



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

B

Tập 64 - Số 3 - Tháng 3 năm 2022

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Châu Văn Minh - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam
Nguyễn Việt Anh - Trường Đại học Xây dựng
Bùi Chí Bửu - Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp miền Nam
Vũ Dũng - Hội Tâm lý học Việt Nam
Trần Thọ Đạt - Trường Đại học Kinh tế Quốc dân
Nguyễn Đình Đức - Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội
Vũ Minh Giang - Đại học Quốc gia Hà Nội
Trương Nam Hải - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Trần Thanh Hải - Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Phạm Huy Khang - Trường Đại học Giao thông Vận tải
Phạm Gia Khánh - Chủ tịch Hội Ghép tạng Việt Nam
Hồ Đắc Lộc - Trường Đại học Công nghệ TP Hồ Chí Minh
Nguyễn Thị Mỹ Lộc - Trường Đại học Giáo dục, Đại học Quốc gia Hà Nội
Bành Tiến Long - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Lê Quan Nghiệm - Trường Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội
Trần Hữu Phúc - Hội đồng GS Nhà nước
Nguyễn Thanh Phương - Trường Đại học Cần Thơ
Nguyễn Thanh Thủy - Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội
Phạm Hùng Việt - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP PHỤ TRÁCH

Nguyễn Thị Hương Giang

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng

TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

TRƯỞNG BAN TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ

Vũ Văn Hưng

TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

EDITORIAL COUNCIL

Chau Van Minh - Vietnam Academy of Science and Technology
Nguyen Viet Anh - National University of Civil Engineering
Bui Chi Bui - Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam
Vu Dung - Vietnam Association of Social Psychology
Tran Tho Dat - National Economics University
Nguyen Dinh Duc - University of Engineering and Technology, VNU, Hanoi
Vu Minh Giang - VNU, Hanoi
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology
Tran Thanh Hai - Hanoi University of Mining and Geology
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation
Ho Dac Loc - Ho Chi Minh City University of Technology
Nguyen Thi My Loc - University of Education, VNU, Hanoi
Banh Tien Long - Hanoi University of Science and Technology
Le Quan Nghiem - University of Medicine and Pharmacy of Ho Chi Minh City
Mai Trong Nhuan - VNU, Hanoi
Tran Huu Phuc - The State Council for Professorship
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology, VNU, Hanoi
Pham Hung Viet - University of Science, VNU, Hanoi

EXECUTIVE DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Nguyen Thi Huong Giang

DEPUTY EDITOR

Nguyen Thi Hai Hang

HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

HEAD OF E-JOURNAL BOARD

Vu Van Hung

HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

ART DIRECTOR

Đinh Thị Luận

TÒA SOẠN

113 Trần Duy Hưng - Cầu Giấy - Hà Nội
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khoahocvacongnghevietnam@most.gov.vn
Tạp chí điện tử: b.vjst.vn

EDITORIAL OFFICE

113 Tran Duy Hung Str. - Cau Giay Dist. - Hanoi
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khoahocvacongnghevietnam@most.gov.vn
E-journal: b.vjst.vn

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 459/GP-BTTTT ngày 20/7/2021

Giá: 18000^d

PUBLICATION LICENCE

No. 459/GP-BTTTT 20th July 2021

Nghiên cứu các đặc tính quang học và vật lý của sol khí tại một khu vực đô thị ở Hà Nội

Nguyễn Đức Lượng^{1*}, Bùi Thị Hiếu¹, Văn Hùng Vỹ², Phạm Thị Thùy²

¹Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng, 55 Giải Phóng, phường Đồng Tâm, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Quan trắc Môi trường miền Bắc, Tổng cục Môi trường, 556 Nguyễn Văn Cừ, phường Ngọc Lâm, quận Long Biên, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 2/7/2021; ngày chuyển phản biện 5/7/2021; ngày nhận phản biện 28/7/2021; ngày chấp nhận đăng 30/7/2021

Tóm tắt:

Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích, đánh giá các đặc tính quang học và vật lý của sol khí tại một khu vực đô thị ở thành phố Hà Nội dựa trên việc phân tích các sản phẩm số liệu đặc tính sol khí thu thập từ quang phổ kế đặt ở trạm đo mặt đất (Trạm AERONET Nghĩa Đô, Hà Nội) và từ vệ tinh viễn thám MODIS cho 3 mùa (mùa khô, mùa mưa và mùa chuyển tiếp) trong giai đoạn 2010-2018. Kết quả cho thấy, thông số độ dày quang học sol khí (AOD) có giá trị cao nhất trong mùa chuyển tiếp (1,24), tiếp đó lần lượt là trong mùa khô (0,94) và mùa mưa (0,57). Giá trị cao (1,34) của số mũ Angstrom đo ở các bước sóng 870 và 440 nm ($AE_{440-870}$) phản ánh sự đóng góp chủ yếu của các hạt bụi mịn so với các hạt bụi thô trong tải lượng sol khí ở khu vực nghiên cứu. Các giá trị cao của số mũ Angstrom dập tắt ($EAE_{440-480}$) và hấp thụ ($AAE_{440-480}$) trong cả 3 mùa cho thấy, hai loại sol khí có nguồn gốc do đốt sinh khối và các hoạt động đô thị/công nghiệp đều tồn tại trong môi trường không khí ở khu vực nghiên cứu. Kết quả phân tích dữ liệu các điểm cháy ở khu vực Đông Nam Á thu thập từ số liệu vệ tinh MODIS và phân tích quỹ đạo chuyển động ngược của các khối không khí di chuyển đến địa điểm nghiên cứu ở Hà Nội cho một số giai đoạn của năm 2016 cho thấy, các hoạt động đốt sinh khối ở phạm vi vùng (miền Trung của Việt Nam và các quốc gia lân cận bao gồm Thái Lan, Lào, Campuchia) có thể là nguồn tác động đáng kể tới sự biến đổi đặc tính quang học và vật lý của sol khí trong giai đoạn cuối mùa khô và mùa chuyển tiếp tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội.

Từ khóa: AERONET, AOD, đặc tính quang học và vật lý của sol khí, đốt sinh khối, MODIS.

Chỉ số phân loại: 1.5

1. Đặt vấn đề

Các sol khí trong khí quyển có nguồn gốc từ các nguồn phát thải tự nhiên và nhân tạo có sự ảnh hưởng quan trọng đến khí hậu, ô nhiễm không khí và sức khỏe con người. Tuy nhiên, đặc tính của các sol khí có sự biến đổi lớn theo không gian và thời gian trong môi trường khí quyển. Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về các đặc tính quang học, vật lý, sự biến đổi theo thời gian và không gian của các sol khí trong khí quyển bằng cách sử dụng dữ liệu sol khí thu nhận từ quang phổ kế đặt trên mặt đất hoặc vệ tinh viễn thám. AOD - một chỉ số của tải lượng sol khí trong cột khí quyển theo chiều thẳng đứng thể hiện sự dập tắt khí quyển tổng hợp do sự có mặt của các sol khí từ bề mặt đến đỉnh của tầng khí quyển. AOD tỷ lệ thuận với số lượng và khối lượng các hạt trong không khí, AOD thường giảm với sự gia tăng bước sóng của các sol khí chủ yếu ở dạng hạt mịn. Nhóm [1] đã nghiên cứu các đặc tính quang học của sol khí tại các địa điểm khác nhau ở khu vực phía tây Địa Trung Hải và cho thấy rằng loại sol khí chiếm ưu thế ở các khu vực đô thị là các hạt bụi mịn. Nhóm [2] đã nghiên cứu sự biến đổi theo

không gian và thời gian của các sol khí trong khí quyển ở Malaysia và chỉ ra rằng, sự chiếm ưu thế của các sol khí do các nguồn phát thải đô thị và nguồn đốt sinh khối đã gây ra một sự giảm đáng kể bức xạ mặt trời. Nhóm [3] đã cho thấy tác động của các nguồn đốt sinh khối ở phạm vi vùng đến các đặc tính của sol khí tại khu vực đô thị ở miền nam Trung Quốc.

Đặc tính của các loại sol khí có thể xác định được thông qua việc phân tích thông số AOD và số mũ Angstrom (Angstrom exponent - AE), số mũ Angstrom dập tắt (Extinction angstrom exponent - EAE) và số mũ Angstrom hấp thụ (Absorbed angstrom exponent - AAE) đo ở các bước sóng 870 nm và 440 nm. Những thông số này có thể thu được từ nguồn dữ liệu được cung cấp bởi quang phổ kế lắp đặt ở các trạm trên mặt đất thuộc mạng lưới quan trắc toàn cầu (AERONET - Aerosol robotic network) điều phối bởi NASA, bao gồm hơn 400 quang phổ kế tự động CIMEL được thiết kế và lắp đặt phục vụ cho việc nghiên cứu thời tiết và biến đổi khí hậu. Tuy các phép đo quang phổ kế có khả năng cung cấp dữ liệu tin cậy về đặc tính của các sol khí, nhưng chúng chỉ có thể cung cấp thông tin về các đặc

*Tác giả liên hệ: Email: luongnd1@nuce.edu.vn

Studying the optical and physical properties of aerosol in an urban area of Hanoi city

Duc Luong Nguyen^{1*}, Thi Hieu Bui¹,
Hung Vy Van², Thi Thuy Pham²

¹Faculty of Environmental Engineering, National University of Civil Engineering,
55 Giai Phong Street, Dong Tam Ward, Hai Ba Trung District, Hanoi, Vietnam

²Centre for Environmental Monitoring, Vietnam Environment Administration,
556 Nguyen Van Cu Street, Ngoc Lam Ward, Long Bien District, Hanoi, Vietnam

Received 2 July 2021; revised 28 July 2021; accepted 30 July 2021

Abstract:

The purpose of this study is to analyse and evaluate the optical and physical properties of aerosol in an urban area of Hanoi city based on the data products for aerosol characteristics measured by the sunphotometer situated at the ground station (Nghĩa Đô AERONET station, Hanoi) and by the MODIS satellite remote sensing for 3 seasons (dry, rainy, and transitional seasons) during the period of 2010-2018. The findings showed that the aerosol optical depth (AOD) has the highest value in the transitional season (1.24), followed by those in the dry (0.94) and rainy (0.57) seasons. The high value of Angstrom Exponent (1.34) measured at the wavelengths of 870 and 440 nm ($AE_{440-870}$) indicated the major contribution of fine particles, compared to that by the coarse particles, in the aerosol loading in the study area. The high values of both Extinction Angstrom Exponent ($EAE_{440-480}$) and Absorbed Angstrom Exponent ($AAE_{440-480}$) during 3 seasons suggested that aerosol originated from both biomass burning and urban/industrial sources co-existed in the atmosphere in the study area. The analysis results for active fires in the Southeast Asia measured by MODIS satellite and air mass backward trajectories arrived at the study site in Hanoi in the periods of 2016 showed that the regional biomass burning activities (the central region of Vietnam and neighboring countries including Thailand, Laos, and Cambodia) could be the important source influencing the variation of optical and physical properties of aerosol during the end of the dry season and transitional season in the urban area of Hanoi city.

Keywords: AERONET, aerosol optical and physical properties, AOD, biomass burning, MODIS.

Classification number: 1.5

tính sol khí ở một số khu vực cụ thể xung quanh vị trí đặt thiết bị quang phổ kế. Để khắc phục điểm hạn chế về không gian này, công cụ vệ tinh viễn thám đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp các đặc tính của sol khí ở cả quy mô vùng và quy mô toàn cầu. Trong số các sản phẩm số liệu vệ tinh được sử dụng để đánh giá tải lượng sol khí, các sản phẩm của vệ tinh được ứng dụng phổ biến nhất bởi độ chính xác cao đối với cả sol khí thô và sol khí mịn [4]. Các cảm biến MODIS (Terra và Aqua) với dải quang phổ rộng đã tạo ra một bộ dữ liệu chuyên sâu về đặc tính quang học của sol khí trên phạm vi toàn cầu.

Hà Nội nằm trong khu vực Đồng bằng sông Hồng, là thủ đô và là thành phố lớn thứ hai của Việt Nam, với tổng diện tích khoảng 3.328 km² và tổng dân số khoảng 8,25 triệu người (năm 2020). Khí hậu của Hà Nội mang đặc điểm khí hậu điển hình của miền Bắc Việt Nam với mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 9, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 3, và mùa chuyển tiếp vào tháng 4 và tháng 10. Trong những năm gần đây, Hà Nội đã và đang phải đối mặt với tình trạng gia tăng ô nhiễm không khí, dẫn đến những ảnh hưởng đến sức khỏe người dân. Cho đến nay, một số nghiên cứu đã được thực hiện chủ yếu liên quan đến đánh giá mức độ ô nhiễm không khí ở Hà Nội [5-8]. Tuy nhiên, chưa có nhiều nghiên cứu liên quan đến đặc tính quang học và vật lý của sol khí ở Việt Nam cũng như ở Hà Nội. Do đó, việc thực hiện nghiên cứu này sẽ góp phần cung cấp, bổ sung các thông tin liên quan đến đặc tính quang học, vật lý của sol khí và các yếu tố tác động đến sự biến đổi của sol khí. Mục tiêu chính của nghiên cứu là phân tích, đánh giá các đặc tính quang học và vật lý của sol khí tại một khu vực đô thị ở thành phố Hà Nội dựa trên việc phân tích đánh giá các sản phẩm số liệu đặc tính quang học và vật lý của sol khí thu thập từ quang phổ kế đặt ở trạm đo mặt đất (Trạm AERONET Nghĩa Đô, Hà Nội) và từ vệ tinh viễn thám MODIS.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu AERONET

Dữ liệu AERONET được cung cấp bởi NASA ở 3 cấp độ: cấp độ 1 (chưa được lọc mây); cấp độ 1,5 (đã được lọc mây); cấp độ 2 (đã được lọc mây và chất lượng được đảm bảo). Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu AERONET cấp độ 2 bao gồm: AOD ở bước sóng 500 nm và các thông số AE, EAE, và AAE được xác định ở bước sóng 440 và 870 nm ($AE_{440-870}$, $EAE_{440-870}$, $AAE_{440-870}$). Trong nghiên cứu này, trạm đo của AERONET là trạm AERONET Nghĩa Đô (tọa độ 105,80 E; 21,05 N). Đây là trạm đo nằm ở một khu vực đô thị đông dân cư của Hà Nội, có thể chịu tác động của nhiều nguồn phát thải do hoạt động của con người như giao thông, công nghiệp, xây dựng và đốt sinh khối. Giai đoạn được nghiên cứu đối với số liệu AERONET là 2010-2018.

2.2. Dữ liệu MODIS AOD

Nghiên cứu này sử dụng bộ sản phẩm AOD mới nhất của vệ tinh MODIS Terra (MOD04) - bộ dữ liệu 6,1 ở bước sóng 550 nm sử dụng thuật toán kết hợp 10 km DTDB (Dark target deep blue). Các sản phẩm sol khí cấp độ 2 MODIS Terra trong giai đoạn 2010-2018 được tải về từ cơ sở dữ liệu hệ LAADS DAAC của tổ chức NASA, Mỹ (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>). Sản phẩm kết hợp AOD₅₅₀_DTDB được sử dụng trong nghiên cứu này chỉ bao gồm các dữ liệu chất lượng cao DT (QAF=3 đối với mặt đất, QAF>0 đối với đại dương) và DB (QAF=2 & 3).

2.3. Dữ liệu các điểm cháy từ vệ tinh MODIS

Trong nghiên cứu này, bộ sản phẩm MODIS NRT thể hiện các điểm cháy hoạt động được sử dụng để phát hiện các vùng có đám cháy trong phạm vi vùng và địa phương trong khoảng thời gian nghiên cứu. Dữ liệu về điểm cháy hoạt động được tải về từ website của FIRMS (Fire information for resource management system, NASA). Mỗi vị trí điểm cháy hoạt động MODIS NRT biểu thị trung tâm của 1 km pixel. Chỉ những điểm cháy với 100% chắc chắn mới được sử dụng trong nghiên cứu này. Thông tin các điểm cháy sẽ được thể hiện trên bản đồ không gian kết hợp với phân tích quỹ đạo chuyển động ngược của các khối không khí để xác định khả năng tác động của các nguồn đốt sinh khối ở phạm vi vùng và địa phương tới đặc tính sol khí đo đạc tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội.

2.4. Phân tích quỹ đạo chuyển động ngược của các khối không khí

Quỹ đạo chuyển động ngược 3 ngày của các khối không khí được mô phỏng để xác định các nguồn phát thải, đặc biệt là các nguồn đốt sinh khối ở quy mô vùng và địa phương tới đặc tính sol khí đo đạc tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội. Việc mô phỏng được thực hiện nhờ áp dụng mô hình HYSPLIT (Hybrid single-particle lagrangian integrated trajectory).

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Biến đổi theo thời gian của các đặc tính quang học của sol khí

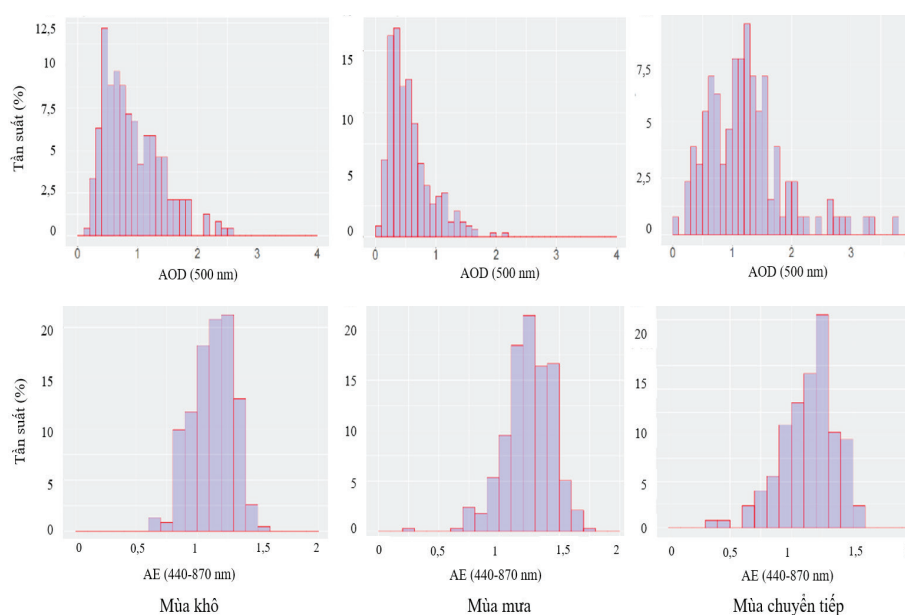
Bảng 1 thể hiện giá trị trung bình năm của AOD ở bước sóng 500 nm (AOD₅₀₀) và thông số AE ở bước sóng từ 440 đến 870 nm (AE₄₄₀₋₈₇₀) trong cả giai đoạn nghiên cứu 2010-2018. Giá

trị trung bình năm của AOD₅₀₀ tại Trạm Nghĩa Đô là 0,81, cao hơn nhiều so với giá trị ở khu vực đô thị tại Ispra, Italia (0,34), có thể so sánh được với giá trị ở Bắc Kinh, Trung Quốc (0,74-1,06) và thấp hơn giá trị ở khu vực đô thị tại Vũ Hán, Trung Quốc (1,05) [9].

Bảng 1. Giá trị trung bình năm ($\pm$ độ lệch chuẩn) và trung bình mùa ($\pm$ độ lệch chuẩn) của AOD₅₀₀ và AE₄₄₀₋₈₇₀*

	Mùa khô	Mùa chuyển tiếp	Mùa mưa	Cả năm
AOD ₅₀₀	0,94 ($\pm 0,48$)	1,24 ($\pm 0,67$)	0,57 ($\pm 0,35$)	0,81 ($\pm 0,53$)
AE ₄₄₀₋₈₇₀	1,34 ($\pm 0,16$)	1,37 ($\pm 0,17$)	1,33 ($\pm 0,21$)	1,34 ($\pm 0,18$)

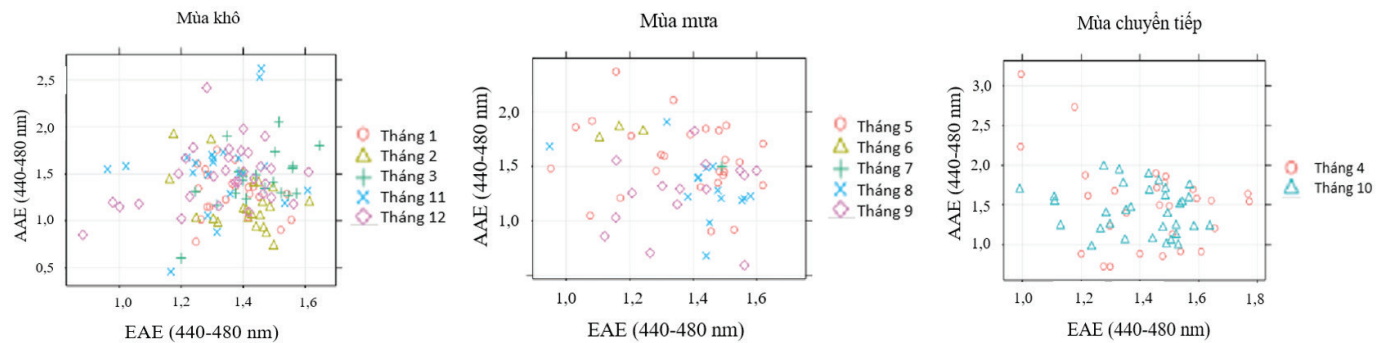
Sự gia tăng tải lượng của sol khí (thể hiện qua giá trị tương đối cao của AOD₅₀₀) tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội có thể bị ảnh hưởng mạnh bởi các nguồn phát thải nhân tạo. Tại hầu hết các khu vực đô thị ở Việt Nam, các loại nguồn phát thải nhân tạo chính bao gồm các phương tiện giao thông (xe máy và ô tô sử dụng nhiên liệu xăng, xe tải và các loại xe buýt chạy dầu diesel...), nguồn cố định (công nghiệp, nhiệt điện...), đốt sinh khối (các hoạt động nấu ăn trong sinh hoạt, đốt rác và phế phẩm nông nghiệp), và các hoạt động xây dựng. Trong 3 mùa, AOD₅₀₀ có giá trị trung bình thấp nhất vào mùa mưa (0,57), chủ yếu do tác động của quá trình rửa trôi các hạt trong khí quyển khi xảy ra mưa, do đó làm giảm tải lượng của sol khí. Trong khi đó, giá trị AOD₅₀₀ vào mùa chuyển tiếp (1,24) cao hơn đáng kể so với mùa khô (0,94). Có thể nhận thấy trong mùa khô và mùa chuyển tiếp, dải giá trị 0,3-1,6 của AOD₅₀₀ có tần suất xuất hiện là lớn nhất; trong khi về mùa mưa, dải giá trị của AOD₅₀₀ có tần suất xuất hiện lớn nhất là 0,2-0,9 (hình 1).



Hình 1. Tần suất xuất hiện của AOD₅₀₀ và AE₄₄₀₋₈₇₀ trong 3 mùa.

Giá trị cao của thông số $AE_{440-870}$ có thể phản ánh sự đóng góp chủ yếu của các hạt bụi mịn so với các hạt bụi thô đối với tải lượng của sol khí. Theo kết quả nghiên cứu, dải giá trị của $AE_{440-870}$ có thể từ 0 (thể hiện hạt có kích cỡ rất lớn) tới 4 (thể hiện hạt có kích cỡ rất nhỏ). Theo bảng 1, giá trị trung bình nhiều năm của $AE_{440-870}$ tại Trạm Nghĩa Đô là 1,34; cao hơn một chút so với ở Vũ Hán (1,22). Giá trị trung bình mùa của $AE_{440-870}$ ở Trạm Nghĩa Đô là khá tương đồng trong cả 3 mùa. Ngoài ra, tần suất xuất hiện của khoảng giá trị từ 1,15 đến 1,55 của $AE_{440-870}$ (phản ánh sự chiếm ưu thế của các hạt bụi mịn) trong mùa khô, mùa chuyển tiếp và mùa mưa tương ứng là 86,97, 78,74 và 80,70% (hình 1). Kết quả này cho thấy, các hạt bụi mịn chiếm phần lớn tải lượng sol khí trong cả 3 mùa tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội.

3.2. Tác động của hoạt động đốt sinh khối tới đặc tính của sol khí trong giai đoạn cuối mùa khô và mùa chuyển tiếp



Hình 2. Mối tương quan giữa $EAE_{440-480}$ và $AAE_{440-480}$ trong 3 mùa.

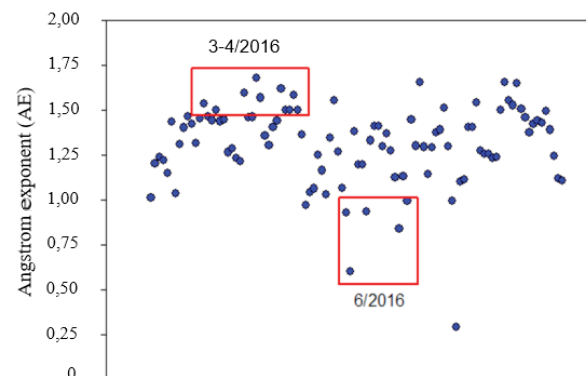
Đặc tính của các loại sol khí có nguồn gốc do đốt sinh khối (Biomass burning - BB) và do các hoạt động đô thị/công nghiệp (urban/industry - U/I) được xác định với việc sử dụng các tiêu chí theo nghiên cứu [10] như sau: sol khí có nguồn gốc BB có các giá trị $EAE_{440-480} > 1$ và $AAE_{440-480} > 1,2$; sol khí có nguồn gốc U/I có $EAE_{440-480} > 1$ và $0,7 < AAE_{440-480} < 1,3$. Kết quả phân tích mối tương quan giữa $EAE_{440-480}$ và $AAE_{440-480}$ trong 3 mùa thể hiện ở hình 2 cho thấy, cả hai loại sol khí BB và U/I đều tồn tại trong môi trường không khí ở Hà Nội. Giá trị trung bình trong toàn bộ giai đoạn nghiên cứu của $EAE_{440-480}$ đối với các loại BB và U/I ở khu vực nghiên cứu tương ứng là 1,40 và 1,39. Giá trị của sol khí BB lớn hơn một chút so với sol khí U/I biểu thị kích thước sol khí BB nhỏ hơn so với sol khí U/I.

$EAE_{440-870}$ là một trong những thông số phản ánh kích cỡ của các hạt trong sol khí. Giá trị nhỏ hơn của $EAE_{440-870}$ biểu thị kích thước hạt lớn hơn. Các giá trị của $EAE_{440-870}$ là 1,36, 1,41 và 1,39 tương ứng với mùa khô, mùa chuyển tiếp và mùa mưa. Những khác biệt nhỏ về giá trị của $EAE_{440-870}$

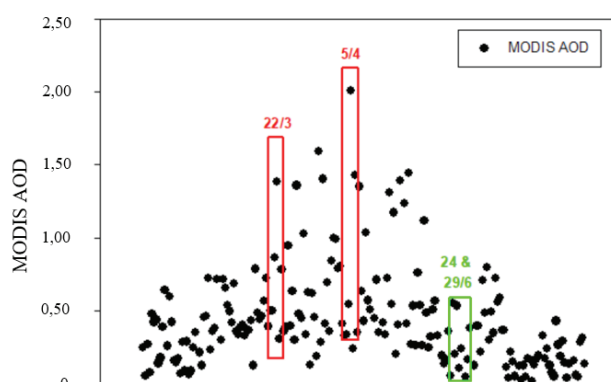
trong 3 mùa cho thấy sự biến đổi không đáng kể về kích thước các hạt trong sol khí ở 3 mùa tại khu vực nghiên cứu. Như vậy, giá trị $EAE_{440-870}$ là cao nhất trong giai đoạn mùa chuyển tiếp ở khu vực nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong giai đoạn cuối mùa khô (tháng 3) và mùa chuyển tiếp (tháng 4), loại sol khí có nguồn gốc do đốt sinh khối chiếm khoảng 91,59%. Theo kết quả của một số nghiên cứu khác [11, 12], các hoạt động đốt sinh khối diễn ra thường xuyên trong các tháng 3 và 4 ở khu vực các nước Đông Nam Á, và đây có thể là nguồn tác động đáng kể tới đặc tính của sol khí trong các khoảng thời gian này.

Để có thể đánh giá tác động của các hoạt động đốt sinh khối tới đặc tính của sol khí tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội trong giai đoạn cuối mùa khô và mùa chuyển tiếp, diễn biến của các thông số thể hiện đặc tính quang học của sol khí bao gồm số mũ Angstrom ở các bước sóng 440-870 nm

xác định từ trạm đo AERONET ($AE_{440-870}$) và độ dày quang học của sol khí xác định từ vệ tinh MODIS (MODIS AOD) trong năm 2016 - là năm có đầy đủ nhất các số liệu về đặc tính quang học của sol khí trong giai đoạn nghiên cứu 2010-2018 được thể hiện tương ứng ở hình 3 và 4.



Hình 3. Sự biến đổi của giá trị trung bình ngày của $AE_{440-870}$ trong năm 2016.

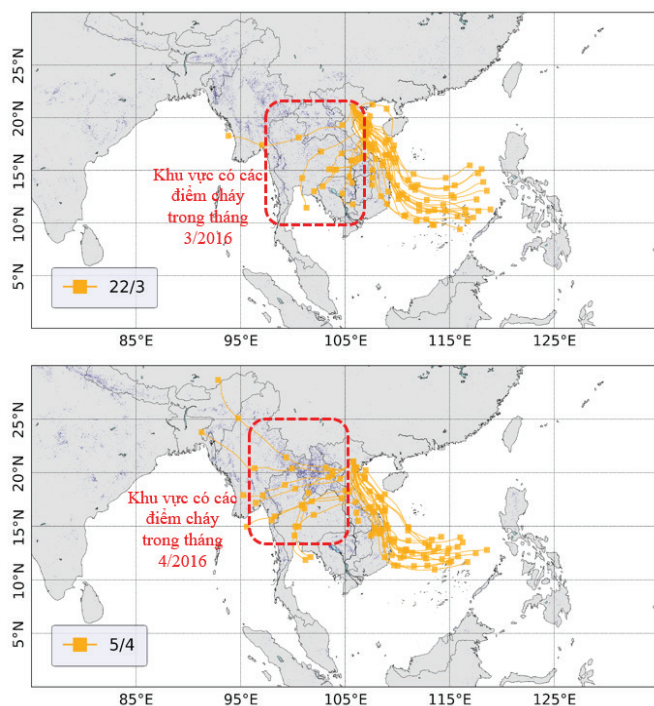


Hình 4. Sự biến đổi của giá trị trung bình ngày của MODIS AOD trong năm 2016.

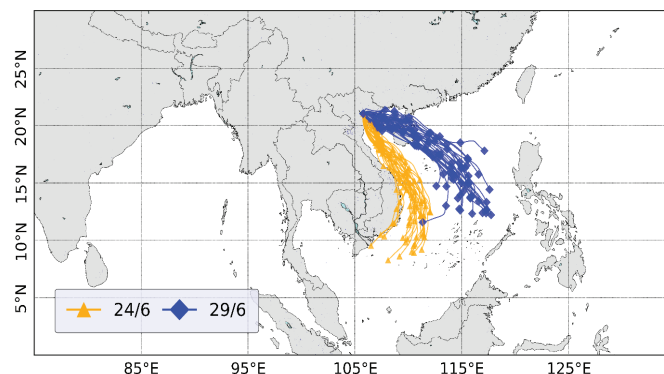
Theo kết quả nghiên cứu của [13], sol khí có nguồn gốc do đốt sinh khối thường có giá trị $AE_{440-870} > 1,5$. Kết quả thể hiện ở hình 3 cho thấy, trong các tháng 3 và 4/2016, một số ngày có giá trị $AE_{440-870} > 1,5$. Đồng thời, tải lượng sol khí (thể hiện qua giá trị của MODIS AOD) trong một số ngày của tháng 3 và 4/2016 cũng tăng cao, ví dụ trong các ngày 22/3/2016 và 5/4/2016 (hình 4). Bản đồ thể hiện các điểm cháy ở khu vực Đông Nam Á thu thập từ số liệu vệ tinh MODIS trong giai đoạn tháng 3-4/2016 cho thấy mật độ dày đặc các điểm cháy (phần lớn do đốt sinh khối). Các kết quả mô phỏng của mô hình HYSPLIT cho thấy, các khối không

khí di chuyển đến khu vực nghiên cứu ở Hà Nội trong các ngày 22/3/2016 và 5/4/2016 đều đi qua các vùng, khu vực có mật độ dày các điểm cháy ở miền Trung của Việt Nam và các quốc gia lân cận như Thái Lan, Lào, Campuchia. Do đó, các khối không khí này có thể vận chuyển một lượng chất ô nhiễm nhất định sinh ra từ các đám cháy đó và mang tới khu vực Hà Nội, làm gia tăng tải lượng sol khí tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội trong các ngày 22/3/2016 (AOD~1,6) và 5/4/2016 (AOD~2,0, giá trị AOD cao nhất thu nhận được trong năm 2016) (hình 5).

Để so sánh các kết quả của giai đoạn cuối mùa khô và mùa chuyển tiếp, nghiên cứu này lựa chọn 2 ngày trong tháng 6/2016 là ngày 24/6/2016 và 29/6/2016 có các giá trị $AE_{440-870} < 1$ (hình 3) và các giá trị MODIS AOD rất thấp (AOD~0,05, ngày 24/6/2016) và thấp (AOD~0,55, ngày 29/6/2016) như thể hiện ở hình 4 để tiếp tục phân tích. Bản đồ thể hiện các điểm cháy ở khu vực Đông Nam Á thu thập từ số liệu vệ tinh MODIS trong giai đoạn tháng 6/2016 cho thấy không xuất hiện nhiều điểm cháy ở khu vực Đông Nam Á trong giai đoạn này. Đồng thời, kết quả mô phỏng của mô hình HYSPLIT cho thấy, các khối không khí di chuyển đến khu vực nghiên cứu ở Hà Nội trong các ngày 24/6/2016 và 29/6/2016 đều xuất phát từ khu vực biển Đông và quỹ đạo chuyển động của các khối không khí cũng không đi qua các khu vực có điểm cháy (hình 6).



Hình 5. Bản đồ thể hiện các điểm cháy ở khu vực Đông Nam Á trong các tháng 3 và 4/2016 và quỹ đạo chuyển động ngược của các khối không khí đến khu vực Hà Nội trong các ngày 22/3/2016 và 5/4/2016 dựa trên kết quả mô phỏng của mô hình HYSPLIT.



Hình 6. Bản đồ thể hiện các điểm cháy ở khu vực Đông Nam Á trong các tháng 3 và tháng 4/2016 và quỹ đạo chuyển động ngược của các khối không khí đến khu vực Hà Nội trong các ngày 24/6/2016 và 29/6/2016 dựa trên kết quả mô phỏng của mô hình HYSPLIT.

Như vậy, kết quả phân tích so sánh cho 2 giai đoạn (tháng 3-4/2016 và 6/2016) ở trên cho thấy, các hoạt động đốt sinh khối ở phạm vi vùng có thể là nguồn tác động đáng kể tới đặc tính của sol khí trong giai đoạn cuối mùa khô và mùa chuyển tiếp tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội.

4. Kết luận

Nghiên cứu này thực hiện việc phân tích, đánh giá các đặc tính quang học và vật lý của sol khí tại một khu vực đô

thị ở thành phố Hà Nội dựa trên việc phân tích các sản phẩm số liệu đặc tính quang học và vật lý của sol khí (AOD, AE, EAE và AAE) thu thập từ quang phổ kế đặt ở trạm đo mặt đất (Trạm AERONET Nghĩa Đô, Hà Nội) và từ vệ tinh viễn thám MODIS. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, thông số AOD có giá trị cao nhất trong mùa chuyển tiếp, tiếp đến là mùa khô và mùa mưa. Giá trị cao của thông số AE₄₄₀₋₈₇₀ phản ánh sự đóng góp chủ yếu của các hạt bụi mịn so với các hạt bụi thô trong tải lượng của sol khí tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội. Các giá trị cao của EAE₄₄₀₋₄₈₀ và AAE₄₄₀₋₄₈₀ trong cả 3 mùa cho thấy, cả hai loại sol khí có nguồn gốc do đốt sinh khối và do các hoạt động đô thị/công nghiệp đều tồn tại trong môi trường không khí ở Hà Nội. Kết quả phân tích dữ liệu các điểm cháy ở khu vực Đông Nam Á thu thập từ số liệu vệ tinh MODIS và kết hợp với phân tích quỹ đạo chuyển động ngược của các khối không khí cho một số giai đoạn của năm 2016 cho thấy, các hoạt động đốt sinh khối ở phạm vi vùng và địa phương có thể là nguồn tác động đáng kể tới sự biến đổi đặc tính của sol khí trong giai đoạn cuối mùa khô và mùa chuyển tiếp tại khu vực nghiên cứu ở Hà Nội.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển KH&CN Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.08-2017.301. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Benkhalifa, J.F. Léon, M. Chaabane (2017), "Aerosol optical properties of western mediterranean basin from multi-year AERONET data", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, **164**, pp.222-228, DOI: 10.1016/j.jastp.2017.08.029.
- [2] K.D. Kanniah, H.Q. Lim, D.G. Kaskaoutis, et al. (2014), "Investigating aerosol properties in Peninsular Malaysia via the synergy of satellite remote sensing and ground-based measurements", *Atmospheric Research*, **138**, pp.223-239, DOI: 10.1016/j.atmosres.2013.11.018.
- [3] J. Zhu, X. Xia, H. Che, et al. (2016), "Study of aerosol optical properties at kunming in southwest China and long-range transport of biomass burning aerosols from North Burma", *Atmospheric Research*, **169**, pp.237-247, DOI: 10.1016/j.atmosres.2015.10.012.
- [4] N. Yan, G. Wu, X. Zhang, et al. (2015), "Variation of aerosol optical properties from AERONET observation at Mt. Muztagh Ata, Eastern Pamirs", *Atmospheric Research*, **153**, pp.480-488, DOI: 10.1016/j.atmosres.2014.10.013.
- [5] C.D. Hai, N.T.K. Oanh (2013), "Effects of local, regional meteorology and emission sources on mass and compositions of particulate matter in Hanoi", *Atmospheric Environment*, **78**, pp.105-112, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.05.006.
- [6] D.L. Nguyen, N. Coowanitwong (2011), "Strategic environmental assessment application for sustainable transport-related air quality policies: A case study in Hanoi city, Vietnam", *Environment, Development and Sustainability*, **13**(3), pp.565-585, DOI: 10.1007/s10668-010-9277-1.
- [7] N.T.T. Thuy, D.T. Nghiem, K. Sekiguchi, et al. (2017), "Levels and water soluble organic carbon of atmospheric nanoparticles in a location of Hanoi, Vietnam", *Vietnam Journal of Science and Technology*, **55**(6), pp.745-755, DOI: 10.15625/2525-2518/55/6/9618.
- [8] N.T.T. Thuy, N.T. Dung, R. Yamaguchi, et al. (2018), "Mass concentrations and carbonaceous compositions of PM_{0.1}, PM_{2.5}, and PM₁₀ at urban locations in Hanoi, Vietnam", *Aerosol and Air Quality Research*, **18**(7), pp.1591-1605, DOI: 10.4209/aaqr.2017.11.0502.
- [9] L. Wang, W. Gong, X. Xia, et al. (2015), "Long-term observations of aerosol optical properties at Wuhan, an urban site in central China", *Atmospheric Environment*, **101**, pp.94-102, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.11.021.
- [10] A.K. Mishra, T. Shibata (2012), "Synergistic analyses of optical and microphysical properties of agricultural crop residue burning aerosols over the Indo-Gangetic Basin (IGB)", *Atmospheric Environment*, **57**, pp.205-218, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.04.025.
- [11] N.H. Lin, S.C. Tsay, H.B. Maring, et al. (2013), "An overview of regional experiments on biomass burning aerosols and related pollutants in Southeast Asia: From base-asia and the Dongsha experiment to 7-seas", *Atmospheric Environment*, **78**, pp.1-19, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.04.066.
- [12] T.H. Le, T.N.T. Nguyen, K. Lasko, et al. (2014), "Vegetation fires and air pollution in Vietnam", *Environmental Pollution*, **195**, pp.267-275, DOI: 10.1016/j.envpol.2014.07.023.
- [13] J. Liu, W. Shen, Y. Yuan, et al. (2021), "Optical characteristics and radiative properties of aerosols in harbin, heilongjiang province during 2017", *Atmosphere*, **12**(4), DOI: 10.3390/atmos12040463.

Nghiên cứu thành phần hóa học nguồn nước phục vụ bảo tồn gen và phát triển chuỗi giá trị bò H'mông ở miền núi phía Bắc

Vũ Thị Minh Hồng*, Đỗ Thị Hải

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 phố Viên, phường Đồng Ngạc, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 10/5/2021; ngày chuyển phản biện 13/5/2021; ngày nhận phản biện 3/6/2021; ngày chấp nhận đăng 7/6/2021

Tóm tắt:

Dự án khoa học và công nghệ “Ứng dụng công nghệ phát triển bò thịt chất lượng cao thành hàng hóa theo chuỗi giá trị ở miền núi phía Bắc” được thực hiện theo Quyết định số 1754/2018/QĐ-BKHCN ngày 25/6/2018 của Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ (KH&CN), là dự án cấp quốc gia thực hiện ứng dụng các công nghệ mới để phát triển sản phẩm bò thịt chất lượng cao theo chuỗi giá trị ở các tỉnh miền núi phía Bắc. Dự án đặt trụ sở tại thôn Đồng Luông, xã Quảng Chu, huyện Chợ Mới, tỉnh Bắc Kạn. Đây là khu vực được định hướng phát triển đàn bò hạt nhân bảo tồn gen giống gốc bò H'mông. Trong chăn nuôi bò, nguồn nước đóng vai trò hết sức quan trọng đối với sự sinh trưởng và phát triển của đàn bò. Ở khu vực triển khai dự án, nước sinh hoạt thường được lấy từ nguồn nước giếng khoan hoặc nguồn nước mặt từ các khe núi đá, các nguồn nước này thường có độ cứng cao và có thể bị ô nhiễm kim loại nặng, NO_2^- hay *E. coli* cao. Để đảm bảo chất lượng nước cho khu Trung tâm Bảo tồn gen và Phát triển giống bò H'mông phục vụ cho chăn nuôi đàn bò hạt nhân giống gốc, dự án đã tiến hành các thí nghiệm nghiên cứu hàm lượng kim loại nặng có trong các mẫu nước mặt (từ khe núi đá) và mẫu nước ngầm từ các giếng khoan tại Trung tâm đã và đang cung cấp làm nước sinh hoạt và phục vụ cho dự án. Các mẫu nước mặt và nước ngầm được lấy vào các thời điểm khác nhau trong năm và được phân tích bằng thiết bị hiện đại với độ nhạy, độ chính xác cao, giới hạn phát hiện tới mức ppt (ng/l). Các kết quả đo được so sánh với tiêu chuẩn về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt theo QCVN 01-1:2018/BYT do Bộ Y tế ban hành.

Từ khóa: bò H'mông, độ cứng, kim loại nặng, nước, ô nhiễm.

Chỉ số phân loại: 1.5

1. Mở đầu

Để có được sản phẩm thịt bò H'mông sạch, trước tiên phải đảm bảo nguồn thức ăn và nguồn nước uống cung cấp cho bò phải sạch và an toàn. Các nguồn nước được sử dụng phải đạt tiêu chuẩn về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt theo QCVN 01-1:2018/BYT do Bộ Y tế ban hành [1].

Nghiên cứu thành phần hóa học và các thông số của nước, từ đó đánh giá hiện trạng chất lượng nguồn nước mặt (nước từ khe núi đá) và nước ngầm (nước giếng khoan) trên địa bàn Trung tâm Bảo tồn gen và Phát triển giống bò H'mông tại thôn Đồng Luông, xã Quảng Chu, huyện Chợ Mới, tỉnh Bắc Kạn là rất quan trọng đối với mục tiêu sản xuất thịt sạch của dự án “Ứng dụng công nghệ phát triển bò thịt chất lượng cao thành hàng hóa theo chuỗi giá trị ở miền núi phía Bắc”. Quá trình xâm nhập của vi khuẩn, các kim

loại nặng hay các chất hữu cơ có thể gây ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước đã và đang được Trung tâm sử dụng làm nguồn nước nuôi dưỡng và chăm sóc bò, tình trạng ô nhiễm này có thể gia tăng mạnh vào mùa mưa hàng năm. Với những luận cứ khoa học, các công cụ đánh giá chính xác, các thiết bị hiện đại với độ nhạy, độ chính xác cao và từ các kết quả phân tích các mẫu nước từ các nguồn khác nhau mà Trung tâm đã đang sử dụng, nhóm tác giả mong muốn đưa ra đề xuất phù hợp nhằm hỗ trợ doanh nghiệp khai thác và sử dụng nước sinh hoạt và nước cung cấp cho đàn bò đảm bảo sạch và an toàn vì một mục tiêu chăn nuôi bền vững.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Lấy và bảo quản mẫu

- Vị trí lấy mẫu: tại các điểm đã xác định là nguồn nước cấp cho khu Trung tâm của dự án thuộc thôn Đồng Luông,

*Tác giả liên hệ: Email: vuthiminhhong@humg.edu.vn

Research on the chemical composition of water resources for gene conservation and development of H'mong cattle value chain in the northern mountainous region

Thi Minh Hong Vu*, Thi Hai Do

Hanoi University of Mining and Geology,
18 Vien Street, Dong Ngac Ward, Bac Tu Liem District, Hanoi, Vietnam

Received 10 May 2021; revised 3 June 2021; accepted 7 June 2021

Abstract:

The science and technology project “Application of technology to develop high-quality beef cattle into goods according to the value chain in the northern mountainous region” (hereinafter referred to as the H'mong cattle project) is implemented under Decision No. 1754/2018/QĐ-BKHCN dated June 25, 2018, of the Minister of Science and Technology. This is a national science and technology project implementing the application of new technologies to develop products according to the quality beef value chain in the northern mountainous provinces. The project is located at Dong Luong village, Quang Chu commune, Cho Moi district, Bac Kan province, that is oriented to develop a nuclear cow herd that preserves the H'mong gene. In cow breeding, water source plays a very important role in the growth and development of cows. In the project area, water for domestic use is often taken from wells or surface water from ravines, which have high hardness and heavy metals pollution, NO_2^- or *E. coli*. In order to ensure water quality for the Centre for Genetic Conservation and Development of H'mong cattle, for raising original H'mong cows, the authors have conducted experiments to study heavy metal content in the surface water samples (from rock ravines) and groundwater samples (from drilled wells). Water samples were taken at different times of the year and analysed by modern equipment with high sensitivity, high accuracy, and detection limit to ppt (ng/l). Measured results are compared with the QCVN 01-1:2018/BYT National Technical Regulation on Domestic Water Quality issued by the Ministry of Health.

Keywords: heavy metal, high hardness, H'mong cattle, pollution, water.

Classification number: 1.5

xã Quảng Chu, huyện Chợ Mới, tỉnh Bắc Kạn.

- Thu mẫu nước từ khe núi đá tại khu Trung tâm của dự án với số lượng 4 mẫu (hai mẫu 1 và 2 vào tháng 8/2019, hai mẫu 3 và 4 vào tháng 8/2020).

- Tiến hành khoan thu mẫu nước ngầm tại khu Trung tâm của dự án với 3 mẫu lấy vào tháng 8/2019, mỗi mẫu 10 lít.

- Mẫu được lấy trong điều kiện thời tiết: trời râm mát, nắng nhẹ, nhiệt độ 27-28°C, độ ẩm không khí 85-88%.

- Quy trình lấy mẫu nước mặt và nước ngầm theo QCVN 08 và QCVN 09-MT:2015/BTNMT [2, 3]. Mẫu được bảo quản và vận chuyển theo [4-9].

2.2. Phân tích mẫu

Tiến hành đo trực tiếp bằng các máy đo, đánh giá cảm quan [10, 11], các chỉ tiêu độ đục, pH được đo nhanh tại hiện trường bằng máy đo độ đục, máy đo pH của Hãng Emin, tiếp theo tiến hành xử lý và phân tích mẫu (thành phần hoá học bằng phương pháp hoá học và vật lý).

Các chỉ tiêu kim loại nặng được phân tích trên thiết bị ICP-MS, máy cực phổ 797 VA COMPUTRACE (Metrom) của Trường Đại học Mỏ - Địa chất với độ nhạy, độ chính xác cao, giới hạn phát hiện tới mức ppt (ng/l). Mẫu nước có thể đưa vào đo trực tiếp mà không cần phải qua quá trình xử lý (hoá học). Đo các thông số chất lượng nước mặt và nước dưới đất như độ cứng tổng cộng CaCO_3 (mg/l), hàm lượng kim loại nặng Cr (mg/l), Cu (mg/l), Hg (mg/l), Mn (mg/l), Pb (mg/l), Ni (mg/l), As (mg/l), hàm lượng Coliform (MNP/100 ml). Từ kết quả đo đạc, phân tích trong phòng thí nghiệm, tiến hành so sánh với tiêu chuẩn để làm cơ sở đánh giá tác động. Các chỉ tiêu được tiến hành so sánh với QCVN 01-1:2018/BYT [1] và chất lượng nước được đánh giá theo chỉ số chất lượng [4].

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Chất lượng nguồn nước mặt

Tiến hành lấy mẫu nước mặt và tiến hành xử lý, phân tích mẫu theo quy trình, kết quả thu được ở bảng 1. Từ kết quả phân tích các thông số chất lượng nước mặt (nước từ khe núi) cho thấy, giá trị trung bình năm của các chỉ tiêu đều đạt tiêu chuẩn theo quy định. Kết quả phân tích các thông số độ đục, màu sắc, mùi vị của nước nằm trong giới hạn cho phép theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt [1].

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần mẫu nước mặt.

