



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

# KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

**Vietnam Journal of  
Science and Technology - MOST**

**B**

Tập 60 - Số 6 - Tháng 6 năm 2018

## HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Nguyễn Văn Hiệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ 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  
Từ Quang Hiến - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên  
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 Kỹ thuật 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 - Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh  
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội  
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

## TỔNG BIÊN TẬP

Đặng Ngọc Bảo

## PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng  
Nguyễn Thị Hương Giang

## TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

## TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

## TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

## EDITORIAL COUNCIL

Nguyen Van Hieu - 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 - Vietnam National University, Hanoi  
Vu Minh Giang - Vietnam National University, Hanoi  
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology  
Tu Quang Hien - Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry  
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications  
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation  
Ho Duc Loc - Ho Chi Minh City University of Technology  
Nguyen Thi My Loc - University of Education, Vietnam National University, 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 - Vietnam National University, Hanoi  
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University  
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi  
Pham Hung Viet - VNU University of Science

## EDITOR-IN-CHIEF

Dang Ngoc Bao

## DEPUTY EDITORS

Nguyen Thi Hai Hang  
Nguyen Thi Huong Giang

## HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

## HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

## ART DIRECTOR

Dinh Thi Luan

## TÒA SOẠN

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

## EDITORIAL OFFICE

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

## GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1153/GP-BTTTT ngày 26/7/2011  
Số 2528/GP-BTTTT ngày 26/12/2012  
Số 592/GP-BTTTT ngày 28/12/2016  
Giá: 18000<sup>d</sup>

## PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011  
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012  
No.592/GP-BTTTT 28th December 2016

# Vấn đề nhận giá trị và duy nhất của toán tử sai phân và tích sai phân đối với hàm phân hình trên một trường không Archimedes

Phạm Ngọc Hoa, Nguyễn Xuân Lai\*

Khoa Toán, Trường Cao đẳng Hải Dương

Ngày nhận bài 5/2/2018; ngày chuyển phản biện 12/2/2018; ngày nhận phản biện 26/3/2018; ngày chấp nhận đăng 30/3/2018

## Tóm tắt:

Trong bài báo này, các tác giả thảo luận vấn đề nhận giá trị và duy nhất của toán tử sai phân và tích sai phân đối với hàm phân hình trên trường số  $p$ -adic.

Từ khóa: Giả thuyết Hayman, hàm phân hình, toán tử sai phân, trường không Archimedes.

Chỉ số phân loại: 1.1

## The problem of value-sharing and uniqueness between the difference operator and the differential equation for the meromorphic function of a non-Archimedean field

Ngoc Hoa Pham, Xuan Lai Nguyen\*

Department of Mathematics, Hai Duong College

Received 5 February 2018; accepted 30 March 2018

## Abstract:

In this paper, we discuss the value-sharing and uniqueness problem for difference operators and differential multiplications of meromorphic functions in a  $p$ -adic field.

Keywords: Difference operators, Hayman conjecture, meromorphic functions, non-Archimedean field.

Classification number: 1.1

## 1. Mở đầu

Phân bố giá trị và vấn đề xác định duy nhất đã được nhiều nhà toán học trong và ngoài nước xét trong mối liên hệ với đạo hàm của hàm phân hình và ảnh ngược của các điểm riêng rẽ. Người khởi xướng hướng nghiên cứu này là Hayman. Năm 1967, Hayman [1] đã chứng minh kết quả sau đây:

**Định lý A.** Cho  $f$  là hàm phân hình trên  $\mathbb{C}$ . Nếu  $f(z) \neq 0$  và  $f^{(k)}(z) \neq 1$  với  $k$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{C}$  thì  $f$  là hằng. Năm 1967, Hayman [1] cũng đưa ra giả thuyết sau đây:

**Giả thuyết Hayman.** Nếu một hàm nguyên  $f$  thỏa mãn  $f^n(z)f'(z) \neq 1$  với  $n$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{C}$  thì  $f$  là hằng.

Giả thuyết Hayman đã được Hayman kiểm tra đối với hàm nguyên siêu việt và  $n > 1$ , đã được Clunie [2] kiểm tra đối với  $n \geq 1$ . Các kết quả này và các vấn đề liên quan đã hình thành nhánh nghiên cứu được gọi là sự lựa chọn của Hayman.

Công trình quan trọng đầu tiên thúc đẩy hướng nghiên cứu này thuộc về C.C. Yang và X.H. Hua [3]. Năm 1997, hai ông đã chứng minh định lý sau đây:

**Định lý B** [3]. Cho  $f$  và  $g$  là hai hàm phân hình khác hằng,  $n \geq 11$  là một số nguyên và  $a \in \mathbb{C} - \{0\}$ . Nếu  $f^n f'$  và  $g^n g'$  nhận giá trị a CM thì hoặc  $f = dg$  với  $d^{n+1} = 1$  hoặc  $f(z) = c_1 e^{cz}$  và  $g(z) = c_2 e^{-cz}$ , ở đó  $c, c_1, c_2$  là các hằng số và thỏa mãn  $(c_1 c_2)^{n+1} c^2 = -a^2$ .

Trong trường hợp  $p$ -adic, kết quả đầu tiên theo hướng nghiên cứu này thuộc về J. Ojeda [4]. Năm 2008, J. Ojeda đã xét vấn đề nhận giá trị của  $f' + T f^n$  với  $T$  là hàm hữu tỷ. Ở đó, J. Ojeda đã nhận được kết quả sau:

**Định lý C** [4]. Cho  $f$  là hàm phân hình trên  $\mathbb{C}_p$ ,  $n \geq 2$  là một số nguyên và  $a \in \mathbb{C}_p - \{0\}$ . Khi đó nếu  $f^n(z)f'(z) \neq a$  với mọi  $z \in \mathbb{C}_p$  thì  $f$  là hằng.

Trong những năm gần đây, vấn đề trên được nhiều nhà toán học trong và ngoài nước xét trong mối liên hệ với đa

\*Tác giả liên hệ: Email: laicdhd@gmail.com

thức sai phân của hàm phân hình và ảnh ngược của các điểm riêng rẽ. Năm 2006, Halburd và Korhonen [5] đã thiết lập tương tự của lý thuyết Nevanlinna cho toán tử sai phân của hàm phân hình có bậc hữu hạn. Năm 2007, I. Laine và C.C. Yang [6] đã thiết lập tương tự Định lý A của Hayman cho một kiểu đa thức sai phân đặc biệt của hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn. Hai ông đã chứng minh kết quả sau đây:

**Định lý D** [6]. Cho  $f$  là hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn trên  $\mathbb{C}$  và  $c$  là một số phức khác 0,  $n$  là một số nguyên,  $n \geq 2$ . Khi đó  $f^n(z)f(z+c)$  nhận  $a$ ,  $a \in \mathbb{C}$ , vô hạn lần.

Năm 2009, K. Liu và L.Z. Yang [7] đã chứng minh được kết quả tương tự Định lý D cho toán tử sai phân của hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn, đã chứng minh được kết quả tương tự Định lý B (xem [3]) cho một kiểu đa thức sai phân đặc biệt của hàm phân hình.

Gần đây, Hà Huy Khoái và Vũ Hoài An [1, 8], Hà Huy Khoái, Vũ Hoài An và Nguyễn Xuân Lai [9] đã xét phân bố giá trị và vấn đề duy nhất đối với đạo hàm bậc cao của hàm phân hình trên một trường không Archimedes. Họ đã chứng minh được kết quả tương tự của Yang - Hua (Định lý B) cho  $(f^n)^{(k)}$  với  $f$  là hàm phân hình trên một trường không Archimedes.

Trong bài báo này, chúng tôi xét vấn đề nhận giá trị và duy nhất đối với toán tử sai phân và tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes.

## 2. Vấn đề nhận giá trị của toán tử sai phân và tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes

Trong bài báo ta luôn giả thiết  $\mathbb{K}$  là một trường đặc số không, đầy đủ với chuẩn không Archimedes và đóng đại số. Các khái niệm, ký hiệu và kết quả dùng trong bài báo này ở các tài liệu [1, 8-10]. Trước tiên ta phát biểu Giả thuyết Hayman cho toán tử sai phân trên một trường không Archimedes ( $p$ -adic).

**Giả thuyết Hayman cho toán tử sai phân  $p$ -adic.** Nếu một hàm phân hình  $p$ -adic  $f$  thỏa mãn  $f^n(z)\Delta_c f(z) \neq 1$  với  $n$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

Ta cần các bổ đề sau:

**Bổ đề 2.1.** Nếu hàm phân hình  $f$  trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $\Delta_c f(z) = 0$  với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

**Chứng minh:** Giả sử ngược lại,  $f$  khác hằng. Do  $f$  là một hàm phân hình trên  $\mathbb{K}$ , khi đó tồn tại hai hàm nguyên  $f_1, f_2$  sao cho  $f_1, f_2$  không có không điểm chung và  $f = \frac{f_1}{f_2}$ . Do  $f$  khác hằng nên ít nhất một trong hai hàm  $f_1, f_2$  khác hằng. Không giảm tổng quát, giả sử  $f_1$  khác hằng. Vì  $\Delta_c f(z) = 0$  với mọi  $z \in \mathbb{K}$  nên  $\frac{f_1(z)}{f_2(z)} = \frac{f_1(z+c)}{f_2(z+c)} = a, a \neq 0$  với mọi  $z \in \mathbb{C}_p$ . Khi đó  $f_1(z) = af_2(z+c)$ . Ta chứng minh  $f_1(z)$  không có không điểm có mô đun lớn hơn  $|c|$ . Giả sử ngược lại,  $f_1(z)$  có không điểm có mô đun lớn hơn  $|c|$ . Gọi  $b$  là không điểm của  $f_1(z)$  sao cho  $|c| < |b|$ . Đặt  $|b| = r$ . Do  $|c| < |b|$  nên  $|z+mc| = |z|$  với  $|z| = r, m$  là một số nguyên dương bất kỳ. Chú ý rằng, tập hợp các không điểm có cùng mô đun của một hàm nguyên là hữu hạn. Do  $f_1(z) = af_2(z+c)$  nên  $b, b+c, \dots, b+mc, \dots$  là các không điểm phân biệt có cùng mô đun của  $f_1(z)$  với  $m$  là một số nguyên dương bất kỳ. Từ đây

ta nhận được mâu thuẫn. Vậy  $f_1(z)$  không có không điểm có mô đun lớn hơn  $|c|$ . Do đó  $f_1(z)$  là đa thức với bậc  $n$  nào đó. Từ  $f_1(z) = af_2(z+c)$  nhận được  $f_1(z)^{(n-1)}$  là đa thức với bậc 1 và  $f_1(z)^{(n-1)} = af_2(z+c)^{(n-1)}$ . Viết  $f_1(z)^{(n-1)} = dz+e$ . Khi đó  $af_2(z+c)^{(n-1)} = a(d(z+c)+e)$  và  $dz+e = adz+adc+ae$ . Từ đây suy ra  $a = 1, c = 0$ . Mâu thuẫn với giả thiết  $c \neq 0$ . Vậy  $f$  là hằng.

Định lý sau đây trả lời chưa trọn vẹn Giả thuyết Hayman cho toán tử sai phân  $p$ -adic.

**Định lý 2.2.** Nếu hàm phân hình  $f$  trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $f^n(z)\Delta_c f(z) \neq 1$  với  $n \geq 6$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

**Chứng minh:** Giả sử ngược lại,  $f$  khác hằng. Theo Bổ đề 2.1 ta có  $\Delta_c f$  không đồng nhất không.

Đặt  $G = f^n(z)\Delta_c f$ . Ta thấy rằng, mọi cực điểm của  $G$  chỉ có thể xảy ra tại các cực điểm của  $f, f(z+c)$ , và mọi không điểm của  $G$  chỉ có thể xảy ra tại các không điểm của  $f, \Delta_c f$ .

Áp dụng Định lý chính thứ hai, thứ nhất và kết hợp với Bổ đề 3.1, 3.2 [8] ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq T(r, f^n(z)\Delta_c f) + O(1) \leq N_1(r, G) + N_1(r, \frac{1}{G}) + N_{1,G}(r, \frac{1}{G-1}) - \log r + O(1) \leq T(r, f) + T(r, f) + T(r, f) + 2T(r, f) + N_1(r, \frac{1}{G-1}) - \log r + O(1)$$

Do đó

$$(n-6)T(r, f) + \log r \leq N_1(r, \frac{1}{G-1}) + O(1)$$

Từ  $f$  khác hằng và  $n \geq 6$  ta có  $G$  nhận giá trị 1, một mâu thuẫn. Vậy  $f$  là hằng.

Định lý 2.2 góp phần khẳng định Giả thuyết Hayman  $p$ -adic.

Câu hỏi đặt ra là: Với  $n = 1, \dots, 5$  thì Định lý 2.2 còn đúng nữa hay không?

Sau đây ta trình bày Giả thuyết Hayman đối với tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes ( $p$ -adic).

Giả thuyết Hayman được phát biểu cho tích sai phân của hàm phân hình  $p$ -adic như sau:

**Giả thuyết Hayman cho tích sai phân  $p$ -adic.** Nếu  $f$  là một hàm phân hình trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $f^n(z)f(z+c) \neq 1$  với  $n$  là một số nguyên dương nào đó,  $c \neq 0$  và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

Định lý sau đây trả lời chưa trọn vẹn Giả thuyết Hayman cho tích sai phân  $p$ -adic.

**Định lý 2.3.** Nếu một hàm phân hình  $f$  trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $f^n(z)f(z+c) \neq 1$  với  $n \geq 5$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

**Chứng minh:** Giả sử ngược lại,  $f$  khác hằng. Theo Bổ đề 2.1 ta có  $f(z+c)$  khác hằng. Đặt  $F = f^n(z)f(z+c)$ . Ta thấy rằng, mọi cực điểm của  $F$  chỉ có thể xảy ra tại các cực điểm của  $f, f(z+c)$ , và mọi không điểm của  $F$  chỉ có thể xảy ra tại  $f, f(z+c)$ . Áp dụng Định lý chính thứ hai, thứ nhất và kết hợp với Bổ đề 3.1, 3.2 [8] ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq T(r, f^n(z)f(z+c)) + O(1) \leq N_1(r, F) + N_1(r, \frac{1}{F}) +$$



$$N_{1,F}(r, \frac{1}{F-1}) - \log r + O(1) \\ \leq T(r, f) + T(r, f) + T(r, f) + T(r, f) + N_1(r, \frac{1}{F-1}) - \log r + O(1)$$

Do đó

$$(n-5)T(r, f) + \log r \leq N_1(r, \frac{1}{F-1}) + O(1)$$

Từ  $f$  khác hằng và  $n \geq 5$  ta có  $F$  nhận giá trị 1, một mâu thuẫn. Vậy  $f$  là hằng.

### 3. Vấn đề duy nhất của tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes

Câu hỏi đặt ra là: Với  $n = 1, \dots, 4$  thì Định lý 2.3. còn đúng nữa hay không?

Tiếp theo, ta có các kết quả tương tự của Định lý B cho tích sai phân của hàm phân hình  $p$ -adic.

**Định lý 3.1.** Giả sử  $f, g$  là các hàm phân hình trên  $\mathbb{K}$ . Nếu  $E_{f^n f(z+c)}(1) = E_{g^n g(z+c)}(1)$  và  $n \geq 13$ ,  $n$  là số nguyên, thì  $f = hg$  với  $h^{n+1} = 1$  hoặc  $fg = l$  với  $l^{n+1} = 1$ .

**Chứng minh:** Áp dụng Bổ đề 3.3 [8] với các trường hợp sau:

#### Trường hợp 1.

Đặt  $A = f^n f(z+c)$ ,  $B = g^n g(z+c)$ . Khi đó ta có

$$T(r, A) + O(1) \leq N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) + N_1(r, \frac{1}{A}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) + \\ N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) - \log r + O(1)$$

Kết hợp với Bổ đề 3.2 [8] ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq T(r, A) + O(1) \leq N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) + N_1(r, \frac{1}{A}) + \\ + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) + N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) - \log r + O(1), \\ (n-1)T(r, g) \leq T(r, B) + O(1) \leq N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + \\ + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) + N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) + N_1(r, \frac{1}{A}) + \\ + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) + N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) - \\ - \log r + O(1) \quad (1)$$

Mọi cực điểm của  $A$  chỉ có thể xảy ra tại các cực điểm của  $f, f(z+c)$ . Kết hợp với Định lý chính thứ nhất và Bổ đề 3.1 [8] ta có

$$N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) \leq 2N_1(r, f) + (N_1(r, f(z+c)) + \\ N_1^{\geq 2}(r, f(z+c)) + O(1) \leq 2N(r, f) + N(r, f(z+c)) + O(1) \leq \\ 2T(r, f) + T(r, f(z+c)) + O(1) \leq 3T(r, f) + O(1)$$

Suy ra

$$N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) \leq 3T(r, f) + O(1) \quad (2)$$

Ta thấy rằng, mọi không điểm của  $A$  chỉ có thể xảy ra tại các không điểm của  $f, f(z+c)$ .

Tương tự (2) ta nhận được

$$N_1(r, \frac{1}{A}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) \leq 3T(r, f) + O(1) \quad (3)$$

Tương tự đối với  $B$  ta cũng có:

$$N_{1,B}(\infty, r) + N_{1,B}^{\geq 2}(\infty, r) \leq (k+2)T_g(r) + O(1)$$

$$N_{1,B}(0, r) + N_{1,B}^{\geq 2}(0, r) \leq (k+2)T(r, g) + O(1) \quad (4)$$

Từ (1)-(4) ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq 6(T(r, f) + T(r, g)) - \log r + O(1)$$

Tương tự

$$(n-1)T(r, g) \leq 6(T(r, f) + T(r, g)) - \log r + O(1)$$

Suy ra ta có

$$(n-1)(T_f(r) + T_g(r)) \leq 12(T(r, f) + T(r, g)) - 2 \log r + O(1), \\ (n-13)(T_f(r) + T_g(r)) + 2 \log r \leq O(1)$$

Do  $n \geq 13$  nên ta gặp mâu thuẫn.

#### Trường hợp 2.

$f^n f(z+c)g^n g(z+c) \equiv 1$ . Khi đó ta có  $(fg)^n(f(z+c)g(z+c)) = 1$ .

Đặt  $l = fg$  và giả sử  $l$  không phải hàm hằng. Khi đó ta có

$$l^n(z) = \frac{1}{l(z+c)}$$

Theo Bổ đề 3.1 [8] ta có

$$nT(r, l) = T(r, l^n) = T(r, \frac{1}{l(z+c)}) \leq T(r, l(z+c)) + O(1) \leq T(r, l) + O(1)$$

Điều này mâu thuẫn với  $n \geq 13$ . Vì vậy  $l$  phải là hàm hằng. Do đó  $fg = l$  với  $l^{n+1} = 1$ .

#### Trường hợp 3.

$A = f^n f(z+c) \equiv B = g^n g(z+c)$ . Đặt  $h = \frac{f}{g}$ . Giả sử  $h$  không phải hàm hằng. Khi đó ta có

$$h^n(z) = \frac{1}{h(z+c)}$$

Theo Bổ đề 3.1 [8] ta có

$$nT(r, h) =$$

$$T(r, h^n) = T(r, \frac{1}{h(z+c)}) \leq T(r, h(z+c)) + O(1) \leq T(r, h) + O(1)$$

Điều này mâu thuẫn với  $n \geq 13$ . Vì vậy  $h$  phải là hàm hằng, kéo theo  $h^{n+1} = 1$ , do đó  $f = hg$  với  $h^{n+1} = 1$ .

Định lý 3.1. được chứng minh.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 101.01-2012.19. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2011), "Value distribution problem for  $p$ -adic meromorphic functions and their derivatives", *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, **XX(Special)**, pp.135-149.
- [2] J. Clunie (1967), "On a result of Hayman", *J. London Math. Soc.*, **42**, pp.389-392.
- [3] C.C. Yang and X.H. Hua (1997), "Uniqueness and value-sharing of meromorphic functions", *Ann. Acad. Sci. Fenn. Math.*, pp.395-406.
- [4] J. Ojeda (2008), "Hayman's conjecture in a  $p$ -adic field", *Taiwanese J. Math.*, **9**, pp.2295-2313.
- [5] R.G. Halburd, R.J. Korhonen (2006), "Nevanlinna theory for the difference operator", *Ann. Acad. Sci. Fenn. Math.*, **31**, pp.463-478.
- [6] I. Laine and C.C. Yang (2007), "Value distribution of difference polynomials", *Proceedings of the Japan Academy, Series A*, **83(8)**, pp.148-151.
- [7] K. Liu and L.Z. Yang (2009), "Value distribution of the difference operator", *Archiv der Mathematik*, **92(3)**, pp.270-278.
- [8] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2012), "Value - sharing problem for  $p$ -adic meromorphic functions and their difference operators and difference polynomials", *Ukrainian Math. J.*, **64(2)**, pp.147-164.
- [9] Ha Huy Khoai, Vu Hoai An and Nguyen Xuan Lai (2012), "Value sharing problem and Uniqueness for  $p$ -adic meromorphic functions", *Annales Univ. Sci. Budapest*, **38**, pp.71-92.
- [10] P.C. Hu, C.C. Yang (2000), *Meromorphic functions over non-Archimedean fields*, Kluwer.

# Nghiên cứu bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang tử hai chiều

Hoàng Thu Trang<sup>1,2</sup>, Ngô Quang Minh<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài 9/2/2018; ngày chuyển phản biện 13/2/2018; ngày nhận phản biện 15/3/2018; ngày chấp nhận đăng 22/3/2018

## Tóm tắt:

Bài báo này trình bày các kết quả lý thuyết và tính toán mô phỏng của bộ lọc quang học bậc cao sử dụng cấu trúc khe dẫn sóng hẹp trong tinh thể quang tử hai chiều kết hợp với dãy hốc vi cộng hưởng nối tiếp. Sự dẫn sóng trong khe hẹp được thiết kế để tăng khả năng giam giữ và cường độ điện-từ trường bên trong vùng điện môi có chiết suất thấp, điều này làm gia tăng tỷ số  $Q/V$  của bộ cộng hưởng được thiết kế từ các khe hẹp đó. Việc ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng được phân tích dựa vào phương pháp lý thuyết ghép các mode cộng hưởng trong miền thời gian (CMT). Kết quả lý thuyết được các tác giả kiểm chứng lại bằng mô phỏng qua việc sử dụng phương pháp đạo hàm hữu hạn trong miền thời gian (FDTD). Kết quả cho thấy có sự phù hợp tốt giữa lý thuyết và mô phỏng. Bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng được coi là nền tảng để tác giả nghiên cứu các linh kiện quang học tích hợp phẳng.

**Từ khóa:** Bộ lọc quang học, phương pháp FDTD, tinh thể quang tử.

**Chỉ số phân loại:** 1.3

## Mở đầu

Việc nghiên cứu cấu trúc tinh thể quang tử ứng dụng cho các linh kiện quang học đã và đang thu hút rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học bởi tính chất quang đặc biệt của nó mà các loại vật liệu sẵn có trong tự nhiên không có được. Cấu trúc tinh thể quang tử là cấu trúc vật liệu nhân tạo được tạo nên bằng việc sắp xếp tuần hoàn các lớp vật liệu có hằng số điện môi khác nhau theo 1 chiều (1D), 2 chiều (2D), hoặc 3 chiều (3D) trong không gian và tạo thành các vùng cấm quang theo 1D, 2D và 3D tương ứng. Các bước sóng (tần số) nằm trong vùng cấm quang bị phản xạ hoàn toàn khi gặp bề mặt cấu trúc tinh thể quang tử, tuy nhiên nó lại có tính chất đặc biệt là có thể điều khiển được khi ta thiết kế các bộ cộng hưởng hoặc bộ dẫn sóng trong cấu trúc tinh thể quang tử đó, có nghĩa là ánh sáng với bước sóng (tần số) đó được giam giữ trong cấu trúc hoặc được truyền qua cấu trúc với hiệu suất 100% [1-3].

Nhờ sự phát triển của các trang thiết bị và công nghệ hiện đại, đặc biệt là công nghệ nano, các cấu trúc tinh thể quang tử 2D đã được nghiên cứu và chế tạo thành công với bước sóng (tần số) làm việc tại vùng thông tin quang hoặc vùng khả kiến và đã có một số kết quả ứng dụng, đặc biệt cho viễn thông quang học, laser, đi-ốt phát quang (LED), cảm biến quang học... Tuy nhiên để ứng dụng rộng rãi cấu trúc tinh thể quang tử 2D trong một số lĩnh vực cụ thể, đặc biệt

là viễn thông quang học hoặc các mạch tích hợp phẳng khác vẫn rất cần thêm nhiều nghiên cứu chuyên sâu về cả vật liệu và cấu trúc [3-5]. Trong các linh kiện quang tích hợp phẳng dựa trên sự kết hợp của dẫn sóng và cộng hưởng, thì tỷ số ( $Q/V$ ), trong đó  $Q$  là hệ số phẩm chất và  $V$  là thể tích hình thái học được coi là tham số quyết định hiệu suất của linh kiện quang, tỷ số  $Q/V$  càng cao thì hiệu suất linh kiện càng tốt. Hệ số phẩm chất  $Q$  và thể tích hình thái học  $V$  của bộ cộng hưởng được thiết kế từ cấu trúc tinh thể quang tử 2D mà các công bố gần đây đề cập là  $\sim 3,3 \times 10^6$  và  $\sim 1,18 (\lambda/n)^3$ , do vậy  $Q/V \sim 2,80 \times 10^6 (\lambda/n)^3$ , trong đó  $\lambda$  là bước sóng hoạt động và  $n$  là chỉ số chiết suất của vật liệu [6-8]. Việc chế tạo bộ cộng hưởng có hệ số phẩm chất  $Q$  cao là rất khó vì mỗi sự thay đổi kích thước rất nhỏ của bộ cộng hưởng sẽ dẫn tới sự thay đổi rất lớn của hệ số phẩm chất  $Q$ . Bên cạnh đó, khi hệ số phẩm chất  $Q$  cao, cường độ điện-từ trường sẽ tập trung rất lớn trong một không gian hẹp của bộ cộng hưởng sẽ làm gia tăng các hiệu ứng phi tuyến không mong muốn của vật liệu. Vậy nên, nếu không quan tâm đến thể tích hình thái học  $V$ , thì việc làm tăng hệ số phẩm chất  $Q$  của bộ lọc quang học bằng cách ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng thông qua khe dẫn sóng hẹp trong tinh thể quang tử 2D là phương án có tính khả thi cao [9-11]. Việc sử dụng dẫn sóng trong khe hẹp làm tăng khả năng giam giữ và cường độ điện-từ trường bên trong vùng điện môi có chiết suất thấp, điều này làm tăng tỷ số  $Q/V$  của bộ cộng hưởng được thiết kế từ các khe hẹp.

\*Tác giả liên hệ; Email: minhng@ims.vast.ac.vn

# A study on high-order optical filters based on coupled resonators through the slot waveguide in two-dimensional photonic crystal

Thu Trang Hoang<sup>1,2</sup>, Quang Minh Ngo<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

<sup>2</sup>Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

Received 9 February; accepted 22 March 2018

## Abstract:

In this paper, we present the theoretical and numerical results of the high-order optical filters based on the slotted two-dimensional photonic crystal waveguide conjugated with multiple coupled resonators. Slotted waveguide is designed to enhance the electromagnetic intensity and confine the light in the narrow area with low refractive index, so that the figure-of-merit ( $Q/V$ ) of the resonators is significantly enhanced. The coupling among the resonators is analyzed theoretically, based on the coupled-mode theory in time (CMT). We perform the finite-difference time-domain (FDTD) simulation to confirm the CMT analysis. It is shown that the good agreement between the theory and the simulation. This result will provide a general guide line for planar photonic integrated circuits.

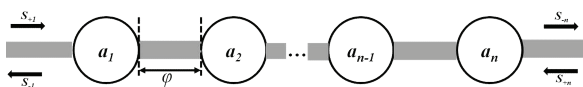
**Keywords:** FDTD method, Optical filter, Photonic crystal.

**Classification number:** 1.3

Mô hình bộ lọc quang học bậc cao được phân tích lý thuyết dựa trên phương pháp ghép mode cộng hưởng theo thời gian (CMT). Các kết quả lý thuyết được kiểm chứng bằng mô phỏng dựa trên phương pháp đạo hàm hữu hạn trong miền thời gian (FDTD) và phương pháp khai triển sóng phẳng [12, 13]. Các kết quả lý thuyết và mô phỏng cho thấy có sự phù hợp khá tốt. Kết quả của bài báo này là nền tảng cho các nghiên cứu về linh kiện quang tích hợp phẳng.

