



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

B

Tập 64 - Số 1 - Tháng 1 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 TẬP 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
Tập 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

Phân rã gamma nổi tầng bậc hai từ trạng thái hợp phần về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta

Nguyễn Ngọc Anh^{1*}, Nguyễn Xuân Hải¹, Trần Anh Khôi¹, Nguyễn Quang Hưng^{2,3},
Lê Tấn Phúc^{2,3}, Phạm Đình Khang⁴, Đinh Thị Tường Quy⁵, Cao Minh Nhân⁵

¹Viện Nghiên cứu Hạt nhân, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, 1 Nguyễn Tử Lực, phường 8, TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam

²Viện Khoa học Cơ bản và Ứng dụng, Trường Đại học Duy Tân, 6 Trần Nhật Duật, phường Tân Định, quận 1, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, 3 Quang Trung, phường Thạch Thang, quận Hải Châu, TP Đà Nẵng, Việt Nam

⁴Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1 Đại Cồ Việt, phường Bách Khoa, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

⁵Khoa Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Trường Đại học Khánh Hòa, 1 Nguyễn Chánh, phường Lộc Thọ, TP Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa, Việt Nam

Ngày nhận bài 20/9/2021; ngày chuyển phản biện 22/9/2021; ngày nhận phản biện 12/10/2021; ngày chấp nhận đăng 18/10/2021

Tóm tắt:

Chuyển dời gamma nổi tầng bậc hai tương ứng với phân rã nổi tầng từ trạng thái hợp phần (năng lượng 6.062,93 keV) về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta được nghiên cứu thông qua phản ứng $^{181}\text{Ta}(n,\gamma)^{182}\text{Ta}$ sử dụng nguồn neutron nhiệt từ kênh ngang số 3 của lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt và hệ phổ kế trùng phùng gamma-gamma. Kết hợp và so sánh với các số liệu hiện có trong thư viện số liệu hạt nhân (ENSDF), các tác giả đã xác định được thứ tự chuyển dời của 20 cặp gamma nổi tầng, từ đó xây dựng sơ đồ mức riêng phần tương ứng cho ^{182}Ta . Trong số các chuyển dời gamma và mức kích thích, xác định được 17 chuyển dời sơ cấp, 1 thứ cấp và 20 mức kích thích trung gian. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với các số liệu hiện có trong ENSDF. Như vậy, các mức và chuyển dời gamma còn lại (3 chuyển dời sơ cấp và 19 thứ cấp) được xác định là các dữ liệu mới. Dải spin khả dĩ (2, 3, 4) h cũng được gán cho các mức kích thích trung gian được xác định trong nghiên cứu này.

Từ khóa: hạt nhân ^{182}Ta , phản ứng (n, γ), phân rã gamma nổi tầng bậc hai, sơ đồ mức hạt nhân.

Chỉ số phân loại: 1.3

1. Tổng quan

Một trong các thông tin quan trọng khi nghiên cứu cấu trúc hạt nhân là sơ đồ mức hạt nhân. Sơ đồ này không chỉ là cơ sở để đánh giá, kiểm chứng nhiều mô hình lý thuyết về cấu trúc hạt nhân (tiêu biểu là mẫu lớp), mà còn là thông số đầu vào quan trọng trong tính toán tốc độ của các phản ứng tổng hợp hạt nhân xảy ra trong môi trường thiên văn sử dụng lý thuyết W. Hauser và cs (1952) [1]. Giá trị tốc độ phản ứng này có vai trò đặc biệt quan trọng đối với các nghiên cứu về sự hình thành, phát triển và lụi tàn của các ngôi sao trong vũ trụ [2]. Sơ đồ mức hạt nhân bao gồm sự sắp xếp theo năng lượng của các mức kích thích hạt nhân; các đặc trưng lượng tử của các mức kích thích đó như spin và độ chẵn lẻ; cường độ của các chuyển dời gamma khi hạt nhân chuyển từ trạng thái kích thích có năng lượng cao về các trạng thái có năng lượng thấp hơn. Bởi vì sự phức tạp và đa dạng về thông tin, việc xác định sơ đồ mức hạt nhân gặp nhiều khó khăn do không có thí nghiệm nào có thể cung cấp toàn bộ các thông tin cần thiết để thiết lập sơ đồ này đầy đủ. Trong thực tế, các nhà khoa học cần phải tiến hành nhiều thí nghiệm, sử dụng các loại phản ứng và các kênh phân rã, cũng như ứng dụng nhiều kỹ thuật đo khác nhau để có thể thu thập được đầy đủ thông tin cần thiết cho việc xây dựng sơ đồ mức hạt nhân [3].

Hạt nhân ^{182}Ta nằm trong chuỗi tổng hợp hạt nhân

(nucleosynthesis) theo tiến trình s (s-process, tiến trình hình tổng hợp nguyên tố thông qua phản ứng bắt neutron chậm) trong vùng Ta-W, do đó có vai trò quan trọng trong nhiều nghiên cứu thiên văn [4]. Một trong số các thông tin quan trọng của ^{182}Ta cần thiết cho các tính toán tổng hợp hạt nhân theo tiến trình s là sơ đồ mức hạt nhân. Chính vì vậy, sơ đồ mức của ^{182}Ta đã được nghiên cứu thông qua nhiều thí nghiệm khác nhau và được tổng hợp tại ENSDF [5, 6]. Tuy nhiên, hiện nay sơ đồ mức hạt nhân của ^{182}Ta vẫn còn chưa đầy đủ. Cụ thể, nhiều mức kích thích mặc dù đã được phát hiện nhưng chưa xác định được spin hoặc dải spin khả dĩ, cũng như nhiều chuyển dời gamma khả dĩ theo các tiên đoán sử dụng quy tắc dịch chuyển điện từ [7] vẫn chưa được phát hiện.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng hệ phổ kế trùng phùng gamma-gamma để nghiên cứu các chuyển dời nổi tầng từ trạng thái hợp phần (năng lượng bằng 6.062,92 keV) về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta , từ đó xác định năng lượng và dải spin khả dĩ của một số mức kích thích trong sơ đồ mức ^{182}Ta . Phương pháp trùng phùng gamma-gamma [8] có ưu điểm về khả năng loại bỏ nền phông Compton cao, cũng như khả năng phát hiện rất tốt các cặp chuyển dời gamma có tương quan về mặt thời gian. Điều này mở ra cơ hội phát hiện một số chuyển dời gamma mới mà các nghiên cứu khác chưa ghi nhận được, góp phần bổ sung vào bộ số liệu về sơ đồ mức hạt nhân ^{182}Ta trong ENSDF.

*Tác giả liên hệ: Email: ngocanh8999@gmail.com

Two-step gamma cascade decays from the compound state to the ground state of ^{182}Ta nucleus

Ngoc Anh Nguyen^{1*}, Xuan Hai Nguyen¹, Anh Khoi Tran¹,
Quang Hung Nguyen^{2,3}, Tan Phuc Le^{2,3}, Dinh Khang Pham⁴,
Thi Tuong Quy Dinh⁵, Minh Nhan Cao⁵

¹Dalat Nuclear Research Institute, Vietnam Atomic Energy Institute,

1 Nguyen Tu Luc Street, Ward 8, Dalat City, Lam Dong Province, Vietnam

²Institute of Fundamental and Applied Sciences, Duy Tan University,

6 Tran Nhat Duat Street, Tan Dinh Ward, District 1, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Faculty of Natural Sciences, Duy Tan University,

3 Quang Trung Street, Thach Thang Ward, Hai Chau District, Da Nang City, Vietnam

⁴Hanoi University of Science and Technology,

1 Dai Co Viet Street, Bach Khoa Ward, Hai Ba Trung District, Hanoi, Vietnam

⁵Department of Natural Science and Technology, Khanh Hoa University,

1 Nguyen Chanh Street, Loc Tho Ward, Nha Trang City, Khanh Hoa Province, Vietnam

Received 20 September 2021; revised 12 October 2021; accepted 18 October 2021

Abstract:

Two-step gamma transitions corresponding to the decays from the compound state (6,062.93 keV) to the ground state of ^{182}Ta nucleus have been investigated via a $^{181}\text{Ta}(n,\gamma)^{182}\text{Ta}$ reaction using the thermal neutron beam from the No.3 neutron channel of the Dalat Nuclear Research Reactor and a gamma-gamma coincidence spectrometer. By comparing with data extracted from the Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) library, the authors have determined the order of 20 pairs of gamma cascade transitions, and then constructed a corresponding partial nuclear level scheme of ^{182}Ta . Based on the detected gamma transitions and levels, 17 primary transitions, 1 secondary transition, and 20 intermediate levels are found to be the same as those in the ENSDF. The remaining 3 primary transitions and 19 secondary transitions are, thus, considered as the new data. In addition, a tentative spin range of (2, 3, 4) h. has been assigned to all the intermediate levels detected within the present work.

Keywords: nuclear level scheme, nuclear ^{182}Ta , (n, γ) reaction, two-step gamma cascade decay.

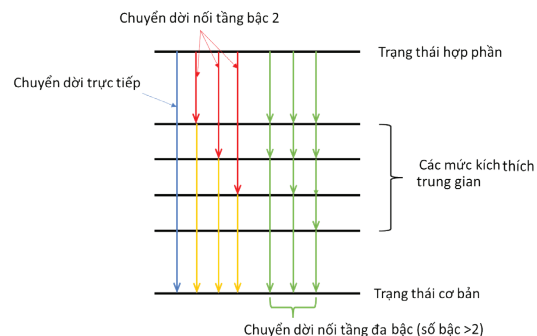
Classification number: 1.3

2. Thí nghiệm và phương pháp xử lý số liệu

Trong nghiên cứu này, hạt nhân ^{182}Ta ở trạng thái hợp phần được tạo ra từ phản ứng $^{181}\text{Ta}(n,\gamma)^{182}\text{Ta}$ gây bởi chùm neutron nhiệt trên kênh ngang số 3 của lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt. Thông tin chi tiết về cách bố trí thí nghiệm cũng như thông số đặc trưng của dòng neutron được trình bày trong tài liệu tham khảo [9]. Bia mẫu ^{181}Ta có khối lượng xấp xỉ 1,5 g. Tổng thời gian đo hiệu dụng là 690 giờ.

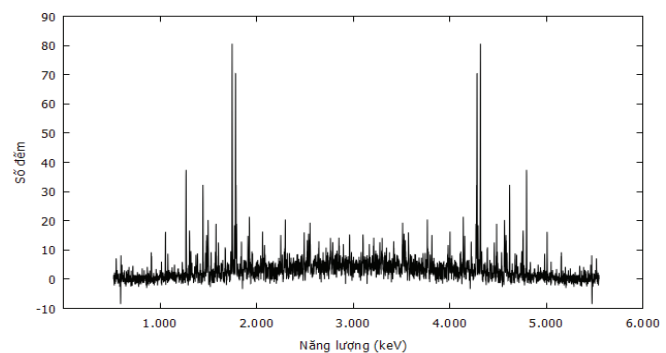
Sau khi hạt nhân ^{182}Ta được hình thành ở trạng thái hợp

phần, nó luôn có xu hướng trở về các trạng thái cơ bản (trạng thái bền vững nhất) thông qua các phân rã gamma trực tiếp (xuống trạng thái cơ bản) hoặc thứ cấp (xuống các trạng thái có năng lượng thấp hơn rồi từ đó trở về trạng thái cơ bản, gọi là các chuyển đổi gamma nối tầng bậc 2 hoặc đa bậc) (hình 1). Phương pháp trùng phùng gamma-gamma [8] cho phép chỉ ghi nhận các cặp chuyển đổi nối tầng bậc hai (các cặp nối tầng bậc hai nằm trong các nối tầng đa bậc cũng vẫn được ghi nhận). Tuy nhiên, có thể dễ dàng phân biệt các nối tầng bậc hai tương ứng với quá trình phân rã gamma từ trạng thái hợp phần về trạng thái cơ bản với các nối tầng bậc hai khác bằng điều kiện về tổng năng lượng của hai chuyển dời. Cụ thể, với hạt nhân ^{182}Ta , các nối tầng bậc hai được quan tâm sẽ có tổng năng lượng của hai tia gamma bằng 6.062,939 keV, trong đó 6.062,93 keV là năng lượng kích thích của trạng thái hợp phần và 9 keV là độ nhòe năng lượng của hệ phổ kế tại năng lượng này.



Hình 1. Minh họa các quá trình chuyển dời gamma trực tiếp, chuyển dời nối tầng bậc 2 và chuyển dời nối tầng đa bậc từ trạng thái hợp phần xuống trạng thái cơ bản của hạt nhân kích thích.

Phổ phân rã gamma nối tầng bậc hai từ trạng thái hợp phần 6.062,93 keV về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta được trình bày ở hình 2. Các cặp chuyển dời nối tầng sẽ xuất hiện trong phổ nối tầng bậc hai dưới dạng các cặp đỉnh đối xứng qua tâm phổ. Vị trí và diện tích của các đỉnh tỷ lệ tương ứng với năng lượng và cường độ của các chuyển dời nối tầng.



Hình 2. Phổ phân rã gamma nối tầng bậc hai trạng thái hợp phần 6.062,93 keV về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta .

Để thuận tiện cho việc phân tích phổ, chúng tôi quy ước các chuyển dời từ trạng thái hợp phần về mức kích thích trung gian (các chuyển dời sơ cấp) được ký hiệu là E_i và các chuyển dời từ mức kích thích trung gian về trạng thái cơ bản (các chuyển dời thứ cấp) được ký hiệu là E_j . Thực tế, phương pháp trùng phùng gamma-gamma cho phép xác định các cặp chuyển dời nổi tăng nhưng không cho biết chuyển dời nào trong cặp là chuyển dời sơ cấp. Trong thí nghiệm này, chúng tôi xác định chuyển dời sơ cấp của một cặp chuyển dời gamma nổi tăng dựa trên thông tin bổ sung từ ENSDF. Cụ thể, mỗi cặp chuyển dời nổi tăng chỉ có hai cách sắp xếp thứ tự, theo đó, cách sắp xếp có mức kích thích trung gian thu được phù hợp với các dữ liệu đang có trong ENSDF được cho là cách sắp xếp đúng. Các cặp chuyển dời nổi tăng mà cả hai cách sắp xếp đều không phù hợp với số liệu đã có trong ENSDF sẽ được xếp vào các trường hợp mà thứ tự của chuyển dời nổi tăng là không xác định.

Đối với spin của các mức kích thích, spin của mức kích thích trung gian được xác định dựa trên quy tắc dịch chuyển điện từ [7], với giả thiết các chuyển dời gamma thu được trong thí nghiệm đều là chuyển dời lưỡng cực [10, 11]. Theo quy tắc dịch chuyển điện từ, dải spin khả dĩ của một mức kích thích trung gian sẽ được xác định dựa theo hệ thức sau:

$$J_m = [\max(J_i - 1, J_f - 1), \min(J_i + 1, J_f + 1)]$$

trong đó: $J_i = [3, 4] \hbar$ là spin của trạng thái hợp phần và $J_f = 3 \hbar$ là spin của trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta . Như vậy, dựa theo hệ thức trên, dải spin khả dĩ của các mức kích thích trung gian phát hiện trong nghiên cứu này sẽ là $J_m = [2, 3, 4] \hbar$.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã xác định được 39 cặp chuyển dời nổi tăng bậc hai tương ứng với phân rã gamma nổi tăng từ trạng thái hợp phần 6.062,93 keV về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta . Trong số các cặp chuyển dời nổi tăng, xác định được 20 cặp có thể xác định được thứ tự (bảng 1) và 19 cặp không xác định được thứ tự (bảng 2). Thông tin của 20 cặp chuyển dời nổi tăng thực nghiệm với thứ tự đã được xác định cho phép xây dựng sơ đồ mức thực nghiệm riêng phần tương ứng với phân rã gamma nổi tăng bậc hai từ trạng thái hợp phần về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta .

So sánh sơ đồ mức riêng phần thực nghiệm thu được từ nghiên cứu này với các số liệu hiện có trong ENSDF, chúng tôi đã ghi nhận được 3 chuyển dời sơ cấp và 19 chuyển dời thứ cấp chưa có trong ENSDF. Các số liệu nêu trên được in đậm trong bảng 1.

Bảng 1. Sơ đồ mức riêng phần thực nghiệm tương ứng với chuyển dời nổi tăng từ trạng thái hợp phần 6.062,93 keV về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta .

E_i	ΔE_i	E_j	ΔE_j	$I_{\gamma i}$	$\Delta I_{\gamma i}$	E_m	ΔE_m	J_m	J_m (ENSDF)
(keV)	(keV)	(keV)	(keV)	-	-	(keV)	(keV)	($\hbar$)	($\hbar$)
5.515,9	1,0	547,1	1,0	7,4	1,6	547,1	1,4	2, 3, 4	3
5.343,5	1,2	719,5	1,2	6,0	1,4	719,5	1,7	2, 3, 4	3
5.152,9	0,7	909,7	1,3	7,3	2,7	909,7	1,5	2, 3, 4	5
5.103,5	1,2	959,4	1,2	3,4	1,2	959,4	1,8	2, 3, 4	4
5.006,4	0,6	1.056,5	0,6	18,3	2,6	1.056,5	0,8	2, 3, 4	3, 4
4.980,4	0,8	1.082,6	0,9	9,5	1,8	1.082,6	1,2	2, 3, 4	3, 4
4.793,2	0,5	1.269,6	0,5	46,7	4,0	1.269,6	0,7	2, 3, 4	3, 4
4.743,2	1,1	1.319,7	1,1	9,9	2,1	1.319,7	1,6	2, 3, 4	3, 4
4.674,7	1,4	1.388,0	1,3	11,9	2,0	1.388,0	1,9	2, 3, 4	3, 4
4.618,0	0,5	1.444,9	0,5	40,3	3,7	1.444,9	0,7	2, 3, 4	3, 4
4.591,2	1,3	1.471,9	1,3	9,0	2,1	1.471,9	1,8	2, 3, 4	3, 4
4.564,8	0,9	1.498,1	0,8	22,6	3,1	1.498,1	1,2	2, 3, 4	3, 4
4.534,3	1,1	1.528,7	1,1	11,6	2,0	1.528,7	1,5	2, 3, 4	3, 4
4.483,2	0,8	1.579,3	0,7	19,7	2,8	1.579,3	1,0	2, 3, 4	-
4.479,1	1,1	1.583,4	1,0	8,8	2,1	1.583,4	1,5	2, 3, 4	3, 4
4.458,5	0,7	1.604,4	0,7	16,8	2,2	1.604,4	0,9	2, 3, 4	3, 4
4.315,9	0,4	1.747,0	0,4	100,0	6,0	1.747,0	0,5	2, 3, 4	3, 4
4.219,7	0,5	1.837,7	1,0	9,2	2,2	1.837,7	1,1	2, 3, 4	-
4.138,0	0,6	1.924,6	0,7	22,3	3,0	1.924,6	0,9	2, 3, 4	-
3.981,6	1,2	2.081,3	1,2	13,9	2,5	2.081,3	1,7	2, 3, 4	-

E_i , E_j và E_m lần lượt là năng lượng của chuyển dời sơ cấp, thứ thứ cấp và mức kích thích trung gian (keV); ΔE_i , ΔE_j và ΔE_m lần lượt là sai số của các năng lượng chuyển dời sơ cấp, thứ thứ cấp và mức kích thích trung gian (keV); $I_{\gamma i}$ và $\Delta I_{\gamma i}$ lần lượt là cường độ tương đối và sai số cường độ tương đối của chuyển dời nổi tăng bậc hai; J_m là spin khả dĩ của các mức kích thích trung gian ($\hbar$); J_m (ENSDF) là spin của các mức kích thích trung gian ($\hbar$) đã có trong ENSDF. Các số liệu được in đậm là các số liệu mới (chưa có trong ENSDF [5, 6]).

Bảng 2. Cường độ tương đối của các cặp chuyển dời nổi tăng chưa xác định được thứ tự chuyển dời.

E_i	ΔE_i	E_j	ΔE_j	$I_{\gamma i}$	$\Delta I_{\gamma i}$
(keV)	(keV)	(keV)	(keV)	-	-
5.150,7	1,4	912,2	1,5	6,8	2,7
4.757,2	0,7	1.305,7	0,7	22,4	2,7
4.582,6	1,0	1.480,4	1,2	14,2	2,8
4.578,6	1,0	1.484,6	1,5	15,2	2,9
4.291,5	0,8	1.771,4	0,8	17,3	2,9
4.280,6	0,3	1.782,4	0,3	86,6	6,0
4.275,3	1,0	1.786,8	0,7	35,8	4,2
4.269,9	0,7	1.793,0	0,7	19,9	3,1
4.226,0	0,9	1.843,3	0,8	9,3	2,2
4.152,4	1,1	1.910,2	0,9	17,0	2,5
4.111,7	0,8	1.951,2	0,9	9,0	2,0
4.106,2	0,9	1.956,8	0,9	9,8	2,0
4.001,0	0,8	2.062,0	0,9	15,6	2,6
3.976,2	1,8	2.086,7	1,8	9,9	2,2
3.813,4	0,9	2.249,5	0,9	15,5	2,7
3.796,0	1,1	2.266,9	1,2	10,6	2,0
3.777,5	1,1	2.285,5	1,2	8,7	2,2
3.771,7	1,4	2.291,2	1,4	8,6	2,6
3.766,9	0,9	2.296,1	0,8	18,9	3,5

Ngoài ra, dải spin khả dĩ của các mức kích thích tương ứng xác định được trong thí nghiệm này cũng được trình bày ở bảng 1. Mặt khác, cường độ tương đối của các cặp chuyển dời nổi tăng phát hiện được cung cấp ở bảng 1 và 2.

Các thảo luận sau đây sẽ tiếp tục làm rõ hơn ý nghĩa của các kết quả thu được trong nghiên cứu này.

3.2. Bàn luận

Từ bảng 1 có thể thấy, phần lớn các chuyển dời sơ cấp được phát hiện trong thí nghiệm đo phân rã gamma nổi bật bậc hai bằng hệ phổ kế trùng phùng gamma-gamma đã được ghi nhận bởi các thí nghiệm sử dụng phản ứng (n,γ) và phổ kế gamma truyền thống [12-14]. Trong khi đó, phần lớn các chuyển dời thứ cấp đo được trong thí nghiệm này đều chưa từng được ghi nhận bởi các thực nghiệm trước đây. Kết quả này thể hiện rõ ưu điểm vượt trội của phương pháp trùng phùng gamma-gamma trong việc lọc lựa các chuyển dời có tương quan về mặt thời gian. Dễ thấy rằng, số lượng các tia gamma có năng lượng thấp nhiều hơn rất nhiều các tia gamma có năng lượng cao. Do vậy, khả năng phát hiện các tia gamma năng lượng cao trong phổ gamma ghi bởi các hệ phổ kế gamma truyền thống tốt hơn khả năng phát hiện các tia gamma năng lượng thấp. Một trong số các nguyên nhân được xác định là do hiện tượng chồng chập đỉnh trong vùng năng lượng cao của phổ gamma truyền thống ít xảy ra. Trong khi đó, ở vùng năng lượng thấp của phổ gamma truyền thống, hiện tượng chồng chập xảy ra nhiều hơn đáng kể do số lượng tia gamma đóng góp vào vùng phổ này là rất lớn. Không những vậy, vùng năng lượng thấp của phổ gamma truyền thống còn bị ảnh hưởng đáng kể bởi nền phông Compton gây bởi các tia gamma năng lượng cao. Phương pháp trùng phùng gamma-gamma cho phép ghi nhận được các phổ nổi bật bậc hai chỉ chứa các tia gamma tương ứng với các phân rã nổi bật bậc hai từ trạng thái hợp phần 6.062,93 keV về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta (hình 2). Chính vì vậy, việc sử dụng phương pháp trùng phùng gamma-gamma đã góp phần giảm đáng kể số lượng các tia gamma không mong muốn đóng góp vào phổ cũng như loại bỏ ảnh hưởng của nền phông Compton. Ngoài ra, sự chồng chập đỉnh cũng được giảm bớt, nhờ đó cải thiện đáng kể khả năng phát hiện các tia gamma có năng lượng và cường độ thấp trong phương pháp trùng phùng gamma-gamma, đặc biệt là khi so sánh với phương pháp phân tích phổ gamma truyền thống.

Dải spin khả dĩ của các mức kích thích trung gian ghi nhận trong nghiên cứu này được so sánh với các giá trị trích xuất từ ENSDF ở bảng 1 cho thấy sự phù hợp rất cao. Chỉ có duy nhất một trường hợp là mức kích thích có năng lượng 909,7 keV có dải spin khả dĩ không phù hợp với giá trị spin trích xuất từ ENSDF. Đặc biệt, chúng tôi lần đầu tiên đã xác định được dải spin khả dĩ (2, 3, 4) $\hbar$ cho 4 mức kích thích trung gian có năng lượng 1.579,3, 1.837,7, 1.924,6 và 2.081,3 keV. Các mức kích thích này hiện chưa có thông tin về giá trị spin trong ENSDF.

Kết quả bảng 1 và 2 cũng cung cấp cường độ tương đối của các cặp chuyển dời nổi bật bậc hai tương ứng với phân rã gamma nổi bật từ trạng thái hợp phần 6.062,93 keV về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta . Thông tin về cường độ chuyển dời nổi bật có thể được sử dụng để đánh giá mật độ mức và hàm lực bức xạ của ^{182}Ta bằng cách sử dụng các chương trình mô phỏng phân rã gamma nổi bật như DICEBOX [15] và RAINIER [16]. Đây là các vấn đề mà chúng tôi đã và đang thực hiện, kết quả thu được sẽ được trình bày trong các công trình nghiên cứu tiếp theo.

4. Kết luận

Trong công trình nghiên cứu này, chúng tôi đã xác định được các phân rã gamma nổi bật bậc hai từ trạng thái hợp phần 6.062,93

keV về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta thông qua phản ứng $^{181}\text{Ta}(n,\gamma)^{182}\text{Ta}$ sử dụng chùm neutron nhiệt của lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt và hệ phổ kế trùng phùng gamma-gamma. Chúng tôi đã xác định được thứ tự chuyển dời của 20 cặp chuyển dời gamma nổi bật, từ đó xây dựng được sơ đồ mức riêng phần của hạt nhân ^{182}Ta . Trong số 20 cặp chuyển dời gamma này, có 17 chuyển dời sơ cấp, 1 thứ cấp và 20 mức kích thích trung gian, điều này hoàn toàn phù hợp với các số liệu trong ENSDF. 3 chuyển dời sơ cấp và 19 thứ cấp còn lại chưa có trong ENSDF, do đó được xác định là các dữ liệu mới. Ngoài ra, chúng tôi cũng lần đầu xác định được dải spin khả dĩ (2, 3, 4) $\hbar$ của 4 mức kích thích trung gian có năng lượng 1.579,3, 1.837,7, 1.924,6 và 2.081,3 keV mà chưa được ghi nhận trong ENSDF. Các kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa quan trọng trong việc hoàn thiện dần sơ đồ mức của hạt nhân ^{182}Ta , từ đó góp phần vào các nghiên cứu về mật độ mức, hàm lực bức xạ cũng như những vấn đề liên quan tới quá trình hình thành các đồng vị Tantalum trong vũ trụ.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện dưới sự tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua đề tài “Nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết mật độ mức, hàm lực bức xạ của một số hạt nhân kích thích” (mã số ĐTĐLCN.02/19) thuộc Chương trình Phát triển vật lý đến năm 2020 và Đề tài cấp quốc gia mã số KC.05.18/16-20. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. Hauser, H. Feshbach (1952), “The inelastic scattering of neutrons”, *Phys. Rev.*, **87**(2), pp.366-373, DOI: 10.1103/PhysRev.87.366.
- [2] T. Rauscher, F.K. Thielemann, K.L. Kratz (1997), “Nuclear level density and the determination of thermonuclear rates for astrophysics”, *Phys. Rev. C*, **56**(3), pp.1613-1625, DOI: 10.1103/PhysRev.56.1613.
- [3] T. Belgia, O. Bersillon, R.C. Noy, et al. (2006), *Handbook for Calculations of Nuclear Reaction Data*, The IAEA, Austria, 172pp.
- [4] J.N. Ávila, M. Lugaro, T.R. Ireland, et al. (2012), “Tungsten isotopic compositions in stardust SiC grains from the murchison meteorite: constraints on the s-process in the Hf-Ta-W-Re-Os region”, *Astrophys. J.*, **744**(1), DOI: 10.1088/0004-637X/744/1/49.
- [5] National Nuclear Data Center, <https://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>, accessed 15 May 2021.
- [6] B. Singh (2015), “Nuclear data sheets for A=182”, *Nucl. Data. Sheets*, **130**, pp.21-126, DOI: 10.1016/j.nds.2015.11.002.
- [7] J.M. Blatt, V.F. Weisskopf (1991), *Theoretical Nuclear Physics*, Springer-Verlag, DOI: 10.1007/978-1-4612-9959-2, 896pp.
- [8] S. Boneva, E. Vasileva, Y. Popov, et al. (1991), “Two-quantum cascades of radiative neutron capture 1-Spectroscopy of excited states of complex nuclei in the neutron binding energy region”, *Sov. J. Part. Nucl.*, **22**(2), pp.232-248.
- [9] N.A. Nguyen, X.H. Nguyen, D.K. Pham, et al. (2017), “Updated level scheme of ^{171}Yb from $^{171}\text{Yb}(n_{\text{th}},\gamma)$ reaction studied via gamma-gamma coincidence spectrometer”, *Nucl. Phys. A*, **964**, pp.55-68, DOI: 10.1016/j.nuclphysa.2017.04.032.
- [10] N.N. Anh, H.Q. Nguyen, N.X. Hai, et al. (2019), “Level scheme of ^{151}Sm obtained from the $^{151}\text{Sm}(n_{\text{th}},\gamma)$ reaction using a γ - γ coincidence spectrometer”, *Phys. Rev. C*, **100**, DOI: 10.1103/PhysRevC.100.024324.
- [11] N.K. Uyen, K.Y. Chae, N.N. Duy, et al. (2021), “Level scheme of ^{164}Dy obtained from $^{164}\text{Dy}(n_{\text{th}},2\gamma)$ experiment”, *Nucl. Phys. A*, **1007**, pp.122-136, DOI: 10.1016/j.nuclphysa.2021.122136.
- [12] J.M.V.D. Cruyce, G. Vandepuut, L. Jacobs, et al. (1979), “Nuclear levels in the doubly odd nucleus ^{182}Ta ”, *Phys. Rev. C*, **20**(2), pp.504-527, DOI: 10.1103/PhysRevC.20.504.
- [13] R.G. Helmer, R.C. Greenwood, C.W. Reich (1971), “Level structure of ^{182}Ta ”, *Nucl. Phys. A*, **168**(3), pp.449-486, DOI: 10.1016/0375-9474(71)90541-0.
- [14] W. Andrejcschkeff, P. Manfrass, W. Seidel (1974), “Transition probabilities in the doubly odd nuclei ^{176}Lu and ^{182}Ta ”, *Nucl. Phys. A*, **226**(1), pp.142-156, DOI: 10.1016/0375-9474(74)90605-8.
- [15] F. Bečvář (1998), “Simulation of γ cascades in complex nuclei with emphasis on assessment of uncertainties of cascade-related quantities”, *Nucl. Instr. Methods A*, **417**(2), pp.434-449, DOI: 10.1016/S0168-9002(98)00787-6.
- [16] L.E. Kirsch, L.A. Bernstein (2017), “RAINIER: A simulation tool for distributions of excited nuclear states and cascade fluctuations”, *Nucl. Instr. Methods A*, **892**, pp.30-40, DOI: 10.1016/j.nima.2018.02.096.

Xác định hàm lượng Piperin trong hồ tiêu ở tỉnh Kon Tum bằng phương pháp quang phổ hấp thụ phân tử UV-Vis

Nguyễn Lê Kim Phụng^{1*}, Nguyễn Thị Hồng Nhung¹, Nguyễn Trần Kim Tiền¹,
Nguyễn Ngọc Phương¹, Bùi Quang Minh², Lê Minh Tuấn¹

¹Trung tâm Công nghệ Môi trường tại TP Hồ Chí Minh, Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Nghiên cứu và Chuyển giao Công nghệ, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 20/10/2021; ngày chuyển phản biện 25/10/2021; ngày nhận phản biện 10/11/2021; ngày chấp nhận đăng 15/11/2021

Tóm tắt:

Piperin là alkaloid quan trọng nhất trong hồ tiêu, có ý nghĩa góp phần quyết định giá trị sản phẩm của hạt hồ tiêu. Trong nghiên cứu này, hàm lượng Piperin được chiết bằng phương pháp chiết Soxhlet trong 3,5 giờ và định lượng bằng cách đo mẫu ở bước sóng 343 nm trên thiết bị máy quang phổ hấp thụ phân tử UV-Vis. Kết quả sau khi khảo sát cho độ lặp lại của mẫu hạt tiêu xanh và đen lần lượt là từ 1,76 đến 2,07% và 3,79 đến 4,85%, độ tái lập trong phòng thí nghiệm từ 2,00 đến 2,24% đối với tiêu xanh và 3,81 đến 5,48% đối với tiêu đen, hiệu suất thu hồi đạt 87,2-91,4% đối với tiêu xanh và 84,4-89,2% đối với tiêu đen. Kết quả hàm lượng Piperin trong mẫu hạt tiêu xanh thu thập được phân bố từ 5,23 đến 10,2% và tiêu đen là từ 0,77 đến 5,31%.

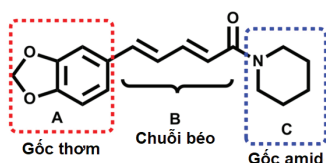
Từ khóa: hạt tiêu đen, hạt tiêu xanh, Kon Tum, Piperin, quang phổ hấp thụ phân tử, Soxhlet.

Chỉ số phân loại: 1.4

1. Mở đầu

Piperin là alkaloid quan trọng nhất được tìm thấy trong hạt tiêu đen (*Piper nigrum*), tiêu trắng, tiêu dài (*Piper longum*) thuộc họ Hồ tiêu. Năm 1819, Hans Christian Ørsted cô lập Piperin từ hạt tiêu đen xay và nhận thấy vị cay của hồ tiêu là do Piperin. Hồ tiêu được sử dụng phổ biến trong đời sống con người, không chỉ để làm gia vị cho thực phẩm mà còn dùng cho các loại thuốc. Hồ tiêu đã được sử dụng trong điều trị các loại bệnh như đầy hơi, khó tiêu, dạ dày, tả và tiêu chảy [1].

Ngày nay, có nhiều nghiên cứu đang tập trung vào dược tính của Piperin như: giảm thiệt hại cho DNA gây ra bởi các chất gây ung thư trong tế bào soma và tế bào mầm; chống lại benzo (a) pyrene sinh ra ung thư phổi bằng cách bảo vệ nồng độ glycoprotein trong huyết thanh và mô ở chuột bạch tạng Thụy Sĩ; có hiệu quả đối với bệnh ung thư tuyến tiền liệt; bảo vệ chống lại hàm lượng chất béo cao gây ra stress oxy hóa đối với tế bào. Vì vậy, các nghiên cứu gần đây đã tập trung nhiều hơn vào công thức của Piperin dạng hạt nano có thể hòa tan trong nước, sử dụng cho điều trị các bệnh khác nhau [2]. Công thức cấu tạo của Piperin là $C_{17}H_{19}NO_3$ được mô tả ở hình 1.



Hình 1. Công thức cấu tạo của Piperin [3].

*Tác giả liên hệ: Email: kimphung274@gmail.com

Tại Việt Nam, Piperin được ứng dụng trong các thực phẩm chức năng kết hợp cùng với curcumin để giúp hỗ trợ điều trị bệnh như ung thư, viêm gan và lão hóa. Ngoài ra, Piperin còn được nghiên cứu thêm nhiều vai trò và giá trị khác trong y học như: tăng khả năng hấp thu chất dinh dưỡng thông qua cơ chế kích thích sự dịch chuyển của các amino axit trong thành ruột và hạn chế các enzyme, tạo điều kiện để cơ thể chuyển hóa các hợp chất dinh dưỡng, chống trầm cảm tự nhiên, chống oxy hóa, tăng khả năng hấp thu của curcumin, chống lại chứng biếng ăn nhờ sự kích thích khứu giác, hỗ trợ tiêu hóa bằng cách làm tăng cảm giác thèm ăn, giúp đốt cháy nhiều calo, chữa viêm khớp nhờ đặc tính kháng viêm... Tuy nhiên, việc sử dụng Piperin ở liều cao sẽ làm tăng huyết áp, tê liệt hô hấp và một số dây thần kinh [3].

Hàm lượng Piperin là yếu tố có ý nghĩa quan trọng góp phần quyết định giá trị sản phẩm của hồ tiêu. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7036:2008 quy định kỹ thuật cho hạt tiêu đen, bao gồm cả hạt tiêu đen sơ chế và đã chế biến. Trong tiêu chuẩn này yêu cầu hạt tiêu đen phải có hàm lượng Piperin không được nhỏ hơn 4%. Vì vậy, để biết được sản phẩm hồ tiêu có đạt yêu cầu về mặt kỹ thuật để đến tay người tiêu dùng cũng như xuất khẩu thì việc đánh giá hàm lượng Piperin trong hồ tiêu là việc làm cần thiết.

Đến nay, có nhiều phương pháp khác nhau để phân tích định lượng Piperin trong hồ tiêu như: HPTLC [4, 5], quang phổ hấp thụ phân tử UV-Vis [6, 7], GC-FID [8] và HPLC [9, 10]. Trong các phương pháp phân tích nêu trên, quang phổ hấp thụ phân tử UV-Vis được xem là phương pháp phân tích đơn giản, giá thành thấp nhưng có độ chính xác cao và được

Determination of Piperine contents in pepper in Kon Tum province by UV-Vis spectroscopy method

Le Kim Phung Nguyen^{1*}, Thi Hong Nhung Nguyen¹,
Tran Kim Tien Nguyen¹, Ngoc Phuong Nguyen¹,
Quang Minh Bui², Minh Tuan Le¹

¹Centre of Environment Technology in Ho Chi Minh city, Institute of Environmental Technology, VAST,
18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

²Centre for Research and Technology Transfer, VAST,

18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 20 October 2021; revised 10 November 2021; accepted 15 November 2021

Abstract:

Piperine is the most major alkaloid in pepper. It plays an important role in determining the value of pepper. Piperine content was extracted by the Soxhlet extraction method for 3.5 hours and measured at 343 nm by an UV-Vis molecular absorption spectrophotometer. After surveying, the repeatability of green and black pepper samples was from 1.76 to 2.07% and from 3.79 to 4.85%, respectively, and the laboratory's reproducibility was from 2.0 to 2.24% for green pepper and from 3.81 to 5.48% for black pepper, the recovery was from 87.2 to 91.4% for green pepper and from 84.4 to 89.2% for black pepper. Results showed that the Piperine content in green pepper samples was from 5.23 to 10.2% and 0.77 to 5.31% for black pepper.

Keywords: black pepper, green pepper, Kon Tum province, molecular absorption spectrophotometer, Piperine, Soxhlet.

Classification number: 1.4

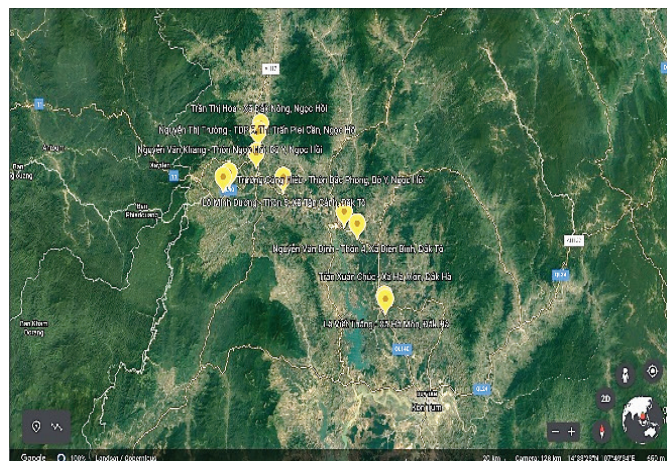
sử dụng phổ biến ở Việt Nam. Tuy nhiên, trong tiêu chuẩn này chỉ đề cập phương pháp phân tích hàm lượng Piperin cho nên hồ tiêu thành phẩm, chứ không đề cập tới nên hồ tiêu tươi. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành đánh giá lại phương pháp quang phổ hấp thụ phân tử UV-Vis theo TCVN 9683:2013 để sử dụng trên cả 2 nền mẫu hạt tiêu xanh và đen. Các mẫu hạt tiêu xanh và đen được lấy tại một số địa phương thuộc tỉnh Kon Tum, đây cũng là một trong những tỉnh trồng nhiều hồ tiêu ở Việt Nam.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

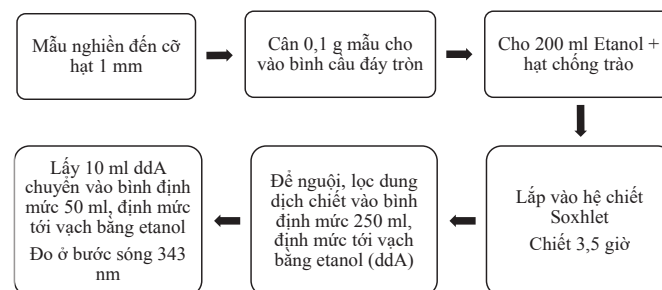
Quy trình và địa điểm lấy mẫu hồ tiêu: 100 mẫu hạt tiêu xanh và 10 mẫu hạt tiêu đen đã được thu thập từ các vườn trồng hồ tiêu của 10 hộ dân tại 5 xã và 1 thị trấn thuộc 3 huyện của tỉnh Kon Tum vào tháng 1/2021 (mỗi hộ dân lấy 10 mẫu tiêu

xanh và 1 mẫu tiêu đen tại các vườn hồ tiêu đã trồng được 4-10 năm, theo mô hình canh tác truyền thống). Trong đó, 2 hộ dân thuộc xã Hà Môn, huyện Đắk Hà, 3 hộ dân thuộc huyện Đắk Tô (2 hộ dân ở xã Diên Bình, 1 hộ dân ở xã Tân Cảnh) và 5 hộ dân ở huyện Ngọc Hồi (2 hộ dân ở xã Đắk Nông, 2 hộ dân ở xã Bờ Y, 1 hộ dân ở thị trấn Plei Càn) (hình 2).



Hình 2. Mô tả vị trí lấy mẫu hồ tiêu ở tỉnh Kon Tum.

Quy trình xử lý mẫu: các mẫu sau khi thu được từ thực địa được xử lý theo quy trình kỹ thuật chuẩn trong phân tích mẫu hồ tiêu bằng cách nghiền mịn đến cỡ hạt khoảng 1 mm rồi trộn đều. Đầu tiên, lấy một lượng mẫu nhỏ khoảng 10 g cho vào thiết bị nghiền rồi loại bỏ phần mẫu này. Sau đó, lấy một lượng mẫu khoảng 100 g cho vào thiết bị, nghiền nhanh để tránh thiết bị bị nóng quá sẽ gây ảnh hưởng đến mẫu cần phân tích. Rây mẫu đã được nghiền mịn qua rây 1 mm. Trộn kỹ mẫu sao cho tránh bị phân lớp. Chuyển toàn bộ mẫu đã rây vào túi bảo quản mẫu đã được làm khô trước. Lưu ý đối với hạt tiêu xanh thì khi xay phải bỏ thêm đá khô để tránh tình trạng mẫu hồ tiêu khi xay bị chảy nước. Mẫu sau khi được nghiền sẽ được chiết mẫu và đo theo quy trình phân tích mẫu hồ tiêu được mô tả ở hình 3.



Hình 3. Quy trình phân tích mẫu [11].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Xác định khoảng tuyến tính: chuẩn bị các điểm chuẩn có nồng độ Piperin 0, 1,0, 2,0, 4,0, 8,0, 10,0, 20,0 và 30,0 ppm. Đo các điểm chuẩn ở bước sóng 343 nm bằng máy đo quang phổ UV-Vis, dùng etanol làm chất lỏng so sánh. Chọn khoảng tuyến tính có hệ số tương quan $R^2 \geq 0,99$.

Xác định thời gian chiết mẫu: thời gian chiết cũng là một yếu tố quan trọng trong quá trình chiết. Tối ưu hóa thời gian chiết để cho hiệu suất chiết cao và ổn định. Chính vì vậy, nghiên cứu đã khảo sát yếu tố này và các điểm thực nghiệm được lựa chọn là 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 và 4,0 giờ. Các điểm khảo sát được thực hiện trên mẫu hạt tiêu xanh và đen.

Xác định độ lặp lại: tiến hành phân tích lặp 10 mẫu hạt tiêu xanh và đen cùng một nồng độ. Thực hiện ở 3 nồng độ mẫu hạt tiêu xanh và đen khác nhau, tính toán độ lặp lại (RSD_r , %) theo công thức sau:

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$RSD_r = \frac{S_r}{\bar{x}} \times 100\%$$

trong đó: S_r : độ lệch chuẩn (mg N/l); n: số lần một kiểm nghiệm viên thử nghiệm lặp lại; x_i : kết quả của lần thử nghiệm thứ i (mg N/l); $\bar{x}$: kết quả trung bình của n lần thử nghiệm (mg N/l).

Xác định độ chụm trung gian (độ tái lập trong phòng thí nghiệm): tiến hành phân tích độ tái lập ở 3 nồng độ mẫu hạt tiêu xanh và đen khác nhau, mỗi nồng độ thực hiện 10 mẫu. Tính toán RSD_r theo công thức sau:

$$S_r = \sqrt{n} \times s_{1,2}$$

$$S_{rpool} = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2}{m}}$$

$$S_L = \sqrt{\frac{S^2 + S_{rpool}^2}{n}}$$

$$S_r = \sqrt{S_{rpool}^2 + S_L^2}$$

$$RSD_r = \frac{S_r}{x_{1,2}} \times 100\%$$

trong đó: n: số lần thử nghiệm lặp lại của kiểm nghiệm viên; m: số kiểm nghiệm viên tham gia thử nghiệm lặp lại ($m=2$); x_1, x_2 : giá trị trung bình của n lần thử nghiệm của kỹ thuật viên 1 (KTV 1) và kỹ thuật viên 2 (KTV 2) (mg N/l); S_1 và S_2 : độ lệch chuẩn của n lần thử của KTV 1 và KTV 2 (mg N/l); $x_{1,2}$: là giá trị trung bình của 2 giá trị x_1 và x_2 (mg N/l); $S_{1,2}$: độ lệch chuẩn của x_1 và x_2 (mg N/l); S_r : độ tái lập (mg N/l).

Xác định hiệu suất thu hồi: xác định hiệu suất thu hồi được thực hiện trên việc phân tích lặp lại mẫu thêm chuẩn. Mẫu tiêu đen: tiến hành chuẩn bị những dây có nồng độ Piperin là 1,25, 2,5 và 5,0%, mỗi dây thực hiện 10 mẫu. Mẫu tiêu xanh: tiến hành chuẩn bị những dây có nồng độ Piperin là 0,625, 1,25, và 2,5%, mỗi dây thực hiện 10 mẫu. Tính toán theo công thức sau:

$$R\% = \frac{C_{obs} - C_b}{C_s} \times 100$$

trong đó: R%: hiệu suất thu hồi của quy trình; C_{obs} : nồng độ có trong mẫu thực đã spike chuẩn; C_b : nồng độ có trong mẫu thực; C_s : nồng độ chất phân tích thêm vào.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Khoảng tuyến tính

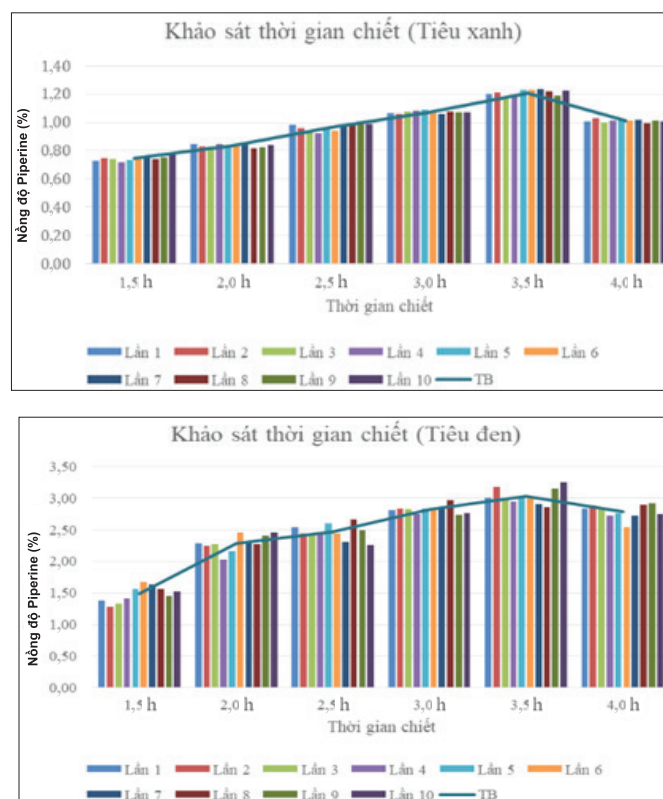
Chuẩn bị các điểm chuẩn có nồng độ Piperin 0, 1,0, 2,0, 4,0, 8,0, 10,0, 20,0 và 30,0 ppm, đo các điểm chuẩn ở bước sóng 343 nm, kết quả khoảng tuyến tính được chọn là 0 đến 10 ppm (bảng 1).

Bảng 1. Kết quả khảo sát khoảng tuyến tính.

Khoảng nồng độ (ppm)	Hệ số tương quan R^2
0; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 10,0; 20,0; 30,0	0,9355
0; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 10,0; 20,0	0,9820
0; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 10,0	0,9995

3.2. Thời gian chiết mẫu

Thời gian chiết mẫu được khảo sát ở 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 và 4,0 giờ. Kết quả cho thấy, nồng độ Piperin với các khoảng thời gian chiết như sau: đối với tiêu xanh dao động trong khoảng 0,68-1,20% và đạt cực đại tại thời gian chiết là 3,5 giờ; đối với tiêu đen dao động trong khoảng 1,5-3,0% và đạt cực đại tại thời điểm chiết là 3,5 giờ (hình 4). Như vậy, đối với cả hạt tiêu xanh và đen thời gian chiết mẫu được chọn đều là 3,5 giờ.



Hình 4. Kết quả khảo sát thời gian chiết hạt tiêu xanh và đen.

3.3. Xác định độ lặp lại

Tiến hành phân tích lặp 10 mẫu hạt tiêu xanh và đen cùng một nồng độ. Thực hiện ở 3 nồng độ mẫu hạt tiêu xanh và đen khác nhau. Kết quả xác định độ lặp lại của mẫu hạt tiêu xanh và đen lần lượt là 1,76-2,07% và 3,79-4,85% (bảng 2). Kết quả độ lặp lại của phương pháp phù hợp với quy định của AOAC là 3,7-5,3% [12].

Bảng 2. Kết quả khảo sát độ lặp lại.

Loại hạt tiêu	Nồng độ khảo sát (%)	Kết quả trung bình 10 lần lặp lại (%)	Độ lệch chuẩn S_r (%)	Độ lặp lại RSD_r (%)
Xanh	0,625	1,77	0,04	2,07
	1,25	2,31	0,04	1,94
	2,5	3,49	0,08	1,76
Đen	1,25	1,13	0,05	4,64
	2,50	2,17	0,11	4,85
	5,00	4,45	0,17	3,79

3.4. Xác định độ chụm trung gian (độ tái lập trong phòng thí nghiệm)

Tiến hành phân tích độ tái lập ở 3 nồng độ mẫu hạt tiêu xanh và đen khác nhau, mỗi nồng độ thực hiện 10 mẫu. Kết quả xác định độ tái lập trong phòng thí nghiệm từ 2,00 đến 2,24% đối với hạt tiêu xanh và 3,81 đến 5,48% đối với hạt tiêu đen (bảng 3). Kết quả độ tái lập trong phòng thí nghiệm phù hợp với quy định của AOAC là 4,0 đến 8,0% [12].

