



ISSN: 2615-9597
Số 9-2025

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



**ĐỀ ÁN “SẢN XUẤT GIẢM PHÁT THẢI LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT GIAI ĐOẠN 2025 - 2035, TẦM NHÌN ĐẾN NĂM 2050”:
Nền tảng để Việt Nam hướng đến nền nông nghiệp xanh và bền vững**

PHỐ HIỂN
CITY

KHU ĐÔ THỊ ĐẲNG CẤP BẬC NHẤT KHOÁI CHÂU

Phố Hiến City - khu đô thị đồng bộ, hiện đại đầu tiên ra mắt tại Khoái Châu, giúp giải toả “cơn khát” nhà phố trung tâm và các tiện ích cao cấp cho cư dân. Dự án bao gồm 96 căn shophouse trải dài gần 1km mặt tiền trên đường Nguyễn Trãi rộng 52m; 308 căn liên kế ôm tiện ích; 34 căn biệt thự có tầm nhìn xanh mát và các tiện ích vượt trội như trung tâm thương mại, quảng trường sự kiện, sân pickleball, sân chơi cho trẻ em, công viên,...

Cân bằng giữa sự sôi động, sầm uất của một thành phố giao thương và không gian xanh, trong lành của một nơi đáng sống, Phố Hiến City chào đón cộng đồng cư dân tinh hoa Khoái Châu và các chuyên gia nước ngoài đến an cư, làm việc và giải trí.



☎ | 0971 868 989

🌐 | www.dothiphoien.com.vn

CHỦ ĐẦU TƯ



PHÁT TRIỂN KINH DOANH



NETHOMES

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

PGS.TS Nguyễn Đình Thọ
(Chủ tịch)

GS.TS Nguyễn Việt Anh
GS.TS Đặng Kim Chi
PGS.TS Nguyễn Thế Chính
TS. Mai Thanh Dung
GS. TSKH Đặng Huy Huỳnh
PGS.TS Nguyễn Chu Hồi
PGS.TS Phạm Văn Lợi
GS.TS Nguyễn Văn Phước
TS. Nguyễn Anh Phong
TS. Hoàng Vũ Quang
TS. Nguyễn Ngọc Sinh
PGS.TS Nguyễn Danh Sơn
PGS.TS Lê Kế Sơn
TS. Nguyễn Văn Tài
PGS. TS Lê Anh Tuấn
PGS.TS Trương Mạnh Tiến
GS.TS Trịnh Văn Tuyền
TS. Trần Công Thắng
TS. Nguyễn Trung Thắng
TS. Trương Thị Thu Trang
TS. Nguyễn Minh Trung
PGS.TS Dương Hồng Sơn
PGS.TS Trần Tân Văn
GS.TS. NGND Trần Đức Viên

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP PHỤ TRÁCH

ThS. Phạm Đình Tuyền

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

TS. Nguyễn Gia Thọ

●TRỤ SỞ TẠI HÀ NỘI:

Tầng 1, Nhà B6, Số 2 Phố Ngọc Hà,

Phường Ba Đình, TP. Hà Nội

Trị sự: **034 472 5566**

Biên tập: **034 637 5566**

Email: tapchimoitruong@mac.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,

Phường Nhiều Lộc, TP. HCM

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

Email: tcmtphianam@vea.gov.vn

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 192/GP-BTTTT cấp ngày 31/05/2023

Trình bày: **An Bình**

Chế bản & in:

Công ty TNHH MTV in Quân đội I, Hà Nội

Số 9/2025

Giá bán: 30.000đ



Đề án “Sản xuất giảm phát thải lĩnh vực trồng trọt giai đoạn 2025 - 2035, tầm nhìn đến năm 2050”.

Ảnh: TCMT

TRONG SỐ NÀY



DIỄN ĐÀN - CHÍNH SÁCH

- [5] NGUYỄN ANH PHONG
Giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực trồng trọt:
Khung chính sách và triển khai ở Việt Nam
- [8] NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG
Đề án “sản xuất giảm phát thải lĩnh vực trồng trọt giai đoạn 2025 - 2035, tầm nhìn đến năm 2050”: Nền tảng để Việt Nam hướng đến
nền nông nghiệp xanh và bền vững
- [14] LƯƠNG QUANG HUY
Giảm phát thải khí nhà kính trong hoạt động trồng trọt ở Việt Nam
- [18] TRẦN THỊ MỸ HẠNH
Phát triển bền vững lúa gạo đồng bằng sông Cửu Long:
Một năm đổi thay và dấu ấn đầu tiên của Đề án “1 triệu ha”
- [22] LÊ NGỌC HẢI, PHẠM THỊ CHIỆU
Tiềm năng phát triển năng lượng sinh khối từ phụ phẩm rơm rạ
vùng đồng bằng sông Cửu Long
- [26] NGUYỄN THỊ DOAN
Quan điểm, phương pháp tiếp cận và giải pháp thúc đẩy
bảo hiểm nông nghiệp tại Việt Nam



NHÌN RA THẾ GIỚI

- [31] ĐỖ THỊ HỒNG DUNG, MAI VĂN TRỊNH,
BÙI THỊ PHƯƠNG LOAN, VŨ DƯƠNG QUỲNH
Ứng dụng công nghệ cao phát thải thấp trong sản xuất trồng trọt:
Mô hình điển hình tại một số quốc gia trên thế giới và bài học
kinh nghiệm cho Việt Nam
- [38] ĐỖ LAN
Giảm phát thải trong trồng trọt - Hướng tiếp cận từ Việt Nam
và Đông Phi
- [42] NGUYỄN MINH KHOA, BÙI VĂN HỢP, CHÂU THỊ TÂM
Bảo hiểm nông nghiệp ở một số quốc gia châu Á
và bài học cho Việt Nam
- [48] DƯƠNG THỊ HUỖN, NGUYỄN THỊ THU HÀ
Canh tác lúa bền vững hướng tới Net Zero:
Bài học từ Madagascar và châu Á



CHÍNH SÁCH - CUỘC SỐNG

- [50] NGUYỄN VIỆT HIỆP
Vai trò tiềm năng của Bèo hoa dâu trong canh tác nông nghiệp
bền vững và giảm phát thải khí nhà kính
- [55] ĐỖ SINH CUNG, ĐỖ KHẮC UẨN
Phát triển hệ thống màng năng lượng thấp để cung cấp nước
cho người dân vùng lũ
- [60] LÊ THỊ THỦY NGÀ
Công ty cổ phần Supe phốt phát và Hóa chất Lâm Thao:
Sẵn sàng cho một hành trình mới, vì nền nông nghiệp bền vững
- [63] LÊ QUANG MÂY
Canh tác mía phát thải thấp:
Hướng đi mới cho nông nghiệp bền vững



NGHIÊN CỨU

- [66] MAI VĂN TRỊNH, BÙI THỊ PHƯƠNG LOAN, ĐỖ THANH ĐỊNH,
NGUYỄN QUANG CHIẾN, ĐINH QUANG HIỂU,
CAO HƯƠNG GIANG, DƯƠNG LINH PHƯỢNG
Đánh giá hiện trạng phát thải khí nhà kính và hấp thụ các-bon
trong chuỗi cung ứng cà phê tại các huyện trồng cà phê chủ lực
ở Tây Nguyên
- [74] LÊ PHÚ ĐỒNG, TRƯƠNG MẠNH TUẤN, NGUYỄN ÁI QUỲNH,
LÊ VĂN GIANG*
Nghiên cứu áp dụng kết tinh đồng thể tăng sỏi để thu hồi sắt
và đồng từ nước thải mạ điện
- [79] NGUYỄN THÀNH LONG*, NGUYỄN TỬ ANH, LÊ VĂN LINH,
ĐỖ THỊ NGỌC BÍCH, HOÀNG THỊ THẢO, HOÀNG BÍCH NGỌC,
NGUYỄN HOÀNG BÁCH, LÊ THU HÀ
Cải thiện hiệu quả dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn bằng dữ liệu
vệ tinh cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn
- [88] TRƯƠNG MẠNH TUẤN, LÊ PHÚ ĐỒNG, NGUYỄN NGỌC MINH,
LÊ VĂN GIANG*
Thu hồi chọn lọc Fe(III) và Al(III) từ dịch lọc bùn đỏ bằng phương pháp
hòa tách axit và kết tủa hóa học
- [94] VŨ XUÂN LỰC, NGUYỄN VĂN NIỆM, NGUYỄN KHẮC GIANG,
NGUYỄN THỊ THỰC ANH, TRẦN VĂN THÀNH, ĐỖ ĐỨC NGUYỄN
Đánh giá nguy cơ ảnh hưởng môi trường trên cơ sở nghiên cứu địa hóa
đất và vỏ phong hóa khu vực Hàm Yên-Ba Bể



EDITORIAL COUNCIL

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Đình Thọ
Chairman

Prof. Dr. Nguyễn Việt Anh

Prof. Dr. Đặng Kim Chi

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Thế Chinh

Dr. Mai Thanh Dung

Prof. Dr. Đặng Huy Huỳnh

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Chu Hồi

Assoc. Prof. Dr. Phạm Văn Lợi

Prof. Dr. Nguyễn Văn Phước

Dr. Nguyễn Anh Phong

Dr. Hoàng Vũ Quang

Dr. Nguyễn Ngọc Sinh

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Danh Sơn

Assoc. Prof. Dr. Lê Kế Sơn

Dr. Nguyễn Văn Tài

Assoc. Prof. Dr. Lê Anh Tuấn

Assoc. Prof. Dr. Trương Mạnh Tiến

Prof. Dr. Trịnh Văn Tuyền

Dr. Trần Công Thắng

Dr. Nguyễn Trung Thắng

Dr. Trương Thị Thu Trang

Dr. Nguyễn Minh Trung

Assoc. Prof. Dr. Dương Hồng Sơn

Assoc. Prof. Dr. Trần Tân Văn

Prof. Dr. Trần Đức Viên

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Mr. Phạm Đình Tuyền

DEPUTY EDITOR

Dr. Nguyễn Gia Thọ

OFFICE

● Hanoi:

1st Floor, Building B6, No. 2 Ngoc Ha Street,

Ba Đình Ward, Hanoi

Managing: 034 472 5566

Editorial: 034 637 5566

Email: tapchimoitruong@mae.gov.vn

http://www.tapchimoitruong.vn

● Ho Chi Minh City:

A 209, 2th floor - MAE's office complex,

No. 200 - Ly Chinh Thang Street,

Nhiều Lọc Ward, Ho Chi Minh city

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

Email: tcmtphianam@vea.gov.vn

PUBLICATION PERMIT

No 192/GP-BTTTT- Date: 31/05/2023

Scheme on "Low-emission crop production in the 2025-2035 period, with a vision to 2050".

Photo: VEM

Processed & printed by: Army Print No. 1

One Member Limited Liability Company, Ha Noi

N° 9/2025

Price: 30.000VND

IN THIS ISSUE



FORUM - POLICY

[5]

NGUYỄN ANH PHONG

Reducing greenhouse gas emissions in crop production:

Policy framework and implementation in Vietnam

[8]

NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG

Scheme on "Low-emission crop production in the 2025-2035 period, with a vision to 2050": The foundation for Vietnam towards green and sustainable agriculture

[14]

LƯƠNG QUANG HUY

Reducing greenhouse gas emissions in crop production in Vietnam

[18]

TRẦN THỊ MỸ HẠNH

Sustainable rice development in the Mekong Delta:

A year of change and the first mark of the "1 million hectare" Scheme

[22]

LÊ NGỌC HẢI, PHẠM THỊ CHIỆU

Potential for developing biomass energy from straw by-products in the Mekong Delta

[26]

NGUYỄN THỊ DOAN

Perspectives, approaches and solutions

to promote agricultural insurance in Vietnam



AROUND THE WORLD

[31]

ĐỖ THỊ HỒNG DUNG, MAI VĂN TRINH, BÙI THỊ PHƯƠNG LOAN, VŨ DƯƠNG QUỲNH

Applying low-emission high-tech in crop production:

Typical models in some countries in the world and lessons for Vietnam

[38]

ĐỖ LAN

Low-emission crop production - Approaches from Vietnam and East Africa

[42]

NGUYỄN MINH KHOA, BÙI VĂN HỢP, CHÂU THỊ TÂM

Agricultural insurance in some Asian countries and lessons for Vietnam

[48]

DƯƠNG THỊ HUYỀN, NGUYỄN THỊ THU HÀ

Sustainable rice farming towards Net Zero: Lessons from Madagascar and Asia



POLICY - PRACTICE

[50]

NGUYỄN VIỆT HIỆP

Potential role of azolla in sustainable agriculture and greenhouse gas emission reduction

[55]

ĐỖ SINH CUNG, ĐỖ KHẮC UẨN

Developing low-energy membrane systems to provide water to people in flooded areas

[60]

LÊ THỊ THỦY NGA

Lam Thao Fertilizers and Chemicals Joint Stock Company:

Ready for a new journey, for sustainable agriculture

[63]

LÊ QUANG MÂY

Low-emission sugar cane farming:

A new direction for sustainable agriculture



RESEARCH

[66]

MAI VĂN TRINH, BÙI THỊ PHƯƠNG LOAN, ĐỖ THANH ĐỊNH,

NGUYỄN QUANG CHIẾN, ĐÌNH QUANG HIẾU,

CAO HƯƠNG GIANG, DƯƠNG LINH PHƯỢNG

Assessment of greenhouse gas emissions and carbon sequestration in the coffee supply chain in key coffee growing districts in the Central Highlands

[74]

LÊ PHÚ ĐỒNG, TRƯƠNG MẠNH TUẤN, NGUYỄN ÁI QUỲNH,

LÊ VĂN GIANG*

Simultaneous recovery of Fe and Cu from electroplating wastewater via fluidized bed homogeneous crystallization

[79]

NGUYỄN THÀNH LONG*, NGUYỄN TỬ ANH, LÊ VĂN LINH,

ĐỖ THỊ NGỌC BÍCH, HOÀNG THỊ THẢO, HOÀNG BÍCH NGỌC,

NGUYỄN HOÀNG BÁCH, LÊ THU HÀ

Enhancing short-term hydrological drought forecasting using

satellite data for the Vu Gia - Thu Bon river basin

[88]

TRƯƠNG MẠNH TUẤN, LÊ PHÚ ĐỒNG, NGUYỄN NGỌC MINH,

LÊ VĂN GIANG*

Selective recovery of Fe(III) and Al(III) from red mud leachate via

combined neutralization precipitation and acid leaching

[94]

VŨ XUÂN LỰC, NGUYỄN VĂN NIỆM, NGUYỄN KHẮC GIẢNG,

NGUYỄN THỊ THỰC ANH, TRẦN VĂN THÀNH, ĐỖ ĐỨC NGUYỄN

Assessment of environmental impact risks based on soil geochemistry

and weathering crust research in Ham Yen - Ba Be area



GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TRONG LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT

Khung chính sách và triển khai ở Việt Nam

TS. NGUYỄN ANH PHONG

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang đặt ra những thách thức lớn đối với sản xuất nông nghiệp Việt Nam, đặc biệt tại đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) - vựa lúa lớn nhất cả nước. Theo số liệu kiểm kê khí nhà kính (KNK) năm 2020 do Viện Môi trường Nông nghiệp tính toán, tổng phát thải KNK của Việt Nam đạt khoảng 454,6 triệu tấn CO₂eq, gần gấp đôi so với năm 2010. Trong đó, nông nghiệp đóng góp khoảng 116,51 triệu tấn, riêng trồng trọt chiếm tới 80% phát thải của toàn ngành [9].

Trong nhóm cây trồng, sản xuất lúa là nguồn phát thải KNK lớn nhất, hiện chiếm 50,31% lượng phát thải KNK và hơn 75% lượng CH₄ của toàn ngành nông nghiệp [1]. Đặc thù của canh tác lúa nước với ruộng thường xuyên ngập đã tạo điều kiện cho chất hữu cơ phân hủy trong môi trường kỵ khí, phát thải ra CH₄. Mê-tan chiếm tới 46% trong tổng KNK từ sản xuất lúa gạo, trong khi việc sử dụng phân hóa học quá mức còn làm gia tăng phát thải N₂O. Theo IPCC (2014), 1 kg CH₄ có hiệu ứng ấm lên tương đương 28 kg CO₂eq, và 1 kg N₂O tương đương 256 kg CO₂eq [3]. Ước tính, sản xuất lúa ở Việt Nam phát thải gần 50 triệu tấn CO₂eq mỗi năm, tức trung bình mỗi 0,9 tấn gạo sẽ đi kèm 1 tấn CO₂eq.

Không chỉ quá trình canh tác, thất thoát sau thu hoạch cũng góp phần vào phát thải, chiếm hơn 10% tổng phát thải trong vòng đời sản xuất lúa gạo. Bên cạnh đó, quản lý rơm rạ sau thu hoạch còn nhiều hạn chế: Riêng ĐBSCL mỗi năm tạo ra khoảng 50 triệu tấn rơm, rạ, nhưng trên 50% khối lượng vẫn bị đốt bỏ và khoảng 30% được vùi xuống ruộng ngập nước – cả hai đều làm gia tăng phát thải [4].

Nếu không có các biện pháp can thiệp hiệu quả, dự báo đến năm 2030, tổng phát thải quốc gia có thể tăng gần gấp đôi, đạt khoảng 990,15 triệu tấn CO₂eq. Những số

liệu này cho thấy, sản xuất trồng trọt giảm phát thải, đặc biệt trong ngành hàng lúa gạo, là yêu cầu cấp bách để vừa ứng phó BĐKH, vừa nâng cao năng lực cạnh tranh của nông sản Việt Nam trên thị trường quốc tế.

ĐỊNH HƯỚNG CHÍNH SÁCH

TRONG BỐI CẢNH MỚI

Trong tiến trình thực hiện cam kết giảm phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050, Chính phủ Việt Nam đã từng bước hoàn thiện hệ thống chính sách nhằm định hướng sản xuất nông nghiệp nói chung và trồng trọt nói riêng theo hướng phát thải thấp. Một dấu mốc quan trọng là Quyết định số 300/QĐ-TTg ngày 28/3/2023 đã phê duyệt Đề án chuyển đổi hệ thống lương thực, thực phẩm Việt Nam theo hướng minh bạch - trách nhiệm - bền vững giai đoạn 2023-2030, tầm nhìn 2045 (Quyết định số 300/QĐ-TTg) [6]. Việc ban hành Quyết định số 300/QĐ-TTg khẳng định giảm phát thải KNK là một trụ cột trong chuyển đổi hệ thống lương thực - thực phẩm, yêu cầu thúc đẩy sản xuất nông nghiệp thông minh với khí hậu, xây dựng các chuỗi giá trị phát thải thấp, phát triển tín chỉ carbon nông nghiệp và lồng ghép mục tiêu giảm phát thải vào toàn bộ vòng đời sản phẩm, từ sản xuất đến tiêu dùng. Đây chính là định hướng mang tính hệ thống, đóng vai trò khung chiến lược cho các chính sách ngành hàng cụ thể.

Tiếp đó, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Đề án 1 triệu ha lúa chất lượng cao, phát thải thấp tại ĐBSCL tại Quyết định số 1490/QĐ-TTg ngày 27/11/2023 [7]. Đây là chính sách trọng điểm nhằm hiện thực hóa định hướng nêu trong Quyết định số 300/QĐ-TTg, vừa góp phần giảm phát thải KNK trong sản xuất lúa - ngành hàng có mức phát thải lớn nhất, vừa nâng cao giá trị hạt gạo và khả năng



Người dân ở xã Biển Bạch (Cà Mau) trồng lúa xen canh tôm càng xanh giúp mang lại chuỗi giá trị phát thải thấp



cạnh tranh trên thị trường quốc tế. Đề án đã bước vào giai đoạn triển khai thực tiễn, áp dụng các giải pháp như tưới ngập khô xen kẽ, sử dụng phân bón tiết kiệm phát thải, quản lý rơm rạ theo hướng tuần hoàn, xây dựng Kế hoạch thực hiện đo đạc, báo cáo và thẩm định (MRV), thử nghiệm cơ chế tín chỉ các-bon trong nông nghiệp.

Hiện Bộ Nông nghiệp và Môi trường đang xây dựng Đề án Sản xuất trồng trọt phát thải thấp giai đoạn 2025–2030. Mặc dù còn ở giai đoạn Dự thảo, Đề án này đã bước đầu xác định mục tiêu áp dụng các biện pháp giảm phát thải trên diện tích tối thiểu 2,5 triệu ha, giảm khoảng 30% lượng phát thải CH₄ và ít nhất 10% tổng phát thải KNK của lĩnh vực trồng trọt so với năm 2020. Cùng với đó, Đề án cũng định hướng xây dựng cơ sở dữ liệu phát thải phục vụ hệ thống MRV, tổ chức đào tạo và truyền thông để thay đổi tập quán canh tác, đồng thời phát triển thương hiệu nông sản phát thải thấp, qua đó mở rộng cơ hội tham gia thị trường quốc tế.

Như vậy, tiến trình chính sách của Chính phủ Việt Nam cho thấy một sự nhất quán từ định hướng chiến lược mang tính hệ thống đến chính sách chuyên ngành đã được triển khai cho giai đoạn 2025–2030 và tầm nhìn 2045. Sự liên kết giữa các cấp độ chính sách này thể hiện quyết tâm của Việt Nam trong việc đồng bộ hóa mục tiêu giảm phát thải với chiến lược chuyển đổi hệ thống lương thực - thực phẩm, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững và thực hiện cam kết quốc tế về khí hậu.

MỘT SỐ VẤN ĐỀ ĐẶT RA

Mặc dù các định hướng chính sách đã được xác lập rõ ràng, quá trình triển khai sản xuất trồng trọt giảm phát thải tại Việt Nam vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức. Trước hết, về thể chế và chính sách, hệ thống văn bản quy phạm pháp luật hỗ trợ sản xuất phát thải thấp chưa được xây dựng đồng bộ, trong khi khung pháp lý cho thị trường các-bon nông nghiệp còn thiếu, đặc biệt là việc vận hành hệ thống đo lường, báo cáo và thẩm định phát thải (MRV) chưa hoàn thiện. Sản xuất trồng trọt giảm phát thải hiện mới dừng lại ở các dự án nhỏ lẻ, chưa có tính hệ thống, và công cụ đo đếm phát thải chưa được chuẩn hóa, khiến cho các kết quả giảm phát



Hệ thống truy xuất nguồn gốc điện tử để theo dõi xuất xứ và dấu chân các-bon của trái thanh long đã được thiết lập tại các nhiều hợp tác xã ở Lâm Đồng

thải khó được công nhận và tham gia thị trường các-bon quốc tế. Bên cạnh đó, cơ chế khuyến khích trực tiếp dành cho nông dân và doanh nghiệp chưa đủ mạnh để tạo động lực chuyển đổi, trong khi chính sách tín dụng xanh và hỗ trợ tài chính mới ở giai đoạn thử nghiệm.

Về kỹ thuật và công nghệ, nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của các biện pháp canh tác giảm phát thải. Thuận và cộng sự (2022) cho thấy phương pháp tưới ngập khô xen kẽ (AWD) có thể giảm tới 51% lượng phát thải CH₄ so với canh tác truyền thống tại ĐBSCL [8]. Tương tự, nghiên cứu của Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam về mô hình nông nghiệp thông minh với khí hậu tại Quảng Nam cũng cho thấy mức giảm phát thải đáng kể, đồng thời cải thiện hiệu quả sử dụng nước [2]. Tuy nhiên, việc nhân rộng các mô hình này gặp nhiều khó khăn do chi phí đầu tư ban đầu cao, hạ tầng thủy lợi chưa đồng bộ và tập quán canh tác của nông dân khó thay đổi.

Ở khía cạnh thị trường và tài chính, một trong những trở ngại lớn là chưa hình thành được cơ chế thương mại hóa tín chỉ các-bon trong nông nghiệp. Do vậy, các hoạt động giảm phát thải hiện chưa đem lại lợi ích kinh tế trực tiếp cho nông dân và hợp tác xã. Loạn và cộng sự (2024) khi nghiên cứu mô hình lúa hữu cơ theo hướng nông nghiệp tuần hoàn đã chỉ ra rằng mặc dù giảm phát thải và có lợi ích môi trường, nhưng mô hình này gặp khó khăn về đầu ra và thị trường tiêu thụ, làm hạn chế khả năng nhân rộng [5]. Điều này khiến lợi ích ngắn hạn của nông dân chưa được đảm bảo, ảnh hưởng đến động lực chuyển đổi.

Tổ chức sản xuất trong nông nghiệp còn tồn tại nhiều bất cập. Phần lớn diện tích canh tác vẫn do các hộ nông dân nhỏ lẻ quản lý, dẫn đến khó khăn trong việc áp dụng đồng bộ các giải pháp kỹ thuật và giám sát phát thải. Nhận thức của người dân và cán bộ địa phương về sản xuất phát thải thấp còn hạn chế, trong khi vai trò của hợp



tác xã và doanh nghiệp nông nghiệp chưa được phát huy đầy đủ để dẫn dắt chuỗi giá trị. Sự thiếu gắn kết giữa các tác nhân trong sản xuất, chế biến và tiêu thụ làm giảm hiệu quả thực thi chính sách, đồng thời hạn chế khả năng xây dựng thương hiệu nông sản phát thải thấp ở quy mô quốc gia.

Những vấn đề trên cho thấy khoảng cách đáng kể giữa định hướng chính sách và thực tiễn triển khai. Nếu không có giải pháp đồng bộ để tháo gỡ các nút thắt về thể chế, kỹ thuật, tài chính và tổ chức sản xuất, mục tiêu giảm phát thải trong trồng trọt đến năm 2030 sẽ khó đạt được như kỳ vọng. và cơ hội nâng cao vị thế nông sản Việt Nam trên thị trường quốc tế sẽ chưa được khai thác đầy đủ.

ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP VÀ CƠ CHẾ CHÍNH SÁCH

Từ những định hướng chiến lược của Chính phủ và thực trạng triển khai còn nhiều hạn chế, có thể thấy rằng sản xuất trồng trọt giảm phát thải ở Việt Nam chỉ có thể đạt được mục tiêu khi đồng thời tháo gỡ các nút thắt về thể chế, kỹ thuật, tài chính và tổ chức sản xuất. Trước hết, về thể chế, cần sớm hoàn thiện khung pháp lý cho sản xuất nông nghiệp phát thải thấp, đặc biệt là xây dựng và vận hành hệ thống đo lường, báo cáo và thẩm định phát thải (MRV) theo chuẩn mực quốc tế. Đây là điều kiện tiên quyết để các kết quả giảm phát thải trong nông nghiệp được công nhận và có thể tham gia thị trường tín chỉ các-bon. Cùng với đó, chính sách khuyến khích cần chuyển mạnh từ hỗ trợ ngắn hạn sang cơ chế dài hạn, bảo đảm lợi ích cho nông dân và doanh nghiệp khi đầu tư vào sản xuất phát thải thấp.

Song song với thể chế, giải pháp kỹ thuật và công nghệ đóng vai trò then chốt. Việt Nam cần đẩy mạnh nghiên cứu, hoàn thiện và nhân rộng các mô hình canh tác tiết kiệm nước, giảm phát thải như tưới ngập khô xen kẽ hay hệ thống thâm canh lúa cải tiến. Việc tích hợp công nghệ số, trí tuệ nhân tạo và cảm biến môi trường vào quản lý đồng ruộng sẽ giúp tối ưu hóa sử dụng nước, phân bón và thuốc bảo vệ thực vật, qua đó vừa giảm phát thải vừa nâng cao năng suất. Tuy nhiên, để các giải pháp kỹ thuật được áp dụng rộng rãi, cần có chính sách đầu tư hạ tầng đồng bộ, nhất là thủy lợi và cơ giới hóa, đồng thời đi kèm hoạt động đào tạo, tập huấn nhằm thay đổi tập quán canh tác truyền thống của nông dân.

Ở khía cạnh thị trường và tài chính, cần hình thành cơ chế tài chính xanh rõ ràng và bền vững. Cụ thể cần thiết kế các gói tín dụng ưu đãi và quỹ hỗ trợ chuyển đổi cho nông dân, hợp tác xã và doanh nghiệp nông nghiệp khi tham gia sản xuất phát thải thấp. Đồng thời, Nhà nước cần tạo hành lang pháp lý để thương mại hóa tín chỉ các-bon trong lĩnh vực nông nghiệp, kết nối với thị trường các-bon quốc tế. Khi lợi ích kinh

tế được bảo đảm, nông dân và doanh nghiệp sẽ có động lực mạnh mẽ hơn để duy trì và mở rộng các mô hình canh tác giảm phát thải.

Cuối cùng, về tổ chức sản xuất, cần tiếp tục đẩy nhanh tái cơ cấu theo hướng liên kết chuỗi giá trị, phát huy vai trò của hợp tác xã và doanh nghiệp nông nghiệp trong việc dẫn dắt sản xuất, tiêu thụ và xây dựng thương hiệu nông sản phát thải thấp. Thông qua các chuỗi liên kết, nông dân không chỉ tiếp cận được công nghệ và nguồn vốn, mà còn được đảm bảo đầu ra ổn định, từ đó nâng cao niềm tin và sự sẵn sàng tham gia vào quá trình chuyển đổi.

Những giải pháp trên, nếu được triển khai một cách đồng bộ và gắn kết, sẽ tạo nền tảng vững chắc để Việt Nam hiện thực hóa mục tiêu giảm phát thải trong trồng trọt. Đây không chỉ là yêu cầu ứng phó BĐKH, mà còn là cơ hội để nâng cao giá trị nông sản, gia tăng lợi thế cạnh tranh và khẳng định cam kết quốc gia trong lộ trình hướng tới phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2022). Báo cáo kiểm kê KNK quốc gia. Hà Nội.
2. Hiếu, Đ.Q. và cộng sự (2019). Mô hình lúa thông minh và phát thải KNK tại Quảng Nam. Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam - Số 9(106)/2019.
3. IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
4. IRRI (2023). Rice Straw Management and Greenhouse Gas Emissions in the Mekong Delta. Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute.
5. Loan, B.T.P. và cộng sự (2024). Đánh giá hiệu quả kinh tế và giảm phát thải KNK của mô hình sản xuất lúa hữu cơ theo hướng nông nghiệp tuần hoàn tại tỉnh Sóc Trăng. Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường Số 19. <https://doi.org/10.71254/jspka786>.
6. Quyết định số 300/QĐ-TTg ngày 28/3/2023 phê duyệt Đề án chuyển đổi hệ thống lương thực, thực phẩm Việt Nam theo hướng minh bạch – trách nhiệm – bền vững giai đoạn 2023–2030, tầm nhìn 2045.
7. Quyết định số 1490/QĐ-TTg ngày 27/11/2023 phê duyệt Đề án 1 triệu ha lúa chất lượng cao, phát thải thấp tại đồng bằng sông Cửu Long.
8. Thuận, N.C. và cộng sự (2022). Kỹ thuật canh tác lúa tiết kiệm nước, giảm phát thải KNK và thích ứng BĐKH. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề SDMD 2022. DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.209
9. Viện Môi trường Nông nghiệp (2020). Số liệu kiểm kê KNK quốc gia năm 2020. Hà Nội.



ĐỀ ÁN “SẢN XUẤT GIẢM PHÁT THẢI LĨNH VỰC TRỒNG TRỌT GIAI ĐOẠN 2025 - 2035, TẦM NHÌN ĐẾN NĂM 2050”:

Nền tảng để Việt Nam hướng đến nền nông nghiệp xanh và bền vững

NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG - Phó Cục trưởng

Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

Đề án “Sản xuất giảm phát thải (GPT) lĩnh vực trồng trọt giai đoạn 2025 - 2035, tầm nhìn đến năm 2050” vừa được Quyền Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Môi trường Trần Đức Thắng ký ban hành tại Quyết định số 4024/QĐ-BNNMT ngày 29/9/2025, với mục tiêu đưa lĩnh vực trồng trọt vào quỹ đạo phát thải thấp, bảo đảm an ninh lương thực quốc gia, đồng thời nâng cao năng lực cạnh tranh của nông sản Việt Nam trên thị trường quốc tế. Đồng thời, Đề án nhằm thúc đẩy nông nghiệp phát triển bền vững, thích ứng biến đổi khí hậu (BĐKH), hiện thực hóa cam kết về phát thải ròng bằng “0” (Net Zero) vào năm 2050.

1. BỐI CẢNH VÀ TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ ÁN

Trước bối cảnh BĐKH diễn biến ngày càng phức tạp, khó lường, tác động tiêu cực đến mọi mặt của đời sống kinh tế - xã hội, ngành nông nghiệp nói chung, lĩnh vực trồng trọt nói riêng đang phải đối mặt với nhiều thách thức to lớn, đòi hỏi phải có những định hướng chiến lược và hành động cụ thể, kịp thời, nhằm đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững, thích ứng hiệu quả với BĐKH và GPT KNK, góp phần BVMT. Trên thế giới, GPT KNK trong nông nghiệp - đặc biệt là lĩnh vực trồng trọt đã được cộng đồng quốc tế xác định là một trong những giải pháp trọng yếu để ứng phó với BĐKH. Nhiều cơ chế, cam kết, sáng kiến toàn cầu đã được thiết lập nhằm



Hội nghị tham vấn Đề án “Sản xuất trồng trọt giảm phát thải giai đoạn 2025 - 2035” diễn ra ngày 30/7/2025

hỗ trợ các quốc gia phát triển và đang phát triển thực hiện nhiều giải pháp kỹ thuật, tài chính và giám sát trong sản xuất nông nghiệp GPT, tiêu biểu như: Thỏa thuận Paris (2015) yêu cầu tất cả mọi quốc gia xây dựng kế hoạch đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC), trong đó phần lớn các nước đều lồng ghép mục tiêu GPT từ nông nghiệp, bao gồm cả trồng trọt; Ủy ban Liên Chính phủ về BĐKH (IPCC) trong các Báo cáo đánh giá lần thứ 5 và 6 (AR5, AR6) đã nhấn mạnh vai trò của quản lý đất, sử dụng nước, dinh dưỡng và đa dạng hóa cây trồng trong việc GPT CH₄ và N₂O - hai loại KNK chủ yếu trong sản xuất trồng trọt. Cùng với đó, Sáng kiến “4%” (4 per 1000) do Pháp khởi xướng tại Hội nghị lần thứ 26 các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về BĐKH (COP21) đề xuất tăng cường tích lũy các-bon trong đất canh tác được xem là giải pháp trung hòa các-bon bền vững và có lợi cho nông dân. Trong khi Chương trình Nông nghiệp thông minh thích ứng với BĐKH (CSA) do Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên hợp quốc (FAO) và Ngân hàng thế giới (WB) phát triển đã được nhiều nước áp dụng để chuyển đổi hệ thống canh tác theo hướng đồng thời đạt ba mục tiêu: (i) Tăng năng suất; (ii) Thích ứng với BĐKH; (iii) GPT KNK.

Tại Việt Nam, theo kiểm kê KNK năm 2020, phát thải từ nông nghiệp chiếm hơn 30% tổng phát thải quốc gia, riêng lĩnh vực trồng trọt đóng góp tới khoảng 80%. Đặc biệt, phương thức canh tác lúa nước truyền thống - vốn sử dụng tưới ngập thường xuyên và phân bón hóa học - là nguồn phát thải khí mê-tan (CH₄) lớn nhất. Điều này cho thấy, nếu không kịp thời chuyển đổi cùng xu hướng toàn cầu, nông nghiệp Việt Nam có nguy cơ vừa chịu thiệt hại từ BĐKH, vừa đánh mất lợi thế cạnh tranh. Mặt khác, tại COP26, Thủ tướng Chính phủ đã đưa ra cam kết đạt mức phát thải ròng bằng “0” vào năm



2050. Để thực hiện mục tiêu này, ngành nông nghiệp nói chung, lĩnh vực trồng trọt nói riêng cần triển khai đồng bộ các giải pháp nhằm chuyển đổi phương thức canh tác, nâng cao hiệu quả sản xuất, GPT, BVMT và đảm bảo an ninh lương thực quốc gia.

Hiện nay, bên cạnh lúa gạo, nhiều nhóm cây trồng khác như ngô, sắn, đậu tương, rau màu, cây ăn quả có tiềm năng áp dụng các giải pháp canh tác GPT để giảm sử dụng phân bón, tăng hấp thụ các-bon, cải thiện sức khỏe đất, tiết kiệm tài nguyên và hướng tới sản xuất bền vững. Tuy nhiên, các hoạt động canh tác GPT chủ yếu mới chỉ được thực hiện dưới dạng mô hình, dự án đơn lẻ, chưa có chương trình cấp quốc gia định hướng và hỗ trợ tổng thể. Trong khi đó, các thị trường tiêu thụ nông sản lớn trên thế giới đang có xu hướng siết chặt những yêu cầu liên quan đến phát thải các-bon, chứng nhận bền vững, truy xuất nguồn gốc và BVMT. Điều này cho thấy, việc chậm triển khai các chương trình sản xuất GPT có thể khiến nông sản Việt Nam gặp khó khăn trong xuất khẩu, giảm khả năng cạnh tranh, đặc biệt là trong bối cảnh hội nhập kinh tế sâu rộng và thực thi các Hiệp định thương mại tự do (FTA) thế hệ mới.

Triển khai canh tác trồng trọt theo hướng GPT không chỉ là yêu cầu cấp thiết nhằm thích ứng với BĐKH, mà còn mang lại nhiều lợi ích thiết thực, toàn diện cho nông dân, doanh nghiệp và quốc gia. Việc áp dụng các quy trình canh tác GPT như tưới ngập khô xen kẽ (AWD), quản lý dinh dưỡng tổng hợp,

canh tác hữu cơ, nông nghiệp chính xác, nông nghiệp thông minh với khí hậu sẽ giúp giảm đáng kể lượng vật tư nông nghiệp đầu vào như phân bón hóa học, thuốc bảo vệ thực vật và nước tưới, từ đó làm giảm chi phí sản xuất, tăng lợi nhuận cho người nông dân; cải thiện sức khỏe của đất, bảo vệ đa dạng sinh học; giảm ô nhiễm môi trường và nâng cao chất lượng nông sản. Về lâu dài, sản xuất nông nghiệp theo hướng GPT chính là con đường xây dựng hình ảnh một nền nông nghiệp Việt Nam có trách nhiệm với môi trường, có trình độ canh tác cao và đủ năng lực hội nhập sâu vào chuỗi giá trị nông sản toàn cầu. Đây cũng là cơ sở quan trọng để Việt Nam từng bước tiếp cận, tham gia hiệu quả vào thị trường tín chỉ các-bon cả tự nguyện và bắt buộc, thông qua việc hình thành các dự án tín chỉ các-bon trong nông nghiệp. Qua đó, không chỉ tạo ra nguồn lực tài chính mới cho người dân và doanh nghiệp, mà còn thúc đẩy chuyển đổi xanh trong toàn ngành nông nghiệp.

Tuy nhiên, để làm được điều đó, cần có sự dẫn dắt thống nhất từ phía cơ quan quản lý nhà nước, thông qua việc ban hành một chương trình tổng thể, có tầm nhìn dài hạn, tích hợp giải pháp về kỹ thuật, chính sách, tài chính, khoa học công nghệ, đào tạo, truyền thông và hợp tác quốc tế. Chương trình phải xác định rõ các nhóm cây trồng chủ lực có tiềm năng GPT; xây dựng bộ tiêu chí, hướng dẫn kỹ thuật, góp phần tiến tới việc thiết lập cơ chế giám sát, đánh giá phát thải



Việc thực hiện Đề án sẽ góp phần bảo đảm an ninh lương thực quốc gia và đẩy mạnh năng lực cạnh tranh của nông sản Việt Nam trên thị trường quốc tế



một cách minh bạch, hiệu quả... Từ phân tích nêu trên có thể khẳng định, việc xây dựng và triển khai Đề án Sản xuất GPT lĩnh vực trồng trọt giai đoạn 2025 - 2035, tầm nhìn đến năm 2050 tại Việt Nam là yêu cầu khách quan, cấp thiết, phù hợp với chủ trương của Đảng, chính sách pháp luật của Nhà nước và xu thế phát triển nông nghiệp toàn cầu. Đây là nhiệm vụ trọng tâm, lâu dài, cần được tổ chức thực hiện một cách bài bản, đồng bộ, có lộ trình cụ thể, gắn với chiến lược phát triển ngành trồng trọt bền vững, thích ứng với BĐKH và nâng cao vị thế nông sản Việt Nam trên thị trường quốc tế.

2. CƠ SỞ CHÍNH TRỊ, PHÁP LÝ VÀ THỰC TIỄN CỦA ĐỀ ÁN

2.1. Cơ sở chính trị - pháp lý

Đề án bám sát tinh thần Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về “Đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia”, coi chuyển đổi mô hình sản xuất theo hướng xanh, thông minh là một trong những trụ cột chiến lược của phát triển đất nước. Song song với đó, Luật BVMT năm 2020, Luật Trồng trọt năm 2018 đặt ra yêu cầu rõ ràng về lồng ghép yếu tố phát thải KNK, thích ứng BĐKH và sử dụng tài nguyên hiệu quả vào quá trình tổ chức sản xuất nông nghiệp. Đề án cũng là bước triển khai cụ thể các chiến lược và chương trình quốc gia như: Chiến lược quốc gia về BĐKH đến năm 2050 (Quyết định số 896/QĐ-TTg ngày 26/7/2022) - định hướng GPT trong nông nghiệp như một trong những lĩnh vực ưu tiên hàng đầu; Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050 (Quyết định số 1658/QĐ-TTg ngày 1/10/2021) - yêu cầu tích hợp sản xuất xanh và phát triển thị trường các-bon vào mọi lĩnh vực kinh tế, trong đó có nông nghiệp; Chiến lược phát triển

nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quyết định số 150/QĐ-TTg ngày 28/1/2022) - đặt mục tiêu chuyển đổi hệ thống sản xuất trồng trọt theo hướng sinh thái, tuần hoàn, phát thải thấp.

Đặc biệt, việc Liên hợp quốc thông qua Thỏa thuận Paris 2015 và Việt Nam cam kết đạt phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050 tại COP26 đã tạo ra sức ép pháp lý cũng như chính trị rõ rệt đối với mọi lĩnh vực kinh tế - xã hội. Ngành trồng trọt, với đặc thù là lĩnh vực phát thải lớn nhưng lại có tiềm năng hấp thụ và bù đắp KNK, được xác định là “mắt xích chiến lược” trong thực hiện các cam kết NDC (Đóng góp do quốc gia tự quyết định). Ngoài ra, các văn bản pháp lý như: Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/1/2022 của Chính phủ về giảm nhẹ phát thải KNK và bảo vệ tầng ô-dôn; Nghị định số 119/2025/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung cơ chế thực hiện, tạo nền tảng pháp lý để triển khai hệ thống đo lường - báo cáo - thẩm định (MRV) và phát triển thị trường tín chỉ các-bon; Quyết định số 232/QĐ-TTg ngày 24/1/2025 của Thủ tướng Chính phủ về phát triển thị trường các-bon nội địa... đã mở ra không gian mới để lĩnh vực trồng trọt tham gia trực tiếp vào cơ chế tài chính các-bon, tạo động lực kinh tế mạnh mẽ cho chuyển đổi mô hình sản xuất.

2.2. Cơ sở thực tiễn

Đề án là phản ứng tất yếu trước bối cảnh thực tiễn của lĩnh vực trồng trọt Việt Nam, vốn đang đối diện với nhiều thách thức to lớn về môi trường, kinh tế và thị trường.

Thứ nhất, áp lực GPT từ thực trạng sản xuất. Theo kết quả kiểm kê KNK quốc gia năm 2020 (lấy số liệu đường cơ sở năm 2016) do Viện Môi trường Nông nghiệp công bố, tổng lượng phát thải KNK của Việt Nam đạt khoảng 454,6 triệu tấn CO₂ tương đương (CO₂tđ), tăng gần gấp đôi so với năm 2010, trong đó khu vực nông nghiệp chiếm khoảng 116,51 triệu tấn CO₂tđ, đáng chú ý, trồng trọt là lĩnh vực phát thải lớn nhất, chiếm khoảng 80% tổng phát thải của ngành, do phương thức tưới ngập thường xuyên và việc sử dụng phân bón, thuốc bảo vệ thực vật chưa hợp lý. Nhiều mô hình GPT hiện nay như tưới ngập khô xen kẽ (AWD), quản lý dinh dưỡng tổng hợp hay canh tác hữu cơ mới chỉ triển khai nhỏ lẻ, thiếu cơ chế dẫn dắt và nhân rộng ở quy mô quốc gia.

Thứ hai, hạn chế về kỹ thuật và công cụ giám sát. Hiện hệ thống MRV cho trồng trọt ở Việt Nam còn sơ khai, phần lớn mới dừng ở mức định tính, chưa có bộ công cụ đo lường chuẩn hóa, dẫn tới khó chứng minh kết quả GPT. Điều này không chỉ ảnh hưởng tới công tác kiểm kê KNK

Phát thải trong ngành nông nghiệp (trồng trọt và chăn nuôi)

Lĩnh vực	Phát thải (triệu tấn CO ₂ tđ)	Tỷ lệ trong ngành nông nghiệp (%)
Canh tác lúa nước	77,346	66,38
Tiêu hóa thức ăn chăn nuôi	15,781	13,54
Quản lý chất thải	7,190	6,18
Đốt phế phụ phẩm	1,278	1,09
Phát thải từ đất (trực tiếp và không trực tiếp)	12,618	10,84
Khác	2,297	1,97
Tổng cộng	116,51	100%



quốc gia mà còn khiến ngành nông nghiệp gặp khó khăn khi tiếp cận thị trường tín chỉ các-bon vốn đang phát triển mạnh mẽ trên toàn cầu.

Thứ ba, rào cản kinh tế - xã hội. Sản xuất nông nghiệp của Việt Nam hiện vẫn phát triển chủ yếu ở quy mô nhỏ lẻ, phân tán, thu nhập thấp nên khả năng đầu tư đổi mới công nghệ còn hạn chế. Nông dân và cán bộ quản lý địa phương nhìn chung chưa có nhận thức đầy đủ về lợi ích của sản xuất phát thải thấp, dẫn tới tâm lý e ngại khi thay đổi tập quán canh tác. Trong khi đó, các doanh nghiệp nông nghiệp và hợp tác xã còn thiếu hướng dẫn, hỗ trợ tài chính để tham gia vào chuỗi giá trị các-bon.

Thứ tư, sức ép từ thị trường quốc tế. Nhu cầu tiêu thụ nông sản tại các thị trường lớn đang chuyển dịch mạnh mẽ theo hướng “xanh” và “có trách nhiệm với khí hậu”. Các tiêu chuẩn liên quan tới phát thải các-bon, truy xuất nguồn gốc, chứng nhận bền vững ngày càng trở thành điều kiện bắt buộc. Nếu không sớm chuyển đổi mô hình sản xuất, nông sản Việt Nam sẽ phải đối mặt với nguy cơ bị loại khỏi chuỗi cung ứng toàn cầu hoặc phải chịu thuế các-bon biên giới - như Cơ chế điều chỉnh biên giới các-bon (CBAM) của EU.

Thứ năm, yêu cầu về chất lượng sản xuất và bảo vệ tài nguyên. Sản xuất trồng trọt trong nước hiện còn nhiều bất cập: Hiệu quả sử dụng đất và nước thấp; chi phí đầu vào cao; chất lượng nông sản chưa ổn định; đất đai thoái hóa và đa dạng sinh học suy giảm. Những vấn đề này không chỉ cản trở năng lực cạnh tranh mà còn làm suy yếu khả năng chống chịu của hệ thống nông nghiệp trước BĐKH.

Tất cả yếu tố nêu trên đã tạo nên “áp lực kép” - vừa từ bên trong (hiệu quả sản xuất, môi trường, thu nhập nông dân), vừa từ bên ngoài (cam kết quốc tế, yêu cầu thị trường) - buộc lĩnh vực trồng trọt phải có một chương trình tổng thể, dài hạn để tái cấu trúc theo hướng phát thải thấp. Chính trong bối cảnh đó, việc ban hành Đề án “Sản xuất GPT lĩnh vực trồng trọt” là bước đi tất yếu, mang tính chiến lược nhằm định hình tương lai PTBV của nông nghiệp Việt Nam.

3. MỤC TIÊU VÀ TẦM NHÌN CỦA ĐỀ ÁN

Đề án được thực hiện trên phạm vi toàn quốc trong giai đoạn từ năm 2025 - 2035, nhằm triển khai đồng bộ các giải pháp thúc đẩy chuyển đổi hệ thống sản xuất trồng trọt theo hướng phát thải thấp; thích ứng với BĐKH; nâng cao hiệu quả sản xuất; cải thiện sinh kế cho người dân và PTBV, tập trung vào một số cây trồng chủ lực, có tiềm năng GPT cao như lúa, sắn, mía, cà phê, chuối... Qua đó giúp nâng cao năng lực cạnh tranh ngành hàng trồng trọt; bảo đảm an ninh lương thực quốc gia; từng bước hình thành nền nông nghiệp sinh thái, hiện đại, có khả năng chống chịu tốt trước tác

động của BĐKH, góp phần thực hiện các cam kết của Việt Nam trong NDC. Cụ thể, phấn đấu đến năm 2035, lĩnh vực trồng trọt sẽ góp phần giảm ít nhất 15% tổng lượng phát thải KNK (CO₂tđ) so với năm cơ sở 2020; xây dựng, phát triển nhãn hiệu “Phát thải thấp” cho các sản phẩm của ngành hàng trồng trọt; mỗi tỉnh tổ chức triển khai ít nhất 1 - 2 mô hình sản xuất trồng trọt GPT có khả năng nhân rộng; thí điểm ít nhất 15 mô hình canh tác có khả năng phát triển tín chỉ các-bon, đáp ứng được yêu cầu của các tổ chức quốc tế. Cùng với đó, xây dựng, ban hành ít nhất 5 gói kỹ thuật sản xuất GPT áp dụng cho nhóm cây trồng chủ lực; hình thành cơ sở dữ liệu phát thải trong trồng trọt kết nối đồng bộ với Hệ thống đăng ký quốc gia; tổ chức đào tạo, tập huấn về kỹ thuật, chính sách, nhận thức chung và công cụ đo phát thải cho tối thiểu 3.000 cán bộ kỹ thuật cơ sở, khuyến nông, nông dân, doanh nghiệp trên toàn quốc; xây dựng ít nhất 5 bộ tài liệu truyền thông, phổ biến kiến thức, thúc đẩy chuyển đổi hành vi sản xuất của nông dân theo hướng GPT.

Tầm nhìn đến 2050, lĩnh vực trồng trọt phát triển theo hướng phát thải thấp, sinh thái và hiện đại, trở thành trụ cột quan trọng trong quá trình chuyển đổi xanh của nền nông nghiệp quốc gia. Hoạt động sản xuất trồng trọt được tổ chức theo chuỗi giá trị tuần hoàn, ứng dụng mạnh mẽ công nghệ số, nông nghiệp thông minh, đảm bảo sử dụng hiệu quả tài nguyên đất, nước, vật tư đầu vào, đồng thời kiểm soát, hấp thụ, bù đắp phát thải một cách thực chất. Toàn ngành phấn đấu 100% diện tích cây trồng chủ lực áp dụng quy trình kỹ thuật canh tác bền vững; hình thành cơ sở dữ liệu số hóa về phát thải trong trồng trọt, kết nối đồng bộ với hệ thống giám sát quốc gia; xây dựng, phổ cập nhãn hiệu “Phát thải thấp” cho các ngành hàng nông sản chủ lực; trở thành quốc gia tiên phong trong khu vực về phát triển nông sản có trách nhiệm với khí hậu, tạo dựng lợi thế cạnh tranh xanh trên thị trường quốc tế và đóng góp tích cực vào mục tiêu phát thải ròng bằng “0” như đã cam kết.

4. NHIỆM VỤ VÀ MỘT SỐ GIẢI PHÁP TRỌNG TÂM

4.1. Nhiệm vụ chính của Đề án

Đề án xác định hàng loạt nhiệm vụ cụ thể, trước hết là cơ cấu lại sản xuất, từ diện tích lúa kém hiệu quả chuyển sang cây trồng cận giá trị cao hoặc kết hợp với thủy sản, đồng thời thử nghiệm mô hình “một vụ lúa - một vụ màu”, nhằm cải tạo đất, GPT. Với cây trồng lâu năm, ưu tiên phát triển loại vừa mang lại hiệu quả kinh tế, vừa có khả năng hấp thụ các-bon tốt. Cùng với đó, chuẩn hóa các gói kỹ thuật canh tác GPT, với nhiều biện pháp đã được xác định, bao gồm: Tuổi ngập khô xen kẽ trong trồng lúa; áp dụng hệ thống thâm canh cải tiến (SRI); giảm lượng



Ứng dụng công nghệ số, cảm biến, trí tuệ nhân tạo, nông nghiệp chính xác được đưa vào để tối ưu hóa quản lý nước, phân bón và giám sát phát thải trong trồng trọt

phân bón vô cơ bằng cách tăng cường phân hữu cơ, vi sinh và phân chậm tan; hạn chế sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hóa học bằng giải pháp sinh học... Công nghệ số cũng sẽ được đưa vào để giám sát độ ẩm đất, điều tiết phân bón và thuốc, vừa góp phần tăng hiệu quả và cắt giảm khí thải.

Một nhiệm vụ trọng tâm khác là phát triển mô hình sản xuất theo chuỗi giá trị. Theo đó, các mô hình trình diễn sẽ được triển khai tại vùng sản xuất hàng hóa tập trung, gắn kết nông dân - hợp tác xã - doanh nghiệp. Những mô hình này vừa ứng dụng kỹ thuật phát thải thấp, vừa bảo đảm có cơ chế đo lường - báo cáo - thẩm định (MRV) theo tiêu chuẩn quốc tế. Song song với đó, cơ sở dữ liệu quốc gia về phát thải trồng trọt sẽ được hình thành, tích hợp thông tin theo vùng sinh thái, cây trồng và kỹ thuật áp dụng. Đây là nền tảng để liên thông với hệ thống kiểm kê KNK quốc gia và phục vụ minh bạch hóa số liệu khi tham gia thị trường các-bon.

Ngoài ra, công tác đào tạo, truyền thông đặc biệt được coi trọng. Tối thiểu 3.000 cán bộ kỹ thuật, khuyến nông và nông dân chủ chốt sẽ được tập huấn về phương pháp canh tác giảm phát thải, MRV và tín chỉ các-bon. Cùng với đó, 5 bộ tài liệu truyền thông chuẩn hóa sẽ được biên soạn, phổ biến rộng rãi nhằm thay đổi hành vi sản xuất của nông dân.

4.2. Các giải pháp trọng tâm

Để đạt được mục tiêu nêu trên, Đề án đưa ra 7 giải pháp trọng tâm sau:

Thứ nhất, tăng cường năng lực quản lý nhà nước về GPT trong trồng trọt: Trước hết, tập trung hoàn thiện thể chế, chính sách và công cụ hỗ trợ nhằm rà soát, sửa đổi, bổ sung các văn bản liên quan, trong đó lồng ghép yêu cầu GPT KNK vào các chiến lược, quy hoạch, chương trình, đề án lĩnh vực trồng trọt; xây dựng, triển khai các cơ chế, chính sách ưu đãi tài chính cho nông dân, hợp tác xã, doanh nghiệp thực hiện chuyển đổi sang canh tác GPT; xây dựng, ban hành bộ tiêu chí về canh tác trồng trọt GPT và xây dựng chính sách ưu đãi, hỗ trợ. Bên cạnh đó, nâng cao vai trò chỉ đạo, điều phối, giám sát thực hiện Đề án ở cấp Trung ương và địa phương, trong đó, tăng cường phân cấp, giao quyền cho địa phương trong việc lựa chọn, phát triển mô hình, mở rộng diện tích áp dụng, xây dựng cơ chế, chính sách hỗ trợ và huy động nguồn lực triển khai; hợp định kỳ, sơ kết, tổng kết theo từng giai đoạn; đẩy mạnh kiểm tra, giám sát thực địa nhằm kịp thời tháo gỡ khó khăn, vướng mắc cho địa phương; mở rộng vai trò giám sát xã hội của các tổ chức hội, hiệp hội, liên minh hợp tác xã, tổ chức cộng đồng, người dân trong quá trình thực hiện Đề án tại địa phương. Mặt khác, hoàn thiện hệ thống công cụ quản lý, theo dõi, đánh giá hiệu quả Chương trình thông qua ban hành các văn bản hướng dẫn, chỉ đạo kỹ thuật, biểu mẫu, quy trình giám sát, đánh giá định kỳ kết quả thực hiện GPT; tích cực ứng dụng công nghệ số trong giám sát phát thải, quản lý vùng nguyên liệu, truy xuất nguồn



gốc và thống kê sản lượng GPT; xây dựng, vận hành hệ thống giám sát - đánh giá thống nhất từ Trung ương đến địa phương, bao gồm bộ chỉ số đo lường GPT và kết quả chuyển đổi mô hình sản xuất.

Thứ hai, về khoa học, công nghệ và chuyển giao kỹ thuật: Đẩy mạnh nghiên cứu, hoàn thiện, chuẩn hóa các gói kỹ thuật canh tác GPT, phù hợp với từng cây trồng, vùng sinh thái, điều kiện sản xuất; ứng dụng một số biện pháp khoa học như: Sử dụng phế phụ phẩm sản xuất than sinh học, phân hữu cơ, đưa bèo hoa dâu vào hệ thống canh tác...; ứng dụng công nghệ số, cảm biến, trí tuệ nhân tạo, nông nghiệp chính xác để tối ưu hóa quản lý nước, phân bón và giám sát phát thải trong trồng trọt; phát triển các mô hình trình diễn thực tế tại địa phương để phổ biến kỹ thuật mới, tổ chức “cánh đồng học tập” và đào tạo nông dân; thực hiện chuyển giao tiến bộ kỹ thuật thông qua hệ thống khuyến nông, hợp tác xã, doanh nghiệp dịch vụ nông nghiệp.

Thứ ba, về tổ chức sản xuất và chuỗi giá trị: Thúc đẩy tái cơ cấu sản xuất theo chuỗi giá trị, gắn sản xuất GPT với chế biến, tiêu thụ, truy xuất nguồn gốc và tín chỉ các-bon; khuyến khích phát triển mô hình kinh tế hợp tác, tổ hợp tác, hợp tác xã làm hạt nhân trong tổ chức canh tác GPT; hỗ trợ doanh nghiệp đầu tư vào vùng nguyên liệu, áp dụng mô hình đồng quản lý phát thải giữa nông dân và đơn vị thu mua; thực hiện truy xuất nguồn gốc các-bon (footprint), hỗ trợ xây dựng thương hiệu nông sản GPT.

Thứ tư, về xây dựng hệ thống dữ liệu và quản lý phát thải: Xây dựng, vận hành hệ thống cơ sở dữ liệu quốc gia về phát thải trong trồng trọt, tích hợp theo vùng, cây trồng và kỹ thuật. Trên cơ sở hệ thống MRV cho lĩnh vực trồng trọt đã và đang thực hiện, xây dựng hệ thống MRV hoàn chỉnh, đảm bảo tính minh bạch, đồng bộ và có thể tích hợp với các tiêu chuẩn quốc tế. Đồng thời, ứng dụng công nghệ viễn thám, GIS, hệ thống báo cáo số hóa để theo dõi, giám sát hiệu quả các mô hình và toàn chương trình; liên thông dữ liệu với hệ thống kiểm kê KNK quốc gia để phục vụ thống kê, điều hành và báo cáo quốc tế.

Thứ năm, về nguồn lực tài chính và thị trường: Huy động đa dạng nguồn lực, bao gồm: (i) Ngân sách nhà nước, vốn sự nghiệp khoa học, khuyến nông, chương trình mục tiêu quốc gia, giữ vai trò “dẫn dắt”, đầu tư vào các cấu phần có tính nền tảng như chính sách, cơ sở dữ liệu, đào tạo, mô hình thí điểm, khuyến nông, giám sát địa phương...; (ii) Vốn tư nhân, vốn xã hội hóa trong tổ chức sản xuất, phát triển cơ sở hạ tầng, dịch vụ kỹ thuật, thu mua nông sản, tập trung vào hoạt động liên kết chuỗi giá trị, đầu tư thiết bị canh tác, mở rộng diện tích áp dụng quy trình canh tác GPT, vận hành hệ thống MRV, hệ thống truy xuất nguồn

gốc các-bon, ứng dụng công nghệ số, cơ sở chế biến, bảo quản nông sản GPT; (iii) Nguồn tài trợ quốc tế, vốn ODA, vốn khí hậu và các chương trình GPT toàn cầu, ưu tiên bố trí cho hợp phần về MRV, chuyển giao công nghệ, thử nghiệm tín chỉ các-bon, đào tạo, nâng cao năng lực... Ngoài ra, mở rộng thị trường tiêu thụ nông sản GPT, ưu tiên thị trường có yêu cầu cao về môi trường như EU, Nhật Bản, Bắc Mỹ.

Thứ sáu, về đào tạo truyền thông và nâng cao nhận thức: Biên soạn, phổ biến tài liệu đào tạo, sổ tay kỹ thuật, công cụ hướng dẫn kỹ thuật canh tác GPT cho cán bộ, nông dân; tổ chức các khóa đào tạo cho đội ngũ cán bộ khuyến nông, cán bộ quản lý, hợp tác xã và nông dân nòng cốt; phối hợp với các cơ quan truyền thông đại chúng, mạng xã hội tổ chức hội chợ, diễn đàn để tuyên truyền, lan tỏa mô hình canh tác GPT; tích hợp nội dung sản xuất GPT vào chương trình đào tạo nghề nông nghiệp, phổ cập kiến thức về tín chỉ các-bon và nông nghiệp tuần hoàn.

Thứ bảy, về hợp tác và hội nhập: Đẩy mạnh hợp tác với các tổ chức quốc tế trong nghiên cứu khoa học, đào tạo kỹ thuật, tư vấn chính sách; xây dựng dự án các-bon; kết nối thị trường tín chỉ quốc tế. Đồng thời, tích cực tham gia các diễn đàn, sáng kiến khu vực cũng như toàn cầu liên quan đến nông nghiệp GPT và thị trường các-bon (FAO, CSA, The ASEAN Climate Smart Agriculture, Hub...); đẩy mạnh học hỏi, tiếp thu kinh nghiệm quốc tế, tiêu chuẩn kỹ thuật, mô hình hợp tác công - tư trong phát triển nông nghiệp các-bon thấp, vận dụng linh hoạt theo điều kiện Việt Nam.

Kết luận: Có thể nói, việc xây dựng và ban hành Đề án “Sản xuất GPT lĩnh vực trồng trọt giai đoạn 2025 - 2035, tầm nhìn đến 2050” là yêu cầu khách quan, cấp thiết, phù hợp với chủ trương của Đảng, chính sách pháp luật của Nhà nước và xu thế phát triển nông nghiệp toàn cầu. Đề án là lời khẳng định rằng nông nghiệp Việt Nam không chỉ là trụ đỡ kinh tế mà còn là ngành tiên phong trong BVMT, hướng đến nền nông nghiệp xanh, bền vững. Với quyết tâm chính trị cao cùng sự đồng thuận, đóng góp trí tuệ, kinh nghiệm và tiếng nói chung từ các chuyên gia, nhà khoa học, đại diện địa phương, doanh nghiệp cũng như các tổ chức quốc tế, Đề án mở ra cho lĩnh vực trồng trọt một con đường mới, hướng đến phát thải thấp, hiện đại và có khả năng hội nhập sâu vào chuỗi giá trị toàn cầu. Đây cũng là định hướng chiến lược cho lĩnh vực trồng trọt trong thập kỷ tới, góp phần quan trọng để hiện thực hóa cam kết đạt phát thải ròng bằng “0” vào năm 2050, đưa Việt Nam trở thành hình mẫu về nông nghiệp phát thải thấp, bền vững, có trách nhiệm với cộng đồng quốc tế trong cuộc chiến chống BĐKH■



Giảm phát thải khí nhà kính trong hoạt động trồng trọt ở Việt Nam

LƯƠNG QUANG HUY

Cục Biến đổi khí hậu, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

1. MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) toàn cầu là một trong những thách thức lớn nhất của nhân loại trong thế kỷ 21, với những tác động ngày càng rõ rệt và nghiêm trọng. Những ảnh hưởng này thể hiện qua sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu, nước biển dâng, các hiện tượng thời tiết cực đoan và suy giảm tài nguyên thiên nhiên tác động sâu rộng tới mọi mặt của đời sống kinh tế, xã hội và môi trường. Vì vậy, BĐKH đang đặt ra yêu cầu cấp thiết phải hành động ở cả cấp độ quốc gia và quốc tế. Nỗ lực giảm thiểu phát thải khí nhà kính (KNK) đã trở thành một trong những ưu tiên hàng đầu của mọi quốc gia, thể hiện qua các thỏa thuận và cam kết quốc tế như Nghị định thư Kyoto, Thỏa thuận Paris.

Nông nghiệp, đặc biệt là hoạt động trồng trọt, đóng vai trò kép trong bức tranh BĐKH: vừa chịu tác động trực tiếp, vừa là nguồn phát thải KNK đáng kể. Một mặt, trồng trọt chịu ảnh hưởng nặng nề từ BĐKH, với các hiện tượng như hạn hán, lũ lụt và xâm nhập mặn đe dọa nghiêm trọng đến an ninh lương thực. Mặt khác, hoạt động trồng trọt cũng đóng góp đáng kể vào tổng lượng phát thải KNK của Việt Nam.

Tại Việt Nam, một quốc gia có nền kinh tế phụ thuộc nhiều vào nông nghiệp, việc giảm phát thải KNK trong lĩnh vực này trở nên cấp bách hơn bao giờ hết. Nông nghiệp Việt Nam, với việc sử dụng nhiều phân bón hóa học, quản lý nước chưa hiệu quả và đốt rơm rạ sau thu hoạch, đang đóng góp một lượng lớn khí mê-tan (CH_4) và nitơ oxit (N_2O). Đây là hai loại KNK có tiềm năng gây hiệu ứng nhà kính cao hơn cả carbon dioxide (CO_2).

Việc giảm phát thải KNK trong trồng trọt không chỉ là một cam kết quốc tế của Việt Nam, mà còn là yêu cầu nội tại để đảm bảo phát triển bền vững. Hoạt động này không chỉ góp phần BVMT, mà còn mang lại nhiều lợi ích kinh tế, xã hội khác như nâng cao chất lượng sản phẩm, giảm chi phí sản xuất và cải



Đoàn Việt Nam tham gia Hội nghị lần thứ 29 các Bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về BĐKH (COP 29) tại Baku, Azerbaijan

thiện chất lượng đất và nước, đồng thời tăng cường sức chống chịu, khả năng thích ứng với BĐKH.

2. BỐI CẢNH QUỐC TẾ VÀ CAM KẾT CỦA VIỆT NAM

Công ước khung của Liên hợp quốc về BĐKH (UNFCCC) là thỏa thuận quốc tế quan trọng nhằm ứng phó với BĐKH, được thông qua năm 1992 và có hiệu lực từ năm 1994. Các Bên tham gia UNFCCC có nghĩa vụ xây dựng, định kỳ cập nhật, công bố và cung cấp cho Hội nghị các Bên (COP) các bản kiểm kê quốc gia về phát thải và hấp thụ của tất cả các KNK không thuộc phạm vi kiểm soát bởi Nghị định thư Montreal. Nghĩa vụ này được quy định tại Điều 4.1(a) của UNFCCC và đặt nền tảng pháp lý cho việc kiểm kê KNK quốc gia như một yêu cầu cơ bản đối với hành động khí hậu.

Nghị định thư Kyoto là điều ước quốc tế ràng buộc pháp lý đầu tiên trong khuôn khổ UNFCCC, được thông qua năm 1997 và có hiệu lực năm 2005. Theo đó, Nghị định thư Kyoto yêu cầu các quốc gia phát triển (các quốc gia thuộc Phụ lục I) phải giảm lượng khí thải KNK. Dựa trên nguyên tắc “trách nhiệm chung nhưng có sự khác biệt”, công nhận sự khác biệt về năng lực, trình độ phát triển và hoàn cảnh của mỗi quốc gia, các nước phát triển với tiềm lực kinh tế và công nghệ mạnh hơn, phải đi đầu trong nỗ lực giảm phát thải. Trong giai đoạn cam kết đầu tiên, sáu loại KNK phải thực hiện kiểm kê theo quy định, bao gồm: carbon dioxide (CO_2), mê-tan (CH_4), nitơ oxit (N_2O), hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs) và sulfur hexafluoride



(SF₆). Nitrogen trifluoride (NF₃) sau này cũng đã được bổ sung vào danh sách này.

Thỏa thuận Paris được thông qua vào năm 2015, đã trở thành một trong những nền tảng pháp lý quan trọng nhất, thiết lập mục tiêu là giới hạn mức tăng nhiệt độ toàn cầu dưới 1.5°C so với thời kỳ tiền công nghiệp. Thỏa thuận Paris đã đánh dấu một cột mốc quan trọng trong hợp tác khí hậu toàn cầu. Lần đầu tiên, tất cả các quốc gia, bất kể trình độ phát triển, cùng tham gia vào một thỏa thuận ràng buộc nhằm ứng phó với BĐKH và thích ứng với những tác động của BĐKH. Thỏa thuận yêu cầu mỗi quốc gia đề ra Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC), các cam kết cụ thể về giảm phát thải và thích ứng với BĐKH.

Theo nguyên tắc "trách nhiệm chung nhưng có sự khác biệt", mỗi quốc gia tự xác định và công bố NDC của mình, xây dựng kế hoạch về các mục tiêu giảm phát thải và thích ứng với BĐKH. Đối với các quốc gia đang phát triển như Việt Nam, NDC không chỉ là nghĩa vụ, mà còn là một cơ hội để tích hợp các chiến lược thích ứng, nâng cao khả năng chống chịu của nền kinh tế và xã hội trước những tác động ngày càng gia tăng của BĐKH. Đáng chú ý, các cam kết trong NDC của các nước đang phát triển có thể bao gồm các mục tiêu có điều kiện, phụ thuộc vào sự hỗ trợ về tài chính, công nghệ và xây dựng năng lực từ các quốc gia phát triển hơn.

Việt Nam đã thể hiện trách nhiệm và quyết tâm của mình thông qua cập nhật NDC vào năm 2022, với các mục tiêu giảm phát thải mạnh mẽ hơn so với cam kết ban đầu. Bản NDC 2022 của Việt Nam đặt mục tiêu giảm phát thải không điều kiện là 15,8% và có thể tăng lên 43,5% nếu nhận được hỗ trợ quốc tế. Điều này phản ánh nỗ lực và quyết tâm chính trị của quốc gia trong việc đóng góp vào nỗ lực chung của toàn cầu. Hiện tại, Việt Nam đang tích cực xây dựng NDC 3.0 cho giai đoạn 2026-2035, khẳng định sự nghiêm túc trong việc thực hiện các cam kết quốc tế. Việc nâng cao mức độ tham vọng này được thực hiện dựa trên những đánh giá thực tiễn về hiệu quả của các biện pháp đã triển khai, đồng thời cập nhật các định hướng phát triển mới của đất nước.

Để theo dõi tiến độ thực hiện NDC, Khung minh bạch tăng cường (ETF) đã được thiết lập và chính thức có hiệu lực từ năm 2024, yêu cầu các quốc gia báo cáo định kỳ và công khai về tiến độ thực hiện NDC. ETF yêu cầu các quốc gia báo cáo minh bạch về lượng phát thải KNK, các hành động đã thực hiện và tiến độ đạt được trong giảm thiểu BĐKH, các biện pháp thích ứng và hỗ trợ tài chính hoặc công nghệ mà họ đã nhận hoặc cung cấp. Điều này không chỉ củng cố niềm tin giữa các quốc gia mà còn tạo điều kiện thuận lợi để thu

hút hỗ trợ tài chính và công nghệ quốc tế, từ đó hỗ trợ các quốc gia như Việt Nam trong việc thực hiện các mục tiêu có điều kiện.

3. GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TRONG HOẠT ĐỘNG TRỒNG TRỌT

Chính sách quốc gia về giảm phát thải KNK trong hoạt động trồng trọt

Chính phủ Việt Nam đã ban hành nhiều chính sách và văn bản pháp luật nhằm cụ thể hóa các cam kết quốc tế về BĐKH. Hai văn kiện chiến lược cấp quốc gia nổi bật là Chiến lược quốc gia về BĐKH đến năm 2050 (Quyết định số 896/QĐ-TTg) và Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050 (Quyết định số 1658/QĐ-TTg), là những kim chỉ nam cho mọi hành động liên quan đến BĐKH và phát triển bền vững.

Luật BVMT năm 2020 và các Nghị định liên quan như Nghị định số 06/2022/NĐ-CP và Nghị định số 119/2025/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/1/2022 của Chính phủ quy định giảm nhẹ phát thải KNK và bảo vệ tầng ô-dôn đã tạo cơ sở pháp lý cho việc quản lý phát thải KNK, bao gồm cả việc kiểm kê, MRV và phát triển thị trường các-bon. Những quy định này phân công rõ ràng trách nhiệm cho các Bộ, ngành, đặc biệt là Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), trong việc xây dựng và thực hiện kế hoạch giảm phát thải trong lĩnh vực thuộc quản lý của Bộ.

Trong lĩnh vực trồng trọt, các chính sách này yêu cầu các Bộ quản lý lĩnh vực phải: tổng hợp, xây dựng và tổ chức thực hiện kế hoạch giảm nhẹ phát thải KNK cấp lĩnh vực, bao gồm cả kết quả kiểm kê KNK của các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý và kịch bản phát triển thông thường. Các Bộ cũng phải hướng dẫn thực hiện kiểm kê KNK và tổng hợp kết quả kiểm kê cấp lĩnh vực định kỳ. Bên cạnh đó, các Bộ có trách nhiệm kiểm tra việc tuân thủ các quy định về MRV của các cơ sở phát thải thuộc phạm vi quản lý và xây dựng, vận hành cơ sở dữ liệu MRV trực tuyến cấp lĩnh vực, tích hợp với cơ sở dữ liệu MRV quốc gia. Việc thẩm định kết quả giảm nhẹ phát thải KNK của các cơ sở được quy định nhằm đảm bảo tính chính xác và minh bạch. Những quy định này thể hiện một cách tiếp cận toàn diện và có hệ thống, từ cấp độ hoạch định chính sách đến cấp độ triển khai thực tế tại các cơ sở sản xuất, với mục tiêu tạo ra một khung pháp lý vững chắc để quản lý và kiểm soát phát thải KNK, đồng thời thúc đẩy các hoạt động canh tác bền vững.

Nỗ lực giảm phát thải KNK trong hoạt động trồng trọt

Để giảm thiểu phát thải KNK từ hoạt động trồng trọt, đặc biệt là trong canh tác lúa, nhiều kỹ thuật tiên



tiến đã được nghiên cứu, ứng dụng và triển khai rộng rãi. Các biện pháp này không chỉ góp phần giảm phát thải mà còn nâng cao hiệu quả sản xuất.

Các kỹ thuật như Hệ thống thâm canh lúa cải tiến (SRI), 3 giảm 3 tăng (giảm lượng giống gieo sạ, giảm lượng thuốc trừ sâu bệnh, giảm lượng phân đạm; tăng năng suất lúa, tăng chất lượng lúa gạo và tăng hiệu quả kinh tế), 1 phải 5 giảm (1 phải là sử dụng giống lúa cấp xác nhận hoặc nguyên chủng; 5 giảm: giảm lượng hạt giống gieo trồng, giảm phân bón, giảm sử dụng thuốc bảo vệ thực vật; giảm lượng nước tưới, giảm thất thoát sau thu hoạch) và mô hình nông - lộ - phơi đã chứng minh hiệu quả vượt trội. Các kỹ thuật này tập trung vào việc quản lý nước và dinh dưỡng một cách hiệu quả, giúp tiết kiệm đáng kể lượng nước tưới, giảm chi phí đầu vào và hạn chế phát thải các khí sinh học như CH_4 và N_2O . Mô hình “3 giảm 3 tăng” và “1 phải 5 giảm” là mô hình canh tác tiên tiến được áp dụng tại đồng bằng sông Cửu Long và đã hướng dẫn cho nhiều hộ nông dân thông qua Dự án Chuyển đổi nông nghiệp bền vững tại Việt Nam (VnSAT).

