/12/2017 của Bộ TN&MT về hệ thống chỉ tiêu thống kê ngành TN&MT bao gồm 84 chỉ tiêu với 13 lĩnh vực: Đất đai, tài nguyên nước, tài nguyên khoáng sản địa chất, môi trường, khí tượng thủy văn và biến đổi khí hậu, đo đạc bản đồ và thông tin địa lý, biển và hải đảo, viễn thám, thanh tra, tổ chức cán bộ, giáo dục và đào tạo, hợp tác quốc tế, khoa học và công nghệ, kế hoạch – tài chính (Bộ TN&MT, 2017). Năm 2019, Bộ TN&MT ban hành chỉ số đánh

giá kết quả BVMT của các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương. Chỉ số đánh giá bao gồm 27 chỉ thị thuộc nhiều thành phần môi trường khác nhau. Gần đây, Bộ TN&MT đã ban hành Thông tư số 10/2023/TT-BTNMT ngày 1/11/2023 Quy định bộ chỉ tiêu thống kê tăng trưởng xanh. Danh mục chỉ tiêu thống kê tăng trưởng xanh được chia thành 4 mục tiêu cụ thể gồm: Mục tiêu về giảm cường độ phát thải khí nhà kính trên GDP; xanh hóa các ngành kinh tế; xanh hóa lối sống và thúc đẩy tiêu dùng bền vững; xanh hóa quá trình chuyển đổi trên nguyên tắc bình đẳng, bao trùm, nâng cao năng lực chống chịu (Bộ TN&MT, 2023). Năm 2025, Bộ TN&MT đã ban hành Quyết định số 383/QĐ-BTNMT ký ngày 10/2/2025 thay thế Quyết định số 2782/QĐ-BTNMT ngày 31/10/2019. Chỉ số đánh giá kết quả BVMT của địa phương, PEPI (Provincial Environmental Protection Index, bao gồm 20 chỉ thị, giảm 7 chỉ thị so với năm 2019. Bộ chỉ số được cấu trúc thành 3 nhóm: Đánh giá mức độ thực thi nhiệm vụ quản lý nhà nước về BVMT; Đánh giá công tác BVMT, bảo vệ sức sống hệ sinh thái, bảo vệ hệ thống khí hậu; Đánh giá mức độ hài lòng của người dân về chất lượng môi trường sống.

Vương Thế Hoàn bằng phương pháp MCA, AHP, PCA,... đã xây dựng bộ chỉ thị đánh giá tăng trưởng xanh với 9 chủ đề (chất lượng môi trường, sức khỏe, giao thông, giảm rủi ro, xã hội, kinh tế, quản lý môi trường, giáo dục và việc làm) và 18 chỉ thị thành phần để đánh giá, phân hạng cho quận, huyện tại TP. Hồ Chí Minh. Kết quả cho thấy có 2 quận thuộc nhóm kém tăng trưởng xanh, 12 quận thuộc nhóm tăng trưởng trung bình và 2 quận thuộc nhóm tăng trưởng cao (Nguyễn Lê Hoàn, 2014). Huỳnh Thị Tam Tiên (năm 2011) đã xây dựng được bộ thông số, chỉ thị cấu thành chỉ số bền vững môi trường ESI và chỉ số kết quả hoạt động môi trường EPI, nhằm đánh giá tính bền vững môi trường và mức độ thực thi chính sách môi trường EPI tỉnh Bình Dương trong giai đoạn 2005 – 2010 bằng phương pháp BoTG, chuẩn hóa số liệu theo quy tắc logic mờ, trọng số khách quan (AHP). Qua đó, để xuất thước đo sự bền vững môi trường và mức độ thực thi chính sách môi trường, làm cơ sở áp dụng cho các tỉnh khác.

Như vậy, việc áp dụng chỉ thị và chỉ số trong công tác BVMT đã được Việt Nam đặc biệt quan tâm trong thời gian qua. Các nghiên cứu áp dụng chỉ thị và chỉ số trong đánh giá các vấn đề hoạt động môi trường cũng đã nhận được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học. Tuy nhiên, hiện nay, Bộ TN&MT chỉ mới xây dựng chỉ thị đánh giá hiệu quả công tác BVMT cho các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương. Trong khi đó, các cơ sở sản xuất kinh doanh, dịch vụ là chủ thể thực hiện



Mô hình DPSIR

hoạt động kinh tế và chịu sự quản lý của cơ quan chức năng nhưng chưa có một thước đo đánh giá một cách định lượng và tường minh. Do đó, trong nghiên cứu đề xuất bộ chỉ thị phục vụ đánh giá hiệu quả công tác BVMT cho các cơ sở. Bộ chỉ thị sẽ hỗ trợ các nhà quản lý đánh giá nhanh chóng và rõ ràng mức độ tuân thủ của các cơ sở sản xuất. Bộ chỉ thị có thể đo lường định lượng và dễ dàng chia sẻ thông tin BVMT của cơ sở sản xuất đến cộng đồng trong khu vực.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp tham khảo tài liệu

Nghiên cứu tham khảo các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đánh giá hoạt động môi trường như Bộ chỉ thị môi trường OECD, chỉ số hoạt động môi trường.... Các văn bản quy định pháp luật Việt Nam quy định về các chỉ thị và chỉ số môi trường như chỉ số đánh giá hiệu quả trong công tác BVMT (Bộ TN&MT, 2025), hệ thống chỉ tiêu thống kê ngành TN&MT (Bộ TN&MT, 2017)... được tham chiếu trong quá trình đề xuất và sàng lọc các chỉ thị môi trường.

2.2. Phương pháp sàng lọc chỉ thị

Phương pháp phân tích đa tiêu chí được sử dụng để sàng lọc bộ chỉ thị đánh giá hiệu quả hoạt động BVMT cấp cơ sở. Tiêu chí SMART được sử dụng là thước đo sàng lọc sơ bộ các chỉ thị đánh giá hiệu quả hoạt động BVMT. Phương pháp SMART là phương pháp hỗ trợ ra quyết định dựa trên các dựa trên 5 thành phần: Specific (Tính cụ thể), Measurable (Đo lường được), Achievable (Khả năng thực hiện), Realistic (Tính thực tế), Time-bound (Khung thời gian) (Raudhah, 2023).

2.3. Phương pháp tham vấn chuyên gia

Bộ chỉ thị đánh giá hiệu quả hoạt động BVMT được sàng lọc cấp độ 2 thông qua tham vấn ý kiến các chuyên gia. Tác giả đã tiến hành lựa chọn 10 chuyên gia trong lĩnh vực môi trường để tham gia vào quá trình tham vấn và ra quyết định, với mục tiêu đảm bảo tính đa dạng và toàn diện trong các ý kiến đóng góp. Trong số này, có 5 chuyên gia hoạt động tại các cơ sở giáo dục đại học, những người này chủ yếu là các giảng viên, nghiên cứu viên và các chuyên gia trong lĩnh vực nghiên cứu môi trường, với bề dày kinh nghiệm trong việc giảng dạy, nghiên cứu và phát triển các giải pháp môi trường bền vững. Các chuyên gia này không chỉ có kiến thức lý thuyết sâu rộng mà còn có khả năng ứng dụng các phương pháp nghiên cứu khoa học vào thực tiễn BVMT.

Phương pháp tham vấn chuyên gia được thực hiện thông qua bảng câu hỏi. Phương pháp chọn mẫu có chủ đích được sử dụng vì nội dung khảo sát yêu cầu cao về mặt chuyên môn và thực tiễn. Cuộc tham vấn được thực hiện từ tháng 12/2024 – 3/2025.

Tác giả tổng hợp các ý kiến và tiến hành điều chỉnh các chỉ thị môi trường dựa trên góp ý của các chuyên gia.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cơ sở lựa chọn bộ chỉ thị

3.1.1. Thế giới

Nghiên cứu nhằm đề xuất một bộ chỉ thị để đánh giá và theo dõi công tác BVMT tại các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ ở Việt Nam. DPSIR làm khung cấu trúc cho bộ chỉ thị. Nhiều nghiên cứu sử dụng

Bảng 1. Bộ chỉ thị sơ bộ

STT	Tên chỉ thị thứ cấp	S	M	A	R	T
1	Số lao động	X	X	X	X	X
2	Số lượng cán bộ, công nhân viên ngành TN&MT	X	X	X	X	X
3	Thu nhập bình quân đầu người của người lao động	X	X	X	X	X
4	Vốn đầu tư phát triển dự án	X	X	X	X	X
5	Lưu lượng phát sinh nước thải trong một ngày	X	X	X	X	X
6	Tổng lưu lượng khí thải phát sinh	X	X	X	X	X
7	Thải lượng BOD bình quân đầu người	X	X	X	X	X
8	Thải lượng COD bình quân đầu người	X	X	X	X	X
9	Tỷ lệ khối lượng chất thải nguy hại phát sinh	X	X	X	X	X
10	Tỷ lệ chất thải rắn được phân loại tại nguồn	X	X	X	X	X
11	Tỷ lệ chất thải (bao gồm nước thải, chất thải...) được tái chế, tái sử dụng trên năm	X	X	X	X	X
12	Tỷ lệ chất thải nguy hại được thu gom và chuyển giao xử lý đáp ứng yêu cầu BVMT	X	X	X	X	X
13	Chỉ số AQI ngày	X	X	X	X	X
14	Tỷ lệ diện tích cây xanh	X	X	X	X	X
15	Sản lượng điện sản xuất từ năng lượng tái tạo	X	X	X	X	X
16	Tỷ lệ công nhân đi lại bằng phương tiện giao thông công cộng/phương tiện thân thiện với môi trường	X	X	X	X	X
17	Tỷ lệ các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ sử dụng năng lượng xanh so với tổng số các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ đang lưu hành tại cơ sở	X	X	X	X	X
18	Tỷ lệ % áp dụng công nghệ sạch, công nghệ tiên tiến, công nghệ cao phát thải carbon thấp trong sản xuất	X	X	X	X	X
19	Số lượng các chứng nhận quản lý môi trường được cấp (ISO 14001, ISO 45001, Nhân sinh thái, Green Facory, Sách xanh...)	X	X	X	X	X
20	Tỷ lệ chi ngân sách hàng năm cho công tác BVMT	X	X	X	X	X
21	Số vụ sự cố môi trường xảy ra trong năm	X	X	X	X	X
22	Số vụ hỏa chất rò rỉ/cháy nổ/điện xảy ra trong năm	X	X	X	X	X
23	Tổng số đơn, vụ việc về tranh chấp, khiếu nại, tố cáo về môi trường	X	X	X	X	X
24	Các chỉ tiêu môi trường lao động đảm bảo	X	X	X	X	X
25	Tỷ lệ công nhân viên được trang bị bảo hộ lao động tại khu vực sản xuất có mối nguy hại cao	X	X	X	X	X
26	Tỷ lệ công nhân bị mắc bệnh nghề nghiệp	X	X	X	X	X

Ghi chú: S (Specific - Tính cụ thể), M (Measurable - Đo lường được), A (Achievable - Khả năng thực hiện), R (Realistic - Tính thực tế), T (Time-bound - Khung thời gian).

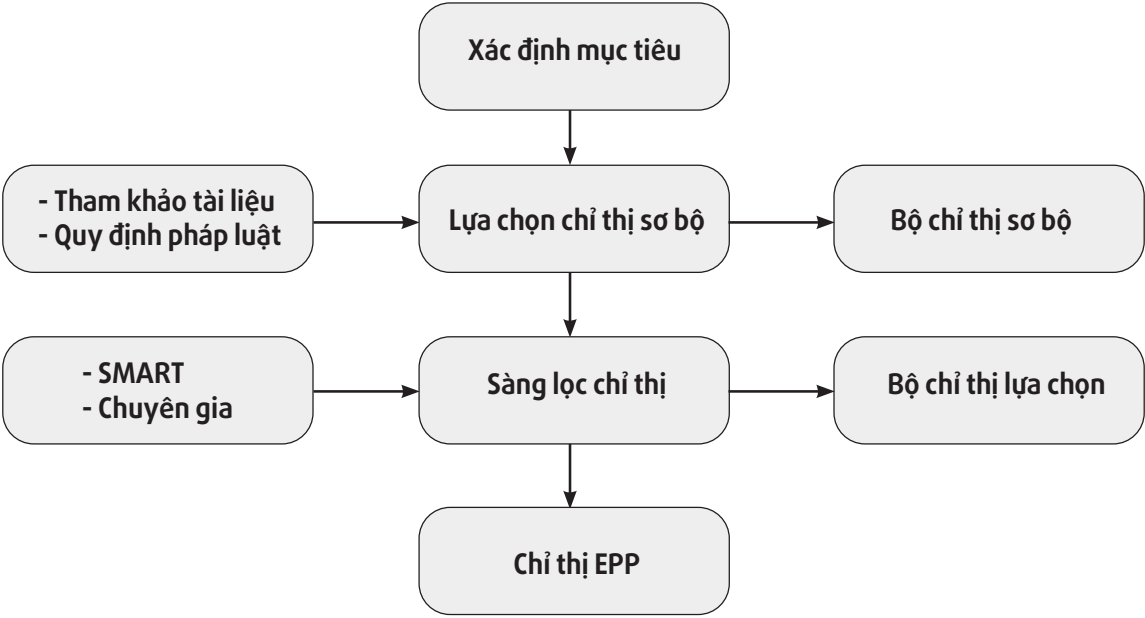
DPSIR để cung cấp một cấu trúc toàn diện cho việc lựa chọn chỉ thị trong các lĩnh vực đa dạng như quản lý tài nguyên nước (Giupponi & Sgobbi, 2013), đánh giá môi trường đô thị (Zhang et al., 2015), đánh giá sức khỏe hệ sinh thái (Ouyang et al., 2020) hay quản lý môi trường công nghiệp (Gabrielsen & Bosch, 2003). Ưu điểm của DPSIR là khả năng liên kết các hoạt động của con người với những thay đổi môi trường và các biện

pháp ứng phó. Tác giả đã dựa trên tổng quan tài liệu và các quy định pháp luật hiện hành của Việt Nam để xây dựng danh sách chỉ thị ban đầu. Việc xây dựng bộ chỉ thị đánh giá hiệu quả hoạt động BVMT của doanh nghiệp là phù hợp. Nghiên cứu đã vận dụng khung pháp lý của Việt Nam và quốc tế.
Bộ chỉ thị này so với các Khung đánh giá Quốc tế ISO 14031:2021 (Environmental management -



Bảng 2. Kết quả khảo sát chuyên gia

STT	Bộ chỉ thị	Phù hợp	Không phù hợp
1	Số lao động	10/10	
2	Số lượng cán bộ, công nhân viên ngành TN&MT	9/10	1/10
3	Thu nhập bình quân đầu người của người lao động	7/10	3/10
4	Vốn đầu tư phát triển dự án	8/10	2/10
5	Lưu lượng phát sinh nước thải trong một ngày	10/10	
6	Tổng lưu lượng khí thải phát sinh	10/10	
7	Thải lượng BOD bình quân đầu người	9/10	1/10
8	Thải lượng COD bình quân đầu người	7/10	3/10
9	Tỷ lệ khối lượng chất thải nguy hại phát sinh	10/10	
10	Tỷ lệ chất thải rắn được phân loại tại nguồn	10/10	
11	Tỷ lệ chất thải (bao gồm nước thải, chất thải...) được tái chế, tái sử dụng trên năm	10/10	
12	Tỷ lệ chất thải nguy hại được thu gom và chuyển giao xử lý đáp ứng yêu cầu BVMT	10/10	
13	Chỉ số AQI ngày	1/10	9/10
14	Tỷ lệ diện tích cây xanh	8/10	2/10
15	Sản lượng điện sản xuất từ năng lượng tái tạo	9/10	1/10
16	Tỷ lệ công nhân đi lại bằng phương tiện giao thông công cộng/ phương tiện thân thiện với môi trường	6/10	4/10
17	Tỷ lệ các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ sử dụng năng lượng xanh so với tổng số các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ đang lưu hành tại cơ sở	6/10	4/10
18	Tỷ lệ % áp dụng công nghệ sạch, công nghệ tiên tiến, công nghệ cao phát thải carbon thấp trong sản xuất	10/10	
19	Số lượng các chứng nhận quản lý môi trường được cấp (ISO 14001, ISO 45001, Nhân sinh thái, Green Facory, Sách xanh...)	10/10	
20	Tỷ lệ chi ngân sách hằng năm cho công tác BVMT	10/10	
21	Số vụ sự cố môi trường xảy ra trong năm	9/10	1/10
22	Số vụ hóa chất rò rỉ/chảy nổ/ điện xảy ra trong năm	9/10	1/10
23	Tổng số đơn, vụ việc về tranh chấp, khiếu nại, tố cáo về môi trường	8/10	2/10
24	Các chỉ tiêu môi trường lao động đảm bảo	10/10	
25	Tỷ lệ công nhân viên được trang bị bảo hộ lao động tại khu vực sản xuất có mối nguy hại cao	10/10	
26	Tỷ lệ công nhân bị mắc bệnh nghề nghiệp	9/10	1/10



Quy trình sàng lọc bộ chỉ thị đánh giá kết quả công tác bảo vệ môi trường cấp cơ sở

Environmental performance evaluation - Guidelines). Tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn về cách thiết kế và sử dụng các chỉ số đánh giá hiệu quả hoạt động môi trường (EPIs). ISO 14031 không đưa ra một bộ chỉ thị cố định mà nhấn mạnh việc doanh nghiệp tự lựa chọn các chỉ số phù hợp với bối cảnh hoạt động, mục tiêu môi trường và các khía cạnh môi trường có ý nghĩa của mình. Các chỉ số thường được phân loại thành chỉ số tình trạng môi trường (ECIs - Environmental Condition Indicators) và chỉ số hoạt động môi trường (EPIs), trong đó EPIs lại chia thành chỉ số hoạt động quản lý (MPIs - Management Performance Indicators) và chỉ số hoạt động vận hành (OPIs - Operational Performance Indicators). Bộ 26 chỉ thị đề xuất trong nghiên cứu có thể xem là một tập hợp các OPIs và MPIs cụ thể hóa (ISO, 2021).

Tiêu chuẩn báo cáo ban đầu toàn cầu (Global Reporting Initiative (GRI) Standards) là bộ tiêu chuẩn quốc tế phổ biến nhất về báo cáo bền vững, bao gồm các chỉ số về môi trường, xã hội và quản trị (ESG). Phần Môi trường của GRI (chủ yếu là Chuỗi GRI 300) yêu cầu công bố thông tin chi tiết về nhiều chủ đề như nguyên vật liệu, năng lượng, nước và nước thải, đa dạng sinh học, phát thải (khí nhà kính, chất ô nhiễm không khí), chất thải, tuân thủ môi trường, đánh giá nhà cung cấp về môi trường. Bộ 26 chỉ thị của nghiên cứu bao phủ nhiều chủ đề tương tự GRI.

3.1.2. Cơ sở pháp lý của Việt Nam

Theo Điều 53 Luật BVMT năm 2020, Nghị định số 08/2022/NĐ-CP ngày 10/1/2022 quy định chi tiết một

số điều của Luật BVMT, Nghị định số 05/2025/NĐ-CP ban hành ngày 6/1/2025 của Chính phủ sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 08/2022/NĐ-CP, Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/1/2022 quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật BVMT và Thông tư số 07/2025/TT-BTNMT đã quy định chi tiết các yêu cầu về báo cáo công tác BVMT định kỳ cho doanh nghiệp. Các báo cáo này thường yêu cầu cung cấp thông tin về tiêu thụ năng lượng, nước, hóa chất; phát sinh và quản lý nước thải, khí thải, chất thải rắn, chất thải nguy hại; các biện pháp BVMT đã thực hiện; giấy phép môi trường... Bộ chỉ thị đề xuất trong nghiên cứu có nhiều điểm tương đồng và cụ thể hóa các yêu cầu báo cáo này thành các chỉ số đo lường được (ví dụ: Tỷ lệ tái chế, tỷ lệ chất thải nguy hại được xử lý đúng quy định). Bộ chỉ thị cũng tham chiếu dựa vào Quyết định số 2782/QĐ-BTNMT ngày 31/10/2019 của Bộ TN&MT (Bộ TN&MT, 2019) như tỷ lệ cơ sở có nước thải, sự cố môi trường, chất thải. Bộ chỉ thị môi trường trong Thông tư số 43/2015/TT-BTNMT ngày 29/9/2015 (Bộ TN&MT, 2015) như diện tích cây xanh, lượng nước thải công nghiệp... Thông tư số 73/2017/TT-BTNMT ngày 29/12/2017 của Bộ TN&MT cũng là một trong những văn bản tạo tiền đề cho việc xây dựng bộ chỉ thị trong nghiên cứu này.

3.2. Bộ chỉ thị đánh giá hiệu quả công tác BVMT sơ bộ

Việc áp dụng tiêu chí SMART giúp tăng tính khả thi và thực tiễn khi áp dụng bộ chỉ thị vào đánh giá. Bộ chỉ thị được xây dựng dựa trên bối cảnh quy định và thực tiễn của Việt Nam (Bảng 1).



Bảng 3. Kết quả chỉ thị thuộc 5 nhóm của mô hình DPSIR

STT	Tên chỉ thị thứ cấp	Đơn vị tính	Nhóm chỉ thị
1	Thu nhập bình quân đầu người của người lao động	triệu đồng/năm	D
2	Số lao động	người	D
3	Số lượng cán bộ, công nhân viên ngành TN&MT	Người	D
4	Vốn đầu tư phát triển dự án	Tỷ đồng	D
5	Số vụ sự cố môi trường/rò rỉ/cháy nổ/điện xảy ra trong năm	Vụ	I
6	Tỷ lệ công nhân viên được trang bị bảo hộ lao động tại khu vực sản xuất có mối nguy hại cao	%	I
7	Tỷ lệ công nhân bị mắc bệnh nghề nghiệp	%	I
8	Thải lượng BOD bình quân đầu người	kg/ngày	P
9	Thải lượng COD bình quân đầu người	kg/ngày	P
10	Tỷ lệ khối lượng CTNH/tổng khối chất thải phát sinh	%	P
11	Tổng lưu lượng khí thải phát sinh	m ³ /ngày	P
12	Số lượng các chứng nhận quản lý môi trường được cấp (ISO 14001, ISO 45001, Nhân sinh thái, Green Facory...)	Chứng nhận	R
13	Tỷ lệ công nhân đi lại bằng phương tiện giao thông công cộng/ phương tiện thân thiện với môi trường	%	R
14	Tổng số tiền chi ngân sách hàng năm cho công tác BVMT/trên lợi nhuận	triệu đồng/năm	R
15	Tỷ lệ các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ sử dụng năng lượng xanh so với tổng số các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ đang lưu hành tại cơ sở	%	R
16	Tỷ lệ % áp dụng công nghệ sạch, công nghệ tiên tiến, công nghệ cao phát thải carbon thấp trong sản xuất	%	R
17	Tỷ lệ chất thải (nước thải, CTR) được tái chế, tái sử dụng trên năm	%	R
18	Lưu lượng phát sinh nước thải trong một ngày	m ³ /ngày	S
19	Tỷ lệ chất thải nguy hại được thu gom và chuyển giao xử lý đáp ứng yêu cầu BVMT	%	S
20	Tỷ lệ chất thải rắn được phân loại tại nguồn	%	S
21	Tỷ lệ diện tích cây xanh	%	S
22	Các chỉ tiêu môi trường lao động đảm bảo	Điểm đánh giá	S
23	Tổng số đơn, vụ việc về tranh chấp, khiếu nại, tố cáo về môi trường	vụ	S

Bộ chỉ thị đánh giá công tác BVMT sơ bộ có một số vấn đề thách thức đặt ra:

- Tính sẵn có của dữ liệu: Việc thu thập dữ liệu cho cả 26 chỉ thị có thể là thách thức đối với nhiều doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp vừa và nhỏ (SMEs) với nguồn lực hạn chế.

- Tính đại diện: Mức độ phù hợp của một số chỉ thị có thể khác nhau tùy thuộc vào loại hình, quy mô và ngành nghề của doanh nghiệp (ví dụ: Chỉ số về năng lượng tái tạo có thể không liên quan với doanh nghiệp dịch vụ văn phòng nhỏ).

Do đó, tác giả đã tiến hành sàng lọc lần 2 và hướng đến chuẩn hóa bộ chỉ thị cho phù hợp hơn. Các chỉ thị sơ bộ đánh giá công tác BVMT được tiếp tục lựa chọn thông qua ý kiến của 10 chuyên gia trong lĩnh

vực môi trường thông qua hai yếu tố sự phù hợp, hay không phù hợp. Kết quả 23 chỉ thị thuộc 5 nhóm của mô hình PDSIR đã được lựa chọn được trình bày tại Bảng 2.

Nhóm động lực (D) có: 4 chỉ thị;

Nhóm áp lực (P) có: 3 chỉ thị;

Nhóm hiện trạng (S) có: 4 chỉ thị;

Nhóm tác động (I) có: 6 chỉ thị;

Nhóm đáp ứng (R) có: 6 chỉ thị.

3.3. Bộ chỉ đánh giá hiệu quả hoạt động công tác BVMT

Nghiên cứu đã đề xuất một bộ 23 chỉ thị đánh giá công tác BVMT khá toàn diện và phù hợp với bối cảnh Việt Nam, dựa trên phương pháp luận có cơ sở (SMART). Bộ chỉ thị này là một công cụ hữu ích tiềm năng. Tuy nhiên, việc so sánh với các khung tiêu chuẩn

quốc tế như ISO 14031 hay GRI cho thấy sự cần thiết phải xem xét bối cảnh cụ thể của từng doanh nghiệp khi áp dụng. Những thách thức về thu thập dữ liệu, tính đại diện cần được cân nhắc trong quá trình triển khai và có thể cần các nghiên cứu sâu hơn để hoàn thiện, xác định trọng số cho từng chỉ thị.

Để tạo khung đánh giá làm việc và đánh giá xếp hạng các cơ sở, tác giả đã xác định ngưỡng kỳ cho các chỉ thị. Ngưỡng giá trị kỳ vọng được thiết lập dựa vào mục tiêu điều hành quản lý kinh tế, xã hội và môi trường; tổng quan nghiên cứu và các quy định của Việt Nam.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

BVMT trong quá trình hoạt động phát triển kinh tế là điều vô cùng quan trọng đối với doanh nghiệp. Việc đánh giá tổng hợp kết quả hoạt động một năm của các cơ sở sản xuất, kinh doanh dịch vụ không những góp phần tuân thủ các quy định của pháp luật mà còn nâng cao trách nhiệm của doanh nghiệp đối với xã hội. Trong nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp tổng hợp tài liệu, phân tích đa tiêu chí và chuyên gia để xây dựng thành công bộ chỉ thị đánh giá hiệu quả công tác BVMT của các cơ sở sản xuất, kinh doanh và dịch vụ. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng thành công bộ chỉ thị đánh giá được hiệu quả công tác BVMT cho các cơ sở sản xuất, kinh doanh và dịch vụ. Bộ chỉ thị đánh giá hiệu quả hoạt động công tác BVMT bao gồm 23 chỉ thị thuộc mô hình DPSIR. Nghiên cứu bước đầu xây dựng chỉ thị, chưa thực hiện áp dụng vào thực tế của các doanh nghiệp, đây là hạn chế của nghiên cứu. Bên cạnh đó, hiện nay, việc xác định số lượng chỉ thị tham gia vào bộ công cụ đánh giá chưa có phương pháp cụ thể nào được công bố. Số lượng các chỉ thị được áp dụng chủ yếu từ yếu tố kinh nghiệm và chủ quan của nhóm nghiên cứu. Do đó, việc tìm ra phương pháp thống kê để xác định được số lượng các chỉ thị tham gia vào mô hình là rất cần thiết trong tương lai. Ngoài ra, bộ chỉ thị cần được lồng ghép trong các văn bản quản lý của cơ quan chức năng và cơ chế phối hợp thực hiện thì sẽ có hiệu quả trong thực tế■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ TN&MT, (2009). Thông tư số 09/2009/TT-BTNMT quy định về xây dựng và quản lý các chỉ thị môi trường quốc gia.
2. Bộ TN&MT, (2010). Thông tư số 08/2010/TT-BTNMT về quy định việc xây dựng Báo cáo môi trường quốc gia, Báo cáo tình hình tác động môi trường của ngành, lĩnh vực và Báo cáo hiện trạng môi trường cấp tỉnh.
3. Bộ TN&MT, (2015). Thông tư số 43/2015/TT-BTNMT về Báo cáo hiện trạng môi trường, bộ chỉ thị môi trường và quản lý số liệu quan trắc môi trường.

4. Bộ TN&MT, (2017). Thông tư số 73/2017/TT-BTNMT về việc Ban hành hệ thống chỉ tiêu thống kê ngành TN&MT.
5. Bộ TN&MT, (2019). Quyết định số 2782/QĐ-BTNMT về bộ chỉ số đánh giá kết quả BVMT của các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương.
6. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, (2023). Thông tư số 10/2023/TT-BKHĐT quy định bộ chỉ tiêu thống kê tăng trưởng xanh.
7. Bộ TN&MT, (2025). Quyết định số 383/QĐ-BTNMT ngày 10/2/2025 ban hành bộ chỉ số đánh giá kết quả BVMT của các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương
8. Centre for Development Finance, (2009). *Environmental Sustainability Index for Indian States 2009*.
9. Gabrielsen, P., & Bosch, P., (2003). *Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting*.
10. Giupponi, C., & Sgobbi, A., (2013). A review of decision support systems for water resources management: An implementation perspective. *Environmental Science & Policy*, 30, 1–10.
11. Raudhah and Tomy Satria Alasi, 2023. Student department model formulation with decision support system using smart method. *AIP Conf. Proc.* 25 July 2023; 2798 (1): 020015. <https://doi.org/10.1063/5.0154229>.
12. Vương Thế Hoàn (2014). Xây dựng bộ tiêu chí tăng trưởng xanh áp dụng đánh giá, phân hạng cho quận, huyện TP. Hồ Chí Minh và đề xuất giải pháp thúc đẩy tăng trưởng xanh cho TP. Hồ Chí Minh.
13. ISO. (2021). *ISO 14031:2021 Environmental management—Environmental performance evaluation—Guidelines*.
14. Ouyang, X., Fu, B., Feng, X., Wang, S., & Liu, G. (2020). Integrated assessment of ecosystem health based on the DPSIR framework: A case study in the Taihu Lake basin, China. *Ecological Indicators*, 117, 106658.
15. Huỳnh Thị Tam Tiên, (2011). Xây dựng bộ chỉ thị và chỉ số đánh giá kết quả hoạt động và sự bền vững môi trường của tỉnh Bình Dương.
16. Von Schirnding, Y. E. (2022). Health-and-Environment indicators in the context of sustainable development. *Canadian Journal of Public Health*, 93(S1), S9–S15.
17. Yale Center for Environmental Law & Policy, & Center for International Earth Science Information Network, Columbia University. (2024). *Environmental Performance Index (EPI)*.
18. Yale University & Columbia University. (2005). *2005 environmental sustainability index report*.
19. Zhang, Y., Liu, Y., Liu, D., & Zhang, L. (2015). Evaluation of urban ecological security using the DPSIR model and analytic network process: A case study of the Hangzhou metropolitan area, China. *Ecological Indicators*, 52, 56–67.



ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP AHP-TOPSIS NHẪM XÁC ĐỊNH TRỌNG SỐ TIÊU CHÍ ĐÁNH GIÁ GIẢI PHÁP ƯU TIÊN TRONG KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ TẠI CÁC VÙNG KINH TẾ TRỌNG ĐIỂM, VIỆT NAM

NGUYỄN VIỆT VŨ¹, LÊ THỊ KIM OANH¹, HỒ QUỐC BẰNG^{2,3}

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Văn Lang

² Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP.Hồ Chí Minh

³ Viện Phát triển năng lực lãnh đạo Đại học Quốc gia TP.Hồ Chí Minh

Tóm tắt:

Ô nhiễm không khí (ÔNKK) là thách thức môi trường nghiêm trọng tại các vùng kinh tế trọng điểm (KTTĐ), ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng và phát triển bền vững. Hiện nay, quá trình lựa chọn các giải pháp kiểm soát chất lượng không khí (CLKK) chủ yếu dựa trên đánh giá hiện trạng ô nhiễm và phân tích hiệu quả – chi phí mà chưa xét đến yếu tố kinh tế, môi trường và xã hội trong quá trình xác định hành động ưu tiên. Mục tiêu nghiên cứu ứng dụng kết hợp phương pháp phân tích đa tiêu chí AHP-TOPSIS (Analytic Hierarchy Process - Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) để xác định trọng số và xếp hạng các tiêu chí đánh giá, qua đó hỗ trợ lựa chọn giải pháp ưu tiên trong kiểm soát CLKK tại bốn vùng KTTĐ: Bắc bộ, Miền Trung, Phía Nam và Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). AHP được áp dụng để xác định trọng số các tiêu chí trong khi TOPSIS hỗ trợ xếp hạng mức độ ưu tiên của từng tiêu chí. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tiêu chí “sức khỏe cộng đồng” có mức độ ưu tiên cao nhất, tiếp theo là các tiêu chí “khả năng giảm phát thải khí thải, khí nhà kính” và “chi phí đầu tư”. Các tiêu chí “thị trường năng lượng sạch” và “cơ hội việc làm” có trọng số thấp nhất. Mức độ ưu tiên các tiêu chí có sự khác biệt giữa các vùng KTTĐ, phản ánh đặc thù kinh tế – xã hội (KT-XH) và năng lực tài chính của từng khu vực. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc ra quyết định chính sách kiểm soát ONKK hiệu quả tại các vùng KTTĐ.

Từ khóa: AHP - TOPSIS, chất lượng môi trường không khí, giải pháp ưu tiên, phân tích đa tiêu chí.

Ngày nhận bài: 22/2/2025; **Ngày sửa chữa:** 2/3/2025; **Ngày duyệt đăng:** 26/3/2025.