## Cơ sở lý thuyết

Hình 1 là mô hình của  $n$  bộ cộng hưởng ghép nối tiếp với nhau thông qua bus dẫn sóng.



Hình 1. Mô hình của  $n$  cộng hưởng ghép nối tiếp với nhau.

Để phân tích sự ghép nối tiếp của  $n$  bộ cộng hưởng như hình 1, chúng tôi sử dụng lý thuyết ghép các mode cộng hưởng trong miền thời gian [14]. Để đơn giản, chúng ta giả sử các bộ cộng hưởng có cùng tần số cộng hưởng và độ suy hao theo thời gian tương ứng là  $\omega_0$  và  $1/\tau$ .  $s_{+1}$  và  $s_{-1}$  là biên độ của sóng tới và sóng phản xạ tại cộng hưởng thứ nhất;  $s_{+n}$  và  $s_{-n}$  tương ứng là biên độ của sóng tới và sóng phản xạ tại cộng hưởng thứ  $n$ ;  $|a|^2$  và  $|s|^2$  lần lượt là năng lượng của bộ cộng hưởng và của sóng.

$$\frac{da_1}{dt} = [j(\omega_0 + \delta) - \frac{1}{\tau}]a_1 + \mu a_2 + k s_{+1}$$

$$\frac{da_i}{dt} = j(\omega_0 + 2\delta)a_i + \mu a_{i-1} + \mu a_{i+1} \quad \text{với } 1 < i < n \quad (1)$$

$$\frac{da_n}{dt} = [j(\omega_0 + \delta) - \frac{1}{\tau}]a_n + \mu a_{n-1} + k s_{+n}$$

Ở đây hệ số ghép của sóng và bộ cộng hưởng được cho bởi hệ số  $k = e^{j\theta} \sqrt{2/\tau}$ .  $\delta$  và  $\mu$  lần lượt là độ dịch chuyển tần số cộng hưởng và hệ số ghép hiệu dụng, với  $\delta = \cot \varphi / \tau$  và  $\mu = -j \csc \varphi / \tau$ ,  $\varphi$  là góc lệch pha giữa hai cộng hưởng gần nhau nhất. Giả sử hệ chúng ta xét là không có tác động từ bên ngoài, nên  $s_{+n} = 0$ . Sử dụng phương pháp CMT, hệ số truyền qua được cho bởi công thức:

$$T(\omega) = \left| \frac{g_n}{g_1} \right|^2 = \left| \frac{k^* k}{j(\Delta - \delta) + 1/\tau - \mu f_2} \prod_{i=2}^n f_i \right|^2 \quad (2)$$

$$f_n = \frac{g_n}{g_{n-1}} = \frac{\mu}{j(\Delta - \delta) + 1/\tau}$$

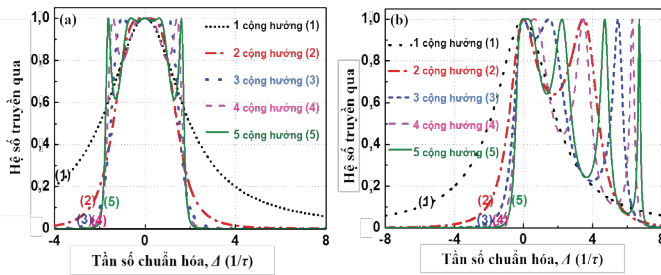
trong đó

$$f_i = \frac{g_i}{g_{i-1}} = \frac{1}{j(\Delta - \delta) + \mu - f_{i+1}} \quad (3)$$

$\Delta$  là tần số chuẩn hóa từ tần số cộng hưởng,  $\Delta = \omega - \omega_0$ . Tại bài báo này, chúng tôi xem xét bộ lọc quang học bậc 1, bậc 2, bậc 3, bậc 4 và bậc 5. Sử dụng phương trình (2), phổ truyền qua của các bộ lọc quang học với  $\varphi = \pi/2$  và  $\varphi = \pi/6$  được mô tả trong hình 2(a) và 2(b).

Hình 2 cho thấy số lượng đỉnh cộng hưởng bằng với số lượng bộ cộng hưởng được ghép nối tiếp. Hình 2(a) là phổ truyền qua của các bộ lọc khi  $\varphi = \pi/2$ , các bộ lọc có bậc khác nhau đều có chung tần số cộng hưởng trung tâm,  $\Delta = 0$ . Ngoài ra, bộ lọc bậc cao còn có thêm các tần số cộng hưởng khác nằm đối xứng ở hai phía của tần số cộng hưởng trung tâm, bán độ rộng phổ của các cộng hưởng nằm xa cộng hưởng trung tâm có xu hướng hẹp dần. Hình 2(b) là phổ truyền qua của các bộ lọc khi  $\varphi = \pi/6$ , các bộ lọc vẫn có chung một tần số cộng hưởng nhưng các đỉnh cộng hưởng được phân bố bất đối xứng và khó xác định được vị trí chính xác. Để đơn giản trong nghiên cứu, các bộ lọc quang học bậc cao được thiết kế trong trường hợp góc lệch pha giữa hai cộng hưởng gần nhau nhất  $\varphi = \pi/2$ .



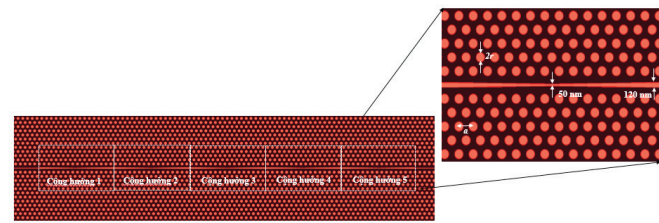


Hình 2. Phổ truyền qua của các bộ lọc quang học: (a) khi  $\varphi = \pi/2$  và (b) khi  $\varphi = \pi/6$ .

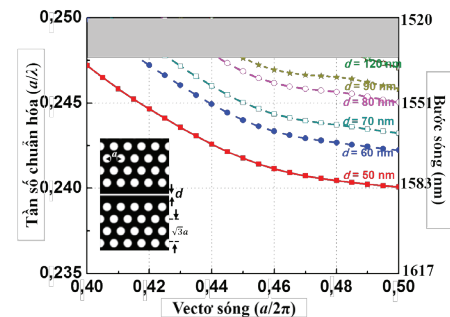
### Kết quả mô phỏng

Để kiểm chứng cho kết quả lý thuyết được trình bày ở trên, các bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang tử 2D đã được chúng tôi mô phỏng nhờ sử dụng phương pháp FDTD. Hình 3 là cấu trúc bộ lọc quang học bậc 5 với các tham số của cấu trúc và vật liệu như sau: Chiết suất hiệu dụng của vật liệu nền silic  $n = 2,98$ , bán kính hố là  $r = 0,3a$  ( $a$  là hằng số mạng,  $a = 380$  nm) và mạng tinh thể hình tam giác. Cộng hưởng được tạo ra bằng cách thay đổi độ rộng của khe hẹp từ  $d = 50$  nm tới  $d = 120$  nm với những khoảng cách đều là  $10$  nm/ $a$ . Khe dẫn sóng hẹp và các hố được điền đầy bằng vật liệu hữu cơ quang phi tuyến bậc 3 DDMEBT ( $n_{\text{fill}} = 1,8$ ), do DDMEBT là vật liệu có hệ số phi tuyến bậc 3 lớn, chúng tôi hy vọng rằng bằng cách sử dụng vật liệu DDMEBT sẽ khắc phục được những nhược điểm của vật liệu nền silic như hiệu ứng hấp thụ hạt tải tự do và hiệu ứng hấp thụ hai photon trong nghiên cứu linh kiện quang lưỡng trạng thái ổn định.

Sự dẫn truyền sóng điện từ trong các bộ dẫn sóng được minh họa trên hình 4. Sử dụng phương pháp khai triển sóng phẳng đối với hệ phương trình Maxwell để giải bài toán với biến số là các mode dẫn trong các bộ dẫn sóng với độ rộng khe hẹp  $d$  khác nhau với phân cực là điện trường trong mặt phẳng (TE mode). Với các tham số được chọn của cấu trúc tinh thể quang tử 2D như trên hình 3, thì vùng cấm quang chuẩn hóa là  $(0,235-0,250 a/\lambda)$ , tương ứng với dải sóng trong vùng thông tin quang ( $1520-1617$  nm) chứa các dải dẫn sóng tương ứng với các trường hợp độ khe hẹp  $d$  ( $\sim 50-120$  nm). Khi độ rộng khe hẹp tăng, dải dẫn sóng có xu hướng dịch về các bước sóng ngắn. Khi  $d$  tăng  $\sim 120$  nm dải dẫn sóng nằm ngoài vùng cấm quang, do vậy việc lựa chọn độ rộng khe hẹp  $d = 120$  nm được xem như là một vách ngăn sóng điện từ, tức là sóng điện từ sẽ bị giam giữ trong bộ cộng hưởng được tạo nên từ khe hẹp có độ rộng  $d \sim 50$  nm. Việc thiết kế buồng cộng hưởng có độ rộng khe hẹp tăng dần sẽ làm giảm sự thay đổi đột ngột sóng điện từ trong buồng cộng hưởng. Độ rộng khe hẹp  $d = 50$  nm còn được chọn làm độ rộng khe dẫn sóng của bộ lọc quang học như hình 3.



Hình 3. Cấu trúc của bộ lọc quang học bậc 5 (hình chính) và chi tiết của một bộ cộng hưởng (hình phụ).

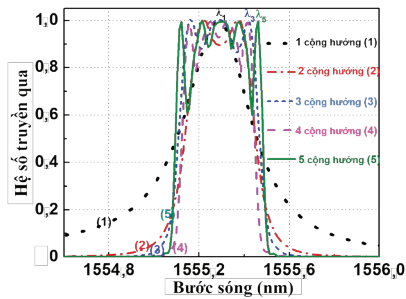


Hình 4. Các dải dẫn sóng tương ứng với độ rộng khe hẹp  $d$  khác nhau.

Để mô phỏng đặc trưng truyền qua của các bộ lọc quang học được thiết kế như hình 3, chúng tôi sử dụng phổ dạng Gauss có dải bước sóng từ  $1520-1596$  nm, phân cực TE, đặt ở đầu vào của khe dẫn sóng (phía trái) và đầu thu được đặt ở lối ra của khe dẫn sóng (phía phải). Giữa đầu vào và đầu ra là số bộ cộng hưởng được ghép nối tiếp. Sử dụng phương pháp mô phỏng FDTD với điều kiện là biên hấp thụ hoàn hảo (PML) có độ dày đủ lớn để hấp thụ hoàn toàn sóng điện từ truyền tới biên và không cho phản xạ ngược lại vào trong cấu trúc. Hình 5 là phổ mô phỏng sự truyền qua của sóng phân cực TE đối với các bộ lọc quang học có bậc khác nhau. Chúng tôi đã tối ưu cấu trúc tinh thể quang tử 2D để góc lệch pha giữa hai bộ cộng hưởng gần nhau nhất  $\varphi = \pi/2$ . Nhìn vào hình 5, hình dáng phổ mô phỏng của các bộ lọc hoàn toàn giống với hình dáng phổ của các bộ lọc mà chúng tôi đã phân tích lý thuyết ở phần trên, tức là nó có dạng đối xứng và đỉnh cộng hưởng truyền qua là  $100\%$ . Bước sóng cộng hưởng trung tâm là  $1555,28$  nm hoàn toàn phù hợp với bước sóng sử dụng trong viễn thông quang học. Đối với bộ lọc bậc 1, phổ truyền qua có dạng đối xứng Lorentz với bước sóng cộng hưởng  $\lambda_1 = 1555,28$  nm và hệ số phẩm chất  $Q_1 = 4463$ . Phổ của bộ lọc bậc cao không phải dạng Lorentz và có nhiều đỉnh cộng hưởng. Đỉnh phổ cộng hưởng của các bộ lọc bậc cao mà chúng tôi quan tâm nằm ở phía ngoài cùng, do vậy chúng tôi đã sử dụng phương pháp làm khớp phổ cộng hưởng ngoài cùng của bộ lọc bậc 3 và bậc 5 với cộng hưởng có hàm Fano [15]. Hệ số phẩm chất  $Q_3 = 13010$  và  $Q_5 = 32020$  tương ứng với hai đỉnh cộng hưởng ngoài cùng có bước sóng là  $\lambda_3 = 1555,38$  nm đối với bộ lọc bậc 3 và  $\lambda_5 = 1555,46$  nm đối với bộ lọc bậc 5. Phổ có đỉnh cộng

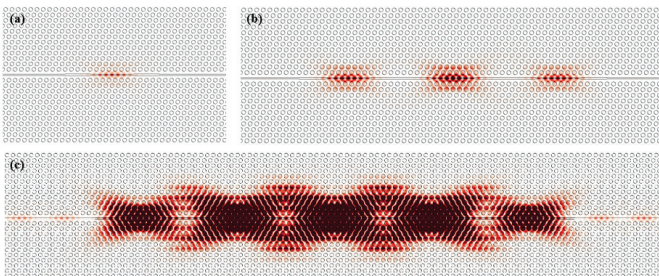


hường càng xa cộng hưởng trung tâm có bán độ rộng càng hẹp, do vậy hệ số phẩm chất  $Q$  càng lớn. Như vậy, bằng cách ghép nối tiếp nhiều bộ cộng hưởng thông qua khe dẫn sóng hẹp trong tinh thể quang tử 2D, chúng tôi đã thu được bộ lọc quang học bậc cao với hệ số phẩm chất  $Q$  cao hơn, ví dụ hệ số phẩm chất  $Q$  của bộ lọc quang học bậc 5 cao hơn ~7,2 lần hệ số phẩm chất  $Q$  của bộ lọc bậc 1 mà không cần thay đổi các tham số khác của cấu trúc tinh thể quang tử 2D.



**Hình 5. Phổ mô phỏng truyền qua của các bộ lọc quang học sử dụng phương pháp mô phỏng FDTD.**

Phân bố năng lượng điện trường của các bộ lọc được minh họa như hình 6. Hình 6(a), 6(b) và 6(c) tương ứng là phân bố năng lượng điện trường của bộ lọc quang học bậc 1, bậc 3 và bậc 5 tương ứng với các bước sóng  $\lambda_1 = 1555,28$  nm,  $\lambda_3 = 1555,38$  nm, và  $\lambda_5 = 1555,46$  nm. Chúng ta thấy rằng, với bộ lọc quang học bậc cao, năng lượng được phân bố và lưu trữ ở tất cả các buồng cộng hưởng, điều này làm cho thời gian sống của bước sóng cộng hưởng trong cấu trúc lâu hơn, tức là hệ số phẩm chất  $Q$  sẽ cao hơn.



**Hình 6. Phân bố năng lượng điện trường trong cấu trúc bộ lọc quang học bậc 1 (a), bậc 3 (b) và bậc 5 (c) tương ứng với các bước sóng cộng hưởng  $\lambda_1 = 1555,28$  nm,  $\lambda_3 = 1555,38$  nm và  $\lambda_5 = 1555,46$  nm.**

## Kết luận

Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày kết quả lý thuyết của việc ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng thông qua bus dẫn sóng chung nhờ sử dụng phương pháp ghép mode cộng hưởng theo thời gian. Kết quả lý thuyết được kiểm chứng bằng kết quả mô phỏng FDTD đối với bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép cặp nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang

tử 2D. Kết quả lý thuyết và mô phỏng hoàn toàn phù hợp. Các bộ lọc quang học có bước sóng cộng hưởng nằm trong vùng thông tin quang và linh kiện thiết kế của bài báo này có thể được sử dụng trong các mạch tích hợp phẳng của viễn thông quang học như các bộ chuyển mạch và dẫn sóng thông tin.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) thông qua đề tài mã số VAST03.05/18-19 và chương trình hợp tác đào tạo nghiên cứu sinh giữa Đại học RMIT và Viện Khoa học Vật liệu - Học viện Khoa học và Công nghệ, VAST.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E. Yablonovitch (1987), "Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics", *Phys. Rev. Lett.*, **58**(20), pp.2059-2062.
- [2] S. John (1987), "Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices", *Phys. Rev. Lett.*, **58**(23), pp.2486-2489.
- [3] J.D. Joannopoulos, S.G. Johnson, J.N. Winn, and R.D. Meade (2008), *Photonic Crystals: Molding the flow of light*, Second edition Princeton Univ. Press.
- [4] P.N. Prasad (2004), *Nanophotonics*, John Wiley & Sons.
- [5] R. Kirchchain and L. Kimerling (2007), "A roadmap for nanophotonics", *Nat. Photonics*, **1**, pp.303-305.
- [6] K.J. Vahala (2003), "Optical microcavities", *Nature*, **424**, pp.839-846.
- [7] K. Nozaki and T. Baba (2006), "Laser characteristics with ultimate-small modal volume in photonic crystal slab point-shift nanolasers", *Appl. Phys. Lett.*, **88**, 211101 (3pp).
- [8] G.H. Kim, Y.H. Lee, A. Shinya and M. Notomi (2004), "Coupling of small, low-loss hexapole mode with photonic crystal slab waveguide mode", *Opt. Express*, **12**(26), pp.6624-6631.
- [9] V.R. Almeida, Q. Xu, C.A. Barrios, and M. Lipson (2004), "Guiding and confining light in void nanostructure", *Opt. Lett.*, **29**(11), pp.1209-1211.
- [10] Q.M. Ngo, S. Kim, J. Lee, H. Lim (2012), "All-optical switches based on multiple cascaded resonators with reduced switching intensity-response time products", *J. Lightwave Technol.*, **30**(22), pp.3525-3531.
- [11] T.T. Hoang, Q.M. Ngo, D.L. Vu, K.Q. Le, T.K. Nguyen, H.P.T. Nguyen (2018), "Induced high-order resonance linewidth shrinking with multiple coupled resonators in silicon-organic hybrid slotted two-dimensional photonic crystals for reduced optical switching power in bistable devices", *J. Nanophotonics*, **12**(1), pp.016014(1-13).
- [12] A. Taflov (1995), *Computational electrodynamics*, Norwood, MA: Artech House.
- [13] A. Farjadpour, D. Roundy, A. Rodriguez, M. Ibanescu, P. Bermel, J.D. Joannopoulos, S.G. Johnson, and G. Burr (2006), "Improving accuracy by subpixel smoothing in FDTD", *Opt. Lett.*, **31**(20), pp.2972-2974.
- [14] H.A. Haus (1984), *Waves and fields in optoelectronics*, Massachusetts Institute of Technology.
- [15] A.E. Miroshnichenko, S. Flach, Y.S. Kivshar (2010), "Fano resonances in nanoscale structures", *Rev. Mod. Phys.*, **82**(3), pp.2257-2298.

# Phân tích quỹ đạo hoạt động để đánh giá khả năng phối hợp chụp ảnh của các hệ thống vệ tinh nhỏ, thử nghiệm với vệ tinh VNREDSat-1 và BKA

Bùi Doãn Cường, Chu Xuân Huy, Nguyễn Minh Ngọc\*, Bùi Quang Huy, Hoàng Hải, Phạm Đình Thắng

*Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam*

Ngày nhận bài 27/2/2018; ngày chuyển phản biện 2/3/2018; ngày nhận phản biện 30/3/2018; ngày chấp nhận đăng 11/4/2018

## Tóm tắt:

Xu thế hiện nay để hạn chế nhược điểm độ phủ trùm nhỏ của các hệ thống vệ tinh nhỏ quan sát Trái đất là phối hợp chụp ảnh giữa các vệ tinh tương tự nhau. Cơ sở để tính toán phối hợp chụp ảnh chính là quỹ đạo hoạt động của chúng. Thông qua mô phỏng quỹ đạo của VNREDSat-1 và BKA, kết hợp với đặc điểm kỹ thuật, nhóm tác giả đã phân tích khả năng phối hợp chụp ảnh của hai hệ thống vệ tinh có pha chụp ảnh ngược nhau này, đồng thời đề xuất phương án phối hợp chụp cụ thể. Các kết quả thu được sẽ chứng minh tính khả thi của công tác phối hợp chụp ảnh giữa các hệ thống vệ tinh nhỏ.

Từ khóa: BKA, phối hợp chụp ảnh, vệ tinh nhỏ, VNREDSat-1.

Chỉ số phân loại: 1.3

## Operation orbit analysis to evaluate the imaging coordination capability of small satellites, an experiment with VNREDSat-1 and BKA

Doan Cuong Bui, Xuan Huy Chu, Minh Ngoc Nguyen\*, Quang Huy Bui, Hai Hoang, Dinh Thang Pham

*Space Technology Institute, VAST*

Received 27 February 2018; accepted 11 April 2018

## Abstract:

The disadvantage of Earth observation small satellite systems is small coverage, so the current tendency to mitigate this issue is to combine imaging between similar satellites. The basis for computation of imaging coordination is the satellite operation orbit. By simulating the orbit of VNREDSat-1 and BKA combined with their specifications, the authors analyzed the combination capabilities of two satellite systems with opposite phases. The results will demonstrate the feasibility of collaborative imaging between small satellite systems.

Keywords: BKA, imaging coordination, small satellite, VNREDSat-1.

Classification number: 1.3

## Đặt vấn đề

Sự ra đời của các hệ thống vệ tinh nhỏ quan sát trái đất (như ALSAT-2, SSOT, BKA, VNREDSat-1...) [1] đã giải quyết bài toán về cung cấp dữ liệu ảnh quang học có độ phân giải không gian cao và thời gian chụp lặp ngắn cho một vùng bất kỳ trên trái đất. Tuy vậy, nhược điểm của các hệ thống này là độ phủ trùm của các dữ liệu vẫn còn hạn chế do kích thước ảnh không lớn.

Một phương án để khắc phục hạn chế này là phối hợp chụp ảnh giữa các vệ tinh, kể cả khi chúng thuộc các quốc gia khác nhau [2]. Sự phối hợp trong công tác quan sát trái đất từ các vệ tinh nhỏ là một trong những xu hướng hiện đại hiện nay trong công tác phát triển nghiên cứu không gian. Việc triển khai trong thực tế của phương pháp này góp phần làm giảm đáng kể thời gian chụp lặp lại và tăng diện tích phủ trùm trong theo dõi, giám sát các đối tượng trên bề mặt trái đất [3], đặc biệt là các thảm họa tự nhiên hay nhân tạo; cũng như nâng cao hơn hiệu quả sử dụng của các hệ thống vệ tinh.

Trên đà thành công trong việc phối hợp khả năng chụp ảnh của vệ tinh VNREDSat-1 (Việt Nam) và THAICHOTE (Thái Lan) [4], hệ thống vệ tinh nhỏ VNREDSat-1 tiếp tục được thử nghiệm phối hợp với các hệ thống vệ tinh khác, cụ thể ở đây là hệ thống vệ tinh BKA của Belarus - hệ thống vệ tinh nhỏ quan sát trái đất có pha chụp ảnh ngược với pha chụp ảnh của VNREDSat-1.

## Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu chính là quỹ đạo hoạt động của

\*Tác giả liên hệ: Email: nmngoc@sti.vast.vn

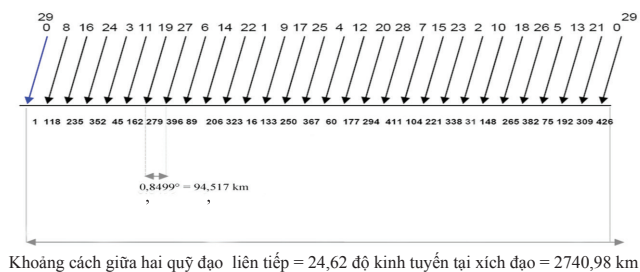
hai vệ tinh. Quỹ đạo hoạt động có ảnh hưởng lớn đến khả năng chụp ảnh của vệ tinh, đặc biệt là thời gian chụp lặp và chu kỳ chụp lặp [5, 6]. Thời gian chụp lặp là thời gian vệ tinh sẽ bay qua vùng có thể chụp ảnh được khu vực yêu cầu. Độ rộng của vùng này được giới hạn bởi khả năng linh hoạt khi chụp ảnh của vệ tinh. Giá trị này phụ thuộc vào yêu cầu về góc nghiêng khi chụp, thời gian chụp lặp sẽ càng dài nếu góc nghiêng nhỏ và càng ngắn nếu chụp với góc nghiêng lớn. Chu kỳ chụp lặp chính là thời gian mà sau đó vệ tinh sẽ bay qua y hệt vị trí cũ.

Cả hai hệ thống vệ tinh VNREDSat-1 và BKA đều hoạt động trên quỹ đạo thấp, đồng bộ mặt trời, trong đó các đặc điểm chính được thể hiện trong bảng 1 [7, 8].

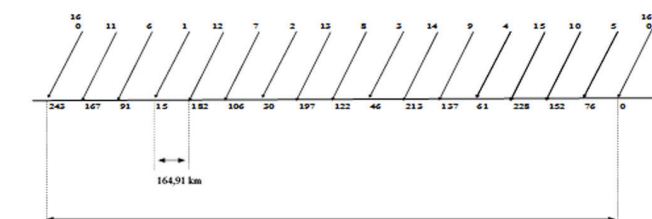
**Bảng 1. Thông số quỹ đạo của VNREDSat-1 và BKA.**

| Thông số kỹ thuật      | BKA                            | VNREDSat-1                     |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Loại quỹ đạo           | Quỹ đạo thấp, đồng bộ mặt trời | Quỹ đạo thấp, đồng bộ mặt trời |
| Độ cao (km)            | 510                            | 680                            |
| Góc nghiêng (°)        | 97,5                           | 98,1                           |
| Chu kỳ (phút)          | 94,7                           | 98,4                           |
| Số vòng bay trong ngày | 15+3/16                        | 14+18/29                       |
| Giờ địa phương         | 11h27                          | 10h30                          |
| Chu kỳ chụp lặp (ngày) | 16                             | 29                             |
| Bán trục lớn           | 6891,224                       | 7058,907                       |
| Độ lệch tâm            | 0,00135                        | 0,00121                        |
| Pha chụp ảnh           | Ascending                      | Descending                     |

Các chu kỳ quỹ đạo của cả hai vệ tinh được minh họa trong hình 1 và 2 thể hiện dưới dạng vệt các quỹ đạo của chúng trên bề mặt trái đất.



**Hình 1. Vệt quỹ đạo của vệ tinh VNREDSat-1.**



**Hình 2. Vệt quỹ đạo của vệ tinh BKA.**

Tuy nhiên, mặc dù có các giá trị độ nghiêng quỹ đạo gần nhau, sự khác biệt đáng kể của hai vệ tinh nằm trong các pha chụp ảnh của chúng: Đối với VNREDSat-1 là Descending, đối với BKA là Ascending. Vì vậy, các dải ảnh của hai hệ thống vệ tinh sẽ theo các hướng ngược nhau (hình 5), dẫn đến việc hạn chế về diện tích chồng phủ các cảnh ảnh (hình 6).

### Phương pháp nghiên cứu

Công tác đánh giá khả năng phối hợp giữa các vệ tinh được tiến hành hầu hết dựa trên việc phân tích vệt quỹ đạo của chúng. Do đó, nhóm tác giả lựa chọn phương pháp nghiên cứu là tính toán mô phỏng quỹ đạo của VNREDSat-1 và BKA, sau đó đánh giá khả năng phối hợp giữa hai hệ thống vệ tinh.

Trên cơ sở dữ liệu TLE (Two Line Element) được cung cấp từ trang thông tin điện tử <https://celestrak.com>, quỹ đạo của vệ tinh VNREDSat-1 và BKA được tính toán mô phỏng bằng phần mềm Orbitron, được Celestrak hỗ trợ [9]. Chú ý rằng, trong trang thông tin này, hệ thống vệ tinh BKA được đặt dưới tên KANOPUS\_V [10].

Thời gian chụp lặp lại một khu vực đối với mỗi hệ thống vệ tinh được căn cứ vào khoảng cách gần nhất giữa hai vệt quỹ đạo (đối với VNREDSat-1 là 94,517 km và BKA là 164,91 km, xem hình 1, 2) và khoảng cách tối đa có thể chụp khi vệ tinh chụp nghiêng, được tính theo công thức:

$$D = \tan \alpha \cdot h$$

Trong đó:  $\alpha$  là góc nghiêng khi chụp;  $h$  là độ cao bay chụp (km);  $D$  là khoảng cách tối đa có thể chụp (km).