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Giới hạn cho phép theo [1]	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
1	Độ đục	NTU	2	0	0	0	0
2	Màu sắc	Cảm quan		Không màu	Không màu	Không màu	Không màu
3	<i>E. coli</i>	CFU/100 ml	<1	0	0	0	0
4	Mùi vị	Cảm quan	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ
5	pH		6,5-8,5	7,2	7,1	7,2	7,1
6	Độ cứng, tính theo CaCO ₃	mg/l	300	166,280	166,721	166,568	167,012
7	Fe	mg/l	0,3	0,226	0,220	0,221	0,225
8	NO ₂ ⁻	mg/l	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
9	As	mg/l	0,01	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
10	Cr	mg/l	0,05	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
11	Cu	mg/l	1,0	0,021	0,022	0,022	0,021
12	Pb	mg/l	0,01	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
13	Mn	mg/l	0,3	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
14	Hg	mg/l	0,001	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
15	Ni	mg/l	0,07	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³

Về các chỉ tiêu pH, độ cứng, sắt, đồng, hàm lượng của các mẫu phân tích đều thấp hơn chỉ tiêu cho phép của QCVN 01-1:2018/BYT. Mặc dù điều kiện khí hậu trong khu vực biến động khá lớn, lượng nước mặt vào mùa mưa rất dồi dào nhưng các chỉ tiêu màu sắc, mùi vị, chỉ tiêu *E. coli* của các mẫu đều dưới giới hạn cho phép. Từ kết quả phân tích các chỉ tiêu kim loại nặng so sánh với quy định theo QCVN 01-1:2018/BYT thấy rằng, giá trị các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm thấp hơn mức quy chuẩn cho phép đối với nước cho các mục đích sinh hoạt. Về cơ bản cho thấy sự ổn định và mức độ an toàn đối với mục đích sử dụng nước cấp cho sinh hoạt, ăn uống.

Nước cứng là loại nước chứa hàm lượng chất khoáng cao, chủ yếu là hai ion canxi (Ca²⁺) và magie (Mg²⁺). Độ cứng toàn phần, hay còn gọi là “độ cứng tổng”, bằng tổng hàm lượng toàn bộ các ion canxi và magie có trong dung dịch, được thể hiện dưới hàm lượng tương đương của CaCO₃. Theo bảng 1, độ cứng tính theo hàm lượng CaCO₃ có giá trị xấp xỉ 166 mg/l là tương đối cao so với nước cấp cho sinh hoạt thông thường (tuy vẫn thấp hơn nhiều so với tiêu chuẩn cho phép là 300 mg/l), điều này có thể giải thích do lượng nước lấy từ các khe núi đá nên dưới tác động của dòng chảy đã xảy ra phản ứng hòa tan đá vôi, làm tăng hàm lượng các ion canxi và magie nên độ cứng nước tăng:



Đối với các chỉ tiêu vi sinh *E. coli*, kết quả phân tích

cho thấy chất lượng nước đảm bảo cho mục tiêu cấp nước ăn uống.

3.2. Chất lượng nguồn nước ngầm

Kết quả đo độ tổng khoáng hoá, màu sắc, mùi vị, độ đục và pH của nước ngầm tại giếng nghiên cứu được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả phân tích thành phần mẫu nước ngầm.

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Giới hạn cho phép theo [1]	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
1	Độ đục	NTU	2	1	1	1
2	Màu sắc	Cảm quan		Không màu	Không màu	Không màu
3	<i>E. coli</i>	CFU/100 ml	<1	0	0	0
4	Mùi vị	Cảm quan	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ	Không có mùi vị lạ
5	pH		6,5-8,5	7,3	7,4	7,3
6	Độ cứng, tính theo CaCO ₃	mg/l	300	208,780	208,776	208,782
7	Fe	mg/l	0,3	0,463	0,466	0,465
8	NO ₂ ⁻	mg/l	0,05	0,047	0,044	0,048
9	As	mg/l	0,01	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
10	Cr	mg/l	0,05	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
11	Cu	mg/l	1,0	0,147	0,146	0,147
12	Pb	mg/l	0,01	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
13	Mn	mg/l	0,3	0,03	0,03	0,03
14	Hg	mg/l	0,001	<10 ⁻³	<10 ⁻³	<10 ⁻³
15	Ni	mg/l	0,07	0,02	0,02	0,02

Từ các kết quả phân tích ở bảng 2 cho thấy, các thông số và nồng độ các chỉ tiêu hóa lý đều nằm trong giới hạn cho phép với mục đích cấp nước sinh hoạt theo QCVN, trừ chỉ tiêu Fe tổng số (hàm lượng ~0,46 mg/l) cao hơn ngưỡng cho phép (0,3 mg/l). Chỉ số nitrit (NO₂⁻) mặc dù nằm trong giới hạn cho phép, nhưng thấp hơn ngưỡng cho phép không nhiều (0,047 so với 0,05), chứng tỏ có sự phân huỷ của vật chất hữu cơ, việc phân huỷ này thường kèm theo các vi khuẩn có thể gây bệnh cho bò nếu được sử dụng. Độ cứng tính theo hàm lượng CaCO₃ có giá trị xấp xỉ 208 mg/l, tuy thấp hơn so với tiêu chuẩn cho phép là 300 mg/l nhưng vẫn tương đối cao. Điều này có thể giải thích như sau, Trung tâm nằm ở khu vực vùng núi, nước ngầm khi đi qua các lớp đá vôi đã hòa tan các ion Mg²⁺, Ca²⁺ có trong thành phần của lớp trầm tích đá vôi, làm tăng độ cứng trong nước, nhưng do không có lưu chuyển dòng chảy nên nồng độ ion gây ra độ cứng được tích tụ và tăng cao hơn so với nước lấy từ khe núi.

4. Kết luận và khuyến nghị

Từ các kết quả nghiên cứu nêu trên có thể kết luận như sau:

Với phương pháp phân tích hiện đại có độ nhạy cao, khả năng lặp lại lớn nên đã bước đầu xác định được hàm lượng một số kim loại nặng: Pb, As, Hg, Cu... có trong nước mặt, nước ngầm ở khu vực khảo sát.

Các chỉ tiêu phân tích và hàm lượng của các nguyên tố kim loại nặng trong các mẫu nước mặt nghiên cứu (nước từ khe núi) đều thấp hơn nhiều so với tiêu chuẩn cho phép, chứng tỏ chưa có tình trạng ô nhiễm nước ở khu vực nêu trên.

Về nước ngầm (nước giếng khoan), chỉ tiêu sắt tổng số vượt tiêu chuẩn cho phép, chỉ tiêu nitrit (NO_2^-) và độ cứng mặc dù thấp hơn ngưỡng cho phép nhưng cũng khá cao, nếu sử dụng cho mục đích sinh hoạt và cung cấp cho bò cần được khử trùng và xử lý độ cứng sơ bộ.

Quan trắc môi trường là công tác thường xuyên liên tục, việc nghiên cứu của chúng tôi chỉ được tiến hành trong một thời gian khá ngắn, số lượng mẫu chưa nhiều. Qua đó cho biết kết quả phân tích ban đầu về hàm lượng một số kim loại nặng có trong một số mẫu nước giếng khoan cao hơn so với giới hạn cho phép (QCVN 01-1:2018/BYT của Bộ Y tế). Tuy nhiên, các nguyên nhân gây ô nhiễm kim loại nặng có thể thay đổi theo thời gian, vì vậy, chúng tôi hy vọng trong thời gian tới sẽ tiếp tục theo dõi, nghiên cứu vấn đề này để có thể đưa ra kết luận đầy đủ hơn về tồn dư kim loại nặng trong nước cấp cho sinh hoạt, đồng thời có thể quản lý một cách phù hợp việc khai thác nguồn tài nguyên nước để sử dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ministry of Health (2018), *Circular No. 41/2018/TT-BYT dated December 14, 2018 Promulgating National Technical Regulations on Clean Water Quality used for Domestic Purposes QCVN 01-1:2018/BYT* (in Vietnamese).
- [2] Ministry of Natural Resources and Environment (2015), *Circular No. 65/2015/TT-BTNMT dated December 21, 2015 on Promulgating National Technical Regulations on Environment QCVN 08-MT:2015/BTNMT: Surface Water Quality Standards* (in Vietnamese).
- [3] Ministry of Natural Resources and Environment (2015), *Circular No. 66/2015/TT-BTNMT dated December 21, 2015 on Promulgating National Technical Regulations on Environment QCVN 09-MT:2015/BTNMT: Groundwater Quality Standards* (in Vietnamese).
- [4] Ministry of Natural Resources and Environment (2019), *Decision No. 1460/QĐ-TCMT dated November 12, 2019 on Promulgating Technical Guidelines for Calculating and Announcing Vietnam's Water Quality Index* (in Vietnamese).
- [5] Ministry of Science and Technology (2011), *TCVN 6663-1:2011, ISO 5667-1:2006 - Water Quality - Sampling - Part 1: Guidance on the Design of Sampling Programmes and Sampling Techniques* (in Vietnamese).
- [6] Ministry of Science and Technology (2016), *Water Quality - Sampling - Part 3: Preservation and Handling of Water Samples* (in Vietnamese).
- [7] Ministry of Science and Technology (2018), *TCVN 6663-6:2018, ISO 5667-6:2014 - Water Quality - Sampling Part 6: Guidance on Sampling of Rivers and Streams* (in Vietnamese).
- [8] Ministry of Science and Technology (2011), *Water Quality - Sampling - Part 11: Guidance on Sampling of Groundwaters* (in Vietnamese).
- [9] Ministry of Science and Technology (2018), *Water Quality - Sampling - Part 14: Guidance on Quality Assurance and Quality Control of Environmental Water Sampling and Handling* (in Vietnamese).
- [10] Ministry of Science and Technology (1978), *TCVN 2653- 1978: Drinking Water - Determination of Taste, Smell, Color and Turbidity* (in Vietnamese).
- [11] Ministry of Science and Technology (2008), *TCVN 6184:2008, ISO 7027:1999 Water quality - Determination of Turbidity* (in Vietnamese).

Điều tra thành phần loài và kinh nghiệm sử dụng cây ăn được của đồng bào Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La

Nguyễn Thị Vân Anh^{1*}, Nguyễn Văn Dư¹, Hà Tuấn Anh¹,
Bùi Văn Thanh¹, Trần Thị Liên², Nguyễn Tiến Dũng³

¹Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 334 Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Trung, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

³Trường Đại học Tây Bắc, Chu Văn An, phường Quyết Tâm, TP Sơn La, tỉnh Sơn La, Việt Nam

Ngày nhận bài 27/10/2021; ngày chuyển phản biện 2/11/2021; ngày nhận phản biện 19/11/2021; ngày chấp nhận đăng 25/11/2021

Tóm tắt:

Trải qua quá trình hình thành và phát triển, các cộng đồng dân cư từng bước tích lũy được kinh nghiệm khai thác, sử dụng nguồn tài nguyên thiên nhiên để phục vụ cuộc sống. Ăn là nhu cầu thiết yếu của con người, trước hết là ăn để tồn tại, rồi từng bước phát triển ăn thành một nghệ thuật trong cuộc sống. Kinh nghiệm trong việc khai thác và chế biến cây cỏ ăn được cũng vô cùng phong phú và đa dạng. Trong nghiên cứu này, bằng các phương pháp nghiên cứu thực vật học kết hợp với thực vật dân tộc học, các tác giả ghi nhận cộng đồng dân tộc Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La đã sử dụng 114 loài thực vật với nhiều bộ phận khác nhau để ăn hoặc chế biến món ăn. Trong số 114 loài được ghi nhận, có 81 loài là cây hoang dại (chiếm 71,05%), 43 loài là cây trồng (37,72%), trong số đó có 10 loài (8,77%) vừa mọc hoang dại vừa được trồng. Nhóm cây làm rau ăn đa dạng nhất với 52 loài (45,61%), tiếp đến là nhóm cây ăn quả với 39 loài (34,21%), cây gia vị có 21 loài (18,42%)... Các bộ phận sử dụng cũng rất phong phú, nhiều nhất là quả với 57 loài (50%), các bộ phận lá, ngọn non, củ... có số loài ít hơn. Có nhiều loài cây đặc sản, chế biến đơn độc hoặc kết hợp với nhau tạo nên những món ăn có hương vị độc đáo, đặc trưng của người Thái ở huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La.

Từ khóa: cây ăn được, dân tộc Thái, kinh nghiệm dân gian, Sốp Cộp, thực vật dân tộc.

Chỉ số phân loại: 1.6

1. Đặt vấn đề

Huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La có diện tích đất và tiềm năng phát triển lâm nghiệp lớn với hệ thống rừng phòng hộ, đặc dụng và kinh tế. Tuy nhiên, phần lớn diện tích rừng hiện nay có trữ lượng thấp, chỉ một số ít rừng có trữ lượng lớn nên cần được bảo vệ. Đồng bào dân tộc Thái ở đây còn lưu giữ nhiều kinh nghiệm quý báu về sử dụng thực vật ăn được, nhưng hầu hết tri thức chỉ được lưu truyền và ứng dụng trong nội bộ cộng đồng. Vì vậy, việc điều tra, nghiên cứu kinh nghiệm sử dụng các cây ăn được là rất cần thiết, giúp ích cho công tác bảo tồn và phát triển thực vật ăn được.

Đã có một số nghiên cứu về kinh nghiệm sử dụng thực vật làm thuốc của dân tộc Thái ở các vùng, nhưng chưa có công bố nào về sử dụng cây ăn được của đồng bào Thái sống tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La, vì vậy nơi đây có tiềm năng rất lớn cần được khai thác và phát triển.

2. Phương pháp nghiên cứu

Địa điểm: 4 xã của huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La gồm: Dømm Cang, Nậm Lạnh, Mường Và, Sốp Cộp.

Thời gian: từ tháng 1/2020 đến tháng 10/2020.

Đối tượng: các loài cây ăn được và kinh nghiệm sử dụng của đồng bào dân tộc Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La

*Tác giả liên hệ: Email: vananh0804@gmail.com

[1]. Thu thập thông tin từ 28 người (dân tộc Thái) tại 4 xã gồm: Dømm Cang (8 người), Nậm Lạnh (7 người), Mường Và (5 người) và Sốp Cộp (8 người). Đây là những người có nhiều kinh nghiệm sử dụng cây cỏ phục vụ cuộc sống hàng ngày.

Phương pháp: kết hợp các phương pháp nghiên cứu thực vật học của Nguyễn Tiến Bân (2003, 2005) [2-3] với các phương pháp nghiên cứu thực vật dân tộc học của L.D. Cu (2005) [4], G.J. Martin (1995) [5]. Định tên tiêu bản sử dụng phương pháp hình thái so sánh theo các tài liệu chính như “Cây cỏ Việt Nam” các tập “Thực vật chí Việt Nam”... và nhiều tài liệu liên quan [6-8]. Từ tiêu bản đã có tên, tiến hành lập danh lục thực vật. Tên khoa học được kiểm tra và chỉnh lý theo bộ “Danh lục các loài thực vật Việt Nam” (<http://www.theplantlist.org/>). Hệ thống phân loại của loài được sắp xếp theo hệ thống APG. Các nhóm cây sử dụng ăn được được phân chia theo tài liệu Tài nguyên thực vật Đông Nam Á [9].

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Thành phần loài thực vật ăn được của đồng bào Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La

Để phục vụ nhu cầu ăn uống hàng ngày, người Thái thu hái và sử dụng nhiều loài thực vật khác nhau. Qua quá trình

Survey on species composition and experience in using edible plants of Thai ethnic in Sop Cop district, Son La province

Thi Van Anh Nguyen^{1*}, Van Du Nguyen¹, Tuan Anh Ha¹,
Van Thanh Bui¹, Thi Lien Tran², Tien Dung Nguyen³

¹Institute of Ecology and Biological Resources, VAST,
18 Hoang Quoc Viet Street, Nghĩa Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

²University of Science, Vietnam National University, Hanoi,
334 Nguyen Trai Street, Thanh Xuan Trung Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

³Tay Bac University, Chu Van An Street,
Quyet Tam Ward, Son La City, Son La Province, Vietnam

Received 27 October 2021; revised 20 November 2021; accepted 25 November 2021

Abstract:

Through the process of formation and development, communities have gradually accumulated experience in exploiting and using natural resources to serve their lives. Eating is an essential human need, first of all, to survive, and then gradually develop into art. Experience in exploiting and processing edible plants is diverse. In this study, by the botanical research methods combined with the ethnobotanical method, the authors recognised in the Thai ethnic community in Sop Cop district, Son La province 114 edible plant species. In 114 species recorded, 81 species are wild plants (accounting for 71.05%), 43 species are domesticated (37.72%), in which 10 species (8.77%) are semi-wild and domesticated. The group of vegetables is the most diverse with 52 species (45.61%), fruit trees with 39 species (34.21%), spice plants with 21 species (18.42%)... The parts are used also plentiful, with the most fruit with 57 species (50%), leaves, young buds, tubers... There are many special plants, processed to create unique and typical Thai dishes in Sop Cop district, Son La province.

Keywords: edible plants, ethnic plant, folk experience, Sop Cop, Thai ethnic.

Classification number: 1.6

điều tra, thu thập và định loại mẫu, chúng tôi thu được 114 loài, 90 chi, 50 họ thuộc 2 ngành Thông (Pinophyta) và Ngọc lan (Magnoliophyta).

Kết quả điều tra cho thấy, trong tổng số 114 loài cây ăn được tại huyện Sốp Cộp, có 81 loài cây hoang dại (71,05%), 43 loài là cây trồng (37,72%), trong số đó có 10 loài (chiếm 8,77% tổng số loài) vừa mọc hoang dại vừa được trồng như chàm mèo, núc nác, dọc, các loại măng... Điều này cho thấy, người dân đã ý thức được việc tự gây trồng nhưng loài sử

dụng thường xuyên và phổ biến, bên cạnh đó họ vẫn khai thác các loài cây hoang dại có thể ăn được nhưng ít phổ biến hơn hoặc khó nhân trồng quanh nhà để làm phong phú hơn các món ăn, tạo ra sự độc đáo riêng của vùng.

Đa dạng trong các bậc taxon:

Bảng 1. Đa dạng trong các bậc.

Ngành	Họ		Chi		Loài	
	Số lượng	Tỷ lệ (%)	Số lượng	Tỷ lệ (%)	Số lượng	Tỷ lệ (%)
Ngành Thông	1	2	1	1,11	1	0,88
Ngành Ngọc lan	49	98	89	98,89	113	99,12
Tổng	50	100	90	100	114	100

Kết quả bảng 1 cho thấy, sự phân bố các taxon trong các ngành thực vật là không đều nhau. Các loài thực vật ăn được chủ yếu thuộc ngành Ngọc lan (Magnoliophyta) với 98% về số họ, 98,89% về số chi và 99,12% về số loài thu được. Ngược lại, ngành Thông (Pinophyta) chỉ có 1 loài dây gắm (*Gnetum montanum*). Điều này hợp lý vì trong hệ thực vật của Việt Nam, ngành Ngọc lan chiếm ưu thế tuyệt đối.

Bảng 2. Đa dạng các lớp trong ngành Ngọc lan.

Lớp	Họ		Chi		Loài	
	Số lượng	Tỷ lệ (%)	Số lượng	Tỷ lệ (%)	Số lượng	Tỷ lệ (%)
Lớp Hành (<i>Liliopsida</i>)	6	12,24	11	12,36	17	15,04
Lớp Ngọc lan (<i>Magnoliopsida</i>)	43	87,76	78	87,64	96	84,96
Tổng	49	100	89	100	113	100

Kết quả thống kê ở bảng 2 cho thấy, trong ngành Ngọc lan, lớp Ngọc lan chiếm đa số với 87,76% về số họ; 87,64% về số chi và 84,96% về số loài. Lớp Hành chiếm tỷ lệ không lớn (15,04%), chỉ có 17 loài gồm các cây lương thực như lúa, ngô, các gia vị họ Gừng và các cây rau củ họ Ráy...

Đa dạng về dạng thân của cây ăn được: việc phân tích dạng thân của cây có ý nghĩa quan trọng, không chỉ cho chúng ta biết được dạng thân nào thường dùng để ăn mà còn giúp định hướng trong việc tìm kiếm khai thác và sử dụng cũng như trong công tác quản lý, gây trồng bảo tồn và phát triển.

Bảng 3. Đa dạng các dạng thân của cây.

STT	Dạng thân	Số loài	Tỷ lệ (%)
1	Thân gỗ	45	39,47
2	Thân thảo	37	32,46
3	Cây bụi	19	16,67
4	Dây leo	13	11,40
Tổng		114	100

Kết quả bảng 3 cho thấy, người Thái sử dụng đa dạng các dạng thân của cây ăn được. Trong đó, thân gỗ nhiều nhất với 45 loài (chiếm 39,47%), cây thân thảo với 37 loài (chiếm 32,46%), cây bụi với 19 loài (chiếm 16,67%) và dây leo ít nhất với 13 loài (chiếm 11,40%).

Các cây thân gỗ chiếm tỷ lệ lớn nhất và thuộc các họ Cam, Hoa hồng, Dâu tằm; thường sống ở ven rừng, rừng thứ sinh và đặc biệt ở khu rừng trồng. Bộ phận được khai thác nhiều nhất từ cây thân gỗ là quả (34/45 loài cây gỗ), tiếp đến là lá (26/45), hạt (6/45), hoa (4/45), ngọn non (1/45)... Trong đó, một số loài có thể có nhiều bộ phận được sử dụng như: xoan nhừ, dộc, muối... dùng cả quả và lá non hoặc dùng cả quả và hoa.

Dạng cây thân thảo thường được người dân sử dụng lá, ngọn non hay cả cây (9/10 loài sử dụng cả cây) để làm rau ăn hoặc cây gia vị.

Với mỗi dạng cây gỗ, thảo, bụi hay dây leo, người dân lại tập trung sử dụng những bộ phận khác nhau một cách phù hợp nhất. Như vậy, ta có thể sử dụng hiệu quả, tối đa nhất các cây ăn được cũng như duy trì bền vững được hệ thực vật ăn được ở đây.

3.2. Kinh nghiệm sử dụng cây ăn được của đồng bào dân tộc Thái ở huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La

Các nhóm cây ăn được: Sốp Cộp là khu vực có nhiều cây ăn được nổi tiếng không chỉ ở Sơn La mà còn được biết đến trong khu vực hay cả nước, nhiều cây có giá trị kinh tế cao, trở thành hàng hóa trong nhiều năm. Ví dụ như hạt mắc khén, vừa được khai thác bán nguyên liệu vừa được chế biến thành chẳm chéo là đặc sản địa phương; nếp tan Mường Và là mặt hàng nông sản mũi nhọn của huyện, được buôn bán ở nhiều tỉnh thành trên cả nước...

Các cây ăn được bao gồm cây làm lương thực, thực phẩm, rau ăn, gia vị, cây cho hoa, quả, củ, hạt ăn trực tiếp hay gián tiếp hoặc qua chế biến với một số thành phần khác. Trong số 114 loài cây ăn được, chúng tôi chia thành các nhóm: lương thực, làm rau, ăn quả, gia vị và ăn được dùng với món ăn khác (bảng 4).

Bảng 4. Mục đích sử dụng cây ăn được.

STT	Mục đích ăn	Số loài	Tỷ lệ (%)	Ví dụ
1	Cây làm lương thực (ngũ cốc)	4	3,51	Lúa (<i>Oryza sativa</i>), ngô (<i>Zea mays</i>), sắn (<i>Manihot esculenta</i>)
2	Cây làm rau	52	45,61	Ngót rừng (<i>Melientha suavis</i>), đắng sấm (<i>Codonopsis javanica</i>), rau má (<i>Centella asiatica</i>)
3	Cây ăn quả	39	34,21	Hồng bì rừng (<i>Clausena anisata</i>), me rừng (<i>Phyllanthus emblica</i>), sơn đồn (<i>Amalocalyx microlobus</i>)
4	Cây gia vị	21	18,42	Mắc khén (<i>Zanthoxylum rhetsa</i>), mắc mật (<i>Clausena indica</i>), rau mùi (<i>Coriandrum sativum</i>)...
5	Cây dùng mục đích ăn khác	10	8,77	Kim cang gai to (<i>Smilax megalantha</i>), trâu lá to (<i>Vernicia montana</i>)

Ghi chú: tỷ lệ % có thể vượt quá 100% do một số loài được dùng với nhiều mục đích.

- Nhóm cây lương thực: 4 loài cây lương thực được sử dụng tại khu vực nghiên cứu là lúa, ngô, khoai và sắn, đây cũng là 4 cây lương thực chủ yếu của nước ta hiện nay. Đặc biệt, đồng bào Thái tại đây thường xuyên sử dụng các loại xôi nếp ăn thay cơm gạo tẻ.

- Nhóm cây làm rau: xác định được 52 loài dùng làm rau (dùng nấu canh, xào, nộm, ăn sống) tại địa phương, trong đó có 44 loài cây dại. Một số loài vừa được khai thác từ thiên nhiên vừa được trồng tại vườn nhà để sử dụng, thậm chí còn mang bán, giúp mang lại nguồn kinh tế cho gia đình.

- Nhóm cây ăn quả: nhiều thứ hai sau các cây rau, các cây ăn quả đa dạng với 39 loài (chiếm 34,21% tổng số cây ăn được), trong đó cây trồng là 11 loài, cây hoang dại là 28 loài. Người dân ở đây có kinh nghiệm phong phú từ việc trồng và sử dụng các loại cây ăn quả cho năng suất, chất lượng cao (táo mèo, mận, xoài, đào...) đến khai thác các cây từ thiên nhiên như me rừng, dâu da đất, hồng bì rừng... và cả những loại quả được người dân ăn cho đỡ khát nước như mâm xôi, trọng đũa. Trong đó, mặc sim là cây nổi tiếng không chỉ trong khu vực Sốp Cộp mà còn nổi tiếng cả vùng Tây Bắc.

- Nhóm cây gia vị: đã xác định được 21 loài làm gia vị tại địa phương, đặc biệt là mắc khén được người Thái sử dụng trong mọi bữa ăn (dùng pha chéo, tẩm ướp gia vị).

Đa dạng các bộ phận sử dụng: bộ phận dùng để ăn cũng là vấn đề cần quan tâm bởi việc khai thác sử dụng các bộ phận của cây ảnh hưởng trực tiếp đến việc bảo tồn, duy trì và tái sinh của các loài thực vật. Nếu người dân chỉ sử dụng cành lá hay hoa quả thì cho dù khai thác ở mức độ cao chúng vẫn đảm bảo được sự sống của các cá thể nhưng nếu khai thác rễ, củ đối với các loài cây lâu năm thì đây lại tiềm ẩn nguy cơ gây suy giảm đa dạng sinh vật. Bảng 5 thể hiện sự đa dạng các bộ phận: hoa, lá, quả, rễ, thân... người dân tại huyện Sốp Cộp sử dụng.

Bảng 5. Bộ phận cây sử dụng để ăn.

STT	Bộ phận	Số loài	Tỷ lệ (%)	Ví dụ
1	Quả	57	50,00	Trám trắng (<i>Canarium album</i>), bứa (<i>Garcinia cowa</i>), sơn đồn (<i>Amalocalyx microlobus</i>)
2	Lá	37	32,46	Rau tàu bay (<i>Erechtites valerianifolius</i>), đơn buốt (<i>Bidens pilosa</i>), thu hải đường (<i>Begonia boisiana</i>)
3	Ngọn non	11	9,65	Bí đao (<i>Benincasa hispida</i>), dây hương (<i>Erythralium scandens</i>), ngô (<i>Enydra fluctuans</i>)
4	Củ	10	8,77	Khoai môn (<i>Colocasia esculenta</i>), sắn (<i>Manihot esculenta</i>), kim cang gai to (<i>Smilax megalantha</i>)
5	Cả cây	10	8,77	Bèo, rau mát (<i>Monochoria vaginalis</i>), rau răm (<i>Polygonum odoratum</i>), mùi tàu (<i>Eryngium foetidum</i>)
6	Hạt	7	6,14	Cầu qua java (<i>Cucumis javanicus</i>), dẻ (<i>Castanopsis acuminatissima</i>), chay (<i>Artocarpus styracifolius</i>)
7	Thân	6	5,26	Trọng đũa (<i>Ardisia crenata</i>), Zingiber sp., muông (<i>Senna siamea</i>)
8	Hoa	6	5,26	Râu hùm (<i>Tacca chantrieri</i>), núc nác (<i>Oroxylum indicum</i>), sắn (<i>Manihot esculenta</i>)
9	Rễ	2	1,75	Trâu lá to (<i>Vernicia montana</i>)

Ghi chú: tỷ lệ % có thể vượt quá 100% do nhiều loài sử dụng nhiều hơn 1 bộ phận của cây.

Kết quả bảng 5 cho thấy, quả và lá là hai bộ phận được khai thác chủ yếu lần lượt là 57 và 37 loài, chiếm tỷ lệ lần lượt là 50,00 và 32,46% tổng số loài, thêm vào đó là các bộ phận khác không ảnh hưởng trực tiếp đến sự sống của cây như ngọn non với 11 loài, hoa có 6 loài và hạt 7 loài. Bên cạnh đó, các loài sử dụng thân (6 loài), củ (10 loài), rễ (2 loài) và cả cây (8 loài cây thảo, 2 loài cây bụi) là các dạng cây bụi, dây leo hay thân thảo. Đây là tín hiệu đáng mừng bởi với mức độ khai thác thường xuyên (làm lương thực, thực phẩm hàng ngày), các loài giảm được đe dọa trực tiếp từ con người và thời gian tái sinh nhanh hơn so với cây gỗ, cây lâu năm.

Kinh nghiệm chế biến món ăn, gia vị đặc trưng sử dụng cây cỏ: theo phong tục tập quán và nhu cầu ăn uống, cộng đồng người Thái sống gần gũi với thiên nhiên, thu hái và sử dụng nhiều loài thực vật khác nhau. Vì vậy, người dân có nhiều kinh nghiệm trong sử dụng cây ăn được. Họ nhận biết được loài nào ăn được, cách thức chế biến như thế nào là ngon nhất và loại bỏ được chất độc nếu có. Trong chế biến món ăn, người Thái ít dùng dầu mỡ và rất chú trọng tới việc điều phối các vị đắng, cay, mặn và chát. Những vị này được phối hợp hài hòa khiến người ăn cảm thấy vừa miệng, không có cảm giác ngấy, ngán. Đặc biệt, trong các món ăn của người Thái nơi đây đều không thể thiếu loại gia vị là mắc khén, nó tạo nên một hương vị đặc trưng.

- Cách làm món nộm hoa sắn (hình 1):

Bước 1: hoa sắn đem luộc kỹ từ 40 phút đến 1 giờ (để giảm độ đắng cho hoa sắn), vớt ra vắt ráo nước, để nguội.

Bước 2: chuẩn bị các gia vị: ớt tươi, tỏi, rau răm, rau húng lủi, húng bún (phắc au), lá gừng, củ gừng: băm nhỏ.

Bước 3: trộn nộm: cho các nguyên liệu vào, thêm muối, mì chính, trộn đều cho vừa ăn.



Hình 1. Cách làm nộm hoa sắn.

- Cách làm món lạp thịt bò tươi: một trong những món ăn đặc sản để đãi khách của đồng bào Thái là lạp thịt bò tươi. Món này được chế biến cầu kỳ, sử dụng nhiều loại rau gia vị (hình 2).

Bước 1: chuẩn bị thịt nạc bò sống băm nhỏ, da bò (đem nướng qua trên lửa, cạo bớt bụi bẩn, làm sạch, đem luộc chín, thái càng nhỏ càng tốt).

Bước 2: chuẩn bị rau, gia vị hoa chuối (phắc pi) thái nhỏ, ngâm vào nước muối rửa sạch nhựa cho bớt chát. Ớt khô, mắc khén đem giã nhỏ, rau răm, rau húng bún (phắc au), lá chanh thái nhỏ.

Bước 3: làm nước lạp: luộc thịt bò, lấy phần nước, thêm các loại gia vị: ớt khô, mắc khén giã nhỏ, lá chanh băm nhỏ, muối, mì chính vừa ăn rồi để thật nguội.

Bước 4: trộn lạp thịt bò tươi: cho hết phần nguyên liệu đã chế biến vào, trộn đều.



Hình 2. Lạp thịt bò tươi và các gia vị.

- Công thức làm chẳm chéo (sử dụng cây gia vị nổi bật là mắc khén): nhắc đến chẳm chéo, hầu như ai cũng biết đây là món ăn đặc trưng mang linh hồn của vùng núi Sơn La (trong đó có huyện Sốp Cộp), bởi hầu hết các món ăn nơi đây đều được ăn kèm với chẳm chéo. “Chẳm” trong tiếng Thái có nghĩa là thức chẳm, còn “chéo” nghĩa là mùi thơm của nhiều loại rau kết hợp lại.

Chéo khô: giã nhỏ, mịn hỗn hợp gồm mắc khén (khoảng 10% tổng số), ớt khô hoặc ớt tươi nướng (2 thìa), tỏi (3 nhánh), muối rang (1 thìa), mì chính (1 thìa nhỏ). Hỗn hợp gia vị này thường được dùng chấm xôi, nộm chuối, quả; nếu dùng chấm măng, nên bỏ thêm rau mùi, lá chanh hoặc lá sả nướng khô.

Chéo tấp (chéo sệt): thành phần nguyên liệu giống với chéo khô và cho thêm nước, nước chanh (1/2 quả), gan (gà hoặc ngan, vịt...) luộc chín giã mịn, càng mịn càng ngon. Chéo tấp thường được dùng chấm thịt gà, ngan luộc (hình 3).



Hình 3. Chéo tấp.

- Cách làm nộm pịa: nộm pịa là đặc sản của người Thái, thường xuất hiện trong những bữa tiệc đãi khách của người dân nơi đây. Trong tiếng Thái, “nộm” có nghĩa là canh, “pịa” là chất sền sệt ở trong ruột non nằm giữa đoạn dạ dày và ruột già của bò, dê, trâu... Món nộm pịa được múc ra bát có màu nâu đen, nước sền sệt, ban đầu khi nếm thử ta sẽ thấy vị đắng và mùi hơi nồng. Nộm pịa không phải là món dễ ăn, nhưng rất an toàn cho những ai yếu bụng. Nộm pịa khi mới ăn có vị đắng nhẹ ở cổ họng nhưng lúc sau lại thấy ngon ngọt kèm theo những vị là lạ của mắc khén (tiêu rừng). Nộm pịa có thể dùng làm nước chấm cho các món thịt nướng, thịt bò hoặc dê luộc, ăn kèm với rau chuối và bạc hà...

Pịa chắm: phần nội tạng của bò trâu hoặc dê... (tim, gan, phổi...) đem ninh nhừ, sau đó sử dụng khúc ruột non còn dịch ruột vào, đun sôi, tắt bếp ngay, thêm các loại rau vị: ớt khô, mắc khén già nhỏ, lá chanh băm nhỏ, muối, mì chính vừa ăn (giống gia vị làm nước lạp).

Pịa canh (nộm pịa): giống pịa chắm, nhưng dùng nhiều nước vào để nấu thành canh.

3.3. Những loài cây ăn được thuộc diện bảo tồn ở Việt Nam đã ghi nhận được tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La được đồng bào Thái sử dụng

Căn cứ vào Nghị định số 06/2019/NĐ-CP của Chính phủ ngày 22/1/2019, Sách đỏ Việt Nam (2007) - Phần II Thực vật, chúng tôi tiến hành xác định các loài cây ăn được thuộc diện bảo tồn nhằm đưa ra định hướng khai thác, sử dụng, gây trồng và bảo vệ đối với những loài này.

Bảng 6. Các loài cây thuộc diện bảo tồn ở huyện Sốp Cộp.

STT	Tên phổ thông	Tên khoa học	Bộ phận sử dụng	Mức độ	
				Sách đỏ Việt Nam	Nghị định 06
1	Đảng sâm	<i>Codonopsis javanica</i>	Lá, củ	VU	IIA
2	Ngót rừng	<i>Melientha suavis</i>	Ngọn non	VU	

Kết quả bảng 6 cho thấy, trong tổng số 114 loài cây ăn được tại huyện Sốp Cộp chỉ có 2 loài thuộc diện bảo tồn là đảng sâm và ngót rừng. Trong đó, đảng sâm được ghi nhận ở cả 2 tài liệu về bảo tồn. Hai loài ở mức độ sắp nguy cấp (Sách đỏ Việt Nam) và đảng sâm thuộc nhóm IIA (theo Nghị định 06/2019/NĐ-CP).

4. Kết luận

Đồng bào dân tộc Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La khai thác và sử dụng 114 loài thực vật thuộc 90 chi, 50 họ trong 2 ngành Thông (Pinophyta) và Ngọc lan

(Magnoliophyta) vào các mục đích ăn khác nhau. Trong ngành Ngọc lan, lớp Ngọc lan chiếm lần lượt 87,76; 87,64 và 84,96% về số họ, chi và loài. Dạng thân cây được sử dụng nhiều là thân gỗ (39,47%) và thân thảo (32,46%). Số cây hoang dại người dân khai thác và sử dụng là 81 loài (chiếm 71,05% tổng số loài).

Mục đích sử dụng được chia làm 5 nhóm, trong đó cây làm rau chiếm tỷ lệ cao nhất với 52 loài (45,61%), tiếp đến là cây ăn quả, cây gia vị... Bộ phận được sử dụng nhiều nhất là quả với 57 loài (50%), sau đó lần lượt là lá, ngọn non, củ...

Các loài thuộc diện bảo tồn: 2 loài có tên trong Sách đỏ Việt Nam và Nghị định 06/2019/NĐ-CP là đảng sâm (*Codonopsis javanica*) và ngót rừng (*Melientha suavis*).

Cộng đồng dân tộc Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La có kinh nghiệm phong phú trong khai thác, sử dụng các loài thực vật ăn được, đặc biệt là trong chế biến các cây làm gia vị.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện trong khuôn khổ đề tài “Điều tra thành phần loài và kinh nghiệm sử dụng cây ăn được của đồng bào Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La” (mã số IEBR ĐT.15-20). Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Institute of Anthropology (1978), *Ethnic minorities in Vietnam*, Vol. 1, Social Sciences Publishing House (in Vietnamese).
- [2] N.T. Ban (2003), *Checklist of Plant Species in Vietnam*, Vol. 2, Agriculture Publishing House, 1203pp (in Vietnamese).
- [3] N.T. Ban (2005), *Checklist of Plant Species in Vietnam*, Vol. 3, Agriculture Publishing House, 1248pp (in Vietnamese).
- [4] L.D. Cu (2005), *Applied Ethnobotany*, Institute of Ecology and Biological Resources, (in Vietnamese).
- [5] G.J. Martin (1995), *Ethnobotany: A Methods Manual*, Chapman & Hall, 268pp.
- [6] P.H. Ho (1999-2000), *An Illustrated Flora of Vietnam*, Vol. 1-3, Youth Publishing House (in Vietnamese).
- [7] V.V. Chi (1998), *Medicinal Vegetables*, Dong Thap General Publishing House, 122pp (in Vietnamese).
- [8] V.V. Chi, T. Hop (2002), *Useful Plants in Vietnam*, Vol. 1, Vietnam Education Publishing House, 815pp (in Vietnamese).
- [9] L.J.G. Maesen, S. Sotmaatmadja (1996), *Southeast Asian Plant Resources - Seed-eating Legumes*, Vol. 1, Science and Technology Publishing House (in Vietnamese).

Nghiên cứu xác định các vùng EST-SSR đặc trưng của loài sâm Ngọc Linh (*Panax vietnamensis* Ha & Grushv) bằng phương pháp giải trình tự gen thế hệ mới

Nguyễn Thị Phương Trang^{1,2*}, Nguyễn Hùng Mạnh¹, Bùi Thu Hà³

¹Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Học viện KH&CN, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

³Khoa Sinh học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội, 136 Xuân Thủy, phường Dịch Vọng Hậu, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 29/9/2021; ngày chuyển phản biện 4/10/2021; ngày nhận phản biện 22/10/2021; ngày chấp nhận đăng 27/10/2021

Tóm tắt:

Sâm Ngọc Linh (*Panax vietnamensis* Ha & Grushv) là loài đặc hữu, có phân bố hẹp. Do có nhiều công dụng nên giá thành sâm Ngọc Linh cao và hiện đã xuất hiện nhiều mẫu làm giả loài sâm này (mẫu giả được sử dụng là loài hoặc phân loài khác cùng trong chi sâm có phân bố ở Việt Nam). Vì vậy, việc nhận biết chính xác loài sâm Ngọc Linh là rất quan trọng. Trong nghiên cứu này, các tác giả thực hiện giải mã trình tự hệ gen phiên mã (cDNA) của sâm Ngọc Linh bằng công nghệ giải trình tự thế hệ mới (Next-generation sequencing) trên hệ thống Illumina HiSeq™ 4000 nhằm xác định các vùng SSR (Simple sequence repeat) đặc trưng của loài sâm này. Kết quả đã giải mã được 23.741.783 đoạn đọc với tổng khối lượng là 7,08 Gb và tổng hợp thành 262.999 gen chức năng (133 Mb). Trong đó, đã xác định được 101 vùng SSR lặp đặc trưng của sâm Ngọc Linh.

Từ khóa: ETS-SSR, giải trình tự, ITS, sâm Ngọc Linh (*Panax vietnamensis* Ha & Grushv).

Chỉ số phân loại: 1.6

1. Đặt vấn đề

Sâm Ngọc Linh là loài đặc hữu, chỉ phân bố ở núi Ngọc Linh thuộc tỉnh Quảng Nam và Kon Tum của Việt Nam [1]. Các nghiên cứu đã có đều cho thấy, Sâm Ngọc Linh là loài có tính đa dạng di truyền cao và có hàm lượng saponin nhiều hơn hẳn so với các loài *Panax* khác [2]. Do phạm vi phân bố hẹp, tình trạng khai thác quá mức, khả năng phục hồi tự nhiên thấp nên các quần thể sâm Ngọc Linh tự nhiên hầu như đã không còn, hiện nay trên thị trường đang lưu hành đều là sâm Ngọc Linh trồng [3]. Do có nhiều công dụng nên giá thành sâm Ngọc Linh cao và hiện đã xuất hiện nhiều mẫu làm giả loài sâm này (mẫu giả được sử dụng thường là loài hoặc phân loài khác cùng trong chi *Panax* có phân bố ở Việt Nam) [4]. Vì vậy, việc nhận biết chính xác loài sâm Ngọc Linh trở nên khó khăn hơn. Phân loại học truyền thống chỉ dựa vào hình thái là khó thực hiện trong thực tế do việc thu mẫu không phải lúc nào cũng thu được mẫu đạt tiêu chuẩn (có đủ hoa, quả), vì vậy, cần có sự hỗ trợ của các kỹ thuật sinh học phân tử. Đặc biệt, đối với loài quý hiếm và thường xuyên bị làm giả như sâm Ngọc Linh.

SSR là những trình tự nucleotide ngắn, được lặp lại nhiều lần. Ưu điểm của SSR là chỉ thị đồng trội, có tính đặc hiệu thường được dùng trong các nghiên cứu về đa dạng di truyền ở cấp độ loài [5]. Các SSR phát triển từ hệ gen

phiên mã (EST-SSRs) có thể giúp tăng cường khả năng nhận dạng loài. Ngoài ra, các chỉ thị EST-SSR được thiết kế dành riêng cho một loài thường biểu thị mức độ đa hình đặc trưng do vị trí của chúng trong các vùng gen được xác định là đặc thù. Với tính đặc hiệu ưu việt đó mà đã có một số lượng lớn các EST-SSR được phát triển để giúp đánh giá cho công tác chọn giống, phân loại ở nhiều loài có giá trị kinh tế/xuất khẩu như khoai lang (*Ipomoea batatas*), củ cải (*Raphanus sativus*), địa lan (*Cymbidium sinense*), sâm Nga (*Panax ginseng*)...

Trong nghiên cứu này, chúng tôi thực hiện giải mã trình tự hệ gen biểu hiện của sâm Ngọc Linh bằng phương pháp giải trình tự gen thế hệ mới nhằm xác định các vùng SSR đặc trưng của loài sâm này. Việc xác định được các vùng SSR đặc trưng cho loài sẽ giúp công tác định danh chính xác hơn, thời gian thực hiện nhanh chóng và có chi phí rẻ hơn (ước tính chỉ bằng 1/10 so với phương pháp đọc trình tự gen hiện nay).

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Mẫu nghiên cứu là 1 cá thể sâm Ngọc Linh được thu tại vườn sâm gốc Tắc Ngo thuộc sự quản lý của UBND xã Trà Linh, huyện Nam Trà My, tỉnh Quảng Nam ở tọa độ:

*Tác giả liên hệ: Email: nptrang@gmail.com

Identifying special EST-SSR regions of *Panax vietnamensis* Ha & Grushv based on Next-generation sequencing

Thi Phuong Trang Nguyen^{1,2*}, Hung Manh Nguyen¹,
Thu Ha Bui³

¹Institute of Ecology and Biological Resources, VAST,
18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

²Graduate University of Science and Technology, VAST,
18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

³Faculty of Biology, Hanoi National University of Education,
136 Xuân Thủy Street, Dich Vong Hau Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 29 September 2021; revised 22 October 2021; accepted 27 October 2021

Abstract:

Panax vietnamensis var. *vietnamensis* Ha & Grushv is an endemic species with a narrow distribution. Because of having many benefits and high prices, there is an increase in faked Ngoc Linh ginseng. Most of the faked Ngoc Linh ginseng samples are other *Panax* species or subspecies distributed in Vietnam. Thus, it is very important to authenticate the Ngoc Linh ginseng samples. In this study, the author sequenced the transcriptomes genome of *Panax vietnamensis* var. *vietnamensis* based on the Next-generation sequencing method using Illumina HiSeq™ 4000 system to detect the special SSR regions of this ginseng. A total of 23,741,783 raw reads were obtained and assembled with a total volume of 7.08 Gb. From these raw reads, 262,999 unigenes with an average length of 133 Mb were generated and 101 typical SSR regions of Ngoc Linh ginseng were successfully identified.

Keywords: ETS-SSR, *ITS*, Ngoc Linh ginseng (*Panax vietnamensis* Ha & Grushv), sequencing.

Classification number: 1.6

15°1'51.92" vĩ độ bắc và 107°58'46.44" kinh độ đông, độ cao 1.920 m so với mực nước biển. Mẫu nghiên cứu trước khi tiến hành giải trình hệ gen biểu hiện được phân loại bằng hình thái kết hợp đọc trình tự vùng *ITS* để khẳng định chính xác mẫu thu là sâm Ngọc Linh.

Kiểm tra mẫu nghiên cứu bằng giải trình tự gen *ITS* với cặp mồi có trình tự sau: mồi xuôi (F): 5'-CCTTATCAGTTAGAGGAAGGAG-3'; mồi ngược (R): U4: 5'-CCGCTTAGTGATATGCTTAAA-3'.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp so sánh hình thái: phân tích các đặc điểm hình thái theo H.T. San (2009) [6].

Xác định chính xác các mẫu thu được là sâm Ngọc Linh bằng đọc trình tự gen *ITS*.

Tách chiết DNA từ lá sâm Ngọc Linh theo phương pháp của J.J. Doyle và cs (1991) [7] có hiệu chỉnh theo điều kiện phòng thí nghiệm của Việt Nam.

Tách chiết mRNA tổng số và tổng hợp cDNA: mẫu lá sâm Ngọc Linh tươi thu tại vườn sâm Tắc Ngo sau khi đã được định danh chính xác là loài sâm Ngọc Linh được làm sạch bằng cồn 96° và sử dụng để tiến hành tách chiết mRNA tổng số. mRNA tổng số được tách bằng kit RNAeasy Mini Kit 250 của Qiagen. Dung dịch nước sử dụng trong tách chiết đều được xử lý với DEPC. Số lượng và chất lượng của RNA thu được được kiểm tra trên máy quang phổ Nanodrop ND-2000 (Thermo Electron Corporation, Mỹ).

cDNA sợi đơn và sợi đôi được tổng hợp từ RNA tổng số bằng kit Access RT-PCR với các thành phần gồm 4 μl 5X RT-Buffer, 2 μl dNTP (10 mM), 1 μl Inhibitor Rnase (20 u/μl), 1 μl Reverse transcriptase (20 u/μl), chu trình nhiệt được thực hiện trên máy PCR 9700 ở 25°C trong 5 phút, 45°C trong 60 phút và 70°C trong 5 phút.

Giải trình tự cDNA: sản phẩm cDNA sau đó được giải trình tự trên hệ thống máy Illumina HiSeq™ 4000 được thực hiện bởi Công ty First Base, Malaysia. Các lần đọc được hiệu chỉnh và lắp ráp bằng phần mềm Trinity [8].

Xác định các vùng lặp SSR trong hệ gen biểu hiện và tổng hợp mồi SSR: các SSR thích hợp là những đoạn lặp nucleotide ngắn (2-6 nucleotide), với đơn vị lặp lại tối thiểu được xác định là 6 lần cho di-nucleotide và 5 lần cho các trình tự cao theo phương pháp của J. Jurka và cs (1995) [9]. Phát hiện vùng SSR trong các khu vực chưa được dịch mã hoặc ở những vùng ORF trong hệ gen bằng công cụ SSRIT. Các đoạn mồi ETS-SSR được thiết kế bằng phần mềm Primer 5.0 [10] với các cài đặt mặc định để thiết kế mồi tạo ra các sản phẩm PCR có kích thước 100-300 bp. Các sản phẩm PCR được phân tách bằng hệ thống điện di

Sequi-Gen® GT trong gel polyacrylamide 8% trong đệm TAE và nhuộm Gelred™ 10000x.