Application of the AHP-TOPSIS method for determining evaluation criteria weights in prioritizing air quality management solutions in Vietnam's key economic regions

Abstract:

Air pollution is a serious environmental challenge in Vietnam's key economic regions, posing significant threats to public health and sustainable development. At present, the selection of air quality management (AQM) solutions primarily relies on current pollution assessments and cost-effectiveness analysis, without fully considering economic, environmental, and social factors in prioritizing actions. This study aims to apply an integrated multi-criteria decision-making approach using the Analytic Hierarchy Process and the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (AHP-TOPSIS) to assign weights and rank evaluation criteria, thereby supporting the selection of priority AQM strategies across the four key economic regions of Vietnam: the Northern Region, Central Region, Southern Region, and the Mekong Delta. AHP is used to determine the relative importance of the criteria, while TOPSIS is utilized to rank their priority levels. The findings indicate that the “public health impact” criterion holds the highest priority, followed by “emission and greenhouse gas reduction potential” and “investment cost.” In contrast, the criteria “clean energy market development” and “employment opportunities” are assigned the lowest weights. The priority levels of criteria vary among regions, reflecting regional socioeconomic characteristics and financial capacities. This study provides a scientific foundation for effective policy decision-making in air pollution control across Vietnam's key economic regions.

Keywords: AHP-TOPSIS, air quality management, priority solutions, multi-criteria decision-making.

JEL Classifications: Q50, Q52, Q55, Q57.

1. MỞ ĐẦU

Theo niên giám thống kê năm 2023 [1], vùng KTTĐ Bắc bộ gồm 7 tỉnh, thành phố gồm: Hà Nội, Hải Phòng, Quảng Ninh, Hải Dương, Hưng Yên, Bắc Ninh và Vĩnh Phúc. Dân số đến cuối năm 2023 khoảng 22,3 triệu người, mật độ cao nhất cả nước, khoảng 1.450 người/km², thể mạnh phát triển của vùng gồm đào tạo nhân lực chất lượng cao, công nghiệp, dịch vụ công nghệ cao, tài chính, y tế chuyên sâu và công nghiệp phụ trợ [2]. Vùng KTTĐ Miền Trung gồm: Thành phố Đà Nẵng, Thừa Thiên - Huế, Quảng Nam, Quảng Ngãi và Bình Định, dân số khoảng 6,9 triệu người, mật độ 247 người/km², vùng được định hướng phát triển du lịch biển, công nghiệp ô tô, hóa dầu, quốc phòng và dịch vụ cảng biển [2]. Vùng KTTĐ Phía Nam: gồm TP.HCM, Bà Rịa - Vũng Tàu, Bình Dương, Bình Phước, Đồng Nai, Tây Ninh, Long An và Tiền Giang, dân số khoảng 22,8 triệu người, mật độ trung bình 745 người/km², định hướng phát triển các ngành công nghiệp chế biến, chế tạo, điện, điện tử, kinh tế số, tài chính, ngân hàng, bất động sản và dịch vụ logistics, nhằm duy trì vai trò đầu tàu kinh tế cả nước [2]. Vùng KTTĐ ĐBSCL: gồm Cần Thơ, An Giang, Kiên Giang và Cà Mau, dân số khoảng 6,6 triệu người, mật độ 397 người/km², định hướng phát triển kinh tế của vùng tập trung vào phát triển nông nghiệp hiện đại, hữu cơ, quy mô lớn, hiệu quả cao; tăng cường công nghệ giống, công nghiệp chế biến, bảo quản nông sản, thủy sản, hướng đến tối ưu hóa giá trị sản xuất nông nghiệp.

Chất lượng môi trường không khí (CLMTKK) đang trở thành mối quan tâm hàng đầu tại nhiều thành phố lớn trên thế giới, trong đó có Việt Nam và các vùng KTTĐ. ÔNKK không chỉ ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng mà còn ảnh hưởng đến sự phát triển bền vững của nền kinh tế. Nhằm quản lý hiệu quả CLMTKK, bên cạnh việc xác định các nguyên nhân gây ÔNKK để đề xuất các giải pháp kiểm soát, việc lựa chọn giải pháp ưu tiên phù hợp với điều kiện KT-XH, chính sách thu hút đầu tư, nguồn lực ngân sách địa phương, hướng đến phát triển bền vững là rất quan trọng.

Hiện nay, phần lớn các nghiên cứu về kiểm soát CLKK tại các đô thị như Hà Nội [3], Bắc Ninh [4], Cần Thơ [5] chủ yếu tập trung vào hiện trạng ô nhiễm và phân tích chi phí - lợi ích của các giải pháp mà chưa xét đến mối quan hệ biện chứng giữa các tiêu chí về kinh tế, môi trường và xã hội. Điều này dẫn đến việc lựa chọn giải pháp thường nghiêng về khả năng tài chính từ nguồn ngân sách, thiếu tính toàn diện và bền vững.

Phương pháp phân tích đa tiêu chí (MCDA) là công cụ hỗ trợ ra quyết định hiệu quả trong bối cảnh có nhiều tiêu chí và mục tiêu cần xem xét đồng thời. Trên thế giới, phương pháp AHP, TOPSIS được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực như biến đổi khí hậu, CLKK

đô thị và kiểm soát tiếng ồn. Tiêu biểu như Stefanos và cộng sự đã sử dụng AHP để đánh giá rủi ro lũ lụt cho khu vực bán đảo Cassandra, Hy Lạp. Kết quả cho thấy, 48% các tiểu lưu vực có rủi ro lũ cao bắt nguồn từ yếu tố nhân tạo, trong khi yếu tố tự nhiên chiếm khoảng 43% diện tích có mức rủi ro trung bình [6]. Hong Lin và cộng sự [7] đã sử dụng phương pháp TOPSIS để đánh giá CLKK khu vực đô thị của thành phố Trấn Giang, Trung Quốc. Kết quả nghiên cứu đã thiết lập một hệ thống đánh giá toàn diện CLKK đô thị, áp dụng cho thành phố Trấn Giang năm 2019. Một nghiên cứu khác của Seyed Mehdi Mousavi về ứng dụng kết hợp AHP-TOPSIS nhằm xác định các giải pháp ưu tiên kiểm soát tiếng ồn tại nhà máy lọc dầu Abadan, Iran. Nghiên cứu xác định giải pháp sử dụng đồ bảo hộ lao động có vị trí cao nhất trong khi giải pháp thay đổi quy trình sản xuất ở vị trí thấp nhất [8].

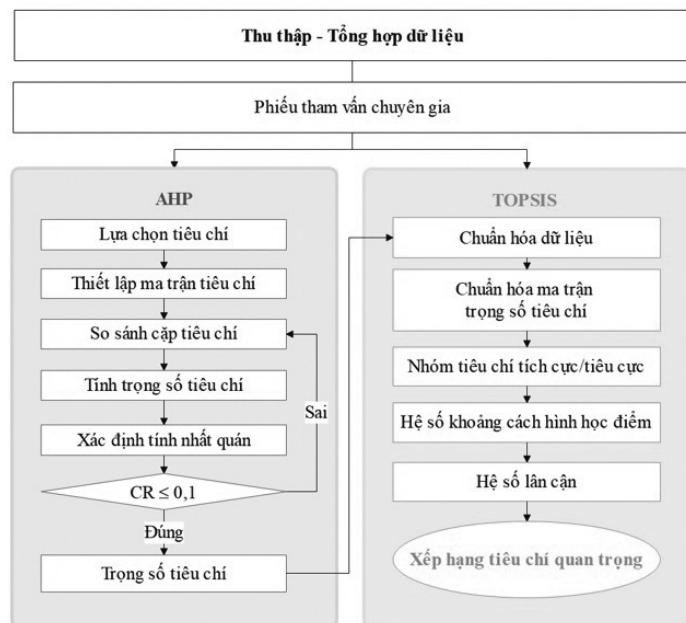
Tại Việt Nam, việc áp dụng phương pháp AHP, TOPSIS chỉ mới thực hiện ở một số lĩnh vực như biến đổi khí hậu, phân vùng chức năng biển; cụ thể như nghiên cứu của Vũ Thùy Linh năm 2021 [9] đã sử dụng phương pháp AHP nhằm đánh giá tổng hợp các yếu tố tự nhiên và xã hội đến ngành nông nghiệp thành phố. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được bộ tiêu chí và trọng số riêng biệt nhằm đánh giá vùng dễ bị tổn thương do BĐKH phù hợp với điều kiện nông nghiệp TP.HCM. Tương tự, Nguyễn Thanh Thủy [10] đã tích hợp phương pháp AHP và TOPSIS để xác định thứ tự ưu tiên phục hồi, bảo vệ các hệ sinh thái đất ngập nước tại khu vực Đồng Tháp Mười. Nghiên cứu đã tính toán mức độ ưu tiên phục hồi, bảo vệ cho 8 khu vực thuộc Đồng Tháp Mười. Năm 2024, Nguyễn Hải Âu và cộng sự [11] đã ứng dụng AHP-TOPSIS lựa chọn phương án khai thác sử dụng không gian biển thích hợp cho huyện Côn Đảo, kết quả xác định được trọng số cho 12 tiêu chí từ đó lựa chọn phương án phân chia huyện thành 5 vùng phát triển, hướng đến phát triển bền vững.

Nhìn chung, việc áp dụng phương pháp AHP-TOPSIS trong kiểm soát CLKK còn hạn chế tại Việt Nam. Nghiên cứu đề xuất cách tiếp cận tích hợp AHP-TOPSIS nhằm xác định mức độ quan trọng của hệ thống tiêu chí đánh giá làm cơ sở xác định các giải pháp ưu tiên trong kiểm soát CLKK tại bốn vùng KTTĐ của Việt Nam, bao gồm vùng KTTĐ Bắc bộ, Miền Trung, Phía Nam và ĐBSCL.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Nội dung

Nghiên cứu sử dụng phương pháp AHP để xác định mức độ quan trọng của các tiêu chí và TOPSIS để xếp hạng thứ tự ưu tiên của các tiêu chí cho từng vùng KTTĐ. Đối tượng nghiên cứu là các tiêu chí thuộc các



Hình 1. Quy trình áp dụng tích hợp phương pháp AHP-TOPSIS để xác định mức độ quan trọng của các tiêu chí

lĩnh vực KT-XH và môi trường. Phạm vi nghiên cứu xây dựng tiêu chí cho cả bốn vùng KTTĐ (Hình 1).

Bộ tiêu chí được thiết lập dựa trên hai nền tảng chính là (i) nguyên tắc xây dựng tiêu chí; (ii) khung cấu trúc tổ chức tiêu chí. Về nguyên tắc xây dựng tiêu chí, được thiết lập theo nguyên tắc phát triển bền vững của Liên hợp quốc [12], đồng thời đảm bảo với định hướng phát triển bền vững quốc gia tại Quyết định số 985a/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ

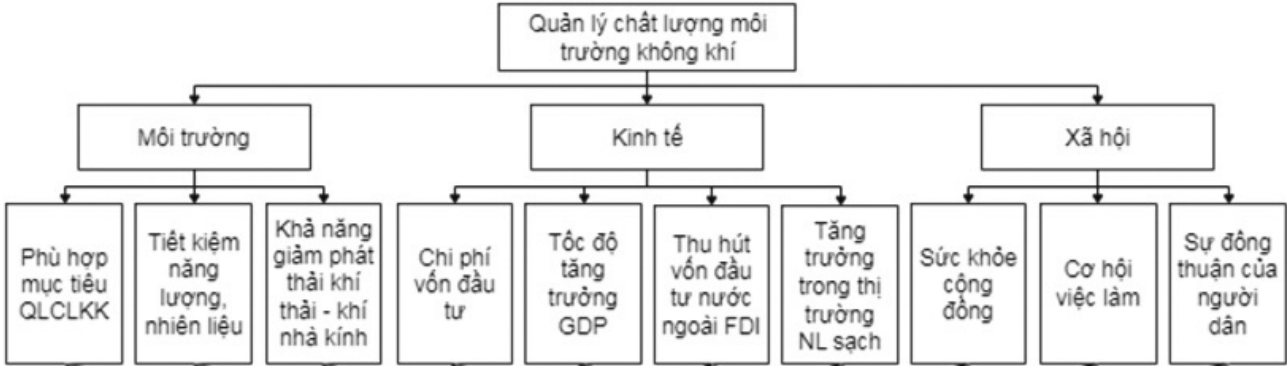
phê duyệt Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý CLKK đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2025 [13]. Về khung cấu trúc tổ chức tiêu chí, được tổ chức theo khung chủ đề, gồm hai cấp là tiêu chí chính và tiêu chí phụ. Ba tiêu chí chính tương ứng với ba trụ cột của phát triển bền vững gồm: kinh tế, môi trường và xã hội, đóng vai trò định hướng cho việc phân rã thành các tiêu chí cụ thể hơn. Trên cơ sở đó, mười tiêu chí phụ được xác lập nhằm cụ thể hóa các khía cạnh ưu tiên trong đánh giá giải pháp quản lý CLKK. Cụ thể, nhóm tiêu chí kinh tế đánh giá hiệu quả đầu tư, khả năng thúc đẩy tăng trưởng kinh tế, mức độ thu hút đầu tư và tương quan chi phí – lợi ích của giải pháp. Nhóm tiêu chí môi trường phản ánh mức độ cải thiện CLKK, tiềm năng giảm phát thải và hiệu quả sử dụng năng lượng, nhiên liệu. Trong khi đó, nhóm tiêu chí xã hội xem xét các yếu tố liên quan đến bảo vệ sức khỏe cộng đồng, cơ hội việc làm và mức độ đồng thuận xã hội đối với giải pháp được đề xuất. Việc tổ chức hệ thống tiêu chí theo ba trụ cột phát triển bền vững không chỉ bảo đảm tính toàn diện trong đánh giá mà còn góp phần nâng cao hiệu lực và khả năng ứng dụng thực tiễn của các giải pháp đề xuất. Danh mục cụ thể các tiêu chí phụ được trình bày tại Bảng 1.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

a. Xác định trọng số tiêu chí bằng phương pháp AHP
Nghiên cứu sử dụng phương pháp AHP của

Bảng 1. Bộ tiêu chí đánh giá giải pháp ưu tiên trong quản lý CLMTKK

Tiêu chí chính	Tiêu chí phụ	Định nghĩa
Môi trường	Khả năng giảm phát thải khí thải, khí nhà kính (KT, KNK)	Đánh giá khả năng giảm ÔNKK, khả năng đạt Quy chuẩn cho phép khi thực hiện các giải pháp.
	Tiết kiệm tiêu thụ năng lượng, nhiên liệu	Đánh giá mức độ tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu tiêu thụ của một giải pháp.
	Phù hợp với mục tiêu quản lý CLMTKK	Giải pháp đề ra có đáp ứng được mục tiêu quản lý CLMTKK của khu vực.
Kinh tế	Chi phí đầu tư	Đánh giá chi phí vốn đầu tư cho giải pháp có hợp lý và phù hợp với ngân sách địa phương.
	Tốc độ tăng trưởng (GDP)	Đóng góp của giải pháp đến tốc độ phát triển kinh tế địa phương, (thúc đẩy hay kìm hãm tăng trưởng GDP).
	Thu hút vốn đầu tư nước ngoài (FDI)	Đánh giá khả năng thu hút vốn đầu tư nước ngoài của giải pháp.
	Tăng trưởng trong thị trường năng lượng sạch	Tiềm năng phát triển thị trường năng lượng sạch và sự phù hợp với định hướng tăng trưởng xanh của địa phương.
Xã hội	Sức khỏe cộng đồng	Đánh giá hiệu quả cải thiện sức khỏe cộng đồng, đặc biệt trong việc giảm bệnh lý liên quan đến ÔNKK.
	Cơ hội việc làm	Khả năng tạo việc làm cho người dân khi áp dụng giải pháp. Giải pháp có giúp người dân duy trì hoặc tăng thu nhập.
	Sự đồng thuận của người dân	Mức độ đồng ý tham gia và hỗ trợ của người dân khi thực hiện giải pháp.



Hình 2. Sơ đồ thứ bậc của bộ tiêu chí đánh giá các giải pháp

Bảng 2. Chỉ số ngẫu nhiên RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,00	0,00	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Thomas L. Saaty [14] để so sánh cặp các tiêu chí ở hai cấp độ. Bậc 1 gồm, các tiêu chí chính về kinh tế, môi trường và xã hội, bậc 2 gồm, các tiêu chí phụ được phân tách từ các tiêu chí chính. Trọng số ưu tiên của các tiêu chí sau khi được xác định sẽ được tiếp tục so sánh với các giải pháp kiểm soát ÔNKK do các cấp chính quyền đề xuất, từ đó cung cấp cơ sở khoa học hỗ trợ quá trình ra quyết định và lựa chọn các giải pháp ưu tiên trong kiểm soát ÔNKK (Hình 2).

Việc so sánh được thực hiện theo cặp và tổng hợp thành ma trận như công thức (1) với n cột và n hàng (n: số tiêu chí), a_{ij} thể hiện mức độ quan trọng của tiêu chí hàng thứ i so với tiêu chí cột thứ j, khi so sánh đối xứng ngược tiêu chí j với tiêu chí i thì $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Tầm quan trọng của cặp tiêu chí đối xứng được xác định bằng thang đánh giá từ 1 – 9 của Saaty [14]. Sau khi tổng hợp ma trận, tính trung bình tích cho từng tiêu chí bằng Geometric Mean Method [15]. Sau đó, tính trọng số W bằng cách chuẩn hóa trung bình tích.

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \tag{1}$$

AHP xác định tính nhất quán trong các so sánh cặp tiêu chí của chuyên gia thông qua tỉ số nhất quán CR theo các công thức (2) và (3) [14], trong đó CI là chỉ số nhất quán; RI là chỉ số ngẫu nhiên, giá trị tham khảo theo Bảng 2; n: số tiêu chí của ma trận A. Nếu $CR < 0,1$ thì ma trận so sánh cặp có tính nhất quán.

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2} \quad CI_i = \frac{d^-}{d^- + d^+} \tag{3}$$

b. Xếp hạng thứ tự quan trọng của các tiêu chí bằng phương pháp TOPSIS

Phương pháp TOPSIS được phát triển bởi Hwang và

Yoon [16], là một trong những phương pháp MCDA phổ biến, cho phép xếp hạng các lựa chọn dựa trên khoảng cách tương đối đến giải pháp lý tưởng tốt nhất (PIS) và giải pháp ít lý tưởng nhất (NIS). Trong bài báo này, TOPSIS được sử dụng để xếp hạng mức độ quan trọng của các tiêu chí, làm cơ sở khoa học để đánh giá và lựa chọn các giải pháp ưu tiên trong kiểm soát CLMTKK. Kết quả trọng số tiêu chí được tính bằng AHP sẽ làm dữ liệu đầu vào cho các bước tính toán tiếp theo trong quy trình TOPSIS.

Trước tiên, trọng số sẽ được chuẩn hóa bằng cách xác định giá trị lợi ích tối đa. Tùy thuộc vào từng loại tiêu chí mà tập lợi ích sẽ là giá trị tối đa hoặc tối thiểu theo công thức (4), (5), trong đó r_{ij} : Giá trị chuẩn hóa trong ma trận tiêu chí tối đa của tiêu chí a so với tổng các tiêu chí; X_{ij}^a : Tổng giá trị điểm số đánh giá tiêu chí a theo tiêu chí chính được tổng hợp từ chuyên gia; X_{max} , X_{min} : Mô tả các giá trị max/min theo giá trị lợi ích tối đa tương ứng so với các tổng điểm còn lại giữa các nhóm tiêu chí.

Tiếp theo, chuẩn hóa ma trận trọng số tiêu chí theo công thức (6) và xác định trị số tiêu chí lý tưởng tốt nhất và lý tưởng kém nhất tại phương trình (7) và (8). Kế đến, xác định hệ số khoảng cách hình học điểm Euclidean (d^+ , d^-) tại phương trình (9), (10). Cuối cùng, tính hệ số lân cận (CI) được xác định theo phương trình (11). Thứ hạng của các tiêu chí được thiết lập dựa trên giá trị hệ số CI trong khoảng [0, 1], giá trị càng gần 1 đồng nghĩa tiêu chí có thứ hạng càng cao.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}^a - X_{min}}{\sqrt{(X_{ij}^a - X_{min})_1^2 + (X_{ij}^a - X_{min})_2^2 + \dots + (X_{ij}^a - X_{min})_n^2}} \tag{4}$$

$$r_{ij} = \frac{X_{max} - X_{ij}^a}{\sqrt{(X_{max} - X_{ij}^a)_1^2 + (X_{max} - X_{ij}^a)_2^2 + \dots + (X_{max} - X_{ij}^a)_n^2}} \tag{5}$$



$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} = [r_{ij} \times W]$$
$$M^+ = [\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_j^+]$$
$$M^- = [\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_j^-]$$
$$d^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_{ij}^+) = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((r \times W)_{ij} - (r \times W)_j^+)^2}$$
$$d^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_{ij}^-) = \sqrt{\sum_{j=1}^n ((r \times W)_{ij} - (r \times W)_j^-)^2}$$
$$CI_i = \frac{d^-}{d^- + d^+}$$

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

(11)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả

Dựa trên ba tiêu chí chính và mười tiêu chí phụ đã được xác lập, nghiên cứu thiết kế một bộ phiếu khảo sát nhằm thu thập ý kiến chuyên gia về mức độ quan trọng của từng tiêu chí. Tổng cộng 50 chuyên gia trong và ngoài nước đã tham gia khảo sát. Các chuyên gia được lựa chọn đều có hiểu biết sâu về MCDA và chuyên môn phù hợp với đặc điểm khu vực nghiên cứu, bao gồm các lĩnh vực môi trường, kinh tế, tài chính, xã hội, sức khỏe cộng đồng, chính sách quản lý CLKK và phương pháp AHP – TOPSIS. Nhằm đảm bảo tính khách quan và đa chiều trong đánh giá, nhóm chuyên gia được tuyển chọn từ nhiều nguồn khác nhau như: Trường đại học, viện nghiên cứu, cơ quan quản lý nhà nước, ngân hàng, Trung tâm kiểm soát bệnh tật, tổ chức phi Chính phủ và đơn vị tư vấn môi trường trong nước và quốc tế. Dữ liệu khảo sát được xử lý theo các công thức được trình bày tại mục 2.2. Kết quả xếp hạng mức độ quan trọng của các tiêu chí được tổng hợp cho từng vùng KTTĐ, bao gồm: vùng KTTĐ Bắc bộ (Bảng 3), vùng KTTĐ Miền Trung (Bảng 4), vùng KTTĐ phía Nam (Bảng 5) và vùng KTTĐ ĐBSCL (Bảng 6).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tiêu chí Sức khỏe cộng đồng và Khả năng giảm phát thải khí thải, khí

nhà kính là hai tiêu chí được đánh giá quan trọng nhất tương ứng giá trị trọng số cao nhất lần lượt ($W = 0,19 - 0,21$) và ($W = 0,15 - 0,16$) đối với cả bốn vùng KTTĐ. Tiêu chí được đánh giá quan trọng thứ ba là tiêu chí Chi phí đầu tư cho ba vùng KTTĐ Bắc bộ, Miền Trung và ĐBSCL với giá trị trọng số trong khoảng $0,12 - 0,14$. Trong khi đó, tại vùng KTTĐ Phía Nam tiêu chí quan trọng thứ ba là tiêu chí Phù hợp với mục tiêu quản lý CLKK địa phương với giá trị $W = 0,12$ (Bảng 3).

Nếu tính theo tỷ lệ phần trăm trọng số các tiêu chí thì các tiêu chí Sức khỏe cộng đồng, Khả năng giảm phát thải khí thải, khí nhà kính, Chi phí đầu tư và Phù hợp với mục tiêu quản lý CLKK địa phương chiếm tỷ lệ cao nhất tại bốn vùng KTTĐ, dao động từ $10\% - 21\%$ (Hình 3), (Bảng 4).

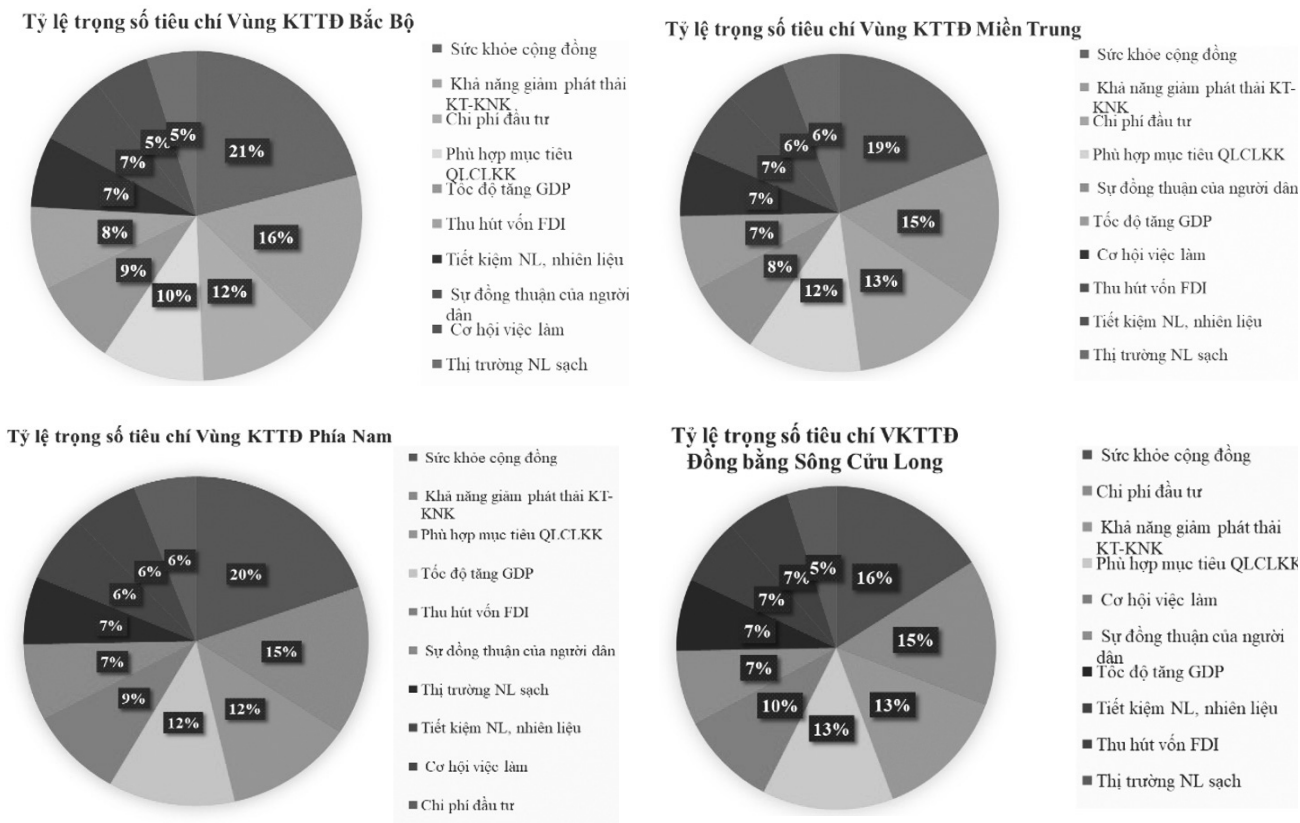
Nhóm tiêu chí xếp từ hạng 4 đến hạng 8 được đánh giá ít quan trọng hơn với trọng số dao động từ $0,07 - 0,13$ tại bốn vùng KTTĐ. Tính theo tỷ lệ phần trăm, nhóm tiêu chí này chiếm khoảng $7\% - 10\%$ tổng trọng số, bao gồm các tiêu chí như Tốc độ tăng trưởng GDP, Cơ hội việc làm, Thị trường năng lượng sạch.

Nhóm tiêu chí có giá trị trọng thấp nhất dao động từ $0,05 - 0,06$, phân bố khác nhau giữa các vùng KTTĐ. Cụ thể, tại vùng KTTĐ Bắc bộ, các tiêu chí Cơ hội việc làm và Thị trường năng lượng sạch có trọng số thấp nhất. Tại vùng KTTĐ Miền Trung, các tiêu chí Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu và Thị trường năng lượng sạch được đánh giá có mức độ ưu tiên thấp nhất. Đối với vùng KTTĐ Phía Nam, hai tiêu chí Cơ hội việc làm và Chi phí đầu tư có trọng số thấp nhất, trong khi đó tại vùng KTTĐ ĐBSCL, các tiêu chí Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu và Thị trường năng lượng sạch tiếp tục được đánh giá thấp nhất. Như vậy, có thể nhận thấy rằng tiêu chí Thị trường năng lượng sạch là tiêu chí có mức độ ưu tiên thấp nhất tại 3 trong số 4 vùng KTTĐ (Bảng 5).

Tính theo tỷ lệ phần trăm thì nhóm tiêu chí có trọng số thấp nhất này dao động trong khoảng $5\% -$

Bảng 3. Xếp hạng mức độ quan trọng các tiêu chí của vùng KTTĐ Bắc bộ

Tiêu chí	Trọng số (W)	đi ⁺	đi ⁻	CI	Xếp hạng
Sức khỏe cộng đồng	0,210	0,937	0,000	1,000	1
Khả năng giảm phát thải KT, KNK	0,164	0,669	0,268	0,714	2
Chi phí đầu tư	0,119	0,412	0,525	0,440	3
Phù hợp mục tiêu quản lý CLKK	0,100	0,299	0,638	0,319	4
Tốc độ tăng trưởng GDP	0,085	0,212	0,725	0,226	5
Thu hút vốn đầu tư FDI	0,081	0,187	0,750	0,200	6
Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu	0,070	0,123	0,814	0,131	7
Sự đồng thuận của người dân	0,069	0,121	0,817	0,129	8
Cơ hội việc làm	0,054	0,033	0,904	0,036	9
Thị trường năng lượng sạch	0,048	0,000	0,937	0,000	10



Hình 3. Tỷ lệ trọng số các tiêu chí của các vùng KTTĐ

6%. Đáng chú ý, nghiên cứu cho thấy tiêu chí Chi phí đầu tư được đánh giá là ít quan trọng nhất tại vùng KTTĐ Phía Nam. Điều này cho thấy, các tỉnh khu vực này có năng lực tài chính mạnh, do đó chi phí đầu tư từ ngân sách cho các giải pháp bảo vệ CLKK không phải là yếu tố cản trở lớn trong quá trình hoạch định và thực thi chính sách tại đây (Bảng 6).

Khi xem xét theo từng nhóm tiêu chí, kết quả nghiên cứu cho thấy, mặc dù các vùng KTTĐ có sự tương đồng về thứ tự xếp hạng giữa các tiêu chí, song giá trị trọng số cụ thể lại có sự khác biệt đáng kể. Đối

với nhóm tiêu chí kinh tế, tiêu chí Chi phí đầu tư được xác định là có trọng số cao nhất trong số bốn tiêu chí tại ba vùng KTTĐ gồm Bắc bộ, Miền Trung và ĐBSCL, phản ánh mức độ quan tâm lớn đến yếu tố chi phí trong lựa chọn giải pháp kiểm soát ÔNKK. Tuy nhiên, tại vùng KTTĐ Phía Nam, tiêu chí này lại có trọng số thấp nhất, trong khi Tốc độ tăng trưởng GDP là tiêu chí được ưu tiên hàng đầu, bên cạnh các tiêu chí như Thu hút vốn FDI và Thị trường năng lượng sạch.

Kết quả này cho thấy, sự khác biệt trong cách tiếp cận và ưu tiên kinh tế giữa các vùng. Vùng KTTĐ ĐBSCL

Bảng 4. Xếp hạng mức độ quan trọng các tiêu chí của vùng KTTĐ Miền Trung

Tiêu chí	Trọng số (W)	đi ⁺	đi ⁻	CI	Xếp hạng
Sức khỏe cộng đồng	0,189	0,905	0,000	1,000	1
Khả năng giảm phát thải KT, KNK	0,155	0,668	0,237	0,738	2
Chi phí đầu tư	0,135	0,529	0,376	0,584	3
Phù hợp mục tiêu quản lý CLKK	0,116	0,399	0,507	0,440	4
Sự đồng thuận của người dân	0,077	0,133	0,772	0,147	5
Tốc độ tăng trưởng GDP	0,075	0,119	0,787	0,131	6
Cơ hội việc làm	0,067	0,062	0,843	0,068	7
Thu hút vốn đầu tư FDI	0,066	0,054	0,851	0,060	8
Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu	0,063	0,033	0,872	0,036	9
Thị trường năng lượng sạch	0,058	0,000	0,905	0,000	10

Bảng 5. Xếp hạng mức độ quan trọng các tiêu chí của vùng KTTĐ Phía Nam

Tiêu chí	Trọng số (W)	đi ⁺	đi ⁻	CI	Xếp hạng
Sức khỏe cộng đồng	0,196	0,935	0,000	1,000	1
Khả năng giảm phát thải KT, KNK	0,147	0,602	0,333	0,643	2
Phù hợp mục tiêu quản lý CLKK	0,120	0,418	0,517	0,447	3
Tốc độ tăng trưởng GDP	0,119	0,410	0,524	0,439	4
Thu hút vốn đầu tư FDI	0,089	0,207	0,728	0,221	5
Sự đồng thuận của người dân	0,075	0,111	0,824	0,119	6
Thị trường năng lượng sạch	0,067	0,055	0,880	0,058	7
Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu	0,066	0,050	0,885	0,053	8
Cơ hội việc làm	0,062	0,023	0,912	0,025	9
Chi phí đầu tư	0,059	0,000	0,935	0,000	10

đặc biệt để cao yếu tố tài chính khi triển khai các giải pháp giảm thiểu ÔNKK, cho thấy nhu cầu cân nhắc hiệu quả đầu tư trong bối cảnh nguồn lực ngân sách còn hạn chế. Ngược lại, vùng KTTĐ Phía Nam, là trung tâm kinh tế lớn có tiềm lực tài chính mạnh mẽ hơn, do đó chi phí đầu tư không phải là yếu tố được đặt lên hàng đầu. Sự khác biệt này phản ánh rõ nét mức độ sẵn sàng về ngân sách và định hướng ưu tiên trong hoạch định chính sách kiểm soát ÔNKK tại từng vùng KTTĐ.