Việc thu gom, xử lý và tái sử dụng rơm rạ một cách triệt để là một giải pháp hiệu quả. Thay vì đốt hoặc vùi trực tiếp xuống đồng như phương pháp truyền thống gây ô nhiễm môi trường và phát thải KNK, rơm rạ có thể được xử lý thành các sản phẩm có giá trị như phân bón hữu cơ, thức ăn chăn nuôi, hoặc nhiên liệu sinh học. Nhiều mô hình sử dụng chế phẩm vi sinh để phân hủy rơm rạ ngay tại ruộng đã được triển khai và nhân rộng, giúp nông dân tăng năng suất, giảm chi phí phân bón hóa học, đất tơi xốp hơn, đồng thời loại bỏ được thói quen đốt rơm rạ gây ô nhiễm môi trường.

Việc ứng dụng các kỹ thuật canh tác và bón phân tiên tiến nhằm tăng hiệu quả sử dụng phân đạm đóng vai trò quan trọng trong việc hạn chế phát thải khí N_2O . Các kỹ thuật này bao gồm bón phân đúng thời điểm, đúng liều lượng, đúng loại, sử dụng các loại phân bón có kiểm soát giải phóng và sử dụng công nghệ bón phân thông minh.

Chuyển đổi một số diện tích trồng lúa kém hiệu quả sang cây công nghiệp ngắn ngày có giá trị kinh tế cao và phát thải KNK thấp hơn là một giải pháp vừa tối ưu hóa hiệu quả kinh tế, vừa góp phần giảm thiểu phát thải. Các mô hình “lúa - tôm” hoặc “lúa - cá” tại các vùng ven sông, ven biển đã được triển khai rộng rãi, cho thấy hiệu quả rõ rệt. Việc chuyển đổi một vụ lúa trên diện tích đất trồng hai vụ kém hiệu quả sang nuôi trồng thủy sản không chỉ mang lại giá trị kinh tế vượt trội mà còn giúp cắt giảm đáng kể phát thải so với canh tác lúa truyền thống, do nhu cầu về nước và phân bón được giảm xuống. Đây là những mô hình đã

chứng minh hiệu quả tại nhiều địa phương ven biển đồng bằng sông Cửu Long cũng như các tỉnh Quảng Bình, Kiên Giang.

Bên cạnh đó, các giải pháp tiết kiệm năng lượng và nhiên liệu trong khâu làm đất, tưới tiêu cho cây công nghiệp cũng được chú trọng. Việc ứng dụng máy móc nông nghiệp hiện đại, hiệu suất cao kết hợp với các kỹ thuật tưới tiết kiệm như tưới nhỏ giọt, tưới phun mưa giúp giảm đáng kể lượng nhiên liệu và điện năng tiêu thụ.

Ngoài ra, phát triển và áp dụng công nghệ xử lý chất thải hữu cơ từ rau màu, mía và các loại cây công nghiệp là giải pháp thiết thực nhằm hạn chế phát thải KNK từ quá trình phân hủy xác thực vật. Hướng tiếp cận này thúc đẩy một nền nông nghiệp tuần hoàn, bền vững, trong đó chất thải được coi là nguồn tài nguyên và được tái sử dụng hiệu quả.

Hiện nay, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đang xây dựng Đề án sản xuất trồng trọt giảm phát thải giai đoạn 2025-2035, đặt mục tiêu đến năm 2030 giảm phát thải ít nhất 10% trong lĩnh vực trồng trọt, đồng thời góp phần giảm 30% lượng khí mê-tan so với năm 2020.

4. KIẾN NGHỊ

Dựa trên bối cảnh quốc tế và chính sách trong nước, việc triển khai hiệu quả các giải pháp giảm phát thải trong trồng trọt đòi hỏi một loạt các hành động đồng bộ và có tính chiến lược.

Cần khẩn trương hoàn thiện và triển khai Đề án sản xuất trồng trọt giảm phát thải giai đoạn 2025-2035, góp phần thực hiện NDC, tạo tiềm năng cho tín chỉ các-bon; đồng thời xây dựng và hoàn thiện hệ thống đo đạc, báo cáo, thẩm định (MRV), xây dựng cơ sở dữ liệu phát thải, minh bạch hóa quá trình cắt giảm và hướng tới tích hợp tín chỉ các-bon theo tiêu chuẩn quốc tế.

Các cơ sở thực hiện hoạt động trồng trọt cần ưu tiên các giải pháp giảm phát thải tiềm năng lớn, nâng cao năng lực thực hiện kiểm kê KNK, thực hiện MRV kết quả giảm phát thải KNK. Những giải pháp này không chỉ giúp giảm phát thải đáng kể mà còn có thể mang lại lợi ích kép về chi phí và năng suất cho nông dân. Sản xuất nông sản theo hướng thân thiện môi trường, có truy xuất nguồn gốc các-bon và đạt chứng nhận phát thải thấp cũng sẽ mở ra cơ hội tiếp cận các thị trường xuất khẩu cao cấp.

Việc lồng ghép giảm phát thải với thích ứng BĐKH và phát triển nông nghiệp bền vững trong xây dựng chính sách là yếu tố cần được coi trọng. Bên cạnh đó, cần đề xuất các chính sách hỗ trợ đồng bộ và cơ chế tài chính bền vững. Điều này bao gồm việc tạo điều kiện cho nông dân và doanh nghiệp tiếp cận thị trường các-bon, mở ra cơ hội kinh tế cung cấp nguồn lực tài chính để hỗ trợ các hoạt động giảm phát thải. Việc xây dựng



Mô hình trồng lúa giảm phát thải KNK gắn với tín chỉ các-bon tại xã Ứng Hòa, Hà Nội

một khung pháp lý rõ ràng về thị trường các-bon sẽ tạo động lực lâu dài cho các bên liên quan.

Cuối cùng, việc tăng cường năng lực và chuyển giao công nghệ cho nông dân là yếu tố quyết định. Nông dân là chủ thể chính trong hoạt động trồng trọt và việc nâng cao nhận thức, kiến thức, kỹ năng của họ về các kỹ thuật canh tác các-bon thấp là cần thiết. Điều này có thể được thực hiện thông qua các chương trình đào tạo, tập huấn và xây dựng các mô hình trình diễn hiệu quả. Việc chuyển giao công nghệ tiên tiến như công nghệ số, sử dụng cảm biến và dữ liệu vệ tinh trong quản lý nông nghiệp cũng sẽ giúp tối ưu hóa quy trình sản xuất và giảm phát thải.

5. KẾT LUẬN

Giảm phát thải KNK trong hoạt động trồng trọt ở Việt Nam là một nhiệm vụ phức tạp nhưng vô cùng quan trọng, đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa các cấp, ngành và đặc biệt là sự tham gia tích cực của người nông dân. Với nền tảng chính sách vững chắc và cam kết mạnh mẽ của Chính phủ, Việt Nam đã có những bước đi đúng hướng. Tuy nhiên, để đạt được các mục tiêu tham vọng trong NDC và phát triển một nền nông nghiệp các-bon thấp, cần tiếp tục ưu tiên các giải pháp hiệu quả, lồng ghép giảm phát thải với phát triển bền vững, xây dựng cơ chế tài chính bền vững và tập trung vào việc nâng cao năng lực cho người nông dân. Đây là con đường không chỉ giúp Việt Nam ứng phó với BĐKH mà còn đảm bảo an ninh lương thực và nâng cao vị thế trên trường quốc tế■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Luật BVMT năm 2020.
2. Nghị định số 119/2025/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/1/2022 của Chính phủ quy định giảm nhẹ phát thải KNK và bảo vệ tầng ô-dôn.
3. Quyết định số 1658/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050.
4. Quyết định số 896/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược quốc gia về BĐKH giai đoạn đến năm 2050.
5. <https://baochinhphu.vn/phat-trien-che-pham-vi-sinh-xu-ly-rom-ra-sau-thu-hoach-tai-dong-ruong-102231023103235283.htm>.
6. <https://nongnghiepmoitruong.vn/che-pham-vi-sinh-dac-biet-xu-ly-rom-ra-d320496.html>.
7. <https://nongnghiepmoitruong.vn/mo-hinh-lua-ca-tang-thu-nhap-cho-nong-dan-d324883.html>.
8. <https://nongnghiepmoitruong.vn/tham-can-hua-ben-vung-bang-ky-thuat-3-giam-3-tang-1-phai-5-giam-d265160.html>.
9. <https://thuysanvietnam.com.vn/kien-giang-hieu-qua-tu-mo-hinh-tom-lua/>.
10. <https://vietfood.org.vn/dbscl-qua-nhieu-nam-trien-khai-mo-hinh-tom-lua-duoc-danh-gia-la-phat-trien-ben-vung-dem-lai-thu-nhap-cao-cho-nguoi-nong-dan-nhat-la-nhung-tinh-ven-bien-vung-dbscl/>.
11. U.S. Greenhouse Gas Inventory Report Archive – Environmental Protection Agency (EPA). <https://www.epa.gov/ghgemissions/us-greenhouse-gas-inventory-report-archive>.



PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG LÚA GẠO ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG: Một năm đổi thay và dấu ấn đầu tiên của Đề án “1 triệu ha”

TRẦN THỊ MỸ HẠNH

Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

Trong bối cảnh ngành nông nghiệp đang phải đối mặt với nhiều thách thức từ biến đổi khí hậu, suy thoái tài nguyên đất đai, ô nhiễm môi trường và sự biến động của thị trường đầu ra, việc xây dựng mô hình sản xuất lúa chất lượng cao, phát thải thấp và bền vững dựa trên nền tảng công nghệ, khoa học đã trở thành một nhiệm vụ cấp bách. Đề án “Phát triển bền vững 1 triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao, phát thải thấp vùng đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đến năm 2030” đã chính thức bước vào giai đoạn thử nghiệm và triển khai thực tế kể từ năm 2024, với mục tiêu mở ra một hướng đi mới cho ngành lúa gạo Việt Nam, góp phần nâng tầm thương hiệu quốc gia và bảo vệ hành tinh cho thế hệ tương lai. Bài viết phân tích kết quả của năm đầu tiên thực hiện Đề án, từ hoạt động chỉ đạo, các mô hình thí điểm, đến các kết quả về năng suất, chất lượng, môi trường, cũng như khó khăn, tồn tại cần khắc phục. Trên cơ sở đó đưa ra các đề xuất phát triển bền vững lúa gạo ĐBSCL cho giai đoạn tới.

1. NỖ LỰC CHỈ ĐẠO VÀ TRIỂN KHAI CÁC MÔ HÌNH THÍ ĐIỂM

Triển khai Đề án từ giữa năm 2024, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã phối hợp chặt chẽ với các địa phương trong vùng ĐBSCL cùng với các tổ chức quốc tế như Viện Nghiên cứu lúa quốc tế (IRRI), Ngân hàng Thế giới (WB), Tổ chức Phát triển Hà Lan (SNV), các Hiệp hội, doanh nghiệp, đối tác trong và ngoài nước để đồng bộ thực hiện các hoạt động liên quan đến mô hình trồng lúa chất lượng cao, giảm phát thải.

Các hoạt động khởi đầu bằng các cuộc họp, khảo sát thực địa, lập kế hoạch triển khai, xây dựng quy trình canh tác mới phù hợp với mục tiêu của Đề án. Theo đó,



Hội nghị sơ kết sản xuất trồng trọt năm 2025 và triển khai kế hoạch vụ Đông Xuân 2025 - 2026 cho khu vực phía Nam do Bộ Nông nghiệp và Môi trường phối hợp với UBND tỉnh Đồng Tháp tổ chức, ngày 9/9/2025

từ vụ Hè Thu năm 2024 đến tháng 8/2025, có 11 mô hình thí điểm triển khai (HTX tác xã (HTX) Nông nghiệp Hưng Lợi, HTX Nông nghiệp Phước Hảo, HTX Nông nghiệp Phát Tài, HTX Dịch vụ nông nghiệp Thăng Lợi, HTX Dịch vụ nông nghiệp Thanh niên Phú Hòa, HTX Nông nghiệp và dịch vụ Tiến Thuận, HTX Mỹ Thành Bắc, HTX Hiệp Xuân Phú, HTX Dịch vụ nông nghiệp Hồng Phát, HTX Nông nghiệp Duyệt liệu Ogranic Cửu Long, HTX Dịch vụ nông nghiệp Kinh Dón); với tổng diện tích đạt gần 2.162 ha, trải rộng tại 5 tỉnh trọng điểm gồm Đồng Tháp, Cần Thơ, Vĩnh Long, An Giang và Cà Mau, khẳng định rõ hướng đi mới đầy tiềm năng của ngành nông nghiệp vùng ĐBSCL.

Về phía Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật (Bộ Nông nghiệp và Môi trường), Cục đã phối hợp với các đối tác IRRI, Viện Môi trường Nông nghiệp và các địa phương thống nhất phối hợp triển khai kế hoạch thực hiện các mô hình chặt chẽ. Các tỉnh đều cử 1 đến 2 cán bộ kỹ thuật hỗ trợ chỉ đạo kỹ thuật, cùng với HTX nơi triển khai mô hình theo các chỉ tiêu, thông số gửi về Viện Môi trường nông nghiệp tính toán thông số giám phát thải. Ngoài ra, Cục còn phối hợp với Viện Môi trường Nông nghiệp triển khai tiếp tục vụ Hè Thu 2025 trên 6 mô hình đã được triển khai năm 2024 tại TP. Cần Thơ (2 mô hình - Sóc Trăng cũ và TP. Cần Thơ cũ), Vĩnh Long (2 mô hình - Trà Vinh cũ), Đồng Tháp (1 mô hình - Đồng Tháp cũ), An Giang (1 mô hình - Kiên Giang cũ). Đồng thời, Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật phối hợp với Viện Nghiên cứu lúa quốc tế IRRI hỗ trợ triển khai 3 mô hình mới tại các tỉnh Đồng Tháp (Tiền Giang cũ), Cà Mau (Bạc Liêu cũ), An Giang (An Giang cũ). Cục cũng phối hợp với Ngân hàng Thế giới WB hỗ trợ thông qua Viện Môi trường Nông nghiệp triển khai 2 mô hình mới

Bảng 1. Kết quả diện tích, năng suất và sản lượng lúa các mô hình vụ Hè Thu năm 2025

TT	Địa điểm	Mô hình			So sánh trong mô hình/ ngoài mô hình	
		Diện tích (ha)	Năng suất (tạ/ha)	Số lượng (tấn)	Năng suất (tạ/ha)	Số lượng (tấn)
I	Mô hình đã triển khai từ năm 2024					
1	HTX Nông nghiệp Hưng Lợi	50	60,0	300	0	0
2	HTX Nông nghiệp Phước Hảo	48,75	68,1	332	3,1	15,1
3	HTX Nông nghiệp Phát Tài	44,48	64,1	285	3,1	13,7
4	HTX Dịch vụ nông nghiệp Thăng Lợi	50,0	71,2	356	3,0	46,0
5	HTX Dịch vụ nông nghiệp Thanh niên Phú Hòa	48,53	63,0	306	2,0	9,7
6	HTX Nông nghiệp và dịch vụ Tiến Thuận	53,4	78,8	469	15,9	84,9
II	Mô hình mở mới (IRRI hỗ trợ)					
7	HTX Mỹ Thành Bắc	42,8	55,3	237	1,4	6,0
8	HTX Hiệp Xuân Phú	45,3	63,6	288	7,6	34,3
9	HTX Dịch vụ nông nghiệp Hồng Phát	50	67,3	337	0,31	1,6
III	Mô hình mở mới tỉnh tự làm (WB)					
10	HTX Nông nghiệp Dược liệu Ogranic Cửu Long	50,2	44,54	224	5,1	26,0
11	HTX Dịch vụ nông nghiệp Kinh Dón	60	65,0	390	5,0	30,0
	Tổng cộng	543,5	64,8	3.524	5,12	267,3

Nguồn: Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật

tại TP. Cần Thơ (1 mô hình - Hậu Giang cũ), Cà Mau (1 mô hình - Cà Mau cũ). Trong đó, có một số mô hình được sự hỗ trợ của các tỉnh và một số đơn vị cung cấp vật tư đầu vào (giống, phân bón, thuốc bảo vệ thực vật), công cụ cơ giới hóa (làm đất, gieo hạt, phun thuốc bảo vệ thực vật).

Trong quá trình xây dựng và tổ chức thực hiện, các mô hình được lựa chọn dựa trên các tiêu chí như giảm lượng giống gieo sạ, giảm phân đạm, thuốc bảo vệ thực vật, giảm lượng nước tưới, cùng khả năng áp dụng các tiến bộ kỹ thuật mới như cơ giới hóa gieo sạ hàng kết hợp vùi phân, sạ cụm vùi phân, gieo sạ bằng drone và phun thuốc tự động bằng drone. Đặc biệt, các mô hình còn thử nghiệm và đánh giá quy trình theo dõi, đo đếm phát thải khí nhà kính (MRV: Measurement, Reporting, Verification), nhằm đảm bảo tính chính xác và minh bạch trong việc đo lường tác động môi trường của hoạt động canh tác.

Bên cạnh đó, trong quá trình đào tạo và tập huấn, các cán bộ kỹ thuật, nông dân và hợp tác xã được hướng dẫn về quy trình sản xuất mới, cách lập dữ liệu Baseline và cách phân lập các điểm theo dõi mực nước, đồng thời bắt đầu ứng dụng các công nghệ tối ưu hóa nhằm giảm phát thải khí nhà kính hiệu quả.

2. THÀNH CÔNG BAN ĐẦU VÀ NHỮNG TỒN TẠI CẦN KHẮC PHỤC

Trong năm đầu tiên triển khai Đề án "Phát triển bền vững 1 triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao, phát thải thấp vùng ĐBSCL", các mô hình thí điểm đã thể hiện rõ nét những thành công bước đầu, đồng thời cũng đặt ra nhiều thách thức cần khắc phục để hướng tới mục tiêu dài hạn (Bảng 1).

Giảm chi phí sản xuất và nguyên liệu đầu vào

Các mô hình thí điểm đã cho thấy rõ hiệu quả trong việc giảm thiểu sử dụng giống gieo sạ, phân bón và thuốc bảo vệ thực vật theo tiêu chuẩn canh tác bền vững. Cụ thể, lượng giống gieo sạ giảm từ 50 - 65%, tương đương tiết kiệm khoảng 70 - 130 kg/ha. Bên cạnh đó, lượng phân đạm trung bình giảm tới 31,3%, góp phần tiết kiệm chi phí, giảm ô nhiễm môi trường đất, nước và giảm phát thải khí nhà kính.

Năng suất và sản lượng lúa cải thiện

Kết quả từ gần 11 mô hình thí điểm cho thấy năng suất trung bình đạt khoảng 64,8 tạ/ha, tăng 5,12 tạ/ha so với canh tác theo tập quán nông dân. Đặc biệt, 10 trong số 11 mô hình cho thấy năng suất tăng từ 1,4 - 15,9 tạ/ha, tương đương mức tăng trung bình 3,2 - 22,1%.

Quản lý dịch hại và sử dụng nước hiệu quả



Bảng 2. Kết quả về diện tích mô hình và diện tích nhân rộng mô hình trên địa bàn các tỉnh vùng ĐBSCL năm 2024 đến nay

TT	Tỉnh	Năm 2024			Tháng 9/2025			Lũy kế		So với kế hoạch năm 2025 (%)
		Kế hoạch (ha)	Mô hình (ha)	Nhân rộng (ha)	Kế hoạch (ha)	Mô hình (ha)	Nhân rộng (ha)	Mô hình (ha)	Nhân rộng (ha)	
1	Tây Ninh	0,0	0,0	0	60.000	268	69.390	268,0	69.390	115,7
2	Đồng Tháp	50,0	43,1	3.542	97.103	50	55.516	93,1	55.516	60,9
3	Vĩnh Long	50,0	98,4	110	13.703	884	8.114	982,1	8.224	60,0
4	An Giang	60,4	60,8	108.685	371.297	318	33.372	378,8	142.057	99,9
5	Cần Thơ	100,0	100,0	7.330	104.000	230	68.670	330,0	76.000	73,1
6	Cà Mau	0,0	0,0	0	170	110	110	110,0	110	64,7
Tổng cộng		260,4	302,3	119.667	417.181	1.860	235.172	2.162,3	354.839	85,1

Nguồn: Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật

Nhiều mô hình đạt chuẩn về rút nước ít nhất 2 - 3 lần, thậm chí có mô hình thành công rút nước 4 lần. Việc này không chỉ giúp giảm lượng nước tưới tiêu mà còn góp phần giảm phát thải CO₂ do giảm lượng nước bốc hơi và khí methane phát sinh trong quá trình ngập nước.

Thu gom rơm rạ và tái chế rác thải nông nghiệp

Trong vụ Đông Xuân, hầu hết các mô hình đã thu gom rơm rạ ra khỏi đồng ruộng, hạn chế khí nhà kính phát sinh từ việc đốt rơm rạ truyền thống. Một số HTX đã bán rơm cho thương lái, trong khi phần còn lại được tận dụng làm phân bón hoặc ủ làm phân hữu cơ, góp phần thúc đẩy mô hình nông nghiệp tuần hoàn và bền vững.

Tổ chức sản xuất theo chuỗi liên kết

Hầu hết nông dân tham gia mô hình được tổ chức sản xuất thông qua HTX, với sự hỗ trợ kỹ thuật từ cơ quan quản lý, hình thành chuỗi liên kết giá trị bền vững và góp phần nâng cao thu nhập cho nông dân.

Ứng dụng công nghệ mới và tiêu chuẩn quốc tế

Các mô hình thí điểm đã áp dụng thiết bị cơ giới hóa, máy gieo sạ, phun thuốc bằng drone, góp phần nâng cao năng suất và giảm tác động môi trường. Một số diện tích đã đạt chứng nhận VietGAP, hữu cơ và đủ tiêu chuẩn an toàn thực phẩm.

Thương hiệu và xuất khẩu gạo xanh phát thải thấp

Lượng gạo 19.200 tấn đạt chứng nhận nhãn hiệu “Gạo Việt xanh phát thải thấp” đã được đưa ra thị trường quốc tế, trong đó sản phẩm xuất khẩu sang Nhật Bản lần đầu tiên đạt 500 tấn, mở ra kênh tiêu thụ mới, nâng cao uy tín của thương hiệu gạo Việt.

Như vậy, kết quả triển khai 11 mô hình vụ Hè Thu 2025 cho thấy, năng suất lúa tươi các mô hình từ 44,5 tạ/ha đến 87,8 tạ/ha, năng suất trung bình của 11 mô

hình đạt 64,8 tạ/ha, tăng 5,12 tạ/ha so với ngoài mô hình. Trong đó HTX Nông nghiệp và dịch vụ Tiến Thuận có năng suất cao nhất đạt 87,8 tạ/ha; HTX Nông nghiệp Dược liệu Ogranic Cửu Long có năng suất thấp nhất 44,5 tạ/ha (nguyên nhân năng suất thấp là do thời điểm lúa trổ gặp mưa kéo dài, ảnh hưởng đến khả năng thụ phấn, làm giảm năng suất lúa). So với ngoài mô hình ngoại trừ mô hình tại HTX Nông nghiệp Hưng Lợi có năng suất tương đương ngoài mô hình; còn lại 10 mô hình đều có năng suất tăng hơn ngoài mô hình từ 1,4 - 15,9 tạ/ha, tương đương tăng từ 2,6 - 22,1%. Tổng sản lượng lúa tươi của 11 mô hình ước đạt 3.524 tấn, tăng hơn so với ngoài mô hình 267,3 nghìn tấn. Tuy nhiên, thực tiễn cho thấy, các đơn vị còn gặp nhiều khó khăn trong quá trình triển khai:

Khó khăn về kỹ thuật và kiến thức của nông dân

Mặc dù có nhiều kết quả khả quan, vẫn còn nhiều địa phương và HTX mới tham gia thiếu kiến thức và kinh nghiệm trong việc áp dụng quy trình canh tác giảm phát thải. Họ cũng còn e ngại về ảnh hưởng của thời tiết bất thường, đặc biệt là trong việc xác định lượng giống gieo sạ và rút nước trong vụ Hè Thu.

Khó khăn trong đo đếm, theo dõi và đánh giá phát thải

Việc thực hiện quy trình MRV - đo đếm, báo cáo, xác nhận phát thải khí nhà kính mới bắt đầu thử nghiệm trên một số mô hình, cần được mở rộng và hoàn thiện.

3. KẾT QUẢ NHÂN RỘNG MÔ HÌNH ĐỀ ÁN TỪ VỤ HÈ THU 2024 ĐẾN THÁNG 9/2025

3.1. Kết quả nhân rộng diện tích Đề án

Các tỉnh trong vùng Đề án đã tích cực xây dựng và mở rộng các mô hình canh tác bằng ngân sách địa phương. Đặc biệt, nhiều diện tích áp dụng đã đạt được

từ 1, 2, 3, 4 cho đến đầy đủ cả 5 tiêu chí của Quy trình kỹ thuật sản xuất lúa chất lượng cao, phát thải thấp được quy định trong Quyết định số 145/QĐ-TT-CLT. Tính đến nay, diện tích áp dụng đã đạt hơn 235 ngàn ha, tăng gần gấp đôi so với cuối năm 2024 (119,7 nghìn ha). Điều này cho thấy Đề án đã hoàn thành mục tiêu về quy mô, với diện tích canh tác vùng chuyên canh lúa chất lượng cao và phát thải thấp đạt 180.000 ha vào năm 2025. Tuy nhiên, so với số liệu kế hoạch diện tích đăng ký tham gia Đề án tại thời điểm ban hành, con số này chỉ đạt 85,1% (417.181 ha) (Bảng 2).

3.2. Đánh giá việc thực hiện các mục tiêu của Đề án

Về quy mô: Diện tích đạt được là 354.839 ha so với mục tiêu 180.000 ha, đạt tỷ lệ 197% so với mục tiêu đề ra.

Đối với canh tác bền vững: Trên diện tích 354.839 ha đã áp dụng các tiến bộ kỹ thuật, bao gồm: Giảm lượng giống gieo sạ từ 70 - 100 kg/ha; Giảm 20% lượng phân đạm và thuốc bảo vệ thực vật; Giảm 20% lượng nước tưới so với canh tác truyền thống; 100% diện tích áp dụng ít nhất một tiêu chí trong quy trình canh tác bền vững; Diện tích đạt chứng nhận thực hành nông nghiệp tốt (VietGAP) là 7.493 ha, chứng nhận hữu cơ là 246 ha, đủ điều kiện an toàn thực phẩm là 5.659 ha.

Về tổ chức lại sản xuất: 100% nông dân trong các mô hình thí điểm được tổ chức sản xuất theo hợp tác xã, đảm bảo có thực hiện liên kết từ cung cấp vật tư nông nghiệp đến tiêu thụ sản phẩm.

Về BVMT và tăng trưởng xanh: Vụ Đông Xuân đạt 70% tỷ lệ rơm được thu gom và tái sử dụng. Theo báo cáo đo đạc MRV, trung bình, lượng giảm phát thải của 10 mô hình đã thu hoạch lúa là 3,7 tấn CO₂tđ/ha/vụ.

Về thu nhập của người trồng lúa: Theo báo cáo các mô hình, thu nhập của nông dân tăng trung bình 13,4% so với canh tác theo tập quán nông dân.

Đối với xây dựng thương hiệu và xuất khẩu: Hiệp hội ngành hàng lúa gạo đã bắt đầu xây dựng nhãn hiệu “Gạo Việt xanh phát thải thấp”. Lượng gạo

Bảng 3. Kế hoạch thực hiện mô hình vụ Đông Xuân 2025 - 2026

TT	Tỉnh	Kế hoạch mô hình vụ Đông Xuân 2025 - 2026 (ha)	Củng cố diện tích nhân rộng và mở mới năm 2025 để đạt mục tiêu của Đề án
1	Tây Ninh	50	69.390
2	Đồng Tháp	544	97.053
3	Vĩnh Long	1.800	13.703
4	An Giang	1.780	142.255
5	TP. Cần Thơ	500	76.000
6	Cà Mau	520	630
Tổng cộng		5.194,3	399.031

19.200 tấn tương đương với diện tích 5.629 ha lúa trong Đề án được chứng nhận sử dụng nhãn hiệu này, trong đó có 500 tấn gạo được xuất khẩu sang Nhật Bản lần đầu tiên.

3.3. Kế hoạch triển khai Đề án vụ Đông Xuân 2025 - 2026 (Bảng 3)

Theo Kế hoạch, tổng diện tích kế hoạch mô hình vụ Đông Xuân 2025 - 2026 là 5.194,3 ha, được phân bổ tại 6 tỉnh. Trong đó, Vĩnh Long (1.800 ha) và An Giang (1.780 ha) có quy mô lớn nhất, chiếm phần lớn diện tích toàn vùng. Đồng Tháp triển khai 544 ha, trong khi TP. Cần Thơ (500 ha) và Cà Mau (520 ha). Tây Ninh là địa phương có quy mô nhỏ nhất với 50 ha. Số liệu cho thấy phần lớn diện tích mô hình tập trung ở hai tỉnh Vĩnh Long và An Giang, còn các địa phương khác triển khai ở mức trung bình hoặc nhỏ. Ngoài ra, các tỉnh sẽ củng cố lại diện tích nhân rộng và mở mới vụ Đông Xuân 2025 - 2026 là 399.031 ha theo các tiêu chí của quy trình sản xuất lúa chất lượng cao và phát thải thấp.

4. KẾT LUẬN

Đề án "Phát triển bền vững 1 triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao, phát thải thấp vùng ĐBSCL đến năm 2030" đã đạt được nhiều kết quả khả quan trong năm đầu tiên triển khai. Tuy nhiên, để tiếp tục hướng tới mục tiêu phát triển bền vững, cần khắc phục những thách thức hiện tại và đẩy mạnh các hoạt động hỗ trợ, đào tạo để nâng cao năng lực cho nông dân và HTX. Điều này, không chỉ góp phần nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm mà còn giúp BVMT và phát triển kinh tế bền vững cho vùng ĐBSCL. Trong thời gian tới, Bộ Nông nghiệp và Môi trường sẽ tiếp tục bám sát thực tiễn, chỉ đạo áp dụng quy trình giảm phát thải trên diện rộng và hướng dẫn phòng trừ sâu bệnh, bảo vệ thành công vụ Đông Xuân 2025 - 2026 theo đúng kế hoạch sản xuất trong mục tiêu của Đề án. Đồng thời, nhanh chóng hoàn thiện dự thảo để xin ý kiến chuyên gia, ý kiến rộng rãi của các nhà khoa học, tổ chức quốc tế về quy trình MRV để sớm ban hành quy trình này phục vụ mục tiêu tham gia chương trình ERPA trong khuôn khổ Đề án 1 triệu ha; Hoàn thiện dự thảo và các thủ tục để sớm trình ban hành Quy trình canh tác lúa chất lượng cao, phát thải thấp trong Đề án; Chỉ đạo các địa phương mở rộng mô hình sản xuất bền vững và bước đầu triển khai đo đạc phát thải theo quy trình MRV đã được ban hành. Cùng với đó, hỗ trợ doanh nghiệp, hợp tác xã quảng bá sản phẩm gạo chất lượng cao, gạo phát thải thấp đến người tiêu dùng trong và ngoài nước...■



Tiềm năng phát triển năng lượng sinh khối từ phụ phẩm rơm rạ vùng đồng bằng sông Cửu Long

LÊ NGỌC HẢI, PHẠM THỊ CHIỆU

Viện Cây lương thực và cây thực phẩm

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là trung tâm sản xuất nông nghiệp lớn nhất cả nước. 50 năm qua, kể từ ngày giải phóng miền Nam, thống nhất đất nước đến nay, vừa lúa miền Tây liên tục có những bước chuyển mình, không chỉ bảo đảm lương thực cho cả nước, mà còn gia tăng xuất khẩu. Là vùng sản xuất nông nghiệp trọng điểm của cả nước, mỗi năm khu vực ĐBSCL phát sinh một lượng lớn phế phẩm như rơm rạ, vỏ trấu, bã mía... Khi quản lý không phù hợp sẽ gây ô nhiễm môi trường và lãng phí nguồn chất hữu cơ. Đơn cử như rơm rạ, những năm gần đây, rơm sau thu hoạch lúa được thu gom để làm thức ăn thô cho gia súc ăn cỏ, làm đệm lót sinh học cho vật nuôi, làm nấm rơm, phủ gốc cho cây trồng... Tuy nhiên, lượng thu gom rơm chỉ đạt hơn 50%. Hiện nay, vẫn còn một số nơi, sau khi thu hoạch lúa xong, nông dân có thói quen đốt rơm rạ ngay tại ruộng gây ô nhiễm môi trường, cản trở tầm nhìn người tham gia giao thông và ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Bên cạnh đó, việc đốt phế phẩm này ngoài trời sẽ giải phóng vào khí quyển gây hiệu ứng nhà kính. Trước thực trạng đó, phát triển năng lượng sinh khối từ phụ phẩm rơm rạ ngày càng được quan tâm như một giải pháp bền vững và hiệu quả.

TIỀM NĂNG KHAI THÁC PHỤ PHẨM NÔNG NGHIỆP TỪ RƠM RẠ PHỤC VỤ SẢN XUẤT NĂNG LƯỢNG SINH KHỐI VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

ĐBSCL có diện tích gieo trồng khoảng 4 triệu ha lúa mỗi năm, cùng sản lượng lúa khoảng 24 triệu tấn, gây phát sinh rơm rạ ngay trên những cánh đồng lúa. Đây là nguồn phụ phẩm rất lớn nhưng hiện nay vẫn chưa được tận dụng, khai thác triệt để trong việc tái sử dụng vào sản xuất và đời sống. Bảng 1 cho thấy khối lượng rơm rạ phát sinh tập trung chủ yếu tại ĐBSCL (chiếm 55,72% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước năm 2020 và 49,17% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước dự báo đến năm 2030); tiếp theo là Bắc Trung bộ và duyên hải miền Trung (chiếm 15,66% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước năm 2020 và 17,53% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh

của cả nước dự báo đến năm 2030); tiếp theo là đồng bằng sông Hồng (chiếm 14,11% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước năm 2020 và 12,72% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước dự báo đến năm 2030); tiếp theo là trung du và miền núi phía Bắc (chiếm 7,93% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước năm 2020 và 13,39% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước dự báo đến năm 2030). Các vùng còn lại (Đông Nam bộ, Tây Nguyên) có tỷ lệ khối lượng rơm rạ phát sinh hiện nay (năm 2020) và tới năm 2030 dưới 5% tổng khối lượng rơm rạ phát sinh của cả nước. Như vậy, ĐBSCL có nguồn phụ phẩm nông nghiệp từ rơm rạ rất lớn (Bảng 1).

Mặc dù có nguồn phụ phẩm nông nghiệp từ rơm rạ rất lớn nhưng hiện mới chỉ có một số ít rơm được cuộn lại dùng trong sản xuất hoa màu, trồng nấm rơm, tích trữ làm thức ăn cho trâu bò, còn hầu hết đều đốt bỏ. Việc này vừa lãng phí nguồn nguyên liệu rất lớn, vừa làm đất đai bạc màu, tăng hiệu ứng nhà kính, đi ngược lại với Đề án “Phát triển bền vững một triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao, phát thải thấp gắn với tăng trưởng xanh vùng ĐBSCL đến năm 2030” của Thủ tướng Chính phủ đang triển khai, gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng giao thông... Theo Đề án, có 12 tỉnh, thành phố vùng ĐBSCL tham gia; quy mô đến

Bảng 1. Hiện trạng và dự báo tổng khối lượng rơm rạ phát sinh tại Việt Nam

STT	Vùng kinh tế	Hiện trạng năm 2020		Dự báo đến năm 2030	
		Tấn	%	Tấn	%
1	Đồng bằng sông Hồng	21.124.250	14,11	13.566.420	12,72
2	Trung du và miền núi phía Bắc	11.869.200	7,93	14.275.695	13,39
3	Bắc Trung bộ và duyên hải miền Trung	23.432.150	15,66	18.693.780	17,53
4	Tây Nguyên	4.947.950	3,31	5.177.270	4,86
5	Đông Nam bộ	4.906.650	3,28	2.487.450	2,33
6	Đồng bằng sông Cửu Long	83.396.600	55,72	52.436.615	49,17
	Cả nước	149.676.800	100,00	106.637.230	100,00

Nguồn: Trung tâm Công nghệ Môi trường (ENTEC), 2023



Người dân ĐBSCL tận dụng rơm, rạ để trồng nấm mang lại hiệu quả kinh tế và bảo vệ môi trường

2025 là 300.000 ha, đến 2030 là 1 triệu ha, hướng người nông dân sản xuất lúa tới hạn chế những thói quen truyền thống nhằm giảm lượng giống, phân, nước, nâng cao năng suất, tăng thu nhập và giảm lượng phát thải. Bên cạnh nâng cao chất lượng, sản lượng lúa và giảm lượng phát thải khí nhà kính, tất cả rơm rạ tại các vùng chuyên canh lúa được thu gom khỏi đồng ruộng để chế biến, tái sử dụng. Một trong những nguyên nhân được chỉ ra là do nông dân không đủ nguồn lực tài chính để đầu tư số lượng lớn máy cuộn rơm sau khi máy gặt đập liên hợp thu hoạch lúa. Một phần cũng còn phụ thuộc vào nhu cầu của thị trường tiêu thụ rơm chưa thật sự cao.

Trước thực trạng đó, phát triển năng lượng sinh khối từ phụ phẩm rơm rạ ngày càng được quan tâm như một giải pháp bền vững. Trong báo cáo về nguồn năng lượng tái tạo từ sinh khối của Trần Thiên Cường và các cộng sự năm 2021 [2] đã cho thấy tiềm năng về sản lượng rơm rạ từ sản xuất lúa gạo khu vực ĐBSCL là lớn nhất cả nước, ước tính khoảng 29 triệu tấn/năm và nguồn năng lượng sinh khối từ rơm rạ có thể đạt đến 1.403 MW. Trong đó, các tỉnh Kiên Giang, An Giang và Đồng Tháp là ba tỉnh có đóng góp nhiều nhất trong khu vực ĐBSCL (thậm chí là cả nước) về sản xuất điện sinh khối từ rơm rạ với công suất lần lượt là 245 MW, 225 MW và 190 MW. Nguyên nhân là do ba tỉnh này có diện tích canh tác lúa lớn và tập quán sản xuất lúa 3 vụ/năm nên sản lượng về rơm rạ là lớn nhất trong

khu vực [2]. Bên cạnh đó, Sóc Trăng cũng là một trong những tỉnh đầu tư phát triển nền kinh tế tuần hoàn từ việc xây dựng nhà máy điện 10 MW tận dụng nguồn sinh khối rơm rạ và chất thải rắn [3]. Trong các dạng năng lượng tái tạo, năng lượng sinh khối là một trong các nguồn năng lượng có tiềm năng nhất do tính trung hòa các-bon, sản lượng lớn, thân thiện môi trường và dễ phát triển. Sinh khối đa dạng nguồn gốc từ phụ phẩm nông nghiệp, chất thải động vật, con người và thực vật biển. Sinh khối có thể bao gồm các sản phẩm và phụ phẩm từ nông nghiệp và lâm nghiệp. Đồng thời sinh khối cũng có thể bao gồm các phần hữu cơ không hóa thạch và có thể phân hủy sinh học của khu công nghiệp và chất thải rắn của thành phố. Sinh khối cũng bao gồm chất khí và chất lỏng được thu hồi từ quá trình phân hủy vật liệu hữu cơ không hóa thạch [8]. Quá trình chuyển đổi sinh khối thành năng lượng (năng lượng sinh khối) có ý nghĩa quan trọng đối với đời sống con người. Năng lượng sinh khối được xem là nguồn năng lượng tái tạo, có thể sử dụng trực tiếp (tạo ra nhiệt thông qua việc đốt các sinh khối một cách trực tiếp) hoặc gián tiếp khi sinh khối được chuyển thành một dạng năng lượng khác (chẳng hạn như điện bã mía, điện trấu...) nhằm mục đích phục vụ sản xuất và sinh hoạt của con người. Việc nâng cao hiệu quả sử dụng tiềm năng năng lượng sinh khối không chỉ giúp giảm thiểu sự phụ thuộc của Việt Nam vào các nguồn năng lượng truyền thống, giảm phát thải các-



bon và ô nhiễm môi trường, mà còn mang lại lợi ích kinh tế cho người nông dân tham gia vào chuỗi giá trị năng lượng sinh học. Hơn nữa, năng lượng sinh khối không phải là nguồn dao động như năng lượng mặt trời và năng lượng gió, vì vậy năng lượng sinh khối chính là nguồn cung cấp năng lượng tái tạo ổn định trong tương lai. Theo báo cáo của Hiệp hội Năng lượng sinh học toàn cầu, năng lượng sơ cấp có nguồn gốc sinh học đóng góp khoảng 67% vào nguồn năng lượng tái tạo trong năm 2018 với các nguồn 85% từ gỗ và các nguồn sinh khối truyền thống khác, 7% nhiên liệu sinh học lỏng, chất thải công nghiệp và sinh hoạt với 5% và biogas 3% [9]. Ủy ban năng lượng tái tạo châu Âu (EREC) dự đoán năng lượng tái tạo sẽ phát triển gấp đôi đến năm 2040, trong đó các nguồn sinh khối chiếm khoảng 16% trong tổng nguồn năng lượng tiêu thụ sơ cấp trên thế giới và là nguồn quan trọng nhất trong các dạng năng lượng tái tạo [10]. Trong tương lai, sinh khối có tiềm năng rất lớn để cung cấp nguồn năng lượng có chi phí hiệu quả cao và bền vững [11].

Mặc dù vùng ĐBSCL có nguồn phụ phẩm nông nghiệp từ rơm rạ phong phú, dồi dào, giàu tiềm năng phát triển năng lượng sinh khối, tuy nhiên cần đánh giá đúng những khó khăn, thách thức trong đầu tư và phát triển năng lượng sinh khối để có chiến lược phát triển phù hợp. Công nghệ là một trong những thách thức lớn nhất trong việc chuyển đổi dần sang sử dụng năng lượng sinh khối ở vùng ĐBSCL. Giá thành cao của công nghệ chuyển hóa sinh khối chính là rào cản khiến nhiên liệu sinh khối hiện chưa thể cạnh tranh hay thay thế cho nhiên liệu truyền thống. Hơn nữa, việc thiếu hụt nguồn nhân lực có kinh nghiệm và kỹ năng để lắp đặt, vận hành và bảo trì thiết bị cũng là một trong những rào cản cho việc mở rộng việc sử

dụng năng lượng sinh khối. Bên cạnh đó, chi phí cho việc vận chuyển, thu thập nguyên liệu có ảnh hưởng đáng kể đến chi phí sản xuất điện sinh khối, cần phải có sự phân tích đánh giá để đảm bảo được yếu tố kinh tế...

MỘT SỐ KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH

Để phát triển hết tiềm năng của năng lượng sinh khối thì cần phải có các giải pháp phù hợp tương ứng với yêu cầu và đặc thù ở khu vực ĐBSCL. Các nhóm giải pháp được đề xuất là về cơ chế chính sách và lựa chọn công nghệ phù hợp.

Cơ chế chính sách

Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Chiến lược phát triển năng lượng tái tạo của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, đưa tổng năng lượng sinh khối được sử dụng tăng từ khoảng 14,4 triệu TOE (tấn dầu tương đương) vào năm 2015, lên khoảng 16,2 TOE vào năm 2020; khoảng 32,2 TOE vào năm 2030 và 62,5 triệu TOE vào năm 2050 nhằm mục tiêu giảm thiểu sự phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu hóa thạch [17]. Ngoài ra, Quyết định số 428/QĐ-TTg ngày 18/3/2016 cũng đặt mục tiêu tăng tỷ lệ lắp đặt các hệ thống sử dụng năng lượng tái tạo (năng lượng gió, mặt trời...) từ 7% năm 2020 lên 10% năm 2030 là 27 GW, trong đó năng lượng sinh khối chiếm 2,1% trên tổng sản lượng. Những văn bản này cho thấy tính cấp thiết và tiềm năng cao trong việc nghiên cứu phát triển và sử dụng năng lượng sinh khối.

Bên cạnh đó, Điều 61 Luật BVMT cũng quy định, phụ phẩm nông nghiệp phải được thu gom để sản xuất ra sản phẩm hàng hóa, sử dụng làm nguyên liệu, nhiên liệu, sản xuất phân bón, sản xuất năng lượng hoặc phải được xử lý theo quy định; không đốt ngoài trời phụ phẩm từ cây trồng gây ô nhiễm môi trường. Nhà nước có chính sách khuyến khích đổi mới mô hình, phương pháp sản xuất nông nghiệp theo hướng bền vững, thích ứng với biến đổi khí hậu, tiết kiệm nước, hạn chế sử dụng phân bón vô cơ, thuốc bảo vệ thực vật hóa học và sản phẩm xử lý môi trường trong nông nghiệp; phát triển mô hình nông nghiệp thân thiện môi trường [13]. Điều 76 Luật Trồng trọt chỉ rõ, khuyến khích sử dụng phụ phẩm cây trồng làm nguyên liệu để sản xuất sản phẩm, hàng hóa [12]. Ngoài ra, một số văn bản khác cũng có đề cập đến phát triển năng



Máy cuốn rơm nhằm tận dụng phụ phẩm nông nghiệp và giảm phát thải



lượng sinh khối như Nghị định số 06/2022/NĐ-CP của Chính phủ quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn; Nghị định số 119/2025/NĐ-CP của Chính phủ sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/1/2022 của Chính phủ quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn; Nghị định số 84/2019/NĐ-CP quy định về quản lý phân bón; Quyết định số 896/QĐ-TTg/2022 ban hành Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu; Quyết định số 885/QĐ-TTg phê duyệt Đề án Phát triển nông nghiệp hữu cơ; Quyết định số 1490/QĐ-TTg phê duyệt Đề án Một triệu ha lúa chất lượng cao, phát thải thấp... Mặc dù Luật Trồng trọt, Luật BVMT cùng các Nghị định, Quyết định không có quy định riêng về phát triển năng lượng sinh khối nhưng có các điều khoản liên quan đến BVMT trong hoạt động trồng trọt, bao gồm việc khuyến khích sử dụng các biện pháp canh tác bền vững, giảm thiểu ô nhiễm môi trường và sử dụng hiệu quả tài nguyên. Tuy nhiên, để phát triển năng lượng tái tạo, trong đó có năng lượng sinh khối, Nhà nước cần có chiến lược cụ thể và lâu dài, cơ chế chính sách hỗ trợ việc huy động vốn đầu tư từ các nguồn ngân sách Nhà nước, tư nhân, quốc tế để nghiên cứu triển khai và phát triển năng lượng sinh khối hiệu quả.

Lựa chọn công nghệ phù hợp

Hiện nay, năng lượng sinh khối thường sử dụng công nghệ đốt cháy để tạo ra nhiệt và phân hủy yếm khí để sản xuất biogas. Tuy nhiên, đa số các nhà máy, hộ sản xuất đều sử dụng sinh khối để đốt trực tiếp gây ô nhiễm môi trường, hiệu quả thấp, gia tăng chi phí sản xuất. Công nghệ khí hóa sinh khối được xem là giải pháp năng lượng bền vững cho sản xuất nông sản và quản lý chất thải phụ phẩm nông nghiệp ở nông thôn ĐBSCL. Thông qua việc thúc đẩy công nghệ khí hóa sinh khối ở quy mô nhỏ phù hợp với khả năng tài chính và công nghệ của doanh nghiệp và phát triển hệ thống dịch vụ hỗ trợ tại địa phương; góp phần giảm việc sử dụng khí gas và than, đồng thời tận dụng được các nguồn phụ phẩm hiện có. Không chỉ tiết kiệm, hiệu quả về chi phí, giải pháp này còn góp phần tăng chất lượng sản phẩm, đem lại hiệu quả kinh tế và môi trường.

Bên cạnh đó, rất cần triển khai mô hình thí điểm nhằm chứng minh tính khả thi, đồng thời đúc rút các bài học kinh nghiệm từ các dự án thí điểm để giảm rủi ro trong nhân rộng và thu hút khu vực tư nhân tham gia phát triển năng lượng sinh khối■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bhaskar Reddy (2008). *Biochar Production and uses*, in *BioEnergy List*, *Biochar mailing lists - Sharing technical events information about biochar*.

2. Cuong, T. T., Le, H. A., Khai, N. M., Hung, P. A., Linh, L. T., Thanh, N. V., ... & Huan, N. X. (2021). *Renewable energy from biomass surplus resource: potential of power generation from rice straw in Vietnam*. *Scientific reports*, 11 (1), 1-10.
3. Hiếu, T. (2020). *Sóc Trăng đa dạng hóa các nguồn cung năng lượng tái tạo*. <https://dantocmiennui.baotintuc.vn/soc-trang-da-dang-hoa-cac-nguon-cung-nang-luong-tai-tao-post297449.html>.
4. Tuan, L. A. (2016). *An overview of the renewable energy potentials in the Mekong river Delta, Vietnam*. *Gazi University Journal of Science, Renewable Energy*, 70-79. doi:10.22144/ctu.jsi.2016.011.
5. Thanh, D. T., Saito, O., Yamamoto, Y., & Tokai, A. (2010). *Scenarios for Sustainable Biomass Use in the Mekong Delta, Vietnam*. *JSustain Energy Environ*, 1.
6. Quintero, J. A., Rincón, L. E., & Cardona, C. A. (2011). *Chapter 11 - Production of Bioethanol from Agroindustrial Residues as Feedstocks*. In A. Pandey, C. Larroche, S. C. Ricke, C.-G. Dussap, & E. Gnansounou (Eds.), *Biofuels* (pp. 251-285). Amsterdam: Academic Press.
7. EIA. (2017). *International energy outlook 2017*. Enerdata. (2020). *Global Energy Statistical Yearbook*.
8. Demirbas, A. (2009). *Biofuels*. Verlag London: Springer.
9. Association, W. B. (2020). *Global bioenergy statistics 2020*. <http://www.worldbioenergy.org/uploads/201210%20WBA%20GBS%202020.pdf>.
10. Council, E. R. E. (2019). *Renewable Energy Scenario to 2040*. <http://energiasolar.net/erec2040.pdf>.
11. Balat, M., & Ayar, G. (2005). *Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends*. *Energy Sources*, 27(10), 931-940. doi:10.1080/00908310490449045.
12. Quốc hội (2018). *Luật Trồng trọt số 31/2018/QH14*.
13. Quốc hội (2020). *Luật BVMT số 72/2020/QH14*.
14. Thủ tướng Chính phủ (2023). *Quyết định số 1490/QĐ-TTg, ngày 27/11/2023, ban hành Đề án "Phát triển bền vững một triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao, phát thải thấp gắn với tăng trưởng xanh vùng ĐBSCL đến năm 2030"*.
15. Chính phủ (2025). *Nghị định số 119/2025/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/1/2022 của Chính phủ quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn*.
16. Thủ tướng Chính phủ (2023). *Quyết định số 1490/QĐ-TTg, ngày 27/11/2023, phê duyệt Đề án "Phát triển bền vững một triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao và phát thải thấp gắn với tăng trưởng xanh vùng ĐBSCL đến năm 2030"*.
17. Thủ tướng Chính phủ (2015). *Quyết định số 2068/QĐ-TTg, ngày 25/11/2015, phê duyệt Chiến lược phát triển năng lượng tái tạo của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050*.



Quan điểm, phương pháp tiếp cận và giải pháp thúc đẩy bảo hiểm nông nghiệp tại Việt Nam

NGUYỄN THỊ DOAN

Hiệp hội Bảo hiểm Việt Nam

Bảo hiểm nông nghiệp (BHNN) là công cụ tài chính gắn liền với hoạt động sản xuất kinh doanh nông nghiệp, bảo vệ người nông dân trước rủi ro thiên tai, thời tiết cũng như rủi ro về biến động giá cả trên thị trường (FAO, 2011). Tại Việt Nam, BHNN đã được triển khai thí điểm từ năm 1982 và chính thức được áp dụng trên toàn quốc từ năm 2019 theo Nghị định số 58/2018/NĐ-CP ngày 18/4/2018 của Chính phủ về BHNN. Đây là loại hình bảo hiểm dành cho đối tượng sản xuất nông nghiệp, lâm nghiệp và thủy sản, trong đó bên mua bảo hiểm đóng phí bảo hiểm và doanh nghiệp bảo hiểm bồi thường cho người được bảo hiểm khi xảy ra sự kiện bảo hiểm (Nghị định số 58/2018/NĐ-CP).

BHNN mang lại nhiều lợi ích thiết thực như: Bảo vệ tài sản và giúp nông dân vượt qua thảm họa mùa màng do thiên tai, dịch bệnh gây ra; tăng chất lượng, sản phẩm nông sản do quy trình sản xuất được quản trị tốt hơn; tăng độ tin cậy, lòng tin của các bên khi tham gia chuỗi giá trị; khuyến khích đầu tư vào sản xuất nông nghiệp khi những rủi ro được quản trị tốt, đồng thời hạn chế được rủi ro trong sản xuất kinh doanh nông nghiệp; giảm áp lực ngân sách nhà nước khi Nhà nước có thể thay thế dần chính sách hỗ trợ thảm họa sang hỗ trợ quản trị rủi ro; thúc đẩy cơ chế thị trường phát triển; giảm sự phụ thuộc của nông dân vào nguồn hỗ trợ từ ngân sách nhà nước sau thiên tai, dịch bệnh (hiện nay, chính sách hỗ trợ đang thực hiện theo Nghị định số 09/2025/NĐ-CP của Chính phủ quy định về chính sách hỗ trợ sản xuất nông nghiệp để khôi phục sản xuất vùng bị thiệt hại do thiên tai, dịch hại thực vật và Nghị định số 116/2025/NĐ-CP của Chính phủ quy định về chính sách hỗ trợ khắc phục dịch bệnh động vật). Về cơ bản, BHNN có ba vai trò chính, bao gồm: (i) Hỗ trợ làm giảm bớt những thiệt hại do rủi ro gây ra, từ đó ổn định thu nhập của người dân, ổn định xã hội, góp phần phát triển kinh tế ngành và quốc gia; (ii) Làm giảm tỷ lệ nợ xấu của người dân do ảnh hưởng của rủi ro, từ đó ổn định an sinh xã hội tại khu vực nông thôn; (iii) Mang lại nguồn vốn nhất định giúp người dân khắc phục sản xuất sau khi rủi ro xảy ra.

1. THỰC TRẠNG VÀ THÁCH THỨC ĐỐI VỚI BẢO HIỂM NÔNG NGHIỆP Ở VIỆT NAM HIỆN NAY

1.1. Thực trạng

Trung bình mỗi năm, tại Việt Nam, thiên tai khiến

240 người chết và mất tích, thiệt hại kinh tế gần 30.000 tỷ đồng [1], buộc Nhà nước phải chi ngân sách bổ sung cho công tác khắc phục hậu quả, hỗ trợ người dân và phục hồi sản xuất. Cùng với đó là những tổn thất khác như mất mùa kéo dài, gián đoạn chuỗi cung ứng, mất an ninh lương thực cục bộ... Gần đây nhất, cơn bão Yagi (tháng 9/2024) đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến nhiều địa phương trên phạm vi cả nước với tổng thiệt hại lên tới hơn 81.703 tỷ đồng, trong đó ngành nông nghiệp phải gánh chịu tổn thất lên tới 30.800 tỷ đồng, chiếm 38% tổng thiệt hại, cụ thể: 286.660 ha lúa, 63.350 ha hoa màu bị ngập úng, thiệt hại; 39.242 ha cây ăn quả bị hư hại; 190.230 ha rừng bị tàn phá; 36.310 ha và 11.835 lồng bè nuôi trồng thủy sản bị hư hỏng, cuốn trôi; trên 44.500 con gia súc; trên 5,7 triệu con gia cầm bị chết [2]. Hoạt động sản xuất, kinh doanh của hàng loạt DN và nông dân cũng bị đình trệ, nhiều gia đình trở nên trắng tay vì mất vốn sản xuất, lâm vào nợ xấu. Riêng đối với Ngân hàng Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (Agribank), thiệt hại do bão Yagi gây ra đã ảnh hưởng đến 28.200 khách hàng vay vốn, tổng dư nợ bị ảnh hưởng ước tính 40.000 tỷ đồng và dư nợ bị thiệt hại trực tiếp gần 17.000 tỷ đồng. Agribank ghi nhận 512 khách hàng DN bị thiệt hại, với dư nợ thiệt hại 6.195 tỷ đồng, nhưng chỉ có 155 khách hàng được bảo hiểm, với số tiền bồi thường khoảng 200 tỷ đồng. Điều này cho thấy lượng khách hàng vay vốn tại Agribank tham gia bảo hiểm còn rất khiêm tốn. Nếu xét tỷ lệ bảo hiểm so với dư nợ bị thiệt hại, chỉ 0,65% dư nợ bị thiệt hại của Agribank được bảo vệ bởi bảo hiểm. Đây là minh chứng khẳng định vai trò không thể thiếu của bảo hiểm trong việc giảm thiểu rủi ro tài chính và nhấn mạnh rằng tỷ lệ tham gia bảo hiểm còn rất thấp, cần có giải pháp để thúc đẩy mạnh mẽ hơn trong thời gian tới [3].

Với vai trò là một trong những ngành kinh tế mũi nhọn, nông nghiệp vẫn dễ dàng bị tổn thương trước những biến động của thiên nhiên. Ngày 22/5/2025, Ngân hàng thế giới (WB) đã công bố hai báo cáo chiến lược: “Việt Nam 2045 - Đột phá: Thể chế cho một tương lai thu nhập cao” và “Việt Nam 2045 - Tăng trưởng xanh hơn: Con đường hướng tới tương lai bền vững”. Cả hai báo cáo đều khẳng định, để hiện thực hóa mục tiêu trở thành quốc gia thu nhập cao vào năm 2045, Việt Nam cần tăng tốc cải cách thể chế và chuyển đổi



Cần hoàn thiện chính sách và thể chế để BHNN trở thành công cụ tài chính quan trọng, thúc đẩy ngành nông nghiệp tại Việt Nam phát triển theo hướng nhanh, bền vững

sang mô hình tăng trưởng xanh, bao trùm, bền vững. Báo cáo “Đột phá: Thể chế cho một tương lai thu nhập cao”, WB nhấn mạnh cải cách thể chế là điều kiện tiên quyết để Việt Nam vượt qua bẫy thu nhập trung bình. Trong khi Báo cáo “Tăng trưởng xanh hơn” cảnh báo rằng biến đổi khí hậu (BĐKH) là mối đe dọa lớn đối với phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam. Các kịch bản mô phỏng cho thấy, nếu mực nước biển dâng từ 75 -100 cm, gần 50% diện tích đồng bằng sông Cửu Long có nguy cơ bị ngập trong nửa sau thế kỷ XXI. Đồng thời, khảo sát năm 2024 cho thấy, 75% doanh nghiệp may mặc và điện tử - hai ngành xuất khẩu chủ lực đang hoạt động tại các khu vực thường xuyên chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ cao, khiến 1,3 triệu lao động rơi vào nhóm dễ bị tổn thương. Nếu không có biện pháp thích ứng kịp thời, hiệu quả, Việt Nam có thể thiệt hại tới 12,5% GDP vào năm 2050 do BĐKH. Tuy nhiên, nếu đầu tư kịp thời vào các biện pháp thích ứng, con số này có thể được thu hẹp xuống còn 6,7% [4].

Trước bối cảnh đó, BHNN trở thành một công cụ tài chính hữu hiệu giúp người dân và DN có điểm tựa để phục hồi sau các rủi ro thời tiết và thiên tai, không chỉ cung cấp hỗ trợ tài chính kịp thời mà còn đóng vai trò như một lớp phòng vệ kinh tế, một “tấm lá chắn” thiết yếu trong chiến lược ứng phó với rủi ro và BĐKH. Đặc biệt, Việt Nam được đánh giá là một trong 5 quốc

gia thuộc nhóm dễ tổn thương nhất trước BĐKH, tần suất và cường độ các hình thái thời tiết cực đoan ngày càng tăng cao, do đó trong thời gian tới BHNN nên được xem là một công cụ bảo vệ trước các rủi ro và yếu tố bất định, từ đó vừa đóng góp duy trì sự ổn định của ngành nông nghiệp, vừa góp phần đảm bảo an ninh lương thực. Hơn nữa, bằng cách tăng cường khả năng phục hồi của người nông dân, BHNN hỗ trợ sự ổn định kinh tế, thúc đẩy phát triển bền vững và giảm thiểu tác động kinh tế do thời tiết cực đoan gây ra.

Chính sách hỗ trợ BHNN tại Việt Nam hiện đang được thực hiện theo Nghị định số 58/NĐ-CP năm 2028 và Quyết định số 13/2022/QĐ-TTg ngày 9/5/2022 của Thủ tướng Chính phủ và thời gian áp dụng đến hết ngày 31/12/2025. Theo đó, có 5 loại cây trồng (lúa, cao su, hồ tiêu, điều, cà phê); 3 loại vật nuôi (trâu, bò, lợn); 3 loại thủy sản (tôm thẻ, tôm sú, cá tra) được hỗ trợ tại một số địa bàn (trồng trọt tại 7 tỉnh; chăn nuôi tại 11 tỉnh; thủy sản tại 5 tỉnh) và rủi ro được bảo hiểm cho 19 loại thiên tai, cùng một số dịch bệnh (12 bệnh thực vật, 4 loại bệnh động vật, không bảo hiểm bệnh cho thủy sản). Tuy nhiên, tính đến tháng 8/2025, mới có khoảng hơn 16.700 hộ tham gia với doanh thu 6,88 tỷ và công tác bồi thường chỉ đạt 198 triệu đồng cho 2 nhóm chính là bảo hiểm cây lúa và bảo hiểm trâu bò, trong khi bảo hiểm thủy sản chưa được triển khai [5].



Kết quả này vẫn còn rất hạn chế cả về quy mô lẫn mức độ lan tỏa. Đáng chú ý, số lượng nông dân tham gia đang có chiều hướng giảm dần, nguyên nhân chính là do sự thiếu nhận thức và hiểu biết về loại hình bảo hiểm này. Nhiều nông dân còn khá xa lạ với khái niệm, chưa nắm rõ lợi ích tiềm năng của bảo hiểm và các lựa chọn phù hợp. Thách thức càng khó giải quyết hơn bởi một số sản phẩm bảo hiểm khá phức tạp, khó hiểu nếu không có sự hướng dẫn hoặc tập huấn cần thiết.

1.2. Một số thách thức

Chính sách và định hướng về BHNN chưa được rà soát, điều chỉnh phù hợp với nhu cầu thực tế: Các quy định tại Nghị định số 58/2018/NĐ-CP của Chính phủ và chính sách hỗ trợ theo Quyết định số 22/2019/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ còn bất cập cả về loại cây trồng, vật nuôi, dịch bệnh được bảo hiểm. Bên cạnh đó, chính sách hỗ trợ BHNN mới chú trọng đến công tác an sinh xã hội (hộ nghèo, cận nghèo và hộ thường, bao gồm hộ sản xuất hàng hóa) mà chưa quan tâm đến phục vụ phát triển sản xuất hàng hóa quy mô lớn như cà phê, hồ tiêu, cao su, thủy sản, lợn thịt, gia cầm, rau quả; chưa gắn BHNN với phòng chống rủi ro trong sản xuất của hợp tác xã (HTX), DN và nông hộ. Mặt khác, một số địa phương chưa thực sự quan tâm đến thúc đẩy BHNN. Công tác tuyên truyền, kiểm tra còn hạn chế. Thực tế triển khai tại địa phương giao cho ngành nông nghiệp trong khi cán bộ không có nghiệp vụ về bảo hiểm và rà soát đối tượng chính sách, dẫn đến nhiều vướng mắc.

Sản xuất nông nghiệp phần lớn quy mô nhỏ lẻ: Giai đoạn 2019 - 2023 (triển khai theo Nghị định số 58/2018/NĐ-CP), BHNN được áp dụng tại 20 tỉnh, thành phố nhưng chủ yếu thực hiện ở cấp hộ sản xuất cá thể với 317.000 hộ dân tham gia, song phần lớn không thông qua tổ nhóm hay HTX, hoặc tổ chức sản xuất nông nghiệp khác. Với quy mô nhỏ, manh mún, sản xuất nông nghiệp nhiều nơi chưa tuân thủ theo quy hoạch, kế hoạch về an toàn dịch bệnh; an toàn thực phẩm và môi trường [5]. Một bộ phận người nông dân không thực hiện đúng quy trình nuôi trồng một cách khoa học (phun thuốc trừ sâu, vệ sinh chuồng trại, tiêm phòng cho vật nuôi...), dẫn đến thiếu tính chủ động ứng phó với rủi ro và gặp khó khăn trong việc giám sát, giải quyết tranh chấp khi xảy ra [6].

BHNN tại Việt Nam hiện nay dễ bị trục lợi: Tình trạng trục lợi BHNN diễn ra khá tinh vi, bởi vì ranh giới giữa rủi ro được bảo hiểm và rủi ro không được bảo hiểm rất khó kiểm soát, trong khi cơ sở vật chất kỹ thuật, hệ thống công nghệ thông tin của địa phương và DN bảo hiểm còn hạn chế; lực lượng cán bộ mỏng, chưa có nhiều kinh nghiệm triển khai nghiệp vụ bảo hiểm mới [6]. Do khó xác định rủi ro, mức độ thiệt hại và phụ

thuộc các cơ quan chuyên môn xác nhận... vì thế khó huy động các bên tham gia, nhất là DN bảo hiểm.

Hạ tầng phục vụ BHNN chưa có hoặc rất hạn chế: Thiếu cơ sở dữ liệu dùng chung về BHNN như số liệu sản xuất, rủi ro cấp độ xã, tỉnh trong quá khứ; dữ liệu về chỉ số thời tiết... vào điều tra thông tin, thiết kế sản phẩm, đánh giá rủi ro, giám định tổn thất trong BHNN. Công cụ giám sát còn thiếu, chưa đồng bộ như hệ thống quan trắc, công cụ khai báo, cảnh báo thiên tai, dịch bệnh, dẫn đến việc tranh chấp, chưa tạo được niềm tin giữa DN bảo hiểm và người sản xuất tham gia bảo hiểm.

2. QUAN ĐIỂM, ĐỊNH HƯỚNG TIẾP CẬN THÚC ĐẨY BẢO HIỂM NÔNG NGHIỆP

Bảo hiểm là công cụ quản trị rủi ro, không chỉ hỗ trợ tạm thời tại khi xảy ra sự kiện bảo hiểm: Thay vì chỉ xem BHNN là một cơ chế đền bù thiệt hại sau các sự kiện rủi ro (thiên tai, dịch bệnh...), cần coi đây là một công cụ tài chính thiết yếu để quản trị rủi ro, bảo vệ tài sản, giúp nông dân vượt qua thảm họa. Quan điểm này giúp nông dân chủ động hơn trong sản xuất, đồng thời giảm sự phụ thuộc vào ngân sách nhà nước cho công tác cứu trợ.

Hoàn thiện chính sách và thể chế: Việc triển khai chính sách BHNN theo Nghị định số 58/2018/NĐ-CP trong những năm qua còn nhiều bất cập, đặt ra yêu cầu phải có sự thay đổi toàn diện cả về cách tiếp cận, chính sách hỗ trợ để BHNN phát triển thực chất, bền vững. Trong đó, tập trung vào các nội dung: (i) Cần có quy định về chính sách tài chính trong từng năm, giai đoạn hỗ trợ BHNN cả ở Trung ương và địa phương gắn với các chương trình hỗ trợ phát triển sản xuất hoặc quản lý tài chính trong nông nghiệp; (ii) Xem xét thay đổi cách tiếp cận chính sách, không chỉ tập trung hỗ trợ hộ nghèo, cận nghèo, hộ thường, tổ chức sản xuất mà cần mở rộng đối tượng ưu tiên theo địa bàn (vùng, miền có nguy cơ cao về thiên tai, dịch bệnh); theo đối tượng (sản xuất hàng hóa, quy mô lớn); (iii) Đa dạng hóa sản phẩm bảo hiểm, bổ sung các loại hình bảo hiểm theo chỉ số (chỉ số thời tiết, viễn thám) và không phụ thuộc vào tổn thất thực tế; mở rộng đối tượng, loại hình rủi ro được bảo hiểm. Hiện Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã đề xuất sửa đổi, bổ sung tại Nghị định số 58/2018/NĐ-CP để bảo hiểm cả tài sản, nông cụ, máy móc, nhà xưởng cho nông dân, HTX, DN. Đây là tư liệu sản xuất quan trọng, tài sản lớn đối với nông dân, vì vậy cần thiết có sự hỗ trợ để bảo hiểm cho những tài sản này; (iv) Ngân sách Trung ương, ngân sách địa phương và người sản xuất cùng chia sẻ tỷ lệ hỗ trợ phí BHNN như kinh nghiệm của một số quốc gia trên thế giới để đảm bảo yếu tố bền vững, thúc đẩy sự tham gia của



các bên liên quan. Đồng thời, Chính phủ nên xem xét chính sách hỗ trợ tái bảo hiểm khi xảy ra thảm họa và cân nhắc việc thành lập Quỹ bảo đảm quốc gia về thiên tai nông nghiệp.

Thúc đẩy vai trò của các tổ chức trung gian, tập trung vào HTX, tổ nhóm: Các tổ nhóm nông dân, HTX được xác định là đối tác trung tâm trong chính sách BHNN thể hệ mới, trong đó, ưu tiên chính sách hỗ trợ HTX tham gia BHNN. Tính đến năm 2024, khu vực kinh tế tập thể, HTX nông nghiệp có trên 22.000 HTX nông nghiệp và hơn 34.000 tổ nhóm nông dân hoạt động trong các vùng sản xuất nông nghiệp, chiếm 65% số lượng HTX, với khoảng 3,8 triệu thành viên, hộ gia đình tham gia, đóng vai trò quan trọng trong lĩnh vực nông nghiệp, nông thôn [7]. Nhiều HTX nông nghiệp đã được tiếp cận công nghệ số như: Truy xuất nguồn gốc, nhật ký điện tử, phần mềm kế toán... có thể trở thành những đối tác hiệu quả của các DN bảo hiểm.

Việc triển khai BHNN thông qua tổ nhóm nông dân, HTX đã được cụ thể hóa tại Nghị quyết số 19-NQ/TW ngày 16/6/2022, Hội nghị lần thứ năm Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XIII về nông nghiệp, nông dân, nông thôn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, trong đó xác định: “BHNN là công cụ quản trị rủi ro quan trọng, gắn với xây dựng hệ thống an sinh nông thôn mới và thúc đẩy đầu tư tư nhân vào nông nghiệp”. Nghị quyết số 20-NQ/TW ngày 16/6/2022, Hội nghị lần thứ năm Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XIII về tiếp tục đổi mới, phát triển, nâng cao hiệu quả kinh tế tập thể trong giai đoạn mới cũng xác rõ vai trò của các HTX nông nghiệp trong cung cấp dịch vụ đầu vào, đầu ra, dịch vụ tài chính cho thành viên và các hộ nông dân. Do đó, triển khai bảo hiểm thông qua các tổ chức này sẽ giúp giảm chi phí, tăng sự tin tưởng của nông dân và hỗ trợ công tác giám sát, xác minh thiệt hại một cách khách quan.

Ứng dụng khoa học công nghệ: Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia đặt ra yêu cầu nhưng cũng là thời cơ để giúp BHNN được số hóa, tích hợp với dữ liệu sản xuất và rủi ro thời tiết, xây dựng nền tảng giám sát, bảo hiểm số. Hiện nay, việc tăng cường ứng dụng công nghệ, đặc biệt là viễn thám và dữ liệu nông nghiệp số quản lý quá trình sản xuất; đánh giá rủi ro, giám định tổn thất, thiết kế sản phẩm bảo hiểm rất phù hợp với xu thế của thế giới cũng như các sản phẩm số mới của DN bảo hiểm.

Tăng cường năng lực và tuyên truyền về BHNN: Nâng cao năng lực cho cơ quan quản lý nhà nước chuyên ngành trong việc giám sát và đảm bảo giám sát BHNN minh bạch, có lợi cho các bên tham gia; đa

dạng nội dung, cách thức truyền thông (ngoài việc khi gặp rủi ro sẽ được hỗ trợ, đền bù để giảm thiểu thiệt hại, người dân khi tham gia bảo hiểm còn được hướng dẫn cách thức quản trị rủi ro kể từ khi bắt đầu một chu trình sản xuất; được áp dụng quy trình sản xuất tiên tiến để nâng cao tính an toàn và chất lượng nông sản; tạo điều kiện để thu hút DN cùng đầu tư, liên kết sản xuất, tiêu thụ nông sản); giao nhiệm vụ truyền thông đến tận hệ thống khuyến nông, trồng trọt, phòng chống thiên tai cấp xã, thôn.

3. ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP

BHNN là một loại hình bảo hiểm truyền thống nằm trong số những sản phẩm bảo hiểm phi nhân thọ hiện hành trên thị trường bảo hiểm thế giới. Mặc dù đã trải qua nhiều lần thí điểm với nhiều sản phẩm cũng như quy mô khác nhau và đã chính thức được áp dụng ở phạm vi quốc gia theo Nghị định số 58/2018/NĐ-CP của Chính phủ về BHNN từ năm 2019 đến nay, song loại hình bảo hiểm này hiện vẫn chưa thực sự phát huy được tính ưu việt, đòi hỏi cần có nhiều giải pháp quyết liệt hơn nữa.

Thứ nhất, BHNN là nghiệp vụ phức tạp, rủi ro cao, xuất phát từ thực tế biến động khó lường của thiên tai, dịch bệnh, việc triển khai đòi hỏi các DN bảo hiểm phải có năng lực tài chính lớn, đội ngũ cán bộ chuyên môn cao, giàu kinh nghiệm và mạng lưới phân phối sản phẩm đủ rộng, đảm bảo khả năng tiếp cận đến cơ sở (cấp thôn, xóm, HTX). Đồng thời, có sự tham gia của nhà tái bảo hiểm quốc tế, với sự hỗ trợ kịp thời, phối hợp chặt chẽ của các cấp chính quyền tại cơ sở. Vì vậy, các DN bảo hiểm cần tiếp tục dành nhiều thời gian để nghiên cứu, xây dựng sản phẩm và thỏa thuận, đàm phán với nhà tái bảo hiểm quốc tế để đảm bảo khả năng tài chính bồi thường cho bên mua bảo hiểm, người được bảo hiểm khi rủi ro xảy ra. Đặc biệt, trong trường hợp có rủi ro thảm họa, DN bảo hiểm trong nước phải tính toán mức giữ lại và thu xếp tái bảo hiểm cho các nhà nhận tái bảo hiểm nước ngoài. Do đó, sản phẩm BHNN (bao gồm điều kiện bảo hiểm, mức phí bảo hiểm, mức khấu trừ bảo hiểm...) phụ thuộc nhiều vào việc đàm phán với nhà tái bảo hiểm quốc tế.