Bảng 3. Kết quả khảo sát độ chụm trung gian.

Loại hạt tiêu	Nồng độ khảo sát (%)	Kết quả trung bình KTV 1, KTV 2 (%)	Độ lệch chuẩn S_r (%)	Độ chụm trung gian RSD_r (%)
Xanh	0,625	1,77	0,04	2,13
	1,25	2,30	0,05	2,00
	2,5	3,49	0,08	2,24
Đen	1,25	1,11	0,06	5,48
	2,50	2,14	0,12	5,44
	5,00	4,47	0,17	3,81

3.5. Hiệu suất thu hồi

Từ phương pháp xác định hiệu suất thu hồi đã trình bày ở trên, nghiên cứu đã tiến hành xác định hiệu suất thu hồi với hạt tiêu xanh và đen thu được kết quả của các thí nghiệm phân bố từ 87,2 đến 91,4% đối với tiêu xanh và từ 85,4 đến 89,2% đối với tiêu đen (bảng 4). Kết quả hiệu suất thu hồi từ 2 nền mẫu tiêu đen và xanh phù hợp với quy định của AOAC là 80 đến 110% [12].

Bảng 4. Kết quả xác định hiệu suất thu hồi Piperin trong mẫu hồ tiêu.

Loại hạt tiêu	Nồng độ khảo sát (%)	KTV 1 (%)	KTV 2 (%)	Trung bình (%)
Xanh	0,625	89,4	88,6	89,0
	1,25	87,8	86,6	87,2
	2,5	91,1	91,6	91,4
Đen	1,25	90,1	87,2	88,6
	2,50	86,7	84,2	85,4
	5,00	88,9	89,6	89,2

3.6. Hàm lượng Piperin trong mẫu hạt tiêu xanh và đen

10 mẫu hạt tiêu xanh và 1 mẫu hạt tiêu đen được lấy tại mỗi hộ dân thuộc một số địa phương ở tỉnh Kon Tum, 10 mẫu hạt tiêu xanh được lấy theo phương pháp lấy mẫu đại diện cho cả vườn tiêu, tính theo số gốc tiêu mỗi hộ trồng được, cứ khoảng 20-30 gốc thì lấy 1 mẫu, do diện tích và số gốc tiêu của các hộ cần khảo sát khá đồng đều nên mỗi hộ lấy được 10 mẫu hạt tiêu xanh. Hàm lượng Piperin trung bình của 10 mẫu hạt tiêu xanh phân bố từ 5,23-10,2% (bảng 5).

Bảng 5. Hàm lượng Piperin trong mẫu tiêu xanh và đen.

Mã mẫu	Địa chỉ lấy mẫu	Hàm lượng Piperin (%)		Mã mẫu	Địa chỉ lấy mẫu	Hàm lượng Piperin (%)	
		Mẫu tiêu xanh (n=10)	Mẫu tiêu đen (n=1)			Mẫu tiêu xanh (n=10)	Mẫu tiêu đen (n=1)
M01	Xã Hà Môn, huyện Đắk Hà	7,76±0,41	3,44	M06	Xã Đắk Nông, huyện Ngọc Hồi	8,09±0,46	4,15
M02	Xã Hà Môn, huyện Đắk Hà	8,49±0,45	3,96	M07	Xã Đắk Nông, huyện Ngọc Hồi	8,47±0,51	4,47
M03	Xã Diên Bình, huyện Đắk Tô	10,0±0,53	5,31	M08	Xã Bờ Y, huyện Ngọc Hồi	9,35±0,33	5,04
M04	Xã Diên Bình, huyện Đắk Tô	5,23±0,19	0,77	M09	Xã Bờ Y, huyện Ngọc Hồi	8,13±0,39	3,91
M05	Xã Tân Cảnh, huyện Đắk Tô	10,2±0,50	4,62	M10	Thị trấn Plei Càn, huyện Ngọc Hồi	9,14±0,36	4,47

Tại mỗi vườn tiêu cũng chỉ thu thập được duy nhất 1 mẫu hạt tiêu đen vì sau khi hạt tiêu xanh có tỷ lệ chín từ 70 đến 90%, các hộ dân sẽ thu thập toàn bộ sơ chế thành hồ tiêu đen, hàm lượng Piperin trong mẫu hạt tiêu đen của các hộ dân dao động từ 0,77 đến 5,31% (bảng 5). Phương pháp tính kết quả và xử lý số liệu thống kê dùng phần mềm Excel. Trong đó, 4 mẫu hạt tiêu đen có hàm lượng Piperin thấp hơn 4%, chưa đạt yêu cầu kỹ thuật do TCVN 7036:2008 đưa ra.

4. Kết luận

Kết quả thu được từ nghiên cứu này giúp cung cấp thông tin hữu ích để đánh giá hàm lượng Piperin trong hạt tiêu xanh và đen có hiệu quả đạt được cao hơn so với TCVN

9683:2013, cụ thể thời gian chiết hồi lưu mẫu là 3,5 giờ thay vì là 3 giờ để thu được hàm lượng Piperin đạt cao nhất. Trong nghiên cứu này, hàm lượng Piperin có trong các mẫu hạt tiêu xanh và đen lần lượt dao động từ 5,23 đến 10,0% và 0,77 đến 5,31%. Từ đây cho thấy, hàm lượng Piperin đã giảm sau khi thu hoạch và đem sơ chế hạt tiêu xanh thành đen. Ngoài ra, khi đem so sánh kết quả hàm lượng Piperin trong mẫu tiêu đen sau khi sơ chế thì có 40% lượng mẫu hạt tiêu đen thu thập tại 10 hộ dân chưa đạt yêu cầu của TVCN 7036:2008 về quy định kỹ thuật cho hạt tiêu đen. Vì vậy, để nâng cao chất lượng sản phẩm hạt tiêu đen cần có biện pháp bảo toàn hàm lượng Piperin trong quá trình thu hoạch và sơ chế hạt tiêu xanh.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài “Phân tích hàm lượng dư lượng hóa chất bảo vệ thực vật họ Cúc (Pyrethroid) trong hạt tiêu xanh giai đoạn thu hoạch trên thiết bị GC/MS/MS” (mã số CSCL.09/21-21). Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. Gorgani, M. Mohammadi, G.D. Najafpour, et al. (2017), “Piperine - the bioactive compound of black pepper: From isolation to medicinal formulations”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **16**(1), pp.124-140, DOI: 10.1111/1541-4337.12246.
- [2] S. Shrestha, N. Chaudhary, R. Sah, et al. (2020), “Analysis of Piperin in black pepper by high performance liquid chromatography”, *Journal of Nepal Chemical Society*, **41**(1), pp.80-86, DOI: 10.3126/jncs.v41i1.30492.
- [3] A. Tiwari, K.R. Mahadik, S.Y. Gabhe (2020), “Piperine: A comprehensive review of methods of isolation, purification, and biological properties”, *Medicine in Drug Discovery*, **7**, pp.1-21, DOI: 10.1016/j.medidd.2020.100027.
- [4] M. Rezvanian, Z.T. Ooi, J.A. Jamal, et al. (2016), “Pharmacognostical and chromatographic analysis of Malaysian *Piper nigrum* Linn. fruits”, *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **78**(3), pp.334-343.
- [5] A.K. Hazra, B. Chakraborty, A. Mitra, et al. (2019), “A rapid HPTLC method to estimate piperine in Ayurvedic formulations”, *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, **10**(4), pp.248-254, DOI: 10.1016/j.jaim.2017.07.006.
- [6] Y.B. Murti, Y.S. Hartini, W.L.J. Hinrichs, et al. (2019), “UV-Vis spectroscopy to enable determination of the dissolution behavior of solid dispersions containing curcumin and Piperine”, *Journal of Young Pharmacists*, **11**(1), pp.26-30, DOI: 10.5530/jyp.2019.11.6.
- [7] S. Bhairy, S. Ashraf, V. Nalawade, et al. (2021), “Development and validation of bivariate UV-Visible spectroscopic method for simultaneous estimation of curcumin and piperine in their combined nanoparticulate system”, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, **11**(5), pp.64-70, DOI: 10.7324/JAPS.2021.110509.
- [8] J.V. Martínez, G.V.B. Cantúa, J.M.G. Villagomez, et al. (2020), “Bio-autography and GC-MS based identification of piperine and trichostachine as the active quorum quenching compounds in black pepper”, *Heliyon*, **6**(1), DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e03137.
- [9] J.R. Park, H.H. Kang, J.K. Cho, et al. (2020), “Application of non-destructive rapid determination of Piperine in *Piper nigrum* L. (black pepper) using NIR and multivariate statistical analysis: A promising quality control tool”, *Foods*, **9**(10), DOI: 10.3390/foods9101437.
- [10] S. Kumar, A. Kar, C. Beena, et al. (2021), “Antioxidant activities, phenolics and piperine contents in four piper species from India”, *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, **9**(1), pp.24-31.
- [11] Vietnam Ministry of Science and Technology (2013), *National Standards TCVN 9683:2013 (ISO 5564:1982) Black Pepper and White Pepper; Whole or Ground - Determination of Piperine Content - Spectrophotometric Method* (in Vietnamese).
- [12] AOAC (1998), *AOAC Peer-Verified Methods Program: Manual on Policies and Procedures*, 18pp.

Đánh giá tài nguyên nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời thung lũng Mường Thanh bằng phương pháp mô hình số

Nguyễn Huy Vượng¹, Nguyễn Bách Thảo², Trần Văn Quang^{1*}, Nguyễn Thành Công¹, Phạm Tuấn¹, Đào Đức Bằng²

¹Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 3 ngõ 95, Chùa Bộc, phường Quang Trung, quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 phố Viên, phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 6/10/2021; ngày chuyển phản biện 8/10/2021; ngày nhận phản biện 29/10/2021; ngày chấp nhận đăng 4/11/2021

Tóm tắt:

Thung lũng Mường Thanh nằm giữa lòng chảo Điện Biên là nơi sinh sống của hơn 80.000 cư dân, bao gồm các dân tộc Kinh, Thái, Dao và H'Mông. Ở đây, nước dưới đất là nguồn cấp chủ yếu phục vụ cho nhu cầu ăn uống và sinh hoạt của người dân địa phương. Nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời khu vực thung lũng Mường Thanh chủ yếu tồn tại trong 2 tầng chứa nước qh, qp thuộc các thành tạo Holocen (aQ_2^{1-2}) và Pleistocen (aQ_1^3 , apQ_1^3). Kết quả khảo sát địa chất thủy văn, quan trắc động thái nước dưới đất cho thấy, nước dưới đất trong các thành tạo này được hình thành chủ yếu từ: i) Nguồn nước mưa, ii) Nước sông Nậm Rốm và iii) Một tỷ lệ nhỏ nước dưới đất thấm từ bên rìa. Tiềm năng tài nguyên nước trong các thành tạo bờ rời thung lũng Mường Thanh được tính toán bằng phương pháp mô hình số. Kết quả ứng dụng phần mềm Visual Modflow mô phỏng vận động nước dưới đất và tính toán các thành phần tham gia trữ lượng nước dưới đất cho thấy, tổng trữ lượng nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời khu vực thung lũng Mường Thanh biến đổi theo mùa, dao động từ 25.154 đến 30.973 m³/ngày, trong đó từ lượng mưa là 191-5.418 m³/ngày, cung cấp thấm từ nước sông là 12.046-23.147 m³/ngày. Tổng lượng nước được bổ cập dao động theo mùa, từ 13.112 đến 29.464 m³/ngày. Lưu lượng nước khai thác hiện nay vào khoảng 2.000 m³/ngày, nhỏ hơn nhiều so với tổng lượng nước bổ cập cho thấy mức độ khai thác đang trong giới hạn an toàn.

Từ khóa: mô hình số, Mường Thanh - Điện Biên, nước dưới đất, thành tạo bờ rời, trữ lượng.

Chỉ số phân loại: 1.5

1. Đặt vấn đề

Nước dưới đất trên địa bàn tỉnh Điện Biên bao gồm 2 tầng chứa nước (TCN) lỗ hổng, 19 TCN khe nứt, 3 TCN khe nứt - karst và các thành tạo địa chất rất nghèo nước. Theo kết quả đánh giá tài nguyên nước bằng phương pháp giải tích của Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia, trữ lượng có thể khai thác nước dưới đất của tỉnh Điện Biên ước tính $Q_{kt} = 2.030.651,95$ m³/ngày [1]. Tuy nhiên, do đặc điểm địa hình cao, dốc và phân cắt mạnh nên ngoài các thung lũng phân bố dọc theo các sông suối thì các khu vực còn lại có mực nước dưới đất nằm rất sâu, phổ biến từ 40 đến 70 m, việc khai thác gặp nhiều khó khăn cũng như chi phí lớn. Khác với các thung lũng nhỏ hẹp khác, thung lũng Mường Thanh có chiều dài khoảng 25 km và bề rộng từ 5 đến 6 km. Bề mặt thung lũng được phủ bởi các trầm tích bờ rời với chiều dày từ 10 đến 100 m, cao độ địa hình biến đổi từ 470 đến trên 500 m, xung quanh thung lũng được bao bọc bởi các đá cứng tuổi T3n-r hệ tầng Suối Bàng, với cao độ có nơi đạt trên 1.200 m. Nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời khu vực này chủ yếu tồn tại các trầm tích cát cuội sỏi của 2 tầng chứa nước qh trong các thành tạo Holocen (aQ_2^{1-2}), qp trong các thành tạo Pleistocen (aQ_1^3 , apQ_1^3) và trong các khe nứt của trầm tích lục nguyên, cacbonat ở dưới sâu [1]. Hiện nay, xung quanh thung lũng Mường Thanh mới thực hiện 6 lỗ khoan thăm dò

địa chất thủy văn, đối tượng đánh giá là TCN T3n-rsbl hệ tầng Suối Bàng, vì vậy chưa có tài liệu đánh giá chi tiết trữ lượng và chất lượng của 2 tầng chứa nước nêu trên [2].

Về chất lượng nước, theo “Báo cáo chuyên đề tiềm năng nước dưới đất tỉnh Điện Biên” [1] phần lớn các chỉ tiêu chất lượng nước đều nằm trong giới hạn cho phép (QCVN 09:2015/BTNMT) của quốc gia về chất lượng nước dưới đất, riêng chỉ tiêu coliform tại các điểm quan trắc vượt quy chuẩn 1,3-13,3 lần. Loại hình công trình đang khai thác nước trong các thành tạo bờ rời này chủ yếu là giếng khoan và giếng đào quy mô hộ gia đình với mục đích phục vụ sinh hoạt. Theo định hướng khai thác sử dụng tài nguyên nước nêu trong báo cáo “Quy hoạch tài nguyên nước tỉnh Điện Biên đến năm 2025, tầm nhìn đến 2035” [3], đến năm 2030 nguồn nước mặt phục vụ sinh hoạt và sản xuất sẽ bị thiếu. Vì vậy, việc nghiên cứu đánh giá chi tiết về trữ lượng và chất lượng, trên cơ sở đó đề xuất các giải pháp sử dụng hiệu quả bền vững nguồn nước này là cần thiết. Bài báo trình bày kết quả sử dụng phần mềm Visual Modflow để mô phỏng vận động và nguồn hình thành trữ lượng của nước dưới đất và tính toán các thành phần tham gia trữ lượng nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời khu vực thung lũng Mường Thanh, từ đó đề xuất một số giải pháp khai thác, sử dụng bền vững nguồn nước này.

*Tác giả liên hệ: Email: tranquang78@gmail.com

Assessment of water resources in the porous formations from Muong Thanh value by numerical modelling

Huy Vuong Nguyen¹, Bach Thao Nguyen²,
Van Quang Tran^{1*}, Thanh Cong Nguyen¹,
Tuan Pham¹, Duc Bang Dao²

¹Hydraulic Construction Institute, Vietnam Academy for Water Resources,
3 Alley 95, Chua Boc Street, Quang Trung Ward, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

²Hanoi University of Mining and Geology,
18 Vien Street, Duc Thang Ward, Bac Tu Liem District, Hanoi, Vietnam

Received 6 October 2021; revised 29 October 2021; accepted 4 November 2021

Abstract:

Muong Thanh valley located in the middle of Dien Bien is home to 80.000 people, including Kinh, Thai, Dao, and H'Mong ethnic groups. Here, underground water is the main source of food and drink for local people. The groundwater in porous formations in the Muong Thanh valley area mainly exists in two aquifers qh, qp belonging to Holocene (aQ_2^{1-2}) and Pleistocene (aQ_1^3 , apQ_1^3) formations. Hydrogeological survey results and groundwater monitoring data showed that groundwater in these formations is mainly from i) Rainwater sources, ii) Seepage from Nam Rom river, and iii) Percolate from outside. Applying numerical methods by using Visual Modflow to estimate inflow and outflow components exhibited that the total underground water reserves in the detached formations in the Muong Thanh valley area vary from 25,154 to 30,973 m³/day between dry and rainy seasons, including recharge from rainfall (from 191 to 5,418 m³/day) and seepage from Nam Rom river (from 12,046 to 23,147 m³/day). The total amount of replenished water fluctuates seasonally, from 13,112 to 29,464 m³/day. The current exploitation water flow is about 2,000 m³/day, much smaller than the total amount of replenished water, showing that the exploitation level is within safe limits.

Keywords: groundwater, Muong Thanh - Dien Bien, numerical modelling, porous formations, reserve.

Classification number: 1.5

2. Phương pháp nghiên cứu

Việc đánh giá trữ lượng khai thác nước dưới đất có thể tiến hành bằng phương pháp thủy động lực, thủy lực, cân bằng cũng như phương pháp tương tự địa chất thủy văn, hoặc áp dụng đồng thời các phương pháp nêu trên [4]. Trong bài báo này, chúng tôi chọn phương pháp thủy động lực kết hợp với phương pháp mô hình số sử dụng phần mềm

Visual Modflow để tính toán trữ lượng nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời khu vực thung lũng Mường Thanh.

Phần mềm Visual Modflow được phát triển bởi Hãng Waterloo Hydrogeologic Inc. hoạt động trên hệ điều hành Windows với nguyên lý tính toán cho dòng chảy 3 chiều, về cơ bản sự mô phỏng được thể hiện qua các phương trình sau:

Phương trình Darcy:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) \pm W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

trong đó: K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} : các hệ số thấm theo phương x, y và z; S_s : hệ số nhả nước; h: cao độ mực nước tại thời điểm t; W: mô đun dòng ngầm, hay là giá trị bổ cập, giá trị thoát đi của nước ngầm tại vị trí (x, y, z) ở thời điểm t; $W(x, y, z, t)$ là hàm số phụ thuộc vào thời gian và không gian (x, y, z).

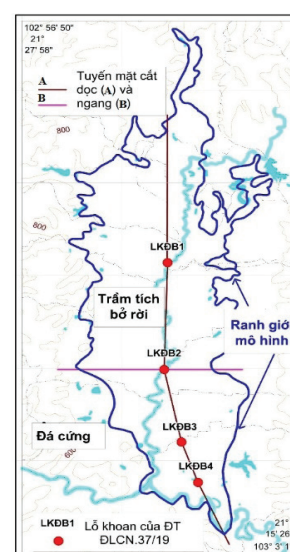
Phương trình Dupuy:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(Kh \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(Kh \frac{\partial h}{\partial y} \right) \pm W = S_y \frac{\partial h}{\partial t}$$

trong đó: K: hệ số thấm; h: cao độ mực nước tại thời điểm t; W: mô đun dòng ngầm, hay là giá trị bổ cập, giá trị thoát đi của nước ngầm; S_y : hệ số nhả nước.

Phần mềm Visual Modflow hiện đang được khai thác có bản quyền tại Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Các thông số địa chất thủy văn của các tầng chứa nước được xác định bằng công tác hút nước thí nghiệm tại 4 lỗ khoan địa chất thủy văn trong khuôn khổ đề tài ĐTĐLCN.37/19 thực hiện [vị trí các lỗ khoan hút nước thí nghiệm thể hiện ở hình 1 có ký hiệu LK-ĐB1 đến LK-ĐB4 (lỗ khoan Điện Biên)]. Ngoài ra, các tài liệu khác như khí tượng, thủy văn, hiện trạng khai thác nước dưới đất các công trình có được qua công tác điều tra thu thập.



Hình 1. Phạm vi xây dựng mô hình.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Đặc điểm tự nhiên khu vực nghiên cứu

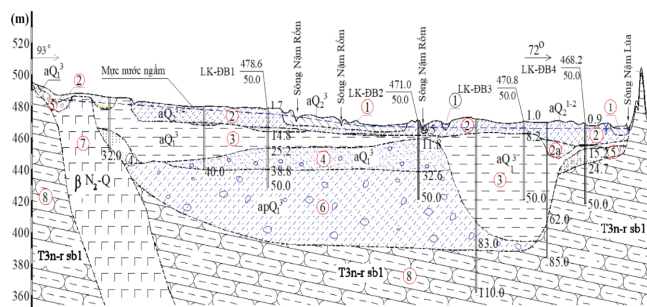
Khí tượng thủy văn: theo số liệu về khí tượng thủy văn từ năm 2000 đến 2019, lượng mưa trung bình năm dao động từ 1.600 đến 1.700 mm. Mùa mưa kéo dài 6 tháng trong năm (từ tháng 4 đến tháng 9), tuy vậy số ngày mưa chỉ 130-140 ngày, lượng mưa vào mùa mưa chiếm 75-87% tổng lượng mưa trong năm, đặc biệt 3 tháng 6, 7 và 8 có tổng lượng mưa chiếm hơn 50% lượng mưa cả năm. Lượng bốc hơi theo tháng trung bình nhiều năm biến đổi từ 51 đến 112 mm và phân bố khá đều trong vùng. Lượng bốc hơi các tháng mùa khô dao động trong khoảng 57-80 mm và lớn hơn lượng mưa. Lượng bốc hơi lớn tập trung vào các tháng 3, 4 và 5, lớn nhất vào tháng 3 (giá trị trung bình nhiều năm 78,1 mm). Lượng bốc hơi nhỏ tập trung vào các tháng 7, 8 và 9, thấp nhất vào tháng 8 (giá trị trung bình nhiều năm 51,9 mm) (bảng 1) [5].

Bảng 1. Tổng lượng mưa, bốc hơi các tháng trung bình giai đoạn 2000-2019 (mm).

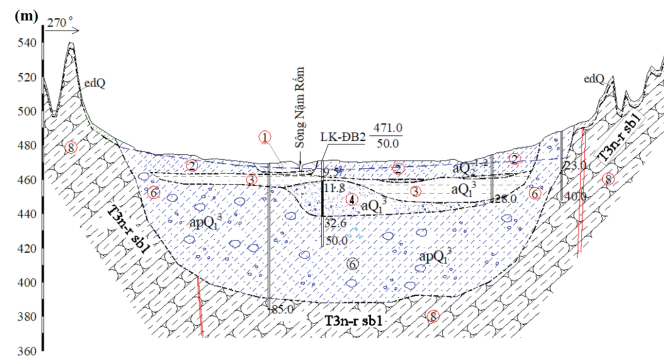
Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cả năm
Mưa	61,9	21,8	56,3	129,8	173,8	224,4	311,7	376,9	140,0	66,6	41,3	36,9	1.641,49
Bốc hơi	58,8	75,2	78,1	77,9	80,6	77,6	63,9	51,9	57,5	79,1	66,9	57,0	824,9

Mạng lưới thủy văn: tại khu vực Mường Thanh có sông Nậm Rốm chảy qua với chiều dài 25 km, lưu lượng trung bình năm là 5-7 m³/s. Lưu lượng dòng chảy trung bình tháng lớn nhất là 21,5 m³/s, nhỏ nhất là 2 m³/s [1].

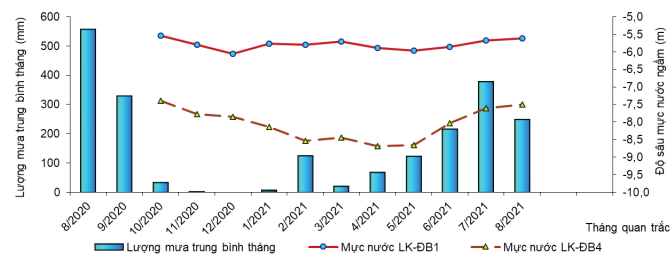
Điều kiện địa chất thủy văn khu vực nghiên cứu: tầng chứa nước Pleistocen (qp) thung lũng Mường Thanh được cấu tạo nên bởi các thành tạo bồi tích có nguồn gốc bồi tích (aQ₁³) và bồi, lũy tích (apQ₁³) của sông Nậm Rốm. Trên cơ sở 4 lỗ khoan địa chất thủy văn thực hiện năm 2020 thuộc đề tài ĐTĐLCN.37/19 và các tài liệu thu thập được cho phép thành lập các mặt cắt địa chất thủy văn dọc (hình 2) và ngang (hình 3) thung lũng. Động thái mực nước dưới đất TCN qp được quan trắc trong 12 tháng (qua 1 mùa mưa và 1 mùa khô), quan hệ giữa lượng mưa và mực nước dưới đất được thể hiện ở hình 4.



Hình 2. Mặt cắt địa chất thủy văn dọc thung lũng Mường Thanh.



Hình 3. Mặt cắt địa chất thủy văn ngang thung lũng Mường Thanh.



Hình 4. Quan hệ giữa lượng mưa tháng và mực nước dưới đất.

Từ đặc điểm cấu trúc, nguồn gốc hình thành, thành phần thạch học có thể chia các cấu trúc các thành tạo chứa nước bờ rời trong khu vực thành 2 tầng chứa nước sau:

TCN qh: đất đá chứa nước là các trầm tích tuổi Holocen sớm giữa (aQ₂¹⁻²), gồm các lớp sét pha nhẹ xen kẹp cát pha (lớp 2) và các thấu kính cát cuội sỏi (phụ lớp 2a, 2b), chiều dày 5,0 đến 25 m, TCN thuộc loại không áp, phân bố chủ yếu trong khu vực lòng chảo. Mực nước dưới đất thay đổi theo mùa phổ biến từ 2,0 đến 5,5 m, hướng dòng chảy theo bề mặt địa hình dốc về phía sông Nậm Rốm. TCN được xếp vào tầng nghèo nước (bảng 2).

Bảng 2. Các thông số địa chất thủy văn của TCN qh tại Mường Thanh.

Tên lỗ khoan	Chiều sâu mực nước H ₀ (m)	Trị số hạ thấp mực nước S ₀ (m)	Lưu lượng Q (m ³ /ngày)	Hệ số nhả nước trọng lực S _g	Hệ số dẫn nước T (m ² /ngày)	Chiều dày tầng chứa nước (m)	Hệ số thấm K (m/ngày)
LK-DB1	3,5	2,9	26,784	0,15658	19,98	2,6	7,69

TCN qp: bao gồm các thành tạo bồi tích Pleistocen muộn aQ₁³ (lớp 4 và 5), và thành tạo bồi - lũy tích tuổi Pleistocen muộn apQ₁³ (lớp 6). Thành phần thạch học của lớp chủ yếu là cát cuội sỏi (lớp 4 và 5) và cuội sỏi lẫn đất (lớp 6). Tầng chứa nước qp phân bố trên toàn bộ thung lũng, nằm dưới TCN qh và được ngăn cách bởi tầng cách nước phân bố liên tục, có chiều dày từ 3 đến 60 m. Chiều dày tầng chứa nước qp thay đổi từ 9,5 đến 20,8 m. Mực nước dưới đất trong tầng qp thay đổi theo mùa từ 5,0 đến 8,0 m, cho thấy tầng có áp cục bộ. Kết quả hút nước thí nghiệm bằng phương pháp bơm đơn tại các lỗ khoan trong TCN qp cho thấy đây là tầng giàu nước. Các thông số địa chất thủy văn của tầng chứa nước được trình bày tại bảng 3.

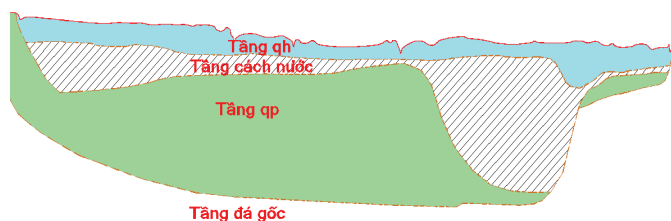
Bảng 3. Các thông số địa chất thủy văn của tầng chứa nước qp tại Mường Thanh.

Tên lỗ khoan	Chiều sâu mực nước H_q (m)	Trị số hạ thấp mực nước S_q (m)	Lưu lượng Q ($m^3/ngày$)	Hệ số nhả nước trong lực S_y	Hệ số dẫn nước T ($m^2/ngày$)	Chiều dày tầng chứa nước (m)	Hệ số thấm K ($m/ngày$)
LK-ĐB1	6,6	2,1	211,1	0,17797	256,2	13,6	18,8
LK-ĐB2	5,1	2,5	186,5	0,17194	307,9	20,8	14,8
LK-ĐB4	8,6	1,4	230,0	0,20552	490,2	9,5	51,6

3.2. Mô phỏng vận động và tính toán trữ lượng nước dưới đất

Mô hình khái niệm: vùng xây dựng mô hình là thung lũng Mường Thanh, tỉnh Điện Biên, đây là nơi có địa hình trung thấp của tỉnh với cao độ địa hình khoảng 460 m. Thung lũng Mường Thanh gồm các trầm tích bờ rời dày từ 1 đến trên 50 m, xung quanh được bao bọc bởi các đá cứng tuổi T₃-rsb₁ hệ tầng Suối Bàng. Do đó, ranh giới giữa trầm tích bờ rời và đá cứng chính là vùng mô hình hóa của hệ thống nước dưới đất trầm tích bờ rời thung lũng Mường Thanh (hình 1) $X_{min}=2351.892$ m, $Y_{min}=287.194$ m; $X_{max}=2.374.892$ m, $Y_{max}=298.194$ m.

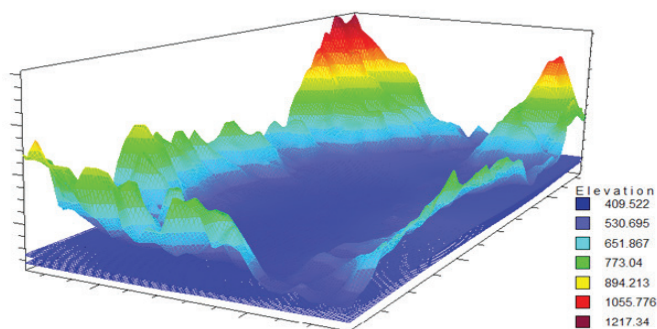
Diện tích vùng nghiên cứu được chia thành bước lưới đều với 230 hàng và 110 cột, kích thước ô lưới 100x100 m. Việc phân chia các lớp mô hình dựa trên cơ sở tài liệu thu thập, khảo sát thực địa và tài liệu của các lỗ khoan trong khu vực Mường Thanh, theo thứ tự từ trên xuống dưới khu vực được phân chia thành 3 lớp, thể hiện ở hình 5: lớp 1: TCN qh, thành phần gồm cát hạt vừa, hạt mịn xen kẹp sét pha, cát pha, màu xám, xám nâu, xám ghi, kết cấu chặt vừa, đôi chỗ có chứa tàn tích thực vật; lớp 2: lớp sét cách nước giữa TCN qh và TCN qp, thành phần gồm sét màu nâu đỏ, xám sáng, xám vàng, trạng thái dẻo cứng; lớp 3: tầng chứa nước qp, thành phần gồm cuội sỏi lẫn cát màu xám, xám sáng, kết cấu chặt. Cuội có độ lựa chọn và mài tròn tốt, thành phần chủ yếu là thạch anh.



Hình 5. Mô hình khái niệm theo tuyến mặt cắt dọc các tầng chứa nước khu vực Mường Thanh.

Khu vực Mường Thanh có sông Nậm Rốm chảy qua với mực nước biến đổi mạnh theo thời gian, dòng thấm phụ thuộc vào lớp trầm tích đáy sông nên sông Nậm Rốm được coi là biên tổng hợp (GHB). Ranh giới giữa trầm tích bờ rời và đá cứng nứt nẻ được coi là biên cách nước ($Q=0$) của các lớp trong mô hình. Nước mưa là nguồn cung cấp chính và được mô phỏng là biên bổ cập của vùng. Biên thoát nước được mô phỏng bằng biên bốc hơi và các giếng khai thác nước.

Dữ liệu địa hình: các dữ liệu về độ cao địa hình được lấy từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 khu vực nghiên cứu và mô hình số độ cao thông qua phần mềm Global Mapper, dữ liệu địa hình được đưa vào mô hình dưới định dạng .GRD (hình 6).

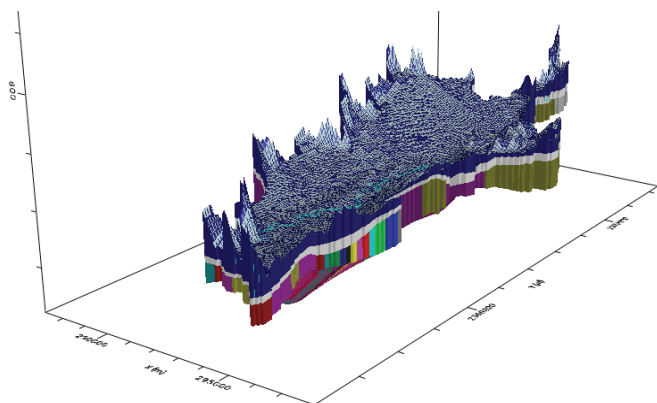


Hình 6. Mô phỏng bề mặt địa hình trong mô hình.

Phân lớp mô hình: vùng nghiên cứu được phân thành 3 lớp trong mô hình, bao gồm 1 tầng sét cách nước, 2 tầng chứa nước trong các thành tạo bờ rời. Các kết quả khảo sát và tài liệu địa tầng các lỗ khoan (bảng 4) được sử dụng để nội suy và phân lớp trong mô hình. Phạm vi chạy mô hình có cấu trúc bồn trầm tích dọc thung lũng sông, do đó ranh mô hình trùng với ranh giới thung lũng, là phần tiếp giáp giữa đất đá bờ rời và đá gốc. Bề dày các lớp đất đá đều được gán bằng 0 tại ranh giới vùng mô hình và tăng dần về phía giữa thung lũng, dọc theo sông Nậm Rốm (hình 7).

Bảng 4. Cao độ các lớp mô hình tại các lỗ khoan do đề tài thực hiện.

STT	Số hiệu lỗ khoan	Tọa độ X (m)	Tọa độ Y (m)	Cao độ địa hình (m)	Cao độ đáy L1 (m)	Cao độ đáy L2 (m)	Cao độ đáy L3 (m)
1	LKDB1	292.827	2.364.551	477,7	462,9	452,5	427,7
2	LKDB2	292.694	2.359.937	470,7	461,2	458,9	420,7
3	LKDB3	293.387	2.356.805	472,0	463,8	422,0	407,0
4	LKDB4	294.045	2.355.061	474,1	461,0	458,9	449,4



Hình 7. Cấu trúc 3D vùng nghiên cứu các lớp mô phỏng trong mô hình.

Điều kiện biên mô hình:

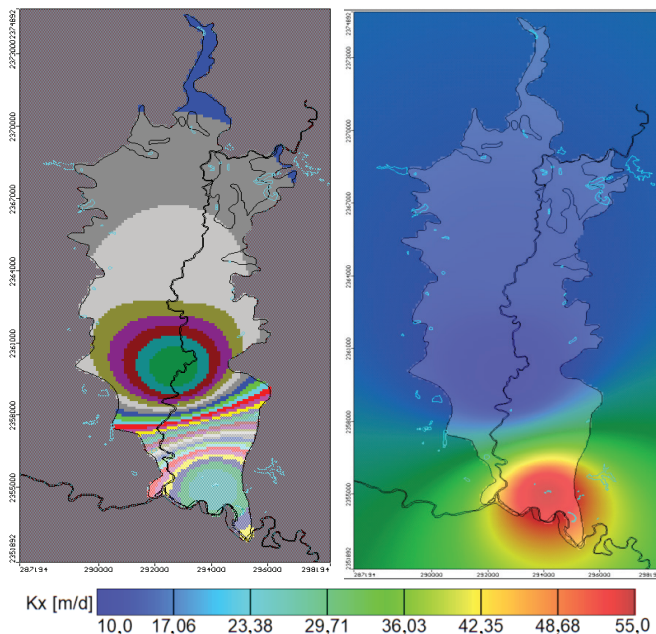
- Biên mực nước tổng hợp (GHB): được gán cho sông Nậm Rốm và cắt vào tất cả các tầng chứa nước. Mực nước trên biên được lấy theo cao độ mực nước sông quan trắc trong quá trình khảo sát thực địa, hệ số sức cản thấm lấy bằng 110 m²/ngày.

- Biên cách nước: được gán cho ranh giới giữa trầm tích bờ rời và đá cứng, chính là ranh giới phạm vi chạy mô hình.

- Biên bổ cập (RCH): lượng bổ cập của nước mưa cho nước dưới đất được lấy theo kinh nghiệm và thử dần trong quá trình chạy mô hình. Các số liệu về lượng mưa được tổng hợp ở bảng 1.

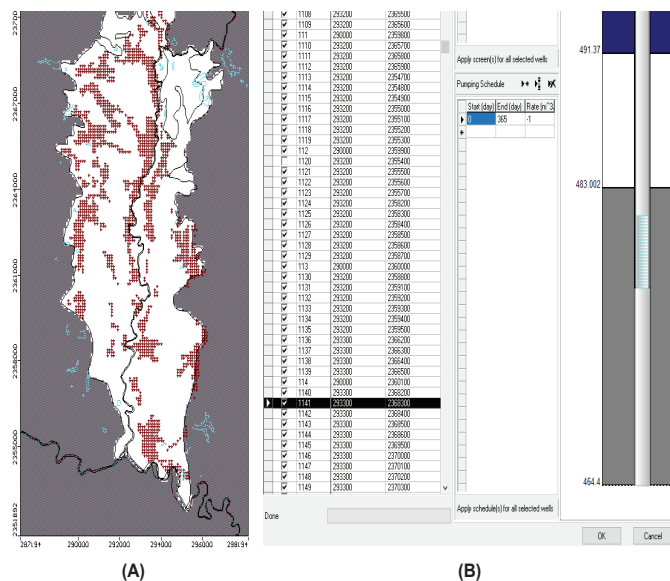
- Biên bốc hơi (EVAPO): lượng bốc hơi được lấy tại bảng 1. Lượng bốc hơi tỷ lệ nghịch với chiều sâu mực nước và khi chiều sâu mực nước >3 m tính từ bề mặt địa hình thì không xảy ra quá trình bốc hơi.

Các thông số địa chất thủy văn của các lớp được nội suy theo phương pháp Kriging theo tài liệu hút nước thí nghiệm áp dụng cho từng TCN. Sơ đồ phân vùng hệ số thấm của tầng qp và được thể hiện ở hình 8.



Hình 8. Phân vùng hệ số thấm tầng chứa nước qp.

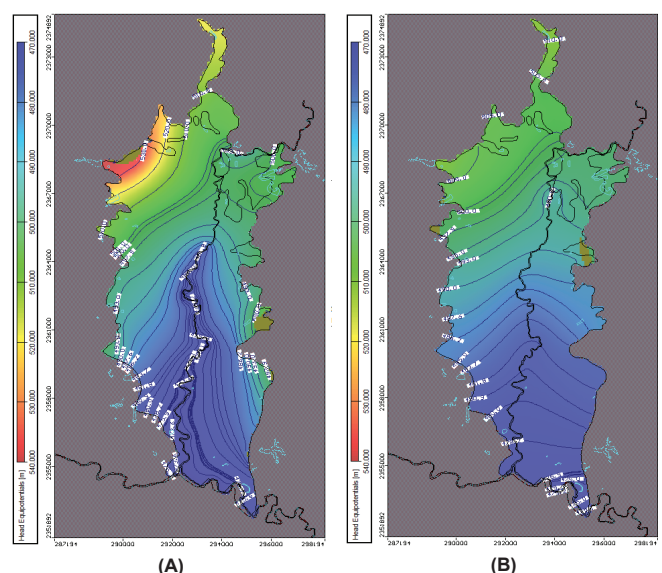
Các công trình khai thác nước dưới đất: được mô phỏng trong mô hình dưới dạng các giếng khai thác (Well), số lượng hố khoan khai thác sẽ được điều chỉnh thử dần khi đạt đến cân bằng nước (vào = ra). Lưu lượng khai thác của mỗi giếng trung bình khoảng 0,5 m³/ngày. Sơ đồ phân bố và mô phỏng cấu trúc lỗ khoan trong mô hình được thể hiện ở hình 9.



Hình 9. Mô phỏng công trình khai thác nước trong mô hình. (A) sơ đồ vị trí các lỗ khoan được mô phỏng trong mô hình; (B) mô phỏng cấu trúc lỗ khoan khai thác nước hộ gia đình.

3.3. Kết quả đánh giá trữ lượng nước dưới đất

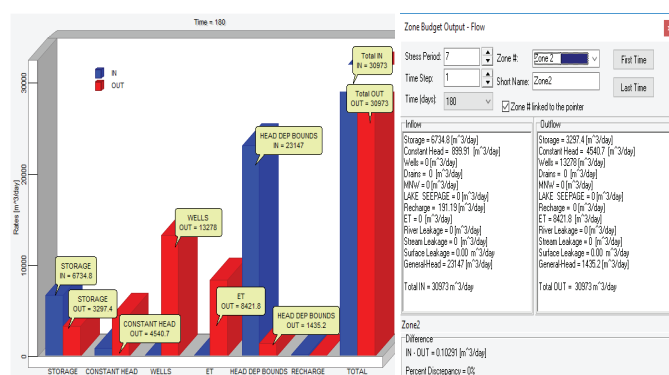
Sau khi xây dựng mô hình, chạy và chỉnh lý mô hình theo tài liệu quan trắc mực nước dưới đất năm 2019-2020 tại 4 lỗ khoan mà đề tài ĐTĐLCN.37/19 thực hiện cùng với số liệu mực nước đo được tại các giếng trong dân đang khai thác, kết quả biến động mực nước dưới đất TCN qh và qp khu vực Mường Thanh được thể hiện ở hình 10.



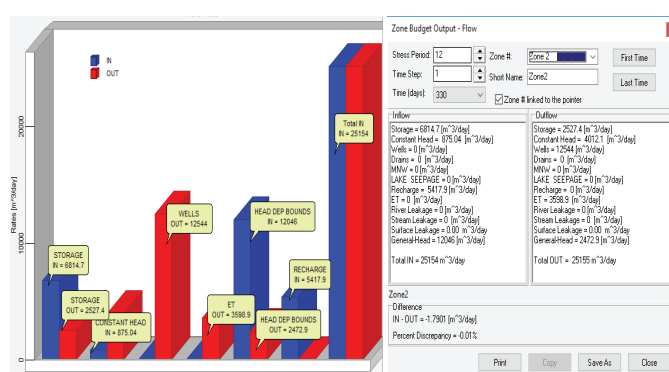
Hình 10. Mực nước dưới đất các TCN qh (A) và qp (B) tại thời điểm mùa mưa tháng 8/2020.

Tiềm năng tài nguyên nước dưới đất được xác định đối với TCN qh và qp được xác định theo phương pháp mô hình số. Tiềm năng tài nguyên nước dưới đất bao gồm 2 thành phần: tiềm năng tích chứa và lượng bổ cập tự nhiên. Tiềm năng tích chứa bao gồm tiềm năng tích chứa trọng lực và

đàn hồi. Lượng bổ cập tự nhiên cho nước dưới đất trong trầm tích Đệ tứ khu vực Mường Thanh được hình thành bởi các nguồn cung cấp khác nhau như bổ cập từ nước mưa, dòng ngầm bên rìa thung lũng chảy vào và lượng cung cấp thấm từ sông Nậm Rốm. Các thành phần tham gia vào cân bằng nước của khu vực Mường Thanh năm 2020 tính toán được như ở hình 11 và 12.



Hình 11. Giá trị tính toán cân bằng nước thời điểm mùa khô tháng 2/2020.



Hình 12. Giá trị tính toán cân bằng nước thời điểm mùa mưa tháng 8/2020.

Bảng 5. Tính toán cân bằng nước khu vực thung lũng Mường Thanh (đơn vị m³/ngày).

STT	Thành phần tham gia tính toán	Vào		Ra		Cân bằng	
		Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa	Mùa khô	Mùa mưa
1	Tiềm năng tích chứa trong tầng chứa nước (storage)	6.735 (21,7%)	6.815 (27,7%)	3.297 (10,7%)	2.527 (10,0%)	3.438	4.288
2	Giá trị cung cấp của nước mưa cho nước dưới đất và bốc hơi (Recharge và ET)	191 (0,6%)	5.418 (21,7%)	8.421 (27,2%)	3.599 (14,3%)	-8.230	1.819
3	Giá trị cung cấp từ bên sườn chảy đến (constant head)	8.99,9 (2,9%)	875 (3,5%)	4.540 (14,7%)	4.012 (15,9%)	-3.640	-3.137
4	Giá trị bổ cập của nước sông cho nước dưới đất (GHB)	23.147 (74,7%)	12.046 (48,0%)	1.435 (4,6%)	2.472 (9,8%)	21.712	9.574
5	Tổng	30.973	25.154	17.693	12.610	13.280	12.544

Ghi chú: trị số 23.147 m³/ngày là giá trị đại lượng; 74,7% là tỷ lệ so với tổng lượng.

Kết quả tính toán cho thấy, sông Nậm Rốm đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong nguồn hình thành trữ lượng nước dưới đất thung lũng Mường Thanh, chiếm từ 48% (mùa khô) đến 74,5% (mùa mưa). Lưu lượng khai thác của các công trình đưa vào tính toán đạt đến mức cân bằng tương ứng với mùa khô và mùa mưa là 12.544 và 13.280 m³/ngày.

4. Kết luận

Kết quả mô phỏng vận động nước dưới đất và tính toán trữ lượng bằng mô hình số cho thấy, tổng trữ lượng nước dưới đất (lượng vào - lượng ra) của 2 tầng chứa qh, qp vào mùa mưa và mùa khô lần lượt là 12.544 và 13.280 m³/ngày. Hiện trạng khai thác nước của các công trình trong phạm vi thung lũng Mường Thanh khoảng 2.000 m³/ngày.

Trữ lượng khai thác nước dưới đất có thể đáp ứng nhu cầu cấp nước hiện nay. Mặc dù vậy, tình trạng khan hiếm nước vẫn xảy ra cục bộ tại một số giếng quy mô hộ gia đình vào các thời điểm mùa khô.

Sông Nậm Rốm là nguồn cung cấp chính đóng vai trò quan trọng trong bổ cập nước cho TCN, do đó cần phải bố trí các công trình cấp nước tập trung phù hợp với điều kiện địa chất thủy văn và đặc điểm địa hình khu vực dưới dạng cụm hành lang giếng hoặc công trình thu nước ngầm đáy sông. Ưu tiên bố trí các cụm lỗ khoan khai thác dọc sông Nậm Rốm nhằm tăng lưu lượng cuốn theo, đảm bảo lưu lượng khai thác các giếng ổn định, đặc biệt tại các thời điểm mùa khô.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo dựa trên các số liệu nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu đề xuất mô hình tích hợp các giải pháp thu gom, lưu giữ và khai thác các nguồn nước phục vụ cấp nước sinh hoạt và sản xuất cho các vùng khan hiếm nước tỉnh Điện Biên” mã số ĐTĐLCN.37/19 do Bộ Khoa học và Công nghệ quản lý, đơn vị chủ trì thực hiện là Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] National Center for Water Resources Planning and Investigation (2008), Report on Groundwater Potential, Project “Bien Association - Establishing a Map of Ground Water Resources at a Scale of 1:200,000 for Provinces Nationwide (in Vietnamese).
- [2] People’s Committee of Dien Bien Province (2017), Official Dispatch No. 3228/UBND-KGVX on Ordering Urgent Local Science and Technology Tasks Dated November 3, 2017 (in Vietnamese).
- [3] People’s Committee of Dien Bien Province (2016), Summary Report on Water Resources Planning Projects in Dien Bien Province for 2025, Vision to 2035 (in Vietnamese).
- [4] D.V. Canh, P.Q. Nhan (2005), Applied Informatics in Hydrogeology, Science and Engineering Publishing House, 152pp (in Vietnamese).
- [5] Vietnam Academy for Water Resources (2015), Project Summary Report: Review and Adjustment of the Irrigation Development Plan for Dien Bien Province from 2015 to 2025, Direction to 2035 (in Vietnamese).

Phân lập vi khuẩn phân hủy toluene và khảo sát khả năng phân hủy hỗn hợp hydrocarbon thơm trong nước thải phòng thí nghiệm

Nguyễn Thị Phi Oanh*, Lê Hoàng Khang

Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, khu II, đường 3/2, phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, TP Cần Thơ, Việt Nam

Ngày nhận bài 9/8/2021; ngày chuyển phản biện 12/8/2021; ngày nhận phản biện 30/8/2021; ngày chấp nhận đăng 6/9/2021

Tóm tắt:

Toluene là hydrocarbon thơm được sử dụng phổ biến như dung môi công nghiệp và là một trong những thành phần chính của xăng. Do tan được trong nước nên toluene có thể hiện diện ở nước mặt hoặc len lỏi từ đất xuống mạch nước ngầm, gây ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng. Từ mẫu bùn thu tại hệ thống xử lý nước thải phòng thí nghiệm, 20 dòng vi khuẩn phát triển trên môi trường khoáng tối thiểu có bổ sung toluene như nguồn carbon duy nhất đã được phân lập, trong đó 2 dòng vi khuẩn TL5 và TL27 có khả năng phân hủy toluene (0,025% v/v) tương ứng đạt 96,71 và 100% ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy. Khảo sát khả năng phân hủy hỗn hợp hydrocarbon thơm hiện diện trong nước thải gồm acetophenone, benzaldehyde, phenol, pyridine, toluene và xylene cho thấy dòng TL27 có khả năng phân hủy hoàn toàn toluene và benzaldehyde, trong khi phenol, xylene, acetophenone và pyridine được phân hủy lần lượt là 88,27, 40,9, 34,67 và 23,26% ở thời điểm 4 ngày nuôi cấy. Dựa vào kết quả phân tích trình tự gen 16S-rRNA, dòng TL27 được xác định thuộc chi *Enterobacter* và được định danh là *Enterobacter* sp. TL27.

Từ khóa: *Enterobacter*, hydrocarbon thơm, nước thải, sự phân hủy sinh học, toluene.

Chỉ số phân loại: 1.6

1. Đặt vấn đề

Toluene là một trong các thành phần chính của xăng, là dung môi công nghiệp được sử dụng phổ biến trong sơn, sơn mài, keo dán... và cũng là dung môi được sử dụng trong các phòng thí nghiệm hóa học. Toluene là hợp chất dễ tan trong nước, dễ bay hơi và có tính linh động cao nên là một trong những hợp chất gây ô nhiễm mạch nước ngầm [1]. Chính vì vậy, nước thải có chứa toluene nếu không được xử lý đúng cách sẽ gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến hệ sinh thái và sức khỏe cộng đồng. Khi hiện diện trong đất, toluene làm giảm quá trình nitrate hóa của quần thể vi sinh vật đất tham gia vào chu trình tuần hoàn nitơ [2]. Các nghiên cứu ở người cho thấy, phụ nữ bị phơi nhiễm toluene trước và trong khi mang thai sẽ làm cho tử cung chậm phát triển, sinh non, trẻ sơ sinh chậm phát triển... Các hậu quả này cũng được xác định ở chuột và thỏ [3].