Đối với nhóm tiêu chí môi trường, các vùng KTTĐ thống nhất về thứ tự ưu tiên: cao nhất là tiêu chí Khả năng giảm phát thải khí thải, khí nhà kính, tiếp theo là Phù hợp mục tiêu quản lý CLKK và thấp nhất là Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu. Tuy nhiên, mức độ ưu tiên cụ thể có sự khác biệt giữa các vùng. Tiêu chí Khả năng giảm phát thải được đánh giá cao nhất tại vùng KTTĐ Bắc Bộ và giảm dần về phía ĐBSCL. Ngược lại, tiêu chí Phù hợp mục tiêu QLCLKK lại được đánh giá cao hơn tại ĐBSCL so với vùng KTTĐ Bắc Bộ (Hình 4).

Đối với nhóm xã hội, Sức khỏe cộng đồng là tiêu chí có trọng số cao nhất cho cả bốn vùng KTTĐ và

cũng là tiêu chí quan trọng nhất trong bộ hệ thống 10 tiêu chí. Vùng KTTĐ Bắc Bộ có trọng số cao nhất giữa các vùng, trong khi ĐBSCL có giá trị thấp nhất, hai vùng còn lại chênh lệch không đáng kể. Tiêu chí Cơ hội việc làm được vùng KTTĐ ĐBSCL đánh giá ưu tiên cao hơn so với ba vùng còn lại. Trong khi đó, tiêu chí Sự đồng thuận của người dân không khác biệt nhiều về mức quan tâm đối với bốn vùng KTTĐ.

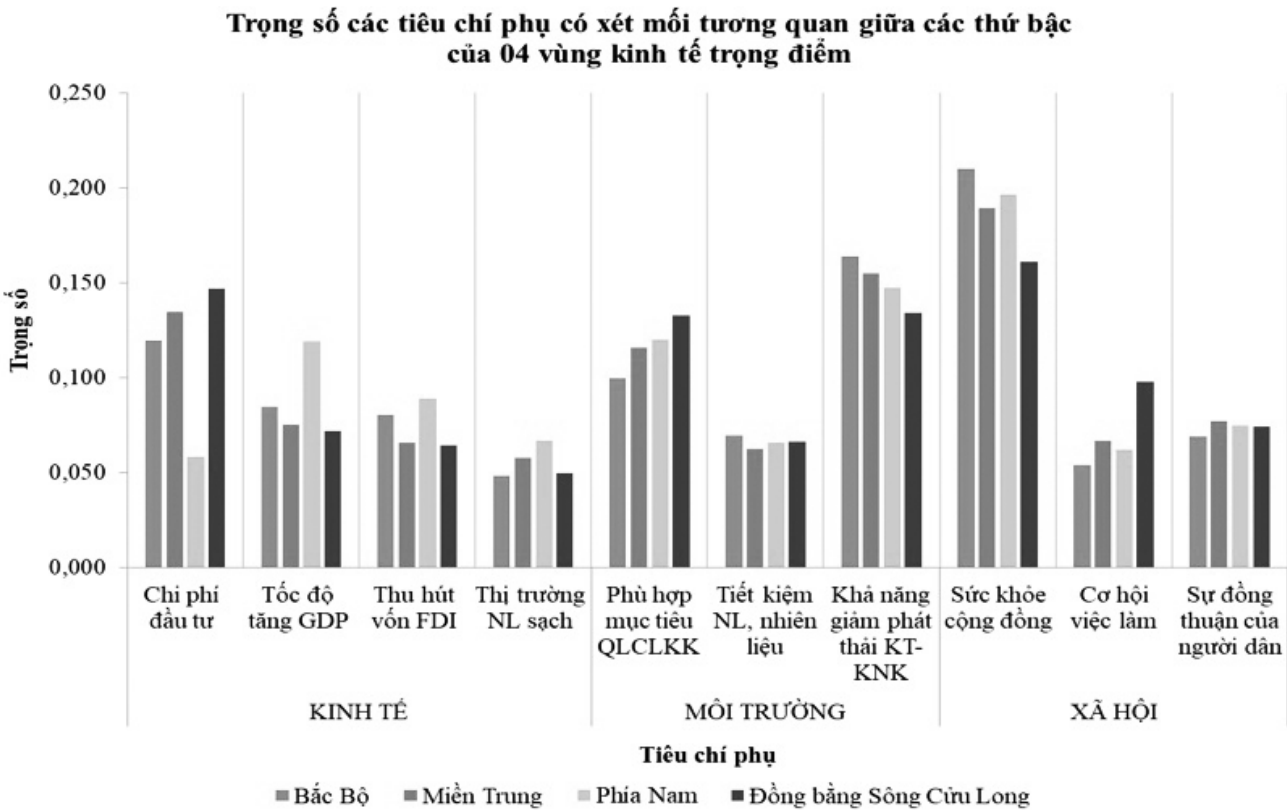
3.2. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ quan trọng của các tiêu chí trong lựa chọn giải pháp kiểm soát CLKK có sự khác biệt giữa các vùng KTTĐ, phản ánh sự đa dạng về điều kiện phát triển KT-XH, hiện trạng CLKK và nguồn lực của từng khu vực. Trọng số tiêu chí đóng vai trò quyết định trong việc xác lập thứ tự ưu tiên của các giải pháp, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến tính khả thi và hiệu quả của chính sách.

Nhìn chung, cả bốn vùng KTTĐ đều đặt tiêu chí Sức khỏe cộng đồng ở vị trí ưu tiên hàng đầu, tiếp theo là các tiêu chí liên quan đến ngân sách thực hiện và hiệu quả giảm ONKK. Điều này cho thấy mối quan

Bảng 6. Xếp hạng mức độ quan trọng các tiêu chí của vùng KTTĐ ĐBSCL

Tiêu chí	Trọng số (W)	đi ⁺	đi ⁻	CI	Xếp hạng
Sức khỏe cộng đồng	0,161	0,905	0,000	1,000	1
Khả năng giảm phát thải KT, KNK	0,147	0,668	0,237	0,738	2
Chi phí đầu tư	0,134	0,529	0,376	0,584	3
Phù hợp mục tiêu quản lý CLKK	0,133	0,399	0,507	0,440	4
Sự đồng thuận của người dân	0,098	0,133	0,772	0,147	5
Tốc độ tăng trưởng GDP	0,074	0,119	0,787	0,131	6
Cơ hội việc làm	0,072	0,062	0,843	0,068	7
Thu hút vốn đầu tư FDI	0,066	0,054	0,851	0,060	8
Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu	0,065	0,033	0,872	0,036	9
Thị trường năng lượng sạch	0,050	0,000	0,905	0,000	10



Hình 4. So sánh giá trị trọng số tiêu chí của 04 vùng KTTĐ

tâm nhất quán đến mục tiêu bảo vệ sức khỏe người dân trong quá trình lựa chọn giải pháp quản lý CLKK.

Tại vùng KTTĐ Bắc bộ, kết quả phản ánh rõ tình trạng ô nhiễm và định hướng ưu tiên kiểm soát ÔNKK, các tiêu chí kinh tế như Tăng trưởng GDP và Thu hút FDI có trọng số thấp hơn, cho thấy sự lựa chọn thận trọng, đặt sức khỏe cộng đồng và kiểm soát ô nhiễm lên trên tăng trưởng kinh tế.

Vùng KTTĐ Miền Trung ưu tiên ba yếu tố chính: Sức khỏe cộng đồng, CLKK và kinh phí thực hiện. Các giải pháp đề xuất phải hướng đến việc cải thiện sức khỏe người dân, nâng cao chất lượng môi trường sống, đồng thời đảm bảo tính khả thi về mặt chi phí trong bối cảnh ngân sách địa phương còn hạn chế. Ngoài ra, các giải pháp cũng cần phù hợp với mục tiêu quản lý CLKK và nhận được sự đồng thuận từ người dân. Các tiêu chí kinh tế như GDP và FDI, hay Cơ hội việc làm mang ý nghĩa hỗ trợ dài hạn nhưng không được ưu tiên hàng đầu trong giai đoạn hiện nay. Đáng chú ý, tiêu chí Thị trường năng lượng sạch được xếp hạng thấp nhất, cho thấy khu vực chưa đánh giá cao vai trò của lĩnh vực này trong quản lý CLKK.

Đối với vùng KTTĐ Phía Nam, với vị thế đầu tàu kinh tế, đánh giá cao những giải pháp có khả năng đồng thời cải thiện sức khỏe cộng đồng, hiệu quả về môi trường và đóng góp vào phát triển kinh tế, trong

khí yếu tố chi phí đầu tư lại không phải ưu tiên hàng đầu. Trọng số tương đương giữa các tiêu chí kinh tế và môi trường phản ánh sự cân bằng trong cách tiếp cận giữa tăng trưởng và bảo vệ môi trường của khu vực

Vùng KTTĐ ĐBSCL vẫn ưu tiên hàng đầu đối với sức khỏe cộng đồng, song đồng thời chú trọng cả yếu tố ngân sách và hiệu quả giảm thiểu ÔNKK. Các tiêu chí như Phù hợp với mục tiêu quản lý CLKK và Cơ hội việc làm cũng được đánh giá cao, phản ánh mối quan tâm đến phát triển bền vững trong cả khía cạnh xã hội và môi trường. Ngược lại, các tiêu chí Thị trường năng lượng sạch, Tăng trưởng GDP, FDI và Sự đồng thuận của người dân có trọng số thấp hơn, cho thấy chưa phải là ưu tiên chiến lược tại thời điểm hiện tại của vùng.

Như vậy, kết quả của nghiên cứu cho thấy việc đánh giá toàn diện các khía cạnh kinh tế, môi trường và xã hội khi lựa chọn giải pháp ưu tiên giảm ÔNKK là rất cần thiết. Việc đánh giá nhằm đảm bảo tính khách quan và hiệu quả trong bối cảnh phát triển bền vững của các vùng KTTĐ nói riêng và Việt Nam nói chung.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp phân tích đa tiêu chí kết hợp AHP-TOPSIS nhằm xác định mức độ quan trọng của các tiêu chí đánh giá giải pháp tối ưu kiểm soát CLKK cho bốn vùng KTTĐ Bắc bộ, Miền Trung, Phía Nam và ĐBSCL. Kết quả cho thấy, thứ tự



ưu tiên các tiêu chí tại từng VKTTĐ có sự khác biệt, phụ thuộc vào đặc điểm KT-XH và hiện trạng môi trường của từng vùng. Nhìn chung, tiêu chí được đánh giá quan trọng nhất tại các VKTTĐ là Sức khỏe cộng đồng (thuộc nhóm tiêu chí xã hội). Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc đặt yếu tố sức khỏe cộng đồng lên hàng đầu khi đề xuất các giải pháp giảm thiểu ô nhiễm. Các tiêu chí quan trọng tiếp theo gồm Chi phí đầu tư (thuộc nhóm tiêu chí kinh tế) và Khả năng giảm phát thải khí thải, khí nhà kính (thuộc nhóm tiêu chí môi trường). Hai tiêu chí này đánh giá mức độ phù hợp của tổng mức đầu tư so với ngân sách địa phương và hiệu quả giảm thiểu ô nhiễm của giải pháp. Những phát hiện này cho thấy rằng bên cạnh yếu tố tài chính, các yếu tố môi trường, kinh tế và xã hội đều đóng vai trò quan trọng và cần được xem xét toàn diện, đa chiều trong quá trình áp dụng các giải pháp quản lý CLKK.

Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học quan trọng hỗ trợ các nhà quản lý trong việc lựa chọn giải pháp kiểm soát ÔNKK phù hợp với từng vùng KTTĐ. Phương pháp đánh giá có thể được áp dụng cụ thể cho các tỉnh, thành phố trực thuộc vùng KTTĐ hoặc các khu vực có điều kiện KT-XH tương đồng nhằm tăng cường hiệu quả trong công tác quản lý CLKK.

Tuy nhiên, phương pháp AHP-TOPSIS có mức độ phụ thuộc lớn vào đánh giá chủ quan của chuyên gia. Do đó, yêu cầu đặt ra là các chuyên gia tham gia phải có kiến thức chuyên sâu về phương pháp phân tích đa tiêu chí cũng như hiểu biết toàn diện về đặc điểm môi trường, kinh tế, xã hội, tài chính, y tế và chính sách quản lý CLKK của vùng nghiên cứu. Mặc dù nghiên cứu đã đề xuất các tiêu chí lựa chọn chuyên gia nhằm đảm bảo mức độ phù hợp về chuyên môn và kinh nghiệm, song vẫn cần có các nghiên cứu sâu hơn về quy trình lựa chọn, số lượng và cấu trúc chuyên gia theo lĩnh vực, nhằm nâng cao tính khách quan và độ tin cậy của kết quả. Bên cạnh đó, nghiên cứu chưa đề xuất các nhóm giải pháp cụ thể ứng với từng vùng KTTĐ. Đây là hướng nghiên cứu tiếp theo cần được triển khai nhằm cụ thể hóa kết quả đánh giá và hỗ trợ hiệu quả cho công tác xây dựng chính sách kiểm soát ÔNKK cấp tỉnh ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. T. C. T. Kê, *Niên giám thống kê - Statistical Yearbook of Viet Nam 2023*, Hà Nội: NXB Thống Kê, 2023, p. 1259.
2. Nghị quyết 128/NQ-CP ngày 11 tháng 9 năm 2020 của Chính Phủ Về các nhiệm vụ, giải pháp đẩy mạnh phát triển các vùng kinh tế trọng điểm, 2020.
3. H. Q. Bằng et al. (2022) Nghiên cứu tính toán phát thải khí thải nguồn diện và đề xuất giảm thiểu cho Thành phố Hà Nội. *Tạp chí Môi trường*, 8-15.
4. TTQT&PTMT Bac Ninh, "Atmospheric emission inventory for Bac Ninh City", 2015.
- 5]H. Q. Bằng, N. T. Tâm, and V. H. N. Khuê, "Thiết lập mô hình lan truyền ô nhiễm không khí và xây dựng các giải pháp bảo vệ môi trường không khí phục vụ phát triển bền vững TP.Cần Thơ," 2017.
6. S. Stefanidis and D. Stathis, "Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP)," (in E), *Natural Hazards*, vol. 68, no. 2, pp. 569-585, 2013, doi: 10.1007/s11069-013-0639-5.
7. H. Lin, T. Pan, and S. Chen, "Comprehensive evaluation of urban air quality using the relative entropy theory and improved TOPSIS method," (in E), *Air Quality, Atmosphere & Health*, vol. 14, no. 2, pp. 251-258, 2021.
8. S. M. Mousavi, M. Abbasi, S. Yazdanirad, M. Yazdanirad, and E. Khatooni, "Fuzzy AHP-TOPSIS method as a technique for prioritizing noise control solutions," (in E), *Noise Control Engineering Journal*, vol. 67, no. 6, pp. 415-421, 2019.
9. V. T. Linh, "Application of GIS to assess climate change impact and propose adaptation solutions for agriculture in Ho Chi Minh City," PhD, *Natural resources and environment management*, VNUHCM - Institute for Environment and Resources, VNUHCM - Institute for Environment and Resources, 2017.
10. N. T. Thuy, "Proposing a Multi-Criteria Decision-Making Approach for Ranking Wetland Ecosystems Prioritized for Conservation and Restoration," (in A), *Journal of Geodesy and Cartography*, vol. 46, pp. 19-22, 2021.
11. N. H. Âu and N. T. Điền, "Ứng dụng AHP kết hợp TOPSIS lựa chọn phương án khai thác sử dụng không gian biển phù hợp trên địa bàn huyện Côn Đảo, tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu," *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 764, pp. 78-92, 2024, doi: 10.36335/VNJHM.2024(764).78-92
12. U. Nations, *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies Third ed.* New York: United Nations, 2007.
13. Quyết định số 985a/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Về việc phê duyệt Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý chất lượng không khí đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2025, 2016.
14. T. L. Saaty, "How to make a decision: the analytic hierarchy process," (in E), *Interfaces*, vol. 24, no. 6, pp. 19-43, 1994.
15. C. D. Ly, *Environmental System Analysis*. Ho Chi Minh City: Vietnam National University Ho Chi Minh City (in A), 2017, p. 301.
16. C. Hwang, "Yoon k. Multiple attribute decision making and applications," ed: New York, Springer-Verlag, 1981.

Đánh giá cơ hội và phân tích các vấn đề kỹ thuật trong việc tái sử dụng nước tại các khu công nghiệp

ĐỖ KHẮC UẨN*, VŨ NGỌC THỦY, NGUYỄN THỊ LAN PHƯƠNG,
BÙI HOA DƯƠNG, HOÀNG THỊ THU HƯƠNG

Trường Hóa và Khoa học Sự sống, Đại học Bách Khoa Hà Nội

Tóm tắt:

Tái sử dụng (TSD) nước thải sau xử lý là một vấn đề rất cần được quan tâm, giúp tiết kiệm nguồn tài nguyên nước, giảm chi phí nguồn nước sạch đầu vào và đồng thời giảm chi phí thu gom xử lý nước thải. Việc nghiên cứu, ứng dụng, phát triển công nghệ xử lý nước thải nâng cao, cải tạo, phục hồi nguồn nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt, hỗ trợ TSD nước và công nghệ khác nhằm sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả cần được khuyến khích. Lựa chọn công nghệ phù hợp đóng vai trò quan trọng trong việc TSD nước tại các khu công nghiệp (KCN) ở các quy mô khác nhau. Công nghệ lọc màng có khả năng đảm bảo thu được nguồn nước có chất lượng cao, thậm chí thu được nguồn nước tinh khiết. Công nghệ hấp phụ có thể được sử dụng để loại bỏ các thành phần ô nhiễm nhằm nâng cao chất lượng nước sau xử lý phục vụ cho mục đích TSD. Công nghệ trao đổi ion có tiềm năng dùng trong việc TSD nước. Tuy nhiên, cần cân nhắc lựa chọn công nghệ phù hợp với chi phí đầu tư, vận hành, phù hợp với quy mô và mục đích TSD nước.

Từ khóa: Tái sử dụng nước, nước thải công nghiệp, màng lọc, hấp phụ, trao đổi ion.

JEL Classifications: O13, P18, P48, Q53.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Quá trình công nghiệp hóa ở Việt Nam ngày càng phát triển mạnh mẽ. Các KCN đã được xây dựng và hoạt động tại tất cả các tỉnh, thành phố. Theo thống kê, cả nước hiện có khoảng 563 KCN nằm trong quy hoạch. Trong đó khoảng gần 400 KCN được thành lập và đã đi vào hoạt động với tổng diện tích đất tự nhiên đạt khoảng hơn 87,1 nghìn ha, diện tích đất công nghiệp khoảng hơn 58,7 nghìn ha. Ngoài ra còn có 106 KCN đang trong quá trình xây dựng với diện tích đất công nghiệp khoảng 23,8 nghìn ha [1]. Tính đến hết quý 1/2023, tỷ lệ lấp đầy các KCN cấp 1 trên

cả nước tiếp tục xu hướng tăng, đạt mức trên 80%. Bình Dương có tỷ lệ lấp đầy cao nhất, đạt trên 95%. Tỷ lệ lấp đầy KCN tại các thị trường trọng điểm phía Bắc và phía Nam đều duy trì ở mức trên 90% trong năm 2022. Một số khu công nghiệp tại Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh, Đồng Nai, Bắc Ninh, Bắc Giang, Bình Dương được lấp đầy gần như hoàn toàn. Kết quả thống kê cho thấy, hàng ngày khoảng hơn một triệu mét khối nước thải được xả từ các KCN [2].

Theo quy định về BVMT, nước thải tại các KCN phải được thu gom và xử lý đạt QCVN 40:2011/ BTNMT (sắp tới là QCVN 40:2025/ BTNMT, có hiệu

Bảng 1. TSD nước cho các hoạt động tại nhà máy XLNT [5]

STT	Hoạt động TSD nước	Yêu cầu kỹ thuật	Yêu cầu chất lượng nước
1	Phun bề phản ứng sinh học để dập bọt bề hiếu khí, bể điều hòa, bể lắng cát thổi khí	Lưu lượng nước phun 0,007 m ³ /phút/m dài đường ống phun	SS < 50 mg/l
2	Rửa bể lọc cát	Cường độ 6-8 l/s.m ² trong 5 phút hoặc bằng nước và gió kết hợp cường độ nước 3-4 l/s.m ² trong 5 phút	SS và BOD ₅ < 25 mg/l
3	Làm sạch sơ bộ công trình/ thiết bị xử lý bùn	Lượng nước 0,3 -1,0 m ³ /dàn.phút	SS < 30 mg/l
4	Pha chế các loại hóa chất như PAC, polymer, vôi nước Ca(OH) ₂ , dung dịch hypoclorit	Lượng nước tùy theo quy mô	SS và BOD ₅ < 20 mg/l
5	Dội nhà vệ sinh và rửa sàn công tác nhà máy	Lượng nước 2 lít/m ² sàn/ngày	TSS < 30 mg/l Coliform ≤ 200 MPN/100 ml
6	Tưới cây, rửa đường	Lượng nước 3 lít/m ² /ngày và rửa đường 0,4 lít/m ² /ngày	TSS < 30 mg/l Coliform ≤ 200 MPN/100 ml



lực từ ngày 1/9/2025) trước khi xả thải. Mặc khác, theo Chiến lược phát triển công nghiệp Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035 (Quyết định số 879/QĐ-TTg), ngành công nghiệp của Việt Nam sẽ phát triển theo hướng thân thiện với môi trường, hướng tới một ngành công nghiệp xanh và kết hợp với xu hướng kinh tế tuần hoàn. Do đó, việc tuần hoàn và TSD nước tại các KCN ở Việt Nam là một vấn đề được quan tâm.

Việc TSD nước thải sau khi xử lý đã được đề cập và khuyến khích trong các văn bản Luật, Nghị định. Luật BVMT năm 2020 đã quy định về việc TSD chất thải, trong đó có nước thải. Nước thải được khuyến khích TSD khi đáp ứng yêu cầu về BVMT và mục đích sử dụng nước (Mục 2 Điều 72). Luật Tài nguyên nước năm 2023 (Điều 4) nêu rõ: Khuyến khích tổ chức, cá nhân đầu tư nghiên cứu, ứng dụng khoa học, công nghệ tiên tiến để quản lý, bảo vệ, phát triển các nguồn nước, khai thác, sử dụng tiết kiệm, hiệu quả tài nguyên nước, xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật để TSD. Nghị định số 08/2022 (Khoản 3, Điều 74, mục 5), đề cập đến hoạt động chuyển giao nước thải. Nước thải chuyển giao để TSD chỉ được chuyển giao đến cơ sở sản xuất sử dụng trực tiếp làm nước đầu vào cho hoạt động sản xuất. Như vậy, để đảm bảo yêu cầu chất lượng nước, việc nghiên cứu, ứng dụng, phát triển công nghệ xử lý nước thải, cải tạo, phục hồi nguồn nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt, TSD nước và công nghệ khác nhằm sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả cần được khuyến khích. Bài báo tổng hợp các thông tin, đánh giá lợi ích, các cơ hội và phân tích khía cạnh kỹ thuật cho một số công nghệ phục vụ TSD nước tại các KCN.

2. ĐÁNH GIÁ LỢI ÍCH VÀ CƠ HỘI CỦA VIỆC TÁI SỬ DỤNG NƯỚC TẠI CÁC KHU CÔNG NGHIỆP

Lợi ích

Việc TSD nước mang lại nhiều lợi ích về kinh tế và môi trường. TSD nước trong một công đoạn sản xuất có thể giúp tiết kiệm được lượng nước sử dụng, do đó cắt giảm được chi phí sử dụng nước cấp cũng như chi phí đầu tư cho việc xây dựng hệ thống cấp nước cho quy trình sản xuất. TSD nước sẽ làm giảm lưu lượng nước tạo thành, từ đó tiết giảm được thể tích của các bể xử lý nước thải, giúp tiết kiệm chi phí đầu tư hệ thống xử lý và các chi phí vận hành [3].

Việc TSD nước đem lại nhiều lợi ích, góp phần thúc đẩy các cơ sở, khu sản xuất, kinh doanh, dịch vụ tập trung, cụm công nghiệp tiếp cận theo hướng kinh tế tuần hoàn trong xử lý và TSD nước thải, bao gồm: Giảm khai thác tài nguyên nước; tăng hiệu quả

sử dụng nước; kéo dài thời gian sử dụng nước; nâng cao hiệu quả sử dụng và giảm định mức tiêu thụ tài nguyên nước; thu gom, lưu trữ để TSD nước mưa; thu gom, xử lý, TSD nước thải [4]. Ngoài ra, việc TSD nước góp phần giảm thiểu ô nhiễm và lưu lượng nước thải đối với các nguồn tiếp nhận nguồn nước mặt. Tăng nguồn nước cấp cho các nhu cầu sản xuất. Góp phần cải thiện môi trường, cải thiện nguồn nước mặt và nước ngầm.

Cơ hội

Theo yêu cầu về BVMT, nước thải phải được quản lý phù hợp với mục đích sử dụng và khả năng chịu tải của môi trường nước mặt. Đặc biệt, quy định rõ không phê duyệt kết quả thẩm định báo cáo đánh giá tác động môi trường hoặc cấp giấy phép môi trường cho dự án đầu tư mới có hoạt động xả nước thải trực tiếp vào môi trường nước mặt không còn khả năng chịu tải theo công bố của cơ quan nhà nước có thẩm quyền, trừ trường hợp chủ dự án đầu tư có phương án xử lý nước thải đạt QCVN 08:2023/BTNMT trước khi thải vào môi trường tiếp nhận hoặc có phương án tuần hoàn, TSD để không làm phát sinh thêm nước thải hoặc trường hợp dự án đầu tư xử lý ô nhiễm, cải tạo, phục hồi, cải thiện chất lượng môi trường khu vực bị ô nhiễm. Do đó, nước thải được khuyến khích TSD khi đáp ứng yêu cầu về BVMT và mục đích sử dụng nước. Đầu tư và có cơ chế khuyến khích tổ chức, cá nhân đầu tư nghiên cứu, ứng dụng khoa học, công nghệ tiên tiến để quản lý, bảo vệ, phát triển các nguồn nước, khai thác, sử dụng tiết kiệm, hiệu quả tài nguyên nước, xử lý nước thải đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật để TSD, thu gom, sử dụng nước mưa, bổ sung nhân tạo nước dưới đất, khôi phục nguồn nước bị ô nhiễm (Luật Tài nguyên nước, Điều 58,59,60) [5].

Các phương án TSD nước cho các hoạt động tại mỗi KCN thải bao gồm: Tưới cây; sử dụng cho nhà vệ sinh; rửa đường; cho làm mát; xử lý khí thải; giải nhiệt nhà xưởng; phòng cháy chữa cháy. Cần lưu ý, mỗi mục đích TSD cần có một quy định kiểm soát chất lượng phù hợp. Bên cạnh đó, các KCN đều có hoạt động thu gom, xử lý nước thải. Do đó, nước sau xử lý có thể TSD cho một số hoạt động trong phạm vi nhà máy xử lý nước thải tập trung tại các KCN, ví dụ rửa, vệ sinh các công trình, trang thiết bị, pha chế hóa chất, dội nhà vệ sinh, sàn xưởng hoặc bơm đi tưới cây, rửa đường trong nhà máy (Bảng 1).

3. NGHIÊN CỨU, PHÁT TRIỂN, ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TSD NƯỚC TẠI CÁC KCN

Các nghiên cứu khoa học, ứng dụng, phát triển công nghệ xử lý nước thải, cải tạo, phục hồi nguồn



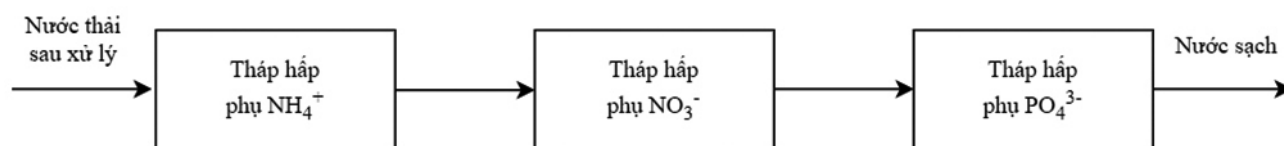
Khảo sát trạm xử lý nước thải tập trung, phục vụ mục đích tái sử dụng nước

nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt, TSD nước và công nghệ khác nhằm sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả luôn được khuyến khích [6], bao gồm: Công nghệ nhằm sử dụng nước tuần hoàn, TSD nước nâng cao hiệu quả sử dụng nước trong các ngành công nghiệp, xây dựng, nông nghiệp; Công nghệ xử lý nước thải, cải tạo, phục hồi nguồn nước bị ô nhiễm, suy thoái, cạn kiệt; Công nghệ tiên tiến trong việc vận hành điều tiết nước hồ chứa, khai thác và sử dụng hợp lý nguồn nước; Công nghệ để chế tạo mới các phương tiện, thiết bị sử dụng nước tiết kiệm; cải tiến, đổi mới, nâng cấp thiết bị sử dụng nước; Giải pháp sử dụng nước tiết kiệm và hiệu quả trong quá trình thiết kế, thi công công trình xây dựng.

Để đáp ứng yêu cầu TSD, các giải pháp công nghệ cần được nghiên cứu ứng dụng nhằm nâng cao chất lượng nước. Trong đó, các công nghệ màng lọc, trao đổi ion và hấp phụ có khả năng đảm bảo chất lượng để TSD nước cho nhiều mục đích khác nhau [6]. Việc lựa chọn công nghệ xử lý còn phụ thuộc vào chất lượng nước thải, mức độ đầu tư và mục tiêu TSD nước. Việc cân đối giữa chi phí và lợi ích cần được tính toán kỹ trước khi áp dụng. Lợi ích về mặt môi trường cần được lượng giá đầy đủ hơn để có mức đầu tư hợp lý cho các giải pháp TSD nước. Vì vậy, việc định hướng lựa chọn mô hình TSD nước phù hợp sẽ góp phần định hình quy mô TSD. Công nghệ lọc màng có khả năng đảm bảo thu được nguồn nước có

Bảng 2. Loại bỏ amoni, nitrat, photphat bằng các quá trình hấp phụ [7]

STT	Quá trình hấp phụ	Vật liệu hấp phụ điển hình
1	Hấp phụ amoni	Hấp thụ amoni bằng $CeO_2 - Mn_2O_3$
		Hấp phụ amoni bằng than hoạt tính làm từ rơm rạ
		Hấp phụ amoni bằng zeolite
2	Hấp phụ nitrat	Hấp phụ nitrat bằng polystyrene
		Hấp phụ nitrat bằng than sinh học từ trà
		Hấp phụ amoni và nitrat bằng than sinh học làm từ trấu
3	Hấp phụ phosphate	Hấp phụ photphat bằng ZnO
		Hấp phụ phophat bằng đá ong



Hình 1. Sơ đồ quy trình hấp phụ

chất lượng cao, thậm chí thu được nguồn nước tinh khiết. Tuy nhiên chi phí đầu tư và vận hành cao, nên trong bài này, tập trung phân tích, đánh giá về công nghệ hấp phụ và công nghệ trao đổi ion.

Công nghệ hấp phụ có thể được sử dụng để loại bỏ các thành phần ô nhiễm còn lại trong nước thải sau xử lý nhằm nâng cao chất lượng nước sau xử lý phục vụ cho mục đích TSD. Ví dụ, loại bỏ các thông số amoni, nitrat, photphat như tổng hợp trên Bảng 2.

Do ion NH_4^+ có khả năng bị oxy hóa thành NO_3^- thông qua quá trình nitrat hóa, cần đặt tháp hấp phụ NO_3^- sau tháp hấp phụ NH_4^+ . Nếu đặt tháp hấp phụ NO_3^- trước tháp hấp phụ NH_4^+ , 1 phần ion NH_4^+ sau khi qua tháp hấp phụ NO_3^- có thể bị oxy hóa thành NO_3^- và không được xử lý ở các tháp hấp phụ phía sau. Khả năng hấp phụ PO_4^{3-} của đá ong bị ảnh hưởng bởi ion NO_3^- có trong nước. Vì vậy, cần đặt tháp hấp phụ NO_3^- phía trước tháp hấp phụ PO_4^{3-} để tránh làm giảm hiệu suất của quá trình hấp phụ PO_4^{3-} của đá ong.

Dựa vào cơ sở trên, có thể áp dụng quy trình hấp phụ phía dưới.

Quá trình hấp phụ có thể thực hiện trong nhiều loại thiết bị khác nhau, ví dụ bể hấp phụ vật liệu dạng bột, tháp hấp phụ tĩnh hoặc tháp hấp phụ tầng sôi (Bảng 3). Trong đó, sử dụng tháp hấp phụ tĩnh có nhiều ưu điểm do chiều di chuyển của nước từ trên xuống, tránh làm xáo trộn vật liệu (Bảng 3).

Phương pháp hấp phụ có khả năng xử lý một số ion trong nước đạt hiệu suất cao nhằm mục đích TSD. Phương pháp hấp phụ vẫn còn một số nhược điểm cần lưu ý: Vật liệu hấp phụ chỉ hấp phụ được một số loại ion nhất định. Vật liệu hấp phụ có kích thước không đồng đều, gây ra sai lệch trong tính toán. Quá trình hấp phụ bị ảnh hưởng bởi một số loại ion khác có trong nước, dẫn đến hiệu suất hấp phụ không cao.