Như vậy đối với mỗi góc nghiêng khác nhau,  $D$  có giá trị khác nhau tương ứng, cụ thể như sau:

**Bảng 2. Khoảng cách tối đa tương ứng với góc nghiêng của VNREDSat-1 và BKA.**

| Góc nghiêng ( $\alpha$ ) | D (VNREDSat-1) (km) | D (BKA) (km) |
|--------------------------|---------------------|--------------|
| 30°                      | 392,598             | 294,448      |
| 20°                      | 247,499             | 185,625      |
| 10°                      | 119,902             | 89,927       |

Như vậy, đối với mỗi góc nghiêng khác nhau, thời gian chụp lặp lại cho một khu vực sẽ khác nhau, góc nghiêng giảm thì thời gian chụp lặp sẽ tăng lên. Trong nghiên cứu này, mốc thời gian để tính toán thời gian chụp là ngày 0 trong chu kỳ của cả hai hệ thống vệ tinh (xem hình 1, 2).

### Kết quả

#### Mô phỏng quỹ đạo của hai hệ thống vệ tinh

Giá trị TLE được cung cấp bởi trang <https://celestrak.com>



VNREDSAT 1

1 39160U 13021B 18060.62972507  
.00000029 00000-0 14636-4 0 9994

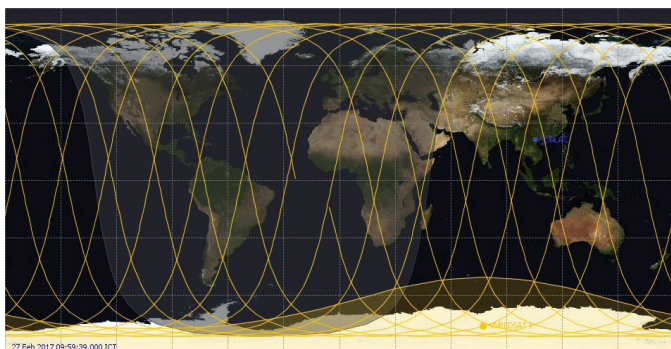
2 39160 98.0544 135.7914 0001382  
90.8028 269.3336 14.62979273257244

KANOPUS-V 1

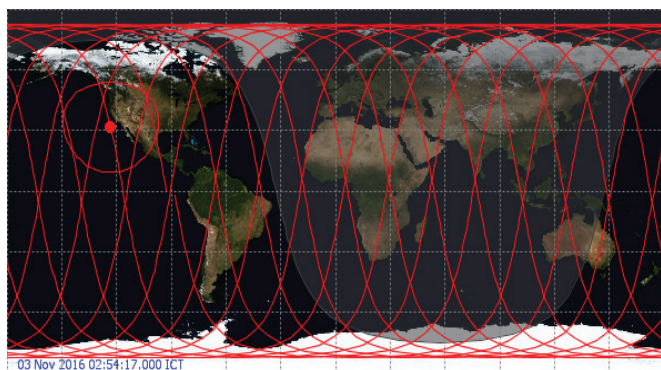
1 38707U 12039A 18060.78428194  
-.00013006 00000-0 -61594-3 0 9998

2 38707 97.4540 340.7535 0001506  
51.2909 25.6505 15.19224927311191

Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo hoạt động của hai hệ thống vệ tinh [11] được mô tả cụ thể trong hình 3 và hình 4.



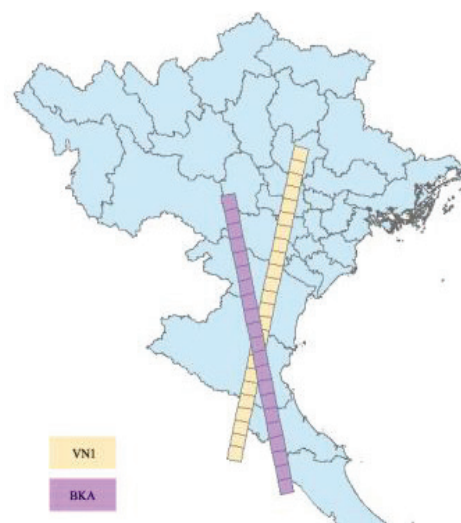
Hình 3. Vệt quỹ đạo của VNREDSat-1 trong 1 ngày.



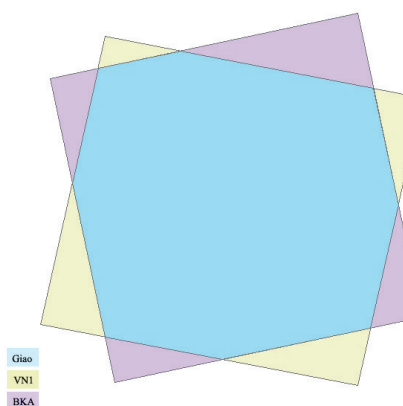
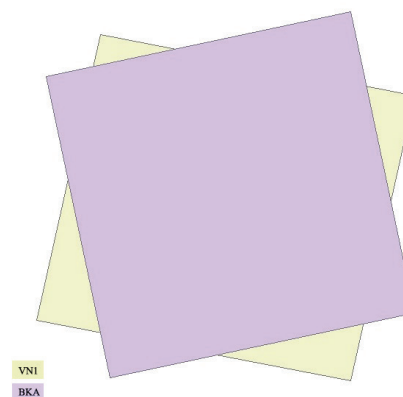
Hình 4. Vệt quỹ đạo của BKA trong 1 ngày.

### Mô phỏng dải chụp của hai hệ thống vệ tinh

Trên cơ sở tính toán mô phỏng quỹ đạo hai hệ thống VNREDSat-1 và BKA, cũng với đặc điểm về độ rộng dải chụp của mỗi vệ tinh (17,5 km đối với VNREDSat-1 và 20 km đối với BKA) (xem hình 5), chỉ xét trong trường hợp có thể kết hợp hai loại ảnh toàn sắc và đa phổ để tăng cường chất lượng ảnh [7, 8].



Hình 5. Pha chụp ảnh của BKA và VNREDSat-1.



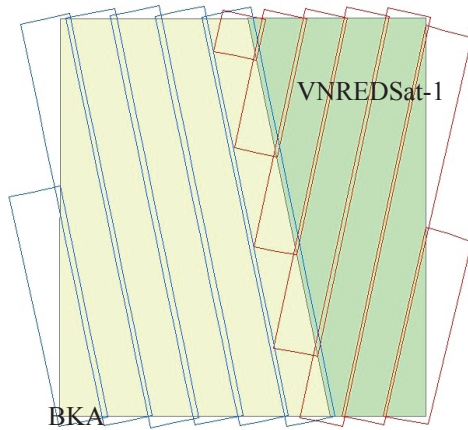
Hình 6. Độ chồng phủ cảnh ảnh của BKA và VNREDSat-1.

Với giá trị góc nghiêng nhỏ trong khoảng 10-15°, diện tích chồng phủ của các cảnh ảnh có thể đạt 288 km<sup>2</sup>, tương đương 94% diện tích của ảnh VNREDSat-1 (kích thước mỗi cảnh ảnh là 17,5x17,5 km, tương đương 306,25 km<sup>2</sup>) hoặc 72% diện tích hình ảnh BKA (20x20 km, tương đương 400 km<sup>2</sup>) (xem hình 6). Kết quả này có thể chấp nhận được trong

trường hợp chụp ảnh cho một khu vực quan tâm có diện tích nằm trong phần chồng phủ. Ở đây không xét đến trường hợp các góc chụp lớn vì diện tích cảnh ảnh sẽ tăng khi góc nghiêng tăng, điều này có nghĩa diện tích chồng phủ sẽ được tăng lên.

#### Mô phỏng kết hợp chụp ảnh cho một khu vực

Với góc nghiêng tối đa của VNREDSat-1 là  $35^\circ$  và BKA là  $40^\circ$  [7, 8], nhóm nghiên cứu thực hiện mô phỏng kết hợp chụp một khu vực có độ rộng tương đương 10 dải chụp của vệ tinh BKA (20 km), tương ứng đối với VNREDSat-1 để chụp phủ kín khu vực cần 11 dải (17,5 km). Tùy theo góc nghiêng khác nhau khi chụp mà thời gian chụp hết toàn bộ khu vực sẽ khác nhau, nhưng khi kết hợp hai vệ tinh thì thời gian chụp lặp sẽ được rút ngắn. Phương án phân chia khu vực chụp được minh họa trong hình 7.



Hình 7. Phân chia khu vực chụp ảnh giữa hai vệ tinh VNREDSat-1 và BKA.

Thời gian cần thiết để chụp hết 10 dải của BKA với góc nghiêng  $30^\circ$  được tính như sau:

- Lấy mốc thời điểm chụp được dải đầu tiên là ngày 0 trong chu kỳ.
- Ngày 5 sẽ tiếp tục chụp được dải thứ hai, ngày 11 sẽ chụp được dải thứ 3, ngày 16 chụp được dải thứ 4.
- Dải cuối cùng sẽ chụp được vào ngày thứ 16 của chu kỳ thứ ba.
- Như vậy là cần 3 chu kỳ để chụp 10 dải này (tương đương 48 ngày).

Tương tự như vậy, thời gian chụp cần thiết với các góc nghiêng khác nhau đối với BKA và đối với VNREDSat-1 được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Thời gian chụp phủ trùm theo góc nghiêng.

| Góc nghiêng | VNREDSat-1 | BKA        | Kết hợp   |
|-------------|------------|------------|-----------|
| $30^\circ$  | 42 (ngày)  | 48 (ngày)  | 27 (ngày) |
| $20^\circ$  | 58 (ngày)  | 48 (ngày)  | 27 (ngày) |
| $10^\circ$  | 95 (ngày)  | 176 (ngày) | 58 (ngày) |

#### Thảo luận

Công tác tính toán quỹ đạo hoạt động là một trong những yếu tố quyết định đến hiệu quả phối hợp chụp ảnh [12], vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến kế hoạch chụp ảnh của hai vệ tinh. Bên cạnh đó, việc pha chụp ảnh giữa hai vệ tinh bị ngược nhau là thách thức lớn trong quá trình phối hợp giữa VNREDSat-1 và BKA, đòi hỏi cần phải có sự phối hợp chính xác, linh hoạt để mang lại hiệu quả cao.

Trong điều kiện chụp thẳng góc (nadir), thời gian chụp lặp của hai hệ thống vệ tinh như đã trình bày ở trên lần lượt là 29 ngày và 16 ngày đối với VNREDSat-1 và BKA [7, 8]. Như vậy, nếu chụp ảnh theo điều kiện chụp thẳng góc, thời gian phối hợp sẽ dài hơn nhiều so với chụp nghiêng góc. Do vậy, để nâng cao hiệu quả phối hợp về mặt thời gian sẽ lựa chọn phương án chụp trong điều kiện nghiêng góc tối đa.

Trong trường hợp yêu cầu đặc biệt như giám sát thiên tai thì thời gian chụp lặp tối đa đối với một khu vực của VNREDSat-1 với góc nghiêng  $35^\circ$  là 3 ngày [8] và BKA với góc nghiêng tối đa là  $40^\circ$  là 1 ngày [13], nếu kết hợp đồng thời cả hai hệ thống vệ tinh thì chúng ta có thể có dữ liệu trong 3-4 ngày liên tục (tùy theo vị trí thực địa).

Bài báo này không đề cập đến so sánh dữ liệu đầu ra của cả hai hệ thống vệ tinh vì các đặc điểm kỹ thuật của chúng khá tương đồng, cả VNREDSat-1 và BKA đều là các vệ tinh viễn thám quang học có thông tin về dữ liệu ảnh được mô tả chi tiết trong bảng 4 [8, 12].

Bảng 4. Đặc điểm dữ liệu ảnh của VNREDSat-1 và BKA.

| Thông số kỹ thuật          | BKA                        | VNREDSat-1            |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Số kênh phổ                | Toàn sắc ( $\mu\text{m}$ ) | 0,54-0,86             |
|                            | Blue ( $\mu\text{m}$ )     | 0,46-0,51             |
|                            | Green ( $\mu\text{m}$ )    | 0,51-0,60             |
|                            | Red ( $\mu\text{m}$ )      | 0,63-0,69             |
|                            | NIR ( $\mu\text{m}$ )      | 0,75-0,84             |
| Độ phân giải (m)           | Pan: 2,1<br>MS: 10,5       | Pan: 2,5<br>MS: 10    |
|                            | Kích thước ảnh (km)        | Pan: 17,5<br>MS: 17,5 |
| Độ phân giải bức xạ (bits) | 12                         | 10                    |



## Kết luận

Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy vệ tinh VNREDSat-1 và BKA có độ tương quan cao về các đặc tính quỹ đạo và cả đặc điểm dữ liệu ảnh của chúng, chứng minh tính khả thi trong việc phối hợp chụp ảnh. Mặc dù đây mới chỉ là kết quả ban đầu của hợp tác quốc tế giữa Viện Công nghệ Vũ trụ (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) và Viện Hàn lâm Khoa học quốc gia Belarus, nhưng đã góp phần vào thành công chung trong công tác phối hợp giữa hai hệ thống vệ tinh trong theo dõi, giám sát tài nguyên thiên nhiên, môi trường và thiên tai nói chung, khai thác hiệu quả nói riêng, để tiến tới những hợp tác tiếp theo.

## LỜI CẢM ƠN

Bài báo đã sử dụng tư liệu trong đề tài “Nghiên cứu phối hợp khai thác hai hệ thống vệ tinh VNREDSat-1 và BKA”, mã số VAST.HTQT.Belarus 04/16-17, thuộc chương trình hợp tác giữa Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam và Viện Hàn lâm Khoa học quốc gia Belarus. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>.
- [2] Tania Savitri, Youngjoo Kim, Sujang Jo, Hyochoong Bang (2017) “Satellite Constellation orbit design optimization with combined genetic Algorithm and Semianalytical Approach”, *International Journal of Aerospace Engineering*, **2017**, Article ID 1235692.
- [3] Micheal A. Wulder, Thomas Hilker, Joane C. White, Nicholas C. Coops, Jeffrey G. Masek, Dirk Pflugmacher, Yves Crevier (2015), “Virtual constellations for global terrestrial monitoring”, *Remote Sensing of Environment*, **170**, pp.62-76.
- [4] <http://www.vast.ac.vn/tin-tuc-su-kien/tin-vien/1904-hoi-thao-khoa-hoc-phoi-hop-hoat-dong-giua-hai-he-thong-ve-tinh-quan-sat-trai-dat-vnredsatsat-1-viet-nam-va-thaichote-thai-lan>.
- [5] Jozef C. van der Ha (editor) (1997), “Mission design & implementation of satellite constellations”, *Proceedings of an International Workshop*, held in Toulouse, France, November 1997.
- [6] James R. Wertz (2001), *Orbit & Constellation Design & Management*, Space Technology Library, **13**, 985pp.
- [7] *Vệ tinh viễn thám của Belarus (BKA)*, <http://gis.by/en/tech/bka>.
- [8] *Vệ tinh viễn thám của Việt Nam (VNREDSat-1)*, <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/vnredsatsat-1>.
- [9] Emilian-Ionut Croitoru, Gheorghe Oancea (2016), “Satellite tracking using Norad two-line element set format”, *Scientific Research and Education in the air forces-AFASES 2016*, pp.423-432.
- [10] Anatoly Zak (2013), *Kanopus-V declared operational*, <http://www.russianspaceweb.com/kanopus.html>.
- [11] Celestrak (2016), *Satellite Tracking Software Index*, <http://celestrak.com/software/satellite/sat-trak.asp/>.
- [12] J.G. Walker (1984), “Satellite Constellation”, *Journal of the British Interplanetary Society*, **47**, pp.559-572.
- [13] *Vệ tinh viễn thám BKA*, [http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/belka-2](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/belka-2).

# Nghiên cứu trạng thái electron của các cluster $VGe_n^{-0}$ ( $n = 1-2$ ) bằng phương pháp CASSCF/CASPT2

Nguyễn Minh Thảo<sup>1,2\*</sup>, Trần Thanh Tuấn<sup>1</sup>, Bùi Thọ Thanh<sup>2</sup>, Trần Quốc Trị<sup>1</sup>, Trần Văn Tân<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Hóa lý thuyết và hóa lý, Trường Đại học Đồng Tháp

<sup>2</sup>Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Tp Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 12/2/2018; ngày chuyển phản biện 22/2/2018; ngày nhận phản biện 21/3/2018; ngày chấp nhận đăng 6/4/2018

## Tóm tắt:

Các trạng thái electron cơ bản và kích thích của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) được nghiên cứu bằng phương pháp tính đa cấu hình CASSCF/CASPT2. Cấu hình của các trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) được xác định dựa vào hàm sóng tính được theo phương pháp CASSCF. Năng lượng của các trạng thái electron được tính bằng phương pháp CASPT2. Các thông số cấu trúc hình học và năng lượng tương đối của các trạng thái electron cơ bản và kích thích được xác định. Năng lượng tách electron ADE (adiabatic detachment energy) và VDE (vertical detachment energy) của các quá trình tách electron ra khỏi cluster anion được báo cáo.

**Từ khóa:** Cấu trúc electron, cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ), năng lượng tách electron, phương pháp CASSCF/CASPT2.

**Chỉ số phân loại:** 1.4

## Đặt vấn đề

Các cluster germani pha tạp kim loại chuyển tiếp thu hút sự chú ý của các nhà khoa học vì tiềm năng ứng dụng trong y sinh học, công nghiệp bán dẫn và tổng hợp các vật liệu mới [1, 2]. Trong các tài liệu khoa học, cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster germani pha tạp các kim loại chuyển tiếp đã được báo cáo [3-5]. Tuy nhiên, cấu trúc và tính chất của các cluster germani pha tạp kim loại chuyển tiếp vẫn chưa được hiểu một cách đầy đủ. Do đó, việc nghiên cứu cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster germani pha tạp kim loại chuyển tiếp đã trở thành nhiệm vụ cấp thiết để hiểu được các tính chất của chúng. Gần đây, cấu trúc của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 3-12$ ) đã được thăm dò bằng phổ quang electron [5]. Để hiểu được các thông tin thăm dò được từ phổ quang electron, nhóm nghiên cứu cũng đã thực hiện các phép tính hóa học lượng tử. Cụ thể, lý thuyết phiếm hàm mật độ với phiếm hàm lai ghép B3PW91 đã được sử dụng để nghiên cứu cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 3-12$ ). Lý thuyết phiếm hàm mật độ chỉ tính được các trạng thái cơ bản hay các trạng thái có năng lượng thấp nhất ứng với mỗi biểu diễn bất khả quy của nhóm điểm đối xứng mà không tính được các trạng thái electron kích thích. Những kết quả tính được sử dụng để giải thích dãy phổ đầu tiên trong phổ quang electron của cluster anion [5].

Cấu trúc, độ bền, và từ tính của các cluster  $VGe_n$  ( $n = 1-19$ ) cũng đã được nghiên cứu [6]. Đối với cluster  $VGe$ , kết quả tính được cho thấy trạng thái cơ bản là sextet với

độ dài liên kết 2,526 Å. Giá trị ái lực electron tính được bằng phiếm hàm PBE của cluster  $VGe$  có giá trị là 0,61 eV. Đối với cluster  $VGe_2$ , đồng phân hình vòng được báo cáo là đồng phân bền nhất trong khi trạng thái electron cơ bản chưa được báo cáo. Ái lực electron của cluster trung hòa điện  $VGe_2$  có giá trị là 0,85 eV, trong khi độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge có giá trị là 2,536 và 2,405 Å [6]. Gần đây, cấu trúc electron của các cluster  $VGe_3^{-0}$  đã được nghiên cứu bằng các phương pháp DFT, RCCSD(T), CASSCF/CASPT2) [7].

Qua tham khảo các tài liệu khoa học, chúng tôi thấy rằng trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  và  $VGe_2^{-0}$  vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Với mong muốn cung cấp một hiểu biết đầy đủ về cấu trúc của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ), chúng tôi tiến hành nghiên cứu các cluster này bằng cách phối hợp lý thuyết phiếm hàm mật độ và phương pháp CASSCF/CASPT2. Phương pháp CASSCF/CASPT2 đã được biết đến như là phương pháp tính có độ chính xác cao và đặc biệt phù hợp để nghiên cứu các cluster chứa kim loại chuyển tiếp [7-10]. Phương pháp này có thể tính được trạng thái cơ bản và trạng thái kích thích của các cluster chứa kim loại chuyển tiếp với độ tin cậy cao.

## Các phương pháp tính

Các đồng phân quan trọng của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) được trình bày trong hình 1. Phương pháp CASSCF/CASPT2 được dùng để nghiên cứu các trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ). Trong các phép tính

\*Tác giả liên hệ: Email: nmthao@dongthap.edu.vn

# An investigation on the electronic states of $VGe_n^{-/0}$ ( $n = 1-2$ ) clusters by CASSCF/CASPT2 method

Minh Thao Nguyen<sup>1,2\*</sup>, Thanh Tuan Tran<sup>1</sup>,  
Tho Thanh Bui<sup>2</sup>, Quoc Tri Tran<sup>1</sup>, Van Tan Tran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Theoretical and Physical Chemistry Division, Dong Thap University

<sup>2</sup>Faculty of Chemistry, VNUHCM - University of Science

Received 12 February 2018; accepted 6 April 2018

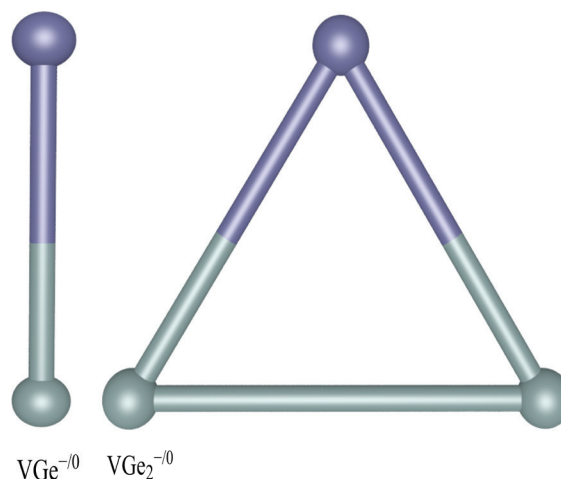
## Abstract:

The ground and excited states of  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ) clusters have been investigated using multiconfigurational CASSCF/CASPT2 methods. The electronic configurations of the relevant states have been determined on the basis of the CASSCF wave functions. The energy of the electronic states has been computed at the CASPT2 level. The geometrical parameters and relative energies of the ground and the excited states have been reported. The adiabatic and vertical detachment energies (ADEs and VDEs) of the electron detachment processes from the anionic clusters have also been calculated.

**Keywords:** CASSCF/CASPT2 method, electron detachment energy, electronic structure,  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ) clusters.

**Classification number:** 1.4

CASSCF/CASPT2, đối với các cluster  $VGe_n^{-/0}$ , các đường cong thế năng của các trạng thái electron được xây dựng bằng cách thay đổi độ dài liên kết V-Ge. Đối với các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , phương pháp CASSCF/CASPT2 được sử dụng cho phép tính tối ưu hóa hình học. Trong phép tính CASSCF/CASPT2, bộ hàm cơ sở aug-cc-pVTZ-DK được sử dụng cho cả V và Ge [11, 12]. Các hiệu ứng tương đối được hiệu chỉnh thông qua toán tử Hamilton Douglas-Kroll bậc hai [13-15]. Trong các phép tính CASPT2, electron trên các orbital 3s, 3p của V và 3d của Ge được phép kích thích. Tất cả các phép tính CASSCF/CASPT2 được thực hiện bằng phần mềm MOLCAS@UU 8.0 [16].



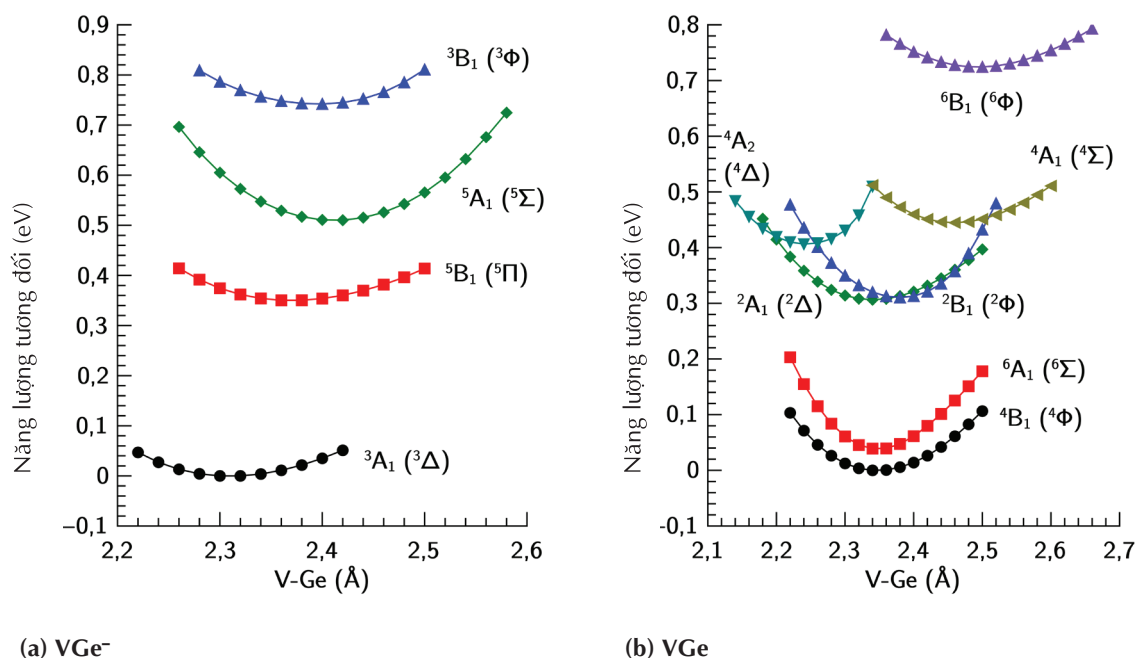
Hình 1. Cấu trúc hình học các đồng phân của các cluster  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ).

Trong các phép tính CASSCF, không gian hoạt động được lựa chọn bao gồm các orbital phân tử có phần đóng góp chủ yếu của các orbital 3d, 4s của V và 4s và 4p của Ge. Đối với các cluster  $VGe_n^{-/0}$ , không gian hoạt động bao gồm các orbital 3d, 4s của V và 4s, 4p của Ge, và 5 orbital ảo. Kết quả hình thành nên không gian hoạt động có 10 hoặc 9 electron phân bố trong 15 orbital. Không gian hoạt động này được ký hiệu là (10,9/15). Đối với các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , hai không gian hoạt động được lựa chọn. Không gian hoạt động thứ nhất được ký hiệu là (10,9/12) bao gồm orbital 3d, 4s của V và 4p của Ge. Không gian hoạt động này được sử dụng cho phép tính tối ưu hóa hình học. Không gian hoạt động thứ hai được tạo thành bằng cách thêm năm orbital ảo vào không gian hoạt động thứ nhất. Kết quả hình thành nên không gian hoạt động được ký hiệu là (10,9/17). Không gian hoạt động này được dùng trong các phép tính năng lượng điểm đơn cho các trạng thái electron dựa trên cấu trúc hình học đã tối ưu hóa với không gian hoạt động thứ nhất. Tất cả các giá trị năng lượng tương đối tính theo phương pháp CASPT2 của các cluster  $VGe_n^{-/0}$  được báo cáo dựa trên kết quả tính bằng không gian hoạt động thứ hai.

## Kết quả và thảo luận

### Kết quả nghiên cứu về các cluster $VGe_n^{-/0}$

Để xác định độ dài liên kết, tần số dao động điều hòa, và năng lượng tương đối của các trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-/0}$ , đường cong thế năng của các trạng thái electron được xây dựng và trình bày trong hình 2a và 2b. Kết quả phân tích các đường cong thế năng được trình bày trong bảng 1. Bảng này cho thấy trạng thái cơ bản của cluster anion  $VGe^{-}$  là  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Trạng thái này có độ dài liên kết là 2,310 Å và tần số dao động là 301  $\text{cm}^{-1}$ . Các trạng thái kích thích  $^5B_1$  ( $^5\Pi$ ),  $^5A_1$  ( $^5\Sigma$ ) và  $^3B_1$  ( $^3\Phi$ ) kém bền hơn 0,35, 0,51, và 0,74 eV so với trạng thái cơ bản  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Trạng thái  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ )



Hình 2. Đường cong thế năng của các cluster  $VGe^-$  (a) và  $VGe$  (b).