3. Kết quả và bàn luận

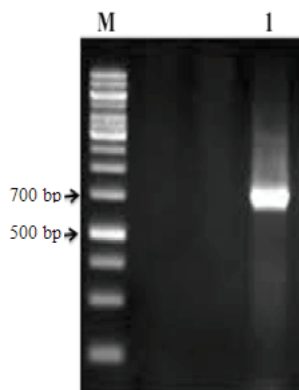
3.1. Định loại mẫu sâm Ngọc Linh thu được bằng đặc điểm hình thái

Sau khi phân tích những đặc điểm hình thái, so sánh với các tài liệu chuyên khảo về phân loại và với mẫu tiêu bản của loài được công bố chuẩn đã xác định được một số đặc điểm hình thái đặc trưng như sau: i) Cây thảo, có lá kèm, cuống lá không có bẹ, cụm hoa tán, hoa lưỡng tính, mẫu 5, bầu dưới, đĩa mật ở đỉnh bầu, quả hạch. Đây là các đặc điểm đặc trưng của họ nhân sâm (*Araliaceae*); ii) Rễ củ mập, thân không gai, lá kép chân vịt, cánh hoa xếp lợp. Đây là các đặc điểm đặc trưng của chi sâm (*Panax*); iii) Dựa vào các kết quả khi phân tích cấu tạo, đặc điểm hình thái các thành phần của hoa đã xây dựng công thức hoa của mẫu nghiên cứu là *K5C5A5G(2).

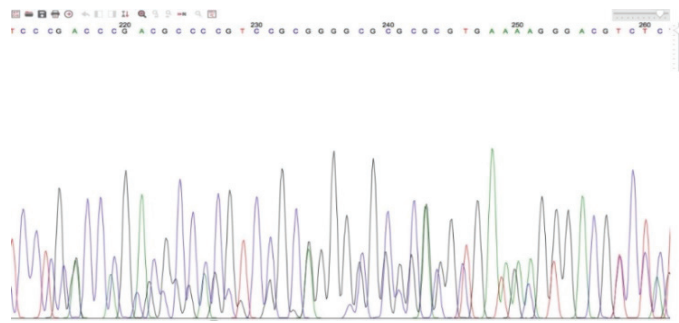
Những đặc điểm nhận biết loài sâm Ngọc Linh với các loài khác trong cùng chi là: quả khi chín có đốm đen ở đỉnh, rễ nằm ngang, dạng đốt, các đốt xếp so le, củ có vỏ ngoài mỏng, màu vàng đến nâu nhạt, lát cắt củ thường có viền màu vàng nhạt, mùi thơm đặc trưng.

3.2. Định loại mẫu sâm Ngọc Linh bằng chỉ thị ITS

Sau khi định loại bằng các đặc điểm hình thái, mẫu sâm Ngọc Linh tiếp tục được tiến hành giải mã trình tự vùng gen *ITS* để kiểm tra lại chính xác mẫu đã thu là sâm Ngọc Linh. Kết quả PCR khuếch đại trình tự vùng gen *ITS* của mẫu nghiên cứu cho một vạch sáng nét với kích thước 700 bp, tương ứng đúng với chiều dài lý thuyết của gen *ITS* (hình 1). Sản phẩm PCR sau đó được thực hiện giải trình tự với môi xuôi (*ITS*-F). Kết quả giải trình tự thu được cho hình ảnh sắc nét (hình 2).



Hình 1. Kết quả điện di sản phẩm PCR khuếch đại trình tự vùng gen *ITS* trên agarose 1%. Giếng M: DNA 1 kb plus; giếng 1: mẫu nghiên cứu.



Hình 2. Kết quả trình tự sản phẩm PCR (gen *ITS*).

Kết quả thu được đem so sánh với trình tự gen *ITS* sâm Ngọc Linh trên GenBank cho kết quả trùng khớp 100% với loài có mã số MK979391, đây là mẫu sâm Ngọc Linh được thu và nghiên cứu bởi Viện Dược liệu nên kết quả so sánh là rất đáng tin cậy (hình 3). Ngoài ra, kết quả giải trình tự gen *ITS* này cũng được so sánh với trình tự gen *ITS* của mẫu sâm Ngọc Linh chuẩn đang lưu giữ tại Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật (mã số GenBank MW931744), kết quả cũng cho thấy độ trùng khớp là 100%. Điều đó khẳng định mẫu sâm nghiên cứu chính xác là loài sâm Ngọc Linh.

Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
Panax vietnamensis voucher P16, ITS, 706, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979392.1
Panax vietnamensis voucher P15, ITS, 706, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979391.1
Panax vietnamensis voucher P14, ITS, 706, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979390.1
Panax vietnamensis voucher P13, ITS, 706, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979389.1
Panax vietnamensis voucher P11, ITS, 706, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979387.1
Panax vietnamensis voucher P10, ITS, 706, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979386.1
Panax vietnamensis voucher P07, ITS, 711, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979384.1
Panax vietnamensis voucher P06, ITS, 684, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	668	MG979383.1
Panax vietnamensis voucher P05, ITS, 672, bases, internal transcribed spacer 1, partial sequence, 5.8 - Panax vietnamensis	Panax vietnamensis	1194	1194	100%	0.0	100.00%	648	MG979382.1

Hình 3. Kết quả so sánh trình tự gen *ITS* mẫu nghiên cứu với trình tự gen *ITS* sâm Ngọc Linh trên GenBank cho thấy trùng khớp 100%.

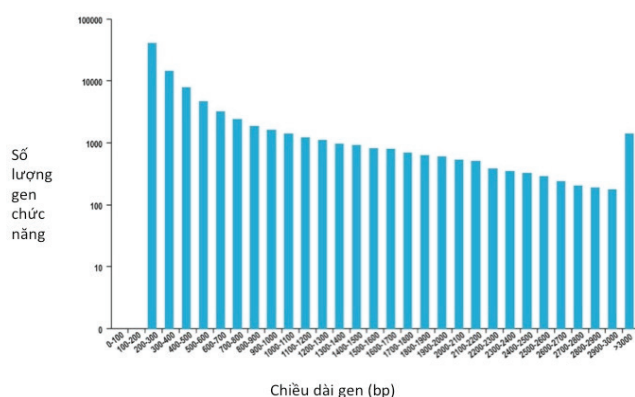
3.3. Tách chiết mRNA tổng số

Kết quả kiểm tra OD260/280 của mẫu RNA tổng số trên máy đo quang phổ Nanodrop ND-2000 (Thermo Electron Corporation, Mỹ) cho thấy, OD260/280 là 2,14, điều đó chứng tỏ số lượng RNA thu được là tốt và đạt độ tinh sạch cao.

3.4. Tổng hợp và giải mã trình tự cDNA từ RNA tổng số

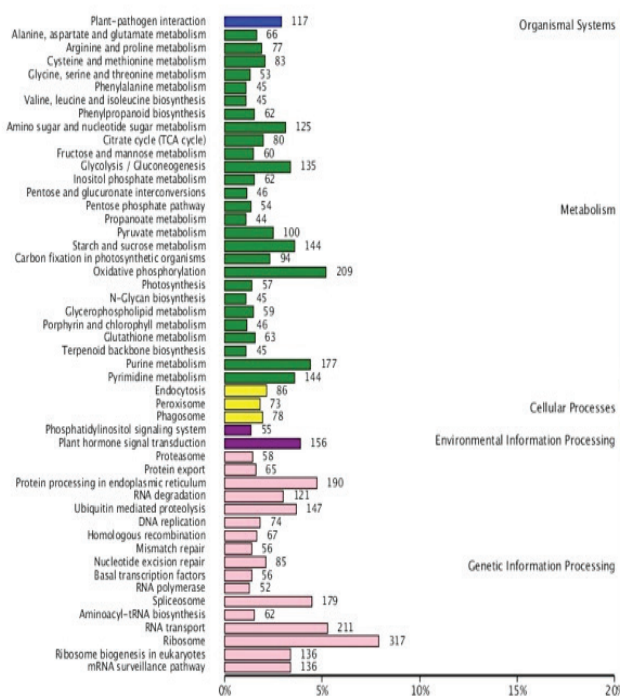
cDNA sợi đơn và sợi đôi được tổng hợp từ RNA tổng số bằng kit Access RT-PCR trong thời gian 70 phút. Sản phẩm cDNA thu được được đọc trình tự trên hệ thống máy Illumina HiSeq™ 4000. Kết quả giải trình tự hệ gen phiên mã của sâm Ngọc Linh sau khi kiểm tra chất lượng nghiêm ngặt và lọc dữ liệu đã cho ra 23.741.783 đoạn đọc (7,08 Gb) và tổng hợp thành 262.999 gen cố hữu (133 Mb), trong đó có 153.074 bản sao có chiều dài trung bình 770.572 bp, 48.314 bản sao (31,56%) nằm ở khoảng 200-300 bp, 35.174

bản sao (22,98%) nằm trong khoảng 301-500 bp, 32.031 (20,93%) bản sao nằm trong khoảng 501-1.000 bp, 25.800 bản sao (16,85%) nằm trong khoảng 1.001-2.000 bp và 11.755 bản sao (7,68%) dài hơn 2.000 bp (hình 4).



Hình 4. Tổng hợp sự phân bố (về độ dài) của các đoạn DNA tập hợp được từ giải trình tự hệ gen biểu hiện của sâm Ngọc Linh.

Kết quả so sánh với bộ dữ liệu NR, GO, Swiss-Prot, KOG và KEGG cho thấy, 80,86% các gen cổ hữu được phân loại thành công, theo đó các gen cổ hữu được phân thành 3 nhóm chức năng chính gồm: thành phần tế bào, chức năng phân tử và quá trình sinh học. Trong đó, gen cổ hữu tham gia vào quá trình sinh học là lớn nhất (39,69%), tiếp theo là các gen tham gia vào quá trình trao đổi chất (27,98%), đáp ứng kích thích (24,40%), hoạt động xúc tác, bảo quan, điều hoà dịch mã... (hình 5).

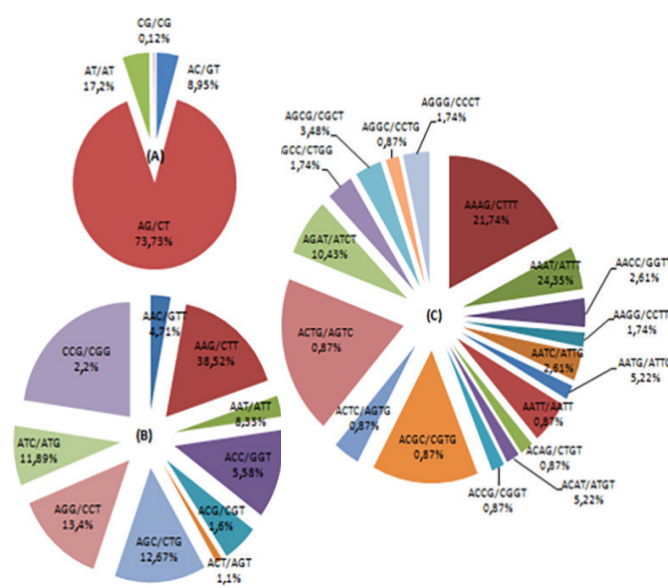


Hình 5. Tổng hợp sự phân bố các gen theo chức năng.

3.5. Xác định các vùng lặp SSR trên hệ gen biểu hiện của sâm Ngọc Linh

Các SSR thích hợp được lựa chọn là những đoạn lặp nucleotide ngắn (2-6 nucleotide) với các lần lặp tối thiểu là 6 đối với di-nucleotide, 5 lần đối với tri-nucleotide và 3-4 lần đối với các đoạn lặp cao hơn. Để đánh giá chất lượng lắp ráp và phát triển các dấu SSR, 89.271 gen cổ hữu được lắp ráp và sử dụng để khai thác các dấu phân tử nhỏ tiềm năng được xác định là các vùng lặp đến 6 nucleotide. Sử dụng công cụ SSRIT đã xác định được tổng cộng 11.343 EST-SSR tiềm năng. Tần số EST-SSR là 12,71% và mật độ phân phối của một EST-SSR được tìm thấy chiếm tổng số khoảng 5,98 kb ở trong các gen cổ hữu.

Loại tần số và phân phối của EST-SSR tiềm năng cũng được phân tích. Theo đó, motif lặp lại phổ biến nhất là mono-nucleotide (5.004, 44,12%), tiếp sau là di-nucleotide (4.648, 40,98%), tri-nucleotide (1.563, 13,78%), tetra-nucleotide (66, 0,58%), hexa-nucleotide (29, 0,26%) và penta-nucleotide (32, 0,28%) (hình 6, bảng 1). Kết quả thống kê cho thấy, EST-SSR với 10 mô đun lặp lại (2.040, 20,50%) là phổ biến nhất, theo sau là 6 (1.363, 12,02%), 5 (925, 8,15%), 7 (862, 7,6%), 8 (594, 5,24%) và 9 (428, 3,77%) (bảng 2). Motif chủ đạo trong lặp lại di-nucleotide là AG/TC (73,73%), tiếp theo là AT/TA (17,2%) và AC/TG (8,95%). Trong 10 loại lặp lại tri-nucleotide hầu hết được phân phối AAG/TTC (38,52%). Loại mô đun phổ biến nhất của lặp lại tetra-nucleotide là AAAT/TTTA (24,35%) (hình 6).



Hình 6. Tỷ lệ % các loại lặp nucleotide (SSR) trên hệ gen biểu hiện của sâm Ngọc Linh.

Bảng 1. Tổng hợp tỷ lệ các SSR ghi nhận được (dựa trên số lượng lặp của các nucleotide - N).

Số lần lặp	Lặp 1N	Lặp 2N	Lặp 3N	Lặp 4N	Lặp 5N	Lặp 6N	Tổng số	Tỷ lệ (%)
5	0	0	851	34	20	20	925	8,15
6	0	965	363	24	2	9	1.363	12,02
7	0	705	147	2	5	3	862	7,60
8	0	485	105	3	1	0	594	5,24
9	0	394	32	2	0	0	428	3,77
10	2.040	260	24	1	0	0	2.325	20,50
>10	2.964	1.839	41	1	1	0	4.846	42,72
Tổng	5.004	4.648	1.563	66	29	32	11.343	100
%	44,12	40,98	13,78	0,58	0,26	0,28	100	

Để tối ưu hóa tính đặc hiệu, theo Jurka và Pethiyagoda (1995) [9] chỉ lựa chọn locus SSR với tối thiểu là 10 lần lặp lại của di-nucleotide, 7 của tri-nucleotide và 5 của tetra-nucleotide. Kết quả nghiên cứu đã xác định được 101 vùng SSR thỏa mãn điều kiện trên (bảng 2).

Bảng 2. Bảng kết quả 101 vùng lặp SSR được lựa chọn.

TT	SRR	TT	SRR	TT	SRR	TT	SRR	TT	SRR
1	(CTCAGG)5	21	(GTTGGC)6	41	(ATG)17	61	(TAT)11	81	(ATT)11
2	(CATCAC)5	22	(AAAAGA)5	42	(TGC)10	62	(TAA)11	82	(ATT)10
3	(TTCATT)6	23	(CCTCTC)5	43	(TGT)10	63	(GTG)12	83	(ATC)12
4	(AACCTT)5	24	(CGACCC)5	44	(TTC)11	64	(GCT)10	84	(AGA)23
5	(TGAAGA)5	25	(AACCTT)6	45	(GGC)11	65	(GCG)11	85	(AGA)12
6	(CCTCCA)6	26	(CCCTAA)5	46	(GAA)12	66	(GAT)11	86	(AGA)10
7	(GAAAAA)7	27	(TTTTC)7	47	(CTT)12	67	(GAT)10	87	(AAG)17
8	(GGGAGC)7	28	(GAAGA)6	48	(TCT)17	68	(GAG)12	88	(AAC)12
9	(GGCGGT)5	29	(CTTTT)11	49	(TCC)11	69	(GAG)10	89	(TC)35
10	(AAGGAA)5	30	(GAGGA)5	50	(AGC)10	70	(GAA)18	90	(TC)32
11	(TGGAAT)5	31	(TTTGT)7	51	(CAG)10	71	(GAA)11	91	(TC)30
12	(TTTGCT)5	32	(CTCCT)6	52	(AAC)10	72	(GAA)10	92	(GA)31
13	(GCCTCC)6	33	(GGGTC)7	53	(TCT)14	73	(CTT)15	93	(GA)31
14	(ATACAA)5	34	(TAGA)10	54	(GAA)17	74	(CTT)11	94	(CT)38
15	(GAGACC)6	35	(ATAC)9	55	(TTC)13	75	(CTC)10	95	(CT)36
16	(CGGAGC)5	36	(TGTA)9	56	(TTC)11	76	(CGG)10	96	(CT)35
17	(GGAGCC)5	37	(TCTA)8	57	(TTC)11	77	(CCG)10	97	(CT)31
18	(GGTGGC)6	38	(GAA)16	58	(TGT)10	78	(CAG)15	98	(CT)30
19	(CATCAC)7	39	(AAG)10	59	(TGG)14	79	(CAG)11	99	(AG)34
20	(AGCGGC)5	40	(AGA)11	60	(TGA)10	80	(CAC)10	100	(AG)31
								101	(AC)30

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, hệ gen biểu hiện của sâm Ngọc Linh đã được giải mã thành công và xác định được tổng cộng 11.343 EST-SSR tiềm năng. Tần số EST-SSR là 12,71% và mật độ phân phối của một EST-SSR được tìm thấy chiếm tổng số khoảng 5,98 kb ở trong các gen cổ hữu. Đã lựa chọn được 101 vùng SSR có độ lặp tối thiểu là 10 lần của di-nucleotide, 7 của tri-nucleotide và 5 của tetra-nucleotide trong toàn bộ hệ gen biểu hiện của sâm Ngọc Linh. Đây là cơ sở quan trọng trong việc thiết kế mỗi đặc hiệu cho các vùng SSR đặc trưng của sâm Ngọc Linh, giúp ích cho công tác xác định chính xác loài sâm này, cũng như để khám phá các gen mới liên quan đến sự hình thành và phát triển của loài sâm Ngọc Linh đặc hữu của Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Quỹ Phát triển KH&CN Quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 106.06-2018.310. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L.T. Son, N. Tap (2006), "Ecological characteristics of *Panax vietnamensis* Ha et Grushv", *Journal of Medicinal Material*, **14**(4), pp.145-147 (in Vietnamese).
- [2] N.T.H. Mai, L.T. Son, N.T.P. Trang (2020), "Genetic characteristics of *Panax vietnamensis* Ha & Grushv. populations based on SSR", *Journal of Biology*, **42**(1), pp.11-19, DOI: 10.15625/0866-7160/v42n1.13906 (in Vietnamese).
- [3] Ministry of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology (2007), *Vietnam Red Book*, Vol. II, Publishing House for Science and Technology, 610pp (in Vietnamese).
- [4] T. An (2020), "Ngoc Linh ginseng products are being counterfeited", *Ethnic and Development News*, <https://baodantoc.vn/san-pham-sam-ngoc-linh-dang-bi-gia-mao-1578627504977.htm>, accessed 10 January 2020 (in Vietnamese).
- [5] N.D. Thanh (2014), "DNA marker techniques in study and selection of plant", *Journal of Biology*, **36**(3), pp.265-294, DOI: 10.15625/0866-7160/v36n3.5974 (in Vietnamese).
- [6] H.T. San (2009), *Plant Classification Practice*, Vietnam Education Publishing House, 164pp (in Vietnamese).
- [7] J.J. Doyle, J.L. Doyle (1991), "A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissues", *Phytochem. Bull.*, **19**(1), pp.11-15.
- [8] M.G. Grabherr, B.J. Haas, M. Yassour, et al. (2011), "Full-length transcriptome assembly from RNA-seq data without a reference genome", *Nature Biotechnology*, **29**(7), pp.644-652, DOI: 10.1038/nbt.1883.
- [9] J. Jurka, C. Pethiyagoda (1995), "Simple repetitive DNA sequences from primates: compilation and analysis", *J. Mol. Evol.*, **40**(2), pp.120-126, DOI: 10.1007/BF00167107.
- [10] Informer Technologies (2021), *Primer Premier 5*, <https://primer-premier-5.software.informer.com>, accessed 10 February 2021.

Nghiên cứu thực nghiệm xác định sức kháng cắt còn lại của dầm bê tông cốt thép nhịp ngắn đã bị ăn mòn cốt đai

Nguyễn Huy Cường^{1*}, Đinh Hữu Tài¹, Nguyễn Công Hậu²

¹Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Giao thông Vận tải, 3 Cầu Giấy, phường Láng Thượng, quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

²Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông Vận tải TP Hồ Chí Minh, 450-451 Lê Văn Việt, phường Tăng Nhơn Phú A, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 16/6/2021; ngày chuyển phản biện 18/6/2021; ngày nhận phản biện 8/7/2021; ngày chấp nhận đăng 12/7/2021

Tóm tắt:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định sức kháng cắt còn lại của dầm bê tông cốt thép (BTCT) có cốt đai đã bị ăn mòn ở các mức độ khác nhau. Trong nghiên cứu này, có 10 dầm đã được thí nghiệm uốn 3 điểm, trong đó có 4 dầm được gia tốc quá trình ăn mòn cốt thép trong 60 và 80 ngày để đạt được mức độ mất mát khối lượng cốt thép đại lần lượt là 10 và 20%. Ứng xử chịu lực của dầm bao gồm quan hệ lực - độ võng, cấu trúc vết nứt, sức kháng cắt còn lại và dạng phá hoại sẽ được phân tích. So với các dầm đối chứng không bị ăn mòn, sức kháng cắt của các dầm bị ăn mòn suy giảm đến 16,08 và 25,34%, tương ứng với mức độ ăn mòn theo khối lượng của cốt thép đại là 12,3 và 23,6%.

Từ khóa: ăn mòn, dầm, nhịp ngắn, sức kháng cắt.

Chỉ số phân loại: 2.1

1. Đặt vấn đề

Việt Nam là quốc gia có bờ biển dài hơn 3.200 km với hàng nghìn hòn đảo lớn nhỏ, nhiều công trình BTCT ở những vùng ven biển đang chịu tác động của môi trường xâm thực. Sự phá hoại đối với kết cấu BTCT do cốt thép bị ăn mòn thể hiện qua việc giảm tiết diện thép và hình thành gỉ sắt bên trong bê tông, từ đó gây nứt, vỡ lớp bê tông bảo vệ. Điều này cũng dẫn đến giảm hiệu ứng kiểm chế và giảm lực dính bám giữa cốt thép với bê tông. Các nguyên nhân này đều có thể gây giảm khả năng chịu lực của kết cấu BTCT, rút ngắn tuổi thọ và tăng chi phí bảo trì kết cấu so với dự tính. Khi có thể phát hiện ra sự hư hại của các kết cấu BTCT dưới tác động của việc cốt thép bị ăn mòn, thì sự suy thoái của các kết cấu này thường đã bước qua giai đoạn nghiêm trọng, thậm chí là quá muộn để có thể thực hiện bất kỳ biện pháp phòng ngừa hoặc bảo vệ có hiệu quả. Do đó, để có thể dự đoán được tuổi thọ còn lại của một cấu kiện đã bị ăn mòn cốt thép, thì việc xác định được khả năng chịu lực còn lại hay ứng xử chịu lực của cấu kiện đó là rất quan trọng và cần thiết.

Hầu hết, các nghiên cứu về dầm BTCT có cốt bị ăn mòn đã được thực hiện đều dựa trên việc gia tốc quá trình ăn mòn bằng phương pháp sử dụng dòng điện ngoài, nhằm hình thành quá trình ăn mòn trong một thời gian ngắn. Định luật Faraday thường được sử dụng để dự đoán sự hao hụt khối lượng của cốt thép dựa trên mật độ dòng điện áp dụng và thời gian ăn mòn. Đã có nhiều nghiên cứu về ứng xử chịu

lực của kết cấu dầm BTCT bị ăn mòn, tuy nhiên, hầu hết mới chỉ tập trung vào ứng xử chịu uốn [1, 2]. Cho đến hiện nay, có rất ít công trình nghiên cứu được công bố về ứng xử chịu cắt của dầm BTCT bị hư hỏng bởi sự ăn mòn cốt thép đai. Cần lưu ý rằng, sự ăn mòn cốt thép đai có thể nhanh chóng làm giảm sức kháng cắt hơn cả sự suy giảm sức kháng uốn. Trên thực tế, cốt thép đai thường có lớp bê tông bảo vệ nhỏ hơn so với lớp bê tông bảo vệ của cốt thép dọc. Do đó, cốt thép đai thường sẽ bị ăn mòn sớm hơn cốt thép dọc. A.K.E. Sayed và cs (2016) [3] đã nghiên cứu ứng xử chịu cắt của dầm BTCT có cốt thép đai bị ăn mòn, với các mức độ ăn mòn, khoảng cách cốt đai và tỷ lệ giữa chiều dài nhịp cắt (a) và chiều cao làm việc (d) khác nhau. Trong đó, chiều cao làm việc (d) là khoảng cách từ mép chịu nén đến trọng tâm của nhóm cốt thép chịu kéo của dầm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sức kháng cắt của dầm BTCT bị ăn mòn đã giảm 8-24% so với dầm đối chứng không bị ăn mòn. Đồng thời, các dầm có tỷ lệ chiều dài nhịp cắt và chiều cao làm việc (a/d) càng nhỏ thì mức độ suy giảm khả năng kháng cắt càng lớn [4]. Nghiên cứu thực nghiệm của C. Suffern và cs (2010) [5] cũng chỉ ra khả năng chịu cắt của các dầm có cốt thép đã bị ăn mòn có thể nhỏ hơn mẫu đối chứng không bị ăn mòn lên đến 53%. Bên cạnh đó, dạng phá hoại của dầm có thể bị thay đổi từ phá hoại dẻo do uốn sang phá hoại giòn do cắt sau khi cốt thép đai trong dầm bị ăn mòn.

Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định sức kháng cắt còn lại của dầm BTCT nhịp ngắn (dầm cao) có cốt thép đai bị ăn mòn

*Tác giả liên hệ: Email: nguyenhuycuong@utc.edu.vn

Experimental investigation on residual shear strength of short-span reinforced concrete beams with corroded stirrups

Huy Cuong Nguyen^{1*}, Huu Tai Dinh¹,
Cong Hau Nguyen²

¹Faculty of Construction Engineering, University of Transport and Communications,
3 Cau Giay Street, Lang Thuong Ward, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

²Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh city University of Transport,
450-451 Le Van Viet Street, Tang Non Phu A Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 16 June 2021; revised 8 July 2021; accepted 12 July 2021

Abstract:

This paper reports an experimental investigation on the residual shear strength of the corroded RC beams with stirrups having different levels of corrosion. A total of ten beams was tested, including four beams were subjected to an electrochemically accelerated aging technique for 60 and 80 days to obtain the theoretical mass loss in their stirrups of 10 and 20%, respectively. The objective of the test program was to investigate the shear performances of strengthened beams loaded up to failure, including load-deflection behaviour, crack patterns, ultimate capacities, and modes of failure. Compared to the un-corroded specimens, the average shear strength of corroded specimens decreased by 16.08 and 25.34%, corresponding to the degree of corrosion of 12.3 and 23.6%.

Keywords: beam, corroded, shear strength, short-span.

Classification number: 2.1

và so sánh với các dầm đối chứng không bị ăn mòn. Nghiên cứu này là giai đoạn đầu của một dự án lớn hơn, tập trung vào việc tăng cường khả năng chịu lực của dầm BTCT có cốt thép đã bị ăn mòn bằng một loại vật liệu mới (bê tông cốt lưới dệt). Ở giai đoạn tiếp theo, các dầm BTCT sau khi được gia tốc quá trình ăn mòn cốt thép sẽ được tăng cường khả năng chịu cắt bằng bê tông cốt lưới dệt.

2. Nghiên cứu thực nghiệm

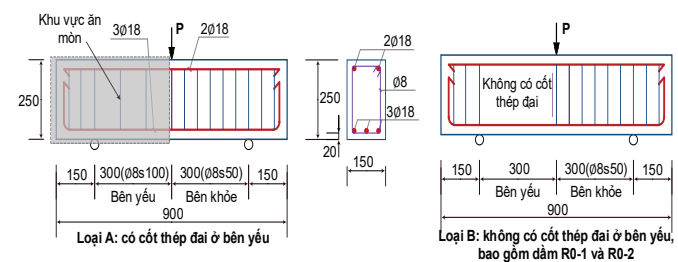
2.1. Các mẫu thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, 10 dầm BTCT có kích thước 150×250×900 mm được thí nghiệm uốn 3 điểm với chiều dài là 600 mm. Nhịp cắt được chọn là 300 mm, tương ứng với tỷ lệ (a/d) bằng 1,36. Các mẫu thí nghiệm được chia thành hai nhóm, như trình bày ở bảng 1. Nhóm thứ nhất bao

gồm 6 dầm đối chứng, không bị ăn mòn. 4 dầm còn lại thuộc nhóm thứ 2 đã được gia tốc quá trình ăn mòn nhằm đạt đến mức độ hao hụt khối lượng cốt thép đai được tính toán là 10 và 20%. Mỗi tổ mẫu sẽ có 2 dầm được thí nghiệm.

Bảng 1. Các nhóm dầm được thí nghiệm.

Nhóm	Tên dầm	Loại	Tải trọng	Mô tả
G1: không bị ăn mòn	R0-1, R0-2	B	Tĩnh	Không có cốt thép đai ở “bên yếu”
	R1-1, R1-2	A	Tĩnh	Dầm đối chứng, chịu tải trọng tĩnh, nhằm xác định khả năng chịu lực của dầm (P_u)
	R2-1, R2-2	A	Lập	Dầm đối chứng, không bị ăn mòn, chịu tải trọng lập
G2: bị ăn mòn	L1R1, L1R2	A	Lập	Dầm bị ăn mòn ở mức độ 1
	L2R1, L2R2	A	Lập	Dầm bị ăn mòn ở mức độ 2



Hình 1. Cấu tạo mẫu thí nghiệm.

2 dầm (R0-1 và R0-2, thuộc loại B) không có cốt thép đai ở “bên yếu”, được thiết kế để xác định sức kháng cắt của dầm khi không đặt cốt thép đai. Tám dầm còn lại đều có cấu tạo giống nhau (loại A), được trình bày như ở hình 1. Các dầm sử dụng 3 thanh thép D18 ở dưới và 2 thanh D18 ở trên, kết hợp với cốt thép đai D8. Tất cả các dầm đều được chế tạo bằng bê tông thông thường, có cường độ chịu nén là 38,5 MPa ở tuổi 28 ngày. Cốt thép dọc D18 có cường độ chịu kéo trung bình là 429,4 MPa, còn cốt thép đai có cường độ chịu kéo trung bình là 363,1 MPa.

Các dầm được thiết kế để đảm bảo chúng sẽ bị phá hoại do cắt trước khi bị phá hoại do uốn. Các dầm thí nghiệm được bố trí cốt thép đai với mục đích hướng sự phá hoại bởi lực cắt đến một nửa của nhịp dầm (cụ thể là “bên yếu”), trong khi nửa còn lại được gia cường nhiều cốt đai (bên khỏe). Vì lý do này, “bên yếu” sẽ bố trí cốt đai với khoảng cách 100 mm, còn bên khỏe sẽ bố trí dày hơn với 10 đai có khoảng cách 50 mm. Quá trình gia tốc ăn mòn chỉ thực hiện đối với cốt thép đai ở “bên yếu”.

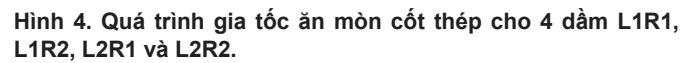
2.2. Quy trình thí nghiệm

Quy trình thí nghiệm bao gồm 3 giai đoạn chính được trình bày ở hình 2. Trong giai đoạn 1, 10 dầm BTCT được chế tạo và bảo dưỡng đủ 28 ngày. Giai đoạn 2 là quá trình gia tốc ăn mòn cho 4 dầm. Giai đoạn 3 là thí nghiệm cho 6 dầm đối chứng không bị ăn mòn và 4 dầm có cốt thép bị ăn mòn.



Ở giai đoạn 1, cốt thép được chế tạo thành các khung hoàn chỉnh, được gắn các lá điện trở đo biến dạng cho cả cốt thép dọc và cốt thép đai (hình 3). Đồng thời, để gia tốc quá trình ăn mòn, các dây điện được nối trực tiếp vào cả các nhánh đai ở “bên yếu”. Các dầm được đổ bê tông cùng một thời điểm, và được bảo dưỡng trong điều kiện thí nghiệm đến 28 ngày.

TẠP CHÍ
**KHOA HỌC
CÔNG NGHỆ** Việt Nam **64(3) 3.2022**



Ở giai đoạn 3, tất cả các dầm được thí nghiệm tại Phòng Thí nghiệm Kết cấu của Trường Đại học Giao thông Vận tải. Thí nghiệm uốn 3 điểm được thực hiện theo phương pháp kiểm soát bằng lực, với tốc độ gia tải 0,5 kN/s, trên máy kéo nén SANS 3000 kN. Sơ đồ bố trí và thiết lập thí nghiệm được thể hiện trong hình 5. Một LVDT (máy biến áp vi sai tuyến tính) và một loadcell đã được lắp đặt để đo độ võng giữa nhịp và tải trọng tác dụng lên dầm. Các lá điện trở được gắn trong cốt thép để đo biến dạng của cốt dọc và cốt đai trong quá trình thí nghiệm.



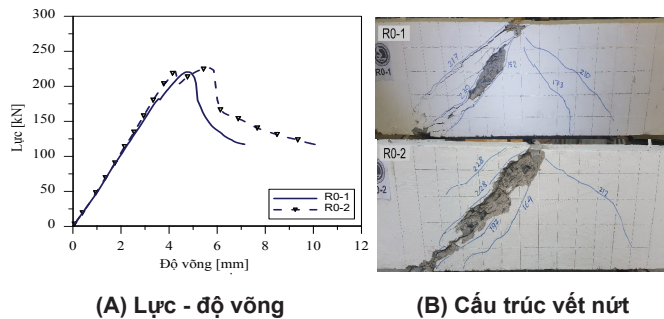
4 dầm đầu tiên trong nhóm 1 được thí nghiệm tĩnh, 6 dầm còn lại thí nghiệm dưới tác dụng của tải trọng lặp ở giai đoạn đầu và sau đó được gia tải cho đến khi bị phá hoại. Căn cứ vào giá trị tải trọng lớn nhất P_u ghi nhận từ dầm R1-1 và R1-2 (được xác định xấp xỉ 400 kN từ thí nghiệm), một phổ tải trọng lặp không đổi chiều được xác định như trên hình 6. 3 cấp tải trọng lặp được xây dựng, tương ứng với 0,3-0,5, 0,5-0,7 và 0,7-0,9 P_u . Các cấp lực này lần lượt mô tả các cấp độ khai thác cấu kiện trong thực tế (cấp tải trọng khai thác, mức quá tải thấp, và mức quá tải cao).



3. Phân tích và đánh giá kết quả thực nghiệm

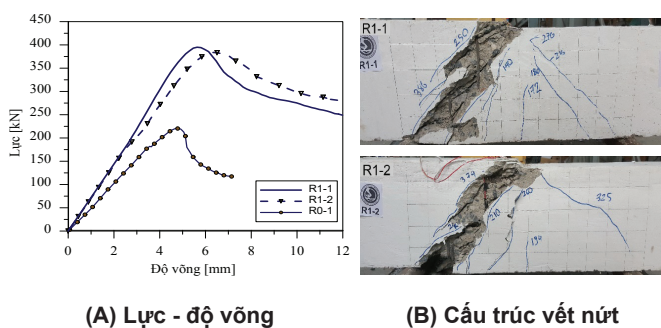
3.1. Nhóm mẫu không bị ăn mòn (nhóm 1)

Các hình 7, 8 và 9 trình bày quan hệ lực - độ võng giữa nhịp và cấu trúc vết nứt của 6 dầm đối chứng không bị ăn mòn. Tất cả 6 dầm đều bị phá hoại do cắt, với vết nứt nghiêng lớn mở rộng ở “bên yếu”. Trong quá trình thí nghiệm, một số vết nứt uốn và vết nứt uốn - cắt xuất hiện. Tuy nhiên, ở giai đoạn phá hoại, chỉ có các vết nứt nghiêng do cắt mở rộng lớn và gây nên sự phá hoại cho tất cả các dầm.

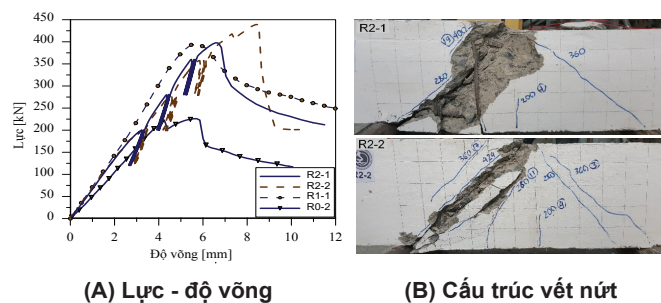


Hình 7. Ứng xử chịu cắt của dầm không có cốt đai R0-1 và R0-2.

Đầu tiên, thí nghiệm tĩnh được thực hiện với các dầm đối chứng R0-1 và R0-2, là những dầm không bố trí cốt thép đai ở “bên yếu”. Các vết nứt nghiêng nhỏ xuất hiện ở bụng dầm, ở mức tải trọng từ 152-164 kN. Sau đó, khi tải trọng tiếp tục gia tăng, nhiều vết nứt nghiêng lớn bắt đầu xuất hiện và lan truyền theo đường chéo từ bụng dầm đến gối gia tải và gối đỡ (hình 7B). Sau khi đạt đến mức tải trọng lớn nhất (xấp xỉ 222 kN), các vết nứt nghiêng chính sẽ mở rộng và dầm bị phá hoại đột ngột.



Hình 8. Dầm đối chứng không bị ăn mòn R1-1 và R1-2 (chịu tải trọng tĩnh).

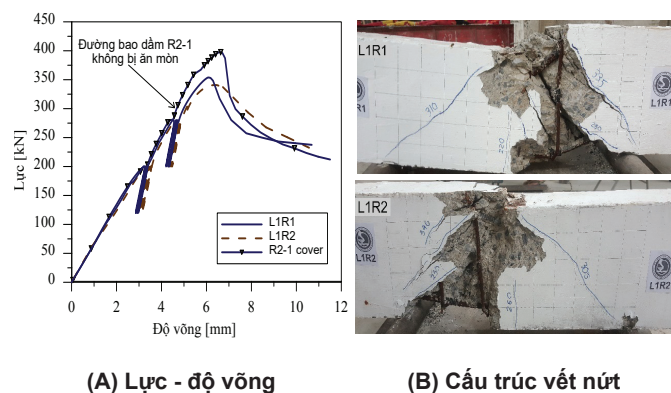


Hình 9. Dầm đối chứng R2-1 và R2-2 chịu tải trọng lặp.

Đối với 2 dầm R1-1 và R1-2 (có cốt thép đai ở “bên yếu”), vết nứt đầu tiên xuất hiện tại vị trí giữa dầm, theo phương vuông góc với trục dầm, ở mức tải trọng lần lượt là 172 và 194 kN. Các vết nứt nghiêng do cắt đầu tiên hình thành tại vị trí bụng dầm ở tải trọng 180 và 210 kN (hình 8B). Sau khi xuất hiện vết nứt nghiêng, tải trọng vẫn tiếp tục tăng lên bởi lực cắt vẫn có thể truyền qua vết nứt nhờ hiệu ứng cái khóa cốt liệu, hiệu ứng chốt của các thanh thép dọc và sự cùng làm việc của cốt đai. Khi tải trọng tăng, các vết nứt nghiêng này tiếp tục mở rộng và phát triển từ bụng dầm đến gối đỡ và vị trí gia tải. Độ cứng của các dầm (được thể hiện qua độ dốc của các đường quan hệ giữa tải trọng và độ võng) lớn hơn đáng kể so với các mẫu dầm R0-1 và R0-2. Các dầm này đều bị phá hoại ở “bên yếu”, ở các mức tải trọng lần lượt là 398,6 và 384,3 kN. So sánh giữa dầm R1-1 và R0-1 (hình 8A), mẫu có cốt thép đai có khả năng kháng cắt lớn hơn đến 74,5%. Dầm bị phá hoại đột ngột ở mức tải trọng xấp xỉ 400 kN. Căn cứ vào mức tải trọng lớn nhất này, phổ tải trọng lặp được xây dựng như đã trình bày ở hình 6.

Đối với các mẫu R2-1 và R2-2 chịu tải trọng lặp, các vết nứt dạng thẳng góc (với trục dầm) được hình thành trước tiên ở mức tải trọng xấp xỉ 200 kN. Sau đó, các vết nứt do uốn - cắt bắt đầu xuất hiện ở khoảng tải trọng từ 200-280 kN. Các vết nứt nghiêng do cắt bắt đầu xuất hiện ở tải trọng tác dụng là 280 kN bên phía dầm yếu hơn và 360 kN bên phía dầm khỏe hơn. Khi tiếp tục tăng tải trọng, nhiều vết nứt nhỏ xuất hiện xung quanh và song song với các vết nứt chính (hình 9B). Độ võng trên các dầm chịu tải trọng lặp lớn hơn so với dầm chịu tải trọng tĩnh đó là do sự xuất hiện, tích lũy của nhiều vết nứt. Sau khi kết thúc các chu kỳ tải trọng lặp, lực tác dụng tăng cho đến khi dầm bị phá hoại. Sự phá hoại ở dầm này xảy ra khi vết nứt nghiêng mở rộng ở “bên yếu” ở mức tải trọng xấp xỉ 409 kN.

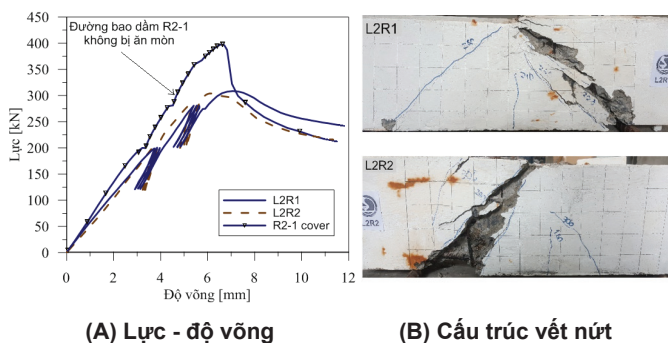
3.2. Dầm có cốt thép bị ăn mòn (nhóm 2)



Hình 10. Dầm ăn mòn ở cấp độ 1 (L1R1 và L1R2).

Nhóm thứ hai gồm 4 dầm có cốt đai đã bị ăn mòn ở 2 mức độ, được chịu tác dụng của tải trọng lặp (hình 10, 11). Sau thí nghiệm, cốt thép đai được tách khỏi dầm để đánh giá sự mất mát khối lượng do quá trình ăn mòn (hình 12). Các vết nứt thẳng góc xuất hiện đầu tiên ở các dầm L1R1 và L1R2, tại mức tải trọng lần lượt là 165 và 182 kN, nhỏ hơn so với các dầm đối chứng không bị ăn mòn. Các vết nứt

ngiêng do cắt đầu tiên có thể quan sát được ở các cấp tải trọng 214 và 226 kN tại vị trí bụng dầm. Có thể thấy, do ảnh hưởng của cốt thép đai bị ăn mòn, mức tải trọng gây ra vết nứt nghiêng nhỏ hơn khá nhiều so với các mẫu đối chứng không bị ăn mòn. Độ cứng của dầm có cốt thép đai đã bị ăn mòn L1R1 và L1R2 hầu như không bị ảnh hưởng nhiều bởi sự ăn mòn mặc dù khả năng chịu cắt bị giảm một cách đáng kể. Điều này có thể được giải thích là bởi với mức độ ăn mòn trung bình (xấp xỉ 10%), chất lượng dính bám giữa thép và bê tông chưa suy giảm đáng kể. Cả 2 dầm đều bị phá hoại do cắt ở mức tải 353,4 và 340,7 kN, không đạt đến khoảng tải trọng lặp (0,7-0,9 Pu). Khi so sánh với các mẫu đối chứng (R2-1 và R2-2), khả năng kháng cắt của mẫu L1R1 và L1R2 giảm lần lượt là 14,5 và 17,6%.



Hình 11. Dầm có cốt đai bị ăn mòn ở mức độ 2 (L2R1 và L2R2).



Hình 12. Cốt thép đai được bóc tách khỏi bê tông sau khi thí nghiệm.

Mức độ ăn mòn được tính toán dựa trên khối lượng cốt thép đai bị mất mát do quá trình ăn mòn. Mức độ ăn mòn dao động từ 12,3 đến 23,6% đối với cốt thép đai trong dầm ở nhóm thứ 2 (bảng 2). Sự phá hoại do ăn mòn thường lan rộng (khá đều) dọc theo chiều dài của cốt thép đai đối với các mẫu L1R1 và L1R2. Tuy nhiên, một vài vị trí cốt thép đai trong mẫu L2R1 và L2R2 bị suy giảm tiết diện đáng kể là do sự ăn mòn mang tính cục bộ (ăn mòn điểm).

Tất cả 4 dầm bị ăn mòn trong nhóm 2 có ứng xử chịu cắt khá tương đương, với các vết nứt do cắt lớn phát triển vượt trội so với các vết nứt do uốn. Tuy nhiên, các mẫu L2R1 và L2R2 có độ cứng nhỏ hơn so với các dầm không bị ăn mòn. Điều này càng được thể hiện rõ hơn với các dầm có cốt thép đai bị ăn mòn “mạnh”. Nói cách khác, sự ăn mòn cốt thép đai có xu hướng làm giảm độ cứng của các dầm BTCT. Khả năng chịu cắt lớn nhất của dầm L2R1 và L2R2 khi chịu tải trọng lặp là 313,5 và 304,2 kN, giảm 25,3% so với các dầm đối chứng.

Bảng 2. Tóm tắt kết quả thí nghiệm.

Nhóm	Dầm	Loại tải trọng	Dầm	Mức độ ăn mòn (%)	Lực lớn nhất (kN)
G1: không bị ăn mòn	R0-1	Tĩnh	R0-1		220,6
	R0-2	Tĩnh	R0-2		226,2
	R1-1	Tĩnh	R1-1	NA	395,6
	R1-2	Tĩnh	R1-2		384,3
	R2-1	Lặp	R2-1		398,6
	R2-2	Lặp	R2-2		429,5
G2: bị ăn mòn	L1R1	Lặp	L1R1	12,3	353,4
	L1R2	Lặp	L1R2	14,7	340,7
	L2R1	Lặp	L2R1	23,6	313,5
	L2R2	Lặp	L2R2	21,9	304,0

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm đối với 10 dầm BTCT nhằm đánh giá ảnh hưởng của sự ăn mòn cốt thép đai đến sức kháng cắt của dầm. Dựa vào các kết quả thí nghiệm, một số kết luận được rút ra như sau:

Sức kháng cắt của các dầm có cốt thép đai lớn hơn 74,5% so với các dầm đối chứng không có cốt thép đai. Đối với các dầm không bị ăn mòn cốt thép, dầm chịu tải trọng tĩnh và chịu tải trọng lặp có sự tương đồng về dạng phá hoại, với các vết nứt nghiêng do cắt mở rộng lớn. Tuy nhiên, các vết nứt do cắt ở các dầm chịu tải trọng lặp phát triển mạnh hơn về cả số lượng và bề rộng vết nứt so với các dầm chịu tải trọng tĩnh.

Đối với các dầm có cốt thép đai bị ăn mòn, sức kháng cắt của dầm càng giảm khi mức độ ăn mòn cốt thép tăng lên. So với các mẫu đối chứng, sức kháng cắt trung bình của các mẫu bị ăn mòn giảm 16,08 và 25,34%, tương ứng với mức độ ăn mòn cốt thép 12,3-23,6% về khối lượng. Sự ăn mòn cốt thép có xu hướng làm giảm độ cứng của dầm BTCT một cách đáng kể ở mức độ ăn mòn cốt thép cao. Ngược lại, độ cứng của các dầm có cốt thép đã bị ăn mòn L1R1 và L1R2 (với mức độ ăn mòn nhỏ) không bị ảnh hưởng nhiều, mặc dù khả năng kháng cắt của chúng đã bị suy giảm đáng kể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F. Jnaid, R.S. Aboutaha (2016), “Residual flexural strength of corroded reinforced concrete beams”, *Engineering Structures*, **119**, pp.198-216, DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.04.018.
- [2] A. Alaskar, A.S. Alqarni, G. Alfalah, et al. (2021), “Performance evaluation of reinforced concrete beams with corroded web reinforcement: experimental and theoretical study”, *Journal of Building Engineering*, **35**, DOI: 10.1016/j.jobbe.2020.102038.
- [3] A.K.E. Sayed, R.R. Hussain, A.B. Shuraim (2016), “Influence of stirrup corrosion on shear strength of reinforced concrete slender beams”, *ACI Structural Journal*, **113**(6), pp.1223-1232, DOI: 10.14359/51689147.
- [4] A.K.E. Sayed, R.R. Hussain, A.B. Shuraim (2015), “Effect of stirrup corrosion on the shear strength of reinforced concrete short beams”, *Journal of Civil Engineering and Management*, **22**(4), pp.1-9, DOI: 10.3846/13923730.2014.897990.
- [5] C. Suffern, A.K.E. Sayed, K. Soudki (2010), “Shear strength of disturbed regions with corroded stirrups in reinforced concrete beams”, *Canadian Journal of Civil Engineering*, **37**(8), pp.1045-1056, DOI: 10.1139/L10-031.