Thứ hai, cũng như một số các loại hình bảo hiểm khác, nguyên tắc thực hiện BHNN là tự nguyện thỏa thuận, không giới hạn tổ chức, cá nhân tham gia, đối tượng bảo hiểm, rủi ro được bảo hiểm và phạm vi địa bàn. Vì vậy, để khuyến khích nông dân tham gia BHNN, ngoài nỗ lực của DN bảo hiểm, cần có sự đồng lòng của các cấp, các ngành và toàn xã hội. Sự vào cuộc tích cực, chủ động của cả hệ thống chính trị trong việc kịp thời ban hành cơ chế, chính sách hỗ trợ kịp thời là một trong những yếu tố chủ quan mang tính quyết định. Trong đó, các cấp chính quyền địa phương, nhất



là cấp cơ sở đóng vai trò then chốt; các tổ chức chính trị - xã hội có vai trò hỗ trợ, tuyên truyền, động viên người dân thực hiện, đảm bảo chính sách ổn định, lâu dài, không bị ngắt quãng, vừa bảo vệ quyền lợi cho người nông dân, vừa đảm bảo cho các cấp chính quyền địa phương cũng như DN bảo hiểm thuận lợi tổ chức thực hiện.

Thứ ba, người tham gia bảo hiểm (nông dân), DN bảo hiểm, chính quyền địa phương và cơ quan liên quan, Nhà nước, nhà tái bảo hiểm... cần có sự phối hợp chặt chẽ do đối tượng của BHNN đa dạng, phức tạp, giá trị nhỏ, phân bố trên địa bàn rộng, trong khi hoạt động nuôi trồng, canh tác theo các chuẩn mực quốc tế còn hạn chế, dẫn đến DN bảo hiểm gặp khó khăn trong xác định giá trị, thiệt hại và khó đàm phán với các nhà tái bảo hiểm quốc tế. Bên cạnh đó, người nông dân cần áp dụng, tuân thủ kỹ thuật canh tác, nuôi trồng theo chuẩn mực trong nước, quốc tế để thuyết phục được các nhà tái bảo hiểm quốc tế tham gia cùng DN bảo hiểm trong nước.

Thứ tư, Nhà nước được xem là “bệ đỡ” cho các hộ nông dân và DN BHNN trong việc tái bảo hiểm để tránh nguy cơ vỡ nợ (khi vay vốn) hoặc phá sản khi các DN bảo hiểm chịu tổn thất nặng do rủi ro trên diện rộng và gây thiệt hại nghiêm trọng đối với sản xuất nông nghiệp. Vì vậy, Việt Nam cần nghiên cứu có một cơ chế tài chính phù hợp với cả hai đối tượng nêu trên, nhằm đảm bảo thực hiện BHNN thuận lợi và hiệu quả. Đặc biệt, Nhà nước cần hỗ trợ nông dân và DN bảo hiểm thông qua các hợp đồng vay vốn sản xuất hoặc hợp đồng bảo hiểm.

Thứ năm, hiện nay công nghệ bảo hiểm (Insurtech) đang mở ra một kỷ nguyên mới cho BHNN, mang đến những giải pháp sáng tạo để vượt qua các rào cản truyền thống. Nhờ vào công nghệ như trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data) và nền tảng di động, Insurtech đang kết nối bảo hiểm đến những khu vực xa xôi, giúp nông dân dễ dàng tiếp cận dịch vụ bảo hiểm hiệu quả và phù hợp. Đồng thời, các ứng dụng và nền tảng di động thân thiện với người dùng đã đơn giản hóa quy trình, từ việc lựa chọn chương trình bảo hiểm, mua bảo hiểm đến yêu cầu bồi thường. Nhờ đó, ngay cả đối tượng là nông dân với trình độ học vấn hay kỹ năng công nghệ hạn chế cũng có thể tiếp cận dịch vụ bảo hiểm thiết yếu. Nhiều giải pháp Insurtech như bảo hiểm chỉ số thời tiết cũng được thiết kế riêng nhằm đáp ứng nhu cầu cụ thể của nông dân. Ngoài ra, Insurtech còn sử dụng dữ liệu theo thời gian thực để đánh giá và quản lý rủi ro một cách chính xác. Cách tiếp cận chủ động này đảm bảo nông dân và các DN nông thôn nhận được sự hỗ trợ kịp thời để giảm thiểu rủi ro hiệu quả. Đặc biệt, rào cản về chi phí đã được giải quyết nhờ việc thiết kế sản phẩm dựa trên dữ liệu,

bao gồm tùy chọn bảo hiểm vi mô có giá cả phải chăng, mang lại khả năng bảo vệ tài chính quan trọng cho cộng đồng dễ bị tổn thương.

Có thể thấy, công nghệ đã tiến sâu vào các khâu của quy trình bảo hiểm, trong đó có BHNN. Vì vậy, để ứng dụng công nghệ được thực hiện mạnh mẽ và dễ dàng hơn trong lĩnh vực bảo hiểm, Nhà nước nên có những khuôn khổ pháp lý để những DN bảo hiểm truyền thống đang hoạt động ở Việt Nam nếu muốn sử dụng công nghệ mới, có thể phối hợp với một số công ty khởi nghiệp về công nghệ để cùng phát triển cách làm mới, sản phẩm mới.

Kết luận: Tại Việt Nam, nông nghiệp là một ngành sản xuất quan trọng, đồng thời cũng là thị trường tiềm năng cho xã hội, song lại đang tiềm ẩn nhiều rủi ro. Vì vậy, để giải quyết bài toán hiện hữu này, vấn đề đặt ra là cần có sự nỗ lực của toàn xã hội thông qua thị trường BHNN, trong đó, Nhà nước, DN và nông dân cần phải có những động thái tích cực nhằm hướng đến sự ổn định. Với những giải pháp trên, hy vọng rằng BHNN sẽ trở thành một công cụ tài chính quan trọng, giúp giảm thiểu rủi ro, đồng thời thúc đẩy quá trình phát triển của ngành nông nghiệp tại Việt Nam theo hướng nhanh và bền vững■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Quản lý Đề điều và Phòng, chống thiên tai, 2025. Báo cáo tại Diễn đàn “Phòng, chống thiên tai và Cảnh báo sớm trong vận hành chính quyền hai cấp” diễn ra ngày 12/8/2025 tại Ninh Bình.
2. Báo cáo về tình hình thiệt hại, công tác ứng phó, khắc phục hậu quả bão số 3 (Yagi) và nhiệm vụ, giải pháp thời gian tới do Chính phủ gửi Quốc hội, 2024.
3. Thu Trang, 2024. Bảo hiểm nông nghiệp - lá chắn tài chính an toàn cho nhà nông.
4. WB, 2025. Báo cáo “Việt Nam 2045 - Tăng trưởng xanh hơn: Con đường hướng tới tương lai bền vững”, công bố ngày 22/5/2025.
5. Báo cáo tham luận của Cục Kinh tế hợp tác và phát triển nông thôn, Bộ NN&MT tại cuộc họp bàn giải pháp quản lý rủi ro tài chính BDKH lĩnh vực nông nghiệp, tổ chức ngày 25/8/2025 tại Hà Nội.
6. Bạch Hồng Vân, 2014. BHNN ở Việt Nam: Thực trạng và giải pháp. Tạp chí Khoa học xã hội Việt Nam, số 8 (81) - 2014.
7. Cục Kinh tế hợp tác, Bộ Kế hoạch và Đầu tư, 2024. Báo cáo tại Hội thảo quốc tế về “Phát triển kinh tế hợp tác trong nông nghiệp thông qua đổi mới và nâng cao chất lượng” diễn ra ngày 1/8/2024 tại Cần Thơ.
8. Eckstein, D., Künzel, V., & Schäfer, L. (2017). Risk Index 2018. Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2016 and 1997 to 2016.



ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CAO PHÁT THẢI THẤP TRONG SẢN XUẤT TRỒNG TRỌT: Mô hình điển hình tại một số quốc gia trên thế giới và bài học kinh nghiệm cho Việt Nam

ĐỖ THỊ HỒNG DUNG, MAI VĂN TRỊNH, BÙI THỊ PHƯƠNG LOAN, VŨ DƯƠNG QUỲNH

Viện Môi trường Nông nghiệp

Bài báo tổng hợp các mô hình trồng trọt công nghệ cao phát thải thấp được triển khai tại các quốc gia trên thế giới, tập trung vào nông nghiệp chính xác, nông nghiệp tái sinh, công nghệ sinh học, nông nghiệp số và nông nghiệp tuần hoàn. Thông qua phân tích các kết quả đạt được của các mô hình điển hình, bài báo rút ra các bài học kinh nghiệm có giá trị cho Việt Nam nhằm phát triển nông nghiệp xanh, thích ứng biến đổi khí hậu và thực hiện cam kết giảm phát thải.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng nghiêm trọng và các cam kết giảm phát thải khí nhà kính toàn cầu trở nên cấp bách, các quốc gia đang tăng cường thúc đẩy các mô hình sản xuất nông nghiệp phát thải thấp nhằm giảm thiểu các tác động tiêu cực lên khí hậu và tài nguyên thiên nhiên (IPCC, 2019). Nông nghiệp, đặc biệt là trồng trọt, chiếm một phần lớn trong tổng lượng phát thải khí nhà kính toàn cầu do các hoạt động sản xuất như sử dụng phân bón hóa học, đốt rơm rạ, kỹ thuật canh tác không bền vững. Vì vậy, phát triển các mô hình trồng trọt công nghệ cao giảm phát thải là hướng đi tất yếu để BVMT và đảm bảo an ninh lương thực bền vững (Getahun, 2024; ClimatePolicyLab, 2024).

Trồng trọt không chỉ góp phần quan trọng trong nền kinh tế nhiều quốc gia mà còn là lĩnh vực có tiềm năng giảm phát thải lớn nhất trong nông nghiệp nếu được tổ chức và áp dụng đúng công nghệ. Việc chuyển đổi mô hình trồng trọt truyền thống sang các giải pháp công nghệ cao, ứng dụng các kỹ thuật nông nghiệp chính xác, tái sinh, số hóa và tuần hoàn giúp tối ưu hóa sử dụng nguồn lực, giảm phát thải khí nhà kính như methane (CH_4) và nitrous oxide (N_2O), đồng thời nâng cao hiệu quả kinh tế và chất lượng sản phẩm (Vietnam Ministry of Agriculture and Rural Development [MARD], 2024; Moitruong.net, 2025). Thực hành trồng trọt phát thải thấp còn góp phần giữ gìn tài nguyên đất, nước và thúc đẩy nông nghiệp bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu diễn biến phức tạp.

Trên thế giới, các công nghệ như nông nghiệp chính xác, ứng dụng AI và IoT, kỹ thuật tưới tiết kiệm, giống biến đổi gen, cũng như kỹ thuật AWD và các mô hình sinh khối tuần hoàn đã chứng minh hiệu quả rõ rệt về mặt giảm phát thải khí nhà kính, tiết kiệm tài



Hình ảnh sử dụng Robot AI trong trang trại tại Hàn Quốc nguyên nước, nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm. Những mô hình này không chỉ tạo ra giá trị kinh tế vượt trội mà còn giảm đáng kể chi phí đầu vào và tác động môi trường tiêu cực (Addorisio et al., 2025; Rahman et al., 2025). Các quốc gia đi đầu như Hoa Kỳ, Nhật Bản, Trung Quốc, Hà Lan đã triển khai rộng rãi các công nghệ này, tạo tiền đề vững chắc trong ứng phó biến đổi khí hậu toàn cầu.

Biến đổi khí hậu cùng phát thải khí nhà kính từ nông nghiệp đặt ra thách thức lớn cho các quốc gia. Việc phát triển mô hình sản xuất nông nghiệp công nghệ cao, thân thiện môi trường và giảm phát thải là chiến lược tất yếu. Kinh nghiệm quốc tế cho thấy các công nghệ tiên tiến giúp giảm phát thải, tăng năng suất, giảm chi phí sản xuất. Việt Nam cần nghiên cứu tổng hợp để xây dựng chính sách và chiến lược phát triển nông nghiệp phát thải thấp hiệu quả. Bài báo nhằm tổng hợp, phân tích các mô hình trồng trọt công nghệ cao phát thải thấp trên thế giới, tập trung vào các công nghệ chính như nông nghiệp chính xác, nông nghiệp tái sinh, công nghệ sinh học, nông nghiệp số và tuần hoàn. Trên cơ sở phân tích các kinh nghiệm từ các quốc gia, đề xuất các bài học kinh nghiệm quan trọng, gợi mở lộ trình phát triển nông nghiệp giảm phát thải phù hợp cho Việt Nam.

2. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ TRONG SẢN XUẤT TRỒNG TRỌT ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CAO PHÁT THẢI THẤP

2.1. Các mô hình về nông nghiệp chính xác (Precision Agriculture)



Nông nghiệp chính xác (PA) là một chiến lược quản lý để giải quyết các biến đổi địa lý và thời gian trong các lĩnh vực nông nghiệp (Alfred, R và cs, 2021; Monteiro, A và cs, 2021) liên quan đến dữ liệu và công nghệ đương đại. Nông nghiệp chính xác cho đến nay chủ yếu bao gồm các công nghệ biến đổi tỷ lệ (VRTs), bản đồ số, thiết bị giám sát năng suất và hướng dẫn hệ thống canh tác (McFadden, J và cs, 2023 và Liu, Y và cs, 2021). Ứng dụng công nghệ biến đổi tỷ lệ lần đầu tiên được chứng minh ở miền Bắc nước Đức và Đan Mạch vào năm 1988 sau khi hệ thống định vị toàn cầu

(GPS) có sẵn cho các dịch vụ dân sự (Haneklaus, S và cs, 2016).

Các quốc gia như Hoa Kỳ, Canada, Ôxtrâyliya và một số quốc gia châu Âu đã đi đầu, tận dụng các cải tiến như công nghệ tỷ lệ thay đổi (VRT), cảm biến từ xa và máy móc tự động (Kose U và cs, 2022). Những tiến bộ này cho phép theo dõi và quản lý cây trồng theo thời gian thực, dẫn đến năng suất cao hơn và sử dụng tài nguyên hiệu quả hơn.

Ở châu Phi, việc áp dụng nông nghiệp chính xác đang phát triển, mặc dù với tốc độ chậm hơn so với các

Bảng 1. Hiệu quả từ ứng dụng nông nghiệp chính xác trong trồng trọt

Ứng dụng	Lợi ích	Vấn đề	Nguồn
Tăng cường sức khỏe của đất và hiệu quả tài nguyên	Sức khỏe đất cải thiện 20%-30%; hiệu quả sử dụng tài nguyên tăng 15%	Độ phì nhiêu của đất kém; sử dụng tài nguyên không hiệu quả	Adams, BT, 2019 Hostiou, N. và cs, 2017
Sử dụng công nghệ cảm biến và phân tích dữ liệu để tối ưu hóa các hoạt động tưới tiêu	Giảm sử dụng nước từ 30%-50%; năng suất cây trồng tăng 10-20%	Khan hiếm nước; hệ thống tưới tiêu kém hiệu quả	Hendriks, WH và cs, 2017 Nóbrega, L. và cs, 2020
Sử dụng máy bay không người lái, hình ảnh vệ tinh và cảm biến IoT để giám sát cây trồng theo thời gian thực	Cải thiện năng suất 10%-25%; giảm 15% chi phí đầu vào	Thiếu dữ liệu cây trồng theo thời gian thực; chi phí đầu vào cao	Terrasson, G và cs, 2017 Buy-Baptista, E. và cs, 2019
Tối ưu hóa việc sử dụng chất dinh dưỡng thông qua các kỹ thuật dựa trên dữ liệu	Hiệu quả sử dụng chất dinh dưỡng tăng 20%; giảm 25% chi phí phân bón	Lạm dụng phân bón; chi phí dinh dưỡng cao	Song, C. và cs, 2021 Rutter, SM, 2019
Sử dụng các chiến lược dựa trên dữ liệu và viễn thám để quản lý dịch bệnh sâu bệnh	Giảm sâu bệnh từ 20%-40%; giảm mất mùa từ 15 – 25%	Quản lý sâu bệnh	Andriamandroso, ALH và cs, 2016 Grinter, LN và cs, 2019
Tối ưu hóa việc trồng trọt và thu hoạch thông qua hướng dẫn GPS và phân tích dữ liệu	Năng suất tăng 15%-30%; tiết kiệm nhiên liệu 10-20%	Trồng/thu hoạch không hiệu quả; chi phí nhiên liệu cao	Lovarelli, D và cs, 2020 Adams, BT và cs, 2019
Sử dụng dữ liệu khí hậu và mô hình dự đoán để thích ứng với thực tiễn quản lý cây trồng, đảm bảo khả năng chống chịu với các tác động của BĐKH	Cải thiện khả năng phục hồi của cây trồng lên 20%; chi phí thích ứng giảm 10%	Tác động của biến đổi khí hậu; chi phí thích ứng	Terrasson, G và cs, 2017 Dutta, R. và cs, 2014
Tối đa hóa sản lượng cây trồng thông qua các kỹ thuật phân tích và quản lý dữ liệu tiên tiến	Sản lượng cây trồng tăng 15%-25%; hiệu quả quản lý dữ liệu tăng 20%	Năng suất thấp; quản lý dữ liệu không hiệu quả	Meunier, B. và cs, 2018
Sử dụng công nghệ để tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm thiểu tác động đến môi trường, thúc đẩy quản lý đất đai bền vững	Giảm 20% suy thoái đất; hiệu quả sử dụng tài nguyên tăng 15%	Suy thoái đất; sử dụng tài nguyên không hiệu quả	Adams, BT và cs, 2019 Meen, GH và cs, 2015
Giảm thiểu lượng khí thải các-bon và tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng cho nông nghiệp bền vững	Giảm 15%-25% lượng khí thải các-bon; giảm sử dụng năng lượng từ 10-20%	Lượng khí thải các-bon cao; chi phí năng lượng cao	Terrasson, G và cs, 2017 Hendriks, WH và cs, 2019

Nguồn: Sewnet Getahun và cs, 2024



khu vực phát triển hơn (Goel RK và cs, 2021). Châu lục này phải đối mặt với những thách thức đặc thù, chẳng hạn như khả năng tiếp cận công nghệ hạn chế, chi phí cao và cơ sở hạ tầng không đầy đủ (Kala ESM và cs, 2021).

Hiện nay, các ứng dụng của nông nghiệp chính xác tập trung vào quản lý đất, nước, giám sát cây trồng, quản lý dinh dưỡng và sâu, bệnh hại, thu hoạch... Một số nghiên cứu đã chứng minh những hiệu quả mang lại từ các ứng dụng của nông nghiệp chính xác trong sản xuất trồng trọt được trình bày trong Bảng 1.

Nông nghiệp chính xác với khả năng tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và tối đa hóa năng suất cây trồng được công nhận là một công cụ quan trọng trong các chiến lược thích ứng với khí hậu cho nông nghiệp. Nông nghiệp chính xác góp phần vào các nỗ lực quản lý các-bon và năng lượng rộng lớn hơn bằng cách cung cấp dữ liệu có giá trị cho việc hạch toán các-bon và giám sát lượng khí thải. Những hiểu biết chi tiết từ các hệ thống nông nghiệp chính xác cho phép nông dân đánh giá chính xác lượng khí thải các-bon của họ và đưa ra quyết định sáng suốt để giảm thiểu lượng khí thải.

2.2. Các mô hình về nông nghiệp tái sinh (Regenerative Agriculture)

Nông nghiệp tái sinh (RA) là một trong những hệ thống canh tác mang lại tiềm năng đồng thời của việc phục hồi cảnh quan và bảo tồn đa dạng sinh học (Khangura, R.và cs, 2023; Hensel, K., 2018). Mặc dù có những lợi ích tiềm năng, việc áp dụng RA có thể bị thách thức bởi các giai đoạn chuyển tiếp, chi phí ban đầu, sự thay đổi năng suất, quản lý rủi ro, khả năng kinh tế, các tiêu chuẩn mơ hồ và nhu cầu của nông dân để có được các kỹ năng mới (Sands, B. và cs, 2023; Newton, P. và cs, 2020; O'donoghue, T.và cs, 2020).

Thị trường RA toàn cầu được định giá 975,2 triệu USD vào năm 2022 và dự kiến sẽ tăng trưởng với tốc độ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) là 15,9% từ năm 2023 đến năm 2030, vượt qua 4290,9 triệu USD vào năm 2032 (Kapoor, V., 2023). Vào năm 2022, các quốc gia Bắc Mỹ, bao gồm Hoa Kỳ, Canada và México, nắm giữ thị phần lớn nhất (37%) của RA. Các quốc gia hàng đầu khác trong lĩnh vực này bao gồm các nước Tây Âu, Vương quốc Anh, Đức và Pháp, cũng như các nước châu Á - Thái Bình Dương như Ấn Độ, Trung Quốc và Ôxtrâyliia.

Ở các nước đang phát triển, RA cung cấp các giải pháp để tăng cường an ninh lương thực và tiềm năng tăng thu nhập của trang trại gia đình (Tan, S.S và cs, 2022). Ngược lại, ở các nước phát triển như Hoa Kỳ, Đức và Vương quốc Anh, RA phù hợp với các nguyên tắc quản lý môi trường nhằm giảm sử dụng hóa chất, bảo tồn tài nguyên thiên nhiên và chuyển đổi sang

nông nghiệp bền vững và trung hòa các-bon có tầm quan trọng đối với thị trường và Chính phủ (Herzog, R, 2023; Kurth, T. và cs, 2023).

RA và tính bền vững có mối liên hệ chặt chẽ với nhau; tuy nhiên, RA là một cách tiếp cận quản lý đất đai toàn diện vượt ra ngoài các hoạt động canh tác bền vững. Nó tập trung vào việc khôi phục sức khỏe của đất và hệ sinh thái, với trọng tâm là cải thiện các chức năng sản xuất nông nghiệp hơn là quay trở lại trạng thái sản xuất bản địa. Ngược lại, tính bền vững chủ yếu tìm cách duy trì các hệ thống hiện có (Brown, K. và cs, 2021; Hes, D.; Rose, N, 2019), tập trung vào việc tối ưu hóa các tương tác có lợi giữa đất và cây trồng, giảm đầu vào bên ngoài và áp dụng các phương pháp canh tác sinh thái. Độ phì nhiêu và khả năng phục hồi của đất đóng vai trò trung tâm trong RA, nhằm tối ưu hóa các chu trình sinh địa hóa, tăng cường khả năng kháng bệnh và tăng năng suất trong khi vẫn duy trì mối quan hệ cộng sinh mạnh mẽ giữa đất và thực vật (Lal, R, 2020; McLennon, E và cs, 2021).

2.3. Các mô hình về công nghệ sinh học (Biotechnology)

Công nghệ sinh học, một ngành học đa diện, kết nối khoa học tự nhiên và kỹ thuật, đã trở thành nền tảng của đổi mới hiện đại (Mosier và Ladisch, 2011). Nó đã biến đổi nhiều lĩnh vực của đời sống con người bằng cách tận dụng các hệ thống, sinh vật và quy trình sinh học để phát triển các sản phẩm và dịch vụ đột phá (Udegbe và cộng sự, 2024). Thuật ngữ "công nghệ sinh học" lần đầu tiên được Károlyi Ereky giới thiệu vào năm 1919, dùng để chỉ việc sản xuất hàng hóa từ nguyên liệu thô bằng cách sử dụng các sinh vật sống (Goyal, 2018). Qua nhiều năm, lĩnh vực này đã phát triển để bao gồm nhiều công nghệ đa dạng như kỹ thuật di truyền, nuôi cấy mô, lên men và tin sinh học, hiện không thể thiếu trong các lĩnh vực như nông nghiệp, y học và khoa học môi trường (Hulse, 2004).

Trong lĩnh vực nông nghiệp, công nghệ sinh học đã nổi lên như một công nghệ mang tính đột phá (Betz và cộng sự, 2023). Nó giải quyết các thách thức toàn cầu cấp bách như an ninh lương thực, suy dinh dưỡng và bền vững môi trường. Bằng cách tích hợp các công cụ và kỹ thuật di truyền tiên tiến, công nghệ sinh học đã cho phép phát triển các giống cây trồng năng suất cao, giàu dinh dưỡng và có khả năng phục hồi (Joshi và cộng sự, 2023).

Brazil đã áp dụng rộng rãi giống đậu nành và mía biến đổi gen (GMOs) nhằm tăng khả năng chống chịu sâu bệnh và nhu cầu phân đạm thấp hơn. Nghiên cứu cho thấy công nghệ GMO giúp giảm khoảng 18% nhu cầu phân đạm và phát thải nitơ ôxit so với giống truyền thống, đồng thời năng suất tăng trung bình



15% (Anyibama et al., 2025; Seixas et al., 2022). Giống GMO còn góp phần giảm nhu cầu sử dụng thuốc trừ sâu và phương pháp canh tác không xới xáo đất (no-till), giúp giảm đáng kể lượng khí thải các-bon từ hoạt động cơ giới và cải tạo đất. Việc áp dụng các giống GMO đã thúc đẩy ngành nông nghiệp Brazil phát triển bền vững, đảm bảo hiệu quả kinh tế cùng giảm phát thải khí nhà kính.

Hoa Kỳ tập trung phát triển công nghệ sinh học với các giống cây chịu hạn, kháng sâu bệnh nâng cao chất lượng và tăng năng suất. Công nghệ gen giúp giảm 20% chi phí thuốc bảo vệ thực vật và tăng năng suất 10%, giúp tối ưu hóa sản xuất, giảm áp lực sử dụng tài nguyên và giảm phát thải khí nhà kính (Anyibama et al., 2025; Edgerton et al., 2009). Quy trình thí điểm và chứng nhận giảm rủi ro di truyền đã giúp nông dân Mỹ áp dụng rộng rãi các giống công nghệ cao, đồng thời thúc đẩy tính cạnh tranh trong thị trường quốc tế.

2.4. Các mô hình ứng dụng nông nghiệp số (Digital Agriculture)

Hàn Quốc cũng là quốc gia đi đầu trong ứng dụng công nghệ số vào sản xuất trồng trọt. Tỷ lệ áp dụng trang trại ứng dụng công nghệ số trong số các trang trại trồng trọt tại Hàn Quốc năm 2022 là 1,48% với 957 trang trại trên các cây trồng như cà chua, xà lách, ớt, dưa chuột, đậu tây, dưa vàng, quýt, nho và hoa. Các công nghệ được ứng dụng như Sử dụng Robot AI trong thu thập dữ liệu sinh trưởng, dữ liệu tưới, quản lý nhân lực.

Các ứng dụng tại Hàn Quốc cho thấy ứng dụng công nghệ số trong sản xuất mang đến các lợi ích như: Tăng năng suất và giảm giờ làm việc bằng cách kiểm soát hoàn toàn môi trường canh tác (nhiệt độ, độ ẩm, CO₂, ánh sáng...); Sản xuất ra các loại cây trồng chất lượng cao quanh năm thông qua hệ thống sản xuất tuần hoàn đồng đều; Kiểm soát/quản lý Môi trường

canh tác bằng Điều khiển tự động từ xa; Quản lý phương pháp sản xuất dựa trên các đặc điểm khí hậu khác nhau theo từng vùng và không bị ảnh hưởng bởi rủi ro dịch hại.

Hà Lan bắt đầu triển khai nông nghiệp số tích hợp blockchain và IoT trong quản lý chuỗi cung ứng từ giữa thập niên 2010. Blockchain cung cấp tính minh bạch, bảo mật và truy xuất nguồn gốc sản phẩm, giảm rủi ro gian lận và thất thoát (Addorisio et al., 2025). Đồng thời, cảm biến IoT trong nhà kính giúp kiểm soát các chỉ số môi trường như độ ẩm, ánh sáng, nhiệt độ nhằm tối ưu hóa năng lượng. Mô hình giúp giảm thất thoát sau thu hoạch 20%, giảm phát thải CO₂ 25-30% trong chuỗi cung ứng. Đây là mô hình có quy mô ứng dụng rộng rãi trong các trang trại rau quả, được hỗ trợ bởi Chính phủ và hợp tác công-tư hiệu quả (Farmonaut, 2025; TNO, 2025).

Israel từ cuối thập niên 2000 nổi tiếng với hệ thống tưới nhỏ giọt thông minh kết hợp AI, sử dụng cảm biến đo độ ẩm đất và dinh dưỡng để điều khiển tưới tiêu chính xác (Addorisio et al., 2025). Công nghệ giúp tiết kiệm nước tưới 40-50%, tăng năng suất 15-25%, và giảm phát thải N₂O khoảng 12% nhờ tối ưu lượng phân bón sử dụng. Chính phủ Israel hỗ trợ tài chính, đào tạo và nghiên cứu phát triển công nghệ tưới tiêu nhằm đối phó với hạn hán và khan hiếm nguồn nước, giúp đóng góp tích cực trong nông nghiệp bền vững.

Đức phát triển mô hình Agrovoltatics từ đầu những năm 2010, tích hợp lưới pin mặt trời trên diện tích canh tác (Addorisio et al., 2025). Nông dân có thể vừa trồng trọt vừa khai thác điện năng sạch, giảm phát thải CO₂ 10-15% so với nguồn điện lưới dựa trên nhiên liệu hóa thạch, đồng thời tăng thu nhập từ bán điện. Mô hình được triển khai rộng rãi trong các trang trại quy mô trung bình và lớn, được hỗ trợ bởi các chính

Bảng 2. Các thực hành quan trọng trong nông nghiệp tuần hoàn

Thực hành	Mô tả	Lợi ích
Sinh thái nông nghiệp	Ứng dụng nguyên tắc sinh thái trong canh tác; tích hợp trồng trọt và chăn nuôi	Tăng cường đa dạng sinh học, cải thiện sức khỏe của đất, giảm sâu bệnh
Nông nghiệp vĩnh cửu	Thiết kế hệ thống tập trung vào tự cung tự cấp và tái tạo cảnh quan	Optimizes resource use, increase resilience, reduces chemical inputs
Nông lâm kết hợp	Tích hợp canh tác cây trồng và chăn nuôi để tạo hệ thống đa chức năng	Cải thiện chất lượng đất, cung cấp môi trường sống, cô lập các-bon và đa dạng hóa thu nhập
Nông nghiệp tái sinh	Các biện pháp phục hồi và tăng cường hệ sinh thái, chẳng hạn như không canh tác và trồng trọt che phủ	Tăng chất hữu cơ trong đất, tăng cường giữ nước và thúc đẩy đa dạng sinh học
Hệ thống khép kín – Vòng lặp	Hệ thống tái sử dụng đầu ra, chẳng hạn như sản xuất thủy canh và khí sinh học	Giảm thiểu chất thải, cải thiện hiệu quả năng lượng và thúc đẩy khả năng tự cung tự cấp

Nguồn: Kiran Kotyal., 2023

Bảng 3. Nguyên tắc và lợi ích của nông nghiệp tuần hoàn

Nguyên tắc	Mô tả	Lợi ích
Tái chế chất dinh dưỡng	Giữ lại và tái sử dụng chất dinh dưỡng thông qua ủ phân và quản lý phân chuồng	Giảm nhu cầu sử dụng phân bón tổng hợp, tăng cường độ phì nhiêu của đất
Giảm đầu vào	Giảm thiểu sự phụ thuộc vào nguồn lực bên ngoài thông qua các quy trình và kỹ thuật tự nhiên	Giảm chi phí sản xuất, tăng cường khả năng phục hồi của hệ sinh thái
Bảo tồn đa dạng sinh học	Thúc đẩy các hệ sinh thái đa dạng, có khả năng chống chịu với sâu bệnh và biến đổi khí hậu	Hỗ trợ các dịch vụ hệ sinh thái, cải thiện khả năng phục hồi của trang trại
Giảm thiểu chất thải	Tái sử dụng tất cả các dạng chất thải trong hệ thống nông nghiệp	Giảm ô nhiễm môi trường và nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên
Sức khỏe hệ sinh thái	Tạo ra các hệ thống canh tác giúp tăng cường sức khỏe tổng thể của hệ sinh thái	Hỗ trợ sản xuất nông nghiệp lâu dài và bền vững

Nguồn: Kiran Kotyal., 2023

sách khuyến khích năng lượng tái tạo và nghiên cứu đa ngành liên kết.

2.5. Nông nghiệp tuần hoàn (Circular Agriculture)

Nông nghiệp tuần hoàn cung cấp một cách tiếp cận chuyển đổi đối với canh tác bền vững bằng cách tập trung vào việc sử dụng hiệu quả và tái chế các nguồn tài nguyên trong hệ thống nông nghiệp. Không giống như canh tác tuyến tính truyền thống, dựa vào đầu vào tài nguyên liên tục và tạo ra chất thải đáng kể, nông nghiệp tuần hoàn nhấn mạnh việc đóng các vòng lặp dinh dưỡng và tài nguyên, giảm thiểu tác động đến môi trường và duy trì sức khỏe hệ sinh thái.

Nông nghiệp tuần hoàn hoạt động dựa trên một số nguyên tắc cốt lõi nhằm thúc đẩy hiệu quả tài nguyên, khép kín chu trình dinh dưỡng, thúc đẩy đa dạng sinh học và giảm thiểu tác động đến môi trường. Những nguyên tắc này về cơ bản định hình lại cách thức hoạt động của các hệ thống canh tác, chuyển đổi từ các mô hình tuyến tính tạo ra chất thải sang các hoạt động nông nghiệp tái sinh, không chất thải (Lehmann, S. 2011) (Bảng 2, 3).

Đối với môi trường, việc thực hiện kinh tế tuần hoàn có thể góp phần chống biến đổi khí hậu, vì ước tính nó có thể giảm lượng khí thải 5,6 tỷ tấn CO₂ tương đương vào năm 2050 (EMF, 2019a). EMF (2021) đã mô tả một nghiên cứu trồng khoai tây áp dụng các phương pháp canh tác tái sinh khác nhau theo nguyên tắc tuần hoàn có thể giảm 55% lượng khí thải nhà kính và giảm 15% tổn thất đa dạng sinh học, cũng như giảm chi phí nông nghiệp bằng cách giảm nhu cầu sử dụng phân bón và thuốc trừ sâu và sử dụng máy móc. Kết quả nghiên cứu của Carlson và cs (2016) nhận định ước khí nhà kính từ đất trồng trọt nằm trong khoảng 2.294 - 3.102 Tg CO₂e/năm.

Một số mô hình triển khai tại các nước như: Nhật Bản cải tiến mô hình nông nghiệp tuần hoàn bằng

cách tái chế phụ phẩm nông nghiệp thành phân hữu cơ, giúp giảm phát thải CO₂ khoảng 15% hàng năm. Trong trồng lúa, kỹ thuật AWD được áp dụng song song giúp tiết kiệm 20-30% lượng nước tưới (Rahman et al., 2025). Ngoài ra, Nhật Bản phát triển mô hình kết hợp canh tác các-bon thấp và năng lượng sinh khối từ phụ phẩm, góp phần tăng tính bền vững đất đai và giảm phát thải khí nhà kính.

Đức phát triển mô hình Agrovoltatics, kết hợp sản xuất nông nghiệp với điện mặt trời bằng cách cài đặt pin mặt trời trên cao hệ thống canh tác. Mô hình này giúp giảm phát thải CO₂ 10-15% bằng cách thay thế nguồn điện lưới bằng năng lượng sạch, đồng thời tăng thu nhập cho người nông dân từ việc bán điện (Addorisio et al., 2025). Công nghệ agrovoltatics được xem là giải pháp tích hợp hiệu quả năng lượng tái tạo và nông nghiệp bền vững.

Trung Quốc triển khai mô hình kết hợp sinh khối trong sản xuất lúa, tận dụng rơm rạ sau thu hoạch để làm năng lượng sinh khối thay vì đốt ngoài đồng. Phương pháp này giúp giảm phát thải CO₂ 20-25%, đồng thời cải thiện chất lượng không khí các vùng nông thôn và giảm nguy cơ cháy rừng (Rahman et al., 2025; Duan, 2023).

4. BÀI HỌC KINH NGHIỆM CHO VIỆT NAM

Từ những thực tiễn áp dụng các công nghệ cao giảm phát thải tại các quốc gia, bài học kinh nghiệm rút ra cho Việt Nam như:

Thứ nhất, tăng cường đầu tư hạ tầng số và dữ liệu lớn để triển khai nông nghiệp chính xác như mạng lưới cảm biến IoT, các nền tảng dữ liệu lớn (Big Data), trí tuệ nhân tạo (AI) để theo dõi và dự báo sâu bệnh, tối ưu lịch gieo trồng và quản lý phân bón. Việt Nam cần đẩy mạnh đầu tư hạ tầng số đặc biệt tại vùng sản xuất lớn, hỗ trợ đào tạo và phổ cập công nghệ nhằm giúp nông dân áp dụng thực hành canh tác tối ưu hơn.



Thứ hai, khuyến khích phát triển các mô hình nông nghiệp tái sinh và tuần hoàn cải thiện chất lượng đất và giảm phát thải. Việt Nam cần nhân rộng các mô hình này đi kèm quản lý nguồn phụ phẩm nông nghiệp để tái chế làm phân hữu cơ, tăng tính bền vững và giảm tổn thất tài nguyên, đồng thời hỗ trợ các vùng sinh thái khác nhau áp dụng phù hợp.

Thứ ba, tăng cường nghiên cứu và phát triển giống cây trồng công nghệ sinh học thích ứng biến đổi khí hậu, tạo ra các giống năng suất cao, ít phụ thuộc thuốc bảo vệ thực vật và phân bón hóa học, góp phần tạo nền tảng bền vững cho canh tác phát thải thấp.

Thứ tư, mở rộng hợp tác quốc tế để tiếp thu công nghệ và nâng cao trình độ. Chính sách hợp tác quốc tế giúp Việt Nam tiếp cận nguồn vốn, công nghệ và kinh nghiệm quản lý tiên tiến trong nông nghiệp giảm phát thải, như các dự án Quỹ khí hậu xanh (GCF), chương trình hợp tác đa quốc gia (UNDP, FAO). Việc tăng cường đào tạo, chuyển giao công nghệ, xây dựng hệ thống đo lường, báo cáo và thẩm định (MRV) chuẩn hóa (theo tiêu chuẩn quốc tế) sẽ giúp Việt Nam xây dựng hệ thống minh bạch, thúc đẩy phát triển tín chỉ các-bon, tạo điều kiện tiếp cận các thị trường xuất khẩu cao cấp mà các tập đoàn nông sản lớn hướng đến (Moitruong.net, 2025).

Thứ năm, phát triển chính sách hỗ trợ tài chính, đào tạo và truyền thông nâng cao nhận thức. Việc hỗ trợ tài chính từ Nhà nước, bao gồm tín dụng ưu đãi và các gói hỗ trợ kỹ thuật sẽ tạo điều kiện cho nông dân ứng dụng công nghệ cao. Cùng với đó, xây dựng bộ tài liệu truyền thông, tổ chức tập huấn kiến thức về canh tác phát thải thấp sẽ thay đổi hành vi sản xuất truyền thống. Đồng thời, việc đánh giá tác động kinh tế - xã hội, môi trường của các mô hình thử nghiệm giúp củng cố niềm tin và khuyến khích mở rộng áp dụng.

Thứ sáu, phát triển mô hình thử nghiệm thực tế đa dạng vùng sinh thái. Tập trung xây dựng và nhân rộng các mô hình thử nghiệm gắn với các vùng sinh thái đặc trưng như đồng bằng sông Cửu Long (lúa nước), Tây Nguyên (cà phê, hồ tiêu), đồng bằng sông Hồng (rau quả, lúa) để đánh giá và điều chỉnh phù hợp. Các mô hình này cần đáp ứng yêu cầu kiểm soát phát thải, hiệu quả kinh tế và khả năng nhân rộng cao. Kèm theo đó là phát triển các chỉ tiêu đo lường và hệ thống dữ liệu đồng bộ nhằm hỗ trợ việc ứng dụng tín chỉ các-bon khi thị trường tín chỉ trong nước và quốc tế phát triển.

5. KẾT LUẬN

Các mô hình nông nghiệp công nghệ cao phát thải thấp đã chứng minh hiệu quả rõ rệt trong giảm khí nhà kính, tiết kiệm tài nguyên và tăng năng suất kinh tế.

Việt Nam có thể học hỏi, điều chỉnh phù hợp với điều kiện tự nhiên và kinh tế - xã hội, góp phần thực hiện thành công cam kết giảm phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Addorisio, R., Spadoni, R., & Maesano, G. (2025). Adoption of innovative technologies for sustainable agriculture. *Sustainability*, 17(4224).
2. Alfred, R., Obit, J. H., Chin, C. P.-Y., Haviluddin, H., & Lim, Y. (2021). Towards paddy rice smart farming: A review on big data, machine learning, and rice production tasks. *IEEE Access*, 9, 50358–50380. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3068829>.
3. Anyibama, B. J., Orjinta, K. K., Omisogbon, T. O., et al. (2025). Modern agricultural technologies for sustainable food production. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 10(2), 1465–1474.
4. Betz, U. A., Arora, L., Assal, R. A., Azevedo, H., Baldwin, J., Becker, M. S., et al. (2023). Game changers in science and technology—Now and beyond. *Technological Forecasting and Social Change*, 193, 122588.
5. Brown, K., Schirmer, J., & Upton, P. (2021). Regenerative farming and human wellbeing: Are subjective wellbeing measures useful indicators for sustainable farming systems? *Environmental Sustainability Indicators*, 11, 100132.
6. CEMA. (2023). Research report on AWD and methane emission reduction in Vietnamese rice cultivation. Centre for Environmental Monitoring and Analysis.
7. ClimatePolicyLab. (2024). Zero Budget Natural Farming (ZBNF) in India. Climate Policy Lab Report.
8. FarmerP. (2025, March). Precision agriculture in the USA: Advancements and adoption across states. Retrieved from <https://www.farmerp.com/blog/precision-agriculture-in-the-usa-advancements-and-adoption-across-states>.
9. Farmonaut. (2025, August). Japan smart agriculture robotics: 7 AI innovations 2025. Retrieved from <https://farmonaut.com>.
10. Getahun, S. (2024). Application of precision agriculture technologies for sustainable crop production and environmental sustainability. *The Scientific World Journal*.
11. Goel, R. K., Yadav, C. S., Vishnoi, S., & Rastogi, R. (2021). Nông nghiệp thông minh – Nhu cầu cấp thiết hiện nay ở các nước đang phát triển. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 30.
12. Goyal, M. R. (2018). Scientific and technical terms in bioengineering and biological engineering. CRC Press.
13. Hensel, K. (2018). Will regenerative agriculture become the next 'organic'? Institute of Food Technologists (p. 23). Chicago, IL, USA.



14. Herzog, R. (2023). *Cultivating a sustainable future: The instability of regenerative agriculture technology. Insights by CESR. University of Colorado Boulder.* Retrieved from <https://www.colorado.edu/business/cesr/insights-new2023/09/11/Cultivating-a-Sustainable-Future-The-Instability-Regenerative-Agriculture-Technology>.
15. Hes, D., & Rose, N. (2019). *Shifting from farming to tending the earth: A discussion paper. Journal of Organics*, 6, 3–22.
16. Hulse, J. H. (2004). *Biotechnologies: Past history, present state and future prospects. Trends in Food Science & Technology*, 15(1), 3–18.
17. IPCC. (2019). *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.* Geneva, Switzerland: IPCC.
18. Jeong, H. K., et al. (2022). *Agricultural policy tasks to achieve carbon neutrality. Agricultural Outlook.* Korea Rural Economic Institute.
19. Joshi, B. K., Shrestha, H. K., & Ayer, D. K. (2023). *Crop breeding and biotechnological advances towards nutrition and environment security. In Emerging solutions in sustainable food and nutrition security (pp. 255–285).* Cham: Springer.
20. Kala, E. S. M. (2023). *Thách thức về công nghệ ở các quốc gia Châu Phi: Nghiên cứu điển hình về Zambia. Open Journal of Science and Technology Safety*, 13, 202–230.
21. Kapoor, V. (2023). *Regenerative agriculture market size & share report. Grand View Research.* Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/regenerative-agriculture-market-report>.
22. Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C., & Bowyer, J. (2023). *Regenerative agriculture—A literature review on the practices and mechanisms used to improve soil health. Sustainability*, 15, 2338.
23. Kiran, K. (2023). *Circular agriculture: Sustainable farming practices for zero waste. Environment Report*.
24. Kose, U., Prasath, V. S., Mondal, M. R. H., Podder, P., & Bharati, S. (2022). *Trí tuệ nhân tạo và ứng dụng nông nghiệp thông minh.* CRC Press, Boca Raton, FL.
25. Kurth, T., Subei, B., Plötner, P., & Krämer, S. (2021, October 12). *The case for regenerative agriculture in Germany—And beyond. Yale Environment 360.* Retrieved September 20, 2023, from <https://e360.yale.edu/features/the-case-for-regenerative-agriculture-in-germany-and-beyond>.
26. Lal, R. (2020). *Regenerative agriculture for food and climate. Journal of Soil and Water Conservation*, 75, 123A–124A.
27. Lehmann, S. (2011). *Optimizing urban material flows and waste streams in urban development through principles of zero waste and sustainable consumption. Sustainability*, 3, 155–138.
28. Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2021). *From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17, 4322–4334.
29. MARD. (2024). *Vietnam Ministry of Agriculture and Rural Development annual report on high-tech agriculture.*
30. McFadden, J., Njuki, E., & Griffin, T. (2023). *Precision agriculture in the digital era: Recent adoption on U.S. farms. US Department of Agriculture, Economic Research Service Report No. 248.* Retrieved March 2, 2023, from <https://www.ers.usda.gov>.
31. McLennon, E., Dari, B., Jha, G., Sihi, D., & Kankarla, V. (2021). *Regenerative agriculture and integrative permaculture for sustainable and technology-driven global food production and security. Agronomy Journal*, 113, 4541–4559.
32. Monteiro, A., Santos, S., & Gonçalves, P. (2021). *Precision agriculture for crop and livestock farming—Brief review. Animals*, 11, 2345.
33. Mosier, N. S., & Ladisch, M. R. (2011). *Modern biotechnology: Connecting innovations in microbiology and biochemistry to engineering fundamentals.* John Wiley & Sons.
34. Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K., & Johns, C. (2020). *What is regenerative agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes. Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 577723.
35. O'donoghue, T., Minasny, B., & McBratney, A. (2022). *Regenerative agriculture and its potential to improve farmscape function. Sustainability*, 14, 5815.
36. Rahman, N. S. A., Arifin, K., & Aiyub, K. (2025). *Systematic literature review on new technologies in agriculture: Present and future. PaperAsia*, 41(1b).
37. Seixas, S. R., et al. (2022). *Environmental impact of GMO crop adoption in Brazil. Journal of Agricultural Biotechnology*.
38. Tan, S. S., & Kuebbing, S. E. (2023). *A synthesis of the effect of regenerative agriculture on soil carbon sequestration in Southeast Asian croplands. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 349, 108450.
39. TNO. (2025). *Sustainable agriculture through digitalisation. TNO Netherlands.*
40. Udegbe, F. C., Ebulue, O. R., Ebulue, C. C., & Ekesiobi, C. S. (2024). *Synthetic biology and its potential in US medical therapeutics: A comprehensive review. Engineering Science and Technology Journal*, 5(4), 1395–1414.
41. Vietnam Government. (2022). *Nghị quyết số 120/NQ-CP về phát triển bền vững đồng bằng sông Cửu Long.*



Giảm phát thải trong trồng trọt - Hướng tiếp cận từ Việt Nam và Đông Phi

ĐỖ LAN

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Nông nghiệp là một nguồn phát thải khí nhà kính quan trọng trên quy mô toàn cầu, đồng thời cũng sở hữu tiềm năng đáng kể để giảm phát thải và gia tăng tích lũy carbon nếu được quản lý hợp lý. Quá trình canh tác, chuyển đổi đất, và các chuỗi giá trị nông sản đang phát sinh lượng lớn CO₂, CH₄ và N₂O; trong khi đó, các biện pháp canh tác thích ứng và bền vững có thể vừa hạn chế phát thải vừa tăng khả năng hấp thụ các-bon sinh học. Do đó, việc hành động kịp thời không chỉ là yêu cầu về khí hậu mà còn mang tính cấp bách đối với an ninh lương thực, bảo vệ đất đai và duy trì sinh kế nông thôn trước rủi ro thiên hậu và biến đổi khí hậu.

Tập trung vào trồng trọt, bao gồm cây công nghiệp, cây ăn quả và hệ thống lâm - nông kết hợp mang ý nghĩa kép: vừa cắt giảm phát thải trực tiếp (quản lý nước trên ruộng lúa để giảm phát thải metan), vừa tăng tích lũy sinh khối và lưu giữ các-bon lâu dài trong sản phẩm và đất. Tuy nhiên, để các can thiệp này trở thành kết quả thực tế, hai thành tố nền tảng phải đồng thời hiện diện đó là cơ chế khuyến khích tài chính, giúp chuyển giá trị khí hậu thành thu nhập cho người sản xuất; và hệ thống dữ liệu nền và cơ chế đo lường - báo cáo - thẩm định (Measurement, Reporting and Verification - MRV) đủ tin cậy để định lượng, chứng nhận và bảo đảm tính minh bạch của lợi ích khí hậu.

Vì vậy, bài viết lựa chọn phân tích hai nghiên cứu điển hình bổ trợ lẫn nhau, đó là mô hình chi trả dịch vụ môi trường (PES) áp dụng cho cây tre ở Tây Bắc Việt Nam, nhằm khảo sát cách thức chuyển giá trị tích lũy các-bon thành nguồn thu cho nông dân; và mô hình sáng kiến xây dựng cơ sở dữ liệu không gian và ước tính trữ lượng các-bon ở Khu vực Đông Phi, nhằm làm rõ yêu cầu kỹ thuật để thiết lập baseline và hệ thống MRV. Kết hợp hai trường hợp này giúp làm sáng tỏ cả khía cạnh chính sách - tài chính và khía cạnh kỹ thuật - dữ liệu, từ đó rút ra bài học thực tiễn và khuyến nghị nhằm mở rộng các giải pháp giảm phát thải trong trồng trọt một cách hiệu quả, minh bạch và bền vững.

VIỆT NAM: PES CHO NGƯỜI TRỒNG TRE Ở TÂY BẮC

Ở khu vực Tây Bắc Việt Nam, nơi nhiều cộng đồng nông hộ gắn bó với cây tre, việc triển khai cơ chế PES

dựa trên các-bon mang tính cấp thiết cả về kinh tế lẫn môi trường. Dự án PES dựa trên các-bon đã được Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên hợp quốc (FAO) triển khai với mục tiêu là thử nghiệm cách thức gắn lợi ích khí hậu với thu nhập của nông dân thông qua việc chuyển đổi giá trị hấp thụ các-bon từ tre thành tín chỉ các-bon có thể giao dịch. Việc triển khai dự án có ý nghĩa cấp thiết, bởi Việt Nam đang tăng cường các cam kết giảm phát thải khí nhà kính, đồng thời cần các mô hình cụ thể để biến tiềm năng của trồng trọt và lâm nông nghiệp thành nguồn lợi ích kinh tế rõ ràng cho cộng đồng.

Tre là loài cây sinh trưởng nhanh, có khả năng tích lũy các-bon lớn, giúp phục hồi đất suy thoái, đồng thời tạo nguồn nguyên liệu ổn định cho sinh kế địa phương. Trong quá trình thực hiện, FAO tiến hành khảo sát, đo đạc thực địa và phối hợp với tỉnh Thanh Hóa, đặc biệt là huyện Quan Hóa để xác định các diện tích đất phù hợp. Kết quả cho thấy, tiềm năng rất lớn: riêng huyện Quan Hóa có khoảng 11.000 ha đất có thể trồng tre, và tỉnh Thanh Hóa lên tới 90.000 ha. Những con số này khẳng định vùng Tây Bắc hoàn toàn có khả năng đáp ứng quy mô tối thiểu để hình thành một dự án các-bon khả thi. Dự án cũng được lồng ghép với các chương trình phục hồi đất suy thoái, góp phần nâng cao sinh kế, giảm áp lực lên rừng tự nhiên, và tạo điều kiện cho nông dân tham gia trực tiếp vào cơ chế chi trả dịch vụ môi trường.

Ngay từ đầu, việc triển khai PES cho thấy rõ những thách thức về tài chính. Dự án phải huy động nguồn vốn để trang trải chi phí khởi tạo, vốn được ước tính vào khoảng 150.000–250.000 USD, bao gồm các thủ tục pháp lý, hệ thống đo đạc, báo cáo và xác minh (MRV). FAO cùng các đối tác địa phương đã thử nghiệm cơ chế phân bổ lợi ích, trong đó doanh thu từ bán tín chỉ các-bon được quản lý bởi một đơn vị trung gian và phân phối lại cho hộ trồng tre theo hợp đồng. Đây là bước quan trọng nhằm thiết lập cơ chế minh bạch, đảm bảo nông dân thực sự hưởng lợi từ dịch vụ khí hậu mà họ cung cấp.

Trong thời gian triển khai, dự án PES cho tre ở Tây Bắc đã đạt được một số thành công quan trọng. Thứ nhất, dự án chứng minh được rằng tre là loài cây có tiềm năng tích lũy các-bon nhanh, phù hợp để đưa vào thị trường các-bon. Các kết quả đo đạc thực



địa cho thấy trồng mới tre và quản lý khai thác hợp lý có thể tạo ra lượng hấp thụ các-bon đáng kể, đủ để hình thành nguồn tín chỉ thương mại. *Thứ hai*, dự án đã góp phần nâng cao nhận thức và tạo động lực kinh tế cho nông dân. Việc lần đầu tiên được tiếp cận với khái niệm “tín chỉ các-bon” và cơ chế PES giúp người dân nhận ra rằng hoạt động canh tác của họ không chỉ mang lại sản phẩm truyền thống, mà còn tạo ra dịch vụ môi trường có giá trị tài chính. *Thứ ba*, dự án khẳng định khả năng lồng ghép các mục tiêu khí hậu với phát triển sinh kế địa phương, khi nông dân vừa có thêm thu nhập từ các-bon, vừa có lợi ích từ sản phẩm tre và các hoạt động chế biến đi kèm.

Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả ban đầu, dự án cũng bộc lộ một số hạn chế. Thách thức lớn nhất nằm ở chi phí khởi tạo quá cao so với khả năng của nông hộ và cộng đồng địa phương, khiến mô hình khó tự nhân rộng nếu không có sự hỗ trợ ban đầu từ Nhà nước hoặc các tổ chức tài trợ. Ngoài ra, yêu cầu về quy mô diện tích tối thiểu (ước tính khoảng 4.000 ha/năm) để dự án đạt hiệu quả kinh tế là một rào cản không nhỏ, đặc biệt trong điều kiện đất đai manh mún. Hạn chế khác là thiếu một phương pháp đo đạc và kiểm kê các-bon chuyên biệt cho tre. Các quy trình MRV hiện có chưa hoàn toàn phù hợp với đặc tính sinh học của loài cây này, dẫn đến khó khăn trong việc được công nhận và giao dịch tín chỉ trên các thị trường các-bon quốc tế. Bên cạnh đó, cơ chế chia sẻ lợi ích còn mới mẻ, chưa có hành lang pháp lý đầy đủ để bảo đảm sự công bằng và minh bạch trong chi trả.

Từ những thành công và hạn chế này, có thể rút ra một số bài học quan trọng. Trước hết, cần thiết kế cơ chế PES ngay từ giai đoạn lập kế hoạch chương trình trồng mới, thay vì lồng ghép sau khi đã triển khai, nhằm đáp ứng yêu cầu về tính bổ sung và đủ điều kiện tham gia thị trường các-bon. Tiếp đến, phải có nguồn tài chính “cầu nối” từ Nhà nước hoặc các nhà tài trợ quốc



Trồng rừng là một trong những hoạt động quan trọng giúp giảm phát thải khí nhà kính, đem lại thu nhập từ mua bán tín chỉ các-bon

tế để giúp vượt qua giai đoạn chi phí ban đầu, đồng thời khuyến khích sự tham gia của khu vực tư nhân. Một bài học khác là việc xây dựng phương pháp MRV chuyên biệt cho tre không chỉ giúp chuẩn hóa quá trình tính toán các-bon, mà còn mở rộng khả năng tham gia của nhiều loại cây trồng khác vào cơ chế PES. Cuối cùng, cần khẳng định vai trò của tổ chức trung gian quản lý PES ở cấp địa phương để đảm bảo cơ chế chia sẻ lợi ích minh bạch, công bằng, giúp nông dân tin tưởng và gắn bó với mô hình.

KHU VỰC ĐÔNG PHI: XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU

CÁC-BON VÀ HỆ THỐNG MRV

Ở nhiều quốc gia Đông Phi, tình trạng suy thoái đất, mất rừng và biến đổi khí hậu đang đe dọa nghiêm trọng đến an ninh lương thực và sinh kế nông thôn. Một rào cản lớn trong việc triển khai các chính sách giảm phát thải là thiếu dữ liệu cơ bản đáng tin cậy để xác định trữ lượng các-bon và mô phỏng kịch bản phát thải. Nếu không có đường cơ sở chuẩn xác, các quốc gia khó có thể tham gia các cơ chế tài chính khí hậu như REDD+ hoặc thị trường các-bon tự nguyện. Do đó, dự án của FAO được triển khai với mục tiêu cấp bách là xây dựng hệ thống dữ liệu không gian đa ngành, vừa phục vụ hoạch định quản lý đất đai, vừa tạo nền tảng cho đo lường, báo cáo và thẩm định (MRV) về các-bon.

Dự án tập trung vào các quốc gia thuộc khu vực Đông Phi, nơi có hệ sinh thái đa dạng gồm rừng, đồng cỏ và đất nông nghiệp nhưng chịu áp lực lớn từ dân số tăng nhanh và nhu cầu canh tác mở rộng. Đây cũng là khu vực có mức phát thải từ chuyển đổi mục đích sử dụng đất cao, trong khi tiềm năng hấp thụ các-bon từ rừng và đất canh tác lại rất lớn. Việc triển khai dự án tại Đông Phi vì thế mang ý nghĩa chiến lược: vừa giúp các quốc gia củng cố năng lực quản trị tài nguyên, vừa mở ra cơ hội tiếp cận nguồn tài chính khí hậu quốc tế.

FAO đã kết hợp công nghệ viễn thám với khảo sát hiện trường để phát triển cơ sở dữ liệu địa không gian. Ảnh vệ tinh Landsat độ



Cộng đồng người Maasai ở vùng Arusha, Tanzania thuộc khu vực Đông Phi đang thu hạt giống khôi phục đa dạng sinh học đồng cỏ

phân giải 30 mét được sử dụng để phân loại sử dụng đất và rừng trên diện rộng, trong khi ảnh vệ tinh có độ phân giải cao hơn được áp dụng tại những khu vực trọng điểm để nâng cao độ chính xác. Song song với đó, phương pháp kiểm kê nhanh tài nguyên (Rapid Resource Inventory - RRI) được triển khai, huy động sự tham gia của cộng đồng địa phương trong việc thu thập dữ liệu hiện trường. Các lớp dữ liệu được tích hợp thành hệ thống thông tin địa lý (GIS) thân thiện với người dùng, được thiết kế cho cả cán bộ quản lý địa phương và người dân đều có thể tiếp cận và sử dụng trong quá trình quản trị.

Dự án đã thiết lập được bộ dữ liệu nền về trữ lượng các-bon, cho phép các quốc gia Đông Phi tính toán đường cơ sở và xây dựng các mức tham chiếu phát thải (RELS). Đây là bước khởi đầu quan trọng để thiết kế hệ thống MRV minh bạch, đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế của IPCC, đồng thời tạo cơ sở kỹ thuật để tham gia REDD+ và thị trường các-bon. Ngoài ra, việc kết hợp công nghệ viễn thám với RRI đã giúp giảm đáng kể chi phí so với phương pháp kiểm kê truyền thống, trong khi vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết. Một điểm đáng chú ý là dữ liệu được trình bày dưới dạng bản đồ trực quan, dễ hiểu, giúp cán bộ địa phương nhanh chóng tiếp cận và sử dụng trong quy hoạch. Dự án cũng góp phần nâng cao năng lực cho đội ngũ kỹ thuật địa phương, tạo tiền đề cho việc duy trì và mở rộng hệ thống dữ liệu sau này.

Mặc dù, đã đạt được nhiều kết quả, dự án vẫn gặp không ít hạn chế. Năng lực thể chế ở nhiều quốc gia còn yếu, khiến việc duy trì và cập nhật cơ sở dữ liệu gặp khó khăn sau khi dự án kết thúc. Việc triển khai MRV đòi hỏi kỹ thuật và chi phí đáng kể, trong khi nguồn lực trong nước còn hạn chế. Ngoài ra, bài toán quy mô can thiệp cũng đặt ra thách thức: nếu dự án không đạt diện tích đủ lớn hoặc không kiểm soát được tình trạng rò rỉ phát thải (leakage), hiệu quả giảm phát thải có thể bị triệt tiêu. Bên cạnh đó, chi phí cho ảnh vệ tinh độ phân giải cao vẫn còn khá lớn, đòi hỏi sự cân nhắc giữa yêu cầu chính xác và khả năng chi trả.

BÀI HỌC CHO GIẢM PHÁT THẢI TRONG TRỒNG TRỌT

Hai nghiên cứu điển hình ở Việt Nam và Đông Phi tuy khác biệt về cách tiếp cận nhưng lại bổ trợ lẫn nhau. Việt Nam cho thấy tiềm năng

lớn của một cơ chế khuyến khích kinh tế, khi nông dân trực tiếp nhận chi trả từ dịch vụ hấp thụ các-bon thông qua mô hình PES. Trong khi đó, Đông Phi nhấn mạnh rằng nếu thiếu dữ liệu nền và hệ thống MRV đáng tin, thì mọi cơ chế tài chính khí hậu sẽ thiếu cơ sở để được công nhận và vận hành bền vững. Một bên tập trung vào “động lực kinh tế”, bên kia đặt trọng tâm vào “nền tảng kỹ thuật”, và chỉ khi hai yếu tố này kết hợp, các can thiệp giảm phát thải trong trồng trọt mới có thể đạt hiệu quả, minh bạch và có khả năng mở rộng.

Từ hai nghiên cứu điển hình có thể rút ra một nhận định quan trọng: giảm phát thải trong trồng trọt chỉ thành công khi đồng thời có động lực kinh tế và nền tảng kỹ thuật. Mô hình PES ở Việt Nam cho thấy, nếu nông dân được hưởng lợi trực tiếp từ dịch vụ khí hậu, họ sẽ sẵn sàng thay đổi thực hành sản xuất và duy trì cây trồng có khả năng hấp thụ các-bon cao. Ngược lại, dự án ở Đông Phi chứng minh rằng không có dữ liệu nền và hệ thống MRV tin cậy, thì việc định lượng và chứng nhận giá trị khí hậu sẽ thiếu căn cứ, khiến các cơ chế tài chính khó triển khai hiệu quả.

Bài học thứ hai là quy mô và tính khả thi tài chính phải được tính toán từ đầu. Cả hai dự án đều cho thấy các chi phí khởi tạo, duy trì MRV và yêu cầu về diện tích tối thiểu là những rào cản lớn. Vì vậy, cần có sự tham gia của Nhà nước và các nhà tài trợ quốc tế trong giai đoạn đầu để cung cấp vốn hoặc “cầu nối” trước khi dòng thu từ thị trường các-bon chảy về. Điều này đặc biệt đúng với các hộ nông dân nhỏ lẻ, vốn khó có khả năng tự gánh chi phí khởi tạo dự án các-bon.

Cuối cùng, cả hai trường hợp đều nhấn mạnh vai trò của sự



minh bạch và sự tham gia của cộng đồng. PES chỉ bền vững khi cơ chế chia sẻ lợi ích rõ ràng, đảm bảo công bằng cho nông dân. Hệ thống dữ liệu chỉ được chấp nhận khi có sự tham gia và đồng thuận của người dân địa phương trong quá trình thu thập và xác minh. Kết hợp hai yếu tố này sẽ tạo nên một khung thể chế vừa thúc đẩy sự thay đổi hành vi trong nông nghiệp, vừa bảo đảm niềm tin và sự gắn bó lâu dài của cộng đồng.

KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH VÀ KỸ THUẬT

Trước hết, cần lồng ghép cơ chế chi trả dịch vụ môi trường (PES) dựa trên các-bon vào chính sách nông nghiệp và lâm nghiệp ngay từ giai đoạn thiết kế chương trình. Việc xem xét các loại cây trồng có khả năng hấp thụ các-bon nhanh, như tre ở Việt Nam, sẽ giúp tăng tính bổ sung và mở rộng cơ hội tham gia thị trường các-bon quốc tế. Đồng thời, Nhà nước nên ban hành các hướng dẫn chi tiết về cơ chế chia sẻ lợi ích, đảm bảo quyền lợi công bằng cho nông dân và cộng đồng địa phương – những người trực tiếp duy trì và cung cấp dịch vụ khí hậu.

Tiếp theo, phát triển hệ thống dữ liệu và phương pháp MRV phù hợp cho trồng trọt là điều kiện không thể thiếu. Bài học từ Đông Phi cho thấy, việc kết hợp ảnh vệ tinh, GIS và khảo sát hiện trường giúp thiết lập baseline tin cậy với chi phí hợp lý. Việt Nam và các quốc gia trong khu vực nên đầu tư xây dựng “kho dữ liệu các-bon nông nghiệp” ở cấp quốc gia và địa phương, đồng thời phát triển phương pháp tính toán chuyên biệt cho các cây trồng đặc thù (ví dụ tre, lúa nước, cây ăn quả lâu năm). Đây sẽ là nền tảng để các dự án giảm phát thải trong trồng trọt đủ điều kiện tham gia vào các cơ chế tài chính khí hậu.

Một khuyến nghị quan trọng khác là tăng cường nguồn tài chính cầu nối và khuyến khích hợp tác công – tư. Với chi phí khởi tạo dự án các-bon cao, sự hỗ trợ ban đầu từ ngân sách công hoặc các tổ chức quốc tế là cần thiết để vượt qua rào cản kinh tế. Song song, cần khuyến khích khu vực tư nhân tham gia đầu tư vào chuỗi giá trị nông sản bền vững, bởi chính họ có khả năng đưa sản phẩm gắn với giá trị các-bon ra thị trường và duy trì dòng thu lâu dài. Mô hình hợp tác công – tư (PPP) sẽ tạo động lực lan tỏa, biến PES và MRV thành cơ chế bền vững thay vì chỉ dừng lại ở dự án thí điểm.

Cuối cùng, cần nâng cao năng lực quản trị và sự tham gia của cộng đồng. Các cơ quan quản lý địa phương phải được đào tạo về GIS, MRV và cơ chế các-bon; đồng thời, cộng đồng nông dân cần được tham gia vào quá trình thu thập dữ liệu, giám sát và thụ hưởng lợi ích. Sự minh bạch trong thông tin và chi trả sẽ giúp tăng niềm tin, từ đó bảo đảm sự gắn bó lâu dài của người dân đối với các chương trình giảm

phát thải trong trồng trọt. Đây chính là yếu tố quyết định để nhân rộng mô hình từ cấp địa phương lên quy mô quốc gia và khu vực

KẾT LUẬN

Giảm phát thải khí nhà kính trong trồng trọt không chỉ là yêu cầu từ các cam kết quốc tế về biến đổi khí hậu, mà còn là nhu cầu nội tại của các nền kinh tế đang chịu áp lực ngày càng lớn từ suy thoái đất, mất rừng và an ninh lương thực. Hai nghiên cứu điển hình ở Việt Nam và Đông Phi đã chứng minh rằng để biến tiềm năng của nông nghiệp thành giá trị khí hậu thực sự, cần kết hợp đồng thời động lực kinh tế thông qua cơ chế PES và nền tảng kỹ thuật thông qua hệ thống dữ liệu và MRV. Đây là sự bổ sung cần thiết để đảm bảo hiệu quả, minh bạch và tính bền vững của các can thiệp trong nông nghiệp.

Đối với Việt Nam, việc học hỏi từ hai trường hợp này có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Trồng tre ở Tây Bắc cho thấy khả năng lồng ghép giảm phát thải với phát triển sinh kế, trong khi kinh nghiệm Đông Phi khẳng định vai trò quyết định của dữ liệu và năng lực thể chế. Nếu kết hợp được hai yếu tố này, Việt Nam không chỉ có thể nhân rộng các mô hình giảm phát thải trong trồng trọt, mà còn mở ra cánh cửa tham gia sâu hơn vào thị trường các-bon toàn cầu. Đây sẽ là bước đi chiến lược, vừa đóng góp cho nỗ lực chống biến đổi khí hậu, vừa nâng cao giá trị và tính cạnh tranh của nền nông nghiệp bền vững trong tương lai ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. FAO. (2011). *Payments for Environmental Services and Forest Carbon: The Case of Bamboo in Viet Nam*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. FAO. (2013). *Building forest and land-use carbon MRV systems in East Africa*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
4. UNFCCC. (2021). *Nationally Determined Contributions (NDCs) Registry – Viet Nam*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2022). *Báo cáo cập nhật hai năm một lần lần thứ ba của Việt Nam cho Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (BUR3)*. Hà Nội.
6. Chính phủ Việt Nam. (2021). *Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu giai đoạn đến năm 2050*. Hà Nội.
7. Chính phủ Việt Nam. (2008). *Nghị định số 99/2008/NĐ-CP về chính sách chi trả dịch vụ môi trường rừng*. Hà Nội.



Bảo hiểm nông nghiệp ở một số quốc gia châu Á và bài học cho Việt Nam

NGUYỄN MINH KHOA, BÙI VĂN HỢP

Viện Chính sách, Đổi mới và Khoa học Liên ngành

CHÂU THỊ TÂM

Trường Đại học Nghệ An

Việt Nam nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa hay nhiệt đới ẩm với nhiều loại hình thiên tai phải đối mặt và là khu vực có điều kiện khí hậu thuận lợi cho sự phát sinh của dịch bệnh/sâu bệnh gây hại trên đối tượng sản xuất nông nghiệp. Vì vậy, sản xuất nông nghiệp đối mặt với rất nhiều rủi ro liên quan đến cả thiên tai, dịch bệnh và các đối tượng gây hại khác, gây ảnh hưởng tới năng suất và chất lượng của cây trồng, vật nuôi, từ đó có thể gây ra những thiệt hại tài chính cho người sản xuất. Các công cụ tài chính có thể được sử dụng để đối phó với rủi ro trong nông nghiệp bao gồm: Bảo hiểm; Tiết kiệm hay Tín dụng. Trong đó, bảo hiểm nông nghiệp (BHNN) là một giải pháp hữu hiệu, có thể bồi thường cho nông dân khi xảy ra thiệt hại lớn về cây trồng, vật nuôi hoặc nuôi trồng thủy sản với các rủi ro cụ thể được quy định trong hợp đồng bảo hiểm. Khoản bồi thường này giúp nông dân giải quyết được các nhu cầu hàng ngày như lương thực thực phẩm và thanh toán hóa đơn, khắc phục hậu quả do làm ăn thua lỗ và thúc đẩy tái đầu tư để phục hồi sản xuất nhanh hơn. Bảo hiểm cũng có thể giúp nông dân tiếp cận dễ dàng hơn với các khoản vay từ ngân hàng, cải thiện mối quan hệ với các doanh nghiệp nông nghiệp, giúp nông dân tiếp cận dễ dàng hơn với hạt giống, phân bón và các đầu vào khác, từ đó thúc đẩy quá trình bán các đầu vào nông nghiệp [15]. Để đưa BHNN vào áp dụng trong thực tiễn cho cây trồng, nhiều quốc gia trên thế giới trong đó có khu vực châu Á đã xây dựng và thực hiện các chính sách khác nhau, bước đầu đem lại hiệu quả. Bài viết này phân tích kinh nghiệm của một số quốc gia khu vực châu Á (như Thái Lan, Trung Quốc, Ấn Độ...) có nhiều nét tương đồng với Việt Nam về khí hậu trong xây dựng và thực hiện chính sách BHNN, từ đó rút ra một số bài học kinh nghiệm cho Việt Nam.

THÁI LAN

Dù là quốc gia trong nhóm các nước mới công nghiệp hóa, nhưng nông nghiệp vẫn là ngành được Thái Lan coi trọng do vai trò quan trọng trong nền kinh tế, việc làm cho đông đảo người dân và tiềm năng xuất khẩu. Trước tình trạng hạn hán đã và đang trở

thành mối đe dọa đối với việc phát triển bền vững nền nông nghiệp, Thái Lan đã khởi xướng chương trình bảo hiểm cây trồng từ năm 1978 với sự hợp tác giữa Chính phủ và các công ty bảo hiểm tư nhân nhằm bảo hiểm cho tất cả các rủi ro tự nhiên như lũ lụt và hạn hán cho cây bông. Sau đó, bảo hiểm bồi thường mọi rủi ro cho ngô, lúa miến và đậu nành vào năm 1990 [4]. Đến năm 2011, nước này cho ra mắt Chương trình bảo hiểm cây trồng quốc gia cho lúa gạo và bổ sung thêm cây ngô vào năm 2018 theo thỏa thuận PPP do Hiệp hội Bảo hiểm tổng hợp Thái Lan (TGIA) quản lý. Theo chương trình, Chính phủ trợ cấp cho nông dân lên đến 100% tùy theo vùng và mức độ rủi ro. Chương trình này thực hiện song song với chương trình cứu trợ thiên tai của Chính phủ. Theo đó, trường hợp nông dân bị thiệt hại toàn bộ khi nằm trong khu vực thảm họa thì được Chính phủ cứu trợ 247 USD/ha mỗi Rai lúa. Điều này giúp doanh nghiệp bảo hiểm giảm bớt rủi ro khi cung cấp BHNN. Nhờ đó, tỷ lệ diện tích trồng lúa được bảo hiểm ở Thái Lan đạt 72-76% trong giai đoạn 2020-2021 [6]. Năm 2016, Chính phủ Thái Lan tiếp tục hỗ trợ bảo hiểm lúa gạo “được mùa”. Đây là sự hỗ trợ mang tính bền vững, có định hướng, tăng tính chủ động từ nông dân.

Qua các chương trình bảo hiểm cây trồng của Thái Lan cho thấy, hình thức BHNN của Thái Lan rất đa dạng và được hỗ trợ của Chính phủ. Chính phủ trợ cấp phí bảo hiểm thông qua Ngân hàng Nông nghiệp và Hợp tác xã nông nghiệp Thái Lan (BAAC). Nông dân trồng lúa được miễn phí bảo hiểm và được tham gia chương trình BHNN khi có khoản vay 4.000 Baht tại BAAC (Asean Insurance Council, 2023; GIZ, 2022c). Sự hỗ trợ này mang tính bền vững, có định hướng, tăng tính chủ động từ nông dân. Nhà nước vừa hỗ trợ chính sách mở cho doanh nghiệp, vừa đầu tư khoa học - kỹ thuật cho nông dân; đặt doanh nghiệp bảo hiểm ở vị trí trung gian, đứng ra bán dịch vụ cho nông dân. Khi gặp thiên tai, dịch bệnh... dẫn tới thiệt hại thì bảo hiểm chịu một phần theo khả năng trách nhiệm đã đăng ký, còn lại sẽ do Nhà nước đảm nhận. Nhà nước khuyến khích các mô hình bảo hiểm tương hỗ, ưu tiên doanh nghiệp bảo hiểm đặt mũi nhọn vào lĩnh



Một trang trại trồng rau thông minh tại Khai Phong, tỉnh Hà Nam, Trung Quốc

vực nông nghiệp. Theo đó, Văn phòng Chính sách tài chính (FPO) thuộc Bộ Tài chính chịu trách nhiệm thiết kế và xây dựng chính sách; Cục Khuyến nông (DOAE) thuộc Bộ Nông nghiệp và Hợp tác xã đăng ký cho nông dân tham gia và xem xét thiệt hại ở phạm vi quốc gia; Cục Phòng chống và giảm nhẹ thiên tai (ĐPM) thực hiện xác định thiên tai và giảm thiểu rủi ro trong lĩnh vực nông nghiệp [7]. Ngân hàng Nông nghiệp và Hợp tác nông nghiệp Thái Lan (BAAC) được xem như là một đối tác tích cực trong cộng đồng nông nghiệp và là kênh chính kết nối giữa nông dân với những công ty bảo hiểm địa phương. Để khuyến khích nông dân mua bảo hiểm, BAAC đã cho nông dân vay vốn để sản xuất. Phí bảo hiểm được xác định dựa trên số lượng các khoản vay và khả năng chi trả (Hnin, 2016). Sau đó, BAAC chuyển 10,7% phí bảo hiểm cho công ty bảo hiểm địa phương giữ và chuyển 89,3% phí bảo hiểm cho thị trường tái bảo hiểm quốc tế (Công ty tái bảo hiểm lớn thứ hai trên thế giới - Swiss Re).