Bảng 1. Các thông số cấu trúc, tần số dao động và năng lượng tương đối (NLTĐ) của các cluster  $VGe^{-/0}$ .

| Đồng phân | Trạng thái |                | Cấu hình electron                                                | V-Ge (Å) | Tần số (cm <sup>-1</sup> ) | NLTĐ <sup>(a)</sup> (eV) | VDE (eV) |
|-----------|------------|----------------|------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------|--------------------------|----------|
|           | $C_{2v}$   | $C_{\infty v}$ |                                                                  |          |                            |                          |          |
| $VGe^-$   | $^3A_1$    | $^3\Delta$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ (51%) | 2,310    | 301                        | 0,00                     |          |
|           | $^5B_1$    | $^5\Pi$        | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^2$ (61%) | 2,370    | 282                        | 0,35                     |          |
|           | $^5A_1$    | $^5\Sigma$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^1 2\delta^1$ (29%) | 2,411    | 360                        | 0,51                     |          |
|           | $^3B_1$    | $^3\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^2 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^1$ (40%) | 2,395    | 301                        | 0,74                     |          |
| $VGe$     | $^4B_1$    | $^4\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^1$ (50%) | 2,347    | 315                        | 0,00 (1,48)              | 1,49     |
|           | $^6A_1$    | $^6\Sigma$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^0 2\delta^2$ (62%) | 2,348    | 406                        | 0,04                     |          |
|           | $^2A_1$    | $^2\Delta$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^0 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ (39%) | 2,340    | 284                        | 0,31                     |          |
|           | $^2B_1$    | $^2\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^1$ (21%) | 2,380    | 346                        | 0,31                     |          |
|           | $^4A_2$    | $^4\Delta$     | $12\sigma^2 13\sigma^1 14\sigma^1 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ (55%) | 2,249    | 349                        | 0,41                     |          |
|           | $^4A_1$    | $^4\Sigma$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^0 2\delta^2$ (35%) | 2,459    | 269                        | 0,45                     |          |
|           | $^6B_1$    | $^6\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^1 2\delta^1$ (48%) | 2,494    | 230                        | 0,72                     |          |

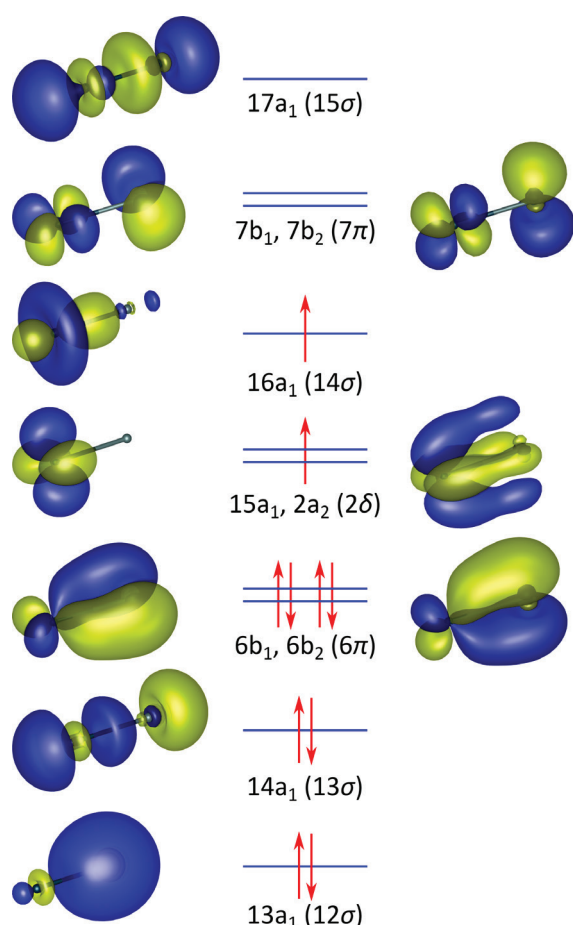
(a) Giá trị trong dấu ngoặc là năng lượng tương đối ADE của trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) của cluster trung hòa điện so với trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) của cluster anion.

là trạng thái cơ bản của cluster trung hòa điện  $VGe$ . Trạng thái này có độ dài liên kết là 2,347 Å và tần số dao động là 315 cm<sup>-1</sup>. Trạng thái  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ) có năng lượng tương đối là 0,04 eV nên trạng thái này là gần như suy biến với trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Các trạng thái kích thích  $^2A_1$  ( $^2\Delta$ ),  $^2B_1$  ( $^2\Phi$ ),  $^4A_2$  ( $^4\Delta$ ),  $^4A_1$  ( $^4\Sigma$ ), và  $^6B_1$  ( $^6\Phi$ ) có năng lượng cao hơn 0,31, 0,31, 0,41, 0,45, và 0,72 eV so với trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Theo kết quả tính bằng phương pháp CASPT2, trạng thái cơ bản của cluster trung hòa điện  $VGe$  được dự đoán là  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Kết quả

này là trái ngược với kết quả thu được bằng phương pháp PBE trong đó trạng thái sextet được dự đoán là trạng thái cơ bản của cluster  $VGe$  [6]. Ở đây, cần lưu ý là độ dài liên kết V-Ge của trạng thái  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ) tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị là 2,348 Å. Độ dài liên kết này là ngắn hơn độ dài liên kết 2,526 Å của trạng thái sextet tính bằng phương pháp PBE [6].

Giản đồ năng lượng các obitan phân tử của trạng thái cơ bản  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) của cluster  $VGe^-$  được trình bày trong hình 3. Qua hình này, cấu hình electron của trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ )





Hình 3. Giản đồ năng lượng các obitan phân tử của trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) của cluster  $VGe^-$ .

được xác định là  $13a_1^2 14a_1^2 15a_1^1 16a_1^1 6b_1^2 7b_1^0 6b_2^2 7b_2^0 2a_2^0$  hay  $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ . Trong cấu hình này, các obitan  $13a_1$  ( $12\sigma$ ),  $14a_1$  ( $13\sigma$ ), và  $6b_1$ ,  $6b_2$  ( $6\pi$ ) được tạo thành chủ yếu từ obitan 4s, 4p của Ge, trong khi các obitan  $15a_1$ ,  $2a_2$  ( $2\delta$ ),  $16a_1$  ( $14\sigma$ ),  $7b_1$ ,  $7b_2$  ( $7\pi$ ), và  $17a_1$  ( $15\sigma$ ) chủ yếu được tạo thành từ obitan 3d, 4s của V. Cấu hình electron này chỉ chiếm 51% trong tổng số các cấu hình electron tạo nên trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Do đó, có thể nói rằng trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) có tính chất đa cấu hình rất mạnh. Phần trăm đóng góp của các cấu hình chủ yếu của các trạng thái năng lượng thấp của các cluster  $VGe^{-0}$  được trình bày trong bảng 1. Bảng 1 cho thấy phần đóng góp của cấu hình electron chủ yếu của các trạng thái electron đều thấp. Trong trường hợp cao nhất, cấu hình electron  $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^0 2\delta^2$  của trạng thái  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ) đóng góp 62%.

Năng lượng cần thiết cho các quá trình tách electron ra khỏi cluster anion cũng được tính toán. Năng lượng tách electron được tính bằng công thức sau:

$$DE = E(VGe^-) - E(VGe)$$

Trong đó, DE là năng lượng tách electron,  $E(VGe^-)$  và

$E(VGe)$  là năng lượng của  $VGe^-$  và  $VGe$ . Có hai loại năng lượng tách electron được biết đến là năng lượng tách electron ADE (adiabatic detachment energy) và VDE (vertical detachment energy). Năng lượng tách electron ADE thu được khi các giá trị năng lượng của cluster anion và trung hòa điện đều ứng với cấu trúc hình học đã tối ưu hóa hay ứng với các điểm cực tiểu trên bề mặt thế năng. Năng lượng tách electron VDE thu được khi năng lượng của cluster anion ứng với cấu trúc hình học đã tối ưu hóa, trong khi năng lượng của cluster trung hòa điện được tính với cấu trúc hình học đã tối ưu hóa của cluster anion.

Bắt đầu từ trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ), quá trình tách một electron từ obitan liên kết  $6b_1$  ( $6\pi$ ) sẽ tạo thành trạng thái  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Năng lượng tách electron ADE và VDE của bước chuyển  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ )  $\rightarrow$   $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị lần lượt là 1,48 và 1,49 eV. Trong bước chuyển này, một electron được tách ra từ obitan liên kết  $6b_1$  ( $6\pi$ ) nên độ dài liên kết V-Ge tăng từ 2,310 lên 2,347 Å. Kết quả tính bằng phương pháp CASPT2 cho thấy năng lượng tách electron ADE ra khỏi cluster anion là 1,48 eV. Giá trị năng lượng tách electron ADE này là cao hơn rất nhiều so với giá trị ái lực electron của cluster trung hòa điện tính bằng phiếm hàm PBE. Điều này có thể được giải thích là trong tính toán bằng phiếm hàm PBE, ái lực electron của cluster trung hòa điện được tính dựa trên quá trình chuyển từ trạng thái kích thích sextet của cluster trung hòa điện đến trạng thái kích thích quintet của cluster anion.

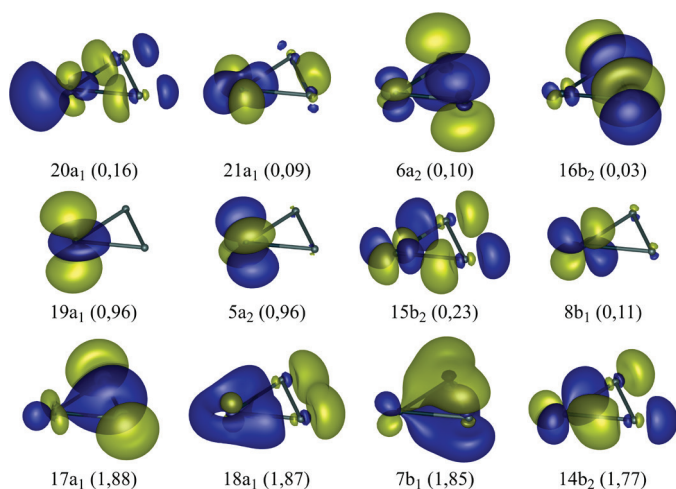
### Kết quả nghiên cứu về các cluster $VGe_2^{-0}$

Các kết quả nghiên cứu trước đây bằng lý thuyết phiếm hàm mật độ cho thấy đồng phân bền nhất của các cluster  $VGe_2^{-0}$  có dạng hình vòng như trình bày ở hình 1. Phép tính bằng phiếm hàm PBE cũng dự đoán đồng phân hình vòng của cluster trung hòa là đồng phân bền nhất mặc dù trạng thái spin vẫn chưa được công bố [6]. Về mặt đối xứng phân tử, đồng phân hình vòng thuộc nhóm điểm đối xứng  $C_{2v}$ . Giá trị độ dài liên kết và năng lượng tương đối của các trạng thái electron của đồng phân hình vòng  $VGe_2^{-0}$  tính được bằng phương pháp CASPT2 được trình bày trong bảng 2. Kết quả tính cho thấy cluster anion  $VGe_2^-$  có trạng thái cơ bản là  $^3A_2$ . Trạng thái triplet này có độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge lần lượt là 2,351 và 2,497 Å. Các trạng thái  $^5B_1$ ,  $^3B_1$ ,  $^5A_1$ ,  $^5A_2$ , và  $^3B_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản lần lượt là 0,18, 0,24, 0,54, 0,56, và 0,58 eV. Đối với cluster trung hòa điện  $VGe_2$ , trạng thái cơ bản được xác định là  $^4B_1$ . Các trạng thái kích thích  $^2A_1$ ,  $^4A_1$ , và  $^2A_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản lần lượt là 0,54, 0,66, và 0,69 eV. Độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge của trạng thái cơ bản  $^4B_1$  có giá trị lần lượt là 2,373 và 2,351 Å. Các giá trị độ dài liên kết này là ngắn hơn nhiều so với giá trị 2,536 và 2,405 Å thu được từ các phép tính bằng phiếm hàm PBE [6].

**Bảng 2.** Các thông số cấu trúc hình học và năng lượng tương đối (NLTD) của các trạng thái electron của các cluster  $VGe_2^{-/0}$ .

| Đồng phân           | Trạng thái | Cấu hình electron                                                    | V-Ge, Ge-Ge (Å) | NLTD <sup>(a)</sup> (eV) | VDE (eV) |
|---------------------|------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|----------|
| Hình vòng $VGe_2^-$ | $^3A_2$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ (64%) | 2,351, 2,497    | 0,00                     |          |
|                     | $^5B_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^1 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (81%) | 2,389, 2,369    | 0,18                     |          |
|                     | $^3B_1$    | $18a_1^2 19a_1^2 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (33%) | 2,388, 2,333    | 0,24                     |          |
|                     | $^5A_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^1 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (84%) | 2,433, 2,348    | 0,54                     |          |
|                     | $^5A_2$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^1 5a_2^1$ (76%) | 2,369, 2,486    | 0,56                     |          |
|                     | $^3B_2$    | $18a_1^2 19a_1^0 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^1 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ (64%) | 2,366, 2,498    | 0,58                     |          |
| Hình vòng $VGe_2$   | $^4B_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (77%) | 2,373, 2,351    | 0,00 (1,20)              | 1,28     |
|                     | $^2A_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^0$ (65%) | 2,370, 2,424    | 0,54                     |          |
|                     | $^4A_1$    | $18a_1^2 19a_1^0 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^1 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (80%) | 2,410, 2,326    | 0,66                     |          |
|                     | $^2A_2$    | $18a_1^2 19a_1^0 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ (69%) | 2,341, 2,452    | 0,69                     |          |

(a) Giá trị trong dấu ngoặc là năng lượng tương đối so với trạng thái cơ bản của cluster anion hay năng lượng tách electron ADE của cluster anion.



**Hình 4.** Hình ảnh các orbital phân tử và số electron chiếm của trạng thái  $^3A_2$  của đồng phân hình vòng  $VGe_2^-$ .

Để hiểu được cấu trúc electron của các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , các orbital phân tử và số electron chiếm thu được từ phép tính CASSCF cần được khảo sát. Hình ảnh các orbital phân tử quan trọng và số electron chiếm của trạng thái  $^3A_2$  của đồng phân hình vòng  $VGe_2^-$  được trình bày trong hình 4. Từ hình ảnh này, cấu hình electron của trạng thái  $^3A_2$  của đồng phân hình vòng  $VGe_2^-$  được xác định là  $17a_1^2 18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ . Trong cấu hình này, các orbital có phần đóng góp lớn của orbital 4p của Ge là  $17a_1$ ,  $18a_1$ ,  $7b_1$ ,  $14b_2$ ,  $16b_2$ , và  $6a_2$ . Các orbital  $19a_1$ ,  $20a_1$ ,  $21a_1$ ,  $8b_1$ ,  $15b_2$ , và  $5a_2$  được tạo thành chủ yếu từ các orbital 3d và 4s của V. Bắt đầu từ trạng thái cơ bản  $^3A_2$ , trạng thái  $^5B_1$  có thể được tạo thành bằng cách chuyển một electron từ

orbital  $14b_2$  sang orbital  $20a_1$ . Trạng thái  $^4B_1$  có thể được tạo thành từ trạng thái  $^3A_2$  bằng cách tách một electron ra khỏi orbital  $14b_2$ . Vì orbital  $14b_2$  là orbital liên kết giữa orbital 3d của V và orbital  $\pi^*$  của phối tử  $Ge_2$ , nên trong bước chuyển từ trạng thái  $^3A_2$  đến trạng thái  $^4B_1$ , độ dài liên kết V-Ge tăng từ 2,351 lên 2,373 Å, trong khi độ dài liên kết Ge-Ge giảm từ 2,497 đến 2,351 Å. Các giá trị năng lượng tách electron ADE và VDE của bước chuyển  $^3A_2 \rightarrow ^4B_1$  tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị lần lượt là 1,20 và 1,28 eV. Giá trị ADE này lớn hơn 0,35 eV so với ái lực electron tính bằng phép gần đúng PBE (0,85 eV) [6].

## Kết luận

Cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ) đã được nghiên cứu bằng phương pháp CASSCF/CASPT2. Đối với các cluster  $VGe^{-/0}$ , trạng thái cơ bản được xác định là trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) và  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Độ dài liên kết của các trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) và  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) lần lượt là 2,310 và 2,347 Å. Giá trị tần số dao động điều hòa của các trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) và  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) lần lượt là 301 và 315  $cm^{-1}$ . Các trạng thái kích thích  $^5B_1$  ( $^5\Pi$ ),  $^5A_1$  ( $^5\Sigma$ ) và  $^3B_1$  ( $^3\Phi$ ) kém bền hơn 0,35, 0,51, và 0,74 eV so với trạng thái cơ bản  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Các trạng thái kích thích  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ),  $^2A_1$  ( $^2\Delta$ ),  $^2B_1$  ( $^2\Phi$ ),  $^4A_2$  ( $^4\Delta$ ),  $^4A_1$  ( $^4\Sigma$ ), và  $^6B_1$  ( $^6\Phi$ ) có năng lượng cao hơn 0,04, 0,31, 0,31, 0,41, 0,45, và 0,72 eV so với trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Các giá trị năng lượng tách electron ADE và VDE của quá trình tách electron ứng với bước chuyển  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ )  $\rightarrow$   $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) của cluster  $VGe^-$  có giá trị là 1,48 và 1,49 eV. Đối với các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , trạng thái cơ bản được dự đoán là  $^3A_2$  và  $^4B_1$  của đồng phân hình vòng. Độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge

của các trạng thái  $^3A_2$  của cluster  $VGe_2^-$  là 2,351 và 2,497 Å. Độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge của các trạng thái  $^4B_1$  của cluster  $VGe_2^-$  là 2,372 và 2,351 Å. Các trạng thái  $^5B_1$ ,  $^3B_1$ ,  $^5A_1$ ,  $^5A_2$ , và  $^3B_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản  $^3A_2$  lần lượt là 0,18, 0,24, 0,54, 0,56, và 0,58 eV. Các trạng thái kích thích  $^2A_1$ ,  $^4A_1$ , và  $^2A_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản  $^4B_1$  lần lượt là 0,54, 0,66, và 0,69 eV. Năng lượng tách electron ADE và VDE ứng với bước chuyển  $^3A_2 \rightarrow ^4B_1$  của cluster  $VGe_2^-$  tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị là 1,20 và 1,28 eV.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 104.06-2016.16. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Brunco, B. De Jaeger, G. Eneman, J. Mitard, G. Hellings, A. Satta, V. Terzieva, L. Souriau, F. Leys, G. Pourtois (2008), "Germanium MOSFET devices: Advances in materials understanding, process development, and electrical performance", *J. Electrochem. Soc.*, **155**(7), pp.H552-H561.
- [2] C. Claeys, E. Simoen (2011), *Germanium-based technologies: from materials to devices*, Elsevier.
- [3] X.J. Deng, X.Y. Kong, X.L. Xu, H.G. Xu, W.J. Zheng (2014), "Structural and magnetic properties of  $CoGe_n^-$  ( $n=2-11$ ) clusters: photoelectron spectroscopy and density functional calculations", *Chem. Phys. Chem.*, **15**(18), pp.3987-3993.
- [4] X.J. Deng, X. Kong, X.L. Xu, W.J. Zheng (2014), "Structural and bonding properties of small  $TiGe_n^-$  ( $n=2-6$ ) clusters: Photoelectron spectroscopy and density functional calculations", *RSC Adv.*, **4**(49), pp.25963-25968.
- [5] X.J. Deng, X.Y. Kong, H.G. Xu, X.L. Xu, G. Feng, W.J. Zheng (2015), "Photoelectron spectroscopy and density functional calculations of  $VGe_n^-$  ( $n=3-12$ ) clusters", *J. Phys. Chem. C*, **119**(20), pp.11048-11055.
- [6] C. Siouani, S. Mahtout, S. Safer, F. Rabilloud (2017), "Structure, stability, and electronic and magnetic properties of  $VGe_n$  ( $n=1-19$ ) clusters", *J. Phys. Chem. A*, **121**(18), pp.3540-3554.
- [7] L.N. Pham, M.T. Nguyen (2017), "Insights into geometric and electronic structures of  $VGe_3^-$  clusters from anion photoelectron spectrum Assignment", *J. Phys. Chem. A*, **121**(37), pp.6949-6956.
- [8] V.T. Tran, M.F.A. Hendrickx (2011), "A CASPT2 description of the electronic structures of  $FeO_3^-$  in relevance to the anion photoelectron spectrum", *J. Chem. Theory Comput.*, **7**(2), pp.310-319.
- [9] V.T. Tran, M.F.A. Hendrickx (2011), "Assignment of the photoelectron spectra of  $FeS_3^-$  by density functional theory, CASPT2, and RCCSD(T) calculations", *J. Phys. Chem. A*, **115**(47), pp.13956-13964.
- [10] V.T. Tran, X.M.T. Tran, M.T. Nguyen, H.T. Nguyen, Q.T. Tran (2017), "A new interpretation of the photoelectron spectrum of  $VS_4^-$  cluster by density functional theory and multiconfigurational CASSCF/CASPT2 calculations", *Chem. Phys. Lett.*, **690**, pp.140-146.
- [11] N.B. Balabanov, K.A. Peterson (2005), "Systematically convergent basis sets for transition metals. I. All-electron correlation consistent basis sets for the 3d elements Sc-Zn", *J. Chem. Phys.*, **123**(6), p.064107.
- [12] A.K. Wilson, D.E. Woon, K.A. Peterson, T.H. Dunning Jr (1999), "Gaussian basis sets for use in correlated molecular calculations. IX. The atoms gallium through krypton", *J. Chem. Phys.*, **110**(16), pp.7667-7676.
- [13] Y. Ishikawa, M.J. Vilkas (2001), "Relativistic quantum mechanics of many-electron systems", *THEOCHEM*, **573**(1), pp.139-169.
- [14] M. Reiher, A. Wolf (2004), "Exact decoupling of the Dirac Hamiltonian. I. General theory", *J. Chem. Phys.*, **121**(5), pp.2037-2047.
- [15] M. Reiher, A. Wolf (2004), "Exact decoupling of the Dirac Hamiltonian. II. The generalized Douglas-Kroll-Hess transformation up to arbitrary order", *J. Chem. Phys.*, **121**(22), pp.10945-10956.
- [16] F. Aquilante, J. Autschbach, R.K. Carlson, L.F. Chibotaru, M.G. Delcey, L. De Vico, I. Fdez. Galván, N. Ferré, L.M. Frutos, L. Gagliardi, M. Garavelli, A. Giussani, C.E. Hoyer, G. Li Manni, H. Lischka, D. Ma, P.Å. Malmqvist, T. Müller, A. Nenov, M. Olivucci, T.B. Pedersen, D. Peng, F. Plasser, B. Pritchard, M. Reiher, I. Rivalta, I. Schapiro, J. Segarra-Martí, M. Stenrup, D.G. Truhlar, L. Ungur, A. Valentini, S. Vancoillie, V. Veryazov, V.P. Vysotskiy, O. Weingart, F. Zapata, R. Lindh (2016), "Molcas 8: New capabilities for multiconfigurational quantum chemical calculations across the periodic table", *J. Comput. Chem.*, **37**(5), pp.506-541.



# Sự thay đổi của một số thành phần hóa học và hợp chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi (*Allium sativum* L.) trong quá trình tồn trữ

Nguyễn Ái Thạch\*

Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

Ngày nhận bài 3/10/2017; ngày chuyển phản biện 5/10/2017; ngày nhận phản biện 1/12/2017; ngày chấp nhận đăng 16/4/2018

## Tóm tắt:

Tỏi (*Allium sativum* L.) đã được sử dụng phổ biến trong bữa ăn hàng ngày như gia vị thực phẩm với nhiều công dụng trị bệnh hiệu quả. Tồn trữ tép tỏi có ý nghĩa quan trọng đối với thị trường tiêu thụ tỏi tươi và chế biến. Trong nghiên cứu này, tác giả tiến hành đánh giá ảnh hưởng của quá trình tồn trữ tép tỏi (trồng ở phường Văn Hải, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận) đến một số thành phần hóa học (pH, độ ẩm và đường khử) và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học (hàm lượng polyphenol, flavonoid tổng số, hàm lượng thiosulfinate và khả năng chống oxy hóa) trong tỏi. Hoạt tính chống oxy hóa được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp loại bỏ gốc tự do DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Kết quả nghiên cứu cho thấy thành phần hóa học và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi đều bị ảnh hưởng đáng kể bởi quá trình tồn trữ (ngoại trừ giá trị pH, hàm lượng flavonoid tổng số và khả năng chống oxy hóa). Hàm lượng đường giảm ở tuần thứ 6 và độ ẩm giảm ở tuần thứ 8. Bên cạnh đó, hàm lượng polyphenol đạt cao nhất ở tuần thứ 8, trong khi hàm lượng thiosulfinate có xu hướng tăng đến tuần 12.

**Từ khóa:** DPPH, flavonoids, khả năng chống oxy hóa, polyphenols, tép tỏi, thiosulfinate, tồn trữ.

**Chỉ số phân loại:** 1.4

## **Đặt vấn đề**

Tỏi (*Allium sativum* L.) có nguồn gốc từ Trung Á và chủ yếu ở vùng Địa Trung Hải cũng như châu Á, châu Âu và châu Phi. Tại Việt Nam có nhiều vùng trồng tỏi nổi tiếng như Lý Sơn, Phan Rang, Vĩnh Phúc, Bắc Giang. Cây tỏi có thể phát triển đến chiều cao 30-90 cm. Củ tỏi dưới mặt đất là thành phần chính của cây và chia thành các phần được gọi là tép tỏi. Mùi tỏi xuất phát từ “thành phần chứa lưu huỳnh” được xem là có tính chất được liệu trong tỏi [1]. Thành phần hoạt động chính của tỏi là alliin [2]. Khi nghiền, alliin chuyển hóa thành allicin (như chất kháng sinh). Tỏi cũng chứa các hợp chất lưu huỳnh khác như ajoene, diallylsulfide, dithiin, S-allylcysteine, polyphenol, vitamin B, proteins, chất khoáng, saponins, flavonoid và nhiều sản phẩm của phản ứng Maillard (hợp chất không chứa lưu huỳnh). Những hợp chất chứa lưu huỳnh khó bay hơi như  $\gamma$ -glutamyl-S-allyl-L-cysteines và S-allyl-L-cysteine sulfoxides (alliin) đều rất phong phú trong tỏi còn nguyên vẹn. Các chất sulfoxide này sau đó chuyển hóa thành thiosulfinate (như allicin) thông qua phản ứng do enzyme [3]. Thiosulfinate khác và thành phần tan trong dầu như ajoene, vinyl dithiin và nhiều sulphide như diallyl sulphide (DAS), diallyl disulphide (DADS) và diallyl trisulphide (DATS), cũng góp phần tạo nên đặc tính mùi và tính chất sinh học của tỏi. Nhiều tài liệu nghiên cứu cho thấy những khả năng của tỏi và một số hợp chất allyl lưu huỳnh làm thay đổi các tiến trình trong tế bào liên quan đến việc phòng chống và điều trị ung thư [4].

Các hợp chất có hoạt tính sinh học là các thông số chất lượng quan trọng trong tép tỏi. Chúng sẽ bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố: Nhiệt độ và thời gian tồn trữ, giống, độ thuần thực... [5]. Bloem, *et al.* [5] đã chứng minh rằng bón phân lưu huỳnh làm tăng đáng kể hàm lượng alliin trong tép tỏi, trong khi nồng độ nitơ cao ảnh hưởng bất lợi. Hàm lượng và chất lượng alliin cao nhất thu được trong quá trình tồn trữ tỏi khi bón phân lưu huỳnh tối thiểu 30 kg/ha nếu không dùng nitơ. Montano, *et al.* [6] đã chỉ ra rằng vùng trồng, giống và kiểu sinh thái riêng biệt của tỏi có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ.

Gần đây, Toledano Medina, *et al.* [7] đã báo cáo rằng, tỏi đen có thể được chế biến từ tép tỏi (thay vì cả củ tỏi theo phương pháp truyền thống) với chất lượng ít có sự khác biệt với củ tỏi đen. Nhìn chung, tép tỏi được tồn trữ trong một khoảng thời gian dài trước khi tiêu thụ. Do đó, điều quan trọng đối với ngành công nghiệp chế biến và người tiêu dùng là phải biết được sự thay đổi thành phần hóa học, các hợp chất sinh học và khả năng chống oxy hóa trong suốt quá trình tồn trữ. Vì vậy, trong nghiên cứu này, sự thay đổi của một vài thành phần hóa học và hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi đã được xác định trong quá trình tồn trữ.