Xác định độ bền nén lệch tâm phẳng của cột bê tông cốt thép có sử dụng tro bay

Sykhampha Vongchith, Nguyễn Trường Thắng*

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 55 Giải Phóng, phường Đồng Tâm, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 5/7/2021; ngày chuyển phản biện 8/7/2021; ngày nhận phản biện 29/7/2021; ngày chấp nhận đăng 2/8/2021

Tóm tắt:

Tro bay là một loại sản phẩm dư, sinh ra từ việc đốt than đá trong các nhà máy nhiệt điện, có tính chất vật lý và thành phần hóa học phù hợp để tái sử dụng như một loại phụ gia khoáng mịn trong sản xuất bê tông nhằm giảm lượng dùng xi măng tới 25% và tăng tính công tác của bê tông. Tuy nhiên, ảnh hưởng bất lợi của tro bay đến khả năng chịu lực của cấu kiện bê tông cốt thép (BTCT) chưa được đề cập tới trong tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT hiện hành. Do vậy, bài báo này trình bày cách xác định độ bền nén trong mặt phẳng của một loại kết cấu cơ bản là cột BTCT có lượng tro bay thay thế xi măng là 20% theo một số bước nghiên cứu như sau: (i) Khảo sát thực nghiệm trên 8 mẫu cột BTCT; (ii) Đối chứng kết quả thực nghiệm với các tiêu chuẩn thiết kế Eurocode 2, ACI 318-19 và TCVN 5574:2018; (iii) Đề xuất phương pháp hiệu chỉnh đơn giản cho TCVN 5574:2018 để có thể mô phỏng được sự suy giảm và dự báo chính xác độ bền nén lệch tâm phẳng của cột BTCT có sử dụng tro bay.

Từ khóa: bê tông cốt thép, cột, độ bền, lệch tâm, tro bay.

Chỉ số phân loại: 2.1

1. Mở đầu

Trên thế giới và tại Việt Nam trong thời gian gần đây, các vật liệu phế thải công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao, muội silica... được quan tâm đầu tư nghiên cứu và tái sử dụng trong công nghiệp sản xuất bê tông, vừa giúp giảm chi phí thu gom, xử lý cho các nhà máy, vừa hạn chế hiệu ứng nhà kính do giảm được lượng khí CO₂ từ công nghiệp sản xuất xi măng [1-4]. Trong số đó, tro bay (Fly ash - FA) được tạo ra từ quá trình đốt cháy nhiên liệu than của các nhà máy nhiệt điện với nhiệt độ lên tới 1500°C. Đây là một vật liệu có một số thành phần hóa học tương tự như xi măng Portland (Ordinary portland cement - OPC), với cấu trúc hình thái có dạng hình cầu và kích thước hạt rất mịn [4]. Do vậy, tro bay có thể được sử dụng như một loại phụ gia nhằm vừa giảm lượng xi măng, vừa cải thiện tính công tác của bê tông như tăng độ sụt, hạn chế sự phân tầng, giảm hiệu ứng nhiệt thủy hóa xi măng... Một số nhà khoa học trong nước đã nghiên cứu ảnh hưởng của tro bay, silica fume và môi trường dưỡng hộ đến cường độ chịu nén của bê tông có hàm lượng tro bay thay thế xi măng là 20% [5, 6] và ảnh hưởng của tro bay thay thế một phần xi măng đến tính chất của bê tông thương phẩm [7]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này mới dừng lại ở mức độ vật liệu. Tro bay cũng đã được nghiên cứu nhằm thay thế hoàn toàn xi măng (100% FA/OPC) làm chất kết dính, kết hợp với các chất hoạt hóa phù hợp để tạo ra loại bê tông geo-polymer có cường độ mẫu trụ trung bình đạt tới 50 MPa và được nghiên cứu áp dụng cho kết cấu chịu uốn [8]. Một số tài liệu kỹ thuật [4-6] quy định lượng phụ

gia tro bay không được vượt quá 25% khối lượng xi măng trong cấp phối. Với quan niệm tro bay chỉ được sử dụng như một loại phụ gia, trong thực tế cấu kiện BTCT sử dụng bê tông tro bay vẫn được tính toán tương tự như đối với bê tông thông thường. Tuy nhiên, một lượng đáng kể tro bay thay thế xi măng có thể làm ảnh hưởng tới tính chất cơ lý của bê tông, dẫn tới làm thay đổi khả năng chịu lực của cấu kiện. Do vấn đề này chưa được đề cập tới trong các nghiên cứu đã có và tiêu chuẩn thiết kế hiện hành [9-15], trong bài báo này, các tác giả đã thực hiện một chương trình nghiên cứu theo các bước như sau: (i) Chế tạo và thí nghiệm 8 mẫu cột BTCT có cường độ trung bình mẫu trụ là 30 MPa, có lượng xi măng được thay thế bằng tro bay là 20%, nhằm khảo sát ảnh hưởng của độ lệch tâm theo một phương tới khả năng chịu lực, hay còn gọi là độ bền nén lệch tâm phẳng của cột; (ii) Kiểm chứng kết quả thí nghiệm thu được bằng tiêu chuẩn thiết kế kết cấu BTCT hiện hành như Eurocode 2 (EC2) [13], ACI 318-19 [14] và TCVN 5574:2018 [15]; (iii) Nhận xét và đề xuất về việc hiệu chỉnh TCVN 5574:2018 để có thể xác định được chính xác độ bền nén trong mặt phẳng của cột BTCT sử dụng bê tông tro bay.

2. Nghiên cứu thực nghiệm trên các mẫu cột chịu nén uốn trong mặt phẳng

2.1. Vật liệu bê tông tro bay

Các vật liệu sử dụng trong chế tạo bê tông tro bay trong nghiên cứu này gồm có: (i) Tro bay có khối lượng riêng là

*Tác giả liên hệ: Email: thangnt2@nuce.edu.vn

Determination of uni-axial bending resistance of reinforced fly ash concrete columns

Sykhampha Vongchith, Truong Thang Nguyen*

Hanoi University of Civil Engineering (HUCE),
55 Giai Phong Street, Dong Tam Ward, Hai Ba Trung District, Hanoi, Vietnam

Received 5 July 2021; revised 29 July 2021; accepted 2 August 2021

Abstract:

As a by-product from coal burning of thermal power plants, fly ash has appropriate physical properties and chemical composition that can be utilised for the concrete industry, in a form of a fine-mineral additive to reduce cement up to 25% by mass and to enhance the workability of concrete. However, the negative effect of fly ash on the strength of reinforced concrete (RC) members has not been considered in current design provisions. Hence, the determination of uni-axial bending resistance of a basic member - RC column - having 20% cement weight replaced by fly ash is presented in this paper in the following research steps: (i) Experimental investigation on a number of 8 RC column specimens; (ii) Validation of test results with a number of code provisions including Eurocode 2, ACI 318-19, and TCVN 5574:2018; and (iii) Proposal of a simplified justification approach for TCVN 5574:2018 to be capable of modelling the reduction and predicting the uni-axial bending resistance of reinforced fly ash concrete columns.

Keywords: column, eccentricity, fly ash, reinforced concrete, resistance

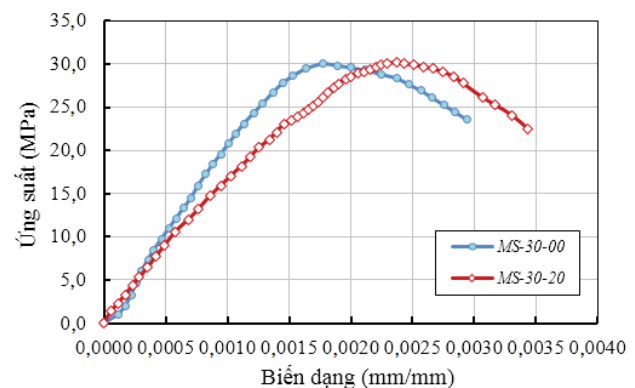
Classification number: 2.1

1,80 g/cm³, hàm lượng mất mát khi nung là 0,47, độ mịn của Blaine là 2154 cm²/g, hàm lượng SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃ là 79,25% và CaO là 5,49%; (ii) Xi măng Portland PCB30 của Công ty Xi măng Vicem Hoàng Thạch, khối lượng riêng 3,10 g/cm³; (iii) Cốt liệu nhỏ (cát thiên nhiên) và cốt liệu lớn (đá dăm) tuân theo các yêu cầu kỹ thuật hiện hành. Cát thiên nhiên có kích thước hạt lớn nhất là 5 mm từ sông Lô (tỉnh Phú Thọ), có khối lượng riêng 2,64 g/cm³. Đá dăm có kích thước hạt lớn nhất là 20 mm được khai thác tại tỉnh Hà Nam, khối lượng riêng 2,69 g/cm³. Cấp phối bê tông cho thí nghiệm vật liệu được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Cấp phối bê tông cho thí nghiệm vật liệu.

Cấp phối	Hàm lượng tro bay thay thế xi măng	Xi măng PCB30 (kg)	Tro bay (kg)	Cát (kg)	Đá dăm (kg)	Nước (kg)
MS-30-00	0%	380	0	760	1140	205
MS-30-20	20%	304	76	760	1140	205

Cấp phối đối chứng của bê tông thường (MS-30-00) được sử dụng với lượng xi măng là 380 kg, không có tro bay và khối lượng các vật liệu giữ nguyên như ở bảng 1. Kết quả thí nghiệm về quan hệ ứng suất - biến dạng của 2 cấp phối MS-30-00 và MS-30-20 được biểu diễn ở hình 1.



Hình 1. Kết quả thí nghiệm vật liệu.

Kết quả thí nghiệm ở hình 1 cho thấy, với lượng tro bay thay thế xi măng là 20%, bê tông MS-30-20 có cường độ chịu nén tương đương với bê tông thường MS-30-00, nhưng có sự suy giảm về mô đun đàn hồi cũng như thay đổi về các giá trị biến dạng tại ứng suất lớn nhất và biến dạng cực hạn.

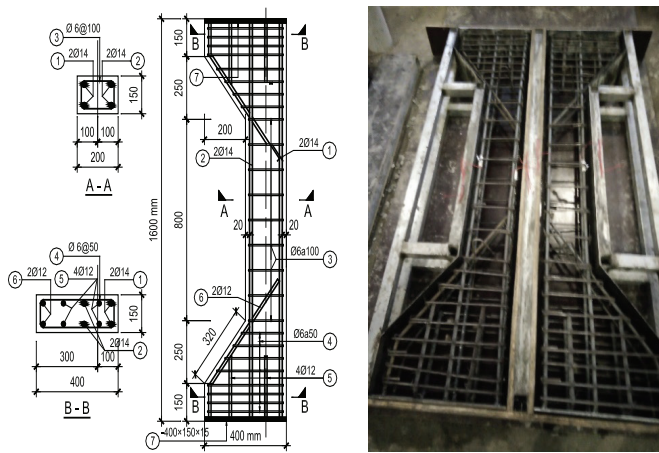
2.2. Mẫu thí nghiệm cột BTCT sử dụng tro bay

Trong chương trình thí nghiệm này, 8 mẫu cột BTCT được chia thành 3 nhóm: (i) Nhóm thứ nhất gồm 2 mẫu cột giống nhau, ký hiệu C-30-00-1 và C-30-00-2, chịu nén đúng tâm trong thí nghiệm (độ lệch tâm tĩnh học bằng 0); (ii) Nhóm thứ hai gồm 3 mẫu cột giống nhau, ký hiệu C-30-40-1, C-30-40-2 và C-30-40-3. Trong thí nghiệm, các mẫu cột đều chịu nén lệch tâm phẳng với độ lệch tâm tĩnh học $e_f=40$ mm; (iii) Nhóm thứ 3 gồm ba mẫu cột giống nhau, ký hiệu C-30-80-1, C-30-80-2 và C-30-80-3. Các mẫu cột đều chịu nén lệch tâm phẳng trong thí nghiệm với độ lệch tâm tĩnh học là 80 mm.

Do số lượng bộ cốt pha định hình cho cột có hạn, 5 mẫu trong nhóm C-30-00 và C-30-40 được đúc cùng một đợt, kèm theo đó là 12 mẫu lập phương cạnh 150 mm và 9 mẫu trụ bê tông có đường kính 150 mm, chiều cao 300 mm để phục vụ các thí nghiệm xác định cường độ vật liệu. Nhóm C-30-80 gồm 3 mẫu thử cột cùng với các mẫu thử vật liệu được đúc ở lần thứ hai, sau khi dỡ cốt pha của hai nhóm cột

trên. Cả hai đợt đổ bê tông đều sử dụng cấp phối bê tông MS-30-20.

Với thông số nghiên cứu chính là độ lệch tâm phẳng, cả 8 mẫu cột được thiết kế giống nhau với mặt cắt ngang cột hình chữ nhật có kích thước $b \times h = 150 \times 200$ (mm), chiều cao cột là $l = 1600$ mm. Trong đoạn 150 mm từ hai đầu, cột được mở rộng với tiết diện 150×400 (mm) nhằm tạo ra độ lệch tâm phẳng trong mặt phẳng uốn song song với cạnh $h = 200$ mm của tiết diện (hình 2).



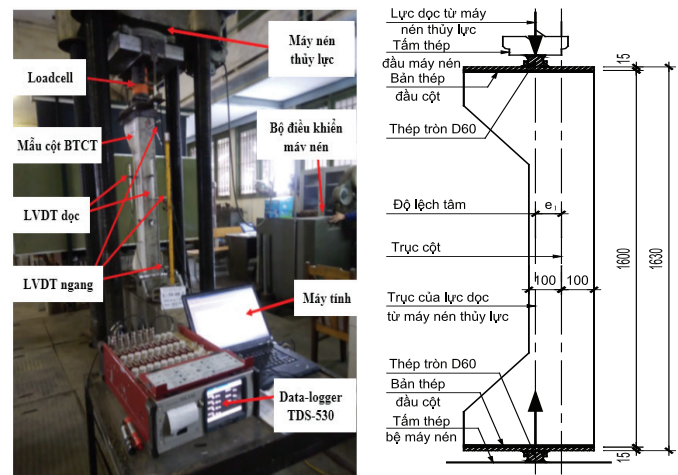
Hình 2. Chi tiết mẫu cột thí nghiệm.

Cốt thép dọc chịu lực chính của cột là 4Φ14 loại CB400-V có cường độ trung bình thu được từ thí nghiệm kéo thép là $R_m = 365,298$ MPa và cường độ đặc trưng là $f_y = 362,617$ MPa. Cốt thép đai của cột sử dụng đường kính 6 mm với cường độ chịu kéo trung bình là 379,613 MPa, khoảng cách giữa các cốt đai là 100 mm. Lớp bê tông bảo vệ cốt thép dọc là 20 mm. Hai đầu cột được gia cường bởi các cốt thép và bản thép nhằm tránh sự phá hoại cục bộ trong quá trình thí nghiệm.

2.3. Bố trí hệ thống thí nghiệm và quy trình thí nghiệm

Hình 3 thể hiện việc bố trí hệ thống thí nghiệm để xác định độ bền của các mẫu cột khi chịu tác dụng của lực nén dọc trục với các độ lệch tâm khác nhau, với các thiết bị như sau: (i) Tải trọng nén dọc trục được tác dụng bằng máy nén thủy lực của LB Nga có khả năng nén tối đa là 5000 kN. Giá trị lực nén được đo bằng thiết bị đo lực (load-cell) đặt trên đầu cột; (ii) Chuyển vị dọc trục của cột được đo bằng 4 thiết bị đo chuyển vị (Linear variable displacement transducer - LVDT) được lắp đặt trên cả bốn mặt của tiết diện ngang tại khu vực giữa cột, với khoảng đo là 100 mm; (iii) Chuyển vị ngang được đo bằng 2 LVDT tại vị trí cách hai đầu cột 150 mm và 1 LVDT tại chính giữa cột, với khoảng đo là 100 mm; (iv) Biến dạng trong bê tông và cốt thép tại chính giữa cột được đo bằng các tem điện trở (strain gauges) tương ứng. Tất cả các thiết bị trên được kết nối với bộ thu thập

và xử lý số liệu Data-logger TDS-530 và máy tính để ghi lại các số đo về lực và chuyển vị. Trong thí nghiệm, mẫu cột được cấu tạo gối liên kết khớp tại hai đầu thông qua hai thanh thép tròn đường kính 60 mm được hàn vào tấm thép đầu máy nén (ở phía trên đầu cột) và tấm thép bệ máy nén (ở phía dưới chân cột). Bản thép dày 15 mm được hàn với bản thép số 7 (hình 2) để gia cường thêm tại hai đầu cột và được cấu tạo hàn thêm hai gờ thép với khe hở nhỏ để có thể vừa tỳ vào thanh thép tròn D60, vừa chống cho đầu cột không bị trượt ngang. Tại liên kết này, sử dụng mỡ bôi trơn cơ khí để cột có thể xoay tự do trong mặt phẳng uốn song song với cạnh h của tiết diện cột. Vị trí của liên kết có thể được thay đổi để tạo ra các độ lệch tâm e_i khác nhau giữa trục của lực dọc từ máy nén thủy lực so với trục của mẫu cột (hình 3).



Hình 3. Bố trí hệ thống thí nghiệm.

Trong thí nghiệm trên, các mẫu cột được tiến hành tại Phòng Thí nghiệm và Kiểm định công trình LAS XD-125, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, với quy trình gồm các bước: (i) Bước 1: gia tải thử và ghi số liệu từ cấp 0. Gia tải thử với tải trọng bằng với cấp tải đầu tiên là 10 kN trở lên, kiểm tra sự làm việc của mô hình thí nghiệm và các dụng cụ đo. Khi xác định được trạng thái làm việc bình thường, hạ tải về 0 (hoặc theo hướng dẫn tại phòng thí nghiệm). Ghi chép số liệu ban đầu trên các dụng cụ đo; (ii) Bước 2: tiến hành gia tải từng cấp tải trong khoảng 5% giá trị dự báo khả năng chịu lực của cột. Lưu số liệu trên các dụng cụ đo ở từng cấp tải trọng; (iii) Bước 3: khi giá trị lực dọc tác dụng lên cột không tăng được nữa và xuất hiện phá hoại của bê tông vùng nén cột, lưu lại số liệu về lực dọc lớn nhất và chuyển vị tương ứng. Sau đó tiến hành hạ tải thí nghiệm theo từng cấp tải có giá trị không vượt quá 10% giá trị tải trọng thí nghiệm.

2.4. Kết quả thí nghiệm

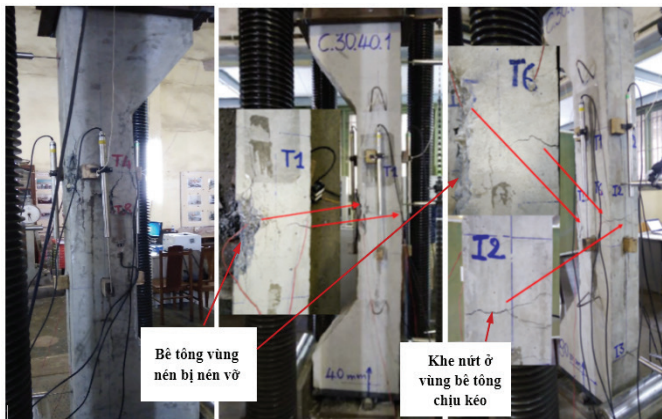
Kết quả thí nghiệm đo được ở bước 3 về khả năng

chịu lực lớn nhất N_m và độ võng ngang Δ_m tương ứng của mỗi mẫu cột được biểu diễn trong bảng 2. Độ lệch tâm ban đầu e_0 được xác định bằng tổng của độ lệch tâm tĩnh học e_1 và độ lệch tâm ngẫu nhiên $e_a = \max(L_c/600; h_c/30; 10) = \max(1630/600, 200/30, 10) = 10$ mm. Như vậy, giá trị e_0 của 3 nhóm cột C-30-00, C-30-40 và C-30-80 lần lượt là 10, 50 và 90 mm. Từ đó có thể xác định giá trị thí nghiệm của mô men là $M_m = N_m(e_0 + \Delta_m)$.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm cột.

Nhóm	C-30-00 ($e_1=0$)			C-30-40 ($e_1=40$ mm)			C-30-80 ($e_1=80$ mm)		
Mẫu	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3
N_m (kN)	738,9	756,19	446,15	434,90	447,89	301,96	291,83	293,39	
Δ_m (mm)	4,39	3,60	6,46	6,57	6,95	9,77	9,01	10,55	
M_m (kNm)	10,635	10,288	25,191	24,601	25,505	30,127	28,850	29,499	

Hình 4 minh họa dạng phá hoại của các mẫu cột đại diện của 3 nhóm mẫu. Có thể thấy, cột thí nghiệm bị nén uốn và có độ võng ngang lớn nhất tại giữa cột. Tại tiết diện giữa cột, cốt thép vùng kéo đạt tới biến dạng chảy, bê tông vùng nén bị nứt vỡ và xuất hiện nhiều vết nứt tại bê tông vùng kéo. Đây là dạng phá hoại điển hình khi các phân tử bê tông ở vùng nén và cốt thép chịu kéo đạt tới các cường độ tương ứng của chúng tại trạng thái giới hạn.



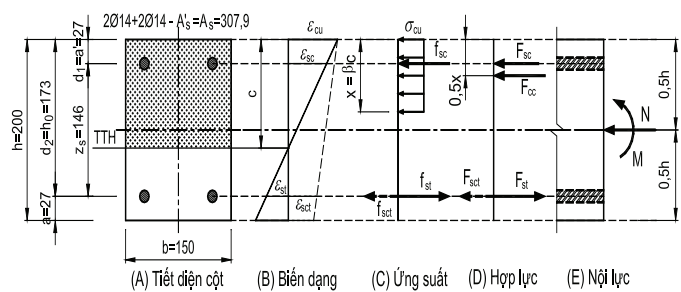
Hình 4. Dạng phá hoại của các mẫu cột.

3. Kiểm chứng kết quả thí nghiệm với các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành

3.1. Sử dụng tiêu chuẩn EC2 và ACI 318-19

Kết quả thí nghiệm tại 28 ngày tuổi trên 3 viên mẫu trụ được đúc cùng với các cột của đợt thử nhất (nhóm C-30-00 và C-30-40) cho cường độ chịu nén thiết kế là $f_{cd}=24,613$ MPa. Với đợt thử hai (nhóm cột C-30-80), $f_{cd}=24,386$ MPa.

Nguyên tắc phân tích khả năng chịu lực của tiết diện cột thí nghiệm theo các tiêu chuẩn EC2 và ACI 318-19 được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Phân tích khả năng chịu lực của cột theo EC2 và ACI.

Hình 5B cho thấy, các tiêu chuẩn EC2 [13] và ACI 318-19 [14] đều dựa trên giả thiết tiết diện phẳng, với một giá trị biến dạng tối hạn của bê tông thớ chịu nén ngoài cùng là ϵ_{cu} . Trên hình 5C, vùng bê tông chịu nén hình chữ nhật có chiều cao quy đổi là βc , với c là khoảng cách từ trục trung hòa tới mép chịu nén của tiết diện, ứng suất trong bê tông vùng nén được coi là phân bố đều với giá trị σ_{cu} . Giá trị của các tham số nêu trên được các tiêu chuẩn quy định như trong bảng 3.

Bảng 3. Các hệ số quy định trong tiêu chuẩn EC2 và ACI 318-19.

Tiêu chuẩn	ϵ_{cu}	β	σ_{cu}
EC2	0,0035	$\beta=0,8$ khi $f_{ck} \leq 50$ MPa	$\sigma_{cu} = \eta f_{cd}$ với $\eta=1,0$ khi $f_{ck} \leq 50$ MPa
		Khi $f_{ck} > 50$ MPa	Khi $f_{ck} > 50$ MPa
		$\beta=0,8-(f_{ck}-50)/400 \leq 1,0$	$\eta=1-(f_{ck}-50)/200 \leq 1,0$
ACI 318-19	0,0030	$\beta=1,09-0,008f'_c$ $0,65 \leq \beta \leq 0,85$	$\sigma_{cu} = 0,85f'_c$

Như vậy, khả năng chịu lực của tiết diện cột có thể được xác định như sau:

$$N = F_{cc} + \sum F_{si} \quad (1)$$

$$M = F_{cc}(0,5h - 0,5\beta c) + \sum F_{si}(0,5h - d_i) \quad (2)$$

trong đó, hợp lực ứng suất trong bê tông vùng nén là $F_{cc} = \sigma_{cu}(\beta b c)$; hợp lực của ứng suất trong cốt thép là $F_{si} = A_{si} F_{si}$; ứng suất trong cốt thép chịu nén trong vùng nén f_{sc} , trong cốt thép chịu kéo f_{st} , trong cốt thép chịu nén trong vùng bị nén ít f_{sct} được xác định thông qua các biến dạng tương ứng ϵ_{sc} , ϵ_{st} , ϵ_{sct} và quan hệ ứng suất - biến dạng của vật liệu cốt thép; d_i là khoảng cách từ mép chịu nén ngoài cùng của tiết diện tới trọng tâm của các lớp cốt thép (hình 5).

Các tác giả sử dụng công cụ bảng tính Spreadsheet trên nguyên tắc thử dần và chọn lại một giá trị c sao cho $N=N_m$ theo biểu thức (1), từ đó thay c tương ứng vào biểu thức (2) để tính khả năng chịu lực M của tiết diện cột. Kết quả tính toán áp dụng theo tiêu chuẩn EC2 và ACI tương ứng là M_{EC2} và M_{ACI} và được biểu diễn ở bảng 4.

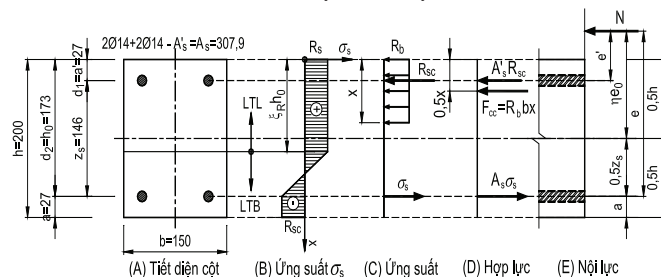
Bảng 4. Kiểm chứng kết quả thí nghiệm theo tiêu chuẩn EC2 và ACI.

Nhóm	C-30-00 ($e_1=0$)			C-30-40 ($e_1=40$ mm)			C-30-80 ($e_1=80$ mm)		
Mẫu	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3	
N_m (kN)	738,9	756,19	446,15	434,90	447,89	301,96	291,83	293,39	
EC2: c (mm)	203,70	208,20	133,80	131,60	134,16	104,80	101,30	101,90	
EC2: x (mm)	163,50	166,60	107,00	105,30	107,30	83,80	81,00	81,50	
M_{EC2} (kN)	15,80	14,70	28,70	29,10	28,70	32,20	32,00	32,10	
ACI: c (mm)	203,70	200,0	127,40	125,15	127,70	98,60	95,30	95,90	
ACI: x (mm)	166,30	170,00	108,30	106,40	108,50	83,80	81,00	81,50	
M_{ACI} (kN)	15,80	14,60	29,00	29,30	28,90	32,20	32,00	32,00	

3.2. Sử dụng tiêu chuẩn TCVN 5574:2018

Cường độ tính toán tại 28 ngày tuổi thí nghiệm trên 3 mẫu lập phương cạnh $a=150$ mm được đúc cùng với các cột nhóm C-30-00 và C-30-40 là $R_b=22,829$ MPa. Tương tự như vậy, cường độ tính toán áp dụng cho mẫu C-30-80 là $R_b=22,578$ MPa. Mô đun đàn hồi xác định từ thí nghiệm của bê tông là $E_b=20332$ MPa và của cốt thép là $E_s=205$ GPa. Hệ số giới hạn chiều cao vùng bê tông chịu nén là $\xi_R=0,531$.

Nguyên tắc phân tích khả năng chịu lực của tiết diện cột thí nghiệm theo phương pháp nội lực giới hạn của tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 được thể hiện ở hình 6.



Hình 6. Phân tích theo phương pháp nội lực giới hạn của TCVN 5574:2018.

TCVN 5574:2018 [12, 15] quy định phương pháp nội lực giới hạn có thể được sử dụng cho các cấu kiện có tiết diện chữ nhật. Đối với cột BTCT, tiêu chuẩn thiết kế này phân biệt hai trường hợp lệch tâm:

- Trường hợp lệch tâm lớn (LTL): khi chiều cao vùng nén quy đổi $x \leq \xi_R h_0$, ứng suất σ_s trong cốt thép A_s đạt tới cường độ chịu kéo R_{sc} , sự phá hoại dẻo xảy ra tại trạng thái giới hạn. Căn cứ vào lực dọc phá hoại thu được từ thí nghiệm, giá trị của x được xác định từ điều kiện cân bằng tĩnh học các lực lên trục cột:

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} \quad (3)$$

Trong trường hợp đặt thép đối xứng $A_s = A'_s$ và $R_s = R_{sc}$, từ biểu thức (3) cho thấy điều kiện xảy ra LTL có thể được điều chỉnh như sau:

$$\alpha_n = \frac{N}{R_b b h_0} \leq \xi_R \quad (4)$$

- Trường hợp lệch tâm bé (LTB): khi $x > \xi_R h_0$, ứng suất σ_s trong cốt thép A_s có thể là kéo hoặc nén và được phân bố phụ thuộc vào chiều cao vùng nén quy đổi x : $\sigma_s = R_s$ tại $x \leq \xi_R h_0$; $\sigma_s = R_{sc}$ tại $x > h_0$ và phân bố theo đường thẳng giữa hai điểm này (hình 6B). Tại trạng thái giới hạn, sự phá hoại bắt đầu từ mép bê tông chịu nén nhiều hơn (phá hoại giòn). Tương tự như trên, giá trị của x được xác định như sau:

$$x = \frac{\alpha_n (1 - \xi_R) + 2\alpha_s \xi_R}{1 - \xi_R + 2\alpha_s} h_0 \quad \text{với} \quad \alpha_s = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} \quad (5)$$

Khả năng chịu lực của cột được xác định từ điều kiện cân bằng mô men với trọng tâm cốt thép A_s :

$$[Ne] = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s z_s \quad \text{với} \quad e = \eta e_0 + 0,5z_s \quad (6A)$$

$$M = [N\eta e_0] = R_b b x (h_0 - 0,5x) + (R_{sc} A'_s - 0,5N) z_s \quad (6B)$$

Áp dụng các biểu thức (3) đến (6), độ bền các cột thí nghiệm xác định theo phương pháp nội lực giới hạn của TCVN 5574:2018 được trình bày trong bảng 5.

Bảng 5. Tính toán khả năng chịu lực của cột theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018.

Nhóm	C-30-00 ($e_1=0$)		C-30-40 ($e_1=40$ mm)			C-30-80 ($e_1=80$ mm)		
Mẫu	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3
N_m (kN)	738,9	756,19	446,15	434,90	447,89	301,96	291,83	293,39
α_n	1,247	1,276	0,753	0,734	0,756	0,515	0,497	0,501
Lệch tâm	LTB	LTB	LTB	LTB	LTB	LTL	LTL	LTL
x (mm)	160,57	163,37	113,19	111,37	113,47	89,16	86,04	86,63
M_{TCVN} (kN)	13,339	12,182	28,849	29,292	28,780	33,033	32,902	32,930

3.3. Nhận xét

Với mô men thí nghiệm lớn nhất M_m tác dụng lên cột được xác định trong bảng 2, hệ số kiểm chứng của các tiêu chuẩn được tính toán lần lượt là $k_{EC2} = M_{EC2}/M_m$, $k_{ACI} = M_{ACI}/M_m$ và $k_{TCVN} = M_{TCVN}/M_m$. Bảng 6 trình bày kết quả tính được cho từng mẫu cột, giá trị trung bình (TB) cho từng nhóm cột và hệ số biến động (COV) tương ứng.

Bảng 6. Kết quả kiểm chứng theo các tiêu chuẩn.

Nhóm	C-30-00 ($e_1=0$)		C-30-40 ($e_1=40$ mm)			C-30-80 ($e_1=80$ mm)		
Mẫu	No.1	No.2	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
k_{EC2}	1,486	1,429	1,139	1,183	1,125	1,069	1,109	1,088
TB (COV)	1,457 (0,040)		1,149 (0,030)			1,089 (0,020)		
k_{ACI}	1,486	1,419	1,151	1,191	1,133	1,069	1,109	1,085
TB (COV)	1,457 (0,047)		1,158 (0,030)			1,088 (0,020)		
k_{TCVN}	1,254	1,184	1,145	1,191	1,128	1,096	1,114	1,16
TB (COV)	1,219 (0,050)		1,155 (0,032)			1,188 (0,022)		

3.4. Phương pháp hiệu chỉnh đơn giản cho TCVN 5574:2018

Bảng 6 cho thấy tất cả các tiêu chuẩn đều dự báo khả năng chịu lực lớn hơn kết quả thí nghiệm của tất cả các cột ($k > 1$). Nguyên nhân là các tiêu chuẩn trên đều áp dụng cho bê tông thường, yếu tố suy giảm của mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng làm chất kết dính đã chưa được kể đến trong phương pháp nội lực giới hạn của TCVN 5574:2018. Như vậy, để thu được kết quả thiên về an toàn và tham khảo tiêu chuẩn EC2 và ACI, các tác giả đề xuất một hệ số giảm cho cường độ R_b trong các biểu thức (3)-(6) là k_b lần lượt bằng 0,945, 0,885 và 0,845, tương ứng với tỷ lệ giữa độ lệch tâm ban đầu e_0 và chiều cao tiết diện h là 0,05, 0,25 và 0,45 để tính được giá trị $k_{TCVN} = 1$. Các hệ số trên được xác định bằng phương pháp thử dần và chọn lại. Thực hiện phép hồi quy thu được $k_b = ax^2 + bx + c$, với các hệ số $a = 0,250$; $b = -0,375$; $c = 0,963125$ và biến số $x = e_0/h$.

4. Kết luận

Một số kết luận có thể được rút ra từ những kết quả nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết của bài báo này như sau:

- Đối với bê tông có cường độ trung bình mẫu trụ là 30 MPa, tỷ lệ tro bay thay thế xi măng làm chất kết dính là 20%, không ảnh hưởng đáng kể tới cường độ chịu nén, tuy nhiên lại gây ra một lượng suy giảm nhất định về giá trị mô đun đàn hồi.

- So sánh số liệu thí nghiệm trên tám mẫu cột BTCT sử dụng bê tông tro bay 20% với kết quả tính toán theo các tiêu chuẩn EC2, ACI 318-19 và TCVN 5574:2018 cho thấy, cả 3 tiêu chuẩn đều dự báo khả năng chịu lực lớn hơn giá trị thí nghiệm của cả cột chịu nén lệch tâm bé và chịu nén lệch tâm lớn.

- Để đạt được kết quả dự báo thiên về an toàn cho cột BTCT sử dụng bê tông tro bay từ mô hình lý thuyết, hệ số giảm cường độ k_b được kiến nghị sử dụng khi áp dụng phương pháp nội lực giới hạn của TCVN 5574:2018.

Việc đề xuất hệ số giảm cường độ chịu nén của bê tông là một phương pháp đơn giản hóa nhằm phản ánh sự suy giảm về đặc trưng cơ lý của vật liệu bê tông có tro bay, mặt khác mang tính thực hành và dễ áp dụng. Về nguyên tắc, cần phản ánh đúng quan hệ ứng suất - biến dạng của bê tông có sử dụng tro bay thông qua các mô hình phi tuyến của vật liệu và kết nối giữa ứng xử vật liệu và ứng xử kết cấu. Do vậy, phương pháp mô hình biến dạng phi tuyến kết hợp với những điều chỉnh của quan hệ ứng suất - biến dạng dưới dạng 2 đoạn thẳng hoặc 3 đoạn thẳng thu được từ thí nghiệm trên các mẫu vật liệu bê tông tro bay được kiến nghị tiếp tục phát triển nghiên cứu cho bài toán này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.S. Sanjay, C.D. Modhera, U.R. Babu (2021), "An experimental study on various industrial wastes in concrete for sustainable construction", *Journal of Advanced Concrete Technology*, **19(2)**, pp.133-148, DOI: 10.3151/jact.19.133.
- [2] M. Thomas (2007), *Optimizing The Use of Fly Ash in Concrete*, Portland Cement Association (PCA), 24pp.
- [3] N.T. Thang, S. Vongchith (2019), "On the ability of applying fly ash for concrete in Lao PDR", *Vietnam Journal of Construction*, **621**, pp.65-70.
- [4] American Concrete Institute (2018), *ACI 232.2R-18 Report on The Use of Fly Ash in Concrete*.
- [5] N.V. Chinh, D.C. Thuat (2020), "Effect of fly ash, silicafume and curing environments on the compressive strength of concrete", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, **14(3V)**, pp.60-72, DOI: 10.31814/stce.nuce2020-14(3V)-06 (in Vietnamese).
- [6] N.S. Huy, L.T.T. Tam, H.T. Phuoc (2017), "Effect of fly ash content on the compressive strength development of concrete", *Journal of Building Science and Technology*, **2**, pp.31-36 (in Vietnamese).
- [7] N.T. Lam, N.N. Linh, T.V. Nam, et al. (2020), "Effects of fly ash as a partial replacement of cement on properties of ready-mixed concrete", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, **14(4V)**, pp.96-105, DOI: 10.31814/stce.nuce2020-14(4V)-09.
- [8] D.Q. Pham, T.N. Nguyen, S.T. Le, et al. (2021), "The structural behaviours of steel reinforced geopolymer concrete beams: An experimental and numerical investigation", *Structures*, **33**, pp.567-580, DOI: 10.1016/j.istruc.2021.04.077.
- [9] S.W. Yoo, Y.C. Choi, W. Choi (2017), "Compression behaviour of confined columns with high-volume fly ash concrete", *Advances in Materials Science and Engineering*, **2017(5)**, pp.1-11, DOI: 10.1155/2017/8208079.
- [10] N.T. Thang, N.V. Phuong (2017), "Experimental study on ultimate strength of normal sections in reinforced concrete beams", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, **11(6)**, pp.44-52.
- [11] N.V. Phuong, S. Vongchith, N.T. Thang (2020), "Determination of load bearing capacity of reinforced concrete columns using materials' non-linear models of TCVN 5574:2018", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, **14(3V)**, pp.93-107 (in Vietnamese).
- [12] P.Q. Minh, N.T. Phong, N.T. Thang, et al. (2021), *Reinforced Concrete Structure - Basic Components*, Science and Technics Publishing House, 25pp (in Vietnamese).
- [13] European Standard (2004), *EN 1992-1-1:2004, Design of Concrete Structures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings*.
- [14] American Concrete Institute (2019), *ACI 318-19 - Building Code Requirements for Structural Concrete*.
- [15] Ministry of Science and Technology (2018), *Design of Concrete and Reinforced Concrete Structures* (in Vietnamese).

Nghiên cứu chế tạo thử nghiệm máy phát điện ma sát nano dựa trên hai vật liệu Teflon và nhôm công nghiệp

Phan Hải^{1, 2*}, Phan Nguyễn Hòa¹, Hồ Anh Tâm², Nguyễn Hữu Đức², Phạm Đức Thắng^{1, 2}

¹Khoa Vật lý Kỹ thuật và Công nghệ nano, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, phường Dịch Vọng Hậu, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Micro-Nano, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, phường Dịch Vọng Hậu, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 13/9/2021; ngày chuyển phản biện 15/9/2021; ngày nhận phản biện 6/10/2021; ngày chấp nhận đăng 11/10/2021

Tóm tắt:

Máy phát nano dựa trên hiệu ứng ma sát điện là thiết bị có khả năng chuyển đổi năng lượng từ cơ năng thành điện năng nhờ sự kết hợp của hiện tượng nhiễm điện do cọ sát và cảm ứng tĩnh điện. Điều này giúp mở ra một trang mới cho năng lượng nhân tạo để tiến tới chế tạo nguồn năng lượng tích hợp cho các thiết bị tự cấp nguồn, cảm biến chủ động hay thậm chí là phát triển mạng lưới năng lượng quy mô lớn. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã chế tạo thử nghiệm thành công máy phát điện ma sát nano (Triboelectric nanogenerator - TENG) cấu hình tiếp xúc dọc sử dụng vật liệu Polytetrafluoroethylene (PTFE) và nhôm công nghiệp. Máy phát điện được chế tạo có thể sản sinh hiệu điện thế và cường độ dòng điện tức thời tương ứng là 145 V và 8,5 μ A. Công suất tối đa đạt 510 μ W ở lực tác động vuông góc là 11 N.

Từ khóa: chế độ tiếp xúc dọc, máy phát điện ma sát nano, nhôm, PTFE.

Chỉ số phân loại: 2.2

1. Mở đầu

Nhu cầu của con người về năng lượng ngày càng cao trong khi trữ lượng năng lượng hóa thạch truyền thống ngày càng giảm và sẽ cạn kiệt trong tương lai không xa. Để giải quyết vấn đề này, nhiều công nghệ sản sinh năng lượng nhân tạo đã được nghiên cứu và áp dụng như năng lượng thủy điện, nhiệt điện, sinh học, mặt trời và năng lượng nguyên tử. Mặc dù quá trình nghiên cứu và ứng dụng của năng lượng nhân tạo vào cuộc sống con người đã được tiến hành từ rất lâu, nhưng tỷ lệ đóng góp của chúng vào tổng năng lượng tiêu thụ của con người vẫn rất khiêm tốn. Chính vì vậy, việc phát triển hơn nữa các công nghệ năng lượng nhân tạo hiện có, đồng thời tìm kiếm những công nghệ sản sinh/chuyển đổi năng lượng mới là một thách thức.

Máy phát điện cũng đã được sử dụng từ rất lâu, đây là các thiết bị biến đổi cơ năng thành điện năng và thông thường chúng hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ. Trong những năm gần đây, khái niệm máy phát điện micro-nano được đề cập đến như là một công nghệ năng lượng nhân tạo đầy tiềm năng với khả năng biến đổi năng lượng cơ/nhiệt phát sinh từ sự thay đổi quy mô nhỏ về mặt vật lý thành điện năng. TENG là một trong số những giải pháp nổi bật đó, đã được nghiên cứu và xây dựng thành công năm 2012 bởi F.R. Fan và cs (2012) [1]. Hoạt động dựa trên hiệu ứng ma sát điện và cảm ứng tĩnh điện, TENG đã được nghiên cứu để áp dụng thu năng lượng từ sóng biển [2-4], gió [5-7], vận động của cơ thể người [8-11], chế tạo các loại cảm biến chủ động [11-15]... một cách hiệu quả.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng vật liệu PTFE (Teflon) và nhôm công nghiệp để chế tạo thử nghiệm TENG theo cấu hình tiếp xúc dọc. Cấu trúc này của máy phát điện có thể sản sinh hiệu điện thế 145 V và cường độ dòng điện tức thời là 8,5 μ A ở lực tác động là 23 N.

2. Thực nghiệm

2.1. Chế tạo vật liệu ma sát điện có cấu trúc nano bề mặt

Tín hiệu lõi ra của TENG dựa vào lượng điện tích tạo ra bởi quá trình ma sát giữa chúng. Lượng điện tích này phụ thuộc vào diện tích cọ sát giữa bề mặt hai lớp vật liệu. Ở trạng thái ban đầu của nhà sản xuất, bề mặt của mỗi loại vật liệu có cấu trúc nhất định ở kích thước khảo sát là vài trăm micro trở xuống. Tuy nhiên, các kỹ thuật ăn mòn hóa/lý có thể tạo nên các cấu trúc kích cỡ micro-nano trên bề mặt các vật liệu tương ứng, khi đó, diện tích tiếp xúc giữa hai lớp vật liệu sẽ tăng lên đáng kể. Khi đó, lượng điện tích phân cực sinh ra bởi hiện tượng cọ sát giữa chúng sẽ tăng lên đáng kể.

Để phục vụ mục đích này, công nghệ ăn mòn Plasma (ICP-RIE) được sử dụng để tiêu hình hóa bề mặt màng PTFE, trong khi công nghệ khắc laser công nghiệp được dùng để tạo bề mặt micro trên lá nhôm.

Tiểu hình hóa bề mặt màng PTFE bằng công nghệ ăn mòn Plasma ICP-RIE: màng PTFE chiều dày 100 μ m (VIBASIA), diện tích 4,95 cm x 4,95 cm, được rung siêu âm với Aceton trong vòng 10 phút. Sau đó, PTFE được tiếp tục rung siêu âm với Ethanol trong 10 phút. Nước cất được

*Tác giả liên hệ: Email: phanhai53@gmail.com

Investigation and fabrication triboelectric nanogenerator using commercial Polytetrafluoroethylene and Aluminum

Hai Phan^{1,2*}, Nguyen Hoa Phan¹, Anh Tam Ho²,
Huu Duc Nguyen², Duc Thang Pham^{1,2}

¹Faculty of Engineering Physics and Nanotechnology,

University of Engineering and Technology, Vietnam National University, Hanoi,
144 Xuan Thuy Street, Dich Vong Hau Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

²Key Laboratory for Micro and Nano Technology, University of Engineering and Technology,
Vietnam National University, Hanoi,

144 Xuan Thuy Street, Dich Vong Hau Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 13 September 2021; revised 6 October 2021; accepted 11 October 2021

Abstract:

Triboelectric nanogenerator (TENG) is an energy technology that can convert mechanical energy into electricity based on the conjunction of triboelectric friction and electrostatic induction. TENG possesses a high potential as an alternative artificial energy source to develop the integrated power source device, active sensor, or massive scale power source. In this research, the vertical contact triboelectric nanogenerators using commercial grade Polytetrafluoroethylene (PTFE) and Aluminum were successfully fabricated. It performs the output voltage and current of 145 V and 8.5 μ A, respectively. Moreover, the maximum power of 510 μ W was observed at the external contact force of 11 N.

Keywords: Aluminum, contact separation mode, PTFE, triboelectric nanogenerator.

Classification number: 2.2

sử dụng để làm sạch màng PTFE trước khi được rung siêu âm trong dung dịch Isopropanol. Màng PTFE sau khi làm sạch được giữ khô ở điều kiện phòng, sau đó được ăn mòn với thông số thiết bị như ở bảng 1.

Bảng 1. Các thông số ăn mòn bề mặt PTFE.

Áp suất (Torr)	O ₂ (sccm)	CF ₄ (sccm)	Ar (sccm)	Nguồn ICP (W)	Nguồn CCP (W)	Thời gian ăn mòn (phút)
0,2	15	30	10	100	400	20

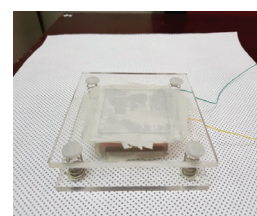
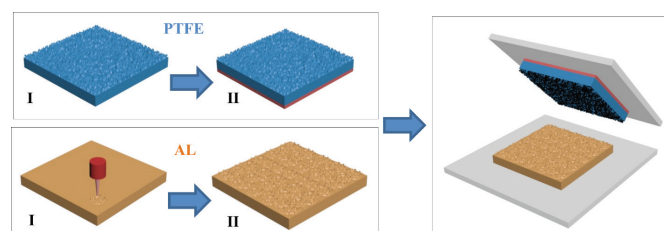
Chế tạo điện cực đồng: nhằm chế tạo lớp tụ có khả năng bắt tín hiệu điện ra theo hiện tượng cảm ứng tĩnh điện của lớp PTFE, vật liệu đồng (Cu) được lựa chọn để làm lớp điện cực này và công nghệ chế tạo được sử dụng là phun xạ

(Sputtering). Màng Teflon sau khi được ăn mòn bề mặt bởi phương pháp plasma được làm sạch theo quy trình nêu trên. Lớp điện cực đồng được phun lên mặt ngoài của PTFE ở các thông số sau: lưu lượng dòng khí Ar là 40 sccm, áp suất buồng khi hoạt động xấp xỉ 5×10^3 Torr, công suất phun 40 W trong 30 phút.

Xử lý bề mặt lá nhôm bằng công nghệ khắc laser công nghiệp: các chùm tia laser mang năng lượng lớn sẽ tạo nhiệt tại bề mặt tiếp xúc làm cho vật liệu nóng lên và chảy ra hoặc đục các lỗ trên vật liệu tùy vào lập trình xử lý đã được cài đặt cho việc gia công. Nhờ vậy, máy cắt laser có thể cắt các đường nét một cách chính xác và tinh xảo hơn hẳn phương pháp gia công thủ công truyền thống bằng tay hoặc máy tiện, máy cắt khắc. Lá nhôm công nghiệp có chiều dày 200 μ m sau khi được làm sạch bằng quy trình nêu trên được khắc theo cấu trúc lưới bởi máy laser công nghiệp dưới thông số tốc độ khắc 1000 mm/s, công suất 30 W và tần số 20 KHz.

2.2. Lắp đặt TENG

Màng Al và PTFE sau khi tiểu hình hóa bề mặt được sử dụng để lắp ráp TENG ở cấu hình cơ bản. Các điện cực nối với dây dẫn điện bằng keo dẫn điện, sau đó chúng được dính chặt lên các miếng Arcrylic sao cho các mặt được tiểu hình hóa hướng vào nhau. Sau đó, 4 lò xo được dính ở 4 góc để tạo ra cấu trúc đàn hồi với khoảng cách giữa 2 lớp vật liệu xấp xỉ 5 mm. Hình dạng thực tế của thiết bị được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Quy trình lắp ráp và hình ảnh TENG PTFE/Al đã lắp ráp thành công.

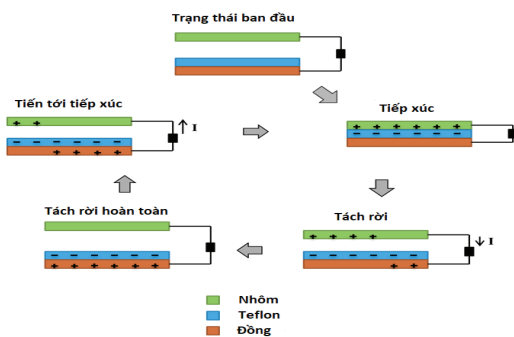
2.3. Khảo sát cấu trúc bề mặt vật liệu và hiệu năng của TENG

Cấu trúc bề mặt vật liệu được khảo sát bằng kính hiển vi điện tử quét (Scanning electron microscope - SEM) Jeol 6490 JED 2300. Tín hiệu đầu ra gồm có hiệu điện thế, cường độ dòng điện được khảo sát lần lượt bởi giao động ký và máy khuếch đại dòng SR 570.