Trong tự nhiên, toluene có thể được phân hủy hiếu khí bởi nhiều dòng vi khuẩn khác nhau như *Thauera* sp. DNT-1 [1], *Rhodococcus jostii* RHA1 [4] và *Acinetobacter junii* CH005 [5]. Các dòng vi khuẩn này được phân lập ở những nơi có sự hiện diện của toluene. Hơn nữa, một số dòng vi khuẩn phân hủy toluene như *Stenotrophomonas maltophilia* T3-c [6], *Pseudomonas putida* F1 [7] và *Pseudomonas putida* CCM1 852 [8] cũng được chứng minh có khả năng phân hủy hỗn hợp các hydrocarbon thơm khác nhau. Trong nghiên cứu này,

mẫu bùn lắng được thu từ hệ thống xử lý nước thải phòng thí nghiệm hóa học được sử dụng để phân lập vi khuẩn có khả năng phân hủy toluene và khảo sát khả năng phân hủy hỗn hợp hydrocarbon thơm hiện diện trong nước thải của dòng vi khuẩn đã tuyển chọn.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Phân lập vi khuẩn có khả năng phân hủy toluene

Mẫu bùn được thu ở ngăn lắng của hệ thống xử lý nước thải phòng thí nghiệm hóa học. Cho 5 g bùn vào 20 ml môi trường khoáng tối thiểu (MM) (1,42 g Na_2HPO_4 ; 1,36 g KH_2PO_4 ; 0,3 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 98,5 mg $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 5,75 mg $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 3,2 mg $\text{Na}_2\text{-EDTA}$; 2,75 mg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 1,7 mg $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 1,16 mg H_3BO_3 ; 1,15 mg $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,24 mg CuSO_4 ; 0,24 mg $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 0,1 mg MoO_3 và 1000 ml nước cất) có bổ sung toluene ($\geq 99,5\%$) với hàm lượng 0,2% (v/v) như nguồn cung cấp carbon duy nhất. Mẫu được thông khí trên máy lắc 125 vòng/phút ở 32°C trong một tuần. Sau đó, mẫu được để lắng, chuyển 5 ml huyền phù vi khuẩn sang 20 ml môi trường MM mới có bổ sung 0,2% (v/v) toluene và được nuôi cấy như trên. Sau 3 lần chuyển mẫu và nuôi cấy, vi khuẩn được pha loãng và cấy trải trên môi trường MM đặc có bổ sung 0,2% (v/v) toluene. Vi khuẩn được ủ ở 32°C trong hai tuần. Những khuẩn lạc phát triển được tiếp tục cấy chuyển sang môi trường MM có chứa 0,2% (v/v) toluene. Độ thuần của các dòng vi khuẩn được kiểm tra trên môi trường

*Tác giả liên hệ: Email: ntpoanh@ctu.edu.vn

Isolation of toluene-degrading bacteria and investigation of the ability to decompose aromatic hydrocarbon mixture in laboratory wastewater

Thi Phi Oanh Nguyen*, Hoang Khang Le

College of Natural Sciences, Can Tho University,
Campus II, 3/2 Street, Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho City, Vietnam

Received 9 August 2021; revised 30 August 2021; accepted 6 September 2021

Abstract:

Toluene is an aromatic hydrocarbon commonly used as a solvent in industry and as one of the main components of gasoline. Due to its solubility in water, the compound may accumulate in surface water or reach groundwater causing harmful effects on human health. Twenty bacterial strains grown on a minimal medium supplemented with toluene as the sole carbon source were isolated from the sediment samples of a laboratory wastewater treatment system. Among these, strains TL5 and TL27 performed toluene degradation capability. After 24 hours of incubation in a minimal medium supplemented with toluene (0.025% v/v) as the only carbon source, chromatographic data recorded that TL5 and TL27 degraded 96.71 and 100% toluene, respectively. In a minimal medium with a mixture of aromatic hydrocarbons added, after 4 days of incubation, toluene and benzaldehyde were completely degraded while phenol, xylene, acetophenone, and pyridine were degraded 88.27, 40.9, 34.67, and 23.26%, respectively. Based on 16S-rRNA sequence analysis, the potential aromatic hydrocarbon degrader was genetically identified as *Enterobacter* sp. TL27.

Keywords: aromatic hydrocarbon, biodegradation, *Enterobacter*, toluene, wastewater.

Classification number: 1.6

Trypticase soy agar (TSA, gồm 30 g/l Trypticase soy broth và 15 g/l agar).

Khả năng phân hủy toluene của vi khuẩn phân lập được xác định bằng cách chủng 5 μ l dịch vi khuẩn đã được nuôi cấy trong môi trường Trypticase soy broth (TSB, 30 g/l) ($OD_{600\text{ nm}}=1,0$) vào 3 ml môi trường MM có và không bổ sung toluene. Sự khác biệt về sinh khối vi khuẩn giữa hai nghiệm thức sau thời gian nuôi cấy chứng tỏ vi khuẩn có khả năng phân hủy toluene. Các khảo sát cho thấy ở nồng độ toluene 0,025% (v/v) thì vi khuẩn tạo sinh khối nhanh hơn so với các nồng độ 0,05; 0,125 và 0,25% (v/v). Do đó, nồng độ toluene 0,025% (v/v) được sử dụng để khảo sát sự phân hủy của vi khuẩn ở các thí nghiệm tiếp theo.

2.2. Khảo sát khả năng phân hủy toluene của vi khuẩn

Chủng 5 μ l vi khuẩn đã được nuôi cấy trong môi trường TSB ($OD_{600\text{ nm}}=1,0$) vào 3 ml môi trường MM có bổ sung toluene 0,025% (v/v) như nguồn cung cấp carbon duy nhất. Vi khuẩn được thông khí trên máy lắc với vận tốc 200 vòng/phút ở 32°C. Hai nghiệm thức đối chứng được thực hiện đồng thời gồm (1) Môi trường MM có bổ sung toluene nhưng không chủng vi khuẩn và (2) Môi trường MM không bổ sung toluene nhưng có chủng vi khuẩn. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần.

Sau mỗi 24 giờ nuôi cấy, thu 600 μ l mẫu và ly tâm ở tốc độ 14000 vòng/phút trong 5 phút. Sau khi ly tâm, toluene hiện diện trong phần dung dịch phía trên được ly trích bằng hexane ($\geq 97\%$) và được định lượng bằng thiết bị phân tích sắc ký khí GC-FID (GC-2014, Shimadzu) với cột SPB^{TM-5} fused silica capillary column (30 m x 0,25 mm; 0,25 μ m). Các thông số phân tích bao gồm: nhiệt độ bơm 270°C; nhiệt độ phát hiện 290°C; khí mang N₂; tốc độ dòng 1,1 ml/phút; tỷ lệ chia dòng 30; thể tích bơm 1 μ l. Chu trình nhiệt bao gồm nhiệt độ ban đầu là 50°C và giữ 5 phút, sau đó nhiệt độ được tăng dần với tốc độ 10°C/phút cho đến 100°C thì dừng lại. Toluene được phát hiện ở bước sóng 200 nm với thời gian lưu là 5,4 phút.

2.3. Khảo sát khả năng phân hủy hỗn hợp hydrocarbon thơm hiện diện trong nước thải của vi khuẩn

Chủng một khuẩn lạc vi khuẩn vào 4 ml môi trường TSB và nuôi cấy qua đêm. Điều chỉnh mật độ quang của vi khuẩn để $OD_{600\text{ nm}}$ đạt giá trị 1,0. Sau đó, chủng 75 μ l vi khuẩn vào 45 ml môi trường MM có bổ sung hỗn hợp 6 hydrocarbon thơm gồm acetophenone, benzaldehyde, phenol, pyridine, toluene và xylene với nồng độ 0,0125% (v/v) mỗi loại. Nghiệm thức đối chứng được thực hiện tương tự nhưng không chủng vi khuẩn. Mẫu được nuôi cấy trên máy lắc với tốc độ 200 vòng/phút ở 32°C. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần.

Acetophenone, benzaldehyde, phenol, pyridine, toluene và (*m*-, *p*-, *o*-) xylene được định lượng bằng phương pháp sắc ký khí GC-FID với cột SPB^{TM-5} fused silica capillary column (30 m x 0,25 mm; 0,25 μ m). Các thông số phân tích bao gồm nhiệt độ bơm 250°C, nhiệt độ phát hiện 250°C, khí mang N₂, tốc độ dòng 1 ml/phút, tỷ lệ chia dòng 40, thể tích bơm 1 μ l. Chu trình nhiệt gồm nhiệt độ ban đầu 50°C và giữ 5 phút, sau đó nhiệt độ được tăng dần với tốc độ 10°C/phút cho đến 200°C thì dừng lại. Thời gian lưu của toluene là 4,8 phút; pyridine 5,1 phút; *p*-xylene 7,4 phút; *m*-xylene 7,7 phút; *o*-xylene 8,6 phút; phenol 11,7 phút; benzaldehyde 12,6 phút; và acetophenone 15,5 phút ở bước sóng 200 nm. Để thuận tiện cho việc trình bày và so sánh các số liệu, hàm lượng xylene được thể hiện trong biểu đồ ở phần kết quả là tổng hàm lượng của 3 đồng phân *p*-xylene, *m*-xylene và *o*-xylene.

2.4. Định danh vi khuẩn phân hủy hiệu quả toluene và hỗn hợp hydrocarbon thơm

Vi khuẩn có khả năng phân hủy hiệu quả toluene và hỗn hợp hydrocarbon thơm được giải trình tự gen 16S-rRNA sử dụng cặp mồi 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTC-3') và

1492R (5'-TACGGTTACCTTGTTACGACT-3') [9]. Trình tự gen 16S-rRNA được phân tích bằng phần mềm Geneious và được so sánh với cơ sở dữ liệu của Trung tâm quốc gia về thông tin công nghệ sinh học (NCBI) bằng BlastN (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST) để so sánh mức độ tương đồng của gen 16S-rRNA ở vi khuẩn phân lập với gen tương ứng ở các vi khuẩn hiện có trên cơ sở dữ liệu.

3. Kết quả và bàn luận

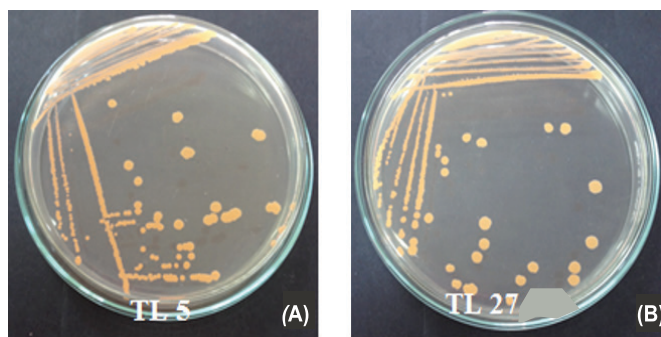
3.1. Vi khuẩn có khả năng phân hủy toluene

Từ mẫu bùn thu ở ngăn lắng của hệ thống xử lý nước thải, 20 dòng vi khuẩn phát triển trên môi trường MM có bổ sung toluene như là nguồn cung cấp carbon duy nhất đã được phân lập. Trên môi trường TSA, khuẩn lạc của các dòng vi khuẩn có hình tròn hoặc không đều; bìa nguyên hoặc chia thùy; màu vàng, cam hoặc trắng; độ nổi từ lồi đến mô; đường kính 1,5-6,5 mm ở thời điểm 4 ngày nuôi cấy (bảng 1). Trong 20 dòng vi khuẩn phân lập, hai dòng TL5 và TL27 có sự khác biệt về sinh khối khi được nuôi cấy trong môi trường MM lỏng có và không bổ sung toluene 0,025% (v/v). Ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy, cả 2 dòng vi khuẩn đều tạo sinh khối trong môi trường có bổ sung toluene và không tạo sinh khối trong môi trường không bổ sung toluene, chứng tỏ vi khuẩn đã sử dụng toluene cho sự sinh trưởng và phát triển.

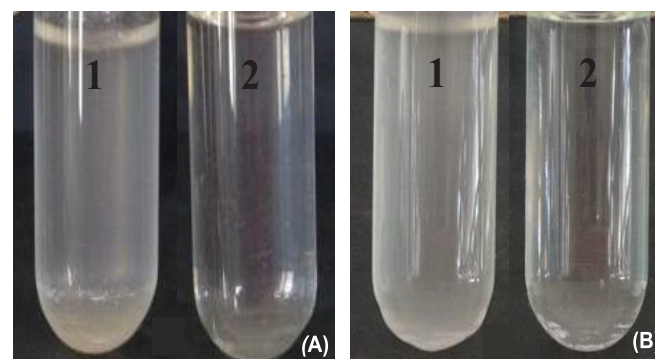
Bảng 1. Hình thái khuẩn lạc của vi khuẩn phân lập có khả năng phân hủy toluene.

TT	Dòng vi khuẩn	Hình dạng	Màu sắc	Bìa	Độ nổi	Đường kính (mm)
1	TL1	không đều	vàng nhạt	chia thùy	lồi	5
2	TL2	không đều	cam đậm	chia thùy	mô	6-6,5
3	TL3	tròn	vàng nhạt	nguyên	lồi	4,5
4	TL4	tròn	trắng trong	nguyên	lồi	4
5	TL5	không đều	cam đậm	chia thùy	mô	4
6	TL7	tròn	vàng đục	nguyên	lồi	1,5
7	TL9	không đều	trắng đục	chia thùy	mô	6-6,5
8	TL12	không đều	trắng đục	chia thùy	mô	5-5,5
9	TL15	không đều	trắng đục	chia thùy	lồi	3,5-4
10	TL18	không đều	trắng đục	chia thùy	lồi	4-4,5
11	TL20	không đều	trắng đục	chia thùy	lồi	4,5-5
12	TL21	tròn	vàng nhạt	nguyên	mô	3
13	TL24	tròn	trắng trong	nguyên	lồi	2,5
14	TL27	không đều	cam đậm	chia thùy	mô	4,5
15	TL28	tròn	vàng nhạt	chia thùy	lồi	3
16	TL29	tròn	vàng nhạt	nguyên	lồi	3
17	TL30	tròn	vàng nhạt	nguyên	lồi	2
18	TL35	không đều	vàng nhạt	chia thùy	lồi	5
19	TL36	tròn	trắng đục	nguyên	lồi	3
20	TL39	tròn	vàng trong	nguyên	lồi	3

Về đặc điểm hình thái, ở thời điểm 3 ngày nuôi cấy trên môi trường TSA, khuẩn lạc của dòng TL5 có màu cam, đường kính 4,2 mm, khuẩn lạc có hình dạng không đều, độ nổi mô, bìa chia thùy. Dòng TL27 có khuẩn lạc màu cam đậm, đường kính 4,5 mm, không đều, độ nổi mô, bìa chia thùy. Hình thái khuẩn lạc và sự khác biệt về sinh khối của 2 dòng vi khuẩn TL5 và TL27 được minh họa ở hình 1 và hình 2.



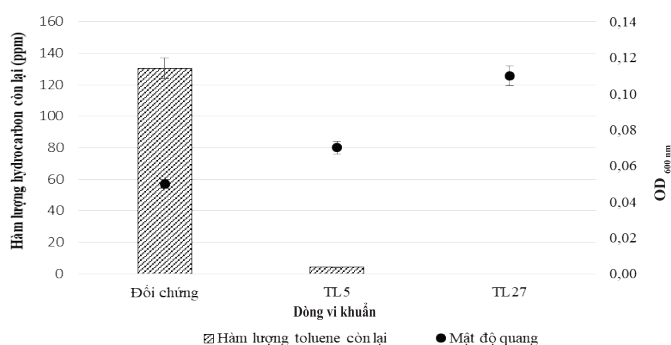
Hình 1. Hình thái khuẩn lạc vi khuẩn phân hủy toluene khi được nuôi cấy trên môi trường TSA. (A) Dòng TL5, (B) Dòng TL27.



Hình 2. Sự khác biệt về sinh khối vi khuẩn khi được nuôi cấy trong môi trường MM có (1) hoặc không bổ sung toluene (2). (A) Dòng TL5, (B) Dòng TL27.

3.2. Hiệu quả phân hủy toluene của vi khuẩn

Kết quả nghiên cứu ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy vi khuẩn TL5 và TL27 trong môi trường MM có bổ sung toluene 0,025% (v/v) cho thấy có sự gia tăng mật độ quang của vi khuẩn so với nghiệm thức đối chứng không bổ sung toluene, chứng tỏ vi khuẩn đã sử dụng toluene trong môi trường như nguồn carbon cho sự tăng trưởng (hình 3). Điều này cũng được khẳng định qua kết quả phân tích sắc ký khí GC-FID, hàm lượng toluene giảm đáng kể ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy, trong đó, dòng TL27 có khả năng phân hủy 100% và dòng TL5 có khả năng phân hủy 96,71% toluene. Đồng thời, so với dòng vi khuẩn TL5, dòng TL27 cũng có sự gia tăng sinh khối nhanh hơn trong môi trường MM lỏng có bổ sung toluene (hình 3).



Hình 3. Mối liên hệ giữa hàm lượng toluene còn lại và mật độ quang của dòng vi khuẩn TL5 và TL27 ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy trong môi trường MM có bổ sung toluene 0,025% (v/v).

Đối chứng: môi trường MM có bổ sung toluene nhưng không chủng vi khuẩn.

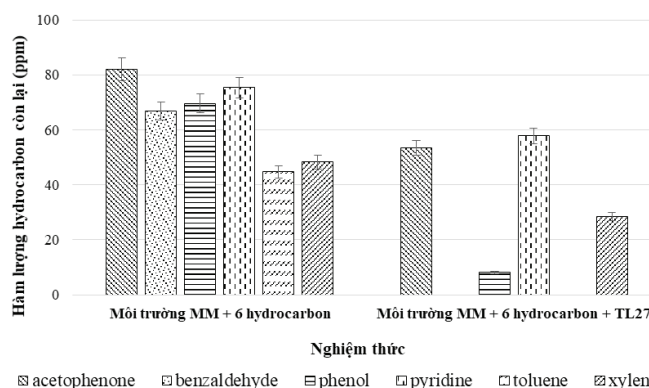
Các dòng vi khuẩn có khả năng phân hủy toluene chủ yếu được phân lập từ đất nhiễm xăng, dầu hoặc trong nước thải. Chẳng hạn, hai dòng vi khuẩn Gram dương gồm *Rhodococcus jostii* RHA1 được phân lập từ mẫu đất thu ở nơi sửa ô tô [4] và Ex-DG74 được phân lập trong nước thải, trong đó dòng Ex-DG74 phân hủy 79% toluene (1%, v/v) ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy trong điều kiện hiếu khí [9]. Các dòng vi khuẩn Gram âm như *Thauera* sp. DNT-1 được phân lập từ hệ thống xử lý nước thải [1] và dòng *Acinetobacter junii* CH005 được phân lập từ đất nhiễm dầu [5] cũng được chứng minh có khả năng phân hủy toluene hiệu quả. Trong nghiên cứu này, dòng vi khuẩn TL27 có khả năng phân hủy hoàn toàn 0,025% (v/v) toluene ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy. Như vậy, so với dòng Ex-DG74, dòng vi khuẩn TL27 phân hủy toluene hiệu quả ở nồng độ thấp hơn. Trong xử lý nước bằng biện pháp sinh học, vi khuẩn có khả năng phân hủy các chất hữu cơ ở nồng độ thấp là những dòng vi khuẩn được ứng dụng trong xử lý nước dùng cho sinh hoạt do khả năng phát hiện và phân hủy được các hợp chất ô nhiễm ngay cả khi các chất này hiện diện ở nồng độ rất thấp. Như vậy, dòng vi khuẩn TL27 được xem là dòng vi khuẩn tiềm năng có thể được tiếp tục nghiên cứu để xử lý toluene trong nước thải.

3.3. Khả năng phân hủy hỗn hợp hydrocarbon thơm của vi khuẩn

Trong 2 dòng vi khuẩn được tuyển chọn, dòng TL27 có khả năng phân hủy toluene hiệu quả hơn nên dòng vi khuẩn này được tiếp tục sử dụng để khảo sát khả năng phân hủy hỗn hợp hydrocarbon thơm hiện diện trong hệ thống xử lý nước thải phòng thí nghiệm hóa học gồm acetophenone, benzaldehyde, phenol, pyridine, toluene và xylene.

Ở thời điểm 4 ngày nuôi cấy trong môi trường MM có bổ sung hỗn hợp 6 hydrocarbon thơm, dòng TL27 đã phân hủy 100% toluene và benzaldehyde, kể đến là phenol (88,27%), xylene (40,9%), acetophenone (34,67%) và pyridine (23,26%) so với nghiệm thức đối chứng không chủng vi khuẩn. Như vậy, dòng vi khuẩn TL27 ngoài khả năng phân hủy hiệu quả toluene còn có khả năng phân hủy các hydrocarbon thơm khác hiện diện trong nước thải, trong

đó benzaldehyde được phân hủy hiệu quả nhất, kể đến là phenol, xylene, acetophenone và pyridine (hình 4).



Hình 4. Hàm lượng hydrocarbon thơm còn lại ở thời điểm 4 ngày trong môi trường MM có và không chủng vi khuẩn TL27.

Trong tự nhiên, một số dòng vi khuẩn cũng được chứng minh có khả năng phân hủy các chất hữu cơ đồng đẳng do mỗi dòng vi khuẩn có lộ trình phân hủy các hợp chất này tương tự nhau. Chẳng hạn, dòng *Stenotrophomonas maltophilia* T3-c có khả năng phân hủy toluene, benzene và ethylbenzene [6]; *Pseudomonas putida* F1 có thể phân hủy benzene, toluene và o-xylene [7]; *Pseudomonas putida* CCMI 852 có thể sử dụng benzene, toluene và xylene như nguồn carbon cho sự tăng trưởng và phát triển [8]. Trong nghiên cứu này, dòng vi khuẩn TL27 được phân lập từ nước thải phòng thí nghiệm có khả năng phân hủy hỗn hợp 6 hydrocarbon thơm hiện diện trong nước thải, bao gồm acetophenone, benzaldehyde, phenol, pyridine, toluene và xylene. Như vậy, ngoài khả năng phân hủy hợp chất hữu cơ có cấu tạo hóa học tương tự như toluene và xylene, dòng vi khuẩn TL27 còn có khả năng phân hủy những hydrocarbon thơm có nhóm chức khác nhau như acetophenone, benzaldehyde, phenol và pyridine. Điều này có thể được giải thích là do các hợp chất có vòng thơm được vi khuẩn phân hủy theo 2 lộ trình chung: (1) oxy hóa vòng thơm nhờ các enzyme oxygenase tạo thành hợp chất trung gian catechol và (2) cắt vòng thơm thành những hợp chất có thể tham gia vào chu trình Krebs [10]. Trên cơ sở các tài liệu đã tham khảo, có thể kết luận TL27 là dòng vi khuẩn đầu tiên được phân lập có khả năng phân hủy nhiều loại hợp chất có vòng thơm hiện diện trong nước thải nơi dòng vi khuẩn này đã được phân lập. Vi khuẩn phân hủy được nhiều hợp chất khác nhau là những dòng vi khuẩn được quan tâm nghiên cứu để xử lý các chất ô nhiễm trong môi trường.

3.4. Định danh vi khuẩn phân hủy hiệu quả toluene và hỗn hợp hydrocarbon thơm

Kết quả phân tích trình tự gen 16S-rRNA cho thấy, dòng vi khuẩn TL27 có trình tự gen tương đồng 99,15% so với dòng vi khuẩn *Enterobacter* sp. dòng M332 (accession number MH669192.1) (bảng 2), do đó dòng TL27 thuộc chi *Enterobacter*, họ Enterobacteriaceae, bộ Enterobacteriales, lớp γ-Proteobacteria và được định danh là *Enterobacter* sp. TL27.

Bảng 2. Sự tương đồng về trình tự gen 16S-rRNA của dòng vi khuẩn TL27 so với các dòng vi khuẩn trên cơ sở dữ liệu.

Các dòng vi khuẩn tương đồng	Độ phủ (%)	Độ tương đồng (%)	Accession number
<i>Enterobacter cloacae</i> dòng OsEp_Plm_30P18	100	98,73	MT367828.1
<i>Enterobacter</i> sp. dòng L32	100	98,87	MT505114.1
<i>Enterobacter cancerogenus</i> dòng ILQ201	100	98,73	MN826153.1
<i>Enterobacter</i> sp. dòng M332	100	99,15	MH669192.1
<i>Enterobacter asburiae</i> dòng M424	100	98,73	MH669138.1
<i>Enterobacter asburiae</i> dòng EB137	100	98,73	MH127569.1

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh vi khuẩn thuộc chi *Enterobacter* có khả năng phân hủy nhiều loại hợp chất hữu cơ gây ô nhiễm khác nhau, như polychlorinated biphenyls [11], chất gây độc cho hệ thần kinh và có khả năng gây ung thư acrylamide [12], dầu thô [13], thuốc diệt côn trùng chlorpyrifos [14], *N*-methylated carbamates [15], hydrocarbon đa vòng thơm [16], nhựa polyethylene [17], chất hóa dẻo trong sản xuất nhựa di(2-ethylhexyl)phthalate [18]. Dòng vi khuẩn *Enterobacter* sp. TL27 được chứng minh có khả năng phân hủy toluene hiệu quả nhất trong các dòng vi khuẩn phân lập và có thể phân hủy nhiều loại hydrocarbon thơm khác nhau. Kết quả này bổ sung thông tin về khả năng phân hủy sinh học đa dạng của các vi khuẩn thuộc chi *Enterobacter*. Tuy nhiên cần có những nghiên cứu tiếp theo về điều kiện tối ưu cho sự phân hủy của vi khuẩn như nhiệt độ, pH, sự thông khí, đồng thời nghiên cứu chất mang phù hợp để tồn trữ vi khuẩn dòng TL27 làm cơ sở cho việc tổng hợp chế phẩm vi sinh để xử lý hydrocarbon thơm trong nước và trong đất.

4. Kết luận

Dòng vi khuẩn *Enterobacter* sp. TL27 được phân lập từ hệ thống xử lý nước thải phòng thí nghiệm có thể phân hủy 100% toluene (0,025% v/v) ở thời điểm 24 giờ nuôi cấy và có khả năng phân hủy hiệu quả các hydrocarbon thơm khác hiện diện trong nước thải như acetophenone, benzaldehyde, phenol, pyridine và xylene. Điều này cho thấy vi khuẩn *Enterobacter* sp. TL27 thích nghi và có khả năng sử dụng các nguồn carbon trong môi trường sống của chúng cho sự sinh trưởng và phát triển. Vi khuẩn có khả năng phân hủy nhiều hợp chất hữu cơ khác nhau là những dòng vi khuẩn được đặc biệt quan tâm trong các nghiên cứu ứng dụng để xử lý chất ô nhiễm bằng biện pháp sinh học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Y. Shinoda, Y. Sakai, H. Uenishi, et al. (2004), "Aerobic and anaerobic toluene degradation by a newly isolated denitrifying bacterium, *Thauera* sp. strain DNT-1", *Applied and Environmental Microbiology*, **70**(3), pp.1385-1392, DOI: 10.1128/AEM.70.3.1385-1392.2004.

[2] M.E. Fuller, K.M. Scow (1996), "Effects of toluene on microbially-mediated processes involved in the soil nitrogen cycle", *Microbial Ecology*, **32**(2), pp.171-184.

[3] J.M. Donald, K. Hooper, C.H. Rich (1991), "Reproductive and developmental toxicity of toluene: A review", *Environmental Health Perspectives*, **94**, pp.237-244, DOI: 10.1289/ehp.94-1567945.

[4] A. Woods, M. Watwood, E. Schwartz (2011), "Identification of a toluene-degrading bacterium from a soil sample through $H_2^{18}O$ DNA stable isotope probing", *Applied and Environmental Microbiology*, **77**(17), pp.5995-5999, DOI: 10.1128/AEM.05689-11.

[5] P. Singh, V.K. Singh, R. Singh, et al. (2018), "Biological degradation of toluene by indigenous bacteria *Acinetobacter junii* CH005 isolated from petroleum contaminated sites in India", *Energy, Ecology and Environment*, **3**, pp.162-170, DOI: 10.1007/s40974-018-0089-8.

[6] E.Y. Lee, Y.S. Jun, K.S. Cho, et al. (2002), "Degradation characteristics of toluene, benzene, ethylbenzene, and xylene by *Stenotrophomonas maltophilia* T3-c", *Journal of The Air & Waste Management Association*, **52**(4), pp.400-406, DOI: 10.1080/10473289.2002.10470796.

[7] J.R.R. Ortiz, D.E.R. Arreola, A.A.P. Fonseca, et al. (2011), "Benzene, toluene, and o-xylene degradation by free and immobilized *Pseudomonas putida* F1 of postconsumer agave-fiber/polymer foamed composites", *International Biodeterioration & Biodegradation*, **65**(3), pp.539-546, DOI: 10.1016/j.ibiod.2010.12.011.

[8] M.H. Otenio, M.T.L.D. Silva, M.L.O. Marques, et al. (2005), "Benzene, toluene and xylene biodegradation by *Pseudomonas putida* CCM1 852", *Brazilian Journal of Microbiology*, **36**(3), pp.258-261, DOI: 10.1590/S1517-83822005000300010.

[9] H.A. Afrouzossadat, G. Emtiaz, S.M. Ghasemi, et al. (2013), "Isolation and characterization of a novel toluene-degrading bacterium exhibiting potential application in bioremediation", *Jundishapur Journal of Microbiology*, **6**(3), pp.256-261, DOI: 10.5812/jjm.5142.

[10] F.L.G. Arengi, D. Berlanda, E. Galli, et al. (2001), "Organization and regulation of meta cleavage pathway genes for toluene and o-xylene derivative degradation in *Pseudomonas stutzeri* OX1", *Applied and Environmental Microbiology*, **67**(7), pp.3304-3308, DOI: 10.1128/AEM.67.7.3304-3308.2001.

[11] L.Y. Jia, A.P. Zheng, L. Xu, et al. (2008), "Isolation and characterization of comprehensive polychlorinated biphenyl degrading bacterium, *Enterobacter* sp. LY402", *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **18**(5), pp.952-957.

[12] K. Buranasilp, J. Charoenpanich (2011), "Biodegradation of acrylamide by *Enterobacter aerogenes* isolated from wastewater in Thailand", *Journal of Environmental Sciences*, **23**(3), pp.396-403, DOI: 10.1016/S1001-0742(10)60422-6.

[13] A.W. Ahmed, F.S. Alzubaidi, S.J. Hamza (2014), "Biodegradation of crude oil in contaminated water by local isolates of *Enterobacter cloacae*", *Iraqi Journal of Science*, **55**(3A), pp.1025-1033.

[14] B.K. Singh, A. Walker, J.A.W. Morgan, et al. (2004), "Biodegradation of chlorpyrifos by *Enterobacter* strain B-14 and its use in bioremediation of contaminated soils", *Applied and Environmental Microbiology*, **70**(8), pp.4855-4863, DOI: 10.1128/AEM.70.8.4855-4863.2004.

[15] A. Fareed, H. Zaffar, A. Rashid, et al. (2017), "Biodegradation of *N*-methylated carbamates by free and immobilized cells of newly isolated strain *Enterobacter cloacae* strain TAT", *Bioremediation Journal*, **21**(3-4), pp.119-127, DOI: 10.1080/10889868.2017.1404964.

[16] Z.D. Umar, N.A.A. Aziz, S.Z. Zulkifli, et al. (2018), "Effective phenanthrene and pyrene biodegradation using *Enterobacter* sp. MM087 (KT933254) isolated from used engine oil contaminated soil", *Egyptian Journal of Petroleum*, **27**(3), pp.349-359, DOI: 10.1016/j.ejpe.2017.06.001.

[17] L. Ren, L. Men, Z. Zhang, et al. (2019), "Biodegradation of polyethylene by *Enterobacter* sp. D1 from the guts of wax moth *Galleria mellonella*", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **16**(11), DOI: 10.3390/ijerph16111941.

[18] I. Lamraoui, A. Eltokhy, J. Wang, et al. (2020), "Biodegradation of di(2-ethylhexyl) phthalate by a novel *Enterobacter* spp. strain YC-IL1 isolated from polluted soil, Mila, Algeria", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**(20), DOI: 10.3390/ijerph17207501.

Khảo sát ảnh hưởng của một số nguồn cacbon và nitơ đến khả năng sinh trưởng và kháng khuẩn của chủng *Streptomyces* sp. HM9 phân lập từ hải miên

Phạm Thị Miên^{1*}, Lê Kiều Hân², Nguyễn Thị Kim Cúc²

¹Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 1 Cầu Đá, phường Trần Phú, TP Nha Trang, tỉnh Khánh Hoà, Việt Nam

²Khoa Công nghệ sinh học, Trường Đại học Nha Trang, 2 Nguyễn Đình Chiểu, phường Vĩnh Thọ, TP Nha Trang, tỉnh Khánh Hoà, Việt Nam

Ngày nhận bài 2/8/2021; ngày chuyển phản biện 4/8/2021; ngày nhận phản biện 23/8/2021; ngày chấp nhận đăng 30/8/2021

Tóm tắt:

Từ rất lâu xạ khuẩn *Streptomyces* đã được biết đến như là nguồn sinh các chất tự nhiên có hoạt tính sinh học. Trong nghiên cứu này, xạ khuẩn biển *Streptomyces* HM9 phân lập từ hải miên được tối ưu hóa môi trường với một số nguồn cacbon (C) và nitơ (N) khác nhau nhằm đánh giá khả năng sinh chất kháng sinh (KS) phổ rộng. Tinh bột và $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ là nguồn C và N thích hợp cho sinh trưởng của HM9. Tinh bột và casein thích hợp cho chủng HM9 kháng lại vi khuẩn *Vibrio*, trong khi lactose và NH_4Cl tác động tốt nhất đến hoạt động kháng khuẩn của HM9 đối với chủng kiểm định chuẩn *Bacillus subtilis* ATCC 6633. Không có sự trùng lặp về các chất làm nguồn C cũng như N đối với khả năng sinh KS của chủng HM9 kháng lại vi khuẩn Gram dương và Gram âm, điều đó cho thấy có thể chủng HM9 sử dụng các nguồn C và N khác nhau để sinh ra các chất KS khác nhau. Đây là công bố đầu tiên về xạ khuẩn biển sử dụng các nguồn C, N để sinh chất KS kháng vi khuẩn kiểm định Gram dương và vi khuẩn gây bệnh cơ hội Gram âm nhóm *Vibrio* phân lập từ ngoài môi trường nuôi hải sản. Kết quả này là cơ sở cho những nghiên cứu ứng dụng khai thác chất KS làm thuốc chữa bệnh hoặc sử dụng xạ khuẩn biển trong bảo quản hải sản.

Từ khóa: hoạt tính kháng khuẩn, nguồn cacbon, nguồn nitơ, *Streptomyces*.

Chỉ số phân loại: 1.6

1. Đặt vấn đề

Lịch sử khám phá và sản xuất thuốc KS có nguồn gốc từ *Streptomyces* được bắt đầu với streptothricin do xạ khuẩn *Streptomyces lavendulae* sinh ra và sau đó là streptomycin từ xạ khuẩn *S. griseus*, từ đó cho đến ngày nay có đến 80% số thuốc KS đang dùng là từ *Streptomyces*, chẳng hạn như streptomycin, cephalosporin, neomycin, vancomycin, kanamycin, bleomycin [1]. Nystatin được phân lập từ *S. noursei* vào năm 1950 và đang được dùng rất hiệu quả để chữa các bệnh do nấm gây ra, đặc biệt là nhiễm nấm *Candida* sp. trên da bao gồm phát ban, bệnh nhiễm trùng miệng và nhiễm nấm âm đạo [2]. Daptomycin được phát hiện vào cuối những năm 1980, đến 10 năm sau, nó được sản xuất từ *S. roseosporus*. Daptomycin là một loại KS diệt khuẩn phổ rộng có tác dụng chống lại vi khuẩn gây nhiễm trùng máu *Staphylococcus aureus* kháng thuốc methicillin và các *Enterococcus* kháng thuốc vancomycin. Hiện tại, daptomycin được dùng để điều trị cho những bệnh nhân nhiễm trùng da và cấu trúc da, nhiễm khuẩn và nhiễm khuẩn huyết [3].

Kể từ khi phát hiện KS đầu tiên từ *Streptomyces*, các loài xạ khuẩn thuộc giống này được quan tâm nghiên cứu nhiều hơn và được biết đến như nguồn dược liệu tự nhiên có hoạt tính sinh học. Do đó, cũng đã có rất nhiều nghiên

cứu về thành phần dinh dưỡng [4, 5], điều kiện môi trường nuôi cấy [6, 7], nghiên cứu về sinh học phân tử [8, 9] để thu được khối lượng lớn các chất mong muốn từ sinh khối của xạ khuẩn này. Cacbon (C) và nitơ (N) là những nguyên tố thiết yếu quan trọng nhất cho sinh trưởng và phát triển của vi sinh vật, trong đó có *Streptomyces*.

Streptomyces có thể sử dụng tinh bột, glucose, sucrose, maltose, lactose, axit hữu cơ và rượu ethylic làm nguồn C, và sodium nitrate, axit aspartic, axit glutamic làm nguồn N cho sinh trưởng và sinh chất KS neomycin [10]. Ba nguồn N khác nhau là ammonium sulphate $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ammonium nitrate (NH_4NO_3) và sodium nitrate (NaNO_3) được sử dụng cho nghiên cứu sinh trưởng và sản sinh nystatin của *S. noursei*. Chủng xạ khuẩn này có khả năng đồng hóa cả ba nguồn N thử nghiệm [11]. Tuy nhiên, mỗi loài sử dụng nguồn dinh dưỡng C, N không giống nhau. Thực tế, các nguồn C và N khác nhau ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và hiệu quả sinh chất KS cũng khác nhau. Nồng độ các cơ chất thiết yếu như C, N cũng có những ngưỡng giới hạn đối với từng loài vi sinh vật. Ở nồng độ 3,5 g/100 ml dextrose làm giảm số lượng chất KS của *Streptomyces* sp. LH9, trong khi ở nồng độ 2 g/100 ml thì chủng này sinh KS ở mức cao nhất [12]. Khoảng pH 6,5-8 được coi là thích hợp cho *Streptomyces* sinh trưởng và sinh tổng hợp chất KS [13].

*Tác giả liên hệ: Email: mien.pham@gmail.com

Effects of some carbon and nitrogen sources on antibacterial activity of sponge-derived *Streptomyces* sp. strain HM9

Thi Mien Pham^{1*}, Kieu Han Le², Thi Kim Cuc Nguyen²

¹Institute of Oceanography, Vietnam Academy of Science and Technology,
1 Cau Da Street, Tran Phu Ward, Nha Trang City, Khanh Hoa Province, Vietnam

²Department of Biotechnology, Nha Trang University,

2 Nguyen Dinh Chieu Street, Vinh Tho Ward, Nha Trang City, Khanh Hoa Province, Vietnam

Received 2 August 2021; revised 23 August 2021; accepted 30 August 2021

Abstract:

Streptomyces has been known as a source of natural bioactive substances so far. In this present study, the sponge-derived *Streptomyces* HM9 was optimised with a number of different carbon (C) and nitrogen (N) sources to evaluate the broad-spectrum antibacterial ability. Starch and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ were favourable carbon and nitrogen sources to the growth of the strain HM9. Starch and casein were suitable carbon and nitrogen sources for antibacterial activity of strain HM9 against *Vibrio*, whereas lactose and NH_4Cl were beneficial on the inhibition of standard indicator *Bacillus subtilis* ATCC 6633. There was no overlap of C and N sources for the antibacterial activity of the strain HM9 against Gram-positive and Gram-negative bacteria, indicating that strain HM9 used different sources of C and N to produce different antibiotics. This is the first report on a marine *Streptomyces* strain using C and N sources to produce antibiotics against Gram-positive bacteria and opportunistic Gram-negative *Vibrio* pathogen isolated from the ambient aquaculture. This result may pave the way for further research on exploiting antibiotics as medicine or using them for seafood preservation.

Keywords: antibacterial activity, carbon sources, nitrogen sources, *Streptomyces*.

Classification number: 1.6

Tuy nhiên, chủng *Streptomyces* sp. MS-266 có pH tối ưu là 6 [14]. Mỗi loài đều có dải nhiệt độ tối ưu riêng, đa số nhiệt độ sinh trưởng và sinh chất có hoạt tính sinh học của *Streptomyces* tối ưu là 25-35°C. Nghiên cứu của Singh và cộng sự [15] cho thấy, chủng *S. sannanensis* SU118 có nhiệt độ tối ưu cho sự sinh trưởng và sinh KS tốt nhất ở 28°C, trong khi chủng *Streptomyces* KGG32 có nhiệt độ tối ưu là 30°C [16].

Từ nghiên cứu sàng lọc các chủng có sinh các chất hoạt tính trước đó, chủng xạ khuẩn sống cùng hải miên có sinh các chất kháng khuẩn phổ rộng và được xác định là

Streptomyces sp. chủng HM9 [17]. Để hướng tới nghiên cứu sản xuất KS phổ rộng từ chủng xạ khuẩn biển tiềm năng này, chúng tôi tiến hành khảo sát môi trường dinh dưỡng nhằm tối ưu chủng HM9 với một số nguồn C và N khác nhau trên môi trường starch casein broth-SCB và pH 7,6 nuôi cấy ở nhiệt độ phòng, thử nghiệm kháng khuẩn với *Bacillus subtilis* ATCC 6633 và vi khuẩn gây bệnh cơ hội thuộc chi *Vibrio* phân lập từ nước biển tại khu vực nuôi cá bè trên vịnh Nha Trang.

2. Phương pháp nghiên cứu

Môi trường và nuôi cấy chủng HM9: môi trường SCB (g/l) gồm: KNO_3 (2), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,05), K_2HPO_4 (2), NaCl (2), CaCO_3 (0,02), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,01), nguồn C (10 g/l) bao gồm: tinh bột, glucose, sucrose, maltose, lactose và nguồn N (0,3 g/l) bao gồm: Casein, urea, NH_4Cl , NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ và pH=7,6±0,2 được dùng để khảo sát theo phương pháp một biến một lúc [18]. Chủng *Streptomyces* sp. HM9 nuôi trên môi trường Marine Agar (HiMedia, Ấn Độ) sau 5 ngày nuôi cấy ở 25°C được cấy chuyển sang các bình 250 ml chứa 100 ml môi trường SCB với các nguồn C và N khác nhau, nuôi cấy lắc 120 vòng/phút ở nhiệt độ phòng, thu dịch nuôi vào các ngày 3, 5 và 7 để thực hiện các thí nghiệm kháng khuẩn ngay sau khi thu. Dịch nuôi ly tâm 10.000 vòng/phút trong 5 phút ở 25°C để thu sinh khối, sinh khối được sấy đến khô ở 70°C trên giấy bạc trong lò ổn nhiệt (hot oven). Sinh khối khô được tính toán theo khối lượng trung bình cộng và độ lệch chuẩn (n=3).

Chuẩn bị các chủng kiểm định: cấy mới chủng kiểm định *B. subtilis* lên Nutrient Agar (NA). Lấy 2-4 khuẩn lạc cấy chuyển sang môi trường Marine Broth, nuôi lắc 120 vòng/phút ở 37°C cho đến khi đạt mật độ 10^6 cfu/ml theo tiêu chuẩn McFarland 0,5 ($1,5 \times 10^8$ cfu/ml).

Phân lập xác định vi khuẩn thuộc chi *Vibrio*: vi sinh vật gây bệnh cơ hội Gram âm thuộc chi *Vibrio* được phân lập từ nước biển tại khu vực nuôi cá bè ở Hòn Miếu, vịnh Nha Trang [19] và được định danh qua phương pháp truyền thống [20] trên các môi trường chọn lọc cho *Vibrio* như Thiosulfatecitrate-bile salts-sucrose agar (TCBS) và CHROMagar™ *Vibrio* (Pháp). Ba chủng V1, V2, V3 được phân lập đến thuần trên TCBS, ghi kết quả về màu sắc hình dạng, sau đó được định danh tiếp theo với Chromagar được trình bày chi tiết tại [21]. Chủng V1 trên TCBS có màu vàng và trên Chromagar không màu, do đó V1 có thể thuộc loài *Vibrio alginolyticus*. Khuẩn lạc V2 trên TCBS màu xanh lá chuối và trên Chromagar màu xanh ngọc lam, do đó V2 được xác định là *Vibrio vulnificus*. Khuẩn lạc V3 trên TCBS màu xanh lá cây và trên Chromagar màu trắng, do đó chưa xác định được loài này, có thể do chủng V3 yếu nên không thể bắt màu chỉ thị của môi trường, hoặc chủng này không thuộc 4 loài mà môi trường Chromagar có thể định danh. Chủng kiểm định chuẩn *B. subtilis* và ba chủng V1, V2, V3 được giữ giống trên môi trường Marine Broth (HiMedia,

Ấn Độ) có 50% glycerol và lưu trữ ở -80°C tại Viện Hải dương học.

Xác định nồng độ ức chế tối thiểu (Minimum Inhibitory Concentration - MIC) của KS làm đối chứng dương: KS rifampicin (BioRad, Pháp) được pha loãng trong môi trường Marine Broth vô trùng ở dải nồng độ giảm dần (64, 32, 16, 8 và 4 µg/ml) để tìm nồng độ thấp nhất ức chế vi sinh vật kiểm định [22]. Tại nồng độ 4 µg/ml xác định có sự ức chế và được chọn làm đối chứng dương.

Đánh giá hoạt tính kháng khuẩn: thử nghiệm 25, 50 và 100 µl dịch HM9 đối kháng lại với một lượng cố định 50 µl vi khuẩn kiểm định và dịch môi trường nuôi cấy tương ứng là 125, 100 và 50 µl sao cho đạt đến tổng thể tích cuối cùng là 200 µl/giếng. Mẫu trắng (blank) chỉ chứa môi trường nuôi cấy (200 µl), đối chứng dương là KS 150 µl (4 µg/ml) + 50 µl dịch vi khuẩn kiểm định, đối chứng âm chỉ có vi khuẩn kiểm định 200 µl. Thí nghiệm đánh giá dịch nuôi sau 3, 5, 7 ngày của chủng HM9 lên sự ức chế vi khuẩn kiểm định (*B. subtilis* và ba chủng *Vibrio* V1, V2, V3) trên đĩa ELISA 96 giếng sau 24 giờ nuôi ở nhiệt độ 25°C. Đo độ đục (OD) với máy đọc đĩa ELISA-iMark™ Microplate Absorbance Reader ở bước sóng 655 nm. Kết quả được xác định dựa trên số liệu đo OD tính toán với phần mềm MPN (Microplate Manager) tương ứng.

Xử lý số liệu: tất cả các thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần. Dữ liệu được biểu thị bằng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của giá trị trung bình của ba lần lặp lại. Kết quả được tính toán và xử lý thống kê theo phép thử Turkey-ANOVA, Kruskal Wallis-SPSS, và phần mềm R (Dunn) để so sánh các giá trị trung bình mẫu khác biệt đáng kể với nhau ở mức có ý nghĩa ($p \leq 0,05$) và biểu diễn ở dạng đồ thị sử dụng phần mềm Microsoft Excel 2013.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của nguồn C đến sự sinh trưởng HM9

Kết quả ảnh hưởng của nguồn C khác nhau đến sinh trưởng của HM9 được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Sinh khối HM9 với các nguồn C sau 3, 5, 7 ngày nuôi cấy.

Nguồn C	Sinh khối ngày 3 (mg/ml)	Sinh khối ngày 5 (mg/ml)	Sinh khối ngày 7 (mg/ml)
Tinh bột	3,556 ^c ±0,619	4,333 ^c ±0,598	2,400 ^b ±0,577
Glucose	1,511 ^{ab} ±0,694	2,067 ^b ±0,917	1,756 ^b ±0,668
Sucrose	0,200 ^a ±0,067	0,378 ^a ±0,139	0,200 ^a ±0,067
Maltose	3,444 ^c ±0,795	4,311 ^c ±0,648	1,467 ^b ±0,067
Lactose	2,489 ^{bc} ±0,860	3,022 ^{bc} ±0,379	1,711 ^b ±0,454

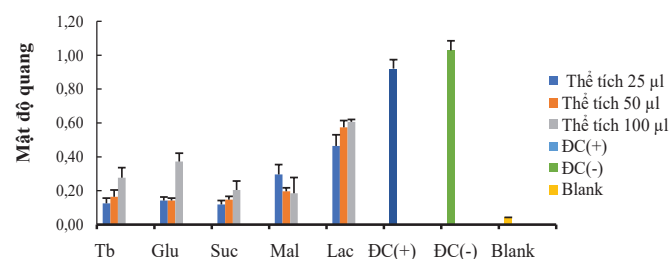
Các chữ cái a, b, c trong cùng một cột thể hiện sai khác có ý nghĩa thống kê theo phép thử Turkey tại cùng mốc thời gian ($p \leq 0,05$).

Nhìn chung, khi được nuôi cấy với các nguồn C khác nhau, chủng HM9 có cùng xu thế đạt sinh khối cao nhất tại ngày thứ 5. Nghiên cứu của S.H.A. Zahrani (2007) [23] cho

thấy, chủng *Streptomyces* J12 cho sinh khối cao nhất sau 6 ngày nuôi cấy với nguồn tinh bột, trong khi đó sucrose tạo ra sinh khối thấp nhất trong các nguồn C khảo sát. Các tác giả khác như I.M. Ababutai và cs (2013) [14], C. Singh và cs (2017) [6] công bố nguồn C là tinh bột thích hợp nhất cho sinh trưởng của *Streptomyces* khi so sánh với các nguồn khác như glucose, sucrose, maltose, fructose.

3.2. Ảnh hưởng của các nguồn C đến hoạt tính kháng khuẩn của HM9

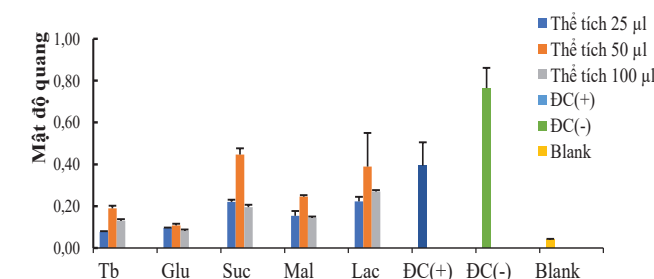
Chủng HM9 khi nuôi trong môi trường nuôi cấy có chứa các nguồn C khác nhau có sự khác nhau đáng kể về khả năng ức chế vi khuẩn *Vibrio* V1 và khác nhau ở cả 3 mức dịch 25, 50 và 100 µl (Kruskal-Wallis, $p=0,0007$). Khả năng kháng V1 tương đối tốt khi OD đo được ở cả 3 mức khảo sát thấp hơn rất nhiều và có sự sai khác có ý nghĩa so với đối chứng dương (KS+V1) (hình 1).



Hình 1. Ảnh hưởng của nguồn C đến khả năng kháng khuẩn chủng vi khuẩn *Vibrio* V1.

Tb: tinh bột, Glu: glucose, Suc: sucrose, Mal: maltose, Lac: lactose. KS+V1=DC(+): đối chứng dương, V1=DC(-): đối chứng âm, Blank: chỉ có môi trường.

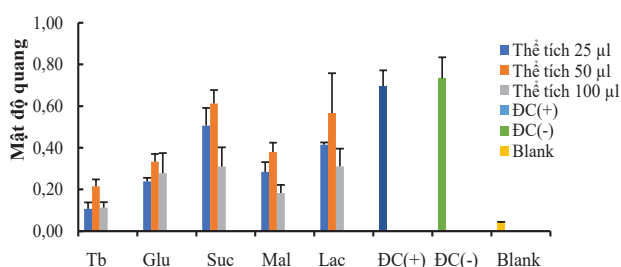
Khi nguồn C là sucrose thì mật độ vi khuẩn kiểm định đo được là thấp nhất so với các nguồn C khác. Điều này cho thấy sucrose là nguồn C thích hợp cho chủng HM9 sinh chất KS ức chế vi khuẩn kiểm định, tuy nhiên, xét về sinh khối (bảng 1) thì sucrose không phải là nguồn C tốt nhất cho sinh trưởng của HM9. Trong khi đó, tinh bột không chỉ thích hợp cho sinh trưởng mà còn thích hợp cho việc sản xuất chất kháng khuẩn ức chế V1.