Bài học kinh nghiệm từ Thái Lan cho thấy: (i) Nhà nước vừa hỗ trợ chính sách mở cho doanh nghiệp, vừa đầu tư khoa học - kỹ thuật cho nông dân; đặt doanh nghiệp bảo hiểm ở vị trí trung gian, đứng ra bán dịch vụ cho nông dân. Khi gặp thiên tai, dịch bệnh... dẫn tới thiệt hại thì bảo hiểm chịu một phần theo khả năng trách nhiệm đã đăng ký, còn lại sẽ do Nhà nước đảm nhận; (ii) Nhà nước khuyến khích các mô hình bảo hiểm tương hỗ, ưu tiên doanh nghiệp bảo hiểm đặt

mũi nhọn vào lĩnh vực nông nghiệp; (iii) Đặt ra một số loại hình bảo hiểm bắt buộc đối với nông dân; (iv) Đưa ra hành lang pháp lý rõ ràng để xử lý doanh nghiệp hoặc nông dân khi vi phạm hợp đồng.

TRUNG QUỐC

Nông nghiệp Trung Quốc chiếm trên 10% Tổng sản phẩm quốc dân (GNP) [16]. Nhận thức được tầm quan trọng của BHNN, Trung Quốc đã có nhiều chính sách ưu tiên phát triển nông nghiệp và trợ cấp phí bảo hiểm cho nông dân, coi BHNN là một phần của chương trình xây dựng nông thôn mới. Do vậy thị trường BHNN Trung Quốc phát triển rất nhanh chóng.

Theo Wang et al (2011), năm 1949, Công ty Bảo hiểm Nhân dân Trung Quốc (PICC) được thành lập, BHNN là một trong những sản phẩm bảo hiểm đầu tiên được thừa nhận tại Trung Quốc [1]. Các thử nghiệm BHNN bắt đầu vào năm 1950 với bảo hiểm chăn nuôi và bông, nhưng thử nghiệm này chỉ áp dụng ở một số quận/huyện sau đó bị lãng quên. Năm 1982, Trung Quốc bắt đầu một cuộc thử nghiệm thứ hai với BHNN, Công ty Bảo hiểm Nhân dân Trung Quốc đã điều hành chương trình thí điểm và đã có khởi đầu tốt đẹp. Năm 2004, một nỗ lực khác về BHNN được thực hiện tại mức độ chính sách quốc gia. Nghiên cứu được hỗ trợ bởi các chính sách hỗ trợ và khuyến khích tích cực của Ủy ban Điều tiết Bảo hiểm Trung Quốc. Năm 2006, đề xuất của Hội đồng Nhà nước về Cải cách và Phát triển Công nghiệp Bảo hiểm được ban



hành để nghị thăm dò mô hình BHNN mới, một mô hình đa tầng và trợ cấp đa kênh. Các khoản trợ cấp từ Trung ương và địa phương được cung cấp cho nông dân tham gia (trợ cấp phí bảo hiểm) và các công ty bảo hiểm (trợ cấp chi phí hành chính). Đề nghị này được coi là một mốc quan trọng trong lịch sử BHNN Trung Quốc vì cung cấp một cơ sở chính sách cho tài chính của Chính phủ ủng hộ. Giai đoạn 2004-2006, Trung Quốc đã tiếp tục cải cách và thiết lập hệ thống BHNN dựa trên chính sách thực hiện thí điểm và hỗ trợ cho nông dân, doanh nghiệp bảo hiểm [2]. Năm 2007, Ủy ban Trung ương đã thông qua một quỹ trợ cấp BHNN và 6 tỉnh (Hồ Nam, Cát Lâm, Nội Mông, Tân Cương, Tứ Xuyên và Giang Tô) đã được chọn tham gia vào chương trình mới thử nghiệm BHNN. Kết quả là tổng phí bảo hiểm thu từ BHNN khoảng 5,2 tỷ Nhân dân tệ, tổng mức bồi thường nông nghiệp là xấp xỉ 2,7 tỷ Nhân dân tệ, tổng số tiền bảo hiểm trên 172 tỷ Nhân dân tệ năm 2008 và 2009 và BHNN tiếp tục phát triển nhanh chóng và mở rộng ở 17 tỉnh, vùng. Hơn 90 triệu gia đình nông dân tham gia vào chương trình, tổng số phí bảo hiểm thu được vượt quá 11 tỷ Nhân dân tệ và tổng mức bồi thường vượt 7 tỷ. Đến năm 2010, chương trình BHNN mới đã được giới thiệu ở 25 tỉnh và vùng tự trị. Bên cạnh đó, nhận thấy tầm quan trọng của BHNN, Quốc vụ viện đã ban hành Quy chế BHNN năm 2012, được coi như đạo luật đầu tiên về BHNN ở Trung Quốc. Bộ Tài chính tiếp tục ban hành “Trợ cấp phí BHNN từ Trung ương” năm 2016 và “Thông báo thí điểm bảo hiểm thảm họa nông nghiệp tại các tỉnh sản xuất ngũ cốc lớn” vào năm 2017.

Như vậy, BHNN của Trung Quốc đã trải qua một số giai đoạn phát triển. Đến năm 2007, cuộc thử nghiệm BHNN mới ra đời đã cho thấy sức sống và kinh nghiệm phát triển nhanh chóng của ngành. Điều này chủ yếu là do sáng kiến chính sách của Chính phủ và khoản trợ cấp để hỗ trợ chương trình BHNN mới. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều vấn đề tồn tại trong thực tiễn triển khai hiện nay. Đầu tiên, cần xác định rõ vai trò của Chính phủ đối với các hoạt động BHNN theo định hướng thị trường. Thứ hai, nông dân ý thức được về chương trình BHNN và đã bắt đầu tham gia, nhưng các công ty bảo hiểm chưa đáp ứng tốt mạng lưới kinh doanh để tiếp cận hầu hết các làng ở Trung Quốc. Thứ ba, mô hình trợ cấp của Chính phủ trong chương trình hiện nay không thúc đẩy sự mạnh mẽ thị trường BHNN ở Trung Quốc.

Từ kinh nghiệm của Trung Quốc cho thấy, cần phải tiếp tục đổi mới trong dài hạn; Xem xét cách thức để ngày càng nhiều sản phẩm BHNN được trợ phí, chẳng hạn như gạo, lúa mì, bông...

ẤN ĐỘ

Theo Bhende (2012), năm 1947 chủ đề bảo hiểm cây trồng đã được thảo luận trong Quốc hội Ấn Độ [3]. Sự quan tâm đến chủ đề này được chính quyền bang Punjab đề xuất kế hoạch bảo hiểm cây trồng trong giai đoạn 5 năm (1961-1966) với sự hỗ trợ tài chính của Trung ương. Năm 1965, với sự phát triển và nhu cầu bảo hiểm cây trồng ngày càng tăng, Chính phủ Ấn Độ đã quyết định thảo luận về dự luật Bảo hiểm cây trồng và một chương trình mẫu về bảo hiểm cây trồng và đến tháng 7/1970 dự thảo luật này đã được Quốc hội thông qua. Năm 1972, Chính phủ Ấn Độ đã đưa chương trình bảo hiểm cây trồng thí nghiệm ở cấp quốc gia. Chương trình bảo hiểm cây trồng đầu tiên được thực hiện tại các trang trại riêng lẻ vào năm 1972 cho cây bông vải ở Gujarat do Tổng cục Bảo hiểm (GID) của Tổng công ty Bảo hiểm nhân thọ (LIC) đã giới thiệu. Chương trình bảo hiểm cây trồng sau đó được chuyển sang Tổng công ty Bảo hiểm Tổng hợp (GIC) của Ấn Độ vào giữa năm 1972. Đề án được mở rộng đến Andhra Pradesh, Karnataka, Maharashtra, Tamil Nadu, Tây Bengal và áp dụng cho bông, lúa mì, lạc và khoai tây. Đề án đã được vận hành đến năm 1978-1979 và có 3.110 nông dân tham gia bảo hiểm. Tổng phí bảo hiểm thu được là Rs. 4,54 lakh và tỷ lệ bồi thường bảo hiểm gấp 8,34 lần phí bảo hiểm thu được. Nguyên nhân bồi thường cao là do đề án có sự giới hạn đối tượng bảo hiểm (những hộ có khả năng gặp ít rủi ro), nên các đối tượng này ít muốn tham gia bảo hiểm. Mặt khác, rủi ro trong nông nghiệp rất đa dạng, xảy ra sẽ gây thiệt hại trên diện rộng ảnh hưởng đến nhiều người. Do đó đa số phí thu được thấp hơn nhiều so với số tiền bồi thường.

Sau khi thực hiện thành công các chương trình thí điểm về bảo hiểm cây trồng trước đó, Chính phủ Ấn Độ tiếp tục đưa ra chương trình bảo hiểm cây trồng toàn diện (CCIS) có hiệu lực vào năm 1985 [3]. Mục tiêu chính của CCIS là cung cấp biện pháp hỗ trợ tài chính cho nông dân trong sự kiện thất bại mùa màng do sự thay đổi bất thường của thiên nhiên và giúp khôi phục khả năng tiếp cận tín dụng của nông dân sau vụ mất mùa và kích thích sản xuất ngũ cốc, đậu và hạt có dầu. Kết quả của chương trình là số nông dân được bảo hiểm tăng từ ít hơn 4 triệu năm 1985-1986 lên 6,76 triệu vào năm 1987. Diện tích bảo hiểm tăng từ 7,69 triệu ha lên 11,65 triệu ha trong cùng thời kỳ. Tuy nhiên, chương trình bảo hiểm cây trồng toàn diện (CCIS) có những thiếu sót như: Phương pháp tiếp cận khu vực có thể có trường hợp xảy ra thiệt hại do mất mùa ở khu vực nhưng không nhận được lợi ích của Chương trình, số tiền bảo hiểm được giới hạn trong số tiền vay từ các tổ chức tín dụng chính thức, nông dân không vay vốn không được hưởng bảo hiểm theo chương trình năng suất ngưỡng...



Ấn độ thực hiện thành công các chương trình về bảo hiểm cây trồng chính cung cấp biện pháp hỗ trợ tài chính cho nông dân

Chương trình BHNN đáng chú ý nhất của Ấn Độ là Pradhan Mantri Fasal Bima Yojana (PMFBY) ra mắt vào tháng 2/2016, bảo hiểm cho hầu hết các loại cây trồng chính (bao gồm lúa gạo). Bảo hiểm này áp dụng cho các giai đoạn sản xuất: gieo trồng, chăm sóc, thu hoạch, sau thu hoạch. Tất cả nông dân thuộc một khu vực cụ thể phải trả cùng một khoản phí bảo hiểm và có cùng các khoản bồi thường. Cách tiếp cận theo khu vực làm giảm nguy cơ rủi ro đạo đức và lựa chọn bất lợi [5]. Cổng thông tin bảo hiểm cây trồng quốc gia (NCIP) được phát triển để quản lý, phổ biến thông tin và cung cấp dịch vụ tốt hơn.

Kinh nghiệm của Ấn Độ cho thấy, Chính phủ đóng vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ và thúc đẩy sự tham gia của người sản xuất vào các chương trình bảo hiểm thông qua trợ cấp phí bảo hiểm, hỗ trợ tài chính và cơ chế quản lý rủi ro.

BÀI HỌC CHO VIỆT NAM

BHNN ở nước ta được triển khai từ năm 1982 tại 2 huyện Nam Ninh và Vụ Bản (Nam Định). Đến năm 1998, đã mở rộng dịch vụ tới 26 tỉnh, nhận bảo hiểm cho 200.000 ha lúa. Tháng 3/2011, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 315/QĐ-TTg về thực hiện thí điểm BHNN ở Việt Nam giai đoạn 2011 - 2013 tại 21 tỉnh, thành phố trong cả nước, do 2 doanh nghiệp bảo hiểm (Tổng công ty Bảo hiểm Bảo Việt, Tổng công ty Bảo Minh) và 1 doanh nghiệp tái bảo hiểm (Tổng công ty Tái bảo hiểm Quốc gia Việt Nam) thực hiện [9]. Kết quả, có 236.396 hộ tham gia BHNN cho cây lúa; các doanh nghiệp bảo hiểm đã thực hiện

bồi thường 17,4 tỷ đồng cho cây lúa [14]. Thực tiễn triển khai hoạt động thí điểm BHNN cho thấy chủ trương của Đảng, Nhà nước trong việc triển khai BHNN là hết sức đúng đắn, đây là chính sách nhằm ổn định sản xuất và đời sống của người dân, góp phần thực hiện tốt chính sách an sinh xã hội. Bên cạnh đó, BHNN còn góp phần hình thành cho người sản xuất nông nghiệp ý thức và thói quen tuân thủ quy trình sản xuất, canh tác, nuôi thủy sản. Đồng thời, hoàn chỉnh cơ chế chính sách về thí điểm bảo hiểm trong nông nghiệp như hướng dẫn về các loại thiên tai, dịch bệnh được bảo hiểm, tiêu chí, tiêu chuẩn trồng lúa, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản khi tham gia thí điểm BHNN; cơ chế tài chính đối với các doanh nghiệp bảo hiểm triển khai thí điểm BHNN, quy định hồ sơ, thủ tục và quy trình hỗ trợ thực hiện thí điểm BHNN và hoàn chỉnh bộ quy tắc, biểu phí về các sản phẩm bảo hiểm. Qua thực tiễn cho thấy cách thức xây dựng các sản phẩm nói trên là có căn cứ, phù hợp với đặc tính của từng loại cây trồng, vật nuôi.

Xác định được vai trò quan trọng của BHNN, Chính phủ đã ban hành Nghị định số 58/2018/NĐ-CP ngày 18/4/2018 về BHNN, Quyết định số 22/2019/QĐ-TTg 26/6/2019 về thực hiện chính sách hỗ trợ BHNN [10] và Quyết định số 03/2021/QĐ-TTg ngày 25/1/2021 về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Quyết định số 22/2019/QĐ-TTg [12]. Tuy nhiên kết quả đạt được chỉ có ở 4 tỉnh: (1) Nghệ An: Triển khai bảo hiểm cây lúa tại 102 xã; tổng số hộ nông dân/tổ chức sản xuất tham gia bảo hiểm: 7.292 (915 hộ nghèo, 3.904 hộ cận nghèo,



BHNN là công cụ tài chính gắn liền với hoạt động kinh doanh nông nghiệp, bảo vệ người nông dân trước rủi ro thiên tai, thời tiết cũng như rủi ro về biến động giá cả

2.473 hộ thường); tổng giá trị được bảo hiểm: 39,1 tỷ đồng; tổng số phí bảo hiểm: 2 tỷ đồng (trong đó số phí bảo hiểm được ngân sách nhà nước (NSNN) hỗ trợ là 1,33 tỷ đồng); ước bồi thường: 145 triệu đồng. (2) Thái Bình: Triển khai bảo hiểm cây lúa với 5.619 hộ (5.609 hộ nghèo và hộ cận nghèo, 10 hộ thường); tổng giá trị được bảo hiểm: 30,23 tỷ đồng; tổng số phí bảo hiểm: 1,91 tỷ đồng (trong đó số phí bảo hiểm được NSNN hỗ trợ là 1,72 tỷ đồng); bồi thường: Chưa phát sinh. (3) Hà Giang: Triển khai bảo hiểm trâu, bò tại 57 xã, thị trấn của 3 huyện, thị xã với 3.481 hộ tham gia; tổng giá trị được bảo hiểm: 71,9 tỷ đồng; tổng số phí bảo hiểm: 2,63 tỷ đồng (trong đó số phí bảo hiểm được NSNN hỗ trợ là 2,37 tỷ đồng); bồi thường: 52,5 triệu đồng. (4) Bình Định: Triển khai bảo hiểm trâu, bò với 339 hộ nghèo và hộ cận nghèo tham gia; tổng giá trị được bảo hiểm: 5,1 tỷ đồng; tổng số phí bảo hiểm: 337,7 triệu đồng (trong đó số phí bảo hiểm được NSNN hỗ trợ là 303,96 triệu đồng); bồi thường: Chưa phát sinh [17]. Nguyên nhân khách quan là do BHNN về cơ bản vẫn là sản phẩm mới, phức tạp không chỉ đối với bản thân người nông dân mà còn đối với đội ngũ cán bộ thực thi chính sách tại cơ sở; việc tổ chức thực hiện tại một số địa phương, cơ sở vẫn còn lúng túng. Bên cạnh đó, nhận thức của một số bộ phận người nông dân đối với BHNN vẫn còn hạn chế. Ngoài ra, BHNN là nghiệp vụ phức tạp, rủi ro cao xuất phát từ thực tế biến động khó lường của thiên tai, dịch bệnh; việc triển khai đòi hỏi các doanh nghiệp bảo

hiểm (DNBH) phải có năng lực tài chính lớn, đội ngũ cán bộ có năng lực, kinh nghiệm và mạng lưới phân phối sản phẩm đủ rộng đảm bảo khả năng tiếp cận đến cơ sở (cấp thôn, xóm, hợp tác xã), có sự tham gia bảo vệ của nhà tái bảo hiểm quốc tế và với sự hỗ trợ kịp thời, phối hợp chặt chẽ của các cấp chính quyền tại cơ sở. Do đó, trên thực tế, không nhiều DNBH tham gia thực hiện chính sách hỗ trợ BHNN. Nguyên nhân chủ quan là do cơ chế chính sách còn chưa hoàn chỉnh như quy định và kỹ thuật nuôi trồng; công bố, xác nhận bệnh dịch; quy tắc, điều khoản, biểu phí bảo hiểm; quy trình thực hiện. Mặc dù đã có điều chỉnh kịp thời của các Bộ/ ngành, tuy nhiên do đây là các sản phẩm bảo hiểm mới nên gặp nhiều khó khăn. Sự phối kết hợp giữa các cơ quan ở các địa phương chưa chặt chẽ, đặc biệt trong công tác giám sát các hộ dân tuân thủ quy trình, kỹ thuật trong trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng. DNBH có đầu tư tuyển dụng nguồn nhân lực để làm công tác BHNN, tuy nhiên, lực lượng còn mỏng, chưa có nhiều kinh nghiệm và năng lực chuyên môn để giám sát các hộ dân tuân thủ đầy đủ quy trình, kỹ thuật trong trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản.

Trước thực trạng đó, ngày 9/5/2022, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định số 13/2022/QĐ-TTg về thực hiện chính sách hỗ trợ BHNN [13]. Quyết định số 13/2022/QĐ-TTg đã thể chế hóa đầy đủ chủ trương, chính sách của Đảng, pháp luật của Nhà nước về tiếp tục nâng cao hiệu lực, hiệu quả việc thực hiện



chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới gắn với cơ cấu lại ngành nông nghiệp. Đồng thời, bảo đảm phù hợp với quy định tại Nghị định số 58/2018/NĐ-CP về đối tượng bảo hiểm được hỗ trợ, mức hỗ trợ, rủi ro được bảo hiểm được hỗ trợ, địa bàn được hỗ trợ, mang tính đại diện theo vùng, miền, bám sát các chương trình mục tiêu phát triển sản xuất nông nghiệp của Chính phủ và có tính kế thừa kết quả thí điểm BHNN giai đoạn 2011 - 2013 theo Quyết định số 315/QĐ-TTg ngày 1/3/2011 của Thủ tướng Chính phủ.

Từ kinh nghiệm thực hiện BHNN của một số nước khu vực châu Á và tình hình triển khai tại nước ta, để phát triển BHNN tại Việt Nam cần:

Thứ nhất, cần thiết lập các môi trường pháp lý rõ ràng cho BHNN, đảm bảo thực thi các hợp đồng bảo hiểm mà cả người mua và người bán.

Thứ hai, cần tăng cường cung cấp thông tin cũng như nâng cao nhận thức, hiểu biết cho người nông dân về BHNN.

Thứ ba, cần có vai trò Hội Nông dân Việt Nam với tư cách là tổ chức đại diện của nông dân, đào tạo sự tin cậy, dẫn dắt để nông dân yên tâm tham gia các sản phẩm BHNN.

Thứ tư, cần thiết lập mô hình BHNN phù hợp với điều kiện ở Việt Nam. Ngoài mô hình bảo hiểm chuyên nghiệp (kinh doanh theo luật bảo hiểm, các luật trong lĩnh vực kinh tế) và các mô hình bảo hiểm có sự hỗ trợ của nhà nước, cần thí điểm mô hình bảo hiểm tương hỗ, bảo hiểm cộng đồng...

Thứ năm, cơ quan quản lý nhà nước quản lý cần tiếp tục giám sát chặt chẽ việc triển khai BHNN. Trong đó: Bộ Nông nghiệp và Môi trường quy định và giám sát việc thực hiện các quy trình, tiêu chuẩn kỹ thuật trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản, quy trình công bố thiên tai, dịch bệnh và xác nhận dịch bệnh; Bộ Tài chính thực hiện chức năng quản lý nhà nước về nghiệp vụ bảo hiểm và kinh phí hỗ trợ phí bảo hiểm.

KẾT LUẬN

BHNN là công cụ cần thiết đối với tất cả quốc gia có nền kinh tế nông nghiệp và những người nông dân. Thực tế đã cho thấy Chính phủ các quốc gia đã nhận thức được điều này và triển khai thực hiện từ rất sớm như Ấn Độ, Trung Quốc, Thái Lan... Tại Việt Nam, BHNN là công cụ tài chính gắn liền với hoạt động kinh doanh nông nghiệp, bảo vệ người nông dân trước rủi ro thiên tai, thời tiết cũng như rủi ro về biến động giá cả, tuy nhiên, tỷ lệ tham gia BHNN hiện nay khá khiêm tốn. Do đó, nhận thức của nông hộ về BHNN và sự hỗ trợ ban đầu từ Chính phủ về các mặt trong tổ chức thực hiện, hành lang pháp lý và tài chính là rất cần thiết cho việc hình thành và phát triển của các chương trình bảo hiểm ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Wang, M., Shi, P., Ye, T., Liu, M., & Zhou, M. *Agriculture insurance in China History, experience, and lessons learned. International Journal of Disaster Risk Science*, 2(2), 10-22, 2011.
2. Ming Wang, Peijun Shi, Tao Ye, Min Liu & Meiqin Zhou (2011). *Agriculture Insurance in China: History, Experience, and Lessons Learned. International Journal of Disaster Risk Science*.
3. Bhende, M. J. *Agricultural insurance in India Problems and prospects* (No. id 4840), 2012.
4. Hnin Ei Win (2016), *Crop Insurance in Thailand. FFTC Agricultural Policy Platform*.
5. Sanjeev Kumar Sanjeev Kumar, Anamika Sharma & Shaminder Kumar (2020). *Pradhan Mantri Fasal Bima Yojana (PMFBY): A Tool for Agricultural Risk Management. Indian Farmer* 7(05): 467-471.
6. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) (2022). *ASEAN guideline on agricultural insurance implementation: Lessons and experience from the ASEAN. 44th AMAF on October 26, 2022*.
7. Asean Insurance Council (2023). *What can ASEAN learn from Thailand's Rice Insurance?* Retrieved from <https://aseaninsurancecouncil.org/wp-content/uploads/2023/06/What-can-we-learn-fromThailand.pdf> on Nov 15, 2024.
8. *Thailand - FPO pushes wider crop insurance cover*, www.agroinsurance.com
9. Thủ tướng Chính phủ (2011). *Quyết định số 315/QĐ-TTg ngày 1/3/2011 về việc thực hiện thí điểm BHNN giai đoạn 2011-2013*.
10. Thủ tướng Chính phủ (2018). *Nghị định số 58/2018/NĐ-CP ngày 18/4/2018 về BHNN*.
11. Thủ tướng Chính phủ (2019). *Quyết định số 22/2019/QĐ-TTg ngày 26/6/2019 về thực hiện chính sách hỗ trợ BHNN*.
12. Thủ tướng Chính phủ (2021). *Quyết định số 03/2021/QĐ-TTg ngày 25/1/2021 về việc sửa đổi, bổ sung một số điều của Quyết định số 22/2019/QĐ-TTg*.
13. Thủ tướng Chính phủ (2022). *Quyết định số 13/2022/QĐ-TTg ngày 9/5/2022 về thực hiện chính sách hỗ trợ BHNN*.
14. Bộ Tài chính (2014). *Kết quả thực hiện thí điểm BHNN theo Quyết định số 315/QĐ-TTg ngày 1/3/2014. Báo cáo số 68/BC-BTC*.
15. Viện Chính sách và Chiến lược phát triển nông nghiệp nông thôn. *Tài liệu tham khảo về BHNN*.
16. Tổng Công ty CP Tái bảo hiểm quốc gia Việt Nam (2020). *Trung Quốc dẫn đầu thị trường BHNN*. <http://vinare.com.vn/2020/09/24/trung-quoc-dan-dau-thi-truong-bao-hiem-nong-nghiep/>.
17. Bộ Tài chính (2022). *Tờ trình số 27/TTr-BTC, ngày 18/2/2022 về Dự thảo Quyết định của Thủ tướng Chính phủ thực hiện chính sách hỗ trợ BHNN*.



CANH TÁC LÚA BỀN VỮNG HƯỚNG TỚI NET ZERO: Bài học từ Madagascar và châu Á

DƯƠNG THỊ HUYỀN

Khoa Tài nguyên và Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

NGUYỄN THỊ THU HÀ

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng khốc liệt, việc giảm phát thải từ sản xuất lúa không chỉ mang ý nghĩa môi trường mà còn gắn liền với an ninh lương thực, sinh kế của hàng trăm triệu hộ nông dân nhỏ. Thách thức đặt ra là phải tìm được giải pháp vừa cắt giảm phát thải, vừa đảm bảo năng suất, tính khả thi xã hội, phù hợp với các mục tiêu giảm phát thải mà nhiều quốc gia đã cam kết trong Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC) và tiến trình hướng tới phát thải ròng bằng “0” (Net Zero).

Nhiều quốc gia đã thử nghiệm các giải pháp kỹ thuật khác nhau để hiện thực hóa mục tiêu “giảm phát thải - tăng năng suất - cải thiện thu nhập”. Madagascar nổi bật với chương trình giống lúa cải tiến kết hợp kỹ thuật canh tác mới; Bangladesh triển khai quản lý nước theo phương pháp tưới luân phiên khô - ướt (AWD); Philippines thúc đẩy các mô hình canh tác lúa bền vững với sự tham gia mạnh mẽ của cộng đồng nông dân. Ba trường hợp này, dù khác nhau về điều kiện tự nhiên và xã hội, đều cho thấy tính “win-win” của các giải pháp kỹ thuật: Vừa giảm phát thải khí nhà kính, vừa duy trì sản lượng và nâng cao sinh kế nông hộ. Bài viết phân tích kinh nghiệm canh tác lúa bền vững tại Madagascar và châu Á để làm rõ tiềm năng, rào cản và bài học, từ đó rút ra khuyến nghị cho việc nhân rộng các giải pháp giảm phát thải trong canh tác lúa gạo tại Việt Nam, đóng góp thiết thực vào việc thực hiện các cam kết khí hậu toàn cầu.

MADAGASCAR: GIỐNG LÚA CẢI TIẾN VÀ GIẢI PHÁP KỸ THUẬT GIẢM PHÁT THẢI

Madagascar là đảo quốc lớn nhất châu Phi với khí hậu nhiệt đới, đất đai màu mỡ và truyền thống trồng lúa lâu đời. Lúa gạo vừa là lương thực chính, chiếm hơn 50% khẩu phần ăn và diện tích canh tác, vừa là mặt hàng tiêu thụ lớn nhất. Tuy nhiên, năng suất trung bình chỉ đạt khoảng 2 - 2,5 tấn/ha, thấp hơn nhiều so với tiềm năng, trong khi phát thải khí nhà kính lại cao do tập quán canh tác lạc hậu như ngập nước liên tục, bón phân không cân đối và sử dụng giống địa phương kém hiệu quả. Điều này dẫn đến nghịch lý kép: An ninh lương thực chưa được bảo đảm, trong khi lượng khí CH_4 phát thải từ ruộng lúa vẫn ở mức đáng kể.

Trong bối cảnh đó, chương trình canh tác lúa cải tiến đã được triển khai tại Madagascar như một giải pháp kỹ thuật nhằm đồng thời tăng năng suất và giảm phát thải. Việc áp dụng các giống lúa mới có thời gian

sinh trưởng ngắn hơn, giúp giảm số ngày ruộng bị ngập nước liên tục, đây là yếu tố trực tiếp làm giảm phát thải CH_4 . Đồng thời, giống cải tiến thường có năng suất cao hơn, khả năng chống chịu sâu bệnh, hạn hán tốt hơn, qua đó giảm phụ thuộc vào thuốc bảo vệ thực vật và tạo nền tảng vừa nâng cao hiệu quả kinh tế, vừa giảm áp lực phát thải.

Quản lý nguồn nước là một trong những bước tiến quan trọng làm thay đổi từ canh tác ngập liên tục sang phương thức ngập - khô xen kẽ (intermittent irrigation). Kỹ thuật này không chỉ tiết kiệm nước mà còn tạo điều kiện hiếu khí, hạn chế quá trình yếm khí sinh CH_4 . Các khảo sát thực nghiệm cho thấy phát thải CH_4 có thể giảm 20 - 30% khi áp dụng quản lý nước luân phiên, trong khi năng suất không giảm, thậm chí tăng do cây lúa phát triển rễ khỏe hơn.

Trước đây, nông dân Madagascar thường lạm dụng phân đạm, dẫn đến phát thải N_2O gia tăng và làm suy thoái đất. Trong mô hình canh tác mới, việc quản lý dinh dưỡng được thực hiện theo hướng cân đối, khuyến khích sử dụng phân bón hữu cơ và vi sinh, kết hợp với lượng phân vô cơ hợp lý, nhằm đảm bảo cân bằng dinh dưỡng và hạn chế thất thoát nitơ. Đồng thời, kỹ thuật bón phân theo từng giai đoạn sinh trưởng của cây lúa giúp tối ưu khả năng hấp thu, tránh dư thừa gây phát thải.

Bên cạnh đó, người dân Madagascar đã áp dụng kỹ thuật canh tác hỗ trợ, như cấy thưa hợp lý, sử dụng công cụ làm đất ít xới trộn nhằm giảm phát thải, kết hợp cây che phủ hoặc luân canh với cây họ đậu. Những giải pháp này vừa cải thiện độ phì đất, giảm nhu cầu phân bón hóa học, vừa góp phần tăng khả năng tích lũy các-bon trong đất.

Kết quả bước đầu rất tích cực, đem lại năng suất lúa tại các hộ tham gia thí điểm tăng lên mức 4 - 5 tấn/ha, gần gấp đôi so với canh tác truyền thống; phát thải CH_4 ước tính giảm 20 - 30% nhờ thời gian ruộng ngập rút ngắn và quản lý nước hợp lý, trong khi chi phí sản xuất không tăng đáng kể nhờ sử dụng hiệu quả phân bón và giống. Đặc biệt, nông dân nhận thấy lợi ích trực tiếp về năng suất và thu nhập, tạo động lực duy trì thực hành mới thay vì quay lại phương thức truyền thống.

Tuy nhiên, mô hình cũng đối mặt với một số rào cản. Nông dân nghèo khó tiếp cận giống mới và hệ thống tưới tiêu cải tiến; chi phí ban đầu cho hạt giống và phân bón cân đối cao hơn so với tập quán cũ; trong



khi khuyến nông và dịch vụ hỗ trợ kỹ thuật chưa đủ mạnh để bao phủ toàn bộ vùng trồng lúa. Nếu không có cơ chế tín dụng, hỗ trợ ban đầu và đào tạo kỹ năng, việc nhân rộng mô hình sẽ gặp khó khăn.

Bài học từ Madagascar cho thấy, giải pháp kỹ thuật trong trồng lúa hoàn toàn có thể mang lại hiệu quả “win-win”, nhưng tính bền vững phụ thuộc vào việc song hành các yếu tố hỗ trợ như cung ứng giống, tín dụng nông nghiệp, hệ thống thủy lợi và khuyến nông. Đây là cơ sở quan trọng để mở rộng mô hình ra các vùng trồng lúa khác tại châu Phi cũng như châu Á.

BANGLADESH VÀ PHILIPPINES: QUẢN LÝ NƯỚC VÀ CANH TÁC LÚA BỀN VỮNG

Bangladesh và Philippines đều là những quốc gia có nền nông nghiệp phụ thuộc lớn vào lúa gạo. Tại Bangladesh, lúa chiếm khoảng 75% diện tích gieo trồng và là nguồn sống của phần lớn dân cư nông thôn. Quốc gia này lại nằm trong nhóm dễ tổn thương nhất trước biến đổi khí hậu: Nước biển dâng, lũ lụt, hạn hán thường xuyên, khiến sản xuất lúa càng bấp bênh. Trong khi đó, Philippines là quốc gia quần đảo, khí hậu nhiệt đới gió mùa, thiên tai diễn ra thường xuyên. Lúa nước gần bó mật thiết với hàng triệu hộ nông dân nhỏ, là cây lương thực quan trọng bậc nhất và cũng là nguồn phát thải CH_4 đáng kể. Cả hai quốc gia này đều đối diện với thách thức kép: Phải tăng năng suất lúa để đảm bảo an ninh lương thực trong điều kiện dân số tăng nhanh, đồng thời phải giảm phát thải khí nhà kính, đáp ứng các cam kết quốc tế về khí hậu (NDCs).

Bangladesh đã tiên phong trong việc áp dụng kỹ thuật tưới khô - ướt luân phiên. Thay vì duy trì ruộng lúa ngập liên tục, nông dân để ruộng khô trong một khoảng thời gian nhất định rồi mới tiếp tục tưới. Biện pháp này vừa giảm phát sinh khí CH_4 từ môi trường yếm khí, vừa tiết kiệm 25 - 30% lượng nước, rất phù hợp với bối cảnh khan hiếm nguồn nước và biến đổi khí hậu. Mặc dù kỹ thuật AWD chứng minh hiệu quả rõ rệt về giảm phát thải CH_4 và tiết kiệm nước, song việc nhân rộng trên quy mô lớn ở Bangladesh còn đối mặt với nhiều khó khăn. Trước hết, hệ thống thủy lợi của nước này phụ thuộc nhiều vào bơm nước ngầm. Người nông dân thường trả chi phí cố định cho dịch vụ bơm, nên động lực tiết kiệm nước không mạnh. Thứ hai, AWD đòi hỏi sự giám sát thường xuyên mực nước ruộng bằng ống đo (pani pipe). Với các hộ nhỏ lẻ, trình độ kỹ thuật hạn chế và thói quen canh tác lâu đời, việc duy trì quy trình này không phải lúc nào cũng thuận lợi. Ngoài ra, một số vùng có đất giữ nước kém, nếu áp dụng AWD dễ dẫn đến thiếu nước, ảnh hưởng tới năng suất. Điều này cho thấy, để AWD bền vững, cần cải thiện cơ chế giá nước, mở rộng tập huấn và có chính



Theo dõi mực nước trên các cánh đồng lúa ở Philippines

sách hỗ trợ cho nông dân nghèo - những người thường e ngại rủi ro từ việc thay đổi thực hành.

Philippines đã triển khai nhiều chương trình gắn canh tác lúa với mục tiêu phát triển bền vững. Các gói kỹ thuật bao gồm: Sử dụng giống lúa chịu hạn và chống sâu bệnh, quản lý phân bón cân đối, hạn chế đốt rơm rạ, kết hợp AWD và các phương pháp tiết kiệm nước. Đặc biệt, Philippines nhấn mạnh sự tham gia của hợp tác xã và liên kết chuỗi giá trị, giúp nông dân tiếp cận thị trường ổn định và duy trì động lực áp dụng kỹ thuật mới.

Ở Philippines, các chương trình canh tác lúa bền vững đạt được kết quả tích cực nhờ hệ thống khuyến nông mạnh, song cũng tồn tại một số thách thức nhất định. Thứ nhất, sự chênh lệch giữa các vùng về cơ sở hạ tầng thủy lợi và dịch vụ hỗ trợ khiến tốc độ áp dụng không đồng đều. Nhiều hộ nông dân vẫn thiếu khả năng tiếp cận giống mới hoặc phân bón chất lượng cao. Thứ hai, các mô hình hợp tác xã và nhóm nông dân tuy hiệu quả trong chia sẻ kiến thức, nhưng cần thời gian và nguồn lực để duy trì hoạt động, đặc biệt khi không còn sự hỗ trợ trực tiếp từ Nhà nước hoặc dự án quốc tế. Thứ ba, yếu tố tâm lý xã hội - thói quen canh tác, lo ngại rủi ro mất mùa - vẫn là rào cản lớn, đòi hỏi chiến lược truyền thông và khuyến khích kinh tế đi kèm.

Như vậy, Bangladesh và Philippines đã cung cấp bằng chứng thực tế rằng giải pháp kỹ thuật cho trồng lúa không chỉ phụ thuộc vào công nghệ, mà còn gắn liền với bối cảnh xã hội - kinh tế. Nơi nào có hệ thống tổ chức nông dân mạnh, khuyến nông hiệu quả và cơ chế khuyến khích hợp lý, nơi đó giải pháp có khả năng nhân rộng và duy trì bền vững.

BÀI HỌC CHUNG VÀ KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH - KỸ THUẬT

Ba trường hợp ở Madagascar, Bangladesh và Philippines cho thấy một bức tranh toàn diện về giảm phát thải trong trồng lúa thông qua giải pháp kỹ thuật gắn với sinh kế nông dân. Dù khác nhau về điều kiện tự nhiên và xã hội, cả ba đều khẳng định một số bài học then chốt:



(1) *Giải pháp kỹ thuật phải mang lại lợi ích “hai trong một” (win-win).* Nếu chỉ tập trung vào mục tiêu khí hậu, nông dân sẽ khó chấp nhận thay đổi tập quán canh tác vốn đã tồn tại qua nhiều thế hệ. Nhưng khi giải pháp giúp tăng năng suất, tiết kiệm chi phí, giảm rủi ro thiên tai đồng thời với việc giảm phát thải (như giống cải tiến ở Madagascar, AWD ở Bangladesh hay SRP ở Philippines), người nông dân có động lực thực sự để áp dụng.

(2) *Cần hạ tầng thủy lợi và dịch vụ hỗ trợ đồng bộ.* Các giải pháp như AWD đòi hỏi khả năng kiểm soát mực nước ruộng chính xác, điều mà nông dân nhỏ lẻ không thể tự thực hiện nếu thiếu hệ thống kênh mương, bơm nước và dịch vụ thủy lợi đi kèm. Do đó, đầu tư hạ tầng công là điều kiện nền tảng để nhân rộng mô hình canh tác giảm phát thải.

(3) *Đào tạo và thay đổi tập quán canh tác cần thời gian và cam kết dài hạn.* Việc áp dụng kỹ thuật mới thường đi ngược lại thói quen sản xuất đã bám rễ nhiều đời. Cần chương trình tập huấn, khuyến nông, hỗ trợ kỹ thuật kiên trì để giúp nông dân hiểu rõ lợi ích và thực hiện thành thạo phương pháp mới.

(4) *Vai trò của thị trường và chuỗi giá trị là yếu tố quyết định.* Nếu không có giá thu mua ổn định hoặc ưu đãi cho lúa gạo “thân thiện khí hậu”, nông dân sẽ không duy trì động lực lâu dài. Bài học từ Philippines cho thấy việc gắn cải tiến kỹ thuật với liên kết hợp tác xã và chuỗi cung ứng là cách hiệu quả để bảo đảm đầu ra và khuyến khích mở rộng quy mô.

(5) *Cần gắn giải pháp kỹ thuật với cơ chế tài chính khí hậu và cam kết quốc tế.* Trong bối cảnh mọi quốc gia đều đưa ra Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDCs) và mục tiêu trung hòa các-bon, việc giảm phát thải từ trồng lúa - nguồn phát thải CH₄ lớn - phải trở thành ưu tiên. Điều này đòi hỏi sự kết nối giữa dự án kỹ thuật với thị trường các-bon, quỹ khí hậu xanh và các cơ chế PES để huy động nguồn lực lâu dài.

KHUYẾN NGHỊ

Để hướng tới một nền nông nghiệp vừa bảo đảm an ninh lương thực, vừa đáp ứng mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính, cần có những định hướng chính sách và giải pháp tổng thể. Các khuyến nghị dưới đây tập trung vào việc tích hợp giảm phát thải trong canh tác lúa vào chiến lược phát triển quốc gia, đồng thời mở rộng hợp tác khu vực và quốc tế nhằm nhân rộng mô hình bền vững.

Tích hợp giải pháp giảm phát thải trong canh tác lúa vào chiến lược nông nghiệp - khí hậu quốc gia. Các chính sách cần coi lúa gạo vừa là ngành trụ cột an ninh lương thực, vừa là trọng tâm giảm phát thải.

Phát triển hạ tầng thủy lợi thông minh và dịch vụ hỗ trợ nông dân. Tăng đầu tư vào hệ thống tưới tiêu, kết hợp công nghệ số để kiểm soát mực nước và sử dụng phân bón hợp lý.

Khuyến khích thị trường lúa gạo “xanh”. Chính phủ và doanh nghiệp cần xây dựng cơ chế chứng nhận, dán

nhãn sản phẩm gắn với giảm phát thải để tạo ưu thế cạnh tranh và giá trị gia tăng cho nông dân.

Huy động tài chính khí hậu. Kết nối các dự án giảm phát thải trong trồng lúa với thị trường các-bon và nguồn vốn quốc tế, tạo động lực kinh tế để nhân rộng mô hình.

Tăng cường hợp tác khu vực. Kinh nghiệm từ Madagascar, Bangladesh và Philippines cho thấy giải pháp kỹ thuật có thể điều chỉnh linh hoạt để phù hợp điều kiện mỗi quốc gia. Việc chia sẻ dữ liệu, công nghệ và bài học sẽ giúp khu vực châu Á - châu Phi thúc đẩy quá trình giảm phát thải trong nông nghiệp hiệu quả hơn.

KẾT LUẬN

Lúa gạo từ lâu đã là cây lương thực gắn bó mật thiết với đời sống hàng tỷ người, đồng thời cũng là một trong những nguồn phát thải CH₄ lớn nhất trong nông nghiệp toàn cầu. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gay gắt và các quốc gia phải thực hiện cam kết giảm phát thải trong NDCs, việc tìm kiếm các giải pháp kỹ thuật khả thi cho canh tác lúa trở nên cấp bách.

Kinh nghiệm từ Madagascar, Bangladesh và Philippines cho thấy, giảm phát thải trong trồng lúa không chỉ là mục tiêu khí hậu, mà còn là cơ hội phát triển bền vững. Các giải pháp như giống lúa cải tiến, kỹ thuật tưới khô - ướt luân phiên, hay hệ thống quản lý lúa bền vững đã chứng minh được tính “win-win”: Vừa cắt giảm phát thải, vừa tăng năng suất, tiết kiệm tài nguyên và nâng cao thu nhập cho nông dân.

Tuy vậy, để các mô hình này được nhân rộng, cần những điều kiện đi kèm: Hạ tầng thủy lợi hiện đại, cơ chế thị trường khuyến khích, nguồn tài chính khí hậu, đặc biệt là sự tham gia thực chất của người nông dân. Chỉ khi giải pháp kỹ thuật gắn kết hài hòa với chính sách, tài chính và thị trường, mục tiêu giảm phát thải trong canh tác lúa mới có thể bền vững và đóng góp thiết thực vào tiến trình hướng tới trung hòa các-bon toàn cầu ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. FAO. (2019). *Reducing greenhouse gas emissions in rice production: Best practices and approaches*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. IRRI. (2021). *Alternate Wetting and Drying (AWD) technology for rice: Technical manual*. International Rice Research Institute.
3. Smith, P., et al. (2014). *Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC*.
4. World Bank. (2022). *Scaling climate-smart rice cultivation in Asia: Opportunities and challenges*. Washington, DC: The World Bank.
5. FAO & IRRI. (2020). *Sustainable Rice Platform (SRP) Standard for Sustainable Rice Cultivation*.
6. Rahman, M. M., & Biswas, J. C. (2018). *Alternate wetting and drying irrigation for rice cultivation: Impact on water use, greenhouse gas emission and productivity in Bangladesh*. *Agricultural Water Management*, 196, 119–130.



Vai trò tiềm năng của Bèo hoa dâu trong canh tác nông nghiệp bền vững và giảm phát thải khí nhà kính

NGUYỄN VIỆT HIỆP

Viện Thổ nhưỡng Nông hóa

Trong lĩnh vực phát triển nông nghiệp và BVMT, việc theo đuổi tính bền vững đã trở nên thiết yếu. Tích hợp được các phương pháp canh tác nông nghiệp bền vững sẽ góp phần giải quyết những thách thức lớn về môi trường và nâng cao phúc lợi kinh tế - xã hội [1].

Ngày nay, sự nóng lên của khí quyển Trái đất cùng quá trình phát triển công nghiệp được xem là nguyên nhân chính gây mất cân bằng môi trường, tuy nhiên, nông nghiệp lại là ngành phát thải khí nhà kính (KNK) lớn nhất và đóng vai trò quan trọng trong việc làm suy giảm các chương trình phát triển thân thiện với môi trường. Trước bối cảnh đó, hướng tới sản xuất giảm phát thải KNK và thích ứng với tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu (BĐKH) là một thách thức lớn, đòi hỏi phải có chiến lược thay thế thân thiện với môi trường. Ứng dụng bèo hoa dâu (*Azolla*) được xem là một phương pháp quan trọng để đạt được tính bền vững về môi trường nông nghiệp [2].

1. NGUỒN GỐC VÀ ĐẶC TÍNH CỦA BÈO HOA DÂU

Là một nhóm các loài dương xỉ sống nổi trên mặt nước, thuộc họ Bèo hoa dâu (*Azollaceae*), phân bố trên toàn cầu, Bèo hoa dâu có vi khuẩn lam sống cộng sinh, nhờ khả năng cố định đạm của vi khuẩn lam cư trú trong các hốc lá của cây, nên chúng có tiềm năng để làm phân bón sinh học cho lúa. Tên gọi *Azolla* bắt nguồn từ các từ trong tiếng Hy Lạp *azo* (khô) và *alloy* (giết), ám chỉ sự bất lực của loài thực vật này trong điều kiện khô hạn. Có 21 loài *Azolla* trên thế giới, trong đó có 7 - 9 loài là khá phổ biến (tìm thấy trên toàn thế giới). Tất cả những loài phổ biến đều thuộc hai phân chi: (i) Phân chi *Euazolla*, bao gồm các loài phổ biến là *Azolla filiculoides*, *Azolla mexicana*, *Azolla caroliniana*, *Azolla microphylla*, *Azolla rubra*; (ii) Phân chi *Rhizosperma*, bao gồm các loài phổ biến là *Azolla pinnata*, *A. nilotica* và *A. imbricate*.

Azolla được phát hiện lần đầu tiên ở châu Âu, Bắc và cận Sahara châu Phi, Trung Quốc, Nhật Bản, New Zealand, Ôxtrâyliya, Caribe, Hawaii, sau đó dần lan rộng một cách tình cờ hoặc như một loại cây cảnh đến hầu hết mọi nơi trên thế giới, bao gồm châu Phi, châu Á, châu Âu, Bắc Mỹ, châu Đại Dương, Nam Mỹ. Tiềm năng nông học của nhóm này liên quan trực tiếp đến khả năng sinh trưởng thành công của chúng trong môi trường sống thiếu hoặc có hàm lượng nitơ thấp và trong điều kiện ngập úng. Tuy nhiên, đặc điểm nổi

bật nhất khiến chúng trở thành loại phân bón sinh học tiềm năng là tốc độ sinh sôi cao, với khả năng tăng gấp đôi sinh khối trong 1,9 ngày, tùy thuộc vào điều kiện canh tác và môi trường [3, 4]. Bèo hoa dâu trong hệ thống canh tác kép với lúa có thể nở hoa hoàn toàn trong vòng 15 - 20 ngày và ước tính giải phóng khoảng 30 kg N/ha mỗi mùa [5]. Hai hoặc ba loài Bèo hoa dâu trong một mùa trồng lúa sẽ bổ sung khoảng 60 - 80 kg N mỗi ha [6]. Bèo hoa dâu cũng được ứng dụng để cải thiện các điều kiện bất lợi phi sinh học đa dạng về độ mặn, độ pH và nhiệt độ [7].

2. VAI TRÒ CỦA BÈO HOA DÂU TRONG CANH TÁC BỀN VỮNG

Nông nghiệp là ngành tiêu thụ tới 70% tài nguyên nước của thế giới, tuy nhiên, BĐKH diễn biến ngày càng phức tạp, khó lường, gây ra tác động tiêu cực trực tiếp đến tài nguyên nước và hoạt động sản xuất nông nghiệp. Tình trạng thiếu nước được coi là rào cản môi trường lớn nhất đối với sự tăng trưởng và năng suất cây trồng trên toàn cầu, với nhiều thay đổi sinh lý và sinh hóa, chẳng hạn như điều chỉnh thẩm thấu, gen phản ứng với stress, tối ưu hóa sự mất nước và kích hoạt hệ thống chống oxy hóa [14].

Hiệu suất sử dụng nitơ (NUE) thấp trong lĩnh vực nông nghiệp được cho là nguyên nhân chính gây ra ½ tổng lượng N phản ứng bị thất thoát, từ đó ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe con người cũng như môi trường sống. Lượng nitơ phản ứng phát thải vào sinh quyển đã vượt quá giới hạn hành tinh được đề xuất [11]. NUE trên ruộng lúa vào khoảng 20 - 30% và hiếm khi vượt quá 50%. Việc sử dụng đạm không hiệu quả của lúa nước là vấn đề đáng lo ngại đối với các nhà nghiên cứu và nông dân vì khả năng phục hồi kém, dẫn đến thiệt hại kinh tế, tác động tiêu cực lên môi trường. Các nhà nghiên cứu ước tính, khoảng 40% tổng lượng đạm bón bị thất thoát do quá trình bay hơi amoniac và NUE thấp cũng xuất phát từ nguyên nhân này, dẫn đến lãng phí tài nguyên, đồng thời gây ra hiện tượng đất bị axit hóa và phú dưỡng [12]. Do đó, việc tìm hiểu các biện pháp công nghệ đơn giản, vừa tiết kiệm chi phí, thân thiện với môi trường, vừa khả thi về mặt kinh tế, bền vững để giảm thiểu bay hơi, đạt được sản xuất lúa gạo sạch hơn là yêu cầu cần thiết.

Thực tế đã có nhiều công nghệ được phát minh trong quá khứ và được sử dụng để kiểm soát sự thất thoát nitơ, góp phần cải thiện NEU, bao gồm việc sử dụng thuốc diệt tảo, màng bề mặt đơn phân tử, chất



ức chế urease... Trong đó, Bèo hoa dâu cũng được biết đến là một giải pháp thay thế tiềm năng giúp tăng cường nitơ cho cây trồng, tạo ra amoniac liên tục với số lượng lớn, chi phí thực tế đáng kể. Sự bay hơi của amoniac có thể được giảm bớt nếu có lớp chắn trên bề mặt nước, trong khi Bèo hoa dâu phát triển lại đáp ứng được điều kiện này, hoạt động như một lớp chắn vật lý để giữ lại NH_3 được giải phóng và hấp thụ bức xạ mặt trời chiếu vào. Bằng cách này, Bèo hoa dâu giúp bảo tồn nitơ, ức chế sự gia tăng pH của nước ngập do tảo gây ra [13]. Do đó, Azolla có thể được khuyến nghị tích cực cho nông dân trồng lúa.

Trong số các loài Bèo hoa dâu phổ biến đã biết, *Anabaena azollae* có thể cải thiện khả năng giữ nước và đất; *Azolla pinnata* có tác dụng đối với hiệu suất tăng trưởng của cây trồng; *Azolla pinnata* lại được sử dụng cho sự phát triển và trao đổi chất của thực vật. Razavipour et al., đã nghiên cứu tác dụng của phân hữu cơ *Azolla filiculoides* trong việc giảm thiểu căng thẳng do thiếu nước đối với sự sinh trưởng của lúa trong hai vụ và nhận thấy năng suất hạt, trọng lượng bông, số nhánh cao hơn [15]. Nhiều thí nghiệm đồng ruộng cũng đã được Maswada et al., thực hiện để tìm hiểu vai trò sinh lý của chiết xuất *Azolla filiculoides* lam như một loại phân bón sinh học đầy hứa hẹn trong việc cải thiện các thông số khác nhau trên cây ngô thiếu đạm ở điều kiện tưới tiêu đầy đủ và thiếu hụt [16]. Việc sử dụng chiết xuất *Azolla* đã góp phần cải thiện các thông số sinh trưởng và sinh lý thông qua nghiên cứu của cây trồng theo nhiều cơ chế khác nhau. Rõ ràng *Azolla* được sử dụng ở nhiều dạng khác nhau (toàn bộ cây, chiết xuất, phân trộn) có lợi trong việc kiểm soát tác động của tình trạng thiếu nước.

Trên thế giới, Bèo hoa dâu đã được sử dụng trong sản xuất nông nghiệp tại một số quốc gia, tiêu biểu như làm phân bón sinh học cho sản xuất lúa ở Ethiopia vì tạo ra sinh khối cao; dễ quản lý, thiết lập; tăng khả năng hấp thụ các chất dinh dưỡng đa lượng và vi lượng (hấp thụ K, tái chế P và S); cải thiện các đặc tính lý - hóa học của đất cũng như hiệu quả sử dụng phân bón; tăng năng suất cây trồng lên 15 - 19% (chỉ bằng một lần bón); giải phóng hormone tăng trưởng và vitamin; không thu hút sâu bệnh hại lúa [8]. Kết quả, trong vụ đầu tiên và vụ thứ hai, việc phun chiết xuất *Azolla* lên lá đã làm tăng năng suất hạt lần lượt là 57,37% và 51,71%; năng suất sinh học lần lượt là 37,66% và 21,57% so với đối chứng. Lượng phân bón NPK tăng từ 60 - 80% lên 100%.

Tương tự, tại Ai Cập, bên cạnh bón phân khoáng, việc phun chiết xuất *Azolla* lên lúa mì đã được ghi nhận là góp phần duy trì năng suất cao, đồng thời giảm thiểu chi phí sản xuất [9]. Sự phân hủy sinh khối Bèo hoa dâu giúp giải phóng một lượng lớn nitơ vào đất lúa để cây hấp thụ (75 - 80% tổng lượng thu được). Bèo hoa dâu xanh đã được trồng hai vụ trên lúa với diện tích 500 kg/ha, làm giàu nitơ



Người dân sử dụng bèo hoa dâu để tăng gia sản xuất
Ảnh: Dương Đình Tường

trong đất thêm 50 kg/ha và giảm nhu cầu nitơ xuống 20 - 30 kg/ha; sản lượng lúa tăng lên 20 - 30% [10].

3. VAI TRÒ CỦA BÈO HOA DÂU

TRONG GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH

Hiện tượng Trái đất nóng lên đã trở thành một trong những vấn đề môi trường lớn, cấp bách của toàn nhân loại, dẫn đến những thay đổi ở cấp độ khu vực và toàn cầu về các thông số liên quan đến khí hậu, bao gồm mực nước biển dâng, độ ẩm đất, lượng mưa. Các KNK chính bao gồm CO_2 , nitơ oxit, mêtan cũng được đóng góp bởi quá trình phát triển của ngành nông nghiệp [17].

Bèo hoa dâu được biết đến với vai trò quan trọng trong việc cô lập CO_2 trong khí quyển, thông qua sử dụng CO_2 kết hợp với nước để sản xuất oxy và monosaccharide trong lục lạp, hoạt động giống các loài thực vật khác, như một hệ thống tái chế tự nhiên, làm giảm lượng khí thải CO_2 [18]. Tiềm năng của Bèo hoa dâu trong việc cô lập CO_2 lớn nằm ở tốc độ sinh trưởng nhanh hơn của chúng do mối quan hệ cộng sinh với vi khuẩn lam cố định đạm, sinh sản sinh dưỡng, bản chất trường nở và thường không có sâu bệnh. Một nghiên cứu từ Anh cho thấy, Bèo hoa dâu (*Azolla filiculoides*) cô lập được 32,54 tấn CO_2 /ha/năm [19]. Việc tăng cường canh tác Bèo hoa dâu (*Azolla*) ở Sri Lanka, đặc biệt là trên các cánh đồng lúa nước, có thể giảm khoảng 509.422 tấn CO_2 từ khí quyển mỗi năm [20]. Như vậy, vai trò hiệu quả của loài cây này sẽ được nhấn mạnh như một nguồn cô lập các-bon và đóng vai trò tích cực trong việc duy trì khí hậu cũng như tính bền vững của môi trường.

Bên cạnh đó, khí dinitơ monoxit (N_2O) được tạo ra ở điều kiện môi trường yếm khí trong đất thông qua quá trình khử nitơ nhờ vi khuẩn [21]. Tại châu Á, Bèo hoa dâu đã được sử dụng làm phân xanh trên các cánh đồng lúa nhờ khả năng cố định ni tơ (N_2). Việc sử dụng Bèo hoa dâu kết hợp với phân đạm vô



cơ có thể làm giảm lượng phân đạm bón, ảnh hưởng đến lượng khí thải N_2O từ lúa, dẫn đến giảm cường độ KNK do tiềm năng làm nóng toàn cầu thấp hơn trên mỗi tấn lúa.

Khí mêtan (CH_4) được ước tính có tiềm năng làm nóng toàn cầu theo quy mô 100 năm, gấp 28 lần cường độ bức xạ cưỡng bức của CO_2 trên mỗi khối lượng. Nồng độ CH_4 trong khí quyển ước tăng từ 722 ppb (năm 1750) lên 1803 ppb (năm 2010) [22]. CH_4 được tạo ra từ quá trình phân hủy chất hữu cơ do vi sinh vật trong đất diễn ra ở điều kiện yếm khí. Ruộng lúa là nguồn phát thải CH_4 tiềm năng, tương đương khoảng 10 - 12% lượng CH_4 do con người tạo ra trên toàn cầu [23]. Những quốc gia sản xuất lúa gạo chính như Trung Quốc, Ấn Độ, Ấn Độ, Ấn Độ, Myanmar, Thái Lan, Việt Nam thải ra 78% tổng lượng khí thải từ việc trồng lúa. Khi sản lượng lúa tăng lên, khí CH_4 từ các cánh đồng lúa cũng sẽ tiếp tục tăng [24].

Việc giảm thiểu phát thải CH_4 khi có sự hiện diện của Azolla có liên quan đến việc tăng hàm lượng oxy hòa tan trong nước đọng. Tác động của các loại phân hữu cơ khác nhau lên sự phát thải CH_4 trong đất ruộng lúa đã được nghiên cứu, kết quả cho thấy, việc bổ sung Azolla có thể làm giảm đáng kể lượng CH_4 thoát ra từ ruộng lúa khi so sánh với các loại phân hữu cơ khác [25].

4. HIỆN TRẠNG VÀ TRIỂN VỌNG

TƯƠNG LAI CỦA SẢN XUẤT BÈO HOA DẦU

Các chủng Bèo hoa dâu từ nhiều vùng sinh thái nông nghiệp khác nhau có khả năng cố định đạm hiệu quả cần được sàng lọc và hiệu suất của chúng trong điều kiện bất lợi phi sinh học khác nhau như độ mặn, kim loại nặng, tiếp xúc với tia UV-B... cũng cần được đánh giá, bằng cách sử dụng tiến bộ của sinh học phân tử. Mọi nỗ lực nghiên cứu có thể tập trung vào việc tạo ra các giống Bèo hoa dâu có khả năng chống chịu tốt hơn với những thay đổi của môi trường, chẳng hạn như sự thay đổi về độ pH đất, nhiệt độ, muối, ô nhiễm kim loại nặng. Để giải quyết khả năng chịu đựng bất lợi phi sinh học của các loài Bèo hoa dâu ở những vùng khí hậu nông nghiệp khác nhau nhằm thu hoạch N trong khí quyển cũng như xử lý sinh học kim loại nặng, các kỹ thuật biến đổi gen có thể là một giải pháp khả thi.

Trong quá khứ, việc sử dụng Bèo hoa dâu (Azolla) đòi hỏi ít công sức và ít rủi ro hơn. Vì nhiệt độ là một trong những yếu tố khí hậu quan trọng trong sự phát triển của thực vật, các loài chịu nhiệt được công nhận là một lĩnh vực nghiên cứu thiết yếu cần được tiến hành trong bối cảnh BĐKH. Cần có thêm nhiều nghiên cứu về đặc tính xử lý thực vật của sinh khối Azolla đã chết và thực tế hơn khi xét đến việc loài dương xỉ nước này để trồng vào mùa thích hợp, để bảo quản sinh khối khô, để vận chuyển sinh khối để sử dụng bền vững và để xử lý sinh khối bị ô nhiễm sau khi biến thành tro, chôn sâu dưới đất hoang.

Các phương pháp sử dụng công nghệ sinh học Azolla đang phát triển nhanh chóng và sẽ tiếp tục mở rộng trong tương lai. Việc cải thiện hiệu quả của Azolla là một trong những yếu tố chính được tính đến trong quá trình phát triển di truyền phân tử, kỹ thuật tế bào và di truyền, cũng như chỉnh sửa bộ gen. Ngoài ra, để cải thiện lượng chất chuyển hóa thứ cấp, chất dinh dưỡng trong thực vật thủy sinh, các nghiên cứu về di truyền cơ bản và kỹ thuật di truyền cũng phải được sử dụng.

KẾT LUẬN

Nhân loại dễ bị tổn thương trước những thay đổi mạnh mẽ của môi trường và việc nghiên cứu, phát triển các phương pháp thay thế bền vững là yêu cầu cấp thiết. Bèo hoa dâu là một sinh vật đa năng, đóng vai trò to lớn trong việc giải quyết những thách thức lớn đang được toàn cầu quan tâm. Việc sử dụng Bèo hoa dâu (Azolla) mang lại sự gia tăng tích cực trong phát triển kinh tế - xã hội, phục hồi sinh học và kiểm soát BĐKH. Mối quan hệ cộng sinh của nó với vi khuẩn lam cố định đạm *A. azollae* là chìa khóa để cô lập CO_2 trong khí quyển. Trên thực tế, việc phát thải các KNK khác như CH_4 , N_2O có thể được kiểm soát thông qua sử dụng Bèo hoa dâu, tuy nhiên, ứng dụng của nó cho mục đích bền vững vẫn cần được khám phá thêm.

Các loài Bèo hoa dâu khác nhau có thể được sử dụng để giảm thiểu phân bón hóa học theo cách thân thiện với môi trường, hướng đến tăng năng suất cây trồng và sự bền vững của nông nghiệp. Vì vậy, cần chú trọng đến việc phát hiện ra các loài Bèo hoa dâu mới cũng như các vi sinh vật mới liên quan đến hệ sinh thái Bèo hoa dâu. Về vấn đề này, việc nâng cao nhận thức của nông dân là một bước quan trọng khác. Các chương trình nghiên cứu khoa học và chính sách phát triển giống Bèo hoa dâu hiệu quả sẽ khuyến khích nông dân áp dụng chiến lược tiềm năng này để cải thiện sức khỏe đất và sử dụng nước, năng lượng một cách tiết kiệm hơn, góp phần BVMT.

Có thể nói, việc khám phá tất cả mọi khả năng tiềm ẩn của Bèo hoa dâu chắc chắn sẽ cải thiện tình trạng chung của môi trường toàn cầu. Bằng cách kết hợp các phương pháp tiếp cận đa dạng, bao gồm nghiên cứu ứng dụng và nghiên cứu cơ bản, Azolla có thể có khả năng chống chịu tốt hơn với những biến động của môi trường và được sử dụng hiệu quả hơn nỗ lực phát triển bền vững trong tương lai ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Rusdiyana E, Sutrisno E, Harsono I (2024) A bibliometric review of sustainable agriculture in rural development. *West Sci Interdiscip Stud* 2:630-637.
2. Kollah B, Patra AK, Mohanty SR (2016) *Aquatic microphylla Azolla: a perspective paradigm for sustainable agriculture, environment and global climate*



- change. *Environ Sci Pollut Res* 23:4358- 4369. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5857-9>.
3. Hasan MR, Rina C (2009) Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: A review. vol 531. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
 4. Alfasane MA, Bhuiyan RA, Jolly JA, Islam S (2019) *Azolla microphylla* Kaulf. (Salvinaceae): a new pteridophytic record for Bangladesh. *Bangladesh J Plant Taxon* 26:325-327.
 5. Malyan SK, Bhatia A, Tomer R, Harit RC, Jain N, Bhowmik A, Kaushik R (2021) Mitigation of yield-scaled greenhouse gas emissions from irrigated rice through *Azolla*, Blue-green algae, and plant growth-promoting bacteria. *Environ Sci Pollut Res* 28:51425-51439. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14210-z>.
 6. Gevrek MN, Samanci B, Yagmur B, Arabaci O, Özkaynak E (2004) Studies on the adaptation of *Azolla mexicana* in the aegean and the mediterranean regions. *Plant Prod Sci* 7:50-54.
 7. Taghilou S, Peyda M, Mehrasbi M (2023) A review on the significance of *Azolla* for water and wastewater treatment. *Desalin Water Treat* 293:138-149.
 8. Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, De Vries W, De Wit CA (2015) Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347:6223. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
 9. Feyisa T., T. Amare, E. A. Adgo, and Y. G. Selassie (2013) Symbiotic blue green algae (*Azolla*): a potential bio fertilizer for paddy rice production in Fogera Plain, northwestern Ethiopia. *Ethiopia, Journal of Science and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 1-11, 2013, <http://creativecommons.org/licenses/CCBY4.0>.
 10. Altai D. S., A. R. Alhasany, A. H. Noaema, W. J. Idan, and I. M. Al-Farhan (2019) Effectiveness of *Azolla* extract in reducing use of mineral fertilizers (NPK) and increasing productivity of wheat under new reclaimed soils. *Journal of Plant Production*, vol. 10, pp. 859-866, 2019.
 11. Verma G., K. A. Prakriti, S. Babu et al. (2022) Implications and future prospects of *Azolla* as a low-cost organic input in agriculture. *Agriculture*, vol. 1, no. 6, pp. 1-7, 2022.
 12. Ti C, Xia L, Chang SX, Yan X (2019) Potential for mitigating global agricultural ammonia emission: a meta-analysis. *Environ Pollut* 245:141-148. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.124>.
 13. de Macale MAR, Vlek PL (2004) The role of *Azolla* cover in improving the nitrogen use efficiency of lowland rice. *Plant Soil* 263:311-321. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000047742.67467.50>.
 14. Jha Y, Subramanian RB (2018) From interaction to gene induction: An eco-friendly mechanism of pgpr-mediated stress management in the plant. In: Egamberdieva D, Ahmad P (eds) *Plant Microbiome: Stress Response*. Springer Singapore, Singapore, pp 217-232.
 15. Razavipour T, Moghaddam SS, Doaei S, Noorhosseini SA, Damalas CA (2018) *Azolla* (*Azolla filiculoides*) compost improves grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) under different irrigation regimes. *Agric Water Manag* 209:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.05.020>.
 16. Maswada HF, Abd El-Razek UA, El-Sheshtawy A-NA, Mazrou YS (2021) Effect of *Azolla filiculoides* on growth, physiological and yield attributes of maize grown under water and nitrogen deficiencies. *J Plant Growth Regul* 40:558-573. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10120-5>.
 17. Rani M, Jha A (2019) Potential of *Azolla* in Sustainable Agriculture and Climate Change Mitigation. In: Bajpai O and Khan K (ed) *Recent trends in tropical plant research* pp 27-37.
 18. Maham SG, Rahimi A, Subramanian S, Smith DL (2020) The environmental impacts of organic greenhouse tomato production based on the nitrogen-fixing plant (*Azolla*). *J Clean Prod* 245:118679. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118679>.
 19. Dawson JJ, Smith P (2007) Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. *Sci Total Environ* 382:165- 190. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.03.023>.
 20. Surenthiran S, Loganathan P (2012) Carbon sequestration of *Azolla* and soil nitrogen mineralization. In: *Proceedings of International Forestry and Environment Symposium*.
 21. Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O'Mara F, Rice C (2008) Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transact Royal Soc b: Biol Sci* 363:789-813.
 22. Xu H, Zhu B, Liu J, Li D, Yang Y, Zhang K, Jiang Y, Hu Y, Zeng Z (2017) *Azolla* planting reduces methane emission and nitrogen fertilizer application in double rice cropping system in southern China. *Agron Sustain Develop* 37:29. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0440-z>.
 23. Ciais P, Sabine C, Bala G, Bopp L, Brovkin V, Canadell J, Chhabra A, DeFries R, Galloway J, Heimann M (2014) Carbon and other biogeochemical cycles. In: *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp 465-570.
 24. Hussain S, Peng S, Fahad S, Khaliq A, Huang J, Cui K, Nie L (2015) Rice management interventions to mitigate greenhouse gas emissions: a review. *Environ Sci Pollut Res* 22:3342-3360. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3760-4>.
 25. Adhya T, Bharati K, Mohanty SR, Ramakrishnan B, Rao VR, Sethunathan N, Wassmann R (2000) Methane emission from rice fields at Cuttack, India. *Nutr Cycling Agroecosyst* 58:95-105. <https://doi.org/10.1023/A:1009886317629>.
 26. Gamachis Korsaa, Digafe Alemu, Abate Ayele (2024). *Azolla* Plant Production and Their Potential Applications. *International Journal of Agronomy* Volume 2024, Article ID 1716440, 12 page. <https://doi.org/10.1155/2024/1716440>.



Phát triển hệ thống màng năng lượng thấp để cung cấp nước cho người dân vùng lũ

ĐỖ SINH CUNG, ĐỖ KHẮC UẨN*

Trường Hóa và Khoa học Sự sống, Đại học Bách khoa Hà Nội

Tình trạng thiếu nước sạch sinh hoạt tại các khu vực chịu ảnh hưởng của thiên tai như mưa bão, lũ lụt gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến cuộc sống của người dân. Trong các khu vực này, các nguồn nước đều có nguy cơ bị ô nhiễm, các hệ thống công trình cấp nước bị hư hỏng, tê liệt. Đặc biệt do các hệ thống cấp nước tại các khu vực này thường sẽ không thể hoạt động do ngắt điện. Do đó, việc phát triển hệ thống cấp nước sinh hoạt không sử dụng điện năng, mà vẫn đảm bảo nguồn cấp nước sinh hoạt sạch hợp vệ sinh, đúng quy chuẩn, góp phần nâng cao chất lượng cuộc sống cho người dân vùng lũ là rất cần thiết. Bài báo tổng quan phân tích tình hình mưa lũ trong những năm gần đây, đánh giá tình trạng thiếu nước sạch và đánh giá việc phát triển hệ thống lọc nước sử dụng công nghệ màng lọc năng lượng thấp hoạt động hiệu quả trong điều kiện mưa lũ, có khả năng phù hợp trong điều kiện mất điện kéo dài. Giải pháp lọc nước bằng công nghệ màng năng lượng thấp có thể góp phần nâng cao chống chịu và bảo đảm sức khỏe cho người dân vùng thiên tai, đồng thời đóng góp vào chiến lược phát triển bền vững về nước sạch và vệ sinh môi trường cho các khu vực mưa lũ.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu làm gia tăng các trận mưa lớn gây ra tình trạng lũ lụt, ngập úng, ô nhiễm nguồn nước và nguy cơ gia tăng dịch bệnh tại nhiều tỉnh, thành phố ở Việt Nam, đặc biệt tại các tỉnh khu vực miền Bắc, miền Trung và Tây Nguyên, ảnh hưởng trực tiếp đến nhu cầu sinh hoạt hằng ngày của người dân [1,2]. Một trong những ảnh hưởng lớn mà người dân vùng lũ đối mặt phải chính là vấn đề thiếu nước sạch [3]. Các khu vực bị ngập nước, các nguồn nước bị ô nhiễm (bởi rác thải, xác động vật, nước bẩn); công trình cấp nước bị phá hủy hoặc vận hành không

ổn định do mất điện kéo dài khiến tình trạng cấp nước sạch sinh hoạt càng trở nên nghiêm trọng [4]. Do đó, nhu cầu về giải pháp lọc nước tại chỗ, hoạt động độc lập, hiệu quả phù hợp với điều kiện lũ lụt kéo dài trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. Hiện nay, nhiều giải pháp lọc nước đã được nghiên cứu và triển khai. Tuy nhiên, phần lớn vẫn phụ thuộc vào nguồn năng lượng điện hoặc đòi hỏi chi phí đầu tư cao. Đối với người dân vùng lũ, giải pháp tối ưu cần đơn giản, dễ vận hành, lắp đặt, không cần điện hoặc sử dụng năng lượng tái tạo, đồng thời đảm bảo chất lượng nước sạch sinh hoạt. Công nghệ lọc màng năng lượng thấp nổi lên như một hướng đi tiềm năng và bền vững, có thể hoạt động với áp lực thấp, thậm chí dưới áp lực trọng lực, nhưng vẫn đảm bảo loại bỏ hiệu quả các chất ô nhiễm trong nước. Đây có thể trở thành giải pháp thực tiễn, hữu ích về lọc nước vừa đảm bảo chất lượng nước sạch sinh hoạt và phù hợp với điều kiện vùng lũ.

2. TÌNH HÌNH MƯA LŨ, THIÊN TAI Ở VIỆT NAM

Trong những năm qua, tại Việt Nam, thiên tai, mưa lũ, đã gây ra những thiệt hại vô cùng nghiêm trọng. Ví dụ, năm 2024, bão số 3 (Yagi) cùng hoàn lưu bão đã gây mưa lớn diện rộng toàn Bắc bộ, đây là một trong những đợt thiên tai nghiêm trọng, khốc liệt chưa từng có. Ngoài ra, các trận ngập lụt, lũ quét, sạt lở đất, những đợt mưa lớn xảy ra trên diện rộng, kéo dài nhiều ngày đã gây ngập lụt sâu, thiệt hại nặng nề về người và tài sản tại nhiều khu vực và tỉnh, thành phố nước ta. Bảng 1, 2, 3 thống kê các trận mưa lớn, lũ quét, sạt lở đất và thiệt hại do mưa lũ gây ra.