## **Đối tượng và phương pháp**

### **Đối tượng**

Tỏi tươi cỡ mềm, giống địa phương được thu hoạch vào

\*Email: nguyenaithach2001@gmail.com



# Changes of some chemical constituents and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) clove during storage

Ai Thach Nguyen\*

Department of Food Technology, Can Tho University

Received 3 October 2017; accepted 16 April 2018

## Abstract:

Garlic (*Allium sativum* L.) has been considered to be a food with exceptional therapeutic qualities in many cultures. Garlic cloves storage is an important factor for fresh and processed products. In this study, we investigated the variations of some chemical constituents (pH, moisture and reducing sugars) and contents of bioactive compounds (total polyphenols, total flavonoids and thiosulfinate content and antioxidant capacity) during the storage time of garlic cloves after harvest at Van Hai Ward, Phan Rang - Thap Cham City, Ninh Thuan Province). The antioxidant activity was evaluated using DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity. Some chemical compositions and contents of bioactive compounds in garlic cloves were significantly affected during storage (except for the pH value, total flavonoids content and antioxidant capacity). The reducing sugar and moisture content decreased at 6 and 8 weeks, respectively. The total polyphenols content reached maximum at 8 weeks, while thiosulfates content tended to increase at 12 weeks.

**Keywords:** Antioxidant capacity, clove garlic, DPPH, flavonoids, polyphenols, storage, thiosulfinate.

**Classification number:** 1.4

tháng 1/2017 và chọn lựa độ tuổi 130-135 ngày (sau khi gieo) tại phường Văn Hải, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận. Tỏi được thu hoạch vào buổi sáng sớm, thời tiết nắng ráo và vận chuyển đến phòng thí nghiệm trong ngày. Củ tỏi được xử lý và tách ra thành các tép tỏi với lớp vỏ lụa bên ngoài vẫn còn nguyên vẹn. Tép tỏi được tồn trữ trong tủ mát ở nhiệt độ  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  với độ ẩm tương đối 42-47% trước khi đem đi phân tích.

## Phương pháp nghiên cứu

Độ ẩm (%): Được xác định bằng phương pháp sấy ở

$105^\circ\text{C}$  đến khối lượng không đổi. Định lượng đường tổng bằng phương pháp Lane-Eynon [8]. Giá trị pH được đo bằng pH kế cầm tay (HI98107 Hanna, Ý).

Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) [mg acid gallic tương đương (GAE)/g chất khô]: Hàm lượng polyphenol tổng số được xác định bằng phương pháp Folin-Ciocalteu [9]. Phenol phản ứng với acid phosphomolybdic trong thuốc thử Folin-Ciocalteu, xuất hiện phức chất có màu xanh trong môi trường kiềm. Đo độ hấp thụ của mẫu ở 765 nm bằng máy đo quang phổ. Căn cứ vào cường độ màu đo được trên máy quang phổ và dựa vào đường chuẩn acid gallic để xác định hàm lượng polyphenol tổng số có trong mẫu. Hàm lượng polyphenol tổng của mẫu được thể hiện qua mg đương lượng acid gallic trên mỗi g chất khô (mg GAE/g).

Hàm lượng flavonoid tổng số (TFC): Hàm lượng tổng flavonoid được xác định thông qua phương pháp tạo màu với  $\text{AlCl}_3$  trong môi trường kiềm - trắc quang [10]. Độ hấp thụ của dung dịch phản ứng được đo ở bước sóng 415 nm. Dựa vào đường chuẩn quercetin để xác định hàm lượng flavonoid tổng có trong mẫu. Các kết quả được thể hiện qua mg đương lượng quercetin (QE) trên mỗi g chất khô mẫu phân tích (mg QE/g).

Hàm lượng thiosulfinate tổng số ( $\mu\text{mol/g}$ ): Đo độ hấp thụ ở bước sóng 412 nm của 2-nitro-5-thiobenzoate được tạo ra bằng cách kết hợp các phương pháp của Kinalski và Noreña [11].

Hoạt động chống oxy hóa (%): Hoạt động loại bỏ gốc tự do được phân tích thông qua thử nghiệm 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH). Khả năng khử gốc tự do DPPH được xác định theo phương pháp của Blois [12]. Các chất có khả năng oxy hóa sẽ trung hòa gốc DPPH bằng cách cho hydrogen, làm giảm độ hấp thụ tại bước sóng cực đại và màu của dung dịch phản ứng sẽ nhạt dần, chuyển từ tím sang vàng nhạt.

## Phân tích thống kê số liệu

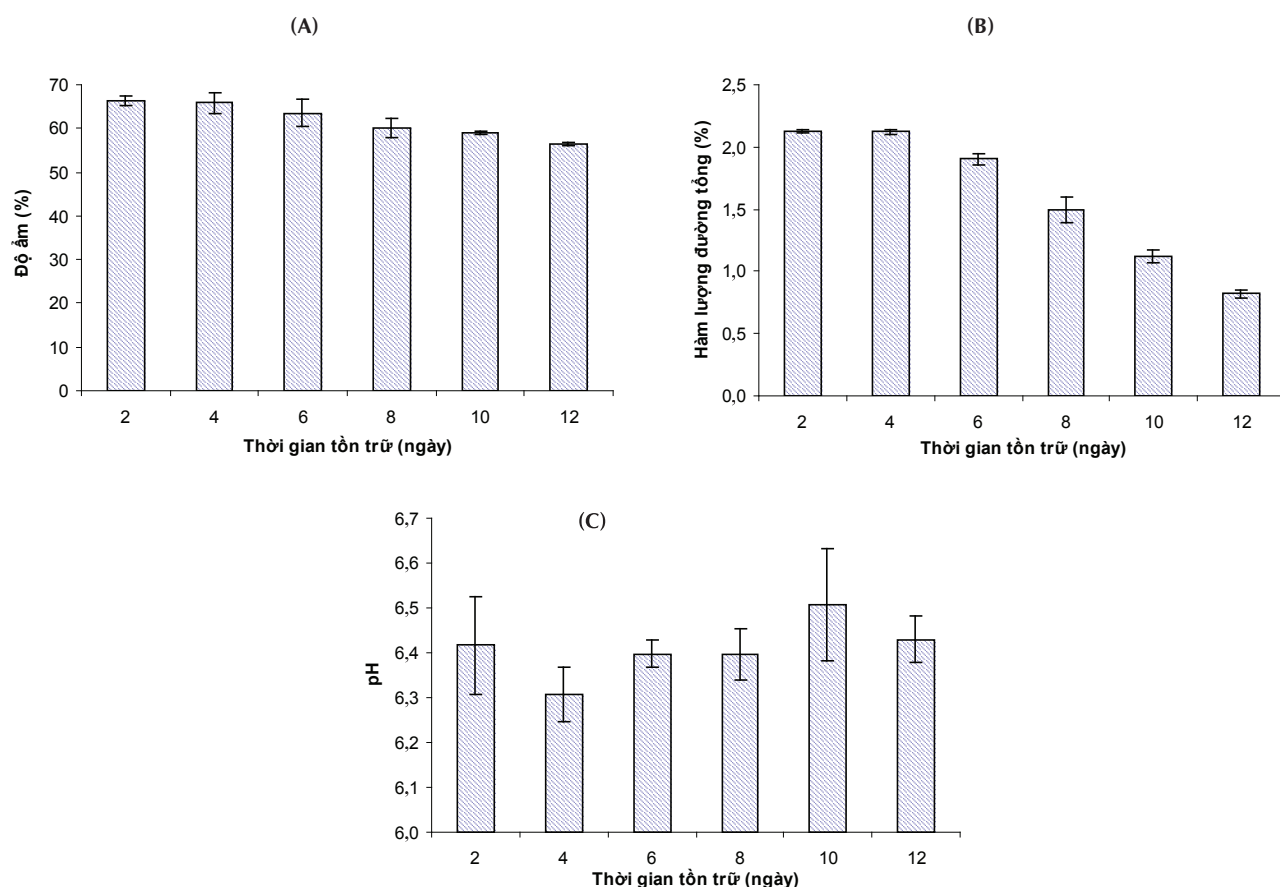
Các kết quả thực nghiệm được phân tích bằng phần mềm Statgraphics Centurion XVI. Đồ thị được vẽ bằng phần mềm Microsoft Excel với độ lệch chuẩn (STD).

Mỗi khảo nghiệm được thực hiện ba lần. Phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để xác định sự khác biệt ý nghĩa ( $p < 0,05$ ) giữa các trung bình nghiệm thức.

## Kết quả

### Một số thành phần hóa học

Thành phần của tỏi rất phức tạp, với hơn 200 hợp chất có lợi cho sức khỏe khác nhau đã được xác định [13]. Độ ẩm (A), hàm lượng đường tổng (B) và pH (C) của tép tỏi trong suốt quá trình bảo quản được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Sự thay đổi độ ẩm (A), hàm lượng đường khử (B) và pH (C) trong tép tỏi trong quá trình tồn trữ.

#### Hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học và khả năng chống oxy hóa

Tỏi rất giàu hợp chất hoạt tính sinh học có khả năng chống oxy hóa cao và đã thu hút được nhiều quan tâm từ các nhà khoa học do những tác dụng có lợi đối với sức khỏe con người, đặc biệt là khả năng chống oxy hóa [14]. Hàm lượng polyphenol tổng số trong tép tỏi tăng, đạt cực đại ( $3,23 \pm 0,11$  mg GAE/g) ở tuần thứ 8 và sau đó giảm nhanh đáng kể (hình 2A). Kết quả thể hiện ở hình 2B cho thấy hàm lượng flavonoid tổng số không có sự khác biệt ý nghĩa ( $p > 0,05$ ) trong thời gian tồn trữ và dao động trong khoảng 0,43-0,46 mg QE/g.

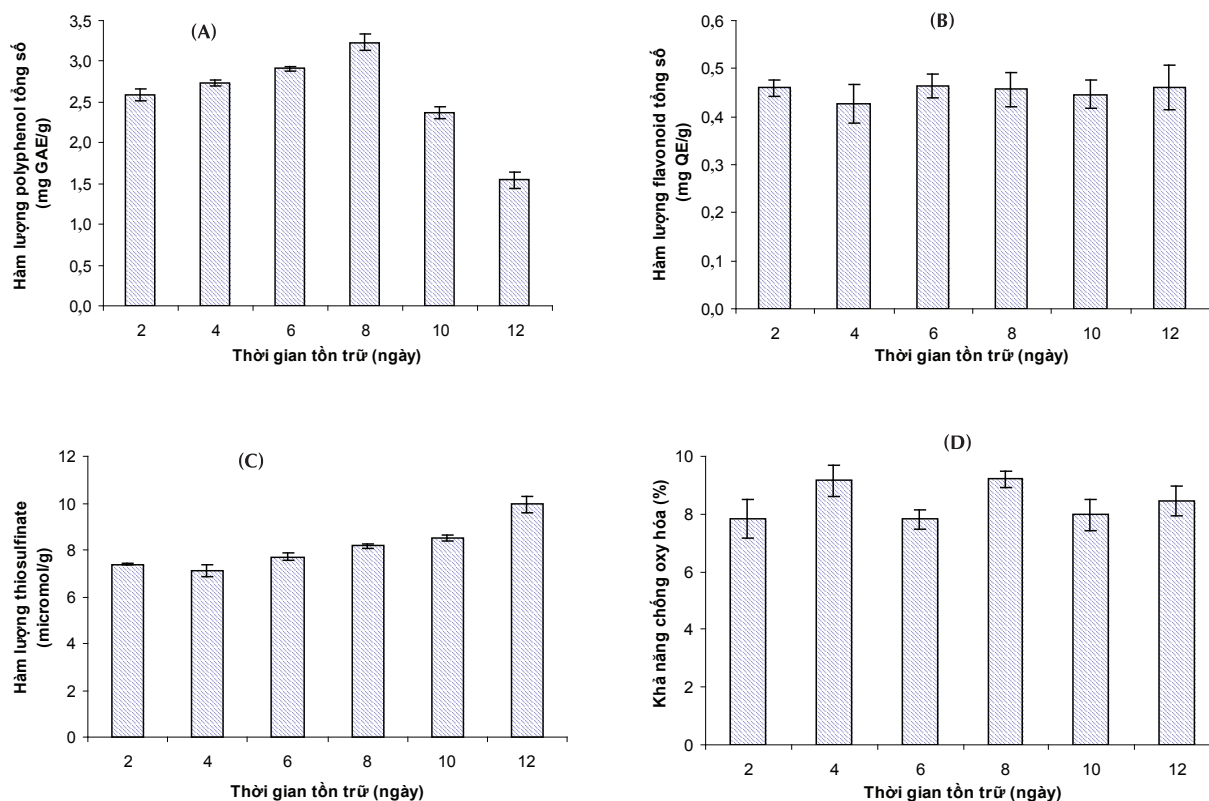
Block, *et al.* [15] đã xác định được 8 hợp chất thiosulfinate khác nhau từ 9 loại thực vật họ Allium bao gồm tỏi, hành tây và báo cáo rằng chúng rất nhạy cảm, dễ bị phân hủy. Tuy nhiên, kết quả trong nghiên cứu này cho thấy hàm lượng thiosulfinate không có sự khác biệt ở 4 tuần đầu tiên và sau đó tăng đều ( $p < 0,05$ ) đến tuần 12 (hình 2C).

Khả năng chống oxy hóa (loại bỏ gốc tự do DPPH) của các tép tỏi trong quá trình tồn trữ thay đổi rất phức tạp và đạt cao nhất ở tuần thứ 4 và 8 với giá trị tương ứng là  $9,16 \pm 0,53\%$  và  $9,22 \pm 0,29\%$  (hình 2D).

#### Bàn luận

Tỏi có hàm lượng ẩm thấp hơn so với các loại rau khác [16]. Kết quả phân tích cho thấy thời gian tồn trữ có ảnh hưởng đáng kể ( $p < 0,05$ ) đến độ ẩm và hàm lượng đường khử trong tép tỏi. Ở các tuần đầu, độ ẩm không có sự khác biệt có ý nghĩa ( $p > 0,05$ ) và giảm nhanh đáng kể sau đó. Mặc dù điều kiện tồn trữ có độ ẩm tương đối thấp nhưng do cấu tạo phần thịt tép tỏi được bao bọc bởi lớp vỏ lụa và do đó hạn chế tối đa quá trình mất nước. Ngoài ra, Iglesias-Enriquez và Fraga [17] đã công bố quá trình sinh lý của củ tỏi tương tác với môi trường và ảnh hưởng đến việc vận chuyển hơi nước, sự phát triển mầm và rễ làm thay đổi hình dạng của tỏi, gây ra sức căng và phá vỡ mô bề mặt, tạo điều kiện mất nước. Bên cạnh đó, hàm lượng ẩm trong tỏi tươi đã được công bố vào khoảng 64-66% [14, 18-20].

Hàm lượng đường khử trong tép tỏi giảm nhanh ( $p < 0,05$ ) sau 4 tuần của quá trình tồn trữ. Điều này có thể liên quan đến sự nảy mầm, nhưng không có mối liên hệ rõ ràng đến chỉ số nảy mầm bên trong hoặc tổn thất khối lượng (kết quả không thể hiện ở đây). Rutherford và Whittle [21] chỉ ra rằng hàm lượng đường tổng của hành tây không thay đổi trước khi nảy mầm, nhưng sau đó suy giảm (7-12%).



Hình 2. Sự thay đổi hàm lượng polyphenol tổng số (A), flavonoid tổng số (B), thiosulfinate (C) và khả năng chống oxy hóa (D) trong tép tỏi ở các khoảng thời gian tồn trữ khác nhau.

Riêng giá trị pH ít biến đổi khi tồn trữ và dao động trong khoảng 6,31-6,51. Kết quả thu được gần giống với nhiều nghiên cứu khác, tỏi tươi có giá trị pH  $6,41 \pm 0,01$  [20], tương tự với giá trị được công bố bởi Hacisferogullari, *et al.* [18], pH 6,33 [22] và 6,42 [14].

Hàm lượng polyphenol tổng số trong tép tỏi tăng ở tuần thứ 8 và sau đó giảm nhanh. Điều này có thể do hoạt động sinh lý nảy mầm trong củ tỏi đang diễn ra làm tăng hàm lượng polyphenol [23]. Hàm lượng phenol tổng số trong tỏi tươi là 722 mg GAE/100 g trọng lượng tươi (mùa vụ năm 2008) và 511 mg GAE/100 g trọng lượng tươi (mùa vụ năm 2009) [24]. Trong nghiên cứu của Kim, *et al.* [25] tỏi tươi chứa hàm lượng polyphenol tổng số là 105,73 mg GAE/kg.

Hàm lượng thiosulfinate không có sự khác biệt ở 4 tuần đầu tiên và sau đó tăng đều. Điều này có thể do tiền chất góp phần tạo nên thiosulfinate là alliin tăng trong thời gian tồn trữ [26]. Alliin bị chuyển đổi thành allicin bởi enzyme alliinase khi tỏi bị cắt hoặc nghiền tạo thành allicin (thiosulfinate chiếm số lượng nhiều nhất góp phần tạo nên tính chất dược liệu của tỏi) [27]. Theo Block, *et al.* [15], tỏi được ghi nhận là nguồn giàu thiosulfinate nhất với hàm lượng dao động trong khoảng 15  $\mu\text{mol/g}$  (tỏi phát triển ở

nhệt độ thấp, 21°C) đến 53  $\mu\text{mol/g}$  (tỏi voi). Hàm lượng thiosulfinate của các loài hành tây đều nhỏ hơn 0,35  $\mu\text{mol/g}$ .

Trong nghiên cứu của Somman và Napa [28], hoạt tính loại bỏ gốc tự do DPPH của củ tỏi là khá cao, đạt 25,53%. Tuy nhiên hoạt tính chống oxy hóa của tỏi tươi ở Hàn Quốc được công bố với giá trị thấp hơn như 6,21% [14] và 4,65% [22]. Ngoài polyphenol có hoạt tính chống oxy hóa, các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ trong củ tỏi cũng có chức năng tương tự [29]. Như vậy, thành phần hóa học và hoạt tính chống oxy hóa của tỏi phụ thuộc rất lớn vào giống, điều kiện trồng trọt và khí hậu [24].

### Kết luận

Các thông số chất lượng của tỏi tiêu thụ chủ yếu là độ ẩm, chất dinh dưỡng hoặc hoạt tính sinh học, cụ thể là mùi vị cay nồng. Nghiên cứu này cho thấy, thành phần hóa học và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi đều bị ảnh hưởng đáng kể trong suốt thời gian tồn trữ (ngoại trừ pH, hàm lượng flavonoid tổng số và khả năng chống oxy hóa). Hàm lượng đường và độ ẩm giảm ở tuần thứ 6 và 8, tương ứng. Hàm lượng polyphenol đạt cao nhất ở tuần thứ 8, trong khi hàm lượng thiosulfinate có xu hướng tăng đến cuối quá trình tồn trữ. Kết quả này có thể hữu ích

cho quá trình chế biến công nghiệp các sản phẩm từ tỏi trong tương lai như tỏi đen, tỏi muối chua.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Ankri, and D. Mirelman (1999), "Antimicrobial properties of allicin from garlic", *Microbes and Infection*, **2**, pp.125-129.
- [2] N. Benkeblia, and V. Lanzotti (2007), "Allium thiosulfonates: chemistry, biological properties and their potential utilization in food preservation", *Food*, **1**(2), pp.193-201.
- [3] H. Amagase (2006), "Clarifying the real bioactive constituents of garlic", *J. Nutr.*, **136**(3) Suppl., pp.716S-725S.
- [4] J.A. Milner, and D.F. Romagnolo (2010), *Bioactive compounds and cancer*, Springer Science+Business Media, LLC, USA, 836pp.
- [5] E. Bloem, S. Haneklaus, and E. Schnug (2011), "Storage life of field-grown garlic bulbs (*Allium sativum* L.) as influenced by nitrogen and sulfur fertilization", *J. Agric. Food Chem.*, **59**(9), pp.4442-4447.
- [6] A. Montano, V.M. Beato, F. Mansilla, and F. Orgaz (2011), "Effect of genetic characteristics and environmental factors on organosulfur compounds in garlic (*Allium sativum* L.) grown in Andalusia, Spain", *J. Agric. Food Chem.*, **59**(4), pp.1301-1307.
- [7] M.A. Toledano Medina, J. Pérez-Aparicio, R. Moreno-Rojas, and T. Merinas-Amo (2016), "Evolution of some physicochemical and antioxidant properties of black garlic whole bulbs and peeled cloves", *Food Chemistry*, **199**, pp.135-139.
- [8] J.H. Lane, and L. Eynon (1923), "Volumetric determination of reducing sugars by means of Fehling's solution, with methylene blue as internal indicator", *ISIXXV*, pp.143-149.
- [9] K. Wolfe, X. Wu, and L.H. Liu (2003), "Antioxidant activity of apple peels", *J. Agric. Food Chem.*, **51**, pp.609-614.
- [10] H. Zhu, Y. Wang, Y. Liu, Y. Xia, and T. Tang (2010), "Analysis of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV-Vis spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies", *Food Analytical Methods*, **3**(2), pp.90-97.
- [11] T. Kinalski, and C.P.Z. Norena (2014), "Effect of blanching treatments on antioxidant activity and thiosulfinate degradation of garlic (*Allium sativum* L.)", *Food and Bioprocess Technology*, **7**(7), pp.2152-2157.
- [12] M.S. Blois (1958), "Antioxidant determination by the use of a stable free radical", *Nature*, **181**, pp.1199-1200.
- [13] R.R. Watson, and V.R. Preedy (2010), *Bioactive foods in promoting health fruits and vegetables*, Elsevier Inc, USA, 725 pp.
- [14] S.E. Bae, S.Y. Cho, Y.D. Won, S.H. Lee, and H.J. Park (2014), "Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment", *LWT - Food Science and Technology*, **55**(1), pp.397-402.
- [15] E. Block, S. Naganathan, D. Putman, and S.H. Zhao (1992), "Allium chemistry: HPLC analysis of thiosulfonates from onion, garlic, wild garlic (Ramsons), leek, scallion, shallot, elephant (great-headed) garlic, chive, and Chinese chive. Uniquely high allyl to methyl ratios in some garlic samples", *J. Agric. Food Chem.*, **40**, pp.2418-2430.
- [16] B. Cemeroglu, and J. Acar (1986), *Fruit and Vegetable Processing Technology*, Turkish Association of Food Technologists, Ankara, Publ. 6, p.508.
- [17] I. Iglesias-Enriquez, and R. Fraga (1998), "Envase y forma de almacenamiento adecuado para la conservación poscosecha del ajo irradiado y sin irradiar", *Alimentaria*, **295**, pp.91-96.
- [18] H. Haciseferogullari, M. Özcan, F. Demir, and S. Çalisir (2005), "Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.)", *J. Food Eng.*, **68**, pp.463-469.
- [19] X. Xu, Y. Miao, J.Y. Chen, Q. Zhang, and J. Wang (2015), "Effective production of S-allyl-L-cysteine through a homogeneous reaction with activated endogenous  $\gamma$ -glutamyltranspeptidase in garlic (*Allium Sativum*)", *J. Food Sci. Technol.*, **52**(3), pp.1724-1729.
- [20] L. Fante, and C.P.Z. Noreña (2015), "Quality of hot air dried and freeze-dried of garlic (*Allium sativum* L.)", *Journal of Food Science and Technology*, **52**(1), pp.211-220.
- [21] P.P. Rutherford, and R. Whittle (1982), "The carbohydrate composition of onions during long term cold storage", *J. Hortic. Sci.*, **57**(3), pp.349-356.
- [22] I.S. Choi, H.S. Cha, and Y.S. Lee (2014), "Physicochemical and antioxidant properties of black garlic", *Molecules*, **19**, pp.16811-16823.
- [23] A. Zakarova, J.Y. Seo, H.Y. Kim, J.H. Kim, J.H. Shin, K.M. Cho, C.H. Lee, and J.S. Kim (2014), "Garlic sprouting is associated with increased antioxidant activity and concomitant changes in the metabolite profile", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **62**(8), pp.1875-1880.
- [24] P. Pöldma, T. Tõnutare, A. Viitak, A. Luik, and U. Moor (2011), "Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size, and antioxidant properties of garlic (*Allium sativum* L.)", *J. Agric. Food Chem.*, **59**(10), pp.5498-5503.
- [25] J.S. Kim, O.J. Kang, and O.C. Gweon (2013), "Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps", *Journal of Functional Foods*, **5**(1), pp.80-86.
- [26] M. Ichikawa, N. Ide, and K. Ono (2006), "Changes in organosulfur compounds in garlic cloves during storage", *J. Agric. Food Chem.*, **54**(13), pp.4849-4854.
- [27] H. Amagase, B.L. Petesch, H. Matsuura, S. Kasuga, and Y. Itakura (2001), "Intake of garlic and its bioactive components", *Journal of Nutrition*, **131**, pp.955S-962S.
- [28] A. Somman, and S. Napa (2015), "Comparison of antioxidant activity and tyrosinase inhibition in fresh and processed white radish, garlic and ginger", *Food Measure*, doi: 10.1007/s11694-015-9244-5.
- [29] S. Gorinstein, H. Leontowicz, M. Leontowicz, J. Drzewiecki, K. Najman, E. Katrich, D. Barasch, K. Yamamoto, and S. Trakhtenberg (2006), "Raw and boiled garlic enhances plasma antioxidant activity and improves plasma lipid metabolism in cholesterol fed-rats", *Life Sci.*, **78**, pp.655-663.



# Biểu hiện hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam

Cao Đình Trọng<sup>1</sup>, Thái Anh Tuấn<sup>1</sup>, Cao Đình Triều<sup>2\*</sup>, Lê Văn Dũng<sup>1</sup>, Nguyễn Đắc Cường<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Viện Vật lý địa cầu, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam*

<sup>2</sup>*Viện Địa vật lý ứng dụng, Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam*

Ngày nhận bài 5/2/2018; ngày chuyển phản biện 9/2/2018; ngày nhận phản biện 14/3/2018; ngày chấp nhận đăng 26/3/2018

## Tóm tắt:

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành nghiên cứu đặc trưng hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam. Kết quả cho thấy:

- Tại khu vực thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La đã xuất hiện động đất kích thích có  $M > 4,0$ . Các công trình thủy điện này đều có độ sâu lớn nhất của đáy hồ trên 100 m và cấu trúc địa chất là đá gneis, granit hay đá vôi.
- Động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La là loại phản ứng nhanh. Sự thăng giáng độ cao mực nước hồ có liên quan tới tần suất xuất hiện động đất.
- Có thể sử dụng tỷ số  $V_p/V_s$  như một đại lượng chủ yếu trong khoanh vùng dự báo nguồn phát sinh động đất kích thích. Nguồn phát sinh động đất tự nhiên liên thông với hồ và có  $V_p/V_s = 1,63-1,69$  là nơi có nguy cơ phát sinh động đất cao nhất.
- Hồ thủy điện Hòa Bình không còn có khả năng xuất hiện động đất kích thích. Động đất kích thích thủy điện Sông Tranh 2 tuy vẫn còn hoạt động song sẽ có cấp độ mạnh nhỏ hơn 4,7. Động đất kích thích hồ Sơn La còn tiếp diễn trong thời gian tới và với cấp độ mạnh có thể lớn hơn 4,3, đạt tối đa là 5,0.

**Từ khóa:** Động đất kích thích, hồ thủy điện, Việt Nam.

**Chỉ số phân loại:** 1.5

## Mở đầu

Những trận động đất xảy ra liên quan với các hoạt động của con người được gọi là động đất kích thích. Một số hoạt động phổ biến dẫn đến kích thích động đất xảy ra là: Các vụ nổ lớn xảy ra trong lòng đất, sự tích nước tại các đập cao như đập chứa nước thủy lợi hay thủy điện, sự bơm chất lỏng vào đất đá ở dưới sâu, sự rút tháo nước từ các thành tạo chứa nước gần mặt đất hoặc trên mặt, khai thác hầm lò trong các mỏ. Các nhà địa chấn thế giới đã phân loại động đất kích thích liên quan đến hồ chứa thành hai nhóm [1-3]: Loại phản ứng nhanh, xảy ra ngay sau khi hồ chứa được tích nước và loại phản ứng chậm, xảy ra sau một số năm khi hồ bắt đầu được tích nước. Trong các trường hợp đã biết về động đất kích thích (chỉ tính  $M \geq 4,0$ ) có thể chia thành ba nhóm sau [3]: Động đất có cấp độ mạnh,  $M \geq 6,0$  (4 trường hợp); Động đất có cấp độ mạnh,  $M$  từ 5,0 đến 5,9 (10 trường hợp); và Động đất có cấp độ mạnh,  $M$  từ 4,0 đến 4,9 (27 trường hợp, trong đó có Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La của Việt Nam, bảng 1).