Hình 2. Ảnh hưởng của nguồn C đến khả năng kháng khuẩn chủng vi khuẩn *Vibrio* V2.

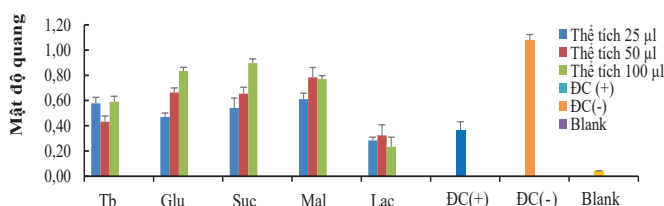
Tb: tinh bột, Glu: glucose, Suc: sucrose, Mal: maltose, Lac: lactose. KS+V2=DC(+): đối chứng dương, V2=DC(-): đối chứng âm, Blank: chỉ có môi trường.

Hình 2 cho thấy, đa số các nguồn C đều được HM9 sử dụng và thể hiện khả năng ức chế V2 ở mỗi nguồn ứng với mỗi thể tích là khác nhau và khác cả khi so với đối chứng dương (KS+V2) có ý nghĩa về mặt thống kê (Kruskal-Wallis, $p=0,00002$). Ở nguồn C là glucose với thể tích 25 và 100 μl có giá trị OD lần lượt là 0,096 ($p=0,05$) và 0,083 ($p=0,02$), nguồn tinh bột với thể tích 25 μl có giá trị OD 0,077 ($p=0,02$), giá trị OD của đối chứng dương 0,394. Nguồn C là tinh bột và glucose thích hợp cho khả năng sinh KS của chủng HM9 qua việc ức chế V2 tốt hơn các nguồn C khác như nguồn sucrose và khả năng ức chế này cao hơn cả KS rifampicin (đối chứng dương).



Hình 3. Ảnh hưởng của nguồn C đến khả năng kháng vi khuẩn *Vibrio* V3.
Tb: tinh bột, Glu: glucose, Suc: sucrose, Mal: maltose, Lac: lactose. KS+V3=ĐC(+): đối chứng dương, V3=ĐC(-): đối chứng âm, Blank: chỉ có môi trường.

Từ hình 3 cho thấy sự khác nhau về khả năng ức chế V3 khi nuôi với các nguồn C khác nhau ở cả 3 mức dịch thí nghiệm, sự khác nhau về khả năng ức chế V3 này có ý nghĩa về mặt thống kê (Kruskal-Wallis, $p=0,0002$). Chủng HM9 với nguồn C là tinh bột cho hoạt tính ức chế V3 tốt nhất với thể tích 100 và 25 μl dịch nuôi ($p=0,02$), maltose với thể tích 100 μl ($p=0,05$), glucose với thể tích 25 μl ($p=0,05$).



Hình 4. Ảnh hưởng của nguồn C đến khả năng kháng vi khuẩn *B. subtilis*

Tb: tinh bột, Glu: glucose, Suc: sucrose, Mal: maltose, Lac: lactose. KS+vi khuẩn *B. subtilis*=ĐC(+): đối chứng dương, vi khuẩn *B. subtilis*=ĐC(-): đối chứng âm, Blank: chỉ có môi trường.

Từ hình 4 cho thấy lactose là nguồn cacbon được HM9 sử dụng để sinh chất ức chế *B. subtilis* tốt hơn các nguồn khác. Cùng thể tích 100 μl thì lactose cho giá trị OD là 0,233, OD của sucrose và glucose lần lượt là 0,898 và 0,835, và sự sai khác này có ý nghĩa thống kê với $p=0,02<0,05$. So với lactose; sucrose, maltose và glucose cho kết quả ức chế thấp hơn, nhưng vẫn thể hiện tính kháng khuẩn có ý nghĩa so với đối chứng âm (Kruskal-Wallis, $p=0,00004<0,05$).

Một số nguồn C như tinh bột, maltose, sucrose, trehalose, xylose và glucose đã được thử nghiệm cho nghiên cứu sinh chất KS ở *Streptomyces* sp. AS4 phân lập từ trầm tích rừng ngập mặn, glucose là nguồn C thích hợp nhất cho chủng này sinh chất KS kháng lại *B. subtilis* [24]. Trong một nghiên cứu khác, galactose lại là nguồn C phù hợp nhất cho sự sinh trưởng cũng như sinh tổng hợp kanamycin của *S. kanamyceticus*, mặc dù dextrin, tinh bột hòa tan, và tinh bột khoai tây cho năng suất sinh khối cao hơn [25].

3.3. Ảnh hưởng của nguồn N đến sự sinh trưởng của HM9

Kết quả sinh khối (bảng 2) được thể hiện dưới dạng trung bình, độ lệch chuẩn ($n=3$). Qua bảng 2 cho thấy, nguồn N là $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ cho sinh khối cao nhất với $9,044\pm 1,826$ mg/ml và casein với $4,289\pm 1,212$ mg/ml sau 5 ngày nuôi cấy. Nguồn N là urea cho sinh khối thấp nhất so với các nguồn N khảo sát, có thể urea làm cho môi trường pH trở nên kiềm nên không phù hợp cho sinh trưởng của HM9. Chủng này có thể cần nhiều thời gian hơn (nhiều hơn 7 ngày) để đạt mật độ sinh trưởng cao nhất trong môi trường nuôi với urea. Tuy nhiên nghiên cứu này khảo sát thời gian chung cho tất cả các nguồn C và N trong thời gian thống nhất là 7 ngày.

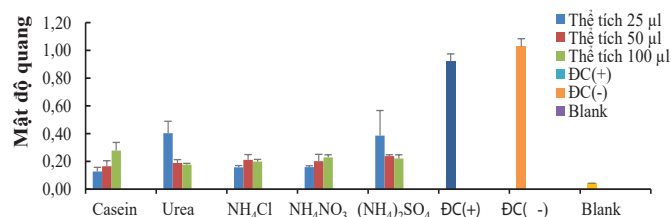
Bảng 2. Ảnh hưởng của các nguồn N đến sinh trưởng của HM9.

Nguồn N	Ngày 3 (mg/ml)	Ngày 5 (mg/ml)	Ngày 7 (mg/ml)
Casein	$3,555\pm 0,619$	$4,289\pm 1,212$	$2,400\pm 0,577$
Urea	$0,800\pm 0,067$	$1,467\pm 0,657$	$2,402\pm 1,264$
NH_4Cl	$2,911\pm 0,582$	$7,200\pm 1,752$	$4,689\pm 1,118$
NH_4NO_3	$2,022\pm 0,619$	$5,467\pm 1,067$	$2,200\pm 0,529$
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$2,600\pm 0,917$	$9,044\pm 1,826$	$5,267\pm 0,306$

Các chữ cái a, b, c trong cùng một cột thể hiện sai khác trung bình mẫu có ý nghĩa thống kê giữa các nguồn N với nhau theo phép thử Turkey tại cùng thời điểm nuôi cấy ($p\leq 0,05$).

3.4. Ảnh hưởng của nguồn N đến khả năng kháng khuẩn của HM9

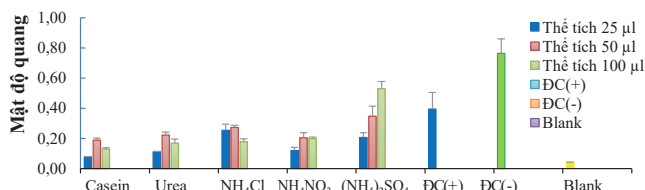
Kết quả ảnh hưởng của các nguồn N đến khả năng kháng chủng *Vibrio* V1 được trình bày trong hình 5. Các nguồn N được khảo sát đều có ảnh hưởng có ý nghĩa đến khả năng kháng khuẩn của chủng HM9, sự khác nhau ở các nhóm có ý nghĩa về mặt thống kê (Kruskal-Wallis; $p=0,0002$).



Hình 5. Ảnh hưởng của nguồn N đến khả năng kháng V1.

ĐC(+): đối chứng dương, gồm KS+vi khuẩn V1, ĐC(-): đối chứng âm, chỉ gồm vi khuẩn V2, Blank: chỉ có môi trường.

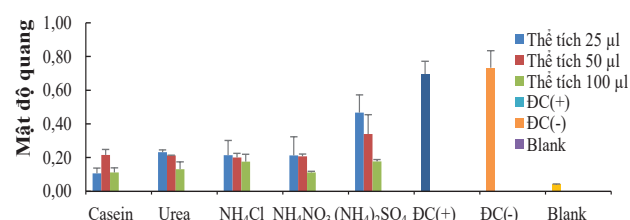
Giá trị OD đo được ở thể tích 25 μ l của casein là 0,126; nguồn N là NH_4Cl và NH_4NO_3 có giá trị OD lần lượt là 0,157 và 0,159; các giá trị này thấp hơn giá trị OD của đối chứng dương (KS+V1) là 0,921 và có ý nghĩa về mặt thống kê với p ở casein là $0,02 < 0,05$ và p của NH_4Cl và NH_4NO_3 là $0,05 \leq 0,05$. Từ hình 5 cho thấy, casein, NH_4Cl và NH_4NO_3 là các nguồn N thích hợp cho chủng HM9 sinh chất ức chế V1.



Hình 6. Ảnh hưởng của nguồn N đến khả năng kháng với chủng *Vibrio* V2.

ĐC(+): đối chứng dương, gồm KS+vi khuẩn V2, ĐC(-): đối chứng âm, chỉ gồm vi khuẩn V2, Blank: chỉ có môi trường.

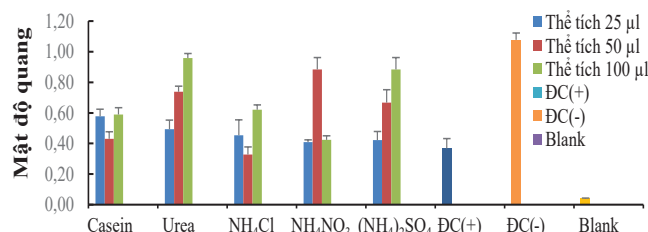
Hình 6 cho thấy, các nguồn N khác nhau trong môi trường nuôi HM9 với 3 thể tích khác nhau đều có khả năng ức chế được V2, đáng kể là sự khác biệt thể hiện rõ nhất và có ý nghĩa (Kruskal-Wallis; $p=0,00004$) với đối chứng âm (V2). Khi HM9 sử dụng casein làm nguồn N có giá trị OD đạt 0,77 ở thể tích 25 μ l so với OD của đối chứng dương (KS+V2) là 0,39 và sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p=0,03$). Các nguồn N được khảo sát đều cho thấy chủng HM9 sinh tổng hợp chất KS được sinh ra trong dịch nuôi, trừ trường hợp $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ở cả ba mức dịch khảo sát chỉ có mức thể tích 25 ml cho giá trị OD thấp hơn có ý nghĩa với đối chứng dương; với thể tích 100 μ l có giá trị OD là 0,53, cao hơn OD của đối chứng dương, nghĩa là KS có trong thể tích dịch khảo sát hoạt động kém hiệu quả hơn so với đối chứng dương, có thể $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ít thích hợp cho khả năng sinh chất KS của HM9.



Hình 7. Ảnh hưởng của nguồn N đến khả năng kháng V3.

ĐC(+): đối chứng dương, gồm KS+vi khuẩn V3, ĐC(-): đối chứng âm, chỉ gồm vi khuẩn V3, Blank: chỉ có môi trường.

Từ hình 7 cho thấy, HM9 sử dụng các nguồn N khác nhau ở mỗi thể tích khác nhau đều có khả năng ức chế được V3 (Kruskal-Wallis, $p=0,0003$). Trong đó, casein và NH_4NO_3 ở thể tích 100 μ l là các nguồn N tốt cho HM9 sinh chất ức chế V3 với giá trị OD lần lượt là 0,107 và 0,131 (OD của đối chứng dương là 0,695 với $p=0,03$). Điều này cho thấy casein và NH_4NO_3 là các nguồn N thích hợp cho HM9 sinh chất KS để ức chế V3.



Hình 8. Ảnh hưởng của nguồn N đến khả năng kháng *B. subtilis*.

ĐC(+): đối chứng dương gồm KS+vi khuẩn *B. subtilis*, ĐC(-): đối chứng âm, chỉ gồm vi khuẩn *B. subtilis*, Blank: chỉ có môi trường.

Hình 8 cho thấy, HM9 sử dụng các nguồn N khác nhau (tương ứng với các thể tích khác nhau) có khả năng ức chế *B. subtilis* so với đối chứng âm chỉ có vi khuẩn kiểm định *B. subtilis* (Kruskal-Wallis, $p=0,00005 < 0,05$, $n=3$). Tuy nhiên khả năng ức chế *B. subtilis* không cao hơn so với ĐC(+). Chỉ có nguồn NH_4Cl ở thể tích 50 μ l cho khả năng ức chế *B. subtilis* tốt với giá trị OD là 0,328, so với giá trị OD của đối chứng dương 0,433 giá trị này có ý nghĩa về mặt thống kê với $p=0,02 < 0,05$.

R. Haritha và cs (2012) [26] công bố $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ là nguồn N thích hợp cho sự sinh trưởng của xạ khuẩn *S. carpatensis* phân lập từ trầm tích biển. Đáng chú ý là ở nghiên cứu của D. Thakur và cs (2009) [27], xạ khuẩn cũng được tối ưu ở môi trường có pH và nhiệt độ nuôi cấy tương tự như nghiên cứu của chúng tôi, kết quả cho thấy urea không phải là nguồn N thích hợp cho sự sinh trưởng của *Streptomyces* sp. 201. Ở một nghiên cứu khác đã chỉ ra rằng, ammonium (NH_4^+) thích hợp cho sự sinh trưởng, tuy nhiên nồng độ cao ammonium có ảnh hưởng bất lợi đến việc sinh KS nystatin khi mà lượng phosphate và glucose vẫn còn trong môi trường nuôi. Khi lượng ammonium giảm dần trong môi trường nuôi (do vi sinh vật sử dụng) thì chúng sinh nhiều nystatin hơn. Trong khi đó, sodium nitrate (NaNO_3) kéo dài pha tiềm phát (lag phase) và do đó lượng nystatin được sinh ra thấp hơn 50% so với lượng nystatin được sinh ra khi chủng xạ khuẩn này được nuôi cấy với nguồn N là ammonium. Nystatin được sinh ra có liên quan chặt chẽ đến tốc độ sinh trưởng. Khi tốc độ sinh trưởng giảm thì lượng KS được sinh ra nhiều hơn [11]. Nguồn N vô cơ và hữu cơ gồm ammonium sulphate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), cao thịt bò, peptone, cao nấm men và casein được dùng để tối ưu hóa dinh dưỡng cho sinh trưởng và sinh chất KS của chủng *Streptomyces* sp. AS4. Kết quả cho thấy, cao nấm men, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, cao thịt bò lần lượt là những nguồn N thích hợp cho chủng này sinh chất KS [24]. Do đó, tối ưu các chất dinh dưỡng chính là cung cấp các chất ban đầu khác nhau cho vi sinh vật để cho chúng sinh trưởng và phát triển, thông qua quá trình trao đổi chất để thu được các chất có hoạt tính sinh học khác nhau.

4. Kết luận

Tinh bột là nguồn C thích hợp cho sinh trưởng của HM9, đồng thời cũng là nguồn C thích hợp cho khả năng sinh chất KS kháng lại vi khuẩn *Vibrio*. Trong khi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ là nguồn N thích hợp cho sinh trưởng của HM9, casein là nguồn N thích hợp nhất cho sinh chất KS kháng *Vibrio*, và NH_4Cl là nguồn N thích hợp nhất cho HM9 sinh chất KS kháng vi khuẩn *B. subtilis* ATCC 6633. Khi sử dụng các nguồn C và N khác nhau, chủng HM9 cho khả năng đối kháng với hai chủng vi khuẩn kiểm định khác nhau. Điều đó cho thấy, chủng xạ khuẩn này có thể sinh ra những chất KS khác nhau hoặc những KS phổ rộng. Vì vậy, cần có những nghiên cứu tiếp theo về thành phần các chất trao đổi bậc hai được sinh ra, tinh sạch và phân tích cấu trúc các chất có hoạt tính kháng khuẩn từ chủng xạ khuẩn này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.E.D.L. Procópio, I.R.D. Silva, M.K. Martins, et al. (2012), "Antibiotics produced by *Streptomyces*", *The Braz. Jour. Infec. Diseases*, **16**(5), pp.466-471, DOI: 10.1016/j.bjid.2012.08.014.
- [2] R.F. Jennison, J.D.L. Jones (1957), "Treatment of monilial vaginitis: A clinical trial of nystatin", *Brit. Med. Jour.*, **1**(5011), pp.145-146, DOI: 10.1136/bmj.1.5011.145.
- [3] A.G. Ruiz, R.A. Seaton, K. Hamed (2016), "Daptomycin: An evidence-based review of its role in the treatment of Gram-positive infections", *Infect. Drug. Resist.*, **9**, pp.47-58, DOI: 10.2147/IDR.S99046.
- [4] B. Jia, Z.H. Jin, L.H. Mei (2008), "Medium optimization based on statistical methodologies for pristnamycins production by *Streptomyces pristinaespiralis*", *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **144**(2), pp.133-143, DOI: 10.1007/s12010-007-8012-3.
- [5] T.Y. Yun, R.J. Feng, D.B. Zhou, et al. (2018), "Optimization of fermentation conditions through response surface methodology for enhanced antibacterial metabolite production by *Streptomyces* sp. 1-14 from cassava rhizosphere", *PLOS ONE*, **13**(11), DOI: 10.1371/journal.pone.0206497.
- [6] C. Singh, R.S. Parmar, P. Jadon, et al. (2017), "Optimization of cultural conditions for production of antifungal bioactive metabolites by *Streptomyces* spp. isolated from soil", *Inter. Jour. of Curr. Microbi. and Appl. Sci.*, **6**(2), pp.386-396, DOI: 10.20546/ijcmas.2017.602.043.
- [7] W. Zhou, X. Liu, P. Zhang, et al. (2014), "Effect analysis of mineral salt concentrations on nosiheptide production by *Streptomyces actuosus* Z-10 using response surface methodology", *Molecules (Basel, Switzerland)*, **19**(10), pp.15507-15520, DOI: 10.3390/molecules191015507.
- [8] E.R. Stulberg, G.L. Lozano, J.B. Morin, et al. (2016), "Genomic and secondary metabolite analyses of *Streptomyces* sp. 2AW provide insight into the evolution of the cycloheximide pathway", *Front. Microbiol.*, **7**, DOI: 10.3389/fmicb.2016.00573.
- [9] H. Xia, X. Li, Z. Li, et al. (2020), "The application of regulatory cascades in *Streptomyces*: yield enhancement and metabolite mining", *Front. Microbiol.*, **11**, DOI: 10.3389/fmicb.2020.00406.
- [10] M.K. Majumdar, S.K. Majumdar (1967), "Utilization of carbon and nitrogen-containing compounds for neomycin production by *Streptomyces fradiae*", *Appl. Microbiol.*, **15**(4), pp.744-749, DOI: 10.1128/am.15.4.744-749.1967.
- [11] E. Jonsbu, T.E. Ellingsen, J. Nielsen (2000), "Effects of nitrogen sources on cell growth and production of nystatin by *Streptomyces noursei*", *J. Antibiot.*, **53**(12), pp.1354-1362, DOI: 10.7164/antibiotics.53.1354.
- [12] L. Hameed, R. Omran (2017), "Optimization of medium composition for antibacterial metabolite production from *Streptomyces* sp.", *Asia Jour. of Phar. and Cli. Res.*, **10**(9), pp.381-385, DOI: 10.22159/ajpcr.2017.v10i9.19813.
- [13] F.A. Ripa, F. Nikkon, S. Zaman, et al. (2009), "Optimal conditions for antimicrobial metabolites production from a new *Streptomyces* sp. RUPA-08PR isolated from Bangladeshi soil", *Mycobiology*, **37**(3), pp.211-214, DOI: 10.4489/MYCO.2009.37.3.211.
- [14] I.M. Ababutai, Z.K.A. Aziz, N.A.A. Meshhenn (2013), "Optimization of environmental and nutritional conditions to improve growth and antibiotic productions by *Streptomyces* sp. isolated from Saudi Arabia soil", *Inter. Res. Jour. of Microbi.*, **4**(8), pp.179-187, DOI: 10.14303/irjm.2013.042.
- [15] L.S. Singh, H. Sharma, N.C. Talukdar (2014), "Production of potent antimicrobial agent by actinomycete, *Streptomyces sannanensis* strain SU118 isolated from phoomdi in Loktak Lake of Manipur, India", *BMC. Microbiol.*, **14**, DOI: 10.1186/s12866-014-0278-3pp.
- [16] M. Oskay (2011), "Effects of some environmental conditions on biomass and antimicrobial metabolite production by *Streptomyces* sp. KGG32", *Inter. Jour. of Agri. and Bio.*, **13**(3), pp.317-324.
- [17] P.T. Mien, D.V. Ha, H.X. Ben, et al. (2020), "Antimicrobial activities of sponge- derived microorganisms from coastal waters of Central Vietnam", *Journal of Marine Science and Engineering*, **8**(8), DOI: 10.3390/jmse8080594.
- [18] M.A. Almalki (2020), "In-vitro screening and biosynthesis of secondary metabolites from a new *Streptomyces* sp. SA1 from a marine environment", *Curr. Pharm. Biotechnol.*, **21**(13), pp.1333-1341, DOI: 10.2174/1389201021666200622120850.
- [19] P.T. Mien, N.K. Hanh, N.M. Hieu, et al. (2019), "A study on bacteria associated with three hard coral species from Ninh Thuan waters by epifluorescence and most diluted culture method", *Journal of Marine Science and Technology*, **19**(2), pp.271-283 (in Vietnamese).
- [20] N.L. Dung, D.X. Muom, N.P. Tien (1976), *Methods of Microbiology Research*, Science and Technology Publishing House, pp.184-199 (in Vietnamese).
- [21] L.K. Han (2019), *Survey of Some Factors in The Culture Environment of Streptomyces Sp. HMC-3 for Growth and Resistance to Bacillus Subtilis ATCC 6633 and Vibrio spp.*, Bachelor Thesis, Nha Trang University.
- [22] P. Sharma, M.C. Kalita, D. Thakur (2016), "Broad spectrum antimicrobial activity of forest-derived soil actinomycete, *Nocardia* sp. PB-52", *Frontiers in Microbiology*, **7**, DOI: 10.3389/fmicb.2016.00347.
- [23] S.H.A. Zahrani (2007), "Studies on the antimicrobial activity of *Streptomyces* sp. isolated from Jazan", *Inter. Jour. of Curr. Microbiol. and App. Sci.*, **19**, pp.127-138.
- [24] D.A.A. Farraj, R. Varghese, C. Vágvölgyi, et al. (2020), "Antibiotics production in optimized culture condition using low cost substrates from *Streptomyces* sp. AS4 isolated from mangrove soil sediment", *Jour. of King Saud Uni-Science*, **32**(2), pp.1528-1535, DOI: 10.1016/j.jksus.2019.12.008.
- [25] K. Basak, S.K. Majumdar (1973), "Utilization of carbon and nitrogen sources by *Streptomyces kanamyceticus* for kanamycin production", *Antimicrob. Agents Chemother.*, **4**(1), pp.6-10, DOI: 10.1128/AAC.4.1.6.
- [26] R. Hariitha, S.K. Kandula, A. Swathi, et al. (2012), "Characterization of marine *Streptomyces carpaticus* and optimization of conditions for production of extracellular protease", *Microbio. Jour.*, **2**(1), pp.23-35, DOI: 10.3923/mj.2012.23.35.
- [27] D. Thakur, T.C. Bora b, G.N. Bordoloi, et al. (2009), "Influence of nutrition and culturing conditions for optimum growth and antimicrobial metabolite production by *Streptomyces* sp. 201", *J. Mycol. Med.*, **19**(3), pp.161-167, DOI: 10.1016/j.mycmed.2009.04.001.

Nghiên cứu đánh giá độ phong phú, tương đồng của loài ve sầu (Hemiptera: Cicadidae) ở khu vực Tây Bắc

Lưu Hoàng Yến^{1,2*}, Phạm Hồng Thái^{2,3}, Bùi Thu Quỳnh¹

¹Bảo tàng Tài nguyên Rừng Việt Nam, FIPI, xã Vĩnh Quỳnh, huyện Thanh Trì, Hà Nội, Việt Nam

²Bảo tàng Thiên nhiên Việt Nam, VAST, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

³Học viện Khoa học và Công nghệ, VAST, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 15/11/2021; ngày chuyển phân biên 17/11/2021; ngày nhận phân biên 9/12/2021; ngày chấp nhận đăng 14/12/2021

Tóm tắt:

Đã có nhiều công trình nghiên cứu về các loài ve sầu thuộc họ Cicadidae, nhưng mới dừng lại ở phạm vi đánh giá đa dạng loài của một khu bảo tồn thiên nhiên (KBTTN), hay một vườn quốc gia (VQG) thuộc vùng Tây Bắc nước ta, chưa có nghiên cứu tổng thể về đánh giá đa dạng sinh học của các loài ve sầu thuộc họ Cicadidae. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã thu thập, sử dụng các chỉ số đa dạng sinh học để tính toán các chỉ số đa dạng sinh học của họ ve sầu vùng Tây Bắc. Kết quả cho thấy, loài ve sầu trong họ Cicadidae có sự đa dạng cao nhất ở hệ sinh thái (HST) rừng già (RG), giảm dần khi sang HST rừng phục hồi tự nhiên (RPHTN) và thấp nhất ở HST rừng phục hồi nhân tạo (RPHNT). Thành phần loài họ Cicadidae ở đai độ cao trên 1.000 m đa dạng hơn đai độ cao dưới 1.000 m (sự khác nhau có ý nghĩa thống kê). Ở đai độ cao trên 1.600 m, thành phần loài ít, nhưng lại là những loài đặc hữu của vùng Tây Bắc, Việt Nam.

Từ khóa: bộ Cánh nửa - Hemiptera, chỉ số đa dạng sinh học, họ Ve sầu - Cicadidae, Tây Bắc, Việt Nam.

Chỉ số phân loại: 1.6

1. Mở đầu

Côn trùng là nhóm sinh vật có vai trò rất lớn trong tự nhiên cũng như đời sống con người, chúng là nhóm động vật đa dạng nhất hành tinh, ước lượng có khoảng 30-80 triệu loài, chiếm hơn một nửa số loài hiện biết trên trái đất [1]. Hiện nay, đã có hơn 1 triệu loài côn trùng được mô tả trên trái đất, trong đó bộ cánh nửa (Hemiptera) có số lượng loài tương đối lớn. Họ Cicadidae, tên Việt Nam là họ ve sầu, là một họ côn trùng thuộc bộ cánh nửa (Hemiptera) rất phổ biến ở Việt Nam.

Sự biến động thành phần loài thuộc họ Cicadidae theo thời gian có thể được sử dụng làm yếu tố chỉ thị cho sự biến động môi trường sống ở các HST. Bên cạnh đó, họ này còn có nhiều loài được sử dụng trong y học cổ truyền. Nhờ các đặc điểm đó, nhiều nhà khoa học đã lựa chọn họ Cicadidae làm sinh vật chỉ thị cho tài nguyên rừng ở một HST nhất định [1].

Ở Việt Nam nói chung, vùng núi Tây Bắc nói riêng, các nghiên cứu về thành phần loài và đặc trưng phân bố của các loài thuộc họ Cicadidae thường được thực hiện riêng lẻ ở một số VQG, KBTTN hoặc thiên về phân loại học, tìm kiếm, phát hiện và công bố loài mới [2-5]. Tuy nhiên cho đến nay, ở vùng núi Tây Bắc vẫn chưa có nghiên cứu tổng thể về đánh giá đa dạng sinh học của các loài ve sầu thuộc họ Cicadidae. Xuất phát từ thực tiễn nêu trên, chúng tôi thực hiện nghiên cứu này nhằm đánh giá sự đa dạng, tương đồng của loài ve sầu ở vùng núi Tây Bắc, Việt Nam.

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

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 5/2015 đến tháng 12/2020 với đối tượng là những loài ve sầu (họ Cicadidae), phân bộ ve-rây (Auchenorrhyncha), bộ cánh nửa (Hemiptera).

Điều tra, thu thập mẫu vật bổ sung tại một số điểm ở khu vực Tây Bắc như: VQG Hoàng Liên (Lào Cai), KBTTN Mường Nhé (Điện Biên), Ngõ Luông - Ngọc Sơn (Hòa Bình); Thượng Tiến (Hòa Bình), Mường Tè (Lai Châu). Mỗi khu vực chọn 3 HST đại diện là RG, RPHTN và RPHNT.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập mẫu vật trưởng thành của họ Cicadidae bằng vợt và bẫy đèn, sử dụng hệ thống phân loại của M.S. Moulds (2005) [6] để phân tích, giám định mẫu vật.

- Các số liệu được lưu trữ và tính toán với sự hỗ trợ của phần mềm Microsoft Office Excel trong Windows 10 và phần mềm Primer V6.

- Các chỉ số đa dạng loài dùng để tính độ đa dạng loài của một khu vực nghiên cứu gồm:

+ Chỉ số đa dạng Shannon - Weiner (chỉ số H') được tính theo công thức sau:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

Research on assessment of the diversity and similarity of cicadas (Hemiptera: Cicadidae) in the Northwest region

Hoang Yen Luu^{1,2*}, Hong Thai Pham^{2,3}, Thu Quynh Bui¹

¹Vietnam Forest Museum, Forestry Inventory and Planning Institute,

Vinh Quynh Commune, Thanh Tri District, Hanoi, Vietnam

²Vietnam National Museum of Nature, VAST,

18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

³Graduate University of Science and Technology, VAST,

18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 15 November 2021; revised 9 December 2021; accepted 14 December 2021

Abstract:

There have been many research works on cicadas of the Cicadidae, but they have only researched and evaluated diversity in a conservation area, or a national park in the Northwest, without a comprehensive study on them. In this study, the authors have collected and used biodiversity indices to calculate biodiversity indexes of cicadas in the Northwest region. Results showed that the cicada species in the Cicadidae had the highest diversity in the old-growth forest ecosystem, decreasing gradually in the secondary forest ecosystem and the lowest in the secondary forest ecosystem. The species composition of the Cicadidae at an altitude above 1,000 m is more diverse than that at an altitude below 1,000 m (the difference is statistically significant). At the elevation above 1,600 m, the species composition is small but endemic to the Northwest region.

Keywords: biodiversity index, Cicadidae family, Hemiptera, Northwest, Vietnam.

Classification number: 1.6

trong đó: H': chỉ số đa dạng loài; s: số lượng loài trong khu vực nghiên cứu; n_i: số lượng cá thể của loài i; N: số lượng cá thể trong toàn bộ mẫu.

- Chỉ số đa dạng Margalef (d) được tính theo công thức sau:

$$d = (S-1)/\ln N$$

trong đó: S: tổng số loài trong mẫu; N: tổng số lượng cá thể trong mẫu. Chỉ số d càng thấp khi đa dạng về loài thấp và ngược lại.

- Chỉ số đa dạng Simpson (D) được tính theo công thức sau:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

trong đó: S: tổng số loài trong quần xã sinh vật; n_i: số cá thể của loài thứ i; N: tổng số cá thể trong quần xã sinh vật; 0<D<1, D càng lớn thì độ đa dạng sinh học càng cao.

- Độ phong phú n' (%) được xác định theo công thức sau:

$$n' (\%) = (n_i/N) * 100$$

trong đó: n_i: số lượng cá thể của loài i tại khu vực nghiên cứu; N: số lượng cá thể của tất cả các loài tại khu vực nghiên cứu.

Độ phong phú của mỗi loài trong HST được xác định bằng tỷ lệ phần trăm (%) số cá thể của loài đó trên tổng số cá thể của tất cả các loài có trong mẫu điều tra. Mức độ phong phú của một loài trong khu vực nghiên cứu được xác định theo [7]: n' > 10%: loài rất ưu thế; n' từ 2,0 đến 5,0%: loài ưu thế tiềm tàng; n' từ 5,1 đến 10%: loài ưu thế; n' < 2,0%: loài không ưu thế.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Thành phần loài, độ phong phú và các chỉ số đa dạng sinh học của họ ve sầu ở vùng núi Tây Bắc theo HST

Kết quả điều tra, thu thập mẫu vật ngoài thực địa tại 5 khu vực nghiên cứu thuộc 4 tỉnh của vùng núi phía Bắc gồm: VQG Hoàng Liên (Lào Cai), KBTTN Mường Nhé (Điện Biên), Ngõ Luông - Ngọc Sơn (Hòa Bình), Thượng Tiến (Hòa Bình) Mường Tè (Lai Châu) ở 3 HST đại diện là RG, RPHTN và RPHNT đã xác định được 63 loài thuộc 31 giống, 11 tộc, trong đó có 10 loài là loài đặc hữu của vùng Tây Bắc. Số lượng loài, cá thể, độ phong phú của mỗi loài trong HST được thể hiện ở bảng 1.

Trong HST RG, chúng tôi thu được 24 giống, 39 loài với 431 cá thể; HST RPHTN thu được 19 giống, 31 loài, với 238 cá thể; còn ở HST RPHNT chỉ thu được 9 giống, 15 loài với 58 cá thể. Từ bảng 1 nhận thấy, 13 loài có mặt ở cả 3 HST (chiếm 20,63%), gồm: *Cryptotympana atrata*, *Cryptotympana holsti*, *Cryptotympana mandarina*, *Gaeana maculate*, *Pomponia backanensis*, *Haphsa nana*, *Platylomia operculata*, *Tosena melanoptera*, *Mogannia hebes*, *Mogannia saucia*, *Huechys sanguinea*, *Huechys beata* và *Scieroptera splendidula*. Có 14 loài thu được ở 2 HST RG và RPHTN (22,22%), 10 loài chỉ xuất hiện ở HST RG, không xuất hiện ở các HST khác (15,87%). Theo phương pháp tính độ phong phú loài (n') của V.Q. Manh (2004) [7], ở HST RG, trong số 39 loài thu thập có 3 loài thuộc nhóm loài rất ưu thế là *Gaeana maculate*, *Tosena melanoptera* và *Huechys tonkinensis*; 4 loài thuộc nhóm ưu thế, gồm *Cryptotympana atrata* (n'=6,26%), *Cryptotympana holsti* (n'=6,26%), *Haphsa nana* (n'=5,57%) và *Platylomia operculata* (n'=7,42%). Bên cạnh đó, HST RG có 8 loài thuộc nhóm ưu thế tiềm tàng (n'=2,0-5,0%) và 23 loài không ưu thế. Tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng chiếm

Bảng 1. Danh sách thành phần loài, số lượng mẫu, độ phong phú của các loài ve sầu họ Cicadidae trong các HST khu vực Tây Bắc Việt Nam.

TT	Tộc	Giống	Loài	RG		RPHTN		RPHNT	
				Số mẫu	n' (%)	Số mẫu	n' (%)	Số mẫu	n' (%)
1	Platypleurini	Platypleura	<i>Platypleura kaempferi</i>	12	2,78	6	2,52	-	-
2			<i>Platypleura hilpa</i>	1	0,23	1	0,42	-	-
3			<i>Platypleura badia</i>	-	-	-	-	-	-
4		Pycna	<i>Pycna indochinensis</i>	-	-	-	-	-	-
5	Cryptotympanini	Chremistica	<i>Chremistica sueuri</i>	14	3,25	1	0,42	-	-
6			<i>Chremistica sp</i>	1	0,23	-	-	-	-
7		Cryptotympana	<i>Cryptotympana aquila</i>	-	-	2	0,84	-	-
8			<i>Cryptotympana atrata</i>	27	6,26	13	5,46	11	18,97
9			<i>Cryptotympana holsti</i>	27	6,26	3	1,26	2	3,45
10			<i>Cryptotympana mandarina</i>	12	2,78	7	2,94	2	3,45
11			<i>Cryptotympana recta</i>	-	-	-	-	-	-
12	Polynurini	Angamiana	<i>Angamiana floridula</i>	5	1,16	-	-	-	-
13		Formosena	<i>Formosena seebohi</i>	6	1,39	3	1,26	-	-
14	Gaeaniini	Gaeana	<i>Gaeana vitalisi</i>	-	-	-	-	-	-
15			<i>Gaeana maculate</i>	59	13,69	16	6,72	6	10,34
16		Balinta	<i>Balinta delinenda</i>	-	-	-	-	-	-
17		Becquartina	<i>Becquartina electa</i>	2	0,46	-	-	-	-
18	Talaingini	Talainga	<i>Talainga binghami</i>	2	0,46	2	0,84	-	-
19	Cicadini	Terpnosia	<i>Terpnosia chapana</i>	-	-	-	-	-	-
20			<i>Terpnosia rustica</i>	-	-	-	-	-	-
21			<i>Terpnosia mesonotalis</i>	-	-	-	-	-	-
22		Pomponia	<i>Pomponia linearis</i>	3	0,70	8	3,36	-	-
23			<i>Pomponia piceata</i>	-	-	29	12,18	6	10,34
24			<i>Pomponia backanensis</i>	14	3,25	21	8,82	7	12,06
25		Purana	<i>Purana guttularis</i>	1	0,23	3	1,26	-	-
26			<i>Purana dimidia</i>	-	-	-	-	-	-
27			<i>Purana samia</i>	2	0,46	-	-	-	-
28		Leptosaltria	<i>Leptosaltria phra</i>	3	0,46	5	2,10	-	-
29		Inthaxara	<i>Inthaxara flexa</i>	-	-	3	1,26	-	-
30		Meimuna	<i>Meimuna subviridissima</i>	7	0,09	4	1,68	-	-
31			<i>Meimuna durga</i>	-	-	-	-	-	-
32		Haphsa	<i>Haphsa nana</i>	24	5,57	14	5,88	5	8,62
33			<i>Haphsa scintila</i>	6	1,39	-	-	-	-
34			<i>Haphsa conformis</i>	-	-	-	-	-	-
35		Sinapsaltria	<i>Sinapsaltria annamensis</i>	-	-	-	-	-	-
36		Macrosemia	<i>Macrosemia tonkiniana</i>	10	2,32	2	0,84	-	-
37		Platylomia	<i>Platylomia bocki</i>	7	1,62	3	1,26	-	-
38			<i>Platylomia operculata</i>	32	7,42	8	3,36	2	3,45
39		Dundubia	<i>Dundubia hainanensis</i>	5	1,16	2	0,84	-	-
40			<i>Dundubia feae</i>	-	-	-	-	-	-
41			<i>Dundubia nagarasingna</i>	3	0,70	-	-	-	-
42		Tosena	<i>Tosena melanoptera</i>	45	10,44	12	5,04	7	12,07
43			<i>Tosena splendida</i>	9	2,09	8	3,36	-	-
44		Ayuthia	<i>Ayuthia spectabile</i>	-	-	-	-	-	-
45		Semia	<i>Semia majuscula</i>	-	-	-	-	-	-
46			<i>Semia sp</i>	3	0,70	-	-	-	-
47	Moganniini	Mogannia	<i>Mogannia aliena</i>	-	-	-	-	-	-
48			<i>Mogannia cyanea</i>	-	-	-	-	-	-
49			<i>Mogannia hebes</i>	9	2,09	4	1,68	2	3,45
50			<i>Mogannia obliqua</i>	2	-	6	2,52	-	-
51			<i>Mogannia saucia</i>	7	1,62	1	0,42	2	3,45

52	Taphurini	Lemuriana	<i>Lemuriana apicalis</i>	-	-	-	-	-	-
53		Hea	<i>Hea yunnanensis</i>	2	0,46	-	-	-	-
54	Sinosenini	Karenia	<i>Karenia hoangienensis</i>	3	0,70	-	-	-	-
55	Huechysini	Huechys	<i>Huechys sanguinea</i>	4	0,93	34	14,29	2	3,45
56			<i>Huechys beata</i>	14	3,25	5	2,10	1	1,72
57			<i>Huechys tonkinensis</i>	44	10,21	8	3,36	-	-
58		Scieroptera	<i>Scieroptera splendidula</i>	4	0,93	4	1,68	2	3,45
59			<i>Scieroptera formosana</i>	1	0,23	-	-	1	1,72
60			<i>Scieroptera delineata</i>	-	-	-	-	-	-
61			<i>Scieroptera crocea</i>	-	-	-	-	-	-
62			<i>Scieroptera orientalis</i>	-	-	-	-	-	-
63	Tibicinini	Katoa	<i>Katoa chlorotica</i>	1	0,23	-	-	-	-
Tổng				431 mẫu/39 loài		238 mẫu/31 loài		58 mẫu/15 loài	
Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài ưu thế, rất ưu thế và ưu thế tiềm tàng				5,65		5,42		7,43	
Tỷ lệ (%) số loài ưu thế và rất ưu thế/tập hợp số loài ưu thế, rất ưu thế và ưu thế tiềm tàng				46,67		43,75		46,15	
Tỷ lệ (%) tập hợp loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng trong mỗi HST				38,46		51,61		86,67	

"-": loài không xuất hiện.

38,46% và các loài không ưu thế chiếm 61,54% tổng số loài trong HST RG. Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng đạt 5,65%. Tỷ lệ phần trăm giữa số loài ưu thế và rất ưu thế với tập hợp loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng là 46,67% (bảng 1).

Tại HST RPHTN thu được 31 loài, trong đó có 2 loài rất ưu thế ($n' > 10\%$) là *Pomponia piceata* và *Huechys sanguinea*; 5 loài ưu thế ($n' = 5,1-10\%$) gồm: *Cryptotympana atrata* ($n' = 5,46$), *Gaeana maculate* ($n' = 6,72$), *Pomponia backanensis* ($n' = 8,82$), *Haphsa nana* ($n' = 5,88$) và *Tosena melanoptera* ($n' = 5,04$); 9 loài ưu thế tiềm tàng ($n' = 2,0-5,0\%$) và 15 loài không ưu thế ($n' < 2\%$). Tập hợp các loài ưu thế, rất ưu thế và ưu thế tiềm tàng chiếm 51,61%, trong khi tập hợp các loài không ưu thế chiếm 48,39% tổng số loài trong HST RPHTN. Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài ưu thế và ưu thế tiềm tàng của HST RPHTN đạt 5,46%. Tỷ lệ phần trăm giữa số loài ưu thế và rất ưu thế so với tập hợp loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng là 43,75% (bảng 1).

Trong HST RPHNT, chúng tôi thu được 15 loài, trong đó có 5 loài thuộc nhóm loài rất ưu thế ($n' > 10\%$), gồm: *Cryptotympana atrata* ($n' = 18,97\%$), *Gaeana maculata* ($n' = 10,34\%$), *Pomponia piceata* ($n' = 10,34\%$), *Pomponia backanensis* ($n' = 12,06\%$) và *Tosena melanoptera* ($n' = 12,06\%$); 1 loài ưu thế là *Haphsa nana* ($n' = 8,62\%$) và 7 loài ưu thế tiềm tàng (n' nhận giá trị 2-5%). Tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng chiếm 86,67% tổng số loài thu được, trong khi các loài không ưu thế ($n' < 2\%$) chiếm 13,33% tổng số loài trong HST RPHNT. Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng trong HST RPHNT đạt 7,43%. Tỷ lệ phần trăm giữa số loài ưu thế và rất ưu thế với tập hợp loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng là 46,15% (bảng 1).

Trong cả 3 HST, có 2 loài *Gaeana maculate* và *Tosena melanoptera* là rất ưu thế ở cả 2 HST RG và RPHNT ($n' > 10\%$);

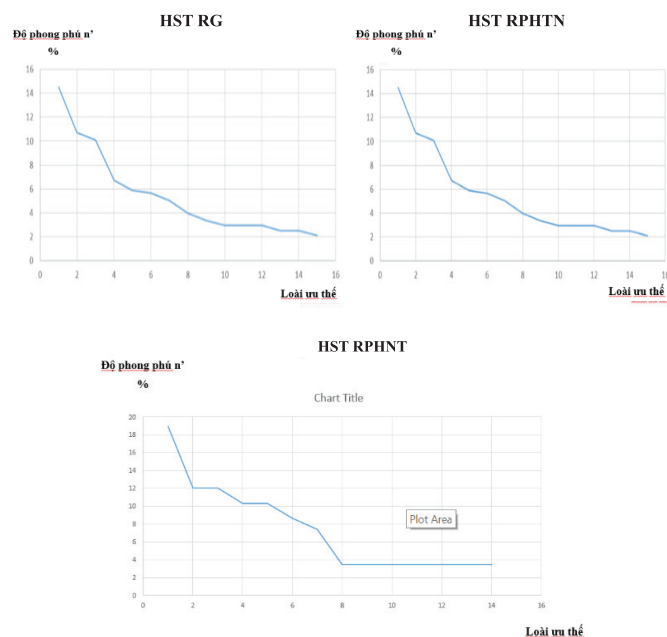
Pomponia piceata là loài rất ưu thế ở HST RPHTN và RPHNT; *Cryptotympana atrata* và *Haphsa nana* là những loài ưu thế và rất ưu thế ở cả 3 HST RG, RPHTN và RPHNT (bảng 1).

Như vậy, theo thứ tự từ RG đến RPHTN, RPHNT, số lượng loài thuộc họ Cicadidae xuất hiện giảm dần từ 43 xuống 31 và 15 loài. Độ phong phú trung bình tăng lên, đồng thời tỷ lệ của nhóm loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng tăng dần lên (38,46, 51,61 và 86,67%) (bảng 1) và nhóm loài không ưu thế giảm đi.

Bảng 2. Độ phong phú trung bình của mỗi nhóm loài tại các HST.

TT	HST	Độ phong phú trung bình n' (%)			
		Nhóm rất ưu thế	Nhóm ưu thế	Nhóm ưu thế tiềm tàng	Tính chung
1	RG	11,29	6,38	2,72	6,79
2	RPHTN	13,23	6,38	2,84	7,49
3	RPHNT	12,75	8,6	3,45	8,28

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, giá trị trung bình của tập hợp nhóm loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng tăng dần từ HST RG (n'=6,79), đến HST RPHTN (n'=7,49) và cao nhất ở HST RPHNT (n'=8,28).



Hình 1. Đường cong ưu thế của tập hợp các loài thuộc họ Cicadidae trong mỗi HST.

Ghi chú: các loài ưu thế gồm *Platypleura kaempferi*, *Chremistica sueuri*, *Cryptotympana atrata*, *Cryptotympana holsti*, *Cryptotympana mandarina*, *Angamiana floridula*, *Gaeana maculata*, *Pomponia linearis*, *Pomponia piceata*, *Pomponia backanensis*, *Leptopsaltria phra*, *Haphsa nana*, *Macrosemia tonkiniana*, *Macrosemia tonkiniana*, *Platylomia operculata*, *Tosena melanoptera*, *Tosena splendida*, *Mogannia saucia*, *Mogannia hebes*, *Mogannia oblique*, *Huechys sanguinea*, *Huechys beata*, *Huechys tonkinensis*, *Scieroptera splendula*.

Chiều hướng thay đổi đường cong ưu thế của mỗi HST theo phương pháp N.T. Tien (1994) [8] được thể hiện ở hình 1. Kết quả cho thấy, mỗi một HST khác nhau có tập hợp nhóm ưu thế khác nhau, độ dốc của đường cong ưu thế tăng dần khi

đi từ HST RG đến RPHTN và RPHNT. RPHTN và RPHNT là những HST có sự tác động mạnh hơn của yếu tố con người đã làm thay đổi đặc điểm cấu trúc HST, môi trường sống cân bằng ban đầu của các loài côn trùng họ Cicadidae, dẫn đến một số loài do không thích ứng được với sự thay đổi của môi trường sống nên bị biến mất hoặc bị thu hẹp kích thước quần thể. Những loài có khả năng thích nghi hơn với môi trường mới sẽ tồn tại, phát triển và dần trở thành loài ưu thế trong HST mới. Như vậy, theo mức độ phục hồi HST rừng tăng lên (từ RPHNT đến RPHTN đến RG) thì số lượng loài ưu thế, giá trị trung bình, độ phong phú của tập hợp các loài ưu thế và độ dốc của đường cong ưu thế đều giảm.

Bảng 3. Các chỉ số đa dạng quần xã Cicadidae trong các HST.

TT	HST	Chỉ số đa dạng Margalef (d)	Chỉ số đa dạng Shannon - Weiner (H')	Chỉ số đa dạng Simpson (D)
1	RG	6,81	3,18	0,9902
2	RPHTN	5,48	3,25	0,9805
3	RPHNT	3,45	2,45	0,9364

Kết quả bảng 3 cho thấy, HST RG có chỉ số đa dạng sinh học Margalef (d), Shannon - Weiner (H') và Simpson (D) cao nhất, tiếp đến là HST RPHTN, thấp nhất là ở HST RPHNT. Như vậy, nhìn chung trong HST RG có đa dạng sinh học cao nhất, tiếp đến là RPHTN và cuối cùng là RPHNT. Điều này phần nào phản ánh thực tế phù hợp với các kết quả nghiên cứu trên đây của chúng tôi.

3.2. Độ phong phú và các chỉ số đa dạng sinh học của họ ve sầu ở các đai độ cao

Độ phong phú của một loài trong mỗi đai độ cao được xác định bằng tỷ lệ % số cá thể của loài đó trên tổng số cá thể của tất cả các loài thu thập được trong đai độ cao nghiên cứu.

Kết quả bảng 4 cho thấy, ở đai độ cao dưới 600 m, 3 loài rất có ưu thế gồm: *Cryptotympana mandarina* (n'=11,34%), *Gaeana maculata* (n'=11,49%) và *Huechys sanguinea* (n'=15,46%). Có 6 loài được đánh giá là ưu thế (n'=5-10%), gồm: *Chremistica sueuri* (n'=8,25%), *Dundubia nagarasingna* (n'=7,22), *Cryptotympana atrata* (n'=6,19%), *Pomponia piceata* (n'=6,19%), *Formotosena seebohmi* (n'=6,19) và *Cryptotympana recta* (n'=5,15). Có 5 loài ưu thế tiềm tàng (n'=2-3%). Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng trong đai độ cao dưới 600 m là 8,33%.

Ở đai độ cao 600-1.000 m, không có loài rất ưu thế, có 9 loài ưu thế (n'=5-10%): *Cryptotympana atrata* (n'=6,28%), *Cryptotympana mandarina* (n'=5,83%), *Gaeana maculata* (n'=9,87%), *Pomponia piceata* (n'=5,83%), *Pomponia backanensis* (n'=6,28%), *Purana guttularis* (n'=5,83%), *Platylomia operculata* (n'=7,17%), *Tosena melanoptera* (n'=7,17) và *Mogannia hebes* (n'=6,28). Có 10 loài ưu thế tiềm tàng (n'=2-5%), còn lại là những loài không ưu thế. Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng ở đai độ cao 600-1.000 m là 6,49%.

Bảng 4. Những loài ưu thế và ưu thế tiềm tàng ở các đai độ cao.