Công nghệ trao đổi ion có tiềm năng dùng trong việc TSD nước. Việc lựa chọn các loại vật liệu trao đổi ion có ý nghĩa quyết định đến hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải. Hiệu quả xử lý các ion phụ thuộc vào tính chất của từng loại nhựa sẽ được nêu ra bên dưới. Các loại nhựa trao đổi ion này có nguồn gốc tự nhiên hoặc nhân tạo. Các loại vật liệu trao đổi làm từ vật liệu nhân tạo sẽ có hiệu suất xử lý cao hơn, còn vật liệu trao đổi ion tự nhiên có hiệu suất xử lý thấp hơn nhưng thân thiện với môi trường và có khả năng tái sinh cao hơn. Để đánh giá và so sánh các vật liệu trao đổi ion cần phải nắm rõ 1 số thông số của các loại nhựa: Hình dạng vật lý; hiệu suất xử lý. Từ các thông số này có thể đưa ra được ưu, nhược điểm của các loại nhựa cũng như đưa ra được loại nhựa phù hợp nhất với ion cần xử lý với hiệu suất xử lý cao nhất và chi phí hợp lý nhất. Bảng 4 đưa ra thông tin tổng hợp về các loại vật liệu trao đổi ion để làm cơ sở cho việc lựa chọn, ứng dụng trong TSD nước. Mặc dù vậy, kỹ thuật trao đổi ion cũng có một vài những điểm hạn chế về

Bảng 3. Đặc điểm một số loại thiết bị hấp phụ [6,7]

STT	Thiết bị	Ưu điểm	Nhược điểm
1	Bể hấp phụ vật liệu dạng bột	Dễ tháo lắp, phù hợp với mục đích sử dụng ngắn hạn Tốc độ hấp phụ nhanh do có diện tích bề mặt lớn	Nước sau xử lý có thể lẫn vật liệu hấp phụ, cần loại bỏ trước khi sử dụng Vật liệu hấp phụ khó tái sinh Thiết bị làm việc theo mẻ, yêu cầu nhân lực vận hành
2	Tháp hấp phụ tĩnh	Vật liệu có thể TSD nhiều lần Không cần các thiết bị xử lý phía sau Có thể làm việc liên tục	Tốc độ hấp phụ chậm
3	Tháp hấp phụ tầng sôi	Diện tích tiếp xúc lớn hơn tháp hấp phụ tĩnh Tận dụng tối đa diện tích bề mặt của vật liệu hấp phụ	Nước chảy với tốc độ cao, không đảm bảo thời gian hấp phụ Vật liệu dễ bị mài mòn

Bảng 4. Tổng hợp các vật liệu trao đổi ion có thể sử dụng cho mục đích TSD nước [4,6,8]

STT	Vật liệu	Phân loại	Hình dạng vật lý	Ứng dụng
1	PLE (Polymeric Ligand Exchanger)	Vật liệu trao đổi anion PO_4^{3-}	Dạng lỗ xốp lớn	Nước thải công nghiệp chứa PO_4^{3-}
2	Nhựa zeolit KF	Vật liệu trao đổi ion NH_4^+	Hạt mịn và hạt thô	Hiệu suất ảnh hưởng bởi sự cạnh tranh anion Hiệu suất phụ thuộc vào tỉ lệ ion trong vật liệu/ tỉ lệ ion trong nước thải
3	Nhựa SIR-600	Vật liệu trao đổi ion NH_4^+	Hình dạng không đồng đều, màu xanh rêu	Loại bỏ NH_4^+ trong nước thải
4	Nhựa zeolit NaP1	Vật liệu trao đổi NH_4^+	Hình dạng: Hạt mịn và hạt thô	tỷ lệ loại bỏ NH_4^+ tốt
5	Nhựa relite A490	Vật liệu trao đổi NO_3^-	Hơi vàng nhạt, hạt đục, hạt màu vàng đục	Loại bỏ NO_3^- trong nước thải với hiệu quả cao
6	Nhựa Purolite A520E	Vật liệu trao đổi NO_3^-	Hạt hình cầu, Màu	Loại bỏ NO_3^- trong nước thải với hiệu quả cao

việc khó khăn trong việc lựa chọn vật liệu đảm bảo được hiệu suất xử lý đồng thời amoni, nitrat, photphat. Ngoài ra cần tính đến các phương án tái sinh vật liệu trao đổi sau vật liệu đã bão hòa.

4. KẾT LUẬN

TSD nước thải sau xử lý giúp tiết kiệm nguồn tài nguyên nước, giúp giảm chi phí nguồn nước sạch đầu vào và giảm chi phí thu gom xử lý nước thải. Yêu cầu về chất lượng nước thải, mức độ cần xử lý liên quan chặt chẽ với mục đích TSD. Việc TSD nước phải được quản lý và giám sát chặt chẽ, bảo đảm các yêu cầu về sức khỏe và môi trường. Ví dụ, sử dụng các thông số (ví dụ pH, Coliform (hoặc E.Coli), độ đục, Clo dư, BOD, TSS) để đánh giá chất lượng nước khi xem xét cho các mục đích sử dụng khác nhau. Lựa chọn công nghệ phù hợp đóng vai trò quan trọng trong việc TSD nước tại các KCN ở các quy mô khác nhau. Công nghệ lọc màng có khả năng đảm bảo thu được nguồn nước có chất lượng cao, thậm chí thu được nguồn nước tinh khiết. Tuy nhiên, chi phí đầu tư và vận hành cao. Công nghệ hấp phụ có thể được sử dụng để loại bỏ các thành phần ô nhiễm nhằm nâng cao chất lượng nước sau xử lý phục vụ cho mục đích TSD. Quá trình hấp phụ có tính chọn lọc bị ảnh hưởng bởi một số loại ion, ảnh hưởng đến hiệu suất hấp phụ không cao. Công nghệ trao đổi ion có tiềm năng dùng trong việc TSD nước. Tuy nhiên, cần lựa chọn vật liệu trao đổi ion phù hợp đảm bảo được hiệu suất xử lý đồng thời các ion trong nước. Đặc biệt, các nghiên cứu thử nghiệm cần được triển khai với các mô hình thực tế để xác định các công

nghệ phù hợp về kinh tế và kỹ thuật, hỗ trợ hiệu quả việc TSD nước thải■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <https://laodongcongdolan.vn/dong-nai-dan-dau-ca-nuoc-ve-so-luong-khu-cong-nghiep-dang-hoat-dong-91274.html>.
2. <https://www.mpi.gov.vn/portal/pages/print.aspx?p=95677>.
3. Phan Mai Linh, Nguyễn Đình Tùng (2021). Kinh nghiệm TSD nước thải trên thế giới và áp dụng đối với Việt Nam. Tạp chí Môi trường, số 2/2021.
4. L. P. Nguyen, T. H. Hoang, D. H. Nguyen, N. A. Hoang, and K.-U. Do, (2022) “Evaluation of water reuse in industrial and service facilities in Da Nang, Viet Nam - Possibilities and bottlenecks”, Vietnam J. Sci. Technol., vol. 60, no. 5B, pp. 184–193, Oct. 2022.
5. Trịnh Tuyết Dung (2018). Kinh nghiệm phát triển khu công nghiệp sinh thái ở Hàn Quốc và bài học cho Việt Nam. Tạp chí Khoa học HNUE, số 63 tập 5, trang 152-159.
6. Hoàng Thị Thu Hương, Đỗ Khắc Uẩn, Nguyễn Thị Lan Phương, Đào Hoàng Hải (2023) Tuần hoàn TSD nước thải sau xử lý trong công nghiệp - Tiềm năng và thách thức. Tạp chí Môi trường, số chuyên đề 3/2023, pp 4-9.
7. Kakwani NS, Kalbar PP. (2020). Review of circular economy in urban water sector: challenges and opportunities in India. J Environ Manag 271:111010.
8. UNESCO (2020), Water reuse within a circular economy context. Republic of Korea by Piena Books.



Chiến lược chuyển đổi năng lượng tái tạo: Rà soát chính sách và những “điểm nghẽn” thực thi

NGUYỄN QUỐC VIỆT, ĐỖ THỊ MINH HUỆ, NGUYỄN THỊ THOAN, NGUYỄN THỊ HỒNG TRÂM
Trường Đại học Kinh tế, Đại học Quốc gia Hà Nội

Tóm tắt:

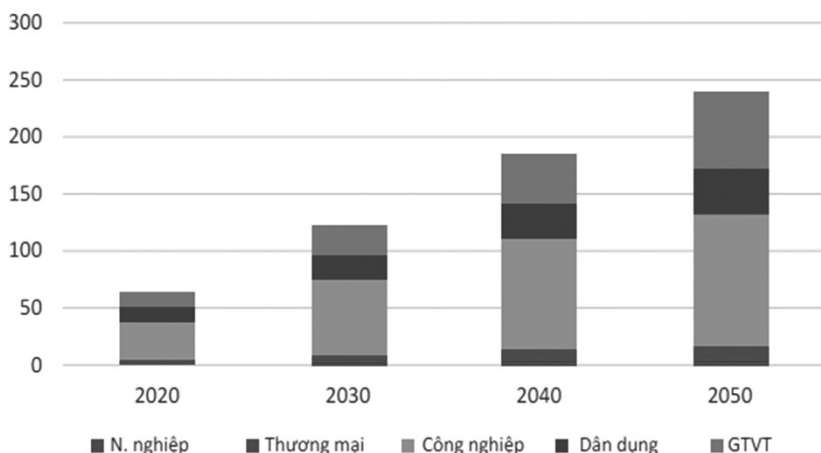
Việt Nam đang bước vào giai đoạn phát triển kinh tế - xã hội đòi hỏi nguồn năng lượng lớn và ổn định để duy trì tốc độ tăng trưởng nhanh và bền vững. Trong bối cảnh nhu cầu năng lượng tăng cao và áp lực cắt giảm phát thải khí nhà kính ngày càng lớn, việc chuyển đổi sang năng lượng tái tạo (NLTT) không chỉ là xu thế tất yếu mà còn là đòi hỏi cấp bách để đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia và đáp ứng các cam kết quốc tế về giảm phát thải các-bon. Trên thực tế, Việt Nam đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong việc thúc đẩy NLTT, đặc biệt là điện mặt trời và điện gió, nhờ vào các chính sách ưu đãi và định hướng chiến lược rõ ràng như Nghị quyết số 55-NQ/TW, Quy hoạch điện VIII (PDP8), cùng Hiệp định Đối tác chuyển dịch năng lượng công bằng (JETP). Tuy nhiên, quá trình chuyển dịch này vẫn gặp nhiều thách thức về thể chế, tài chính, hạ tầng và công nghệ. Bài viết sẽ đi sâu phân tích xu hướng xanh hóa sản xuất, những chính sách lớn đã và đang triển khai, đồng thời chỉ ra những điểm nghẽn cần tháo gỡ để Việt Nam đạt được mục tiêu phát triển kinh tế nhanh và bền vững dựa trên nền tảng NLTT.

Từ khóa: Năng lượng tái tạo, xanh hóa, chính sách.

JEL Classifications: K32, Q58, Q59.

1. NHU CẦU CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO VÀ XU HƯỚNG XANH HÓA SẢN XUẤT TẠI VIỆT NAM

Nhu cầu tiêu thụ năng lượng của Việt Nam đã tăng nhanh trong nhiều thập kỷ qua, phản ánh sự phát triển mạnh mẽ và quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa của nền kinh tế. Từ năm 2010 đến 2019, tổng mức tiêu thụ năng lượng cuối cùng (TFEC) tăng trưởng trung bình 4,3% mỗi năm, đạt 61.853 KTOE vào năm 2019. Đặc biệt, mức tăng trưởng năng lượng năm 2018 và 2019 lần lượt đạt 11,86% và 6,7%, cho thấy sự gia tăng nhanh chóng trong nhu cầu năng lượng để phục vụ các hoạt động sản xuất, kinh doanh và đời sống dân cư. Mặc dù cường độ năng lượng của nền kinh tế giảm 14% trong cùng giai đoạn, chỉ số tiêu thụ năng lượng trên GDP vẫn ở mức cao so với nhiều nước láng giềng, điều này cho thấy nền kinh tế Việt Nam vẫn phụ thuộc khá lớn vào năng lượng để duy trì tăng trưởng.



Hình 1: Dự báo nhu cầu năng lượng theo ngành (KTOE)

Nguồn: Dự thảo của Viện năng lượng, 2020

Dự báo từ Viện Năng lượng đến năm 2050 cho thấy, nhu cầu năng lượng tiếp tục tăng mạnh trong các lĩnh vực kinh tế trọng điểm như nông nghiệp, công nghiệp, thương mại, dân dụng và giao thông vận tải (Hình1).

Đáng chú ý, ngành công nghiệp trụ cột của nền kinh tế - được dự báo sẽ chiếm tỷ trọng lớn nhất trong tổng mức tiêu thụ năng lượng, tăng từ khoảng 30 KTOE năm 2020 lên 100 KTOE vào năm 2050. Sự mở rộng của các khu công nghiệp, nhà máy sản xuất, đặc biệt là trong các lĩnh vực như sản xuất vật liệu xây dựng, chế biến, công nghiệp nặng, khiến nhu cầu năng lượng ngày càng cao. Cùng với đó, ngành giao thông vận tải cũng được dự báo tăng trưởng nhanh chóng, từ 15 KTOE năm 2020 lên gần 90 KTOE vào năm 2050, chủ yếu do sự gia tăng của phương tiện cá nhân, mở rộng hạ tầng giao thông và phát triển logistics.

Trước xu hướng gia tăng nhu cầu năng lượng nhanh và liên tục này, việc chuyển đổi sang các nguồn NLTT và xanh hóa sản xuất trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. Để đáp ứng yêu cầu khắt khe từ các hiệp định

Bảng 1: Mục tiêu cụ thể về phát triển năng lượng

Mục tiêu	Năm 2030	Năm 2045
Đáp ứng nhu cầu năng lượng	175-195 triệu TOE cung cấp năng lượng sơ cấp	320-350 triệu TOE cung cấp năng lượng sơ cấp
	125-130 GW công suất điện	Sản lượng điện 550-600 tỷ kWh
Tăng cường NLTT	15-20% NLTT trong tổng nguồn cung	25-30% NLTT trong tổng nguồn cung
Đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia	Phát triển đồng bộ các nguồn năng lượng	Tăng tỷ trọng NLTT lên 5% trong NLSC vào năm 2020, và 11% vào năm 2050
Quản lý tiêu thụ năng lượng	105-115 triệu TOE trong tổng mức tiêu thụ năng lượng cuối cùng	160-190 triệu TOE
Phát triển lưới điện thông minh	- 15-20% NLTT trong tổng nguồn cung	- 25-30% NLTT trong tổng nguồn cung
Giảm phát thải khí nhà kính	- Giảm 15%	- Giảm 20%

Nguồn: VEPR, 2024

thương mại tự do thế hệ mới như EVFTA, CPTPP - nơi tiêu chuẩn về môi trường và sản xuất xanh ngày càng khắt khe - các doanh nghiệp Việt Nam buộc phải đổi mới mô hình sản xuất, giảm dần sự phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch và tăng cường sử dụng NLTT. Đặc biệt, Cơ chế điều chỉnh biên giới các-bon (CBAM) của EU, dự kiến áp dụng từ năm 2026, sẽ áp thuế các-bon lên các mặt hàng xuất khẩu có cường độ phát thải cao như thép, xi măng, nhôm, phân bón. Điều này tạo ra thách thức lớn cho doanh nghiệp Việt Nam nếu không sớm chuyển đổi mô hình sản xuất thân thiện với môi trường, nhưng đồng thời cũng là cơ hội để nâng cao năng lực cạnh tranh và tận dụng ưu đãi thuế quan từ các FTA.

Việt Nam cũng thể hiện cam kết mạnh mẽ trong các thỏa thuận quốc tế về giảm phát thải khí nhà kính, đặc biệt là tại COP26, với mục tiêu đạt trung hòa các-bon vào năm 2050. Quyết định 01/2023/QĐ-TTg yêu cầu 1.912 cơ sở công nghiệp thực hiện kiểm kê khí nhà kính từ năm 2024, tạo nền tảng cho việc xây dựng chiến lược giảm phát thải và sử dụng năng lượng bền vững. Cùng với đó, Nghị quyết 55-NQ/TW ngày 11/2/2020 của Bộ Chính trị định hướng ưu tiên phát triển các nguồn NLTT như gió và mặt trời, thay thế dần năng lượng hóa thạch. Quy hoạch điện VIII, được phê duyệt theo Quyết định 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023, cũng đặt mục tiêu tăng tỷ trọng NLTT lên khoảng 30,9-39,2% vào năm 2030 và tiến tới 47% vào năm 2050. Đáng chú ý, điện gió được đặt mục tiêu tăng từ 4.200 MW hiện nay lên 27.880 MW vào năm 2030 và 168.550 MW vào năm 2050 - tăng gấp gần 41 lần so với hiện tại.

2. NHỮNG CHÍNH SÁCH LỚN VÀ QUÁ TRÌNH THỂ CHẾ HÓA CHIẾN LƯỢC CHUYỂN ĐỔI NLTT CỦA VIỆT NAM

Việt Nam đã và đang đẩy mạnh quá trình chuyển đổi NLTT nhằm hướng tới mục tiêu phát triển bền vững,

đảm bảo an ninh năng lượng và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Để hiện thực hóa các mục tiêu này, Chính phủ đã xây dựng và triển khai nhiều chính sách quan trọng cùng với việc thể chế hóa chiến lược NLTT một cách bài bản, từ quy hoạch dài hạn, cơ chế khuyến khích, đến điều chỉnh hành lang pháp lý phù hợp với bối cảnh kinh tế và công nghệ mới.

Khung chính sách và quy hoạch phát triển NLTT

Nhận thức rõ vai trò quan trọng của NLTT trong phát triển bền vững, an ninh năng lượng và BVMT, Việt Nam đã đưa ra các định hướng chiến lược phát triển NLTT đến năm 2030 và tầm nhìn 2050 với các mục tiêu cụ thể nhằm đảm bảo an ninh năng lượng và phát triển bền vững. Chiến lược này tập trung vào việc tăng tỷ lệ sử dụng NLTT trong cơ cấu năng lượng quốc gia, giảm sự phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch và cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng (Bảng 1).

NLTT ngày càng giữ vai trò trọng tâm trong chiến lược và chính sách năng lượng quốc gia của Việt Nam. Hàng loạt chương trình và chính sách đã được triển khai, đặc biệt trong lĩnh vực phát điện, nhằm thúc đẩy sử dụng các nguồn năng lượng sạch. Các Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia từ V đến VIII cùng nhiều cơ chế ưu đãi đã tạo động lực mạnh mẽ, giúp tỷ lệ điện từ nguồn tái tạo tăng trưởng ổn định, góp phần đảm bảo an ninh năng lượng và phát triển bền vững (Bảng 2).

Chính phủ Việt Nam đã ban hành hàng loạt chính sách và quy hoạch quan trọng nhằm định hướng phát triển NLTT. Cụ thể, Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia các giai đoạn như Quy hoạch điện VII (điều chỉnh) và Quy hoạch điện VIII (PDP8) đã vạch ra lộ trình cụ thể về cơ cấu nguồn điện, trong đó ưu tiên phát triển điện gió, điện mặt trời và điện sinh khối. PDP8 đặc biệt nhấn mạnh đến việc giảm dần điện than và tăng cường tỷ trọng NLTT trong tổng công suất hệ thống điện quốc gia.

**Bảng 2: Một số văn bản chính sách của Việt Nam về phát triển năng lượng giai đoạn 2000-2025**

Năm	Cơ quan ban hành	Văn bản	Tên chính sách	Nội dung
2000	Quốc hội	Luật Dầu khí 1993 và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Dầu khí	Luật Dầu khí	Quy định về thăm dò và khai thác dầu khí trong lãnh thổ, vùng đặc quyền kinh tế và thềm lục địa của Việt Nam
2004	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 176/2004/QĐ-TTg	Chiến lược phát triển ngành điện Việt Nam giai đoạn 2004-2010, tầm nhìn đến 2020	Quan điểm, mục tiêu và chiến lược phát triển ngành điện giai đoạn 2004-2010, hướng tới năm 2020
2004	Quốc hội	Luật Điện lực 2004 và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Điện lực	Luật Điện lực	Quy định về quy hoạch và đầu tư phát triển điện lực; tiết kiệm điện; thị trường điện; quyền và nghĩa vụ của các tổ chức, cá nhân tham gia hoạt động điện lực và sử dụng điện; bảo vệ thiết bị điện, cơ sở hạ tầng điện và an toàn điện
2007	Bộ Chính trị	Nghị quyết số 18-NQ/TW	Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2050	Định hướng chiến lược phát triển năng lượng quốc gia đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2050
2008	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 89/2008/QĐ-TTg	Chiến lược phát triển ngành công nghiệp than Việt Nam đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025	Quan điểm, mục tiêu và chiến lược phát triển ngành công nghiệp than Việt Nam đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025
2010	Quốc hội	Luật Sử dụng Năng lượng Tiết kiệm và Hiệu quả 2010	Luật Sử dụng Năng lượng Tiết kiệm và Hiệu quả 2010	Quy định về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả; chính sách và biện pháp thúc đẩy sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả; quyền, nghĩa vụ và trách nhiệm của các tổ chức, hộ gia đình và cá nhân trong việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả
2011	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 2139/QĐ-TTg	Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu	Mục tiêu và chiến lược quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu
2012	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 432/QĐ-TTg	Chiến lược phát triển bền vững Việt Nam	Quan điểm, mục tiêu và chiến lược phát triển bền vững
2012	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 1216/QĐ-TTg	Chiến lược BVMT quốc gia	Mục tiêu và giải pháp chiến lược BVMT quốc gia
2015	Bộ Chính trị	Nghị quyết số 41-NQ/TW	Chiến lược phát triển ngành công nghiệp dầu khí Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035	Định hướng chiến lược phát triển ngành công nghiệp dầu khí Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035
2015	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 2068/QĐ-TTg	Chiến lược phát triển NLTT Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050	Mục tiêu và chiến lược phát triển NLTT Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050
2016	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 403/QĐ-TTg	Quy hoạch phát triển ngành công nghiệp than Việt Nam đến năm 2020, triển vọng đến năm 2030	Điều chỉnh quy hoạch phát triển ngành công nghiệp than Việt Nam đến năm 2020, triển vọng đến năm 2030
2017	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 1623/QĐ-TTg	Quy hoạch phát triển ngành dầu khí Việt Nam đến năm 2055, tầm nhìn đến năm 2035	Quy hoạch phát triển ngành dầu khí Việt Nam đến năm 2055, tầm nhìn đến năm 2035
2017	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 60/QĐ-TTg	Quy hoạch phát triển ngành công nghiệp khí Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035	Quy hoạch phát triển ngành công nghiệp khí Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035



2020	Bộ Chính trị	Nghị quyết số 55-NQ/TW	Định hướng chiến lược phát triển năng lượng quốc gia Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045	Định hướng chiến lược phát triển năng lượng quốc gia Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045
2020	Quốc hội	Luật BVMT 2020	Luật BVMT 2020	Quy định về hoạt động BVMT, chính sách, biện pháp và nguồn lực cho BVMT, quyền, nghĩa vụ và trách nhiệm của các cơ quan, tổ chức, hộ gia đình và cá nhân trong việc BVMT
2021	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định số 1658/QĐ-TTg	Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2023, tầm nhìn đến năm 2050	Mục tiêu và chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2023, tầm nhìn đến năm 2050
2021	Bộ Công Thương	Quyết định 13/2020/QĐ-TTg	Chính sách hỗ trợ phát triển NLTT	Hỗ trợ giá bán điện cho các dự án NLTT, đặc biệt là điện mặt trời và điện gió.
2021	Chính phủ	Nghị định 17/2021/NĐ-CP	Sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định về điện mặt trời	Quy định mới về giá bán điện và ưu đãi đầu tư cho các dự án điện mặt trời.
2021	Bộ Tài chính	Thông tư 25/2021/TT-BTC	Hướng dẫn chính sách thuế cho các dự án NLTT	Miễn giảm thuế cho các dự án NLTT, khuyến khích đầu tư và phát triển.
2022	Bộ Công Thương	Nghị định 10/2022/NĐ-CP	Quy định về quản lý và phát triển năng lượng	Quy định về quản lý, giám sát các dự án năng lượng, đảm bảo tính bền vững và an toàn.
2022	Thủ tướng Chính phủ	Quyết định 11/2022/QĐ-TTg	Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2021-2030	Chiến lược và quy hoạch phát triển điện lực, bao gồm NLTT.
2022	Bộ Khoa học và Công nghệ	Thông tư 15/2022/TT-BKHCN	Quy định về tiêu chuẩn kỹ thuật cho các thiết bị NLTT	Đảm bảo chất lượng và an toàn cho các thiết bị NLTT.
2023	Bộ Công Thương	Thông tư 18/2023/TT-BCT	Hướng dẫn thực hiện cơ chế giá FIT cho điện mặt trời	Hướng dẫn chi tiết về mức giá FIT cho các dự án điện mặt trời, khuyến khích đầu tư vào lĩnh vực này.
2023	Bộ Kế hoạch và Đầu tư	Quyết định 29/2023/QĐ-BKHĐT	Chính sách hỗ trợ vốn đầu tư cho các dự án NLTT	Hỗ trợ vốn vay ưu đãi và các gói tín dụng đặc biệt cho các dự án NLTT.
2023	Bộ Tài nguyên và Môi trường	Thông tư 08/2023/TT-BTNMT	Quy định về BVMT trong các dự án NLTT	Hướng dẫn và quy định chi tiết về các biện pháp BVMT cho các dự án NLTT.
2024	Chính phủ	Nghị định số 80/2024/NĐ-CP	Quy định về cơ chế mua bán điện trực tiếp giữa Đơn vị phát điện NLTT với Khách hàng sử dụng điện lớn	Hướng dẫn triển khai cơ chế mua bán điện trực tiếp giữa Đơn vị phát điện NLTT với Khách hàng sử dụng điện lớn (cơ chế DPPA)
2024	Chính phủ	Nghị định số 135/2024/NĐ-CP	Quy định cơ chế, chính sách khuyến khích phát triển điện mặt trời mái nhà tự sản xuất, tự tiêu thụ	Quy định về cơ chế, chính sách khuyến khích phát triển điện mặt trời tự sản xuất, tự tiêu thụ được lắp đặt trên mái nhà của công trình xây dựng gồm nhà ở, cơ quan công sở, khu công nghiệp, cụm công nghiệp, khu chế xuất, khu công nghệ cao, khu kinh tế, cơ sở sản xuất, cơ sở kinh doanh được đầu tư, xây dựng theo đúng quy định của pháp luật.
2024	Quốc hội	Luật số: 61/2024/QH15	Luật Điện lực	Quy định về quy hoạch phát triển điện lực, đầu tư xây dựng dự án điện lực; phát triển điện NLTT, điện năng lượng mới; giấy phép hoạt động điện lực; thị trường điện cạnh tranh, hoạt động mua bán điện
2025	Chính phủ	Nghị định số 57/2025/NĐ-CP	Quy định cơ chế mua bán điện trực tiếp giữa đơn vị phát điện NLTT và khách hàng sử dụng điện lớn	Quy định cơ chế mua bán điện trực tiếp giữa đơn vị phát điện NLTT và khách hàng sử dụng điện lớn
2025	Chính phủ	Nghị định số 58/2025/NĐ-CP	Quy định chi tiết một số điều của Luật Điện lực về phát triển điện NLTT, điện năng lượng mới	Quy định chi tiết một số điều của Luật Điện lực về phát triển điện NLTT, điện năng lượng mới

Nguồn: VEPR, 2024



Bảng 3: So sánh cơ cấu nguồn điện theo PDP8 và JETP (2030)

Nguồn điện	PDP8 (dự thảo)	JETP (mục tiêu)
Điện than	30,127 MW	30,2 GW
NLTT	30,9 - 39,2%	47%
Phát thải CO ₂	204 - 254 triệu tấn	170 triệu tấn

Nguồn: VEPR, 2024

Theo bản dự thảo mới nhất của PDP8, đến năm 2030, tỷ lệ NLTT (bao gồm điện gió, điện mặt trời, điện sinh khối) dự kiến đạt 30,9-39,2% tổng công suất và có thể tăng lên 47% nếu thực hiện đúng theo lộ trình của Cơ chế Đối tác chuyển dịch năng lượng công bằng (JETP) (Bảng 3).

Cơ chế tài chính và ưu đãi thuế thúc đẩy đầu tư NLTT

Bên cạnh các quy hoạch dài hạn, Chính phủ cũng ban hành nhiều chính sách ưu đãi về tài chính và thuế để khuyến khích doanh nghiệp đầu tư vào lĩnh vực NLTT. Các dự án điện gió, điện mặt trời, sinh khối được hưởng chính sách miễn thuế thu nhập doanh nghiệp trong 4 năm đầu và giảm 50% trong 9 năm tiếp theo. Ngoài ra, thuế nhập khẩu đối với máy móc, thiết bị và phương tiện phục vụ dự án cũng được miễn hoàn toàn. Đặc biệt, các khoản lỗ từ dự án được phép chuyển tiếp trong 5 năm, giúp nhà đầu tư có thêm dư địa tài chính để vượt qua giai đoạn đầu khó khăn. Chính phủ cũng tạo điều kiện vay vốn ưu đãi thông qua Ngân hàng Phát triển Việt Nam và các tổ chức tài chính khác, với lãi suất thấp và thời gian vay dài. Nhờ đó, nhiều doanh nghiệp năng lượng đã mạnh dạn mở rộng quy mô đầu tư, đặc biệt là trong lĩnh vực điện gió và điện mặt trời.

Chính sách thu hút nhà đầu tư thông qua giá mua bán NLTT

Chính sách giá điện cố định (Feed-in Tariff - FIT) được áp dụng rộng rãi trong giai đoạn đầu phát triển NLTT. Giá FIT đảm bảo các nhà đầu tư nhận được một mức giá bán điện cố định cho mỗi kilowatt giờ (kWh) điện sản xuất từ nguồn NLTT, kéo dài 20 năm, tạo điều kiện thuận lợi để doanh nghiệp thu hồi vốn và có lợi nhuận. Mặc dù chính sách FIT đang dần được thay thế bằng cơ chế đấu thầu cạnh tranh, nhưng giai đoạn đầu chính sách này đã góp phần tạo ra bước

Bảng 4: Giá Mua Điện Theo Chính Sách Giá Cố Định (FIT) tại Việt Nam

Loại hình năng lượng	Quyết định	Giá mua điện (US cents/kWh)
Điện gió		
- Trên bờ	39/2018/QĐ-TTg	8,5
- Ngoài khơi	39/2018/QĐ-TTg	9,8
Điện mặt trời		
- Trên mái nhà	13/2020/QĐ-TTg	8,38
- Nổi	13/2020/QĐ-TTg	7,69
- Trên mặt đất	13/2020/QĐ-TTg	7,09
Điện sinh khối		
- Các dự án sinh khối	Theo quy định	5,8

Nguồn: VEPR, 2024

đột phá mạnh mẽ cho thị trường điện tái tạo. (Bảng 4).

Việt Nam đã xây dựng khung chính sách nhằm thúc đẩy chuyển đổi NLTT, bao gồm quy hoạch tổng thể, cơ chế tài chính, ưu đãi thuế và giá điện. Những chính sách này hướng đến mục tiêu giảm phát thải, tăng tỷ trọng NLTT và đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia. Đồng thời, việc giảm chi phí, nâng cao khả năng cạnh tranh của các dự án NLTT và thúc đẩy phát triển bền vững đã tạo động lực mạnh mẽ cho ngành năng lượng.

3. RÀO CẢN VÀ HẠN CHẾ TRONG THỰC THI CÁC CHIẾN LƯỢC VÀ CHÍNH SÁCH CHUYỂN ĐỔI NLTT

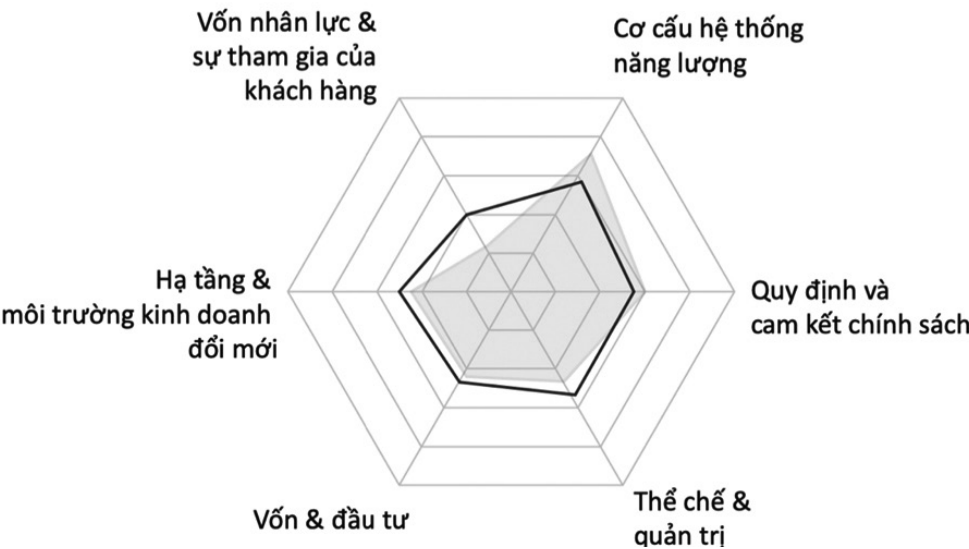
Mặc dù Việt Nam đã thể hiện cam kết mạnh mẽ với mục tiêu đạt Net Zero vào năm 2050, đặc biệt từ sau COP26 và đã có những bước tiến đáng ghi nhận như ký kết Hiệp định Đối tác Chuyển dịch Năng lượng Công bằng (JETP) và phê duyệt Quy hoạch Phát triển Điện VIII, nhưng trên thực tế, việc hiện thực hóa các cam kết này đang gặp phải nhiều rào cản lớn (Hình 2).