**Bảng 1.** Các công trình thủy điện ở Việt Nam đã quan sát được hiện tượng động đất kích thích hồ chứa có cấp độ mạnh trên 4,0.

| TT | Nội dung                                      | Đơn vị                         | Hòa Bình                       | Sông Tranh 2              | Sơn La                          |
|----|-----------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1  | Trên sông                                     |                                | Sông Đà                        | Sông Tranh                | Sông Đà                         |
| 2  | Tọa độ                                        |                                | 105°19'26.00"E<br>20°48'02.9"N | 108°08'52"E<br>15°19'53"N | 103°59'42.00"E<br>21°29'47.00"N |
| 3  | Diện tích lưu vực                             | km <sup>2</sup>                | 51.700                         | 1.100                     | 43.760                          |
| 4  | Mực nước dâng trung bình                      | m                              | 117                            | 175                       | 215                             |
| 5  | Dung tích toàn bộ                             | 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> | 4.871                          | 0.740                     | 9.260                           |
| 6  | Đập dâng                                      |                                | Đất đá hỗn hợp                 | Bê tông đầm lăn           | Bê tông đầm lăn                 |
| 7  | Cao trình đỉnh đập                            | m                              | 123                            | 170                       | 228,1                           |
| 8  | Chiều cao đập lớn nhất                        | m                              | 128                            | 96                        | 137                             |
| 9  | Chiều dài đỉnh đập                            | m                              | 734                            | 640                       | 1.000                           |
| 10 | Công suất lắp máy                             | MW                             | 1.920                          | 190                       | 2.400                           |
| 11 | Số tổ máy                                     | Tổ máy                         | 6                              | 2                         | 6                               |
| 12 | Năm tích nước đến cao trình tối đa            |                                | 1988                           | 2010                      | 2011                            |
| 13 | Động đất kích thích lớn nhất đã quan sát thấy |                                | 4,9 (năm 1989)                 | 4,7 (năm 2012)            | 4,3 (năm 2014)                  |

\*Tác giả liên hệ: Email: cdttrieu@gmail.com

# Expression of triggered earthquakes at some hydropower plant reservoirs in Vietnam

Dinh Trong Cao<sup>1</sup>, Anh Tuan Thai<sup>1</sup>,  
Dinh Trieu Cao<sup>2\*</sup>, Van Dung Le<sup>1</sup>, Duc Cuong Nguyen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Geophysics, VAST

<sup>2</sup>Institute of Applied Geophysics, VUSTA

Received 5 February 2018; accepted 26 March 2018

## Abstract:

In this paper, the authors present the expression of triggered earthquakes at some hydropower plant reservoirs in Vietnam. The research results indicated that:

- The triggered earthquakes with  $M > 4.0$  have occurred at the Hoa Binh, Song Tranh 2 and Son La hydropower plant reservoirs. These reservoirs all have more than 100 m depth and locate on gneiss, granite or limestone rock backgrounds.
- Triggered earthquakes at the Hoa Binh, Song Tranh 2 and Son La hydropower plant reservoirs are the rapid ones. The earthquake frequency has close ties with the water level change.
- $V_p/V_s$  ratio can be used as the main factor determining the triggered earthquake source. The natural earthquake sources linking with the reservoir and having the  $V_p/V_s$  ratio of 1.63-1.69 have the highest risk of triggered earthquake occurrence.
- There is no risk of triggered earthquake occurrence at Hoa Binh hydropower plant's reservoir any. Triggered earthquakes in the Song Tranh 2 reservoir continue occurring with the magnitude of smaller than 4.7. In the Son La reservoir, triggered earthquakes continue occurring in the coming time with the magnitude of more than 4.3 and may reach a maximum of 5.0.

**Keywords:** Hydropower plant reservoir, triggered earthquake, Vietnam.

**Classification number:** 1.5

Động đất kích thích không xảy ra ở mọi vùng hồ. Nó chỉ xảy ra ở những vùng hồ có điều kiện địa chất, kiến tạo thuận lợi: Là vùng hoạt động, ứng suất kiến tạo trong đá đã đạt đến giới hạn, tồn tại các đứt gãy đủ lớn liên quan với hồ về mặt thủy văn. Trong điều kiện ứng suất đã đạt tới hạn thì ứng suất gia tăng gây nên bởi cột nước trong hồ tuy rất nhỏ nhưng có thể đóng vai trò cơ cấu thúc đẩy. Còn nước thấm sâu theo khe nứt và đứt gãy làm thay đổi áp suất lỗ rỗng, giảm ma sát mặt trượt, thúc đẩy quá trình xảy ra động đất [1-3].

Động đất kích thích cũng đã xuất hiện tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam, trong đó đáng lưu ý nhất là: Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La:

- Ngày 23/5/1989 một trận động đất có độ lớn  $M = 4,9$  đã xảy ra tại khu vực Hoà Bình. Động đất này được Nguyễn Đình Xuyên và đồng nghiệp cho là động đất kích thích. Nó xảy ra sau khi hồ thủy điện Hòa Bình được tích nước đến cao trình tối đa [4].

- Sau khi hồ thủy điện Sông Tranh 2 tích nước không lâu thì bắt đầu xuất hiện động đất. Từ đó đến nay đã quan sát được trên 2.500 động đất có  $M \geq 0,7$ , lớn nhất là  $M = 4,7$  xảy ra vào ngày 15/11/2012 [5-7].

- Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước mã số ĐTDL.2009T/09 khẳng định rằng động đất xuất hiện tại vùng hồ Sơn La sau khi tích nước là động đất kích thích [8, 9].

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành nghiên cứu đặc điểm động đất tại các hồ Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La, nơi đã xảy ra các động đất kích thích có cấp độ mạnh lớn hơn 4,0.

## Động đất kích thích có cấp độ mạnh $M > 4,0$ đã xảy ra tại hồ thủy điện Sông Đà, Sông Tranh 2 và Sơn La

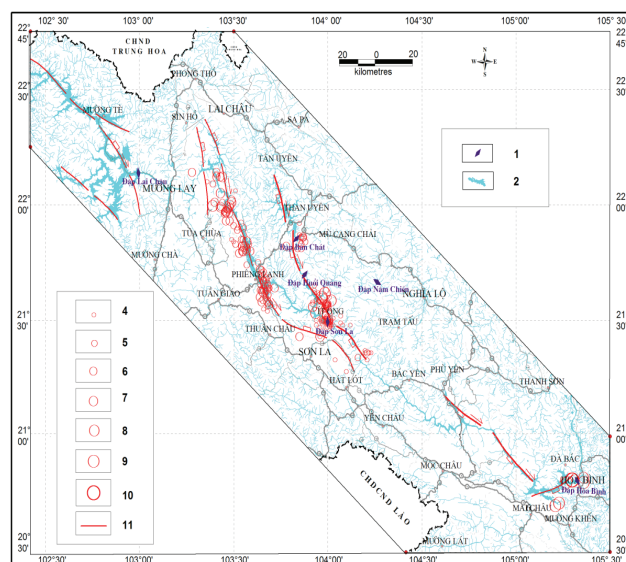
### Động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình đã liên tiếp xảy ra trong thời kỳ 1989-1991

Tháng 5/1988 hồ thủy điện Hoà Bình bắt đầu tích nước. Mực nước lúc đầu tăng từ từ, sau đó tăng nhanh vào đầu mùa mưa, tháng 7 và tháng 8. Tháng 12/1988, khi mực nước lòng hồ đạt đến độ cao trên 80 m, quan sát thấy một số trận động đất yếu ( $M < 2,0$ ) xuất hiện ở khu vực gần đập. Từ tháng 1/1989 đến tháng 4/1989, nhiều trận động đất có  $M = 2,4-2,8$  ghi nhận được ở khu vực quanh đập. Đặc biệt, chỉ trong ngày 14/4/1989 có đến 7 trận động đất xuất hiện, trong đó có 2 trận động đất có  $M = 3,8$  và  $3,7$  với độ sâu chấn tiêu 5 km. Sau một khoảng thời gian yên lặng, đến ngày 23/5/1989 một trận động đất có cấp độ mạnh ( $M = 4,9$ ) đã xảy ra, gây chấn động khu vực Hoà Bình đến cấp 7 (thang MSK-64). Sau đó liên tục xuất hiện các động đất yếu hơn. Đến ngày 27/5/1989 lại xuất hiện một động đất có  $M = 4,0$  gây chấn động cấp 5 đến cấp 6 tại khu vực thị xã Hoà Bình. Các chấn động còn xảy ra trong một thời gian dài nhưng rất nhỏ, chỉ cảm nhận được bằng máy [4] (hình 1).

Động đất  $M = 4,9$  ngày 23/5/1989 tại Hoà Bình có các đặc điểm của động đất kích thích hồ chứa. Động đất xảy ra sau khi hồ chứa tích nước được một khoảng thời gian không lâu (8 tháng sau khi tích nước), độ sâu chấn tiêu không lớn (khoảng 5 km), trước khi chấn động chính xảy ra có xuất hiện tiền chấn và cấp độ mạnh của dư chấn xấp xỉ chấn động chính. Sự suy giảm hoạt động địa chấn từ từ và thường có biểu hiện cao vào những thời kỳ sau khi mực nước hồ tăng lên nhanh một cách đột ngột.  $M_{max} = 4,9$  cũng là cấp độ mạnh lớn nhất của động đất kích thích hồ Hòa Bình đã xảy ra.

Động đất kích thích hồ Hòa Bình có hàm phân bố Gutenberg-Richter như sau [9]:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 4,688 - 1,2474M \quad (1)$$



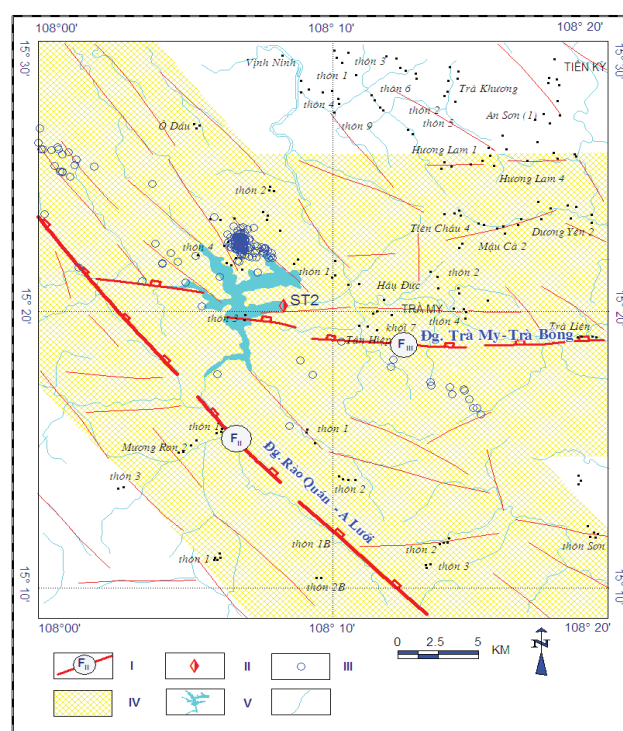
**Hình 1. Phân bố chấn tâm động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La.** 1/ Đập thủy điện; 2/ Vùng hồ; 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 - Chấn tâm động đất và cấp độ mạnh tương ứng ( $M = 1,0-1,4$ ;  $M = 1,5-1,9$ ;  $M = 2,0-2,4$ ;  $M = 2,5-2,9$ ;  $M = 3,0-3,4$ ;  $M = 3,5-3,9$ ;  $M = 4,0-4,4$ ;  $M = 4,5-4,9$ ); 11/ Phân đoạn nguồn có nguy cơ phát sinh động đất kích thích.

### Động đất kích thích đã xảy ra tại hồ thủy điện Sông Tranh 2

Sau khi hồ Sông Tranh 2 được tích nước đến cao trình 160 m vào tháng 10/2010 và nhà máy đi vào hoạt động thì bắt đầu xuất hiện động đất. Từ đầu năm 2011 người dân huyện Bắc Trà My bắt đầu nghe thấy những tiếng nổ trong lòng đất. Hiện tượng này gia tăng trong tháng 11/2011. Cấp độ mạnh tối đa của động đất quan sát được trong đợt đầu tiên sau khi tích nước là 3,4. Từ cuối tháng 8/2012 lại xuất hiện một đợt động đất, song đáng chú ý nhất là động đất  $M = 4,6$  xảy ra vào ngày 22/10/2012 và động đất  $M = 4,7$  xảy ra vào ngày 15/11/2012.

Biểu hiện hoạt động động đất hồ thủy điện Sông Tranh 2 khá phức tạp (hình 2), Động đất xuất hiện liên tục ngay từ sau khi tích nước cho đến nay mà chưa có dấu hiệu giảm cường độ xuất hiện (2.637 động đất đã xảy ra từ tháng 11/2011 đến tháng 12/2015 với  $M \geq 0,5$  và độ sâu chấn tiêu không vượt quá 10 km). Có 10 trạm địa chấn được thiết lập từ năm 2012 chỉ phục vụ riêng cho nghiên cứu động đất Sông Tranh 2. Các trạm này có thể phải tiếp tục hoạt động cho đến khi không còn xuất hiện động đất kích thích.

Theo Cao Đình Triều [5] thì chu kỳ lặp lại của động đất  $M = 4,7$  tại Sông Tranh 2 là 17 tháng. Từ tháng 11/2012 đến tháng 5/2016 là đã 42 tháng mà không có động đất  $M = 4,7$  xảy ra tại đây. Do đó, động đất  $M = 4,7$  được coi là giá trị độ lớn cực đại của động đất kích thích hồ thủy điện Sông Tranh 2.



I- Đứt gãy; II- Đập thủy điện; III- Động đất sau khi xử lý; IV- Nguồn phát sinh động đất; V- Vùng hồ; VI- Sông suối

**Hình 2. Nguồn phát sinh động đất khu vực thủy điện Sông Tranh 2.**

Động đất kích thích hồ Sông Tranh 2 có dạng phân bố hàm Gutenberg-Richter như sau [5]:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 3,838 - 0,8317M \quad (2)$$

### Động đất kích thích hồ thủy điện Sơn La

Nghiên cứu động đất kích thích hồ thủy điện Sơn La được tiến hành thông qua đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTĐL.2009T/09 giai đoạn 2009-2011 [8]. Một hệ thống





Ảnh 1. Đá vôi hệ tầng Đồng Giao phát triển phổ biến tại khu vực lòng hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La.



Ảnh 2. Đá gneis hệ tầng Khâm Đức - Núi Vú phát triển phổ biến tại khu vực lòng hồ thủy điện Sông Tranh 2

trạm quan trắc động đất tạm thời (gồm 6 trạm) được lắp đặt vào đầu năm 2009, hoạt động đến hết năm 2011 nhằm giám sát hoạt động động đất hồ chứa trong giai đoạn đầu tích nước. Trong thời gian này đã quan sát được khoảng 400 trận động đất có  $M = 1,0-3,0$  và với độ sâu chấn tiêu nhỏ hơn 10 km. Các động đất này chủ yếu tập trung tại khu vực ngập nước của đứt gãy Mường La - Bắc Yên và đứt gãy Sông Đà. Rất đáng tiếc là đề tài ĐTDL.2009T/09 kết thúc vào cuối tháng 12/2011 và 6 trạm địa chấn tạm thời cũng được dỡ ngay sau đó (tháng 4/2012) nên quan trắc động đất chi tiết bị gián đoạn từ đó đến nay. Tuy vậy, trong phạm vi hồ thủy điện Sơn La còn tồn tại 3 trạm địa chấn cấp quốc gia nên các động đất có  $M = 1,0$  xảy ra trong lòng hồ cũng có thể ghi nhận được. Động đất lớn nhất tại lòng hồ thủy điện Sơn La có cấp độ mạnh 4,3 được ghi nhận vào ngày 19/7/2014.

Hàm phân bố Gutenberg-Richter động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La như sau [9]:

1. Cụm động đất kích thích từ hạ du Huội Quảng đến hạ du Sơn La:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 3,6603 - 1,2008M \quad (3)$$

2. Cụm động đất từ cầu Pá Uôn đến đập Sơn La:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 2,9917 - 1,0716M \quad (4)$$

### Đặc điểm cấu trúc địa chất tại các khu vực xảy ra động đất kích thích

#### Đặc điểm địa chất vùng hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La

Động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La chủ yếu tập trung tại các đới đứt gãy sâu liên thông với

hồ. Đá vôi hệ tầng Đồng Giao ( $T_2a_{dg}$ ) bị cà nát, đập vỡ mạnh, tích nước do hiện tượng thẩm thấu gây nên bởi áp lực của cột nước đã làm thay đổi trạng thái ứng suất theo chiều hướng kích thích động đất xuất hiện sớm hơn (ảnh 1). Phần dưới mặt cắt đá vôi hệ tầng Đồng Giao chủ yếu có cấu trúc dạng dải, hạt mịn, chặt xít, dạng men sứ hoặc đường kính, vết vỡ vỏ trai, thường sáng màu (trắng, vàng nhạt, hồng, xám phớt lam và xám sáng). Có cả đá vôi bitum đen và đá vôi silic sáng màu. Phần giữa mặt cắt của hệ tầng chủ yếu là đá vôi dạng khối [9].

#### Đặc điểm địa chất vùng hồ thủy điện Sông Tranh 2

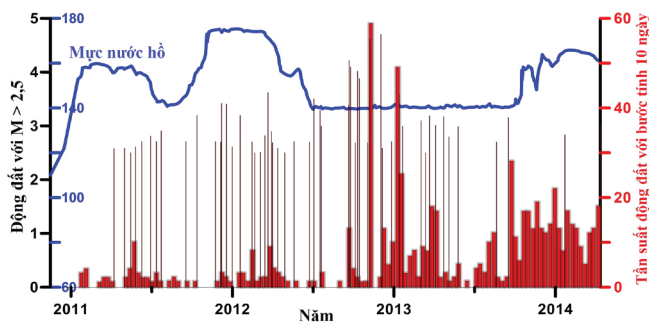
Vùng lòng hồ và dưới nền đập thủy điện Sông Tranh 2 phân bố nhiều loại đá biến chất bao gồm các gneis, metagabro, metadiorit, metagranodiorit, metaplagiogranit của phức hệ xáo trộn kiến tạo Khâm Đức - Núi Vú (ảnh 2). Chúng bị biến chất nhiệt độ cao dẫn đến nóng chảy tạo ra granit migmatit phức hệ Chu Lai vào Ordovic (khoảng 450 triệu năm). Đá gneis hạt nhỏ và đều, phân phiến (foliation) dạng dải đặc trưng, bị nứt nẻ, đập vỡ mạnh do chịu tác động của các pha hoạt động kiến tạo về sau. Có một khối granit phức hệ Chu Lai khá rộng nằm trong lòng hồ. Phía thượng lưu lòng hồ cũng quan sát thấy phân bố của đá hoa theo dạng dải.

### Mối liên quan giữa thăng giáng mực nước hồ và hoạt động động đất kích thích

#### Mối liên quan chặt chẽ giữa biến động độ cao mực nước hồ thủy điện Sông Tranh 2 và tần suất xuất hiện động đất kích thích hồ chứa

Về quan hệ giữa biến động độ cao mực nước hồ thủy điện với tần suất hoạt động động đất kích thích được đề cập chi tiết trong [5] và cho thấy (hình 3):





Hình 3. Quan hệ giữa độ cao mực nước hồ (trục thẳng đứng, đơn vị tính theo m) và biểu hiện hoạt động động đất (trục nằm ngang) hồ thủy điện Sông Tranh 2 từ năm 2010 đến 2015 [5, 7].

- Tháng 10/2010, khi mực nước hồ nâng lên cao trình 160 m thì sau đó 10 tháng (tháng 8/2011) xuất hiện chuỗi động đất đầu tiên, kéo dài trong 4 tháng và với động đất  $M = 4,2$  là lớn nhất.

- Trong tháng 10/2011 mực nước hồ tăng lên cao trình 175 m thì đến tháng 10/2012 (sau 12 tháng) chuỗi động đất thứ 2 xuất hiện và động đất lớn nhất,  $M = 4,7$  xảy ra vào ngày 15/11/2012.

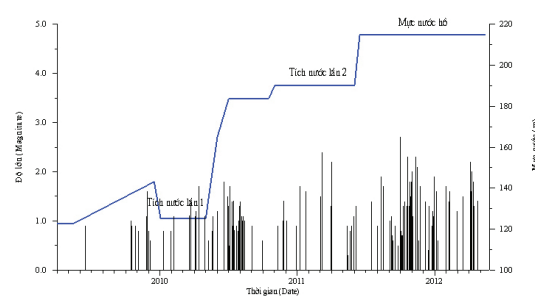
Sự thăng giáng độ cao mực nước với xuất hiện các chuỗi động đất vẫn còn được phát hiện cho đến hiện tại, song do biến động độ cao không lớn nên độ lớn động đất có vẻ như không thay đổi nhiều [7].

#### Thay đổi độ cao mực nước hồ thủy điện Sơn La và tần suất xuất hiện động đất kích thích hồ chứa

Việc tích nước hồ thủy điện Sơn La được chia thành 2 giai đoạn. Bắt đầu tích nước hồ vào tháng 5/2010, cao trình mực nước hồ từ 125,27 m lên đến 183,6 m vào tháng 10/2010 và giữ ở mức 190 m cho đến tháng 5/2011. Tích nước lần 2 được tiến hành vào mùa lũ năm 2011 đạt tới mức 215 m từ tháng 6/2011, sau đó duy trì liên tục ở mức này trong các năm sau [8]. Sau khi tích nước, động đất nhỏ đã xảy ra và cũng đã xuất hiện một vài động đất có  $M = 2,2-2,3$ . Ngay sau mỗi đợt tích nước trong khoảng 2 tháng tần suất xuất hiện động đất cũng tăng hơn nhiều so với trước và sau đó (xem hình 4).

#### Mô hình vận tốc sóng địa chấn ( $V_p$ ), tỷ số vận tốc $V_p/V_s$ tại các vùng nguồn phát sinh động đất kích thích

Phần mềm LOTOS [10, 11] được sử dụng trong tính toán với lưới chia  $1 \times 1$  km và độ sâu thay đổi từ 1 đến 10 km (cách nhau 1 km) được sử dụng trong nghiên cứu cắt lớp sóng địa chấn vùng hồ Sông Tranh 2 [10] và Sơn La [11]. Dừng ở độ sâu nghiên cứu tối đa 10 km vì động đất kích thích hồ chứa chủ yếu có độ sâu nhỏ hơn 10 km [5-11]. Giá trị vận tốc sóng P ( $V_p$ ), sóng S ( $V_s$ ), tỷ số  $V_p/V_s$  được tính toán. Đặc biệt là tỷ số  $V_p/V_s$ , phản ánh trực tiếp sự thay đổi

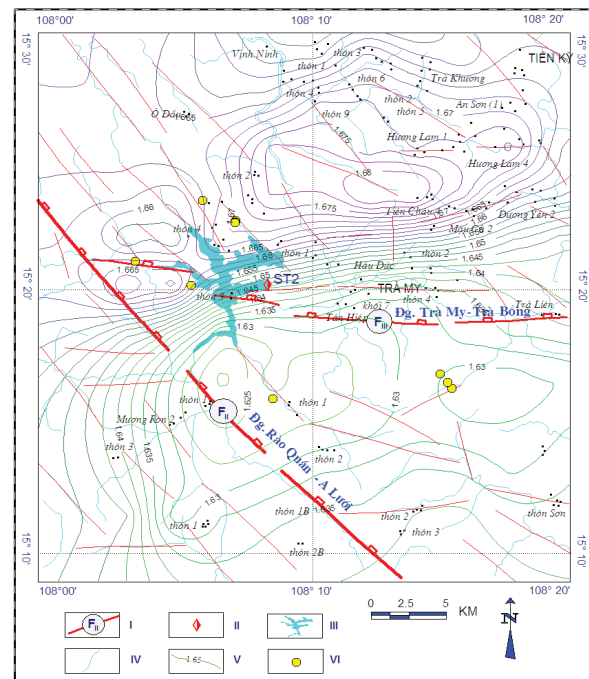


Hình 4. Đồ thị biểu diễn hoạt động động đất tại vùng đập thủy điện Sơn La theo thời gian từ 6/2009 đến 4/2012. Hai thời điểm tích nước hồ: 5/2010 và 5/2011. Sau mỗi lần tích nước tần suất động đất tăng [8].

môi trường của đới đập vỡ kiến tạo trước và sau khi thấm nước, là nguyên nhân gây nên động đất kích thích.

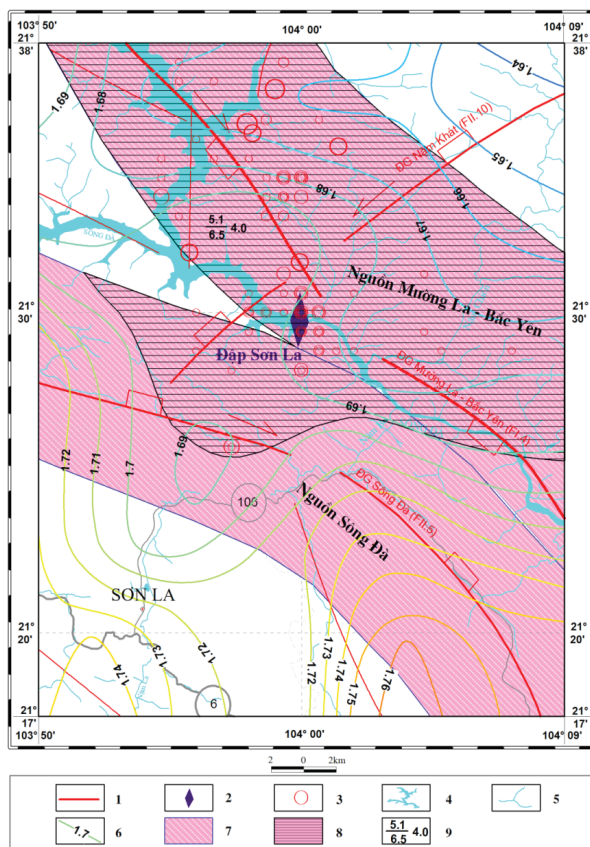
Luận giải kết quả nghiên cứu cắt lớp sóng địa chấn tại vùng hồ Sông Tranh 2 (ví dụ về  $V_p/V_s$  tại hình 5) và vùng đập thủy điện Sơn La (ví dụ về  $V_p/V_s$  tại hình 6) được xác định theo tài liệu động đất kích thích cho thấy [10, 11]:

a. Về cơ bản, vận tốc sóng P vẫn tuân thủ theo quy luật tăng dần theo độ sâu. Tại độ sâu 1 km  $V_p$  biến đổi trong giới hạn từ 5,42 đến 5,74 km/s. Trong khi đó, tại độ sâu 7 km giá trị  $V_p$  nằm trong khoảng 5,74-5,94 km/s. Cấu trúc dị thường vận tốc  $V_p$  cao, lớn hơn 5,6 km/s tại độ sâu 3 km và lớn hơn 5,64 km/s tại độ sâu 7 km, trùng với khu vực tập trung chấn tiêu động đất kích thích.



I- Đứt gãy; II- Đập thủy điện; III- Vùng hồ; IV- Sông suối; V- Tỷ số vận tốc sóng  $V_p/V_s$ ; VI- Chấn tâm động đất

Hình 5. Tỷ số  $V_p/V_s$  tại khu vực Sông Tranh 2 [10].