3. Kết quả và bàn luận

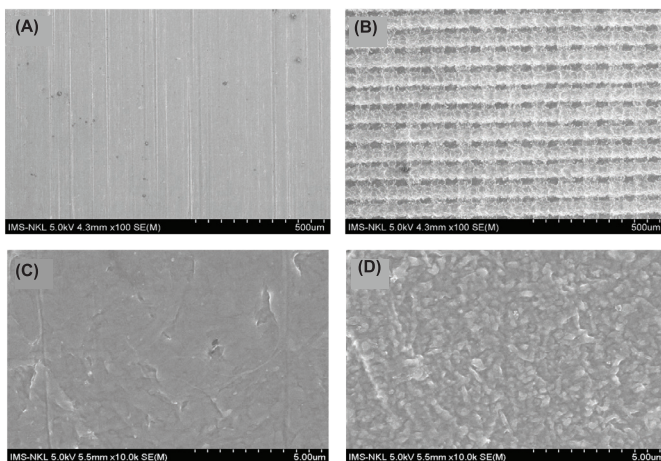
3.1. Nguyên lý hoạt động

Quá trình hoạt động của TENG PTFE/Al được biểu diễn ở hình 2. Khi ở trạng thái ban đầu trên các điện cực chưa xuất hiện điện tích, một ngoại lực tác động làm cho TENG bắt đầu hoạt động, khi 2 điện cực tiếp xúc hoàn toàn với nhau, điện tích xuất hiện trên bề mặt Al và PTFE do quá trình ma sát điện. Khi các điện cực bắt đầu tách rời, một hiệu điện thế xuất hiện do khoảng cách giữa 2 điện cực được thiết lập, khi đó các điện tích bắt đầu tách rời nhau và các electron có xu hướng dịch chuyển từ điện cực Cu về Al, lúc đó một dòng điện xuất hiện chạy từ điện cực Al xuống điện cực Cu. Khi TENG trở về trạng thái nguyên bản, hiệu điện thế tức thời đạt giá trị cực đại. Tiếp tục nhấn TENG, khoảng cách của các điện cực giảm dần, dẫn tới hiệu điện thế tức thời giảm, điện thế ở điện cực Cu lớn hơn điện thế ở Al, do đó các electron dẫn có xu hướng di chuyển từ điện cực Al về Cu, tạo ra một dòng điện ngược tức thời, giảm số lượng điện tích cảm ứng. Khi 2 tấm Al và PTFE tiếp xúc lại, các điện tích cảm ứng sẽ được trung hòa.



Hình 2. Nguyên lý hoạt động của TENG Cu:PTFE/Al.

3.2. Cấu trúc bề mặt vật liệu PTFE và Al

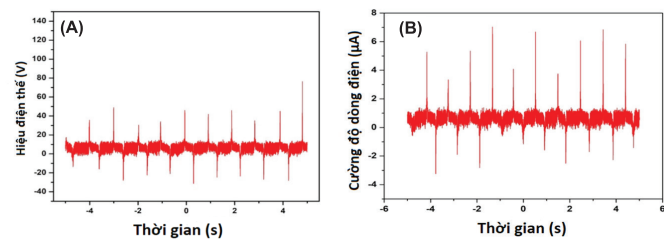


Hình 3. Ảnh SEM bề mặt. (A) Nhôm trước khi ăn mòn bằng laser; (B) Nhôm sau khi ăn mòn bằng laser; (C) PTFE trước khi ăn mòn Plasma; (D) PTFE sau khi ăn mòn Plasma.

Hình 3 (A và B) thể hiện cấu trúc bề mặt màng Al đã bị ăn mòn bằng laser. Như vậy, khi được xử lý bề mặt bằng phương pháp khắc laser cho thấy sự biến đổi rõ ràng ở bề mặt của các miếng nhôm. Các rãnh được ăn mòn có kích cỡ khoảng 30-50 μm . Các chi tiết tiểu hình hóa xuất hiện rõ ràng so với bề mặt nhôm không bị ăn mòn. Từ hình 3 (C và D) nhận thấy, bề mặt của miếng PTFE bị ăn mòn đã tạo thành các cấu trúc dạng hạt và khối có kích cỡ xấp xỉ 200 nm. Độ nhấp nhô của bề mặt thể hiện trong ảnh SEM.

3.3. Hiệu điện thế và cường độ dòng điện tức thời

Đồ thị hình 4A biểu hiện hiệu điện thế sinh ra bởi thiết bị ma sát nano Cu:PTFE/Al dưới lực tác động 5 N với tần số khảo sát là 1 Hz. Từ đồ thị này ta có thể thấy rằng, trong quá trình thực nghiệm khi được kích hoạt bởi một ngoại lực và tần số xác định, máy phát sẽ tạo ra được một hiệu điện thế với giá trị trung bình xấp xỉ 50 V. Ở điều kiện khảo sát này, cường độ dòng điện tức thời sinh ra xấp xỉ đạt 7 μA (hình 4B).

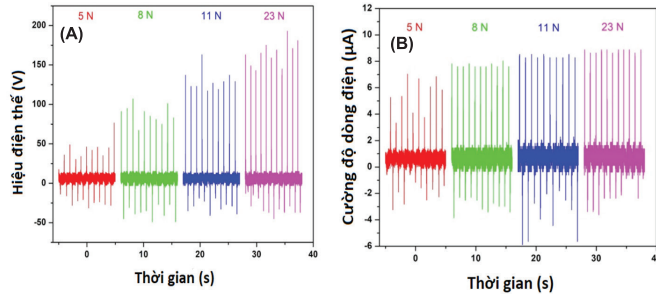


Hình 4. Hiệu điện thế (A) và cường độ dòng điện (B) sinh ra dưới lực tác dụng 5 N với tần số 1 Hz.

3.4. Hiệu điện thế, dòng điện sinh ra của TENG dưới tác động của ngoại lực khác nhau

Sự phụ thuộc của tín hiệu đầu ra theo ngoại lực tác động cũng được nghiên cứu. Hình 5 biểu thị hiệu điện thế tương ứng với lực tác động xấp xỉ lần lượt là 5, 8, 11 và 23 N. Qua đồ thị ta có thể thấy, với lực tác động 5 N, hiệu điện thế trung bình sinh ra xấp xỉ 50 V; với lực tác động 8 N, hiệu điện thế trung bình sinh ra xấp xỉ 70 V; với lực tác động 11 N, hiệu điện thế trung bình sinh ra xấp xỉ 110 V; với lực tác động 23 N, hiệu điện thế trung bình sinh ra xấp xỉ 145 V. Ta có thể đưa ra kết luận rằng, cùng tần số 1 Hz với lực tác động càng mạnh thì máy phát điện sẽ sinh ra hiệu điện thế càng lớn. Khảo sát dòng điện với lực tương ứng khác nhau (hình 5B) cho thấy dòng điện được sản sinh do TENG càng lớn khi ngoại lực tác dụng càng lớn: với lực tác dụng 5 N, dòng trung bình sinh ra xấp xỉ 4 μA ; với lực tác dụng 8 N, dòng trung bình sinh ra xấp xỉ 7 μA ; với lực tác dụng 11 N, dòng trung bình sinh ra xấp xỉ 7,5 μA và với lực 23 N, dòng trung bình sinh ra xấp xỉ 8,5 μA . Điều này có thể giải thích là vì khi ta tác động lực càng mạnh, diện tích tiếp xúc của bề

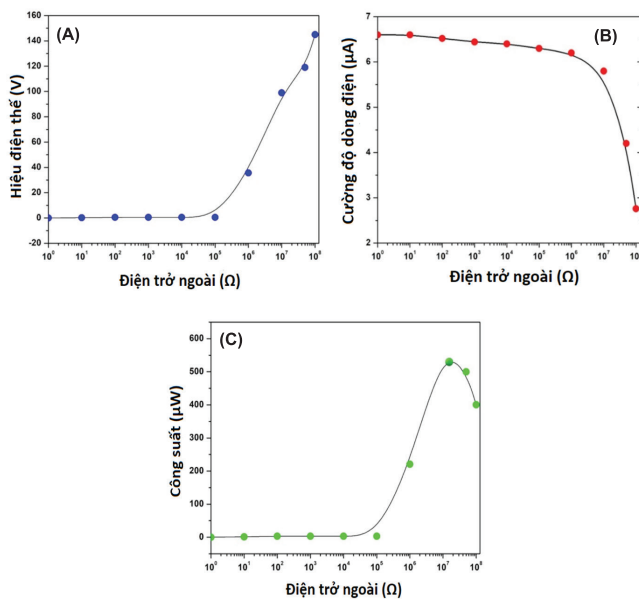
mặt địa phương PTFE và Al càng lớn, lúc đó các điện tích trái dấu sẽ sinh ra trên bề mặt càng nhiều, dẫn tới việc hình thành điện thế lớn khi hai bề mặt tách xa nhau.



Hình 5. Hiệu điện thế (A) và cường độ dòng điện (B) sinh ra bởi các lực tương ứng khác nhau.

3.5. Khảo sát sự phụ thuộc giữa tín hiệu đầu ra của TENG với điện trở

Nhằm thử nghiệm khả năng ứng dụng thực tế, tín hiệu đầu ra của hiệu điện thế được khảo sát cùng với các giá trị điện trở tăng dần ở mức ngoại lực tác dụng là 11 N. Nhìn vào kết quả thực nghiệm ở hình 6A ta thấy, với giá trị điện trở tăng dần (từ 100 đến $10^8 \Omega$), giá trị hiệu điện thế máy phát điện sản sinh ra cũng tăng dần (từ 0 đến xấp xỉ 150 V). Trong khi đó, kết quả hình 6B cho thấy, với giá trị điện trở tăng dần (từ 10 đến $10^8 \Omega$) thì dòng điện được sinh ra trong mạch sẽ giảm dần (từ 6,7 xuống xấp xỉ 2,5 μA). Khi TENG hoạt động, các điện tích sinh ra trong quá trình ma sát điện sẽ di chuyển trong mạch và bị giữ lại ở hai đầu điện trở nếu



Hình 6. Đồ thị thể hiện sự phụ thuộc của hiệu điện thế (A), cường độ dòng điện (B) và công suất (C) vào giá trị của điện trở.

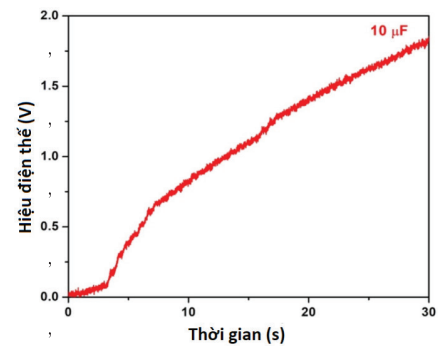
có điện trở ở trong mạch, dẫn tới giá trị của dòng điện sẽ bị suy hao dần nếu điện trở có trở kháng lớn và hiệu điện thế sẽ tăng lên. Giá trị của dòng điện và hiệu điện thế tỷ lệ với nhau.

Với các giá trị hiệu điện thế và dòng đo được trong quá trình thực nghiệm, ta vẽ được đồ thị ảnh hưởng của điện trở ngoài đến giá trị năng lượng của TENG. Năng lượng của TENG được tính dựa theo công thức $P=U.I$. Hình 6C thể hiện các giá trị năng lượng đo được trong quá trình làm thực nghiệm.

Nhìn vào đồ thị ở hình 6C ta có thể thấy, giá trị lớn nhất của công suất mà máy phát điện sản sinh ra với ngoại lực tác động 11 N là xấp xỉ 510 μW ở giá trị điện trở ngoài là $10^7 \Omega$.

3.6. Sử dụng TENG để nạp tụ điện

Trong quá trình thực nghiệm, nhóm nghiên cứu đã tiến hành sử dụng TENG Cu:PTFE/Al nạp tụ điện ($C=10 \mu F$) với lực tác động là 11 N ở tần số xấp xỉ 3 Hz. Hình 7 thể hiện kết quả của quá trình nạp tụ điện. Theo thời gian hoạt động tăng dần, TENG đã nạp được cho tụ điện ($C=10 \mu F$) một hiệu điện thế với giá trị tăng từ 0 đến xấp xỉ 1,8 V trong thời gian 30 giây.



Hình 7. Đồ thị thể hiện giá trị điện áp được nạp vào tụ điện theo thời gian.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã tiến hành xử lý bề mặt điện cực Cu, Al, bề mặt điện môi PTFE. Sau khi xử lý bề mặt của các màng này, diện tích bề mặt tiếp xúc của các màng vật liệu đã được gia tăng đáng kể, dẫn tới hiệu suất làm việc của TENG Cu:PTFE/Al tốt hơn. Nghiên cứu đã tiến hành đo tín hiệu đầu ra của TENG với ngoại lực tác động khác nhau. Hiệu điện thế lớn nhất thu được trong quá trình thực nghiệm xấp xỉ 145 V và dòng điện lớn nhất thu được xấp xỉ 8,5 μA với lực tác động là 23 N. Công suất lớn nhất thu được khi kích thích hoạt động của TENG với ngoại lực 11 N là 510 μW . TENG Cu:PTFE/Al đã được sử dụng thành công để nạp tụ điện và làm nguồn cung cấp năng

lượng cho đèn LED. Việc chế tạo TENG Cu:PTFE/Al khá đơn giản, chi phí vật liệu không quá đắt so với các máy phát điện thông thường nhưng hiệu suất thu được lớn không kém so với máy phát điện thông thường. Trong tương lai, TENG sẽ là một hướng nghiên cứu được kỳ vọng cho sự phát triển của ngành khoa học năng lượng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ một phần từ đề tài khoa học và công nghệ cấp Đại học Quốc gia Hà Nội (mã số QG.19.21). Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F.R. Fan, Z.Q. Tian, Z.L. Wang (2012), “Flexible triboelectric generator”, *Nano Energy*, **1**(2), pp.328-334, DOI: 10.1016/j.nanoen.2012.01.004.
- [2] X. Yang, S. Chan, L. Wang, et al. (2018), “Water tank triboelectric nanogenerator for efficient harvesting of water wave energy over a broad frequency range”, *Nano Energy*, **44**, pp.388-398, DOI: 10.1016/j.nanoen.2017.12.025.
- [3] H. Phan, P.N. Hoa, H.A. Tam, et al. (2021), “Q-switched pulsed laser direct writing of aluminum surface micro/nanostructure for triboelectric performance enhancement”, *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, **6**(1), pp.84-91, DOI: 10.1016/j.jsamd.2020.11.003.
- [4] T.X. Xiao, T. Jiang, J.X. Zhu, et al. (2018), “Silicone-based triboelectric nanogenerator for water wave energy harvesting”, *Appl. Mater. Interfaces.*, **10**(4), pp.3616-3623, DOI: 10.1021/acsami.7b17239.
- [5] B. Chen, Y. Yang, Z.L. Wang (2018), “Scavenging wind energy by triboelectric nanogenerators”, *Adv. Ener. Mat.*, **8**(10), DOI: 10.1002/aenm.201702649.
- [6] M.L. Seol, J.H. Woo, S.B. Jeon, et al. (2015), “Vertically stacked thin trielectric nanogenerator for wind energy harvesting”, *Nano Energy*, **14**, pp.201-208, DOI: 10.1016/j.nanoen.2014.11.016.
- [7] H. Yong, J. Chung, D. Choi, et al. (2016), “Highly reliable wind-rolling triboelectric nanogenerator operating in wide wind speed range”, *Scientific Report*, **6**, DOI: 10.1038/srep33977.
- [8] H. Phan, D.M. Shin, S.H. Jeon, et al. (2017), “Aerodynamic and aero-elastic flutters driven triboelectric nanogenerators for harvesting broadband airflow energy”, *Nano Energy*, **33**, pp.476-484.
- [9] H. Phan, P.N. Hoa, H.A. Tam, et al. (2020), “Multi-directional triboelectric nanogenerator based on industrial Q-switched pulsed laser etched Aluminum film”, *Extreme Mechanics Letters*, **40**, DOI: 10.1016/j.eml.2020.100886.
- [10] X. Chen, T. Jiang, Y. Yao, et al. (2016), “Stimulating acrylic elastomers by a triboelectric nanogenerator - Toward self-powered electronic skin and artificial muscle”, *Adv. Func. Mater.*, **26**(27), DOI: 10.1002/adfm.201600624.
- [11] C. He, W. Zhu, B. Chen, et al. (2017), “Smart floor with integrated triboelectric nanogenerator as energy harvester and motion sensor”, *ACS Appl. Mater. Interfaces.*, **9**(31), pp.26126-26133.
- [12] H. Guo, X. Pu, J. Chen, et al. (2018), “A highly sensitive, self-powered triboelectric auditory sensor for social robotics and hearing aids”, *Science Robotics*, **3**(20), DOI: 10.1126/scirobotics.aat2516.
- [13] X. Meng, Q. Cheng, X. Jiang, et al. (2018), “Triboelectric nanogenerator as a highly sensitive self-powered sensor for driver behavior monitoring”, *Nano Energy*, **51**, pp.721-727.
- [14] Z. Lin, J. Chen, X. Li, et al. (2017), “Triboelectric nanogenerator enabled body sensor network for self-powered human heart-rate monitoring”, *ACS Nano*, **11**(9), DOI: 10.1021/acsnano.7b02975.
- [15] X. Fan, J. Chen, J. Yang, et al. (2015), “Ultrathin, rollable, paper-based triboelectric nanogenerator for acoustic energy harvesting and self-powered sound recording”, *ACS Nano*, **9**(4), pp.4236-4243, DOI: 10.1021/acsnano.5b00618.

Đánh giá hoạt tính sinh học của cao chiết lá trà không (*Piper betle* L.) thu nhận bằng phương pháp chiết siêu âm

Hoàng Thùy Dương¹, Nguyễn Kim Thanh Kiều², Ngô Hồng Loan¹, Phan Thị Kim Ngân¹,
Lâm Hoàng Anh Thư¹, Phạm Tiến Dũng¹, Ngô Võ Kế Thành¹, Nguyễn Hữu Tuyền^{1*}

¹Trung tâm Nghiên cứu Triển khai Khu Công nghệ cao TP Hồ Chí Minh, lô I3, đường N2, Khu công nghệ cao, phường Tân Phú, quận 9, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Đại học Nông Lâm TP Hồ Chí Minh, khu phố 6, phường Linh Trung, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 13/8/2021; ngày chuyển phản biện 16/8/2021; ngày nhận phản biện 1/9/2021; ngày chấp nhận đăng 8/9/2021

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, cao chiết lá trà không trong 3 loại dung môi (nước, ethanol 70 và 96%) được thu nhận bằng phương pháp sử dụng sóng siêu âm. Hoạt chất sinh học của cao chiết được xác định qua hàm lượng phenolic và flavonoid tổng. Khả năng kháng oxy hóa được đánh giá qua phản ứng trung hòa gốc tự do ABTS⁺ [2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)]. Hoạt tính kháng vi khuẩn, nấm bệnh được đánh giá thông qua phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch và đồng nuôi cấy. Kết quả cho thấy, cao chiết lá trà không với dung môi ethanol 96% cho kết quả kháng oxy hóa và vi khuẩn tốt nhất. Hàm lượng phenolic và flavonoid tổng đạt lần lượt là 386,34 mg GAE/g cao chiết và 55,07 mg QE/g cao chiết. Khả năng trung hòa 50% gốc tự do ABTS⁺ (IC₅₀) ghi nhận ở nồng độ 47,18 µg/ml. Nồng độ diệt nấm và vi khuẩn tối thiểu của cao chiết từ ethanol 96% trên *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus pyogenes*, *Corynebacterium diphtheriae* có giá trị lần lượt là 1000, 500, 500, 250 µg/ml. Các kết quả này cho thấy, cao chiết lá trà không trong ethanol 96% với sự hỗ trợ của sóng siêu âm có tiềm năng ứng dụng trong dược phẩm, mỹ phẩm.

Từ khóa: hoạt tính kháng oxy hoá, hoạt tính kháng vi khuẩn, lá trà không, sóng siêu âm.

Chỉ số phân loại: 2.4

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, ly trích và ứng dụng các hoạt chất từ nguồn dược liệu thiên nhiên đang được nhiều nhà khoa học quan tâm. Dược phẩm với nguồn gốc từ thảo dược được sử dụng ngày càng phổ biến để thay thế các loại thuốc hóa học tổng hợp. Việt Nam có khí hậu nhiệt đới gió mùa với thảm thực vật đa dạng và phong phú, bao gồm nhiều nguồn dược liệu với số lượng lớn. Trong đó, cây trà không đang được nghiên cứu và tìm hiểu như một nguồn dược liệu có nhiều công dụng. Thành phần hoạt chất sinh học từ lá trà không rất đa dạng với 12 hợp chất polyphenol, bao gồm 1 hợp chất phenylpropanoid, 5 hợp chất cinnamoyl và 6 dẫn xuất flavonoid. Hydroxychavicol là hợp chất chính được tìm thấy trong cả 2 cách chiết xuất lá trà không bằng nước và ethanol. Một số nhóm chất chuyển hóa đã được tìm thấy trong lá trà không như các hợp chất phenolic, cụ thể là phenylpropanoid, flavonoid... [1, 2]. Các hợp chất này có khả năng kháng oxy hóa cao và tác dụng kháng sinh mạnh đối với một số vi khuẩn, nấm [3]. Ở khu vực Đông Nam Á, lá trà không được xem như một loài thực vật có công hiệu trong việc chữa trị các bệnh sâu răng và nha chu [4]. Đặc biệt trong y học cổ truyền Việt Nam, lá trà không được sử dụng với mục đích giúp chắc răng, chữa viêm mủ chân răng và trị sâu răng.

Các phương pháp ly trích hoạt chất truyền thống thông thường như chưng cất, đun hay ngâm chiết trong dung môi thường được sử dụng để ly trích các hoạt chất từ thực vật. Các kỹ thuật chiết xuất này thường cho hiệu suất thấp, sản phẩm thu được chất lượng không cao, thời gian thu nhận dài, cần lượng lớn dung môi cho quá trình chiết xuất dẫn đến gây ô nhiễm môi trường. Công nghệ chiết xuất, ly trích hiện nay được phát triển nhằm khắc phục các nhược điểm của các phương pháp truyền thống. Một số kỹ thuật được sử dụng phổ biến như: chiết xuất có sự hỗ trợ của sóng siêu âm, vi sóng, dung môi dưới áp lực, siêu tới hạn CO₂. Trong đó, phương pháp chiết xuất có sự hỗ trợ của sóng siêu âm được sử dụng nhiều nhất nhờ thao tác đơn giản, chi phí thấp và dễ thực hiện trên quy mô lớn [5-7].

Ở Việt Nam, đã có nhiều nghiên cứu về quy trình ly trích và ứng dụng các hợp chất từ nhiều nguồn thực vật. Tuy nhiên, đa số các nghiên cứu đều sử dụng các phương pháp chiết xuất truyền thống, chưa có nhiều nghiên cứu ứng dụng các kỹ thuật chiết xuất hiện đại, chiết xuất xanh. Đặc biệt, trên đối tượng lá trà không, một nguồn thảo dược phổ biến và phong phú nhưng các nghiên cứu về phương pháp ly trích hoạt chất còn hạn chế. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm bổ sung thêm cơ sở dữ liệu về phương pháp ly trích hoạt chất từ lá trà không bản địa.

*Tác giả liên hệ: Email: tuyen.nguyenhuu@shtplabs.org

Evaluation of bioactivities of ultrasound-assisted extraction of betel leaves (*Piper betle* L.)

Thuy Duong Hoang¹, Kim Thanh Kieu Nguyen²,
Hong Loan Ngo¹, Thi Kim Ngan Phan¹,
Hoang Anh Thu Lam¹, Tien Dung Pham¹,
Vo Ke Thanh Ngo¹, Huu Tuyen Nguyen^{1*}

¹Saigon Hi-Tech Park Research Laboratories,
Lot I3, N2 Road, Hi-Tech Park, Tan Phu Ward, District 9, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Nong Lam University Ho Chi Minh City,
Quarter 6, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 13 August 2021; revised 1 September 2021; accepted 8 September 2021

Abstract:

In this study, the betel leaf extracts were obtained by using an ultrasound-assisted extraction method with different solvents (70% ethanol, 96% ethanol, and water). The biological compounds of the extracts were examined using different biochemical assays, namely total phenolic content, total flavonoid content. ABTS⁺ radical cation decolorization was using to determine the antioxidant activity. The antibacterial activity of the betel leaf extracts was determined using the agar diffusion and co-culture method. The obtained results of this study indicated that the betel leaf extract from the ethanol 96% was considerably more effective than other extracts in both antioxidant and antibacterial activity. The total phenolic and flavonoid content was 386.34 mg GAE/g extract and 55.07 mg QE/g extract, respectively. The half-maximal inhibitory concentration (IC₅₀) of ABTS⁺ scavenging activity was 47.18 µg/ml. The betel leaf extract from the ethanol 96% showed more effectiveness in antibacterial than in antifungal. The minimum inhibitory concentrations of the 96% ethanol betel leaf extract on *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, *S. pyogenes*, *Corynebacterium diphtheriae* were 1000, 500, 500, 250 µg/ml, respectively. Results showed that the 96% ethanol ultrasound-assisted betel leaf extract has a potential application in pharmaceuticals and cosmetics.

Keywords: antibacterial, antioxidant, *Piper betle* L., ultrasound-assisted extraction.

Classification number: 2.4

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Lá trầu không tươi (*Piper betle* L.) được thu nhận tại Lái Thiêu, Thuận An, Bình Dương. Lá trầu không tươi được xử lý sơ bộ, rửa sạch và loại bỏ bụi bẩn trước khi tiến hành thí nghiệm.

Các chủng vi khuẩn, nấm bệnh (*S. mutans* - ATCC 700069, *S. pyogenes* - ATCC 49399, *C. diphtheriae* - ATCC 13812 và *C. albicans* - ATCC 18404) được lưu giữ tại Phòng Thí nghiệm Công nghệ Sinh học, Trung tâm Nghiên cứu Triển khai Khu Công nghệ cao TP Hồ Chí Minh.

2.2. Phương pháp ly trích hoạt chất từ lá trầu không

Mẫu lá trầu không tươi sau khi xử lý sơ bộ được đông khô ở -51°C, trong điều kiện chân không từ 24 đến 48 giờ. Sau đông khô, nghiền nhỏ mẫu lá trầu không thành dạng bột. Cân 10 g bột lá, bổ sung 200 ml dung môi (nước cất, ethanol 70 và 96%). Hỗn hợp sau khi chuẩn bị được đặt trong hệ thống siêu âm dạng thanh Q1375 (Qsonica, Mỹ). Tiến hành đánh siêu âm với 70% công suất máy, sau 30 phút, lọc và thu nhận dịch chiết bằng giấy lọc Whatman. Loại bỏ dung môi bằng cách đun cách thủy ở 70°C và thu nhận cao chiết. Cao chiết được bảo quản ở 4°C trước khi tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

2.3. Phương pháp xác định hàm lượng phenolic và flavonoid tổng

Hàm lượng phenolic tổng được xác định theo phương pháp Folin-Ciocalteu có sửa đổi [8]. Dung dịch DMSO được sử dụng để pha loãng và chuẩn bị dãy nồng độ các loại cao chiết. Lần lượt cho 0,5 ml dịch chiết lá trầu không vào 2,5 ml dung dịch thuốc thử Folin-Ciocalteu 10%, lắc đều và để phản ứng trong 4 phút ở nhiệt độ phòng. Tiếp tục bổ sung 2 ml dung dịch Na₂CO₃ 2% vào hỗn hợp dung dịch trên. Sau 120 phút phản ứng, tiến hành đo độ hấp thụ ở bước sóng 765 nm (OD₇₆₅). Gallic acid được sử dụng như chất đối chứng dương để xây dựng phương trình đường chuẩn. Hàm lượng phenolic tổng trong mẫu cao chiết lá trầu không được xác định dựa trên phương trình đường chuẩn gallic acid.

Hàm lượng flavonoid tổng được xác định bằng phương pháp so màu AlCl₃ có sửa đổi [9]. Dung dịch DMSO được sử dụng để pha loãng và chuẩn bị dãy nồng độ các loại cao chiết. Lần lượt cho 0,5 ml dịch chiết lá trầu không vào 1,5 ml dung dịch ethanol 95%, để yên trong 5 phút, sau đó tiếp tục thêm 0,1 ml dung dịch AlCl₃ 10% và lắc đều. Sau 6 phút phản ứng, thêm 0,1 ml CH₃COOK 1 M và 2,8 ml nước cất lắc đều và để ổn định ở nhiệt độ phòng. Sau 30 phút, tiến hành đo độ hấp thụ ở bước sóng 415 nm (OD₄₁₅). Quercetin được sử dụng như chất đối chứng dương. Hàm

lượng flavonoid tổng trong cao chiết lá trà không được xác định dựa vào phương trình đường chuẩn quercetin.

2.4. Phương pháp xác định khả năng trung hòa gốc tự do ABTS⁺

ABTS⁺ là một gốc tự do bền, phát huỳnh quang màu xanh và có bước sóng hấp thụ đặc trưng là 734 nm [10]. Gốc tự do ABTS⁺ được tạo ra bằng cách ủ dung dịch ABTS⁺ 7 mM với dung dịch K₂S₂O₈ 2,45 mM theo tỷ lệ 1:1 (v/v) trong đệm PBS 12-16 giờ, tránh sáng, ở nhiệt độ phòng. Sau đó, điều chỉnh giá trị OD₇₃₄ của dung dịch ABTS⁺ về mức 0,7±0,02. Phản ứng được tiến hành bằng cách thêm 100 µl cao chiết lá trà không ở các nồng độ khác nhau vào 3 ml dung dịch ABTS⁺. Ủ tối 30 phút ở 25°C, sau đó tiến hành đo độ hấp thụ ở bước sóng 734 nm. Phần trăm bắt gốc tự do được tính theo công thức sau:

$$H(\%) = \frac{(A - B) \times 100}{A}$$

trong đó: A là giá trị OD₇₃₄ của mẫu đối chứng; B là giá trị OD₇₃₄ của mẫu.

2.5. Phương pháp xác định hoạt tính kháng vi khuẩn

Phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch: chủng vi khuẩn, nấm bệnh được trải đều trên đĩa thạch chứa môi trường dinh dưỡng thích hợp ở nồng độ 10⁶ tế bào/ml. Dùng ống đục vô trùng (đường kính 5 mm) tạo các giếng trên đĩa (5 giếng/đĩa). Sau đó, bổ sung vào các giếng thạch 50 µl dịch chiết lá trà không (LT-H₂O, LT-Et70, LT-Et96) ở nồng độ 50 mg/ml. Đối chứng âm với dung dịch DMSO. Đối chứng dương với các loại kháng sinh khác nhau cho từng loại vi khuẩn, nấm. Ủ các đĩa ở 37°C, sau 24 giờ quan sát và ghi nhận kết quả.

Phương pháp đồng nuôi cấy: chọn loại cao chiết lá trà không có hoạt tính kháng vi khuẩn tốt nhất để khảo sát. Dây nồng độ cao chiết lá trà không được pha loãng bậc 2 từ nồng độ gốc 2000 µg/ml trong môi trường nuôi cấy lỏng thích hợp. Chuẩn bị các hỗn dịch vi khuẩn, nấm với nồng độ 10⁶ tế bào/ml. Bổ sung 100 µl dịch nấm và vi khuẩn vào các ống nghiệm chứa dịch chiết lá trà không với nồng độ khác nhau đã chuẩn bị (nồng độ cuối đạt 10⁵ tế bào/ml). Ủ các nghiệm thức ở 37°C. Sau 24 giờ, hút 100 µl hỗn dịch trải đều trên các đĩa thạch chứa môi trường thích hợp. Ủ các đĩa ở 37°C, sau 24 giờ đếm và ghi nhận số lượng khuẩn lạc trên các đĩa nghiệm thức.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Thu nhận cao chiết lá trà không

Kết quả nghiên cứu cho thấy, ly trích trong dung môi nước cho hiệu suất thu hồi cao chiết nhiều nhất (12,67%) so

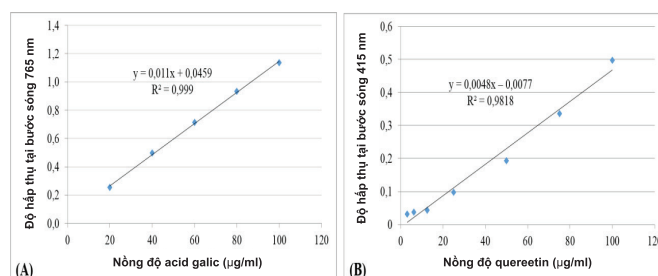
với khi sử dụng dung môi ethanol 70 và 96%, lần lượt đạt 11 và 10,67% (bảng 1).

Bảng 1. Hiệu suất thu hồi các loại cao chiết.

Cao chiết lá trà không	Khối lượng nguyên liệu (g)	Khối lượng cao chiết (g)	Hiệu suất thu nhận (%)
LT-H ₂ O	10	1,267	12,67
LT-Et70	10	1,100	11,00
LT-Et96	10	1,067	10,67

3.2. Hàm lượng phenolic và flavonoid tổng trong cao chiết

Polyphenol là các hợp chất có nguồn gốc tự nhiên được chứng minh có khả năng kháng oxy hóa hiệu quả. Trong đó, nhóm hợp chất flavanoid có số lượng lớn và được nghiên cứu nhiều nhất trong các hợp chất polyphenol. Trong nghiên cứu này, dựa vào đường chuẩn gallic acid và quercetin cho thấy, hàm lượng phenolic tổng trên mẫu LT-Et96 cao nhất (386,343 mg GAE/g cao chiết), tiếp đến là LT-Et70 (382,327 mg GAE/g cao chiết) và thấp nhất là LT-H₂O (67,423 mg GAE/g cao chiết). Tương tự đối với hàm lượng flavonoid tổng, mẫu LT-Et96 có giá trị (55,073 mg QE/g cao chiết) cao hơn so với kết quả ghi nhận ở LT-Et70 (14,863 mg QE/g cao chiết) và LT-H₂O (5,287 mg QE/g cao chiết) (hình 1, bảng 2).



Hình 1. Mối tương quan giữa độ hấp thụ và nồng độ acid gallic (A) và quercetin (B).

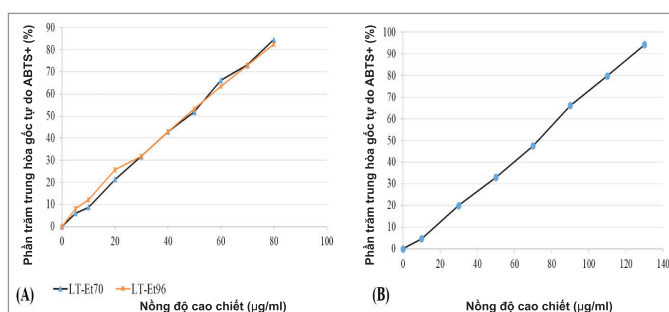
Bảng 2. Hàm lượng phenolic và flavonoid tổng trong các mẫu cao chiết.

Cao chiết	Hàm lượng phenolic tổng (mg GAE/g)	Hàm lượng flavonoid tổng (mg QE/g)
LT-Et96	386,343	55,073
LT-Et70	382,327	14,863
LT-H ₂ O	67,423	5,287

3.3. Khả năng trung hòa gốc tự do ABTS⁺

Khảo sát khả năng trung hòa gốc tự do ABTS⁺ là một trong những phương pháp để đánh giá khả năng kháng oxy hóa của các hoạt chất sinh học từ chiết xuất thực vật. Chuẩn bị các dây nồng độ cao chiết 0-80 µg/ml (với cao chiết trong ethanol) và 0-130 µg/ml (với cao chiết trong nước). Phần

trăm ức chế được dựng đường chuẩn và tính giá trị IC_{50} dựa vào đường chuẩn. Theo kết quả hình 2, giá trị IC_{50} trên mẫu LT-H₂O đạt 74,58 μ g/ml cao hơn so với LT-Et70 (47,13 μ g/ml) và LT-Et96 (47,18 μ g/ml). Điều này chứng minh khả năng trung hoà gốc tự do ABTS⁺ của mẫu LT-H₂O kém hơn so với hai mẫu còn lại. Kết quả cho thấy, khả năng kháng ôxy hoá có sự tương đồng với hàm lượng phenolic và flavonoid tổng trong các mẫu cao chiết lá trà không được khảo sát. Khả năng bắt gốc tự do ABTS⁺ của mẫu LT-Et96 đạt kết quả tốt nhất trong ba loại cao chiết.



Hình 2. Phân trăm trung hòa gốc tự do ABTS⁺. (A) Cao chiết trong ethanol; (B) Cao chiết trong H₂O.

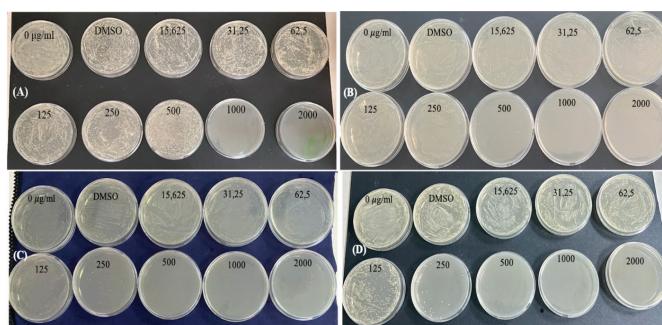
3.4. Khả năng kháng vi khuẩn của cao chiết lá trà không

Bước đầu khảo sát khả năng kháng vi khuẩn, nấm bệnh của các loại cao chiết bằng phương pháp khuếch tán qua thạch cho thấy, cao chiết lá trà không với ethanol 96% cho hiệu quả cao nhất. Kết quả được thể hiện qua bán kính vòng ức chế vi khuẩn, nấm bệnh cao gấp 2-6 lần so với 2 mẫu cao chiết ethanol 70% và H₂O (bảng 3).

Bảng 3. Kết quả kháng vi khuẩn, nấm bệnh của các loại cao chiết khảo sát bằng phương pháp khuếch tán qua thạch.

Cao chiết lá trà không	Bán kính vòng ức chế vi khuẩn, nấm bệnh (mm)			
	<i>C. albicans</i>	<i>S. mutans</i>	<i>S. pyogenes</i>	<i>C. diphtheriae</i>
LT-H ₂ O	0,33	4,67	3,33	8,33
LT-Et70	3,33	8,67	4,67	10,33
LT-Et96	5,67	8,67	6,67	13,00

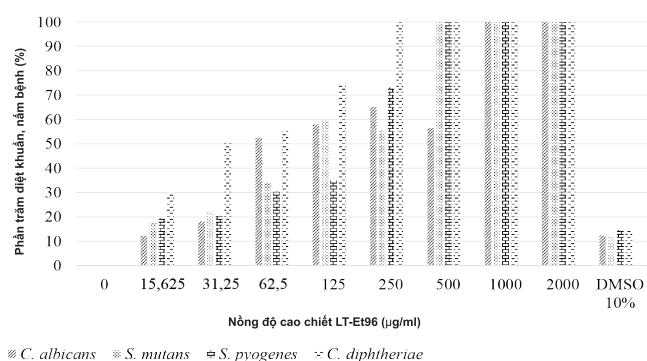
Dựa trên kết quả khảo sát hiệu quả kháng vi khuẩn và nấm bệnh, cao chiết lá trà không với dung môi ethanol 96% được chọn để xác định nồng độ diệt vi khuẩn, nấm tối thiểu (MBC, MFC) trên các tác nhân gây bệnh thử nghiệm. Kết quả ở hình 3 và bảng 4 cho thấy, cao chiết LT-Et96 có hiệu quả diệt vi khuẩn tốt hơn nấm. MFC, MBC là điểm giá trị mà tại đó ghi nhận khả năng diệt 99,9% vi khuẩn và nấm bệnh [11]. Giá trị MFC, MBC của cao chiết LT-Et96 ghi nhận được trên các tác nhân *C. albicans*, *S. mutans*, *S. pyogenes* và *C. diphtheriae* lần lượt là 1000, 500, 500 và 250 μ g/ml (hình 4).



Hình 3. Khả năng diệt vi khuẩn và nấm bệnh của cao chiết LT-Et96 với các nồng độ (μ g/ml) khác nhau. (A) *C. albicans*; (B) *S. mutans*; (C) *S. pyogenes*; (D) *C. diphtheriae*.

Bảng 4. Số lượng khuẩn lạc ở các nghiệm thức thử nghiệm khả năng diệt vi khuẩn và nấm bệnh của cao chiết LT-Et96 theo nồng độ.

Nồng độ cao chiết (ppm)	Số lượng khuẩn lạc (cfu)			
	<i>C. albicans</i>	<i>S. mutans</i>	<i>S. pyogenes</i>	<i>C. diphtheriae</i>
Đối chứng - H ₂ O 0	812.000	834.000	987.900	1.067.200
15,625	713.000	688.000	794.000	747.200
31,25	665.000	649.000	786.000	529.600
62,5	385.000	551.000	688.000	472.000
125	341.000	336.000	642.000	270.400
250	283.000	369.000	266.000	82
500	354.000	27	72	0
1000	53	0	0	0
2000	0	0	0	0
DMSO 10%	712.000	736.000	844.000	908.000



Hình 4. Phân trăm diệt vi khuẩn, nấm bệnh của cao chiết LT-Et96 ở các nồng độ khác nhau so với nghiệm thức đối chứng.

3.5. Bàn luận

Ly trích thu nhận các hợp chất từ thực vật đang là hướng đi tiềm năng ứng dụng trong ngành dược phẩm, mỹ phẩm. Hiệu quả và hàm lượng hoạt chất thu nhận được phụ thuộc

vào nhiều yếu tố như nguồn nguyên liệu, phương pháp ly trích, dung môi sử dụng... Nhằm nâng cao hiệu quả thu nhận hợp chất sinh học, bên cạnh việc sử dụng các phương pháp ly trích truyền thống, nhiều kỹ thuật hiện đại như phương pháp hỗ trợ sóng siêu âm, vi sóng, chiết siêu tới hạn... đang được tiếp cận [6, 7, 12]. Nước và ethanol là hai dung môi xanh được sử dụng phổ biến hiện nay do chúng là nguồn tài nguyên tái tạo, giá thành thấp, có thể phân hủy sinh học và không gây ô nhiễm môi trường. Trong nghiên cứu này, hiệu suất thu nhận cao chiết trong nước (12,67%) cao hơn so với dung môi ethanol. Hiệu suất thu nhận hợp chất sinh học của nước thường cao hơn ethanol do dung môi nước có độ nhớt thấp, sức căng bề mặt nhỏ, khả năng hoà tan rộng nên dịch chiết thu nhận có lẫn nhiều tạp chất. Tuy nhiên, ethanol thường được sử dụng phổ biến hơn để tách chiết các hợp chất polyphenol nhờ tính hoà tan có chọn lọc và hoạt chất ít bị phân huỷ trong quá trình cô đặc. Ngoài ra, thành phần các hợp chất (đặc biệt là các hợp chất có khả năng kháng oxy hóa mạnh như polyphenol) thu nhận với dung môi ethanol cũng đa dạng và phong phú hơn so với nước hay các loại dung môi hữu cơ khác [13, 14]. Trong nghiên cứu này cũng ghi nhận hàm lượng phenolic và flavonoid tổng của cao chiết với ethanol cao hơn so với nước, đặc biệt cao chiết với ethanol 96% cho hàm lượng cao nhất (bảng 2). Trong nghiên cứu này, việc sử dụng sóng siêu âm trong quá trình ly trích cho hàm lượng phenolic và flavonoid tổng của cao chiết với ethanol 96% lần lượt đạt 382,327 mg GAE/g cao chiết và 55,073 mg QE/g cao chiết. Kết quả này cao hơn so với một số nghiên cứu khác khi sử dụng các kỹ thuật truyền thống để thu nhận cao chiết. Trong nghiên cứu của N.N. Sazwi và cs (2013) [15], thực hiện ly trích hoạt chất từ lá trà không bằng phương pháp ngâm chiết ghi nhận hàm lượng phenolic tổng đạt 77,20 mg GAE/g cao chiết và giá trị IC_{50} là 179,50 $\mu\text{g/ml}$. N.H. Arsad và cs (2016) [16] thu nhận tinh dầu lá trà không bằng 2 phương pháp Soxhlet và chiết siêu tới hạn cho thấy, tinh dầu thu nhận bằng phương pháp chiết siêu tới hạn cho kết quả kháng oxy hoá cao hơn. S. Das và cs (2019) [17] so sánh hiệu quả kháng oxy hoá của cao chiết từ lá trà không bằng 3 phương pháp ngâm dầm, Soxhlet, hỗ trợ sóng siêu âm cho thấy, cao chiết thu nhận có sự hỗ trợ của sóng siêu âm cho kết quả hàm lượng phenolic tổng cao nhất (57,60 mg GAE/g cao chiết) và IC_{50} đạt 5,35 $\mu\text{g/ml}$. Phương pháp sử dụng sóng siêu âm được xem là kỹ thuật trích ly nhanh và hiệu quả cho quá trình chiết xuất các hợp chất sinh học từ thực vật. Phương pháp này làm tăng tỷ lệ khuếch tán và cho phép dung môi thâm nhập nhanh hơn vào nguồn nguyên liệu. Ngoài ra, ly trích siêu âm được thực hiện ở nhiệt độ thấp cho phép bảo tồn toàn vẹn hoạt tính sinh học của các hoạt chất sinh học tự nhiên, trong khi chiết xuất ở nhiệt độ cao có thể làm mất tới 70% hoạt tính của các hoạt chất này [18, 19].

Hiệu quả trung hòa gốc tự do ABTS⁺ tương đồng với hàm lượng phenolic và flavonoid tổng có trong các mẫu cao chiết. Khả năng trung hòa gốc tự do ABTS⁺ của cao chiết với dung môi ethanol cũng tốt hơn so với chiết trong nước. Kết quả trung hòa gốc tự do ABTS⁺ của cao chiết lá trà không khá tốt, giá trị IC_{50} của cao chiết LT-Et70 và LT-Et96 lần lượt đạt 47,13 và 47,18 $\mu\text{g/ml}$. Có nhiều phương pháp để đánh giá hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết thực vật. Mỗi phương pháp sẽ cho những kết quả khác nhau vì sự hiện diện hỗn hợp thành phần các hợp chất có hoạt tính trong cao chiết có thể hiệu quả đối với phương pháp thử nghiệm này nhưng không hiệu quả đối với phương pháp khác [20]. Giới hạn trong nghiên cứu này, chúng tôi chỉ khảo sát khả năng trung hòa gốc tự do ABTS⁺, điều này cũng còn hạn chế và chưa đầy đủ cơ sở để đưa ra kết luận về hiệu quả kháng oxy hóa của các loại cao chiết lá trà không.