Theo báo cáo của Diễn đàn Kinh tế Thế giới, dù đã có nhiều nỗ lực nhưng hiện tại mức độ sẵn sàng chuyển dịch năng lượng của Việt Nam chỉ đạt 48.6/100, phản ánh thực trạng trung bình và chưa đủ mạnh để tạo ra cú hích chuyển đổi từ năng lượng hóa thạch sang NLTT. Nguyên nhân chính đến từ thiếu hụt vốn đầu tư, cơ sở hạ tầng chưa đồng bộ, cùng với những rào cản về thể chế và chính sách. Việc không sẵn sàng chuyển dịch năng lượng có thể dẫn đến sự phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch kéo dài, gây ra tác động tiêu cực đến môi trường và làm giảm sự bền vững của nền kinh tế. Sự phụ thuộc kéo dài vào năng lượng hóa thạch không chỉ làm tăng chi phí năng lượng mà còn gây ra những hậu quả về môi trường, như ô nhiễm không khí và biến đổi khí hậu. Điều này cũng có thể làm



● Việt Nam ○ Trung bình toàn cầu

Mức độ sẵn sàng chuyển dịch



Hình 2: Đánh giá mức độ sẵn sàng chuyển dịch của Việt Nam
Nguồn: Diễn đàn Kinh tế Thế Giới, 2024

giảm khả năng thu hút đầu tư nước ngoài, vì các nhà đầu tư ngày càng quan tâm đến tính bền vững và trách nhiệm xã hội. Hơn nữa, việc chậm chuyển dịch sang NLTT có thể làm giảm sự cạnh tranh của Việt Nam trên thị trường quốc tế, ảnh hưởng đến tăng trưởng GDP và phát triển kinh tế bền vững.

Ngoài ra, Việt Nam còn tồn tại các rào cản thể chế và thách thức về quy định pháp luật. Những vấn đề này bao gồm thị trường hóa chi phí, thiếu các tiêu chuẩn và quy định kỹ thuật cũng như các yêu cầu nghiêm ngặt về cấp phép điện lực. Các rào cản đầu tư liên quan đến khả năng hạn chế trong huy động vốn, thời gian hoàn thành dự án và thu hồi vốn dài, thiếu chắc chắn trong ưu đãi thuế và sẽ kém hấp dẫn của giá điện. Các rào cản kỹ thuật bao gồm dữ liệu không đầy đủ và không đáng tin cậy về các nguồn NLTT và cơ sở hạ tầng lưới điện ở khu vực nông thôn. Các rào cản thương mại như cơ sở hạ tầng và cơ chế vận hành yếu kém cũng đặt ra những thách thức không hề nhỏ. Các rào cản thị trường bao gồm hạn chế trong vai trò quản lý và tiếp cận thông tin và công nghệ, chi phí giao dịch cao, thiếu dịch vụ hỗ trợ và nhân sự lành nghề cho các dự án năng lượng tái tạo.

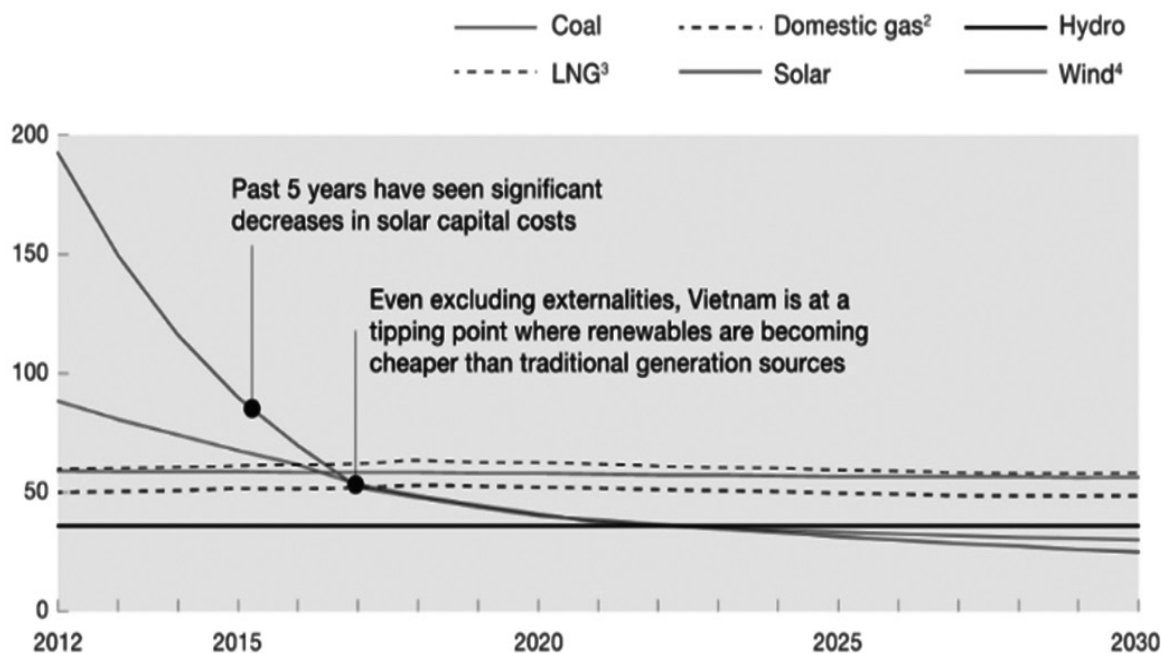
Bên cạnh đó, hệ sinh thái công nghệ trong nước chưa đủ sức cạnh tranh. Việt Nam vẫn phụ thuộc nhiều vào việc nhập khẩu công nghệ NLTT, làm tăng chi phí đầu tư và làm chậm quá trình triển khai. Một

nghiên cứu của McKinsey cho thấy chi phí sản xuất điện tái tạo (LCOE) ở Việt Nam vẫn còn cao so với các quốc gia khác trong khu vực. Theo một báo cáo của Energy Tracker Asia, Việt Nam cần đầu tư khoảng 23,7 tỷ USD vào NLTT từ nay đến năm 2030 để đạt được các mục tiêu phát triển bền vững, nhưng việc tiếp cận nguồn vốn này gặp nhiều khó khăn do thị trường tài chính chưa phát triển đủ mạnh (Hình 3).

Riêng với thị trường điện bán lẻ, việc thiếu cơ chế giá điện cạnh tranh khiến nhiều dự án điện tái tạo bị đình trệ. Quy định giới hạn công suất điện mặt trời mái nhà ở mức 1MW hoặc 1.25 MWp khiến các doanh nghiệp có nhu cầu lớn phải chia nhỏ dự án, làm phát sinh chi phí và thủ tục hành chính phức tạp. Dự thảo Nghị định của Bộ Công Thương cũng chỉ khuyến khích lắp đặt điện mặt trời mái nhà để tự dùng, không cho phép bán điện cho tổ chức khác, làm mất đi động lực đầu tư. Cuối cùng, việc đấu thầu giá điện - yếu tố quyết định thu hút đầu tư - vẫn thiếu hành lang pháp lý phù hợp. Hiện tại, quy định chưa cho phép đấu thầu dựa trên giá bán điện cạnh tranh, khiến nhiều dự án không thể triển khai, làm chậm quá trình chuyển dịch năng lượng của Việt Nam...

KẾT LUẬN

Việt Nam đang đứng trước cơ hội lớn để chuyển đổi sang NLTT, hướng tới mục tiêu trung hòa các-



Hình 3: LCOE trung bình của Việt Nam, USD/MWh

Nguồn: World Bank, 2024

bon vào năm 2050. Các chính sách như Quy hoạch điện VIII và Hiệp định Đối tác chuyển dịch năng lượng công bằng (JETP) đã tạo nền tảng quan trọng, nhưng việc thực thi vẫn gặp nhiều rào cản về hạ tầng, tài chính, công nghệ và thể chế. Để tháo gỡ những điểm nghẽn này, Việt Nam cần cải cách cơ chế giá điện, hoàn thiện khung pháp lý, mở rộng kênh huy động vốn và đầu tư vào hạ tầng lưới điện thông minh. Đồng thời, cần phát triển hệ sinh thái công nghệ nội địa để giảm phụ thuộc vào nhập khẩu, hạ chi phí sản xuất NLTT. Nếu thực hiện đồng bộ các giải pháp trên, Việt Nam có thể vượt qua các rào cản hiện tại, đẩy nhanh quá trình chuyển đổi sang NLTT. Thành công trong chuyển đổi năng lượng không chỉ đảm bảo an ninh năng lượng và giảm thiểu tác động môi trường mà còn tạo động lực mạnh mẽ cho tăng trưởng kinh tế bền vững trong tương lai. Đây là cơ hội để Việt Nam vươn lên trở thành nền kinh tế xanh, hiện đại, hội nhập sâu rộng trên trường quốc tế.

Bài báo là kết quả nghiên cứu của đề tài mã số KT 24.12■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quốc hội (2000), Luật Dầu khí 1993 và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Dầu khí.
2. Thủ tướng Chính phủ (2004), Quyết định số 176/2004/QĐ-TTg về Chiến lược phát triển ngành điện Việt Nam giai đoạn 2004-2010, tầm nhìn đến 2020.

3. Quốc hội (2004), Luật Điện lực 2004 và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Điện lực.

4. Bộ Chính trị (2007), Nghị quyết số 18-NQ/TW về Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2050.

5. Thủ tướng Chính phủ (2008), Quyết định số 89/2008/QĐ-TTg về Chiến lược phát triển ngành công nghiệp than Việt Nam đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025.

6. Quốc hội (2010), Luật Sử dụng Năng lượng Tiết kiệm và Hiệu quả 2010.

7. Thủ tướng Chính phủ (2011), Quyết định số 2139/QĐ-TTg về Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu.

8. Thủ tướng Chính phủ (2012), Quyết định số 432/QĐ-TTg về Chiến lược phát triển bền vững Việt Nam.

9. Thủ tướng Chính phủ (2012), Quyết định số 1216/QĐ-TTg về Chiến lược BVMT quốc gia.

10. Bộ Chính trị (2015), Nghị quyết số 41-NQ/TW về Chiến lược phát triển ngành công nghiệp dầu khí Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035.

11. Thủ tướng Chính phủ (2015), Quyết định số 2068/QĐ-TTg về Chiến lược phát triển NLTT Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

12. Thủ tướng Chính phủ (2016), Quyết định số 403/QĐ-TTg về Quy hoạch phát triển ngành công nghiệp than Việt Nam đến năm 2020, triển vọng đến năm 2030.

13. Thủ tướng Chính phủ (2017), Quyết định số 1623/QĐ-TTg về Quy hoạch phát triển ngành dầu khí Việt Nam đến năm 2055, tầm nhìn đến năm 2035.



14. Thủ tướng Chính phủ (2017), Quyết định số 60/QĐ-TTg về Quy hoạch phát triển ngành công nghiệp khí Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2035.
15. Bộ Chính trị (2020), Nghị quyết số 55-NQ/TW về Định hướng chiến lược phát triển năng lượng quốc gia Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
16. Quốc hội (2020), Luật BVMT 2020.
17. Thủ tướng Chính phủ (2021), Quyết định số 1658/QĐ-TTg về Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2023, tầm nhìn đến năm 2050.
18. Bộ Công Thương (2021), Quyết định 13/2020/QĐ-TTg về Chính sách hỗ trợ phát triển NLTT.
19. Chính phủ (2021), Nghị định 17/2021/NĐ-CP về Sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định về điện mặt trời.
20. Bộ Tài chính (2021), Thông tư 25/2021/TT-BTC về Hướng dẫn chính sách thuế cho các dự án NLTT.
21. Bộ Công Thương (2022), Nghị định 10/2022/NĐ-CP về Quy định về quản lý và phát triển năng lượng.
22. Thủ tướng Chính phủ (2022), Quyết định 11/2022/QĐ-TTg về Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2021-2030.
23. Bộ Khoa học và Công nghệ (2022), Thông tư 15/2022/TT-BKHCN về Quy định về tiêu chuẩn kỹ thuật cho các thiết bị NLTT.
24. Bộ Công Thương (2023), Thông tư 18/2023/TT-BCT về Hướng dẫn thực hiện cơ chế giá FIT cho điện mặt trời.
25. Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2023), Quyết định 29/2023/QĐ-BKHĐT về Chính sách hỗ trợ vốn đầu tư cho các dự án NLTT.
26. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2023), Thông tư 08/2023/TT-BTNMT về Quy định về BVMT trong các dự án NLTT.
27. Chính phủ (2024), Nghị định số 80/2024/NĐ-CP về Quy định về cơ chế mua bán điện trực tiếp giữa Đơn vị phát điện NLTT với Khách hàng sử dụng điện lớn.
28. Chính phủ (2024), Nghị định số 135/2024/NĐ-CP về Quy định cơ chế, chính sách khuyến khích phát triển điện mặt trời mái nhà tự sản xuất, tự tiêu thụ.
29. Quốc hội (2024), Luật số 61/2024/QH15 về Luật Điện lực.
30. Chính phủ (2025), Nghị định số 57/2025/NĐ-CP về Quy định cơ chế mua bán điện trực tiếp giữa đơn vị phát điện NLTT và khách hàng sử dụng điện lớn.
31. Chính phủ (2025), Nghị định số 58/2025/NĐ-CP về Quy định chi tiết một số điều của Luật Điện lực về phát triển điện NLTT, điện năng lượng mới.
32. ADB (2017). Pathways to low-carbon development for Viet Nam, Asian Development Bank. Available from <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/389826/pathways-low-carbon-devt-viet-nam.pdf>
33. CEEW, et al. (2019). Future skills and job creation with renewable energy in India Assessing the co-benefits of decarbonizing the power sector. Available from <https://www.cobenefits.info/wp-content/uploads/2019/10/COBENEFITSStudy-India-Employment.pdf>.
34. Do, Thang Nam (2020). Viet Nam's Big Air Pollution Challenge. The Diplomat. Available from: <https://thediplomat.com/2020/03/Viet-Nams-big-air-pollution-challenge/>.
35. Nguyễn Thị Thủy (2022). Chuyển dịch năng lượng Việt Nam: Cơ hội và thách thức.
36. IRENA (2018). Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. Available from: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf.
37. IRENA (2018). Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. Accessed September 3, 2020, available at: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf.
38. IRENA (2019). NDCs in 2020: Advancing renewables in the power sector and beyond, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Available from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Dec/IRENA_NDCs_in_2020.pdf.
39. Bốn điểm nhấn của tình trạng năng lượng toàn cầu. (2023). Cục Điều Tiết Điện Lực. <https://www.erav.vn/News/Print/1336>.
40. DNV GL, "Energy transition outlook 2019: Executive summary", 2019.
41. Hạnh, N. T. B. Một số giải pháp khai thác nguồn NLTT tại Việt Nam.
42. IEA (2023), World Energy Outlook 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>, Licence: CC BY 4.0 (report); CC BY NC SA 4.0 (Annex A).
43. Our energy policy to support net zero transition | HSBC news | HSBC Holdings plc. (n.d.). HSBC. <https://www.hsbc.com/news-and-views/news/hsbc-news-archive/our-energy-policy-to-support-net-zero-transition>
44. Schiffer, H. W. (2023). Prognosen und Szenarien zur weltweiten Energieversorgung. In Einführung in die Energiewirtschaft: Ressourcen und Märkte (pp. 77-117). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
45. Thịnh, T. H. T. Kinh nghiệm giải quyết hài hòa lợi ích trong phát triển NLTT của một số nước trên thế giới và bài học cho Việt Nam.



Định hướng của Đảng về kinh tế xanh và tăng trưởng bền vững ở Tây Nguyên

PHAN THANH GIẢN¹

¹Trường khoa Kinh tế - Xã hội và Môi trường, Học viện Chính trị khu vực III

Tóm tắt

Định hướng của Đảng về kinh tế xanh và tăng trưởng bền vững ở Tây Nguyên là một đường lối đúng đắn, kịp thời và toàn diện, xuất phát từ yêu cầu khách quan của sự phát triển đất nước cũng như từ thực tiễn cấp bách của vùng Tây Nguyên. Những kết quả tích cực ban đầu rất đáng ghi nhận, kinh tế Tây Nguyên tiếp tục tăng trưởng, năng lượng tái tạo phát triển mạnh, môi trường sinh thái được quan tâm hơn và đời sống xã hội có cải thiện. Tuy nhiên, Tây Nguyên hiện vẫn đối mặt với nhiều khó khăn, thách thức đòi hỏi phải có những giải pháp phù hợp để Tây Nguyên phát triển nhanh, bền vững trong thời gian tới.

Từ khoá: Định hướng, kinh tế xanh, tăng trưởng bền vững, Tây Nguyên.

JEL Classifications: O13, O44, Q55.

MỞ ĐẦU

Phát triển kinh tế xanh và bền vững là xu thế phát triển tất yếu, Việt Nam không đứng ngoài xu thế này khi ngày càng hội nhập sâu rộng và cam kết mạnh mẽ về phát triển bền vững. Phát triển bền vững không chỉ là chủ trương kinh tế mà còn là yêu cầu về BVMT sống và đảm bảo công bằng xã hội cho các thế hệ hiện tại và tương lai. Vì vậy, kinh tế xanh và phát triển bền vững luôn được Đảng và Nhà nước, đặc biệt quan tâm trong chiến lược phát triển đất nước, nhất là trong thời kỳ mới như hiện nay.

Tây Nguyên là địa bàn chiến lược đặc biệt về kinh tế - xã hội, môi trường sinh thái, quốc phòng - an ninh và đối ngoại. Theo Tổng cục Thống kê năm 2023, Tây Nguyên gồm 5 tỉnh (Kon Tum, Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông, Lâm Đồng), diện tích tự nhiên trên 54.548 km², dân số 6,163 triệu người. Tây Nguyên là vùng giàu tiềm năng về đất đai, khoáng sản và đa dạng sinh học: Có khoảng 1 triệu ha đất đỏ bazan màu mỡ, hơn 3 triệu ha rừng (chiếm khoảng 35,70% diện tích rừng cả nước) và trữ lượng 10 tỷ tấn bô-xít (khoảng 90% trữ lượng bô-xít quốc gia). Tây Nguyên là nơi bắt nguồn của nhiều con sông lớn (Sê San, Srepok, Ba, Đồng Nai) có vai trò điều tiết nước cho vùng hạ du Nam Trung bộ và Đông Nam bộ. Theo đó, phát triển Tây Nguyên theo hướng bền vững, gắn phát triển kinh tế với bảo vệ tài nguyên và môi trường, không chỉ có ý nghĩa đối với Tây Nguyên mà còn đóng góp quan trọng vào sự phát triển chung của cả nước.

1. KINH TẾ XANH VÀ TĂNG TRƯỞNG BỀN VỮNG

Kinh tế xanh và tăng trưởng bền vững là các khái niệm gắn liền với mục tiêu phát triển lâu dài, hài hòa giữa các yếu tố kinh tế - xã hội và môi trường. Theo Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP), kinh tế xanh là nền kinh tế mang lại thịnh vượng về kinh tế, công bằng về xã hội trong khi giảm thiểu các rủi ro môi trường và suy thoái hệ sinh thái. Kinh tế

xanh hướng tới mô hình tăng trưởng mà ở đó quá trình phát triển không đánh đổi môi trường lấy lợi ích kinh tế trước mắt, mà chú trọng sử dụng hiệu quả tài nguyên thiên nhiên, giảm phát thải và bảo vệ hệ sinh thái, nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững lâu dài.

Phát triển bền vững có ba trụ cột chính: i) Bền vững về kinh tế (tăng trưởng ổn định, lâu dài); ii) Bền vững về xã hội (đảm bảo tiến bộ, công bằng xã hội); iii) Bền vững về môi trường (giữ gìn, tái tạo được tài nguyên, môi trường sống). Tăng trưởng bền vững gắn liền với việc chuyển đổi mô hình tăng trưởng hướng đến chất lượng, không chỉ chú trọng đến tốc độ mà còn quan tâm đến chiều sâu và tính bao trùm của tăng trưởng.

Ở Việt Nam, các khái niệm trên đã được Đảng ta tiếp thu và cụ thể hóa trong đường lối phát triển qua từng thời kỳ. Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội giai đoạn 2011 - 2020 được thông qua tại Đại hội lần thứ XI của Đảng, chủ trương: "Gắn phát triển kinh tế với bảo vệ môi trường, phát triển kinh tế xanh". Đại hội Đảng lần thứ XII nhấn mạnh quan điểm phát triển bền vững, hài hòa: "... chú trọng kinh tế tri thức, kinh tế xanh, gắn kết chặt chẽ phát triển kinh tế với bảo vệ môi trường và chủ động ứng phó biến đổi khí hậu". Tiếp tục khẳng định quyết tâm xây dựng nền "kinh tế xanh, tuần hoàn, thân thiện với môi trường", xem việc thích ứng hiệu quả với sự biến đổi khí hậu, quản lý và sử dụng bền vững tài nguyên, BVMT sống và sức khỏe nhân dân là mục tiêu quan trọng hàng đầu, Đại hội XIII, Đảng ta khẳng định: "Chủ động thích ứng có hiệu quả với biến đổi khí hậu, quản lý, khai thác, sử dụng hợp lý, tiết kiệm, hiệu quả và bền vững tài nguyên; lấy bảo vệ môi trường sống và sức khỏe nhân dân làm mục tiêu hàng đầu; kiên quyết loại bỏ những dự án gây ô nhiễm môi trường, bảo đảm chất lượng môi trường sống, bảo vệ đa dạng sinh học và hệ sinh thái; xây dựng nền kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn, thân thiện với môi trường".



Hiện thực hoá đường lối của Đảng, Chính phủ đã ban hành nhiều chính sách, chiến lược quốc gia nhằm cụ thể hóa định hướng tăng trưởng xanh, bền vững. Năm 2012, Chính phủ đã phê duyệt Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh 2012 - 2020, tầm nhìn 2050 (Quyết định số 1393/QĐ-TTg), đề ra ba nhiệm vụ trọng tâm: i) Giảm cường độ phát thải khí nhà kính thông qua sử dụng năng lượng sạch, năng lượng tái tạo; ii) Xanh hóa sản xuất; iii) Xanh hóa lối sống và thúc đẩy tiêu dùng bền vững. Đến năm 2021, Chính phủ tiếp tục ban hành Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050, xác định mục tiêu tổng quát: “Tăng trưởng xanh góp phần thúc đẩy tái cơ cấu nền kinh tế gắn với đổi mới mô hình tăng trưởng, nhằm đạt được thịnh vượng về kinh tế, bền vững về môi trường và công bằng về xã hội; hướng tới nền kinh tế xanh, trung hòa các-bon và đóng góp vào mục tiêu hạn chế sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu”. Đồng thời, chiến lược cũng đề ra mục tiêu đến năm 2030 giảm 15% cường độ phát thải khí nhà kính trên GDP so với năm 2014, xanh hóa các ngành kinh tế, chuyển đổi các ngành công nghiệp thâm dụng tài nguyên sang công nghiệp xanh, phát thải các-bon thấp và nâng cao chất lượng tăng trưởng, hướng tới cạnh tranh bền vững.

2. THỰC TRẠNG KINH TẾ XANH VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG Ở TÂY NGUYÊN

2.1. Bối cảnh phát triển và những vấn đề đặt ra ở Tây Nguyên

Tây Nguyên bước vào đổi mới với xuất phát điểm về kinh tế - xã hội thấp, hạ tầng và nguồn nhân lực hạn chế, tiềm ẩn nhiều mâu thuẫn về sử dụng tài nguyên và bảo tồn văn hóa. Được sự quan tâm của Đảng, đặc biệt là Nghị quyết số 10-NQ/TW của Bộ Chính trị khoá IX và Kết luận số 12-KL/TW của Bộ Chính trị khoá XI về phát triển Tây Nguyên, các địa phương trong vùng đã đạt được những thành tựu đáng ghi nhận về phát triển kinh tế - xã hội. Cơ cấu kinh tế chuyển dịch theo hướng tích cực, từ chỗ chủ yếu sản xuất nông nghiệp lạc hậu, nay đã hình thành các vùng sản xuất hàng hóa lớn về cây công nghiệp, phát triển nông nghiệp công nghệ cao; các ngành công nghiệp chế biến nông - lâm sản, thủy điện và khai khoáng từng bước phát triển. Quy mô kinh tế của vùng không ngừng được mở rộng: Năm 2024 tổng GRDP của Tây Nguyên đạt khoảng 484,58 nghìn tỷ đồng gấp 23,81 lần so với năm 2002 (tương ứng tốc độ tăng trưởng GDP bình quân gần 8%/năm, cao nhất trong các vùng). GRDP bình quân đầu người của vùng năm 2024 đã đạt 78,5 triệu đồng tăng gấp 17,375 lần so với năm 2002. Đắk Lắk, Lâm Đồng là điểm sáng về phát triển nông nghiệp công nghệ cao và du lịch sinh thái. Kết cấu hạ tầng

giao thông nội vùng và kết nối liên vùng được cải thiện đáng kể. Sự phát triển kinh tế góp phần nâng cao đời sống vật chất, tinh thần của người dân, giảm nghèo bền vững, bảo tồn, phát huy giá trị văn hóa các dân tộc.

Mặc dù vậy, Tây Nguyên vẫn phải đối mặt với không ít hạn chế, thách thức. So với tiềm năng và so với các vùng khác, sự phát triển của Tây Nguyên được đánh giá là chưa tương xứng; chất lượng tăng trưởng còn hạn chế, thu hút đầu tư thấp. Năm 2024, GRDP bình quân đầu người của Tây Nguyên chỉ bằng khoảng 70% mức trung bình cả nước và bằng khoảng một nửa so với các vùng phát triển như Đông Nam bộ. Cơ cấu kinh tế chuyển dịch chậm, chủ yếu vẫn dựa vào khai thác tài nguyên sơ cấp. Hạ tầng kinh tế - xã hội, nhất là giao thông kết nối liên vùng còn khó khăn, làm giảm sức cạnh tranh và hấp dẫn đầu tư của vùng.

Tài nguyên và môi trường vẫn là thách thức lớn nhất đối với phát triển bền vững. Tây Nguyên vốn được biết là “thủ phủ rừng” của cả nước với độ che phủ rừng khoảng 70% vào năm 1975. Tuy nhiên, qua nhiều thập niên, diện tích rừng tự nhiên của vùng đã suy giảm nghiêm trọng. Theo Tổng cục Lâm nghiệp, từ 1976 đến 2005, trung bình mỗi năm Tây Nguyên mất khoảng 34.000 ha rừng tự nhiên do khai thác và chuyển đổi mục đích sử dụng. Mặc dù, Nhà nước đã áp dụng nhiều biện pháp mạnh để tăng cường quản lý, bảo vệ rừng, song bình quân giai đoạn 2017 - 2020 vùng này vẫn mất thêm khoảng 25.000 ha rừng mỗi năm. Tổng diện tích đất có rừng toàn vùng đến năm 2020 chỉ còn khoảng 2,57 triệu ha, đưa tỷ lệ che phủ rừng xuống còn 46,4%. Chất lượng rừng cũng bị suy giảm mạnh, rừng giàu và trung bình hiện chỉ chiếm khoảng 18,4% diện tích, phần lớn diện tích rừng còn lại là rừng nghèo kiệt.

Có thể nói, Tây Nguyên hiện nay là bức tranh đa chiều với nhiều gam màu sáng - tối đan xen. Thực trạng này đòi hỏi phải có định hướng chiến lược đúng đắn và quyết tâm chuyển mạnh Tây Nguyên sang quỹ đạo phát triển xanh và bền vững trong thời gian tới.

2.2. Quan điểm, chủ trương của Đảng về phát triển kinh tế xanh và tăng trưởng bền vững ở Tây Nguyên

Phát triển Tây Nguyên theo hướng nhanh và bền vững là một chủ trương lớn, nhất quán của Đảng ta. Quan điểm này được thể hiện tập trung trong Nghị quyết số 23-NQ/TW ngày 6/10/2022 của Bộ Chính trị (khóa XIII) về phương hướng phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh vùng Tây Nguyên đến năm 2030, tầm nhìn 2045. Tại Hội nghị toàn quốc quán triệt Nghị quyết số 23, Tổng Bí thư Nguyễn Phú Trọng đã nhấn mạnh một loạt quan điểm chỉ đạo quan trọng, trong đó nổi bật là yêu cầu kết hợp hài hòa giữa các mục tiêu phát triển kinh tế với phát triển văn hoá,



xã hội và BVMT. Cụ thể, xây dựng và phát triển vùng Tây Nguyên phải đồng thời bảo đảm:

- + Phát triển kinh tế gắn với bảo vệ tài nguyên và môi trường, bảo đảm vững chắc quốc phòng - an ninh và tăng cường đối ngoại.

- + Đổi mới mô hình tăng trưởng, cơ cấu lại kinh tế vùng theo hướng hiện đại, hiệu quả và bền vững hơn.

- + Ưu tiên bảo vệ và phát triển rừng. Biến rừng thành tài sản sinh lợi hợp pháp cho người dân; tăng nguồn thu từ dịch vụ môi trường rừng, hạn chế nạn phá rừng tự phát.

- + Phát triển năng lượng tái tạo và khai thác khoáng sản bền vững, nhằm tránh lặp lại những bài học tiêu cực về ô nhiễm ở một số dự án khai khoáng trước đây.

Cụ thể hoá chủ trương của Đảng, ngày 4/5/2024, Thủ tướng Chính phủ ký Quyết định số 371/QĐ-TTg phê duyệt Quy hoạch vùng Tây Nguyên thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến 2050, trong đó đã quán triệt đầy đủ tinh thần “xanh và bền vững” của Nghị quyết số 23, đặt mục tiêu đến năm 2050 xây dựng Tây Nguyên thành “vùng phát triển bền vững, có nền kinh tế xanh, tuần hoàn; hình thành các vùng sản xuất nông nghiệp hàng hóa lớn và trở thành trung tâm năng lượng tái tạo của cả nước”. Ngoài ra, Tây Nguyên cũng nằm trong nhiều chương trình, dự án của Chính phủ hướng tới phát triển bền vững.

2.3. Một số kết quả trong triển khai kinh tế xanh, tăng trưởng bền vững ở Tây Nguyên

Thứ nhất, Tây Nguyên đang nổi lên như một điểm sáng của cả nước về phát triển năng lượng tái tạo. Nhờ lợi thế về nắng và gió, các tỉnh Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông đã thu hút được nhiều dự án điện mặt trời và điện gió quy mô lớn. Trong đó, Đắk Lắk là địa phương đi đầu với cụm nhà máy điện mặt trời Xuân Thiện - Ea Súp (5 nhà máy, tổng công suất lắp đặt 600 MW/831 MWp, sản lượng 1,5 tỷ kWh/năm), đây là nhà máy điện mặt trời lớn nhất Đông Nam Á đã đi vào hoạt động. Dự án này dự kiến mở rộng giai đoạn 2 lên thêm 1.400 MWp, biến Ea Súp thành trung tâm năng lượng mặt trời lớn, cung cấp khoảng 5 tỷ kWh/năm cho lưới điện quốc gia. Ngoài ra, Đắk Lắk còn có nhà máy điện mặt trời Long Thành (50 MWp) và hàng trăm dự án điện mặt trời tận dụng tiềm năng bức xạ của vùng. Về điện gió, nhiều dự án đã hoàn thành xây dựng ở Gia Lai và Đắk Lắk. Như, 4 dự án điện gió, mỗi dự án công suất 50 MW tại huyện Krông Búk (Đắk Lắk); cụm dự án điện gió Chơ Long, Yang Trung, Ia Pếch... tại Gia Lai với tổng công suất hàng trăm MW. Việc đầu tư phát triển năng lượng tái tạo đã mang lại nhiều lợi ích cho Tây Nguyên, đóng góp nguồn thu đáng kể cho ngân sách địa phương, tạo thêm nhiều việc làm, cải thiện đời sống người dân và bổ sung nguồn điện sạch, ổn

định (ước tính khoảng 6,5-7,5 tỷ kWh/năm) cho hệ thống điện quốc gia. Điểm nổi bật của các dự án là tận dụng được đất đai kém hiệu quả mà không làm suy giảm tài nguyên và ít tác động tiêu cực đến môi trường so với các hình thức sản xuất điện truyền thống. Như vậy, năng lượng tái tạo đang trở thành ngành kinh tế mũi nhọn mới của Tây Nguyên, đúng với định hướng về xây dựng “trung tâm năng lượng tái tạo” tại vùng Tây Nguyên.

Thứ hai, Tây Nguyên đã và đang điều chỉnh theo hướng phát triển xanh và bền vững hơn trong lĩnh vực nông - lâm nghiệp. Nhiều mô hình nông nghiệp hữu cơ, công nghệ cao được phát triển. Lâm Đồng là địa phương dẫn đầu cả nước về nông nghiệp công nghệ cao. Các tỉnh Gia Lai, Đắk Lắk phát triển mạnh trồng cây ăn quả theo hướng VietGAP, GlobalGAP nhằm đáp ứng thị trường xuất khẩu khó tính, nâng cao giá trị và giảm tác động môi trường của sản xuất. Một số doanh nghiệp và hợp tác xã nông nghiệp ở Tây Nguyên áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn, tận dụng phụ phẩm nông nghiệp để làm phân bón hữu cơ, thức ăn chăn nuôi, thay vì xả thải gây ô nhiễm. Điều này vừa giúp giảm chi phí đầu vào, vừa hạn chế được chất thải ra môi trường. Đối với ngành công nghiệp chế biến, các cơ sở chế biến cà phê, tiêu, điều lớn đã chú trọng đầu tư công nghệ sạch, tiết kiệm năng lượng và xử lý chất thải đạt chuẩn, giảm thiểu ô nhiễm. Chính quyền và doanh nghiệp hợp tác xây dựng thương hiệu nông sản xanh, bền vững cho các sản phẩm chủ lực, như cà phê Buôn Ma Thuột, mắc ca Tây Nguyên, sầu riêng Đắk Lắk để nâng cao sức cạnh tranh trên thị trường quốc tế.