3. ĐẶC ĐIỂM SINH HOẠT CỦA NGƯỜI DÂN VÙNG LŨ

Do ảnh hưởng của thiên tai, mưa lũ nên các khu vực chịu ảnh hưởng của lũ lụt thường bị ngập sâu trong nước, đặc biệt là các khu vực ven sông, vùng trũng thấp, vùng sâu vùng xa, cuộc sống phải đối mặt với rất nhiều khó khăn [3]. Trong và sau khi lũ xảy ra, hệ thống điện thường bị gián đoạn do đường dây bị đứt, cột

Bảng 1. Thống kê các đợt mưa lớn tại Việt Nam giai đoạn 2024 – 2025 [6]

STT	Thời gian	Tên đợt mưa/ bão	Khu vực chịu ảnh hưởng	Lượng mưa (mm)
1	6/2024	Bão Koguma	Trung bộ	561
2	7/2024	Bão Prapiroon	Tây Bắc	300
3	8/2024	Mưa dông diện rộng kèm lốc, sét	Bắc bộ	-
4	9/2024	Bão Yagi	Bắc bộ	1.565
5	10/2024	Mưa lớn cuối mùa mưa	Trung bộ	332
6	6/2025	Bão Wutip	Trung bộ	768



Bảng 2. Thống kê các trận lũ quét, lũ cuốn và sạt lở đất tại Việt Nam năm 2024 [6]

STT	Thời gian	Loại thiên tai	Địa phương ảnh hưởng
1	Tháng 5/2024	Sạt lở đất	Lai Châu
2	Tháng 7-8/2024	Lũ cuốn	Quảng Bình
3	Tháng 9/2024	Lũ cuốn	Nghệ An
4	Tháng 9/2024	Sạt lở đất	Bắc Kạn
5	Tháng 9/2024	Sạt lở đất	Cao Bằng
6	Tháng 9/2024	Lũ quét	Lào Cai

Bảng 3. Tổng hợp thống kê ước tính thiệt hại do mưa lũ, thiên tai tại Việt Nam [6, 7]

STT	Thời gian	Tên đợt mưa/ bão	Khu vực chịu ảnh hưởng	Lượng mưa (mm)
1	6/2024	Bão Koguma	Trung bộ	561
2	7/2024	Bão Prapiroon	Tây Bắc	300
3	8/2024	Mưa dông diện rộng kèm lốc, sét	Bắc bộ	-
4	9/2024	Bão Yagi	Bắc bộ	1.565
5	10/2024	Mưa lớn cuối mùa mưa	Trung bộ	332
6	6/2025	Bão Wutip	Trung bộ	768

điện đổ hoặc trạm biến áp bị ngập nước; hệ thống công trình cấp nước sạch, lọc nước bị tê liệt, cô lập khiến việc nấu ăn, tắm giặt, cập nhật tin tức và liên lạc với bên ngoài của người dân không được thuận lợi. Ngoài ra, mưa lũ làm cho nguồn nước bị ô nhiễm nghiêm trọng do chứa nhiều rác thải, xác động vật,... các giếng nước, nguồn nước chính của nhiều hộ dân vùng lũ bị ngập lụt và nhiễm bẩn, ảnh hưởng đến nguồn cung cấp nước sạch và nhu cầu hàng ngày của người dân.

Việc sử dụng nguồn nước bị ô nhiễm cũng làm tăng nguy cơ bùng phát dịch bệnh. Những bệnh nguy hiểm thường gặp trong và sau lũ như tiêu chảy cấp, bệnh hô hấp, bệnh về da, bệnh về mắt, sốt xuất huyết,... xuất hiện ở trẻ em và người cao tuổi - những đối tượng dễ tổn thương nhất. Vệ sinh môi trường sau lũ cũng bị ảnh hưởng nặng nề khi rác thải và xác động vật không được xử lý kịp thời, đặc biệt là môi trường nước [7]. Trong ngắn hạn, việc cấp phát nước đóng chai, viên khử trùng nước, lắp đặt trạm cấp nước lưu động là những giải pháp thiết yếu giúp người dân vượt qua giai đoạn khẩn cấp. Tuy nhiên, về lâu dài, các địa phương cần được đầu tư hệ thống cấp nước an toàn, xây dựng các công trình trữ nước, lọc nước quy mô nhỏ trong cộng đồng. Người dân cũng cần được trang bị kiến thức về xử lý và sử dụng nước an toàn sau thiên tai. Đặc biệt, việc nâng cao khả năng chống chịu của cơ sở hạ tầng và hệ thống cấp thoát nước trước thiên tai đang là bài toán cần lời giải. Khi biến đổi khí hậu ngày càng khốc liệt, lũ lụt xảy ra với tần suất và cường độ lớn hơn, vấn đề nước sạch sẽ càng trở nên cấp bách hơn bao giờ hết.

Phương tiện đi lại chủ yếu trong vùng lũ là thuyền, ghe nhỏ, tuy nhiên không đủ cho toàn dân. Nhiều hộ dân không có phương

tiện di chuyển phải tự chế bè chuối, phao hoặc lợi nước nguy hiểm để di chuyển. Tình trạng đuối nước, té ngã, trôi dạt vẫn thường xảy ra, đặc biệt với người già và trẻ em. Nhiều tuyến đường liên thôn, liên xã và quốc lộ bị ngập sâu hoặc bị sạt lở, khiến việc lưu thông bị tê liệt. Các điểm thường xuyên bị cô lập kéo dài từ 3 - 10 ngày, tùy vào mức độ lũ và địa hình khu vực. Việc di chuyển, đi lại khó khăn gây gián đoạn trong việc tiếp cận các hoạt động cứu trợ (ví dụ như: Nước sạch, nhu yếu phẩm, thuốc men,...). Bệnh nhân không thể đến trạm y tế hoặc bệnh viện, gây nguy hiểm cho người có bệnh lý nền hoặc sản phụ. Học sinh nghỉ học kéo dài do trường học bị ngập hoặc không có đường đến trường. Công tác cứu trợ, tiếp tế gặp nhiều khó khăn do địa bàn bị cô lập và thiếu phương tiện chuyên dụng. Ảnh hưởng đến sinh kế và đời sống hằng ngày, người dân không thể đi làm, đi chợ hoặc buôn bán, dẫn đến mất thu nhập và thiếu hụt lương thực. Tâm lý bất an, mệt mỏi do phải sống trong điều kiện bị cô lập, thiếu phương tiện hỗ trợ [6].

4. NHU CẦU SỬ DỤNG NƯỚC CỦA NGƯỜI DÂN VÙNG LŨ

Hai nhu cầu sử dụng nước cơ bản của người dân vùng lũ là: Ăn uống và vệ sinh cá nhân. Tuy nhiên, do nguồn nước bị ô nhiễm, cơ sở hạ tầng hư hỏng và điều kiện sống tạm bợ tại nơi sơ tán làm cho người dân càng khó tiếp cận với nguồn nước sạch. Việc đảm bảo cung cấp đủ nước sạch cho hai nhu cầu này là yếu tố then chốt nhằm duy trì sức khỏe, phòng ngừa dịch bệnh và ổn định cuộc sống sau thiên tai.

Nước uống và nước dùng để nấu ăn là nhu cầu sinh tồn thiết yếu. Trong điều kiện lũ lụt, người dân thường không còn khả năng tiếp cận với nguồn nước sạch do: Hệ thống cấp nước sinh hoạt bị ngắt hoặc hư hại, giếng nước ngập sâu, dễ bị nhiễm khuẩn, hóa chất hoặc mầm bệnh; nguồn nước mưa, nước lũ không đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm. Trong khi đó, các loại lương thực khô cần có nước sạch để chế biến. Nhiều khu vực bị lũ lụt không có đủ nước sạch cho nhu cầu tắm giặt. Dưới đây là một số giải pháp cung cấp nước cho nhu cầu ăn uống, tắm giặt, vệ sinh cho người dân vùng lũ (Bảng 4,5).

5. ẢNH HƯỞNG CỦA MƯA LŨ,
THIÊN TAI ĐẾN CẤP NƯỚC SẠCH

Ảnh hưởng của mưa lũ làm ô nhiễm chất lượng nguồn nước, phá hủy hạ tầng cấp nước và gián đoạn cung cấp nước sạch. Nước lũ cuốn theo rác thải vào sông, suối, hồ; chất hữu cơ trong rác thải phân hủy làm giảm lượng oxy, ảnh hưởng đến chất lượng nước và hệ sinh thái thủy sinh; hóa chất độc hại như dầu mỡ, chất tẩy rửa từ nhà máy, khu công nghiệp bị lũ cuốn trôi vào nguồn nước gây ô nhiễm kim loại nặng; phân bón, thuốc trừ sâu từ ruộng đồng bị nước cuốn vào sông hồ, làm tăng nồng độ nitrat và phốt phát, gây ô nhiễm nguồn nước sinh hoạt; ở các khu vực ven biển, triều cường và bão lớn đẩy nước mặn vào sâu trong đất liền, làm nhiễm mặn nguồn nước ngầm; nước lũ làm ngập đất phèn, hòa tan các ion kim loại độc hại như sắt, nhôm, làm giảm độ pH của nước; nước bẩn chứa vi khuẩn (E. coli, tả, lỵ, thương hàn,...) dễ lây lan khi nguồn nước sạch bị ô nhiễm; xác động vật chết, chất thải chưa xử lý từ cống rãnh, nhà vệ sinh bị nước cuốn trôi làm gia tăng nguy cơ dịch bệnh [7]. Các nhà máy xử lý nước bị ngập lụt, làm hỏng máy bơm, hệ thống lọc và hóa chất xử lý nước; bể chứa nước bị sạt lở, nứt vỡ, khiến nước sạch bị lẫn tạp chất hoặc mất hoàn toàn; giếng nước ngầm bị nước bẩn thấm vào, làm ô nhiễm nguồn nước ngầm. Đường ống dẫn nước bị vỡ do sạt lở đất, va chạm mạnh với dòng nước lũ hoặc cây cối, công trình sập đổ đè

lên, các mối nối bị rò rỉ, tạo điều kiện cho nước bẩn thấm thấu vào nguồn nước sạch. Hệ thống trạm bơm nước không vận hành do hư hỏng, mất điện, việc khởi động lại sau thiên tai mất nhiều thời gian do cần kiểm tra an toàn và sửa chữa hệ thống. Do hệ thống cấp nước bị ảnh hưởng, nguồn nước sạch không thể đến tay người dân, gây ra tình trạng khan hiếm, mất nước sạch [8].

6. Đánh giá các biện pháp có khả năng cấp nước cho người dân vùng lũ

6.1. Biện pháp lọc chậm

Hệ thống lọc chậm sử dụng vật liệu dạng cát sỏi để lọc nước đục, nước bẩn để sử dụng cho ăn uống và sinh hoạt hàng ngày. Hệ thống lọc cát sỏi có cấu tạo đơn giản, chi phí thấp, vật liệu dễ kiếm tại địa phương, ít tiêu hao năng lượng. Tuy nhiên, tốc độ lọc chậm, chỉ loại bỏ được phần lớn tạp chất lơ lửng và một phần vi sinh vật; hệ thống công kênh, khó triển khai nếu cần di dời lắp đặt nhanh. Không thể xử lý được các chất hóa học hòa tan trong nước như: Kim loại nặng (asen, chì, thủy ngân,...), hợp chất hữu cơ (phân bón, thuốc trừ sâu,...), muối khoáng. Ngoài ra, hệ thống dễ bị tắc do cặn rác, tảo hoặc bùn tích tụ đặc biệt là nguồn nước sau lũ lụt, nước sau khi lọc bằng hệ thống lọc cát sỏi chưa đủ an toàn để uống trực tiếp, cần thêm bước khử trùng (đun sôi, dùng Cloramin B) để đảm bảo an toàn [8]. Do đó, hệ thống lọc cát sỏi không phù hợp để cấp nước sạch cho người dân trong điều kiện vùng lũ.

6.2. Biện pháp keo tụ và khử trùng

Hóa chất keo tụ phổ biến là: alum hay còn gọi là phèn chua hoặc phèn nhôm có công thức hóa học là $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, thường được dùng để loại bỏ các hạt bẩn, đất, sét, hữu cơ lơ lửng trong nước. Phèn chua giúp các tạp chất kết dính lại thành mảng lớn rồi chìm xuống đáy, giúp nước trở nên trong hơn. Khi hòa tan trong nước, phèn chua bị thủy phân tạo thành kết tủa $Al(OH)_3$ là một chất keo dạng bông, có khả năng hấp phụ và kéo theo các hạt cặn, đất, vi khuẩn, chất hữu cơ,... lơ lửng trong nước, tạo thành các bông cặn lớn hơn. Các bông cặn này sau đó sẽ lắng xuống đáy, giúp làm trong phần nước phía trên. Phương pháp dùng phèn chua để làm trong nước tuy là phương pháp dễ làm, chi phí thấp. Tuy nhiên, biện pháp này cần dự trữ hóa chất, thụ động và phải kiểm soát liều lượng hóa chất, dẫn đến việc chất lượng nước không đảm bảo vệ sinh an toàn; chỉ tách các tạp chất lơ lửng mà không kiểm soát được các thành phần ô nhiễm khác, đặc biệt là vấn đề vi sinh vật gây bệnh. Ngoài ra, phèn chua làm giảm pH của nước, làm cho nước

Bảng 4. Giải pháp về nhu cầu nước cho ăn uống [6]

STT	Giải pháp	Mô tả
1	Cung cấp nước đóng chai	Ưu tiên cho hộ có người già, trẻ nhỏ, người bệnh
2	Phát viên khử khuẩn nước	Hướng dẫn sử dụng đúng cách giúp xử lý nước tại chỗ hiệu quả
3	Tổ chức bếp ăn tập trung	Tiết kiệm nước và đảm bảo an toàn thực phẩm cho cộng đồng
4	Lắp đặt máy lọc nước cơ động	Có thể đặt tại các điểm sơ tán, trường học, trạm y tế

Bảng 5. Giải pháp nhu cầu nước cho tắm giặt, vệ sinh [6]

STT	Giải pháp	Mô tả
1	Phát xà phòng, khăn, nước rửa tay khô	Đảm bảo tối thiểu điều kiện vệ sinh nếu thiếu nước
2	Hỗ trợ quần áo khô, chăn màn sạch	Giảm nhu cầu giặt giũ trong điều kiện khó khăn
3	Tận dụng nước mưa và truyền thông xử lý nước an toàn	Hướng dẫn người dân cách lọc và khử khuẩn nước hiệu quả tại nhà



có tính axit nhẹ điều này làm ảnh hưởng đến vị nước, không tốt khi dùng kéo dài; không loại bỏ được các chất ô nhiễm hóa học như: Kim loại nặng, phân bón, thuốc trừ sâu,... [9]. Tóm lại, phèn chua chỉ làm trong nước thông qua quá trình keo tụ - lắng cặn, không phải là phương pháp khử trùng triệt để nên nước sau khi dùng phèn chua không nên để ăn uống trực tiếp.

Khử trùng nước bằng cloramin B là cách phổ biến để tiêu diệt vi sinh vật trong nước nhờ vào khả năng oxy hóa mạnh của hợp chất chứa clo. Tuy nhiên, khi dùng cloramin B tốc độ diệt khuẩn chậm hơn nên cần thời gian tiếp xúc lâu hơn (ít nhất 30 phút trở lên), ảnh hưởng đến quá trình xử lý nước nhanh trong tình huống khẩn cấp. Ngoài ra, cloramin B có thể tạo các chất phụ như: cloramin, trihalomethanes (THMs), các chất này có thể gây kích ứng da, mắt hoặc có nguy cơ ung thư nếu tồn tại trong nước uống lâu dài; cloramin B cũng không xử lý được kim loại nặng, phân

bón, thuốc trừ sâu,... (những thành phần có nhiều trong nước lũ). Do đó, biện pháp keo tụ và khử trùng nước bằng phèn nhôm và cloramin B chỉ là phương pháp sơ bộ ban đầu, để có thể có nước sạch dùng cho ăn uống cần thêm các hệ thống lọc tiếp theo (RO) [8]. Tuy nhiên, trong điều kiện lũ lụt để các hệ thống lọc RO hoạt động gần như là không khả thi.

6.3. Hệ thống lọc nước cầm tay di động

Hệ thống lọc nước cầm tay di động là thiết bị có kích thước nhỏ gọn, được thiết kế nhằm cung cấp nguồn nước sạch tạm thời trong các điều kiện không có hệ thống cấp nước sạch đạt tiêu chuẩn. Dưới đây là bảng thống kê một số loại thiết bị lọc nước cầm tay phổ biến trên thị trường (Bảng 6).

Thiết bị lọc nước di động cầm tay có ưu điểm nhỏ gọn, dễ sử dụng, dễ mang theo, có hiệu quả tốt, đa phần không cần nguồn điện, loại bỏ hiệu quả vi khuẩn, cặn bẩn, mùi và vị khó chịu, chất lượng nước đảm bảo.

Tuy nhiên, thiết bị này cho ra lượng nước nhỏ và đặc biệt giá thành rất cao, không phù hợp cho bà con vùng lũ khi điều kiện kinh tế còn khó khăn. Vì vậy, hệ thống này chỉ phù hợp cho cá nhân với các hoạt động ngoài trời như cắm trại, đi phượt, leo núi.

7. TRIỂN VỌNG PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG LỌC MÀNG TỰ CHẢY CHO NGƯỜI DÂN VÙNG LŨ

Trong hoàn cảnh mưa lũ thiên tai, cơ sở hạ tầng bị tê liệt, điện, nước, đường giao thông đều có thể bị phá hủy. Người dân sống trong tình trạng thiếu thốn vật chất nghiêm trọng, không có điều kiện nấu nước, đun sôi hoặc mua nước đóng chai. Nước sinh hoạt chỉ có thể lấy từ nguồn tạm thời như nước lũ, ao hồ, vũng trũng - vốn bị ô nhiễm và chứa nhiều mầm bệnh. Trong giai đoạn khẩn cấp, mục tiêu không phải là cung cấp đầy đủ tiện nghi, mà là đảm bảo sự sống và sức khỏe cơ bản. Nước sạch để uống, nấu ăn, rửa tay, vệ sinh cá nhân là yêu cầu không thể thiếu. Chỉ cần có một lượng nhỏ nước sạch, người dân đã có thể tránh mắc các bệnh tiêu hóa cấp tính, giữ gìn vệ sinh cá nhân để phòng tránh nhiễm trùng, bảo vệ trẻ nhỏ, người già - những người có sức đề kháng yếu.

Nguồn nước bị ô nhiễm ở các khu vực hay xảy ra thiên tai, mưa lũ sẽ gây ra với các bệnh như lỵ và tiêu chảy. Do

Bảng 6. Một số thiết bị lọc nước cầm tay trên thị trường [6]

STT	Thông số kỹ thuật	Hãng sản xuất	Giá thành (VNĐ)
1	MITSUBISHI CLEANSUI EJ103 + Lưu lượng lọc: 0,1 L/phút + Thể tích sau lọc: 1,5L	Mitsubishi Nhật Bản	1.296.000
2	MITSUBISHI CLEANSUI EJ102 + Lưu lượng lọc: 0,1 L/ phút + Thể tích sau lọc: 1L	Mitsubishi Nhật Bản	1.561.091
3	MITSUBISHI CLEANSUI EJ101 + Lưu lượng lọc: 0,1 L/ phút + Thể tích sau lọc: 900 ml	Mitsubishi Nhật Bản	972.000
4	DREAMER DHA -WAP125W + Lưu lượng lọc: 42 L/giờ + Thể tích sau lọc: 1,5L	Dreamer – Úc, Trung Quốc	1.190.000
5	Barrier Style + Lưu lượng lọc: 0,2-0,5 L/ phút + Thể tích sau lọc: 1L	Zao Mettem Technology Nga	650.000
6	Barrier Twist + Lưu lượng lọc: 0,2-0,5 L/ phút + Thể tích sau lọc: 1,4L	Zao Mettem Technology Nga	550.000
7	Barrier Smart + Lưu lượng lọc: 0,2-0,5 L/ phút + Thể tích sau lọc: 1,4L	Zao Mettem Technology Nga	680.000
8	BRITA Marella Memo White + Lưu lượng lọc: 25 L/ tuần + Thể tích sau lọc: 1,4L	BRITA, Đức	1.500.000
9	BRITA Marella Aluna MX Pro White + Lưu lượng lọc: 25 L/ tuần + Thể tích sau lọc: 1,4L	BRITA, Đức	1.690.000
10	Prenium đồng hồ điện tử + Lưu lượng lọc: 0,5 L/ phút + Thể tích sau lọc: 1,7L	Aquaphor, Mỹ	1.260.000



đó, việc phát triển hệ thống lọc nước đơn giản, hiệu quả và đảm bảo vệ sinh là rất cần thiết để bảo vệ sức khỏe cộng đồng và giảm thiểu nguy cơ mắc các bệnh truyền nhiễm liên quan đến nước [8]. Hệ thống lọc màng năng lượng thấp cung cấp nước sạch đạt tiêu chuẩn ăn uống theo QCVN 01 - 1:2024/ BYT cho người dân vùng thiên tai, đặc biệt là vùng lũ. Hệ thống được vận hành bằng nguồn năng lượng thấp (theo nguyên tắc lọc tự chảy, dựa vào thế năng của cột nước), lắp ráp gọn, lọc hiệu quả vi khuẩn, tạp chất, chi phí đầu tư tương đối thấp, có thể vận hành linh hoạt, phù hợp với vùng thiếu điện và sau thiên tai, chất lượng đầu ra đạt tiêu chuẩn ăn uống, có thể mở rộng quy mô, nhân rộng mô hình; là một giải pháp hiệu quả và bền vững để cung cấp nước sạch cho người dân ở vùng lũ, nơi thường thiếu điện và nguồn nước bị ô nhiễm nghiêm trọng.

Trong điều kiện bình thường, khi nước bắn chảy từ trên xuống dưới tác dụng của trọng lực, các chất ô nhiễm sẽ bị giữ lại trên bề mặt của màng lọc chủ yếu theo các cơ chế sàng. Các chất ô nhiễm ngày càng được tích tụ và có khả năng tạo thành lớp vật liệu lọc thứ cấp, giúp tăng cường khả năng giữ các chất ô nhiễm tiếp theo. Quá trình này sẽ quyết định đến năng suất lọc của hệ thống lọc màng. Hệ thống hoạt động hoàn toàn nhờ trọng lực, phù hợp với vùng lũ, nơi không có điện. Hệ thống này có khả năng lắp đặt linh hoạt, chỉ cần tạo đủ độ cao chênh lệch, và định kỳ vệ sinh, làm sạch bề mặt màng lọc.

8. KẾT LUẬN

Hệ thống lọc màng năng lượng thấp có khả năng loại bỏ các tác nhân gây ô nhiễm như chất rắn lơ lửng, tạp chất hữu cơ, vi sinh vật đảm bảo chất lượng nước đạt tiêu chuẩn sinh hoạt. Hệ thống hoạt động hoàn toàn bằng trọng lực tự nhiên hoặc vận hành bằng lực cơ học đơn giản, hạn chế phụ thuộc vào nguồn điện lưới, từ đó nâng cao khả năng ứng dụng trong điều kiện thiên tai, lũ lụt mất điện kéo dài. Hệ thống có cấu trúc gọn nhẹ, dễ dàng lắp đặt, vận hành và bảo trì với chi phí đầu tư và duy trì ở mức thấp, đáp ứng yêu cầu về tính bền vững, khả năng nhân rộng và phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội tại các khu vực thường xuyên xảy ra lũ lụt. Hệ thống lọc này là cơ sở để phát



Hình ảnh về cấu tạo, loại màng lọc và hệ thống lọc màng năng lượng thấp [9]

triển các giải pháp công nghệ lọc nước năng lượng thấp, có giá trị thực tiễn cao trong việc tăng cường khả năng ứng phó, giảm nhẹ tác động của thiên tai đối với cộng đồng dân cư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Khánh Ly, 2024 - Một năm thiên tai hoành hành (17/12/2024).
2. Toàn Thắng. Trên 562.000 khách hàng các tỉnh miền núi phía Bắc bị gián đoạn cung cấp điện do ảnh hưởng của mưa lũ (10/9/2024).
3. Phương Nhi. Chính sách tín dụng cấp nước sạch và vệ sinh môi trường nông thôn (15/7/2024).
4. Trung tâm Kiểm soát bệnh tật Thành Phố (HCDC). Tuần lễ Quốc gia Nước sạch và Vệ sinh môi trường năm 2025: Nước sạch vì một nông thôn xanh, bền vững (27/4/2025).
5. Nguyễn Hoài. Thiên tai bão lũ, chính quyền 2 cấp cần gỡ 'nút thắt' ứng phó từ cơ sở (12/8/2025).
6. Đỗ Sinh Cung, Nghiên cứu, phát triển hệ thống lọc màng năng lượng thấp để cấp nước cho người dân vùng lũ. Đồ án đề xuất (DX6000), Đại học Bách khoa Hà Nội 5/2025.
7. Ban chỉ đạo trung ương về phòng chống thiên tai. Báo cáo tình hình bão, mưa lũ, thiệt hại và nhu cầu hỗ trợ khẩn cấp khắc phục hậu quả tại các tỉnh miền Trung và Tây Nguyên, 2020.
8. Trần Đức Hạ, Trần Đức Minh Hải (2020), Nghiên cứu xử lý nâng cao một số loại nước thải bằng màng siêu lọc (UF) để tái sử dụng cho các mục đích cấp nước phi ăn uống. Tạp chí Môi trường số Chuyên đề III/2020.
9. Đỗ Khắc Uẩn, Nguyễn Văn Hoàng (2025), Nghiên cứu phát triển hệ thống lọc màng tự chảy tiết kiệm năng lượng. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp, chấp nhận đăng ngày 4/7/2025.



CÔNG TY CỔ PHẦN SUPE PHỐT PHÁT VÀ HÓA CHẤT LÂM THAO: Sẵn sàng cho một hành trình mới, vì nền nông nghiệp bền vững

Nông nghiệp là lĩnh vực chịu tác động nặng nề nhất của biến đổi khí hậu (BĐKH). Trong điều kiện bình thường, sản xuất nông nghiệp vốn bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết, khí hậu nên BĐKH sẽ khiến cho việc sản xuất nông nghiệp gặp nhiều khó khăn hơn. Giữa những tác động khôn lường của khí hậu và áp lực đổi thay từ nền nông nghiệp hiện đại, một cái tên vẫn luôn hiện diện trên từng thửa ruộng, từng mùa vụ, đó chính là Supe Lâm Thao. Hơn nửa thế kỷ gắn bó với người nông dân Việt Nam, thương hiệu này không chỉ đứng vững mà còn đang tự chuyển mình, trở thành một trong những lực đẩy mạnh mẽ cho nền nông nghiệp bền vững.

CÂU CHUYỆN CHUYỂN MÌNH CỦA MỘT “THƯƠNG HIỆU QUỐC DÂN”

Từ những năm đầu thập niên 60, khi đất nước còn ngổn ngang sau chiến tranh, Công ty cổ phần Supe Phốt phát và Hóa chất Lâm Thao ra đời như một lời cam kết cho sự hồi sinh của nền nông nghiệp non trẻ. Nhà máy Supe Phốt phát Lâm Thao tọa lạc bên dòng sông Hồng, giữa vùng trung du Phú Thọ đã trở thành biểu tượng cho nỗ lực, tự lực, tự cường của nền công nghiệp hóa chất trong nước. Suốt nhiều thập kỷ, Supe Lâm Thao là điểm tựa vững chắc, cung cấp phân bón hóa học chủ lực cho sản xuất nông nghiệp cả nước. Tuy nhiên, theo thời gian đòi hỏi Công ty không chỉ giữ vững chất lượng, mà còn phải biết “tái sinh” theo hướng bền vững hơn. Đất không còn màu mỡ như xưa. Những cánh đồng nay không chỉ thiếu dinh dưỡng mà còn “kiệt sức” bởi canh tác thiếu bền vững kéo dài (bón phân hóa học không kiểm soát, lạm dụng thuốc trừ sâu). Trong bối cảnh ấy, BĐKH như một lớp sương mù phủ dày thêm những thách thức. Cũng chính lúc đó, Supe Lâm Thao lựa chọn bước ngoặt của mình: chuyển mình từ “Nhà sản xuất phân bón” thành “Bạn đồng hành của nông nghiệp xanh”.



Tổng Giám đốc Phạm Thanh Tùng giới thiệu dòng phân bón nông nghiệp đô thị của Công ty

Câu chuyện chuyển mình bắt đầu từ sự đầu tư dài hơi vào công nghệ sản xuất: lấy phân bón truyền thống làm gốc, để sản xuất phân bón có các thành phần hữu cơ, vi sinh, sinh học, chất điều hòa sinh trưởng,... tạo nên những dòng phân bón mới không chỉ nâng cao năng suất và chất lượng nông sản mà còn hỗ trợ nâng cao sức khỏe đất, cải tạo độ phì nhiêu một cách bền vững. Giai đoạn 2021-2025, với những nỗ lực không ngừng nghỉ, Công ty đã nghiên cứu và liên tục đưa ra thị trường các sản phẩm mới: năm 2021 là bộ phân bón Hữu cơ khoáng về viên sảy. Ngoài việc cung cấp lượng mùn dồi dào giúp cải tạo độ phì nhiêu cho đất, sản phẩm mới còn có khả năng giữ ẩm, giảm khả năng bị rửa trôi, phù hợp cho vùng đồi núi, khô hạn. Năm 2022, Công ty cho ra mắt thị trường phân bón Supe lân vi sinh. Đây là một bước ngoặt lớn của Công ty nói riêng và của ngành phân bón trong nước nói chung khi lần đầu tiên thành công cấy vi sinh vật sống vào nền phân bón Supe lân, tạo nên sản phẩm có tính đột phá. Đây cũng là tiền đề để năm 2023, Công ty tiếp tục nghiên cứu thành công và đưa ra thị trường nhóm phân bón chứa vi sinh gồm 05 phân bón NPK-vi sinh và 01 phân bón Hữu cơ khoáng -vi sinh. Nhóm chứa vi sinh ngoài việc cung cấp cân đối các nguyên tố dinh dưỡng đa lượng trung vi lượng, chất hữu cơ giúp giữ ẩm, cải tạo độ xốp cho đất, thì các chủng vi sinh vật



có ích trong các sản phẩm này còn có khả năng đối kháng với các loại vi nấm, vi sinh vật gây bệnh cho cây trồng, nâng cao sức đề kháng của cây trồng trước các loại sâu bệnh; Tăng sức chống chịu cho cây trồng trong điều kiện phèn, mặn và ngộ độc hữu cơ nhờ hỗ trợ cân bằng pH đất; Tham gia vào quá trình chuyển hóa chất hữu cơ khó phân hủy thành chất hữu cơ đơn giản; có khả năng chuyển hóa hợp chất photpho khó tiêu trong đất thành các chất dễ tiêu, kích thích cây phát triển bộ rễ, giảm lượng sử dụng phân bón. Các vi sinh vật *Bacillus* hỗ trợ kích thích các sinh vật và vi sinh vật có lợi trong đất phát triển, tăng cường chuyển hóa các chất dinh dưỡng trong đất sang dạng dễ hấp thụ, làm tăng độ tơi xốp, độ mùn, độ phì nhiêu của đất. Khi sử dụng 02 nhóm phân bón này, năng suất cây trồng đã được Trung tâm Nghiên cứu phân bón và dinh dưỡng cây trồng (thuộc Viện Thổ nhưỡng nông hóa) khảo nghiệm đánh giá tăng 10-20%.

Năm 2024, Công ty tiếp tục nghiên cứu thành công 07 sản phẩm mới. Trong đó, 02 sản phẩm phân bón chuyên dùng cho cây cà phê là: NPK-S Lâm Thao 15-6-16+5S (mùa mưa) và NPK-S Lâm Thao 16-4-6+5S (mùa khô); 01 sản phẩm phân bón chuyên dùng cho cây lâm nghiệp là NPK-S*M1 Lâm Thao 10-5-5+9S; 04 sản phẩm phân bón nông nghiệp đô thị là Hữu cơ khoáng Lâm Thao 3-5-2+2S+TE (chuyên dùng cho cây hoa, cây cảnh); NPK-S Lâm Thao 13-13-13+4S; NPK-S Lâm Thao 16-8-16+4S; NPK-S Lâm Thao 16-16-8+6S (chuyên dùng cho cây rau và cây ăn quả). Các sản phẩm này được nghiên cứu công thức bón phân phù hợp với từng giai đoạn của cây trồng nhằm đem lại hiệu quả tối ưu nhất, cung cấp giải pháp dinh dưỡng hoàn hảo cho cây trồng, đem lại hiệu quả vượt trội cho

sản xuất nông nghiệp nông thôn, nông nghiệp đô thị và lâm nghiệp, giúp cải tạo đất, kích thích rễ cây phát triển, nâng cao sức đề kháng của cây trồng trước các loại sâu bệnh, tăng năng suất và chất lượng cây trồng.

Nối tiếp đà phát triển, năm 2025, Công ty tiếp tục ra mắt sản phẩm phân bón mới Supe lân trung tính, NPK-S và NPK-S vi sinh sử dụng 100% Kali Sulphat, NPK-S chuyên dùng. Supe lân trung tính bao gồm Supe lân *M1 Lâm Thao (lân trung tính) và Supe lân P18 bổ sung vi sinh Lâm Thao (lân trung tính vi sinh).

Nhóm thứ nhất, phân trung tính: Supe lân *M1 Lâm Thao (lân trung tính) có nguồn gốc từ sản phẩm Supe lân truyền thống, được nghiên cứu, áp dụng công nghệ mới phát triển thành sản phẩm Supe lân *M1 Lâm Thao, có hàm lượng P_2O_5 hữu hiệu cao $\geq 18\%$, ưu điểm nổi bật là khi sử dụng phân có môi trường trung tính giúp nâng cao sức khỏe đất và cây trồng, kích thích rễ cây phát triển, thúc ra hoa đậu quả, tăng khả năng chống chịu với thời tiết bất thuận, thích hợp với nhiều vùng đất, đặc biệt là vùng đất Tây Nguyên. Supe lân P18 bổ sung vi sinh Lâm Thao (lân trung tính vi sinh) được phát triển từ lân trung tính có P_2O_5 hữu hiệu cao 18% kết hợp vi sinh vật *Bacillus* có ích. Sản phẩm này vừa có tác dụng kích thích rễ phát triển, thúc ra hoa đậu quả, vừa có khả năng cải tạo đất, cải tạo hệ vi sinh vật có lợi cho đất, giảm lượng bón từ 10-15%.

Nhóm thứ 2, phân bón NPK-S và NPK-S vi sinh có hàm lượng dinh dưỡng Kali đi từ 100% Kali Sulphat. Đây là nhóm sản phẩm phân bón cao cấp, cung cấp dinh dưỡng K_2O hữu hiệu và lưu huỳnh ở dạng (SO_4^{2-}) đặc biệt phù hợp với các loại cây ăn quả: giúp cây trồng ra hoa sớm, thúc đẩy quả chín nhanh chóng, giúp trái cây có vỏ nhẵn bóng, màu sắc đẹp hơn, tăng vị ngọt



Lễ xuất bán sản phẩm NPK-S vi sinh và Hữu cơ khoáng vi sinh



tự nhiên, tăng hương vị đặc trưng, quả không khô cứng (đối với cây có múi), cơm không bị sượng (đối với sầu riêng). Sử dụng loại phân này cho cây thuốc lá sẽ giúp tăng chỉ số Nicotin, lá có màu vàng đẹp, tăng mùi thơm đặc trưng khi đốt cháy. Loại phân này thích hợp cho các loại cây trồng không phù hợp với clorua, có nhu cầu lưu huỳnh cao, nhất là các loại cây có múi.

Nhóm thứ ba, phân bón chuyên dùng cho các loại cây trồng như chè, cà phê, hồ tiêu, thuốc lá: Được nghiên cứu chuyên sâu trên từng loại cây trồng và từng thổ nhưỡng để đưa ra công thức phân bón cũng như phương pháp bón phân phù hợp nhất, nhằm giúp cây trồng được cung cấp đầy đủ dinh dưỡng, cân đối, giúp cây phát triển mạnh và đạt năng suất chất lượng cao, giảm lượng phân bón sử dụng.

Để phục vụ sản xuất, đồng thời đáp ứng nhu cầu phân Kali sunphat ngày càng cao, trong tháng 6/2025, Công ty đã khởi công xây dựng dây chuyền sản xuất Kali sunphat nhằm từng bước thay thế 100% nguồn Kali trong phân bón NPK bằng Kaly sulphat tạo ra các phân bón không chứa Clo qua đó nâng cao chất lượng nông sản phù hợp với xu hướng sử dụng phân bón thân thiện với môi trường. Với công suất 20.000 tấn/năm, sản lượng phân bón Kaly sulphat sẽ đáp ứng nhu cầu trong nước và hướng đến thị trường xuất khẩu.

Chia sẻ về quá trình nghiên cứu phân bón mới của Công ty, ông Phùng Hà, Chủ tịch Hiệp hội Phân bón Việt Nam đánh giá: “5 năm liên tiếp từ 2021 đến năm 2025, Supe Lâm Thao liên tục cho ra đời những sản phẩm mới. Việc này chứng tỏ Supe Lâm Thao đã có sự đổi mới không ngừng, nỗ lực áp dụng khoa học công nghệ để cho ra đời các loại sản phẩm mới gắn với với xu thế phát triển của nền nông nghiệp hữu cơ, nông nghiệp bền vững và giảm thiểu khí phát thải nhà kính. Các loại phân bón Supe Lâm Thao đưa ra thị trường trong các năm gần đây góp phần quan trọng vào việc giảm lượng phân bón, nâng cao sức khỏe của đất và giảm thiểu khí phát thải nhà kính”.



Mô hình trình diễn chuỗi giá trị kinh tế tuần hoàn sử dụng phân bón của Supe Lâm Thao trên cây Dâu tằm tại Xã Việt Thanh, huyện Trấn Yên, tỉnh Yên Bái (cũ) nay là tỉnh Lào Cai

MỐI QUAN HỆ HÀI HÒA - MỘT HỆ SINH THÁI BỀN VỮNG

Một trong những điểm đáng chú ý trong chiến lược phát triển của Lâm Thao là xây dựng mối quan hệ hài hòa lợi ích giữa ba mắt xích quan trọng: nhà sản xuất - nhà phân phối - người tiêu dùng. Không chỉ sản xuất phân bón, Công ty còn chuyển giao các kỹ thuật canh tác, hợp tác với các địa phương trình diễn chuỗi giá trị kinh tế tuần hoàn sử dụng phân bón Lâm Thao - nơi cây trồng phát triển bền vững nhờ đất khỏe, dinh dưỡng tối ưu. Hiện Công ty đang đồng hành cùng Trung tâm Khảo kiểm nghiệm phân bón Quốc gia triển khai mô hình trình diễn các giải pháp canh tác xanh từ phân bón Supe Lâm Thao.

Công ty thường xuyên giữ giá ổn định trong thời kỳ thị trường phân bón nhiều biến động, đồng thời đẩy mạnh chương trình bảo vệ hệ thống nhà phân phối vùng miền tạo hệ sinh thái phân phối công bằng thông qua việc kiểm soát vùng miền bằng tem QR-Code, hỗ trợ kỹ thuật và chính sách chăm sóc cho bà con vùng sâu, vùng xa. Anh Phan Đình Quý - nhà phân phối phân bón Lâm Thao tại khu vực Miền Trung - Tây Nguyên, cho biết: “Chúng tôi không chỉ bán hàng mà còn được tập huấn kỹ thuật, học cách sử dụng phân bón cho từng loại cây trồng, theo từng mùa vụ. Điều này giúp bà con tin tưởng hơn và mình cũng yên tâm đồng hành.”

Theo thống kê từ các mô hình thử nghiệm, sản lượng tăng 10÷15%, chi phí đầu vào giảm, đất trồng tơi xốp hơn và sâu bệnh giảm hẳn. Quan trọng nhất, người nông dân không còn bị “phụ thuộc” vào lượng phân bón, mà đã học được cách hiểu đất, hiểu cây, điều mà trước đây ít ai để ý.

Hành trình hơn 60 năm của Supe Lâm Thao không đơn thuần là một câu chuyện thương hiệu, mà là hành trình gìn giữ niềm tin từ đất. Trong mỗi bao phân bón giờ đây không chỉ là dinh dưỡng cho cây trồng, mà còn là một cam kết về tương lai xanh - nơi nông nghiệp hài hòa với thiên nhiên. Với tinh thần và nội lực mạnh mẽ, Supe Lâm Thao đã sẵn sàng cho một hành trình mới, chinh phục những đỉnh cao mới trong việc phục vụ nền nông nghiệp bền vững của Việt Nam ■

LÊ THỊ THÚY NGÀ



CANH TÁC MÍA PHÁT THẢI THẤP: Hướng đi mới cho nông nghiệp bền vững

LÊ QUANG MÂY

Điều phối viên Dự án Năng lượng tái tạo và Giảm phát thải khí các-bon

Vào những năm 1990, cây mía đường đã trở thành cây trồng chủ lực tại Thanh Hóa, đặc biệt ở các vùng trung du và miền núi, nơi mà người dân đối mặt với nhiều khó khăn về kinh tế. Cây mía không chỉ giúp xóa đói giảm nghèo, mà còn tạo ra công ăn việc làm cho hàng nghìn lao động. Các chính sách khuyến khích của tỉnh đã giúp mở rộng diện tích trồng mía, và Thanh Hóa nhanh chóng trở thành "thủ phủ" mía đường của cả nước. Mía không chỉ giúp người dân cải thiện thu nhập mà còn góp phần vào việc nâng cao chất lượng đời sống. Tuy nhiên, hoạt động canh tác mía truyền thống sử dụng chủ yếu phân bón hóa học đang đối mặt với tình trạng đất canh tác bị bạc màu và chai sạn do nhiều năm nguồn hữu cơ bổ sung cho đất hạn chế, đồng thời gây phát thải khí N_2O , NH_4 quy đổi sang CO_2 phát thải khí nhà kính (KNK).

CHUYỂN ĐỔI SANG MÔ HÌNH CANH TÁC BỀN VỮNG, GIẢM PHÁT THẢI

Theo thống kê, phân bón tổng hợp, đặc biệt là các loại chứa khí nitơ oxit (N_2O), chiếm 24,3% tổng lượng khí thải từ sản xuất mía đường. Ngoài ra, thói quen đốt lá mía trên đồng ruộng sau thu hoạch để dọn ruộng vẫn phổ biến, gây phát thải CO_2 lớn, làm ô nhiễm không khí và suy giảm chất lượng đất. Trước thực trạng đó, việc chuyển đổi sang mô hình canh tác bền vững, giảm phát thải các-bon trở thành một xu hướng tất yếu, đồng thời phù hợp với cam kết của Chính phủ Việt Nam về phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050. Trong bối cảnh đó, dự án giảm phát thải các-bon vùng nguyên liệu mía Lam Sơn đã ra đời với mục tiêu cắt giảm khí thải, cải tạo đất, tăng năng suất mía và hướng tới sản xuất mía đường thân thiện với môi trường. Đây là một trong những dự án tiên phong trong lĩnh vực nông nghiệp bền vững tại Việt Nam, được kỳ vọng sẽ tạo ra tín chỉ các-bon đầu tiên trong ngành mía đường nước ta.

Dự án được triển khai tại tỉnh Thanh Hóa với diện tích 508ha trong 2 năm đầu, sau đó mở rộng diện tích theo quy trình Dự án hướng đến toàn vùng mía Lam Sơn với diện tích 8.000ha từ năm thứ ba. Mục tiêu chính là giảm phát thải N_2O , tăng hàm lượng các-bon hữu cơ trong đất (SOC) thông qua các biện pháp canh tác cải tiến. Dự án được đăng ký theo tiêu chuẩn VM0042 của Verra -



Cuộc họp cập nhật tiến độ dự án giảm phát thải

một hệ thống chứng nhận tín chỉ các-bon quốc tế, lần đầu tiên được áp dụng tại Việt Nam trong lĩnh vực quản lý đất nông nghiệp bền vững. Thành công của dự án sẽ mở ra hướng đi mới cho ngành mía đường Thanh Hóa trong việc tiếp cận thị trường tín chỉ các-bon, vừa giúp bảo vệ môi trường, gia tăng giá trị kinh tế cho nông dân và doanh nghiệp. Dự án là kết quả hợp tác của nhiều đơn vị gồm: Nhà đầu tư Idemitsu Kosan - một tập đoàn Nhật Bản có kinh nghiệm trong lĩnh vực năng lượng và phát triển bền vững. Đơn vị quản lý dự án Công ty tư vấn Sagri - chịu trách nhiệm báo cáo và đăng ký với Verra. Đơn vị triển khai Công ty Cổ phần Mía đường Lam Sơn (Lasuco) - trực tiếp triển khai đến người trồng mía thực hiện các hoạt động canh tác tại vùng nguyên liệu phía tây tỉnh Thanh Hóa. Sự phối hợp của các bên đảm bảo tính minh bạch, khoa học và hiệu quả của dự án, giúp quá trình đăng ký tín chỉ các-bon đạt tiêu chuẩn quốc tế.

Để đạt được mục tiêu giảm phát thải GHG, dự án tập trung vào các giải pháp chính: Giảm sử dụng phân bón hóa học, thay thế bằng các loại phân hữu cơ như phân chuồng, phân trộn từ bùn lọc và tro lò hơi của nhà máy đường. Cải thiện độ pH đất, nâng cao khả năng giữ ẩm và dinh dưỡng, giúp cây mía phát triển khỏe mạnh, giảm phụ thuộc vào hóa chất nông nghiệp.



Đại diện ba bên khảo sát thực địa tại vùng nguyên liệu mía Lam Sơn

Sử dụng công nghệ vệ tinh để theo dõi mùa vụ và phân tích chất lượng đất, giúp tối ưu hóa việc bón phân và tưới tiêu. Áp dụng phương pháp canh tác tiên tiến như không đốt đồng mía, giữ lại tàn dư thực vật để che phủ đất, tăng hàm lượng hữu cơ tự nhiên. Thay vì đốt gốc mía sau thu hoạch, dự án khuyến khích sử dụng máy băm nhỏ để tái tạo lớp mùn, vừa giảm phát thải CO₂ vừa cải thiện cấu trúc đất. Hướng dẫn nông dân áp dụng kỹ thuật canh tác bền vững, nâng cao nhận thức về tác động của phương thức canh tác đến môi trường.

Dự án được triển khai theo lộ trình: (1) Giai đoạn 1 (2023-2024): Giới thiệu, khảo sát và thu thập dữ liệu lịch sử; (2) Giai đoạn 2 (2024-2025): Hoàn thiện hợp đồng, thiết kế chi tiết dự án; (3) Giai đoạn 3 (2025-2026): Triển khai đào tạo nông dân, thực hiện canh tác thử nghiệm, thu thập dữ liệu và đánh giá tác động; (4) Giai đoạn 4 (2027 trở đi): Mở rộng ra toàn diện tích sản xuất, tiến hành đăng ký và chứng nhận tín chỉ các-bon.

Dự án không chỉ hướng đến mục tiêu giảm phát thải KNK mà còn đem lại nhiều lợi ích thiết thực: Giảm lượng khí thải CO₂ và N₂O trong sản xuất mía đường, góp phần bảo vệ môi trường. Cải thiện độ màu mỡ của đất, tăng năng suất và chất lượng cây trồng. Nâng cao thu nhập cho người nông dân, nhờ tiết kiệm chi phí phân bón và tiếp cận thị trường tín chỉ các-bon. Xây dựng mô hình nông nghiệp bền vững, phù hợp với định hướng phát triển của đất nước và xu thế toàn cầu.

Giữa tháng 5/2025, Lasuco và hai đối tác đến từ Nhật Bản đã tiến hành kiểm tra thực địa vùng nguyên liệu mía tại Lam Sơn (Thanh Hóa), rà soát thủ tục, đẩy nhanh tiến độ cấp tín chỉ các-bon quốc tế cho vùng nguyên liệu. Giảm phát thải các-bon vùng nguyên liệu mía Lam Sơn là dự án hợp tác giữa Lasuco, và hai tập đoàn uy tín quốc tế đến từ Nhật Bản nhằm xây dựng mô hình trồng mía thân thiện với môi trường, giảm phát thải khí nhà kính và bảo vệ tài nguyên đất. Thay cho phương pháp canh tác cũ dễ gây suy thoái đất và phát thải cao, dự án hướng dẫn nông dân áp dụng các biện pháp bền vững, giúp tiết kiệm chi phí đầu vào mà vẫn giữ năng suất ổn định. Điểm nổi bật là việc không đốt lá mía sau thu hoạch, tận dụng phụ phẩm để làm giàu đất và tăng cường sử dụng phân hữu cơ thay vì phụ thuộc vào hóa chất. Những thay đổi này không chỉ giúp giảm phát thải mà còn cải thiện sức khỏe đất và giảm chi phí sản xuất. Về lâu dài, khi chương trình được công nhận và cấp tín chỉ các-bon theo tiêu chuẩn quốc tế, người trồng mía và doanh nghiệp sẽ có cơ hội gia nhập thị trường các-bon tự nguyện - mở ra nguồn thu mới từ chính hoạt động giảm phát thải. Đây cũng là bước tiến để ngành mía đường Việt Nam tiếp cận các mô hình nông nghiệp bền vững toàn cầu.

Cũng trong tháng 5/2025, dự án đã hoàn tất tài liệu mô tả (PDD) để đăng ký danh mục chờ trên hệ thống Verra. Nội dung chính, bao gồm cắt giảm phân đạm tổng hợp, sử dụng phân hữu cơ, không đốt tàn dư và kéo dài chu kỳ mía gốc nhằm tăng tích lũy các -bon trong đất. Đại diện ba bên tổ chức kiểm tra lại thực địa để đánh



giá các điều kiện, phương thức thu thập dữ liệu và luồng thông tin từ nông dân đến hệ thống giám sát vệ tinh của Lasuco. Hệ thống MRV (Đo lường - Báo cáo - Xác minh) đang được áp dụng nhằm đảm bảo tính chính xác và minh bạch trong suốt chu trình vận hành của dự án.

Ở giai đoạn đầu, dự án đã được triển khai thử nghiệm trên diện tích khoảng hơn 500 ha. Qua triển khai giai đoạn đầu có nhiều tín hiệu tích cực, cho thấy tiềm năng nhân rộng mô hình lên hàng vạn ha trong tương lai gần. Việc hoàn tất các hạng mục kỹ thuật còn lại như xác định mốc thời gian phát thải cơ sở, bán kính thu gom phân hữu cơ, cập nhật trách nhiệm giám sát và đánh giá phạm vi phát thải gián tiếp (Scope 3). Những nội dung này dự kiến sẽ được xử lý trong tháng 5 để đảm bảo tiến độ nộp hồ sơ đúng hạn.

Việc tham gia cơ chế tín chỉ các-bon tự nguyện (VCM) không chỉ giúp nâng cao uy tín và tính bền vững của chuỗi giá trị mía đường Lam Sơn, mà còn mở ra cơ hội tiếp cận nguồn tài chính các-bon toàn cầu - một bước đi chiến lược trong bối cảnh nông nghiệp cần thích ứng với biến đổi khí hậu. Với sự phối hợp chặt chẽ giữa ba bên và hệ thống giám sát minh bạch, dự án giảm phát thải vùng nguyên liệu mía Lam Sơn đang tiếp tục được triển khai theo đúng kế hoạch, hướng đến mục tiêu trở thành mô hình mẫu cho nông nghiệp các-bon thấp tại Việt Nam.

HƯỚNG ĐẾN MỘT NỀN NÔNG NGHIỆP TUẦN HOÀN

Từ năm 2011, Công ty Cổ phần Mía đường Lam Sơn đã triển khai Dự án Nhà máy điện năng lượng tái tạo với công suất phát điện 12,5 MW, đưa vào vận hành vào tháng 3/2012. Đây là sự kiện có ý nghĩa quan trọng và mở ra cơ hội và hướng đi mới đối Công ty trong bối cảnh sản xuất gần xanh, gắn với công tác bảo vệ môi trường. Theo đó, mỗi năm, vào vụ ép, hơn 18.500 tấn bã mía được tạo ra trong quá trình sản xuất đã trở thành nguồn nguyên liệu sinh khối quý giá cung cấp cho Nhà máy điện sử dụng làm chất đốt cho lò hơi, cấp hơi cho phát điện và cân bằng quá trình sản xuất chế biến đường. Ngoài ra, mỗi năm, Nhà máy còn mua thêm hơn 100 ngàn tấn vỏ cây, phụ phẩm từ gỗ cung cấp cho quá trình sản xuất điện. Sản lượng điện năng lượng tái tạo được sản xuất mỗi năm từ 55 – 57 triệu KWh, góp phần giảm phát thải KNK tương đương 35.750 - 37.050 tấn CO₂. Bằng cách này, doanh nghiệp không chỉ hạn chế chất thải ra môi trường, mà còn tận dụng tối đa giá trị từ cây mía, gia tăng thu nhập cho người nông dân, giảm chi phí sản xuất, đồng thời giảm phụ thuộc vào các nguồn năng lượng hóa thạch cho hệ thống điện quốc gia EVN.

Sắp tới, khi mở rộng sang cánh đồng lúa, Lasuco cũng áp dụng nguyên lý tương tự: quản lý rơm rạ sau thu hoạch, xử lý nước tưới, canh tác lúa thông minh để giảm phát thải khí metan - loại khí gây hiệu ứng nhà kính mạnh gấp nhiều lần so với CO₂.

Tại Hội nghị tham vấn “Đề án sản xuất trồng trọt giảm phát thải giai đoạn 2025-2035”, Lasuco khẳng định: Net Zero



Đại diện Công ty Cổ phần mía đường Lam Sơn trả lời phỏng vấn truyền hình về Dự án Giảm phát thải

2040 không chỉ là một mục tiêu. Đó là lộ trình hành động cụ thể, đòi hỏi trách nhiệm, sự kiên trì và sự phối hợp chặt chẽ giữa doanh nghiệp, nông dân, đối tác quốc tế và các cơ quan quản lý. Để đạt được mục tiêu này, Lasuco xác định ba yếu tố then chốt: công nghệ - con người - mô hình quản trị. Trong đó, công nghệ tiên tiến là yếu tố nền tảng, người nông dân là chủ thể trung tâm, còn mô hình quản trị hiện đại giúp kết nối và tối ưu nguồn lực.

Với triết lý phát triển bền vững “Tất cả từ thiên nhiên”, Lasuco không ngừng đầu tư vào nghiên cứu và đổi mới sáng tạo, chú trọng xây dựng các mối liên kết chặt chẽ với nông dân, hình thành cộng đồng sản xuất có ý thức và kỹ năng canh tác xanh.

Có thể nói, việc triển khai Dự án giảm phát thải các-bon vùng nguyên liệu mía Lam Sơn là một bước tiến quan trọng trong việc đưa ngành mía đường Thanh Hóa phát triển theo hướng thân thiện với môi trường. Thành công của dự án không chỉ góp phần thực hiện cam kết giảm phát thải quốc gia, mà còn tạo ra tiền đề để các ngành nông nghiệp khác áp dụng mô hình tương tự. Việc chứng nhận và đăng ký dự án theo tiêu chuẩn VM0042 của Verra sẽ giúp Lasuco tham gia vào thị trường tín chỉ các-bon quốc tế, mở ra cơ hội phát triển bền vững và mang lại lợi ích lâu dài cho doanh nghiệp và nông dân ■



ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH VÀ HẤP THỤ CÁC-BON TRONG CHUỖI CUNG ỨNG CÀ PHÊ TẠI CÁC HUYỆN TRỒNG CÀ PHÊ CHỦ LỰC Ở TÂY NGUYÊN

MAI VĂN TRINH¹, BÙI THỊ PHƯƠNG LOAN¹, ĐỖ THANH ĐỊNH¹, NGUYỄN QUANG CHIẾN¹,
ĐINH QUANG HIẾU¹, CAO HƯƠNG GIANG¹, DƯƠNG LINH PHƯỢNG¹

¹ Viện Môi trường Nông nghiệp

Tóm tắt

Sản xuất cà phê là ngành kinh tế mũi nhọn của vùng Tây Nguyên, đóng góp lớn cho xuất khẩu nông sản Việt Nam nhưng cũng là nguồn phát thải khí nhà kính (KNK) đáng kể, làm gia tăng biến đổi khí hậu. Nghiên cứu nhằm định lượng dấu vết các-bon (carbon footprint) và phát thải KNK ròng trong chuỗi sản xuất cà phê của ba huyện trồng cà phê chủ lực: Di Linh (Lâm Đồng), Cư M'gar và Krông Năng (Đắk Lắk). Phương pháp nghiên cứu dựa trên phân tích vòng đời sản phẩm (LCA) theo tiêu chuẩn ISO kết hợp hướng dẫn kiểm kê KNK của IPCC (2006, 2019), sử dụng cả số liệu sơ cấp và thứ cấp về canh tác, vận chuyển và chế biến. Kết quả cho thấy tổng phát thải quy đổi CO₂e của các mô hình canh tác dao động ở mức tương đương các nghiên cứu quốc tế, trong đó N₂O từ đất và sản xuất phân bón là hai nguồn đóng góp lớn nhất. Khi trừ đi lượng các-bon được cây cà phê và cây trồng xen hấp thụ, phát thải ròng giảm đáng kể, cho thấy tiềm năng giảm thiểu KNK thông qua quản lý đất và tăng hấp thụ sinh khối. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc đề xuất các biện pháp quản lý dinh dưỡng, trồng xen cây che bóng và ứng dụng công nghệ tiết kiệm năng lượng, hướng tới một hệ thống sản xuất cà phê phát thải thấp và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Canh tác cà phê, dấu vết các bon, hấp thụ các-bon, phát thải KNK.

Ngày nhận bài: 1/8/2025; **Ngày sửa chữa:** 29/8/2025; **Ngày duyệt đăng:** 22/9/2025.

Assessment of greenhouse gas emissions and carbon sequestration in the coffee supply chain in key coffee growing districts in the Central Highlands

Abstract

Coffee production is a key economic sector in Vietnam's Central Highlands, making a major contribution to the country's agricultural exports but also representing a significant source of greenhouse gas (GHG) emissions that exacerbate climate change. This study aims to quantify the carbon footprint and net GHG emissions across the coffee production chain in three major coffee-growing districts: Di Linh (Lam Dong), Cu M'gar and Krông Năng (Dak Lak). The research employs a life-cycle assessment (LCA) following ISO standards in combination with the IPCC (2006, 2019) guidelines for GHG inventories, using both primary and secondary data on cultivation, transportation, and processing. The results indicate that total CO₂-equivalent emissions from the different farming models are comparable to those reported in international studies, with soil-derived N₂O emissions and fertilizer production identified as the two largest contributors. After accounting for carbon sequestration by coffee plants and intercropped species, net emissions decrease substantially, highlighting the potential for GHG mitigation through improved soil management and enhanced biomass carbon uptake. These findings provide a scientific basis for recommending nutrient-management strategies, intercropping with shade trees, and the adoption of energy-efficient technologies, thereby supporting the development of a low-emission, climate-resilient coffee production system in the Central Highlands.

Key words: Coffee production, carbon footprint, carbon sequestration, GHG emissions.

JEL Classifications: O13, O44, P18.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo số liệu của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (Bộ NN&PTNT, 2021, nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), vùng Tây Nguyên (Kon Tum, Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông và Lâm Đồng) có tổng diện tích cà phê khoảng 639.000 ha (chiếm tỷ lệ 92% so với cả

nước), năng suất 28,5 tạ/ha (cao gấp 1,1 lần so với cả nước), sản lượng khoảng 1.669.000 tấn (chiếm tỷ lệ 95% so với cả nước).

Sản xuất cà phê mang lại lợi ích kinh tế rất lớn, đặc biệt cho khu vực Tây Nguyên, niên vụ cà phê 2023 - 2024 chứng kiến giá cà phê hạt đạt kỷ lục, giá tăng đột

biến, bình quân khoảng 100.000 đồng/kg, có thời điểm đạt mức 135.000 đồng/kg, giá cà phê nhân đạt mức cao nhất hơn 15 năm trở lại đây. Tuy nhiên, quá trình canh tác và chế biến cà phê gây phát thải KNK, đặc biệt là khí CO₂, góp phần làm gia tăng nhiệt độ toàn cầu và thúc đẩy biến đổi khí hậu. Phát sinh CO₂ và các KNK khác trong chuỗi giá trị cà phê diễn ra ở nhiều công đoạn:

- Sản xuất và vận chuyển vật tư đầu vào: Quá trình công nghiệp sản xuất phân bón, thuốc BVTV và tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch cho vận chuyển đều phát thải CO₂ đáng kể.
- Bón phân đạm (urea): Quá trình thủy phân urê giải phóng CO₂ trực tiếp, đồng thời gián tiếp tạo N₂O qua các chu trình nitrat hóa - khử nitrat trong đất.
- Quản lý đất: Chuyển hóa nitơ trong đất sau bón phân vô cơ và hữu cơ sinh ra N₂O – một KNK có tiềm năng làm nóng toàn cầu cao gấp hàng trăm lần CO₂.
- Tiêu thụ năng lượng: Điện năng và nhiên liệu dùng cho bơm tưới, cơ giới nông nghiệp và khâu xay xát sau thu hoạch sinh ra CO₂ từ quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch.
- Xử lý phụ phẩm (vỏ quả, phân ủ compost): Phân hủy sinh học các phụ phẩm có thể phát thải CH₄ và N₂O nếu điều kiện ủ hoặc vùi không được kiểm soát tốt.

Sự gia tăng biến đổi khí hậu là một mối đe dọa đòi hỏi phải xem xét lại toàn bộ hệ thống sản xuất có phát thải KNK, trong đó có hệ thống canh tác cà phê.

Vì thế, các câu hỏi nghiên cứu đặt ra là làm thế nào để khuyến khích nông dân áp dụng và nhân rộng các biện pháp canh tác cà phê giảm phát thải KNK. Một trong những thông số thể hiện mức độ phát thải trong sản xuất cà phê là dấu vết các-bon (kgCO₂e/kg nhân). Nó cho biết lượng khí thải nhà kính được sản xuất hoặc tiêu thụ trong vòng đời của sản phẩm cà phê. Hấp thụ các khí thải từ quá trình trồng xen canh và thuần canh cây cà phê (kgCO₂e/kg nhân) là một trong những giải pháp để giảm phát thải KNK trong ngành cà phê tại vùng Tây Nguyên. Các cây trồng có khả năng hấp thụ khí CO₂ và tổng hợp chúng thành các-bon trong sinh khối như rễ, thân, lá, cành, hoa quả và các chất hữu cơ trên mặt đất. Phát thải KNK ròng (kg CO₂e/kg nhân) là lượng KNK của toàn chuỗi sản xuất cà phê sau khi đã trừ lượng hấp thụ các-bon, tính bằng kg CO₂ tương đương (CO₂e) trên mỗi kg cà phê. Việc xác định Phát thải KNK ròng (kg CO₂e/kg nhân) của các phương thức canh tác cà phê thuần canh và xen canh khác nhau tại các huyện Di Linh – Lâm Đồng, huyện Cư M'gar, huyện Krông Năng của tỉnh Đắk Lắk sẽ giúp xác định các phương thức quản lý nào hiệu quả để giảm phát thải KNK trong canh tác cà phê.

2. MỤC TIÊU

- Xác định lượng phát thải KNK và lượng hấp thụ

các-bon trong toàn bộ chuỗi sản xuất cà phê tại các huyện trồng cà phê chủ lực ở Tây Nguyên (Di Linh – Lâm Đồng, Cư M'gar và Krông Năng – Đắk Lắk).

- Tính toán “dấu vết các-bon” (kg CO₂e/kg nhân) và phát thải ròng (net emissions) cho các mô hình canh tác thuần canh và xen canh.

- Phân tích các nguồn phát thải chính và đề xuất giải pháp quản lý nhằm giảm thiểu phát thải, hướng tới nền sản xuất cà phê phát thải thấp và thích ứng với biến đổi khí hậu.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Đối tượng, địa điểm và thời gian nghiên cứu

3.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là mức phát thải và hấp thụ KNK cây cà phê ở cấp trang trại tại các huyện trọng điểm (Di Linh tỉnh Lâm Đồng, Cư M'gar và Krông Năng tại Đắk Lắk) theo 2 phương thức canh tác là thuần canh và xen canh.

3.1.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại 3 huyện trọng điểm (huyện Di Linh tại tỉnh Lâm Đồng và hai huyện Cư M'gar, Krông Năng, tỉnh Đắk Lắk) nằm trong vùng dự án.

Nghiên cứu được tiến hành từ tháng 6 đến tháng 12 năm 2022.

3.2. Phương pháp nghiên cứu

3.2.1. Phương pháp thu thập thông tin

- Số liệu thứ cấp: Là dữ liệu không được thu thập trực tiếp từ thực tế khảo sát mà được lấy từ các nguồn có sẵn như hệ số phát thải từ việc sản xuất phân bón, hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam,...

- Số liệu sơ cấp: Số liệu sơ cấp được thu thập từ điều tra khảo sát trong suốt quá trình trồng, chăm sóc, thu hoạch và chế biến và cây trồng xen như:

- + Diện tích trồng các loại hình cà phê: Thâm canh, xen canh, độc canh...

- + Lượng vô cơ; lượng phân hóa học (phân đạm, lân, kali, NPK, DAP); Lượng phân hữu cơ (hữu cơ vi sinh, phân chuồng); Lượng thuốc bảo vệ thực vật (BVTV) sử dụng bình quân trên 1 ha đất canh tác nông nghiệp (Kg/ha canh tác/năm).

- + Thời gian và lượng điện sử dụng, lượng dầu diesel để vận hành các máy móc nông nghiệp, bao gồm: máy làm đất, máy bơm nước, máy cắt cỏ, tỉa cành, máy thu hoạch,...

- + Năng suất, sản lượng sản phẩm cà phê tươi, cà phê nhân của các loại hình canh tác (Tấn/ha).

- + Loại phương tiện, lượng nhiên liệu, khoảng cách trong vận chuyển cà phê từ vườn đến nơi chế biến, đại lý cấp 1...

- + Thời gian và lượng điện sử dụng, lượng dầu diesel để vận hành các máy móc trong chế biến cà phê, bao gồm: Máy sàng, sấy, xát, loại bỏ nhót cà phê...



+ Lượng phụ phẩm cà phê (vỏ quả, thân, cành, lá) phát sinh của cây cà phê (Tấn/ha).

Tỷ lệ phụ phẩm cà phê (vỏ quả, cành, lá...) được xử lý, đốt, ủ phân hoặc tái sử dụng (%).

+ Đối tượng điều tra: Các chủ vườn trồng cà phê: 134 phiếu. Cơ sở chế biến rang xay cà phê, đại lý thu mua: 17 phiếu.

3.2.2. Phương pháp tính toán phát thải KNK, dấu vết các-bon cho sản phẩm cà phê

Xây dựng phương pháp luận tính toán dấu vết các-bon cụ thể cho sản phẩm cà phê dựa trên việc kết hợp phân tích vòng đời sản phẩm (LCA) của theo tiêu chuẩn ISO và Hướng dẫn kiểm kê KNK của IPCC năm 2006 (cập nhật 2019) cùng các nghiên cứu liên quan khác [11] [12]. Số liệu hoạt động là các số liệu sơ cấp và thứ cấp thu thập được như đã trình bày ở mục 2.2.1. Từ đó có tổng phát thải KNK như sau:

$E_{total} = E_{electricity} + E_{fert} + E_{pest} + E_{machine} + E_{urea} + E_{soil} + E_{transport} + E_{milling} + E_{compost}$

Trong đó:

E_{total} là tổng phát thải KNK trong quá trình sản xuất, vận chuyển và xay xát cà phê;

$E_{electricity}$ là phát thải do sử dụng điện trong quá trình sản xuất;

E_{fert} và E_{pest} là phát thải từ sản xuất phân bón và thuốc BVTV;

$E_{machine}$ là phát thải từ tiêu thụ năng lượng chạy các loại máy móc trên đồng ruộng;

E_{urea} là phát thải CO_2 do bón đạm urea;

E_{soil} là phát thải N_2O từ đất;

$E_{transport}$ là phát thải do tiêu thụ năng lượng trong quá trình vận chuyển;

$E_{milling}$ là phát thải do tiêu thụ năng lượng trong quá trình xay xát;

$E_{compost}$: Phát thải KNK từ quá trình ủ phân compost và vùi vỏ quả, phụ phẩm cà phê.

Ranh giới và phạm vi tính toán: Được thực hiện dựa trên việc tính toán phát thải KNK từ các hoạt động sản xuất của cà phê và cây trồng xen theo vòng tuần hoàn khép kín từ khâu làm đất đến thu hoạch và quản lý phụ phẩm sau thu hoạch.

Việc xây dựng phương pháp luận tính toán dấu vết các-bon của sản phẩm cà phê tại Tây Nguyên còn dựa trên các giả định sau: Lượng hấp thụ các-bon vào đất trong dài hạn là bằng 0; Tại khu vực nghiên cứu, không có sự thay đổi mục đích sử dụng đất trong vòng 20 năm qua; Phát thải KNK từ

việc sản xuất và sửa chữa các máy móc nông nghiệp là không đáng kể.

3.2.3. Phương pháp tính toán trữ lượng các-bon của cây cà phê và cây trồng xen

Đo đạc chiều cao cây phục vụ tính hấp phụ cacbon của vườn trồng cà phê tại 3 huyện Di Linh – Lâm Đồng và huyện Cư M'gar, huyện Krông Năng tỉnh Đắk Lắk.

a) Xác định trữ lượng các-bon cây cà phê

- Xác định sinh khối trên mặt đất:

Tổng sinh khối trên mặt đất cây Cà phê: $AGB_{cf} = AGB_a + AGB_b$

Trong đó:

+ AGB_a là sinh khối ước tính từ thân chính (tất cả thân chính đo đếm): Sinh khối ước tính từ thân chính (tất cả thân chính đo đếm): $AGB_a = 10(-1,18 + 1,99 \times \log(D15))$ [6]

Trong đó: D15 là đường kính ở vị trí cách mặt đất 15 cm (chỉ tính cho cây có D15 ≥ 515 cm, $D15 = C15/3,14$)

+ AGB_b là phần sinh khối gốc ghép: $AGB_b = V \times WD$ (kg/m³)

Trong đó: V: Thể tích gốc ghép ($V = \pi r^2 h$); π : 3,14; r: Bán kính gốc ghép (tại vị trí giữa, cm); h: Chiều cao gốc ghép (cm); WD: Trọng lượng riêng cà phê là 0,620 kg/cm³.

- Xác định sinh khối dưới mặt đất: $BGB_{cf} = \exp(-1,0587 + 0,8836 \times \ln(AGB_{cf}))$ [6]

Trong đó: BGB_{cf} : Sinh khối dưới mặt đất (kg/cây); AGB_{cf} : Sinh khối trên mặt đất (kg/cây).

- Tổng sinh khối trên mặt đất và dưới mặt đất: $TB_{cf} = AGB_a + AGB_b$.

- Trữ lượng các-bon cây cà phê: $C_{cf} = TB_{cf} \times 0,47$.

- Lượng CO_2 hấp thụ của cà phê: $CO_{2ecf} = C_{cf} \times 3,67$.

b) Xác định trữ lượng các-bon cây ăn quả trồng xen:

- Xác định sinh khối trên mặt đất cây ăn quả trồng xen: $Log AGB_{aq} = (-1,11 + 2,64 \times \log(DBH))$ [6]

Trong đó: DBH: Đường kính tại vị trí 1,3 m ($DBH = C1,3/3,14$).

- Xác định sinh khối dưới mặt đất cây ăn quả trồng xen:

$BGB_{cf} = \exp(-1,0587 + 0,8836 \times \ln(AGB_{cf}))$ [6]

Trong đó: BGB_{cf} : Sinh khối dưới mặt đất (kg/cây); AGB_{cf} : Sinh khối trên mặt đất (kg/cây).

- Tổng sinh khối trên mặt đất và dưới mặt đất cây ăn quả trồng xen: $TB_{aq} = AGB_{aq} + AGB_{aq}$.

- Trữ lượng các-bon cây ăn quả trồng xen: $C_{aq} = TB_{aq} \times 0,47$.

- Hấp thụ CO_2 cây ăn quả trồng xen: $CO_{2eq} = C_{aq} \times 3,67$.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Phát thải KNK từ các hoạt động trong vòng đời cà phê (Bảng 1)

- Phát thải KNK do vận hành các máy móc và thiết bị nông nghiệp trong tưới, phun thuốc BVTV, trừ cỏ

Trong vòng đời sản xuất đến cà phê hạt, điện sản xuất được sử dụng cho việc vận hành máy bơm nước (tưới tiêu), một số ít các hộ sử dụng điện cho các thiết bị phun thuốc BVTV, thuốc trừ cỏ và sử dụng điện trong vận hành các thiết bị dùng để sấy cà phê. Ngoài sử dụng điện, các hộ nông dân còn sử dụng các nhiên liệu như xăng, dầu trong vận hành tưới nước và phun thuốc BVTV. Tại các huyện nghiên cứu, đa số hộ dân thu hoạch bằng tay, chế biến khô với quy trình đơn giản là nguyên liệu (xát qua, không rửa), sau đó phơi/sấy, xát vỏ thành cà phê thóc, chiếm tỷ lệ từ 99,5-99,8% (IDH, 2021).

Bảng 1. Phát thải KNK từ năng lượng vận hành các thiết bị cơ giới, sản xuất các loại phân bón (N, P₂O₅, K₂O), sử dụng phân ủ compost và vùi phụ phẩm, do vận chuyển

Đơn vị: kg CO₂e/ha

TT	Huyện	Hệ thống cây trồng	Từ năng lượng (điện, xăng, dầu) sử dụng cho cơ giới	Từ sản xuất các loại phân bón (N, P ₂ O ₅ , K ₂ O)	Từ sử dụng phân ủ com- post và vùi phụ phẩm	Phát thải KNK do vận chuyển
1	Di Linh	Cà phê trồng thuần	480,56	1.027,33	8,92	130,49
		Cà phê x Sầu riêng	320,99	692,75	7,31	485,21
		Cà phê x Bơ, Sầu riêng	585,30	809,76	8,50	382,25
		Cà phê x Bơ	78,21	1.273,39	5,47	105,40
		Cà phê x Mắc ca	466,93	654,37	6,96	173,15
		Cà phê x Tiêu	303,56	1.071,87	8,52	339,45
2	Cư M'gar	Cà phê trồng thuần	424,00	794,96	10,15	32,63
		Cà phê x Sầu riêng	1.134,34	571,37	6,23	235,50
		Cà phê x Tiêu	1.183,90	556,57	5,82	97,43
		Cà phê x Tiêu, Sầu riêng	848,13	769,84	6,61	83,61
		Cà phê x Bơ, Sầu riêng	855,42	771,93	5,38	59,38
3	Krông Năng	Cà phê trồng thuần	429,24	1.072,48	5,71	103,57
		Cà phê x Sầu riêng	566,75	1.003,41	4,93	37,40
		Cà phê x Sầu riêng x Macca	1.184,12	882,87	3,76	81,19
		Cà phê x Bơ, Sầu riêng	1.026,47	724,25	5,79	46,02
		Cà phê x Tiêu, Macca	552,63	1.019,47	3,14	67,98
Theo Khuyến cáo Bộ NN&PTNT		Cà phê thuần canh		1.071,99		0,87

Nguồn: Tính từ kết quả điều tra, 2022

Các hộ dân sử dụng máy nổ tại nhà với nguyên liệu sử dụng là dầu diesel xát vỏ cà phê sau khi phơi khô.

Tại các cơ sở thu mua chế biến thô cà phê nhân, chủ yếu ở quy mô nhỏ, thời gian hoạt động mạnh nhất tập trung vào 2 tháng 11-12, chủ yếu mua bán xô cà phê nhân do người dân tự phơi chuyên chở tới bằng máy cày, hoặc chỉ đi thu mua tại những nơi xung quanh trong bán kính 5-7 km bằng các phương tiện ô tô tải trọng nhỏ. Sau đó phân loại và bán cho các công ty từ Đồng Nai, Sài Gòn đưa xe xuống tự chở đi. Đây cũng chính là một trong các hạn chế của quá trình điều tra khảo sát, chưa tiếp cận được việc chế biến, sản xuất cà phê ở quy mô lớn, cụ thể chi tiết hơn.