TT	Loài	0-600 (m)	600-1.000 (m)	1.000-1.600 (m)	>1.600 (m)
1	<i>Platypleura kaempferi</i>	3,9	4,04	2,30	5,45
2	<i>Platypleura hilpa</i>	3,09	-	-	-
3	<i>Chremistica sueuri</i>	8,25	4,04	1,24	-
4	<i>Cryptotympana aquila</i>	-	2,24	-	-
5	<i>Cryptotympana atrata</i>	6,19	6,28	7,27	-
6	<i>Cryptotympana holsti</i>	-	3,14	5,32	-
7	<i>Cryptotympana mandarina</i>	11,34	5,83	2,84	-
8	<i>Cryptotympana recta</i>	5,15	-	-	9,09
9	<i>Formosena seebohi</i>	6,19	-	-	-
10	<i>Gaeana maculata</i>	11,49	9,87	13,48	-
11	<i>Becquartina electa</i>	2,06	-	-	-
12	<i>Pomponia linearis</i>	-	3,14	-	7,27
13	<i>Pomponia piceata</i>	6,19	5,83	-	-
14	<i>Pomponiackanensis</i>	-	6,28	6,21	-
15	<i>Purana guttularis</i>	-	5,83	-	9,09
16	<i>Haphsa nana</i>	-	3,14	6,38	-
17	<i>Haphsa scitula</i>	3,09	-	-	-
18	<i>Macrosemia tonkiniana</i>	-	2,24	2,13	-
19	<i>Platylomia operculata</i>	-	7,17	5,85	5,45
20	<i>Dundubia nagarasingna</i>	7,22	-	-	-
21	<i>Tosena melanoptera</i>	-	7,17	9,40	-
22	<i>Tosena splendida</i>	-	3,14	1,77	-
23	<i>Mogannia hebes</i>	-	6,28	-	-
24	<i>Mogannia obliqua</i>	-	2,69	-	-
25	<i>Mogannia saucia</i>	-	-	-	5,45
26	<i>Huechys sanguinea</i>	15,46	4,93	5,50	-
27	<i>Huechys beata</i>	-	3,59	2,84	-
28	<i>Huechys tonkinensis</i>	-	-	7,98	-
29	<i>Scieroptera formosana</i>	2,06	-	-	3,64
30	Độ phong phú trung bình	8,33	6,49	7,49	9,76

Ghi chú: dấu "-" thể hiện loài không ưu thế ($n' < 2,0\%$) ở đai độ cao nghiên cứu.

Ở đai độ cao 1.000-1.600 m, có 1 loài rất ưu thế là *Gaeana maculata* ($n'=13,48\%$), 8 loài ưu thế ($n'=5-10\%$) và 4 loài ưu thế tiềm tàng ($n'=2-5\%$), còn lại 16 loài không ưu thế. Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng ở đai độ cao 1.000-1.600 m là 7,49%.

Ở đai độ cao trên 1.600 m, có 6 loài ưu thế ($n'=5-10\%$), 1 loài ưu thế tiềm tàng ($n'=2-5\%$) và 21 loài không ưu thế. Độ phong phú trung bình của tập hợp các loài rất ưu thế, ưu thế và ưu thế tiềm tàng ở đai độ cao >1.600 m là 9,76%.

Bảng 5. Chỉ số đa dạng sinh học ở các đai độ cao.

TT	Chỉ số đa dạng Đai độ cao (m)	Margalef (d)	Shannon - Weiner (H')	Simpson (D)
1	<600	3,29	2,79	0,92
2	600-1.000	4,76	2,99	0,96
3	1.000-1.600	5,52	3,87	0,96
4	>1.600	3,97	2,64	0,94

Kết quả bảng 5 cho thấy, ở 2 độ cao 600-1.000 m và 1.000-1.600 m có chỉ số đa dạng Simpson cao nhất (cùng đạt $D=0,96$) và có chỉ số đa dạng Shannon - Weiner (H') lần lượt là 2,99 và 3,87. Hai đai độ cao dưới 600 m và >1.600 có chỉ số đa dạng Simpson thấp hơn, lần lượt là $D=0,92$ và $D=0,94$. Như vậy, các chỉ số đa dạng d , H' và D có sự thay đổi ở các đai độ cao khác nhau.

4. Kết luận

Kết quả điều tra họ ve sầu ở vùng Tây Bắc trong 5 năm (2015-2020) đã xác định được 63 loài, trong đó có 10 loài chỉ ghi nhận sự phân bố ở vùng Tây Bắc, mà không bắt gặp ở các khu vực khác là: *Huechys tonkinensis*, *Karenia hoanglienensis*, *Semia majuscula*, *Terpnosia mesonotalis*, *Terpnosia rustica*, *Terpnosia chapana*, *Haphsa nana*, *Scieroptera delineata*, *Gaeana vitalisi*, *Pycna indochinensis*. Có thể nói, đây là các loài đặc hữu của vùng Tây Bắc nước ta.

Ở HST RG thu được 39 loài, 431 cá thể; HST RPHTN thu được 31 loài, 238 cá thể và HST RPHNT thu được 15 loài, 58 cá thể. Thành phần loài họ Cicadidae có sự đa dạng cao nhất ở HST RG, giảm dần khi sang HST RPHTN và thấp nhất ở HST RPHNT. Thành phần loài họ Cicadidae ở đai độ cao trên 1.000 m đa dạng hơn đai độ cao dưới 1.000 m (sự khác nhau có ý nghĩa thống kê). Sự khác nhau về số lượng loài thuộc họ Cicadidae giữa 2 đai độ cao cùng trên 1.000 m hoặc cùng dưới 1.000 m không có ý nghĩa thống kê.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N.T. Huyen (2020), *Research on Species Composition, Diversity and Distribution of The Cicada Family - Cicadidae (Hemiptera - Auchenorycha) in The Northeast Region, Vietnam*, Doctoral Thesis in Biology, University of Science and Technology, VAST (in Vietnamese).
- [2] H.T. Pham, J.T. Yang (2009), "A contribution to the Cicadidae fauna of Vietnam (Hemiptera: Auchenorrhyncha), with one new species and twenty new records", *Zootaxa*, **2249**(1), pp.1-19, DOI: 10.11646/zootaxa.2249.1.1.
- [3] H.T. Pham, J.T. Yang (2010), "The genus *Lemuriana* distant (Hemiptera: Cicadidae) from Vietnam, with a description of a new species", *Oriental Insects*, **44**(1), pp.205-210, DOI: 10.1080/00305316.2010.10417614.
- [4] H.T. Pham, J.T. Yang (2011), "The cicada tribe *Taphurini* (Hemiptera: Cicadidae) from Vietnam, with key to species", *Proceedings of The 7th Vietnam National Conference on Entomology*, pp.261-266.
- [5] H.T. Pham, J.T. Yang (2012), "First record of the cicadas genus *Karenia* distant, 1888 (Hemiptera: Cicadidae) from Vietnam, with description of one new species", *Zootaxa*, **3153**(3153), pp.23-38, DOI: 10.11646/zootaxa.3153.1.2.
- [6] M.S. Moulds (2005), "An appraisal of the higher classification of cicadas (Hemiptera: Cicadoidea) with special reference to the Australian fauna", *Records of The Australian Museum*, **57**(3), pp.375-446, DOI: 10.3853/j.0067-1975.57.2005.1447.
- [7] V.Q. Manh (2004), *Soil Ecology*, Education University Publishing House 365pp (in Vietnamese).
- [8] N.T. Tien (1994), *Some Characteristics of Collembola Jumping Beetle Community Structure in Northern Vietnam Ecosystems*, Doctoral Thesis in Biology, Institute of Ecology and Biological Resources, VAST (in Vietnamese).

Nghiên cứu hiệu lực ức chế vi khuẩn khử sunphat của một số nano kim loại

Hoàng Anh Sơn*, Công Hồng Hạnh, Nguyễn Hồng Nhung, Vũ Hồng Sơn,
Phạm Duy Khánh, Trần Thị Hương, Trần Quế Chi

Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 9/11/2021; ngày chuyển phản biện 12/11/2021; ngày nhận phản biện 3/12/2021; ngày chấp nhận đăng 9/12/2021

Tóm tắt:

Vi khuẩn khử sunphat (*Desulfomicrobium baculatum*) là nhóm vi khuẩn kỵ khí có khả năng sinh ra khí H_2S làm chua hóa dầu thô, gây ăn mòn các thiết bị kim loại và hệ thống đường ống, thậm chí tạo thành các màng biofilm gây bít nhét vỉ, làm giảm khả năng tiếp nhận của nước bơm ép trong khai thác dầu khí. Hiện nay, các chất diệt khuẩn đang được sử dụng chủ yếu là andehit hoặc amin vòng kết hợp với chất hoạt động cation, rất độc hại đối với con người và môi trường. Sự phát triển của khoa học và công nghệ đã tạo ra vật liệu mới có kích thước nano, với khả năng thay thế các chất diệt khuẩn truyền thống và thân thiện với môi trường. Nghiên cứu này đã cho thấy, các nano kim loại bạc, đồng với kích thước trung bình 50 nm, nồng độ sử dụng từ 500 ppm có khả năng ức chế và diệt cả 2 chủng vi khuẩn khử sunphat bơi lội, bám dính trong các điều kiện nhiệt độ thường và cao.

Từ khóa: glutaraldehyde, nano bạc, nano đồng, vi khuẩn khử sunphat.

Chỉ số phân loại: 1.7

1. Đặt vấn đề

Trong khai thác dầu khí, việc xử lý vi khuẩn khử sunphat là một trong những vấn đề đã được nghiên cứu từ rất lâu, tuy nhiên cho đến nay vẫn chưa tìm được biện pháp khắc phục hiệu quả, đồng thời đảm bảo an toàn cho môi trường. Vi khuẩn khử sunphat là nhóm vi sinh vật chuyên biệt sống trong môi trường nước không có oxy, chúng là các vi khuẩn kỵ khí tuyệt đối có thể sống ở môi trường khắc nghiệt như nhiệt độ, áp suất, độ mặn cao, môi trường quá kiềm hoặc quá axit. Loại vi khuẩn này tồn tại khá phổ biến trong các mỏ dầu, giếng khai thác [1-3].

Từ lâu, các nhà khoa học trên thế giới đã chỉ ra những vấn đề nghiêm trọng mà vi khuẩn này gây ra trong hệ thống khai thác dầu mỏ như: i) Ăn mòn sắt trong điều kiện không có không khí (ăn mòn kỵ khí); ii) Tạo kết tủa sunphua sắt làm ảnh hưởng đến hệ thống bơm; iii) Sinh ra khí H_2S làm ô nhiễm khí nhiên liệu; iv) Làm chua hóa, giảm giá trị thương mại của dầu thô [4, 5]. Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng, các vi khuẩn này có khả năng phân hủy dầu thô ở điều kiện kỵ khí, chúng sử dụng dầu thô như là nguồn cacbon để sinh trưởng và phát triển. Trong thí nghiệm của mình, A.A.B.A. Asadi (2011) [6] đã chỉ ra khả năng phân hủy dầu thô của chủng vi khuẩn khử sunphat được phân lập từ mỏ dầu ở Basrah, Iraq đạt 88% sau 54 ngày ủ, lượng hydrocarbon còn lại trong môi trường có vi khuẩn khử sunphat chỉ là 22,06 $\mu g/l$, trong khi ở mẫu đối chứng là 190,84 $\mu g/l$.

Như vậy, với những tác hại do vi khuẩn khử sunphat gây ra, việc loại bỏ chúng ra khỏi hệ thống giếng bơm nước và dầu khai thác là hết sức cần thiết. Hiện nay, các chất diệt khuẩn đang được sử dụng chủ yếu là các andehit hoặc amin vòng kết hợp với chất hoạt động cation, rất độc hại đối với con người và môi trường. Khi sử dụng các chất diệt khuẩn này trong thời gian dài sẽ xảy ra hiện tượng “nhờn” và giảm tác dụng.

Gần đây, các nhà khoa học đã thu được những thành tựu đáng kể nhờ việc sử dụng các nano kim loại có hoạt tính kháng khuẩn mạnh để ức chế sự phát triển của vi sinh vật. Tác dụng gây độc đối với vi khuẩn của đồng và đồng ôxit (CuO) là tạo ra các loại oxy phản ứng, gây ra quá trình peroxy hoá lipid, quá trình oxy hoá protein và phân huỷ DNA trong tế bào vi khuẩn [7]. Nano bạc cũng được biết đến với tính năng diệt khuẩn vượt trội, có rất nhiều ứng dụng trong đời sống. Với kích thước nhỏ, nano bạc có thể xâm nhập dễ dàng vào tế bào vi sinh vật, làm thay đổi cơ chế hóa sinh, bất hoạt các quá trình trao đổi chất của vi sinh vật dẫn đến việc tiêu diệt chúng [8-10].

Bài báo này tập trung vào nghiên cứu chế tạo các nano kim loại ở dạng dung dịch (nano bạc) và dạng bột (nano đồng hóa trị 0) bằng các tác nhân khử khác nhau; tiến hành nghiên cứu khả năng ức chế và diệt vi khuẩn khử sunphat được phân lập từ các giàn khoan mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng. Đặc biệt, các nghiên cứu được thực hiện đối với cả 2 chủng vi khuẩn khử sunphat là loại bơi lội, bám dính ở điều kiện nhiệt độ thường và cao.

*Tác giả liên hệ: Email: sonha@ims.vast.ac.vn

Research on sulfate bacteriostatic effect of some metal nanos

Anh Son Hoang*, Hong Hanh Cong,
Hong Nhung Nguyen, Hong Son Vu,
Duy Khanh Pham, Thi Huong Tran, Que Chi Tran

Institute of Material Sciences, VAST,
18 Hoang Quoc Viet, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 9 November 2021; revised 3 December 2021; accepted 9 December 2021

Abstract:

Sulfate-reducing bacteria (*Desulfomicrobium baculatum*) is a group of anaerobic bacteria capable of producing H_2S gas, which sours crude oil, corrodes metal equipment, pipeline systems, and even forms biofilms that cause blockages reservoir, reducing the reception capacity of pumped water in oil and gas exploitation. Currently, the biocides are mainly aldehydes or cyclic amines combined with cationic active substances, which are very toxic to humans and the environment. The development of materials technology has created new nano-sized materials that are capable of replacing traditional biocides and are environmentally friendly. This study has shown that silver and copper metal nanoparticles with an average size of 50 nm and concentration from 500 ppm can inhibit and kill both sulfate-reducing bacteria strains swimming and adhering in the water at normal and high temperature conditions.

Keywords: copper nanoparticles, glutaraldehyde, silver nanoparticles, sulfate-reducing bacteria.

Classification number: 1.7

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Nguyên liệu: hóa chất chế tạo nano bạc gồm: $AgNO_3$ độ tinh khiết $\geq 99,99\%$ (Hãng Merck), $NaBH_4$ độ tinh khiết $96,5\%$ (Chemical Ltd.), Chitosan độ tinh khiết $>99,0\%$ (Pháp). Hóa chất chế tạo nano đồng gồm: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (GHTECH, $\geq 99,0\%$), NaOH (Xilong), nước cất 2 lần.

Vi khuẩn khử sunphat dùng cho thí nghiệm ở nhiệt độ thường gồm: hỗn hợp chủng phân lập từ các giàn khoan mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng, số lượng vi khuẩn khử sunphat 10^4 - 10^5 tế bào/ml do Phòng Vi sinh vật Dầu mỏ, Viện Công nghệ Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam cung cấp.

Vi khuẩn khử sunphat dùng cho thí nghiệm ở nhiệt độ cao gồm: hỗn hợp chủng phân lập từ các giàn khoan mỏ Bạch Hổ và mỏ Rồng, số lượng vi khuẩn khử sunphat 10^4 - 10^5 tế bào/ml do Phòng Vi sinh vật Dầu mỏ, Viện Công nghệ Sinh học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam cung cấp.

Thép dùng để đánh giá khả năng bám dính của vi khuẩn khử sunphat là CT3 có kích thước $1 \times 2 \times 0,2$ cm được xử lý rỉ sắt, đánh bóng và vô trùng trước khi cấy chủng vi khuẩn khử sunphat.

Môi trường nuôi cấy vi khuẩn khử sunphat là Postgate B với hỗn hợp nguồn cơ chất axit lactic/axetat đảm bảo cho sự sinh trưởng và phát triển của vi khuẩn khử sunphat. Tiêu chuẩn nuôi cấy và thử nghiệm là API RP38.

Thiết bị: máy điện phân sinh khí H_2 HGH-300, công suất sinh khí H_2 là 300 ml/phút, lò ống có điều khiển nhiệt độ tối đa $1.200^\circ C$, hệ thống van dây dẫn khí đảm bảo an toàn cháy nổ, kính hiển vi điện tử quét (SEM) Philips CM 120, thiết bị đo kích thước hạt bằng phương pháp tán xạ ánh sáng laser LA-950.

2.2. Phương pháp

Phương pháp khử hóa học được sử dụng cho quá trình chế tạo dung dịch nano bạc từ $AgNO_3$ với chất khử $NaBH_4$ [11]: hạt nano bạc được hình thành trên dựa trên phản ứng sau:

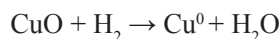


Dung dịch phức hệ nano bạc - chitosan được điều chế với tỷ lệ $NaBH_4/AgNO_3 = 0,25$, hàm lượng chitosan là 120 ppm và nồng độ $AgNO_3$ là 500 ppm, phản ứng tiến hành ở điều kiện nhiệt độ phòng, tốc độ nhỏ giọt của chất khử $NaBH_4$ vào dung dịch $AgNO_3$ là 10-11 giọt/phút.

Phương pháp khử bởi hydro điện phân từ nước để khử CuO thành nano đồng hóa trị 0 (Cu^0) ở nhiệt độ thấp [12]: hòa tan hoàn toàn $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ trong nước cất để được dung dịch $CuSO_4$ 0,2 M. Cân chính xác lượng NaOH theo tỷ lệ tính toán và hòa tan trong nước được dung dịch NaOH 1 M. Nhỏ giọt NaOH 1 M vào dung dịch $CuSO_4$ với sự hỗ trợ của máy khuấy tốc độ 400 vòng/phút. Kết thúc phản ứng thu được kết tủa màu đen. Lọc và rửa kết tủa nhiều lần bằng nước cất để loại hết các ion tạp rồi sấy kết tủa ở $100^\circ C$ cho đến khi khô hoàn toàn thu được sản phẩm là bột CuO có màu đen.

Tiếp tục cho bột CuO vào buồng phản ứng bằng ống thạch anh trong lò nung có điều khiển nhiệt độ, lắp ống dẫn khí, van an toàn. Điện phân tạo khí H_2 lưu lượng 300 ml/phút đưa vào buồng phản ứng. Gia nhiệt và điều khiển nhiệt độ duy trì ở $300^\circ C$ trong 90 phút. Để lò nguội tự nhiên trong khi tiếp tục điện phân tạo khí H_2 để bảo vệ sản phẩm tránh bị ôxy hóa. Sau đó, lấy sản phẩm ra và bảo quản trong môi trường chân không, thu được bột nano Cu^0 .

Phản ứng khử CuO thành nano Cu⁰ như sau:



Đánh giá khả năng phân tán của các hạt nano: các dung dịch nano bạc được đo phổ phân bố kích thước hạt zeta nanosizer, thể zeta để xác định kích thước và đánh giá sự ổn định của hạt nano.

Tác dụng diệt khuẩn khử sulphat được đánh giá theo sự phát triển của vi khuẩn sau các khoảng thời gian tiếp xúc với dung dịch nano bạc theo tiêu chuẩn API RP38. Hàm lượng H₂S (mg/l) do hỗn hợp vi khuẩn khử sunphat sinh ra được xác định bằng cách sử dụng máy J605 Hydrogen Sulfide Analyzer.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

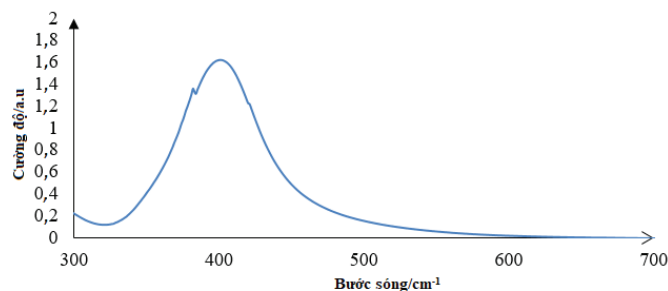
Các số liệu thu thập được tính toán các giá trị trung bình, sai số bằng chương trình Microsoft Excel 2016.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Chế tạo dung dịch nano bạc và hạt nano Cu⁰

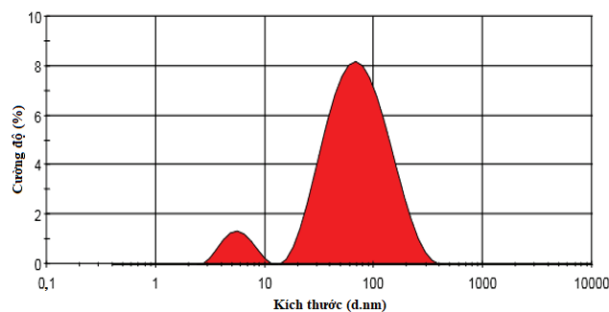
Chế tạo dung dịch nano bạc: phổ UV-Vis của mẫu dung dịch nano bạc đã pha loãng 10 lần cho thấy dung dịch phức hệ nano bạc - chitosan chủ yếu hấp thụ các sóng có bước sóng trong khoảng 350-450 nm và đỉnh ở 400 nm (hình 1), đây là giá trị đặc trưng hấp thụ plasmon của các hạt nano bạc. Xác định phân bố kích thước hạt của mẫu nano bạc bằng phương pháp đo tán xạ ánh sáng động (DLS) cho thấy, kích thước trung bình của mẫu là 46,19 (nm), các hạt nano bạc tập trung chủ yếu tại 2 vùng quanh 9 và 73 nm (hình 2). Hình ảnh SEM của hạt nano bạc (hình 3) cho thấy rõ sự phân bố ở 2 vùng kích thước bé và lớn hơn 50 nm.

Thể zeta của phức hệ nano bạc thu được khá cao (đạt 41,0 mV) và tương đối tập trung (hình 4). Điều này chứng tỏ, các hạt nano bạc - chitosan có tính ổn định cao. Thực tế, hệ nano bạc - chitosan tổng hợp được không bị kết tủa sau nhiều tháng bảo quản.

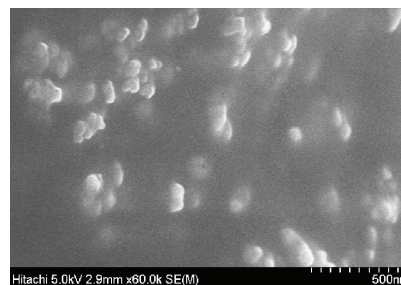


Hình 1. Phổ UV-Vis của nano bạc.

	Kích thước (d.nm)	% cường độ	Độ rộng (d.nm)
Kích thước trung bình (d. nm): 46,19	Đỉnh 1	83,60	92,5
Chỉ số phân bố kích thước Pdi: 0,468	Đỉnh 2	5,818	7,5
			1,721

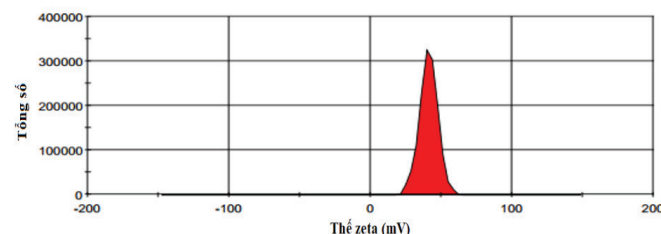


Hình 2. Phân bố kích thước hạt nano bạc.



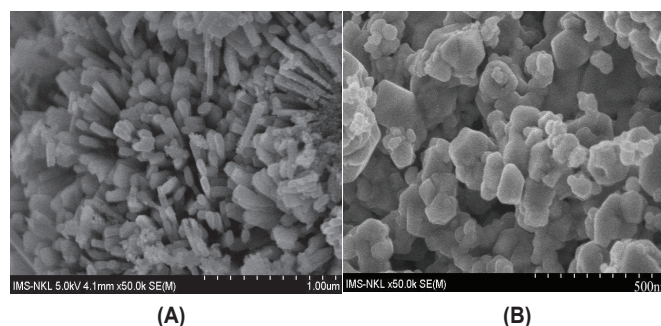
Hình 3. Ảnh SEM của hạt nano bạc.

	Kích thước (d.nm)	% cường độ	Độ rộng (d.nm)
Thể zeta (mV): 41,0	Đỉnh 1	41,0	100,0
Độ lệch zeta (mV): 6,49	Đỉnh 2	0,00	0,0
			0,00



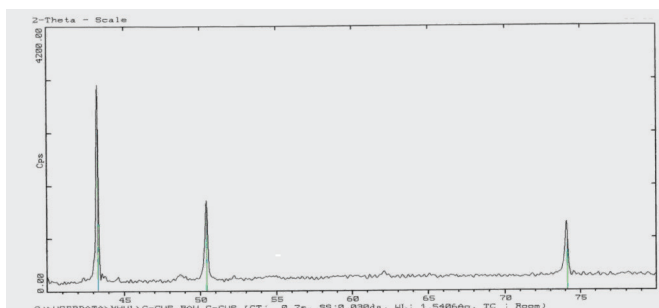
Hình 4. Thể Zeta của dung dịch nano bạc.

Chế tạo nano Cu⁰: phân tích hình ảnh SEM cho thấy, hình dạng và kích thước của sản phẩm sau hoàn nguyên đã giảm đáng kể so với nguyên liệu trước hoàn nguyên (CuO). Kích thước sản phẩm thấy rõ nằm ở thang 50-100 nm (hình 5 A, B).



Hình 5. Ảnh SEM của CuO (A) và nano Cu⁰ (B).

Quan sát giản đồ nhiễu xạ tia X ở hình 6 cho thấy, đỉnh đặc trưng của sản phẩm là nano kim loại Cu, tại góc 2 theta là 43,3, 50,4 và 74,0, phù hợp với mã tham chiếu nhiễu xạ có nguồn 03-065-9026 của pha Cu khối chuẩn.

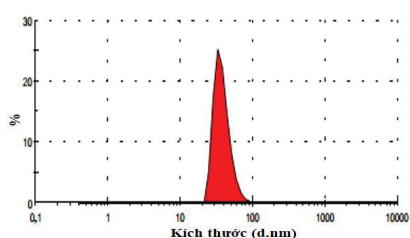


Hình 6. Giản đồ XRD của mẫu nano Cu.

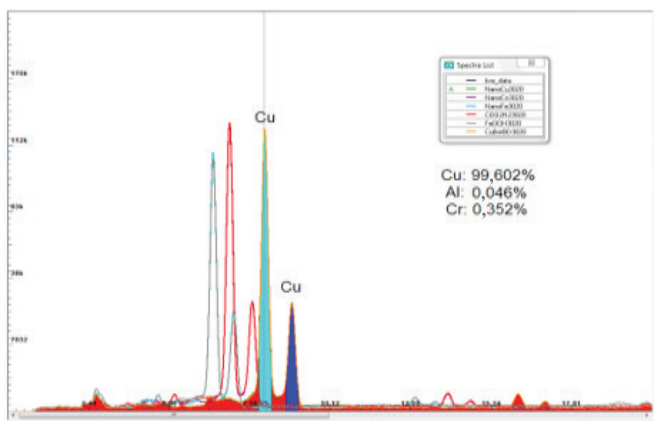
Qua quan sát đặc điểm của các đỉnh trên các giản đồ nhiễu xạ cho thấy đỉnh sắc nét, nền đỉnh thấp chứng tỏ mức độ tinh thể của sản phẩm cao, chân đỉnh rộng cho thấy các hạt thu được có kích thước nhỏ.

Kích thước hạt trung bình của nano Cu được xác định theo phương pháp DLS là 58,94 nm (hình 7), độ tinh khiết xác định được theo phương pháp huỳnh quang tia X là 99,602% (hình 8).

Kích thước (d.nm)		%	Độ rộng (d.nm)
Kích thước trung bình (d. nm): 58,94	Đỉnh 1	38,00	100,0
Chỉ số phân bố kích thước Pdi: 0,142	Đỉnh 2	0,000	0,0



Hình 7. Kích thước hạt trung bình của nano Cu⁰.



Hình 8. Hàm lượng kim loại nano Cu⁰ xác định bằng phương pháp quang phổ huỳnh quang tia X (XRF).

3.2. Hiệu lực diệt vi khuẩn khử sunphat của các nano kim loại

Hiệu lực diệt vi khuẩn khử sunphat của dung dịch nano bạc: hiệu lực diệt vi khuẩn khử sunphat của dung dịch nano bạc được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm dung dịch nano bạc lên hỗn hợp vi khuẩn khử sunphat theo tiêu chuẩn API RP38 (thời gian tiếp xúc chất diệt khuẩn là 24 giờ và 4 ngày).

Nồng độ nano bạc (ppm)	Nhiệt độ thường				Nhiệt độ cao			
	24 giờ		4 ngày		24 giờ		4 ngày	
	Bơi lội	Bám dính	Bơi lội	Bám dính	Bơi lội	Bám dính	Bơi lội	Bám dính
5	+	+	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+	+	+
20	+	+	+	+	+	+	+	+
30	+	+	+	+	+	+	+	+
40	+	+	+	+	+	+	+	+
100	+	+	+	+	+	+	+	+
200	±	+	-	+	+	+	±	+
300	±	±	-	-	+	+	±	+
400	-	±	-	-	-	±	-	±

Ghi chú: +: phát triển; ±: phát triển yếu; -: không phát triển.

- Điều kiện nhiệt độ thường: ở các nồng độ 5, 10, 20, 30, 40, 100 ppm, dung dịch nano bạc không có tác dụng diệt cả 2 loại vi khuẩn khử sunphat phân lập từ giếng khoan dầu khí sau 24 giờ và 4 ngày tiếp xúc. Ở nồng độ thí nghiệm 200 ppm, dung dịch nano bạc có tác dụng làm suy yếu vi khuẩn loại bơi lội sau 24 giờ tiếp xúc, không diệt được loại vi khuẩn bám dính. Đến thời điểm 4 ngày thử nghiệm, dung dịch nano bạc 200 ppm diệt được vi khuẩn loại bơi lội nhưng không diệt được loại vi khuẩn bám dính. Ở nồng độ thí nghiệm 300 ppm, dung dịch nano bạc có tác dụng làm suy yếu cả 2 loại vi khuẩn bơi lội và bám dính sau 24 giờ tiếp xúc. Đến thời điểm 4 ngày, dung dịch nano bạc 300 ppm diệt được cả 2 loại vi khuẩn. Ở nồng độ thí nghiệm 400 ppm, dung dịch nano bạc diệt được vi khuẩn loại bơi lội và làm suy yếu vi khuẩn loại bám dính sau 24 giờ tiếp xúc. Đến thời điểm 4 ngày, dung dịch nano bạc 400 ppm diệt được cả 2 loại vi khuẩn bơi lội và bám dính.

Nghiên cứu đánh giá hàm lượng H₂S (mg/l) do hỗn hợp vi khuẩn khử sunphat sinh ra khi xử lý bằng dung dịch nano bạc (bảng 2) cho thấy, hàm lượng H₂S do vi khuẩn khử sunphat tạo ra ở các nồng độ 5, 10, 20, 30, 40 và 100 ppm khá cao so với mẫu đối chứng không có nano bạc. Điều này chứng tỏ ở điều kiện nhiệt độ thường dung dịch nano bạc không có tác dụng ức chế sự tạo thành H₂S của vi khuẩn khử sunphat ở các nồng độ 5, 10, 20, 30, 40 và 100 ppm sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm. Dung dịch nano bạc chỉ có tác dụng ức chế một phần sự tạo thành H₂S của nhóm vi khuẩn khử sunphat nhiệt độ thường ở nồng độ 200-300 ppm sau 24

Bảng 2. Hàm lượng H_2S (mg/l) do hỗn hợp vi khuẩn khử sunphat sinh ra khi xử lý bằng dung dịch nano bạc (thời gian tiếp xúc chất diệt khuẩn là 24 giờ và 4 ngày).

Nồng độ nano bạc (ppm)	Nhiệt độ thường		Nhiệt độ cao	
	24 giờ	4 ngày	24 giờ	4 ngày
5	89±1,1	243±2,6	92±4,3	248±6,8
10	86±1,5	235±1,8	89±2,8	239±2,5
20	82±1,2	228±4,6	84±1,1	230±7,1
30	79±2,3	220±4,7	81±1,6	223±3,2
40	76±2,2	215±1,3	78±1,7	218±4,3
100	68±1,4	180±5,3	70±3,9	185±2,4
200	59±3,5	85±2,1	67±3,1	150±2,1
300	36±1,6	38±1,8	60±1,9	105±1,8
400	30±0,5	32±0,9	40±1,1	84±1,1
500	25±1,2	28±0,4	28±0,9	30±0,2
ĐC	94±2,5	253±2,6	98±5,4	255±3,4

ĐC: đối chứng.

giờ và 4 ngày thử nghiệm. Ở nồng độ 400 ppm trở lên, dung dịch nano bạc có tác dụng ức chế hoàn toàn sự tạo thành H_2S của vi khuẩn khử sunphat sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm.

- Điều kiện nhiệt độ cao: ở các nồng độ thí nghiệm 5, 10, 20, 30, 40, 100 và 200 ppm, dung dịch nano bạc không có tác dụng diệt vi khuẩn khử sunphat phân lập từ giếng khoan dầu khí cả loại bám dính và bơi lội sau 24 giờ tiếp xúc. Đến thời điểm 4 ngày thử nghiệm, dung dịch nano bạc ở các nồng độ trên cũng không có tác dụng diệt vi khuẩn khử sunphat cả loại bám dính và bơi lội. Ở nồng độ 300 ppm, dung dịch nano bạc không diệt được vi khuẩn khử sunphat cả loại bám dính và bơi lội sau 24 giờ tiếp xúc. Đến thời điểm 4 ngày thử nghiệm dung dịch nano bạc chỉ có tác dụng làm suy yếu vi khuẩn khử sunphat loại bơi lội mà không có tác dụng diệt vi khuẩn khử sunphat loại bám dính. Ở nồng độ 400 ppm, dung dịch nano bạc diệt được vi khuẩn khử sunphat loại bơi lội và ức chế được loại vi khuẩn bám dính sau 24 giờ và 4 ngày tiếp xúc.

Hàm lượng H_2S do vi khuẩn khử sunphat tạo ra ở các nồng độ 5, 10, 20, 30 và 40 ppm sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm đều đạt khá cao, lần lượt là 92, 89, 84, 81 và 78 mg/l (sau 24 giờ) và 248, 239, 230, 223, 218 mg/l (sau 4 ngày) (bảng 2). Điều này chứng tỏ, ở điều kiện nhiệt độ cao, dung dịch nano bạc không có tác dụng ức chế sự tạo thành H_2S của vi khuẩn khử sunphat ở các nồng độ 5, 10, 20, 30 và 40 ppm sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm. Dung dịch nano bạc chỉ có tác dụng ức chế một phần sự tạo thành H_2S của nhóm vi khuẩn khử sunphat nhiệt độ cao ở nồng độ 100-300 ppm sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm. Ở nồng độ 500 ppm, dung dịch nano bạc có tác dụng ức chế hoàn toàn sự tạo thành H_2S của nhóm vi khuẩn khử sunphat nhiệt độ cao sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm.

Hiệu lực diệt vi khuẩn khử sunphat của dung dịch nano Cu^0 : kết quả thử nghiệm hiệu lực diệt vi khuẩn của nano Cu^0 được thể hiện ở bảng 3 và 4.

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm dung dịch nano Cu^0 lên hỗn hợp vi khuẩn khử sunphat theo tiêu chuẩn API RP38.

Nồng độ nano Cu^0 (ppm)	Nhiệt độ thường				Nhiệt độ cao			
	24 giờ		4 ngày		24 giờ		4 ngày	
	Bơi lội	Bám dính	Bơi lội	Bám dính	Bơi lội	Bám dính	Bơi lội	Bám dính
200	-	±	-	±	-	+	-	+
300	-	±	-	±	-	+	-	+
400	-	-	-	-	-	±	-	±
500	-	-	-	-	-	±	-	-
600	-	-	-	-	-	-	-	-

Ghi chú: +: phát triển; ±: phát triển yếu; -: không phát triển.

- Điều kiện nhiệt độ thường: ở nồng độ thí nghiệm 200-300 ppm, dung dịch nano Cu^0 chỉ diệt được vi khuẩn loại bơi lội và làm suy yếu vi khuẩn loại bám dính sau 24 giờ và 4 ngày tiếp xúc. Ở nồng độ thí nghiệm từ 400 ppm trở lên, dung dịch nano Cu^0 diệt được vi khuẩn khử sunphat cả loại bơi lội và bám dính sau 24 giờ và 4 ngày tiếp xúc.

Hàm lượng H_2S do vi khuẩn khử sunphat tạo ra sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm tương ứng đạt 34 và 66 mg/l; 36 và 58 mg/l ở nồng độ 200 và 300 ppm. Hàm lượng này khá thấp so với mẫu đối chứng không có nano Cu^0 , đạt 94 và 253 mg/l sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm. Như vậy, ở điều kiện nhiệt độ thường, dung dịch nano Cu^0 nồng độ 200-300 ppm chỉ có tác dụng ức chế một phần sự tạo thành H_2S của vi khuẩn khử sunphat. Dung dịch nano Cu^0 có tác dụng ức chế hoàn toàn sự tạo thành H_2S của nhóm vi khuẩn khử sunphat nhiệt độ thường ở nồng độ từ 400 ppm trở lên sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm.

Bảng 4. Hàm lượng H_2S (mg/l) do hỗn hợp vi khuẩn khử sunphat sinh ra khi xử lý bằng dung dịch nano Cu^0 .

Nồng độ nano Cu^0 (ppm)	Nhiệt độ thường		Nhiệt độ cao	
	24 giờ	4 ngày	24 giờ	4 ngày
200	34±1,2	66±2,6	67±2,8	150±6,7
300	36±1,3	58±1,2	60±3,2	105±1,9
400	28±1,5	30±1,8	40±1,2	84±2,4
500	24±1,1	25±1,3	36±1,1	30±7,8
600	24±1,8	24±0,9	25±0,8	25±1,2
ĐC	94±2,6	253±5,3	98±3,4	255±8,8

- Điều kiện nhiệt độ cao: ở nồng độ thí nghiệm 200-300 ppm, dung dịch nano Cu^0 diệt được vi khuẩn loại bơi lội nhưng không diệt được vi khuẩn loại bám dính cả sau 24 giờ và 4 ngày tiếp xúc. Ở nồng độ thí nghiệm 400 ppm, dung dịch nano Cu^0 diệt được vi khuẩn loại bơi lội và làm suy yếu vi khuẩn loại bám dính sau 24 giờ, cũng như 4 ngày tiếp xúc.

Ở nồng độ thí nghiệm 500 ppm, dung dịch nano Cu⁰ diệt được vi khuẩn khử sunphat loại bơi lội và làm suy yếu vi khuẩn loại bám dính sau 24 giờ tiếp xúc. Đến thời điểm 4 ngày thử nghiệm dung dịch nano Cu⁰ diệt được cả 2 loại vi khuẩn ở nồng độ 500 ppm.

Hàm lượng H₂S do vi khuẩn khử sunphat tạo ra ở các nồng độ 200, 300 ppm sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm đều đạt khá cao, lần lượt là 67 và 150 mg/l, 60 và 105 mg/l. Điều này chứng tỏ, ở điều kiện nhiệt độ cao dung dịch nano Cu⁰ không có tác dụng ức chế sự tạo thành H₂S của vi khuẩn khử sunphat ở các nồng độ 200-300 ppm sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm. Dung dịch nano Cu⁰ bắt đầu có tác dụng ức chế một phần sự tạo thành H₂S của nhóm vi khuẩn khử sunphat nhiệt độ cao ở nồng độ 400 ppm sau 24 giờ và sau 4 ngày thử nghiệm. Ở nồng độ 600 ppm, dung dịch nano Cu⁰ ức chế hoàn toàn vi khuẩn khử sunphat sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm.

4. Kết luận

Ở nhiệt độ thường, dung dịch nano Ag 400 ppm diệt được vi khuẩn loại bơi lội và làm suy yếu vi khuẩn loại bám dính sau 24 giờ tiếp xúc. Đến thời điểm 4 ngày thử nghiệm dung dịch nano Ag 400 ppm diệt được cả 2 loại vi khuẩn bơi lội và bám dính. Ở nhiệt độ cao, dung dịch nano Ag 500 ppm có tác dụng ức chế sự tạo thành H₂S của nhóm vi khuẩn khử sunphat sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm, diệt được cả 2 loại vi khuẩn khử sunphat bơi lội và bám dính.

Ở nhiệt độ thường, dung dịch nano Cu⁰ đã có tác dụng ức chế sự tạo thành H₂S của nhóm vi khuẩn khử sunphat ở nồng độ từ 400 ppm sau 24 giờ và 4 ngày thử nghiệm, diệt được vi khuẩn khử sunphat cả loại bơi lội và bám dính. Ở nhiệt độ cao, dung dịch nano Cu⁰ 600 ppm diệt được vi khuẩn khử sunphat cả loại bơi lội và bám dính sau 24 giờ và sau 4 ngày tiếp xúc.

Từ kết quả này mở ra một hướng mới để thử nghiệm ứng dụng các nano kim loại bạc, đồng làm chất diệt khuẩn trong công nghiệp dầu khí Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Nhiệm vụ hỗ trợ hoạt động nghiên cứu khoa học cho nghiên cứu viên cao cấp năm 2021, mã số NVCC 04.03/21-21. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G. Muyzer, A.J.M. Stams (2008), "The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria", *Nature Reviews Microbiology*, **6**(6), pp.441-454, DOI: 10.1038/nrmicro1892.
- [2] L.T. Popoola, A.S. Grema, G.K. Latinwo, et al. (2013), "Corrosion problems during oil and gas production and its mitigation", *Int. J. Ind. Chem.*, **4**, DOI: 10.1186/2228-5547-4-35.
- [3] P.M.D. Souza, F.R.D.V. Goulart, J.M. Marques, et al. (2017), "Growth inhibition of sulfate-reducing bacteria in produced water from the petroleum industry using essential oils", *Molecules*, **22**(4), DOI: 10.3390/molecules22040648.
- [4] L.T. Hien, D.P. Nga (1998), "Physiological and biochemical characteristics of several KSF strains isolated from Bach Ho oilfield", *Journal of Biology*, **20**(2), pp.33-38 (in Vietnamese).
- [5] L.T. Hien, D.P. Nga (1992), "Study on the metal corrosion ability of *Desulfovibrio vulgaris*", *Journal of Biology*, **14**(4), pp.26-29 (in Vietnamese).
- [6] A.A.B.A. Asadi (2011), "Anaerobic degradation of crude oil by sulphate reducing bacteria", *J. Thi-Qar. Sci.*, **2**(4), pp.3-12.
- [7] K.A. Zarasvand, V.R. Rai (2016), "Inhibition of a sulfate reducing bacterium, *Desulfovibrio marinisediminis* GSR3, by biosynthesized copper oxide nanoparticles", *3 Biotech*, **6**(1), DOI: 10.1007/s13205-016-0403-0.
- [8] C.M. Jones, E.M.V. Hoek (2010), "A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment", *Journal of Nanoparticle Research*, **12**(5), pp.1531-1551, DOI: 10.1007/s11051-010-9900-y.
- [9] G. Franci, A. Falanga, S. Galdiero, et al. (2015), "Silver nanoparticles as potential antibacterial agents", *Molecules*, **20**(5), pp.8856-8874, DOI: 10.3390/molecules20058856.
- [10] C.T.V. Nga, T.T. Son, L.V. Tuyen, et al. (2017), "Experimental study on eliminate bactericidal performance of nano-silver solution", *Journal of Petroleum*, **1**, pp.47-54 (in Vietnamese).
- [11] A.S. Hoang, C. Phan (2017), "Synthesis and application of silver nanoparticles to protect grapevines from anthracnose and downy mildew", *Proceedings The 6th Asian Symposium on Advanced Materials: Chemistry, Physics & Biomedicine of Functional and Novel Materials*, pp.693-697.
- [12] S.H. Anh, N.N. Hong, C.T. Que, et al. (2017), "Preparation and study physicochemical characterization of zero-valent iron, copper and cobalt nanoparticles", *Proceedings The 8th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology*, pp.405-415.

Thiết kế tối ưu rời rạc dầm thép liên hợp trong cầu dầm nhịp giản đơn

Trương Việt Hùng*

Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, phường Trung Liệt, quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 28/7/2021; ngày chuyển phản biện 30/7/2021; ngày nhận phản biện 23/8/2021; ngày chấp nhận đăng 27/8/2021

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, bài toán tối ưu dầm thép liên hợp được xây dựng. Các biến thiết kế, bao gồm chiều dày của bản mặt cầu bằng bê tông cốt thép (BTCT) và các kích thước của tiết diện dầm I tổ hợp, được xem là các biến rời rạc nhằm phản ánh thực tế thiết kế công trình. Tổng giá thành vật liệu của phần bê tông bản mặt cầu và dầm thép được chọn làm hàm mục tiêu và được tối thiểu hóa. Các yêu cầu thiết kế về mặt cấu tạo, biến dạng và chịu lực theo TCVN 11823:2017 được sử dụng làm điều kiện ràng buộc. Thuật toán tối ưu tìm kiếm hải hòa được sử dụng để giải quyết bài toán tối ưu đặt ra. Một dầm thép nhịp giản đơn dài 42 m đã được nghiên cứu. Kết quả cho thấy, thiết kế tối ưu giảm khoảng 15% giá thành so với thiết kế thủ công thông thường. Do vậy, áp dụng thiết kế tối ưu trong thiết kế dầm liên hợp đem lại hiệu quả kinh tế và có thể dễ dàng ứng dụng vào thiết kế.

Từ khóa: dầm thép liên hợp, TCVN 11823:2017, thiết kế tối ưu, tìm kiếm hải hòa.

Chỉ số phân loại: 2.1

1. Giới thiệu

Dầm liên hợp trong cầu dầm nhịp giản đơn được cấu tạo gồm bản mặt cầu bằng BTCT liên kết với dầm thép tổ hợp từ các thép bản thông qua các đỉnh liên kết. Nhờ sự cùng làm việc của bản mặt cầu BTCT, sự ổn định và khả năng chịu tải của dầm thép được tăng lên đáng kể. Cùng với đó, bản mặt cầu bằng BTCT lúc này phần lớn nằm trong khu vực chịu nén nên phát huy được tốt nhất hiệu quả làm việc của bê tông. Nhờ những ưu điểm này, dầm thép liên hợp được sử dụng ngày một phổ biến cho cầu có nhịp nhỏ và trung bình.

Tương tự như các loại hình kết cấu công trình khác, hiệu quả kinh tế khá quan trọng khi thiết kế dầm thép liên hợp nói riêng và công trình cầu nói chung. Các phương án thiết kế đưa ra phải đảm bảo tiết kiệm tối đa chi phí, bên cạnh các điều kiện về chịu lực, biến dạng hay tính khả thi trong thi công. Xét dưới khía cạnh này, các phương pháp thiết kế truyền thống dựa trên việc lựa chọn thủ công các kích thước của tiết diện dầm không thể đem lại hiệu quả cao nhất do một số nguyên nhân sau: (1) sự đa dạng và phức tạp của các yêu cầu thiết kế được đặt ra và (2) biến thiết kế là rời rạc. Chính vì đặc điểm đó, nhiều nghiên cứu về thiết kế tối ưu công trình cầu đã được tiến hành. R.L. Pedro và cs (2017) [1] đề xuất thuật toán 2 bước sử dụng thuật toán tìm kiếm nhóm và phân tử hữu hạn nhằm tối ưu dầm liên hợp theo AASHTO 2012. S. Hendawi và cs (1994) [2] tối ưu hệ dầm thép liên hợp có xét độ tin cậy của công trình như một điều kiện ràng buộc. T.V. Hung và cs (2021) [3] tối ưu dầm I trong cầu liên hợp sử dụng thuật toán tiến hóa vi phân. Tuy nhiên, hạn chế của nghiên cứu này là mới xem xét với các

biến thiết kế là liên tục. Điều này là chưa sát với thực tế thiết kế khi các giá trị kích thước thường được lấy chẵn số để phù hợp với công tác sản xuất và chế tạo. Một số nghiên cứu về ảnh hưởng của vị trí sườn tăng cường dọc đến khả năng chịu tải của dầm thép chữ I cũng được thực hiện nhằm tìm ra vị trí tốt nhất [4, 5]. Các bài toán tối ưu cầu dầm văng cũng thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học nhằm đưa ra phương án thiết kế hiệu quả [6-8]. Các nghiên cứu này cho thấy rằng, thiết kế tối ưu có thể tiết kiệm được lên đến 20-40% so với thiết kế thông thường dựa theo kinh nghiệm. Đặc biệt, phương pháp tiếp cận theo tối ưu còn đảm bảo kết quả thu được luôn đạt hiệu quả cao và bài toán thiết kế được đặt ra. Một đặc điểm nữa là do tính phức tạp cao, hầu hết bài toán tối ưu trong các nghiên cứu trên được giải quyết qua việc áp dụng các thuật toán tối ưu metaheuristic. Ưu điểm lớn nhất của các thuật toán tối ưu này là khả năng mạnh mẽ và cân bằng của chúng giữa tìm kiếm toàn cục và địa phương trong quá trình tối ưu. Các thuật toán tối ưu metaheuristic thông dụng là: thuật toán di truyền [9], tiến hóa vi phân [10-12], tìm kiếm hải hòa (HS) [13]... Trong số đó, HS được xây dựng chuyên biệt cho bài toán tối ưu với biến rời rạc và cho hiệu suất rất cao, đáng tin cậy [13].

Trong nghiên cứu này, tác giả xây dựng bài toán tối ưu dầm thép liên hợp trong cầu dầm nhịp giản đơn sử dụng thuật toán HS. Điểm mới ở đây là hàm tối ưu được lựa chọn sẽ là tổng giá thành vật liệu bản mặt cầu bằng BTCT và dầm thép tổ hợp. Biến thiết kế gồm chiều dày của bản mặt cầu BTCT và kích thước của tiết diện dầm thép. Các điều kiện ràng buộc được lấy theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 11823:2017 [14].

*Email: truongviethung@thu.edu.vn

Discrete optimisation of steel-concrete composite sections in simple girder bridges

Viet Hung Truong*

Faculty of Civil Engineering, Thuyloi University,
175 Tay Son, Trung Liet Ward, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

Received 28 July 2021; revised 23 August 2021; accepted 27 August 2021

Abstract:

In this study, the optimisation design problem of steel-concrete composite sections in simple girder bridges is developed. Design variables including the thickness of the deck and the dimensions of the girder section are discrete variables to reflect the realistic design works. The total cost of the deck and the steel girder is the objective function that is minimised. The design requirements of the geometry, load-carrying capacity, and deformation provided in the TCVN 11823:2017 standard are used as the optimisation constraints. The above discrete optimisation is solved by using the Harmony Search (HS) algorithm. A 42(m) simple girder is studied. The numerical results show that the optimal designs save about 15% compared to using the conventional design method. It can be concluded that applying the optimisation in the design of steel-concrete composite beams brings high efficiency and it is easily applied in practice.

Keywords: harmony search, optimisation design, steel-concrete composite girder, TCVN 11823:2017.

Classification number: 2.1

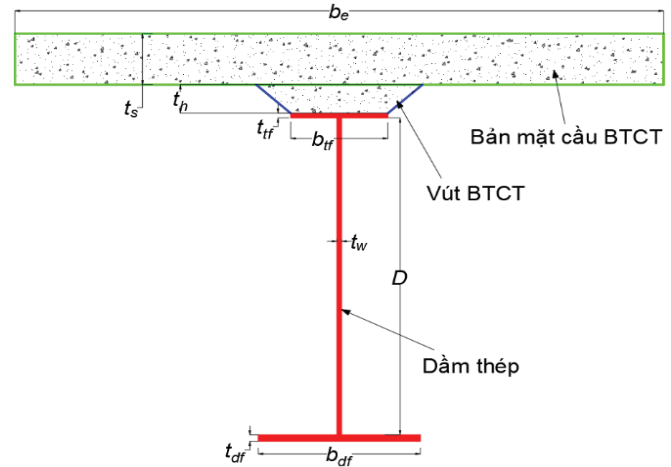
2. Xây dựng bài toán tối ưu

Trong phần này, các nội dung chính của bài toán tối ưu dầm liên hợp nhịp giản đơn được trình bày. Điểm đặc biệt của bài toán được xây dựng là (1) Hàm mục tiêu là hàm giá thành của bản mặt cầu BTCT và dầm thép, (2) Biến thiết kế là biến rời rạc và (3) Điều kiện ràng buộc được xác định dựa trên các quy định về cấu tạo, biến dạng và chịu lực theo TCVN 11823:2017.