Lá trà không hiện nay được sử dụng phổ biến như dược liệu phòng ngừa bệnh về răng miệng. Hợp chất polyphenol từ cao chiết lá trà không có khả năng ức chế một số loại vi khuẩn và nấm gây bệnh trong khoang miệng [4, 21]. Trong nghiên cứu này, các tác nhân gây bệnh được chọn khảo sát thường xuất hiện ở khoang miệng, cổ họng là *C. albicans*, *S. mutans*, *S. pyogenes* và *C. diphtheriae*. Cao chiết LT-Et96 cho kết quả kháng vi khuẩn, nấm bệnh tốt nhất. Bên cạnh phương pháp ly trích, hệ dung môi sử dụng cũng ảnh hưởng lớn đến hoạt tính kháng vi khuẩn của chiết xuất, cao chiết thực vật. Một số nghiên cứu đã chứng minh rằng, khả năng kháng vi khuẩn của các chiết xuất thực vật liên quan đến thành phần, hàm lượng các hợp chất chuyển hóa thứ cấp (tepenoid, flavonoid, tannin, ancaloid, steroid) và một số hợp chất phenolic cùng các dung môi hữu cơ (ethanol, methanol...) cho thấy khả năng thu hồi lượng lớn các hợp chất này [22-24]. Trong nghiên cứu này, hiệu quả kháng vi khuẩn, kháng nấm bệnh của các loại cao chiết cũng tương đồng với hàm lượng phenolic và flavonoid tổng thu nhận được. Dựa vào kết quả ghi nhận giá trị nồng độ ức chế và diệt tối thiểu, cao chiết từ lá trà không cho thấy hoạt tính ức chế và diệt vi khuẩn tốt hơn trên nấm *C. albicans* (bảng 3, hình 4). Trong nghiên cứu của T. Nalina và cs (2007) [21] cho thấy, hydrochavicol và các acid béo là các thành phần chính trong cao chiết từ lá trà không có khả năng kháng *S. mutans*. Một số nghiên cứu khác cũng cho thấy, cao chiết lá trà không kháng lại *S. mutan* và *C. albican* với giá trị MIC ghi nhận từ 125 đến 2000 $\mu\text{g/ml}$ [4, 24]. Trong nghiên cứu này, giá trị MFC và MBC của cao chiết LT-Et96 trên các tác nhân *C. albicans*, *S. mutans*, *S. pyogenes* và *C. diphtheriae* lần lượt ghi nhận tại các nồng độ 1000, 500, 500 và 250 $\mu\text{g/ml}$ (diệt hơn 99,9% vi khuẩn, nấm bệnh [11]). Từ những kết quả ghi nhận được trong nghiên cứu này cho thấy, cao chiết lá trà không trong ethanol 96% thu nhận bằng kỹ thuật có hỗ trợ của sóng siêu âm có tiềm năng ứng dụng trong các sản phẩm hỗ trợ chăm sóc răng miệng.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thu nhận cao chiết lá trầu không trong dung môi ethanol và nước bằng phương pháp sử dụng sóng siêu âm. Kết quả cho thấy, cao chiết LT-Et96 cho hàm lượng hoạt chất và hoạt tính sinh học tốt nhất. Hàm lượng phenolic và flavonoid tổng lần lượt đạt 386,34 mg GAE/g cao chiết và 55,07 mg QE/g cao chiết. Khả năng ức chế 50% gốc tự do ABTS⁺ (IC₅₀) ghi nhận ở nồng độ 47,18 µg/ml. Nồng độ diệt nấm và vi khuẩn tối thiểu của cao chiết từ ethanol 96% trên *C. albicans*, *S. mutans*, *S. pyogenes*, *C. diphtheriae* có giá trị lần lượt là 1000, 500, 500 và 250 µg/ml. Các kết quả cho thấy, cao chiết lá trầu không trong ethanol 96% với sự hỗ trợ của sóng siêu âm có tiềm năng ứng dụng trong dược phẩm, mỹ phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F. Ferreres, A.P. Oliveira, A.G. Izquierdo, et al. (2014), “*Piper betle* leaves: Profiling phenolic compounds by HPLC/DAD-ESI/MSn and anti-cholinesterase activity”, *Phytochemical Analysis*, **25**(5), pp.453-460, DOI: 10.1002/pca.2515.
- [2] V. Dwivedi, S. Tripathi (2014), “Review study on potential activity of *Piper betle*”, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, **3**(4), pp.93-98.
- [3] T.T. Trang, N.T. Hai (2016), “*In vitro* anti-bacterial effect of piper betle leaf extracts on *Aeromonas* spp. and *Streptococcus agalactiae* which cause Hemorrhagic disease in Tilapia”, *Vietnam J. Agri. Sci.*, **14**(6), pp.869-876 (in Vietnamese).
- [4] P. Phumat, S. Khongkhunthian, P. Wanachantararak, et al. (2018), “Effects of *Piper betle* fractionated extracts on inhibition of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus intermedius*”, *Drug Discoveries & Therapeutics*, **12**(3), pp.133-141, DOI: 10.5582/ddt.2018.01021.
- [5] S. Armenta, S. Garrigues, F.A.E. Turrillas, et al. (2019), “Green extraction techniques in green analytical chemistry”, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **116**, pp.248-253, DOI: 10.1016/j.trac.2019.03.016.
- [6] F. Chemat, M.A. Vian, G. Cravotto (2012), “Green extraction of natural products: Concept and principles”, *International Journal of Molecular Sciences*, **13**(7), pp.8615-8627, DOI: 10.3390/ijms13078615.
- [7] L.W. Foo, E. Salleh, S.N. Hana (2017), “Green extraction of antimicrobial bioactive compound from *Piper betle* leaves: Probe type ultrasound-assisted extraction vs supercritical carbon dioxide extraction”, *Chemical Engineering Transactions*, **56**, pp.109-114, DOI: 10.3303/CET1756019.
- [8] F.L. Song, R.Y. Gan, Y. Zhang, et al. (2010), “Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected chinese medicinal plants”, *International Journal of Molecular Sciences*, **11**(6), pp.2362-2372, DOI: 10.3390/ijms11062362.
- [9] C.C. Chang, M.H. Yang, H.M. Wen, et al. (2002), “Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods”, *Journal of Food and Drug Analysis*, **10**(3), pp.178-182, DOI: 10.38212/2224-6614.2748.
- [10] N. Nenadis, L.F. Wang, M. Tsimidou, et al. (2004), “Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS⁺ assay”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**(15), pp.4669-4674, DOI: 10.1021/jf0400056.
- [11] P. Parvekara, J. Palaskar, S. Metgud, et al. (2020), “The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of silver nanoparticles against *Staphylococcus aureus*”, *Biomaterial Investigations in Dentistry*, **7**(1), pp.105-109, DOI: 10.1080/26415275.2020.1796674.
- [12] N.N. Azwanida (2015), “A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation”, *Medicinal & Aromatic Plants*, **4**(3), pp.2167-2412, DOI: 10.4172/2167-0412.1000196.
- [13] D. Madhavi, D. Salunkhe (1995), *Toxicological Aspects of Food Antioxidants (Food Antioxidants)*, CRC Press, 94pp.
- [14] D. Stagos (2019), “Antioxidant activity of polyphenolic plant extracts”, *Antioxidants*, **9**(1), DOI: 10.3390/antiox9010019.
- [15] N.N. Sazwi, T. Nalina, Z.H.A. Rahim (2013), “Antioxidant and cyto-protective activities of *Piper betle*, *Areca catechu*, *Uncaria gambir* and *Betel quid* with and without calcium hydroxide”, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **13**, DOI: 10.1186/1472-6882-13-351.
- [16] N.H. Arsad, M.A.C. Yunus, M.A.A. Zaini, et al. (2016), “Effect of operating conditions of supercritical carbon dioxide on *Piper betle* leave oil yield and antioxidant activity”, *International Journal of Applied Chemistry*, **12**(4), pp.741-751.
- [17] S. Das, A. Ray, N. Nasim, et al. (2019), “Effect of different extraction techniques on total phenolic and flavonoid contents, and antioxidant activity of betelvine and quantification of its phenolic constituents by validated HPTLC method”, *3 Biotech*, **9**(1), DOI: 10.1007/s13205-018-1565-8.
- [18] E. Kiassos, S. Mylonaki, D.P. Makris, et al. (2009), “Implementation of response surface methodology to optimise extraction of onion (*Allium cepa*) solid waste phenolics”, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **10**(2), pp.246-252, DOI: 10.1016/j.ifset.2008.10.004.
- [19] N.M. Thuy, L.T.N. Huyen, N.V. Tai, et al. (2018), “Optimization of extraction methods for quercetin from shallot skin”, *Journal of Vietnam Agricultural Science and Technology*, **12**(97), pp.57-62 (in Vietnamese).
- [20] N.T. Tuan, V.V. Luan (2019), “Antioxidant activity of the ethanolic extract of *Thuja Orientalis*”, *Vietnam Trade and Industry Review*, **19**, pp.335-340 (in Vietnamese).
- [21] T. Nalina, Z. Rahim (2007), “The crude aqueous extract of *Piper betle* L. and its antibacterial effect towards *Streptococcus mutans*”, *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, **3**(1), pp.10-15, DOI: 10.3844/ajbbsp.2007.10.15.
- [22] R.A.A. Mothana, S.A.A. Abdo, S. Hasson, et al. (2010), “Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities and phytochemical screening of some yemeni medicinal plants”, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **7**(3), pp.323-330, DOI: 10.1093/ecam/nen004.
- [23] A. Rahman, S. Islam (2013), “Antioxidant, antibacterial and cytotoxic effects of the phytochemicals of whole *Leucas aspera* extract”, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, **3**(4), pp.273-279, DOI: 10.1016/S2221-1691(13)60062-3.
- [24] W.F. Sule, I.O. Okomko, S.O. Ogun, et al. (2011), “Phytochemical properties and *in vitro* antifungal activity of *Senna alata* Linn. crude stem bark extract”, *Journal of Medicinal Plants Research*, **5**(2), pp.176-183.

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến cấu trúc, sự không đồng nhất cấu trúc và động học của silica lỏng

Giáp Thị Thùy Trang^{1*}, Phạm Hữu Kiên¹, Dương Thị Lan¹, Trịnh Văn Hà²

¹Trường Đại học Sư phạm, Đại học Thái Nguyên, 20 Lương Ngọc Quyến, phường Quang Trung, TP Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên, Việt Nam

²Trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông, Đại học Thái Nguyên, Z 115, phường Quyết Thắng, TP Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên, Việt Nam

Ngày nhận bài 15/9/2021; ngày chuyển phản biện 17/9/2021; ngày nhận phản biện 4/10/2021; ngày chấp nhận đăng 8/10/2021

Tóm tắt:

Trong bài báo này, các tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng động lực học phân tử để khảo sát sự thay đổi cấu trúc và tính chất động học trong vật liệu silica lỏng. Cụ thể, kết quả nghiên cứu hàm phân bố xuyên tâm (HPBXT), số phối trí, các đặc trưng của domain và năng lượng trung bình trên một nguyên tử cho thấy, silica trải qua 3 vùng cấu trúc khác nhau khi nhiệt độ tăng từ 2000 đến 6000 K. Trong đó, quá trình thay đổi cấu trúc xảy ra mạnh nhất ở khoảng nhiệt độ 4500-5000 K. Thêm nữa, các tác giả đã khảo sát hàm liên kết đám của các loại nguyên tử linh động (NTLĐ), không linh động và ngẫu nhiên. Kết quả khẳng định, nhiệt độ càng cao thì cấu trúc của silica lỏng càng đồng nhất và hiện tượng không đồng nhất cấu trúc chỉ xảy ra ở nhiệt độ dưới 3500 K. Cuối cùng, nghiên cứu chỉ ra nguyên tử O trong vật liệu có linh động hơn nguyên tử Si.

Từ khóa: domain, hàm liên kết đám, không đồng nhất, nhiệt độ, silica lỏng.

Chỉ số phân loại: 2.5

1. Đặt vấn đề

Vật liệu silica có nhiều ứng dụng quan trọng trong sản xuất cáp quang, gốm kỹ thuật điện tử, gốm sứ gia dụng và đồ thủy tinh mỹ nghệ. Thêm nữa, silica và các hợp chất của nó là thành phần chủ yếu của lớp vỏ trái đất. Vì vậy, hiểu biết chi tiết về cấu trúc, các tính chất vật lý đặc trưng và cơ chế động học ở mức nguyên tử của các loại vật liệu này dưới tác động của nhiệt độ, áp suất là rất cần thiết, góp phần không nhỏ trong sự phát triển công nghệ chế tạo vật liệu có các tính chất mong muốn và cung cấp thông tin về các hoạt động địa chất của lớp vỏ trái đất. Do có tầm quan trọng như vậy nên trong các thập kỷ gần đây vật liệu ôxít này đã thu hút được sự quan tâm nghiên cứu của nhiều nhà khoa học trong nước và trên thế giới trong cả hai lĩnh vực nghiên cứu cơ bản và ứng dụng. Một số phương pháp thực nghiệm điển hình như nhiễu xạ tia X, phổ Raman, phổ tán xạ Rutherford (RBS) và phân tích phản ứng hạt nhân (NRA) đã thu được các thông tin cơ bản về silica lỏng [1-5]. Trong công trình [1], nhóm tác giả đã xác định thừa số cấu trúc bằng phương pháp nhiễu xạ tia X với các mẫu silica ở 298, 1873 và 2373 K, kết quả cho thấy, thừa số cấu trúc ở cả 3 nhiệt độ này khá giống nhau. Điều đó cho thấy sự tương tự về cấu trúc của silica lỏng và thủy tinh. Khác với chất lỏng thông thường, silica lỏng gồm các khối tứ diện SiO_4 có trật tự gần tương tự như thủy tinh và tinh thể quartz. Tuy nhiên, khảo sát HPBXT ở nhiệt độ 298 và 2373 K [1] cho thấy, vị trí đỉnh đầu tiên

của silica lỏng dịch phải so với thủy tinh từ 1,597 đến 1,626 Å. Tức là, độ dài liên kết trung bình Si-O trong silica lỏng lớn hơn so với trong thủy tinh. Ngoài ra, sự bất thường về mật độ của silica cũng đã được phát hiện: khi nhiệt độ tăng, mật độ của vật liệu không giảm mà tăng theo. Điều này đã được chỉ ra trong các nghiên cứu thực nghiệm [2, 6]. Cụ thể, trong khoảng nhiệt độ tăng từ 1373 đến 1753 K, phát hiện mật độ của silica tăng từ 2,201 đến 2,204 g/cm³ [2]. Quy luật này cũng được phát hiện ở vùng nhiệt độ 1273-1773 K [6]. Nhóm tác giả [3] cho rằng, hiện tượng dị thường về mật độ này có nguyên nhân từ sự bẻ gãy liên kết Si-O-Si, dẫn đến chuyển đổi cấu trúc từ SiO_4 sang SiO_5 khi nhiệt độ tăng ở vùng trên nhiệt độ chuyển pha thủy tinh.

Trong vật liệu silica, các nguyên tử Si và O luôn chuyển động không ngừng, ngay cả khi ở trạng thái rắn. Nguyên tử Si và O trở nên linh động hơn khi nhiệt độ silica tăng. Độ linh động của các nguyên tử giảm rõ rệt khi nhiệt độ giảm xuống gần nhiệt độ chuyển pha thủy tinh với hệ số khuếch tán 10^{-13} - 10^{-19} cm²/s. Điều này đã được biết đến qua các nghiên cứu thực nghiệm [4, 5, 7]. Dựa trên mối liên hệ giữa năng lượng và sự khuếch tán, nhóm nghiên cứu [5] đã xác định được hệ số khuếch tán của silicon lỏng cỡ 10^{-9} cm²/s. Nhóm nghiên cứu [7] đã tính toán hệ số khuếch tán của silicon trong dải nhiệt độ 1673-1873 K với silica được tạo ra dạng epitaxy có độ dày h, thông qua độ dịch chuyển x_c của nguyên tử trên một trục trong khoảng thời gian nhất định ($x_c = 2\sqrt{Dt}$, $x_c=0,5-5$ giờ) có giá trị khoảng 10^{-13} - 10^{-16}

*Tác giả liên hệ: Email: giapthuytrang@dhsptn.edu.vn

Studying the effect of temperature on the structure, structural and dynamic heterogeneity of liquid silica

Thi Thuy Trang Giap^{1*}, Huu Kien Pham¹,
Thi Lan Duong¹, Van Ha Trinh²

¹Thai Nguyen University of Education, 20 Luong Ngoc Quyen Street,
Quang Trung Ward, Thai Nguyen City, Thai Nguyen Province, Vietnam

²Thai Nguyen University of Information and Communication Technology,
Z 115 Street, Quyet Thang Ward, Thai Nguyen City, Thai Nguyen Province, Vietnam

Received 15 September 2021; revised 4 October 2021; accepted 8 October 2021

Abstract:

The authors performed a molecular dynamics simulation to survey the structural and dynamic transition in liquid silica. In detail, research results on the radial distribution function, the coordination number, the characteristics of the domain and average energy per atom showed that silica undergoes three different structural regions when the temperature increases from 2000 to 6000 K. The structural transition occurred most strongly at the temperature range of 4500-5000 K. Furthermore, the authors investigated the cluster function of sets of mobile, immobile and random atoms. The results confirmed that the higher the temperature, the more homogeneous the structure of liquid silica and the structural heterogeneity occurs at a temperature below 3500 K. Finally, the results indicated that O atoms are more mobile than Si atoms.

Keywords: cluster function, domain, heterogeneity, liquid silica, temperature.

Classification number: 2.5

cm²/s. Trong dải nhiệt độ thấp khoảng 1323-1523 K, F. Bédina và cs (1996) [4] đã xác định hệ số khuếch tán của silicon là 10⁻¹⁶-10⁻¹⁸ cm²/s.

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến cấu trúc silica lỏng cũng đã được mô tả trong một số nghiên cứu mô phỏng. Chẳng hạn, các công trình [8-10] đã khẳng định, tỷ phần các khuyết tật tăng lên khi tăng nhiệt độ ở vùng áp suất thấp (tỷ phần Si và O khuyết tật tăng đến trên 15% trong dải nhiệt độ 2100-6100 K), sự thay đổi này là rất ít ở vùng áp suất cao. Nghiên cứu [9, 11] khẳng định, phân bố kích thước vòng vẫn có đỉnh với vòng gồm 6 nguyên tử Si, tuy nhiên đường cong phân bố mở rộng khi tăng nhiệt độ. Nhóm các tác giả trong công trình [8, 9] đã chỉ ra hiện tượng mật độ thay đổi bất thường trong silica lỏng, cụ thể là mật độ tăng theo nhiệt độ lên đến trên 2,3 g/cm³ ở 4800-4900 K. Ngoài ra, ảnh hưởng của

nhiệt độ đến quá trình khuếch tán cũng được khảo sát. Trong khoảng nhiệt độ 1600-6000 K, hệ số khuếch tán được tìm thấy khoảng 10⁻¹³ đến 10⁻⁴ cm²/s [8-10, 12, 13]; khi áp suất tăng thì hệ số khuếch tán của silica thay đổi bất thường ở vùng nhiệt độ khoảng 2100-4000 K [10, 13-15]. Tuy nhiên, theo hiểu biết của chúng tôi, các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ đến cấu trúc, sự không đồng nhất cấu trúc và động học của silica lỏng còn nhiều vấn đề chưa rõ ràng. Chẳng hạn, khi nhiệt độ tăng thì thể tích voronoi của các nguyên tử Si, O và các domain Dx với x=4, 5, 6 hoặc DB (domain boundary) thay đổi như thế nào? Hiện tượng không đồng nhất cấu trúc của silica lỏng xảy ra trong vùng nhiệt độ nào? Mức độ linh động của các nguyên tử O và Si trong silica lỏng như thế nào... Phương pháp mô phỏng động lực học phân tử là một cách hiệu quả để giải quyết các vấn đề trên vì nó cho phép tính toán một số đặc trưng của từng nguyên tử riêng lẻ hoặc từng đơn vị cấu trúc (ĐVCT), từ đó có thể nghiên cứu sự thay đổi cấu trúc và tính chất động học của vật liệu ở cấp độ nguyên tử.

Từ những phân tích nêu trên, chúng tôi đã thực hiện đề tài nghiên cứu “Mô phỏng sự biến đổi cấu trúc và tính chất động học trong các vật liệu GeO₂, SiO₂, TiO₂, Al₂O₃ và Al₂O₃-2SiO₂ theo nhiệt độ và áp suất”.

Phương pháp tính toán

Trong bài báo này, mô hình silica gồm 3000 nguyên tử với điều kiện biên tuần hoàn được xây dựng ở các nhiệt độ 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500 và 6000. Một trong các thể thông dụng với tính toán đơn giản, mô tả tốt cấu trúc và các tính chất vật lý của silica ở cả trạng thái lỏng và rắn là thể tương tác cặp BKS do [16] đề xuất. Biểu thức của thể BKS có dạng như sau:

$$U_{ij}(r_{ij}) = q_i q_j \frac{e^2}{r_{ij}} + A_{ij} \exp(-B_{ij}) - \frac{C_{ij}}{r_{ij}^6}$$

trong đó: i và j là loại nguyên tử; r_{ij} là khoảng cách giữa hai nguyên tử thứ i và j ; q_i và q_j là điện tích của các nguyên tử thứ i và j ; A_{ij} , B_{ij} và C_{ij} là các hằng số thể BKS được xác định bởi sự tối ưu hóa các thông số trong mô phỏng sao cho kết quả tính toán phù hợp tốt với thực nghiệm; exp là thực nghiệm. Giá trị các hằng số thể tương ứng với các cặp nguyên tử Si-O, O-O và Si-Si được liệt kê ở bảng 1.

Bảng 1. Các thông số trong thể tương tác BKS.

Cặp	A _{ij} (eV)	B _{ij} (Å ⁻¹)	C _{ij} (eV Å ⁶)	Điện tích (e)
O-O	1388,773	2,760	175,000	q _O = -1,2
Si-O	18003,757	4,873	33,538	q _{Si} = +2,4
Si-Si	0,0	0,0	0,0	

Mô hình thể BKS được đề xuất năm 1990, sau đó đã được sử dụng để xây dựng các mô hình silica lỏng [12, 13, 15, 17, 18]. Các tính toán vi cấu trúc cấu như HPBXT, phân bố số phối trí, mật độ, độ dài các cặp liên kết và góc liên kết cho kết quả phù hợp tốt với thực nghiệm.

Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng các kỹ thuật phân tích cấu trúc tính toán như: HPBXT, tỷ lệ các ĐVCT, số phối trí, năng lượng trung bình trên một nguyên tử; tỷ lệ số lượng nguyên tử trong các domain; thể tích voronoi của các nguyên tử Si, O và các domain; phân bố đám của các NTKLĐ, nguyên tử không linh động (NTKLĐ) và nguyên tử ngẫu nhiên (NTNN). Thêm nữa, động học của silica lỏng được phân tích dựa trên độ dịch chuyển bình phương trung bình của nguyên tử Si và O vào thời gian mô phỏng. Từ đó, nhóm nghiên cứu đưa ra các thông tin liên quan tới sự thay đổi cấu trúc và động học trong vật liệu silica lỏng khi nhiệt độ thay đổi. Để xác định các đại lượng này, giá trị của bán kính ngắt được sử dụng là $r_{SiO} = 2,3$ Å, là vị trí cực tiểu thứ nhất sau đỉnh cực đại đầu tiên trong HPBXT đối với cặp Si-O. Trong khoảng nhiệt độ được khảo sát, mạng SiO_2 được hình thành từ các ĐVCT SiO_x ($x=4, 5, 6$) và OSi_y ($y=2, 3$). Các ĐVCT khác chiếm tỷ phần nhỏ và không xét tới ở đây, liên kết Si-O được hình thành bởi Si và O trong khoảng cách nhỏ hơn so với r_{SiO} . Cấu trúc mạng Si-O bao gồm các nguyên tử được kết nối với nhau thông qua liên kết Si-O. Các nguyên tử Si trong vật liệu được phân loại thành Si_4 , Si_5 , Si_6 và Si_{oth} , trong đó Si_4 , Si_5 , Si_6 có số phối trí lần lượt là 4, 5 và 6, Si_{oth} là Si với $x < 4$ hoặc $x > 6$. Tương tự, ký hiệu O_2 , O_3 lần lượt là các nguyên tử O có số phối trí là 2 và 3. Các nguyên tử O cũng được phân loại thành O_{xx} và O_{xy} với O_{xx} liên kết với các nguyên tử Si_x có x giống nhau, O_{xy} liên kết với các nguyên tử Si có x khác nhau. Khi đó, domain Dx bao gồm các nguyên tử O_{xx} và nguyên tử Si_x liên kết với nhau, vùng không gian của domain Dx là không gian được xếp chặt bởi các đa diện voronoi của nguyên tử O_{xx} và Si_x thuộc domain đó. Vùng biên DB của domain D_x chủ yếu gồm các nguyên tử O_{xy} . Tương tự như mạng con Si-O, các nguyên tử của miền Dx được kết nối với nhau bằng liên kết Si-O. Tất cả các nguyên tử được phân loại thành D4, D5, D6 và BD. Nguyên tử Dx ($x=4, 5$ và 6) thuộc về các miền Dx, trong khi các nguyên tử BD là O_{xy} và Si_{oth} . Thể tích đa diện Voronoi được xác định bằng cách chèn một mạng tinh thể đơn giản, với kích thước bằng kích thước hộp mô phỏng (l_{sb}) và tổng số nút là $m_{sc} \times m_{sc} \times m_{sc}$. Giá trị của m_{sc} phụ thuộc vào kích thước hộp mô phỏng, hằng số mạng và phải đảm bảo độ chính xác cao trong tính toán thể tích các đa diện Voronoi, cũng như đảm bảo thời gian, khả năng tính toán của hệ thống máy tính. Khi giá trị $m_{sc}=221$ thì tổng thể tích

các đa diện Voronoi của nguyên tử Si và nguyên tử O trong mô hình gần đúng bằng thể tích hộp mô phỏng và phù hợp với thời gian tính toán, cũng như khả năng tính toán của hệ thống máy tính. Thể tích voronoi của nguyên tử thứ i được xác định bằng công thức sau:

$$v_i = \frac{m_i V_{sb}}{m_{sc}^3}$$

trong đó: V_{sb} là thể tích hộp mô phỏng, $V_{sb}=l_{sb}^3$; l_{sb} là kích thước hộp mô phỏng; m_i là số nút gần với nguyên tử thứ i hơn các nút khác; m_{sc} là số nút tính theo một chiều của mạng lập phương chèn vào. Thể tích chiếm bởi các miền Dx và miền DB được tính từ thể tích v_i .

3. Kết quả và bàn luận

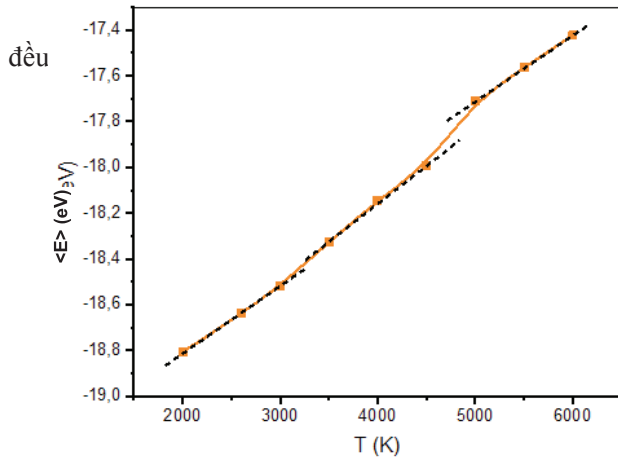
3.1. Sự thay đổi cấu trúc của silica lỏng khi nhiệt độ tăng

Bảng 2. Các đặc trưng cấu trúc của SiO_2 lỏng.

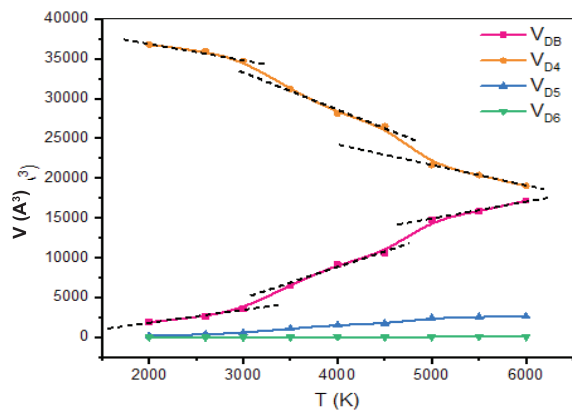
T (K)	2000	2600	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	Thực nghiệm [1, 3]
z_{Si-O}	4,03	4,04	4,05	4,09	4,10	4,13	4,13	4,11	4,08	3,85-4,00
z_{O-Si}	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,06	2,05	2,04	2,00
r_{Si-Si} (Å)	3,12	3,10	3,10	3,12	3,10	3,10	3,10	3,10	3,12	3,08-3,12
r_{Si-O} (Å)	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60-1,63
r_{O-O} (Å)	2,60	2,62	2,60	2,58	2,60	2,60	2,58	2,58	2,62	2,63-2,65
g_{Si-Si}	3,56	3,24	3,05	2,76	2,64	2,48	2,28	2,18	2,11	-
g_{Si-O}	12,74	10,85	9,93	8,66	8,17	7,61	6,78	6,47	6,26	-
g_{O-O}	3,31	2,99	2,83	2,57	2,49	2,36	2,19	2,11	2,05	-
SiO_4 (%)	97,1	95,9	93,8	89,2	83,9	81,9	74,5	70,9	69,3	-
SiO_5 (%)	2,8	4	5,8	10,1	13,1	14,0	17,5	19,1	19,3	-
SiO_{oth} (%)	0,1	0,1	0,4	0,7	3,0	04,1	08,0	10,0	11,4	-
OSi_2 (%)	98,4	97,2	96,2	92,4	90,2	87,9	82,6	83,3	78,3	-
OSi_{oth} (%)	1,6	2,8	3,8	7,6	9,8	12,1	17,4	16,7	21,7	-

Ghi chú: z_j là số phối trí; r_{ij} và g_{ij} là vị trí và độ cao đỉnh thứ nhất của HPBXT $g_{ij}(r)$; SiO_x (% , $x=4, 5, oth$) và OSi_y (% , $y=2, oth$) tương ứng là tỷ lệ ĐVCT cơ bản SiO_4 , SiO_5 , SiO_{oth} (ĐVCT trong nó chứa nguyên tử Si có số phối trí nhỏ hơn 4 hoặc lớn hơn 5) và tỷ lệ ĐVCT cơ bản OSi_2 , OSi_{oth} (ĐVCT trong nó chứa nguyên tử O có số phối trí khác 2).

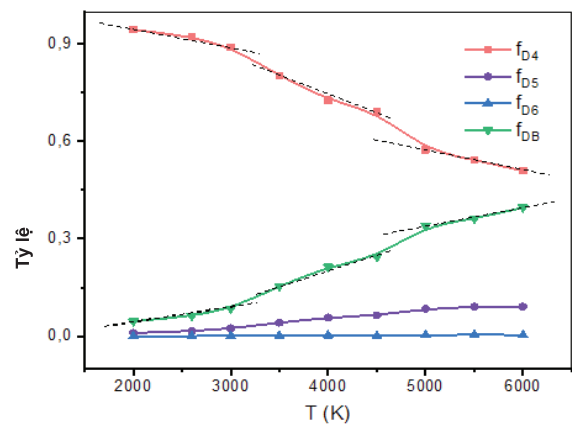
Kết quả bảng 2 cho thấy, các đặc trưng cấu trúc của SiO_2 lỏng thông qua phân tích HPBXT, số phối trí, tỷ phần các ĐVCT SiO_x và OSi_y . Khi nhiệt độ tăng thì vị trí cực đại thứ nhất các HPBXT và số phối trí thay đổi không đáng kể. Tuy nhiên, độ cao cực đại thứ nhất đều giảm. Tỷ lệ các ĐVCT SiO_4 và OSi_2 giảm, trong khi tỷ lệ SiO_x ($x \neq 4$) và OSi_y ($y \neq 2$)



Hình 1. Sự phụ thuộc năng lượng trung bình của 1 nguyên tử vào nhiệt độ.



Hình 2. Sự phụ thuộc của thể tích các domain vào nhiệt độ.

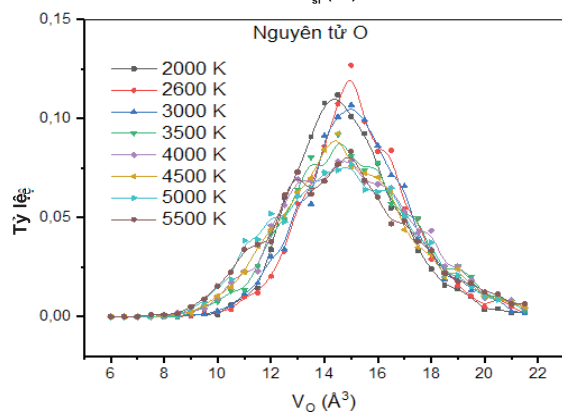
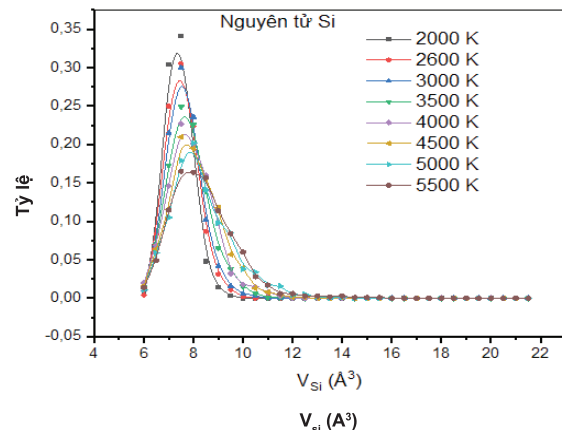


Hình 3. Sự phụ thuộc của tỷ lệ nguyên tử trong các domain vào nhiệt độ.

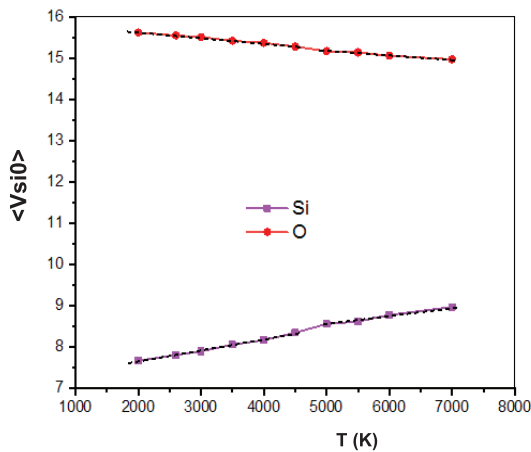
Hình 1 biểu diễn năng lượng trung bình trên một nguyên tử ở các nhiệt độ khác nhau. Như thấy trên hình, khi nhiệt độ tăng, tồn tại 3 vùng nhiệt độ I (2000-3000 K), II (3500-4500 K) và III (5000-6000 K) mà năng lượng trung bình trên nguyên tử trong các vùng này tăng tuyến tính theo nhiệt độ. Điều này cho thấy, trong khoảng nhiệt độ 2000-6000 K,

ng. silica lỏng tồn tại 3 vùng cấu trúc. Thêm nữa, trong khoảng 4500-5000 K, năng lượng $\langle E \rangle$ thay đổi đáng kể so với các khoảng nhiệt độ khác. Điều này cho thấy, đây là khoảng nhiệt độ hệ xảy ra quá trình chuyển đổi cấu trúc mạnh nhất.

Thêm nữa, thông tin chi tiết về sự chuyển đổi cấu trúc trong silica lỏng khi nhiệt độ thay đổi được phân tích thông qua thể tích các domain D_x ($x=4, 5, 6$), D_{DB} và tỷ lệ số lượng nguyên tử trong các domain ở các vùng nhiệt độ. Kết quả thể hiện trong hình 2 và 3, tương tự như phân tích trên hình 1, thể tích domain V_{D4} , V_{DB} và tỷ phần số lượng nguyên tử trong các domain f_{D4} , f_{DB} cũng cho thấy, 3 vùng cấu trúc I, II, III có các đặc trưng khác nhau và trong khoảng 4500-5000 K đường cong cũng trở nên dốc hơn, điều này một lần nữa khẳng định trong khoảng nhiệt độ này hệ chuyển đổi cấu trúc mạnh nhất. Trong vùng I, khi nhiệt độ tăng thì thể tích domain và tỷ phần nguyên tử trong domain D4 giảm, DB tăng, D5 tăng ít hơn DB, còn D6 tăng rất ít; ở vùng II, khi nhiệt độ tăng thì thể tích domain và tỷ phần nguyên tử trong domain D4 giảm mạnh hơn vùng I, DB và D5 tăng nhanh hơn vùng I, D5 tăng ít hơn DB và D6 tăng rất ít; thể tích domain và tỷ phần nguyên tử trong các domain ở vùng III thay đổi theo nhiệt độ tương tự như vùng I.

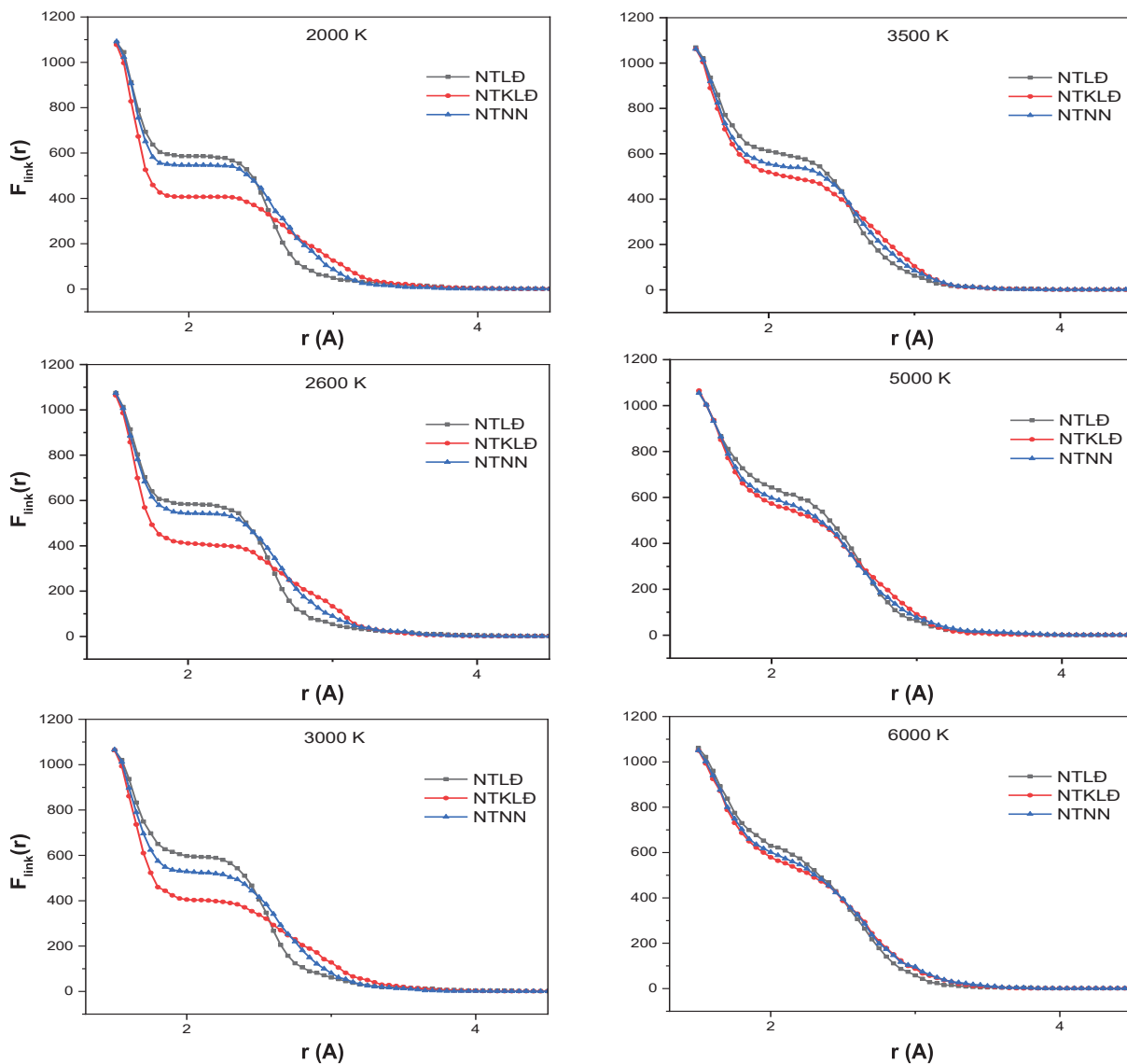


Hình 4. Phân bố thể tích voronoi V_v (Å³) nguyên tử Si và O ở các nhiệt độ.



Hình 5. Sự phụ thuộc của thể tích voronoi trung bình một nguyên tử Si và O theo nhiệt độ.

Bên cạnh đó, hai đường cong V_{Dx} và f_{Dx} nhìn chung là đồng dạng với nhau. Mà thể tích của một domain phụ thuộc vào hai yếu tố là số lượng nguyên tử trong domain và thể tích voronoi của một nguyên tử trong domain đó. Như vậy, sự thay đổi thể tích của các domain trong trường hợp này chủ yếu do sự thay đổi của số lượng nguyên tử trong domain, còn thể tích voronoi của mỗi nguyên tử trong domain thay đổi không đáng kể. Để làm rõ điều này, nhóm nghiên cứu đã khảo sát phân bố thể tích voronoi của các nguyên tử Si và O ở các nhiệt độ khác nhau trong khoảng 2000-6000 K. Kết quả biểu diễn ở hình 4 cho thấy, khi nhiệt độ tăng phân bố thể tích voronoi của nguyên tử Si và O đều có độ cao của đỉnh giảm và độ rộng tăng, điều này cũng chỉ ra trong hệ có sự chuyển đổi cấu trúc. Thể tích của nguyên tử O thay đổi rất ít theo nhiệt độ, trong khi thể tích của nguyên tử Si thay



Hình 6. Hàm liên kết đám các loại nguyên tử ở các nhiệt độ.

đổi nhiều hơn (hàm phân bố dịch chuyển dần sang phải khi nhiệt độ tăng).

Các kết luận này được thể hiện rõ ràng hơn trong hình 5. Khi nhiệt độ tăng từ 2000 lên 6000 K thì thể tích voronoi trung bình của một nguyên tử O giảm nhẹ từ 15,64 đến 14,97 Å³, còn thể tích voronoi trung bình của một nguyên tử Si tăng từ 7,67 đến 8,97 Å³. Nhưng số lượng nguyên tử Si trong hệ lớn gấp đôi số lượng nguyên tử O, do đó, tổng thể tích của hệ vẫn tăng khi nhiệt độ tăng. Thêm nữa, kết quả chỉ ra trong hình 5 tương tự như hình 1-3, trong khoảng 4500-5000 K thể tích voronoi của một nguyên tử Si tăng đáng kể hơn so với các nhiệt độ khác, điều này chứng minh đây là khoảng nhiệt độ trong hệ xảy ra quá trình chuyển đổi cấu trúc mạnh nhất.

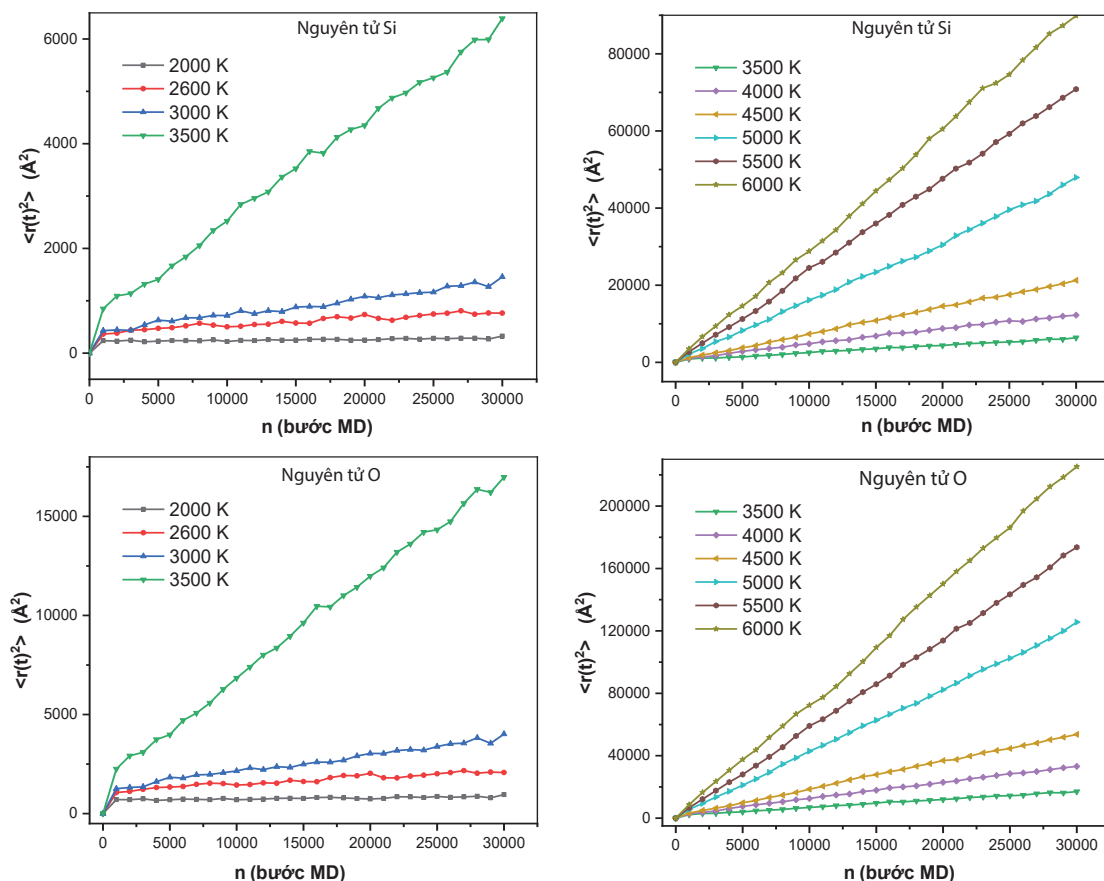
3.2. Hiện tượng không đồng nhất cấu trúc trong silica lỏng khi nhiệt độ tăng

Hình 6 biểu diễn hàm liên kết $F_{\text{link}}(r, t)$ ở các nhiệt độ khác nhau. Như đã thấy, ở dưới 3500 K hàm $F_{\text{link}}(r, t)$ cho các tập hợp NTLĐ (đường đồ thị màu đen), NTKLĐ (đường đồ thị màu đỏ) và NTNN (đường đồ thị màu xanh) rất khác nhau. Tức là, dưới 3500 K, các ĐVCT SiO_x hoặc các miền Dx được phân bố không đồng nhất trong không

gian mô phỏng. Ở nhiệt độ trên 3500 K, các hàm này tiến lại gần nhau hơn. Tại 6000 K, 3 đường đồ thị gần như trùng nhau cho thấy sự phân bố trong không gian của các đơn vị SiO_x hoặc các miền Dx là đồng nhất hơn. Điều này là do các nguyên tử sắp xếp lại mạnh mẽ hơn ở trên 3500 K so với dưới 3500 K. Điều đó cũng có nghĩa là sự không đồng nhất cấu trúc trong silica lỏng chỉ xảy ra ở nhiệt độ dưới 3500 K.

3.3. Động học trong silica lỏng khi nhiệt độ tăng

Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa độ dịch chuyển bình phương trung bình ($\langle r^2(t) \rangle$) của nguyên tử Si và nguyên tử trong hệ SiO₂ lỏng theo thời gian t (bước mô phỏng) được thể hiện ở hình 7. Kết quả cho thấy, các đường cong biểu diễn $\langle r^2(t) \rangle$ của cả nguyên tử Si và O trong khoảng nhiệt độ khảo sát đều có chung 4 đặc điểm sau: thứ nhất, tại một nhiệt độ, mặc dù có sự thăng giáng nhưng nhìn chung độ dịch chuyển bình phương trung bình của nguyên tử Si và O tăng theo thời gian một cách tuyến tính. Nếu xem độ dịch chuyển bình phương trung bình $\langle r^2(t) \rangle$ phụ thuộc vào thời gian bằng một hàm tuyến tính $\langle r^2(t) \rangle = at + b$ thì giá trị của hệ số góc a chính là hệ số tự khuếch tán. Thứ hai, trong từng vùng nhiệt độ 2000-3000, 3500-4500 và 5000-6000 K các đường đồ thị ở gần nhau hơn và có độ dốc khác nhau không



Hình 7. Sự phụ thuộc độ dịch chuyển bình phương trung bình của nguyên tử Si và O vào thời gian mô phỏng ở các nhiệt độ.

hiều. Ở các khoảng nhiệt độ khác nhau thì các đường tách xa nhau và độ dốc khác nhau đáng kể. Chẳng hạn, đường biểu diễn $\langle r^2(t) \rangle$ ở 3000 và 3500 K; 4500 và 5000 K tách xa nhau và có độ dốc khác nhau nhiều. Sự tách nhau của các đường cong trên tương ứng với 3 vùng cấu trúc khác nhau trong ba vùng nhiệt độ I, II và III, kết quả này phù hợp với hình 1-3. Thứ ba, trong cùng một khoảng thời gian, khi nhiệt độ tăng thì nguyên tử chuyển động càng nhanh hơn và do đó độ dịch chuyển bình phương trung bình tăng. Thứ tư, ở cùng một nhiệt độ, trong cùng một khoảng thời gian, so với nguyên tử Si thì nguyên tử O có độ dịch chuyển bình phương trung bình lớn hơn, nghĩa là nguyên tử O trong vật liệu có tính linh động hơn nguyên tử Si. Điều này được giải thích bởi nguyên tử O nhẹ hơn và có bán kính nhỏ hơn nguyên tử Si.

4. Kết luận

Quá trình chuyển đổi cấu trúc, tính chất không đồng nhất cấu trúc và động học trong silica lỏng ở các nhiệt độ trong khoảng 2000-6000 K đã được chúng tôi nghiên cứu bằng phương pháp mô phỏng động lực học phân tử. Các kết quả phân tích chỉ ra:

i/ Silica lỏng tồn tại 3 vùng cấu trúc khác nhau tương ứng với 3 vùng nhiệt độ là I (2000-3000 K), II (3500-4500 K) và III (5000-6000 K). Ảnh hưởng của nhiệt độ đến các đặc trưng của mỗi nguyên tử (năng lượng trung bình, thể tích voronoi, độ dịch chuyển bình phương trung bình) và mỗi domain (thể tích voronoi, tỷ lệ số nguyên tử) trong 3 vùng đó là khác nhau. Ở khoảng nhiệt độ 4500-5000 K thì sự chuyển đổi cấu trúc của vật liệu này là mạnh nhất.

ii/ Ở dưới 3500 K, silica lỏng thể hiện động học không đồng nhất mạnh, cụ thể trong hệ tồn tại vùng mật độ thấp và vùng mật độ cao. Trái lại trên 3500 K, silica thể hiện cấu trúc đồng nhất. Điều này được giải thích như sau: ở nhiệt độ cao nguyên tử Si, O có động năng lớn và do đó độ linh động của chúng cao hơn khi chúng ở nhiệt độ thấp.

iii/ Trong silica lỏng, nguyên tử O linh động hơn nguyên tử Si.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Chương trình nghiên cứu khoa học và công nghệ Trường Đại học Sư phạm, Đại học Thái Nguyên thông qua đề tài mã số CS.2021.17. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Q. Mei, C.J. Benmore, J.K.R. Weber (2007), "Structure of liquid SiO_2 : A measurement by high-energy X-ray diffraction", *Physical Review Letters*, **98**(5), DOI: 10.1103/PhysRevLett.98.057802.

[2] B. Champagnon, V. Martinez, C. Martinet, et al. (2007), "Density and density fluctuations anomalies of SiO_2 glass: Comparison and light scattering study", *Philosophical Magazine & Philosophical Magazine Letters*, **87**(3-5), pp.691-695, DOI: 10.1080/14786430601032345.

[3] P.F. McMillan, B.T. Poe, P.H. Gillet, et al. (1994), "A study of SiO_2 glass and supercooled liquid to 1950 K via high-temperature Raman spectroscopy", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **58**(17), pp.3653-3664, DOI: 10.1016/0016-7037(94)90156-2.

[4] F. Bějina, O. Jaoul (1996), "Silicon self-diffusion in quartz and diopside measured by nuclear micro-analysis methods", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **97**(1-4), pp.145-162, DOI: 10.1016/0031-9201(96)03137-8.

[5] F. Bějina, O. Jaoul (1997), "Silicon diffusion in silicate minerals", *Earth and Planetary Science Letters*, **153**(3-4), pp.229-238, DOI: 10.1016/S0012-821X(97)00190-8.

[6] R. Brückner (1970), "Properties and structure of vitreous silica", *Journal of Non-Crystalline Solids*, **5**(2), pp.123-175, DOI: 10.1016/0022-3093(70)90190-0.

[7] O. Jaoul, F. Bějina, F. Elie (1995), "Silicon self-diffusion in quartz", *Physical Review Letters*, **74**(11), pp.2038-2041.

[8] J. Horbach, W. Kob (1999), "Static and dynamic properties of a viscous silica melt", *Physical Review B*, **60**(5), pp.3169-3181, DOI: 10.1103/PhysRevB.60.3169.