Tại mỗi mô hình trồng, thói quen canh tác của mỗi hộ nông dân trong sử dụng các thiết bị máy móc sử dụng các nhiên liệu xăng, dầu khác nhau, cho nên phát thải trong sử dụng nhiên liệu cho tưới, phun thuốc BVTV và trừ cỏ có sự dao động lớn, từ 78,21 – 1.184,12 kgCO₂e/ha.

- Phát thải KNK do sản xuất phân bón

Từ Bảng 1 cho thấy, việc sản xuất phân bón cho cây cà phê gây phát thải KNK khá cao ở cả 2 phương

thức canh tác thuần canh và xen canh tại 3 huyện nghiên cứu. Từ kết quả trên nhận thấy, có xu hướng phát thải từ sản xuất phân bón của cà phê tại các vườn cà phê - cây trồng xen thấp hơn so với cà phê trồng thuần. Ngoài ra, lượng phân hóa học sử dụng của cây cà phê cũng có sự khác biệt so với khuyến cáo của Bộ NN&PTNT (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), thể hiện ở lượng phân bón P của các hộ trồng cao hơn so với khuyến cáo từ 1,11-3,08 lần, nguyên nhân là do các hộ dân ở đây bón chủ yếu là các loại NPK tổng hợp có tỷ lệ như 16-16-8, 20-20-5, 17-17-7... dẫn đến hàm lượng P cao, ngoài ra hàm lượng N và K của các hộ trồng cà phê đều đa số thấp hơn so với khuyến cáo của Bộ NN&PTNT.

+ Tại Di Linh: Phát thải do sản xuất phân bón cho cây cà phê tại mô hình cà phê x bơ, cà phê x tiêu cao hơn so với tại vườn cà phê trồng thuần, nguyên nhân do mật độ của cà phê trong vườn cây trồng xen cao hơn cà phê trồng thuần. Tại vườn cà phê x bơ, mật độ cà phê là: 1.167 cây/ha; tại vườn cà phê x tiêu, mật độ cà phê là: 1.225 cây/ha, trong khi đó cà phê trồng thuần là: 1.145 cây/ha.



- Phát thải KNK từ ủ phân compost và vùi vỏ quả, phụ phẩm cà phê

Lượng phát thải từ sử dụng phân ủ compost và vùi phụ phẩm khác nhau tùy thuộc vào loại và lượng vật liệu được sử dụng.

- Phát thải KNK từ vận chuyển

Số liệu về quãng đường di chuyển trong việc vận chuyển phân bón, vật tư, hóa chất BVTV từ nhà ra vườn và thu hoạch vận chuyển cà phê tươi về nhà phơi. Đối với phương tiện tiêu thụ nhiên liệu như xăng, dầu, đa số các hộ sử dụng máy cày để chở. Đối với các cơ sở

đại lý thì họ thu gom chủ yếu bằng các loại xe ô tô có tải trọng nhỏ từ 1-2 tấn, với bán kính thu gom khoảng từ 7-10 km trở lại.

- Phát thải KNK từ sản xuất thuốc BVTV

Có 65% trường hợp người dân dùng thuốc trừ sâu khi dịch hại xảy ra trên cây. Một số ít áp dụng giải pháp phòng bệnh và áp dụng các tiêu chuẩn bền vững theo khuyến nghị (Bảng 2).

Như vậy, có thể thấy, lượng phát thải KNK từ sản xuất thuốc BVTV có giá trị lớn nhất là 1,86 kg CO₂e/ha đối với trồng xen canh. Đối với phương thức canh tác

Bảng 2. Phát thải KNK cho sản xuất thuốc BVTV

Đơn vị: kgCO₂e/ha

Thuần canh			Xen canh		
Di Linh	Cư Mgar	Krông Năng	Di Linh	Cư M'gar	Krông Năng
1,7	1,7	1,7	1,86	1,86	1,86

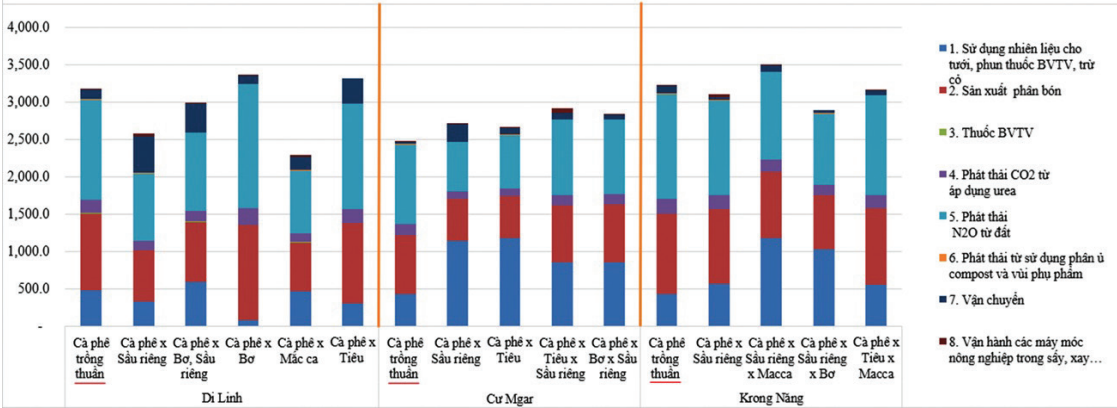
Nguồn: Tính từ kết quả điều tra, 2022

Bảng 3. Phát thải CO₂ từ việc áp dụng urea và N₂O từ canh tác đất cà phê của cây cà phê trong các mô hình trồng

Đơn vị: kgCO₂e/ha/vụ

TT	Huyện	Phương thức trồng	Phát thải CO ₂ từ áp dụng urea	Phát thải N ₂ O từ canh tác đất cà phê		
				Phát thải trực tiếp từ bón phân đạm	Phát thải gián tiếp do quá trình bay hơi lắng đọng của NH ₃ và NO _x , rửa trôi, chảy tràn N	Tổng phát thải từ bón phân đạm
1	Di Linh	Cà phê trồng thuần	184,53	1.074,08	261,97	1,336,05
		Cà phê x Sầu riêng	124,79	726,35	177,16	903,51
		Cà phê x Bơ, Sầu riêng	144,62	841,76	205,31	1,047,06
		Cà phê x Bơ	229,29	1.334,58	325,51	1,660,09
		Cà phê x Mắc ca	116,40	677,52	165,25	842,77
		Cà phê x Tiêu	193,83	1.128,18	275,17	1.403,34
2	Cư M'gar	Cà phê trồng thuần	146,72	853,96	208,28	1,062,25
		Cà phê x Sầu riêng	91,87	534,74	130,43	665,17
		Cà phê x Tiêu	98,60	573,90	139,98	713,88
		Cà phê x Tiêu, Sầu riêng	139,14	809,88	197,53	1,007,41
		Cà phê x Bơ, Sầu riêng	137,47	800,16	195,16	995,32
3	Krông Năng	Cà phê trồng thuần	194,64	1.132,90	276,32	1.409,21
		Cà phê x Sầu riêng	175,60	1.022,10	249,29	1.271,40
		Cà phê x Sầu riêng x Macca	61,81	941,84	229,72	1.171,56
		Cà phê x Bơ, Sầu riêng	132,43	770,83	188,01	958,84
		Cà phê x Tiêu, Macca	183,60	1.068,68	260,65	1.329,33
Theo Khuyến cáo Bộ NN&PTNT		Thuần canh	185,53	1.079,90	263,39	1.343,29

Nguồn: Tính từ kết quả điều tra, 2022; Chỉ tính lượng urea bón cho cây cà phê



Hình 1. Hiện trạng phát thải KNK của cây cà phê trong các mô hình trồng cà phê tại các huyện Di Linh, Cư M'gar, Krông Năng

thuần canh, lượng phát thải này nhỏ hơn và có giá trị là 1,7 kgCO₂e/ha. Tuy nhiên, đến nay mới chỉ có công thức tính toán lượng phát thải KNK từ sản xuất thuốc BVTV dạng rắn (dạng bột). Đối với sử dụng thuốc BVTV dạng lỏng còn thiếu các thông số về khối lượng riêng của thuốc trừ sâu nên trong khuôn khổ bài báo này chưa tính toán được lượng phát thải KNK từ sản xuất thuốc trừ sâu dạng lỏng.

- Phát thải CO₂ từ áp dụng Urea và N₂O từ canh tác đất cà phê (Bảng 3)

Kết quả Bảng 3 cho thấy lượng phát thải CO₂ (kgCO₂e/ha/vụ) do việc bón phân đạm và phân bón tổng hợp NPK, DAP trong các biện pháp canh tác nông nghiệp khác nhau ở ba huyện, cũng như tỷ lệ phần trăm giảm hoặc tăng so với khuyến nghị của Bộ NN&PTNT. Nhìn chung, việc sử dụng urê trong canh tác cà phê dẫn đến phát sinh lượng khí thải CO₂ đáng kể. Phát sinh lượng khí thải CO₂ từ việc áp dụng ure của cây cà phê trong vườn cà phê trồng thuần có xu hướng cao hơn so với của cây cà phê trong vườn cà phê x cây trồng xen (lượng phát thải dao động từ 91,87 đến 229,29 kgCO₂e/ha/vụ), với một số trường hợp ngoại lệ tại huyện Di Linh có lượng phát thải của cà phê trong mô hình cà phê x bơ cao hơn vườn trồng thuần do mật độ cà phê trong vườn trồng cà phê x Bơ (1.167 cây/ha) cao hơn so với mật độ cà phê trong vườn trồng thuần (1.145 cây/ha) và cao hơn so với mật độ khuyến cáo của Bộ NN& PTNT.

4.2. Dấu vết các-bon cho sản phẩm nhân cà phê và hấp phụ các-bon tại các vườn cà phê của vùng nghiên cứu (Hình 1,2)

Lượng phát thải KNK ròng từ cà phê (kg CO₂e/kg nhân) được tính toán bằng cách lấy dấu vết các-bon thải ra trong quá trình canh tác cho một đơn vị sản phẩm (kgCO₂e/kg nhân) trừ đi lượng các-bon được hấp thụ cho 1 đơn vị sản phẩm nhân cà phê (kgCO₂e/kg nhân). Giá trị phát thải ròng âm cho biết cây trồng hấp thụ nhiều các-bon hơn chúng thải ra, trong khi giá

trị dương cho biết chúng thải ra nhiều các-bon hơn chúng hấp thụ.

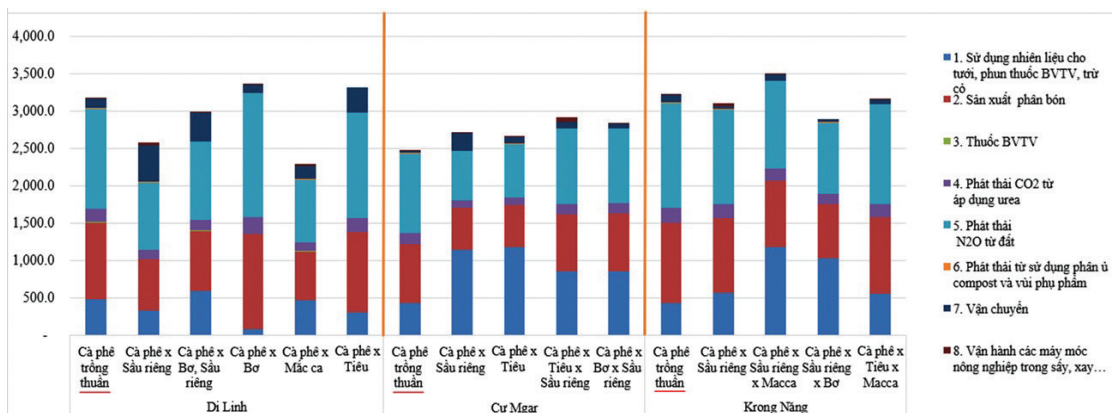
Tổng lượng phát thải KNK được sử dụng để tính toán dấu vết các-bon còn phụ thuộc vào các nguồn phát thải. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Phát thải KNK từ đất chiếm tỷ trọng lớn nhất từ 24,5-49,5%, tiếp đến là sản xuất phân bón 20,8- 38,0% và sử dụng nhiên liệu cho các hoạt động sản xuất 2,3-44,3%, vận chuyển 1,2-18,8%, chính vì vậy có những mô hình, lượng phát thải KNK của cây cà phê từ sản xuất và sử dụng phân hóa học có thể thấp hơn lượng phát thải KNK của cây cà phê từ các mô hình khác, nhưng lượng phát thải từ các nguồn như sử dụng nhiên liệu cho các hoạt động sản xuất, hay vận chuyển cao cũng dẫn đến tổng lượng phát thải KNK của cây cà phê ở mô hình trồng đó cao hơn các mô hình khác.

- Tại huyện Di Linh, cây cà phê có mức phát thải cao nhất là cây cà phê trồng trong mô hình cà phê x bơ, cà phê x tiêu với mức phát thải là 3,35 tCO₂e/ha/năm và 3,32 tCO₂e/ha/năm. Nguyên nhân là do mật độ cây cà phê trong các mô hình cà phê x cây trồng xen này cao hơn so với mật độ cà phê trong vườn trồng thuần. Phát thải của cây cà phê tại các mô hình cà phê x cây trồng xen còn lại đều thấp hơn sơ với vườn cà phê trồng thuần.

Net cà phê tại mô hình cà phê x tiêu là 0,53 (kg CO₂e/kg nhân), cà phê x bơ là 0,37(kg CO₂e/kg nhân) còn cà phê trồng thuần là 0,29 (kg CO₂e/kg nhân).

- Tại huyện Cư M'gar, phát thải của cây cà phê tại các mô hình cà phê x cây trồng xen và cà phê trồng thuần có tổng lượng phát thải KNK chênh lệch nhau không nhiều và dao động trong khoảng từ: 2,48-2,92 tCO₂e/ha/năm.

Phát thải KNK ròng từ cà phê dao động từ 0,12-0,41(kg CO₂e/kg nhân), trong đó tại mô hình trồng thuần thấp nhất là 0,12 (kg CO₂e/kg nhân), mặc dù phát thải KNK của cà phê trong mô hình trồng thuần là thấp nhất so với phát thải KNK của cà phê trong mô



Hình 2. Phát thải và hấp thụ KNK của cây cà phê trong các mô hình trồng cà phê tại các huyện Di Linh, Cư M'gar, Krông Năng

hình cà phê x cây trồng xen, nhưng do năng suất của cà phê trồng thuần là thấp nhất nên làm cho Dấu vết các-bon và hấp thụ sinh khối của cà phê trồng thuần tương đối cao.

- Tại huyện Krông Năng: Phát thải KNK ròng từ cà phê dao động từ 0,32-0,48(kg CO₂e/kg nhân). Trong đó, cà phê trồng thuần cao nhất là 0,48 (kg CO₂e/kg nhân).

Trong đó, tổng lượng phát thải KNK của cà phê trong vườn cà phê x sầu riêng x macca là 3,50 tCO₂e/ha/năm cao nhất trong tất cả các mô hình trồng cà phê tại huyện Krông Năng, một phần nguyên nhân là do sử dụng nhiên liệu cho tưới, phun thuốc BVTV, trừ cỏ ở mô hình này chiếm tỷ lệ cũng khá cao 33,8%, tuy nhiên do năng suất nhân cà phê tại mô hình này cũng cao nên dấu vết các-bon là 0,96(kg CO₂e/kg nhân) thấp hơn so với Dấu vết các-bon của cà phê trồng thuần là 1,22(kg CO₂e/kg nhân).

Đối với tỷ lệ phần trăm giảm/tăng lượng phát sinh KNK so với quy trình canh tác cà phê theo hướng dẫn khuyến nghị của Bộ NN&PTNT (MARD). Giá trị phần trăm âm cho biết lượng khí thải tăng so với hướng dẫn khuyến nghị, trong khi giá trị dương cho biết lượng khí thải giảm so với khuyến nghị.

Tại huyện Di Linh, phát thải của cà phê trong mô hình cà phê x bơ có tỷ lệ tăng cao nhất so với hướng dẫn khuyến nghị Bộ NN&PTNT, với mức tăng 6,62%. Tại huyện Cư M'gar, cà phê trong mô hình trồng thuần có tỷ lệ giảm phát thải so với khuyến nghị là cao nhất 21,05%. Tại huyện Krông Năng, cà phê trong mô hình trồng cà phê x sầu riêng, macca có tỷ lệ phát thải tăng cao nhất so với hướng dẫn khuyến nghị, với mức tăng 11,32%.

4.3. Đề xuất giải pháp quản lý nhằm giảm thiểu phát thải, hướng tới nền sản xuất cà phê phát thải thấp và thích ứng với biến đổi khí hậu

Để giảm phát thải KNK và nâng cao khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu trong sản xuất cà phê Tây

Nguyên, cần một gói giải pháp tổng hợp phù hợp thực tiễn địa phương và tiếp thu kinh nghiệm quốc tế. Trước hết, tối ưu hóa bón đạm bằng cách áp dụng công thức “4 đúng” (đúng loại, đúng liều, đúng thời điểm, đúng phương pháp), tăng sử dụng phân bón chậm tan, phân hữu cơ hoai mục và kết hợp chế phẩm vi sinh nhằm giảm phát thải N₂O. Trồng xen sầu riêng, mắc ca, bơ và các cây che bóng có sinh khối lớn không chỉ nâng khả năng hấp thụ cacbon mà còn tăng thu nhập cho nông hộ. Quản lý phế phụ phẩm như vỏ quả, cành lá bằng ủ compost hiệu khí kiểm soát tốt độ ẩm và nhiệt độ, đồng thời nghiên cứu ứng dụng công nghệ biochar (than sinh học) để khóa các-bon lâu dài trong đất. Áp dụng tưới nhỏ giọt, hệ thống cảm biến độ ẩm và năng lượng tái tạo (điện mặt trời cho bơm tưới) giúp giảm tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch. Cuối cùng, cần cơ chế tín chỉ các-bon, hỗ trợ tài chính và tập huấn kỹ thuật cho nông dân, đồng thời liên kết với các tổ chức sáng kiến cà phê bền vững quốc tế như IDH hay Rainforest Alliance để mở rộng mô hình cà phê các-bon thấp, gia tăng giá trị chuỗi cung ứng và nâng cao khả năng chống chịu khí hậu cho toàn vùng.

5. KẾT LUẬN

1. Tổng phát thải KNK trong quá trình sản xuất cà phê của đối tượng cà phê trong các mô hình trồng tại huyện Di Linh là trồng thuần: 3.174,36 kgCO₂e/ha, trồng xen: 2.906,04 kg CO₂e/ha; tại huyện Cư M'gar là trồng thuần: 2.483,16 kg CO₂e/ha, trồng xen: 2.786,47 kg CO₂e/ha; tại huyện Krông Năng là trồng thuần: 3.226,53 kg CO₂e/ha, trồng xen: 3.166,98 kg CO₂e/ha. Dấu vết các-bon của cà phê trong các mô hình trồng cà phê và cây trồng xen tại huyện Di Linh là trồng thuần: 0,96 kg CO₂e/kg nhân cà phê, cà phê trong mô hình trồng xen: 1,05 kg CO₂e/ kg nhân cà phê; tại huyện Cư M'gar là trồng thuần: 1,17 kg CO₂e/kg nhân cà phê, cà phê trong mô hình trồng xen: 1,16 kg CO₂e/kg nhân

cà phê; tại huyện Krông Năng là trồng thuần: 1,22 kg CO₂e/kg nhân cà phê, cà phê trong mô hình trồng xen: 1,09 kg CO₂e/kg nhân cà phê.

2. Với khả năng tích lũy các bon của cây cà phê trong các mô hình trồng cà phê và cây trồng xen thì phát thải KNK ròng từ của vườn cà phê theo các mô hình sử dụng đất là: (i) Huyện Di Linh: Trồng thuần: 0,29 kg CO₂e/kg nhân cà phê, trồng xen: 0,28 kg CO₂e/kg nhân cà phê, trong đó tại cà phê tại mô hình cà phê x tiêu là cao nhất: 0,53 (kg CO₂e/kg nhân); (ii) Huyện Cư M'gar: Trồng thuần: 0,12 kg CO₂e/kg nhân cà phê, Trồng xen: 0,31 kg CO₂e/kg nhân cà phê; trong đó cà phê tại mô hình cà phê x tiêu x sâu riêng là cao nhất: 0,41(kg CO₂e/kg nhân); (iii) Huyện Krông Năng: Trồng thuần: 0,48 kg CO₂e/kg nhân cà phê, trồng xen: 0,41 kg CO₂e/kg nhân cà phê, trong đó cà phê trồng thuần là cao nhất: 0,48 (kg CO₂e/kg nhân) (giá trị dương thể hiện lượng các-bon thải ra nhiều hơn được hấp thụ).

3. Các nguồn phát thải chính trong dấu vết các-bon của của sản phẩm nhân cà phê là: phát thải KNK từ đất chiếm tỷ trọng lớn nhất từ 24,5-49,5%, tiếp đến là sản xuất phân bón 20,8- 38,0% và sử dụng nhiên liệu cho các hoạt động sản xuất 2,3-44,3%, vận chuyển 1,2-18,8%. Các nguồn phát thải KNK khác như sản xuất thuốc trừ vật hại chiếm tỷ trọng không đáng kể...

Cần có thêm các nghiên cứu điều tra, tính toán lượng hấp thụ các-bon và phát thải trong sản xuất ở các mô hình áp dụng đúng chuẩn Quy trình khuyến cáo để có minh chứng so sánh thuyết phục hơn.

Các giải pháp giảm phát thải KNK ưu tiên trong vòng đời sản xuất cà phê tại vùng Tây Nguyên cần tập trung mở rộng việc áp dụng các phương thức canh tác xen canh với các cây trồng có hấp thụ sinh khối cao, quản lý phế phụ phẩm, giảm lượng đạm hợp lý, sử dụng phân tổng hợp, chậm tan và sử dụng các thiết bị tiết kiệm nhiên liệu, đồng thời áp dụng các chính sách khuyến khích người nông dân thay đổi tập quán sản xuất, tiến tới một nền sản xuất cà phê bền vững, phát thải thấp và xanh, tăng giá trị và thu nhập của người sản xuất cà phê, tăng hiệu quả của người kinh doanh và phân phối cà phê, tăng nguồn và quy mô đầu tư cho một nền sản xuất cà phê thông minh và giảm nhẹ biến đổi khí hậu.

Lời cảm ơn: Bài viết được tổng hợp từ kết quả nghiên cứu: "Xây dựng kịch bản cơ sở của phát thải KNK ở các huyện trồng cà phê chủ lực ở Tây Nguyên" do nhóm chuyên gia tư vấn Viện Môi trường Nông nghiệp chủ trì thực hiện. Nhóm tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành đến Tổ chức Sáng kiến thương mại bền vững IDH và Cục Trồng trọt và BVTV thuộc Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã tạo điều kiện cho nhóm tác giả thực hiện hoàn thành nghiên cứu này■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Agri-Logic et al., 2020. *Scaling up sustainable Robusta Coffee Production in Vietnam: Reducing carbon footprints while improving farm profitability. Full Technical Report, by assignment of USAID Green Invest Asia, JDE and IDH.*
2. Bộ NN&PTNT, 2018. Quyết định số 3702/QĐ-BTT-TT ngày 24/9/2018 của Bộ trưởng Bộ NN&PTNT, Ban hành Quy trình trồng xen cây hồ tiêu, cây bơ, cây sầu riêng trong vườn cà phê với.
3. Bộ NN&PTNT, 2022. Quyết định số 1178/QĐ-BNN ngày 31/03/2022 của Bộ trưởng Bộ NN&PTNT, Phê duyệt đề án tái canh cà phê giai đoạn 2021 – 2025.
4. Đào Minh Trang, 2019. Nghiên cứu xây dựng phương pháp luận và tính toán dấu vết các--bon cho sản phẩm lúa gạo tại vùng đồng bằng sông Hồng. Luận án tiến sỹ biến đổi khí hậu.
5. Michiel và cs, 2019. Nguồn phát hay nguồn thu? Dấu chân các-bon cà phê Robusta Việt Nam, IDH, tháng 3/2019.
6. Nguyen-Duy, N., Talsma, T., Nguyen, K. T., Do, T. C., D'haeze, D., & Laderach, P., 2018. Carbon assessment for Robusta coffee production systems in Vietnam: a case study in Dak Lak. *International Center for Tropical Agriculture (CIAT)*. Hanoi, VN. 22 p.
7. Ketterings, Q.M., Richard, C., Meine van N., Ambagau, Y., Palm, C.A., 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146 (2001): 199-209.
8. Ngô Thị Kim Chi, 2019. Phát thải KNK trong sản xuất cà phê tại Đắk Lắk.
9. IDH, 2021. Báo cáo "khảo sát thực trạng sản xuất, canh tác cà phê và cây trồng xen trên địa bàn các xã thuộc huyện Cư M'gar, tỉnh Đắk Lắk".
10. IDH, 2021. Báo cáo "khảo sát thực trạng sản xuất, canh tác cà phê và cây trồng xen trên địa bàn các xã thuộc huyện Krông Năng, tỉnh Đắk Lắk".
11. IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
12. IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
13. Viện Hóa học các hợp chất thiên nhiên, 2021. Báo cáo tổng kết Đề tài: Nghiên cứu mức độ và các biện pháp hạn chế phát thải KNK trong sản xuất cà phê tại Đắk Lắk.



NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG KẾT TINH ĐỒNG THỂ TẦNG SÔI ĐỂ THU HỒI SẮT VÀ ĐỒNG TỪ NƯỚC THẢI MẠ ĐIỆN

LÊ PHÚ ĐÔNG¹, TRƯƠNG MẠNH TUẤN², NGUYỄN ÁI QUỲNH², LÊ VĂN GIANG^{2*}

¹ Khoa Khoa học và Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Lạc Hồng

² Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội

Tóm tắt

Các hợp chất đồng-sắt có nhiều tính chất ưu việt, song nước thải chứa hai kim loại này, đặc biệt từ ngành mạ điện lại gây rủi ro môi trường nghiêm trọng. Trong nghiên cứu này, phương pháp kết tinh đồng thể tầng sôi (Fluidized Bed Homogeneous Crystallization - FBHC) được áp dụng nhằm đồng thời loại bỏ và thu hồi Fe và Cu từ dung dịch. Ở điều kiện tối ưu ($[Fe]_0/[Cu]_0 = 1:2$, tổng nồng độ kim loại 2,5 mM, pH 8 và $L = 0,7 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$), quá trình đạt hiệu suất loại bỏ tổng kim loại 98,5%, với tỷ lệ kết tinh 94% đối với Fe và 90% đối với Cu. Phân tích SEM cho thấy, các hạt kết tinh có hình cầu với lớp vỏ đặc chắc và lõi xốp. FBHC nổi bật như một giải pháp hiệu quả và khả thi ở quy mô lớn cho xử lý nước thải giàu kim loại, đồng thời giảm thiểu bùn thải và loại bỏ nhu cầu bổ sung hạt mang, qua đó tạo ra sản phẩm có độ tinh khiết cao hơn.

Từ khóa: Kết tinh đồng thể tầng sôi, thu hồi kim loại có giá trị, đồng kết tủa Fe-Cu, vận tốc dòng chảy ngược, tỷ lệ kết tinh.

Ngày nhận bài: 26/8/2025; **Ngày sửa chữa:** 7/9/2025; **Ngày duyệt đăng:** 22/9/2025.

Simultaneous recovery of Fe and Cu from electroplating wastewater via fluidized bed homogeneous crystallization

Abstract

Copper-iron compounds exhibit advantageous properties; however, wastewater containing these metals, particularly from electroplating, poses serious environmental risks. In this study, fluidized-bed homogeneous crystallization (FBHC) was applied to simultaneously remove and recover Fe and Cu from aqueous solutions. Under optimal conditions ($[Fe]_0/[Cu]_0 = 1:2$, total metal concentration 2.5 mM, pH 8, and surface loading rate $L = 0.7 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$), the process achieved 98.5% total metal removal, with crystallization ratios of 94% for Fe and 90% for Cu. SEM analysis revealed spherical particles with dense shells and porous cores. FBHC thus emerges as an effective and scalable approach for treating metal-rich wastewater, while minimizing sludge production and eliminating the need for seeding materials, thereby yielding crystalline products of higher purity.

Keywords: Fluidized bed homogeneous crystallization, valuable metal recovery, Fe-Cu co-precipitation, upflow velocity, crystallization ratio.

JEL Classifications: O13, O44, Q53.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đồng (Cu) và sắt (Fe) được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như sản xuất hợp kim, chất xúc tác, vật liệu kháng khuẩn và hấp phụ [1-4]. Tuy nhiên, các hoạt động khai khoáng, luyện kim, xử lý khí thải bằng rửa ướt, và đặc biệt là mạ điện, phát sinh lượng lớn nước thải chứa ion Fe và Cu hòa tan [5], trong đó mạ điện là nguồn thải chính [6]. Việc xả thải trực tiếp không chỉ gây thất thoát nguồn tài nguyên mà còn tiềm ẩn rủi ro nghiêm trọng đối với sức khỏe con người và hệ sinh thái [7, 8]. Đồng dư thừa có thể gây tổn thương gan, hệ tiêu hóa, hệ mạch và thần kinh trung ương, trong khi quá tải sắt dẫn đến xuất huyết, toan máu, hạ huyết áp và thậm chí hôn mê. Vì vậy, phát triển các công nghệ xử lý bền vững là cấp thiết, phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững.

Trong số các công nghệ hiện có, kết tủa hóa học được áp dụng phổ biến nhưng tạo ra lượng bùn lớn, độ ẩm cao và chi phí xử lý đáng kể. Các phương pháp thay thế như hấp phụ bằng vật liệu thân thiện môi trường hiệu quả ở nồng độ thấp, song hạn chế khi áp dụng cho nước thải nồng độ ion kim loại cao, điển hình là nước thải xi mạ [9]. Công nghệ kết tinh tầng sôi (Fluidized Bed Crystallization – FBC) đã thu hút sự quan tâm nhờ khả năng thu hồi kim loại hiệu quả, giảm thể tích bùn và hàm lượng nước thấp. Tuy nhiên, nhược điểm chính của FBC là phụ thuộc vào hạt mầm dị thể, vốn gây ra 80–95% tạp chất trong sản phẩm kết tinh [10]. Công nghệ kết tinh đồng thể tầng sôi (Fluidized-Bed Homogeneous Crystallization – FBHC) được phát triển để khắc phục hạn chế này, nhờ loại bỏ nhu cầu hạt mầm, tạo điều kiện cho sự tạo nhân và phát triển

Bảng 1. Thành phần nước thải thực tế tại nhà máy xi mạ

Thành phần	Đơn vị	Nồng độ ± SD
Li	mg/L	Chưa phát hiện
Cu	mg/L	2096 ± 175
Fe	mg/L	3440 ± 224
Ni	mg/L	93.3 ± 10,8
Cr	mg/L	19.8 ± 1,3
Ca	mg/L	75.4 ± 2,5
Mn	mg/L	96.2 ± 3,6
Zn	mg/L	22.8 ± 1,8
Bi	mg/L	34.3 ± 2,2
B	mg/L	Chưa phát hiện
Ti	mg/L	Chưa phát hiện
Li	mg/L	Chưa phát hiện
Chất hữu cơ	mg/L	452 ± 45,3
TDS	mg/L	39400 ± 515

hạt đồng nhất, cho ra hạt có độ tinh khiết và giá trị tái chế cao [11]. Các nghiên cứu trước đã chứng minh hiệu quả của FBHC trong xử lý nhiều ion kim loại riêng lẻ (Fe, Cu, Co, Ca, Ba, Mg, Al, Pb) cũng như xử lý đồng thời nhiều chất ô nhiễm [12].

Tuy vậy, nghiên cứu về kết tinh đồng thời Fe và Cu trong cùng một hệ FBHC còn rất hạn chế, tập trung vào nước thải tổng hợp, chưa được nghiên cứu ở nước thải thật tế, trong khi đây là hai kim loại thường cùng tồn tại trong nước thải xi mạ và có thể gây tương tác phức tạp trong quá trình kết tinh. Do đó, nghiên cứu này nhằm: (i) khảo sát các điều kiện vận hành ảnh hưởng đến quá trình kết tinh đồng thời Fe và Cu trong hệ FBHC, (ii) đặc trưng sản phẩm kết tinh thu được. Kết quả kỳ vọng sẽ cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc ứng dụng FBHC như một giải pháp bền vững trong xử lý và thu hồi kim loại từ nước thải công nghiệp.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất

Tất cả hóa chất sử dụng trong nghiên cứu đều có độ tinh khiết phân tích và không qua tinh chế bổ sung. Mẫu nước thải thực tế chứa Fe và Cu được thu thập từ bể chứa riêng biệt của công đoạn mạ đồng, trước khi xả vào hệ thống xử lý tập trung tại một nhà máy mạ điện ở Bắc Ninh, Việt

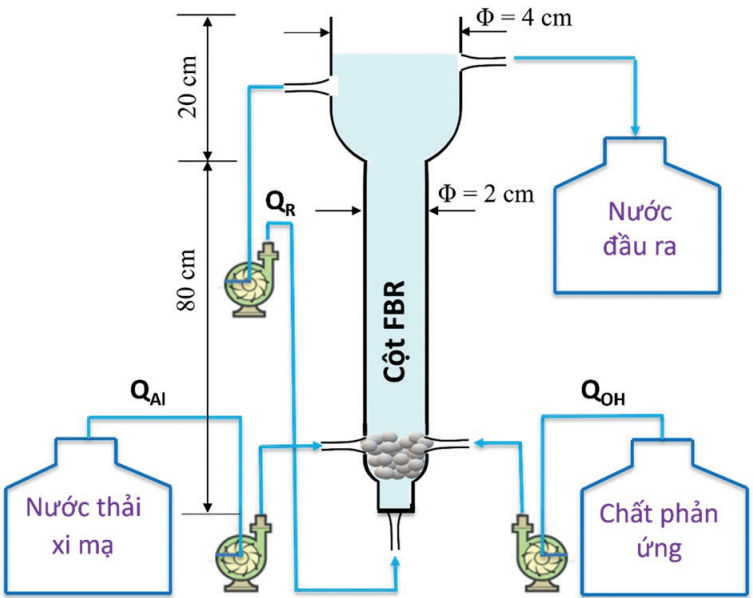
Nam. Thành phần nước thải này được trình bày trong Bảng 1. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (99,5%, Panreac, Đức) và $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (99%, Duksan, Hàn Quốc) được hòa tan trong nước khử ion, để điều chỉnh tỷ lệ mol giữa Cu và Fe. Natri cacbonat (Na_2CO_3 , 99,5%, Fluka, Pháp) được chuẩn bị trong nước khử ion và sử dụng làm chất kết tủa. Axit sulfuric (H_2SO_4 , 95–97%, Merck, Đức) và natri hydroxit (NaOH , 99,5%, Fisher, Bỉ) được dùng để điều chỉnh pH trong quá trình thí nghiệm.

2.2. Thiết kế mô hình cột phản ứng FBR

Cột phản ứng kết tinh tầng sôi được chế tạo từ thủy tinh Pyrex, dạng hình ống thẳng đứng. Phần dưới có đường kính 2 cm, chiều cao 80 cm; phần trên mở rộng có đường kính 4 cm, chiều cao 20 cm (Hình 1). Thiết kế mở rộng phía trên giúp tăng cường va chạm giữa các hạt, đồng thời giữ lại phần bùn ban đầu.

Dung dịch nước thải tổng hợp được chuẩn bị từ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ và $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ trong nước khử ion có pH 2,75 nhằm hạn chế oxy hóa tự phát. Dung dịch kết tủa Na_2CO_3 được pha trong nước khử ion. Nồng độ kim loại tổng được thiết lập 3 mM với tỉ lệ mol $[\text{Fe}_2^+]_0/[\text{Cu}^{2+}]_0 = 2$, còn tỉ lệ mol $[\text{CO}_3^{2-}]_0/[\text{M}]_0$ được chọn bằng 1,2. Nước thải và dung dịch kết tủa được bơm vào cột phản ứng với lưu lượng 5 mL/phút. Tốc độ dòng chảy ngược (U) duy trì ở mức 5,5 m/h trong đoạn ống thẳng, tương ứng 2,5 m/h tại phần mở rộng, đảm bảo dòng ổn định, hạn chế gây vỡ hạt sơ cấp. Giá trị pH được duy trì ở $8,0 \pm 0,5$ nhờ điều chỉnh bằng NaOH 2 M hoặc H_2SO_4 40%. Hạt sản phẩm được thu hồi ở dưới đáy cột bằng cách mở van xả, khi hạt đạt kích thước đường kính trong khoảng từ 0,5 - 0,7 mm.

Các điều kiện thí nghiệm được tối ưu hóa bằng cách thay đổi nồng độ và pH dung dịch. Hiệu suất xử lý được đánh giá thông qua: (i) hiệu suất loại bỏ tổng (Total Removal, TR) – phần trăm tổng lượng kim loại được loại bỏ khỏi nước thải, và (ii) tỷ lệ kết tinh (Crystallization Ratio, CR) – phần trăm kim loại kết tinh và



Hình 1. Mô hình FBR thực nghiệm



lưu lại trong cột phản ứng dưới dạng hạt thu hồi. Các thông số thủy lực khác gồm thời gian lưu thủy lực (HRT), vận tốc dòng chảy ngược (U), tải trọng tiết diện ngang (L), TR và CR được tính toán theo các phương trình chuẩn.

$$HRT = \frac{V}{Q_{kl} + Q_{CO_3}} \quad (1)$$

$$U = \frac{Q_{kl} + Q_{CO_3} + Q_R}{A} \quad (2)$$

$$L_{kl} = \frac{C_{kl\text{ vào}} \times Q_{\text{vào}} - C_{kl} \times Q_{\text{ra}}}{C_{kl\text{ vào}} \times Q_{\text{vào}}} \quad (3)$$

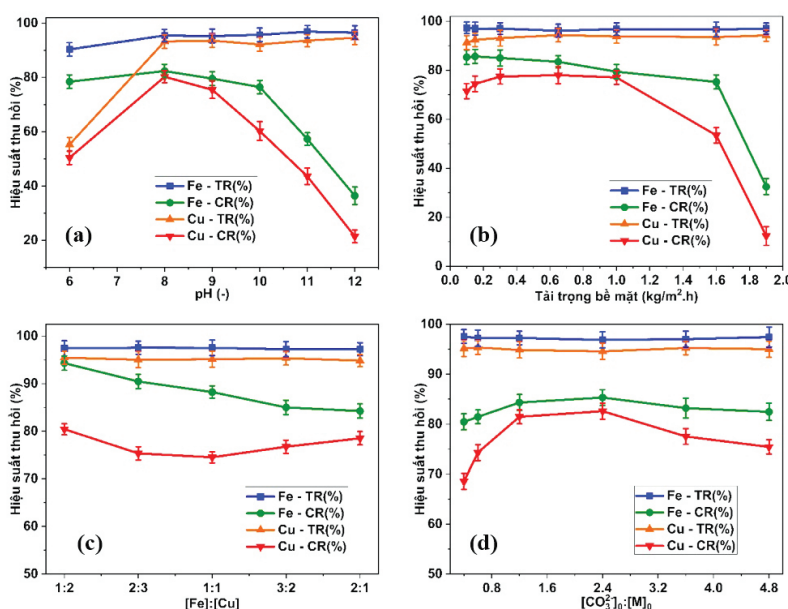
$$TR = \frac{C_{kl\text{ vào}} \times Q_{\text{vào}} - C_{kl} \times Q_{\text{ra}}}{C_{kl\text{ vào}} \times Q_{\text{vào}}} \times 100\% \quad (4)$$

$$CR = \frac{C_{kl\text{ vào}} \times Q_{\text{vào}} - C_{kl\text{ tổng số}} \times Q_{\text{ra}}}{C_{kl\text{ vào}} \times Q_{\text{vào}}} \times 100\% \quad (5)$$

2.3. Phương pháp xử lý và định lượng kim loại

Các mẫu rắn được lấy qua van xả gần đáy cột FBR, sau đó hong khô tự nhiên trong phòng thí nghiệm. Mẫu nước trước khi phân tích được axit hóa bằng HNO_3 để tránh kết tủa kim loại do thay đổi pH trong quá trình pha loãng. Các mẫu kết tủa (Fe, Cu) được phân hủy trong HNO_3 đậm đặc và pha loãng đến 200 mL trước khi phân tích.

Giá trị pH được đo bằng máy pH SUNTEX (TS-1). Nồng độ kim loại trong dung dịch được xác định bằng ICP-MS (iCAP RQ, Thermo Scientific, Đức) sử dụng khí argon, tại bước sóng 259,94 nm (Fe) và 324,75 nm (Cu). Nồng độ cacbonat và cacbon hữu cơ tổng (TOC) được phân tích bằng thiết bị TOC/IC analyzer (Sievers Innovox Laboratory, Mỹ). Hình thái bề mặt hạt được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét SEM (JEOL JSM-6700 F, HITACHI, Nhật Bản) ở điện áp 10 kV, dòng 7 mA. Cấu trúc tinh thể được xác định bằng nhiễu xạ tia X (XRD, DX III, Rigaku, Nhật Bản) với dải quét 2θ từ 10° đến 90° , bước quét $0,02^\circ$ và tốc độ $10^\circ/s$.



Hình 2. Ảnh hưởng của (a) pH, (b) tải trọng bề mặt, (c) tỷ lệ $[Fe]:[Cu]$, và (d) tỷ lệ $[CO_3^{2-}]_0:[M]_0$ đến hiệu suất thu hồi Fe và Cu

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất thu hồi kim loại

Hình 2a cho thấy, pH có tác động rõ rệt đến hiệu suất thu hồi Fe và Cu. Đối với Fe, hiệu suất loại bỏ tổng (TR) duy trì ở mức rất cao ($>95\%$) trong toàn bộ khoảng pH khảo sát (6–12). Ngược lại, hiệu suất kết tinh (CR) của Fe có xu hướng tăng ở pH 8-9 và sau đó giảm dần, đạt cực đại tại pH 8,5. Điều này phản ánh rằng quá trình loại bỏ Fe nhìn chung hiệu quả, nhưng con đường kết tinh phụ thuộc mạnh vào pH, nhiều khả năng do cân bằng hòa tan-kết tủa hydroxide chi phối. Đối với Cu, hiệu suất kém ổn định hơn. TR tăng dần theo pH, đạt khoảng 90% tại pH 8,5 nhưng giảm nhẹ trong môi trường kiềm mạnh (pH >10). CR của Cu biến động mạnh, đạt cực đại khoảng 80% ở pH 8,2 nhưng giảm xuống $<30\%$ ở pH 12. Hiện tượng này có thể do sự hình thành các phức đồng hòa tan $[Cu(OH)_3]^-$ và $[Cu(OH)_4]^{2-}$ trong môi trường kiềm, cản trở quá trình kết tinh và làm giảm hiệu quả thu hồi. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước, trong đó vùng pH ổn định cho kết tủa Cu được ghi nhận hẹp hơn so với Fe.

3.2. Ảnh hưởng của tải trọng tiết diện ngang

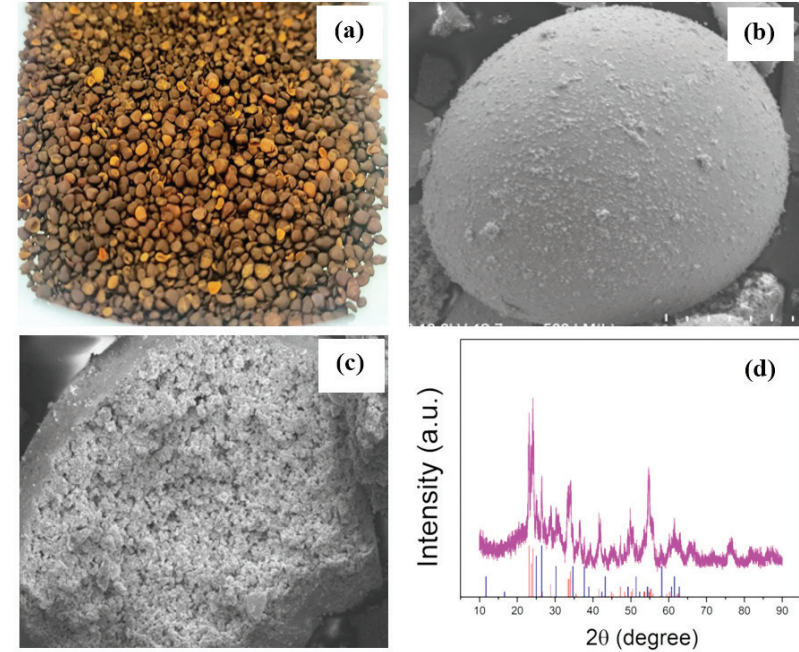
Hình 2b minh họa tác động của tải trọng bề mặt ($0,1-1,9 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$). Fe duy trì hiệu suất TR gần như hoàn toàn ($>97\%$) bất kể tải trọng, tuy nhiên Fe-CR giảm đáng kể khi tải vượt quá $0,7 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$. Điều này cho thấy khi lưu lượng thủy lực quá cao, thời gian lưu giảm, không đủ điều kiện cho quá trình phát triển tinh thể, dẫn đến CR thấp. Đối với Cu, hiệu quả TR tăng khi tăng tải trọng bề mặt, tuy nhiên CR có xu hướng giảm nhanh khi tải lượng bề mặt vượt qua $1,0 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$. Cụ thể, tại $0,3 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$, TR đạt $\sim 93\%$ và CR $\sim 78\%$, nhưng ở $1,9 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$, CR của Cu giảm xuống dưới 20%. Điều này chứng tỏ quá trình kết tinh của Cu bị giới hạn động học nhiều hơn so với Fe và cần thời gian lưu thủy lực đủ dài để đạt hiệu suất thu hồi cao.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ $[Fe]_0/[Cu]_0$

Kết quả trong Hình 2c cho thấy, tỷ lệ $[Fe]_0/[Cu]_0$ có tác động đáng kể đến hiệu suất kết tinh. Ở tỷ lệ thấp (1:2), hiệu suất loại bỏ tổng (TR) của cả Fe và Cu vẫn duy trì ở mức cao, nhưng hiệu suất kết tinh (CR) của Cu giảm rõ rệt (~65%). Điều này gợi ý khả năng xảy ra hiện tượng cạnh tranh trong quá trình tạo nhân hoặc chiếm chỗ tại bề mặt hạt. Khi tăng tỷ lệ Fe ($[Fe]_0/[Cu]_0 = 2$), CR của Fe giảm nhẹ từ ~95% xuống ~85%, trong khi CR của Cu cải thiện đôi chút. Kết quả này phản ánh sự đánh đổi: sự dư thừa Fe có thể lấn át các vị trí nucleation, ức chế sự kết tinh của Cu; ngược lại, tỷ lệ cân bằng hơn lại thúc đẩy quá trình đồng kết tinh, giúp cải thiện khả năng thu hồi Cu. Như vậy, việc điều chỉnh tỷ lệ Fe/Cu đóng vai trò quan trọng trong tối ưu hóa quá trình FBHC, không chỉ ảnh hưởng đến hiệu suất loại bỏ tổng mà còn đến cấu trúc và tính chọn lọc của sản phẩm kết tinh.

3.4. Ảnh hưởng của tỷ lệ $[CO_3^{2-}]_0/[M]_0$

Kết quả trong Hình 2d cho thấy liều lượng carbonate có tác động rõ rệt đến hiệu suất kết tinh. Khi tăng tỷ lệ $[CO_3^{2-}]_0/[M]_0$ từ 0,6 lên 2,4, hiệu suất kết tinh (CR) của Fe và Cu đều tăng, đạt cực đại lần lượt khoảng 85% và 80%. Tuy nhiên, khi tỷ lệ tiếp tục tăng, CR có xu hướng bão hòa hoặc giảm nhẹ. Hiện tượng này gợi ý rằng dư thừa carbonate có thể dẫn

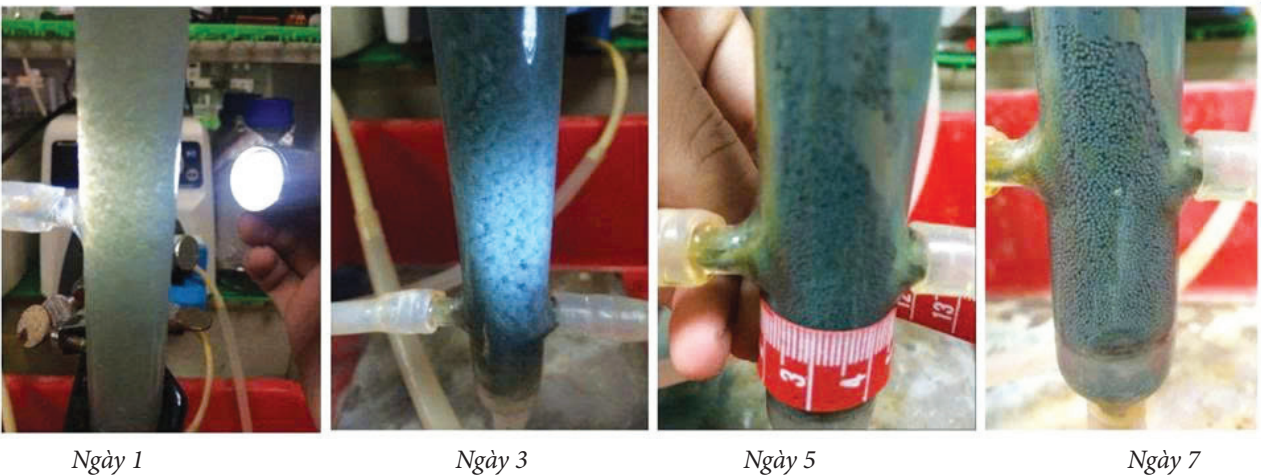


Hình 3. (a) Hình dạng của (a) $Cu_2O-FeOOH$, (b-c) SEM, và (d) XRD của hạt thu hồi.

đến sự hình thành các phức hòa tan (ví dụ $[M(CO_3)_2]^{2-}$), làm hạn chế quá trình kết tinh. Fe ít nhạy cảm hơn với sự dư thừa carbonate, trong khi Cu bị ảnh hưởng rõ rệt hơn. Kết quả này phù hợp với đặc tính hòa tan cao của các phức đồng carbonate, vốn cản trở sự hình thành hạt Cu tinh khiết trong môi trường dư carbonate. Như vậy, tỷ lệ $[CO_3^{2-}]_0/[M]_0$ ở khoảng 2,0–2,4 được coi là tối ưu để đạt hiệu suất kết tinh cao cho cả Fe và Cu, đồng thời hạn chế sự hình thành phức hòa tan gây bất lợi cho quá trình thu hồi kim loại.

3.5. Đặc điểm hình thái của hạt thu hồi

Hình 3 minh họa đặc điểm hình thái và cấu trúc của các hạt kết tinh $Cu_2O-FeOOH$ thu hồi bằng quá trình kết tinh đồng thể tăng sôi. Ở mức quan sát vĩ mô (Hình 3a), các hạt thu được có dạng hạt nhỏ



Hình 4. Quá trình tạo mầm và phát triển hạt $Cu_2O-FeOOH$ theo thời gian trong cột FBHC



màu nâu đỏ, tương đối đồng đều về kích thước và hình thái. Ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) cho thấy bề mặt hạt có cấu trúc cầu khá mịn và đặc chắc (Hình 3b), trong khi mặt cắt ngang của hạt (Hình 3c) bộc lộ rõ sự phân tầng cấu trúc với lớp vỏ đặc bên ngoài bao quanh phần lõi xốp bên trong. Đặc điểm này gợi ý rằng cơ chế hình thành hạt diễn ra qua các giai đoạn nối tiếp: khởi tạo nhân tinh thể, sự bám dính của các mảnh kết tủa, và quá trình đặc hóa bề mặt nhằm tạo lớp vỏ rắn chắc.

Kết quả phân tích nhiễu xạ tia X (XRD, Hình 3d) khẳng định thành phần khoáng vật chính của hạt thu hồi là goethite (α -FeOOH) và cuprous oxide (Cu_2O), phù hợp với màu sắc và cấu trúc quan sát được [13, 14]. Sự đồng tồn tại của FeOOH và Cu_2O trong cùng một hệ hạt kết tinh cho thấy khả năng đồng kết tủa hiệu quả của quá trình FBHC (Hình 4), từ đó mang lại ưu thế vượt trội trong thu hồi đồng thời cả sắt và đồng dưới dạng sản phẩm rắn ổn định, có tiềm năng tái sử dụng trong các ứng dụng xúc tác hoặc vật liệu chức năng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã chứng minh tính khả thi của phương pháp kết tinh đồng thể tăng sôi trong thu hồi đồng thời Fe và Cu từ nước thải xi mạ. Các yếu tố vận hành chính bao gồm pH, tỷ lệ $[\text{Fe}]_0/[\text{Cu}]_0$, liều lượng carbonate và tải trọng bề mặt đều cho thấy ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất loại bỏ và kết tinh. Trong điều kiện tối ưu ($\text{pH} = 8,0 \pm 0,5$; $[\text{Fe}]_0/[\text{Cu}]_0 = 1:2$; tổng nồng độ kim loại 2,5 mM; $[\text{CO}_3^{2-}]_0/[\text{M}]_0 = 2,0-2,4$; $L = 0,7 \text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$), hiệu suất loại bỏ tổng (TR) đạt tới 98,5%, với tỷ lệ kết tinh (CR) lần lượt 94% đối với Fe và 90% đối với Cu. Phân tích SEM và XRD khẳng định sản phẩm thu hồi có dạng hạt cầu, lớp vỏ đặc chắc, lõi xốp; thành phần chủ yếu gồm goethite (α -FeOOH) và Cu_2O . Độ ẩm của hạt (7%) thấp hơn đáng kể so với bùn thải truyền thống (~94%), cho thấy ưu thế rõ rệt về giảm thiểu bùn và nâng cao giá trị sử dụng. Như vậy, FBHC nổi bật như một giải pháp xử lý nước thải giàu kim loại bền vững, vừa đảm bảo hiệu suất xử lý cao, vừa tạo ra sản phẩm kết tinh tinh khiết có tiềm năng ứng dụng trong tái chế và các ngành công nghiệp liên quan.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi nhiệm vụ khoa học QG.23.78 của Đại học Quốc gia Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. S. Shu, B.D. Wirth, P.B. Wells, D.D. Morgan, G.R. Odette, Multi-technique characterization of the precipitates in thermally aged and neutron irradiated Fe-Cu and Fe-Cu-Mn model alloys: Atom probe tomography reconstruction implications, *Acta materialia*, 146 (2018) 237-252.
2. Z. Feng, J. Yang, L. Zhu, T. Sun, Bromine functionalized

Fe/Cu bimetallic MOFs for accelerating Fe (III)/Fe (II) cycle and efficient degradation of phenol in Fenton-like system, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 658 (2023) 130701.

3. L. Chen, H. Yu, C. Deutschman, T. Yang, K.C. Tam, Novel design of Fe-Cu alloy coated cellulose nanocrystals with strong antibacterial ability and efficient Pb^{2+} removal, *Carbohydrate Polymers*, 234 (2020) 115889.
4. Y. Babaee, C.N. Mulligan, M.S. Rahaman, Removal of arsenic (III) and arsenic (V) from aqueous solutions through adsorption by Fe/Cu nanoparticles, *Journal of chemical technology & biotechnology*, 93 (2018) 63-71.
5. L.P. Wang, Y.J. Chen, Sequential precipitation of iron, copper, and zinc from wastewater for metal recovery, *Journal of Environmental Engineering*, 145 (2019) 04018130.
6. M. Kul, K.O. Oskay, Separation and recovery of valuable metals from real mix electroplating wastewater by solvent extraction, *Hydrometallurgy*, 155 (2015) 153-160.
7. M.T.A. Reis, M.R.C. Ismael, Electroplating wastes, *Physical Sciences Reviews*, 3 (2018) 20180024.
8. Z. ur Rehman, M.F. Junaid, N. Ijaz, U. Khalid, Z. Ijaz, Remediation methods of heavy metal contaminated soils from environmental and geotechnical standpoints, *Science of The Total Environment*, 867 (2023) 161468.
9. J.C. Moreno, R. Gómez, L. Giraldo, Removal of Mn, Fe, Ni and Cu ions from wastewater using cow bone charcoal, *Materials*, 3 (2010) 452-466.
10. V.-G. Le, C.-T. Vu, Y.-J. Shih, X.-T. Bui, C.-H. Liao, Y.-H. Huang, Phosphorus and potassium recovery from human urine using a fluidized bed homogeneous crystallization (FBHC) process, *Chemical Engineering Journal*, 384 (2020) 123282.
11. V.G. Le, D.V.N. Vo, C.T. Vu, X.T. Bui, Y.J. Shih, Y.H. Huang, Applying a novel sequential double-column fluidized bed crystallization process to the recovery of nitrogen, phosphorus, and potassium from swine wastewater, *ACS ES&T Water*, 1 (2020) 707-718.
12. P.-L. Liao, N. Mahasti, L.W. Effendi, Y.-H. Huang, Sulfide recovery using fluidized bed homogeneous crystallization technology to produce nickel sulfide from wastewater that contains sulfides, *Environmental Research*, 236 (2023) 116782.
13. X. Zou, F. Gu, X.n. Zhang, X. Zhang, Self-assembly synthesis of FeOOH/ Cu_2O heterostructure porous microspheres with enhanced photocatalytic activity, *Journal of Alloys and Compounds*, 1010 (2025) 178017.
14. L.W. Effendi, N.N.N. Mahasti, Y.-H. Huang, Application of fluidized bed homogeneous crystallization for simultaneous recovery of Fe(II) and Cu(II) as particles from wastewater, *Chemosphere*, 357 (2024) 142008.

CẢI THIỆN HIỆU QUẢ DỰ BÁO HẠN HÁN THỦY VĂN NGẮN HẠN BẰNG DỮ LIỆU VỆ TINH CHO LƯU VỰC SÔNG VU GIA - THU BỒN

NGUYỄN THÀNH LONG^{1*}, NGUYỄN TÚ ANH¹, LÊ VĂN LINH¹, ĐỖ THỊ NGỌC BÍCH¹,
HOÀNG THỊ THẢO¹, HOÀNG BÍCH NGỌC¹, NGUYỄN HOÀNG BÁCH¹, LÊ THU HÀ¹

¹Viện Khoa học tài nguyên nước

Tóm tắt

Việc dự báo hạn hán thủy văn ở lưu vực Vu Gia - Thu Bồn đang đối mặt với nhiều thách thức, chủ yếu bắt nguồn từ tính biến động cao của chế độ khí hậu và sự thiếu hụt nghiêm trọng trong dữ liệu quan trắc. Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá khả năng cải thiện hiệu quả dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn bằng cách tích hợp các chỉ số hạn hán từ dữ liệu vệ tinh vào mô hình thống kê ARIMA tại lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Các chỉ số vệ tinh được khai thác bao gồm mưa, độ ẩm đất và bốc hơi bề mặt được kết hợp sử dụng cùng chỉ số dòng chảy chuẩn hoá SSI (Standardized Streamflow Index) để xây dựng năm mô hình dự báo khác nhau trên 19 tiểu lưu vực của lưu vực sông. Kết quả đánh giá cho thấy, mô hình ARIMA truyền thống, chỉ dựa vào hồi quy dòng chảy, có hiệu suất kém do xảy ra hiện tượng quá khớp ($R^2_{Train} = 0.91$ và $R^2_{Test} = 0.25$). Ngược lại, việc tích hợp các biến ngoại sinh đã cải thiện đáng kể độ chính xác của mô hình. Đặc biệt, mô hình ARIMAX kết hợp cả ba chỉ số mưa, bốc hơi và độ ẩm đất vệ tinh đã thể hiện hiệu suất vượt trội và ổn định nhất trên toàn bộ các tiểu lưu vực, gần như loại bỏ vấn đề quá khớp và đạt được kết quả đánh giá tốt với hệ số xác định trung bình trên toàn lưu vực sông $R^2_{Test} = 0.89$ và sai số NRMSE_{Test} = 0.05. Nghiên cứu này khẳng định tiềm năng của việc sử dụng dữ liệu vệ tinh trong việc nâng cao hiệu quả và độ tin cậy của các mô hình dự báo hạn hán thủy văn, từ đó cung cấp một công cụ hữu ích cho công tác quản lý tài nguyên nước.

Từ khóa: Dự báo hạn hán, dữ liệu vệ tinh, mô hình ARIMA, SSI, lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn.

Ngày nhận bài: 15/8/2025; Ngày sửa chữa: 8/9/2025; Ngày duyệt đăng: 19/9/2025.

Enhancing short-term hydrological drought forecasting using satellite data for the Vu Gia - Thu Bon river basin

Abstract

Hydrological drought in the Vu Gia-Thu Bon River Basin has become increasingly difficult to forecast due to the high variability of climate conditions and the scarcity of observational data. This study focuses on evaluating the potential to improve the effectiveness of short-term hydrological drought forecasting by integrating satellite-derived drought indices into the statistical ARIMA model for the Vu Gia-Thu Bon River Basin. The satellite-based indicators employed include precipitation, soil moisture, and surface evaporation, which were combined with interpolated streamflow data to construct five distinct forecasting models across 19 sub-basins of the river system. Evaluation results indicate that the traditional ARIMA model, which relies solely on streamflow regression, performs poorly as a result of overfitting ($R^2_{Train} = 0.91$ và $R^2_{Test} = 0.25$). In particular, the ARIMAX model, which integrates three satellite-derived indices-precipitation, evapotranspiration, and soil moisture-demonstrated superior and most stable performance across all sub-basins, effectively mitigating the overfitting problem and achieving robust predictive skill with an average coefficient of determination of $R^2_{Test} = 0.89$ and a normalized root mean square error (NRMSE_{Test}) of 0.05 for the entire basin. This research highlights the potential of leveraging satellite data to enhance the accuracy and reliability of hydrological drought forecasting models, thereby providing a valuable tool for water resources management.

Keywords: Drought Forecasting, Satellite Data, ARIMA Model, Standardized Streamflow Index (SSI), Vu Gia-Thu Bon River Basin.

JEL Classifications: Q15, Q51, Q54, Q58.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hạn hán là một trong những thiên tai có tác động sâu rộng và kéo dài, gây ra tổn thất lớn về kinh tế - xã hội và môi trường trên phạm vi toàn cầu (Seneviratne et al., 2021; WMO, 2021). Trong đó, hạn hán thủy văn - được đặc trưng bởi sự suy giảm dòng chảy dưới mức

trung bình trong sông, hồ và tầng chứa nước - có ảnh hưởng đặc biệt nghiêm trọng đến cấp nước sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, công nghiệp và thủy điện, cũng như đến hệ sinh thái và môi trường hạ du (Mishra & Singh, 2011). Các nghiên cứu chỉ ra rằng, trong bối cảnh biến đổi khí hậu, tần suất và cường độ của hạn



hán thủy văn dự kiến sẽ gia tăng ở nhiều khu vực trên thế giới, trong đó có Đông Nam Á (Dai, 2011; Vicente-Serrano et al., 2022). Tại Việt Nam, đặc biệt là khu vực miền Trung, hạn hán ngắn hạn xảy ra thường xuyên, gắn liền với đặc điểm khí hậu nhiệt đới gió mùa, mưa tập trung theo mùa và địa hình dốc. Nhiều đợt hạn hán lớn đã được ghi nhận trong các năm 1997-1998, 2015-2016 và 2019-2020, gây suy giảm nghiêm trọng dòng chảy trên các lưu vực sông, ảnh hưởng trực tiếp đến sinh kế của hàng triệu người dân (Bộ Nông nghiệp và Môi trường, 2021; Stojanovic et al., 2020). Trong số các lưu vực chịu tác động mạnh, hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn đóng vai trò đặc biệt quan trọng, không chỉ cung cấp nước cho sản xuất nông nghiệp và công nghiệp, mà còn đảm bảo vận hành thủy điện và cấp nước sinh hoạt cho thành phố Đà Nẵng và các khu vực lân cận (Do et al., 2024; Vu et al., 2017). Do đó, việc xây dựng hệ thống dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn cho lưu vực này là hết sức cấp thiết, góp phần nâng cao khả năng ứng phó và quản lý rủi ro thiên tai.

Trong nhiều thập niên qua, các mô hình thống kê đã được ứng dụng rộng rãi để dự báo hạn hán thủy văn nhờ ưu điểm đơn giản, dễ triển khai và khả năng khai thác đặc tính chuỗi thời gian (Box et al., 2015). Các phương pháp điển hình bao gồm ARIMA, ARIMAX, SARIMAX, vốn cho phép mô hình hóa quá trình biến động của chỉ số hạn hán (như SSI, SPI) và tích hợp các biến ngoại sinh để nâng cao hiệu quả dự báo (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Tuy nhiên, các mô hình thống kê có nhược điểm cơ bản là phụ thuộc chặt chẽ vào chất lượng dữ liệu đầu vào. Ở những khu vực dữ liệu thực đo khan hiếm, gián đoạn hoặc kém cập nhật, hiệu quả dự báo bị suy giảm rõ rệt (Gao et al., 2018). Thực tế tại miền Trung Việt Nam cho thấy, mạng lưới trạm khí tượng - thủy văn phân bố thưa thớt, không đủ phản ánh đặc trưng không gian - thời gian của các yếu tố khí tượng, thủy văn (Group, 2019). Chuỗi dữ liệu ở nhiều trạm bị gián đoạn do các nguyên nhân khách quan (thiên tai, hỏng hóc thiết bị) và chủ quan (hạn chế về nhân lực, kinh phí duy trì). Để bù đắp, nội suy số liệu thường được áp dụng, nhưng phương pháp này tiềm ẩn nhiều sai số và làm giảm độ tin cậy khi sử dụng cho mô hình thống kê (Todini, 2007). Ngoài ra, tính cập nhật không thường xuyên cũng là vấn đề đáng lưu ý: dữ liệu thực đo thường chỉ được công bố định kỳ theo tháng hoặc quý, và nhiều khi có độ trễ lớn so với thời gian thực. Điều này gây bất lợi cho công tác dự báo hạn hán ngắn hạn, vốn đòi hỏi thông tin nhanh chóng và chính xác (Svoboda & Fuchs, 2016). Trong bối cảnh đó, dữ liệu vệ tinh ngày càng được quan tâm như một nguồn thông tin bổ sung quan trọng cho nghiên cứu và dự báo hạn hán. Với ưu thế độ phủ rộng, chuỗi thời

gian dài, tính liên tục và khả năng cập nhật gần thời gian thực, dữ liệu vệ tinh có thể cung cấp các biến số quan trọng như mưa (CHIRPS, TRMM, GPM), bốc hơi và cân bằng nước (TerraClimate, MOD16), độ ẩm đất (ESA CCI, SMAP), cũng như các chỉ số viễn thám liên quan đến thảm phủ và sinh trưởng thực vật (NDVI, EVI) (Abatzoglou et al., 2017; CHIRPS, 2023; Gruber et al., 2019). Các nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng dữ liệu vệ tinh giúp cải thiện đáng kể khả năng giám sát hạn hán khí tượng và nông nghiệp (Vicente-Serrano et al., 2010; Zargar et al., 2011).

Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở việc sử dụng dữ liệu vệ tinh để xây dựng hoặc hiệu chỉnh chỉ số hạn hán khí tượng (SPI, SPEI, VHI...), hoặc ứng dụng trong giám sát biến động độ ẩm đất và thảm phủ. Trong khi đó, vai trò hỗ trợ trực tiếp của dữ liệu vệ tinh đối với các mô hình thống kê dự báo hạn hán thủy văn vẫn chưa được đánh giá đầy đủ, đặc biệt tại các lưu vực miền Trung Việt Nam. Khoảng trống này đặt ra câu hỏi khoa học: liệu dữ liệu vệ tinh, khi được tích hợp vào mô hình thống kê, có thể giúp cải thiện độ chính xác và độ tin cậy của dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn hay không?

Xuất phát từ thực tiễn trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu đánh giá khả năng cải thiện của dữ liệu vệ tinh đối với các mô hình thống kê dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn tại lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Nghiên cứu tập trung vào việc so sánh hai kịch bản: (i) chỉ sử dụng dữ liệu thực đo; (ii) tích hợp dữ liệu vệ tinh bổ sung. Kết quả kỳ vọng sẽ cung cấp bằng chứng khoa học rõ ràng về vai trò hỗ trợ của dữ liệu vệ tinh, qua đó đề xuất giải pháp tăng cường dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn tại các lưu vực thiếu hụt dữ liệu, hướng tới xây dựng hệ thống cảnh báo sớm phục vụ quản lý tài nguyên nước và giảm nhẹ rủi ro thiên tai.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn (VGTB) là một trong những hệ thống sông quan trọng nhất ở Duyên hải Trung Trung bộ, giữ vai trò chiến lược trong cấp nước sinh hoạt, nông nghiệp, công nghiệp, thủy điện và bảo đảm an ninh nguồn nước cho Quảng Nam và Đà Nẵng. Lưu vực có diện tích khoảng 10.350 km², trải dài qua ba tỉnh thành, với hai dòng chính: Vu Gia (204 km) và Thu Bồn (152 km) (Bộ Nông nghiệp và Môi trường, 2021). Đặc điểm thủy văn nổi bật của hệ thống này là sự trao đổi nước qua sông Quảng Huế và sông Vĩnh Điện, giúp điều hòa dòng chảy giữa mùa mưa và mùa khô. VGTB nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, có lượng mưa trung bình 2.000 - 4.000 mm/năm, song phân bố không đều, 70-80% tập trung vào bốn tháng cuối năm. Dòng chảy mang tính “ngắn,

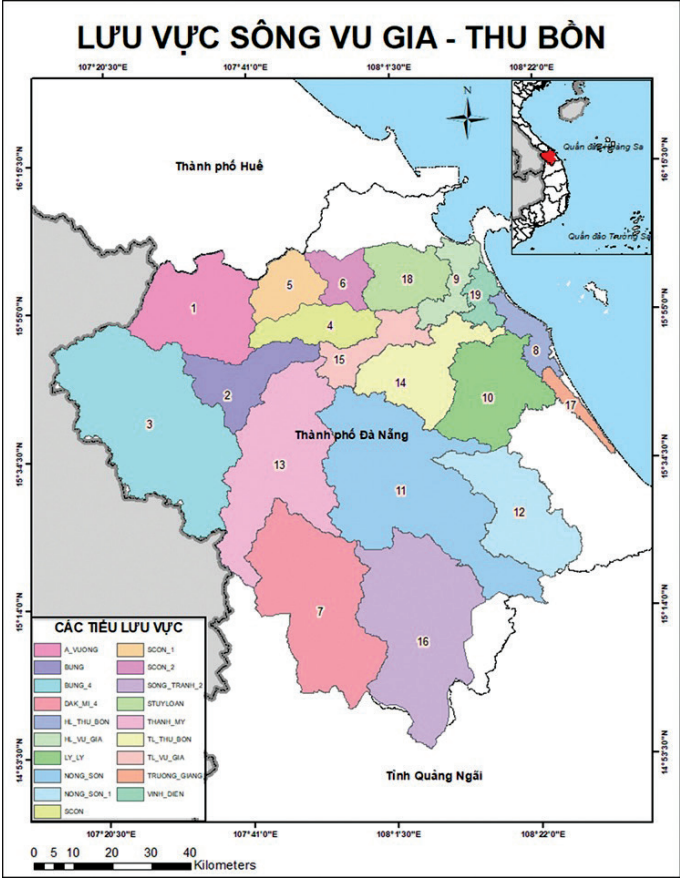
đốc, nhanh”, mùa mưa thường gây lũ lớn, còn mùa khô thì thiếu nước nghiêm trọng (Van Tra et al., 2018). Sự hiện diện của nhiều hồ chứa thủy điện lớn (A Vương, Đăk Mi 4, Sông Bung, Sông Tranh 2) làm biến đổi mạnh chế độ dòng chảy và đôi khi tạo mâu thuẫn lợi ích giữa phát điện, tưới tiêu và cấp nước hạ du. Trong nhiều thập kỷ, VGTB liên tục hứng chịu hạn hán nghiêm trọng, đặc biệt trong các năm El Niño (1997-1998, 2015-2016, 2019-2020). Năm 2015-2016, mưa giảm 25-50% và dòng chảy giảm tới 60-70%; năm 2019-2020, hạn kết hợp xâm nhập mặn gây thiếu nước trầm trọng cho Đà Nẵng (FAO, 2017). Dưới tác động biến đổi khí hậu, tần suất và cường độ các hiện tượng cực đoan được dự báo sẽ tăng (Group, 2019; IPCC, 2021).

Trong bối cảnh đó, tích hợp dữ liệu vệ tinh trở nên cấp thiết. VGTB cũng đại diện điển hình cho các lưu vực miền Trung: diện tích trung bình, địa hình dốc ngấn, mưa tập trung, rủi ro kép hạn - lũ, nhu cầu khai thác đa dạng và giá trị văn hóa - sinh thái đặc biệt (Hội An - Di sản Thế giới) (Gao et al., 2018).

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng kết hợp dữ liệu dòng chảy thực đo (được nội suy từ mô hình thủy văn MIKE) và dữ liệu viễn thám nhằm đánh giá khả năng cải thiện của dữ liệu vệ tinh đối với mô hình thống kê dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn. Tất cả dữ liệu được quy đổi về tần suất trung bình tháng, và cùng được xét trong cùng giai đoạn phân tích là 1981-2020.

Dữ liệu dòng chảy tháng tại các tiểu lưu vực thuộc hệ thống Vu Gia - Thu Bồn được nội suy từ kết quả mô phỏng của mô hình MIKE 11 cho giai đoạn 1981-2020. Đây là nguồn dữ liệu quan trọng nhất để tính toán SSI (Chỉ số dòng chảy chuẩn hoá) - chỉ số hạn hán thủy văn mục tiêu của nghiên cứu. Dữ liệu dòng chảy MIKE được coi là đại diện cho chuỗi



Hình 1. Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn

thực đo khi tại lưu vực này các trạm quan trắc thủy văn còn hạn chế, gián đoạn và phân bố không đều (Gao et al., 2018).

Dữ liệu mưa vệ tinh được đề tài khai thác từ bộ sản phẩm CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data) cho giai đoạn 1981-2020 với độ phân giải 0.05° (~5 km). CHIRPS được đánh giá cao trong nghiên cứu hạn hán nhờ kết hợp ảnh hưởng ngoại vệ tinh với dữ liệu quan trắc trạm mưa, cho phép xây dựng chuỗi dài hạn và độ phủ rộng (CHIRPS, 2023). Lượng mưa tháng được tổng hợp từ dữ liệu ngày và chuẩn hóa thành SPI-1, SPI-3 và SPI-6.

Dữ liệu bốc thoát hơi nước vệ tinh được lấy từ ERA5-Land, sản phẩm tái phân tích khí hậu toàn cầu của ECMWF với độ phân giải không gian 0.1°. Chuỗi bốc thoát hơi tháng giai đoạn 1981-2020 được chuẩn hoá thành SEI ở các thang 01, 03 và 06 tháng (Hersbach et al., 2020).