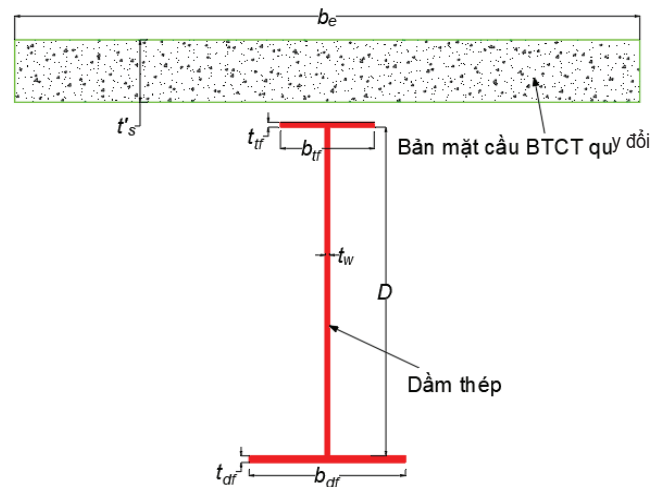
2.1. Biến thiết kế

Tiết diện liên hợp điển hình giữa bản mặt cầu bằng BTCT và dầm thép được thể hiện trong hình 1. Về cơ bản, tiết diện liên hợp sẽ gồm 2 phần là bản mặt cầu và vút bằng BTCT và dầm thép bằng vật liệu thép (hình 1A). Để đơn giản hóa, phần vút sẽ được quy đổi về phần bản mặt cầu theo nguyên tắc diện tích phần bản quy đổi bằng tổng diện tích của phần bản mặt cầu và vút (hình 1B). Lúc này, chiều dày của bản

mặt cầu quy đổi sẽ là t_s' . Trong nghiên cứu này, các biến thiết kế được lựa chọn gồm: chiều dày bản mặt cầu (t_s), bề rộng bản cánh trên của dầm thép (b_{tf}), chiều dày bản cánh trên (t_{tf}), chiều rộng và dày bản cánh dưới (b_{df} và t_{df}), chiều dày và chiều cao bản bụng (t_w và D). Các thông số khác được giả định là không thay đổi. Để thống nhất trong cách xây dựng công thức tính toán, tất cả các kích thước của biến được lấy theo đơn vị là mm.



(A) Tiết diện liên hợp thông thường



(B) Tiết diện liên hợp quy đổi

Hình 1. Tiết diện liên hợp bản mặt cầu BTCT và dầm thép.

2.2. Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu được lựa chọn là tổng giá thành vật liệu của tiết diện liên hợp, bao gồm phần bê tông bản mặt cầu quy đổi và dầm thép. Trong thực tế, giá thành này phụ thuộc vào đặc điểm và vị trí của công trình, đơn giá vật liệu tại thời điểm thi công... Trong bài báo này, dưới góc độ nghiên cứu cơ bản, đơn giá của vật liệu BTCT và thép được tạm lấy theo đơn giá tại thị trường Hà Nội tháng 7/2021: đơn giá vật liệu BTCT làm bản mặt cầu là 1600000 (đồng/m³) và đơn

giá vật liệu thép chế tạo dầm thép hình I tổ hợp là 23000 (đồng/kg). Giá thành vật liệu thép bố trí trong bản mặt cầu BTCT không được xét đến trong bài toán tối ưu. Ngoài ra, đối với kết cấu nhịp cầu giản đơn, ta giả thiết rằng không thiết kế các bản tập gia cường tại bản cánh dưới hay bản bụng dầm. Công thức của hàm mục tiêu như sau:

$$\begin{aligned} \text{Min } G(X) = & 1600000 \times (b_e \times t_s + A_{vut}) \times L \times 10^{-9} \\ & + 7850 \times 23000 \times (b_{df} \times t_{df} + D \times t_w + b_{df} \times t_{df}) \times L \times 10^{-9} \end{aligned} \quad (1)$$

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_7) = (b_{df}, t_{df}, b_{df}, t_{df}, t_w, D, t_s)$$

trong đó: A_{vut} là diện tích phần vút bê tông (mm^2), L là chiều dài của dầm (mm).

2.3. Điều kiện ràng buộc

Bài toán tối ưu phải thỏa mãn các quy định theo TCVN 11823:2017. Cụ thể như sau:

- Kích thước bản bụng không có sườn tăng cường dọc phải thỏa mãn điều kiện:

$$C_1 = \frac{D}{t_w} - 150 \leq 0 \quad (2)$$

- Kích thước bản cánh phải thỏa mãn:

$$C_2 = \frac{b_{df}}{2t_{df}} - 12 \leq 0 \quad (3)$$

$$C_3 = \frac{b_{df}}{2t_{df}} - 12 \leq 0 \quad (4)$$

$$C_4 = \frac{D}{6b_{df}} - 1 \leq 0 \quad (5)$$

$$C_5 = \frac{D}{6b_{df}} - 1 \leq 0 \quad (6)$$

$$C_6 = \frac{1,1t_w}{t_{df}} - 1 \leq 0 \quad (7)$$

$$C_7 = \frac{1,1t_w}{t_{df}} - 1 \leq 0 \quad (8)$$

$$C_8 = 0,1 - \frac{I_{yc}}{I_{yt}} \leq 0 \quad (9)$$

$$C_9 = \frac{I_{yc}}{I_{yt}} - 1,0 \leq 0 \quad (10)$$

trong đó: I_{yt} và I_{yc} là các mô men quán tính đối với trục thẳng đứng của bản cánh chịu kéo và nén.

Đối với các trạng thái giới hạn (TTGT) về cường độ, yêu cầu chịu uốn trong trường hợp cầu thẳng là:

- Đối với tiết diện chắc:

$$C_{10}^i = 1 - \frac{\Phi_f M_n^i}{M_u^i} \leq 0, \quad i = 1, \dots, N \quad (11)$$

- Đối với tiết diện không chắc và mảnh: cả 2 thứ chịu kéo và nén của dầm thép thỏa mãn:

$$C_{10}^i = 1 - \frac{\Phi_f F_n^i}{f_{bu}^i} \leq 0 \quad (12)$$

trong đó: M_n^i và M_u^i là sức kháng uốn danh định và mô men uốn của tiết diện dầm tương ứng với tổ hợp tải trọng (THTT) thứ i ; F_n^i và f_{bu}^i là sức kháng uốn danh định và ứng suất không tính đến uốn ngang của bản cánh; N là số THTT cường độ; Φ_f là hệ số sức kháng uốn tương ứng với TTGH về cường độ, Φ_f được lấy bằng 0,95.

- Tiết diện đặc chắc và không đặc chắc phải thỏa mãn tính dẻo theo công thức sau:

$$C_{11} = 1 - \frac{0,42D_t}{D_p} \leq 0 \quad (13)$$

trong đó: D_t là chiều cao mặt cắt liên hợp, D_p là khoảng cách từ mép trên của bản bê tông tới trọng tâm mặt cắt liên hợp dẻo.

- Yêu cầu về sức kháng cắt đối với các TTGH cường độ như sau:

$$C_{12}^i = 1 - \frac{\Phi_v V_n^i}{V_u^i} \leq 0, \quad i = 1, \dots, N \quad (14)$$

trong đó: V_n^i và V_u^i tương ứng là sức kháng cắt danh định và mô men cắt của tiết diện dầm tương ứng với THTT thứ i ; Φ_v là hệ số sức kháng cắt tương ứng với TTGH về cường độ; Φ_v được lấy bằng 0,95.

- Đối với các tổ hợp TTGH sử dụng, yêu cầu về độ võng do hoạt tải là:

$$C_{13}^j = \frac{\Delta_{hoat_tai}^j}{[\Delta_{hoat_tai}^j]} - 1 \leq 0, \quad j = 1, \dots, M \quad (15)$$

trong đó: $\Delta_{hoat_tai}^j$ và $[\Delta_{hoat_tai}^j]$ là độ võng do hoạt tải gây ra và giá trị giới hạn của nó; M là số tổ hợp TTGH sử dụng được xem xét. Độ võng do hoạt tải gây ra được xác định là độ võng lớn nhất do 1 trong 2 tổ hợp sau: (1) 1 xe tải thiết kế và (2) 25% xe tải thiết kế và tải trọng làn. Giới hạn độ võng bằng $L/800$ với L là chiều dài của nhịp tính toán.

- Đối với TTGH môi, yêu cầu đối với chi tiết được kiểm tra như sau:

$$C_{14}^l = 1 - \frac{(\Delta F)_n^l}{\gamma(\Delta F)^l} \leq 0, \quad l = 1, \dots, L \quad (16)$$

trong đó: γ là hệ số tải trọng, (ΔF) là biên độ ứng suất do hoạt tải gây ra, (ΔF) là sức kháng mỗi danh định và L là số TTGH môi được xét đến.

2.4. Xây dựng bài toán tối ưu không điều kiện ràng buộc

Qua nội dung trình bày ở trên, có thể thấy bài toán tối ưu dầm liên hợp có rất nhiều điều kiện ràng buộc. Để áp dụng thuật toán metaheuristic, ta cần chuyển thành bài toán tối ưu không ràng buộc. Trên cơ sở đó, phương pháp hàm phạt được sử dụng. Công thức (1) được viết lại thành:

$$G_{un}(X) = G(X) \times \left(1 + \sum_{i=1}^{14} [\alpha_i \times \max(C_i, 0)] \right) \quad (17)$$

trong đó: α_i là hệ số phạt của điều kiện ràng buộc thứ i . Công thức (17) cho thấy rằng: nếu điều kiện ràng buộc thứ i bị vi phạm (nghĩa là $C_i > 0$), hàm mục tiêu $G(X)$ sẽ bị cộng thêm một giá trị là $G_{un}(X) = G(X) \times \alpha_i \times C_i$. Nếu ta lựa chọn giá trị α_i thật lớn, việc vi phạm điều kiện ràng buộc sẽ khiến cho giá trị hàm mục tiêu bị tăng lên rất lớn và qua đó thiết kế này bị loại ra do quá trình tối ưu là tìm thiết kế có hàm mục tiêu nhỏ nhất. Trong bài báo này, các giá trị α_i được lấy bằng 10000.

3. Xây dựng thuật toán tối ưu sử dụng thuật toán tìm kiếm hài hòa

Thuật toán tìm kiếm hài hòa (HS) được Geem và cs [15] đề xuất năm 2001 ứng dụng trực tiếp giải quyết các bài toán tối ưu với biến rời rạc. Từ thời điểm đó, HS được ứng dụng giải quyết nhiều dạng bài toán tối ưu khác nhau và đặc biệt là trong thiết kế công trình (ví dụ [13], [16]). Trong phần tiếp theo, chi tiết các bước chính của quá trình tối ưu dầm thép I có biến rời rạc sử dụng thuật toán HS sẽ được trình bày.

Bước 1 - Xây dựng bài toán tối ưu:

Hàm mục tiêu không điều kiện ràng buộc trình bày trong công thức (17) được tối thiểu hóa với các biến thiết kế là:

$$\text{Min } G_{un}(X) = G(X) \times \left(1 + \sum_{i=1}^{14} [\alpha_i \times \max(C_i, 0)] \right) \quad (18)$$

Với vec-tơ biến thiết kế là $X = (x_1, x_2, \dots, x_7)$, $x_i \in [1, UB_{xi}]$. Trong đó, x_i là số tự nhiên thể hiện vị trí của giá trị mà biến thiết kế thứ i được chọn trong tập giá trị có trước của biến này. UB_{xi} là tổng số loại giá trị trong tập giá trị dùng thiết kế cho biến thứ i .

Bước 2 - Khởi tạo ma trận chứa quần thể ban đầu của thuật toán (HM):

Một quần thể ban đầu sẽ được tạo ra một cách ngẫu nhiên với HMS cá thể khác nhau $X^i, i=1, \dots, HMS$. Hàm mục tiêu của các cá thể này sẽ được tính toán và sắp xếp theo thứ tự tăng dần hình thành nên ma trận HM:

$$HM = \begin{Bmatrix} X^1 \\ X^2 \\ \vdots \\ X^{HMS} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^1 & \dots & x_6^1 & x_7^1 \\ x_1^2 & \dots & x_6^2 & x_7^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1^{HMS} & \dots & x_6^{HMS} & x_7^{HMS} \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$G_{un}(X^1) \leq G_{un}(X^2) \leq \dots \leq G_{un}(X^{HMS})$$

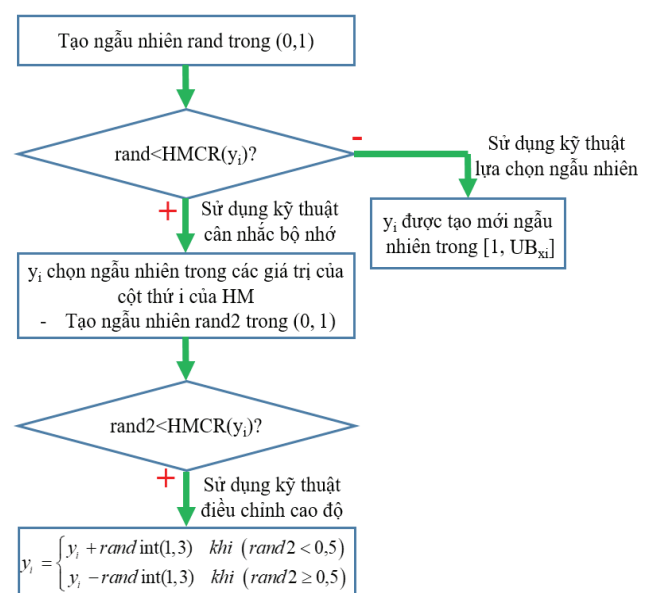
Trong ma trận HM, cá thể có giá trị hàm mục tiêu lớn nhất được gọi là cá thể kém nhất.

Bước 3 - Sáng tạo ra một cá thể mới:

Trong bước này, một cá thể mới (Y) sẽ được tạo ra bằng 3 kỹ thuật cơ bản của thuật toán HS là: cân nhắc bộ nhớ (memory consideration), điều chỉnh cao độ (pitch adjustment) và lựa chọn ngẫu nhiên (random selection). Hình 2 thể hiện các bước cụ thể. Lưu ý rằng, trong hình này, $\text{rand int}(1, 3)$ là chọn số tự nhiên ngẫu nhiên trong đoạn [1, 3] và HMCR và PAR được tính như sau [17]:

$$\begin{cases} HMCR(y_i) = \left(1 + \frac{1 - HMCR}{HMCR} \exp(-\gamma N(0,1)) \right)^{-1} \\ PAR(y_i) = \left(1 + \frac{1 - PAR}{PAR} \exp(-\gamma N(0,1)) \right)^{-1} \end{cases} \quad (20)$$

trong đó: $N(0, 1)$ là phân phối chuẩn (phân phối Gauss); $HMCR$, PAR và γ là các tham số chọn trước.



Hình 2. Trình tự sáng tạo cá thể mới.

Bước 4 - Cập nhật lại ma trận HM:

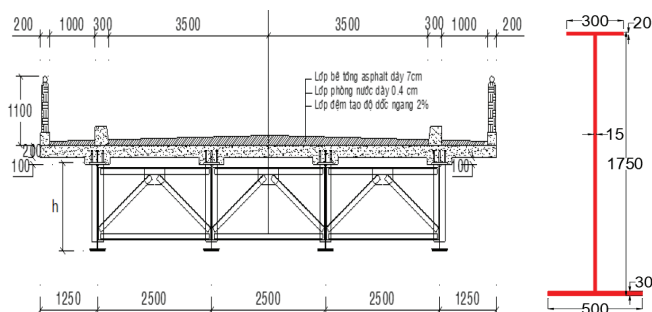
Trong bước này, hàm mục tiêu của Y được tính toán. Nếu giá trị này bé hơn giá trị hàm mục tiêu của cá thể kém nhất của quần thể, cá thể mới sẽ được lựa chọn thay thế cho cá thể kém nhất. Lúc này, ma trận HM sẽ được cập nhật lại theo đúng trình tự giá trị hàm mục tiêu tăng dần như đã thực hiện trong bước 1.

Bước 5 - Kết thúc quá trình tối ưu:

Bước 3 và 4 sẽ được lặp đi lặp lại đến khi số vòng lặp đạt đến giá trị lớn nhất đã được định nghĩa trước ($MaxIter$). Lúc này, cá thể có hàm mục tiêu nhỏ nhất của HM được chọn là kết quả tối ưu cuối cùng.

4. Các ví dụ nghiên cứu

Trong phần này, cầu dầm liên hợp nhịp giản đơn dài 42 m có mặt cắt ngang điển hình như trong hình 3A được xem xét [18]. Kích thước dầm thép được thiết kế dựa vào tính toán thủ công được thể hiện trong hình 3B (chiều dày bản mặt cầu trong trường hợp này được lấy bằng 200 mm). Chiều dài nhịp tính toán $L=41,4$ (m). Giới hạn chảy của thép là $F_y=345$ (Mpa), cường độ nén tiêu chuẩn của bê tông là $f'_c=30$ (Mpa). Hệ số phân bố ngang cho dầm biên bằng 0,636, 0,84 và 1,22 đối với mô men, lực cắt và bộ hành. Tải trọng của hệ liên kết ngang, sườn tăng cường và đỉnh liên kết: $DC_2=1,86$ (kN/m), của lan can và đá vĩa: $DC_3=2,87$ (kN/m), của các lớp mặt cầu: $DW=5,77$ (kN/m), của người đi bộ: $PL=3,0$ (kN/m²) và hoạt tải HL-93. Các TTGH sử dụng để thiết kế là: cường độ 1, sử dụng 2 và mỗi. Năm tiết diện tính toán là: tiết diện gối, 1/8 nhịp, 2/8 nhịp, 3/8 nhịp và giữa nhịp được ký hiệu là MC0, MC1/8, MC2/8, MC3/8, MC1/2. Tập giá trị của 7 biến thiết kế được lấy như sau: $[b_{df}]$ và $[b_{df}]=[50, 51, \dots; 499, 500]$ (mm), $[t_{df}]$ và $[t_{df}]=[5,0, 5,5, 6,0, \dots; 99,5, 100,0]$ (mm), $[t_w]$ và $[t_w]=[5,0, 5,1, 5,2, \dots; 29,9, 30,0]$ (mm), $[D]=[500, 505, 510, \dots; 2995, 3000]$ (mm) và $[t_s]=[175, 180, \dots; 245, 250]$ (mm). Các thông số của thuật toán HS lấy như sau: $HMS=30$, $HMCR=0,8$, $PAR=0,4$, $\gamma=0,3$ và số vòng lặp tối đa $MaxIter=100000$.



Hình 3. Mặt cắt cầu liên hợp nhịp 42 m.

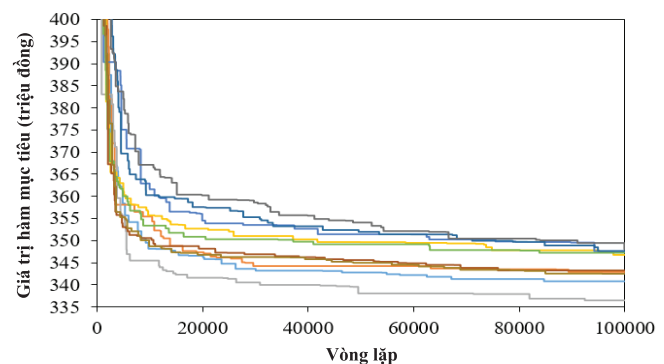
(A) Mặt cắt cầu [17]

(B) Kích thước dầm biên

Kết quả tối ưu được trình bày trong bảng 1 với số lần chạy tối ưu là 10 lần. Thiết kế tối ưu tốt nhất và kém nhất tìm được có giá thành là 336,49 và 348,04 (triệu đồng). Các giá trị này nhỏ hơn so với giá thành của dầm liên hợp khi thiết kế thông thường bằng thủ công khoảng 15%. Sự chênh lệch này là đáng kể và đủ để có thể khẳng định rằng áp dụng thiết kế tối ưu tìm ra phương án thiết kế đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn phương pháp thông thường. Bên cạnh đó, chương trình tối ưu luôn tìm được thiết kế hiệu quả (không vi phạm bất cứ điều kiện ràng buộc nào) trong tất cả các lần chạy. Hình 4 trình bày quá trình tối ưu của các lần chạy khác nhau. Ta có thể thấy rằng, độ ổn định của chương trình tối ưu là rất tốt với tính hội tụ và kết quả cuối cùng tìm được có sự sai khác không nhiều.

Bảng 1. Kết quả tối ưu.

Nội dung	Thiết kế tối ưu	Thiết kế thủ công (hình 3B)	Tỷ lệ (%)
Giá thành dầm tối ưu tốt nhất (triệu đồng)	336,49	392,93	85,7
Giá thành dầm tối ưu kém nhất (triệu đồng)	348,04	392,93	88,6
Giá thành trung bình các kết quả tối ưu (triệu đồng)	344,14	392,93	87,6
Giá trị biến thiết kế (mm)	292, 13, 292, 52, 11,7, 1750, 180	300, 20, 500, 30, 15, 1700, 200	
Hệ số an toàn	1,002	1,13	



Hình 4. Đường hội tụ của quá trình tối ưu.

5. Kết luận

Bài báo đề xuất bài toán tối ưu dầm thép liên hợp của cầu dầm nhịp giản đơn. Hàm tối ưu được lựa chọn là tổng giá thành của bê tông bản mặt cầu và dầm thép. Điều kiện ràng buộc được xác định theo các quy định thiết kế của TCVN 11823:2017. Các biến thiết kế gồm chiều dày bản mặt cầu bằng BTCT và kích thước hình học của tiết diện dầm thép.

Các biến thiết kế này được xem là các biến rời rạc để phù hợp với thực tế thiết kế công trình. Thuật toán tìm kiếm ngẫu nhiên được áp dụng để giải bài toán tối ưu trên. Kết quả tính toán cho trường hợp dầm thép dài 42 m cho thấy thiết kế tối ưu đã tiết kiệm được khoảng 15% giá thành so với thiết kế thủ công thông thường. Chương trình tối ưu thể hiện có sự ổn định cao. Tuy nhiên, nghiên cứu này vẫn còn một số hạn chế cần được tiếp tục nghiên cứu trong tương lai như: (1) So sánh đánh giá tính hiệu quả của các thuật toán metaheuristic khác nhau, (2) xét đến tác động của các tải trọng khác như gió hay động đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.L. Pedro, J. Demarche, L.F.F. Miguel, et al. (2017), "An efficient approach for the optimization of simply supported steel-concrete composite I-girder bridges", *Advances in Engineering Software*, **112**, pp.31-45, DOI: 10.1016/j.advengsoft.2017.06.009.
- [2] S. Hendawi, D.M. Frangopol (1994), "Design of composite hybrid plate girder bridges based on reliability and optimization", *Structural Safety*, **15(1-2)**, pp.149-165, DOI: 10.1016/0167-4730(94)90057-4.
- [3] T.V. Hung, H.M. Hung, D.V. Thuat, et al. (2021), "Optimization of I-shaped steel plate girder in simple-span composite bridges according to TCVN 11823:2017", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering*, **15(3V)**, pp.55-68, DOI: 10.31814/stce.nuce2021-15(3V)-05 (in Vietnamese).
- [4] V.H. Truong, G. Papazafeiropoulos, V.T. Pham, et al. (2019), "Effect of multiple longitudinal stiffeners on ultimate strength of steel plate girders", *Structures*, **22**, pp.366-382, DOI: 10.1016/j.istruc.2019.09.002.
- [5] S.E. Kim, G. Papazafeiropoulos, C. Graciano, et al. (2021), "Optimal design of longitudinal stiffeners of unsymmetric plate girders subjected to pure bending", *Ocean Engineering*, **221**, DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.108374.
- [6] A.M.B. Martins, L.M.C. Simões, J.H.J.O. Negrao (2015), "Optimum design of concrete cable-stayed bridges", *Engineering Optimization*, **48(5)**, pp.772-791, DOI: 10.1080/0305215X.2015.1057057.
- [7] M.H. Ha, Q.A. Vu, V.H. Truong (2018), "Optimum design of stay cables of steel cable-stayed bridges using nonlinear inelastic analysis and genetic algorithm", *Structures*, **16**, pp.288-302, DOI: 10.1016/j.istruc.2018.10.007.
- [8] A.M.B. Martins, L.M.C. Simoes, J.H.J.O. Negrao (2016), "Optimum design of concrete cable-stayed bridges with prestressed decks", *International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics*, **17(5-6)**, pp.339-349, DOI: 10.1080/15502287.2016.1231237.
- [9] V.H. Truong, P.C. Nguyen, S.E. Kim (2017), "An efficient method for optimizing space steel frames with semi-rigid joints using practical advanced analysis and the micro-genetic algorithm", *Journal of Constructional Steel Research*, **128**, pp.416-427, DOI: 10.1016/j.jcsr.2016.09.013.
- [10] V.H. Truong, H.M. Hung, P.H. Anh, et al. (2020), "Optimization of steel moment frames with panel-zone design using an adaptive differential evolution", *Journal of Science and Technology in Civil Engineering - National University of Civil Engineering*, **14(2)**, pp.65-75, DOI: 10.31814/stce.nuce2020-14(2)-06.
- [11] V.H. Truong, S.E. Kim (2018a), "Reliability-based design optimization of nonlinear inelastic trusses using improved differential evolution algorithm", *Advances in Engineering Software*, **121**, pp.59-74, DOI: 10.1016/j.advengsoft.2018.03.006.
- [12] H.A. Pham, D.X. Nguyen, V.H. Truong (2021), "An efficient differential-evolution-based moving compensation optimization approach for controlling differential column shortening in tall buildings", *Expert Systems with Applications*, **169**, DOI: 10.1016/j.eswa.2020.114531.
- [13] V.H. Truong, S.E. Kim (2018b), "A robust method for optimization of semi-rigid steel frames subject to seismic loading", *Journal of Constructional Steel Research*, **145**, pp.184-195, DOI: 10.1016/j.jcsr.2018.02.025.
- [14] Vietnam Ministry of Science and Technology (2017), *TCVN 11823:2017: Highway Bridge Design Specification* (in Vietnamese).
- [15] Z.W. Geem, J.H. Kim, G.V. Logonathan (2001), "A new heuristic optimization algorithm: Harmony search", *Simulation*, **76(2)**, pp.60-68, DOI: 10.1177/003754970107600201.
- [16] V.H. Truong, S.E. Kim (2017), "An efficient method for reliability-based design optimization of nonlinear inelastic steel space frames", *Struct. Multidisc. Optim.*, **56**, pp.331-351, DOI: 10.1007/s00158-017-1667-7.
- [17] D. Manjarres, I.L. Torres, S.G. Lopez, et al. (2013), "A survey on applications of the harmony search algorithm", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **26(8)**, pp.1818-1831, DOI: 10.1016/j.engappai.2013.05.008.
- [18] N.K. Vi (2017), *Analysis and Selection of Reasonable Cross-sections of Composite Steel Girder Bridges with Reinforced Concrete Slabs Controlled in Height*, Master Thesis in Engineering, Da Nang University of Science and Technology (in Vietnamese).

Tổng hợp benzenesulfonamide serinol bằng phản ứng Hinsberg

Nguyễn Vũ Việt Linh^{1*}, Trần Thị Xuân Thảo^{2,3}, Nguyễn Ngọc Tấn¹, Huỳnh Đại Phú^{2,3*}

¹Khoa Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh, 1 Võ Văn Ngân, phường Linh Chiểu, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trung tâm Nghiên cứu Vật liệu Polyme, Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, phường 14, quận 10, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

³Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, phường Linh Trung, TP Thủ Đức, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 17/8/2021; ngày chuyển phản biện 19/8/2021; ngày nhận phản biện 9/9/2021; ngày chấp nhận đăng 14/9/2021

Tóm tắt:

Nghiên cứu tổng hợp benzenesulfonamide serinol (BSSe) - một monomer sulfonamide mới từ phản ứng Hinsberg giữa nhóm amin bậc 1 của serinol (2-amino-1,3-propanediol) và sulfonyl của benzenesulfonyl chloride (BSC) trong môi trường kiềm (NaOH); khảo sát ảnh hưởng của môi trường phản ứng đến hiệu suất phản ứng và cấu trúc của BSSe. Kết quả phổ cộng hưởng từ hạt nhân proton (^1H NMR) và hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) cho thấy, sản phẩm BSSe đã được tổng hợp thành công bởi sự xuất hiện của nhóm chức mới sulfonamide (đặc trưng bởi amin bậc 2). Hiệu suất phản ứng đạt cao nhất là 14,51% ở điều kiện phản ứng 22 giờ, tỷ lệ mol BSC/1,4-dioxane là 1/10, nồng độ dung dịch NaOH là 1 M. Trong phân tử BSSe có nhóm sulfonamide và hai nhóm hydroxyl có thể phản ứng dễ dàng với monomer hoặc polyme khác để tạo thành copolyme. BSSe định hướng tổng hợp copolyme ứng dụng làm hydrogel nhạy pH trong hệ dẫn truyền thuốc.

Từ khóa: benzenesulfonamide, phản ứng Hinsberg, serinol.

Chỉ số phân loại: 2.4

1. Đặt vấn đề

Sulfonamide là hợp chất được sử dụng phổ biến trong dược phẩm như thuốc chống viêm, kháng virus, chống ung thư và trong vật liệu dẫn truyền thuốc [1]. Phương pháp đơn giản và hiệu quả nhất để tổng hợp sulfonamide là từ amino acid và sulfonyl chloride, với 2 quy trình phổ biến được nghiên cứu trong các bài báo trước đây. Một là, phản ứng trong dung môi hữu cơ và sử dụng amin hữu cơ để loại bỏ acid clohydric (HCl) sinh ra. Tuy nhiên, phản ứng này thường được tổng hợp ở nhiệt độ cao và quá trình cô lập sản phẩm rất khó thực hiện [2]. Hai là, nhờ từ từ sulfonyl chloride vào dung dịch amin trong một hệ 2 pha, gồm pha dung môi hữu cơ và nước (thường là dung dịch NaOH hoặc Na_2CO_3). Trong điều kiện này, phản ứng thủy phân sulfonyl chloride sẽ cạnh tranh với phản ứng chính, vì vậy sulfonyl chloride được thêm từ từ với một lượng dư vào dung dịch amin. Ở đây, sản phẩm sulfonamide được phân lập và tinh chế dễ dàng bằng cách sử dụng dung dịch NaOH để loại bỏ HCl sinh ra trong suốt quá trình phản ứng [3, 4]. Phản ứng tổng hợp sulfonamide theo quy trình 2 còn được gọi là phản ứng Hinsberg không sử dụng xúc tác kim loại [5, 6]. Sản phẩm sulfonamide từ phản ứng Hinsberg tan trong môi trường kiềm và không tan trong môi trường acid nhờ vào hydro linh động trên nhóm amin [2, 5].

Trong những năm gần đây, các hợp chất sulfonamide còn được biết đến như một gốc nhạy với pH được ứng

dụng trong sinh học và y học. Các polyme có chứa nhóm sulfonamide có khả năng hòa tan hoặc chuyển đổi trạng thái trương nở trong một vùng pH hẹp (xung quanh 7,4) [7-9]. Một trong những hợp chất sulfonamide đã được ứng dụng chế tạo hydrogel copolyme nhạy nhiệt và pH là serine benzenesulfonamide (SSA) [9, 10] và sulfamethazine (SM) [7]. Chúng là các gốc nhạy pH được dùng để biến tính các hydrogel copolyme nhạy nhiệt như polycaprolactone-poly(ethylene glycol)-poly(caprolactone) (PCL-PEG-PCL), poly(lactic acid)-poly(ethylene glycol)-poly(lactic acid) (PLA-PEG-PLA) hoặc poly(caprolactone-co-lactide)-poly(ethylene glycol)-poly(caprolactone-co-lactide) (PCLA-PEG-PCLA). Các hydrogel nhạy nhiệt và pH này có chứa khối nhạy pH ở cuối mạch, gồm sulfamethazine oligomer (OSM) [7] hoặc oligo (serine) [8, 9]. Nhờ vào các đặc tính có thể thay đổi trạng thái ưa nước và kỵ nước khi pH thay đổi của hydrogel copolyme mà thuốc được giữ và giải phóng ra khỏi hydrogel [11].

Mục tiêu của nghiên cứu này là tổng hợp BSSe từ serinol và BSC bằng phản ứng Hinsberg. Trên mạch phân tử của BSSe tồn tại nhóm amin (-NH-) và hydroxyl (-OH) có thể cho và nhận hydro linh động, nhờ vậy sẽ đóng vai trò là một khối nhạy pH trong cấu trúc của hydrogel copolyme. Ảnh hưởng của môi trường phản ứng, tỷ lệ mol của NaOH, serinol đến cấu trúc và hiệu suất của phản ứng cũng sẽ được khảo sát trong nghiên cứu. Cấu trúc của BSSe được đánh giá bằng ^1H NMR và FTIR. Monomer BSSe định hướng

*Tác giả liên hệ: Email: linhnvv@hcmute.edu.vn; haphu@hcmut.vn

Synthesis of benzenesulfonamide serinol by the Hinsberg reaction

Vu Viet Linh Nguyen^{1*}, Thi Xuan Thao Tran^{2,3},
Ngoc Tan Nguyen¹, Dai Phu Huynh^{2,3*}

¹Faculty of Applied Sciences, Ho Chi Minh city University of Technology and Education,
1 Vo Van Ngan Street, Linh Chiểu Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Research Center for Polymeric Materials, Ho Chi Minh city University of Technology,
268 Ly Thuong Kiet Street, Ward 14, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

³Vietnam National University, Ho Chi Minh City,
Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 17 August 2021; revised 9 September 2021; accepted 14 September 2021

Abstract:

This research focused on synthesising benzenesulfonamide serinol (BSSe), a new sulfonamide monomer, by the Hinsberg reaction between primary amine of serinol and sulfonyl of benzenesulfonyl chloride (BSC) in an alkaline environment. The effect of the reacted environment on the reaction efficiency and structure of BSSe were investigated. The results of the Proton nuclear magnetic resonance (¹H NMR) spectroscopy and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy indicated that the BSSe was successfully synthesised through the appearance new peak of sulfonamide, characterised by secondary amines. The highest reaction efficiency of BSSe was 14.51% at a reaction time of 22 hours, the mol ratio of BSC/1,4-dioxane was 1/10, the concentration of NaOH solution was 1 M. The BSSe molecule contained the sulfonamide group and a couple of hydroxyl groups, which were able to copolymerise easily with other monomers or polymers. BSSe was oriented to synthesise copolymer for pH-sensitive hydrogel in the drug delivery system.

Keywords: benzenesulfonamide, Hinsberg reaction, serinol.

Classification number: 2.4

dùng để chế tạo hydrogel copolymer nhạy pH ứng dụng trong dẫn truyền thuốc.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

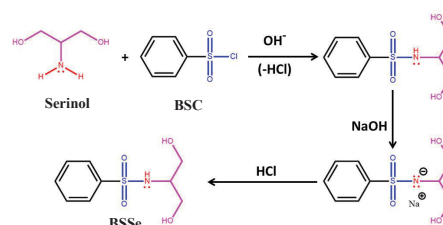
2.1. Nguyên liệu

Serinol (độ tinh khiết >98%) và BSC (>99%) được cung cấp bởi Hãng TCI Chemicals (Nhật Bản). Dung môi 1,4-dioxane, độ tinh khiết 98% được phân phối bởi Hãng Fisher Scientific (Mỹ). NaOH rắn, độ tinh khiết 98% và dung dịch HCl 36,6% được cung cấp bởi Hãng Xilong (Trung Quốc). Hãng Chemsol (Việt Nam) cung cấp dung môi diethyl ether (DE), ethyl acetate (EA) và nước cất 2 lần. Các dung môi

được sử dụng là loại tinh khiết và không cần tinh chế thêm.

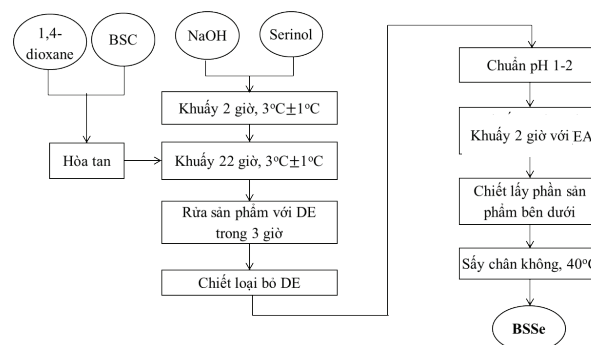
2.2. Phương pháp

Tổng hợp BSSe: BSSe được tổng hợp theo phản ứng Hinsberg của amin bậc 1 (serinol) và BSC trong môi trường kiềm (sơ đồ 1).



Sơ đồ 1. Phản ứng tổng hợp BSSe từ BSC và serinol.

Đầu tiên, serinol (2 g, 22 mmol) được hòa tan trong dung dịch NaOH (25 ml) với tỷ lệ thích hợp ở $3 \pm 1^\circ\text{C}$ và khuấy trong 2 giờ. Tiếp tục cho hỗn hợp BSC (2,8 ml, 22 mmol) và 1,4-dioxane (132-220 mmol) vào dung dịch trên từ từ trong 30 phút. Sau đó, khuấy đều hỗn hợp ở $3 \pm 1^\circ\text{C}$ trong 22 giờ. Kết thúc phản ứng, dùng DE để rửa sản phẩm trong 3 giờ, rồi chiết tách lấy phần sản phẩm bên trên và loại bỏ DE cùng các tạp chất bên dưới. Tiếp theo, sử dụng HCl 15% để điều chỉnh pH của sản phẩm trong khoảng 1-2. Tiếp tục cho EA vào hỗn hợp trên và khuấy đều trong 2 giờ. Chiết tách lấy phần sản phẩm và đem sấy chân không trong 48 giờ ở 40°C để thu sản phẩm BSSe (hình 1). Sản phẩm BSSe sau đó được làm sạch bằng quá trình rửa và chiết tách với DE, EA nhằm loại bỏ các tác chất tham gia phản ứng còn sót lại.



Hình 1. Quy trình tổng hợp BSSe.

Hiệu suất của phản ứng tổng hợp BSSe được tính theo công thức sau:

$$\text{Hiệu suất phản ứng (\%)} = \frac{\text{khối lượng thực của sản phẩm}}{\text{khối lượng lý thuyết của sản phẩm}} \times 100\%$$

Phân tích cấu trúc của BSSe: các nhóm chức tạo thành trong cấu trúc BSSe được xác định bằng FTIR (Tensor37, Bruker, Úc). Mẫu BSSe được nghiền với bột KBr trước khi tiến hành phân tích.

Cấu trúc và thành phần của BSSe được phân tích bằng

^1H NMR (Bruker advance 500, Mỹ). Dung môi sử dụng là dimethyl sulfoxide (DMSO), tần số đo là 500 MHz.

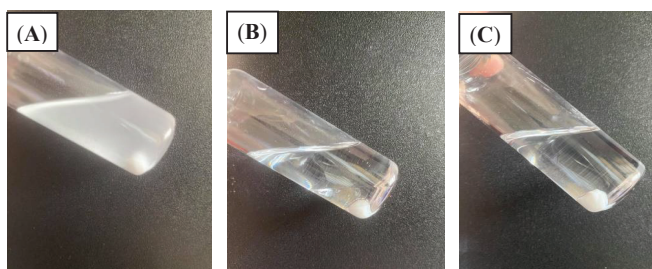
3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của môi trường phản ứng lên sản phẩm BSSe

Môi trường phản ứng ảnh hưởng đến hiệu suất tổng hợp tạo BSSe. Tồn tại sự phân pha của các tác chất gồm serinol, BSC, 1,4-dioxane và dung dịch NaOH ở một số tỷ lệ của các chất này. Bảng 1 thể hiện khả năng hòa tan của các chất tham gia phản ứng. Nước hòa tan được serinol, NaOH và 1,4-dioxane nhưng không hòa tan được BSC, trong khi đó BSC lại hòa tan tốt trong 1,4-dioxane. Chính vì vậy, khi nhỏ nước vào dung dịch BSC và 1,4-dioxane ở những tỷ lệ khác nhau sẽ dẫn đến hợp chất tạo thành có các trạng thái như ở hình 2.

Bảng 1. Độ hòa tan của các chất tham gia phản ứng.

	1,4 -dioxane	BSC	Serinol	NaOH
Nước	Tan	Không tan	Tan	Tan
BSC	Tan	---	Không tan	Không tan



Hình 2. Trạng thái của hợp chất khi cho nước vào hệ dung dịch BSC/1,4-dioxane: nhũ tương (A), tách lớp (B), đồng nhất (C).

Theo quy trình tổng hợp BSSe (hình 1), nước được dùng để hòa tan serinol và NaOH. Sau đó, hỗn hợp chất lỏng gồm dung môi 1,4-dioxane và BSC được nhỏ vào dung dịch trên sao cho tỷ lệ $V_{\text{nước}}/V_{\text{(BSC + 1,4-dioxane)}} = 2,4$ [10]. Sau khi hoàn thành giai đoạn nhỏ BSC, 1,4-dioxane và khuấy trong 2 giờ, hỗn hợp chất lỏng xảy ra hiện tượng không hòa tan và tạo dạng nhũ tương (chất lỏng phân tán trong chất lỏng) (hình 2A), sau 24 giờ để ổn định thì hỗn hợp chất lỏng bị phân lớp (hình 2B). Trường hợp ở tỷ lệ mol BSC/1,4-dioxane lớn thì tạo thành một dung dịch đồng nhất (hình 2C).

Bảng 2. Trạng thái của hỗn hợp nước và hệ dung dịch BSC/1,4-dioxane ở các tỷ lệ mol BSC/1,4-dioxane khác nhau.

Tên mẫu	BSC-6Dio	BSC-8Dio	BSC-10Dio	BSC-12Dio
Tỷ lệ mol BSC/1,4-dioxane	1/6	1/8	1/10	1/12
Trạng thái hỗn hợp nước và hệ dung dịch BSC/1,4-dioxane sau 24 giờ	Nhũ tương	Nhũ tương	Dung dịch đồng nhất	Dung dịch đồng nhất

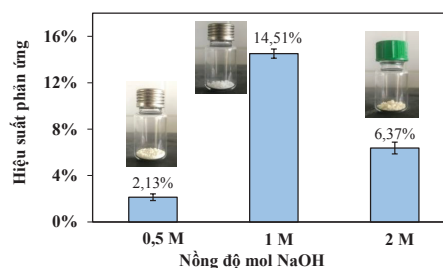
Dio: dioxane.

Bảng 2 thể hiện trạng thái của hỗn hợp nước và hệ dung dịch BSC/1,4-dioxane ở các tỷ lệ mol BSC và 1,4-dioxan

khác nhau. Sau 24 giờ, mẫu BSC-6Dio và BSC-8Dio ở trạng thái nhũ tương, trong khi đó mẫu BSC-10Dio và BSC-12Dio tạo được dung dịch đồng nhất. Hiện tượng này được giải thích là do BSC không tan trong nước và tạo thành hệ nhũ tương BSC trong nước (do BSC có sức căng bề mặt lớn trong nước). Sử dụng dung môi 1,4-dioxane với mục tiêu là có thể hòa tan BSC được trong nước. Khi tăng dần lượng 1,4-dioxane sử dụng, sức căng bề mặt của BSC trong nước giảm dần và đến tỷ lệ mol BSC/1,4-dioxane đạt 1/10 và 1/12 thì hỗn hợp BSC/1,4-dioxane/nước tạo thành một dung dịch đồng nhất.

Ngoài ra, với cùng điều kiện phản ứng (tỷ lệ mol serinol/BSC, nhiệt độ và thời gian phản ứng), tổng hợp trong môi trường nhũ tương hầu như không thu được sản phẩm BSSe. Trong khi đó, tổng hợp trong môi trường dung dịch thì thu được sản phẩm với hiệu suất 2,13% (hình 3). Nguyên nhân là các tác chất khó phân tán và gặp nhau để phản ứng trong môi trường nhũ tương hơn trong dung dịch. Bên cạnh đó, mẫu BSC-12Dio có lượng 1,4-dioxane sử dụng nhiều dẫn đến khó khăn trong việc phân tách và thu hồi dung môi với sản phẩm. Vì vậy, tỷ lệ mol của BSC/1,4-dioxane được chọn là 1/10 để tạo môi trường tổng hợp BSSe.

Ngoài môi trường phản ứng (dạng nhũ tương hay dung dịch) ảnh hưởng đến sự hình thành sản phẩm BSSe và hiệu suất phản ứng, nồng độ dung dịch NaOH cũng ảnh hưởng đáng kể. Trong phương trình phản ứng tạo BSSe từ serinol và BSC (sơ đồ 1), NaOH được thêm vào để phản ứng với HCl tạo thành nhằm tăng hiệu suất của phản ứng, đồng thời hòa tan sản phẩm BSSe theo cơ chế của phản ứng Hinsberg [4]. Với cùng lượng serinol và nước cho vào hệ phản ứng, lượng NaOH được thay đổi để đánh giá ảnh hưởng của nồng độ mol dung dịch NaOH đến hiệu suất của phản ứng.



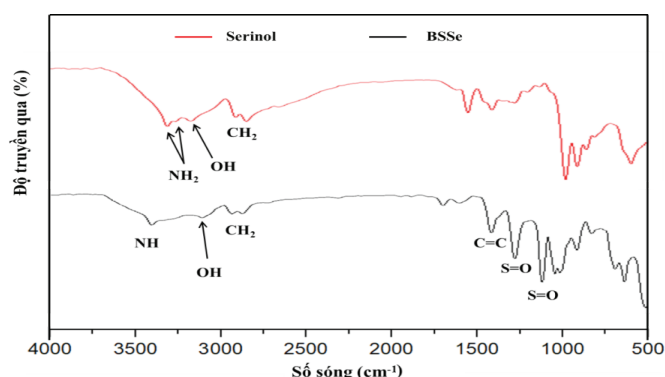
Hình 3. Ảnh hưởng của nồng độ mol NaOH lên hiệu suất tổng hợp BSSe.

Kết quả hình 3 cho thấy, mẫu BSSe nồng độ NaOH 1 M có hiệu suất cao nhất (14,51%), mẫu có nồng độ 0,5 M cho hiệu suất thấp nhất (2,13%). Điều này có thể được giải thích là khi cho dung dịch NaOH 0,5 M, lượng NaOH quá ít và không đủ để chuyển sản phẩm BSSe sang dạng muối tan trong nước, khi rửa với DE thì lượng mẫu sẽ mất đi đáng kể. Ngược lại, khi sử dụng dung dịch NaOH 2 M thì lượng lớn NaOH có thể cản trở quá trình phản ứng (tỷ lệ mol NaOH/serinol=2/1) do tác dụng với BSC tạo thành muối benzene-

sulfonic acid sodium, kết quả làm hạn chế khả năng phản ứng của BSC với serinol nên hiệu suất tạo thành BSSe chỉ đạt 6,37%. Như vậy, tỷ lệ mol NaOH phù hợp nhất để tạo môi trường tổng hợp BSSe là 1 M.

3.2. Xác định cấu trúc của sản phẩm BSSe

Tiến hành tổng hợp BSSe theo tỷ lệ mol của các tác chất tham gia phản ứng serinol/BSC=1/1, thời gian phản ứng 22 giờ. Tiến hành phân tích FTIR của mẫu BSSe tạo thành và serinol để xác định sự xuất hiện các nhóm chức mới trong cấu trúc của BSSe. Đồng thời, đánh giá cấu trúc của BSSe bằng ^1H NMR.



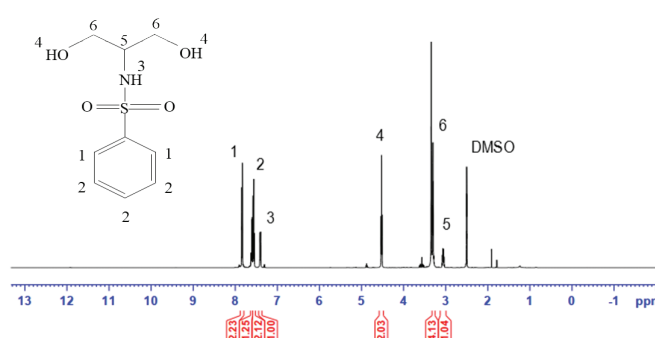
Hình 4. FTIR của serinol và BSSe.

Trong hình 4, FTIR của serinol xuất hiện các đỉnh của nhóm amin bậc 1 ($-\text{NH}_2$), $-\text{OH}$, $-\text{CH}_2$. Cụ thể: đỉnh đôi tại vị trí 3.313 và 3.270 cm^{-1} đặc trưng cho dao động giãn N-H của nhóm $-\text{NH}_2$; đỉnh tại vị trí 3.181 cm^{-1} đặc trưng cho dao động giãn O-H; đỉnh tại vị trí 2.929 và 2.862 cm^{-1} đặc trưng cho dao động giãn và uốn C-H của nhóm CH_2 . Trên FTIR của BSSe, đỉnh của dao động giãn O-H ở vị trí 3.106 cm^{-1} ; đỉnh của dao động giãn và uốn C-H của nhóm $-\text{CH}_2$ ở vị trí 2.955 và 2.885 cm^{-1} . Sự dịch chuyển của các đỉnh này trên FTIR của BSSe so với serinol là do ảnh hưởng của nhóm sulfonamide.

Ngoài ra, trên FTIR của BSSe xuất hiện đỉnh của dao động không đối xứng và đối xứng S=O lần lượt ở vị trí 1.317 và 1.153 cm^{-1} , và dao động giãn C=C của vòng benzene ở vị trí 1.447 cm^{-1} . Các đỉnh này thể hiện trong cấu trúc của BSSe có nhóm benzenesulfonamide, đặc trưng cho BSC. Đặc biệt, trong FTIR của BSSe có sự xuất hiện đỉnh đặc trưng cho dao động giãn N-H của amin bậc 2 ($-\text{NH}$) ở vị trí 3.406 cm^{-1} và sự biến mất các đỉnh của nhóm NH_2 trong cấu trúc của serinol, chứng tỏ nhóm này đã phản ứng với BSC để hình thành nhóm sulfonamide (hình 4). Kết quả, FTIR chứng minh được sự hình thành hợp chất BSSe từ nguyên liệu serinol và BSC.

^1H NMR thể hiện sự xuất hiện của các đỉnh đặc trưng cho các nhóm có mặt trong cấu trúc phân tử BSSe (hình 5). Đỉnh ở vị trí 1 ($\delta=7,83$ ppm) và 2 ($\delta=7,57$ ppm) đặc trưng

cho H của vòng benzene. Đỉnh ở vị trí 4 tại $\delta=4,52$ ppm đặc trưng cho H của nhóm $-\text{OH}$. Đỉnh ở vị trí 5 tại $\delta=3,08$ ppm đặc trưng cho H của nhóm $-\text{CH}_2$. Đặc biệt, sự xuất hiện đỉnh tại $\delta=7,4$ ppm (vị trí 3) đặc trưng cho H của nhóm sulfonamide ($-\text{NH}$). ^1H NMR cũng cho thấy, ngoài những đỉnh đặc trưng cho BSSe thì không còn xuất hiện các đỉnh khác đặc trưng cho các nguyên liệu tham gia phản ứng, điều này chứng tỏ sản phẩm tạo thành có độ tinh khiết cao. Kết quả phân tích FTIR và ^1H NMR cho thấy, BSSe được tổng hợp thành công dựa trên phản ứng Hinsberg giữa serinol và BSC.



Hình 5. ^1H NMR của BSSe.