Thứ ba, Công tác bảo vệ và phát triển rừng đạt những kết quả tích cực. Mặc dù áp lực mất rừng còn lớn, song nhờ sự nỗ lực của Nhà nước và cộng đồng, tốc độ suy giảm rừng ở Tây Nguyên đã chậm lại. Các đội phản ứng nhanh chống phá rừng được thành lập, tăng cường lực lượng kiểm lâm cơ sở và áp dụng công nghệ viễn thám để kiểm tra, giám sát diện tích rừng theo thời gian thực. Vì thế, nhiều vụ vi phạm đã được phát hiện và ngăn chặn kịp thời, diện tích rừng bị mất giảm dần sau năm 2017. Cùng với bảo vệ rừng tự nhiên, phong trào trồng rừng, phủ xanh đất trống được đẩy mạnh. Giai đoạn 2015 - 2020, vùng Tây Nguyên đã trồng mới hàng chục nghìn hecta rừng, đưa tỷ lệ che phủ rừng tăng trở lại (Đắk Lắk năm 2020 trồng mới 1.770 ha rừng, nâng độ che phủ lên 38,74%, tăng 0,14% so với 2019). Các dự án trồng rừng sản xuất cây gỗ lớn được doanh nghiệp và người dân tích cực hưởng ứng, cung cấp nguyên liệu cho công nghiệp chế biến gỗ và tạo sinh kế lâu dài, góp phần phục hồi cảnh quan sinh thái. Với chính sách chi trả dịch vụ môi trường rừng



(PFES) được triển khai hiệu quả ở Tây Nguyên, khi các cơ sở du lịch, nhà máy thủy điện... đóng góp kinh phí trả cho chủ rừng. Điều này tạo nguồn lực tài chính bền vững hỗ trợ cộng đồng địa phương tham gia bảo vệ rừng tốt hơn.

Thứ tư, về phát triển du lịch bền vững, bước đầu Tây Nguyên đã khai thác được tiềm năng du lịch sinh thái - văn hóa. Nhiều tour du lịch cộng đồng gắn với trải nghiệm văn hóa bản địa đã thu hút du khách, tạo thêm sinh kế cho người dân mà vẫn giữ gìn được bản sắc. Các vườn quốc gia Yok Đôn, Chư Yang Sin, Bidoup-Núi Bà mở rộng hoạt động du lịch sinh thái, qua đó giáo dục ý thức bảo tồn thiên nhiên, tăng nguồn thu để tái đầu tư bảo vệ rừng. Đà Lạt là điểm đến hàng đầu về du lịch xanh với khí hậu mát mẻ, cảnh quan rừng thông, nông trại hoa quả, thu hút hàng triệu lượt khách hàng năm. Nhìn chung, ngành dịch vụ ở Tây Nguyên đang chuyển hướng nhấn mạnh yếu tố “xanh” và “bản sắc”. Nghĩa là, phát triển du lịch, dịch vụ dựa trên tài nguyên thiên nhiên và văn hóa đặc trưng của vùng, thay vì những sản phẩm đại trà thiếu tính bền vững.

Thứ năm, nhận thức và quyết tâm chính trị về phát triển xanh, bền vững ở Tây Nguyên được nâng cao rõ rệt. Việc lồng ghép mục tiêu BVMT trong kế hoạch phát triển đã được coi trọng. Nhiều Nghị quyết chuyên đề về phát triển bền vững và chương trình hành động tăng trưởng xanh được ban hành. Các sở, ban ngành địa phương tích cực học hỏi mô hình hay từ các địa phương, hợp tác với các tổ chức quốc tế để tìm kiếm giải pháp phù hợp phát triển kinh tế xanh. Người dân, nhất là thế hệ trẻ đã bắt đầu thay đổi tư duy, hình thành ý thức về sản xuất và tiêu dùng bền vững. Nhiều hộ đã tự nguyện chuyển sang canh tác hữu cơ, giảm dùng thuốc bảo vệ thực vật; đồng bào ở một số buôn làng đã tham gia nhận khoán bảo vệ rừng, trồng rừng kinh tế thay vì phá rừng làm rẫy như trước đây. Những chuyển biến tích cực ở cấp cơ sở, tạo nền tảng xã hội thuận lợi để triển khai thành công định hướng phát triển kinh tế xanh mà Đảng và Nhà nước đề ra.

Tuy nhiên, kết quả đạt được còn khiêm tốn so với mục tiêu dài hạn. Nhiều chỉ tiêu cụ thể về phát triển bền vững Tây Nguyên chưa đạt hoặc chưa có chuyển biến rõ, tỷ lệ che phủ rừng thực tế 2020 chỉ 46%, còn xa so với mục tiêu 49,8% đề ra cho năm 2020; thu nhập bình quân và mức sống đồng bào dân tộc thiểu số vẫn còn thấp. Một số dự án năng lượng tái tạo chưa hiệu quả...

3. GIẢI PHÁP THÚC ĐẨY PHÁT TRIỂN KINH TẾ XANH VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG Ở TÂY NGUYÊN TRONG THỜI GIAN TỚI

Để tiếp tục thúc đẩy kinh tế xanh và phát triển bền vững ở Tây Nguyên trong thời gian tới cần thực hiện

tốt một số giải pháp cơ bản sau:

Một là, tăng cường công tác quản lý, bảo vệ tài nguyên rừng và đa dạng sinh học. Cần thực hiện nghiêm các quy định về bảo vệ rừng, đóng cửa rừng, kiên quyết ngăn chặn mất rừng còn lại. Nghiên cứu giao thêm quyền quản lý rừng cho cộng đồng địa phương, đồng thời mở rộng chính sách chi trả dịch vụ môi trường rừng để người dân có thể thu lợi trực tiếp từ rừng. Tăng cường đầu tư cho các dự án trồng rừng phòng hộ, phục hồi rừng đầu nguồn, ưu tiên sử dụng cây bản địa. Ứng dụng mạnh mẽ công nghệ viễn thám, IoT trong giám sát, kiểm tra rừng và bảo vệ rừng; có cơ chế khen thưởng kịp thời, thoả đáng cho những tập thể, cá nhân làm tốt và xử lý nghiêm những trường hợp tiếp tay phá rừng. Xây dựng các mô hình sinh kế bền vững gắn với bảo vệ rừng để giảm sự phụ thuộc của người dân vào việc phá rừng làm nương rẫy.

Hai là, phát triển nông nghiệp xanh, thông minh. Định hướng nền nông nghiệp Tây Nguyên theo hướng giá trị cao và bền vững. Đẩy mạnh chuyển giao khoa học công nghệ để nông dân áp dụng các quy trình canh tác tiên tiến, tiết kiệm nước, giảm phân, thuốc hóa học, canh tác hữu cơ. Mở rộng, lan toả mô hình nông lâm kết hợp trên đất dốc để bảo vệ đất, đa dạng nguồn thu. Hỗ trợ và đơn giản hoá các thủ tục hành chính để nông dân được cấp chứng nhận các tiêu chuẩn bền vững (VietGAP, Rainforest Alliance...) cho cà phê, hồ tiêu... nhằm nâng cao giá trị xuất khẩu. Tăng cường thu hút các doanh nghiệp đầu tư chế biến sâu nông sản, giảm xuất thô, qua đó giảm lãng phí và ô nhiễm do vận chuyển. Chính phủ có thể xem xét cơ chế tín dụng xanh với lãi suất ưu đãi cho các trang trại, hợp tác xã áp dụng mô hình kinh tế xanh, tuần hoàn, hữu cơ tại Tây Nguyên.

Ba là, thúc đẩy mạnh mẽ, thực chất hơn phát triển năng lượng tái tạo gắn với nâng cấp hạ tầng. Cần sớm ban hành cơ chế giá mới cho điện gió, điện mặt trời chuyển tiếp, tạo điều kiện khởi động lại các dự án đang “tạm dừng” ở Tây Nguyên. Ưu tiên đầu tư các dự án lưới điện truyền tải, đặc biệt là các trạm 500kV, 220kV và đường dây đấu nối để giải tỏa công suất các nhà máy điện gió, mặt trời quy mô lớn đã xây dựng. Các địa phương, cần quy hoạch vùng phát triển năng lượng tái tạo, tránh chồng lấn với đất rừng và đất sản xuất của người dân. Khuyến khích mô hình điện mặt trời áp mái tại các cơ sở công nghiệp, trang trại để tận dụng hiệu quả diện tích có sẵn và giảm áp lực cho lưới điện. Nghiên cứu phát triển các dạng năng lượng mới phù hợp với Tây Nguyên như điện sinh khối từ phế phẩm nông nghiệp, gỗ rừng trồng, bã mía, vỏ cà phê... Việc phát triển năng lượng tái tạo cần đi đôi với chính sách hỗ trợ đào tạo lao động, nâng cao



chất lượng nhân lực địa phương để họ có thể tham gia chuỗi giá trị mới này.

Bốn là, hoàn thiện thể chế, tăng cường điều phối vùng. Nghiên cứu thành lập Hội đồng vùng Tây Nguyên hoặc một cơ chế tương tự có đủ thẩm quyền để điều phối các vấn đề liên tỉnh, liên ngành; thống nhất quy hoạch và kế hoạch phát triển bền vững trên toàn vùng, tránh mâu thuẫn hay trùng lặp trong sử dụng tài nguyên đất, nước, rừng giữa các tỉnh. Ban hành chính sách đặc thù cho Tây Nguyên về phát triển bền vững, như cơ chế về tài chính để chia sẻ lợi ích từ các dự án thủy điện, năng lượng tái tạo, sinh khối cho cộng đồng nơi có dự án; hoặc cho phép giữ lại tỷ lệ ngân sách cao hơn trong thời gian nhất định để đầu tư trở lại hạ tầng môi trường, xã hội. Tăng cường phân cấp, trao quyền chủ động cho chính quyền địa phương trong việc phê duyệt và quản lý các dự án liên quan đến phát triển kinh tế xanh đi kèm chế tài rõ ràng về trách nhiệm.

Năm là, phát triển nguồn nhân lực và nâng cao nhận thức cho cộng đồng về kinh tế xanh, phát triển bền vững. Cần xây dựng chương trình đào tạo nghề chuyên biệt cho các lĩnh vực nông nghiệp công nghệ cao, công nghiệp chế biến, năng lượng tái tạo, du lịch xanh... Thu hút các chuyên gia, nhà khoa học, trí thức trẻ về với Tây Nguyên thông qua các chính sách đãi ngộ thỏa đáng. Đẩy mạnh công tác tuyên truyền, giáo dục cộng đồng về vai trò của phát triển bền vững. Lồng ghép nội dung về yêu quý rừng, BVMT, ứng phó biến đổi khí hậu vào chương trình giáo dục cho học sinh địa phương. Phát huy sức ảnh hưởng của già làng, trưởng bản có uy tín trong vận động đồng bào từ bỏ tập tục lạc hậu có hại cho môi trường. Khi người dân, nhất là đồng bào dân tộc thiểu số hiểu và được hưởng lợi từ kinh tế xanh thì họ sẽ trở thành chủ thể tích cực của quá trình chuyển đổi, thay vì là đối tượng thụ động.

Sáu là, tăng cường hợp tác liên vùng và quốc tế. Tăng cường liên kết giữa Tây Nguyên với các vùng Duyên hải miền Trung, Đông Nam bộ trong việc giao thương, trao đổi hàng hóa, dịch vụ và kinh nghiệm phát triển bền vững. Kết nối tuyến du lịch “biển - rừng” giữa Nam Trung bộ và Tây Nguyên để kéo dài chuỗi giá trị du lịch xanh. Hợp tác tiêu thụ nông sản sạch của Tây Nguyên tại các thành phố lớn và thu hút đầu tư công nghiệp chế biến. Tranh thủ sự hỗ trợ kỹ thuật và tài chính từ các tổ chức quốc tế và các quốc gia phát triển trong các dự án về năng lượng sạch, năng lượng tái tạo, quản lý rừng, thích ứng biến đổi khí hậu. Kêu gọi tài trợ thông qua các cơ chế quốc tế từ Quỹ Khí hậu xanh (GCF) cho các chương trình giảm phát thải từ chống phá rừng (REDD+) hoặc phát triển sinh kế bền vững cho người dân vùng đệm rừng.

KẾT LUẬN

Phát triển kinh tế xanh và tăng trưởng bền vững ở Tây Nguyên là một đường lối đúng đắn, kịp thời và toàn diện của Đảng, xuất phát từ yêu cầu khách quan của sự phát triển đất nước và từ thực tiễn cấp bách của vùng Tây Nguyên. Những quyết sách mang tầm chiến lược của Đảng đã được cụ thể hóa qua chính sách của Nhà nước, bước đầu mang lại kết quả tích cực: Kinh tế Tây Nguyên tiếp tục tăng trưởng, năng lượng tái tạo phát triển mạnh, môi trường sinh thái được quan tâm hơn và đời sống xã hội có cải thiện. Tuy nhiên, Tây Nguyên hiện vẫn đối mặt với nhiều khó khăn, thách thức, tình trạng suy thoái tài nguyên, đặc biệt là rừng còn nghiêm trọng, cơ cấu kinh tế chuyển đổi chậm, nguồn lực hạn chế và cần thời gian để các chính sách phát huy hiệu quả đầy đủ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Đảng Cộng sản Việt Nam: Văn kiện Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XII, Văn phòng Trung ương Đảng, Hà Nội, 2016, tr 270.
2. Đảng Cộng sản Việt Nam: Văn kiện Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XIII, Nxb Chính trị quốc gia sự thật, t.II, Hà Nội, 2021, tr 230-231.
3. Thủ tướng Chính phủ: Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050, theo Quyết định số 1658 ngày 01/10/2021 của Thủ tướng Chính phủ.
4. <https://tapchimoitruong.vn/chuyen-muc-3/dua-tay-nguyen-tro-thanh-vung-co-nen-kinh-te-xanh-hai-hoa-va-ben-vung->.
5. <https://baoquocte.vn/grdp-nam-2024-vung-tay-nguyen-dat-48458-nghin-ty-dong-299556.html>.
6. Tác giả tổng hợp từ các nguồn: <https://www.tapchicongsan.org.vn/web/guest/kinh-te/-/2018/1047302/kinh-te-viet-nam-nam-2024-va-trien-vong-nam-2025.aspx> và <https://baotintuc.vn/thoi-su/thu-tuong-dong-nam-bo-phan-dau-tang-truong-2-con-so-cung-ca-nuoc-buoc-vao-ky-nguyen-moi-20241202184652549.htm>.
7. (8), (9), (14) <https://nrsd.monre.gov.vn/theo-doi-do-che-phu-rung-khu-vuc-mien-trung-tay-nguyen-bang-anh-vien-tham-thu-nghiem-tai-tinh-dak-lak-2475>.
10. <https://www.qdnd.vn/kinh-te/cac-van-de/nan-giai-bai-toan-giu-rung-tay-nguyen-693301>.
11. <https://vietnamnet.vn/de-ptbv-phai-giu-dien-tich-rung-hien-co-va-tang-dien-tich-che-phu-rung-2085817>.
- 12.(13) <https://baodaklak.vn/kinh-te/202411/tren-hanh-trinh-tro-thanh-trung-tam-nang-luong-vung-tay-nguyen-15>.
15. <https://baodaklak.vn/channel/3483/202012/ty-le-che-phu-rung-cua-tinh-dat-3874-5716674>.
16. <https://baodaklak.vn/channel/3483/201606/den-nam-2020-phan-dau-do-che-phu-rung-rung-khu-vuc-tay-nguyen-dat-498-2439392>.



Đổi mới sáng tạo trong quản lý tài nguyên để phát triển kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam: Kinh nghiệm quốc tế và khuyến nghị chính sách

PHAN THỊ THU HƯƠNG, VŨ ĐĂNG TIẾP

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

Tóm tắt:

Việt Nam đang đối mặt với sức ép suy giảm tài nguyên, ô nhiễm môi trường và rủi ro từ biến đổi khí hậu. Quản lý tài nguyên theo mô hình tuyến tính (khai thác – sản xuất – tiêu dùng – thải bỏ) không còn phù hợp. Các quy định về kinh tế tuần hoàn được thể chế hóa trong Luật BVMT năm 2020 và trong các Chiến lược tăng trưởng xanh..., nhưng chưa có chính sách đủ mạnh để hỗ trợ đổi mới sáng tạo công nghệ, mô hình kinh doanh và hạ tầng tuần hoàn. Kinh nghiệm cho thấy, đổi mới sáng tạo là đòn bẩy then chốt để chuyển đổi quản lý tài nguyên theo hướng hiệu quả, tuần hoàn và bền vững. Bài báo tập trung phân tích vai trò của đổi mới sáng tạo trong quản lý tài nguyên nhằm thúc đẩy phát triển kinh tế tuần hoàn (KTTH) tại Việt Nam. Tổng hợp kinh nghiệm quốc tế từ Liên minh châu Âu, Nhật Bản và Hàn Quốc, bài viết đề cập đến các yếu tố thành công như hoàn thiện khung pháp lý, đầu tư hạ tầng kỹ thuật, phát triển nguồn nhân lực và xây dựng thị trường sản phẩm tuần hoàn. Phân tích thực trạng chính sách tại Việt Nam cho thấy những hạn chế về cơ chế chính sách, hạ tầng kỹ thuật, năng lực doanh nghiệp và thị trường tiêu thụ. Trên cơ sở đó, đề xuất các khuyến nghị chính sách cụ thể nhằm hoàn thiện khung pháp lý, phát triển hạ tầng, nâng cao năng lực đổi mới sáng tạo và thúc đẩy tiêu dùng bền vững, góp phần chuyển đổi mô hình kinh tế của Việt Nam sang hướng KTTH bền vững và hiệu quả hơn.

Từ khóa: *Đổi mới sáng tạo, quản lý tài nguyên, KTTH, chính sách môi trường, Việt Nam, phát triển bền vững.*

JEL Classifications: O13, O44, Q56, Q57.

1. MỞ ĐẦU

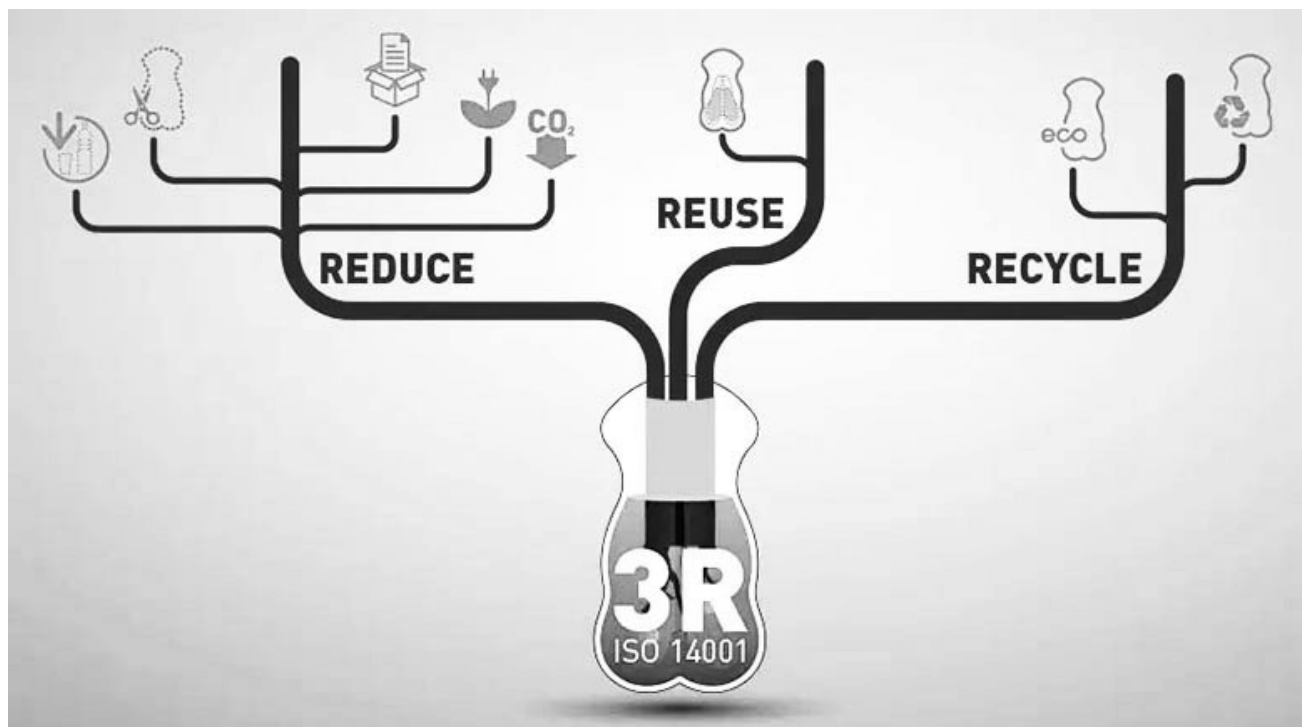
Trong bối cảnh toàn cầu đang đối mặt với khủng hoảng tài nguyên, ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu, mô hình phát triển kinh tế tuyến tính truyền thống – dựa trên khai thác tài nguyên, sản xuất, tiêu dùng và thải bỏ – ngày càng bộc lộ nhiều bất cập. Tại Việt Nam, tốc độ tăng trưởng kinh tế cao trong những thập kỷ gần đây đi kèm với hệ lụy khai thác cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên, gia tăng chất thải rắn, ô nhiễm không khí và nước, cùng với suy giảm đa dạng sinh học. Những thách thức này đòi hỏi sự chuyển đổi mạnh mẽ trong cách tiếp cận quản lý và sử dụng tài nguyên.

KTTH đã và đang nổi lên như một hướng đi tất yếu nhằm tách tăng trưởng kinh tế khỏi khai thác tài nguyên nguyên sinh, đồng thời giảm thiểu phát thải và gia tăng giá trị của vật chất trong toàn bộ vòng đời sản phẩm. Nhiều quốc gia trên thế giới, đặc biệt là các nền kinh tế phát triển như Liên minh châu Âu, Nhật Bản hay Hàn Quốc..., đã coi đổi mới sáng tạo là động lực then chốt để triển khai thực thi KTTH một cách hiệu quả, thông qua các cơ chế như quỹ đầu tư xanh, khu công nghiệp sinh thái, nền tảng số hóa tài nguyên và chính sách mua sắm công xanh...

Tại Việt Nam, khái niệm KTTH đã bước đầu được thể chế hóa trong Luật BVMT năm 2020 và Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050... Tuy nhiên, việc triển khai trên thực tế vẫn còn gặp nhiều rào cản, trong đó nổi bật là sự thiếu hụt cơ chế

chính sách thúc đẩy đổi mới sáng tạo – bao gồm công nghệ, mô hình kinh doanh và hệ sinh thái hỗ trợ doanh nghiệp chuyển đổi tuần hoàn. Đổi mới sáng tạo không chỉ là yếu tố kỹ thuật, mà còn là giải pháp chính sách để thúc đẩy sử dụng hiệu quả tài nguyên, khép kín chuỗi sản xuất – tiêu dùng và tạo đòn bẩy cho phát triển bền vững.

Như chúng ta đã biết, Việt Nam hiện đang chịu áp lực lớn từ việc cạn kiệt tài nguyên, ô nhiễm môi trường gia tăng và những tác động ngày càng nghiêm trọng của biến đổi khí hậu. Trong bối cảnh đó, mô hình quản lý tài nguyên theo hướng tuyến tính (khai thác – sản xuất – tiêu dùng – thải bỏ) bộc lộ nhiều hạn chế. Các quy định về kinh tế tuần hoàn trong Luật BVMT năm 2020, hoặc lồng ghép trong các chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh... nhưng hệ thống chính sách hiện hành vẫn chưa đủ mạnh để khuyến khích đổi mới sáng tạo trong công nghệ, mô hình kinh doanh và phát triển hạ tầng hỗ trợ. Thực tiễn quốc tế cho thấy, chính đổi mới sáng tạo là chìa khóa quan trọng để thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang phương thức quản lý tài nguyên hiệu quả hơn, tuần hoàn và bền vững hơn. Dựa trên kinh nghiệm từ Liên minh châu Âu, Nhật Bản và Hàn Quốc, bài viết nhấn mạnh những yếu tố then chốt, có ý nghĩa lớn trong phát triển KTTH, bao gồm việc hoàn thiện hệ thống pháp luật, đầu tư vào hạ tầng kỹ thuật, nâng cao chất lượng nguồn nhân lực và hình thành thị trường cho sản phẩm tuần hoàn. Phân tích bối cảnh tại Việt Nam, chỉ ra những điểm yếu còn tồn tại như cơ chế chính sách chưa đồng bộ, hạ tầng



Mô hình kinh tế tuần hoàn với 3R: Reduce, Reuse và Recycle

kỹ thuật còn thiếu, năng lực doanh nghiệp còn hạn chế và thị trường tiêu thụ chưa phát triển. Từ đó, đề xuất một số giải pháp cụ thể như hoàn thiện khung pháp lý, đầu tư phát triển hạ tầng, thúc đẩy đổi mới sáng tạo và khuyến khích tiêu dùng bền vững. Các khuyến nghị này nhằm hỗ trợ quá trình chuyển đổi mô hình kinh tế Việt Nam theo hướng KTTH hiệu quả và bền vững hơn.

2. TỔNG QUAN KINH NGHIỆM QUỐC TẾ

KTTH đã trở thành xu hướng toàn cầu nhằm giảm thiểu việc sử dụng tài nguyên nguyên sinh, đồng thời giảm lượng chất thải và phát thải ra môi trường. Nhiều quốc gia phát triển đã xây dựng và triển khai các chính sách toàn diện nhằm thúc đẩy đổi mới sáng tạo trong quản lý tài nguyên, qua đó tạo ra những hệ sinh thái tuần hoàn hiệu quả và bền vững. Những kinh nghiệm này cung cấp bài học quý giá cho Việt Nam trong quá trình chuyển đổi từ mô hình kinh tế tuyến tính sang tuần hoàn.

Liên minh châu Âu (EU)

EU được xem là một trong những Liên minh đi đầu trong việc phát triển KTTH với việc ban hành Kế hoạch hành động KTTH, phiên bản mới (CEAP 2.0) được ban hành vào năm 2020. EU tập trung mạnh mẽ vào đổi mới sáng tạo công nghệ và các mô hình kinh doanh nhằm giảm thiểu chất thải và tối ưu hóa sử dụng tài nguyên.

Quỹ Horizon Europe là công cụ tài chính trọng điểm, tài trợ hàng tỷ Euro cho các dự án nghiên cứu và phát triển các công nghệ xanh, công nghệ tái chế tiên tiến và giải pháp số nhằm theo dõi vòng đời sản phẩm. EU

cũng triển khai các cơ chế “Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất” (EPR) trên nhiều ngành hàng như bao bì, điện tử, phương tiện vận tải, nhằm bắt buộc các nhà sản xuất chịu trách nhiệm thu hồi và tái chế sản phẩm sau sử dụng. Chính sách mua sắm công xanh được áp dụng bắt buộc trên toàn Liên minh, với các tiêu chí nghiêm ngặt ưu tiên sử dụng vật liệu tái chế và sản phẩm có chứng nhận môi trường, tạo ra thị trường lớn cho sản phẩm tuần hoàn. Ngoài ra, EU cũng thúc đẩy mô hình “Khu công nghiệp sinh thái” (Eco-industrial Parks), trong đó các doanh nghiệp chia sẻ nguồn lực, năng lượng và phụ phẩm công nghiệp, chuyển đổi phụ phẩm thành nguyên liệu cho ngành khác, giảm lượng chất thải. Công nghệ số và dữ liệu lớn được tích hợp trong quản lý tài nguyên, cho phép theo dõi, phân tích và tối ưu hóa vòng đời sản phẩm, nâng cao hiệu quả tái sử dụng và tái chế. Nhờ những chính sách đồng bộ và đổi mới sáng tạo mạnh mẽ, nhiều quốc gia thành viên EU đã đạt được tỷ lệ tái chế vượt 60% đối với nhiều loại chất thải, giảm đáng kể phụ thuộc vào tài nguyên nguyên sinh và cắt giảm phát thải khí nhà kính.

Nhật Bản

Nhật Bản là quốc gia tiên phong với Luật 3R (Reduce – Reuse – Recycle) ban hành từ đầu những năm 2000, nhằm chuyển đổi nền kinh tế sang tuần hoàn. Đổi mới sáng tạo được xem là yếu tố cốt lõi để triển khai hiệu quả luật này.

Nhật Bản phát triển các “Khu công nghiệp sinh thái” với sự phối hợp chặt chẽ giữa chính quyền địa phương và doanh nghiệp, tận dụng phụ phẩm công nghiệp



làm nguyên liệu cho các ngành khác, giảm lãng phí tài nguyên. Luật “Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất” (EPR) được áp dụng rộng rãi và linh hoạt theo từng ngành hàng, khuyến khích các doanh nghiệp thiết kế sản phẩm dễ tái chế, thân thiện với môi trường. Hệ thống quản lý chất thải và tài nguyên dựa trên công nghệ số được xây dựng, như hệ thống theo dõi vòng đời sản phẩm và công nghệ thông tin để giám sát chất thải nguy hại, hỗ trợ quá trình tái chế và xử lý hiệu quả. Đẩy mạnh các chương trình hỗ trợ doanh nghiệp đổi mới công nghệ, tài trợ R&D trong lĩnh vực xử lý chất thải, tái chế vật liệu mới, công nghệ sinh học và tiết kiệm năng lượng. Đặc biệt, Chính phủ chú trọng phát triển mạnh công nghệ xử lý nước thải tuần hoàn và công nghệ phân hủy sinh học, giúp tăng khả năng tái sử dụng nước và vật liệu hữu cơ trong sản xuất công nghiệp. Nhờ vậy, Nhật Bản hiện là một trong những quốc gia có tỷ lệ tái chế rác thải sinh hoạt và công nghiệp cao nhất thế giới, đồng thời duy trì được mức độ sử dụng tài nguyên bền vững và giảm thiểu đáng kể tác động môi trường.

Hàn Quốc

Hàn Quốc đã phát triển một hệ sinh thái đổi mới sáng tạo mạnh mẽ gắn liền với chính sách KTTH, đặc biệt chú trọng ứng dụng công nghệ số và phát triển các quỹ đầu tư xanh.

Chính phủ thành lập “Quỹ đổi mới sáng tạo xanh” (Green Innovation Fund), tài trợ các dự án R&D liên quan đến xử lý chất thải, tái chế pin và ắc quy, quản lý nước và khí thải, thúc đẩy phát triển các công nghệ thân thiện môi trường. Phát triển hệ thống nền tảng số quản lý tài nguyên và chất thải, cho phép truy xuất nguồn gốc sản phẩm và phụ phẩm, tối ưu hóa phân phối và tái sử dụng trong các chuỗi ngành. Chương trình chứng nhận sản phẩm xanh (Korean Eco-Label) được thiết lập để khuyến khích sản xuất và tiêu dùng bền vững. Chính sách mua sắm công xanh của Hàn Quốc áp dụng rộng rãi, tạo thị trường ổn định cho sản phẩm tuần hoàn, thúc đẩy đổi mới sáng tạo trong ngành công nghiệp tái chế. Ngoài ra, mô hình “Khu công nghiệp sinh thái và công viên công nghệ xanh” được xây dựng để thúc đẩy hợp tác liên ngành, tận dụng nguồn phụ phẩm và chia sẻ hạ tầng công nghệ. Nhờ những nỗ lực này, Hàn Quốc đã tăng tỷ lệ tái chế vật liệu xây dựng, pin, chất thải điện tử và sinh học lên mức cao, đồng thời giảm đáng kể nhập khẩu nguyên liệu thô, góp phần quan trọng vào mục tiêu giảm phát thải và BVMT.

Những bài học chung

Từ các kinh nghiệm quốc tế có thể rút ra một số bài học quan trọng cho Việt Nam gồm:

Đổi mới sáng tạo là động lực trung tâm: Việc phát triển công nghệ mới, mô hình kinh doanh tuần hoàn và nền tảng số là chìa khóa để hiện thực hóa KTTH.

Chính sách đồng bộ và linh hoạt: Sự kết hợp giữa chính sách tài chính (quỹ đầu tư, ưu đãi thuế), pháp lý (Luật EPR, tiêu chuẩn môi trường) và phát triển hạ tầng (KCN sinh thái, trung tâm tái chế) tạo nên hệ sinh thái bền vững; Ứng dụng công nghệ số giúp tối ưu quản lý tài nguyên và kết nối các bên liên quan trong chuỗi cung ứng tuần hoàn; Mua sắm công xanh và chứng nhận sản phẩm là công cụ hiệu quả tạo thị trường cho sản phẩm tuần hoàn, từ đó kích thích đổi mới sáng tạo trong sản xuất; Phối hợp đa ngành, đa cấp và sự tham gia của cộng đồng doanh nghiệp, chính quyền và người dân là yếu tố quyết định sự thành công của chính sách.

Những bài học này sẽ là cơ sở quan trọng để Việt Nam xây dựng các chính sách hỗ trợ đổi mới sáng tạo, thúc đẩy quản lý tài nguyên theo KTTH, phát triển kinh tế bền vững.

3. PHÂN TÍCH CHÍNH SÁCH TẠI VIỆT NAM

Bối cảnh chính sách và pháp luật hiện hành

Trong những năm gần đây, Việt Nam đã có những bước tiến quan trọng trong việc đưa KTTH vào khuôn khổ pháp luật và chiến lược phát triển quốc gia. Luật BVMT năm 2020 đã chính thức ghi nhận và yêu cầu áp dụng các biện pháp thúc đẩy KTTH trong quản lý chất thải và tài nguyên. Bên cạnh đó, Chiến lược tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050 định hướng phát triển bền vững, giảm phát thải khí nhà kính và tăng hiệu quả sử dụng tài nguyên, cũng nhấn mạnh vai trò của đổi mới sáng tạo trong chuyển đổi mô hình kinh tế. Ngoài ra, các chính sách quan trọng như các quy định về quản lý chất thải và tái chế, các quy định về trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) trong một số ngành hàng, cũng đã được nghiên cứu và từng bước triển khai thí điểm nhằm thúc đẩy tái chế, giảm thiểu phát thải...