Bảng 1. Những dữ liệu sử dụng trong đề tài

Loại dữ liệu	Nguồn	Độ phân giải	Thời đoạn chuẩn hóa	Vai trò
Dòng chảy (Q)	MIKE 11	Chia thành 19 tiểu lưu vực	SSI-1	Biến mục tiêu
Mưa (RF)	CHIRPS v2.0	0.05° Tổng các ô trong cùng tiểu lưu vực	SPI-1, SPI-3, SPI-6	Biến ngoại sinh
Bốc thoát hơi (Eva)	ERA5-Land	0.1° Tổng các ô trong cùng tiểu lưu vực	SEI-1, SEI-3, SEI-6	Biến ngoại sinh
Độ ẩm đất (SM)	ERA5-Land, Layer 1	0.1° Tổng các ô trong cùng tiểu lưu vực	SMI-1, SMI-3, SMI-6	Biến ngoại sinh



Dữ liệu độ ẩm đất vệ tinh cũng được lấy từ ERA5-Land. Để tài lựa chọn dữ liệu độ ẩm đất tầng mặt (Layer 1, độ sâu 0-7 cm) vì xác định đây là biến có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu hạn hán khi nó phản ánh trực tiếp tình trạng nước trong đất - yếu tố chi phối đến sản xuất nông nghiệp và dòng chảy kiệt mùa khô (Hersbach et al., 2020). Dữ liệu độ ẩm đất tháng cũng sẽ được chuẩn hóa theo 03 thời đoạn thành SMI-1, SMI-3 và SMI-6.

Để đảm bảo khả năng so sánh và tích hợp giữa các nguồn dữ liệu khác nhau, toàn bộ chuỗi thời gian được chuẩn hóa theo một quy trình thống nhất. Trước hết, các dữ liệu gốc theo ngày hoặc giờ được quy đổi về tần suất tháng. Đối với mưa, giá trị tháng được tính bằng tổng lượng mưa; trong khi đó, bốc thoát hơi và độ ẩm đất được tính bằng giá trị trung bình tháng. Tiếp theo, các chuỗi số liệu này được chuẩn hóa thành các chỉ số hạn chuyên biệt. Lượng mưa được chuẩn hóa theo SPI bằng cách khớp phân phối Gamma và chuyển đổi về phân phối chuẩn theo công thức sau (McKee et al., 1993):

$$F(Q) = \frac{1}{\Gamma(k)} \int_0^Q \frac{x^{k-1} \cdot e^{-x/\theta}}{\theta^k} dx$$

Trong đó, k là tham số hình dạng, θ là tham số tỉ lệ, $\Gamma(k)$ là hàm Gamma. Tương tự, chuỗi bốc thoát hơi và độ ẩm đất cũng sẽ được chuẩn hóa thành SEI và SMI dựa trên cùng nguyên lý. Đối với dòng chảy, chuỗi số liệu MIKE được chuẩn hóa thành SSI bằng cách sử dụng phân phối Log-Normal, vốn phù hợp hơn với đặc tính lệch phải của dữ liệu thủy văn theo công thức (Stedinger, 1980):

$$F(Q) = \Phi\left(\frac{\ln Q - \mu}{\sigma}\right)$$

Trong đó, $\Phi(x)$ là hàm phân phối tích lũy của phân phối chuẩn, μ là giá trị trung bình của logarit dòng chảy, σ là độ lệch chuẩn của logarit dòng chảy.

Mục đích cuối cùng của bước chuẩn hoá này là đưa các tập dữ liệu đều về dạng phân phối chuẩn, làm đầu vào cho các bước nghiên cứu tiếp theo.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm mô hình thống kê được thiết kế xoay quanh năm kịch bản, nhằm đánh giá tuần tự và có hệ thống vai trò bổ trợ của dữ liệu vệ tinh đối với dự báo hạn hán thủy văn ngắn hạn. Các mô hình được lựa chọn dựa trên nền tảng chuỗi thời gian truyền thống, cụ thể là ARIMA và ARIMAX. Đây là những phương pháp phổ biến và mạnh mẽ trong phân tích chuỗi thời gian, được ứng dụng nhằm mô tả và dự báo dữ liệu chuỗi bằng cách kết hợp 03 quá trình chính: tự hồi quy (AR), lấy sai phân (I) và trung bình trượt (MA). Phương trình tổng quát của ARIMA có thể được khái quát như sau:

$$\begin{aligned} \Delta^d Y_t &= (\alpha_1 \cdot \Delta^d Y_{t-1} \\ &+ \alpha_2 \cdot \Delta^d Y_{t-2} + \dots + \alpha_p \cdot \Delta^d Y_{t-p}) \\ &+ (\beta_0 \cdot u_t + \beta_1 \cdot u_{t-1} \\ &+ \beta_2 \cdot u_{t-2} + \dots + \beta_q \cdot u_{t-q}) + \mu \end{aligned}$$

Trong đó, $\Delta^d Y_t$ là sai phân bậc d của chỉ số hạn hán Y_t tại thời điểm t, α_i là hệ số tự hồi quy thể hiện mức độ ảnh hưởng của các giá trị quá khứ lên giá trị hiện tại, β_i là các hệ số trung bình trượt và μ là hằng số trung bình.

ARIMAX là phiên bản cải tiến của ARIMA, với việc bổ sung một hoặc nhiều biến ngoại sinh X nhằm cải thiện hiệu suất của dự báo. Theo cách tổng quát, mô hình ARIMAX có thể được biểu diễn như sau:

$$\begin{aligned} \Delta^d Y_t &= (\alpha_1 \cdot \Delta^d Y_{t-1} + \alpha_2 \cdot \Delta^d Y_{t-2} \\ &+ \dots + \alpha_p \cdot \Delta^d Y_{t-p}) \\ &+ (\beta_0 \cdot u_t + \beta_1 \cdot u_{t-1} \\ &+ \beta_2 \cdot u_{t-2} + \dots \\ &+ \beta_q \cdot u_{t-q}) + \gamma X_t + \epsilon_t \end{aligned}$$

Trong nghiên cứu này, ARIMA được dùng như một chuẩn so sánh cơ bản, trong khi ARIMAX cho phép kết hợp thêm các biến vệ tinh. Việc đưa các biến SPI, SEI và SMI ở thang 1, 3 và 6 tháng vào mô hình giúp phản ánh đa chiều hơn mối liên hệ giữa điều kiện khí quyển - đất - thủy văn với diễn biến dòng chảy.

Kịch bản đầu tiên (KB0) đóng vai trò cơ sở, trong đó mô hình ARIMA chỉ sử dụng chuỗi SSI tính từ dòng chảy MIKE mà không đưa thêm biến ngoại sinh. Đây là cách tiếp cận truyền thống, phản ánh tình huống nghiên cứu phụ thuộc hoàn toàn vào dữ liệu dòng chảy. Ba kịch bản tiếp theo (KB1, KB2, KB3) lần lượt mở rộng mô hình theo hướng ARIMAX, với việc bổ sung riêng rẽ từng loại dữ liệu vệ tinh: KB1 tích hợp chuỗi SPI-1,3,6 tính từ mưa CHIRPS, KB2 sử dụng SEI-1,3,6 chuẩn hóa từ chuỗi bốc thoát hơi ERA5, và KB3 đưa vào SMI-1,3,6 từ độ ẩm đất tầng mặt ERA5. Cách thiết kế này cho phép đánh giá trực tiếp mức độ đóng góp của từng biến ngoại sinh đến khả năng mô phỏng và dự báo SSI. Kịch bản cuối cùng (KB123) là bước tổng hợp, trong đó mô hình ARIMAX được xây dựng với đồng thời cả ba biến ngoại sinh SPI, SEI và SMI tại các thời đoạn. Đây là kịch bản quan trọng nhằm kiểm chứng giả thuyết rằng sự kết hợp đồng thời nhiều biến khí tượng - đất - thủy văn có thể nâng cao độ tin cậy của dự báo hơn so với khi xét riêng lẻ từng nguồn dữ liệu.

Hiệu quả mô hình được đánh giá thông qua các chỉ tiêu thống kê phổ biến trong lĩnh vực thủy văn. Hệ số xác định R^2 được sử dụng để phản ánh mức độ giải thích biến động của mô hình. Chỉ số Căn bậc hai bình phương trung bình sai số chuẩn hoá (NRMSE) và sai số trung bình tuyệt đối (MAE) được tính toán nhằm đo

lượng độ lệch tuyệt đối và độ lệch bình phương trung bình giữa giá trị mô phỏng và quan sát. So sánh kết quả giữa năm kịch bản này cho phép lượng hóa một cách hệ thống mức độ cải thiện mà dữ liệu vệ tinh mang lại cho các mô hình thống kê. Sự khác biệt giữa KB0 và các kịch bản có biến ngoại sinh thể hiện trực tiếp vai trò bổ trợ của dữ liệu vệ tinh, trong khi sự so sánh giữa KB1, KB2, KB3 và KB123 cho phép thảo luận sâu hơn về biến nào có giá trị dự báo cao nhất và liệu sự kết hợp có mang lại lợi ích bổ sung đáng kể hay không.

3. KẾT QUẢ

3.1. Xu thế chung của toàn lưu vực sông

Hình 2 biểu thị kết quả so sánh giữa mô hình ARIMA thuần túy và các biến thể ARIMAX cho thấy một thông điệp rõ ràng và nhất quán: việc tích hợp các biến ngoại sinh đã cải thiện đáng kể hiệu năng của mô hình dự báo hạn ngắn hạn. Trên cả hai chỉ số SSI-1 và SSI-3, ARIMA thể hiện khả năng mô phỏng khá tốt ở giai đoạn huấn luyện, với giá trị R^2 cao và sai số thấp. Tuy nhiên, khi áp dụng cho dữ liệu kiểm định, hiệu quả dự báo suy giảm rõ rệt, phản ánh hạn chế cố hữu của các mô hình chỉ dựa vào cấu trúc nội sinh của chuỗi. Hiện tượng này là một dạng overfitting điển hình, khi mô hình khớp tốt với dữ liệu quá khứ nhưng không có khả năng tổng quát hóa trong điều kiện mới. Ngược lại, các mô hình ARIMAX - đặc biệt là khi đưa vào lượng mưa, bốc hơi, độ ẩm đất hoặc kết hợp đồng thời cả ba - đều cho kết quả vượt trội hơn hẳn trong giai đoạn kiểm định. Các chỉ số R^2 tăng mạnh, đồng thời NRMSE và MAE giảm xuống đáng kể, chứng minh rằng thông tin ngoại sinh giúp gia tăng sức mạnh giải thích và cải thiện tính chính xác của dự báo. Thực tế này phản ánh bản chất của hạn hán thủy văn: đây không phải là hiện tượng thuần túy ngẫu nhiên, mà chịu sự chi phối trực tiếp từ các tác động khí tượng -

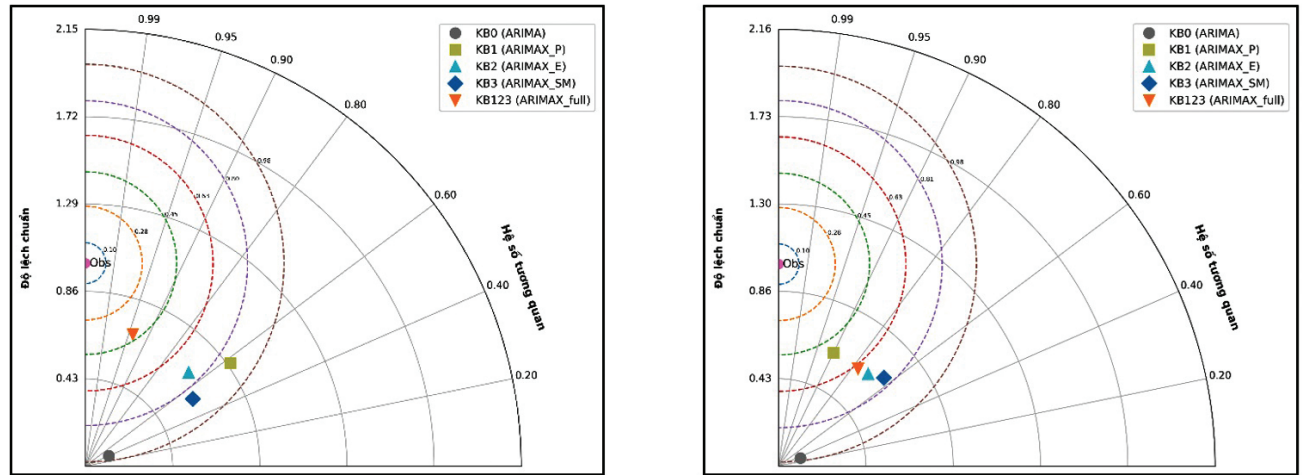
thủy văn bên ngoài. Vì vậy, việc bổ sung các biến ngoại sinh không chỉ gia tăng dữ liệu đầu vào mà còn đưa vào mô hình những tín hiệu vật lý có ý nghĩa, qua đó giảm thiểu nguy cơ sai lệch do phụ thuộc quá nhiều vào cấu trúc tự hồi quy.

Điểm quan trọng là sự cải thiện này diễn ra một cách nhất quán ở cả hai thang thời gian. SSI-1 phản ánh hạn ngắn hạn nên nhạy cảm tức thời với biến động của mưa, bốc hơi và độ ẩm đất; SSI-3 mang tính tích lũy nên một phần biến động vẫn có thể được nắm bắt bởi cấu trúc tự hồi quy. Dù mức độ cải thiện có khác nhau, xu thế chung vẫn rõ ràng: các biến ngoại sinh đóng vai trò tất yếu trong việc nâng cao chất lượng dự báo. Điều này hoàn toàn phù hợp với hướng đi chung của nhiều nghiên cứu quốc tế, nơi các mô hình đa biến hoặc lai ghép ngày càng được ưu tiên thay cho mô hình đơn biến truyền thống (Hình 2).

3.2. Theo phạm vi các tiểu lưu vực

Để đánh giá khách quan hiệu năng mô hình, nghiên cứu này thiết lập bộ tiêu chí phân ngưỡng dựa trên hai chỉ số chính: hệ số xác định (R^2) và sai số chuẩn hóa (NRMSE). Theo nhiều tài liệu nghiên cứu trên thế giới (Gupta et al., 2009; Moriasi et al., 2007), $R^2 > 0.85$ và $NRMSE < 0.05$ được coi là mức rất tốt (đánh dấu màu xanh), $R^2 > 0.5$ và $NRMSE < 0.1$ được coi là trung bình (màu vàng), trong khi các trường hợp còn lại được xếp vào nhóm kém (màu đỏ). Ngưỡng đánh giá này, mặc dù khắt khe, cho phép nhận diện một cách minh bạch các mô hình thực sự có năng lực dự báo tin cậy trong bối cảnh tác nghiệp.

Phân tích hiệu năng mô hình theo hai thang thời gian, SSI-1 (01 tháng) và SSI-3 (03 tháng), cho thấy sự phân hóa rõ rệt giữa các mô hình, đồng thời phản ánh vai trò khác nhau của các biến ngoại sinh theo độ dài tích lũy. Ở thang SSI-1, mô hình ARIMA thuần



Hình 2. Biểu đồ Taylor so sánh hiệu năng các mô hình ARIMA và ARIMAX trong mô phỏng chỉ số SSI-1 và SSI-3 trên toàn lưu vực (a) Thời đoạn 01 tháng, (b) Thời đoạn 03 tháng

túy hoàn toàn thất bại khi 19/19 tiểu lưu vực (TLV) đều bị xếp vào nhóm “Không đạt”. Đây là minh chứng rõ ràng rằng mô hình đơn biến không đủ khả năng tái hiện động thái hạn ngắn hạn, vốn phụ thuộc mạnh vào các tác nhân khí tượng - thủy văn bên ngoài. Trong các biến thể ARIMAX, ARIMAX_P và ARIMAX_SM nổi bật nhất với cùng 7 TLV đạt mức “Tốt”. Tuy nhiên, trong khi ARIMAX_P có thêm tới 11 TLV đạt “Trung bình” và chỉ còn 1 TLV “Không đạt”, thì ARIMAX_SM lại có sự phân bố không đồng đều hơn (7 “Tốt” nhưng tới 9 “Không đạt”). Điều này cho thấy lượng mưa mang lại mức độ ổn định cao trên phạm vi toàn lưu vực, trong khi độ ẩm đất có vai trò quyết định ở một số khu vực, song tính khái quát chưa thật sự đồng đều. ARIMAX_full chỉ đạt 6 TLV “Tốt” và 4 TLV “Trung bình”, tức là chưa vượt trội so với các biến đơn biến, phản ánh rằng sự kết hợp đa biến trong thang thời gian ngắn chưa chắc đã tạo ra hiệu năng vượt trội. ARIMAX_E tỏ ra hạn chế hơn cả, với chỉ 2 TLV “Tốt” và phần lớn rơi vào nhóm “Không đạt” (Bảng 2).

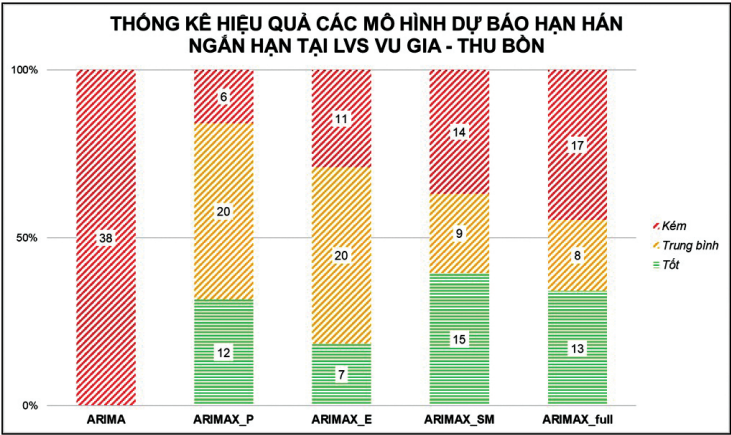
Ở thang SSI-3, xu thế thay đổi đáng kể. ARIMA tiếp tục hoàn toàn không đạt yêu cầu, với 19/19 TLV ở mức “Không đạt”. Trong khi đó, ARIMAX_SM trở thành mô hình hiệu quả nhất, với 8 TLV “Tốt” và 6 TLV “Trung bình”, chỉ còn 5 TLV “Không đạt”. Kết quả này nhấn mạnh rằng trong trung hạn, độ ẩm đất đóng vai trò then chốt, phản ánh khả năng tích trữ và giải phóng nước của lưu vực, vốn chi phối trực tiếp đến tình trạng hạn kéo dài. ARIMAX_full xếp ngay sau, với 7 TLV “Tốt” và 4 TLV “Trung bình”. Mặc dù ít “Tốt” hơn so với ARIMAX_SM, song mô hình này vẫn thể hiện tính ổn định nhờ khả năng tổng hợp đa nguồn thông tin. ARIMAX_P và ARIMAX_E có kết quả tương đối cân bằng, mỗi mô hình đạt 5 TLV “Tốt” và lần lượt 9 và 10 TLV “Trung bình”. Sự gia tăng này

Bảng 2. Tổng kê mức độ hiệu quả các mô hình dự báo theo tiểu lưu vực

Tiểu lưu vực	Thời đoạn 01 tháng					Thời đoạn 03 tháng				
	(KB0)	(KB1)	(KB2)	(KB3)	(KB123)	(KB0)	(KB1)	(KB2)	(KB3)	(KB123)
A_VUONG										
BUNG										
BUNG_4										
DAK_MI_4										
HL_THU_BON										
HL_VU_GIA										
LY_LY										
NONG_SON										
NONG_SON_1										
SCON										
SCON_1										
SCON_2										
STUYLOAN										
SONG_TRANH_2										
THANH_MY										
TL_THU_BON										
TL_VU_GIA										
TRUONG_GIANG										
VINH_DIEN										

Chú thích:

$R^2 > 0.85$ & $NRMSE < 0.05$	Tốt	
$R^2 > 0.50$ & $NRMSE < 0.1$	Trung bình	
Còn lại	Không đạt	



Hình 3. Hiệu quả các mô hình dự báo hạn hán ngắn hạn tại LVS Vu Gia - Thu Bón

cho thấy ở thang trung hạn, vai trò của mưa và bốc hơi được phản ánh rõ ràng hơn so với ở SSI-1. Tổng thể, kết quả cho thấy một xu thế phân hóa theo thời gian: ở thang ngắn (SSI-1), ARIMAX_P mang lại hiệu năng ổn định hơn trên phạm vi rộng, trong khi ARIMAX_SM chỉ nổi bật ở một số lưu vực nhạy cảm; ngược lại, ở thang trung hạn (SSI-3), ARIMAX_SM khẳng định vai trò vượt trội, trong khi ARIMAX_full mang lại hiệu quả ổn định và khái quát hơn. Những phát hiện này củng cố quan điểm rằng lựa chọn mô hình tối ưu không chỉ phụ thuộc vào loại biến ngoại sinh, mà còn cần gắn với đặc trưng thời gian của chỉ số hạn (Hình 3).

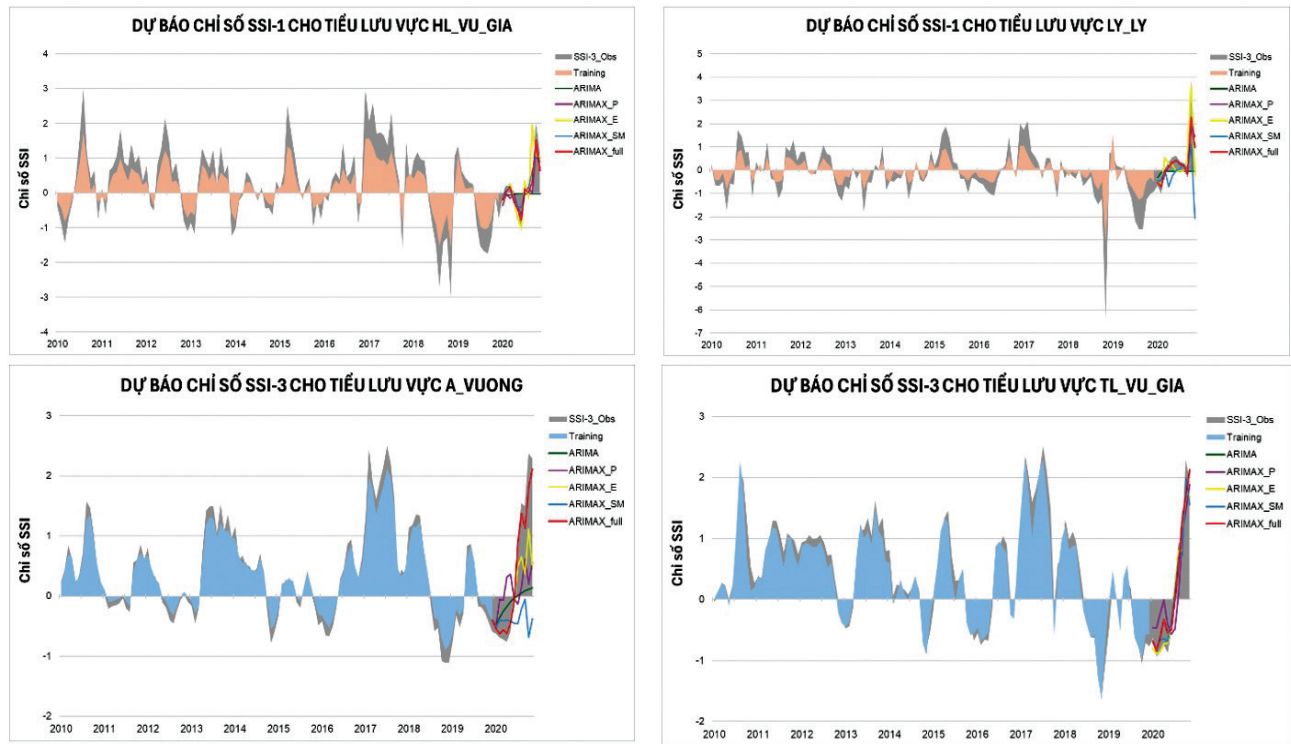
4. THẢO LUẬN

Việc phân tích hiệu năng mô hình theo thượng - trung - cận hạ lưu và hạ lưu chính cung cấp một góc nhìn không gian quan trọng, bổ sung cho đánh giá thuần túy theo thời đoạn. Thực tế cho thấy, hiệu quả của từng mô hình không phân bố đồng đều, mà phản ánh rõ nét đặc trưng thủy văn - khí tượng và mức độ tác động nhân sinh tại các tiểu lưu vực (TLV).

Ở khu vực thượng nguồn, bao gồm các TLV như A_VUONG, BUNG_4, DAK_MI_4, LY_LY, NONG_SON_1, SCON_1 và SCON_2, mô hình ARIMAX_SM thể hiện ưu thế nổi bật, đặc biệt ở thang SSI-3 với 8 TLV đạt mức “Tốt”. Điều này phản ánh vai trò then chốt của độ ẩm đất như một biến trạng thái tích lũy. Ở các lưu vực có địa hình dốc, ít chịu điều tiết cùng các tác động nhân sinh, quá trình hình thành và duy trì dòng chảy nền phụ thuộc nhiều vào khả năng lưu giữ và giải phóng nước trong tầng đất. Việc tích hợp SM vào mô hình cho phép tái hiện chính xác “bộ nhớ thủy văn” vốn quyết định động thái hạn hán tại khu vực này. Ngoài ra, một số TLV như LY_LY còn cho thấy ARIMAX_E có kết quả khả quan, gợi ý rằng ở những vùng khô hạn, bốc hơi cũng có thể chi phối mạnh quá trình cạn kiệt nguồn nước. Ở khu vực trung lưu, gồm BUNG, NONG_SON và SCON, các kết quả cho thấy ARIMAX_P thường ổn định hơn ở SSI-1, trong khi

ARIMAX_E và ARIMAX_full thể hiện ưu thế rõ rệt ở SSI-3. Đây là những lưu vực chuyển tiếp, vừa tiếp nhận dòng chảy từ thượng nguồn, vừa chịu bốc hơi mạnh hơn do diện tích nông nghiệp và mặt thoáng nước lớn. Kết quả này cho thấy mưa vẫn là biến cốt lõi trong dự báo ngắn hạn, nhưng khi xét đến trung hạn, sự kết hợp thêm bốc hơi hoặc tích hợp đa biến lại cần thiết để nắm bắt các quá trình phức hợp.

Ở khu vực cận hạ lưu, bao gồm STUYLOAN, SONG_TRANH_2 và THANH_MY, kết quả có tính không đồng nhất. SONG_TRANH_2 nổi bật khi ARIMAX_SM và ARIMAX_full đều đạt mức “Tốt” ở SSI-3, cho thấy khả năng phản ánh toàn diện khi có sự hội tụ nhiều yếu tố điều khiển. Ngược lại, STUYLOAN và THANH_MY thường chỉ đạt mức Trung bình hoặc Kém, phản ánh khó khăn trong mô phỏng tại các lưu vực vừa chịu tác động tự nhiên, vừa có dấu ấn nhân sinh rõ rệt (thủy điện, điều tiết nước, khai thác). Trong bối cảnh này, ARIMAX_full vẫn được xem là phương án ổn định nhất nhờ khả năng tích hợp đa chiều và giảm thiểu sai lệch từ việc thiếu thông tin. Ở khu vực hạ lưu chính, gồm HL_THU_BON, HL_VU_GIA, TL_THU_BON, TL_VU_GIA, TRUONG_GIANG và VINH_DIEN, xu thế nổi bật là sự vượt trội của ARIMAX_full. Với 7 TLV đạt mức “Tốt” và 4 TLV “Trung bình” ở SSI-3, mô hình này cho thấy ưu thế



Hình 4. Kết quả dự báo chỉ số SSI cho một số tiểu lưu vực



vượt trội về tính ổn định. Hạ lưu là nơi hội tụ tác động tổng hợp từ thượng nguồn, trung lưu, và chịu ảnh hưởng trực tiếp từ hoạt động nhân sinh như thủy lợi, đô thị và sản xuất nông nghiệp. Trong bối cảnh này, không một biến đơn lẻ nào (P, E hoặc SM) có thể tái hiện đầy đủ, mà chỉ khi tích hợp đa biến, mô hình mới đạt được khả năng mô tả và dự báo đáng tin cậy.

Tổng hợp lại, có thể nhận diện một xu thế không gian khá rõ rệt: thượng nguồn phù hợp nhất với ARIMAX_SM (nhấn mạnh độ ẩm đất), trung lưu nhạy cảm với ARIMAX_E (bốc hơi) và ARIMAX_full (đa biến), cận hạ lưu đòi hỏi ARIMAX_full để bao quát sự phức hợp, và hạ lưu chính hầu như chỉ có thể dự báo tốt bằng ARIMAX_full. Xu thế này vừa phản ánh đúng đặc tính thủy văn theo không gian, vừa gợi ý định hướng lựa chọn mô hình cho các ứng dụng thực tiễn. Từ góc nhìn phương pháp luận, kết quả trên cho thấy rằng việc lựa chọn mô hình không nên đồng nhất cho toàn lưu vực mà cần tiếp cận phân vùng, dựa vào đặc trưng thủy văn - khí hậu và vị trí địa lý. ARIMAX_full tỏ ra phù hợp nhất để áp dụng rộng rãi ở quy mô toàn lưu vực nhờ tính khái quát và ổn định, trong khi ARIMAX_SM và ARIMAX_E lại mang tính chuyên biệt và có giá trị cao khi triển khai ở cấp tiểu lưu vực. Đây là cơ sở quan trọng để xây dựng hệ thống dự báo hạn ngắn hạn có khả năng vừa đảm bảo độ tin cậy tổng thể, vừa phản ánh được sự khác biệt không gian trong nội tại của lưu vực sông.

5. KẾT LUẬN

Ý nghĩa của nghiên cứu này không chỉ dừng lại ở việc cải thiện các chỉ số thống kê, mà còn mở rộng sang giá trị ứng dụng trong quản lý tài nguyên nước và phòng chống thiên tai. Đối với nhà quản lý, một hệ thống dự báo hiệu quả phải đảm bảo khả năng vận hành ổn định trong điều kiện biến đổi, chứ không đơn thuần là công cụ tái hiện quá khứ. Kết quả cho thấy việc tích hợp các biến ngoại sinh, đặc biệt từ nguồn viễn thám, đã góp phần nâng cao tính tin cậy và khả năng khái quát hóa, đồng thời khắc phục phần nào hạn chế do thiếu hụt quan trắc mặt đất – một thách thức còn phổ biến tại nhiều lưu vực ở Việt Nam và trên thế giới.

Tổng kết, khung mô hình ARIMAX với sự bổ sung các biến ngoại sinh đã chứng minh ưu thế vượt trội so với ARIMA thuần túy, cả về mặt kỹ thuật lẫn định hướng phát triển. Đây không chỉ là một cải tiến phương pháp, mà còn là cơ sở quan trọng để xây dựng hệ thống dự báo hạn ngắn hạn có tính ứng dụng cao. Việc kết hợp đồng thời các thông tin về mưa, bốc hơi, độ ẩm đất và các chỉ số khí tượng - thủy văn liên

quan sẽ là hướng đi tất yếu, giúp các mô hình vừa duy trì nền tảng thống kê chặt chẽ, vừa phản ánh được cơ chế vật lý nội tại. Điều này mở ra triển vọng phát triển những công cụ dự báo hạn hán đáng tin cậy hơn, phù hợp với bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu ngày càng bất định, và có giá trị thực tiễn trực tiếp đối với công tác quản lý và hoạch định chính sách.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng, Phương pháp nghiên cứu, Phân tích kết quả và Viết bản thảo bài báo: Nguyễn Thành Long; Tính toán: Hoàng Thị Thảo, Nguyễn Hoàng Bách; Xử lý số liệu: Lê Văn Linh, Đỗ Thị Ngọc Bích, Hoàng Bích Ngọc, Nguyễn Hoàng Bách, Nguyễn Thành Long, Lê Thu Hà; Định hướng nghiên cứu và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Tú Anh.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của đề tài khoa học công nghệ cấp cơ sở “Nghiên cứu dự báo hạn hán ngắn hạn dựa trên phương pháp thống kê và không gian địa lý cho lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn” Mã số: CS.2025.30 do Viện Khoa học tài nguyên nước chủ trì thực hiện.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của mình, chưa từng công bố trước đó, không sao chép, đạo văn; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abatzoglou, J., Dobrowski, S., Parks, S., & Hegewisch, K. (2017). Monthly climate and climatic water balance for global terrestrial surfaces from 1958–2015. Northwest Knowledge Network.
2. Bộ Nông nghiệp và Môi trường. (2021). Báo cáo Hiện trạng môi trường quốc gia. NXB Dân Trí.
3. Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). Time series analysis: forecasting and control. John Wiley & Sons.
4. CHIRPS. (2023). Climate hazards group infrared precipitation with station data. In: SERVIR ClimateSERV.
5. Dai, A. (2011). Drought under global warming: a review. WIREs Climate Change, 2(1), 45–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wcc.81>
6. Do, H. X., Le, T. H., Le, M.-H., Nguyen, D. L., & Do, N. C. (2024). Future Changes in Hydro-Climatic Extremes across Vietnam: Evidence from a Semi-Distributed Hydrological Model Forced by Downscaled CMIP6 Climate Data. Water, 16(5).
7. FAO. (2017). Vietnam Drought and Saltwater Intrusion 2015–2016.

8. Gao, Y., Merz, C., Lischeid, G., & Schneider, M. (2018). A review on missing hydrological data processing. *Environmental Earth Sciences*, 77(2), 47.
9. Group, W. B. (2019). Vietnam: Toward a safe, clean, and resilient water system. World Bank.
10. Gruber, A., Scanlon, T., van der Schalie, R., Wagner, W., & Dorigo, W. (2019). Evolution of the ESA CCI Soil Moisture climate data records and their underlying merging methodology. *Earth Syst. Sci. Data*, 11(2), 717-739. <https://doi.org/10.5194/essd-11-717-2019>
11. Gupta, H. V., Kling, H., Yilmaz, K. K., & Martinez, G. F. (2009). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 377(1-2), 80-91.
12. Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M.,...Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999-2049. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/qj.3803>
13. Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
14. IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
15. McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*.
16. Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2011). Drought modeling-A review. *Journal of Hydrology*, 403(1-2), 157-175.
17. Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
18. Seneviratne, S. I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A., Ghosh, S., Iskandar, I., Kossin, J., Lewis, S., Otto, F., Pinto, I., Satoh, M., Vicente-Serrano, S. M., Wehner, M., & Zhou, B. (2021). *Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate Supplementary Material*. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Available from <https://www.ipcc.ch/>
19. Stedinger, J. (1980). Fitting log normal distributions to hydrologic data. *Water Resources Research*, 16(3), 481-490.
20. Stojanovic, M., Liberato, M. L., Sorí, R., Vázquez, M., Phan-Van, T., Duongvan, H., Hoang Cong, T., Nguyen, P. N., Nieto, R., & Gimeno, L. (2020). Trends and extremes of drought episodes in Vietnam sub-regions during 1980–2017 at different timescales. *Water*, 12(3), 813.
21. Svoboda, M. D., & Fuchs, B. A. (2016). *Handbook of drought indicators and indices (Vol. 2)*. World Meteorological Organization Geneva, Switzerland.
22. Todini, E. (2007). Hydrological catchment modelling: past, present and future. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(1), 468-482.
23. Van Tra, T., Thinh, N. X., & Greiving, S. (2018). Combined top-down and bottom-up climate change impact assessment for the hydrological system in the Vu Gia-Thu Bon River Basin. *Science of The Total Environment*, 630, 718-727.
24. Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23(7), 1696-1718.
25. Vicente-Serrano, S. M., Peña-Angulo, D., Beguería, S., Domínguez-Castro, F., Tomás-Burguera, M., Noguera, I., Gimeno-Sotelo, L., & El Kenawy, A. (2022). Global drought trends and future projections. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*, 380(2238), 20210285. <https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0285>
26. Vu, M., Vo, N., Gourbesville, P., Raghavan, S., & Liong, S.-Y. (2017). Hydro-meteorological drought assessment under climate change impact over the Vu Gia-Thu Bon river basin, Vietnam. *Hydrological Sciences Journal*, 62(10), 1654-1668.
27. WMO. (2021). *2021 State of Climate Services: Water*.
28. Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., & Khan, F. I. (2011). A review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19(NA), 333-349.



THU HỒI CHỌN LỌC Fe(III) VÀ Al(III) TỪ DỊCH LỌC Bùn ĐỎ BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÒA TÁCH AXIT VÀ KẾT TỦA HÓA HỌC

TRƯƠNG MẠNH TUẤN¹, LÊ PHÚ ĐÔNG², NGUYỄN NGỌC MINH³, LÊ VĂN GIANG^{1*}

¹Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Khoa Khoa học và Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Lạc Hồng

³Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

Tóm tắt

Việc quản lý bùn đỏ (red mud) vẫn là thách thức lớn trong sản xuất nhôm bền vững. Nghiên cứu này trình bày một quy trình thủy nhiệt-kết tủa có chi phí thấp nhằm thu hồi các hợp chất sắt và nhôm có giá trị công nghiệp từ bùn đỏ. Hơn 90% Fe và Al được hòa tách và kết tủa tuần tự thành Fe(OH)_3 (độ tinh khiết ~94%) và Al(OH)_3 (độ tinh khiết ~98%) với sự hỗ trợ của NaOH. Phân tích tạp chất cho thấy sự hấp phụ SO_4^{2-} là nguyên nhân chính gây nhiễm bẩn còn lại trong Al(OH)_3 . Các sản phẩm thu được có dạng cầu đồng đều (0,2–0,5 mm) và cấu trúc tinh thể rõ rệt, được xác nhận bằng SEM, EDS, XRD và FTIR. Kết quả khẳng định tiềm năng biến bùn đỏ thành nguồn tài nguyên thứ cấp cho công nghiệp hóa chất, đồng thời mở ra hướng đi khả thi về mặt kỹ thuật và kinh tế trong tận dụng chất thải công nghiệp.

Từ khóa: Bùn thải bauxít, thu hồi sắt, thu hồi nhôm, kết tủa hóa học, hòa tách bùn thải.

Ngày nhận bài: 22/8/2025; **Ngày sửa chữa:** 13/9/2025; **Ngày duyệt đăng:** 22/9/2025.

Selective recovery of Fe(III) and Al(III) from red mud leachate via combined neutralization precipitation and acid leaching

Abstract

Bauxite residue (red mud) management remains a critical barrier to sustainable alumina production. Here, we present a cost-effective hydrothermal precipitation strategy to recover industrial grade iron and aluminum compounds from red mud. More than 90% of Fe and Al were extracted, followed by sequential precipitation into Fe(OH)_3 (~94% purity) and Al(OH)_3 (~98% purity) using NaOH. Impurity analysis indicated that SO_4^{2-} adsorption accounted for the residual contamination in Al(OH)_3 . The recovered materials exhibited uniform spherical morphology (0.2–0.5 mm) and well defined crystallinity, as verified by SEM, EDS, XRD, and FTIR. This work provides a scalable pathway to transform red mud into high-value chemical precursors, highlighting its potential as a secondary resource for the chemical industry.

Keywords: Red mud, acid leaching, hydrothermal reaction, precipitation separation, high added value.

JEL Classifications: O13, O44, Q53.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bùn đỏ, chất thải phát sinh từ quy trình Bayer trong sản xuất nhôm, có tỷ lệ phát sinh 0,8–1,5 tấn trên mỗi tấn nhôm và đạt khoảng 120 triệu tấn/năm toàn cầu [1]. Với độ kiềm cao (pH 10–13) [2], việc chất đọng hoặc chôn lấp không chỉ gây rủi ro môi trường mà còn lãng phí nguồn tài nguyên chứa sắt, nhôm, titan và nguyên tố hiếm [3]. Các phương pháp trung hòa bằng nước biển, thạch cao hay bùn thải sinh hoạt [4–6] làm giảm độ kiềm nhưng chi phí cao và phát sinh lượng chất thải lớn.

Nhiều hướng tận dụng bùn đỏ đã được nghiên cứu, như chất hấp phụ, vật liệu xây dựng, hay tác nhân trung hòa [7]. Tuy nhiên, các giải pháp này thường chỉ tiêu thụ một phần nhỏ bùn đỏ và có nguy cơ tạo ô nhiễm thứ cấp [8]. Do đó, thu hồi kim loại có giá trị được coi là chiến lược tiềm năng, với nhiều phương

pháp: tuyển vật lý, thủy luyện, nhiệt luyện, hay kết hợp thủy luyện-nhiệt luyện [9]. Dù vậy, các nghiên cứu trước cho thấy hiệu suất thu hồi sắt và nhôm còn dao động lớn (35–97%), đi kèm chi phí và lượng nước thải cao [10–14].

Để vượt qua hạn chế này, nghiên cứu hiện tại đề xuất một quy trình tích hợp hòa tách thủy nhiệt bằng axit sunfuric thải, oxy hóa bằng H_2O_2 , và kết tủa chọn lọc bằng NaOH nhằm thu hồi Fe và Al với hiệu suất trên 95%. Đồng thời, phần cặn giàu SiO_2 – TiO_2 được định hướng sử dụng cho vật liệu xây dựng. Cách tiếp cận này không chỉ giảm tính kiềm bùn đỏ mà còn đồng thời biến chất thải công nghiệp thành nguồn hóa chất và vật liệu thứ cấp có giá trị, mang lại lợi ích kép về kinh tế và môi trường.

2. QUY TRÌNH THỬ NGHIỆM

2.1. Bùn đỏ

Bùn đỏ được thu thập từ nhà máy alumin tại tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam. Mẫu được sấy ở 100 °C trong 10 h nhằm loại bỏ độ ẩm tự do, sau đó được sử dụng cho các phân tích hóa học. Thành phần nguyên tố chính được xác định bằng quang phổ huỳnh quang tia X (XRF) (Bảng 1), trong khi pha khoáng được nhận diện thông qua nhiễu xạ tia X (XRD). Kết quả cho thấy RM chứa 46,4–56 % Fe, 16,9–20 % Al₂O₃ và khoảng 5,5 % TiO₂, với các khoáng chủ yếu là hematit và goethit.

2.2. Quy trình thí nghiệm thu hồi Fe và Al

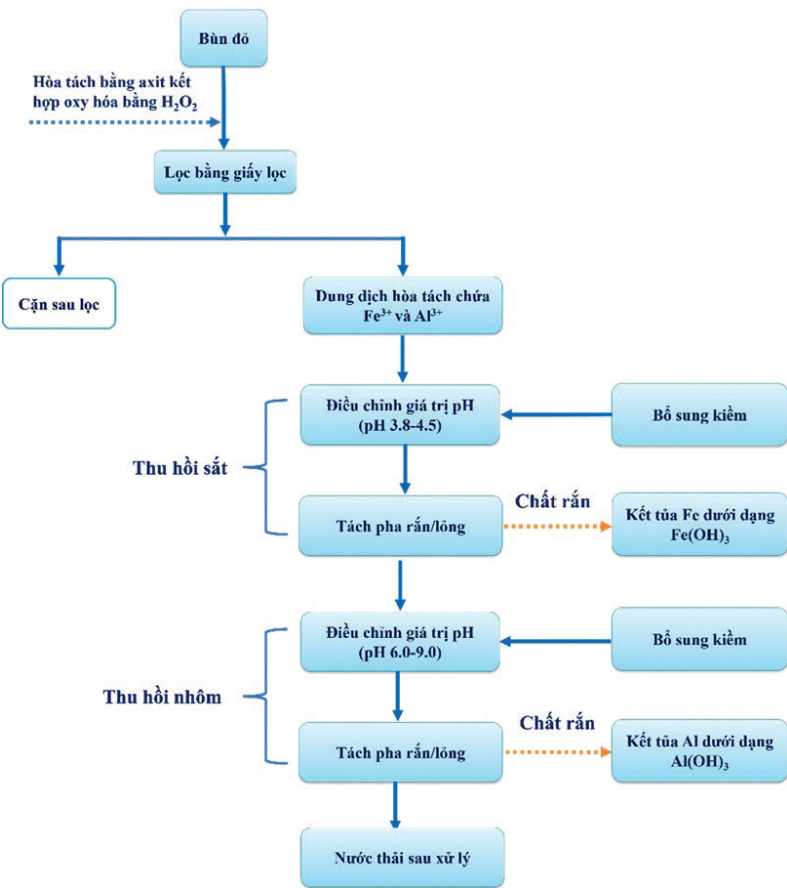
Sơ đồ công nghệ được minh họa trong Hình 1. Bùn đỏ được hòa tách trong dung dịch axit kết hợp H₂O₂ nhằm giải phóng ion kim loại. Sau khi lọc, dung dịch chứa chủ yếu Fe³⁺ và Al³⁺. Fe được thu hồi trước bằng cách điều chỉnh pH về 3,8–4,5, tạo kết tủa Fe(OH)₃, sau đó tách pha rắn–lỏng để thu sản phẩm giàu sắt. Dung dịch sau tách Fe tiếp tục được nâng pH lên 6,0–9,0, kết tủa Al dưới dạng Al(OH)₃, rồi tách pha rắn–lỏng. Nước thải cuối cùng đạt tiêu chuẩn xả thải, có thể loại bỏ an toàn. Quy trình hai giai đoạn này cho phép tách chọn lọc hiệu quả, hạn chế nhiễm chéo, và nâng cao độ tinh khiết của sản phẩm.

2.3. Xử lý mẫu và phân tích kim loại

Các mẫu rắn được hong khô tự nhiên, nghiền nhỏ theo tiêu chuẩn TCVN 6647:2007, sau đó bảo quản trong điều kiện khô ráo cho đến khi phân tích. Mẫu nước được axit hóa bằng HNO₃ để ngăn kết tủa kim loại. Các kết tủa Fe và Al được phân hủy trong HNO₃ đậm đặc, pha loãng đến 200 mL trước khi phân tích. Nồng độ ion kim loại được xác định bằng ICP–MS (iCAP RQ, Thermo Scientific, Đức). Giá trị pH, thế oxy hóa–khử (ORP) và nồng độ oxy hòa tan (DO) được đo tại hiện trường bằng pH/ORP meter đa kênh AZ8601 và DO meter WTW ProfiLine Oxi 3210 (Đức). Cấu trúc tinh thể được xác định bằng nhiễu xạ tia X (XRD, DX III, Rigaku, Nhật Bản; CuKα, λ =

Bảng 1. Thành phần hóa học của bùn đỏ (wt, %)

Thành phần	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Na ₂ O	CaO	Khác
Phần trăm (%)	46,4 - 56	16,9-20	6,60	5,48	3,06	4,48	17,06



Hình 1. Sơ đồ quy trình thu hồi các nguyên tố kim loại có giá trị (Fe, Al) từ bùn đỏ thông qua các bước hòa tách thủy nhiệt, oxy hóa và kết tủa chọn lọc

1,5406 Å, 10–70° 2θ, tốc độ quét 0,06°/s). Hình thái bề mặt và thành phần nguyên tố được khảo sát bằng hiển vi điện tử quét (SEM, JOEL JXA-840, Nhật Bản; HITACHI S4100, Nhật Bản) kết hợp phân tích tán xạ năng lượng (EDS, LINKS AN10000/85S, Nhật Bản). Trước khi phân tích, các mẫu rắn được sấy chân không ở 60°C trong 8 h. Độ tin cậy phương pháp được đánh giá thông qua lặp mẫu, thêm chuẩn và xác định giới hạn phát hiện (LOD) – giới hạn định lượng (LOQ). Các phép đo lặp và hồi phục đạt yêu cầu (<10% RPD, độ thu hồi trong khoảng cho phép), đảm bảo tính chính xác và tái lập.

2.4. Hiệu suất thu hồi kim loại (Metal recovery, R)

Hiệu suất thu hồi (R) biểu thị tỷ lệ kim loại được loại bỏ khỏi dung dịch và kết tủa dưới dạng hydroxide. Chỉ số này được tính theo công thức (1). Chỉ số này được xác định theo công thức (1):

$$R=\frac{C_0-C_{out}}{C_0} \times 100\%$$

Trong đó:
C0: nồng độ ban đầu của kim loại trong dung dịch hòa tách (mg/L);
Cout: nồng độ kim loại trong dung dịch sau khi điều chỉnh pH (mg/L).



2.5. Độ tinh khiết kết tủa (Precipitate purity, P)

Độ tinh khiết (P) được định nghĩa là tỷ lệ phần trăm khối lượng của kim loại mục tiêu trong tổng lượng kim loại kết tủa tại một điều kiện pH nhất định, xác định theo công thức (2):

$$P = \frac{c_i}{\sum_{j=1}^n c_j} \times 100\%$$

Trong đó:

C_i: lượng kim loại mục tiêu kết tủa tại một lần điều chỉnh pH;

$\sum_{j=1}^n c_j$: tổng lượng tất cả các kim loại kết tủa tại cùng điều kiện.

Các kết quả R và P được sử dụng để đánh giá đồng thời hiệu quả và tính chọn lọc của quy trình tách chiết kim loại từ bùn đỏ.

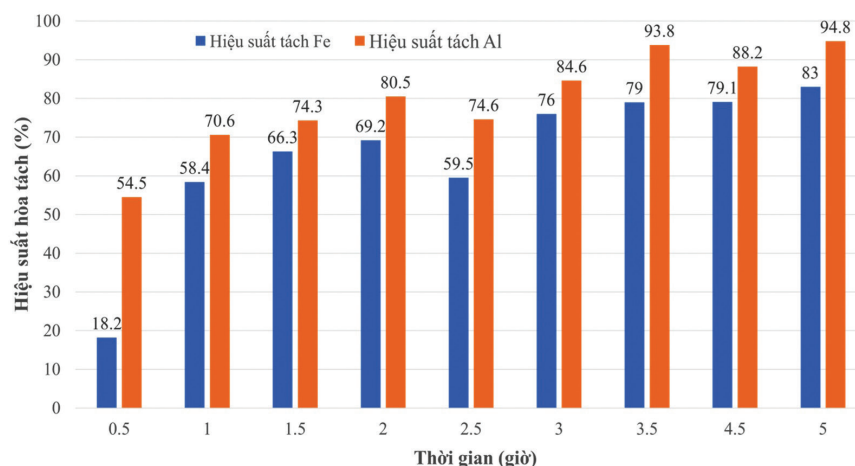
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất hòa tách

Hiệu suất hòa tách Fe và Al từ bùn đỏ được khảo sát trong khoảng 0,5–5 h ở điều kiện: H₂SO₄ 37%, tỉ lệ S/L 1:5, tốc độ khuấy 120 rpm và nhiệt độ 75°C. Kết quả (Hình 2) cho thấy hiệu suất tăng theo thời gian, đạt 83% đối với Fe và 94,8% đối với Al sau 5 h. Điều này chứng tỏ Fe và Al có khả năng hòa tan cao và phản ứng đạt gần trạng thái cân bằng sau 5 h.

Đáng chú ý, sự hòa tan Ti tăng khi kéo dài thời gian phản ứng, trong khi Si không thể hiện xu hướng rõ ràng. Hiện tượng này phù hợp với các nghiên cứu trước [15, 16], vốn chỉ ra rằng Fe và Al dễ hòa tan hơn trong môi trường axit, trong khi Ti chủ yếu tồn tại dưới dạng khoáng bền (rutile, anatase) nên ít bị tách chiết ở thời gian ngắn. Việc kéo dài phản ứng làm gia tăng nguy cơ hòa tan Ti, ảnh hưởng đến độ chọn lọc nếu tiếp tục xử lý ở quy mô lớn.

So sánh với các nghiên cứu trước đó, tỷ lệ thu hồi Fe và Al trong nghiên cứu này (83% và 94,8%) nằm trong khoảng cao của giá trị tham khảo, đồng thời đạt được ở điều kiện phản ứng tương đối nhẹ (75 °C, 5 h). Như vậy, thời gian phản ứng 5 h được xác định là tối ưu, cân bằng giữa hiệu suất hòa tách và hạn chế sự hòa tan các nguyên tố không mong



Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến hiệu suất hòa tách Fe và Al từ bùn đỏ

Bảng 2. Trình bày nồng độ tổng số các nguyên tố trong mẫu bùn đỏ sau khi phân hủy axit và phân tích bằng ICP-MS

Thành phần	pH	Mg	Al	Fe	Ca	SO ₄ ²⁻	Zn	Ni
Đơn vị	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Nồng độ	6,8	42,6	339,5	423	188	1850	16,5	5,26

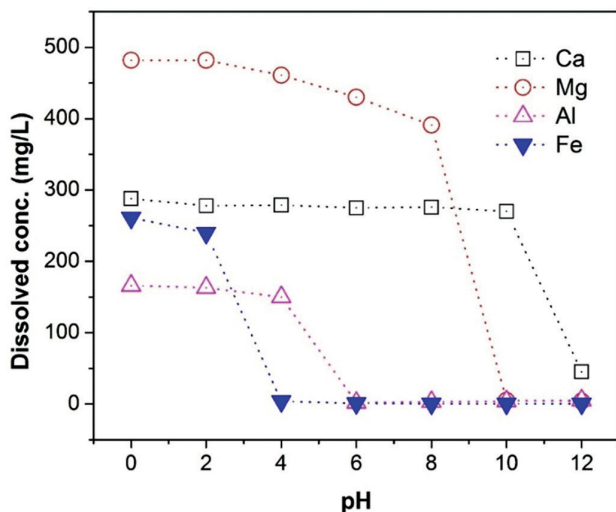
muốn. Nồng độ kim loại trong dung dịch sau 5 h phản ứng được trình bày trong Bảng 2.

3.2. Ảnh hưởng của pH đến độ hòa tan kim loại

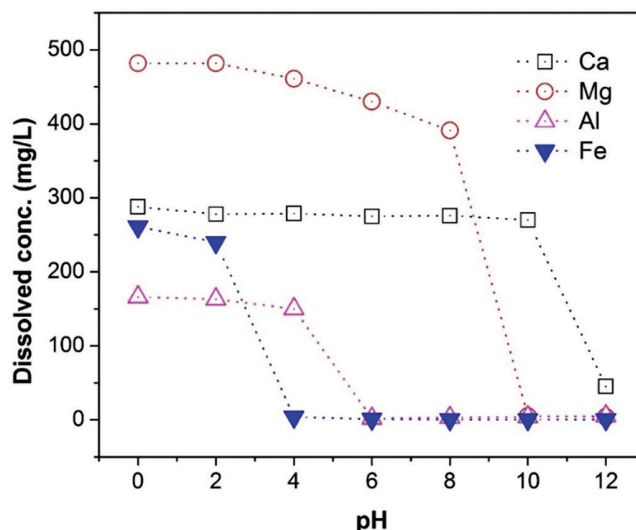
Hình 3 trình bày sự thay đổi nồng độ hòa tan của Fe, Al, Ca và Mg theo pH trong dung dịch hòa tách bùn đỏ. Kết quả cho thấy pH là yếu tố quyết định sự hòa tan và kết tủa của Fe và Al, trong khi Ca và Mg ít biến động hơn ở vùng pH axit đến trung tính. Cụ thể, Fe³⁺ bắt đầu kết tủa từ pH ~3,0 và gần như loại bỏ hoàn toàn ở pH ≥ 4,0. Al³⁺ ổn định đến khoảng pH 5,0, sau đó giảm nhanh và đạt mức kết tủa gần hoàn toàn tại pH 6,0–7,0. Ở môi trường kiềm mạnh (pH ≥ 10), nồng độ Al tăng trở lại, phản ánh hiện tượng tái hòa tan do hình thành aluminat [Al(OH)₄]⁻. Trong khi đó, Mg²⁺ duy trì ổn định đến pH ~8,0 rồi bắt đầu kết tủa, còn Ca²⁺ chỉ giảm rõ ở pH ~11,0. Những kết quả này chứng tỏ rằng Fe có thể được loại bỏ hiệu quả trong khoảng pH 3,5–4,0, trong khi Al tách chọn lọc ở pH 6,0–7,0. Cách tiếp cận theo từng giai đoạn pH không chỉ nâng cao hiệu quả thu hồi mà còn hạn chế sự kết tủa đồng thời của Ca và Mg, từ đó cải thiện độ tinh khiết của sản phẩm. Xu hướng quan sát này phù hợp với các nghiên cứu trước về hành vi hòa tan của Fe, Al và các kim loại kiềm thổ trong bùn đỏ [15, 16], đồng thời củng cố cơ sở khoa học cho việc áp dụng phương pháp trung hòa phân đoạn trong xử lý quy mô lớn.

3.3. Ảnh hưởng của pH đến hiệu quả thu hồi và độ tinh khiết của Fe

Hình 4 minh họa mối quan hệ giữa pH và hai chỉ số: hiệu suất thu hồi (Fe recovery) và độ tinh khiết kết tủa (Fe purity). Khi pH tăng từ 2 đến 3,5, hiệu suất thu hồi Fe tăng nhanh, đạt >98% ở pH ≥ 3,5, cho thấy quá trình kết tủa Fe(OH)₃ diễn ra hiệu quả trong môi trường hơi



Hình 3. Độ hòa tan của các kim loại chính (Fe, Al, Ca, Mg) trong dung dịch hòa tách bùn đỏ theo giá trị pH



Hình 4. Ảnh hưởng của pH trung hòa đến hiệu suất thu hồi và độ tinh khiết của kết tủa $\text{Fe}(\text{OH})_3$

axit đến trung tính nhẹ. Tuy nhiên, độ tinh khiết của kết tủa giảm đáng kể khi pH vượt quá 3,5, do sự đồng kết tủa của các ion khác, đặc biệt là Al^{3+} . Trong khoảng pH 3,5–4,0, sự cân bằng giữa hiệu suất và độ tinh khiết đạt mức tối ưu: hiệu suất >98,6% trong khi độ tinh khiết vẫn duy trì trên 93,4%. Nếu pH tiếp tục tăng (>4), độ tinh khiết giảm nhanh xuống dưới 80% mặc dù hiệu suất vẫn gần cực đại. Kết quả này chứng tỏ rằng pH là thông số quyết định trong quá trình thu hồi Fe. Khoảng pH 3,5–4,0 được xác định là điều kiện tối ưu, vừa đảm bảo hiệu suất cao vừa duy trì chất lượng sản phẩm phù hợp cho ứng dụng công nghiệp. Sự suy giảm nồng độ Al ở pH cao hơn phản ánh quá trình kết tủa đồng thời $\text{Al}(\text{OH})_3$ cùng với $\text{Fe}(\text{OH})_3$, làm giảm độ chọn lọc của sản phẩm và có thể hạn chế tiềm năng ứng dụng sau này.

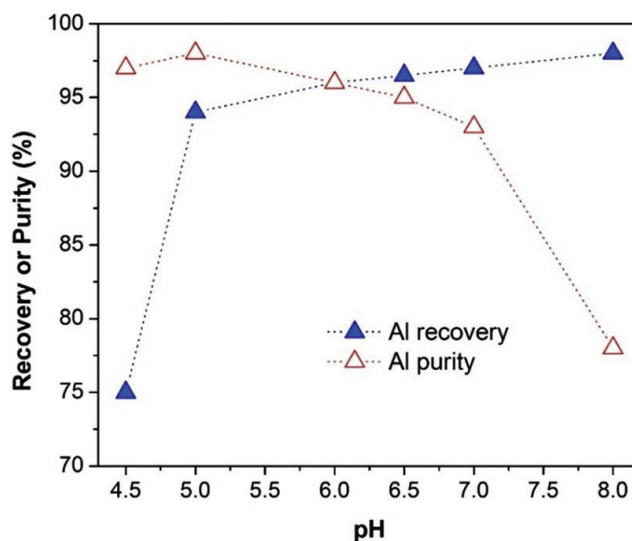
3.4. Đặc trưng hình thái, cấu trúc tinh thể và thành phần nguyên tố của kết tủa Fe

Hình 5 trình bày kết quả SEM, XRD và EDS của kết tủa Fe thu hồi từ bùn đỏ. Ảnh SEM ở độ phóng đại 5.000 lần (Hình 5a) cho thấy sản phẩm có dạng khối không đồng nhất, bề mặt xốp và cấu trúc hạt kết tụ. Ở độ phóng đại cao hơn (20.000 lần, Hình 5b), hạt kết tủa có hình thái dạng vảy, phân bố không đều và xuất hiện các tinh thể nhỏ bám trên bề mặt – đặc trưng của sự hình thành $\text{Fe}(\text{OH})_3$ trong điều kiện trung hòa–oxy hóa. Giản đồ XRD (Hình 5c) xác nhận pha tinh thể chính là $\text{Fe}(\text{OH})_3$, với các pic trùng khớp dữ liệu chuẩn (PDF#22-0346). Điều này chứng minh phần lớn sắt đã được kết tủa dưới dạng hydroxide ổn định, có tiềm năng ứng dụng trong xử lý môi trường hoặc làm nguyên liệu thứ cấp. Phổ EDS (Hình 5d) cho thấy sắt chiếm 11,15 at.% và oxy

43,51 at.%, phù hợp với sự tồn tại của $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Sự hiện diện của Mg, Na, Si, Ca và một lượng nhỏ Al phản ánh hiện tượng đồng kết tủa tạp chất. Hàm lượng cacbon phát hiện được có thể do nền mẫu hoặc quá trình chuẩn bị mẫu. Tổng hợp kết quả SEM, XRD và EDS cho thấy quy trình trung hòa đã thu hồi thành công Fe từ dung dịch bùn đỏ dưới dạng hydroxide có cấu trúc tinh thể rõ rệt. Tuy nhiên, sự đồng kết tủa của một số kim loại khác vẫn ảnh hưởng đến độ tinh khiết, cần được tối ưu hóa ở các bước xử lý tiếp theo để nâng cao chất lượng sản phẩm.

3.5. Ảnh hưởng của pH đến hiệu quả thu hồi và độ tinh khiết của Al

Hình 6 thể hiện sự biến đổi hiệu suất thu hồi (Al recovery) và độ tinh khiết (Al purity) của kết tủa $\text{Al}(\text{OH})_3$ theo pH trung hòa. Kết quả cho thấy quá

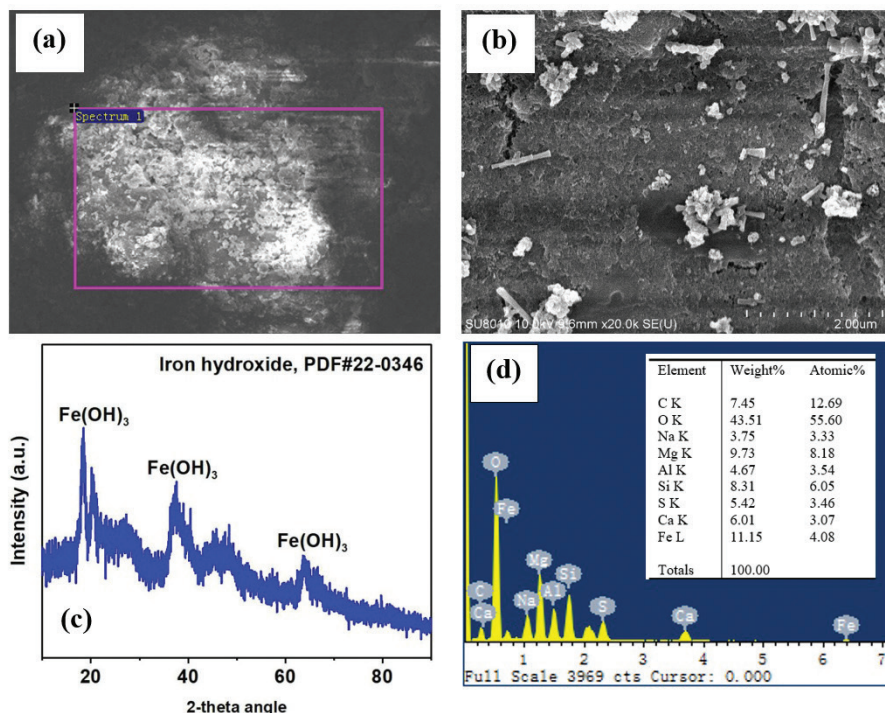


Hình 6. Ảnh hưởng của pH trung hòa đến hiệu suất thu hồi và độ tinh khiết của kết tủa $\text{Al}(\text{OH})_3$

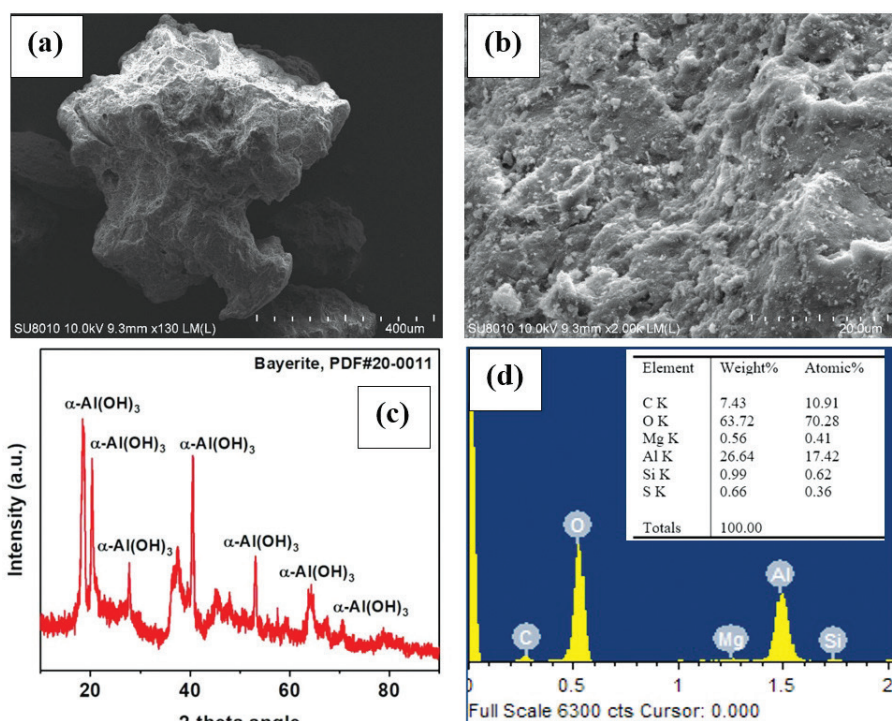
trình kết tủa nhôm phụ thuộc mạnh vào pH và cần lựa chọn khoảng giá trị thích hợp để đạt đồng thời hiệu suất cao và độ tinh khiết tốt. Tại pH 4,5, hiệu suất thu hồi Al chỉ đạt ~75%, phản ánh phần lớn nhôm vẫn ở trạng thái hòa tan. Khi pH tăng lên 5,0–6,5, hiệu suất thu hồi tăng nhanh và vượt 95%, trong khi độ tinh khiết duy trì ở mức 92–97%. Đây được xác định là vùng pH tối ưu để thu hồi $\text{Al}(\text{OH})_3$ với chất lượng sản phẩm cao. Ngược lại, khi $\text{pH} > 7,0$, độ tinh khiết giảm đáng kể mặc dù hiệu suất vẫn ở mức cao, chủ yếu do sự đồng kết tủa của Ca^{2+} và Mg^{2+} cùng với sự tái hòa tan một phần Al ở dạng aluminat $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ trong môi trường kiềm mạnh ($\text{pH} \geq 8,0$). Kết hợp với dữ liệu về hành vi hòa tan kim loại (Hình 3), khoảng pH 6,0–7,0 được xác định là điều kiện tối ưu cho quá trình thu hồi Al, vừa đảm bảo hiệu suất cao (>95%), vừa duy trì độ tinh khiết thích hợp cho ứng dụng công nghiệp.

3.6. Đặc trưng hình thái, cấu trúc tinh thể và thành phần nguyên tố của kết tủa Al

Hình 7 trình bày kết quả SEM, XRD và EDS của sản phẩm Al thu hồi từ dung dịch bùn đỏ. Ảnh SEM ở độ phóng đại thấp (Hình 7a, $\times 130$) cho thấy các hạt kết tủa có dạng khối lớn, hình cầu bất định với bề mặt gồ ghề và cấu trúc xốp. Ở độ phóng đại cao hơn (Hình 7b, $\times 2000$), quan sát thấy dấu hiệu kết tinh từng phần với các khe nứt và lớp phủ dạng màng, phản ánh quá trình kết tụ và nén hạt trong dung dịch giàu ion. Giản đồ XRD (Hình 7c) xác nhận pha



Hình 5. Phân tích đặc trưng của kết tủa Fe: (a) ảnh SEM ở độ phóng đại 5.000 lần, (b) ảnh SEM ở độ phóng đại 20.000 lần, (c) giản đồ XRD xác nhận pha $\text{Fe}(\text{OH})_3$, và (d) phổ EDS thể hiện thành phần nguyên tố đi kèm



Hình 7. Phân tích đặc trưng của kết tủa Al sau khi thu hồi bằng Jartest: (a) ảnh SEM ở độ phóng đại $\times 130$, (b) ảnh SEM ở độ phóng đại $\times 2000$, (c) giản đồ XRD xác nhận pha $\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$, và (d) phổ EDS thể hiện thành phần nguyên tố

tinh thể chính là $\alpha\text{-Al(OH)}_3$ (bayerite), với các đỉnh đặc trưng trùng khớp dữ liệu chuẩn (PDF#20-0011). Sự hình thành bayerite cho thấy quá trình trung hòa–kết tủa đã tạo được dạng hydroxide ổn định của nhôm, có tiềm năng ứng dụng trong hấp phụ hoặc sản xuất Al_2O_3 . Phổ EDS (Hình 7d) cho thấy Al chiếm 26,64 wt.% (17,42 at.%), kết hợp với O (70,28%), phù hợp với công thức hóa học Al(OH)_3 . Một lượng vết Mg, Si và S phản ánh sự đồng kết tủa của tạp chất từ dung dịch, trong khi C có thể bắt nguồn từ nền hoặc quá trình chuẩn bị mẫu. Tổng hợp kết quả SEM, XRD và EDS chứng minh quá trình Jar test đã thu hồi thành công Al dưới dạng $\alpha\text{-Al(OH)}_3$ có cấu trúc tinh thể rõ rệt và độ tinh khiết cao, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh khả năng thu hồi đồng thời Fe và Al từ dung dịch hòa tách bùn đỏ thông qua quá trình kết tủa chọn lọc theo pH. Fe được tách hiệu quả ở pH 3,5–4,0 với hiệu suất 97,6% và độ tinh khiết 93,4%, trong khi Al được thu hồi tối ưu tại pH 6,0–7,0 với hiệu suất 99,2% và độ tinh khiết 98,5%. Các kim loại khác (Ca, Mg) chủ yếu duy trì ở dạng hòa tan trong khoảng pH này, giúp nâng cao tính chọn lọc của quy trình. Ưu điểm nổi bật của phương pháp là dễ dàng tích hợp vào hệ thống trung hòa nước thải sau hòa tách hiện có, với chi phí vận hành thấp nhờ sử dụng các chất kiềm phổ biến như NaOH hoặc NH_3 . Ngoài ra, việc bổ sung tác nhân oxy hóa có thể tăng cường hiệu quả chuyển $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$, qua đó cải thiện độ tinh khiết sản phẩm. Kết quả này mở ra tiềm năng ứng dụng quy mô công nghiệp cho việc biến bùn đỏ – một chất thải rắn nguy hại – thành nguồn nguyên liệu thứ cấp cho luyện kim và hóa chất, đồng thời đáp ứng yêu cầu xả thải theo QCVN 40:2025/BNN&MT.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi nhiệm vụ khoa học QG.23.78 của Đại học Quốc gia Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Y. Jiang, P. Ning, *An overview of comprehensive utilization of red mud from aluminum production*, *Environ. Sci. Technol.*, 1 (2003) 40-42.
2. M.A. Khairul, J. Zanganeh, B. Moghtaderi, *The composition, recycling and utilisation of Bayer red mud*, *Resources, Conservation and Recycling*, 141 (2019) 483-498.
3. H.I. Gomes, W.M. Mayes, M. Rogerson, D.I. Stewart, I.T. Burke, *Alkaline residues and the environment: a review of impacts, management practices and opportunities*, *Journal of Cleaner Production*, 112 (2016) 3571-3582.
4. N. Menzies, I. Fulton, W. Morrell, *Seawater neutralization of alkaline bauxite residue and implications for revegetation*, *Journal of Environmental Quality*, 33 (2004) 1877-1884.
5. A. Xenidis, A. Harokopou, E. Mylona, G. Brofas, *Modifying alumina red mud to support a revegetation cover*, *JOM*, 57 (2005) 42-46.
6. A. Bhatnagar, V.J. Vilar, C.M. Botelho, R.A. Boaventura, *A review of the use of red mud as adsorbent for the removal of toxic pollutants from water and wastewater*, *Environmental technology*, 32 (2011) 231-249.
7. Y. Liu, R. Naidu, *Hidden values in bauxite residue (red mud): Recovery of metals*, *Waste management*, 34 (2014) 2662-2673.
8. C. Klauber, M. Gräfe, G. Power, *Bauxite residue issues: II. options for residue utilization*, *Hydrometallurgy*, 108 (2011) 11-32.
9. Z. Liu, H. Li, *Metallurgical process for valuable elements recovery from red mud—A review*, *Hydrometallurgy*, 155 (2015) 29-43.
10. Y. Li, J. Wang, X. Wang, B. Wang, Z. Luan, *Feasibility study of iron mineral separation from red mud by high gradient superconducting magnetic separation*, *Physica C: superconductivity*, 471 (2011) 91-96.
11. D. Debadatta, K. Pramanik, *A study on chemical leaching of iron from red mud using sulphuric acid*, *Research Journal of Chemistry and Environment*, 17 (2013) 50-56.
12. D. Uzun, M. Gulfen, *Dissolution kinetics of iron and aluminium from red mud in sulphuric acid solution*, *Indian Journal of Chemical Technology*, 14 (2007) 263.
13. P. Davris, E. Balomenos, D. Panias, I. Paspaliaris, *Selective leaching of rare earth elements from bauxite residue (red mud), using a functionalized hydrophobic ionic liquid*, *Hydrometallurgy*, 164 (2016) 125-135.
14. K. Jayasankar, P. Ray, A. Chaubey, A. Padhi, B. Satapathy, P. Mukherjee, *Production of pig iron from red mud waste fines using thermal plasma technology*, *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*, 19 (2012) 679-684.
15. R.A. Pepper, S.J. Couperthwaite, G.J. Millar, *Comprehensive examination of acid leaching behaviour of mineral phases from red mud: Recovery of Fe, Al, Ti, and Si*, *Minerals Engineering*, 99 (2016) 8-18.
- [16] Y. Çengelöğlu, E. Kır, M. Ersöz, *Recovery and concentration of Al (III), Fe (III), Ti (IV), and Na (I) from red mud*, *Journal of Colloid and Interface Science*, 244 (2001) 342-346.



ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ ẢNH HƯỞNG MÔI TRƯỜNG TRÊN CƠ SỞ NGHIÊN CỨU ĐỊA HÓA ĐẤT VÀ VỎ PHONG HÓA KHU VỰC HÀM YÊN - BA BỂ

VŨ XUÂN LỰC¹, NGUYỄN VĂN NIỆM², NGUYỄN KHẮC GIẢNG³, NGUYỄN THỊ THỤC ANH³,
TRẦN VĂN THÀNH¹, ĐỖ ĐỨC NGUYỄN²

¹ Liên đoàn Bản đồ và Địa chất biển miền Bắc

² Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản Việt Nam

³ Viện Địa hóa, môi trường và Phát triển bền vững

Tóm tắt

Khu vực Hàm Yên - Ba Bể nằm trong vùng có cấu trúc địa chất phức tạp, được cấu thành bởi nhiều đối tượng địa chất khác nhau, các đá bị phong hóa mạnh, nhiều khu vực tạo vỏ phong hóa có chiều dày khá lớn. Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong đất và vỏ phong hóa của khu vực có sự tập trung, tích tụ cao của nhiều nguyên tố có khả năng ảnh hưởng đến môi trường như Pb, Zn, Cu, Cd, As, Cr, Ni... trong nhiều đối tượng địa chất khác nhau. Tùy theo tuổi (hệ tầng, phức hệ) mà mỗi đối tượng nêu trên phổ biến loại nguyên tố và hàm lượng khác nhau. Đây là dấu hiệu về khả năng có thể có nguy cơ ảnh hưởng đến môi trường trong khu vực. Kết quả nghiên cứu cũng đã xác định được mối liên quan khá chặt chẽ của các vành phân tán và các nguyên tố tích tụ cao trong vỏ phong hóa trên với nhiều yếu tố như thạch học - địa tầng, magma, đứt gãy, uốn nếp, địa hình, địa mạo, đặc điểm phân bố quặng gốc trong khu vực. Trên cơ sở tiêu chí về đặc điểm địa hóa đất (các vành phân tán); địa hóa vỏ phong hóa (mức độ tích tụ các nguyên tố); tiền đề (thạch học - địa tầng, magma, cấu trúc, địa hình - địa mạo) và dấu hiệu (điểm lộ quặng, các đới biến đổi...) cũng như mức độ vượt giới hạn theo quy định hiện hành của chúng, nhóm nghiên cứu dự kiến phân chia các vùng trong khu vực ra những mức độ có nguy cơ bị ô nhiễm khác nhau như sau: (i) Vùng có nguy cơ rất cao (Đồng Lạc, Bằng Lũng) với nguyên tố Pb, As, Zn, Cd, Cu, Ni, (Cr); (ii) Vùng có nguy cơ cao (Ngọc Hội, Hàm Yên, Linh Thông) với nguyên tố As, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr; (iii) Vùng có nguy cơ (Bản Ba, Quang Minh, Năng Khả, Hòa An) với các nguyên tố As, Cu, Cr Pb, Zn. Những kết quả nghiên cứu đã thu nhận được là cơ sở để khoanh định diện tích cần được tiếp tục điều tra, đánh giá để xác định mức độ ảnh hưởng lên môi trường và đưa ra biện pháp phòng tránh trong tương lai.