Trong các nghiên cứu trước đây, hợp chất SSA - sản phẩm của phản ứng Hinsberg từ DL-serine và BSC đã được tổng hợp với triblock PCL-PEG-PCL hoặc PLA-PEG-PLA để tạo thành các hydrogel copolymer nhạy nhiệt/pH. SSA đóng vai trò là khối nhạy pH, trong phân tử gồm một nhóm COOH , OH ở cuối mạch và nhóm sulfonamide có thể cho nhận H^+ khi pH môi trường thay đổi [9, 10]. Với cấu trúc gồm nhóm sulfonamide nhạy pH và hai nhóm OH ở cuối mạch, BSSe rất tiềm năng để đồng trùng hợp với các loại monomer và polymer khác ứng dụng trong hydrogel nhạy pH hoặc nhạy nhiệt/pH dẫn truyền thuốc.

4. Kết luận

BSSe được tổng hợp thành công từ serinol và BSC bằng phản ứng Hinsberg. Cấu trúc sản phẩm được xác định thông qua FTIR và ^1H NMR. Môi trường phản ứng và nồng độ NaOH ảnh hưởng đến hiệu suất của phản ứng. Hiệu suất đạt cao nhất trong các khảo sát là 14,51% ở điều kiện phản ứng 22 giờ, tỷ lệ mol BSC/1,4-dioxane=1/10, nồng độ mol NaOH là 1 M. Trong các nghiên cứu tiếp theo, monomer BSSe được sử dụng để tổng hợp thành các oligome hoặc polyme nhạy pH ứng dụng làm vật liệu mang thuốc.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh trong khuôn khổ đề tài mã số C2019-20a-02 và sự hỗ trợ của Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Mondal, S. Malakar (2020), "Synthesis of sulfonamide and their synthetic and therapeutic applications: Recent advances", *Tetrahedron*, **76(48)**, DOI: 10.1016/j.tet.2020.131662.
- [2] T.M.D. Le, V.V.L. Nguyen, T.A. Trinh, et al. (2021), "Sulfonamide functionalized amino acid- based pH- and temperature-sensitive biodegradable injectable hydrogels: Synthesis, physicochemical characterization and *in vivo* degradation kinetics", *Journal of Applied Polymer Science*, **138(21)**, DOI:10.1002/APP.50488.
- [3] S. Mondal (2021), "Sulfonamide synthesis under green conditions", *Synthetic Communications*, **51(7)**, pp.1023-1044, DOI: 10.1080/00397911.2020.1870238.
- [4] W.D. Closson, S. Ji, S. Schulenberg (1970), "Mechanism of sulfonamide cleavage by arene anion radicals", *Journal of The American Chemical Society*, **92(3)**, pp.650-657, DOI: 10.1021/ja00706a037.
- [5] X. Deng, N.S. Mani (2006), "A facile, environmentally benign sulfonamide synthesis in water", *Green Chemistry*, **8**, pp.835-838, DOI: 10.1039/B606127C.
- [6] M.A. Qadir, M. Ahmed, H. Aslam, et al. (2015), "Amidine sulfonamides and benzene sulfonamides: synthesis and their biological evaluation", *Journal of Chemistry*, **2015**, DOI: 10.1155/2015/524056.
- [7] X. Yu, S. Yang, Y. Zhang, et al. (2017), "Intermolecular amidation of quinoline N-oxides with arylsulfonamides under metal-free conditions", *Org. Lett.*, **19(22)**, pp.6088-6091, DOI: 10.1021/acs.orglett.7b02922.
- [8] S.K. Han, K. Na, Y.H. Bae (2003), "Sulfonamide based pH-sensitive polymeric micelles: Physicochemical characteristics and pH-dependent aggregation", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **214(1-3)**, pp.49-59, DOI: 10.1016/S0927-7757(02)00389-8.
- [9] W.S. Shim, J.H. Kim, H. Park, et al. (2006), "Biodegradability and biocompatibility of a pH- and thermo-sensitive hydrogel formed from a sulfonamide-modified poly(epsilon-caprolactone-co-lactide)-poly(ethylene glycol)-poly(epsilon-caprolactone-co-lactide) block copolymer", *Biomaterials*, **27(30)**, pp.5178-5185, DOI: 10.1016/j.biomaterials.2006.05.038.
- [10] D.T. Nguyen, B.S. Kim, D.S. Lee, et al. (2018), "Amino acid functionalized pH- and temperature-sensitive biodegradable injectable hydrogels: Synthesis, physicochemical characterization and *in vivo* degradation kinetics", *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, **68(15)**, pp.891-900, DOI: 10.1080/00914037.2018.1522503.
- [11] F. Ofriidam, M. Tarhini, N. Lebaz, et al. (2021), "pH-sensitive polymers: Classification and some fine potential applications", *Polymers for Advanced Technologies*, **32(4)**, pp.1455-1484, DOI: 10.1002/pat.5230.

Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm

Phạm Văn Doanh^{1*}, Nguyễn Bình Minh², Trần Thị Việt Nga²

¹Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Km 10 Nguyễn Trãi, phường Văn Quán, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Xây dựng, 55 Giải Phóng, phường Đồng Tâm, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 8/10/2021; ngày chuyển phản biện 12/10/2021; ngày nhận phản biện 1/11/2021; ngày chấp nhận đăng 5/11/2021

Tóm tắt:

Nuôi cấy và sử dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ bể phản ứng theo mẻ (SBR) trên thế giới bắt đầu từ những năm 1970 và được nghiên cứu sâu trong những năm gần đây với các chất nền dùng để nuôi cấy như: glucose, acetate, ethanol, mật mía, đường, tinh bột, phenol, axit phtalic, chloroanilines, rượu tert-butyl và nước thải tổng hợp khác. Nghiên cứu này trình bày kết quả quá trình hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí trong điều kiện phòng thí nghiệm với chất nền là acetate, bùn hoạt tính dùng để nuôi cấy được lấy từ Trạm xử lý nước thải (XLNT) Yên Sở (Hà Nội) có MLSS 900-1200 mg/l. Nghiên cứu thực hiện trên 2 SBR giống nhau làm bằng nhựa acrylic trong suốt, có đường kính ống 0,110 m, chiều cao 1 m, chiều cao chứa nước là 0,8 m, thể tích làm việc của mỗi bể là 2,5 l, đặt tên lần lượt cho 2 mô hình là A và B. Hai SBR cùng làm việc với 6 chu kỳ trong 1 ngày, thời gian 1 chu kỳ là 4 giờ, trong 1 chu kỳ gồm 4 pha: nạp nước 1-2 phút, sục khí 180 phút, lắng 20-30 phút và xả 10-15 phút. Nước đầu vào cho mô hình A là nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ (OLR) thấp (1,0-1,2 kg COD/m³.ngày). Nước đầu vào cho mô hình B là nước thải nhân tạo có OLR cao (2,7-3,0 kg COD/m³.ngày), thời gian thí nghiệm là 120 ngày. Kết quả cho thấy, sự hình thành bùn hạt tại mô hình A rất khó khăn. Ngược lại, tại mô hình B, bùn hạt được hình thành và phát triển ổn định sau 30-45 ngày thí nghiệm.

Từ khóa: bùn hạt hiếu khí, nuôi cấy, SBR.

Chỉ số phân loại: 2.7

1. Đặt vấn đề

Nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trên thế giới bắt đầu từ những năm 1970 [1-3] và được nghiên cứu sâu trong những năm sau đó với các chất nền dùng để nuôi cấy như: glucose, acetate, ethanol, mật mía, đường, tinh bột, phenol, axit phtalic, chloroanilines, rượu tert-butyl, và nước thải tổng hợp khác. Các nghiên cứu cho thấy, bùn hạt hiếu khí có thể ứng dụng rộng rãi với các chất nền và các loại nước thải khác nhau. So với bùn hoạt tính thông thường, bùn hạt hiếu khí có cơ cấu tốt, khả năng duy trì sinh khối cao và có thể xử lý các hợp chất độc hại trong nước thải [4, 5]. Bùn hạt hiếu khí không chỉ có tác dụng loại bỏ tốt các bon mà còn có khả năng loại bỏ nitơ và photpho, vì vậy bùn hạt hiếu khí được ứng dụng để xử lý nước thải sinh hoạt, nhà máy chế biến thực phẩm, chăn nuôi... Cấu trúc của bùn hạt hiếu khí là tập hợp các nhóm vi khuẩn khác nhau cần thiết cho quá trình chuyển hóa các hợp chất hữu cơ, thành phần của bùn hạt hiếu khí phụ thuộc vào loại cơ chất (chất nền). Bùn hạt hiếu khí có những ưu điểm sau: mật độ vi sinh vật cao và hiệu quả xử lý nước thải cao trong quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí, chịu được OLR cao, kích thước hạt bùn lớn nên có khả năng lắng nhanh, ít bị rửa trôi, chịu được sốc tải, giảm thể tích công trình. Tuy nhiên, bùn hạt hiếu khí cũng có một số nhược điểm như: khó kiểm soát

trạng thái và kích thước của hạt bùn, các hạt bùn thường không ổn định, dễ bị phá vỡ khi có sự thay đổi môi trường.

Tại Việt Nam, đã có một số đề tài nghiên cứu về bùn hạt hiếu khí với quy mô và tính chất khác nhau như: nghiên cứu sự ảnh hưởng của lưu lượng sục khí, nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí có giá thể [1, 2]... Trong nội dung bài báo, nhóm tác giả nghiên cứu khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trên 2 mô hình công nghệ SBR giống nhau vận hành với chất nền là acetate ở các mức độ OLR khác nhau, bùn hoạt tính dùng để nuôi cấy được lấy từ Trạm XLNT Yên Sở (Hà Nội) có MLSS 900-1200 mg/l. Mô hình A vận hành với nước thải nhân tạo có OLR thấp (1,0-1,2 kg COD/m³.ngày). Mô hình B vận hành với nước thải nhân tạo có OLR cao (2,7-3,0 kg COD/m³.ngày).

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp xây dựng mô hình thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện trên 2 mô hình bể SBR hình trụ (hình 1) làm bằng nhựa acrylic trong suốt, có đường kính ống 0,11 m, cao 1 m, trong đó chiều cao chứa nước là 0,8 m, thể tích làm việc của bể là 2,5 l. Bể SBR làm việc với 6 chu kỳ/ngày, thời gian 1 chu kỳ là 4 giờ, trong 1 chu kỳ có 4 pha: nạp nước 1-2 phút, sục khí 180 phút, lắng 20-30 phút

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

Forming aerobic granulation in SBR technology at the laboratory

Van Doanh Pham^{1*}, Binh Minh Nguyen²,
Thi Viet Nga Tran²

¹Hanoi Architectural University,

Km 10 Nguyen Trai Street, Van Quan Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

²National University of Civil Engineering,

55 Giai Phong Street, Dong Tam Ward, Hai Ba Trung District, Hanoi, Vietnam

Received 8 October 2021; revised 1 November 2021; accepted 5 November 2021

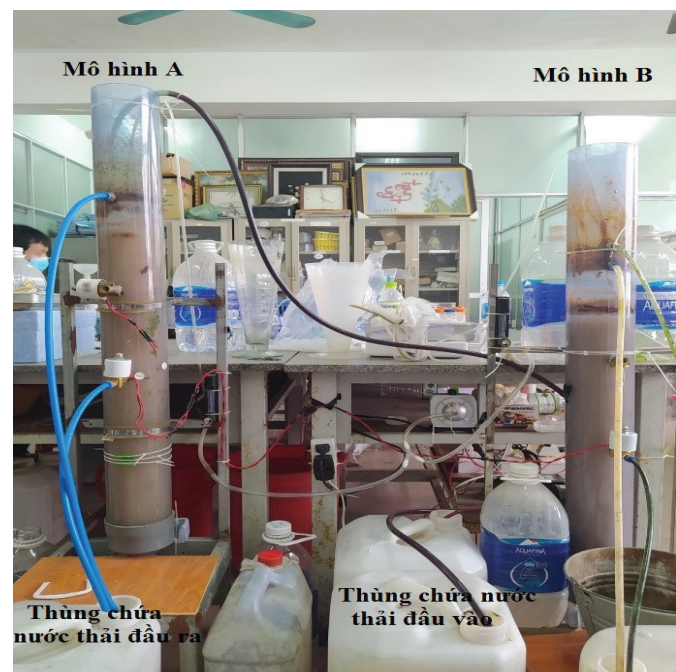
Abstract:

Transplanting and application of aerobic granulation in SBR technology have been developed since 1970. In recent years, this technology has been extensively researched with different substances such as glucose, acetate, ethanol, molasses, sugar, starch, phenol, phthalic acid, chloroanilines, tert-butyl alcohol, and synthetic wastewater. This article describes the process of formation and development of aerobic granulation with acetate at the laboratory in Vietnam. Activated sludge for the study was obtained from Yen So (Hanoi) wastewater treatment plant with MLSS 900-1200 mg/l. The research was carried out on two reactors of the same SBR technology with 0.110 m in diameter and 1 m in height, water level height 0.8 m, working volume of 2.5 l with respective names of A and B. The reactors were sequentially operated 6 cycles/day, each cycle was divided into 4 periods, lasting 4 hours: 1-2 mins of influent filling, 180 mins of aeration, 20-30 mins of settling, and 10-15 mins of effluent. The input wastewater for model A was wastewater with low strength has OLR from 1.0-1.2 kg COD/m³.day. The input wastewater for model B was wastewater with high strength has OLR from 2.7-3.0 kg COD/m³.day, time for research was 120 days. The result showed that the formation and development of granular sludge in model A were very difficult. Meanwhile, granular sludge was formed and developed after 30-45 days of experimentation in model B.

Keywords: aerobic granulation, sequencing batch reactor, transplanting.

Classification number: 2.7

và xả 10-15 phút. Không khí được đưa vào SBR bằng máy sục khí với bộ khuếch tán khí bằng đá bọt được đặt ở đáy bể, lưu lượng sục khí tăng dần từ 1,5 đến 4,5 l/phút trong thời gian làm thí nghiệm, trên đường ống dẫn khí lắp đặt bộ van đo lưu lượng sục khí luôn đảm bảo DO 2-4 mg/l. Nhiệt độ thí nghiệm là nhiệt độ phòng (dao động trong khoảng 27-33°C). Van xả nước được đặt cách đáy bể 0,4 m để thể tích xả khoảng 50% lượng nước sau một chu kỳ hoạt động. Các thông số pH, DO được kiểm tra hàng ngày bằng máy đo cầm tay. Toàn bộ các thiết bị như: bơm cấp nước, máy thổi khí, van xả nước... được điều khiển tự động bởi bộ PLC đã được lập trình sẵn về thời gian và điều khiển các pha hoạt động của SBR theo yêu cầu thí nghiệm.



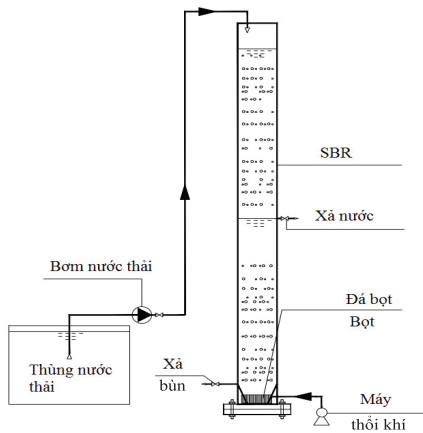
Hình 1. Hình ảnh mô hình thí nghiệm.

2.2. Vận hành mô hình thí nghiệm

Sau quá trình lắp ráp và dựng mô hình, nhóm nghiên cứu thực hiện vận hành thử nghiệm mô hình bằng nước sạch để kiểm tra các thiết bị như ở hình 2: máy bơm, máy thổi khí, van điện xả nước, độ kín, khít của mô hình, đặc biệt là ở các mối nối. Sau quá trình kiểm tra, vận hành thử, tiến hành khởi động mô hình thí nghiệm qua các bước sau:

- Đưa vào 2 bể phản ứng của mô hình A và B 2,5 l bùn hoạt tính lấy từ Trạm XLNT Yên Sở để làm nguồn bùn vi sinh vật cho mô hình có MLSS 900-1200 mg/l.

- Khởi động mô hình và để chạy tự động bằng chương trình đã được cài đặt trước trong bộ điều khiển PLC. Duy trì lưu lượng khí cung cấp theo tính toán, sử dụng máy thổi khí lưu lượng cố định, kiểm soát bằng lưu lượng kế. Tiến hành kiểm tra các thiết bị, van khoá hàng ngày, lấy mẫu định kỳ theo kế hoạch (bảng 1).



Hình 2. Sơ đồ mô hình bể SBR sử dụng trong nghiên cứu.

Bảng 1. Chế độ vận hành bể SBR.

Tên mô hình	OLR COD (kg COD/m ³ .ngày)	Nồng độ oxy DO (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	Độ pH	Thời gian 1 chu kỳ (phút)			
					Nạp nước	Sục khí	Lắng	Xả
A	1,0-1,2	2,0-4,0	25-35	6-8	1-2	180	20-30	10-15
B	2,7-3,0	2,0-4,0	25-35	6-8	1-2	180	20-30	10-15

2.3. Pha nước thải nhân tạo

Nước thải nhân tạo được chuẩn bị bằng cách hòa tan khối lượng đã xác định các hóa chất có độ tinh khiết 99% xuất xứ Trung Quốc vào nước máy lấy tại vòi của phòng thí nghiệm. Nước máy sử dụng để pha hoá chất được loại bỏ Cloramin hàm lượng dưới 0,1 mg/l để đảm bảo không làm ảnh hưởng đến hệ vi sinh vật trong SBR. Đặc điểm, thành phần nước thải tổng hợp được trình bày ở bảng 2 và 3.

Bảng 2. Thành phần các chất nền và vi chất trong nước thải nhân tạo cho mô hình A.

TT	Công thức hóa học các hợp chất pha COD	Tên hóa chất	Nồng độ (g/l)
1	C ₂ H ₄ O ₂ .Na.3H ₂ O	Sodium acetate trihydrate	0,847352
2	MgSO ₄ .7H ₂ O	Magnesium sunfate heptahydrate	0,176
3	KCl	Potassium chloride	0,07
4	NH ₄ Cl	Ammonium chloride	0,212
5	K ₂ HPO ₄	Potassium phosphate dibasic	0,0368
6	KH ₂ PO ₄	Potassium dihydrogen phosphate	0,022

Bảng 3. Thành phần các chất nền và vi chất trong nước thải nhân tạo cho mô hình B.

TT	Công thức hóa học các hợp chất pha COD	Tên hóa chất	Nồng độ (g/l)
1	C ₂ H ₄ O ₂ .Na.3H ₂ O	Sodium acetate trihydrate	2,1184
2	NH ₄ Cl	Ammonium chloride	0,212
3	KH ₂ PO ₄	Potassium dihydrogen phosphate	0,0352

2.4. Phân tích kết quả thí nghiệm

Các thông số được phân tích trong quá trình nghiên cứu bao gồm: COD, NH₄⁺, pH, DO. Các phương pháp phân tích thông số được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) và được trình bày ở bảng 4.

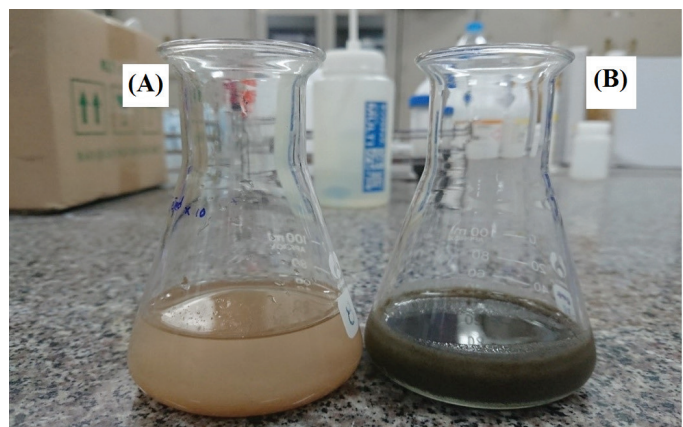
Bảng 4. Phương pháp phân tích các thông số thí nghiệm.

Tên chỉ số phân tích	Đơn vị đo	Phương pháp phân tích	Tần suất phân tích
COD	mg/l	Phương pháp Dicromat, TCVN 6491:1999	5 ngày 1 lần phân tích
NH ₄ ⁺	mg/l	Phương pháp trắc quang - Phương pháp phenat, theo chỉ dẫn của thiết bị Method 10031 - Hach	5 ngày 1 lần phân tích
pH	-	Đo bằng sensor, máy pH cầm tay WTW 340i, Đức	Đo hàng ngày
DO	mg/l	Đo bằng sensor, Máy đo DO cầm tay, Oron, Mỹ	Đo hàng ngày
Nhiệt độ		Nhiệt kế thông thường	Đo hàng ngày

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Sự hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình A

Sau 120 ngày nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm với nước thải nhân tạo có OLR thấp (1,0-1,2 kg COD/m³.ngày), không có bất kỳ dấu hiệu nào của sự hình thành bùn hạt được ghi nhận ở mô hình A. Khả năng xử lý của bùn hoạt tính ổn định và lắng tốt, nhưng vẫn mang những đặc trưng của bông bùn hoạt tính thông thường, màu sắc của bùn có thay đổi so với bùn hoạt tính lấy về từ Trạm XLNT Yên Sở tại thời điểm ban đầu, màu chuyển từ xám sang nâu như hình 3. Kết quả này chứng tỏ với OLR thấp khó hình thành bùn hạt hiếu khí.



Hình 3. So sánh hình ảnh bùn hoạt tính từ mô hình (A) sau 120 ngày nuôi cấy và bùn hoạt tính từ Trạm XLNT Yên Sở (B).

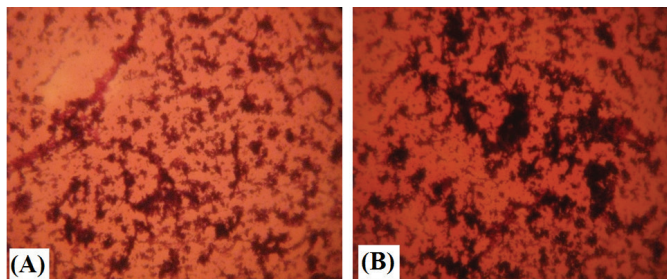
3.2. Sự hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình B

Thời gian của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí diễn ra trong khoảng thời gian 4-6 tuần. Quá trình này diễn ra từ từ, tuy nhiên có thể chia ra làm 5 giai đoạn lớn như sau:

Giai đoạn 1: sau 7 ngày đầu tiên có thể nhận thấy sự thay

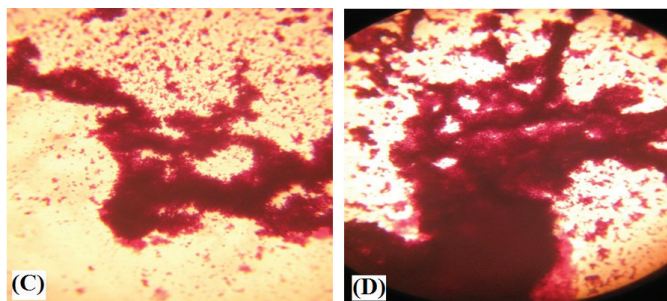
đổi bằng mắt thường (hình 4). Bông bùn hoạt tính chuyển dần thành các mầm bùn cấu trúc lớn hơn, có nhiều mầm bùn dạng que hơn, và các mầm bùn có xu thế kết thành từng đám, có nhiều dịch nhầy xung quanh các mầm bùn. Tại thời điểm này bông bùn vẫn chiếm ưu thế.

Trong giai đoạn này quá trình loại bùn diễn ra mạnh mẽ, một lượng đáng kể bùn có khả năng lắng kém bị rửa trôi cùng với nước thải đầu ra. Bùn vẫn duy trì màu đen như khi lấy về từ Trạm XLNT. Kết quả loại bỏ 60-64% COD, 20-25% $\text{NH}_4^+\text{-N}$.



Hình 4. Hình ảnh hình thành bùn hạt chụp kính hiển vi giai đoạn 1 (sau 7 ngày).

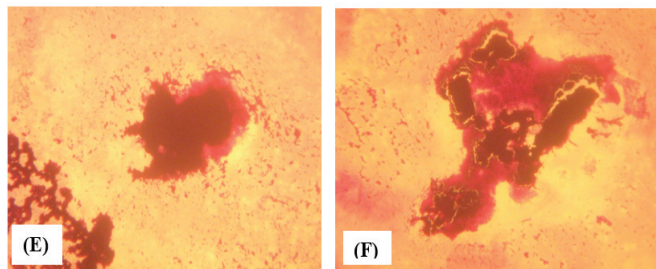
Giai đoạn 2: sau 14 ngày vận hành, có thể quan sát được quá trình hình thành và sự chiếm ưu thế của các cụm bông bùn, các mầm hạt bùn dạng vệt dài, kích thước bùn bắt đầu có sự gia tăng nhanh chóng. Quan sát dưới kính hiển vi điện tử cho thấy, các vi sinh vật bắt đầu có dấu hiệu tụ lại thành từng cụm nhỏ, chúng tạo thành từ vệt có kích thước bất kỳ, chưa có đường biên rõ ràng, đường biên có nhiều tua, sợi nhỏ. Bùn trong SBR có khả năng lắng tốt hơn giai đoạn 1, hiện tượng bùn bị rửa trôi theo nước thải khi xả còn rất ít. Bông bùn chuyển dần sang màu vàng cát. Hiệu quả xử lý tăng dần và $\text{NH}_4^+\text{-N}$ tăng dần, tương ứng trên 65-70% COD và 35-40% $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (hình 5).



Hình 5. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 2 (sau 14 ngày).

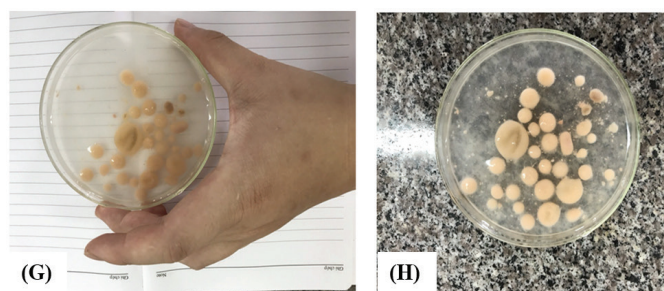
Giai đoạn 3: sau 21 ngày nuôi cấy, những hạt bùn nhỏ bắt đầu xuất hiện nhưng không có hình dạng và kích thước cố định, quan sát bằng kính hiển vi cho thấy đường biên rõ ràng đang dần hình thành, không còn có viền sợi bao xung quanh. Tuy nhiên, khả năng lắng bắt đầu suy giảm, lượng cặn lơ lửng trong nước thải đầu ra có sự gia tăng rõ rệt (hình

6). Sau 28 ngày vận hành, hạt bùn tiếp tục phát triển và cấu trúc không có sự thay đổi, kích thước, số lượng hạt bùn trong SBR có sự gia tăng rõ rệt. Hạt bùn đã có thể quan sát và nhận biết rõ ràng bằng mắt thường. Hiệu quả xử lý tăng dần và $\text{NH}_4^+\text{-N}$ tăng dần, tương ứng trên 70-78% COD và 55-60% $\text{NH}_4^+\text{-N}$.



Hình 6. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 3 (sau 21-28 ngày).

Giai đoạn 4: sau 5 tuần vận hành, bùn hạt hiệu khí hình thành từ nguồn bùn hoạt tính đã rõ ràng hơn. Kích thước hạt bùn lớn (3-4 mm), cấu trúc hạt bùn ổn định, tuy nhiên độ rỗng trong hạt lớn nên dễ bị giãn nở kích thước khi được lấy ra ngoài quan sát (hình 7). Ở giai đoạn này có sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi bên ngoài và hạt bùn mềm. Có thể quan sát hạt bùn trong SBR bằng mắt thường, tuy nhiên khả năng lắng vẫn còn nhiều hạn chế, kết quả loại bỏ trên 90% COD, trên 80% $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trên thế giới [4, 6, 7]. Nghiên cứu cho thấy, bùn hạt hiệu khí hình thành có kích thước phổ biến là 3-5 mm với sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi. Hạt bùn có dạng hình tròn, bề mặt nhẵn, màu vàng-nâu, khả năng lắng tốt (trên 80% bùn hạt có vận tốc lắng dao động 30-40 m/h).



Hình 7. Hình ảnh hình thành bùn hạt giai đoạn 4 (sau 5 tuần).

Giai đoạn 5: sau 6 tuần vận hành, bùn hạt hiệu khí có cấu trúc gọn hơn, có sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi bên ngoài, cấu trúc bền chắc khó bị vỡ. Có thể quan sát hạt bùn trong SBR bằng mắt thường hoặc lấy ra thí nghiệm, khả năng lắng tốt (tỷ lệ trên 85% bùn hạt có vận tốc lắng dao động 30-40 m/h). Hạt bùn có dạng hình tròn, bề mặt hạt nhẵn, màu hạt bùn vàng-nâu. Kết quả loại bỏ trên 91-92% COD, trên 80-82% $\text{NH}_4^+\text{-N}$.

4. Kết luận

Nồng độ chất nền là yếu tố quyết định đến sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí. Nếu $OLR < 2,0 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{ngày}$ sẽ rất khó nuôi thành công bùn hạt hiếu khí. Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả phù hợp với nhiều nghiên cứu tương tự trên thế giới.

Nuôi cấy bùn hạt hiếu khí với $OLR > 2,5 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{ngày}$ có thể thành công. Điều này đã được nhóm nghiên cứu chứng minh với thí nghiệm nước thải có OLR từ 2,7 đến 3,0 $\text{kg COD/m}^3 \cdot \text{ngày}$. Bùn hạt hiếu khí hình thành sau 4-5 tuần thí nghiệm và phát triển ổn định ở các tuần sau đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T.Q. Loc, N.D. Hai, T.D.B. Thuyen, et al. (2015a), "Research on aerobic granular sludge formation in sequencing batch reactor", *Journal of Science, An Giang University*, **8(4)**, pp.79-88 (in Vietnamese).
- [2] T.Q. Loc, N.D. Hai, T.T. Tu, et al. (2015b), "Formation and development of aerobic granular sludge under different aeration rate in sequencing batch reactor", *Journal of Science, Can Tho University*, **37**, pp.33-41 (in Vietnamese).
- [3] S. Mace, J.M. Alvarez (2002), "Utilization of SBR technology for wastewater treatment: An overview", *Indian Engineering Chemical Research Journal*, **41(23)**, pp.5539-5553, DOI: 10.1021/ie0201821.
- [4] G.D. Bellaa, M. Torregrossa (2014), "Aerobic granular sludge for Leachate treatment", *Chemical Engineering Transactions*, **38**, pp.493-498, DOI: 10.3303/CET1438083.
- [5] Y.Q. Liu, B.Y.P. Moy, J.H. Tay (2007), "COD removal and nitrification of low-strength domestic wastewater in aerobic granular sludge sequencing batch reactors", *Enzyme and Microbial Technology*, **42(1)**, pp.23-28, DOI: 10.1016/j.enzmictec.2007.07.020.
- [6] J. Zhu, P.A. Wilderer (2013), "Effect of extended idle conditions on structure and activity of granular activated sludge", *Water Research*, **47(9)**, pp.2013-2018, DOI: 10.1016/S0043-1354(02)00585-7.
- [7] B.J. Ni, W.M. Xie, S.G. Liu, et al. (2010), "Granulation of activated sludge in a pilot-scale sequencing batch reactor for the treatment of low-strength municipal wastewater", *Water Research*, **43(3)**, pp.751-761, DOI: 10.1016/j.watres.2008.11.009.

Nghiên cứu đánh giá nguy cơ lan truyền ô nhiễm bụi từ lò hỏa táng bằng ứng dụng mô hình ENVIMAP 3.0

Hà Thị Hiền¹, Trần Quốc Việt^{2*}

¹Trung tâm Vật lý Môi trường, Viện Vật lý, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, 41A Phú Diễn, phường Phú Diễn, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 6/10/2021; ngày chuyển phản biện 8/10/2021; ngày nhận phản biện 2/11/2021; ngày chấp nhận đăng 5/11/2021

Tóm tắt:

Đã có nhiều nghiên cứu về phát thải bụi, song nghiên cứu về phát thải bụi từ các lò hỏa táng là một vấn đề mới. Trong nghiên cứu này, các tác giả tập trung tính toán phát tán bụi từ các lò hỏa táng bằng phương pháp ứng dụng mô hình ENVIMAP 3.0. Nghiên cứu thực hiện trong 2 trường hợp: khi hệ thống xử lý bụi thải hoạt động ổn định với hiệu suất đạt 90-95% và hệ thống xử lý bụi thải gặp sự cố. Trong trường hợp xảy ra sự cố, ở khoảng cách từ chân ống khói đến 1,9 km các đối tượng đều bị ảnh hưởng, đặc biệt, ở khoảng cách 100-700 m vào mùa đông và 100-800 m vào mùa hè. Trường hợp hệ thống xử lý bụi thải hoạt động ổn định, nồng độ các chất ô nhiễm ở tất cả các khoảng cách đều nằm trong giới hạn cho phép theo quy chuẩn. Nghiên cứu góp phần cung cấp luận cứ khoa học cho các nhà quản lý về vùng chịu tác động bởi nguồn thải từ các lò hỏa táng, để xây dựng kế hoạch bảo vệ môi trường nhằm hạn chế các tác động bất lợi.

Từ khóa: dự báo, ô nhiễm, phát thải bụi, sự cố, xử lý bụi.

Chỉ số phân loại: 2.7

1. Đặt vấn đề

Ở nước ta hiện nay, với tốc độ phát triển nhanh về kinh tế - xã hội, mức độ đô thị hóa ngày càng cao đã gây ra nhiều vấn đề liên quan đến môi trường nói chung, môi trường không khí nói riêng [1]. Quỹ đất dần bị thu hẹp, đặc biệt là tại khu vực đô thị, trong khi tình trạng cải táng gây ra ô nhiễm môi trường nước dưới đất, mất vệ sinh và tồn kém về kinh tế. Do đó, các lò hỏa táng được xây dựng ngày càng nhiều để giải quyết nhu cầu mai táng của người dân, tiết kiệm chi phí và quỹ đất [2]. Tuy nhiên, khói bụi từ các lò hỏa táng gây tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm môi trường không khí. Theo số liệu của các nhà khoa học, việc hỏa táng một thi thể sẽ giải phóng trung bình 400 kg khí CO₂ vào khí quyển. Khí thải từ hỏa thiêu còn bao gồm thủy ngân và nhiều chất độc hại khác sinh ra từ chân, tay giả, răng giả... của người đã tử vong [3, 4]. Trong khí thải, các hạt bụi mịn với kích thước nhỏ hơn 2,5 micron (PM_{2.5}) tiềm ẩn nhiều nguy cơ nhất, vì chúng có khả năng xâm nhập sâu vào phổi, ảnh hưởng đến cả hệ hô hấp và hệ thống mạch máu. Tình trạng sức khỏe của con người bị ảnh hưởng có nghiêm trọng hay không là tùy thuộc vào mức độ và thời gian tiếp xúc với không khí ô nhiễm [5].

Chính vì vậy, trước khi tiến hành lắp đặt và xây dựng các lò hỏa táng, cần nghiên cứu đánh giá phát thải cũng như tác động của khí thải phát sinh sau khi xử lý tại khu vực xung

quanh. Đặc biệt là mức độ và phạm vi phát thải bụi trong trường hợp gặp sự cố, khi hệ thống xử lý khói bụi hoạt động không hiệu quả dẫn đến các thiệt hại về môi trường, sức khỏe...

Để phòng ngừa sự cố môi trường, các nhà khoa học của Viện Vật lý đã thực hiện đề tài “Nghiên cứu nồng độ phát thải bụi từ các lò hỏa táng” ứng dụng mô hình ENVIMAP 3.0.

Mô hình ENVIMAP 3.0 là phần mềm tích hợp GIS, cơ sở dữ liệu (CSDL) môi trường và mô hình toán học mô phỏng sự lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường không khí, môi trường nước. Các CSDL như khí tượng, các điểm lấy mẫu chất lượng không khí, nguồn thải điểm... được gắn với vị trí địa lý nhằm thể hiện hiện trạng môi trường. Bên cạnh đó, để mô phỏng quá trình lan truyền các chất ô nhiễm thường xuất hiện, cần thiết phải thực hiện các bài toán chuẩn như: lấy CSDL cần thiết cho mô phỏng từ các dữ liệu khí tượng cũng như từ những ống khói (hay phát thải), biểu diễn kết quả tính toán mô phỏng dưới các dạng khác nhau, chồng lớp thông tin giữa lớp kết quả tính toán mô phỏng với các lớp không gian gắn với địa phương cụ thể. Quá trình làm việc, trong ENVIMAP 3.0 diễn ra sự phối hợp thông tin chặt chẽ với GIS. Các mô hình nhận được các dữ liệu từ GIS, còn kết quả làm việc được thông báo ngược trở lại vào GIS dưới hình thức thông tin bản đồ [6].

*Tác giả liên hệ: Email: tqviet@hvn.edu.vn

The evaluation research of the risk of dust pollution spread from crematorium by applying ENVIMAP 3.0 model

Thi Hien Ha¹, Quoc Viet Tran^{2*}

¹Center of Environmental Physics and Technology, Institute of Physics,
18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

²Hanoi University of Natural Resources and Environment,
41A Phu Dien Street, Phu Dien Ward, Bac Tu Liem District, Hanoi, Vietnam

Received 6 October 2021; revised 2 November 2021; accepted 5 November 2021

Abstract:

There have been many pieces research on dust emissions, but the research on dust emissions from crematoriums is a new issue. The objective of this research is to calculate the dust dispersion from crematoriums into the environment, thereby determining the range of pollution and predicting the dust spread by applying the ENVIMAP 3.0 model. The result is calculated in 2 cases, one case when the waste dust treatment system operates stably with the efficiency of 90-95% and another case where the waste dust treatment system has issues. In case of having an incident that is 2 km far from the bottom of the chimney, all objects are affected, especially, the distance is 100-700 m in winter and 100-800 m in summer. In case the dust treatment system operates stably, the concentrations of pollutants at all distances are within the allowable limits according to the regulations. The research contributes to providing a scientific basis for managers on areas affected by waste sources from crematoriums to develop an environmental protection plan to limit adverse impacts.

Keywords: dust emission, dust treatment, forecast, incident, pollution.

Classification number: 2.7

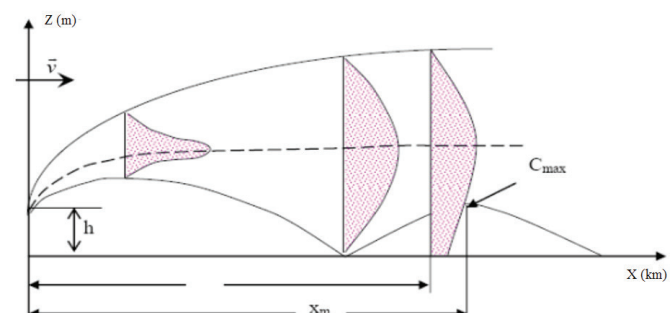
Đây là một trong những công cụ hữu hiệu để mô phỏng lan truyền bụi trong không khí. Nhờ những tính năng ưu việt của mô hình ENVIMAP 3.0 [6], nhóm nghiên cứu đã tính toán sự phát tán bụi ra môi trường, từ đó xác định được phạm vi ô nhiễm, cũng như dự báo lan truyền bụi với 2 trường hợp: i) Hệ thống xử lý bụi thải hoạt động ổn định với hiệu suất đạt 90-95%; ii) Hệ thống xử lý bụi thải của lò gặp sự cố. Kết quả là căn cứ để xây dựng kế hoạch bảo vệ môi trường nhằm hạn chế những tác động xấu từ quá trình phát thải bụi của các lò hỏa táng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình ENVIMAP 3.0

Để đánh giá chất lượng môi trường không khí trên một phạm vi vùng, 2 phương pháp thường được sử dụng là quan trắc và mô hình hóa. Tuy nhiên, đối với các nguồn thải tương lai việc thực nghiệm là không thể. Do vậy, nghiên cứu về mô hình đang là một hướng phát triển và thu được nhiều kết quả. Từ phiên bản ENVIMAP 3.0 đầu tiên ra đời vào năm 2006, hiện nay có khoảng trên 20 mô hình lan truyền khí chia thành 3 nhóm chính: *Nhóm 1* - Mô hình thống kê kinh nghiệm dựa trên cơ sở lý thuyết gauss; *Nhóm 2* - Mô hình thống kê thủy động, được gọi là mô hình berliand; *Nhóm 3* - Mô hình số trị. Trong 3 nhóm mô hình này, mô hình thích hợp để phản ánh đầy đủ hiện tượng lan truyền các chất ô nhiễm từ một nguồn thải ra môi trường xung quanh là ENVIMAP 3.0 [6].

Để mô tả quá trình lan truyền và khuếch tán bụi theo không gian và thời gian bằng các phương trình toán học, người ta xem xét trị số trung bình nồng độ chất ô nhiễm. Dưới tác dụng của gió tự nhiên, các luồng khí, bụi phụt lên từ miệng ống khói sẽ bị uốn cong theo chiều gió thổi. Chất ô nhiễm dần dần bị khuếch tán rộng ra tạo thành vệt khói (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ khuếch tán luồng khí thải dọc theo chiều gió. C là nồng độ trung bình của chất ô nhiễm (mg/m^3); x, z là các thành phần tọa độ theo các trục O_x, O_z ; V_x, V_z là các thành phần của tốc độ trung bình theo các trục O_x, O_z ; H là độ cao nguồn thải.

2.2. Phương pháp nghiên cứu và CSDL

Phương pháp nghiên cứu và CSDL sử dụng trong tính toán cho 2 thời điểm đặc trưng của năm là mùa hè và mùa đông với hướng gió khác nhau [7].

Thông số nguồn thải tính lan tỏa: chiều cao ống khói, đường kính miệng ống khói, nhiệt độ khí thải, tốc độ phụt khí thải, lưu lượng bụi thải được thể hiện ở bảng 1 [7].

Bảng 1. Các thông số nguồn thải đầu vào.

Nguồn thải	Thông số	Giá trị thông số
Ống khói thải của lò hỏa táng	Chiều cao ống khói	20 m
	Đường kính miệng ống khói	1 m
	Nhiệt độ khí thải	200°C
	Tốc độ phụt khí thải	15 m/s
	Lưu lượng bụi thải	1,2 m ³ /giờ = 0,00033 m ³ /s

Điều kiện khí tượng: về mùa hè gió chủ đạo là đông nam; mùa đông gió chủ đạo là đông bắc. Nhiệt độ, vận tốc gió, cấp ổn định khí quyển, các thông số cụ thể được thể hiện ở bảng 2 [7].

Bảng 2. Nhiệt độ trung bình, vận tốc gió trung bình.

Mùa	Nhiệt độ (°C)	Gió chủ đạo		Cấp ổn định khí quyển
		Vận tốc (m/s)	Hướng	
Đông	19,9	1,75	Đông bắc	B
Hè	28,3	2,5	Đông nam	B

3. Kết quả

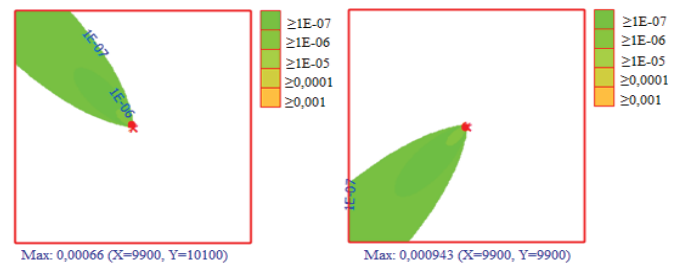
Nhóm nghiên cứu thực hiện tính toán bụi phát sinh từ hệ thống xử lý bụi thải của lò hỏa táng theo 2 trường hợp, với 2 hướng gió chủ đạo tương ứng với 2 mùa đặc trưng (mùa đông và mùa hè).

3.1. Trường hợp hệ thống xử lý bụi hoạt động ổn định

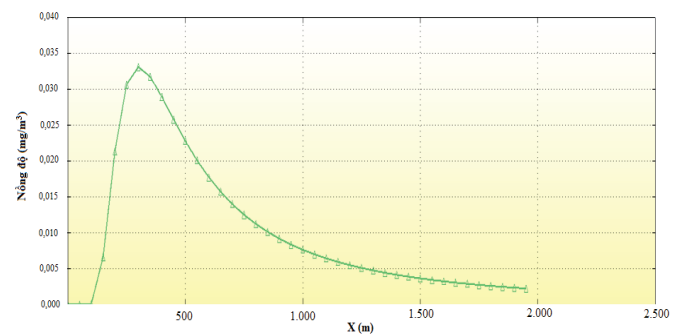
Nồng độ phát thải các chất ô nhiễm được tính ở điều kiện thực của nguồn thải sau khi qua thiết bị xử lý trong trường hợp hệ thống xử lý bụi thải hoạt động tốt, được lắp đặt và vận hành theo đúng thiết kế. Nồng độ là điều kiện tiêu chuẩn $t=25^{\circ}\text{C}$ và áp suất khí quyển $p=760\text{ mm Hg}$.

Kết quả hình 2-4 cho thấy, với trường hợp hệ thống xử lý khí thải hoạt động ổn định, nồng độ bụi phát sinh lớn nhất có khoảng cách 100 m vào mùa hè và 150 m vào mùa đông tính từ chân ống khói. Tuy nhiên, nồng độ này vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 05:2013/BTNMT ngày 17/11/2013 của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Hệ thống xử lý bụi thải của lò hỏa táng hoạt động hiệu quả, xử lý triệt để chất ô nhiễm phát sinh, không gây ô nhiễm môi trường.

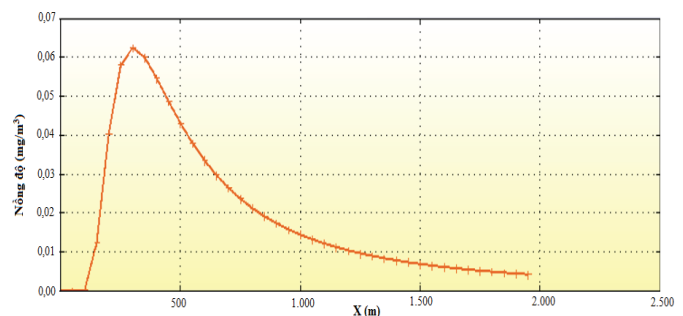
Đối tượng bị ảnh hưởng nhất chính là cán bộ nhân viên vận hành lò hỏa táng, khách tham dự lễ hỏa táng trong phạm vi 100-150 m. Các khu vực khác như: Viện Dưỡng lão cách khu hỏa táng 1 km; khu dân cư xung quanh, gồm: xóm Ao Trạch (cách 1km) và xóm Đỉnh (cách 1,2 km), Công viên nghĩa trang Lạc Hồng Viên (cách 1 km) (hình 5). Các khu



Hình 2. Phân bố nồng độ bụi trung bình 1 giờ lần lượt trong mùa hè và mùa đông.



Hình 3. Biểu đồ nồng độ bụi trung bình 1 giờ về mùa hè theo từng khoảng cách



Hình 4. Biểu đồ nồng độ bụi trung bình 1 giờ về mùa đông theo từng khoảng cách.

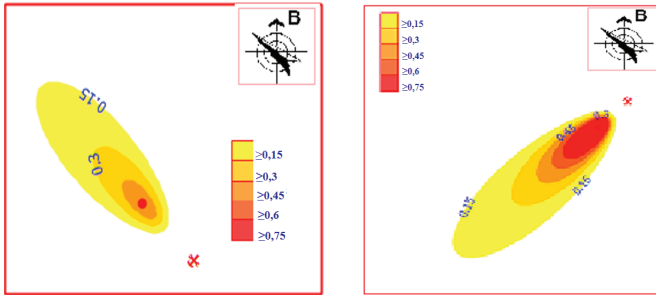


Hình 5. Sơ đồ mô phỏng mối tương quan giữa khu vực nghiên cứu (Viện Dưỡng lão và Công viên tâm linh Vĩnh Hằng, tỉnh Hòa Bình) và các đối tượng xung quanh.

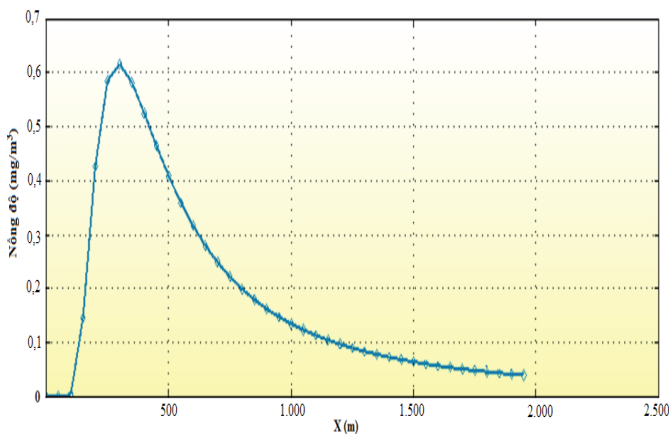
vực này, theo khoảng cách ô nhiễm vẫn nằm trong vùng chịu ảnh hưởng của lò hòa táng, nhưng mức độ rất thấp, gần như không bị tác động.

3.2. Trường hợp hệ thống xử lý bụi thải gặp sự cố (bụi không được xử lý)

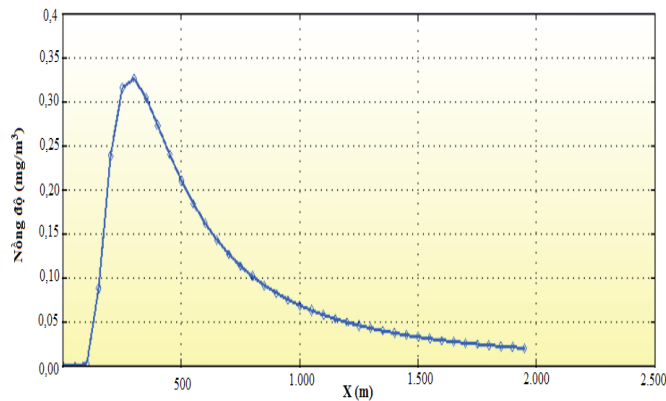
Nồng độ bụi phát thải là vào mùa hè là $0,15-0,6 \text{ mg/m}^3$ và mùa đông $0,08-0,33 \text{ mg/m}^3$. Kết quả chạy mô hình lan truyền bụi được thể hiện ở các hình 6-8.



Hình 6. Phân bố nồng độ bụi vào mùa hè và mùa đông.



Hình 7. Biểu đồ nồng độ bụi trung bình 1 giờ theo khoảng cách về mùa hè.



Hình 8. Biểu đồ nồng độ bụi trung bình 1 giờ theo khoảng cách về mùa đông.

Kết quả hình 6-8 cho thấy, với trường hợp hệ thống xử lý khí thải gặp sự cố, nồng độ các chất ô nhiễm không được xử lý ở mùa gió đông bắc (đông) lớn hơn gió mùa đông nam (hè), cụ thể: vào mùa đông, ở khoảng cách 100-700 m, nồng độ bụi vượt quy chuẩn từ 1,4 đến 10,2 lần; mùa hè, ở khoảng cách 100-800 m, nồng độ bụi vượt quy chuẩn cho phép từ 2,9 đến 13,1 lần.

Như vậy, nếu trường hợp lò hòa táng xảy ra sự cố, đối tượng chịu ảnh hưởng nhiều nhất là cán bộ, nhân viên của khu hòa táng và các khu vực dân cư xung quanh (Viện Dưỡng lão, khu dân cư xóm Ao Trạch, xóm Đĩnh, Công viên nghĩa trang Lạc Hồng Viên) đều bị ảnh hưởng ô nhiễm bụi.