**Hình 6. Tỷ số  $V_p/V_s$  và sơ đồ dự báo vùng có nguy cơ xảy ra động đất kích thích khu vực Sơn La [11]:** 1 - Đứt gãy; 2 - Đập thủy điện; 3 - Vị trí chấn tâm động đất; 4 - Vùng hồ; 5 - Sông suối; 6 - Tỷ số  $V_p/V_s$ ; 7 - Vùng nguồn có nguy cơ xảy ra động đất tự nhiên; 8 - Vùng nguồn có nguy cơ xảy ra động đất kích thích; 9 -  $M_{\max}$  động đất kích thích có khả năng xảy ra (5,1),  $M_{\max}$  động đất tự nhiên có khả năng xảy ra (6,5),  $M$  động đất kích thích đã xảy ra (4,0).

b. Tỷ số vận tốc sóng địa chấn  $V_p/V_s$  vùng đập thủy điện Sông Tranh 2 và Sơn La có giá trị biến động trong giới hạn từ 1,64 đến 1,74. Tỷ số  $V_p/V_s$  không có biểu hiện biến đổi theo độ sâu. Điều này chứng tỏ hệ số tăng dần của  $V_p$  và  $V_s$  theo độ sâu là tương đồng.

c. Đối sánh phân bố tỷ số  $V_p/V_s$  với phân bố chấn tâm động đất kích thích vùng đập thủy điện Sông Tranh 2 và Sơn La cho thấy (hình 5, 6):

- Thẩm thấu nước vào đới khe nứt dập vỡ làm thay đổi trạng thái ứng suất lỗ rỗng, tạo hiệu ứng xuất hiện động đất kích thích. Thông thường, đối với môi trường đồng nhất vật chất (nguyên khối) tỷ số  $V_p/V_s$  xấp xỉ 1,74. Đối cả nát, dập vỡ kiến tạo (nơi vật chất không còn nguyên khối, đồng nhất) giá trị  $V_p/V_s$  giảm, thường chỉ nằm trong giới hạn từ 1,70 đến 1,72 [1-3].

- Thực tế nghiên cứu môi trường phát sinh động đất Sông Tranh 2 cho thấy động đất kích thích chỉ xuất hiện tại nơi có tỷ số  $V_p/V_s$  thấp, biến động trong giới hạn 1,63-1,67 (hình 5) [10], trùng với đới dập vỡ, ngậm nước của đá gneis phức hệ Khâm Đức - Núi Vú.

- Trong khi đó, động đất kích thích hồ Sơn La xuất hiện nơi có  $V_p/V_s = 1,67-1,69$ . Đáy hồ Sơn La được xác định tồn tại đá vôi hệ tầng Đồng Giao [11]. Dựa vào phân bố tỷ số  $V_p/V_s$ , các tác giả đã khoanh vùng được khu vực có nguy cơ xảy ra động đất kích thích vùng đập Sơn La (hình 6). Động đất kích thích cấp độ mạnh 4,0 đã xảy ra vào ngày 20/8/2014 tại khu vực được dự báo. Nếu kết quả dự báo trong [11] là chính xác thì đây chưa phải là động đất kích thích lớn nhất (lớn nhất được dự báo là có cấp độ mạnh 5,0-5,1).

### Về khả năng dự báo động đất kích thích cực đại

Nhằm dự báo độ lớn cực đại động đất kích thích ( $M_{\max}$ ), chúng tôi sử dụng quan hệ giữa đại lượng  $M_{\max}$  và hệ số  $b$  đồ thị lặp lại động đất (hay còn gọi là độ dốc đồ thị lặp lại hoặc là hệ số  $b$  của hàm Gutenberg-Richter) tự nhiên và động đất kích thích. Theo [9]:

$$b_{\text{tn}} \times M_{\max, \text{tn}} = b_{\text{kt}} \times M_{\max, \text{kt}} \quad (5)$$

Trong đó:  $b_{\text{tn}}$  là hệ số  $b$  hàm Gutenberg-Richter của động đất tự nhiên;  $b_{\text{kt}}$  là hệ số  $b$  hàm Gutenberg-Richter của động đất kích thích;  $M_{\max, \text{tn}}$  là giá trị độ lớn cực đại của động đất tự nhiên xảy ra tại nguồn được xác định và  $M_{\max, \text{kt}}$  là độ lớn cực đại của động đất kích thích có nguy cơ xảy ra tại vùng nguồn đó nếu liên thông với hồ chứa nước và đáp ứng điều kiện phát sinh động đất kích thích.

Quy trình xác định nguồn và nguy cơ xuất hiện động đất kích thích có độ lớn cực đại tại các hồ thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La được tiến hành như sau [9]:

**Bước 1 - Xác định nguồn động đất kích thích:** Trên cơ sở nguồn phát sinh và giá trị độ lớn cực đại động đất tự nhiên ta xác định được đoạn nguồn động đất liên thông với hồ thủy điện sau khi tích nước. Các động đất xuất hiện trong đoạn nguồn được phân định sau khi hồ chứa tích nước đáp ứng đầy đủ điều kiện là động đất kích thích thì đoạn nguồn đó được xác nhận là đoạn nguồn động đất kích thích.

**Bước 2 - Dự báo giá trị độ lớn cực đại động đất kích trên cơ sở công thức (5) và với các thông số:**

- Xác định hệ số  $b_{\text{tn}}$  hàm phân bố Gutenberg-Richter động đất tự nhiên khu vực hồ thủy điện cần nghiên cứu và lân cận. Kết quả cho thấy: Đối với thủy điện Sông Tranh 2,  $b_{\text{tn}} = 0,6041$  [5]; tại bậc thang thủy điện Sông Đà (bao gồm thủy điện Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu, Bản Chát và Huổi Quảng - hình 4)  $b_{\text{tn}} = 0,935$  [9].

- Giá trị hệ số  $b_{\text{kt}}$  động đất kích thích hồ Hòa Bình là  $b_{\text{kt}} = 1,2474$  (1). Đối với hồ thủy điện Sông Tranh 2  $b_{\text{kt}} = 0,8317$

(2). Trong khi đó, tại hồ Sơn La có 2 đoạn nguồn (hình 1), với công thức (3) và công thức (4): Từ hạ du Huồi Quảng đến hạ du Sơn La,  $b_{kt} = 1,2008$ ; và từ cầu Pa Uôn đến đập Sơn La,  $b_{kt} = 1,0716$ .

- Động đất tự nhiên cực đại ( $M_{max.tn}$ ) tại nguồn phát sinh động đất kích thích trên cơ sở phân đoạn đứt gãy [12]. Kết quả cho thấy: Tại Hòa Bình  $M_{max.tn} = 6,5$ ; tại Sông Tranh 2,  $M_{max.tn} = 6,1$ ; từ hạ du Huồi Quảng đến hạ du Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.tn} = 6,5$ ; và từ cầu Pa Uôn đến đập Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.tn} = 6,7$ .

- Động đất kích thích cực đại ( $M_{max.kt}$ ) có nguy cơ xảy ra tại các hồ: Hòa Bình,  $M_{max.kt} = 4,9$ ; Sông Tranh 2,  $M_{max.kt} = 4,7$ ; từ hạ du Huồi Quảng đến hạ du Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.kt} = 4,9$ ; và từ cầu Pa Uôn đến đập Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.kt} = 5,0$ .

## Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đánh giá tổng quan về biểu hiện hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam trong thời gian qua cho phép rút ra một số nhận định sau:

1. Động đất kích thích có cấp độ mạnh trung bình trở lên ( $M \geq 4,0$ ) đã xảy ra tại các hồ thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La, nơi có độ sâu lớn nhất của đáy hồ trên 100 m. Cấu trúc địa chất khu vực lòng hồ là các đá biến chất (bao gồm các gneis, metagabro, metadiorit, metagranodiorit, metaplagiogranit), đá granit hoặc đá vôi đặc xít bị cà nát, đập vỡ mạnh. Khi hồ được tích nước, hiện tượng thấm thấu vào các đới cà nát đập vỡ kiến tạo gây nên bởi áp lực của cột nước đã làm thay đổi trạng thái ứng suất theo chiều hướng kích thích động đất xuất hiện sớm hơn.

2. Động đất kích thích các hồ Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La là loại phản ứng nhanh, có nghĩa là chúng xảy ra ngay sau khi quá trình tích nước hồ chứa được tiến hành. Sự thăng giáng độ cao mực nước hồ có liên quan tới tần suất xuất hiện động đất. Khoảng thời gian từ biến động mực nước với xuất hiện các chuỗi động đất có biểu hiện khác nhau tại hồ Sông Tranh 2 và Sơn La, tương ứng là 10-12 tháng và 2-3 tháng.

3. Động đất kích thích hồ Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La chỉ xuất hiện tại nơi có tỷ số  $V_p/V_s$  thấp, biến động trong giới hạn 1,63-1,69, trùng với đới đập vỡ, ngậm nước của đá gneis, granit hoặc đá vôi đặc xít. Dựa vào phân bố tỷ số  $V_p/V_s$  ta có thể khoanh vùng được khu vực có nguy cơ xảy ra động đất kích thích hồ chứa.

4. Động đất kích thích lớn nhất đã quan sát được tại hồ Hòa Bình có  $M = 4,9$ . Đây cũng là giá trị động đất kích thích cực đại được dự báo. Điều này có nghĩa là hoạt động động đất kích thích tại hồ Hòa Bình đã đạt giá trị tối đa. Từ sau 1996 đến nay không quan sát thấy động đất kích thích hồ Hòa Bình, cho nên có thể nói rằng tại hồ này không còn

động đất kích thích nữa mà chỉ có động đất tự nhiên mà thôi.

5. Hồ thủy điện Sông Tranh 2 tuy động đất kích thích vẫn còn hoạt động một thời gian nữa song sẽ có cấp độ mạnh nhỏ hơn 4,7. Động đất kích thích hồ Sơn La còn tiếp diễn trong thời gian tới và với cấp độ mạnh có thể lớn hơn 4,3, đạt tối đa là 5,0.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] D.W. Simpson and T.N. Narasimhan (1990), "Inhomogeneities in rock Properties and their influence on reservoir induced seismicity", *Gerlands Beitrage zur Geophysik*, **99**, pp.205-219.

[2] H.K. Gupta, B.K. Rastogi, H. Narain (1972), "Common features of the reservoir associated seismic activities", *Bulletin, Seismological Society of America*, **62**, pp.481-492.

[3] H.K. Gupta (2012), *Reservoir Triggered seismicity and Earthquake recurrence at Koyna, India*, Abstract book, The 19<sup>th</sup> General Assembly of Asian Seismological Commission, Ulaanbaatar, pp.10-12.

[4] Nguyễn Đình Xuyên (1996), *Cơ sở dữ liệu cho các giải pháp giảm nhẹ hậu quả động đất ở Việt Nam - Phần thứ ba: Động đất kích thích ở khu vực công trình thủy điện Hòa Bình*, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước, lưu tại Viện Vật lý địa cầu, 182 trang.

[5] Cao Đình Triệu, Cao Đình Trọng, Lê Văn Dung, Thái Anh Tuấn, Đinh Quốc Văn, Hà Vinh Long (2014), "Triggered earthquake study in Tranh River No.2 (Vietnam) Hydropower Reservoir", *Journal of the Geological Society of India*, **84(3)**, pp.319-325.

[6] Lê Huy Minh (chủ nhiệm) và nnk (2016), *Nghiên cứu tác động địa chấn kiến tạo đến sự ổn định công trình thủy điện Sông Tranh 2, khu vực Bắc Trà My, tỉnh Quảng Nam*, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTDL.2013G, lưu tại Viện Vật lý địa cầu, 402 trang.

[7] Thái Anh Tuấn, N. Purnachandra Rao, Kalpna Gahalaut, Cao Đình Trọng, Lê Văn Dung, Cao Chien, K. Mallika (2017), "Evidence that earthquakes have been triggered by reservoir in the Song Tranh 2 region, Vietnam", *Journal of Seismology*, doi: 10.1007/s10950-017-9656-2.

[8] Lê Từ Sơn (chủ nhiệm) và nnk (2012), *Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La*, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTDL.2009T/09, lưu tại Viện Vật lý địa cầu, 271 trang.

[9] Cao Đình Trọng, Nguyễn Ánh Dương, Thái Anh Tuấn, Cao Đình Triệu (2016), "Đặc điểm hoạt động động đất kích thích khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà", *Tạp chí Địa chất*, loạt A, số **361-362 (11-12)**, tr.80-92.

[10] Cao Đình Trọng, Phạm Nam Hưng, Đinh Quốc Văn, Lê Quang Khôi (2014), "Mô hình cắt lớp sóng địa chấn khu vực thủy điện Sông Tranh 2", *Tạp chí Địa chất*, Loạt A, số **341-345 (3-8/2014)**, tr.291-298.

[11] Cao Đình Trọng, Thái Anh Tuấn, Đinh Quốc Văn, Cao Đình Triệu, Lê Văn Dũng, Nguyễn Đắc Cường (2017), "Mô hình vận tốc sóng địa chấn ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_p/V_s$ ) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà", *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam*, **22(11)**, tr.24-31.

[12] Cao Đình Triệu, Nguyễn Đức Vinh (2012), "Phân đoạn đứt gãy trong đánh giá động đất cực đại ở Việt Nam", *Tạp chí Địa chất*, số **331-332**, tr.59-68.



# Phân lập các chủng vi sinh vật có khả năng phân giải cellulose mạnh phục vụ sản xuất chế phẩm phân hủy rơm rạ

Trần Hoàng Dũng<sup>1\*</sup>, Huỳnh Văn Hiếu<sup>1</sup>, Trần Duy Dương<sup>2</sup>, Nguyễn Thành Công<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

<sup>2</sup>Viện Di truyền nông nghiệp

Ngày nhận bài 16/1/2018; ngày chuyển phản biện 19/1/2018; ngày nhận phản biện 26/2/2018; ngày chấp nhận đăng 9/3/2018

## Tóm tắt:

Kết quả tuyển chọn các chủng vi sinh vật (VSV) có khả năng phân giải cellulose trên địa bàn tỉnh Vĩnh Long của 21 mẫu đất, rơm rạ đã phân lập được 46 chủng xạ khuẩn, 16 chủng vi khuẩn và 7 chủng nấm chịu nhiệt đều có khả năng phân giải cellulose. Dựa vào kết quả thử hoạt tính CMC qua các mức nhiệt độ 40, 45 và 50°C chọn lọc được 5 chủng xạ khuẩn có khả năng phân giải CMC mạnh là X20, X7, X39, X4, X24; 6 chủng vi khuẩn là V7, V8, V11, V12, V14 và V16; 4 chủng nấm là A1, A2, A4 và A5. Kết hợp hai kết quả thử CMC và rơm rạ đã tuyển chọn được 3 chủng xạ khuẩn (X7, X24, X20), 2 chủng vi khuẩn (V7, V12) và 3 chủng nấm (A1, A2, A4) có khả năng chịu nhiệt và phân giải rơm rạ mạnh từ phế phụ liệu nông nghiệp.

**Từ khóa:** Cellulose, nấm, vi khuẩn, vi sinh vật, xạ khuẩn.

**Chỉ số phân loại:** 1.6

## **Đặt vấn đề**

Nông nghiệp là một ngành kinh tế quan trọng của Việt Nam, trong đó, lúa gạo là cây trồng chủ lực, cung cấp nguồn lương thực chính phục vụ cho nhu cầu tiêu dùng của người dân [1]. Tuy nhiên, ngoài sản phẩm chính là thóc thì sản xuất lúa gạo còn tạo ra lượng rơm rạ khổng lồ, theo ước tính khoảng 4 triệu ha đất trồng lúa sẽ thải ra đến 76 triệu tấn rơm rạ mỗi năm. Trước đây sau khi thu hoạch, rơm rạ thường dùng để đun nấu, làm thức ăn cho gia súc, lợn nhà, ủ chuồng, làm phân bón. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, đời sống kinh tế, xã hội phần nào đã thay đổi hơn trước, rơm rạ không còn được sử dụng vào những mục đích như trước kia mà thay vào đó người nông dân đốt rơm rạ ngay ở ngoài đồng ruộng. Đây là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường, làm bốc hơi dinh dưỡng bề mặt và thoái hóa đất [2]. Cellulose là một trong những thành phần chủ yếu của rơm, rạ. Cellulose là hợp chất rất vững bền, đó là loại polysaccharide cao phân tử. Trong tự nhiên có nhiều loại VSV có khả năng sinh ra các men làm xúc tác trong quá trình phân giải cellulose [3, 4]. Chúng có ý nghĩa rất lớn đối với việc thực hiện vòng tuần hoàn carbon trong tự nhiên, góp phần quan trọng trong việc nâng cao độ phì nhiêu của đất. Mặc dù cellulose là chất hữu cơ không tan trong nước, bền vững nhưng lại bị thủy phân dễ dàng bởi enzyme cellulase do VSV tiết ra [5-7]. Hệ VSV phân hủy cellulose rất phong phú và đa dạng, bao gồm cả vi khuẩn, xạ

khẩn và nấm [3, 7, 8]. Các vi khuẩn có khả năng phân hủy mạnh cellulose đã được chỉ ra là *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Vibrio*, *Archomobacter*... [9-16].

Ngày nay, khoa học và công nghệ phát triển, các chế phẩm vi sinh được sử dụng để phân hủy rơm rạ tạo thành phân bón mang lại nhiều hiệu quả và lợi ích như: Tránh ngộ độc hữu cơ do rơm rạ gây ra, cung cấp được chất dinh dưỡng cho cây trồng, xử lý phế phụ liệu nông nghiệp và giảm ô nhiễm môi trường [4]. Đa số các chế phẩm hiện nay thường sử dụng đơn chủng là nấm mốc *Trichoderma* [5]. Tuy nhiên, nấm *Trichoderma* chỉ phát triển tốt ở nhiệt độ 37°C, trong khi nhiệt độ đồng ủ ngoài trời có thể lên đến 50-60°C nên không đem lại hiệu quả cao. Do đó, để nâng cao hiệu quả xử lý cần chọn lọc các chủng có khả năng chịu được nhiệt độ cao, có thể sản sinh ra chất ức chế hoặc tiêu diệt các VSV gây bệnh khác, dễ tiến hành lên men rắn theo kiểu ủ đồng [13].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào phân lập các chủng nấm, xạ khuẩn và vi khuẩn tại tỉnh Vĩnh Long, sau đó khảo sát hoạt tính phân giải cellulose của các chủng VSV trên rơm rạ.

## **Vật liệu và phương pháp nghiên cứu**

### *Nguyên vật liệu*

Trong nghiên cứu này, phế phụ liệu nông nghiệp được

\*Tác giả liên hệ: Email: tranhoangdung1975@yahoo.com



# Isolation of cellulose-degrading microbes for rice straw decomposition

Hoang Dung Tran<sup>1\*</sup>, Van Hieu Huynh<sup>1</sup>,  
Duy Duong Tran<sup>2</sup>, Thanh Cong Nguyen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nguyen Tat Thanh University

<sup>2</sup>Agricultural Genetics Institute

Received 16 January 2018; accepted 9 March 2018

## Abstract:

The results of selecting microorganisms capable of decomposing cellulose in Vinh Long province showed that 46 actinomyces, 16 bacterial strains and 7 strains of fungi which have the ability to degrade cellulose were isolated and purified in 21 soil, sawdust and straw samples. Based on Carboxymethyl cellulose activity test results at the temperature of 40°C, 45°C, and 50°C, we identified five actinomyces (X20, X7, X39, X4, and X24), six bacterial strains (V7, V8, V11, V12, V14, and V16), and four fungal strains (A1, A2, A4, and A5) which all have strong capabilities to decompose cellulose. Combining CMC test with straw test, we selected three actinomyces strains (X7, X24, and X20), two bacterial strains (V7 and V12), and three fungal strains (A1, A2, and A4) which have a good heat resistance and strong straw decomposition capability from agricultural waste materials.

**Keywords:** Actinomyces, bacteria, cellulose, fungi, microorganisms.

**Classification number:** 1.6

sử dụng là các mẫu đất, rơm rạ, lá cây mục, mùn cưa... tại 2 huyện Tam Bình và Vũng Liêm thuộc tỉnh Vĩnh Long.

## Phương pháp nghiên cứu

**Phương pháp phân lập:** Mẫu đất và rơm sau khi lấy về được ủ ở 50°C từ 2 đến 3 ngày để loại bớt một số chủng VSV không ưa nhiệt. Cân 1 g mẫu đất (0,5 g đối với mẫu rơm) cho vào ống nghiệm chứa 9 ml nước cất vô trùng, ta được độ pha loãng  $10^{-1}$ . Dùng pipette vô trùng hút 1 ml dịch này chuyển sang ống nghiệm chứa 9 ml nước cất vô trùng, lắc đều ta có độ pha loãng  $10^{-2}$ . Tiếp tục pha loãng như trên đến các nồng độ pha loãng thích hợp cho từng chủng VSV.

Các mẫu được cấy trên môi trường Gause-1 theo phương pháp cấy ria góc (đối với xạ khuẩn), môi trường Cellulose Agar (vi khuẩn) và môi trường MT (nấm), để từ 40-42°C. Sau 3-5 ngày nuôi cấy, lấy ra quan sát bằng kính hiển vi và ghi kết quả. Phương pháp định danh các chủng vi khuẩn, xạ khuẩn và nấm dựa trên phương pháp của Vinogradkii (1952) (trích theo Nguyễn Thành Đạt, 2000) [17], Nguyễn Lân Dũng và cs (2000) [18] để phân loại.

**Phương pháp đo hoạt tính phân giải cellulose:** Khả năng phân giải cellulose của các chủng VSV được xác định trong điều kiện ủ 2 ngày trên các đĩa môi trường CMC Agar (xạ khuẩn), Cellulose Agar (vi khuẩn) và môi trường MT (nấm) đã khử trùng. Loại bỏ đĩa bị nhiễm. Sử dụng thuốc nhuộm Lugol đo vòng phân giải ở ngày thứ 5.

**Phương pháp thử khả năng phân giải cellulose trên rơm rạ dựa trên giảm trọng lượng cơ chất:** Sau khi thu hoạch lúa, người nông dân thường có thói quen xới đất vùi lấp rơm rạ còn sót lại trên đồng trong điều kiện ngập nước và cấy mùa vụ mới. Lý do khiến năng suất không cao, đất bị ô nhiễm nặng và lây lan bệnh từ mùa vụ trước là do rơm rạ dưới nước chưa bị hoại mục. Trong khuôn khổ đề tài này, chúng tôi bố trí thí nghiệm giống điều kiện nêu trên nhằm tìm ra chủng VSV có khả năng phân giải mạnh rơm rạ trong điều kiện ngập nước ở nhiệt độ cao. Cách bố trí thí nghiệm như sau:

Rơm rạ sau khi mang về được cắt thành từng đoạn nhỏ khoảng 2 cm (3 g rơm đã sấy khô hoàn toàn) cho vào bình có dung tích 60 ml, đổ nước cất ngập bề mặt rơm. Dùng que cấy lấy 1 vòng khuẩn lạc VSV cho trực tiếp vào bình chứa sẵn rơm, đập nút lại và đem ủ ở nhiệt độ 45°C. Tiến hành quan sát ở các ngày thứ 5, 10, 15 và thu kết quả ở ngày thứ 12. Rơm sẽ được lấy ra khỏi bình, đem sấy khô tuyệt đối và cân. Lần lượt khảo sát tất cả các chủng VSV phân lập được.

$$M = m_1 - m_2$$

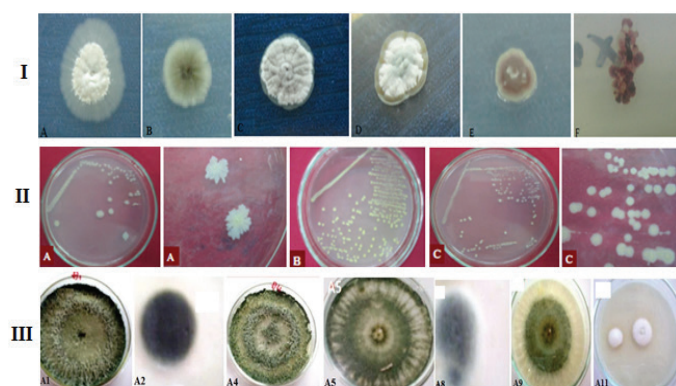
Trong đó: M (g) là khối lượng rơm bị phân giải;  $m_1$  (g) là khối lượng rơm ban đầu sau khi đã sấy khô;  $m_2$  (g) là khối lượng rơm sau khi sấy khô.

Các kết quả thí nghiệm được xử lý bằng chương trình Data analysis trong Excel.

## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Kết quả phân lập và tuyển chọn các chủng VSV có khả năng phân hủy enzyme cellulase

Từ 21 mẫu đất, mặt cưa, rơm rạ được thu từ một số địa điểm khác nhau đã phân lập và làm thuần được 46 chủng xạ khuẩn, 16 chủng vi khuẩn chịu nhiệt và 7 chủng nấm sợi khác nhau được ký hiệu là X (xạ khuẩn), V (vi khuẩn) và A (các chủng nấm) (hình 1).



**Hình 1. Các chủng xạ khuẩn, vi khuẩn và nấm được phân lập.** I: Các chủng xạ khuẩn; II: Các chủng vi khuẩn; III: Các chủng nấm.

Đối với xạ khuẩn, dựa vào đặc điểm bên ngoài và màu sắc của khuẩn lạc, chúng tôi chia làm 6 nhóm cơ bản, gồm: Khuẩn lạc dạng nhung màu trắng (X33, X7, X10, X11, X25, X5, X12, X8 và X9), khuẩn lạc dạng nhung màu xám (X44, X30, X29, X28, X38, X37, X41, X18, X43, X42, X31, X46, X6, X16 và X45), khuẩn lạc dạng nhung màu xám trắng (X27, X35, X32, X22, X3, X26, X34, X2, X17 và X1), khuẩn lạc dạng nhung màu xanh (X23, X14 và X36), khuẩn lạc dạng màng dẻo màu nâu (X20, X19, X21, X15, X39, X13, X40 và X4) và khuẩn lạc dạng màu đỏ (X24). Cấu trúc vi thể của nấm sợi được quan sát dưới kính hiển vi, chụp hình bào tử, sợi nấm, sau đó tiến hành định danh đến loài các chủng nấm dựa theo phương pháp định danh của Nguyễn Thành Đạt, Nguyễn Lân Dũng [17, 18] tại Khoa Sinh học, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành.

#### Kết quả đánh giá khả năng phân giải CMC của các chủng VSV

Sau khi phân lập, chúng tôi tiến hành khảo sát khả năng phân giải CMC của các chủng VSV. Môi trường sử dụng là CMC Agar đã được chuẩn bị trước 1 ngày. Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát ở 3 mốc nhiệt độ là 40, 45 và 50°C.

#### Kết quả phân giải CMC của xạ khuẩn:

Từ kết quả đo vòng phân giải CMC được khảo sát ở các mốc nhiệt độ khác nhau chúng tôi chọn ra được các chủng ưu tú nhất có khả năng phân giải CMC ở nhiệt độ cao cụ thể: Tại 40°C, chọn ra 10 chủng có hoạt tính cellulase mạnh nhất là các chủng X7, X20, X4, X18, X39, X6, X27, X42, X24 và X15; tại 45°C, chọn được 10 chủng có khả năng phân giải CMC mạnh nhất là X7, X1, X20, X24, X39, X4, X21, X14, X15 và X18; khi tăng nhiệt độ đến 50°C hoạt tính cellulase giảm nhưng vẫn cao hơn 40°C, tỷ lệ D/d trong khoảng 1,040 đến 31,337. Trong đó, có 13 chủng phân giải mạnh CMC mạnh nhất, chúng tôi chọn ra được 10 chủng có hoạt tính enzyme mạnh nhất là X20, X21, X7, X29, X24, X4, X39, X1, X6 và X17 (bảng 1).

**Bảng 1. Tỷ lệ D/d của các chủng xạ khuẩn ở các nhiệt độ khảo sát sau 5 ngày nuôi cấy.**

| Giống | D/d (đo ở 40°C) | D/d (đo ở 45°C) | D/d (đo ở 50°C) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| X1    | 2,970±0,081     | 21,500±0,666    | 6,093±0,491     |
| X4    | 8,040±0,080     | 8,833±0,508     | 7,197±0,020     |
| X6    | 6,450±0,066     | 2,490±0,087     | 6,030±0,081     |
| X7    | 14,044±0,091    | 26,750±0,333    | 12,060±0,070    |
| X14   | 2,207±0,019     | 7,093±0,491     | 1,083±0,041     |
| X15   | 5,039±0,094     | 5,280±0,339     | 3,017±0,021     |
| X16   | 3,093±0,007     | 3,000±0,665     | 2,173±0,067     |
| X17   | 2,616±0,074     | 3,033±0,335     | 5,330±0,326     |
| X18   | 7,519±0,047     | 3,477±0,600     | 4,220±0,213     |
| X20   | 9,003±0,008     | 18,630±0,498    | 31,337±0,675    |
| X21   | 1,933±0,076     | 7,500±0,000     | 14,970±0,071    |
| X24   | 5,416±0,038     | 18,543±0,918    | 10,070±0,132    |
| X25   | 3,700±0,013     | 3,010±0,154     | 2,100±0,062     |
| X27   | 5,589±0,027     | 1,353±0,067     | 3,476±0,058     |
| X29   | 2,404±0,022     | 2,766±0,906     | 10,976±0,058    |
| X39   | 7,230±0,118     | 8,997±0,139     | 7,060±0,133     |
| X42   | 5,427±0,007     | 2,917±0,315     | 2,030±0,071     |

Ghi chú: D (cm) là đường kính vòng phân giải CMC; d (cm) là đường kính khuẩn lạc.