Từ khóa: Địa hóa đất, vỏ phong hóa, ô nhiễm kim loại nặng, vành phân tán địa hóa, đánh giá rủi ro môi trường, thạch học và địa tầng, tích tụ nguyên tố, phân vùng ô nhiễm.

Ngày nhận bài: 5/8/2025; **Ngày sửa chữa:** 29/8/2025; **Ngày duyệt đăng:** 19/9/2025.

Assessment of environmental impact risks based on soil geochemistry and weathering crust research in Ham Yen - Ba Be area

Abstract

Ham Yen - Ba Be area is located in a complex geological structure, composed of many different geological objects, strongly weathered rocks, many areas creating weathering crusts with quite large thickness. Research results show that in the soil and weathering crust of the area, there is a high concentration and accumulation of many elements that can affect the environment such as Pb, Zn, Cu, Cd, As, Cr, Ni, ... in many different geological objects. In each of the above objects, depending on the age (formation, complex), the common types of elements and their content are different. These are signs of the potential risk of affecting the environment in the area. Research results have also identified a fairly close relationship between the dispersion rings and highly accumulated elements in the above weathering crust with factors such as lithology-stratigraphy, magma, faults, folds, topography, geomorphology, and distribution characteristics of original ores in the area. Based on the criteria of soil geochemical characteristics (dispersion rings), weathering crust geochemistry (level of element accumulation) and premises (lithology-stratigraphy, magma, structure, topography-geomorphology), signs (ore exposures, transformation zones, ...), as well as the level of exceeding the limits according to their current regulations, the authors plan to divide the areas in the region into different levels of risk of contamination as follows: Very high risk areas: including Dong Lac, Bang Lung areas with elements Pb, As, Zn, Cd, Cu, Ni, (Cr). High risk areas: including Ngọc Hoi, Ham Yen, Linh Thong areas with high risk of elements As, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr. Risk areas: including Ban Ba, Quang Minh, Nang Kha, Hoa An areas with risk of elements As, Cu, Cr Pb, Zn. The obtained studies are the basis for delineating areas that need further investigation and assessment to determine the level of environmental impact and propose preventive measures.

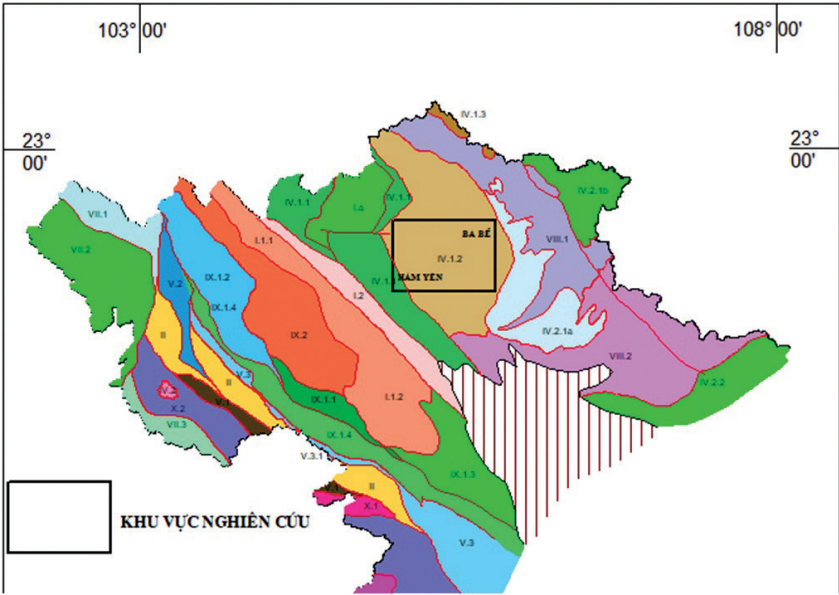
Keywords: Soil geochemistry, weathering crust, heavy metal contamination, geochemical dispersion halo, environmental risk assessment, lithology and stratigraphy, element accumulation, contamination zoning.

Classification: O13, Q51, R11.

1. MỞ ĐẦU

Trong những năm qua, trên thế giới, nhiều nghiên cứu về địa hóa đất và vô phong hóa, phục vụ lĩnh vực tìm kiếm, thăm dò khoáng sản cũng như quản lý môi trường đã được thực hiện và áp dụng rộng rãi. Điển hình như Butt C., 2015 đã khái quát các cơ sở của phương pháp thăm dò vô phong hóa để áp dụng cho vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới. Ashoke K. Talapatra, 2020 thì đề cập đến phương pháp tìm kiếm quặng ẩn thông qua vô phong hóa. Dimitrios E. và nnk, 2021 lại giới thiệu nguyên tắc đo vẽ bản đồ sử dụng đất bền vững trên cơ sở các thông số địa hóa. Paul Alexandre, 2021 khi tổng kết các công tác địa hóa tìm kiếm đã khẳng định rằng các phương pháp nghiên cứu địa hóa, trong đó có địa hóa vô phong hóa là một trong những phương tiện trợ giúp đắc lực trong tìm kiếm, thăm dò khoáng sản. Nhiều công trình nghiên cứu gần đây của De Caritat P et al., 2017; Rajkumar H., Naik P.K., Rishi M.S., 2018; Ahmed Saleh et al., 2019; Imran Khan, Bharat C. Choudhary, Saifi Izhar et al., 2023; Li, P.; Gong, Q và nnk., 2024; Yuchen Yan et al., 2025 cũng khẳng định tính hiệu quả của của việc ứng dụng địa hóa vô phong hóa và địa hóa đất trong các lĩnh vực tìm kiếm khoáng sản và môi trường.

Tại Việt Nam, nghiên cứu địa hóa đất và địa hóa vô phong hóa bắt đầu được áp dụng những năm gần đây trong các công trình nghiên cứu địa chất, tìm kiếm và đo vẽ bản đồ địa chất, quản lý tài nguyên môi trường với các công bố của các tác giả thuộc Viện Địa chất - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản; Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam; Đại học Mỏ - Địa chất; Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia Hà Nội)... Trong đó có thể kể đến các





khai thác nhiều điểm quặng Pb-Zn thì số người bị máu nhiễm chì, xương khớp tăng khá cao, phù hợp với kết quả nghiên cứu. Từ nhu cầu chung và đặc điểm tại khu vực nêu trên, Đề tài “Nghiên cứu đề xuất quy định kỹ thuật lập bản đồ địa hóa đất và vỏ phong hóa đa mục tiêu tỷ lệ 1/250.000” đã chọn khu vực làm vùng áp dụng thử nghiệm, tiến hành lấy mẫu địa hóa đất theo mạng lưới tuyến tỷ lệ 1:250.000 tại khu vực Hàm Yên (khối cấu trúc Sông Lô) (Hình 1) và lộ trình khảo sát địa chất lấy mẫu địa hóa mặt cắt vỏ phong hóa trên các mặt cắt đại diện cũng như đầy đủ, qua nhiều đối tượng địa chất khác nhau của các khối cấu trúc. Mục đích nhằm chính xác hóa lại các kết quả địa hóa đất đã có; sơ bộ nhận định mức độ nguy cơ ô nhiễm môi trường (ÔNMT) trong khu vực trên cơ sở các kết quả mẫu phân tích có độ tin cậy cao (ICP-MS, ICP đồng thời 36 nguyên tố, quang phổ plasma) kết hợp các phương pháp xử lý hiện đại.

Kết quả của Đề tài đã ghi nhận có sự tập trung của nhiều vành phân tán các nguyên tố có thể gây ảnh hưởng đến môi trường như Cu, Pb, Zn, As, Cd, Cr, Ni; nghi nhận sự tăng cao của nhiều nguyên tố nêu trên trong nhiều kiểu vỏ phong hóa khác nhau, đáng chú ý là tại khu vực Đông Nam khối Ba Bể, một số nguyên tố có sự tăng cao so với giới hạn cho phép rất nhiều lần như Pb, Zn, As.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ CƠ SỞ TÀI LIỆU

2.1. Phương pháp

- *Thu thập, tổng hợp tài liệu:* Nhóm nghiên cứu đã thu thập, tổng hợp, phân tích, xử lý toàn bộ tài liệu về cấu trúc địa chất, thành tạo địa chất, vỏ phong hóa, khoáng sản, địa hóa của các công trình lập bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000, 1:50.000...; tài liệu về đánh giá, thăm dò khoáng sản; tài liệu nghiên cứu chuyên sâu về địa hóa đất trong khu vực về khoáng sản, môi trường, đất nông nghiệp. Kết quả tổng hợp đã chỉ ra ở một số khu vực (Chợ Đồn, Bản Thi, Hàm Yên...) có nhiều nguyên tố tích tụ cao trong đất có thể liên quan đến khoáng sản, ảnh hưởng đến môi trường, cây trồng.

- *Khảo sát:* Nhóm nghiên cứu đã tiến hành nhiều lộ trình khảo sát để thu thập các mặt cắt vỏ phong hóa theo tuyến có hướng vuông góc với phương cấu trúc, qua tất cả mọi đối tượng địa chất và bậc địa hình khác nhau. Kết quả đã phân chia chi tiết được đá gốc và các kiểu vỏ phong hóa liên quan cũng như mặt cắt của chúng cho từng đối tượng địa chất (lục nguyên biến chất cao, lục nguyên hạt mịn, lục nguyên carbonat...) cho một số bậc địa hình khác nhau và lấy mẫu phân tích.

- *Lấy mẫu và phân tích mẫu:* Nhóm nghiên cứu đã tiến hành lấy các loại mẫu gồm: Mẫu địa hóa đất được lấy tại khu vực Hàm Yên theo mạng lưới (2,3 - 2,7 km)

x (200 - 310 m) theo tuyến vuông góc với cấu trúc địa chất khu vực, khối lượng là 140 mẫu. Mẫu địa hóa vỏ phong hóa được lấy đại diện cho tất cả các kiểu vỏ và cho từng đối tượng bằng hình thức lấy mẫu rãnh với kích thước 5 cm x 10 cm x 1 (l là chiều dài mẫu tùy thuộc chiều dày đới), khối lượng là 106 mẫu. Mẫu đất cây trồng cho các kiểu đất, tại một phẫu diện đất lấy 2 tầng (tầng O+A và B), chiều sâu khoảng 60 - 70 cm, khối lượng là 20 mẫu cho 10 kiểu đất. Đối với mẫu địa hóa bãi thải, đã lấy 5 mẫu tại các bãi thải đá loại sau khai thác và bùn sau tuyển của các mỏ chì kẽm, nhà máy tuyển khu vực Chợ Đồn. Mẫu nước (5 mẫu), được lấy tại các ngọn khe nhỏ nhằm đánh giá môi trường nước. Các mẫu đã được tiến hành phân tích cho loại mẫu ICP-MS, ICP đồng thời 36 nguyên tố, quang phổ plasma 15 nguyên tố đất hiếm, nước toàn phần và vi lượng nước, phân tích mẫu đất.

2.2. Cơ sở tài liệu

Tổng hợp, đánh giá kết quả đo vẽ các tờ tỷ lệ 1:200.000 và các nhóm tờ tỷ lệ 1:50.000 cùng một số công trình đánh giá, thăm dò khoáng sản tại khu vực Hàm Yên - Ba Bể (Đỗ Văn Doanh, 1982; Nguyễn Văn Quý, 1992; Nguyễn Văn Quý, 1992). Các tài liệu của Đề tài “Nghiên cứu đề xuất quy định kỹ thuật lập bản đồ địa hóa đất và vỏ phong hóa đa mục tiêu tỷ lệ 1/250.000” Mã số: TNMT. 2024.02.05” (Vũ Xuân Lược và nnk).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Từ kết quả tổng hợp, phân tích, xử lý tài liệu và kết quả nghiên cứu của Đề tài, nhóm nghiên cứu sơ lược đặc điểm địa hóa đất và vỏ phong hóa, mối liên quan với khả năng ảnh hưởng môi trường khu vực Hàm Yên - Ba Bể như sau:

3.1. Khái quát đặc điểm địa chất khoáng sản

Về địa tầng: Trong diện tích nghiên cứu có nhiều đối tượng địa chất với đặc điểm thành phần khá đa dạng, mức độ biến dạng, biến chất và nhiều tuổi khác nhau, gồm: Các trầm tích lục nguyên hạt vừa tới mịn, lục nguyên carbonat, carbonat, lục nguyên silic thuộc các hệ tầng Chiêm Hóa tuổi Meso-proterozoi (PR₂ch); Chạm Chu tuổi Cambri sớm-giữa (Є₁-2cc); Hà Giang tuổi Cambri giữa (Є₂hg); Phú Ngũ tuổi Ordovic-Silur (O-Spn); Pia Phương tuổi Silur giữa-Devon sớm (S₂-D₁pp); Cốc Xô tuổi Devon sớm-giữa (D₁-D₂cc) và Văn Lãng tuổi Nori-Reti (T₃n-rvl).

Về magma: Trong khu vực nghiên cứu có các thành tạo xâm nhập acid phức hệ Ngân Sơn tuổi Silur muộn (γ_Sns); các thành tạo xâm nhập mafic phức hệ Núi Chúa tuổi Permi muộn (vəP₃nc); xâm nhập acid kiềm phức hệ Pia Ma tuổi Permi muộn-Triat sớm (ξγP₃-T₁nc); xâm nhập acid phức hệ Phia Bioc tuổi Permi muộn-Triat sớm (γP₃-T₁pb).

Về cấu trúc kiến tạo: Theo Trần Văn Trị và nnk, 2008; Nguyễn Công Thuận, 2024, khu vực nghiên cứu thuộc 2 khối cấu trúc: (i) Lô Gâm (được chia làm 2 khối nhỏ là Ba Bể và Chiêm Hóa); (ii) Sông Lô (khối Hàm Yên). Trong đó khối cấu trúc Hàm Yên được cấu thành chủ yếu bởi các thành tạo hệ tầng Phú Ngũ, Hà Giang, xâm nhập phức hệ Ngân Sơn, Phia Bioc. Khối Ba Bể được cấu thành chủ yếu bởi các thành tạo hệ tầng Phú Ngũ, Pia Phương, Cốc Xô, xâm nhập acid phức hệ Pia Ma, Phia Bioc. Khối Chiêm Hóa được cấu thành bởi các thành tạo hệ tầng Chiêm Hóa, Chạm Chu, Hà Giang.

Về vỏ phong hóa: Theo Ngô Quang Toàn & Nguyễn Thành Vạn, 1995 và kết quả nghiên cứu của Đề tài, vùng nghiên cứu đã phân chia được các kiểu vỏ phong hóa sau: Vỏ ferosialit phát triển rộng rãi trên các thành tạo hệ tầng Hà Giang, Phú Ngũ, Pia Phương, Cốc Xô, Văn Lãng và phức hệ Núi Chúa; vỏ sialit phát triển chủ yếu trên các thành tạo xâm nhập acid của các phức hệ magma Ngân Sơn, Pia Ma, Phia Bioc và vỏ silicit phát triển hạn chế trên một số thành tạo lục nguyên hạt vừa bị biến chất (cát kết) của hệ tầng Chạm Chu, Hà Giang.

Về khoáng sản: Tại khu vực nghiên cứu đã ghi nhận được nhiều mỏ quặng có thể ảnh hưởng đến môi trường như Pb, Zn, Au, Sb, Pi... trong đó nhiều mỏ đã đang được khai thác, chế biến tại khu vực.

3.2. Đặc điểm địa hóa đất và vỏ phong hóa

3.2.1. Đặc điểm địa hóa đất

Khu vực nghiên cứu đã ghi nhận được nhiều vành phân tán của các nguyên tố có thể ảnh hưởng đến môi trường với nhiều hàm lượng khác nhau (Hình 2, 3). Tùy theo từng khối cấu trúc, chúng có những đặc điểm riêng, trong đó:

Khối cấu trúc Ba Bể: Trong khối cấu trúc đã ghi nhận sự phân bố nhiều vành phân tán của các nguyên tố có thể gây ảnh hưởng đến môi trường là Pb, Zn, Cu, Sn, As, Ni, Cr. Đặc điểm chung của các vành này là phân bố khá tập trung ở một số khu vực như Bản Thi - Bằng Lũng (Pb, Zn, Cu, As... bậc 3 - 2) (Hình 2); khu vực Linh Thông (các vành Cu, Ni, Cr bậc 2 - 3), nhiều vành có diện phân bố khá rộng. Ngoài ra chúng còn tập trung ở một số khu vực khác như Phong Huân (các vành Pb bậc 2); Yên Lập (các vành Pb, Zn bậc 2 - 3); Cao Trí (các vành Cu, Pb bậc 1); Năng Khả (các vành Pb bậc 1 - 3); Minh Quang (Cu); Khau Tinh - Đà Vị (Pb, Cr).

Khối cấu trúc Chiêm Hóa: Trong khối cấu trúc đã ghi nhận được phân bố nhiều vành phân tán của các nguyên tố như Pb, Zn, Cu, Ni, Zr. Đặc điểm chung là các vành có sự phân bố không tập trung, hàm lượng thấp (bậc 1 - 2 là chủ yếu), tuy diện phân bố rộng, song các vành bậc cao ở đây có diện tích rất hạn chế (Hình

2). Đáng chú ý, một số khu vực như khu Tân Thành - Thái Sơn gồm các vành Pb, Zn, Cu, Cr, Ni bậc 1 - 2, đôi chỗ có bậc 3 của Pb, Z; khu Đức Xuân - Phù Lưu - Minh Hương gồm các vành Pb, Zn, Cu, Cr (As), Ni bậc 1 - 2, đôi chỗ bậc 3; khu Tân An - Ngọc Hội (các vành Pb, Zn, Cu, Cr, As, Ni bậc 1 - 3; Hòa An (các vành Pb, Zn, Cu, Cr bậc 1 - 2).

Khối cấu trúc Hàm Yên: Trong khối cấu trúc đã ghi nhận được phân bố một số vành phân tán của các nguyên tố Pb, Zn, Cu, Ni. Đặc điểm chung các vành là chúng phân bố khá tập chung ở phía Nam Đông Nam, còn phía Bắc và Tây thì thưa hơn. Diện tích các vành có nhiều quy mô khác nhau và có hàm lượng tương đối thấp bậc 1 - 2, ít có vành bậc 3.

3.2.2. Đặc điểm địa hóa vỏ phong hóa

Trong vỏ phong hóa của khu vực nghiên cứu đã ghi nhận được nhiều kiểu vỏ, trong đó ở nhiều khu vực có sự tập trung cao của những nguyên tố có thể ảnh hưởng đến môi trường như As, Pb, Zn, Cd, Cu, Cr... (Hình 2, 3, Bảng 1). Tùy theo từng khối cấu trúc chúng có những đặc điểm riêng, trong đó:

Khối cấu trúc Ba Bể: Ghi nhận sự tập trung cao của các nguyên tố Pb, Zn, Cu, As, Cd, Cr, Ni (Bảng 1), trong đó As tập trung cao ở vỏ của lục nguyên hạt mịn hệ tầng Phú Ngũ; Pb, Zn, As trong lục nguyên carbonat; As trong lục nguyên hạt mịn và As; Cr trong lục nguyên silic hệ tầng Pia Phương; Pb, As, Zn, Cd, Cu trong lục nguyên hạt vừa (cát kết), lục nguyên vụn thô chứa tuft phun trào acid; Pb, Zn, As trong lục nguyên hạt mịn và lục nguyên carbonat hệ tầng Cốc Xô; As trong xâm nhập kiềm phức hệ Pia Ma.

Khối cấu trúc Chiêm Hóa: Trong khối đã ghi nhận được sự tập trung khá cao của nguyên tố As, Cr tại các thành tạo lục nguyên hạt mịn hệ tầng Hà Giang, Chiêm Hóa và lục nguyên chứa than hệ tầng Văn Lãng (Bảng 1).

Khối cấu trúc Hàm Yên: Trong khối đã ghi nhận được sự tập trung cao của nguyên tố As, Zn, Cr, Cu, Ni. Đặc điểm phân bố của các nguyên tố như Bảng 1, đặc biệt có sự tích tụ cao của Cr trong lục nguyên hạt vừa (cát kết biến chất) và Cu trong lục nguyên hạt mịn hệ tầng Phú Ngũ; As, Zn, Cr trong lục nguyên hạt mịn hệ tầng Hà Giang.

Đặc điểm trên cho thấy, các thành tạo lục nguyên hạt vừa và lục nguyên carbonat, lục nguyên hạt mịn hệ tầng Cốc Xô (Ảnh 1,2,3) tích tụ nhiều nguyên tố, thường với hàm lượng cao, một số nơi rất cao so với các thành tạo khác, nhất là khu vực Bản Thi - Bằng Lũng, đồng thời cũng phù hợp trong đó đã ghi nhận nhiều vành phân tán và quặng gốc của Pb-Zn, Cu, Sb, Ag, Pi... Tiếp đến là các thành tạo lục nguyên hạt mịn hệ tầng Hà Giang khu vực Chiêm Hóa và thấp hơn các thành tạo khác trong khối Chiêm Hóa.

Bảng 1. Bảng thống kê và so sánh giá trị của các nguyên tố so với giới hạn theo QCVN 03:2023/BTNMT

SHM	Kiểu vô phong hóa	Các nguyên tố							Giới hạn theo QCVN 03:2023/ BTNMT
		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
VPH.90	C _{pn} (Khối HY)	< 20	< 2	154,6	29,2	52,8	23	64,1	Vùng loại 1 (Cd < 4, Cu < 150, As < 25, Hg < 12, Pb < 200, Cr < 150, Zn < 300, Ni < 100)
VPH.93	C _{pn} (Khối HY)	< 20	< 2	164,4	13,5	32,7	57,9	70,2	
VPH.117	L _{pn} (Khối HY)	< 20	11,2	86,9	< 5	25,2	< 5	98	
VPH.122	L _{pn} (Khối HY)	< 20	< 2	22,3	152,1	10,9	13,2	107,3	
VPH.20	L _{hg} (Khối HY)	27,6	< 2	88,4	12,2	14,3	8,6	39	
VPH.22	L _{hg} (Khối HY)	< 20	< 2	199,2	57,1	60,9	27,3	94,7	
VPH.42	L _{hg} (Khối HY)	27,5	< 2	110	49	24,1	50	142,5	
VPH.61	L _{hg} (Khối HY)	< 20	< 2	77,7	39,4	174,2	28,7	134,5	
VPH.97	L _{hg} (Khối HY)	< 20	4,5	116,9	32,2	38,8	< 5	64,6	
VPH.143	L _{hg} (Khối HY)	< 20	< 2	53,8	24,4	24,2	47,1	861,3	
VPH.149	L _{hg} (Khối HY)	38,8	< 2	126,1	49,6	39,1	59,5	135,5	
VPH.151	L _{hg} (Khối HY)	45,4	< 2	87,8	74,5	33,1	47,4	181,3	
VPH.152	L _{hg} (Khối HY)	38,2	< 2	95,9	24,2	20,5	36,3	60,5	
VPH.153	L _{hg} (Khối HY)	22,1	< 2	260,1	28	68,6	28,6	79,5	
VPH.150	L _{hg} (Khối HY)	54,1	< 2	93,3	34,6	57,1	39,4	125,2	
VPH.160/1	L _{ch}	< 20	< 2	157,6	31,1	37,6	51,2	99,3	
VPH.103	L _{ch}	128,9	< 2	63,1	< 5	11,1	20,1	60,5	
VPH.165	L _{hg} (Khối CH)	49,6	< 2	90,8	42,3	29,4	19,1	76,1	
VPH230	L _{pn} (Khối BB)	27,6	< 2	76,9	25,7	37,4	75,6	165,2	Vùng loại 2 (Cd<10, Cu<500, As<50, Hg<30, Pb<400, Cr<200, Zn<600, Ni<200)
VPH.212	LSI _{pp}	27,1	< 2	202,2	< 5	35	26,3	105,9	
VPH237	LCA _{pp}	47,6	< 2	47,9	< 5	15,5	268,4	402,7	
VPH237/1	LCA _{pp}	58,2	< 2	45,6	32,5	19	307,7	381,9	
VPH248	LCA _{cc}	116,6	50,5	145,8	57,9	113,3	15.969,7	16.273,4	
VPH248/1	LCA _{cc}	84,2	20,8	171,7	175,4	293,6	11523,9	9.049,2	
VPH245/1	LCA _{cc}	29,1	< 2	85	41,9	45,3	44,4	138,7	
VPH.517	L _{pp}	59	< 2	85,4	61,6	43,6	74,3	174,5	
VPH243	LCA _{pp}	91,3	< 2	100,3	73,1	51,5	71,7	916,9	
VPH243	LCA _{pp}	66,6	< 2	92,6	62,3	41,5	41,5	714,2	
VPH.175	C _{cx}	1.339,1	< 2	78,4	89,6	33,2	404,3	374,3	
VPH.175/2	C _{cx}	82,8	< 2	103,7	22,9	35,9	33,9	72,5	
VPH.174	LR _{cx}	124,5	< 2	80,2	45,4	20,4	97,4	126	Vùng loại 3 (Cd<60, Cu<2000, As<200, Hg<60, Pb<700, Cr<250, Zn<2000, Ni<500)
VPH.174/1	LR _{cx}	96,2	< 2	60,7	34,5	25,9	83,3	100,9	
VPH.172/1	L _{vl}	541,5	< 2	103,2	42	23,9	81,2	237	
VPH238	Quặng Pb- Zn	171,8	24,9	39,7	40,8	46,6	421,7	6.255,6	
VPH238/1	Quặng Pb- Zn	6.290,9	148,6	55,5	163,6	16,8	4.623,2	26.533,3	
BT.01	Bãi Thái Pb-Zn	4.136,3	44,5	52,1	827,5	19,3	64.044,4	16.499,9	
BT.02	Bãi Thái Pb-Zn	113	16,6	41,7	83,1	38,1	4.675,8	6.495	
BT.03	Bãi Thái Pb-Zn	61,9	6,7	44,4	33,4	15,2	3.852,9	3.475,5	
BT.04	Bãi Thái Pb-Zn	327,6	< 2	95,9	251	15,9	18.667,6	4.451,2	

1339,1	Hàm lượng vượt từ gần 3 lần đến trên 3 lần so với tiêu chuẩn	Grns	Xâm nhập acid phức hệ Ngân Sơn
124,5	Hàm lượng vượt từ gần 2 lần đến gần 3 lần so với tiêu chuẩn	Grpb	Xâm nhập acid phức hệ Phía Bioc
82,8	Hàm lượng vượt trên 1 lần đến gần 2 lần so với tiêu chuẩn	Grpm	Xâm nhập kiềm phức hệ Pia Ma
Lch	Lục nguyên biến chất hệ tầng Chiêm Hóa	Gbnc	Xâm nhập mafic phức hệ Núi Chúa
Chg	Lục nguyên hạt vừa (cát kết) hệ tầng Hà Giang	Lsipp	Lục nguyên silic hệ tầng Pia Phương
Lhg	Lục nguyên hạt mịn hệ tầng Hà Giang	Lcapp	Lục nguyên carbonat hệ tầng Pia Phương
Lcc	Lục nguyên hệ tầng Chạm Chu	Ccx LRex	Lục nguyên hạt vừa (cát kết) và lục nguyên vụn thô chứa tuft riolit? hệ tầng Cốc Xô
Cpn	Lục nguyên hạt vừa (cát kết) hệ tầng Phú Ngừ	Lcx	Lục nguyên hạt vừa (cát kết) và lục nguyên mịn hệ tầng Cốc Xô
Lpn	Lục nguyên hạt mịn hệ tầng Phú Ngừ	LCAcx	Lục nguyên carbonat hệ tầng Cốc Xô
		Lvl	Lục nguyên chứa than hệ tầng Văn Lãng



3.3. Mối liên quan của địa hóa đất và vỏ phong hóa với các yếu tố địa chất trong khu vực nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu khu vực cho thấy sự tập trung của các vành phân tán và mức độ tích tụ của các nguyên tố trong vỏ phong hóa, trong đó có những nguyên tố có thể ảnh hưởng đến môi trường, liên quan chặt chẽ vào các yếu tố địa chất như đối tượng địa chất; yếu tố cấu trúc; mức độ biến dạng, biến chất; hoạt động magma; đặc điểm địa hình, địa mạo... của khu vực. Với mỗi khối cấu trúc có sự khác nhau bởi các yếu tố trên sẽ cho ta sự tập trung và tích tụ khác nhau. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu hiện có, nhóm nghiên cứu sơ bộ đưa ra quy luật phân bố và mối liên quan của chúng như sau:

3.3.1. Về yếu tố thạch học, địa tầng

Trong vỏ phong hóa ferosialit phát triển trên các đá lục nguyên hạt mịn: Với thành phần chủ yếu là các đá phiến sét, có thể là tiền đề thuận lợi (màng chắn) cho sự tích tụ tạo quặng của nhiều loại khoáng sản hay các dị thường của chúng. Các thành tạo này khi bị phong hóa thường tạo vỏ phong hóa giàu sét, chiều dày lớn, có khả năng hấp phụ, tích tụ cao nguyên tố từ quặng gốc hoặc được tích tụ, làm giàu trong đá gốc nói trên, trong đó có những nguyên tố có thể ảnh hưởng đến môi trường như As, Pb, Zn, Cd... Tuy nhiên, tùy thuộc vào đặc điểm thạch học của từng hệ tầng, mức độ biến chất, biến dạng mà sự làm giàu của các nguyên tố có sự khác nhau về loại, hàm lượng của chúng. Trong đó:

Khối Ba Bể: Trong các thành tạo hệ tầng Phú Ngừ thường tích tụ cao nhiều nguyên tố trong vỏ phong hóa là As, Cr, Ni và bên trên chúng đã ghi nhận được sự tập trung các vành phân tán của Pb, Zn. Với các thành tạo hệ tầng Pia Phương là Cu, Ni, Zn, As, đi cùng với chúng trên mặt là sự tập trung các vành phân tán Pb, Zn, Ni. Với các thành tạo hệ tầng Cốc Xô là Pb, Zn, As, Cr và phân bố bên trên là các vành phân tán Pb, Zn, Cu, Cr.

Khối Chiêm Hóa: Với hệ tầng Chiêm Hóa thường tích tụ cao của các nguyên tố As, Cr, đi cùng trên mặt (địa hóa đất) là các vành phân tán của Pb, Zn, Cu, Cr; với các thành tạo hệ tầng Hà Giang là As, đi cùng trên mặt là các vành phân tán Pb, Zn, Y, Cu, Ni; với các thành tạo hệ tầng Chạm Chu là Pb, Zn, Cu, Ni phân bố trên mặt là các vành Pb, Zn.

Khối Hàm Yên: Trong các thành tạo hệ tầng Phú Ngừ thường tích tụ cao của các nguyên tố Cu, Ni, Zn, Cr, đi cùng trên mặt là các vành phân tán Pb, Zn, Cu. Với các thành tạo hệ tầng Hà Giang là Cu, Zn, Ni, As, Cr, đi cùng trên mặt là các vành phân tán Pb, Zn.

Từ kết quả trên cho thấy, trong các thành tạo đất và vỏ phong hóa



phát triển trên các thành tạo lục nguyên hạt mịn có sự liên quan chặt chẽ với những nguyên tố có thể ảnh hưởng đến môi trường là Pb, Zn, Cu, Cr có mức độ tăng cao vừa từ 1,3 - 6,7 lần, điều đó khá phù hợp với tính chất giàu sét và khả năng hấp phụ lớn của chúng.

Trong vỏ phong hóa silicit, ferosialit phát triển trên các đá lục nguyên hạt vừa (cát kết biến chất): Với đặc trưng là các trầm tích có kích thước hạt lớn nên chúng thường bị dập vỡ, biến dạng mạnh, tạo điều kiện thuận lợi cho các thành tạo quặng gốc, nhất là các loại khoáng sản nhiệt độ vừa và thấp (khu vực Bằng Lũng), trong đó có chứa một số nguyên tố có thể gây ảnh hưởng đến môi trường. Các thành tạo này khi bị phong hóa thường tạo vỏ phong hóa nghèo sét, chiều dày mỏng. Quá trình phong hóa các nguyên tố ảnh hưởng đến môi trường được tích tụ cao hoặc làm giàu trong đá gốc cũng được tích tụ làm giàu trong các thành tạo vỏ phong hóa và đất bên trên. Tuy nhiên, tùy thuộc vào đặc điểm từng vùng mà sự làm giàu của các nguyên tố có sự khác nhau về loại nguyên tố và hàm lượng của chúng. Trong đó:

Khối Ba Bể: Trong các thành tạo hệ tầng Phú Ngũ thường tích tụ cao các nguyên tố trong vỏ phong hóa, gồm: Pb, Zn, Ni, Cu và bên trên chúng đã ghi nhận được sự phân bố các vành phân tán của Pb, Zn, Zr. Với các thành tạo hệ tầng Cốc Xô là As, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr, đi cùng với chúng trên mặt phân bố nhiều vành phân tán bậc cao của Pb, Zn, Cu, As.

Khối Chiêm Hóa: Trong các thành tạo vỏ phong hóa silicit phát triển trong các thành tạo hệ tầng Chạm Chu, Hà Giang trên mặt là các vành Pb, Zn, Cu, Sb, Cr, Ti.

Khối Hàm Yên: Trong các thành tạo vỏ ferosialit hệ tầng Phú Ngũ mới ghi nhận tích tụ cao của nguyên tố Cr, đi cùng trên mặt là các vành phân tán Pb, Zn, Cu.

Từ kết quả trên cho thấy, trong các thành tạo đất và vỏ phong hóa phát triển trên các thành tạo lục nguyên hạt vừa thường có sự liên quan chặt chẽ với các nguyên tố Pb, Zn, As, Cu, Cd có mức độ tăng cao vừa từ 1,3 - 6,7 lần. Điều này cũng phù hợp với đặc điểm địa tầng đất hạt thô, độ lỗ hổng cao, khả năng thẩm thoát nguyên tố nhanh, nếu bên dưới có những tầng sét dạng màn chắn thì đó chính là đối tượng lưu giữ hợp chất có ích cũng như ảnh hưởng đến môi trường, cần nghiên cứu tiếp để có thông tin về tiềm năng kim loại có khả năng gây ô nhiễm nguồn gốc ion và thẩm động.

Trong vỏ phong hóa ferosialit phát triển trên các đá lục nguyên carbonat: Các trầm tích này có tính chất là môi trường thuận lợi cho việc trao đổi vật chất của nhiều nguyên tố và đan xen nhiều lớp sét, vì vậy chúng còn là các màn chắn để tích tụ sau trao đổi. Tùy thuộc vào đặc điểm của từng hệ tầng, mức độ biến dạng mà

sự làm giàu của các nguyên tố có sự khác nhau về loại nguyên tố và hàm lượng của chúng. Trong đó:

Khối Ba Bể: Trong các thành tạo hệ tầng Pia Phương thường tích tụ cao các nguyên tố trong vỏ phong hóa, gồm As, Pb, Zn, Cu, Cr và bên trên chúng đã ghi nhận được các vành phân tán của Pb, Zn, Cu. Với các thành tạo hệ tầng Cốc Xô là Pb, As, Zn, Cd, Ni, Cu, đi cùng trên mặt với nhiều vành phân tán bậc cao của Pb, Zn.

Từ kết quả trên cho thấy, trong các thành tạo đất và vỏ phong hóa phát triển trên các thành tạo lục nguyên carbonat có sự làm giàu khá cao của nguyên tố As, Pb, Zn, Cd, Cu, với mức độ tăng cao từ vài lần đến hơn 100 lần giới hạn cho phép. Điều đó cho thấy khả năng tích tụ của các nguyên tố này trong phần đá này rất lớn.

Trong vỏ phong hóa ferosialit phát triển trên các đá lục nguyên silic của hệ tầng Phú Ngũ: Với đặc trưng của các trầm tích này là giàu SiO_2 , giòn, dễ dập vỡ nên đôi khi cũng tạo kênh dẫn thuận lợi cho sự tích tụ của một số loại quặng (nhiệt độ thấp), trong đó có loại chứa những nguyên tố dễ gây ảnh hưởng tới môi trường (Sb). Quá trình phong hóa đôi khi cũng đã tích tụ làm giàu các nguyên tố As, Cr và đi cùng bên trên có vành phân tán của Cu, Pb, song thường có hàm lượng thấp, chúng tỏ các thành tạo có khả năng tích tụ kém những nguyên tố dễ ảnh hưởng đến môi trường.

Trong vỏ phong hóa ferosialit phát triển trên các đá lục nguyên chứa than của hệ tầng Văn Lãng: Các trầm tích này khá đa dạng về độ hạt và có chứa vật chất than nên có tính chất hơi phức tạp. Hiện trong hệ tầng mới ghi nhận sự tích tụ tập trung các nguyên tố trong vỏ phong hóa gồm As, Cr, đôi chỗ ghi nhận khá cao, vượt 2,7 lần quy định và bên trên có phân bố các vành phân tán của Pb. Nói chung kiểu vỏ này có khả năng tích tụ không cao các nguyên tố dễ ảnh hưởng đến môi trường.

3.3.2. Về yếu tố magma

Trong vỏ phong hóa sialit phát triển trên các đá magma xâm nhập acid, acid-kiềm: Với phức hệ Ngân Sơn, trong vỏ phong hóa đã có sự tích tụ, làm giàu của một số nguyên tố Pb và bên trên phân bố các vành phân tán của Pb, Zn. Với phức hệ Phia Bioc, trong khối Ba Bể trên mặt có phân bố các vành phân tán của Cr; trong khối Hàm Yên gồm Pb, Zn, Cu và bên trên phân bố các vành phân tán của Ni. Với phức hệ Pia Ma, trong vỏ phong hóa đã có sự tích tụ, làm giàu của một số các nguyên tố như Zn, As. Từ kết quả trên cho thấy, trong các thành tạo đất và vỏ phong hóa nói trên thường có sự tập trung các nguyên tố thể ảnh hưởng đến môi trường là As, Pb, Zn, Cu nhưng mức độ không lớn.

Trong vỏ phong hóa ferosialit phát triển trên các đá magma xâm nhập mafic: Trong phức hệ Núi Chúa ghi nhận được tích tụ cao của Cu trong vỏ phong hóa và bên trên là các vành phân tán bậc cao của Cu, Ni...

Khu vực có thể ảnh hưởng môi trường bởi các nguyên tố Cu, Ni.

3.3.3. Về yếu cấu trúc kiến tạo

Đứt gãy: Kết quả nghiên cứu cho thấy, quan hệ giữa các khối địa chất và nhiều ranh giới giữa các đới tương địa chất trong khối ở khu vực nghiên cứu là các đới trượt, với nhiều quy mô đôi khi khá lớn. Trong đó, các đá bị biến dạng mạnh, có thể đó là những kênh dẫn dung dịch để tích tụ tạo quặng hoặc tập trung cao của nhiều nguyên tố có thể gây ảnh hưởng đến môi trường. Quá trình phong hóa của các đới biến dạng này, các nguyên tố tạo quặng trong thân quặng gốc hoặc được làm giàu trong các đới biến dạng đã được tích tụ trong các thành tạo đất và vỏ phong hóa bên trên. Đặc điểm phân bố của các nguyên tố trong đất và vỏ phong hóa cũng có liên quan chặt chẽ với các đới này như diện phân bố và hình dạng của chúng. Bởi vậy, kết quả nghiên cứu địa hóa đất và vỏ phong hóa cũng định hướng ra được diện phân bố, mức độ tập trung của các nguyên tố có thể ảnh hưởng đến môi trường theo các đới. Cụ thể trong khu vực có các cấu trúc như:

Khu vực Đồng Lạc - Bản Thi - Bằng Lũng (1): Nơi phân bố các thành tạo hệ tầng Phú Ngũ, Cốc Xô, Pia Phương, quan hệ giữa các thành tạo của các hệ tầng này được ghi nhận đều là quan hệ kiến tạo bởi các đới trượt có quy mô khá lớn. Các đá trong đó bị biến dạng mạnh; các thân quặng gốc Pb-Zn, Sb, Au, Pi hầu hết nằm trùng với các đới trượt này (phương á Kinh tuyến đến Đông Bắc Tây Nam). Tại đây tập trung nhiều vành phân tán bậc cao của các nguyên tố Pb, Zn, Cu, As, các vành có phương và hình dạng khá trùng với phương của thân quặng gốc cũng như phương cấu tạo biến dạng trong vùng. Trong vỏ phong hóa ở phần trung tâm của các đới trượt này có sự tăng cao, đôi khi rất cao của nhiều nguyên tố như Pb, As, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr...; mức độ tập trung và hàm lượng của các vành phân tán cũng như các nguyên tố trong vỏ phong hóa ra xa khỏi đới thừa và giảm đi rõ rệt (Bảng1, Hình 2).

Khu vực Yên Lập - Ngọc Hội (2): Đây là khu vực thuộc phần giáp ranh giới với khối Ba Bể và khối Chiêm Hóa, quan hệ giữa chúng là các đới trượt lớn, có phạm vi rộng, các đá trong đới bị biến dạng mạnh mẽ. Các vành phân tán Pb, Zn, thân quặng gốc Cu, Sb, As, Pi và kiểu vỏ phong hóa có tích tụ cao của nguyên tố Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, As đều có phương kéo dài nằm trùng với phương của các đới trượt này (á Vĩ tuyến).

Khu vực Tân Thành - Thái Sơn - Hàm Yên (3): Thuộc phần giáp ranh giới của khối Hàm Yên phía Tây và khối Chiêm Hóa ở phía Đông, các đá trong khu vực bị biến dạng rất mạnh. Các vành phân tán Pb, Zn, Sn, Cu, Ni; thân quặng gốc Pb-Zn, As và những nguyên tố tích tụ cao trong vỏ phong hóa As, Cr, Zn, Ni, Cu đều

có phương kéo dài, nằm trùng với phương của các đới trượt này (Tây Bắc - Đông Nam); ở phía Bắc chúng cũng phân bố xoay theo phương của đới trượt (Đông Đông Bắc - Tây Tây Nam).

Khu vực Đức Xuân - Phù Lưu (4): Trên cơ sở phân tích cấu trúc, có lẽ ranh giới giữa các thành tạo carbonat xen với lục nguyên của hệ tầng Hà Giang ở đây có thể là ranh giới kiến tạo với phương cấu trúc là á Kinh tuyến, các đá 2 bên có thể bị biến dạng mạnh. Khu vực có tập trung của nhiều vành phân tán của Pb, Zn, Cu, với phương và hình thái tương đồng với ranh giới trên. Hiện trong vùng đã ghi nhận được một số điểm quặng gốc Pb - Zn, Pi ở phía Bắc.

Từ những đặc điểm nêu trên cho thấy, sự phân bố của các vành phân tán, các nguyên tố trong vỏ phong hóa có mối liên quan chặt chẽ với các đới biến dạng và đặc điểm phân bố các điểm quặng gốc, bởi vậy nó có ý nghĩa định hướng cho công tác đánh giá môi trường trong khu vực khá tốt.

Uốn nếp: Trong khu vực đã ghi nhận được nhiều các nếp uốn với nhiều quy mô, giai đoạn khác nhau. Ở một số cấu trúc, nếp uốn đã ghi nhận chúng có mối liên quan đến đặc điểm phân bố của các nguyên tố địa hóa đất và vỏ phong hóa cũng như quặng gốc trong vùng mà có thể gây ảnh hưởng đến môi trường, trong đó có khu vực Bản Thi được cấu tạo bởi cấu trúc nếp lồi khá lớn với nhân là đá vôi, hai bên cánh là đá lục nguyên xen vôi và lục nguyên hạt mịn hệ tầng Pia Phương. Nếp uốn có phương trục kéo dài á Kinh tuyến, trùng với phương của các đới trượt Đồng Lạc - Bản Thi - Bằng Lũng. Tại trung tâm của nếp lồi phân bố khá nhiều vành bậc cao cùng các điểm quặng gốc của Pb, có hình thái khá đồng phương với phương phát triển của nếp uốn và đới trượt nói trên.

Ở các khu vực nếp uốn khác, đôi chỗ có cấu tạo khá tương đồng như khu vực Khau Tinh (Phía Bắc), Tây Quang Minh và cũng đã ghi nhận được một số vành phân tán của Pb nên cần lưu ý.

3.3.4. Về yếu địa mạo, địa hình

Đặc điểm địa hình, địa mạo có ảnh hưởng nhiều đến mức độ phong hóa và chiều dày vỏ phong hóa, từ đó cũng ảnh hưởng đến tích tụ của các nguyên tố trong đất và vỏ phong hóa trong vùng. Hiện trong khu vực đã ghi nhận được một số khu vực địa hình có bề mặt khá thoải, đi với chúng là vỏ phong hóa khá dày như:

Khu vực Hàm Yên (2): Phân bố các thành tạo trầm tích hệ tầng Phú Ngũ, Hà Giang và các xâm nhập acid phức hệ Ngân Sơn, Phía Bioc. Địa hình ở đây khá thấp, thoải, chủ yếu là dạng đồi bát úp, địa hình xung quanh đều cao. Các vỏ thành tạo trong khu vực này rất dày (từ 5 đến hơn 30 m), đặc biệt là trong các thành tạo xâm nhập acid. Trong vỏ phong hóa và đất đã ghi nhận



sự tích tụ cao của nhiều nguyên tố As, Cr, Zn, Ni, Cu.

Khu vực Bằng Lũng (1): Phân bố các thành tạo trầm tích hệ tầng Phú Ngũ, Cốc Xô. Các vỏ thành tạo trong khu vực này cũng khá dày (từ 5 đến hơn 15 m), với địa hình xung quanh khá cao. Trong vỏ phong hóa và đất đã ghi nhận sự tích tụ cao đôi khi rất cao của nhiều nguyên tố như Pb, As, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr.

Khu vực Linh Thông (3): Phân bố các thành tạo xâm nhập mafic phức hệ Núi Chúa. Các vỏ thành tạo trong khu vực này rất dày (từ 5 đến hơn 10 m). Trong vỏ phong hóa và đất đã ghi nhận sự tích tụ cao của nhiều nguyên tố đặc biệt là Cu, Ni, Cr.

3.4. Dự báo nguy cơ tìm ẩn ô nhiễm môi trường trên cơ sở nghiên cứu địa hóa đất và vỏ phong hóa

Trên cơ sở đặc điểm địa hóa đất và vỏ phong hóa, cùng với tiền đề, dấu hiệu hiện có khác và theo quy định hiện hành (QCVN 03: 2023/BTNMT), nhóm nghiên cứu dự kiến phân chia các vùng trong khu vực ra nhiều mức độ nguy cơ bị ô nhiễm khác nhau với các tiêu chí sau:

Vùng có nguy cơ rất cao: Phân bố tập trung nhiều vành phân tán, các vành có hàm lượng bậc cao; có sự tích tụ cao vượt giới hạn rất nhiều lần quy định hiện hành của các nguyên tố trong vỏ phong hóa; có nhiều điểm quặng gốc có thể gây ÔNMT; có nhiều tiền đề và dấu hiệu khác như thạch học, các đới biến dạng, uốn nếp, các thành tạo magma, địa hình, địa mạo.

Vùng có nguy cơ cao: Phân bố tập trung nhiều vành phân tán, các vành có hàm lượng trung bình đến cao; có sự tích tụ cao vượt giới hạn nhiều lần quy định hiện hành của các nguyên tố trong vỏ phong hóa; có các điểm quặng gốc có thể gây ÔNMT; có các tiền đề và dấu hiệu khác như thạch học, các đới biến dạng, uốn nếp thuận lợi tạo quặng, các thành tạo magma, địa hình, địa mạo.

Vùng có nguy cơ: Phân bố tập trung một số vành phân tán, các vành có hàm lượng trung bình đến thấp; có sự tích tụ cao vượt giới hạn theo quy định hiện hành của một số nguyên tố trong vỏ phong hóa; có hoặc không có các điểm quặng gốc có thể gây ÔNMT; có một số tiền đề và dấu hiệu khác như thạch học, các đới biến dạng, uốn nếp thuận lợi tạo quặng, địa hình, địa mạo.

Từ các tiêu chí trên, nhóm nghiên cứu đã phân chia vùng nghiên cứu thành các vùng có nguy cơ khác nhau như sau (Hình 2, Bảng 2), cụ thể:

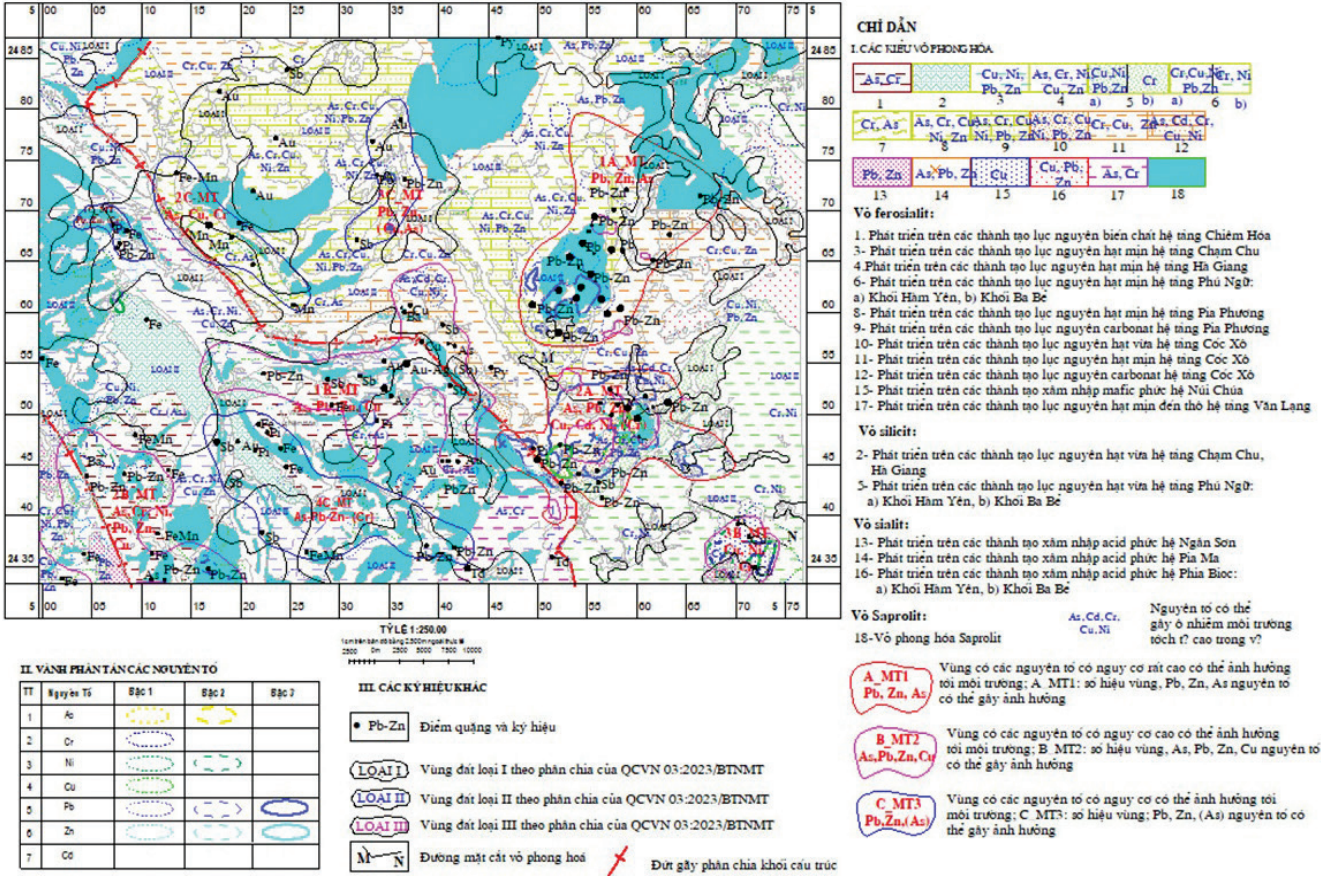
Vùng có nguy cơ rất cao: Vùng 1A_MT (Đồng Lạc): Trong vùng phân bố nhiều vành phân tán hàm lượng bậc cao của Pb và các điểm quặng gốc Pb-Zn. Các thành tạo vỏ phong hóa có sự tích tụ cao của các nguyên tố As, Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr; nhiều nguyên tố trong đó vượt giới hạn theo quy định từ 1,2 - 46,7 lần. Các nguyên tố chính có thể gây ảnh hưởng rất cao đến

môi trường trong khu vực là Pb, Zn, As. Vùng 2A_MT (Bằng Lũng): Trong vùng phân bố nhiều vành phân tán hàm lượng bậc cao của Pb, Zn, Cu, As và các điểm quặng gốc Pb-Zn, Sb, Pi. Các thành tạo vỏ phong hóa có sự tích tụ cao của các nguyên tố As, Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, trong đó nhiều nguyên tố vượt giới hạn theo quy định từ 1,2 - 160,1 lần. Những nguyên tố chính có thể gây ảnh hưởng rất cao đến môi trường trong khu vực là As, Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, (Cr).

Vùng có nguy cơ cao: Vùng 1B_MT (Ngọc Hội): Trong vùng có các vành phân tán hàm lượng bậc vừa tới thấp của Pb, Zn, Cu, Ni và các điểm quặng gốc As, Au, Sb, Cu, Pb-Zn, Pi. Các thành tạo vỏ phong hóa có tích tụ cao của nguyên tố As, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr. Các nguyên tố chính có thể gây ảnh hưởng cao đến môi trường trong khu vực là As, Pb, Zn, Cu. Vùng 2B_MT (Hàm Yên): Trong vùng phân bố nhiều vành phân tán hàm lượng bậc cao của Pb, Zn, Ni, Cr, Cu và các điểm quặng gốc Pb-Zn. Các thành tạo vỏ phong hóa có tích tụ cao của nguyên tố As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, nhiều nguyên tố trong đó vượt quy định cho phép hơn 1 đến vài lần. Những nguyên tố chính có thể gây ảnh hưởng cao đến môi trường trong khu vực là As, Pb, Zn, Cu. Vùng 3B_MT (Linh Thông): Trong vùng phân bố nhiều vành phân tán hàm lượng bậc cao của Cu, Ni, Cr và các điểm quặng gốc Ti, Cu. Các thành tạo vỏ phong hóa có tích tụ cao của nguyên tố Cu. Các nguyên tố chính có thể gây ảnh hưởng cao đến môi trường trong khu vực là Cu, Ni, Cr.

Vùng có nguy cơ ảnh hưởng: Vùng 1C_MT (Xuân Đức): Trong vùng phân bố một số vành phân tán hàm lượng bậc cao với diện tích nhỏ của Pb, Zn, Cr và các điểm quặng gốc Pb-Zn. Các thành tạo vỏ phong hóa có tích tụ cao của nguyên tố As, Cr, Ni, Cu, Zn. Những nguyên tố chính có nguy cơ gây ảnh hưởng đến môi trường trong khu vực là Pb, Zn (Cr). Vùng 2C_MT (Quang Minh): Trong vùng phân bố một số vành phân tán hàm lượng bậc trung bình - thấp, với diện tích vừa phải của Cu, Ni. Các thành tạo vỏ phong hóa có tích tụ cao của các nguyên tố As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, trong đó các nguyên tố As, Cr vượt quy định 1,1 - 1,3 lần. Những nguyên tố có nguy cơ gây ảnh hưởng đến môi trường trong khu vực là As, Cu, Cr. Vùng 3C_MT (Năng Khả): Trong vùng phân bố một số vành phân tán hàm lượng bậc trung bình - thấp, với diện tích nhỏ của Pb, Zn, Cu và các điểm quặng gốc Pb-Zn, Au, Sb. Các thành tạo vỏ phong hóa có tích tụ cao của nguyên tố As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Những nguyên tố có nguy cơ gây ảnh hưởng đến môi trường trong khu vực là Pb, Zn, (Cu, As). Vùng 4C_MT (Hòa An): Trong vùng có các vành phân tán hàm lượng bậc vừa tới thấp - trung bình của Pb, Zn, Cr, Cu, Ni và các điểm quặng gốc Pb-

HÌNH 2: SƠ ĐỒ MÔI TRƯỜNG
KHU VỰC HÀM YÊN (TUYÊN QUANG) - HỒ BA BỂ (BẮC KẠN)



Zn, Sb, Au, Pi. Các thành tạo vỏ phong hóa có tích tụ cao của nguyên tố As, Cr, Ni, Cu, Zn, trong đó các nguyên tố As vượt quy định 2,0 lần. Những nguyên tố có thể nguy cơ gây ảnh hưởng đến môi trường trong khu vực là As-Pb-Zn- (Cr).

3.5. Thảo luận

Việc hàm lượng các nguyên tố có thể gây ảnh hưởng đến môi trường tập trung rất cao trong một số kiểu vỏ phong hóa của các thành tạo hệ tầng Cốc Xô, Pia Phương hay trong các bãi thải của mỏ và nhà máy tuyển quặng Pb-Zn khu vực Chợ Đồn. Tuy nhiên, công tác nghiên cứu, đánh giá môi trường trên các đối tượng này thực sự chưa được quan tâm, vì vậy cần lưu ý.

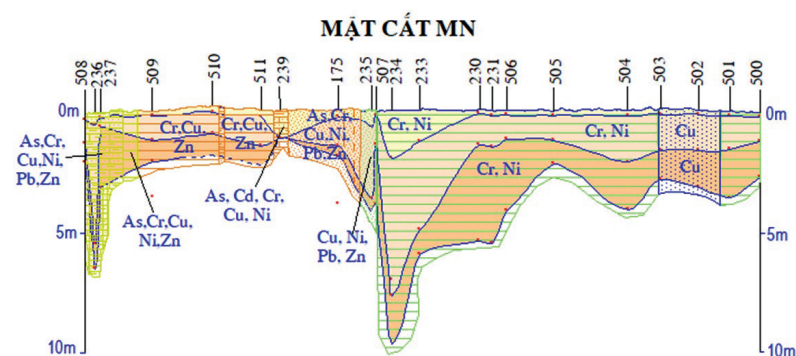
Do mức độ nghiên cứu còn hạn chế về mật độ lấy mẫu, phương pháp phân tích (các kết quả trong đo vẽ 1:50.000), nên việc nhận định về mối liên quan của các nguyên tố trong đất và vỏ phong hóa với yếu tố trong khu vực cũng như phân chia vùng mức độ nguy cơ ô nhiễm mới chỉ ở mức độ sơ bộ, để chính xác hơn, cần đầu tư nghiên cứu chi tiết hơn.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu địa hóa đất và vỏ phong hóa cho thấy, khu vực Hàm Yên - Ba Bể tập trung nhiều nguyên tố có thể ảnh hưởng đến môi trường như Pb, Zn, Cu,

Cd, Cr, As, Ni. Tùy theo đặc điểm, đối tượng cấu thành lên khối cấu trúc mà mức độ tích tụ loại nguyên tố và hàm lượng có khác nhau. Cụ thể, trong các thành tạo lục nguyên hạt vừa và lục nguyên carbonat, lục nguyên hạt mịn hệ tầng Cốc Xô tích tụ nhiều nguyên tố với hàm lượng cao, một số nơi rất cao so với các thành tạo khác, đặc biệt là khu vực Bản Thi - Bằng Lũng và cũng phù hợp trong đó đã ghi nhận nhiều vành phân tán cùng quặng gốc của Pb-Zn, Cu, Sb, Ag, Pi... Tiếp đến là các thành tạo lục nguyên hạt mịn hệ tầng Hà Giang, khu vực Chiêm Hóa và thấp hơn các thành tạo khác trong khối Chiêm Hóa. Kết quả nghiên cứu cũng đã xác định được sự tích tụ cao các nguyên tố trên có liên quan chặt chẽ vào các yếu tố như thạch học - địa tầng, magma, đứt gãy, uốn nếp, địa hình - địa mạo. Trên cơ sở tiêu chí về đặc điểm địa hóa đất, địa hóa vỏ phong hóa và tiền đề, dấu hiệu khác cùng mức độ vượt giới hạn theo quy định hiện hành, nhóm nghiên cứu dự kiến phân chia các vùng trong khu vực ra nhiều mức độ có nguy cơ bị ô nhiễm khác nhau với tiêu chí: (i) Vùng có nguy cơ rất cao, gồm 1A_MT (Đồng Lạc), với nguyên tố Pb, Zn, As; 2A_MT (Bằng Lũng), với nguyên tố Pb, As, Zn, Cd, Cu, Ni, (Cr); (ii) Vùng có nguy cơ cao, gồm 1B_MT (Ngọc Hội), với nguyên tố

As, Pb, Zn, Cu; 2B_MT (Hàm Yên), với nguyên tố As, Pb, Zn, Cu ; 3B_MT (Linh Thông), với nguyên tố Cu, Ni, Cr; (iii) Vùng có nguy cơ, gồm 1C_MT (Bản Ba), với nguyên tố Pb, Zn (Cr); 2C_MT (Quang Minh), với nguyên tố As, Cu, Cr; 3C_MT (Năng Khả), với nguyên tố Pb, Zn, (Cu, As); 4C_MT (Hòa An), với nguyên tố As-Pb-Zn- (Cr). Trong những vùng nói trên, khu vực Đông Nam (Bằng Lũng, Bản Thi) - nơi phân bố nhiều điểm khoáng sản, nhiều vành phân tán nguyên tố bậc hàm lượng cao và trong vỏ phong hóa có nhiều nguyên tố vượt mức cho phép rất nhiều lần, tiềm ẩn nguy cơ cao nhất, đặc biệt là trong các thành tạo lục nguyên carbonat, lục nguyên hạt vừa hệ tầng Cốc Xô. Do diện phân bố rộng các đối tượng gây ô nhiễm cũng như sự phân bố tiếp giáp khá gần khu dân cư, vì thế các cơ quan, đơn vị chức năng cần phải có quy hoạch trong việc khai thác quặng hoặc công tác tái định cư, để vận động dân cư rời khỏi vùng có nguy cơ cao.



Hình 3. Mặt cắt vỏ phong hóa theo đường MN (vị trí trên sơ đồ Hình 2. Góc Đông Nam), thể hiện sự tích tụ các nguyên tố trong các thành tạo vỏ phong hóa trên các đối tượng địa chất khác nhau, có thể gây ÔNMT khu vực Hàm Yên - Ba Bể (ký hiệu trên mặt cắt được chú thích tại Hình 2)

Lời cảm ơn: Nghiên cứu sử dụng kết quả của Đề tài “Nghiên cứu đề xuất quy định kỹ thuật lập bản đồ địa hóa đất và vỏ phong hóa đa mục tiêu tỷ lệ 1/250.000”, Mã số: TNMT. 2024.02.05. Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn An và nnk, 1998. Điều tra đánh giá đặc điểm môi trường địa sinh thái của lớp thổ nhưỡng và vỏ phong hóa phục vụ cho quy hoạch phát triển bền vững và chuyển đổi cơ cấu cây trồng trên diện tích gò đồi, núi thấp ở huyện Phổ Yên và thị xã Sông công tỉnh Thái nguyên. Báo Cáo đề tài. Sở Nông nghiệp Thái Nguyên.

2. Nguyễn Thị Thục Anh và Đỗ Ngọc Lê Dung, 2023. Sơ lược đặc điểm địa hóa môi trường đất vỏ phong hóa bazan khu vực Bù Đốp, tỉnh Bình Phước, tiềm năng phát triển các dự án chuỗi theo hướng ứng dụng công nghệ cao. Kỷ yếu Hội nghị khoa học toàn quốc: “Địa hóa, Môi trường và Phát triển bền vững”. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. ISBN: 978-604-357-130-1.

2a. Trần Tuấn Anh (chủ biên), 2024. Báo cáo bước I của Dự án “Xây dựng nền địa hóa đa mục tiêu quốc gia cho sáu tỉnh biên giới phía Bắc”. Viện Địa

Bảng 2: Tổng kê đặc điểm các vùng có nguy cơ bị ô nhiễm khu vực Hàm Yên - Ba Bể

Số hiệu vùng	Các nguyên tố có tích tụ cao trong vỏ phong hóa	Các vành phân tán nguyên tố phân bố)	Các điểm quặng gốc	Các nguyên tố có thể gây ảnh hưởng	Mức độ nguy cơ
1A-MT	Pb (6,7 - 46,7), Zn (1,5 - 3,2), As (1,2 - 1,8), Cu, Cd, Ni, Cr	Pb	Pb-Zn	Pb, Zn, As	Rất cao
2A-MT	Pb (1,5 - 160,1), As (1,1 - 125,8), Zn (1,3 - 54,2), Cd (4,5 - 14,9), Cu (1,2 - 1,7), Ni (2,9), Cr (1,1)	Pb, Zn, Cu, As	Pb-Zn, Sb, Pi	Pb, As, Zn, Cd, Cu, Ni, (Cr)	
1B-MT	As, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr	Pb, Zn, Cu, Ni	As, Au, Sb, Cu, Pb-Zn, Pi	As, Pb, Zn, Cu	Cao
2B-MT	As (1,1 - 5,2), Cr (1,1 - 1,7), Ni (1,7), Zn (2,9), Cu (1,01), Pb,	Pb, Zn, Ni, Cr, Cu	Pb-Zn	As, Pb, Zn, Cu	
3B-MT	Cu	Cu, Ni, Cr	Ti	Cu, Ni, Cr	
1C-MT	As, Cr, Ni, Cu, Zn	Pb, Zn, Cr	Pb- Zn	Pb, Zn (Cr)	Có nguy cơ
2C-MT	As (1,1), Cr (1,3), Cu, Ni, Pb, Zn	Cu, Ni		As, Cu, Cr	
3C-MT	As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	Pb, Zn, Cu	Pb-Zn, Au, Sb	Pb, Zn, (Cu, As)	
4C-MT	As (2), Cr, Ni, Cu, Zn	Pb, Zn, Cr, Cu, Ni	Pb-Zn, Sb, Au, Pi	As-Pb-Zn- (Cr)	

- chất - Viện Hàn Lâm Khoa học và Công Nghệ Việt Nam, Hà Nội.
3. Đỗ Văn Doanh (Chủ biên), 1982. Địa chất và Khoáng sản 1:50.000 tờ Đại Thị - Phía Khao, Bắc Kạn) F-48-67B, 68A.
 - 3a. Nguyễn Khắc Giảng và nnk., 2006. Nghiên cứu đặc điểm vỏ phong hóa và thổ nhưỡng trên diện tích gò đồi của một số khu vực điển hình thuộc vùng Trung du Bắc bộ phục vụ quy hoạch phát triển nông lâm nghiệp bền vững. Báo Cáo đề tài cấp Bộ. Bộ Giáo dục và Đào tạo.
 4. Nguyễn Khắc Giảng và nnk, 2022. Nghiên cứu đặc điểm Địa hóa môi trường đất của các vùng chuyên canh rau an toàn trên địa bàn huyện Đông Anh và Gia Lâm, Thành phố Hà Nội. Báo cáo Tổng kết Đề tài LH các hội KHKTVN.
 - 4a. Vũ Xuân Lục (CNĐT) và nnk (đang thực hiện). Đề tài “Nghiên cứu đề xuất quy định kỹ thuật lập bản đồ địa hóa đất và vỏ phong hóa đa mục tiêu tỷ lệ 1/250.000” Mã số: TNMT. 2024.02.05.
 5. Nguyễn Văn Niệm và nnk, 2023. Định hướng các tham số của hệ phương pháp địa hóa phục vụ tìm kiếm khoáng sản ẩn ở Việt Nam trong thời kỳ mới. Kỷ yếu Hội nghị khoa học toàn quốc: “Địa hóa, Môi trường và Phát triển bền vững”. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. ISBN: 978-604-357-130-1.
 6. Nguyễn Kinh Quốc (Chủ biên), 1974. Địa chất và Khoáng sản 1:200.000 tờ Bắc Kạn F-48-XV.
 7. Nguyễn Văn Quý (Chủ biên), 1992. Địa chất và Khoáng sản nhóm tờ Na Hang - Ba Bể F48-56A (Thomtchay), F48-56c (Ba Bể) 1:50.000.
 - 8c. Địa chất và Khoáng sản 1:50.000 nhóm tờ Chiêm Hóa, Hà Tuyên (Tuyên Quang), Chăm Chu (F-48-67A) Hàm Yên (F-48-67C), Chiêm Hóa (F-48-67D), Chợ Đồn (F-48-68C).
 9. Phạm Văn Thanh và nnk, 1998. Nghiên cứu địa hóa môi trường đất, ảnh hưởng của chúng tới cây trồng và sức khỏe cộng đồng ở vùng đất thấp Nam Hà Nội. Báo cáo tổng kết đề tài. Lưu trữ Viện KHĐCKS.
 10. Ngô Quang Toàn và Nguyễn Thành Vạn, 1995. Công trình “Bản đồ các thành hệ vỏ phong hóa miền Bắc Việt nam tỷ lệ 1:500.000”.
 11. Nguyễn Công Thuận (Chủ biên), 2024. Biên tập, tổng hợp, lập bản đồ địa chất khoáng sản tỷ lệ 1:250.000 vùng Tây Bắc” thuộc Đề án “Điều tra tổng thể về khoáng sản và hoàn thiện nền bản đồ địa chất tỷ lệ 1/50.000 vùng Tây Bắc phục vụ quy hoạch phát triển bền vững kinh tế - xã hội”.
 12. Trần V. Trị, Vũ Khúc (Đồng Chủ biên), 2008. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
 13. De Caritat P, Main P.T, Grunsky E.C & A. W. Mann A.W, 2017. Recognition of geochemical footprints of mineral systems in the regolith at regional to continental scales. Australian Journal of Earth Sciences, 2017 Vol. 64, No. 8, 1033–1043 <https://doi.org/10.1080/08120099.2017.1259184>.
 14. Rajkumar H., Naik P.K., Rishi M.S., 2018. Evaluation of heavy metal contamination in soil using geochemical indexing approaches and chemometric techniques. International Journal of Environmental Science and Technology <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2081-4>.
 15. Ahmed Saleh, Yehia H. Dawood and Ahmed Gad, 2019. Assessment of Potentially Toxic Elements' Contamination in the Soil of Greater Cairo, Egypt Using Geochemical and Magnetic Attributes.
 16. Imran Khan, Bharat C. Choudhary, Saifi Izhar et al., 2023. Exploring geochemical distribution of potentially toxic elements (PTEs) in wetland and agricultural soils and associated health risks. Environmental Science and Pollution Research <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25141-2>.
 17. Li, P.; Gong, Q.; Chen, S.; Liu, N.; Li, P.; Li, J.; Wu, X.; Li, X.; Wang, X, 2024. Regional Geochemical Characteristics of Lithium in the Mufushan Area, South China. Applied Sciences Switzerland 2024 DOI: 10.3390/app14051978.
 18. Butt, C.R.M., 2015. The Development Of Regolith Exploration Geochemistry In The Tropics And Sub-Tropics, Ore Geology Reviews (2015), doi: 10.1016/j.oregeorev.2015.08.018.
 19. Paul Alexxandre, 2021. Distribution and Dispersion of Elements and Formation of Surface Anomalies. In the book “Practical Geochemistry”. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment ISBN 978-3-030-72452-8, 124 Pags.
 20. Ashoke K. Talapatra, 2020. Geochemical Exploration and Modelling of Concealed Mineral Deposits. © Capital Publishing Company, New Delhi, India 2020.
 21. Dimitrios E. Alexakis, George D. Bathrellos et al., 2021. Land Suitability Mapping Using Geochemical and Spatial Analysis Methods. Applied. Sciences, 2021, 11(12), 5404.
 22. Yuchen Yan, Zhongfang Yang, Shengfei Yang, Anmin Xu and Duoxun Xu., 2025. The Geochemical Characteristics and Exploitation Threshold of Copper in the Cultivated Soils of Guanzhong Plain, Shaanxi Province. Agronomy 2025, 15, 256. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020256>.



lasuco
since 1980

tất cả là tự nhiên

CÔNG TY CP MÍA ĐƯỜNG LAM SƠN (LASUCO GROUP)



Thương hiệu
đã có mặt tại



ASIA



USA



Japan



EU



Middle East



Website



Alibaba



Canh tác vụ Hè Thu hạnh phúc **CÙNG PHÂN BÓN SUPE LÂM THAO**



Chuẩn bị cho vụ Hè Thu, chọn Supe Lâm Thao là chọn sự an tâm với lời cam kết cho năng suất, chất lượng và sự bền vững của thổ nhưỡng từ thương hiệu hơn 63 năm đồng hành cùng bà con nông dân.

Supe Lâm Thao có dòng sản phẩm tích hợp giữa lân vô cơ dễ tiêu và vi sinh vật Bacillus có ích, tạo nên giải pháp kép: vừa nuôi cây hiệu quả, vừa cải tạo và nâng cao sức khỏe đất lâu dài.

Sản phẩm còn chứa lân tan nhanh và lân tan chậm, giúp cây hấp thụ tốt ngay từ đầu, đồng thời cung cấp dinh dưỡng suốt quá trình phát triển của cây trong vụ Hè Thu.

Hơn thế nữa, sản phẩm Supe Lâm Thao kết hợp thêm các dinh dưỡng trung – vi lượng như lưu huỳnh, canxi, magie, silic, kẽm, đồng, bo, mangan... giúp cây chịu hạn, chống bệnh, kích hoa, nuôi trái, chắc củ, sáng hạt.

Đặc biệt, vi sinh vật Bacillus không chỉ hỗ trợ phân giải dinh dưỡng khó tiêu, mà còn đối kháng nấm bệnh, bảo vệ bộ rễ, giúp tiết kiệm 10–20% lượng phân bón, giảm thất thoát, giảm ô nhiễm.

Phân dạng bột thấm nhanh hoặc dạng hạt bền rễ, lâu tan, phù hợp cả đối núi lẫn ruộng nước.

Hè Thu là vụ mùa quan trọng bậc nhất trong năm. Bà con nông dân hãy chọn đúng sản phẩm uy tín để cây trồng khỏe, mùa vụ bội thu, canh tác hạnh phúc.

Supe Lâm Thao - Tự hào Việt!

Supe Lâm Thao
Bạn của nhà nông

CÔNG TY CP SUPE PHỐT PHÁT VÀ HÓA CHẤT LÂM THAO
LAM THAO FERTILIZERS AND CHEMICALS JOINT STOCK COMPANY

Địa chỉ: Khu Phương Lai, TT. Lâm Thao, Huyện Lâm Thao, Tỉnh Phú Thọ - Việt Nam
ĐT: 0210.3 825 139 * Fax: 0210.3 825 126 * Website: www.supelamthao.vn