Thành tựu và điểm mạnh

Việc ban hành Luật BVMT năm 2020 và các văn bản hướng dẫn thi hành liên quan đến quản lý chất thải, xử lý ô nhiễm và tái chế cũng đã được ban hành, giúp cụ thể hóa các quy định liên quan đến KTTH,... các kế hoạch hành động, chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh và phát triển bền vững có lồng ghép nội dung thúc đẩy đổi mới sáng tạo, công nghệ sạch, quản lý tài nguyên hiệu quả đã tạo nền tảng pháp lý vững chắc cho phát triển KTTH tại Việt Nam. Việc thí điểm áp dụng mô hình “Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất” (EPR): Một số ngành hàng như bao bì, điện tử, pin ắc quy đã bắt đầu triển khai thí điểm hệ thống EPR, tạo điều kiện cho doanh nghiệp tham gia quản lý và thu hồi sản phẩm sau sử dụng, góp phần giảm tải lượng chất thải.

Các chương trình truyền thông về quản lý chất thải, tiết kiệm tài nguyên và phát triển bền vững được triển khai rộng rãi, giúp nâng cao ý thức cộng đồng và doanh nghiệp về KTTH. Nhiều địa phương, doanh nghiệp lớn



bắt đầu áp dụng mô hình tuần hoàn trong sản xuất và quản lý chất thải, tạo tiền đề thực tiễn cho việc nhân rộng. Một số doanh nghiệp đầu ngành đã đầu tư đổi mới công nghệ. Các doanh nghiệp lớn trong ngành xi măng, chế biến nông sản, sản xuất công nghiệp đã thử nghiệm các công nghệ tái chế, sử dụng nguyên liệu thay thế và cải tiến quy trình sản xuất nhằm giảm phát thải, tiết kiệm tài nguyên và chuyển đổi mô hình kinh doanh theo hướng tuần hoàn.

Những hạn chế và thách thức

Mặc dù đã có nhiều quy định được ban hành tạo điều kiện cho thực hiện có hiệu quả KTTH, nhưng các chính sách, pháp luật hỗ trợ đổi mới sáng tạo trong lĩnh vực KTTH vẫn còn rời rạc, thiếu tính liên kết, chưa cụ thể hóa các ưu đãi, cơ chế thúc đẩy doanh nghiệp đổi mới công nghệ như thiếu các quỹ đầu tư chuyên biệt hay ưu đãi thuế cụ thể cho doanh nghiệp đổi mới sáng tạo trong lĩnh vực quản lý tài nguyên. Hệ thống cơ sở hạ tầng tái chế, thu gom chất thải và các khu công nghiệp sinh thái còn ít và chưa được đầu tư đồng bộ. Công nghệ số hóa trong quản lý tài nguyên và chất thải chưa được phát triển mạnh, chưa đáp ứng nhu cầu thực tiễn, làm hạn chế khả năng quản lý, theo dõi và tối ưu hóa vòng đời sản phẩm.

Các nguồn vốn đầu tư công và quỹ hỗ trợ cho nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ tuần hoàn còn hạn chế. Doanh nghiệp, đặc biệt là các doanh nghiệp nhỏ và vừa, khó tiếp cận các nguồn vốn ưu đãi để đầu tư đổi mới sáng tạo. Đa số doanh nghiệp nhỏ và vừa chưa đủ năng lực tài chính, kiến thức và công nghệ để áp dụng mô hình KTTH và đổi mới sáng tạo trong quản lý tài nguyên. Nguồn nhân lực chuyên môn cao về KTTH, công nghệ xanh cũng còn thiếu hụt. Việc quản lý, theo dõi chất thải, tài nguyên và vòng đời sản phẩm còn manh mún, thiếu minh bạch, gây khó khăn cho việc ra quyết định và lập kế hoạch phát triển tuần hoàn. Chính sách mua sắm công xanh chưa được phổ biến và áp dụng rộng rãi, chưa có hệ thống chứng nhận sản phẩm tuần hoàn được công nhận... Các cơ chế tạo thị trường cho sản phẩm thân thiện môi trường chưa được thực hiện đồng bộ, khiến doanh nghiệp còn ngại đầu tư đổi mới.

Tác động của chính sách đến quản lý tài nguyên và đổi mới sáng tạo

Việc xây dựng, hoàn thiện các văn bản pháp luật về KTTH và quản lý chất thải đã tạo tiền đề cho các hoạt động đổi mới sáng tạo trong lĩnh vực này tại Việt Nam. Chẳng hạn, các quy định về EPR đã tạo áp lực và khuyến khích doanh nghiệp thay đổi thiết kế sản phẩm, cải tiến công nghệ nhằm giảm phát thải và tăng khả năng tái chế. Các chính sách BVMT và quy định về

xử lý chất thải đã thúc đẩy doanh nghiệp đầu tư công nghệ xử lý chất thải tiên tiến hơn.

Tuy nhiên, các chính sách này vẫn chưa tạo được hiệu ứng lan tỏa mạnh mẽ do thiếu các chính sách cụ thể về hỗ trợ tài chính, kỹ thuật và thị trường, đổi mới sáng tạo trong quản lý tài nguyên vẫn còn phát triển chậm, chưa tạo được hiệu ứng lan tỏa rộng rãi trong nền kinh tế. Các doanh nghiệp lớn có nguồn lực mới có thể đầu tư đổi mới, còn phần lớn doanh nghiệp nhỏ và vừa vẫn gặp nhiều khó khăn trong tiếp cận công nghệ và áp dụng mô hình KTTH. Việc thiếu hạ tầng kỹ thuật đồng bộ, công nghệ số trong quản lý tài nguyên vẫn còn là rào cản lớn làm giảm hiệu quả quản lý và sử dụng tài nguyên, đồng thời cản trở việc xây dựng hệ sinh thái đổi mới sáng tạo phát triển bền vững.

4. ĐỀ XUẤT CHÍNH SÁCH THÚC ĐẨY ĐỔI MỚI SÁNG TẠO TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN ĐỂ PHÁT TRIỂN KTTH TẠI VIỆT NAM

Hoàn thiện và tăng cường khung pháp lý và cơ chế chính sách hỗ trợ đổi mới sáng tạo

Mở rộng phạm vi và cụ thể hóa “Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất” (EPR). Ban hành các quy định hướng dẫn chi tiết về việc triển khai EPR trong các ngành trọng điểm như điện tử, bao bì, xây dựng, pin ắc quy, ô tô,...; Thiết lập cơ chế giám sát và xử phạt nghiêm minh đối với các doanh nghiệp không tuân thủ quy định, đồng thời tạo cơ chế minh bạch, báo cáo định kỳ về thu hồi, tái chế sản phẩm; Khuyến khích áp dụng các giải pháp công nghệ số để theo dõi vòng đời sản phẩm và quản lý chất thải.

Chính sách ưu đãi tài chính và thuế cho đổi mới sáng tạo. Áp dụng ưu đãi thuế thu nhập doanh nghiệp, miễn giảm thuế cho các dự án nghiên cứu và phát triển công nghệ xanh, công nghệ tuần hoàn; Hỗ trợ lãi suất vay ưu đãi hoặc cấp vốn cho các doanh nghiệp đầu tư đổi mới công nghệ trong lĩnh vực quản lý tài nguyên và tái chế; Thiết lập quỹ hỗ trợ phát triển KTTH và đổi mới sáng tạo, ưu tiên doanh nghiệp vừa và nhỏ, startup, doanh nghiệp xã hội.

Đầu tư phát triển hạ tầng kỹ thuật và hệ sinh thái hỗ trợ KTTH

Phát triển các khu công nghiệp sinh thái và trung tâm đổi mới sáng tạo. Xây dựng các khu công nghiệp tuần hoàn có cơ sở hạ tầng chia sẻ về xử lý chất thải, tái chế, năng lượng tái tạo; Thành lập các trung tâm hỗ trợ kỹ thuật, chuyển giao công nghệ, thử nghiệm giải pháp đổi mới sáng tạo liên quan đến quản lý tài nguyên; Hỗ trợ xây dựng mạng lưới liên kết giữa doanh nghiệp, viện nghiên cứu và các trường đại học để phát triển công nghệ tuần hoàn.

Phát triển hạ tầng số hóa và quản lý dữ liệu. Đầu tư xây dựng nền tảng dữ liệu lớn (big data) và hệ thống truy xuất nguồn gốc tài nguyên, sản phẩm, chất thải nhằm tăng tính minh bạch và hiệu quả quản lý; Phát



triển các ứng dụng công nghệ số, IoT để giám sát, quản lý tài nguyên, chất thải theo thời gian thực.

Nâng cao năng lực cho doanh nghiệp và phát triển nguồn nhân lực

Tổ chức các chương trình đào tạo, tập huấn nâng cao nhận thức, kỹ năng đổi mới sáng tạo và áp dụng công nghệ tuần hoàn cho doanh nghiệp, đặc biệt là doanh nghiệp nhỏ và vừa; Cung cấp dịch vụ tư vấn, hỗ trợ kỹ thuật và xây dựng kế hoạch chuyển đổi mô hình kinh doanh tuần hoàn.

Khuyến khích hợp tác nghiên cứu và phát triển. Thúc đẩy hợp tác giữa doanh nghiệp với viện nghiên cứu, trường đại học để nghiên cứu, phát triển công nghệ mới phù hợp với đặc thù Việt Nam; Tạo điều kiện thuận lợi cho chuyển giao công nghệ và thương mại hóa sản phẩm đổi mới sáng tạo.

Phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao. Đào tạo chuyên sâu nguồn nhân lực trong các lĩnh vực quản lý tài nguyên, công nghệ môi trường, KTTH và công nghệ số phục vụ quản lý tài nguyên.

Tạo thị trường và thúc đẩy tiêu dùng bền vững

Mở rộng chính sách mua sắm công xanh. Ban hành quy định bắt buộc các cơ quan nhà nước, doanh nghiệp nhà nước ưu tiên sử dụng sản phẩm tái chế, sản phẩm xanh nhằm tạo thị trường ổn định; Xây dựng hệ thống chứng nhận, nhãn hiệu sản phẩm xanh, sản phẩm tuần hoàn để nâng cao nhận thức và niềm tin của người tiêu dùng.

Triển khai các chương trình truyền thông và giáo dục cộng đồng. Tăng cường truyền thông nâng cao nhận thức xã hội về lợi ích của KTTH và tiêu dùng bền vững; Tích hợp giáo dục KTTH, quản lý tài nguyên vào chương trình giáo dục phổ thông và đào tạo nghề.

Khuyến khích các mô hình kinh doanh sáng tạo. Hỗ trợ phát triển các mô hình kinh doanh cho thuê, chia sẻ, sửa chữa và tái sử dụng sản phẩm, giảm thải và tối ưu sử dụng tài nguyên.

5. KẾT LUẬN

Việt Nam đang đứng trước cơ hội lớn để chuyển đổi mô hình phát triển kinh tế từ tuyến tính sang KTTH, nhằm nâng cao hiệu quả quản lý tài nguyên, BVMT và thúc đẩy tăng trưởng bền vững. Đổi mới sáng tạo trong quản lý tài nguyên đóng vai trò then chốt trong quá trình này, giúp tối ưu hóa sử dụng tài nguyên, giảm phát thải và tạo ra giá trị kinh tế mới. Qua phân tích kinh nghiệm quốc tế và thực tiễn chính sách tại Việt Nam, có thể thấy rằng việc hoàn thiện khung pháp lý, xây dựng cơ chế chính sách hỗ trợ, phát triển hạ tầng kỹ thuật và hạ tầng số, nâng cao năng lực doanh nghiệp cùng phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao là những yếu tố quyết định để thúc đẩy đổi mới sáng tạo và phát triển KTTH thành công. Việc tạo dựng thị trường cho sản phẩm tuần hoàn và nâng cao nhận thức cộng đồng

cũng đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành nền kinh tế xanh, bền vững. Để đạt được mục tiêu này, cần sự phối hợp chặt chẽ giữa các Bộ/ngành, địa phương, doanh nghiệp và các tổ chức nghiên cứu, đồng thời đẩy mạnh các chương trình hỗ trợ cụ thể và thiết thực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Luật BVMT năm 2020.
2. Quyết định số 1658/QĐ-TTg ngày 1/10/2021 của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050.
3. Vương Thị Lan Anh, Đỗ Mạnh Hùng (2024), Mô hình kinh tế nâng cao hiệu quả tuần hoàn thành phần tái chế trong rác thải đô thị, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
4. Dương Thanh An (2022). Nghiên cứu đề xuất các giải pháp thúc đẩy áp dụng mô hình KTTH cho một số lĩnh vực sản xuất tại Việt Nam.
5. Nguyễn Thế Chinh (2020). Cơ hội và thách thức cho phát triển KTTH ở Việt Nam.
6. Nguyễn Trọng Hạnh, Lại Văn Mạnh, Dương Thanh An, Nguyễn Thị Thanh Huyền (2022), Vai trò, xu hướng áp dụng các tiêu chuẩn để thúc đẩy thực hiện KTTH và khuyến nghị cho Việt Nam. Tạp chí Môi trường số 7/2022 (Mã ISSN: 2615-9597).
7. Hồ Quế Hậu, Đại học kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh, "Phát triển KTTH ở Việt Nam: Những bước đi ban đầu và giải pháp".
8. Đỗ Nam Thắng và cộng sự (2011). Các công cụ kinh tế trong quản lý môi trường: Kinh nghiệm quốc tế và thực tiễn áp dụng ở Việt Nam.
9. Lại Văn Mạnh (2020). Hoàn thiện các công cụ kinh tế để thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang nền kinh tế xanh, KTTH ở Việt Nam. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, Số 9 (335), Số 1, Mã số ISSN: 1859-1477.
10. Circular Economy Action Plan (CEAP) 2020 summary.
11. Basic Act for Establishing a Sound Material-Cycle Society, Japan.
12. Act on the Promotion of Effective Utilization of Resources, Japan.
13. Framework Act on Resource Circulation, Korea.
14. Act on Resource Circulation of Electrical and Electronic Equipment and Vehicles, Korea.
15. Agency, E.E. (2020), Cutting greenhouse gas emissions through circular economy actions in the buildings sector.
16. Andrew Morlet (2015), Delivering the circular economy: a toolkit for policymakers. 2015: Foundation Ellen MacArthur.
17. Ellen MacArthur Foundation. (2012). Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.
18. Esposito, M. (2017). Where the circular economy meets the Internet of Things.



Báo cáo Môi trường, Xã hội và Quản trị: Chìa khóa để doanh nghiệp phát triển bền vững

NGUYỄN MINH CUỒNG

Cục Môi trường, Bộ NN&MT

Tóm tắt:

Hiện nay, những yêu cầu về ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH) và bảo vệ môi trường (BVMT) ngày càng chặt chẽ hơn, đặt ra thách thức cho các doanh nghiệp trên thế giới cũng như tại Việt Nam trong việc tuân thủ các quy định. Trong tiến trình này, việc áp dụng Báo cáo Môi trường, Xã hội và Quản trị (ESG) đang trở thành xu thế tất yếu được các doanh nghiệp (DN) trên thế giới áp dụng nhằm đảm bảo cho việc thực hiện phát triển bền vững (PTBV), trách nhiệm xã hội và quản trị doanh nghiệp có hiệu quả trong giao thương quốc tế và chuỗi cung ứng toàn cầu. Bài viết này hệ thống hóa các khái niệm cốt lõi về ESG và xu hướng toàn cầu, phân tích thực trạng áp dụng ESG tại Việt Nam, chỉ ra các rào cản chính, đề xuất lộ trình và giải pháp chính sách khả thi thúc đẩy việc áp dụng ESG, giúp cho các DN Việt Nam vừa đảm bảo nâng cao khả năng cạnh tranh, vừa tuân thủ pháp luật BVMT.

Từ khóa: Môi trường, ESG, doanh nghiệp.

JEL Classifications: P48, Q56, Q55, R11.

1. ESG – KHUNG ĐÁNH GIÁ TOÀN DIỆN CHO PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

1.1. CSR, SDGs và ESG

CSR - Trách nhiệm xã hội của DN là một dạng hoạt động có quy tắc được các DN tự cam kết thực hiện nhằm giúp cho DN đóng góp cho các mục tiêu xã hội thông qua hoạt động nhân đạo, hoạt động vì cộng đồng bằng cách tham gia, hỗ trợ các hoạt động tình nguyện hoặc thực hiện những hoạt động mang tính đạo đức. CSR thiên về các hoạt động xã hội tự nguyện.

SDG - Mục tiêu PTBV là một chuỗi các mục tiêu do Liên hợp quốc thiết lập nhằm thúc đẩy sự PTBV toàn cầu. SDG được chính thức thông qua vào năm 2015 trong Khung chương trình PTBV đến năm 2030. SDG thay thế cho Mục tiêu phát triển thiên niên kỷ (MDGs) mà Liên hợp quốc đã thiết lập vào năm 2000.

ESG - Thuật ngữ “ESG” xuất hiện lần đầu tiên trong một báo cáo của Liên hợp quốc năm 2004. Tuy nhiên cho đến đầu những năm 2020, ESG bắt đầu phát triển và dần trở thành bộ tiêu chuẩn mới, toàn diện hơn áp dụng cho báo cáo PTBV của DN. ESG truyền tải một cách đầy đủ cách thực hành của một cơ quan, tổ chức, doanh nghiệp về các vấn đề môi trường, sự tham gia của cơ quan đó vào xã hội và sức mạnh của quản trị cơ quan đó. ESG có thể lượng hóa và được các DN sử dụng để đánh giá đầy đủ các tác động môi trường, xã hội và quản trị của mình, được các nhà đầu tư, tổ chức tài chính sử dụng trong đánh giá rủi ro và cơ hội trong kinh doanh.

1.2. Môi trường

Tiêu chuẩn về môi trường bao gồm yêu cầu đánh giá về các tác động của DN lên môi trường tự nhiên, tập trung vào phát thải khí nhà kính, BĐKH, sử dụng tài nguyên thiên nhiên, năng lượng, chất thải, nước, ô

nhiễm, làm mất rừng và suy giảm đa dạng sinh học. Đánh giá về môi trường cũng có thể bao gồm việc DN tiếp xúc với các rủi ro liên quan đến môi trường và BĐKH, như: lũ lụt, hạn hán, cháy rừng và thời tiết cực đoan khác, việc tuân thủ các quy định của nhà nước trong lĩnh vực môi trường. Đây là nhóm tiêu chuẩn đầu tiên và bao gồm các quy định chặt chẽ đối với DN bởi sự quan tâm cao của nhà nước cũng như các nhà đầu tư và cộng đồng nhân dân đối với các tác động tới môi trường thiên nhiên và hệ sinh thái. Các yêu cầu đánh giá về môi trường trong ESG với các nội dung:

Phát thải khí nhà kính (GHG) bao gồm lượng phát thải các loại khí như CO₂, CH₄, N₂O mà DN phát sinh trong hoạt động sản xuất, kinh doanh... Tiêu chí đánh giá phát thải khí nhà kính dựa trên 3 phạm vi theo Nghị định thư về khí nhà kính (GHG Protocol), gồm: Trực tiếp (phát thải từ nguồn DN sở hữu/kiểm soát như đốt nhiên liệu tại chỗ, phương tiện); Gián tiếp từ năng lượng (phát thải do tiêu thụ điện, nhiệt, hơi nước mà DN mua); Gián tiếp khác (phát thải trong chuỗi cung ứng vận chuyển, logistics, đi lại, xử lý rác...).

Sử dụng năng lượng bao gồm điện, khí, xăng dầu, năng lượng tái tạo. Tiêu chí đánh giá tiêu chuẩn ISO 50001 về hệ thống quản lý năng lượng, bao gồm: cường độ năng lượng (kWh/sản phẩm hoặc theo doanh thu); tỷ lệ năng lượng tái tạo.

Sử dụng tài nguyên nước bao gồm lượng nước sử dụng, tỷ lệ nước tuần hoàn, các tác động đến nguồn nước tại chỗ. Đối với các ngành có mức độ tác động lớn: dệt may, hóa chất, thực phẩm... phải đánh giá các hệ thống xử lý nước thải và tuần hoàn, tái sử dụng nước thải.

Quản lý chất thải bao gồm chất thải rắn công nghiệp, chất thải nguy hại, tái chế, xử lý và tiêu hủy



ESG là tiền đề hướng đến sự phát triển bền vững cho doanh nghiệp Việt Nam

cuối vòng đời chất thải. Tiêu chí đánh giá bao gồm: tỷ lệ tái chế (%), tỷ lệ xử lý đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn về môi trường (%), tỷ lệ phát sinh lượng chất thải trên lượng sản phẩm.

Đa dạng sinh học và sử dụng đất bao gồm tác động, ảnh hưởng từ các hoạt động của DN đến rừng, đất ngập nước, hệ sinh thái tự nhiên; các ảnh hưởng đến khu bảo tồn, hệ sinh thái tại chỗ, dòng chảy tự nhiên của nguồn nước...

Thích ứng với BĐKH bao gồm các đánh giá khả năng thích nghi với thời tiết cực đoan, nước biển dâng, khô hạn kèm theo yêu cầu DN phải công bố báo cáo đánh giá rủi ro khí hậu...

1.3. Xã hội

Tiêu chuẩn về xã hội bao gồm yêu cầu đánh giá các tác động liên quan đến con người của DN như cách DN bảo đảm quyền lợi, sức khỏe và sự an toàn của người lao động trong hoạt động sản xuất kinh doanh và chuỗi cung ứng DN đó, các thực hành của DN trong mối quan hệ, sự đa dạng và hòa nhập với người lao động, các giá trị của DN hình thành từ hoạt động từ thiện và tình nguyện của DN, và sự tham gia của cộng đồng (những người có thể bị ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp bởi các hoạt động của DN), thể hiện việc DN tính đến lợi ích của các bên liên quan trong hoạt động của mình.

Các yêu cầu đánh giá của tiêu chuẩn về xã hội trong ESG bao gồm: Mức độ đa dạng, bình đẳng và hòa nhập (DEI); chính sách lao động, an toàn và sức khỏe nghề nghiệp; tôn trọng quyền con người và tác động xã hội

của DN; phúc lợi và chế độ đãi ngộ; quan hệ với công đoàn và đối thoại người lao động; đào tạo nghề và phát triển kỹ năng.

1.4. Quản trị

Tiêu chuẩn về quản trị bao gồm yêu cầu đánh giá các tác động của các quy trình ra quyết định, các chính sách và hiệu quả thực hiện các nghĩa vụ mang tính đạo đức của DN đối với hội đồng quản trị, nhà quản lý và cổ đông; đánh giá về quản trị tổ chức, trong đó tập trung vào cách DN tạo ra sự minh bạch trong kế toán, cách DN tự quản lý chiến lược thuế, tổ chức các hoạt động từ thiện, chi phí thù lao của giám đốc điều hành, trong hoạt động vận động hành lang chính trị và quản lý các xung đột lợi ích tiềm ẩn.

Các yêu cầu của đánh giá của tiêu chuẩn về quản trị trong ESG bao gồm: Tính minh bạch và trách nhiệm giải trình của ban lãnh đạo; chính sách chống tham nhũng, hối lộ; tỷ lệ thành viên độc lập trong hội đồng quản trị, công bố thông tin bền vững; quản trị rủi ro tích hợp; lồng ghép ESG vào chiến lược và vận hành của DN.

2. XU HƯỚNG TOÀN CẦU – ESG

TỪ “TỰ NGUYỆN” SANG “BẮT BUỘC”

Từ những năm cuối của thập kỷ 2010, ESG dần được sự quan tâm của các DN, nhà quản lý và bắt đầu có những bước phát triển mạnh mẽ cho tới nay. Thập kỷ vừa qua chứng kiến ESG đã phát triển từ một bộ tiêu chuẩn tự nguyện sang thành yêu cầu bắt buộc với các DN lớn trên toàn cầu. Các cơ quan nhà nước, các nhà đầu tư và tổ chức tài chính ngày càng yêu cầu các DN phải minh bạch hoạt động theo bộ tiêu chuẩn ESG



và là một phần không thể thiếu trong đánh giá rủi ro và cơ hội đầu tư.

Áp dụng tiêu chuẩn ESG trong quản lý tài sản toàn cầu

Về quản lý tài sản, tài sản toàn cầu được quản lý theo tiêu chuẩn ESG tăng dần từ năm 2020 là 35.000 tỷ USD lên 41.000 tỷ USD năm 2022 và dự báo đến năm 2025, con số này có thể vượt mốc 50.000 tỷ USD, chiếm hơn 1/3 tổng tài sản đầu tư toàn cầu [1]. Tại châu Âu, tài sản được quản lý theo tiêu chuẩn ESG chiếm tới 45% thị phần tài sản ESG toàn cầu trên tổng tài sản đầu tư được quản lý (AUM). Tài sản ESG của Mỹ chiếm hơn 25%, Nhật Bản chiếm 14% [2].

Trong lĩnh vực tài chính, tính dục, các tổ chức tài chính – bao gồm ngân hàng, quỹ đầu tư và thị trường vốn – đóng vai trò then chốt trong việc thúc đẩy việc áp dụng ESG thông qua các điều kiện tín dụng, đầu tư và giám sát công bố thông tin bền vững. Đây cũng là lực đẩy giúp DN chuyển dịch sang mô hình PTBV một cách nhanh chóng.

Liên minh các Ngân hàng Trung ương vì Tăng trưởng Xanh (NGFS) được thành lập năm 2017, với 134 thành viên và 21 quan sát viên toàn cầu với mục tiêu tích hợp rủi ro khí hậu và ESG vào giám sát tài chính [3]. Ngân hàng Trung ương châu Âu (ECB) từ năm 2021 đã chính thức yêu cầu các ngân hàng Eurozone quản lý và công bố một cách minh bạch các rủi ro khí hậu dựa trên khuôn khổ giám sát hiện hành [4].

Các quỹ đầu tư lớn trên thế giới như BlackRock (Mỹ) đã tích hợp ESG vào mọi chiến lược đầu tư từ năm 2020; yêu cầu các DN công bố ESG theo các tiêu chuẩn của Nhóm đặc trách về Công bố Thông tin Tài chính liên quan đến Khí hậu (TCFD) và Hội đồng Chuẩn mực Kế toán Bền vững (SASB); trong năm 2021, từ chối đầu tư vào 300 DN với lý do DN thiếu chiến lược khí hậu.

Các thị trường vốn trên thế giới bắt buộc áp dụng ESG bao gồm: Sở Giao dịch London (LSE) yêu cầu công bố thông tin khí hậu theo tiêu chuẩn của TCFD từ năm 2022 và giám sát ESG qua chỉ số FTSE4Good (của Tập đoàn FTSE Russell); Sở Giao dịch chứng khoán Singapore (SGX), từ năm 2023, bắt buộc DN niêm yết báo cáo bền vững và ban hành các hướng dẫn áp dụng các tiêu chuẩn của Tổ chức Sáng kiến Báo cáo Toàn cầu (GRI) và SASB trong đánh giá ESG và tiến hành đào tạo định kỳ cho DN.

Lồng ghép yêu cầu ESG trong tín dụng xanh, trái phiếu xanh

Tiêu chuẩn về ESG được các tổ chức tài chính lồng ghép trong cấp vốn thông qua các chương trình tín dụng xanh, tín dụng ESG. Trái phiếu xanh, trái phiếu bền vững, trái phiếu liên kết ESG ngày càng phổ biến trên thế giới nhằm mục tiêu huy động vốn cho các dự án thân thiện với môi trường (Bảng 1, Biểu đồ 1).

3. CHÍNH SÁCH THÚC ĐẨY ÁP DỤNG ESG TẠI MỘT SỐ QUỐC GIA TRÊN THẾ GIỚI

Cộng đồng châu Âu

Từ năm 2024, Chỉ thị Báo cáo PTBV doanh nghiệp (CSRD) là chỉ thị của EU thay thế cho chỉ thị năm 2016 về Báo cáo phi tài chính (NFRD), bắt đầu có hiệu lực với mọi DN lớn, bao gồm trong và ngoài EU có doanh thu trên 150 triệu EUR tại EU phải công bố báo cáo ESG.

Yêu cầu bắt buộc phải công bố báo cáo ESG cũng được lồng ghép trong các chỉ thị, quy định khác của EU. Trong chuỗi cung ứng sản phẩm dệt may có Chiến lược Dệt may bền vững và tuần hoàn của EU công bố năm 2022; Quy định về Thiết kế sinh thái ESPR yêu cầu sản phẩm dệt may phải có độ bền cao hơn, dễ tái chế và chứa ít hóa chất độc hại; Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) yêu cầu DN phải thu hồi và tái chế sản phẩm sau sử dụng. Bên cạnh đó là lệnh cấm sản phẩm "greenwashing" (tuyên truyền xanh không có thực chất) – các nhãn hàng không được quảng cáo "xanh" nếu không có chứng nhận đáng tin cậy.

Nhật Bản – ESG gắn với mô hình quản trị DN truyền thống

Hội đồng Kinh tế Nhật Bản (Keidanren) đưa ESG vào khung quản trị DN quốc gia, gắn đầu tư ESG với thực hiện các mục tiêu PTBV (SDG) và hiện thực hóa Xã hội 5.0. Chính phủ Nhật Bản có chính sách khuyến khích tích hợp ESG vào chiến lược phát triển dài hạn của từng DN. Các DN Nhật Bản đưa ra và theo đuổi triết lý “quản trị vì lợi ích dài hạn” là nền tảng gắn ESG vào vận hành. Ở góc độ nhà đầu tư, Quỹ hưu trí quốc gia Nhật Bản (GPIF) là nhà đầu tư ESG lớn nhất thế giới đã chuyển hơn 50% tài sản sang Quỹ đầu tư chứng khoán Nhật Bản theo tiêu chuẩn ESG.

Singapore – ESG trở thành tiêu chuẩn quốc gia bắt buộc

Chính phủ Singapore ban hành bộ chỉ số ESG quốc gia để giám sát tiến độ PTBV theo thời gian thực, đồng thời thành lập Trung tâm Đổi mới Tài chính Xanh (GFIT) để đào tạo và nghiên cứu về ESG. Các DN nhỏ và vừa được hỗ trợ kỹ thuật để tiếp cận tiêu chuẩn ESG thông qua các chương trình như Enterprise SG. Từ năm 2023, Cơ quan Tiền tệ Singapore (MAS) quy định báo cáo khí hậu bắt buộc cho tất cả công ty niêm yết trên thị trường chứng khoán.

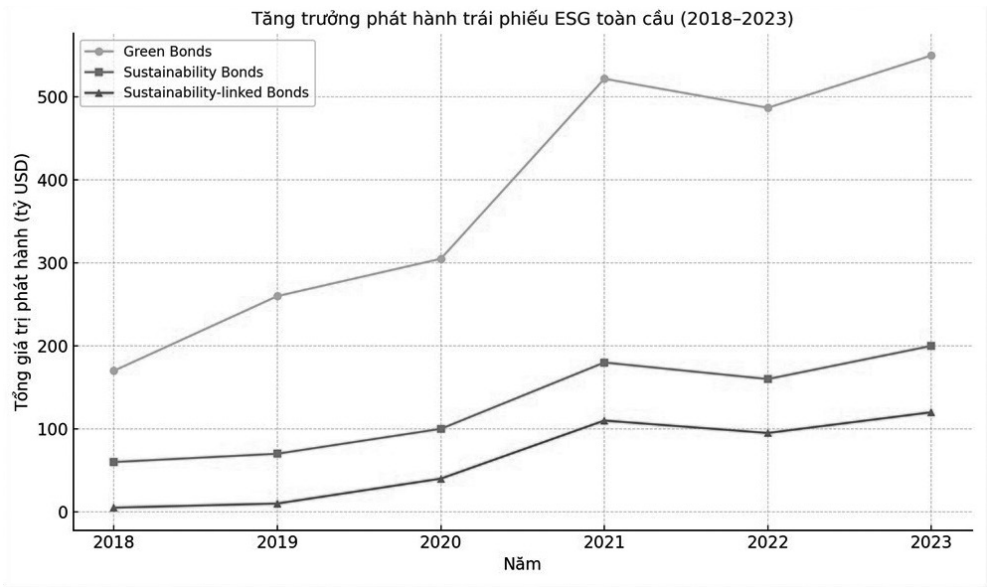
Indônêxia – Lồng ghép ESG vào hoạt động ngân hàng

Cơ quan Dịch vụ Tài chính Indônêxia (OJK) ban hành lộ trình tài chính bền vững 2021 - 2025. Các ngân hàng hoạt động tại Indônêxia có nghĩa vụ công bố báo cáo bền vững định kỳ hàng năm, bắt đầu từ năm 2019. Các DN niêm yết bắt buộc phải công bố thông tin Báo cáo ESG theo tiêu chuẩn GRI hoặc SASB. Indônêxia cũng xây dựng Bộ tiêu chí phân loại ngành kinh tế xanh (Green Taxonomy 1.0).

Bảng 1: Số liệu phát hành trái phiếu ESG toàn cầu (2018-2023)

Năm	Green Bonds	Sustainability Bonds	Sustainability-linked Bonds	Tổng cộng
2018	170 tỷ USD	60 tỷ USD	5 tỷ USD	~235 tỷ USD
2019	260 tỷ USD	70 tỷ USD	10 tỷ USD	~340 tỷ USD
2020	305 tỷ USD	100 tỷ USD	40 tỷ USD	~445 tỷ USD
2021	522 tỷ USD	180 tỷ USD	110 tỷ USD	~812 tỷ USD
2022	487 tỷ USD	160 tỷ USD	95 tỷ USD	~742 tỷ USD
2023	550 tỷ USD	200 tỷ USD	120 tỷ USD	~870 tỷ USD

Nguồn: Climate Bonds Initiative, Bloomberg, S&P Global Market Intelligence



Biểu đồ 1: Tăng trưởng phát hành trái phiếu ESG toàn cầu (2018-2023)

Nguồn: Climate Bonds Initiative, Bloomberg, S&P Global Market Intelligence

4. HIỆN TRẠNG ÁP DỤNG BÁO CÁO THEO TIÊU CHUẨN ESG TẠI VIỆT NAM

Tại Việt Nam, việc áp dụng tiêu chuẩn ESG đã thu hút được sự quan tâm của khối DN cũng như cơ quan nhà nước, nhất là trong bối cảnh hiện nay khi DN cần tiếp cận nguồn vốn quốc tế hoặc xuất khẩu sang các thị trường phát triển. Tuy nhiên, việc hiện thực hóa và áp dụng tiêu chuẩn ESG tại Việt Nam vẫn đang trong giai đoạn đầu và đối mặt với nhiều thách thức.