[9] K. Vollmayr, W. Kob, K. Binder (1996), "Cooling-rate effects in amorphous silica: A computer-simulation study", *Physical Review B*, **54**(22), pp.15808-15827, DOI: 10.1103/PhysRevB.54.15808.

[10] J. Horbach (2008), "Molecular dynamics computer simulation of amorphous silica under high pressure", *J. of Physics: Condensed Matter*, **20**(24), DOI: 10.1088/0953-8984/20/24/244118.

[11] R.G.D. Valle, H.C. Andersen (1992), "Molecular dynamics simulation of silica liquid and glass", *The Journal of Chemical Physics*, **97**, pp.2682-2689, DOI: 10.1063/1.463056.

[12] N.V. Hong, N.V. Huy, P.K. Hung (2012), "The correlation between coordination and bond angle distribution in network-forming liquids", *Materials Science-Poland*, **30**, pp.121-130, DOI: 10.2478/s13536-012-0019-y.

[13] P.K. Hung, N.V. Hong, G.T.T. Trang, et al. (2019), "Topological analysis on structure and dynamics of SiO_2 liquid with the help of Si-particle and O-particle statistics", *Materials Research Express*, **6**(8), DOI: 10.1088/2053-1591/ab1c73.

[14] A. Takada, R.G. Bell, C.R.A. Catlow (2016), "Molecular dynamics study of liquid silica under high pressure", *Journal of Non-Crystalline Solids*, **451**, pp.124-130, DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2016.06.005.

[15] P.K. Hung, L.T. Vinh, N.T. Ha, et al. (2020), "Domain structure and oxygen-pockets in the silica melt under pressure", *Journal of Non-Crystalline Solids*, **530**, DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2019.119780.

[16] B.W.H.V. Beest, G.J. Kramer, R.A.V. Santen (1990), "Force fields for silicas and aluminophosphates based on ab initio calculations", *Physical Review Letters*, **64**(16), pp.1955-1958, DOI: 10.1103/PhysRevLett.64.1955.

[17] P.K. Hung, L.T. Vinh, N.V. Hong, et al. (2019), "Insight into micro-structure and dynamics of network forming liquid from the analysis based on shell-core particles", *The European Physical Journal B*, **92**, DOI: 10.1140/epjb/e2019-100255-8.

[18] P.K. Hung, N.T.T. Ha, M.T. Lan, et al. (2013), "Spatial heterogeneous distribution of $\text{SiO}_x \rightarrow \text{SiO}_{x+1}$ reactions in silica liquid", *The Journal of Chemical Physics*, **138**(24), DOI: 10.1063/1.4811491.

Nghiên cứu chế tạo cảm biến khí ở nhiệt độ phòng trên cơ sở vật liệu polypyrrole

Trần Thanh Bình, Luyện Quốc Vương, Hoàng Văn Hán, Giáp Văn Cường,
Nguyễn Thị Quỳnh Hoa, Bùi Văn Dân, Hoàng Thị Hiền, Chu Văn Tuấn*

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, QL39A, xã Dân Tiến, huyện Khoái Châu, tỉnh Hưng Yên, Việt Nam

Ngày nhận bài 13/10/2021; ngày chuyển phản biện 15/10/2021; ngày nhận phản biện 4/11/2021; ngày chấp nhận đăng 9/11/2021

Tóm tắt:

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tổng hợp polypyrrole (PPy) biến tính Dodecylbenzen sulfonic axit (DBSA) có cấu trúc nano định hướng ứng dụng cho cảm biến khí NH_3 hoạt động ở nhiệt độ phòng. Kết quả phân tích cấu trúc hình thái bề mặt và thành phần hóa học của màng PPy được nghiên cứu lần lượt bằng kính hiển vi điện tử quét phân giải cao (FE-SEM), phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR) và UV-Vis. Sản phẩm thu được bằng phương pháp điện hóa với màng PPy có cấu trúc nano, độ dẫn của màng PPy phụ thuộc vào nồng độ chất biến tính DBSA. Các kết quả thu được chứng minh rằng, vật liệu nano PPy là những đối tượng đầy tiềm năng ứng dụng làm lớp vật liệu nhạy cho cảm biến khí.

Từ khóa: cảm biến khí, nhiệt độ phòng, polypyrrole.

Chỉ số phân loại: 2.5

1. Đặt vấn đề

Cùng với sự phát triển kinh tế nhanh chóng thì môi trường tự nhiên, môi trường sống đang bị ô nhiễm nặng nề do các hoạt động công nghiệp và phương tiện cơ giới gây ra ngày càng tăng. Vì vậy, việc phân tích, đánh giá và phát hiện các khí thải độc hại ở nồng độ rất thấp, chính xác, nhanh trực tiếp tại các khu công nghiệp là một yêu cầu đặt ra cho các nhà khoa học, cũng như các công ty có xả khí thải độc hại, các nhà quản lý môi trường [1-3]. Để giảm thiểu được ô nhiễm môi trường không khí, trước hết phải giám sát, đo lường và đánh giá mức độ ô nhiễm. Điều này dẫn đến cần phải có các loại vật liệu nhạy với các tác nhân gây ô nhiễm [1, 4-7]. Đây là một công việc hết sức quan trọng, cần thiết để thúc đẩy sự phát triển công nghệ kiểm tra đánh giá môi trường sống và làm việc lên một tầm cao mới, phù hợp với thực tiễn của Việt Nam. Yêu cầu đó đã thu hút được một lượng khá lớn các nhà khoa học nghiên cứu về vật liệu nanocomposite nhờ sự kết hợp của các chất xúc tác với polyme để tạo ra những đặc tính ưu việt như độ dẫn cao, diện tích bề mặt riêng lớn làm tăng khả năng ứng dụng của loại vật liệu này [2, 3, 5, 7-14].

Nhóm nghiên cứu của S. Abdulla và cs (2015) [8] đã tổng hợp PANi/Au bằng phương pháp trùng hợp hóa học, tiềm năng ứng dụng nâng cao hiệu suất cảm biến khí NH_3 trong khoảng 1-5 ppm với độ nhạy cao 58,2%, thời gian hồi đáp 48 s, thời gian hồi phục 58 s ở nồng độ 1 ppm. Việc phát triển các phương pháp chế tạo vật liệu nano theo hướng đơn giản có ý nghĩa hết sức quan trọng, giúp các nhà nghiên cứu hiểu được cấu trúc điện động lực electron, tính chất hóa - lý

của loại vật liệu này. Đồng thời, thúc đẩy các nghiên cứu định hướng ứng dụng của loại vật liệu cấu trúc nano nhờ vào những tính chất ưu việt của nó về mặt vật lý, hoá học và quang học. Với diện tích bề mặt riêng rất lớn, các cấu trúc điện tử của chúng dễ bị thay đổi do hiệu ứng kích thước [15-18]. Với phương pháp điện hóa đã chế tạo được vật liệu lai cấu trúc nano, điều quan trọng là đưa ra quy trình ổn định, có độ lặp lại cao, với số lượng đủ lớn, điều khiển được hình thái và kích thước mong muốn [15].

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Các thiết bị chính: hệ điện hóa AutoLab PGS302 (Metrohm AutoLab, Hà Lan) để tổng hợp màng vật liệu nano PPy. Máy đo điện trở Keithley 6487 và phần mềm VEE Pro đọc và ghi giá trị điện trở từ máy Keithley 6487, hệ này dùng để khảo sát đặc tính nhạy khí.

2.2. Hóa chất: pyrrole 98% của Hãng Merck (Đức), DBSA 99,5%, Axeton 99,5%, khí N_2 99,9%, khí chuẩn NH_3 có độ sạch 99,99% được mua từ Công ty Air Liquide Group (Singapore).

2.3. Tổng hợp vật liệu nhạy khí: vật liệu nhạy khí được sử dụng là màng vật liệu nano PPy biến tính DBSA. Điện cực sử dụng để chế tạo cảm biến là vi điện cực Pt trên đế Si/ SiO_2 có cấu tạo kiểu răng lược được chế tạo bằng công nghệ vi điện tử truyền thống. Màng vật liệu nano PPy được phủ lên vi điện cực mà chúng tôi thường sử dụng để chế tạo vật liệu nhạy khí có kích thước nanomet là phương pháp điện hóa cyclic voltammetry trong dung dịch HClO_4 và được biến tính bằng DBSA ở các điều kiện khác nhau; khoảng

*Tác giả liên hệ: Email: chuvantuan@utehy.edu.vn

Study on the gas sensor at room temperature based on polypyrrole materials

Thanh Binh Tran, Quoc Vuong Luyen, Van Han Hoang,
Van Cuong Giap, Thi Quynh Hoa Nguyen,
Van Dan Bui, Thi Hien Hoang, Van Tuan Chu*

Hung Yen University of Technology and Education,
Highway 394, Dan Tien Commune, Khoai Chau District, Hung Yen Province, Vietnam

Received 13 October 2021; revised 4 November 2021; accepted 9 November 2021

Abstract:

This paper presents the results of synthesising polypyrrole (PPy) modified Dodecylbenzene sulfonic acid (DBSA) with nanostructures oriented to applications for NH_3 gas sensors operating at room temperature. The outcomes of surface morphology and chemical composition structure analysis of PPy film were studied by field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM), fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), and ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis). The products were obtained by electrochemical method with the nanostructured PPy film, the conductivity of the PPy film depends on the concentration of DBSA denaturant. The experimental results showed that these PPy films have a great potential application as a new sensitive layer for gas sensors.

Keywords: gas sensors, polypyrrole, room temperature.

Classification number: 2.5

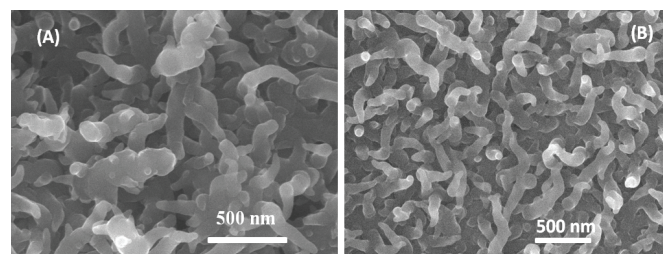
quét 0,2÷1,0 V; số vòng quét là 10; tốc độ quét 0,05 V/s. Trong quá trình điện hoá luôn sục khí N_2 để đuổi khí O_2 trong dung dịch điện ly là tác nhân gây ra phản ứng phụ oxy hoá không mong muốn đối với pyrrole. Sản phẩm sau khi tạo thành màu đen bám chắc lên vi điện cực Pt được rửa sạch bằng nước cất 2 lần, rửa aceton, sấy khô ở nhiệt độ phòng. Để kiểm tra thành phần, các liên kết hóa học, chúng tôi sử dụng FT-IR, UV-Vis và FE-SEM để kiểm tra hình thái bề mặt của màng vật liệu nano PPy.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Hình thái bề mặt của vật liệu PPy

Hình thái bề mặt màng phụ thuộc vào điều kiện tổng hợp và bản chất của chất pha tạp. Hình 1A cho thấy, màng không biến tính có cấu trúc không đồng đều, kích thước các cụm không đều, cỡ vài trăm nanomet đến hàng nghìn nanomet. Khi biến tính với DBSA (hình 1B) màng thu được đồng đều

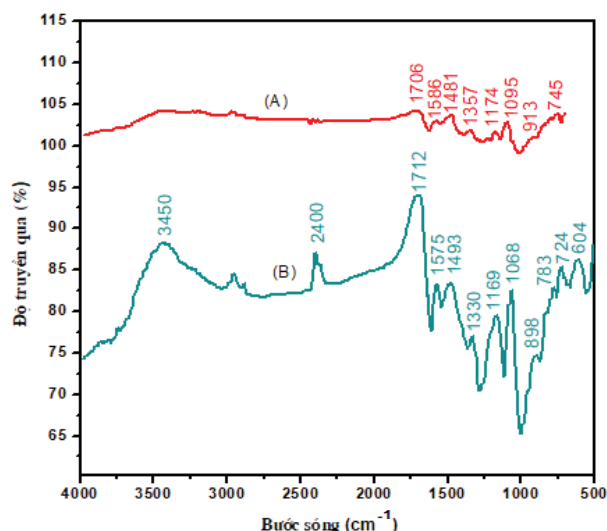
hơn, cấu trúc xếp dạng sợi, có chiều sâu, kích thước nhỏ hơn, cỡ vài trăm nanomet. Cấu trúc kiểu này cho một bề mặt riêng rất lớn. Với cấu trúc vô định hình, sự sắp xếp và liên kết giữa các phân tử và mạch đại phân tử không chặt chẽ. Điều này làm tăng khả năng hấp phụ/giải hấp phụ khí ở những điều kiện đẳng nhiệt nhất định. Khả năng hấp phụ/giải hấp phụ, tính nhạy khí cũng phụ thuộc vào thành phần chất pha tạp, yếu tố làm thay đổi cấu trúc bề mặt của vật liệu [5]. Cấu trúc này đang được quan tâm nghiên cứu và rất thích hợp trong ứng dụng phát triển các cảm biến khí hoạt động ở nhiệt độ phòng.



Hình 1. Ảnh SEM của PPy (A), PPy/DBSA (B).

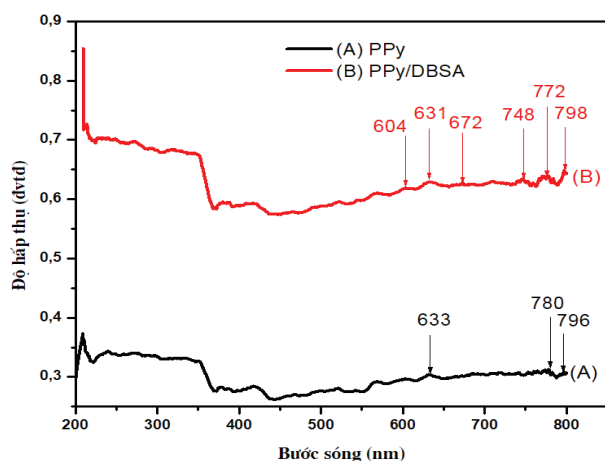
3.2. Đặc trưng cấu trúc điện tử của màng vật liệu PPy

Trên hình 2 là đặc trưng phổ hồng ngoại FT-IR của PPy chưa được biến tính (hình 2A) và đã được biến tính DBSA (hình 2B). Kết quả chỉ ra các đỉnh hấp thụ tại 1586 và 1575 cm^{-1} đặc trưng liên kết cho nhóm $\text{C}=\text{C}$ trong dị vòng pyrrole [16, 17]. Các đỉnh hấp thụ tại 1481 và 1493 cm^{-1} đặc trưng liên kết $\text{C}-\text{C}$ giữa các vòng pyrrole. Hình 2B có dải hấp thụ mạnh tại đỉnh 3450 cm^{-1} đặc trưng cho liên kết $\text{N}-\text{H}$ [5]. Đặc trưng cho liên kết $\text{C}-\text{N}$ trong vòng pyrrole tại các đỉnh 1174 và 1169 cm^{-1} . Mặt khác, trên hình 2B do khả năng hấp thụ mạnh hơn có thể ở đây còn bị ảnh hưởng của nhóm $\text{C}_{12}\text{H}_{25}-\text{SO}_3^-$, do nhóm này cũng hấp thụ tại các đỉnh trên. Đặc trưng cho liên kết $\text{N}-\text{H}$ tại các đỉnh 1095 và 1068 cm^{-1} , ngoài ra trên hình 2B nhận thấy, đỉnh hấp thụ mạnh hơn hẳn có thể do ảnh hưởng của nhóm SO_3^- . Đặc trưng cho liên kết $\text{C}-\text{H}$ trong vòng pyrrole là các đỉnh hấp thụ 913 và 898 cm^{-1} . Đặc trưng cho dao động của vòng pyrrole là các đỉnh 1357 và 1330 cm^{-1} . Khi có chất biến tính DBSA có sự ảnh hưởng tới sự dịch đỉnh hấp thụ của polypyrrole theo hướng mạnh lên. Đỉnh hấp thụ đặc trưng cho liên kết $\text{C}-\text{H}$ trong vòng benzen cũng xuất hiện ở đỉnh 745, 783 và 724 cm^{-1} [16, 17]. Qua phổ FT-IR nhận thấy, đặc trưng của các nhóm liên kết và sự dịch chuyển của các đỉnh phổ cho thấy sự ảnh hưởng của hàm lượng chất biến tính. Quá trình polyme hoá và biến tính polypyrrole đã được thực hiện vì trong phổ của các polypyrrole được biến tính xuất hiện các nhóm chức $-\text{SO}_3^-$ và $\text{R}-\text{SO}_3^-$.



Hình 2. Phổ FT-IR của PPy (A) và PPy/DBSA (B).

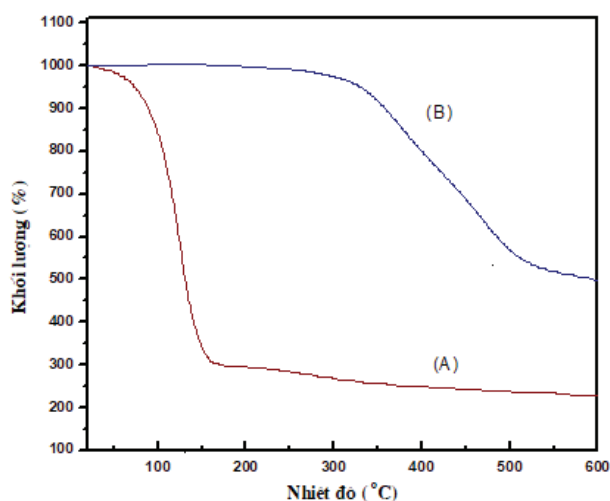
Để nghiên cứu ảnh hưởng của chất pha tạp DBSA đến tính chất của màng PPy, UV-Vis (hình 3) được quan sát trong vùng từ 200 đến 800 nm. Quan hệ cường độ hấp thụ trong phổ thu được khác nhau thể hiện ở độ mạnh yếu của đỉnh phổ được hấp thụ. Các đỉnh phổ hấp thụ đặc trưng cho các dạng oligome có chiều dài khác nhau và các trạng thái polaron và bipolaron hình thành trong quá trình ôxy hoá PPy với chất biến tính DBSA. Kết quả trên hình 3 cũng chỉ ra đỉnh phổ hấp thụ trạng thái polaron của PPy tại 633 nm, khi biến tính với DBSA xuất hiện tại 604, 631 và 672 nm. Ở PPy xuất hiện 2 đỉnh phổ từ rõ rệt tại 780 và 796 nm, khi biến tính với DBSA xuất hiện 3 đỉnh phổ từ trung bình tại 748, 772 và 798 nm [1, 3, 6]. Đặc biệt, đỉnh phổ hấp thụ dạng polaron và bipolaron có độ dịch chuyển bước sóng tăng dần, do đó năng lượng giảm dần theo thứ tự đó, độ linh động bipolaron tăng dần và do đó độ dẫn điện của PPy khi được biến tính với DBSA sẽ cao hơn.



Hình 3. Phổ UV-Vis của PPy (A), PPy/DBSA (B).

3.3. Phân tích nhiệt TGA của vật liệu PPy

Kết quả phân tích nhiệt TGA trên hình 4 cho thấy, PPy phân huỷ qua một giai đoạn chính, bắt đầu ở nhiệt độ 150°C khối lượng PPy suy giảm 75% nhưng khi biến tính với DBSA thì khối lượng chưa suy giảm. Khối lượng PPy biến tính với DBSA bắt đầu suy giảm ở nhiệt độ 275 đến 520°C, khối lượng giảm 48%, khi đó PPy giảm đến 78%. Quá trình mất các phân tử nước bên trong đối với PPy từ 50 đến 200°C, trong khi biến tính với DBSA đến 550°C. Từ kết quả TGA cho thấy, nếu PPy được biến tính DBSA sẽ cho độ bền nhiệt cao hơn, do đó sẽ cho độ ổn định của cảm biến khí được tốt hơn.

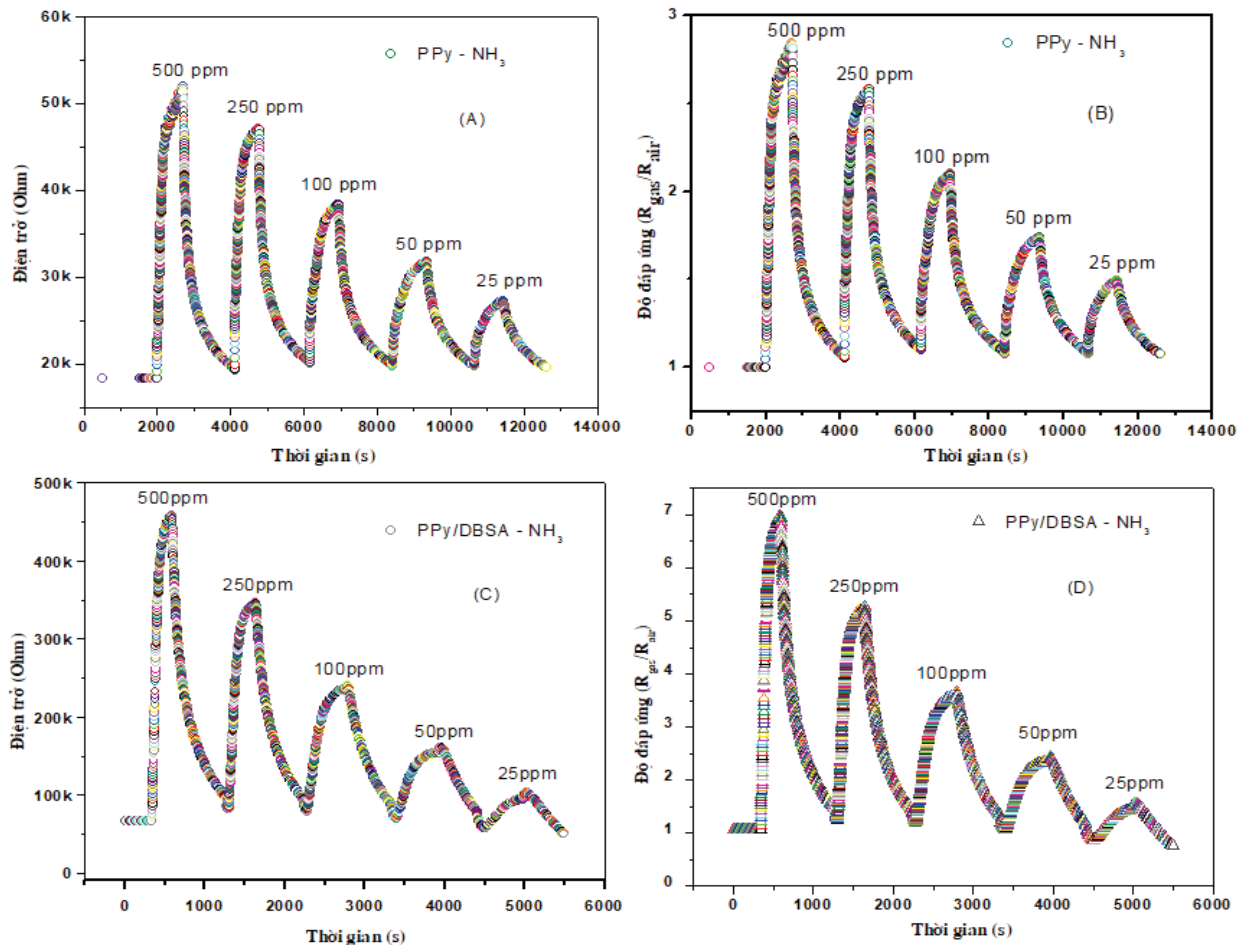


Hình 4. Phân tích nhiệt TGA của PPy (A), PPy/DBSA (B).

3.4. Khảo sát tính chất nhạy khí NH_3 ở nhiệt độ phòng của vật liệu PPy

Sự có mặt của khí NH_3 đã làm thay đổi điện trở của cảm biến trên cơ sở màng nano PPy được tổng hợp bằng phương pháp điện hóa trong dung dịch HClO_4 (hình 5A) được biến tính bằng DBSA (hình 5C). Điện trở của màng nano tăng chậm từ 19 lên đến 38,5 k Ω (hình 5A); tăng từ 73,5 lên đến 240,6 k Ω (hình 5C) khi nồng độ khí NH_3 ở 100 ppm. Do khí NH_3 là chất khử, điện trở của màng nano PPy tăng khi tăng nồng độ của khí NH_3 cho thấy màng nano PPy thuộc bán dẫn loại p.

Trên hình 5(B, D) cho thấy, ở cùng một nồng độ khí NH_3 đưa vào thì độ nhạy của cảm biến với màng nano PPy và màng nano PPy được biến tính với DBSA là khác nhau. Vì NH_3 là khí khử nên sau khi bị hấp thụ và khuếch tán vào màng nano PPy sẽ nhường điện tử cho lỗ trống làm mật độ lỗ trống giảm. Với màng PPy thì mật độ lỗ trống dẫn điện nhỏ nên khả năng nhận điện tử từ khí NH_3 vào màng PPy bị hạn chế dẫn đến độ dẫn giảm ít, hay độ nhạy thay đổi ít, từ 1 đến 2,8 ở nồng độ 500 ± 25 ppm NH_3 (hình 5B). Còn với

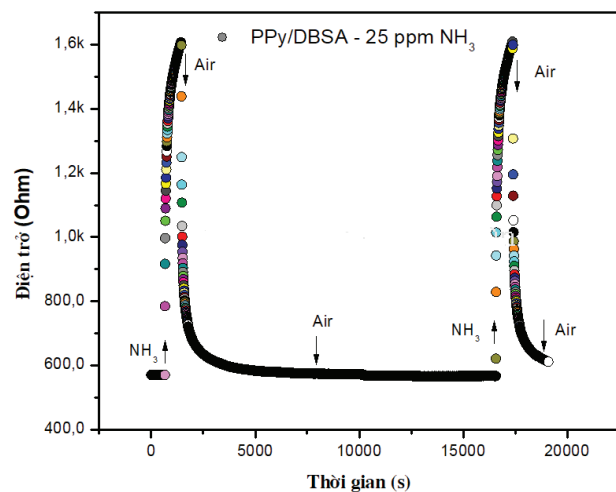


Hình 5. Giảm trở và sự thay đổi điện trở của cảm biến khí NH_3 PPy (A), PPy/DBSA (C); độ đáp ứng của cảm biến khí NH_3 trên cơ sở vật liệu PPy (B), PPy/DBSA (D).

màng PPy được biến tính DBSA, mật độ lỗ trống dẫn điện tăng lên dẫn đến khả năng nhận điện tử từ khí NH_3 vào màng vật liệu cao hơn, làm cho độ nhạy tăng lên, từ 1 đến 7,2 ở nồng độ 500÷25 ppm NH_3 (hình 5D).

Khi thực hiện phép đo động học ở các nồng độ khí khác nhau, cảm biến cho độ đáp ứng và thời gian hồi phục/hồi đáp khác nhau. Quan sát thấy, khi nồng độ khí NH_3 thay đổi 500, 250, 100, 50 và 25 ppm thì thời gian hồi phục/hồi đáp của màng PPy được biến tính với DBSA nhanh hơn so với màng PPy chưa biến tính (hình 5). Khi màng PPy được biến tính DBSA thì hình thái bề mặt màng có cấu trúc dạng sợi nano, với đặc tính xốp có chiều sâu và đường kính nhỏ cũng cho phép các phân tử khí NH_3 khuếch tán vào và ra toàn bộ khối màng vật liệu nano PPy một cách nhanh chóng, điều này phù hợp với hình thái bề mặt chỉ ra ở ảnh SEM (hình 1). Với mục đích sử dụng vật liệu PPy biến tính DBSA để chế tạo cảm biến (tính ổn định của cảm biến rất quan trọng) chúng tôi đã khảo sát ở nồng độ 25 ppm khí NH_3 . Trên hình 6 cho thấy, điện trở của cảm biến ổn định trong thời gian dài 5 tiếng và trở về trạng thái ban đầu. Điều này chứng tỏ rằng,

với vật liệu polyme dẫn thể hiện tính bền nhiệt, tính bền với môi trường để không tự suy giảm độ dẫn, hoàn toàn phù hợp với những lý thuyết về polyme dẫn.



Hình 6. Sự ổn định của cảm biến theo thời gian.

4. Kết luận

Trong bài báo này, màng vật liệu PPy có cấu trúc nano làm lớp nhạy khí NH_3 đã được nghiên cứu. Khi màng PPy được biến tính với DBSA thì độ đáp ứng tăng lên, độ đáp ứng đạt 3,8 với 100 ppm khí NH_3 , khi chưa biến tính thì độ đáp ứng chỉ đạt 2,1. Cảm biến có thể nhạy ở nồng độ tương đối thấp (dưới 25 ppm NH_3). Kết quả thu được cho thấy, khả năng đưa ra thị trường một loại cảm biến khí mới, hoạt động ở nhiệt độ thường, khá ổn định, có độ lặp lại, độ tin cậy cao và độ nhạy tuyến tính với nồng độ khí NH_3 .

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 12/2020/TN. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Weng, J. Zhou, Z. Lin (2010), "Preparation of one-dimensional (1D) polyaniline-polypyrrole coaxial nanofibers and their application in gas sensor", *Synthetic Metals*, **160(11-12)**, pp.1136-1142, DOI: 10.1016/j.synthmet.2010.02.037.
- [2] M. Das, S. Roy (2021), "Polypyrrole and associated hybrid nanocomposites as chemiresistive gas sensors: A comprehensive review", *Materials Science in Semiconductor Processing*, **121**, DOI: 10.1016/j.mssp.2020.105332.
- [3] G.J. Thangamani, K. Deshmukh, N.A. Nambiraj, et al. (2021), "Chemiresistive gas sensors based on vanadium pentoxide reinforced polyvinyl alcohol/polypyrrole blend nanocomposites for room temperature LPG sensing", *Synthetic Metals*, **273**, DOI: 10.1016/j.synthmet.2020.116687.
- [4] A. Hadilsmail, N.A.M. Yahya, M.H. Yaacob, et al. (2020), "Optical ammonia gas sensor of poly(3,4-polyethylenedioxythiophene), polyaniline and polypyrrole: A comparative study", *Synthetic Metals*, **260**, DOI: 10.1098/rsif.2019.0217.
- [5] Y. Yan, G. Yang, J.L. Xu, et al. (2020), "Conducting polymer-inorganic nanocomposite-based gas sensors: A review", *Science and Technology of Advanced Materials*, **21(1)**, pp.768-786, DOI: 10.1080/14686996.2020.1820845.
- [6] B. Liu, X. Liu, Z. Yuan, et al. (2019), "A flexible NO_2 gas sensor based on polypyrrole/nitrogen-doped multiwall carbon nanotube operating at room temperature", *Sensors and Actuators B: Chemical*, **295**, pp.86-92, DOI: 10.1016/j.snb.2019.05.065.
- [7] A. Bora, K. Mohan, D. Pegu, et al. (2017), "A room temperature methanol vapor sensor based on highly conducting carboxylated multi-walled carbon nanotube/polyaniline nanotube composite", *Sensors and Actuators B: Chemical*, **253**, pp.977-986, DOI: 10.1016/j.snb.2017.07.023.

- [8] S. Abdulla, J. Dhakshanamoorthi, V.P. Dinesh, et al. (2015), "Controlled fabrication of highly monodispersed, gold nanoparticles grafted polyaniline (Au@PANI) nanospheres and their efficient ammonia gas sensing properties", *Journal of Biosensors & Bioelectronics*, **6**, DOI: 10.4172/2155-6210.1000165.
- [9] J.H. Kim, A. Mirzaei, H.W. Kim, et al. (2020), "Pd-functionalized core-shell composite nanowires for self-heating, sensitive, and benzene-selective gas sensors", *Sensors and Actuators A: Physical*, **308**, DOI: 10.1016/j.sna.2020.112.011.
- [10] Y. Qin, J. Zang, Z. Wen (2020), "Synergistic functionalization of aligned silicon nanowires by Ag nanoparticles&PPy wrapping for improving gas-sensing response at high humidity level", *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, **118**, DOI: 10.1016/j.physe.2020.113957.
- [11] S. Sayegh, J.H. Lee, D.H. Yang, et al. (2021), "Humidity-resistant gas sensors based on SnO_2 nanowires coated with a porous alumina nanomembrane by molecular layer deposition", *Sensors and Actuators B: Chemical*, **344**, DOI: 10.1016/j.snb.2021.130302.
- [12] H.T. Hien, H.T. Giang, N.V. Hieu, et al. (2017), "Elaboration of Pd-nanoparticle decorated polyaniline films for room temperature NH_3 gas sensors", *Sensors & Actuators B: Chemical*, **249**, pp.348-356, DOI: 10.1016/j.snb.2017.04.115.
- [13] N.H. Metwally, G.R. Saad, E.A.A.E. Wahab (2019), "Grafting of multivalled carbon nanotubes with pyrazole derivatives: Characterization, antimicrobial activity and molecular docking study", *International Journal of Nanomedicine*, **4**, pp.6645-6659, DOI: 10.2147/IJN.S182699.
- [14] N.S. Alghunaim (2016), "Optimization and spectroscopic studies on carbon nanotubes/PVA nanocomposites", *Results in Physics*, **6**, pp.456-460, DOI: 10.1016/j.rinp.2016.08.002.
- [15] G.R. Li, Z.P. Feng, J.H. Zhong, et al. (2010), "Electrochemical synthesis of polyaniline nanobelts with predominant electrochemical performances", *Macromolecules*, **43(5)**, pp.2178-2183, DOI: 10.1021/ma902317k.
- [16] M.H.A. Rehim, A.M. Youssef, H.A. Said, et al. (2016), "Polyaniline and modified titanate nanowires layer-by-layer plastic electrode for flexible electronic device applications", *RSC Advances*, **6**, pp.94556-94563, DOI: 10.1039/C6RA18748J.
- [17] A.T. Mane, S.T. Navale, S. Sen, et al. (2015), "Nitrogen dioxide (NO_2) sensing performance of p-polypyrrole/n-tungsten oxide hybrid nanocomposites at room temperature", *Org. Electron.*, **16**, pp.195-204, DOI: 10.1016/j.orgel.2014.10.045.
- [18] H. Mao, Y. Li, X. Liu, et al. (2011), "The application of novel spindle-like polypyrrole hollow nanocapsules containing Pt nanoparticles in electrocatalysis oxidation of nicotinamide adenine dinucleotide (NADH)", *J. Colloid Interface Sci.*, **356(2)**, pp.757-762, DOI: 10.1016/j.jcis.2011.01.004.

Nghiên cứu khả năng sử dụng xỉ luyện thép làm chất trợ dung khử tạp chất của gang lỏng trong quy trình tiền xử lý

Nguyễn Cao Sơn*

Viện Khoa học và Kỹ thuật Vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1 Đại Cồ Việt, phường Bách Khoa, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 4/5/2021; ngày chuyển phản biện 7/5/2021; ngày nhận phản biện 28/5/2021; ngày chấp nhận đăng 1/6/2021

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, xỉ luyện thép được chuẩn bị và phối trộn với CaO tạo ra chất trợ dung trước khi đưa vào trong gang lỏng để đánh giá khả năng khử tạp chất của xỉ. Gang được nấu chảy trong lò cảm ứng trung tần trước khi nạp 0,3 kg chất trợ dung gồm có xỉ và CaO vào lò. Thí nghiệm thực hiện với 2 điều kiện khác nhau là có và không có khí Argon bảo vệ trên bề mặt gang lỏng. Sau khoảng thời gian 10 phút tính từ thời điểm nạp chất trợ dung, xỉ và gang được lấy mẫu để phân tích thành phần. Kết quả cho thấy, thí nghiệm trong điều kiện thổi và không thổi khí Argon có ảnh hưởng rõ rệt đến khả năng khử lưu huỳnh (S) của gang lỏng khi sử dụng xỉ luyện thép làm chất khử. Khi không có khí bảo vệ, khả năng khử S của gang chỉ là 19%. Trong khi đó, 38% S trong gang lỏng được khử bỏ khi có khí Argon bảo vệ trên bề mặt gang lỏng. Mặc dù vậy, khả năng khử photpho (P) là chưa hiệu quả trong cả hai điều kiện thí nghiệm. Bên cạnh đó, hàm lượng sắt (Fe) trong xỉ đã giảm bởi oxit sắt trong gang bị hoàn nguyên một phần.

Từ khóa: chất trợ dung, gang lỏng, khí Argon, xỉ.

Chỉ số phân loại: 2.5

1. Đặt vấn đề

Khi luyện thép, lò thổi thải ra một lượng xỉ rất lớn, cần được tái sử dụng để hạn chế những ảnh hưởng không mong muốn đến môi trường. Thành phần chủ yếu của xỉ gồm các oxit như CaO, SiO₂, MgO, P₂O₅, FeO..., theo đó, xỉ có thể tái sử dụng như nguồn nguyên liệu thứ cấp cho một số công nghệ như thiêu kết, luyện gang, luyện thép hoặc sử dụng như chất trợ dung trong quá trình khử tạp chất trong gang [1]. Bên cạnh đó, nếu xỉ có hàm lượng nguyên tố P cao thì xỉ có thể tái sử dụng để làm nguyên liệu cho ngành sản xuất phân bón [2]. Ngoài ra, một giải pháp khác trong tái sử dụng xỉ là làm chất trợ dung trong công nghệ tiền xử lý gang lỏng: xỉ luyện thép được sử dụng như một chất khử đưa vào gang lỏng trước khi chuyển sang lò thổi luyện thép [3].

A. Hernandez và cs (1998) [4] đã nghiên cứu khả năng khử S trong gang lỏng với chất trợ dung có thành phần gồm CaO-SiO₂-CaF₂-FeO-Na₂O. Kết quả khẳng định, khử S trong gang đạt hiệu quả nếu chất trợ dung có hàm lượng CaO cao và thành phần FeO thích hợp. Xi luyện thép lò thổi chứa một lượng CaO và FeO nhất định, do đó xỉ có thể sử dụng để khử tạp chất trong gang lỏng. Nghiên cứu của N.S. Hur và cs (2004) [5] chỉ ra rằng, xỉ luyện thép kết hợp với CaF₂ làm chất trợ dung là hiệu quả trong tiền xử lý gang lỏng.

Tuy nhiên, nghiên cứu khả năng khử tạp chất S trong

tiền xử lý gang lỏng sử dụng xỉ luyện thép lò thổi chưa đầy đủ. Đặc biệt, môi trường lò chứa gang lỏng trong tiền xử lý ảnh hưởng đến khử tạp chất S chưa được quan tâm. Bên cạnh đó, quá trình khử tạp chất P trong gang và sự thay đổi thành phần Fe trong xỉ vẫn chưa được đánh giá trong điều kiện môi trường lò khác nhau. Do đó, khử tạp chất trong gang lỏng với công nghệ tiền xử lý bằng xỉ luyện thép cần được nghiên cứu để hiểu rõ về ảnh hưởng của môi trường lò chứa gang lỏng trong tiền xử lý đến khả năng khử tạp chất S và P.

2. Quy trình thí nghiệm

Xi luyện thép được lấy từ Công ty Cổ phần thép Hòa Phát. Gang được phân tích thành phần bằng máy quang phổ phát xạ Metal LAB 75/80J MVU-GNR (Italia). Thành phần hóa học của gang và thành phần khoáng vật của xỉ được thống kê tương ứng ở bảng 1 và 2.

Bảng 1. Thành phần hóa học của gang.

	C	Si	Mn	P	S
% khối lượng	3,26	2,29	0,54	0,086	0,054

Bảng 2. Thành phần khoáng vật của xỉ luyện thép.

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MnO	FeO
% khối lượng	5,32	1,18	9,56	1,26	54,24	5,66	13,97

*Email: son.nguyencao@hust.edu.vn

Study the ability of using basic oxygen furnace slag as a flux for removing impurities from liquid iron in a pre-treatment process

Cao Son Nguyen*

School of Materials Science and Engineering, Hanoi University of Science and Technology,
1 Dai Co Viet Street, Bach Khoa Ward, Hai Ba Trung District, Hanoi, Vietnam

Received 4 May 2021; revised 28 May 2021; accepted 1 June 2021

Abstract:

In this study, a flux, mixture of basic oxygen furnace (BOF) slag and CaO powder, was investigated the ability of the slag recycling in a pre-treatment process. The first step of the experimental procedure was to melt iron using a high-frequency induction furnace, then 3 kg of flux was embedded into the metal. There were two kinds of experimental conditions including with and without Argon gas protection of the furnace. After ten minutes from the moment of adding the flux, the metal and slag samples were taken out for chemical composition analysis. The results showed that Sulphur (S) content of the iron significantly decreased by 38% and 19% with and without the Argon gas protection, respectively. Meanwhile, the Phosphorus (P) content of the iron was concluded to be independent of the conditional experiments. Besides, the Fe content of the slag decreased in both cases of experiments.

Keywords: Argon gas, flux, liquid iron, slag.

Classification number: 2.5

Quy trình thí nghiệm được bắt đầu với giai đoạn nấu chảy 10 kg gang thỏi trong lò cảm ứng trung tần. Sau khi nấu chảy, gang lỏng được giữ trong khoảng thời gian 2 phút để đồng đều thành phần và nhiệt độ. Bước tiếp theo, nạp 0,3 kg chất khử gồm có xỉ luyện thép và vôi với tỷ lệ 1:1 vào trong gang lỏng. Thời gian giữ gang lỏng cùng với chất khử là 10 phút. Môi trường lò giữ trong 2 điều kiện khác nhau để đánh giá khả năng khử S và P. Thí nghiệm 1 ứng với mẫu S1, miệng lò có thổi Argon bảo vệ trong suốt quá trình để hạn chế không khí tiếp xúc với gang lỏng. Lưu lượng thổi khí Argon là 300 ml/phút. Trong khi đó, thí nghiệm 2 không tiến hành thổi Argon bề mặt gang lỏng ứng với mẫu S2. Bước cuối cùng là ngắt điện lò cảm ứng để gang và xỉ nguội cùng lò. Mẫu xỉ và gang được phân tích và kiểm tra thành phần. Thành phần hóa học của mẫu gang được kiểm

tra bằng máy quang phổ phát xạ. Thành phần của xỉ được xác định bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) kết hợp vi phân tích thành phần bằng phổ nguyên tố (EDS).

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Vai trò của môi trường lò với khí bảo vệ đối với khả năng khử tạp chất S trong gang

Bảng 3 cho biết thành phần hóa học của các mẫu gang ban đầu, mẫu S1 và mẫu S2. Kết quả cho thấy, ảnh hưởng rõ ràng của môi trường lò với khí bảo vệ đến hàm lượng Si của 2 mẫu gang. Khi thổi khí bảo vệ, phản ứng oxy hóa xảy ra hạn chế, dẫn đến hàm lượng Si trong gang không giảm sâu. Theo đó, hàm lượng Si trong gang giảm 1,44% (từ 2,69 xuống 1,25%). Trong khi đó, đối với mẫu S2, phản ứng oxy hóa Si xảy ra thuận lợi dẫn đến hàm lượng Si giảm rõ rệt. Hàm lượng Si còn lại sau 10 phút phản ứng là 0,43%.

Bảng 3. Thành phần hóa học mẫu gang sau thí nghiệm.

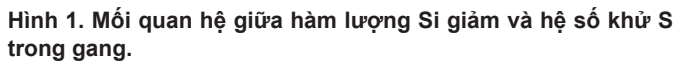
Mẫu phân tích	Thành phần gang (%)			
	C	Si	S	P
S1	1,96	1,25	0,034	0,0865
S2	2,02	0,43	0,044	0,0861

Mối quan hệ giữa hàm lượng Si trong gang và hệ số khử S ở các điều kiện thí nghiệm khác nhau được mô tả như ở hình 1. Hệ số khử S trong gang lỏng được tính theo công thức sau:

$$\eta = \frac{m_o}{m_l} (\%)$$

trong đó: η là hệ số khử S trong gang lỏng; m_o là lượng S ban đầu trong gang; m_l là lượng S trong gang lỏng sau phản ứng.

Hình 1 cho thấy, nếu hàm lượng Si trong gang giảm nhiều hơn trong mẫu S1 (hàm lượng Si trong mẫu S1 giảm là 1,44%, trong mẫu S2 giảm là 2,26%) thì mức độ khử S trong gang lỏng tốt hơn so với mẫu S2. Theo đó, hệ số khử S của mẫu S1 lớn hơn rõ rệt so với mẫu S2. Cụ thể, với khí Argon bảo vệ, hệ số khử S trong gang đạt giá trị là 38%, trong khi nếu không có khí bảo vệ thì hệ số khử S chỉ là 19%. Điều đó có nghĩa là khả năng khử S đạt hiệu quả cao hơn trong môi trường oxy hóa bị hạn chế. Đối với mẫu S2, phản ứng oxy hóa xảy ra thuận lợi hơn dẫn đến hàm lượng SiO₂ tăng lên, kết quả là độ kiềm đơn của xỉ (CaO/SiO₂) giảm. Do đó, quá trình khử S trong gang lỏng không thuận lợi. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của F.M. Stephen (2009) [6], theo đó, phản ứng oxy hóa Si trong gang làm giảm khả năng khử S. Một nguyên nhân khác dẫn đến khả năng khử S giảm là do áp suất riêng phần của O tăng khi hàm lượng SiO₂ trong xỉ cao.



3.2. Tạp chất P trong gang và các nhân tố ảnh hưởng

$$2[\text{P}]+5[\text{O}]+4(\text{CaO})=4(\text{CaO}).\text{P}_2\text{O}_5 \quad (1)$$

Kết quả phân tích các mẫu sau thí nghiệm cho thấy, hàm lượng P gần như không thay đổi (hình 2). Như vậy, quá trình khử P không đạt hiệu quả mặc dù độ kiềm cao trong môi trường oxy hóa (mẫu S2). Nguyên nhân dẫn đến khả năng khử tạp chất P của gang không đạt hiệu quả được cho là do oxy hóa P không xảy ra một cách thuận lợi. Hình 2 cho thấy tương quan giữa hàm lượng P và Si trong gang. Si bị oxy hóa, trong khi P không thay đổi nhiều. Điều đó có nghĩa là phản ứng oxy hóa xảy ra với nguyên tố Si trước. ái lực hóa học của Si với oxy lớn hơn của P nên Si có khả năng phản ứng với oxy trước. Hay nói cách khác, nguyên tố Si “cướp” oxy trước, dẫn đến hạn chế khả năng oxy hóa khử P trong gang. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của

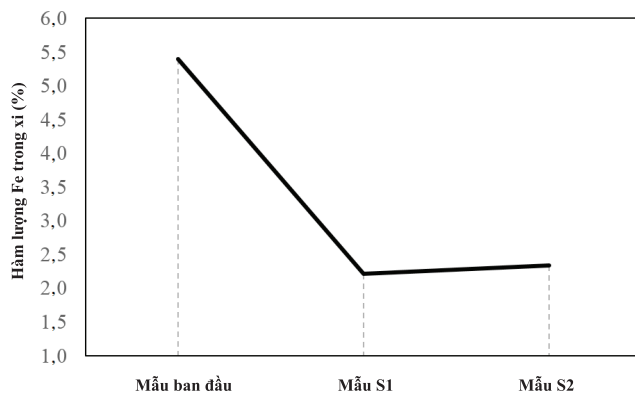
Mẫu	Hàm lượng Si trong gang lông (%)
Mẫu ban đầu	~2.7
Mẫu S1	~1.25
Mẫu S2	~0.45

3.3. Hoàn nguyên oxit sắt trong xỉ luyện thép

	Fe	Mn	Si
% Khối lượng	10,80	4,35	3,01

Trong nghiên cứu này, hàm lượng Fe trong xỉ được phân tích trước và sau thí nghiệm. Hàm lượng Fe trong xỉ ban đầu là 10,8% (hình 3). Xi luyện thép phối trộn CaO với tỷ lệ bằng nhau, tạo thành chất khử trước khi cho vào gang lỏng, khi đó, thành phần chất khử có hàm lượng Fe là 5,4%. Hàm lượng Fe trong chất trợ dung thay đổi được mô tả trong hình 4. Kết quả cho thấy, hàm lượng Fe trong chất trợ dung chứa xỉ và CaO đã giảm mạnh; hàm lượng Fe đã giảm từ 5,4% xuống xấp xỉ 2,1% ở cả hai điều kiện thí nghiệm S1 và S2. Tuy nhiên, mẫu xỉ S1 và S2 không có sự khác biệt lớn về hàm lượng Fe còn trong xỉ. Như vậy, môi trường lò

được khẳng định không ảnh hưởng nhiều đến khả năng hoàn nguyên của oxit sắt trong xỉ.



Hình 4. Hàm lượng Fe trong xỉ sau phản ứng khử tạp chất.

Từ kết quả giảm hàm lượng Fe trong xỉ, phản ứng hoàn nguyên oxit sắt được khẳng định đã xảy ra. Kết quả này khẳng định giải pháp giảm lượng Fe trong xỉ luyện thép khi hoàn nguyên oxit sắt. Fe sau hoàn nguyên đã đi vào trong gang lỏng. Phản ứng hoàn nguyên oxit sắt được mô tả như trong (2) và (3). Trong đó, chất hoàn nguyên có thể là Si và C trong gang lỏng.



4. Kết luận

Xỉ luyện thép có thể được sử dụng trong quá trình tiền xử lý gang lỏng như một chất khử tạp chất. Ảnh hưởng của môi trường lò đến khả năng khử tạp chất trong gang với xỉ luyện thép làm chất trợ dung là rõ rệt. Một số kết luận được đưa ra như sau:

1. Hàm lượng S trong gang lỏng giảm 38% trong điều kiện thổi khí Argon bảo vệ trên bề mặt gang lỏng. Khi không thổi khí bảo vệ, hệ số khử S trong gang chỉ đạt 19%. Với môi trường không có khí bảo vệ, nguyên tố Si trong gang bị oxy hóa tạo ra SiO_2 đi vào xỉ, dẫn đến khả năng khử S trong gang giảm.