Dựa vào kết quả chạy mô hình ENVIMAP 3.0 theo 2 trường hợp (hệ thống xử lý bụi thải lò hòa táng hoạt động ổn định, với hiệu suất đạt 90-95% và hệ thống xử lý bụi thải gặp sự cố) cho thấy, trường hợp xảy ra sự cố ở khoảng cách từ chân ống khói đến 1,9 km các đối tượng đều bị ảnh hưởng. Đặc biệt, khoảng cách 100-700 m vào mùa đông và khoảng cách 100-800 m vào mùa hè, nồng độ bụi đều vượt quy chuẩn cho phép. Đối với trường hợp hệ thống xử lý bụi thải hoạt động ổn định, nồng độ các chất ô nhiễm ở tất cả các khoảng cách đều nằm trong giới hạn cho phép của quy chuẩn. Đảm bảo toàn bộ bụi được xử lý triệt để trước khi thải ra môi trường.

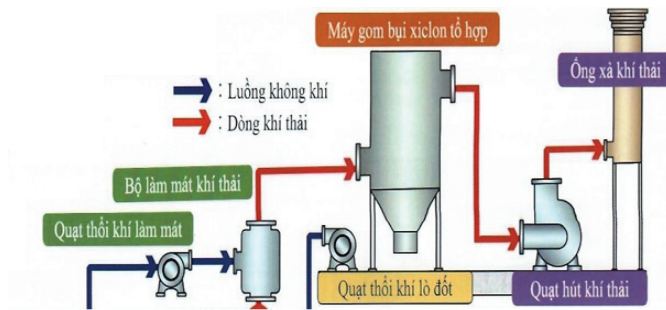
4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo nghiên cứu nồng độ phát thải bụi từ các lò hòa táng bằng ứng dụng mô hình ENVIMAP 3.0, góp phần cung cấp luận cứ khoa học cho các nhà quản lý về vùng chịu tác động bởi nguồn thải từ các lò hòa táng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc xây dựng các lò hòa táng thay thế cho việc cải táng là cần thiết ở các địa phương, nhằm bảo vệ môi trường và tiết kiệm chi phí, diện tích đất. Tuy nhiên, cần phải xây dựng phương án phòng ngừa sự cố môi trường, đánh giá chi tiết đối với các loại khí thải đầu ra, đặc biệt là bụi để xem xét sự phù hợp với các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành.

Trong trường hợp hệ thống xử lý bụi hoạt động hiệu quả, đối tượng bị ảnh hưởng chính là cán bộ nhân viên lò hòa táng, khách tham dự lễ hỏa táng trong phạm vi 100-150 m. Các khu vực dân cư xung quanh, theo khoảng cách ô nhiễm vẫn nằm trong vùng chịu ảnh hưởng của lò hòa táng nhưng mức độ rất thấp, gần như không bị tác động. Đối với trường hợp hệ thống xử lý bụi hoạt động không hiệu quả (gặp sự cố), ở khoảng cách từ chân ống khói đến 1,9 km các đối tượng đều bị ảnh hưởng. Cụ thể, vào mùa đông, nồng độ bụi vượt quy chuẩn cho phép 1,4 -10,2 lần; ở khoảng cách

100-800 m vào mùa hè, nồng độ bụi vượt quy chuẩn cho phép 2,9-13,1 lần.

Để góp phần giảm thiểu ô nhiễm mùi và bụi do hoạt động hỏa táng gây ra, các lò hỏa táng cần được trang bị hệ thống làm mát và gom bụi xyclon tổ hợp để xử lý chất thải, sau đó khí thải đi vào ống khói bằng quạt hút và xả khí thải ra ngoài (hình 9).



Hình 9. Hình ảnh minh họa hệ thống xử lý khí thải.

Với hệ thống làm mát, toàn bộ khí thải sau khi được đốt cháy sạch hoàn toàn tại buồng thứ cấp (nhiệt độ duy trì 1.050°C) được dẫn vào hệ thống làm mát bằng khí để hạ xuống 200°C ngăn chặn sự tái tổng hợp dioxin, khí mát được bơm vào bằng quạt hút khí. Hệ thống làm mát dạng xoắn ốc trộn lẫn khí thải và làm mát đến khi khí thải được làm mát đồng đều.

Với hệ thống gom bụi xyclon, khí thải sau khi được làm mát sẽ đi vào thiết bị gom bụi xyclon - một thiết bị dùng để ngăn chặn bụi thải vào khí quyển bằng cách loại bỏ bụi còn sót lại trong khí thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Q.H. Vuong, T.V. Phu, T.A.T. Le, et al. (2020), "Status of air pollution in Hanoi and recommendations to reduce pollution, 15th collection of scientific reports", *Institute of Meteorology - Hydrology Environment*, DOI: 10.3390/data6040039.
- [2] Nippon Koei CO., LTD., Pacific Consultants International, Almec Corporation (2007), *The Study for Update of Hoa Lac High-Tech Park Master Plan in the Socialist Republic of Vietnam*, https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11868551_01.pdf, 119pp.
- [3] N. Loi (2020), "Environmental pollution in Vietnam's craft villages", *E3S Web of Conferences*, **175**, DOI: 10.1051/e3sconf/202017506012.
- [4] BC Environmental Health Policy Advisory Committee (2012), "Health assessment for thermal treatment of municipal solid waste in British Columbia: Evidence review and recommendations", *Final Report of the Waste to Energy Working Group*, 94pp.
- [5] D.N. Bach, P.N. Ho, N.V. Hoài, et al. (2016), "Simulating the PM10 dispersion from traffic on Truong Chinh street, Hanoi, using Calroads view software", *VNU Science Journal: Earth and Environmental Sciences*, **32(1S)**, pp.24-30 (in Vietnamese).
- [6] L.T.Q. Ha, B.T. Long (2009), "Simulating air pollution and determining the horizontal turbulent diffusion coefficient", *9th Science and Technology Conference*, **6**, pp.737-752.
- [7] A. Fforde (1996), *From Plan to Market - The Economic Transition in Vietnam*, DOI: 10.4324/9780429039966, 374pp.

Đánh giá hiện trạng và triển vọng ứng dụng công nghệ y học hạt nhân ở Việt Nam

Hoàng Anh Tuấn*, Đỗ Ngọc Điệp

Cục Năng lượng Nguyên tử, 113 Trần Duy Hưng, phường Trung Hòa, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 14/5/2021; ngày chuyển phản biện 18/5/2021; ngày nhận phản biện 31/5/2021; ngày chấp nhận đăng 11/6/2021

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, các tác giả tổng hợp và phân tích kết quả điều tra thống kê trên quy mô toàn quốc giai đoạn 2017-2020 về trang thiết bị, nhân lực, số ca xạ hình và lượng dược chất phóng xạ của các cơ sở y học hạt nhân, từ đó đánh giá hiện trạng và triển vọng ứng dụng công nghệ y học hạt nhân ở Việt Nam, so sánh với mục tiêu quy hoạch đến năm 2020, làm cơ sở xây dựng quy hoạch giai đoạn 2021-2030. Kết quả điều tra thống kê chỉ ra rằng, đã có sự phát triển nhanh chóng mạng lưới y học hạt nhân ở Việt Nam trong giai đoạn thực hiện Quy hoạch chi tiết phát triển, ứng dụng bức xạ trong y tế đến năm 2020. Việt Nam với trên 97 triệu dân có tổng số 41 cơ sở y học hạt nhân, trong đó 36 cơ sở có thiết bị xạ hình, bao gồm 45 SPECT và SPECT/CT, 14 PET/CT, ngoài ra có 6 cyclotron tại Hà Nội, Đà Nẵng, TP Hồ Chí Minh và 1 lò phản ứng hạt nhân nghiên cứu tại Đà Lạt; đã đạt gần 0,6 thiết bị xạ hình trên 1 triệu dân và 35% số tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương có cơ sở y học hạt nhân. Tổng số nhân lực y học hạt nhân ở Việt Nam ước tính khoảng 180 bác sỹ, 90 nhân viên vật lý y khoa và 190 kỹ thuật viên. Phân bố địa lý các cơ sở y học hạt nhân tập trung chủ yếu ở Hà Nội và TP Hồ Chí Minh với 62% thiết bị xạ hình và 80% số ca xạ hình trong năm 2019. Mặc dù chưa đạt được mục tiêu đề ra trong Quy hoạch chi tiết đến năm 2020, nhưng lĩnh vực ứng dụng công nghệ y học hạt nhân ở Việt Nam đã có sự phát triển nhanh chóng và đạt được nhiều thành tựu quan trọng trong giai đoạn 10 năm qua, đứng top 3 trong khối ASEAN. Cần thiết phải xây dựng một lộ trình phát triển mạng lưới y học hạt nhân trong tương lai với ưu tiên đầu tư phát triển nguồn nhân lực chất lượng, ứng dụng công nghệ hình ảnh lai ghép hiện đại và một chương trình sản xuất dược chất phóng xạ dựa trên cyclotron và lò phản ứng hạt nhân nghiên cứu để tích hợp trong Quy hoạch phát triển, ứng dụng năng lượng nguyên tử giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Từ khóa: cyclotron, dược chất phóng xạ, PET/CT, quy hoạch, SPECT/CT, vật lý y khoa, y học hạt nhân.

Chỉ số phân loại: 2.11

1. Đặt vấn đề

Quy hoạch chi tiết phát triển, ứng dụng bức xạ trong y tế đến năm 2020 được ban hành theo Quyết định số 1958/QĐ-TTg ngày 4/11/2011 của Thủ tướng Chính phủ (Quy hoạch chi tiết) đã đặt ra mục tiêu đến năm 2020: thành lập và hoàn thiện mạng lưới các cơ sở y tế ứng dụng bức xạ trong khám, chữa bệnh, đào tạo và nghiên cứu khoa học, với các mục tiêu cụ thể như: 80% số tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương có cơ sở y học hạt nhân và cơ sở ung bướu có thiết bị xạ trị; toàn quốc đạt tỷ lệ ít nhất 1 thiết bị xạ trị và 1 thiết bị xạ hình trên 1 triệu dân; tập trung sản xuất đồng vị và dược chất phóng xạ đáp ứng 70% nhu cầu sử dụng... Để đánh giá kết quả đạt được so với mục tiêu, nhiệm vụ của Quy hoạch chi tiết trong lĩnh vực y học hạt nhân, đồng thời đánh giá nhu cầu và triển vọng phát triển giai đoạn sau năm 2020, chúng tôi đã tiến hành điều tra thống kê về cơ sở hạ tầng và nguồn nhân lực của các cơ sở y học hạt nhân trong toàn quốc. Kết quả điều tra thống kê được sử dụng để thảo luận về phân bố địa lý, phạm vi và quy mô ứng dụng công nghệ y học hạt nhân ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu góp

phần xây dựng Quy hoạch phát triển, ứng dụng năng lượng nguyên tử thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 được quy định tại Nghị định số 41/2019/NĐ-CP ngày 15/5/2019 của Chính phủ.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, các số liệu được tổng hợp từ một số nguồn, bao gồm kết quả điều tra thống kê về cơ sở hạ tầng và nguồn nhân lực y học hạt nhân trong toàn quốc, dữ liệu từ các công bố trong và ngoài nước có liên quan.

Chúng tôi đã xây dựng phương án, mẫu phiếu điều tra thống kê và gửi đến 41 cơ sở y học hạt nhân trên cả nước. Công tác điều tra thống kê được tiến hành theo hai đợt: đợt 1 từ tháng 8-12/2019, đợt 2 từ tháng 8-12/2020. Các chỉ tiêu thống kê bao gồm số lượng thiết bị xạ hình (SPECT, SPECT/CT, PET/CT), số ca xạ hình cho từng loại thiết bị, nguồn nhân lực (số bác sỹ, nhân viên vật lý y khoa và kỹ thuật viên), lượng đồng vị phóng xạ (^{18}F -FDG, ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{32}P , ^{90}Y , ^{125}I) được sử dụng trong các năm 2017, 2018, 2019 và thông tin liên quan của các cơ sở y học hạt nhân.

*Tác giả liên hệ: hatuan@most.gov.vn

Assessing the current status and prospects of nuclear medicine technology application in Vietnam

Anh Tuan Hoang*, Ngoc Diep Do

Vietnam Atomic Energy Agency,
113 Tran Duy Hung Street, Trung Hoa Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 14 May 2021; revised 7 June 2021; accepted 11 June 2021

Abstract:

In this study, the authors summarised and analysed the results of national statistical surveys in the period 2017-2020 on equipment, human resources, radionuclide imaging studies, and radiopharmaceuticals of nuclear medicine centres, thereby assessing the current status and prospects of nuclear medicine technology application in Vietnam, comparing it with the planned objectives to 2020, and serving as the basis for the planning in the period of 2021-2030. The results of the statistical survey showed that there has been a rapid development of the network of nuclear medicine centres in Vietnam in the period of implementing the detailed plan for the development and application of radiation in health up to 2020. Vietnam, with over 97 million people, has a total of 41 nuclear medicine centres, of which 36 are equipped with radionuclide imaging machines, including 45 SPECT and SPECT/CT, 14 PET/CT, 6 cyclotrons in Hanoi, Da Nang, Ho Chi Minh city, and 1 nuclear research reactor in Da Lat. Nearly 0.6 radionuclide imaging equipment per 1 million people has been reached, 35% of provinces and central cities have nuclear medicine centres equipped with radionuclide imaging equipment. The total number of nuclear medicine human resources in Vietnam is estimated at 180 doctors, 90 medical physics staff, and 190 technicians. The geographical distribution of nuclear medicine centres is mainly concentrated in Hanoi and Ho Chi Minh city with 62% of radionuclide imaging equipment and 80% of radionuclide imaging studies in 2019. Although the objectives of the detailed plan until 2020 have not been achieved, the field of nuclear medicine technology application in Vietnam has rapidly developed for the last ten years and achieved many important signs of progress ranking in the top three in ASEAN. It is necessary to develop a roadmap for the development of a nuclear medicine network in the future; with a priority to invest in developing quality human resources, applying modern hybrid imaging technology, and a program of producing radiopharmaceutical substances based on cyclotron and research reactor which shall be integrated into the Atomic Energy Application Development Plan for the period 2021-2030, vision to 2050.

Keywords: cyclotron, medical physics, nuclear medicine, PET/CT, planning, radiopharmaceuticals, SPECT/CT.

Classification number: 2.11

Thông qua phân bố số lượng ca xạ hình trên 1 thiết bị trong năm của các cơ sở y học hạt nhân, có thể đánh giá năng lực chẩn đoán hình ảnh và hiệu quả đầu tư thiết bị. Việc tổng hợp và phân tích số liệu thống kê thu được cùng với các thông tin có liên quan cho chúng ta một bức tranh tổng thể vĩ mô về tốc độ phát triển, phân bố địa lý và hoạt động của mạng lưới y học hạt nhân, làm cơ sở đánh giá kết quả thực hiện Quy hoạch chi tiết đến năm 2020 và thảo luận triển vọng phát triển trong tương lai ở Việt Nam.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Tốc độ phát triển và phân bố địa lý

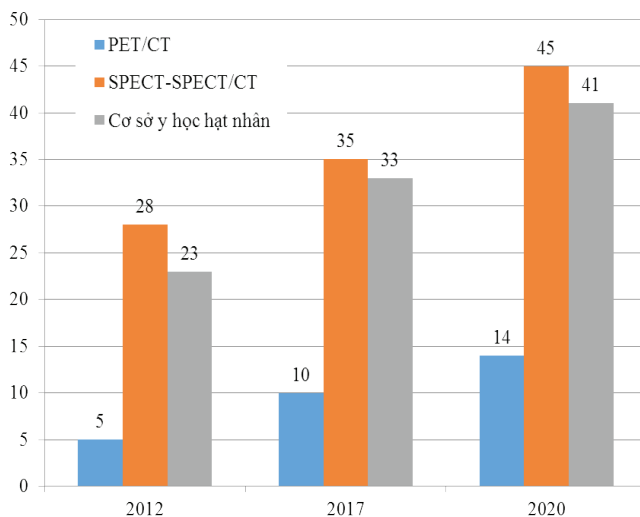
Kết quả điều tra thống kê về thiết bị và nguồn nhân lực tại 41 cơ sở y học hạt nhân (13 cơ sở trung ương và 28 cơ sở tuyến tỉnh) được trình bày trong bảng 1, trong đó 36 cơ

Bảng 1. Thiết bị xạ hình của 41 cơ sở y học hạt nhân ở Việt Nam.

TT	Bệnh viện	SPECT, SPECT/CT	PET/CT	TT	Bệnh viện	SPECT, SPECT/CT	PET/CT
1	Trung ương Quân đội 108	5	2	20	Ứng Bướu Nghệ An	1	0
2	Quân y 103	1	1	21	Đa khoa Hà Tĩnh	1	0
3	Hữu nghị Việt Tiệp	1	0	22	Đa khoa Phú Yên	1	0
4	Bạch Mai	2	1	23	Ứng Bướu Đà Nẵng	2	0
5	Ứng Bướu Hà Nội	2	1	24	Đa khoa Đà Nẵng	2	1
6	K	2	1	25	Trung ương Huế	1	0
7	Nhi Trung ương	1	0	26	Quân y 4	1	0
8	Hữu nghị Việt Đức	0	1	27	Quân y 175	1	1
9	Vinmec	1	1	28	Chợ Rẫy	1	1
10	Tim Hà Nội	1	0	29	Ứng Bướu TP Hồ Chí Minh	2	1
11	Nội tiết Trung ương	1	0	30	FV	1	0
12	Y học phóng xạ và U bướu Quân đội	2	0	31	Nhân dân 115	0	1
13	Đa khoa Lào Cai	1	0	32	Y dược TP Hồ Chí Minh	1	0
14	Trung ương Thái Nguyên	1	0	33	Nhi đồng TP Hồ Chí Minh	1	0
15	Đa khoa Hải Dương	1	0	34	Đa khoa Đồng Nai	1	0
16	Đa khoa Bắc Ninh	1	0	35	Ứng Bướu TP Cần Thơ	1	0
17	Đa khoa Bãi Cháy	1	0	36	Đa khoa Kiên Giang	1	1 (chưa hoạt động)
18	Đa khoa Vĩnh Phúc	1	0	37	05 cơ sở khác	0	0
19	Việt Nam-Thụy Điển Uông Bí	1	0	Tổng cộng		45	14

sở có thiết bị xạ hình với tổng số 45 SPECT và SPECT/CT, 14 PET/CT (1 PET/CT tại Bệnh viện Đa khoa Kiên Giang chưa hoạt động do ở xa cơ sở cyclotron), 5 cơ sở chưa có thiết bị xạ hình. Năm 2020, với dân số trên 97 triệu người, Việt Nam có tổng số 58 thiết bị xạ hình đang hoạt động tại 36 cơ sở y học hạt nhân (45 SPECT và SPECT/CT, 13 PET/CT), tương đương 0,6 thiết bị xạ hình trên 1 triệu dân, 6 cyclotron và 1 lò phản ứng hạt nhân nghiên cứu.

Sự phát triển ứng dụng công nghệ y học hạt nhân ở Việt Nam từ năm 2012 [1] đến năm 2017 [2] và năm 2020 theo thống kê của chúng tôi được thể hiện trên hình 1. Có sự tăng trưởng nhanh về số lượng cơ sở y học hạt nhân, thiết bị xạ hình và cyclotron trong giai đoạn thực hiện Quy hoạch chi tiết, tuy nhiên, số lượng thiết bị vẫn còn xa so với mục tiêu quy hoạch là có ít nhất một thiết bị xạ hình trên một triệu dân vào năm 2020.



Hình 1. Phát triển y học hạt nhân ở Việt Nam trong giai đoạn 2012-2020.

Thống kê về cơ sở y học hạt nhân trong bảng 1 cho thấy, hiện chỉ có khoảng 35% số địa phương của cả nước có cơ sở y học hạt nhân so với mục tiêu đặt ra trong quy hoạch chi tiết là 80% số tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương có cơ sở y học hạt nhân. Từ số liệu điều tra thống kê, phân bố địa lý cơ sở y học hạt nhân của Việt Nam ở 3 vùng Bắc Bộ, Trung Bộ và Tây Nguyên, Nam Bộ và tại 3 thành phố lớn là Hà Nội, Đà Nẵng và TP Hồ Chí Minh đã được tổng hợp. Trong khi dân số của các vùng này chiếm tương ứng 36%, 28% và 36% dân số của cả nước, thì số lượng thiết bị xạ hình được phân bố tương ứng khoảng 57%, 17% và 26%. Các cơ sở y học hạt nhân tập trung chủ yếu ở Hà Nội, Đà Nẵng và TP Hồ Chí Minh với số lượng thiết bị xạ hình lần lượt chiếm khoảng 43%, 8,6% và 19% số lượng của cả nước. Năm 2019, số ca xạ hình tại Hà Nội và TP Hồ Chí Minh chiếm gần 80% tổng số ca xạ hình của cả nước.

3.2. Nguồn nhân lực

Số liệu thống kê nhân lực, bao gồm bác sỹ và nhân lực kỹ thuật (nhân lực lâm vật lý y khoa và kỹ thuật) của 41 cơ sở y học hạt nhân được trình bày trong bảng 2, trong đó 16 cơ sở thiếu số liệu nhân lực.

Bảng 2. Nhân lực của 41 cơ sở y học hạt nhân ở Việt Nam.

TT	Bệnh viện	Nhân lực kỹ thuật	Bác sỹ	TT	Bệnh viện	Nhân lực kỹ thuật	Bác sỹ
1	Trung ương Quân đội 108	12	7	20	Ung bướu Nghệ An	6	8
2	Quân y 103	6	5	21	Đa khoa Hà Tĩnh	2	3
3	Hữu nghị Việt Tiệp	6	2	22	Đa khoa Phú Yên	1	1
4	Bạch Mai	9	15	23	Ung bướu Đà Nẵng	9	3
5	Ung bướu Hà Nội	11	4	24	Đa khoa Đà Nẵng	3	5
6	K	5	5	25	Trung ương Huế	4	4
7	Nhi Trung ương	4	2	26	Quân y 4	N/A	N/A
8	Hữu nghị Việt Đức	N/A	N/A	27	Quân y 175	11	3
9	Vinmec	N/A	N/A	28	Chợ Rẫy	24	9
10	Tâm Hà Nội	N/A	N/A	29	Ung bướu TP Hồ Chí Minh	30	8
11	Nội tiết Trung ương	15	5	30	FV	N/A	N/A
12	Y học phóng xạ và Ung bướu Quân đội	15	25	31	Nhân dân 115	N/A	N/A
13	Đa khoa Lào Cai	N/A	N/A	32	Y dược TP Hồ Chí Minh	4	2
14	Trung ương Thái Nguyên	N/A	N/A	33	Nhi đồng TP Hồ Chí Minh	N/A	N/A
15	Đa khoa Hải Dương	N/A	N/A	34	Đa khoa Đồng Nai	3	2
16	Đa khoa Bắc Ninh	6	2	35	Ung bướu TP Cần Thơ	3	1
17	Bãi Cháy	6	2	36	Đa khoa Kiên Giang	N/A	N/A
18	Đa khoa Vĩnh Phúc	26	13	37	05 cơ sở khác	N/A	N/A
19	Việt Nam-Thụy Điển Uông Bí	4	2		Tổng cộng	225	138

* N/A: không có số liệu.

Cục Năng lượng nguyên tử đã nhận được báo cáo đầy đủ chỉ tiêu thống kê nhân lực của 25 bệnh viện có thiết bị xạ hình (69%) với tổng số 138 bác sỹ và 225 nhân viên kỹ thuật, được trang bị tổng số 46 thiết bị xạ hình (36 SPECT, SPECT/CT (80%) và 10 PET/CT (77%)). Đối với 25 cơ sở này, trung bình có khoảng 3 bác sỹ và 5 nhân viên kỹ thuật trên 1 thiết bị xạ hình. Có 11 bệnh viện có thiết bị xạ hình (9 SPECT, SPECT/CT và 4 PET/CT) và 5 bệnh viện chưa có thiết bị xạ hình còn thiếu số liệu thống kê nhân lực. Nhân lực kỹ thuật của các cơ sở y học hạt nhân đa số tốt nghiệp các chuyên ngành kỹ thuật hạt nhân, khoảng 35% có trình độ thạc sỹ, tuy nhiên chỉ có một vài người có bằng thạc sỹ hoặc tiến sỹ vật lý y khoa do nước ngoài đào tạo vài năm gần đây.

Cần lưu ý ở đây là số lượng nhân lực nêu trên không chỉ phục vụ riêng cho hoạt động xạ hình mà còn cho các hoạt động khác như điều trị bằng dược chất phóng xạ, nghiên cứu, đào tạo y học hạt nhân và kỹ thuật liên quan. Để ước tính số lượng nhân lực của 16 cơ sở y học hạt nhân còn thiếu số liệu trong bảng 2, chúng tôi giả thiết như sau: đối với 11 cơ sở y học hạt nhân có thiết bị xạ hình, giả thiết mỗi cơ sở có 3 bác sĩ, 4 nhân viên vật lý y khoa và kỹ thuật viên; đối với 5 cơ sở y học hạt nhân chưa có thiết bị xạ hình, giả thiết mỗi cơ sở có 2 bác sĩ, 2 nhân viên vật lý y khoa và kỹ thuật viên. Khi đó, tổng số nhân lực của 41 cơ sở y học hạt nhân hiện nay ở Việt Nam ước tính khoảng 180 bác sĩ, 280 nhân viên vật lý y khoa và kỹ thuật viên.

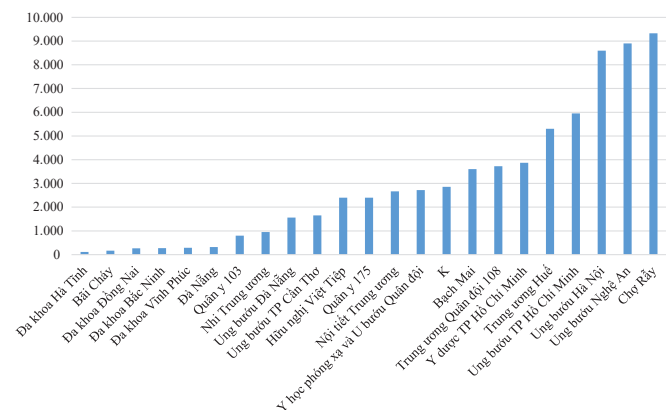
Câu hỏi đặt ra là cần thiết bao nhiêu nhân viên vật lý y khoa làm việc toàn thời gian trong một cơ sở y học hạt nhân có thiết bị xạ hình. Số lượng nhân viên vật lý y khoa phụ thuộc vào quy mô các hoạt động xạ hình, điều trị dược chất phóng xạ, nghiên cứu, đào tạo y học hạt nhân và kỹ thuật liên quan. Ngoài hoạt động xạ hình, số lượng nhân viên vật lý y khoa cho các hoạt động điều trị, nghiên cứu y học hạt nhân và kỹ thuật liên quan là 1-2 người tùy mức độ hoạt động của cơ sở. Để xác định số nhân viên vật lý y khoa cho hoạt động chẩn đoán xạ hình, chúng tôi áp dụng phương pháp tính toán theo hướng dẫn của Hiệp hội các tổ chức vật lý y khoa châu Âu [3] thông qua Hệ số tương đương toàn thời gian (FTE). Hệ số FTE là phần thời gian mà một nhân viên vật lý y khoa cần phải làm việc để đảm bảo yêu cầu công tác vật lý y khoa trong ứng dụng thiết bị xạ hình của một cơ sở y học hạt nhân với thời gian làm việc 8 giờ/ngày và 5 ngày/tuần.

Dựa trên số liệu thống kê về thiết bị xạ hình, số ca xạ hình trong năm 2019, chúng tôi tính toán giá trị FTE của 23 cơ sở y học hạt nhân có đầy đủ số liệu xạ hình và nhân lực trong bảng 2 (Bệnh viện Đa khoa Phú Yên và Bệnh viện Việt Nam - Thụy Điển không có số liệu số ca xạ hình). Kết quả là: $FTE=0,27-0,33$ đối với 11 cơ sở có 1 thiết bị xạ hình; $FTE=0,57-0,94$ đối với 11 cơ sở có 2 hoặc 3 thiết bị xạ hình; Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 có $FTE=2,08$ với 5 SPECT và SPECT/CT, 2 PET/CT. Điều này có nghĩa là, với các cơ sở có $FTE<0,5$, chỉ cần 1 nhân viên vật lý y khoa làm việc đồng thời cho 2 cơ sở; với cơ sở có $0,5<FTE<1,0$, cần có 1 nhân viên vật lý y khoa cho mỗi cơ sở. Do thực tế các cơ sở y học hạt nhân hoạt động tương đối độc lập và không có tổ chức dịch vụ vật lý y khoa chung cho các bệnh viện, nên mỗi cơ sở xạ hình có $FTE<1,0$ cần 1 nhân viên vật lý y khoa, cơ sở có $1,0<FTE<2,0$ cần 2 nhân viên vật lý y khoa.

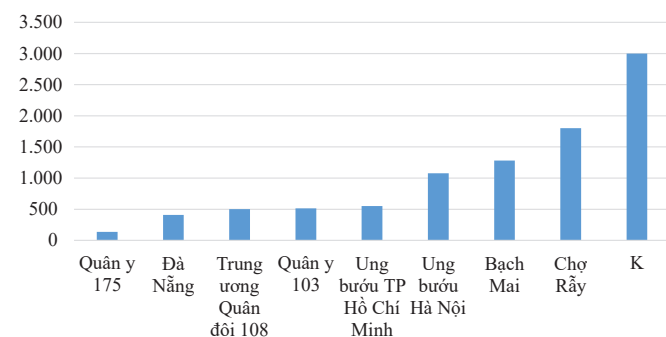
Với cách tính toán như trên, số lượng nhân viên vật lý y khoa tối thiểu cần thiết của một cơ sở y học hạt nhân sẽ là 2-4 người tùy theo quy mô hoạt động. Số lượng kỹ thuật viên cần thiết bằng 1,5-2 lần số lượng nhân viên vật lý y khoa [3]. Từ tính toán và phân tích nêu trên, ước tính ở nước ta hiện nay có khoảng 90 nhân viên làm nhiệm vụ vật lý y khoa trong tổng số khoảng 280 nhân lực kỹ thuật.

3.3. Năng lực xạ hình

Một trong các chỉ số quan trọng đánh giá năng lực ứng dụng công nghệ xạ hình là số ca xạ hình trung bình trên một thiết bị trong năm của một cơ sở y học hạt nhân. Trên thực tế, 4 thiết bị SPECT của Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 được sử dụng chụp xạ hình 2D theo chế độ gamma camera. Từ số liệu thống kê xạ hình của 23 cơ sở y học hạt nhân với 30 SPECT, SPECT/CT (66,7%) và 9 cơ sở y học hạt nhân với 10 PET/CT (76,9%) trong năm 2019, phân bố số ca xạ hình 3D trên một thiết bị được trình bày trên hình 2A và 2B.



Hình 2A. Phân bố số ca xạ hình trung bình trên 1 thiết bị SPECT, SPECT/CT của 23 cơ sở y học hạt nhân trong năm 2019.



Hình 2B. Phân bố số ca xạ hình trung bình trên 1 thiết bị PET/CT của 9 cơ sở y học hạt nhân trong năm 2019.

Năm 2019, số ca xạ hình trung bình trên một thiết bị của 23 cơ sở y học hạt nhân tương ứng là 3.127 ca xạ hình/thiết bị SPECT, SPECT/CT và 977 ca xạ hình/thiết bị PET/CT. Chỉ có 7 trong số 23 bệnh viện trên hình 2A có chỉ số năng lực xạ hình photon vượt 3.000 ca xạ hình/thiết bị/năm, 4 cơ sở trên hình 2B có chỉ số năng lực xạ hình positron vượt 1.000 ca xạ hình/thiết bị/năm. Rõ ràng rằng, đối với các cơ sở có nhiều bệnh nhân với chỉ số năng lực xạ hình cao, cần sớm đầu tư bổ sung thiết bị xạ hình và nhân lực. Đối với các cơ sở có chỉ số năng lực xạ hình thấp, cần nâng cao năng lực chẩn đoán hình ảnh y học hạt nhân và hiệu quả đầu tư thiết

bị xạ hình. Đối với 13 cơ sở còn lại thiếu số liệu xạ hình của 11 SPECT, SPECT/CT và 3 PET/CT, nếu giả thiết số ca xạ hình trung bình là 1.500 ca đối với SPECT, SPECT/CT và 400 ca đối với PET/CT, khi đó tổng số ca xạ hình năm 2019 ở Việt Nam ước lượng khoảng 110.000 ca SPECT, SPECT/CT và 11.000 ca PET/CT, thấp hơn năm 2018.

3.4. Sản xuất và sử dụng dược chất phóng xạ

Dược chất phóng xạ F18-FDG được sản xuất chủ yếu từ 3 cyclotron tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108, Bệnh viện Ung bướu Đà Nẵng và Bệnh viện Chợ Rẫy. Ngoài ra, có 3 cyclotron ở Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, trong đó 2 cyclotron mới thử nghiệm hoạt động trong năm 2020 và chưa có số liệu sản xuất F18-FDG. Dược chất phóng xạ được sản xuất từ Lò phản ứng nghiên cứu hạt nhân tại Đà Lạt cũng đã được tổng hợp, cho phép đánh giá tỷ lệ sản xuất trong nước đối với các đồng vị phóng xạ sống dài.

Bảng 3 trình bày lượng dược chất phóng xạ sử dụng tại 27 cơ sở y học hạt nhân chủ yếu trong các năm 2017-2020, lượng sản xuất trong nước từ Lò phản ứng nghiên cứu hạt nhân tại Đà Lạt và lượng sản xuất F18-FDG từ 3 trong số 6 cyclotron. Tổng lượng dược chất F18-FDG sụt giảm trong các năm 2018-2020 so với năm 2017 chủ yếu là do sửa chữa thiết bị cyclotron tại Bệnh viện Chợ Rẫy (2018-2019) và do đại dịch Covid-19. Mặc dù khó khăn về nhập khẩu dược chất phóng xạ do đại dịch Covid-19, nhưng nhờ tăng thời gian vận hành lên 4.300 giờ nên Lò phản ứng nghiên cứu hạt nhân tại Đà Lạt đã sản xuất và cung cấp 977.000 mCi dược chất phóng xạ cả năm 2020, giúp các cơ sở y học hạt nhân duy trì hoạt động chẩn đoán và điều trị. Trong năm 2020, tiêu chuẩn GMP đã và đang được thực hiện thành công tại cơ sở lò phản ứng và 2 cơ sở cyclotron ở Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam.

Bảng 3. Sản xuất và sử dụng dược chất phóng xạ ở Việt Nam (x1000 mCi).

Năm	Tổng (I=II+III)	F18-FDG (II)	I-131, Tc-99m, I-125, Y-90, P-32 (III)	Sản xuất từ Lò phản ứng hạt nhân tại Đà Lạt	
				(IV)	(V=IV/III*100%)
2017	2.044	474	1.570	211	13%
2018	2.127	297	1.830	383	21%
2019	1.553	129	1.424	551	39%
1-9/2020	1.283	78	1.205	733	61%

Nhiều kỹ thuật y học hạt nhân hiện đại đã được nghiên cứu và ứng dụng thành công tại Việt Nam như thông tắc bằng vi cầu phóng xạ điều trị ung thư biểu mô tế bào gan (HCC), điều trị miễn dịch phóng xạ với kháng thể đơn dòng Rituzumab gắn I-131, cấy hạt phóng xạ trong điều trị ung thư tuyến tiền liệt; xạ trị chọn lọc bằng hạt vi cầu phóng xạ trong điều trị ung thư gan... Các dược chất phóng xạ I-131 và Tc-99m được sử dụng khá phổ biến ở Việt Nam, tương ứng khoảng 1.370.000 mCi và 420.000 mCi trong năm 2018. Phương pháp điều trị ung thư gan nguyên phát

và thứ phát sử dụng hạt vi cầu phóng xạ Y-90 đã được áp dụng thành công từ năm 2014 tại Bệnh viện Bạch Mai [4] và Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 [5] với lượng dược chất khoảng 30.000 mCi trong năm 2019. Phương pháp cấy hạt phóng xạ I-125 điều trị ung thư tuyến tiền liệt được áp dụng thành công lần đầu tiên tại Bệnh viện Bạch Mai vào năm 2015 [4], tiếp theo tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 và Bệnh viện Chợ Rẫy. Năm 2019, lượng dược chất I-125 được sử dụng khoảng 62.000 mCi, phần lớn tại Bệnh viện Trung ương Quân đội 108.

3.5. Triển vọng phát triển

Trong khối ASEAN, Việt Nam, Malaysia và Thái Lan có số lượng thiết bị xạ hình y học hạt nhân nhiều nhất. Các khu vực Mỹ Latinh [6], Trung Đông [7] đạt khoảng 2,2 thiết bị xạ hình/triệu dân. Hàn Quốc đạt 3,7 thiết bị xạ hình/triệu dân với 45 SPECT và 148 hệ thống PET/CT [8]. Đáng chú ý là ở Hàn Quốc, với xu hướng ứng dụng các công nghệ xạ hình lai ghép hiện đại như SPECT/CT, PET/CT, PET/MRI, số lượng PET/CT vượt xa số lượng SPECT, SPECT/CT. Việc so sánh mức độ phát triển y học hạt nhân của các quốc gia có thu nhập trung bình và trung bình cao với hiện trạng y học hạt nhân ở nước ta trong tương quan với phát triển kinh tế - xã hội là cần thiết khi xây dựng mục tiêu phát triển ứng dụng công nghệ y học hạt nhân. Với dự báo tăng trưởng GDP khoảng 7%/năm ở Việt Nam, có thể đặt ra mục tiêu phát triển đạt 1 thiết bị xạ hình/triệu dân giai đoạn 2025-2030 và đạt 1,5-2,0 thiết bị xạ hình/triệu dân giai đoạn 2040-2050. Căn cứ kết quả đã trình bày trong nghiên cứu này, có thể dự báo nhu cầu thiết bị, nhân lực, lượng dược chất phóng xạ và từ đó xây dựng kế hoạch phát triển phù hợp về ứng dụng công nghệ y học hạt nhân.

Trong khi nhiều nước ASEAN [9] đã hình thành hệ thống đào tạo vật lý y khoa theo chuẩn mực quốc tế, bao gồm đào tạo thạc sỹ vật lý y khoa và đào tạo thực hành lâm sàng ở bệnh viện, thì ở Việt Nam mới có Trường Đại học Nguyễn Tất Thành đào tạo hệ cử nhân, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên TP Hồ Chí Minh và Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đang xúc tiến chương trình đào tạo vật lý y khoa, một vài bệnh viện đã có các khóa đào tạo thực hành lâm sàng ngắn hạn. Bài toán hiện nay là cần triển khai một chương trình quốc gia về đào tạo vật lý y khoa cả về học thuật và thực hành lâm sàng, vừa đáp ứng chuẩn mực quốc tế, vừa thích hợp với thực tiễn y học hạt nhân ở Việt Nam. Trong ngắn hạn và trung hạn, đối với các cơ sở có nhiều bệnh nhân với chỉ số năng lực xạ hình tương đối cao, cần sớm đầu tư bổ sung thiết bị xạ hình và nhân lực. Đối với những cơ sở có chỉ số năng lực xạ hình còn thấp, cần có kế hoạch nâng cao năng lực chẩn đoán hình ảnh và hiệu quả đầu tư thiết bị.

Về phân bố địa lý, mặc dù không nhất thiết phải có các cơ sở y học hạt nhân ở hầu hết các địa phương, nhưng cần nhấn mạnh rằng, để nâng cao khả năng tiếp cận ứng dụng công nghệ y học hạt nhân của người dân và phục vụ chẩn

đoán, điều trị ngày càng tốt hơn, cần phải quan tâm hơn đến việc phát triển cơ sở y học hạt nhân ở các địa phương, nhất là khu vực Tây Bắc, miền Trung, Tây Nguyên và Đồng bằng sông Cửu Long. Trong xây dựng Quy hoạch phát triển, ứng dụng năng lượng nguyên tử giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 được Thủ tướng Chính phủ giao tháng 1/2021, ngoài việc quy hoạch chiến lược phát triển các trung tâm y học hạt nhân lớn ở Hà Nội, Đà Nẵng, TP Hồ Chí Minh, cần có kế hoạch cụ thể về đầu tư trang thiết bị và nguồn nhân lực chất lượng cho các bệnh viện có ứng dụng y học hạt nhân ở các thành phố khác có tiềm năng, là động lực phát triển kinh tế - xã hội.

Đến năm 2020, sản xuất dược chất phóng xạ từ Lò phản ứng hạt nhân tại Đà Lạt đã đáp ứng trên 60% nhu cầu trong nước so với mục tiêu 70% trong Quy hoạch chi tiết. Tuy nhiên, trong dài hạn, do nhu cầu dược chất phóng xạ ngày càng cao, trong khi công suất của lò phản ứng rất thấp (500 kW), việc chủ động sản xuất dược chất với đồng vị phóng xạ sống dài để đáp ứng nhu cầu trong nước phải trông cậy vào dự án xây dựng lò phản ứng nghiên cứu mới công suất cao đang được triển khai. Với ưu việt của công nghệ chẩn đoán xạ hình positron, nhu cầu đầu tư thiết bị PET/CT, PET/MRI đồng bộ với đầu tư cyclotron và sản xuất các dược chất ngoài F18-FDG là triển vọng cần được xem xét theo hướng số lượng PET/CT tăng dần và nhiều hơn số lượng SPECT/CT trong tương lai. Tiêu chuẩn GMP cần được thực hiện ở các cơ sở cyclotron, tiêu chuẩn GLP cần được thực hiện ở các cơ sở y học hạt nhân. Việc phát triển sản xuất dược chất phóng xạ trong nước cần phải gắn liền với đào tạo nhân lực hóa dược phóng xạ. Những điều này cho thấy sự cần thiết xây dựng một chương trình sản xuất dược chất phóng xạ dựa trên cyclotron và lò phản ứng nghiên cứu, gắn liền với đầu tư đồng bộ thiết bị xạ hình tiên tiến và phát triển nguồn nhân lực.

4. Kết luận

Kết quả điều tra thống kê về cơ sở hạ tầng và nguồn nhân lực y học hạt nhân ở Việt Nam chứng tỏ sự tăng trưởng đáng kể về số lượng cơ sở y học hạt nhân, thiết bị xạ hình, nguồn nhân lực và hoạt động chẩn đoán, điều trị ứng dụng công nghệ y học hạt nhân trong giai đoạn thực hiện Quy hoạch chi tiết phát triển, ứng dụng bức xạ trong y tế đến năm 2020. Việt Nam đã phát triển 41 cơ sở y học hạt nhân, đạt tỷ lệ gần 0,6 thiết bị xạ hình/triệu dân và 35% số tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương có cơ sở y học hạt nhân. Tổng số bác sĩ, nhân viên vật lý y khoa và kỹ thuật viên ước tính tương ứng là 180, 90 và 190 người. Có sự tập trung cao đội ngũ chuyên gia, thiết bị xạ hình (62%) và số ca xạ hình (80%) ở Hà Nội và TP Hồ Chí Minh. Sản xuất từ Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt theo chuẩn GMP có thể cung cấp trên 60% nhu cầu hàng năm dược chất phóng xạ sống dài trong nước. Sự khác nhau lớn về năng lực xạ hình của các cơ sở y học hạt nhân ở Hà Nội, TP Hồ Chí Minh so với các cơ sở ở địa phương khác chứng tỏ cần phải có nhiều nỗ lực và nguồn lực để

nâng cao năng lực và hiệu quả đầu tư thiết bị cho các bệnh viện ở các địa phương. Kết quả nghiên cứu này là cơ sở để xây dựng một lộ trình phát triển mạng lưới y học hạt nhân trong tương lai với ưu tiên đầu tư phát triển nguồn nhân lực chất lượng, ứng dụng công nghệ hình ảnh lai ghép hiện đại và một chương trình sản xuất dược chất phóng xạ dựa trên cyclotron và lò phản ứng nghiên cứu để tích hợp trong Quy hoạch phát triển, ứng dụng năng lượng nguyên tử giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài “Xây dựng bản đồ công nghệ bức xạ và đồng vị phóng xạ trong lĩnh vực y tế, công nghiệp” mã số ĐM.48.DA/19 thuộc Chương trình Đổi mới công nghệ quốc gia. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Ban chủ nhiệm và các cơ quan quản lý Chương trình, các bệnh viện có cơ sở y học hạt nhân đã hỗ trợ thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Kosuda, T. Saga, D. Paez (2013), “Report on the current nuclear medicine status of the Asian member states from the Initial cooperative project meeting (RAS6061/9001/01) of International Atomic Energy Agency/Regional Cooperative Agreement (IAEA/RCA)”, *Austral - Asian Journal of Cancer*, **12**(3), pp.135-145.
- [2] H.A. Tuan (2017), “Overview of the development and application of radiation technology in Vietnam”, *Proceedings of The Advanced Radiation Technology Workshop, Vietnam Atomic Energy Agency*, pp.1-8 (in Vietnamese).
- [3] ASN/SFPM Recommendations (2013), *Medical Physics Personnel for Medical Imaging Requirements, Conditions of Involvement and Staffing Levels*, <http://www.french-nuclear-safety.fr>, or <http://www.sfp.asso.fr/>, accessed 24 March 2021.
- [4] P.T. Len, M.T. Khoa, T.D. Ha, et al. (2015), “Prostate cancer treatment using I-125 radioactive seed implantation”, *Journal of Clinical Medicine*, **29**, pp.93-101 (in Vietnamese).
- [5] L.N. Ha (2017), “Application of radiation technology, nuclear medicine and radiopharmaceutical production on the 30 MeV Cyclotron accelerator at 108 Central Military Hospital”, *Proceedings of The Advanced Radiation Technology Workshop, Vietnam Atomic Energy Agency*, pp.81-87 (in Vietnamese).
- [6] D. Páez, P. Orellana, C. Gutiérrez, et al. (2015), “Current status of nuclear medicine practice in Latin America and the Caribbean”, *J. Nuclear Medicine*, **56**(10), pp.1629-1634, DOI: 10.2967/jnumed.114.148932.
- [7] D. Páez, T. Beci, U. Bhonsle, et al. (2016), “Current status of nuclear medicine practice in the Middle East”, *Seminars in Nuclear Medicine*, **46**(4), pp.265-272, DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2016.01.005.
- [8] I. Yoo, E.K. Choi, Y.A. Chung (2017), “The current status of SPECT or SPECT/CT in South Korea”, *Nucl. Med. Mol. Imaging*, **51**(2), pp.101-105, DOI: 10.1007/s13139-016-0417-x.
- [9] J.H.D. Wong, K.H. Ng, S. Sarasanandarajah (2019), “Survey of postgraduate medical physics programmes in the Asia-Oceania region”, *Physica Medica*, **66**, pp.21-28, DOI: 10.1016/j.ejmp.2019.09.079.

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 1 - January 2022

Phân rã gamma nối tầng bậc hai từ trạng thái hợp phần về trạng thái cơ bản của hạt nhân ^{182}Ta .

Nguyễn Ngọc Anh, Nguyễn Xuân Hải, Trần Anh Khôi, Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc, Phạm Đình Khang, Đinh Thị Tường Quy, Cao Minh Nhân

Xác định hàm lượng Piperin trong hồ tiêu ở tỉnh Kon Tum bằng phương pháp quang phổ hấp thụ phân tử UV-Vis.

Nguyễn Lê Kim Phụng, Nguyễn Thị Hồng Nhung, Nguyễn Trần Kim Tiền, Nguyễn Ngọc Phương, Bùi Quang Minh, Lê Minh Tuấn

Đánh giá tài nguyên nước dưới đất trong các thành tạo bờ rời thung lũng Mường Thanh bằng phương pháp mô hình số.

Nguyễn Huy Vượng, Nguyễn Bách Thảo, Trần Văn Quang, Nguyễn Thành Công, Phạm Tuấn, Đào Đức Bằng

Phân lập vi khuẩn phân hủy toluene và khảo sát khả năng phân hủy hỗn hợp hydrocarbon thơm trong nước thải phòng thí nghiệm.

Nguyễn Thị Phi Oanh, Lê Hoàng Khang

Khảo sát ảnh hưởng của một số nguồn cacbon và nitơ đến khả năng sinh trưởng và kháng khuẩn của chủng *Streptomyces* sp. HM9 phân lập từ hải miên.

Phạm Thị Miên, Lê Kiều Hân, Nguyễn Thị Kim Cúc

Nghiên cứu đánh giá độ phong phú, tương đồng của loài ve sầu (Hemiptera: Cicadidae) ở khu vực Tây Bắc.

Lưu Hoàng Yến, Phạm Hồng Thái, Bùi Thu Quỳnh

Nghiên cứu hiệu lực ức chế vi khuẩn khử sunphat của một số nano kim loại.

Hoàng Anh Sơn, Công Hồng Hạnh, Nguyễn Hồng Nhung, Vũ Hồng Sơn, Phạm Duy Khánh, Trần Thị Hương, Trần Quế Chi

Thiết kế tối ưu rời rạc dầm thép liên hợp trong cầu dầm nhịp giản đơn.

Trương Việt Hùng

Tổng hợp benzenesulfonamide serinol bằng phản ứng Hinsberg.

Nguyễn Vũ Việt Linh, Trần Thị Xuân Thảo, Nguyễn Ngọc Tấn, Huỳnh Đại Phú

Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm.

Phạm Văn Doanh, Nguyễn Bình Minh, Trần Thị Việt Nga

Nghiên cứu đánh giá nguy cơ lan truyền ô nhiễm bụi từ lò hóa táng bằng ứng dụng mô hình ENVIMAP 3.0.

Hà Thị Hiền, Trần Quốc Việt

Đánh giá hiện trạng và triển vọng ứng dụng công nghệ y học hạt nhân ở Việt Nam.

Hoàng Anh Tuấn, Đỗ Ngọc Điệp

1 Two-step gamma cascade decays from the compound state to the ground state of ^{182}Ta nucleus.

Ngoc Anh Nguyen, Xuan Hai Nguyen, Anh Khoi Tran, Quang Hung Nguyen, Tan Phuc Le, Dinh Khang Pham, Thi Tuong Quy Dinh, Minh Nhan Cao

5 Determination of Piperine contents in pepper in Kon Tum province by UV-Vis spectroscopy method.

Le Kim Phung Nguyen, Thi Hong Nhung Nguyen, Tran Kim Tien Nguyen, Ngoc Phuong Nguyen, Quang Minh Bui, Minh Tuan Le

10 Assessment of water resources in the porous formations from Muong Thanh value by numerical modelling.

Huy Vuong Nguyen, Bach Thao Nguyen, Van Quang Tran, Thanh Cong Nguyen, Tuan Pham, Duc Bang Dao

16 Isolation of toluene-degrading bacteria and investigation of the ability to decompose aromatic hydrocarbon mixture in laboratory wastewater.

Thi Phi Oanh Nguyen, Hoang Khang Le

21 Effects of some carbon and nitrogen sources on antibacterial activity of sponge-derived *Streptomyces* sp. strain HM9.

Thi Mien Pham, Kieu Han Le, Thi Kim Cuc Nguyen

27 Research on assessment of the diversity and similarity of cicadas (Hemiptera: Cicadidae) in the Northwest region.

Hoang Yen Luu, Hong Thai Pham, Thu Quynh Bui

32 Research on sulfate bacteriostatic effect of some metal nanos.

Anh Son Hoang, Hong Hanh Cong, Hong Nhung Nguyen, Hong Son Vu, Duy Khanh Pham, Thi Huong Tran, Que Chi Tran

38 Discrete optimisation of steel-concrete composite sections in simple girder bridges.

Viet Hung Truong

44 Synthesis of benzenesulfonamide serinol by the Hinsberg reaction.

Vu Viet Linh Nguyen, Thi Xuan Thao Tran, Ngoc Tan Nguyen, Dai Phu Huynh

49 Forming aerobic granulation in SBR technology at the laboratory.

Van Doanh Pham, Binh Minh Nguyen, Thi Viet Nga Tran

54 The evaluation research of the risk of dust pollution spread from crematorium by applying ENVIMAP 3.0 model.

Thi Hien Ha, Quoc Viet Tran

59 Assessing the current status and prospects of nuclear medicine technology application in Vietnam.

Anh Tuan Hoang, Ngoc Diep Do