Theo khảo sát của VCCI thực hiện năm 2023 thì chỉ có 36% DN Việt Nam quan tâm đến ESG và khoảng 12% có báo cáo ESG độc lập [5]. Theo các số liệu của Tổ chức Tài chính Quốc tế (IFC) và Ủy ban Chứng khoán Nhà nước tổng hợp thì có khoảng 80% DN niêm yết công bố một số thông tin bền vững, nhưng đa phần chưa theo chuẩn quốc tế như GRI hay SASB [6]. Công ty Deloitte Việt Nam năm 2022 đánh giá có khoảng 58% lãnh đạo DN Việt Nam nhận thấy ESG sẽ tác động lớn đến khả năng gọi vốn trong 5 năm tới [7]. Hiện nay, một số cơ quan, tổ chức của Việt Nam đã đưa ra và thực hiện một số chỉ số đánh giá có liên quan đến tiêu chuẩn ESG, cụ thể như:

Chỉ số DN bền vững (CSI) do Hội đồng kinh doanh vì sự PTBV Việt Nam (VBCSD), Phòng Thương mại và Công nghiệp Việt Nam (VCCI), phối hợp với Bộ Lao động, Thương binh và Xã hội, Bộ Tài nguyên và Môi trường xây dựng, ra mắt và áp dụng từ năm 2016, trong khuôn khổ Chương trình đánh giá xếp hạng DN bền vững tại Việt Nam. Bộ chỉ số bao gồm 130 tiêu chí, trong đó 39 tiêu chí về kinh tế - quản trị; 38 tiêu chí về xã hội - lao động và 53 tiêu chí về môi trường. Bộ tiêu chí này tương đối phù hợp với thực tiễn Việt Nam, lồng ghép các chuẩn quốc tế như GRI, SDG, ISO26000, được cập nhật định kỳ; các DN có thể tự đánh giá trên hệ thống CSI trực tuyến và được dùng làm cơ sở xếp hạng Top 100 DN bền vững Việt Nam mỗi năm.

Bộ chỉ số PTBV (VNSI) được Sở Giao dịch Chứng khoán TP. Hồ Chí Minh xây dựng dựa trên tiêu chuẩn GRI, CSI, ISO-26000 và ra mắt năm 2017 nhằm theo dõi các công ty niêm yết có hoạt động PTBV tốt nhất trên thị trường chứng khoán Việt Nam, từ đó lựa chọn ra 20 - 30 DN đầu bảng dựa trên điểm số về công bố ESG, minh bạch và hiệu quả tài chính. VNSI giúp nhà đầu tư định



hướng vốn vào các công ty ESG tốt và được kỳ vọng là tiền đề phát triển các quỹ ETF ESG tại Việt Nam.

4.1. Khuôn khổ pháp lý đang hình thành

Việt Nam đã bước đầu xây dựng khung pháp lý lồng ghép ESG vào một số Luật, văn bản dưới Luật và chiến lược, kế hoạch hành động quốc gia. Luật BVMT năm 2020 của Việt Nam cùng các văn bản hướng dẫn thi hành đã đưa ra những quy định quan trọng đối với DN trong việc quản lý và công bố thông tin về môi trường, đặc biệt là các khía cạnh liên quan đến tiêu chuẩn môi trường trong ESG. Cụ thể:

Thông tư số 07/2025/TT-BTNMT ngày 28/2/2025 về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/1/2022 của Bộ trưởng Bộ TN&MT quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật BVMT đã quy định về việc công bố thông tin về phát thải khí, nước thải, chất thải rắn. Theo đó, các dự án, cơ sở có lượng phát thải lớn thuộc trường hợp phải quan trắc tự động hoặc định kỳ bụi, khí thải, nước thải, chất thải nguy hại phải công bố thông tin về kết quả quan trắc và phải lập báo cáo công tác BVMT hàng năm, bao gồm các thông tin về quản lý chất thải, sử dụng tài nguyên và các biện pháp BVMT đã thực hiện.

Thông tư số 01/2022/TT-BTNMT ngày 7/1/2022 của Bộ TN&MT quy định chi tiết thi hành Luật BVMT về ứng phó với BĐKH đã quy định về Báo cáo kiểm kê khí nhà kính và ban hành kế hoạch giảm nhẹ. Theo đó các cơ sở phát thải khí nhà kính phải thực hiện kiểm kê khí nhà kính và xây dựng kế hoạch giảm nhẹ phát thải. Việc báo cáo được thực hiện định kỳ 2 năm một lần.

Thông tư số 96/2020/TT-BTC ngày 16/11/2020 của Bộ Tài chính về việc hướng dẫn công bố thông tin trên thị trường chứng khoán quy định các công ty đại chúng tại Việt Nam niêm yết trên sàn chứng khoán có trách nhiệm công bố thông tin về quản trị DN theo mẫu quy định, bao gồm các thông tin về: Cơ cấu và hoạt động của Hội đồng quản trị, Ban kiểm soát và Ban Giám đốc; Tình hình hợp và ra quyết định của Đại hội đồng cổ đông; Các giao dịch giữa công ty với người nội bộ và người có liên quan; Chính sách nhân sự và tiền lương (nếu có); Thông tin về môi trường, rủi ro hoạt động (nếu có); Các vấn đề khác liên quan đến quản trị công ty.

Ngoài các văn bản quy phạm pháp luật mang tính bắt buộc nêu trên, nội dung ESG còn được thể hiện trong một số chiến lược, kế hoạch hành động quốc gia do Chính phủ ban hành, cụ thể như:

Chiến lược BVMT quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050 đưa ra giải pháp chiến lược: “Phát huy ý thức tuân thủ pháp luật, thực hiện tốt trách nhiệm xã hội về môi trường của các DN. Nâng cao nhận thức, hiểu biết về kinh tế tuần hoàn, kinh tế xanh, kinh tế các-bon thấp; khuyến khích các DN thực hiện các tiêu chuẩn,

cam kết tự nguyện về môi trường. Thực hiện đánh giá, xếp hạng hàng năm các DN PTBV; Từng bước hình thành và phát triển thị trường vốn cho BVMT; xây dựng và hoàn thiện các quy định, hệ thống tiêu chuẩn về tín dụng xanh, trái phiếu xanh.”

Kế hoạch hành động quốc gia thực hiện kinh tế tuần hoàn đến 2035 đưa ra mục tiêu đến năm 2030: “Chú trọng, nâng cao khía cạnh kinh tế, gia tăng lợi ích, thúc đẩy đổi mới, sáng tạo và huy động nguồn lực trong thực hiện kinh tế tuần hoàn thông qua việc xây dựng các mô hình sử dụng hiệu quả tài nguyên thiên nhiên, tái sử dụng, tái chế chất thải, mô hình sản xuất kinh doanh áp dụng kinh tế tuần hoàn được xây dựng, nhân rộng, phát triển phù hợp từng ngành, lĩnh vực, vùng, miền và ở từng cấp độ; thu hút mạnh mẽ các nguồn lực từ tín dụng xanh, trái phiếu xanh và nguồn lực hợp pháp khác cho các dự án đầu tư vào phát triển kinh tế tuần hoàn.”

4.2. Một số rào cản cho việc áp dụng rộng rãi

Thiếu các công cụ, hướng dẫn xây dựng báo cáo ESG cho từng ngành, lĩnh vực: Theo đánh giá sơ bộ, tại Việt Nam, các DN hiện vẫn lúng túng trong việc chọn tiêu chí và khung báo cáo phù hợp do thiếu hướng dẫn ESG chi tiết theo ngành (ngành sản xuất, ngành ngân hàng, ngành bất động sản...); các tiêu chuẩn hiện hành như GRI, SASB chưa được nội địa hóa kèm hướng dẫn áp dụng cụ thể để tiện cho DN áp dụng. Trong khi đó trên thế giới, các khung như SASB cung cấp tương đối đầy đủ các hướng dẫn công bố thông tin riêng cho từng ngành giúp DN dễ tiếp cận thông tin “có liên quan và có khả năng tác động tài chính” hoặc như tiêu chuẩn GRI thì có các hướng dẫn cụ thể về báo cáo “tác động rộng” đến cộng đồng và môi trường, cũng như các hướng dẫn kết hợp tiêu chuẩn GRI + SASB để đánh giá dựa trên từng mục tiêu cụ thể. Vì vậy, cần có hướng dẫn xây dựng báo cáo ESG theo từng ngành được phát triển dựa trên các tiêu chuẩn của SASB hoặc TCFD, kết hợp lồng ghép với việc áp dụng các tiêu chuẩn quốc tế khác như của GRI, ISO14064, GHG Protoc.

Phần lớn DN nhỏ và vừa chưa đủ năng lực tài chính và nhân sự để triển khai ESG: Tại Việt Nam, đa phần DN Việt Nam là nhỏ và vừa (SMEs), các DN này hầu hết chưa có cán bộ chuyên trách về ESG, chưa đầu tư hệ thống theo dõi dữ liệu; nhận thức chung của lãnh đạo và nhân viên trong DN về ESG còn thấp, xem ESG là “chi phí” chứ chưa coi là “cơ hội đầu tư”. Trong khi đó, trên thế giới, nếu xem xét các hướng dẫn cho mức độ Cơ bản “Basic” trong báo cáo ESG được thiết kế riêng cho DN nhỏ, chỉ cần có chiến lược cơ bản, thực hiện đánh giá tính trọng yếu sơ bộ, dữ liệu ban đầu có thể tập trung nội bộ và phản ứng khi được yêu cầu; khuyến khích SMEs dùng các phần mềm quản trị ESG



Vinamilk nằm trong danh sách 10 doanh nghiệp phát triển bền vững trong lĩnh vực sản xuất

đơn giản, có thể tích hợp dữ liệu từ hệ thống quản trị nhân lực, kế toán, môi trường... Các DN cần được tiếp cận các nguồn tài chính xanh, quỹ đầu tư xanh, cần được hỗ trợ nguồn vốn, đào tạo nâng cao năng lực, hoặc xây dựng nền tảng số hóa ESG quốc gia giúp SMEs tiếp cận, theo mô hình "mẫu + dữ liệu có sẵn".

Thiếu các đơn vị kiểm toán ESG độc lập và hệ thống dữ liệu chuẩn: Tại Việt Nam, các báo cáo ESG hiện nay chủ yếu là "tự công bố", thiếu kiểm toán độc lập; dữ liệu về phát thải, tiêu thụ năng lượng, nhân sự... chưa được chuẩn hóa để có thể so sánh giữa các DN với nhau. Trong khi trên thế giới, nếu xem xét các hướng dẫn để DN đạt được mức Tốt hơn "Better" và Tốt nhất "Best" đều có đánh giá thông tin từ Báo cáo ESG bởi bên thứ ba; đồng thời, các hệ thống chấm điểm của các tổ chức như CDP, Sustainalytics, S&P CSA, MSCI... đều yêu cầu DN phải cung cấp dữ liệu chuẩn hóa, để truy cập, thông qua các công cụ số tích hợp dữ liệu tự động. Vì vậy, cần thiết phải có cơ sở dữ liệu ESG chuẩn quốc gia, kèm theo danh sách tổ chức được công nhận kiểm toán ESG, cũng như cần có cổng thông tin ESG quốc gia, tương tự như hệ thống CDP toàn cầu.

Chưa có bộ chỉ số ESG quốc gia hoặc quy định bắt buộc thống nhất: Tại Việt Nam mới chỉ có các bộ chỉ số riêng lẻ như CSI (VCCI), VNSI (HOSE), chưa có một khung ESG quốc gia chuẩn hóa và thống nhất; chưa có quy định bắt buộc công bố báo cáo ESG cho mọi DN niêm yết hoặc DN có tác động môi trường lớn. Do đó, Việt Nam cần có Bộ chỉ số ESG quốc gia (VESG) được xây dựng, chuẩn hóa dựa trên nền tảng quốc tế, cùng với lộ trình bắt buộc được luật hóa về trách nhiệm công bố Báo cáo ESG cho từng giai đoạn.

5. KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH VÀ LỘ TRÌNH CHO VIỆT NAM

ESG là xu hướng toàn cầu không thể đảo ngược. Kinh nghiệm thực tiễn tại các quốc gia khác trên thế giới cho thấy, ESG cần được thể chế hóa ở cấp quốc gia, đồng thời khuyến khích vai trò của nhà đầu tư như các thể chế tài chính: ngân hàng, quỹ đầu tư, quỹ hưu trí, quỹ nhà nước; tổ chức đào tạo và hỗ trợ kỹ thuật ESG cho DN nhỏ; triển khai hệ thống chỉ số ESG quốc gia gắn với các mục tiêu PTBV, tăng trưởng xanh, phát thải ròng bằng 0, phát triển kinh tế tuần hoàn.

Áp dụng ESG tại Việt Nam có thể đóng góp cho công tác cải cách thủ tục hành chính, cải thiện môi trường kinh doanh thực chất, hiệu quả để thực hiện mục tiêu tăng trưởng 8% trở lên trong năm 2025, góp phần tăng tốc, bứt phá, tạo đà, tạo thế, tạo lực cho tăng trưởng hai con số trong các giai đoạn tiếp theo để phát triển đất nước nhanh, bền vững trong kỷ nguyên mới. Việc lồng ghép các báo cáo tuân thủ và nghĩa vụ công bố thông tin của các DN trong báo cáo ESG có thể giúp cho việc giảm ít nhất 30% thời gian xử lý thủ tục hành chính, ít nhất 30% chi phí kinh doanh (chi phí tuân thủ); bãi bỏ 30% điều kiện kinh doanh không cần thiết trong thời gian tới.

Để ESG thực sự trở thành nền tảng cho PTBV tại Việt Nam, cần có lộ trình rõ ràng, chính sách phù hợp và cơ chế hỗ trợ DN áp dụng hiệu quả. Dưới đây là một số khuyến nghị chính sách và bước đi cụ thể gợi ý cho giai đoạn 2025–2030.

Xây dựng Mẫu báo cáo ESG chung, báo cáo ESG theo ngành

Việt Nam cần tham khảo bộ tiêu chuẩn quốc tế như GRI, SASB, TCFD và điều chỉnh theo thực tiễn Việt



Nam; khẩn trương xây dựng Mẫu báo cáo ESG cơ bản dựa trên việc rà soát các quy định hiện hành về nghĩa vụ báo cáo, công bố thông tin của các DN để sửa đổi, đưa ra quy định cho phép sử dụng báo cáo cơ bản dựa trên tiêu chuẩn ESG thay cho báo cáo tuân thủ riêng của từng lĩnh vực môi trường, xã hội và quản trị DN.

Việt Nam có thể tham khảo bộ tiêu chuẩn quốc tế như GRI, SASB, TCFD, điều chỉnh theo thực tiễn Việt Nam và khẩn trương xây dựng các Mẫu báo cáo ESG đặc thù cho từng ngành có tiềm năng áp dụng cao như: Dệt may, da giày, điện tử (liên quan chuỗi cung ứng); Xây dựng, bất động sản (phát thải, vật liệu xanh); Tài chính, ngân hàng (quản trị rủi ro ESG, sản phẩm tài chính xanh, trái phiếu xanh); và các ngành khác...

Lộ trình áp dụng Báo cáo ESG được quy định như sau năm 2025 yêu cầu báo cáo ESG tự nguyện cho DN niêm yết lớn (VN30); giai đoạn 2026 - 2027 áp dụng cho toàn bộ công ty niêm yết và các dự án sử dụng vốn vay ưu đãi; giai đoạn 2028 - 2030 mở rộng ra DN FDI, DN xuất khẩu lớn và một số ngành có tác động môi trường cao. Bên cạnh đó có hướng dẫn đi kèm mẫu báo cáo đơn giản hóa cho DN vừa và nhỏ.

Hoàn thiện khung pháp lý cần thiết

Để giúp cho các DN Việt Nam áp dụng tiêu chuẩn ESG, xây dựng Báo cáo công bố thông tin theo ESG, Nhà nước cần xây dựng và hoàn thiện hành lang pháp lý, bao gồm việc xây dựng các quy định cụ thể về công bố thông tin ESG, tiêu chí ESG quốc gia, hệ thống phân loại xanh, tín dụng xanh, đồng thời rà soát, lồng ghép các nội dung liên quan ESG trong quá trình sửa đổi, xây dựng các Luật chuyên ngành, nghiên cứu giảm thiểu số lượng các Báo cáo tuân thủ của DN theo hướng lồng ghép các nội dung DN phải báo cáo định kỳ vào Báo cáo công ESG và được sử dụng thay cho từng báo cáo về môi trường, xã hội hay quản trị DN.

Tăng cường cơ chế hỗ trợ DN

Xây dựng quỹ hỗ trợ chuyển đổi xanh và ESG cho DN nhỏ; Hỗ trợ kỹ thuật thông qua Trung tâm Đào tạo ESG quốc gia; Khuyến khích hợp tác công - tư trong xây dựng công cụ đánh giá ESG theo ngành; Đơn giản hóa thủ tục vay vốn tín dụng xanh với DN đã đạt chuẩn ESG.

Nâng cao giám sát, minh bạch và dữ liệu ESG

Thiết lập hệ thống công bố ESG quốc gia; khuyến khích kiểm toán độc lập và xếp hạng ESG theo chuẩn quốc tế; Gắn báo cáo ESG với trách nhiệm giải trình của lãnh đạo DN; Tăng cường vai trò của nhà đầu tư tổ chức, thị trường chứng khoán trong giám sát thực thi ESG.

6. KẾT LUẬN

Trong bối cảnh toàn cầu ngày càng đề cao trách nhiệm môi trường - xã hội - quản trị, ESG không còn là lựa chọn mang tính tự nguyện mà đang trở thành một chuẩn mực bắt buộc đối với doanh nghiệp, đặc

biệt trong chuỗi cung ứng quốc tế và hệ thống tài chính toàn cầu. Việc Việt Nam triển khai ESG không chỉ là đáp ứng các cam kết quốc tế mà còn là cơ hội chiến lược để nâng cao năng lực cạnh tranh, thu hút đầu tư chất lượng cao và hướng tới một nền kinh tế xanh, tuần hoàn, phát thải thấp và PTBV.

Tuy nhiên, để ESG thực sự trở thành động lực cho chuyển đổi xanh, Việt Nam cần tiếp cận ESG không chỉ là một bộ tiêu chuẩn báo cáo, mà là khung định hướng phát triển gắn liền với các nguyên tắc cốt lõi: phát triển hài hòa giữa con người và thiên nhiên, không để ai bị bỏ lại phía sau, tăng trưởng dựa trên nền tảng đạo đức, minh bạch và trách nhiệm.

Quá trình thể chế hóa ESG cần đảm bảo ba yếu tố then chốt: Định hướng quốc gia rõ ràng với bộ chỉ số ESG Việt Nam được xây dựng chuẩn hóa, thống nhất và phù hợp thực tiễn; Lộ trình áp dụng linh hoạt, có phân tầng đối tượng (DN lớn, SMEs, theo ngành...) và cơ chế hỗ trợ đi kèm; Hệ sinh thái hỗ trợ ESG đồng bộ, bao gồm dữ liệu, công cụ đánh giá, kiểm toán, đào tạo và kết nối thị trường tài chính.

Việc tích hợp ESG vào chiến lược phát triển của DN không chỉ góp phần giảm thiểu rủi ro môi trường - xã hội, mà còn mở ra không gian mới để đổi mới sáng tạo, xây dựng thương hiệu bền vững và tiếp cận các dòng vốn ưu đãi quốc tế.

Trên nền tảng đó, ESG cần được xác lập là cơ chế điều phối PTBV quốc gia, vừa thúc đẩy DN phát triển trách nhiệm, vừa bảo vệ tài nguyên thiên nhiên và nâng cao chất lượng sống của người dân. Đây cũng là chìa khóa để Việt Nam đạt được các mục tiêu tăng trưởng xanh, trung hòa các-bon và phát triển hài hòa với thiên nhiên trong dài hạn. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bloomberg Intelligence (BI): *What Will 2022 Bring?* (<https://www.bloomberg.com/professional/insights/webinar/bloomberg-intelligence-what-will-2022-bring/>), 2022.
2. Bloomberg Intelligence (BI): *ESG AUM H2 Outlook*, 2024.
3. NGFS: *A Call for Action: Climate Change as a Source of Financial Risk*, 2019.
4. ECB: *ECB Guide on climate-related and environmental risks*, 2020.
5. Phòng Thương mại và Công nghiệp Việt Nam (VCCI): *Báo cáo khảo sát về mức độ quan tâm và báo cáo ESG của doanh nghiệp Việt Nam*, 2023.
6. Tổ chức Tài chính Quốc tế (IFC) và Ủy ban Chứng khoán Nhà nước (SSC): *Báo cáo Đánh giá về Quản trị Công ty cho Doanh nghiệp Niêm yết Việt Nam*, 2024.
7. Công ty Deloitte Việt Nam: *Báo cáo xu hướng ESG tại Việt Nam - Deloitte Việt Nam*, 2022.

THỂ LỆ VIẾT VÀ ĐĂNG BÀI TRÊN TẠP CHÍ MÔI TRƯỜNG

Tạp chí Môi trường trực thuộc Viện Chiến lược, Chính nông nghiệp và môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường có chức năng chính là giới thiệu, công bố các thông tin khoa học; công trình nghiên cứu khoa học về chiến lược, chính sách thuộc lĩnh vực nông nghiệp và môi trường. Hiện nay, Tạp chí được Hội đồng chức danh Giáo sư nhà nước công nhận tính điểm công trình cho 06 Hội đồng liên ngành (Hóa học - công nghệ thực phẩm; Xây dựng - kiến trúc; Khoa học Trái đất - mỏ; Sinh học; Thủy lợi; Nông nghiệp - Lâm nghiệp) tạo điều kiện xét công nhận đạt tiêu chuẩn Giáo sư, Phó Giáo sư, nghiên cứu sinh với số điểm quy đổi từ 0,25 - 0,5 điểm công trình.

I. YÊU CẦU CHUNG

Bài viết gửi đăng Tạp chí Môi trường phải là bài viết chưa từng được công bố trên bất kỳ tạp chí khoa học nào trước đó. Tác giả có trách nhiệm không gửi đăng bản thảo bài viết trên tạp chí khác khi chưa có quyết định từ chối của Ban biên tập Tạp chí. Tác giả phải chịu trách nhiệm về nội dung bài gửi đăng, tính chính xác của các trích dẫn trong bài viết, tính hợp pháp và bản quyền của bài viết.

Các bài viết gửi đăng phải được viết bằng ngôn ngữ tiếng Việt nếu gửi đăng trên Tạp chí bản tiếng Việt và là ngôn ngữ tiếng Anh nếu gửi đăng trên Tạp chí bản tiếng Anh. Bài viết phải được soạn thảo bằng phần mềm Microsoft Word, font chữ Times New Roman, cỡ chữ 13, giãn dòng 1.5; lề trên 2,5 cm; lề dưới 2,5 cm; lề trái 3 cm; lề phải 2 cm; có độ dài bài viết không quá 6.000 từ đối với bài nghiên cứu khoa học của bản tiếng Việt và tiếng Anh; không quá 3.000 từ đối với bài ở các mục Diễn đàn - Chính sách; Nhìn ra thế giới; Chính sách - Cuộc sống.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in, có thể gửi trực tiếp tại Tòa soạn hoặc gửi qua hộp thư điện tử. Cuối bài tác giả ghi rõ thông tin về tác giả gồm: Họ tên, học hàm, học vị, chức vụ, địa chỉ cơ quan làm việc, thông tin liên lạc của tác giả (điện thoại, email) để Tạp chí liên hệ.

II. NỘI DUNG BÀI ĐĂNG TRÊN TẠP CHÍ MÔI TRƯỜNG

2.1. Nội dung bài báo nghiên cứu khoa học

- Tóm tắt bài viết (Abstract): Tác giả viết ngắn gọn thành một đoạn văn (từ 100 đến 150 từ), phản ánh khái quát những nội dung chính trong bài viết và thể hiện đầy đủ các mặt: (i) Tầm quan trọng và mục đích của nghiên cứu; (ii) Phương pháp nghiên cứu sử dụng; (iii) Những kết quả chính của nghiên cứu. Đối với các bài viết tiếng Việt, tác giả cung cấp thêm tên bài và phần tóm tắt (bao gồm cả từ khóa) dịch sang tiếng Anh (yêu cầu không sử dụng công cụ dịch tự động) và được trình bày ngay dưới phần tóm tắt tiếng Việt.

- Từ khóa (Keywords): Tác giả cần đưa ra 3 đến 5 từ khóa của bài viết theo thứ tự alphabet và thể hiện đặc trưng cho chủ đề của bài viết.

- Giới thiệu hoặc đặt vấn đề (Introduction): Phần này cần thể hiện: (i) Lý do thực hiện nghiên cứu này và tầm quan trọng của chủ đề nghiên cứu (có ý nghĩa như thế nào về mặt lý luận và thực tiễn); (ii) Xác định vấn đề nghiên cứu, đặc biệt làm rõ tính mới của nghiên cứu; (iii) Nội dung chính mà bài viết sẽ tập trung giải quyết; (iv) Mục tiêu nghiên cứu.

- Đối tượng và phương pháp nghiên cứu (Theoretical framework and Methods): (i) Trình bày rõ tổng quan nghiên cứu và cơ sở lý thuyết liên quan; (ii) Khung lý thuyết hoặc khung phân tích sử dụng trong bài viết (nếu có); (iii) phương pháp nghiên cứu; (iv) mô tả địa điểm nghiên cứu (nếu có).

- Kết quả và thảo luận (Results and discussion): (i) Diễn giải, phân tích các kết quả phát hiện mới; (ii) Rút ra mối quan hệ chung, mối liên hệ giữa kết quả nghiên cứu của tác giả với những phát hiện khác trong các nghiên cứu trước đó.

Đối với một số bài viết mang tính chất tư vấn, phản biện chính sách, ý kiến chuyên gia cần tập trung đánh giá thực trạng vấn đề nghiên cứu (đánh giá thành tựu, hạn chế và nguyên nhân...).

- Kết luận hoặc (và) khuyến nghị giải pháp (Conclusions or/and policy implications): Tùy theo mục tiêu nghiên cứu, một kết luận tổng hợp cần phải đảm bảo các nội dung: (i) Kết quả nghiên cứu; (ii) Những mặt hạn chế của nghiên cứu; (iii) Mở ra hướng nghiên cứu mới; (iv) Đưa ra giải pháp hay khuyến nghị cho các nhà quản lý doanh nghiệp và/hoặc các nhà hoạch định chính sách xuất phát từ kết quả nghiên cứu.

- Lời cảm ơn (nếu có)....

- Tài liệu tham khảo (Reference): Việc thể hiện các trích dẫn tài liệu tham khảo có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá độ chuyên sâu và tính nghiêm túc của nghiên cứu. Vì vậy, trích dẫn tài liệu tham khảo phải được trình bày đúng quy chuẩn. Trích dẫn tài liệu tham khảo được chia làm 2 dạng chính: Trích dẫn trong bài (in-textreference) và Danh mục tài liệu tham khảo (reference list). Danh mục tài liệu tham khảo được đặt cuối cùng bài viết, mỗi trích dẫn trong bài viết (intextreference) nhất thiết phải tương ứng với danh mục nguồn tài liệu được liệt kê trong danh sách tài liệu tham khảo.

**ISPAE****VIỆN CHIẾN LƯỢC, CHÍNH SÁCH NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG**
Institute of Strategy and Policy on Agriculture and Environment

✿ **Địa chỉ:** 16 Thụy Khuê - Tây Hồ - Hà Nội

✿ **Email:** vclcs@mae.gov.vn/vienclcsnmt@gmail.com

✿ **Viện trưởng:** TS. Nguyễn Công Thắng

✿ **Phó Viện trưởng:** PGS.TS Nguyễn Đình Thọ, TS. Hoàng Vũ Quang, TS. Mai Thanh Dung,
TS. Nguyễn Trung Thắng, TS. Nguyễn Minh Trung, TS. Nguyễn Anh Phong, TS. Trương Thị Thu Trang

✿ **Điện thoại:** (84-4) 3972 2067

✿ **Website:** <https://ispae.vn>

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường được thành lập theo Quyết định số 305/QĐ-BNNMT ngày 01/3/2025 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Môi trường. Theo đó, Viện có vị trí và chức năng là đơn vị sự nghiệp khoa học và công nghệ công lập phục vụ công tác quản lý nhà nước, trực thuộc Bộ Nông nghiệp và Môi trường, có chức năng giúp Bộ trưởng nghiên cứu, đề xuất, xây dựng chiến lược, chính sách về các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ; thực hiện nghiên cứu khoa học, cung cấp các dịch vụ công, tư vấn, đào tạo trong các lĩnh vực phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường (BVMT) và ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH) theo quy định của pháp luật.

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường có tư cách pháp nhân, có con dấu và tài khoản riêng; có trụ sở tại Thành phố Hà Nội; hoạt động theo cơ chế của tổ chức khoa học và công nghệ công lập.

CƠ CẤU TỔ CHỨC

- ✿ Văn phòng
- ✿ Phòng Kế hoạch - Tài chính
- ✿ Phòng Khoa học và Hợp tác quốc tế
- ✿ Ban Thể chế nông thôn
- ✿ Ban Tổng hợp và Dự báo chiến lược
- ✿ Ban Kinh tế tài nguyên và môi trường
- ✿ Ban Thị trường và Ngành hàng
- ✿ Ban Môi trường và Phát triển bền vững
- ✿ Ban Biến đổi khí hậu
- ✿ Ban Tài nguyên thiên nhiên
- ✿ Trung tâm Thông tin và Dịch vụ nông nghiệp và môi trường
- ✿ Trung tâm Phát triển và Ứng dụng khoa học công nghệ về đất đai
- ✿ Trung tâm Phát triển nông thôn
- ✿ Trung tâm Tư vấn chính sách nông nghiệp
- ✿ Tạp chí Môi trường

NHIỆM VỤ VÀ QUYỀN HẠN

1. Chủ trì, tham gia xây dựng chiến lược, quy hoạch, kế hoạch, chương trình, đề án, dự án; đề xuất cơ chế, chính sách trong lĩnh vực phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

2. Nghiên cứu cơ sở lý luận, tổng kết thực tiễn, kinh nghiệm trong nước và quốc tế về chiến lược, chính sách phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường, ứng phó với biến đổi khí hậu và các vấn đề kinh tế, xã hội có liên quan phục vụ công tác xây dựng chiến lược, chính sách đối với các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ.

3. Cập nhật các vấn đề mới, tổng kết, phát hiện các bất cập về chiến lược, chính sách liên quan đến phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

4. Đề xuất, xây dựng, thử nghiệm các cách tiếp cận mô hình, công cụ, cơ chế, chính sách mới trong phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu.

5. Đánh giá, phản biện chính sách, tổng kết thực tiễn phát triển ngành; dự báo xu hướng, diễn biến đối với các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ theo phân công của Bộ trưởng.

6. Tổ chức thực hiện các chương trình, đề án, dự án, nhiệm vụ khoa học và công nghệ về phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

7. Chủ trì hoặc tham gia xây dựng văn bản quy phạm pháp luật, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, định mức kinh tế - kỹ thuật, hướng dẫn kỹ thuật về các lĩnh vực quản lý của Bộ theo phân công của Bộ trưởng.

8. Hoạt động tư vấn, đào tạo và dịch vụ khoa học và công nghệ

a) Thực hiện các hoạt động dịch vụ, sản xuất, kinh doanh theo quy định của pháp luật;

b) Liên doanh, liên kết với các tổ chức, triển khai các dịch vụ khoa học và chuyển giao công nghệ, đào tạo, bồi dưỡng về phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo quy định của pháp luật;

c) Cung cấp các dịch vụ, tư vấn, thẩm định, đánh giá tác động, phản biện chiến lược, chính sách, kế hoạch, quy hoạch, chương trình, đề án, dự án theo quy định của pháp luật.

9. Thực hiện các hoạt động hợp tác quốc tế trong nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ và đào tạo về chiến lược, chính sách theo các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ; tiến hành hợp tác, đối thoại chính sách với các đối tác quốc tế và triển khai các chương trình, dự án hợp tác quốc tế theo phân công của Bộ trưởng.

10. Thu thập, tổng hợp, xử lý, xây dựng cơ sở dữ liệu, cung cấp thông tin về các lĩnh vực của ngành; thông tin về thị trường, thương mại, đầu tư, hội nhập kinh tế quốc tế và các hoạt động liên quan đến chuyển đổi số trong các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ.

12. Biên soạn, biên tập, phát hành các kết quả nghiên cứu của Viện, các ấn phẩm thông tin khoa học, các ấn phẩm liên quan đến chiến lược, chính sách về các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ theo quy định của pháp luật.

13. Quản lý tổ chức, vị trí việc làm, số lượng người làm việc; viên chức, người lao động thuộc Viện theo quy định của pháp luật và theo phân cấp của Bộ; quản lý tài chính, tài sản; thực hiện trách nhiệm của đơn vị dự toán đối với các đơn vị trực thuộc Viện theo quy định của pháp luật; tổ chức sơ kết, tổng kết, thống kê, báo cáo định kỳ và đột xuất về tình hình thực hiện nhiệm vụ được giao.

14. Thực hiện các nhiệm vụ khác do Bộ trưởng giao.