2. Hàm lượng P không thay đổi so với hàm lượng của P ban đầu trong gang ở cả 2 điều kiện thí nghiệm. Khả năng khử P của gang lỏng được khẳng định là chưa hiệu quả cho dù có/không có khí Argon bảo vệ.

3. Hàm lượng Fe trong xỉ thu được sau phản ứng là 2,1%. Hàm lượng này đã giảm xuống rõ rệt so với 5,4% Fe có trong xỉ ban đầu. Do đó, oxit sắt trong xỉ được cho là đã hoàn nguyên một phần và đi vào trong gang.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện nhờ sự hỗ trợ tài chính từ đề tài có mã số 2020-PC-23094. Tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Reuter, Y. Xiao, U. Boin (2004), "Recycling and environmental issues of metallurgical slags and salt fluxes", *International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts*, pp.349-356.
- [2] H. Motz, J. Geiseler (2001), "Products of steel slags an opportunity to save natural resources", *Waste Management*, **21**(3), pp.285-293, DOI: 10.1016/S0956-053X(00)00102-1.
- [3] J. Yang, K. Okumura, M. Kuwabara, et al. (2002), "Desulfurization of molten iron with magnesium vapor produced in-situ by aluminothermic reduction of magnesium oxide", *ISIJ International*, **41**(7), pp.685-693, DOI: 10.2355/isijinternational.42.685.
- [4] A. Hernández, A. Romero, F. Chavez, et al. (1998), "Dephosphorization and desulfurization pretreatment of molten iron with $\text{CaO-SiO}_2\text{-CaF}_2\text{-FeO-Na}_2\text{O}$ slags", *ISIJ International*, **38**(2), pp.126-131, DOI: 10.2355/isijinternational.38.126.
- [5] N.S. Hur, S.M. Jung, B.C. Ban (2004), "Dephosphorization and desulphurization pretreatment of liquid iron using CaF_2 -free fluxes containing BOF slags", *Process Metallurgy - Ironmaking*, **75**(12), pp.778-782, DOI: 10.1002/srin.200405842.
- [6] F.M. Stephen (2009), *Improvement of The Desulfurization Process by Slag Composition Control in The Ladle Furnace*, University of Technology, 66pp.
- [7] K.J. Barker, C.D. Blumenschein, B. Bowman, et al. (1995), *The Making, Shaping and Treating of Steel*, Pittsburgh, 767pp.

Nghiên cứu ảnh hưởng của hệ thống quang học trong hệ thống kiểm tra chất lượng trên dây chuyền sản xuất sản phẩm y tế ứng dụng thị giác máy tính

Đậu Sỹ Hiếu*, Đoàn Quang Mỹ Hân, Tạ Chiu Hỷ, Lê Nguyễn An Khang, Khẩu Nguyễn Thành Đạt

Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, phường 14, quận 10, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 2/12/2021; ngày chuyển phản biện 6/12/2021; ngày nhận phản biện 20/12/2021; ngày chấp nhận đăng 27/12/2021

Tóm tắt:

Thị giác máy tính là một trong các công nghệ mang tới giải pháp kiểm soát chất lượng một cách tự động với tốc độ và độ chính xác cao. Việc ứng dụng thị giác máy tính chỉ có thể đạt được hiệu quả cao với một hệ thống quang học được thiết kế tối ưu, nhằm cung cấp cho hệ thống thị giác máy tính ảnh đầu vào đã được tối ưu hóa dữ liệu bằng cách hiển thị rõ ràng trên ảnh các lỗi hoặc sai sót trên sản phẩm. Với mục đích phân tích tầm quan trọng của ảnh đầu vào có chất lượng cao, bài báo cung cấp các giải pháp quang học cho bài toán kiểm lỗi bằng thị giác máy tính trên dây chuyền đóng gói lọ vắc-xin và dao mổ dùng một lần. Đồng thời, bài báo cũng đưa ra các đánh giá về tầm quan trọng của việc sử dụng hệ thống quang học được thiết kế tối ưu riêng cho hệ thống kiểm tra sản phẩm trên dây chuyền.

Từ khóa: kiểm định, lọ chứa vắc-xin, máy học, quang học, thị giác máy tính.

Chỉ số phân loại: 2.6

1. Đặt vấn đề

Đối với các dây chuyền sản xuất, mục tiêu hàng đầu là tìm ra giải pháp tối ưu cho bài toán sản lượng - chất lượng nhằm đáp ứng yêu cầu của thị trường. Trong khâu kiểm tra chất lượng sản phẩm, việc sử dụng nhân lực thủ công có nhược điểm về tính chủ quan cao, giới hạn thời gian, số lượng trong một lần kiểm tra và khó có thể thực hiện trên toàn bộ dây chuyền đang được sản xuất. Đồng thời, việc sử dụng nhân lực trực tiếp cũng dẫn tới gia tăng chi phí.

Sự phát triển của phần cứng và độ linh hoạt của công nghệ thị giác máy tính với độ chính xác cao ngày càng thể hiện tính hiệu quả về kinh tế, độ ổn định cho nhiều ngành sản xuất. Thị giác máy tính trong nhiều dây chuyền sản xuất đã thể hiện sự vượt trội của mình về độ chính xác và tính ổn định của kết quả so với nhân công. Tuy nhiên, để đạt được độ chính xác và độ ổn định cao, việc thiết kế các hệ thống thị giác máy tính cho dây chuyền phải được tối ưu ngay từ các bước đầu tiên, chính là bước thu nhận ảnh [1]. Một vài nghiên cứu trong những năm gần đây đã chỉ rõ tính hiệu quả của việc ứng dụng các kỹ thuật quang học trong sản xuất dây chuyền hoặc các sản phẩm từ các vật liệu khác nhau, một trong những vật liệu có tính thách thức nhất là vật liệu trong suốt như nhựa trong hoặc thủy tinh [2, 3].

Ảnh đầu vào cần phải được thu nhận từ một hệ thống quang học được thiết kế riêng nhằm làm nổi bật các đặc

trưng của lỗi cần kiểm tra. Tùy thuộc vào mục đích, đặc điểm riêng của vật cần kiểm tra (hình dạng, vật liệu, kích thước) mà hệ thống chiếu sáng, loại camera, ống kính và chế độ thu nhận hình ảnh sẽ được thiết kế và chọn lựa một cách tối ưu. Điều này sẽ giúp các bước xây dựng phần mềm kiểm lỗi đạt được tốc độ và độ chính xác đáp ứng yêu cầu thị trường. Để chọn nguồn sáng cho phù hợp, cần xác định được những lỗi có thể xảy ra trong quá trình sản xuất, sau đó dựa vào hình dáng, vật liệu của sản phẩm để áp dụng nguồn sáng, phương thức chiếu sáng phù hợp. Trong nghiên cứu này, đối tượng được sử dụng gồm các sản phẩm phụ trợ trong y tế là lọ vắc-xin thủy tinh. Bối cảnh vắc-xin có thân cấu tạo bằng thủy tinh bên trong chứa chất lỏng trong suốt, do đó độ ảnh hưởng từ ánh sáng bên ngoài cũng là một vấn đề đáng được quan tâm. Đồng thời, đối với lọ vắc-xin, việc kiểm tra chất lượng nhãn dán trên thân lọ (bề mặt cong) với thông tin sản phẩm và mã vạch cũng là một yêu cầu quan trọng trong sản xuất.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng lọ thủy tinh nắp cao su 12 ml thông dụng có trên thị trường để làm đối tượng khảo sát. Đối tượng sẽ được khảo sát các đặc trưng vật lý, trích xuất các thông tin về chất lượng hoàn thiện trong việc đóng chai và lưu trữ sản phẩm bao gồm: kiểu dáng, kích thước mẫu,

*Tác giả liên hệ: Email: dausyhiu@hcm.ut.edu.vn

Studying the effect of optical system in quality control system of the medical instruments production applying computer vision

Sy Hieu Dau*, Quang My Han Doan, Chiu Hy Ta, Nguyen An Khang Le, Nguyen Thanh Dat Khau

Ho Chi Minh city University of Technology,
268 Ly Thuong Kiet, Ward 14, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 2 December 2021; revised 20 December 2021; accepted 27 December 2021

Abstract:

Computer vision is a solution to increase speed and accuracy in defect detection. The application of computer vision can only be highly effective with an optimally designed optical system that provides the computer vision system with data-optimised input images by displaying clearly on the photo the fault or defect on the product. To analysing the importance of high-quality input images, this paper provides optical solutions to the problem of computer vision error checking on the vaccine vial packaging line and single-use scalpel. At the same time, the authors will evaluate the critical needs of using a customised optical system for quality inspection on an assembly line.

Keywords: computer vision, inspection, machine learning, optics, vaccine vial.

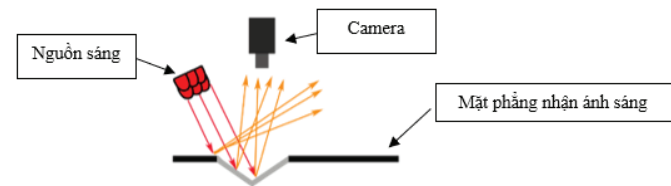
Classification number: 2.6

dung tích chất trong lọ mẫu, độ toàn vẹn của mẫu, đóng nắp kín. Ngoài ra, các thông tin của nhãn chai bao gồm: hình dạng, kích thước, vị trí nhãn, độ toàn vẹn của nhãn, thông tin chi tiết trên nhãn, chất lượng mực in, màu sắc quy định cũng được tăng cường.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

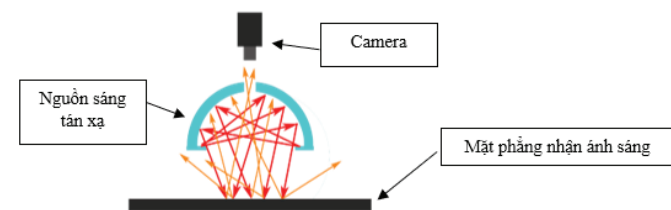
Chiếu sáng trường tối: là phương pháp ứng dụng hiệu ứng tán xạ ánh sáng nhằm làm nổi bật những kết cấu bất thường trên một bề mặt đồng nhất. Nguồn sáng được bố trí sao cho chỉ có những tia tán xạ từ những điểm bất thường mới có thể lọt vào ống kính. Hình ảnh nhận được của kỹ thuật trường tối sẽ là một vùng sáng của chi tiết bất thường trên nền tối là mặt phẳng. Kỹ thuật này rất thích hợp để làm rõ các lỗi có kích thước nhỏ hoặc độ sâu không quá lớn so với bề mặt. Để hiệu quả, hướng chiếu của ánh sáng nguồn sẽ tạo một góc thấp so với bề mặt và nằm ngoài khu vực góc phản xạ bề mặt tới camera (hình 1). Bước sóng được sử

dụng cũng cần được chọn lựa dựa vào kích thước và vật liệu của khu vực lỗi cần làm nổi bật.



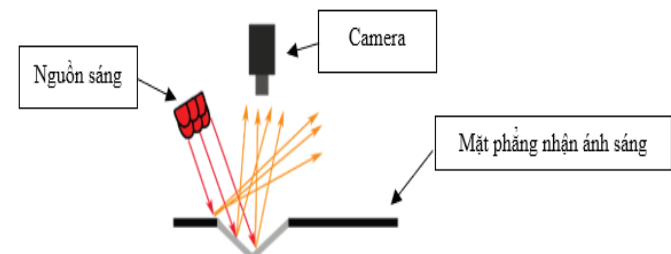
Hình 1. Phương pháp chiếu sáng trường tối.

Chiếu sáng tán xạ đều: nguyên lý của kỹ thuật tán xạ đều là thay vì sử dụng nguồn sáng chiếu trực tiếp lên vật, ta sử dụng nguồn ánh sáng tán xạ đều từ một bề mặt nhám. Ánh sáng từ bề mặt tán xạ đến bề mặt cần chiếu sáng theo nhiều hướng với cường độ sáng gần như nhau (hình 2). Kỹ thuật này nhằm tránh sự phản xạ mạnh tại một góc bề mặt nếu vật cần kiểm tra có bề mặt phản xạ mạnh hoặc hình dạng không bằng phẳng (bề mặt kim loại, bề mặt bao bì bằng nhôm...). Hình ảnh thu được từ phương pháp chiếu sáng này có trường sáng đều, bất kể bề mặt cần chiếu sáng có thể lồi lõm hay làm từ vật liệu phản xạ mạnh. Tuy nhiên, bề mặt tán xạ cần được thiết kế phù hợp với mỗi sản phẩm để đạt được kết quả tối ưu.



Hình 2. Phương pháp chiếu sáng tán xạ đều.

Chiếu sáng từ phía sau: chỉ dùng cho các đối tượng được làm từ vật liệu cho ánh sáng truyền qua hoặc có cấu tạo cạnh là đối tượng cần kiểm tra. Nguồn sáng được đặt phía sau vật so với camera (hình 3). Phương pháp này cho ra hình ảnh có độ tương phản cao, hình ảnh biên của vật trên được phân định rõ ràng, phù hợp để đo đặc kích thước và kiểm tra tổng quan hình dạng vật [3].



Hình 3. Phương pháp chiếu sáng từ phía sau.

2.3. Thiết bị nghiên cứu

Camera và lens: thiết bị thu nhận hình ảnh được sử dụng trong bài báo này gồm camera có độ phân giải 5 M (2448x2048 pixels, độ sâu ảnh là 8 bit) và lens. Kích thước vật lý của pixel là 3,45x3,45 μm được sử dụng xuyên suốt bài báo này. Chế độ thu nhận hình ảnh mono được sử dụng ở hệ thống quang học này vì khả năng giảm thiểu hiệu ứng sai sắc đến mức tối thiểu, ngoài ra, dữ liệu thu được sẽ giảm nhiều do chỉ cần ghi nhớ và xử lý giá trị hình ảnh ở mức Grayscale hoặc Binary. Hệ giá trị trên hình ảnh chỉ gồm đen cho đến trắng và các giá trị xám ở giữa (đối với ảnh Grayscale), tức là chỉ lưu trữ giá trị cường độ sáng trên từng điểm ảnh. Từ đó, tối ưu hóa dữ liệu so với hình ảnh màu có nhiều thông số, ví dụ như hệ RGB (Red, Green, Blue) [4].

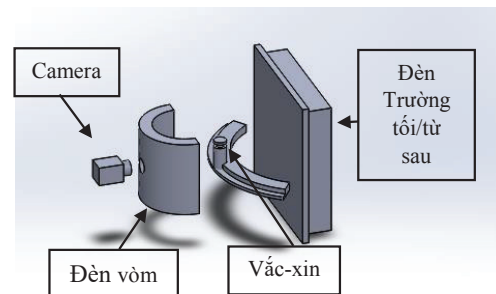
Hệ chiếu sáng: bao gồm nhiều đèn ứng dụng các kỹ thuật nêu trên, mỗi đèn là tập hợp của nhiều LED (Led luxeon có công suất tối đa là 1 W) được điều khiển bằng chế độ xung với độ rộng từ vài chục đến vài trăm micro giây mỗi khi hoạt động, cường độ dòng điện hoạt động của mỗi đèn nằm trong khoảng 300-350 mA.

Bộ điều khiển LED: một số nghiên cứu gần đây về hệ chiếu sáng trong thị giác máy tính đã nhận ra ưu điểm của việc kích hoạt LEDs theo từng xung điện một thay vì mở LEDs liên tục [5]. Để hoạt động được dưới dạng xung, nhóm tác giả sử dụng bộ điều khiển LED với cơ chế phát dòng điện ổn định qua LED. Bằng cách này, có thể thay đổi được độ rộng xung nhằm đảm bảo cường độ sáng đồng đều mỗi lần chụp mẫu. Xung phát được đồng bộ với thời gian mở màn trập của camera khi chụp ảnh. Bên cạnh đó, thời gian hoạt động của LEDs được rút lại còn rất ngắn, giảm đến mức tối thiểu nhiệt lượng sinh ra trong quá trình sử dụng và tăng tuổi thọ cho đèn khi sử dụng xung để điều khiển đèn LEDs lên một cách đáng kể.

Đèn vòm: đèn có thiết kế hình trụ rỗng, kích thước 13x11,3 cm, bán kính trong 5 cm. Đèn có hình dáng của đồng dạng hình học với hình dáng của lọ vắc-xin, nhờ vậy ánh sáng chiếu từ đèn phủ đều bề mặt của lọ thủy tinh. Bên trong là các LEDs được chia đều cho 2 bên, đảm bảo trường ánh sáng đến lọ vắc-xin là đều nhau. Mặt trong đèn được phủ một lớp màu đỏ, khi ánh sáng trắng đi từ LEDs đến đèn thì chỉ ánh sáng đỏ được phản xạ, các màu còn lại thì xuyên qua hoặc bị hấp thụ, vì vậy đèn phát ra ánh sáng màu đỏ. Ánh sáng đỏ phát ra từ đèn bị hấp thụ bởi phần màu xanh lá lẫn màu đen trên nhãn và phản xạ bởi phần màu trắng, cho ra độ tương phản tốt nhất trên ảnh. Bên cạnh đó, sự hấp thụ của màu đỏ của nhãn màu xanh lá cũng đóng góp cho việc kiểm tra tính chính xác về màu sắc trên nhãn chai.

Kích thước của đèn được thiết kế dựa theo kích thước trường ảnh của camera, để không phần đèn nào phạm vào trường ảnh thu nhận và vùng kiểm tra (Region of interest - ROI) khi chụp ảnh. Trường ảnh của camera trong bài báo này có kích thước 9x6 cm, khoảng cách từ lỗ camera đến vật là 7,5 cm. Ngoài ra, vị trí của lỗ chụp đảm bảo vật chụp nằm ở trọng tâm ảnh, tránh sự bóp méo ảnh thường xuất hiện ở biên.

Đèn trường tối/từ phía sau: đây là một hệ chiếu sáng gồm 2 đèn được thiết kế nhập vào nhau để kết hợp chụp 2 phương pháp chiếu sáng từ phía sau và chiếu sáng trường tối. Sử dụng chế độ phát xung liên tiếp của bộ điều khiển LED để chuyển đổi giữa 2 chế độ chụp chiếu sáng theo xung được phát ra từ bộ điều khiển, hệ có thể chụp liên tiếp 2 ảnh với 2 chế độ khác nhau trong thời gian chênh lệch ngắn. Khi đó, vị trí vật trong ảnh sẽ gần như nhau, từ đó giảm thiểu sai lệch khi xử lý, nâng cao hiệu quả so sánh kết quả xử lý khi ảnh được chụp tại cùng một vị trí với thời điểm rất gần nhau. Việc kết hợp 2 loại đèn này đồng thời giảm thiểu không gian diện tích của đèn. Hệ đảm bảo cho ra trường sáng như nhau ở mọi điểm trên bề mặt đèn, cả hệ được đặt gần với vật nhất có thể để tận dụng được tối đa hiệu ứng của đèn.



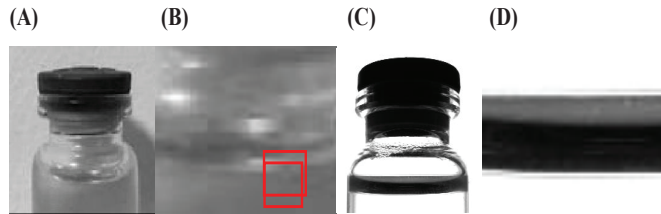
Hình 4. Hệ quang học được tối ưu hoá cho lọ vắc-xin.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Đánh giá hiệu quả của phương pháp chiếu sáng từ phía sau

Kỹ thuật chiếu sáng từ phía sau tạo độ tương phản tốt ở các vùng có khả năng hấp thụ ánh sáng mạnh và ngược lại. Điều này tạo điều kiện phát hiện lỗi ở một số đối tượng có những vùng hấp thụ ánh sáng và những vùng cho ánh sáng truyền qua nằm kế nhau trên vật thể. Trường hợp nhà sản xuất muốn đo lường và kiểm tra sự xuất hiện của mực nước trong lọ vắc-xin, thủy tinh và nước trong lọ đều là vật liệu cho phép ánh sáng xuyên đi qua, tuy nhiên, tại vùng biên của các mặt phẳng như bề mặt nước và vùng biên lọ có đường tiếp tuyến vuông với mặt phẳng đèn chiếu từ phía sau. Các tia sáng đi từ đèn từ phía sau khi đi đến các vùng này bị bề cong khỏi đường đi thông thường và không đến

được camera. Điều này làm tối các vùng biên trên hình ảnh thu nhận được. Nhờ vậy ta có thể nhận diện và phân biệt các vùng ý nghĩa trên hình ảnh thu được nhờ các ảnh biên tối màu này (hình 5).

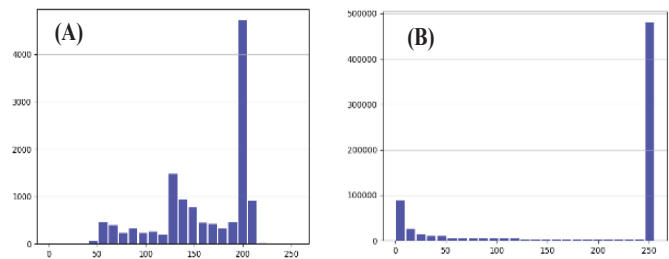


Hình 5. Ảnh chụp bằng ánh sáng môi trường và hình ảnh chụp bằng phương pháp chiếu sáng từ phía sau.

So sánh ảnh chụp trong điều kiện sử dụng ánh sáng môi trường và ảnh chụp bằng phương pháp chiếu sáng từ phía sau tại cùng một vị trí trên ảnh, ảnh chụp trong điều kiện ánh sáng môi trường, không được tối ưu qua hệ quang học (hình 5A) cho ra kết quả hình ảnh nhoè, không rõ biên, thông tin ánh sáng trong ảnh nhiều nặng do các phản xạ, tán xạ từ ánh sáng môi trường ngoài gây ra (hình 5B). Với tương phản thấp, gần như không thể tách được biên của mực nước chính xác để phân tích kết quả. Ngược lại, hình ảnh chụp bằng phương pháp chiếu sáng từ phía sau (hình 5C) cho ra kết quả hình ảnh vùng mực nước có độ tương phản so với vùng xung quanh là rõ rệt, giá trị cường độ sáng của các pixel ở vị trí biên của mực nước so với nền có độ lệch cao (hình 5D). Tạo điều kiện thuận lợi đối với việc trích xuất đặc trưng biên của mực nước bằng các thuật toán xử lý ảnh đơn giản.

Nền của ảnh được chụp với ánh sáng môi trường không có trường sáng đều nên ảnh có tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thấp. Khi đối chiếu với lược đồ Histogram, sự chênh lệch của mật độ pixel trên cường độ sáng pixel trên ảnh không cao. Điều này cho thấy, độ tương phản giữa vùng có mực nước và lọ thủy tinh thấp, gây khó khăn khi thực hiện tìm lỗi sai mực nước bằng các phương pháp xử lý ảnh.

Đối với ảnh sử dụng phương pháp chụp từ phía sau, vì nền ảnh được sử dụng là một nguồn sáng được thiết kế để tạo trường sáng có cường độ sáng đều ở phần nền nên tỷ lệ giữa tín hiệu trên nhiễu sẽ tăng. Khi đối chiếu với lược đồ Histogram thu được các vùng có giá trị cường độ sáng tách biệt (hình 6). Vì vậy, độ tương phản của mực nước và vùng nắp chai được tách biệt hoàn toàn với các vùng khác trong ảnh, khi thực hiện xử lý lỗi trên vùng mực nước có thể thực hiện lấy ngưỡng đơn để phân vùng ảnh một cách đơn giản. Hơn nữa, số lượng dữ liệu xử lý trên ảnh sẽ giảm, nhóm đã thiết kế thuật toán xử lý ảnh thu được với thời gian xử lý trung bình 0,06 giây trên một sản phẩm đối với lỗi sai mực nước.



Hình 6. Đồ thị Histogram tương ứng với 2 ảnh trên.

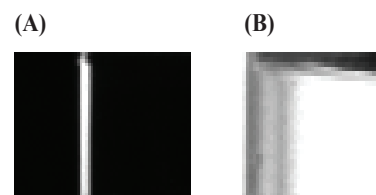
3.2. Đánh giá hiệu quả của phương pháp chiếu sáng trường tối

Kỹ thuật chiếu sáng trường tối có góc chiếu xạ nhỏ tập trung vào vùng biên vật thể, tạo hiệu ứng tăng cường ở vùng biên của vật. Điều này tạo điều kiện phát hiện lỗi ở vùng biên và những vết nứt xuất hiện trên bề mặt sản phẩm (hình 7).



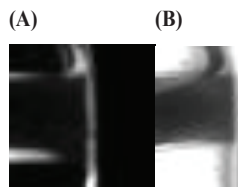
Hình 7. Ảnh chụp lọ vắc-xin bằng phương pháp trường tối và từ phía sau.

Với phương pháp trường tối, thành của lọ vắc-xin tạo thành một biên đơn lẻ có vùng sáng đều, độ dày mỏng, mép của biên ảnh có chênh lệch cường độ sáng so với nền ảnh cao, tạo độ tương phản lớn (hình 7.1A). Ở phương pháp từ phía sau, bởi vì mặt phẳng của nền sáng đằng sau lớn hơn hẳn so với lọ nên có nhiều tia sáng đi từ nền sáng đến thành lọ, vì vậy thành lọ có biên mờ và dày hơn hẳn (hình 7.1B).



Hình 7.1. Hình ảnh phóng to của chi tiết thành lọ ở ảnh chụp lọ vắc-xin.

Khi đặt vật ngay trước đèn từ phía sau, ảnh biên thu được sẽ là ảnh gần nhất với kích thước thật của lọ. Bên cạnh đó, vì bề mặt lọ là một mặt phẳng cong cho phép ánh sáng đi qua có chiết suất khác so với không khí, mặt phẳng này khúc xạ ánh sáng đi từ nền đèn đến camera. Do khoảng cách từ đèn khá xa (7,5 cm), ảnh nhận được của biên lọ là ảnh giả [6]. Vì vậy, trong trường hợp nếu muốn sử dụng vùng biên ảnh để lấy kích thước của lọ, trường tối là phương pháp thích hợp.



Hình 7.2. Hình ảnh phóng to của chi tiết mực nước tiếp xúc tại thành lọ ở ảnh chụp lọ vắc-xin.

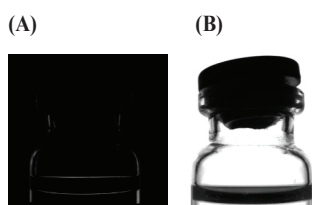
Phương pháp này tuy cho kết quả ảnh biên sắc nét và có độ tương phản cao hơn so với phương pháp từ phía sau. Tuy nhiên, mực nước không khép kín tại thành lọ do cấu trúc thành cong vào trong nên ánh sáng truyền về tại vùng này ít (hình 7.2A). Việc này khiến quá trình đóng bao khép kín mực nước là không thể. Vì vậy, ưu tiên kết quả hình ảnh của phương pháp từ phía sau, nhờ mực nước được khép kín tại thành lọ (hình 7.2B).

Tổng quan mực nước ở lọ, 2 phương pháp trường tối và từ phía sau đều tạo độ tương phản của mực nước tốt so với vùng ảnh xung quanh. Ở trường tối, tuy ánh sáng ở đường biên phía trên của mực nước thực chất là ánh sáng phản xạ từ phần cổ lọ, tạo nên một biên giả tại vị trí này nhưng phần biên dưới của mực nước vẫn là biên thật, phần biên này được sử dụng để so sánh với cổ lọ, từ đó đánh giá mực nước trong lọ (hình 7.3) [7, 8].



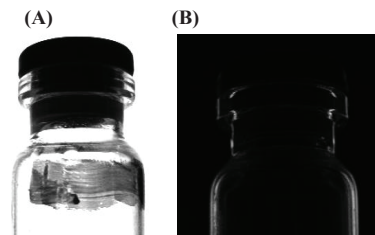
Hình 7.3. Hình ảnh phóng to của chi tiết mực nước của lọ ở ảnh chụp lọ vắc-xin.

Song song với việc kiểm tra lỗi trên thân lọ, bảo đảm chất lượng của vắc-xin trong lọ là việc không thể bỏ qua trong việc kiểm định chất lượng sản phẩm. Một yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của vắc-xin là việc lọ vắc-xin được đóng kín. Trên ảnh chụp một lọ vắc-xin có lỗi nắp chai bị hở, phương pháp chiếu sáng từ phía sau cho thấy rõ tình trạng của nắp lọ vắc-xin. Nhờ vậy, ta có thể kiểm tra tình trạng của nắp chai (hình 8).



Hình 8. Ảnh nắp chai bị hở trên lọ vắc-xin với phương pháp chiếu sáng trường tối (A) và chiếu sáng từ phía sau (B).

Bên cạnh đó, trong quá trình sản xuất công nghiệp, mẫu vật có thể bị bẩn, hình ảnh thu được từ phương pháp chụp từ phía sau có thể bị nhầm lẫn thành mực nước, tạo thành mực nước giả. Từ đó tạo ra các trường hợp gây sai sót trong quá trình kiểm tra như tạo vị trí giả khi vết bẩn nằm trùng lên hoặc ở vị trí khác so với vị trí của mực nước thật hoặc gây kiểm soát thiếu khi vết bẩn nằm ở vị trí mực nước thật ở chai không có nước (hình 8A).

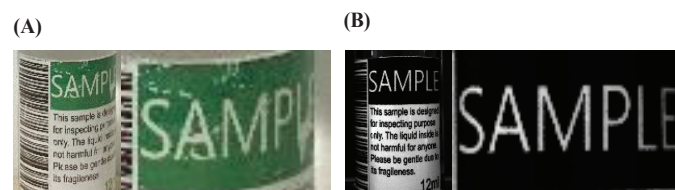


Hình 9. Ảnh mực nước giả với phương pháp chiếu sáng từ phía sau (A) và chiếu sáng trường tối (B).

Khi sử dụng đồng thời 2 phương pháp chụp trường tối và từ phía sau, ta có thể đồng thời kiểm tra cho nhiều trường hợp lỗi khác nhau tại cùng một vị trí chụp trên ảnh (hình 9). Vì ảnh chụp trường tối chỉ tác động làm tăng cường độ biên của mực nước còn ảnh chụp từ phía sau cho ra vòng bao khép kín của mực nước, ta có thể loại bỏ các trường hợp sản phẩm có lỗi mực nước giả như trên. Nhóm đã xây dựng một thuật toán so sánh kiểm tra kết quả phân tích ảnh chụp giữa 2 phương pháp nhằm loại bỏ trường hợp nhầm lẫn mực nước.

3.3. Đánh giá hiệu quả của phương pháp chiếu sáng tán xạ đều

Hiệu ứng ánh sáng do đèn tán xạ cho ra trường sáng đều trên bề mặt của vật thể. Vì vậy, kỹ thuật này thích hợp khi kiểm tra lỗi trên bề mặt hoặc trong trường hợp nhà sản xuất muốn đọc số mã vạch hoặc trích xuất ký tự trên bao bì sản phẩm. Kỹ thuật chiếu sáng này cũng phù hợp với cấu tạo khối hình trụ của lọ vắc-xin, nhờ nguyên lý tán xạ đều mà cấu tạo của đèn tán xạ có thể được thay đổi để phù hợp với cấu tạo của vật. Vì vậy, thiết kế đèn vòm là nguồn sáng có thể chiếu sáng đều trên bề mặt nhãn được dán trên thành cong của lọ và camera thu được hình ảnh bao bì có trường sáng đều (hình 10).



Hình 10. Ảnh chụp nhãn chai bằng ánh sáng môi trường (A) và được chụp bằng phương pháp tán xạ đều (B).

4. Kết luận

Hệ quang học được thiết kế đã cho ra kết quả hình ảnh đầu vào của hệ thống thị giác máy tính trong kiểm định đã được tối ưu hoá. Hình ảnh đầu vào của hệ thống có chất lượng thông tin tốt hơn khi các chi tiết gây nhiễu từ môi trường ngoài được loại bỏ và các đối tượng lỗi cần được chú ý được làm nổi bật. Ngoài ra, việc sử dụng bộ điều khiển LEDs phát đèn theo xung đã làm giảm tối đa nhiễu ảnh không mong muốn đến từ môi trường bên ngoài. Điều này làm giảm thời gian kiểm định trong toàn bộ dây chuyền, giúp nâng cao hiệu suất và độ chính xác trong khâu kiểm định sản phẩm đầu ra, tiết kiệm được chi phí nhân lực và giảm thiểu sai sót ở mức dễ và khá. Từ đó, chứng minh được tầm quan trọng của một hệ quang học được tối ưu hoá riêng cho dây chuyền kiểm định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] N. Rahmatov, A. Paul, F. Saeed, et al. (2019), "Machine learning-based automated image processing for quality management in industrial internet of thing", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, **15**(10), DOI: 10.1177/1550147719883551.

[2] N.A. Rawashdeh, J.M. Abu-Khalaf, W. Khraisat, et al. (2018), "A visual inspection system of glass ampoule packaging defects: Effect of lighting configurations", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, **31**(9), pp.848-856, DOI: 10.1080/0951192x.2018.1447145.

[3] I. Jahr (2006), "Lighting in machine vision", *Handbook of Machine Vision*, Wiley-VCH, pp.73-203, DOI: 10.1002/9783527610136.ch3.

[4] K.S. Kwon, S. Ready (2014), "Basics of machine vision", *Practical Guide to Machine Vision Software*, Wiley-VCH, pp.1-15, DOI: 10.1002/9783527682775.

[5] W.K. Lin, C.M. Uang, P.C. Wang, et al. (2013), "Led strobe lighting for machine vision inspection", *Int. Symposium on Next-Generation Electronics (ISNE)*, pp.345-346, DOI: 10.1109/isne.2013.6512362.

[6] Edmund Optics (2019), "Silhouetting illumination in machine vision", <https://www.edmundoptics.eu/knowledge-center/application-notes/illumination/silhouetting-illumination-in-machine-vision/>, accessed 15 June 2021.

[7] K.J. Pithadiya, C.K. Modi, J.D. Chauhan (2010), "Machine vision based liquid level inspection system using ISEF edge detection technique", *10th Proc. of The Int. Conf. and Workshop on Emerging Trends in Technology (ICWET)*, pp.601-605, DOI: 10.1145/1741906.1742044.

[8] S.Y. Wang, J. Tan, X.C. Yin, et al. (2010), "Machine vision system for inspecting surgical blades", *Advanced Materials Research*, **139-141**, pp.2067-2071, DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.139-141.2067.

QUY ĐỊNH VỀ BÀI BÁO ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

Yêu cầu chung

Bài báo gửi đăng trên Tạp chí phải là bài báo nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài báo trên các tạp chí khác cho đến khi có quyết định xét duyệt của Ban Biên tập.

Bài báo dài không quá 10 trang (bao gồm cả bảng biểu, ghi chú, tài liệu tham khảo và phụ lục); font chữ: Times New Roman; cỡ chữ 13; khổ giấy A4, lề trên 2 cm, lề dưới 2 cm, lề trái 3 cm, lề phải 2 cm.

Bài báo gửi qua Hệ thống gửi bài trực tuyến tại địa chỉ https://b.vjst.vn/index.php/ban_b/about/submissions hoặc có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, phường Trung Hòa, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam) hoặc qua hòm thư điện tử: khoahocvacaongnghevietnam@most.gov.vn.

Cấu trúc của các loại bài báo khác nhau có thể thay đổi tùy theo loại hình nghiên cứu và nội dung của bài báo. Sau đây là chi tiết các thành phần chính của bài báo.

Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, in đậm, không gạch chân hay viết nghiêng.
- Tên bài báo phải ngắn gọn, rõ ràng và phù hợp với nội dung bài báo.
- Phía dưới tên bài báo là tên tác giả không viết chức danh và học hàm, học vị. Nếu có nhiều tác giả làm việc ở các cơ quan khác nhau thì tên tác giả được đánh số ^(1,2,...) ở phía trên. Dấu hoa thị (*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.
- Khi liệt kê cơ quan công tác của tác giả, cần nêu rõ tên cơ quan và địa chỉ cơ quan (số nhà, tên đường, phường, quận, thành phố, quốc gia) bằng tiếng Việt và tiếng Anh.

Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh (khoảng 160-250 từ). Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khóa bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet (ít nhất 3 từ khóa). Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

1. Đặt vấn đề/Dẫn nhập/Mở đầu

Định nghĩa vấn đề; tóm lược vấn đề nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước, nêu mục tiêu nghiên cứu và giải thích sự lựa chọn đề tài và mục tiêu nghiên cứu để thấy được tính thời sự, tính khoa học và sự cần thiết của vấn đề nghiên cứu.

2. Đối tượng/Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu cần trình bày tiêu chuẩn lựa chọn, đặc điểm đối tượng nghiên cứu. Phương pháp nghiên cứu cần nêu rõ cách tiếp cận nghiên cứu, loại hình nghiên cứu, phương pháp đo lường, công thức tính cỡ mẫu, phương pháp xử lý số liệu, mô tả kỹ các kỹ thuật tiến hành trong nghiên cứu; các quan điểm, lập luận, ý kiến tranh luận, các dẫn chứng...

3. Kết quả

Trình bày đầy đủ, khách quan các kết quả thu được sau nghiên cứu, các kết quả này phải phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu. Các số liệu phải chính xác và khớp với nhau.

Phân kết quả nghiên cứu chỉ trình bày các kết quả nghiên cứu của đề tài, không giải thích, so sánh và bàn luận.

4. Bàn luận (phần này có thể gộp với phần kết quả)

Chủ yếu bàn luận các vấn đề liên quan đến mục tiêu đề tài. Nhận xét, đánh giá một cách khách quan các kết quả nghiên cứu, có so sánh với các tác giả khác để khẳng định hoặc phủ định những hiểu biết đã có, qua đó nêu được những điểm mới và đóng góp của đề tài. Dự báo hướng nghiên cứu tiếp và khả năng ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

5. Kết luận

Nêu kết quả nghiên cứu chủ yếu của đề tài có tính khái quát liên quan đến mục tiêu nghiên cứu, đề xuất các vấn đề tiếp tục nghiên cứu.

LỜI CẢM ƠN (nếu có)

Tác giả cảm ơn các tổ chức/cá nhân đã tài trợ kinh phí hoặc hỗ trợ cho nghiên cứu.

Phụ lục (nếu có)

Đăng tải bảng số liệu, thông tin để hỗ trợ thêm cho nội dung bài báo.

Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện ^(1, 2, 3,...) và được trình bày ngay ở cuối trang viết (footnote). Các tài liệu tham khảo được đánh số theo thứ tự xuất hiện để chỉ dẫn chúng được trích dẫn ở đâu trong bài báo. Số thứ tự được đánh trong ngoặc vuông, ví dụ: [3] với một hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

- Lưu ý:
- Đối với trích dẫn trong bài báo: tài liệu tham khảo có nhiều hơn một tác giả chỉ để tên tác giả đầu tiên và cộng sự, viết tắt là cs, ví dụ: T.V. Nguyen và cs (năm xuất bản) [thứ tự trong danh mục tài liệu tham khảo].
 - Đối với danh mục tài liệu tham khảo cuối bài: tài liệu tham khảo bằng tiếng Anh, các tài liệu không phải tiếng Anh cần được dịch sang tiếng Anh và chú thích ở cuối câu, ví dụ: (in Vietnamese), (in French)...
 - Tài liệu tham khảo là các đường link cần bổ sung ngày truy cập.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập(số)**, trang/số trang/trang đầu-trang cuối (nếu có), số DOI (nếu có), URL (nếu có), ngày truy cập (ghi rõ ngôn ngữ nào nếu không phải tài liệu bằng tiếng Anh).

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn: liệt kê đầy đủ tên tác giả (chữ viết tắt đưa lên trước) với những tài liệu tham khảo có ≤3 tác giả; liệt kê 3 tác giả đầu tiên và theo sau là "et al." khi có từ 4 tác giả trở lên.

Năm xuất bản: năm xuất bản của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Tên tài liệu được trích dẫn: là tên bài báo, chương/phần sách... (chỉ viết hoa chữ cái đầu, trừ tên riêng và sau dấu hai chấm), viết trong ngoặc kép.

Tên nguồn có thể là tên tạp chí, tên sách, hay tên tài liệu gốc của tài liệu được trích dẫn (phần này được *in nghiêng*), viết hoa chữ cái đầu tiên của mỗi từ chính.

Tập(số): dành cho nguồn trích là tạp chí, sách hoặc các xuất bản phẩm khác (phần này **in đậm**).

Trang/số trang/trang đầu-trang cuối phản ánh nơi cư trú của tài liệu được trích dẫn trong tài liệu nguồn.

Nếu có ≥2 tài liệu tham khảo do cùng tác giả đầu tiên và cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a, 1986b...).

Nếu có một số tài liệu tham khảo có cùng 1 bài báo được trích dẫn có số trang khác nhau thì cần trích dẫn thêm số trang, ví dụ: A. Amber (1982, p.39).

Chi tiết vui lòng xem thêm tại: https://b.vjst.vn/index.php/ban_b/quy-dinh-bai-viet.

Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Toà soạn không trả lại bản thảo.
- Bài viết chỉ được đăng khi phản biện nhận xét về chất lượng bài báo đồng ý cho đăng.
- Bản quyền: tác giả đồng ý trao bản quyền bài viết (bao gồm cả phần tóm tắt) cho Ban Biên tập Tạp chí.

Quy định này áp dụng từ năm 2022 trở đi.

PHÂN LOẠI LĨNH VỰC KHOA HỌC

1. Khoa học tự nhiên

- 1.1. Toán học và thống kê
- 1.2. Khoa học máy tính và thông tin
- 1.3. Vật lý
- 1.4. Hóa học
- 1.5. Khoa học trái đất và môi trường
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học nano
- 1.8. Khoa học tính toán
- 1.9. Các lĩnh vực khác của khoa học tự nhiên

2. Khoa học kỹ thuật và công nghệ

- 2.1. Kỹ thuật dân dụng; kỹ thuật kiến trúc; kỹ thuật xây dựng; kỹ thuật kết cấu và đô thị; kỹ thuật giao thông vận tải; kỹ thuật thủy lợi; kỹ thuật địa chất công trình
- 2.2. Kỹ thuật điện, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật thông tin
- 2.3. Kỹ thuật cơ khí, chế tạo máy
- 2.4. Kỹ thuật hóa học
- 2.5. Kỹ thuật vật liệu và luyện kim
- 2.6. Kỹ thuật y học
- 2.7. Kỹ thuật môi trường
- 2.8. Công nghệ sinh học công nghiệp
- 2.9. Công nghệ nano
- 2.10. Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống
- 2.11. Các lĩnh vực khác của khoa học kỹ thuật và công nghệ

3. Khoa học y - dược

- 3.1. Y học cơ sở
- 3.2. Y học lâm sàng
- 3.3. Y học dự phòng
- 3.4. Dược học
- 3.5. Các lĩnh vực khác của khoa học y - dược

4. Khoa học nông nghiệp

- 4.1. Trồng trọt
- 4.2. Chăn nuôi
- 4.3. Thú y
- 4.4. Lâm nghiệp
- 4.5. Thủy sản
- 4.6. Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản
- 4.7. Các lĩnh vực khác của khoa học nông nghiệp

5. Khoa học xã hội và nhân văn

- 5.1. Tâm lý học
- 5.2. Kinh tế và kinh doanh
- 5.3. Khoa học giáo dục
- 5.4. Xã hội học
- 5.5. Pháp luật
- 5.6. Khoa học chính trị
- 5.7. Địa lý kinh tế và xã hội
- 5.8. Thông tin đại chúng và truyền thông
- 5.9. Lịch sử và khảo cổ học
- 5.10. Ngôn ngữ học và văn học
- 5.11. Triết học, đạo đức và tôn giáo
- 5.12. Nghiên cứu về khu vực và quốc tế
- 5.13. Các lĩnh vực khác của khoa học xã hội và nhân văn

TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

Volume 64 - Number 3 - March 2022

Nghiên cứu các đặc tính quang học và vật lý của sol khí tại một khu vực đô thị ở Hà Nội.

Nguyễn Đức Lương, Bùi Thị Hiếu, Văn Hùng Vỹ, Phạm Thị Thùy

Nghiên cứu thành phần hóa học nguồn nước phục vụ bảo tồn gen và phát triển chuỗi giá trị bò H'mông ở miền núi phía Bắc.

Vũ Thị Minh Hồng, Đỗ Thị Hải

Điều tra thành phần loài và kinh nghiệm sử dụng cây ăn được của đồng bào Thái tại huyện Sốp Cộp, tỉnh Sơn La.

Nguyễn Thị Vân Anh, Nguyễn Văn Dư, Hà Tuấn Anh, Bùi Văn Thanh, Trần Thị Liên, Nguyễn Tiến Dũng

Nghiên cứu xác định các vùng EST-SSR đặc trưng của loài sâm Ngọc Linh (*Panax vietnamensis* Ha & Grushv) bằng phương pháp giải trình tự gen thế hệ mới.

Nguyễn Thị Phương Trang, Nguyễn Hùng Mạnh, Bùi Thị Thu Hà

Nghiên cứu thực nghiệm xác định sức kháng cắt còn lại của dầm bê tông cốt thép nhíp ngắn đã bị ăn mòn cốt đai.

Nguyễn Huy Cường, Đinh Hữu Tài, Nguyễn Công Hậu

Xác định độ bền nén lệch tâm phẳng của cột bê tông cốt thép có sử dụng tro bay.

Sykhampha Vongchith, Nguyễn Trường Thắng

Nghiên cứu chế tạo thử nghiệm máy phát điện ma sát nano dựa trên hai vật liệu Teflon và nhôm công nghiệp.

Phan Hải, Phan Nguyễn Hòa, Hồ Anh Tâm, Nguyễn Hữu Đức, Phạm Đức Thắng

Đánh giá hoạt tính sinh học của cao chiết lá trầu không (*Piper betle* L.) thu nhận bằng phương pháp chiết siêu âm.

Hoàng Thùy Dương, Nguyễn Kim Thanh Kiều, Ngô Hồng Loan, Phan Thị Kim Ngân, Lâm Hoàng Anh Thư, Phạm Tiến Dũng, Ngô Võ Kế Thành, Nguyễn Hữu Tuyền

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến cấu trúc, sự không đồng nhất cấu trúc và động học của silica lỏng.

Giáp Thị Thùy Trang, Phạm Hữu Kiên, Dương Thị Lan, Trịnh Văn Hà

Nghiên cứu chế tạo cảm biến khí ở nhiệt độ phòng trên cơ sở vật liệu polypyrrole.

Trần Thanh Bình, Luyện Quốc Vương, Hoàng Văn Hán, Giáp Văn Cường, Nguyễn Thị Quỳnh Hoa, Bùi Văn Dân, Hoàng Thị Hiền, Chu Văn Tuấn

Nghiên cứu khả năng sử dụng xỉ luyện thép làm chất trợ dung khử tạp chất của gang lỏng trong quy trình tiền xử lý.

Nguyễn Cao Sơn

Nghiên cứu ảnh hưởng của hệ thống quang học trong hệ thống kiểm tra chất lượng trên dây chuyền sản xuất sản phẩm y tế ứng dụng thị giác máy tính.

Đậu Sỹ Hiếu, Đoàn Quang Mỹ Hân, Tạ Chiu Hỷ, Lê Nguyễn An Khang, Khẩu Nguyễn Thành Đạt

1 Studying the optical and physical properties of aerosol in an urban area of Hanoi city.

Duc Luong Nguyen, Thi Hieu Bui, Hung Vy Van, Thi Thuy Pham

7 Research on the chemical composition of water resources for gene conservation and development of H'mong cattle value chain in the northern mountainous region.

Thi Minh Hong Vu, Thi Hai Do

11 Survey on species composition and experience in using edible plants of Thai ethnic in Sop Cop district, Son La province.

Thi Van Anh Nguyen, Van Du Nguyen, Tuan Anh Ha, Van Thanh Bui, Thi Lien Tran, Tien Dung Nguyen

16 Identifying special EST-SSR regions of *Panax vietnamensis* Ha & Grushv based on Next-generation sequencing.

Thi Phuong Trang Nguyen, Hung Manh Nguyen, Thi Thu Ha Bui

21 Experimental investigation on residual shear strength of short-span reinforced concrete beams with corroded stirrups.

Huy Cuong Nguyen, Huu Tai Dinh, Cong Hau Nguyen

26 Determination of uni-axial bending resistance of reinforced fly ash concrete columns.

Sykhampha Vongchith, Truong Thang Nguyen

32 Investigation and fabrication triboelectric nanogenerator using commercial Polytetrafluoroethylene and Aluminum.

Hai Phan, Nguyen Hoa Phan, Anh Tam Ho, Huu Duc Nguyen, Duc Thang Pham

37 Evaluation of bioactivities of ultrasound-assisted extraction of betel leaves (*Piper betle* L.).

Thuy Duong Hoang, Kim Thanh Kieu Nguyen, Hong Loan Ngo, Thi Kim Ngan Phan, Hoang Anh Thu Lam, Tien Dung Pham, Vo Ke Thanh Ngo, Huu Tuyen Nguyen

43 Studying the effect of temperature on the structure, structural and dynamic heterogeneity of liquid silica.

Thi Thuy Trang Giap, Huu Kien Pham, Thi Lan Duong, Van Ha Trinh

50 Study on the gas sensor at room temperature based on polypyrrole materials.

Thanh Binh Tran, Quoc Vuong Luyen, Van Han Hoang, Van Cuong Giap, Thi Quynh Hoa Nguyen, Van Dan Bui, Thi Hien Hoang, Van Tuan Chu

55 Study the ability of using basic oxygen furnace slag as a flux for removing impurities from liquid iron in a pre-treatment process.

Cao Son Nguyen

59 Studying the effect of optical system on quality control system of the medical instruments production applying computer vision.

Sy Hieu Dau, Quang My Han Doan, Chiu Hy Ta, Nguyen An Khang Le, Nguyen Thanh Dat Khau