Qua các điều kiện nhiệt độ khảo sát trên, chọn ra 5 chủng nổi bật nhất với những ưu điểm sau: Đầu có khả năng phân giải mạnh CMC ở các nhiệt độ khác nhau và khi tăng nhiệt độ thì hoạt tính enzyme tăng theo hoặc giảm không đáng kể là các chủng X20 (9,003; 18,63; 31,337), X7 (14,044; 26,75; 12,06), X39 (7,23; 8,997; 7,06), X4 (8,040; 8,833; 7,197) và X24 (5,416; 18,543; 10,070).

#### Kết quả phân giải CMC của vi khuẩn chịu nhiệt:

**Bảng 2. Tỷ lệ D/d của 16 chủng vi khuẩn ở các nhiệt độ khảo sát sau 2 ngày nuôi cấy.**

| Giống | D/d (đo ở 40°C) | D/d (đo ở 45°C) | D/d (đo ở 50°C) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| V1    | 13,003±0,008    | 18,946±0,157    | 12,021±0,089    |
| V2    | 13,930±0,080    | 18,000±0,013    | 10,099±0,132    |
| V3    | 14,015±0,132    | 20,367±0,733    | 18,129±0,149    |
| V4    | 13,045±0,078    | 16,063±0,157    | 17,993±0,139    |
| V5    | 14,970±0,082    | 15,037±0,073    | 13,041±0,081    |
| V6    | 12,036±0,097    | 25,957±0,068    | 18,032±0,077    |
| V7    | 5,659±0,369     | 19,000±0,013    | 20,002±0,157    |
| V8    | 11,460±0,070    | 18,993±0,279    | 19,063±0,008    |
| V9    | 17,983±0,166    | 14,993±0,276    | 15,010±0,113    |
| V10   | 23,066±0,076    | 13,003±0,020    | 13,930±0,150    |
| V11   | 7,099±0,132     | 18,996±0,013    | 22,006±0,015    |
| V12   | 18,153±0,080    | 21,096±0,133    | 22,030±0,181    |
| V13   | 5,513±0,055     | 22,104±0,124    | 17,090±0,113    |
| V14   | 8,532±0,054     | 16,030±0,084    | 19,926±0,146    |
| V15   | 11,430±0,080    | 17,073±0,095    | 13,004±0,125    |
| V16   | 9,490±0,113     | 17,066±0,021    | 22,045±0,145    |
| TB    | 12,829          | 19,488          | 17,126          |

Kết quả bảng 2 cho thấy, các chủng vi khuẩn đều có khả năng phân hủy CMC ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ tối ưu cho vi khuẩn phân hủy CMC là 45°C, hoạt tính này tuy có giảm khi tăng nhiệt độ lên 50°C nhưng vẫn cao hơn 40°C (19,488 > 17,126 > 12,829). Ta có thể chia vi khuẩn làm 3 nhóm gồm:

Nhóm 1: Hoạt tính cellulase mạnh gồm các chủng vi khuẩn V4, V7, V8, V11, V12, V14 và V16. Khả năng phân giải CMC của các chủng này tăng dần khi tăng nhiệt độ từ 40 đến 50°C.

Nhóm 2: Hoạt tính cellulase ở mức khá gồm các chủng V3, V6, V13, V15, khả năng phân giải CMC của các chủng này giảm khi tăng từ 45 lên 50°C nhưng vẫn cao hơn mức 40°C.

Nhóm 3: Hoạt tính cellulase ở mức trung bình hoặc khá ở các mẫu còn lại, khả năng phân giải CMC của các chủng này giảm hoặc tăng khi tăng từ 45 lên 50°C nhưng lại thấp hơn mức 40°C như V9, V10 hoặc các chủng này tăng ở mức 45°C nhưng lại giảm ở mức 50°C như các chủng V1, V2 và V5.

Từ các kết quả trên, chúng tôi quyết định chọn nhóm 1 để làm đại diện cho nhóm có khả năng phân hủy CMC mạnh của các chủng vi khuẩn ở nhiệt độ cao để tiếp tục nhân sinh khối và sử dụng các chủng vi khuẩn này làm chế phẩm phân hủy rơm rạ ở các nghiên cứu tiếp theo.

*Kết quả đánh giá hoạt độ cellulase của các chủng nấm sợi:*

**Bảng 3. Tỷ lệ D/d và hoạt độ cellulase của 7 chủng nấm sợi.**

| STT | Ký hiệu chủng | D/d         | Hoạt độ cellulase (mg/ml) |
|-----|---------------|-------------|---------------------------|
| 1   | A1            | 24,50±0,332 | 10,33                     |
| 2   | A2            | 23,50±0,435 | 9,45                      |
| 3   | A4            | 24,50±0,250 | 9,87                      |
| 4   | A5            | 23,50±0,081 | 9,37                      |
| 5   | A8            | 22,50±0,335 | 9,00                      |
| 6   | A9            | 21,00±0,508 | 8,21                      |
| 7   | A11           | 20,00±0,332 | 7,10                      |

Kết quả ghi nhận tại bảng 3 cho thấy, kết quả định tính và định lượng enzyme cellulase của 7 chủng nấm là khác nhau. Trong đó, 4 chủng có hoạt độ cellulase cao nhất là chủng A1 (10,33 mg/ml), A4 (9,87 mg/l), A2 (9,45 mg/l) và A5 (9,37 mg/l). Từ các kết quả trên chúng tôi chọn ra 4 chủng là A1, A4, A2 và A5 trên để tiếp tục nhân sinh khối và sử dụng cho việc làm chế phẩm phân hủy rơm rạ sau này.

*Kết quả đánh giá hoạt tính enzyme cellulase của các chủng VSV trên rơm rạ*

*Kết quả khảo sát các chủng xạ khuẩn đến sự phân hủy rơm rạ:* 5 chủng xạ khuẩn được đánh giá hoạt tính enzyme cellulase trên rơm rạ. Kết quả được trình bày ở bảng 4.

**Bảng 4. Kết quả khảo sát tỷ lệ D/d và khả năng phân hủy rơm rạ của các chủng xạ khuẩn tuyển chọn ở nhiệt độ 45°C.**

| STT | Giống | m2(g) | M (g) | Tỷ lệ M/m1 (%) | Tỷ lệ D/d    |
|-----|-------|-------|-------|----------------|--------------|
| 1   | X4    | 2,19  | 0,43  | 16,41          | 8,833±0,508  |
| 2   | X7    | 2,09  | 0,53  | 20,22          | 26,750±0,333 |
| 3   | X20   | 2,11  | 0,51  | 19,47          | 18,630±0,498 |
| 4   | X24   | 2,10  | 0,52  | 19,85          | 18,543±0,918 |
| 5   | X39   | 2,11  | 0,50  | 19,08          | 8,997±0,139  |

Từ bảng kết quả 4, chúng tôi chọn ra 3 chủng có khả năng phân giải rơm rạ mạnh nhất theo thứ tự từ cao đến thấp là X7, X24 và X20 với tỷ lệ phần trăm (%) rơm bị phân hủy lần lượt là 20,22 > 19,85 > 19,47. Một chủng VSV có hoạt tính phân giải CMC cao chưa chắc đã có hoạt tính phân giải cellulose cao. Điều này hoàn toàn đúng, vì enzyme CMC-ase chỉ là 1 trong 4 loại enzyme phân hủy cellulose. Do đó, phải lựa chọn chủng có khả năng phân giải cellulose cao chứ không phải là CMC cao. Từ kết quả trên, chỉ có 3 chủng X7, X24 và X20 là có khả năng phân giải CMC và cellulose cao nhất, do đó chúng tôi chọn 3 chủng này là nhóm xạ khuẩn có khả năng phân giải rơm rạ mạnh nhất (hình 2).



**Hình 2. Rơm bị phân giải sau 12 ngày của 3 chủng xạ khuẩn mạnh nhất.**

*Kết quả khảo sát các chủng vi khuẩn phân hủy rơm rạ:*

**Bảng 5. Kết quả khảo sát khả năng phân hủy rơm rạ và tỷ lệ D/d của các chủng vi khuẩn ở nhiệt độ 45°C.**

| STT | Giống | m2 (g) | M (g) | Tỷ lệ M/m1 (%) | Tỷ lệ D/d    |
|-----|-------|--------|-------|----------------|--------------|
| 1   | V7    | 2,09   | 0,53  | 20,23          | 19,000±0,013 |
| 2   | V8    | 2,12   | 0,52  | 20,15          | 18,993±0,279 |
| 3   | V11   | 2,23   | 0,51  | 18,85          | 18,996±0,013 |
| 4   | V12   | 2,07   | 0,55  | 20,99          | 21,096±0,133 |
| 5   | V14   | 2,26   | 0,56  | 20,53          | 16,030±0,084 |
| 6   | V16   | 2,11   | 0,51  | 19,98          | 17,066±0,021 |

Tương tự như nhóm xạ khuẩn, các chủng vi khuẩn đều có khả năng phân giải rơm rạ trong điều kiện ngập nước hoàn toàn. Tỷ lệ phân hủy rơm rạ nằm trong khoảng 18,85-20,99%, tỷ lệ D/d từ 16-21. Trong 6 chủng trên (bảng 5), V7 và V12 là ổn định nhất với tỷ lệ D/d và M/m1 đều cao (19,000 và 20,23; 21,096 và 20,99). Do đó chúng tôi quyết định chọn V7 và V12 là 2 chủng vi khuẩn mạnh nhất (hình 3).





Hình 3. Rơm bị phân hủy sau 12 ngày của 2 chủng vi khuẩn mạnh nhất và lô đối chứng (ĐC).

Bằng đánh giá trực quan, sau 12 ngày rơm chuyển sang màu vàng sẫm, trên bề mặt nhớt, rơm mềm và xuất hiện mùi của xác thực vật bị phân hủy. Ở nghiệm thức đối chứng rơm ngả sang màu vàng, rơm vẫn thô và cứng, không có dấu hiệu bị phân hủy.

Kết quả khảo sát các chủng nấm đến sự phân hủy rơm rạ:

Bảng 6. Kết quả khảo sát khả năng phân hủy rơm rạ của các chủng nấm.

| Giống | Tỷ lệ D/d   | Tỷ lệ M/m1 (%) |
|-------|-------------|----------------|
| A1    | 24,50±0,332 | 20,61          |
| A2    | 23,50±0,435 | 20,02          |
| A4    | 24,50±0,250 | 20,99          |
| A5    | 23,50±0,081 | 14,12          |

Tương tự như các chủng xạ khuẩn, vi khuẩn, các chủng nấm A1, A2, A4 và A5 đều có khả năng phân giải rơm rạ trong điều kiện ngập nước hoàn toàn. Tỷ lệ phân hủy rơm rạ nằm trong khoảng 14,02-20,99% (bảng 6). Từ các kết quả trên, chúng tôi sử dụng 3 chủng nấm A1, A2, và A4 để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo (hình 4).



Hình 4. Rơm bị phân hủy sau 12 ngày của chủng vi nấm A2 (A) và lô đối chứng (B).

## Kết luận

Từ 21 mẫu đất, mặt cưa, rơm rạ ở các địa bàn khác nhau thuộc tỉnh Vĩnh Long đã phân lập và chọn lọc được 46 chủng xạ khuẩn, 16 chủng vi khuẩn và 7 chủng vi nấm chịu nhiệt đều có khả năng phân giải cellulose.

Dựa vào kết quả thử hoạt tính CMC qua các mức nhiệt độ 40, 45 và 50°C chọn lọc được 5 chủng xạ khuẩn có khả năng phân giải CMC mạnh là X20, X7, X39, X4, X24; 6 chủng vi khuẩn là V7, V8, V11, V12, V14 và V16; 4 chủng nấm là A1, A2, A4 và A5.

Kết hợp hai kết quả thử CMC và rơm rạ đã tuyển chọn được 3 chủng xạ khuẩn (X7, X24, X20), 2 chủng vi khuẩn

(V7, V12) và 3 chủng nấm (A1, A2 và A4) có khả năng chịu nhiệt và phân giải rơm rạ mạnh từ phế phụ liệu nông nghiệp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Thị Minh Nguyệt, Trần Văn Hùng (2016), “Phát triển nông nghiệp Việt Nam trong bối cảnh hội nhập”, *Tạp chí Khoa học và công nghệ lâm nghiệp*, **4**, tr.142-151.
- [2] Nguyễn Mậu Dũng (2012), “Ước tính lượng khí thải từ đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng ở vùng Đồng bằng sông Hồng”, *Tạp chí Khoa học và phát triển*, **10**, tr.190-198.
- [3] B. Seiboth, et al. (2012), “Metabolic engineering of inducer formation for cellulase and hemicellulase gene expression in *Trichoderma reesei*”, *Subcell Biochem.*, **64**, pp.367-390.
- [4] E. Simo, et al. (2017), “Development of a low-cost cellulase production process using *Trichoderma reesei* for Brazilian biorefineries”, *Biotechnol. for Biofuels*, **10(30)**, 17p, doi: 10.1186/s13068-017-0717-0.
- [5] V. Juturu, J.C. Wu (2014), “Microbial cellulases: Engineering, production and applications”, *Renew. and Sustain. Energy Rev.*, **33**, pp.188-203.
- [6] T. Kanda (2003), “Mechanism of cellulase action on cellulose structure”, *Journal of Applied Glycoscience*, **50(1)**, pp.77-81.
- [7] C.M. Lo, et al. (2010), “Cellulase production by continuous culture of *Trichoderma reesei* Rut C30 using acid hydrolysate prepared to retain more oligosaccharides for induction”, *Bioresour Technol.*, **101(2)**, pp.717-723.
- [8] C.P. Kubicek (2013), “Systems biological approaches towards understanding cellulase production by *Trichoderma reesei*”, *J. Biotechnol.*, **163**, pp.133-142.
- [9] R.H. Doi (2008), “Cellulases of mesophilic microorganisms: Cellulosome and noncellulosome producers”, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **1125**, pp.267-279.
- [10] L. Ma, et al. (2015), “Characterization of an acidic cellulase produced by *Bacillus subtilis* BY4 isolated from gastrointestinal tract of Tibetan pig”, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **56**, pp.67-72.
- [11] R. Mawadza, et al. (2000), “Mattiasson Purification and characterization of cellulases produced by two *Bacillus* strains”, *J. Biotechnol.*, **83**, pp.177-187.
- [12] C. Martin, et al. (2006), “Characterisation of agricultural and agro-industrial residues as raw materials for ethanol production”, *Chem. Biochem. Engineer. Quart.*, **20**, pp.443-448.
- [13] Mohamed F. Eida, et al. (2017), “Isolation and characterization of cellulolytic and hemicellulolytic fungi from salt affected soils and compost”, *JIPBS*, **3(4)**, pp.164-170.
- [14] Nguyễn Đức Lượng (2003), *Thí nghiệm công nghệ sinh học* (tập 2 - Thí nghiệm VSV học), Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.
- [15] R. Rawat, L. Tewari (2012), “Purification and characterization of an acidothermophilic cellulase enzyme produced by *Bacillus subtilis* strain LFS3”, *Extremophiles*, **16(4)**, pp.637-644.
- [16] Siu Rodas, et al. (2017), “*Bacillus subtilis* with endocellulase and exocellulase activities isolated in the thermophilic phase from composting with coffee residues”, *Rev. Argent Microbiol.*, doi: 10.1016/j.ram.2017.08.005.
- [17] Nguyễn Thành Đạt (2000), *Sinh học VSV*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [18] Nguyễn Lâm Dũng, Nguyễn Đình Quyền, Phạm Văn Ty (2002), *VSV học*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.



# Nghiên cứu đánh giá khả năng khí hóa chất thải rắn sinh hoạt làm nhiên liệu thay thế

Lê Cao Chiến<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thị Tâm<sup>1</sup>, Trần Quốc Huy<sup>2</sup>, Nguyễn Hồng Quang<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Thịnh<sup>1</sup>,  
Trần Thị Phương Thúy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Thiết bị, Môi trường và An toàn lao động, Viện Vật liệu xây dựng

<sup>2</sup>Trung tâm Vật liệu xây dựng miền Nam, Viện Vật liệu xây dựng

Ngày nhận bài 2/2/2018; ngày chuyển phản biện 9/2/2018; ngày nhận phản biện 22/3/2018; ngày chấp nhận đăng 29/3/2018

## Tóm tắt:

Hiện nay, lượng chất thải rắn (CTR) sinh hoạt phát sinh ngày càng lớn, tính chất ngày càng phức tạp, đặt ra yêu cầu phải phát triển năng lực xử lý/tái chế đủ sức giải quyết các vấn đề về môi trường. Tại nhiều quốc gia trên thế giới, công nghệ khí hóa CTR đô thị đang được áp dụng rộng rãi. Công nghệ này vừa tạo ra sản phẩm giàu khí nhiên liệu, vừa hạn chế sự hình thành các hợp chất dioxin và một lượng lớn  $SO_x$  và  $NO_x$ , giúp giảm chi phí làm sạch sau khi đốt. Bài viết đánh giá tiềm năng ứng dụng công nghệ khí hóa phục vụ công tác xử lý CTR, giúp tạo ra năng lượng và các sản phẩm cần thiết, góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế.

**Từ khóa:** Chất thải, chất thải rắn, công nghệ khí hóa, nhiên liệu thay thế, xử lý.

**Chỉ số phân loại:** 1.7

## **Giới thiệu**

Theo số liệu thống kê, năm 2007 tổng lượng CTR sinh hoạt phát sinh ở các đô thị trên toàn quốc là 17,682 tấn/ngày, đến năm 2010 là 26,224 tấn/ngày, tăng trung bình 10% mỗi năm. Đến năm 2014, khối lượng CTR sinh hoạt đô thị phát sinh khoảng 32 tấn/ngày; chỉ riêng tại Hà Nội và TP Hồ Chí Minh khối lượng phát sinh là 6,420 tấn/ngày và 6,739 tấn/ngày; tăng trung bình 12% mỗi năm [1].

Từ khi Luật Bảo vệ môi trường ra đời, Chính phủ đã ban hành nhiều quy định nhằm quản lý CTR sinh hoạt trong các đô thị. Trong đó có những chính sách ưu tiên phát triển các hệ thống thu hồi năng lượng từ CTR như Đề án “Phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến năm 2015, tầm nhìn năm 2025” (Quyết định số 1030/QĐ-TTg ngày 20/7/2009) nhằm phát triển các nhà máy sản xuất điện từ CTR sinh hoạt, tuy nhiên vẫn chưa thể triển khai do hiệu quả về kinh tế không cao. Những dự án xây dựng nhà máy điện từ CTR sử dụng công nghệ của nước ngoài đòi hỏi vốn đầu tư rất lớn, không mang lại lợi nhuận ngay, khả năng thu hồi vốn thường kéo dài từ 10 đến 20 năm và sinh lợi thấp. Nguyên nhân là do các công nghệ xử lý CTR này không phù hợp với đặc điểm và tính chất CTR sinh hoạt của nước ta. Do đó, việc nghiên cứu phát triển công nghệ khí hóa CTR phù hợp với điều kiện, hoàn cảnh ở Việt Nam là vấn đề cấp thiết [2]. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả sẽ xác định các đặc tính đặc trưng của CTR sinh hoạt ở Việt Nam, đồng thời đánh giá các thông số ảnh hưởng đến việc khí hóa

CTR nhằm thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao, giúp tăng hiệu quả xử lý CTR sinh hoạt và tận thu năng lượng làm nhiên liệu thay thế.

## **Nội dung và phương pháp nghiên cứu**

### *Thành phần và tính chất CTR*

*Thành phần CTR:* Nghiên cứu sử dụng số liệu về thành phần CTR của một số khu chôn lấp CTR lớn tại Hà Nội, Hải Phòng, Huế, Đà Nẵng, TP Hồ Chí Minh và Bắc Ninh (được tổng hợp trong Báo cáo môi trường quốc gia 2011 - CTR [3]).

*Tính chất của CTR:* Các tính chất đặc trưng của CTR như khối lượng riêng, độ ẩm, thành phần nguyên tố, nhiệt trị của CTR đô thị được tính toán trên cơ sở các tính chất đặc trưng của từng thành phần trong hỗn hợp CTR phát sinh ở các bãi rác nêu trên [3-5].

### *Phương pháp nghiên cứu*

Để đánh giá ảnh hưởng của các thông số khả năng sinh khí của CTR, nhóm nghiên cứu đã xây dựng hệ thống thiết bị khí hóa theo nguyên lý tầng cố định - khí đi từ dưới lên (*Updraft Gasifier*) và thiết bị khí hóa liên tục với tốc độ khí hóa CTR khoảng 13 kg/h; thể tích buồng nạp chứa 40-50 kg, do đó hệ thống khí hóa có thể hoạt động liên tục trong vòng 4-5 h (hình 1).

\*Tác giả liên hệ: Email: lecaochien@gmail.com

# A study into the possibility of gasifying domestic waste to produce alternative fuels

Cao Chien Le<sup>1\*</sup>, Thi Tam Nguyen<sup>1</sup>, Quoc Huy Tran<sup>2</sup>,  
Hong Quang Nguyen<sup>1</sup>, Duc Thinh Nguyen<sup>1</sup>,  
Thi Phuong Thuy Tran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre for Equipment, Environment and Labour Safety, Vietnam  
Institute for Building Materials

<sup>2</sup>South Centre for Building Materials, Vietnam Institute for Building  
Materials

Received 2 February 2018; accepted 29 March 2018

## Abstract:

At present, the amount of waste generated is increasing, and its nature is more and more complex, which arises the need to develop the capacity of waste processing/recycling to solve environmental problems. In many countries around the world, urban solid waste gasification technologies are being used extensively. These technologies have both created gas-rich products and limited the formation of dioxin compounds and a large amount of SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub>, which reduces the cost of cleaning after burning. This paper assesses the application potential of a gasification technology for waste treatment, which helps generate energy and essential products, contributing to the economic growth.

**Keywords:** Alternative fuel, gasification technology, solid waste, treatment, waste.

**Classification number:** 1.7

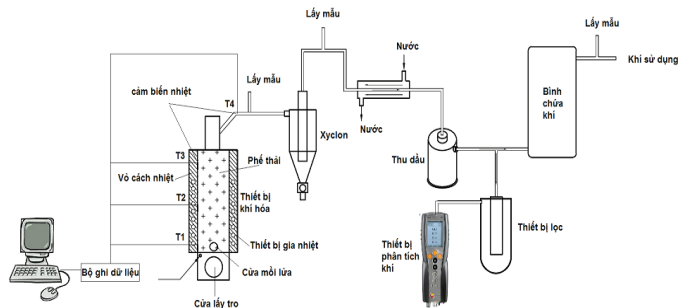


A) Thiết bị khí hóa thí nghiệm. B) Mô hình thiết bị khí hóa liên tục.

Hình 1. Thiết bị khí hóa trong phòng thí nghiệm.

Mô hình khí hóa quy mô pilot được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu các thiết bị khí hóa phổ biến thế giới (lò khí hóa

tầng cố định dòng khí đi lên - *updraft fixed-bed gasifier*, lò khí hóa tầng cố định dòng khí đi xuống - *downdraft fixed-bed gasifier*, lò khí hóa tầng sôi - *Fluidized bed gasifiers*, khí hóa plasma - *Plasma gasifiers* [6-11]). Với mô hình này, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố (nhiệt độ khí hóa, tỷ lệ đương lượng không khí, hàm ẩm đến thành phần khí tổng hợp, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp, độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của khí tổng hợp), từ đó đánh giá các thông số liên quan đến khả năng sinh khí của CTR nhằm tăng hiệu quả xử lý và thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao nhất.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống phân tích khí trong phòng thí nghiệm.

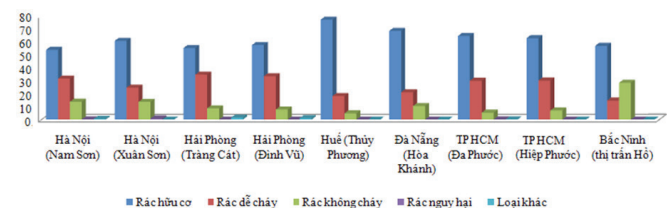
Trong sơ đồ hình 2, khí tạo ra từ thiết bị khí hóa được chuyển qua xyclon tách bụi, rồi qua thiết bị trao đổi nhiệt để ngưng tụ hơi nước và khí không cháy. Tiếp đến, được dẫn tới bình chứa khí để tích trữ và một đầu dẫn sang thiết bị lọc trước khi hút vào thiết bị phân tích khí để xác định thành phần khí. Khí tổng hợp chủ yếu bao gồm CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> và H<sub>2</sub>, nên các tác giả sử dụng thiết bị đo khí đa năng GAS-3100P-SYNGAS-NDIR để xác định thành phần.

## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Thành phần của CTR sinh hoạt

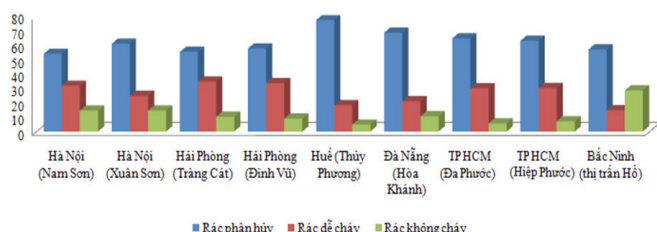
Trên cơ sở dữ liệu thu thập được từ Báo cáo môi trường quốc gia về CTR [3], tiến hành tổng hợp, phân tích dữ liệu và phân loại thành phần CTR tại các bãi rác lớn trong phạm vi cả nước. Kết quả phân tích được thể hiện trên hình 3 và 4.

Từ hình 3 có thể thấy, CTR hữu cơ là thành phần phổ biến nhất ở tất cả các bãi rác, chiếm khoảng 55-77% tổng lượng phế thải, tiếp đến là các loại phế thải dễ cháy như giấy, gỗ, nhựa, cao su chiếm khoảng 15-30%. Thành phần kim loại chỉ chiếm một lượng rất nhỏ 0,25-1,5% do hầu hết các chất thải tái chế được thu thập trước khi tập kết tại các khu vực chôn lấp này.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn thành phần CTR.

Thành phần thể hiện trong hình 4 cho thấy, CTR có khả năng phân hủy sinh học chiếm phần lớn nhất, tiếp theo là chất dễ cháy và không cháy. Như vậy, tỷ lệ CTR chứa năng lượng cao tại Hà Nội là trên 85% và tại TP Hồ Chí Minh là trên 94%, cho thấy việc ứng dụng công nghệ khí hóa vào tận thu năng lượng để xử lý CTR là rất khả thi.



Hình 4. Tỷ lệ CTR cháy và không cháy tại Việt Nam.

### Tính chất của CTR sinh hoạt tại Việt Nam

Khối lượng riêng của CTR có thể xác định từ thành phần CTR, khối lượng riêng, hàm ẩm đặc trưng trong các thành phần (khối lượng riêng trung bình của CTR bằng tổng của tích số giữa phần trăm khối lượng thành phần nhân với tỷ trọng đặc trưng của từng thành phần [4, 5]). Kết quả phân tích trong bảng 1 cho thấy, tỷ trọng khối và khối lượng riêng của CTR đô thị Việt Nam khá lớn do chứa lượng CTR hữu cơ lớn, nên việc khí hóa các thành phần dễ cháy để tận thu năng lượng sẽ làm giảm đáng kể không gian cho bãi chôn lấp.

Bảng 1. Khối lượng riêng và tỷ trọng khối của CTR.

| Bãi rác                               | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> ) | 419,1            | 428,8             | 410,6                 | 429,3               | 456,3             | 442,0               | 419,3             | 408,7               | 452,6                  |
| Tỷ trọng khối (kg/m <sup>3</sup> )    | 193,2            | 246,0             | 199,1                 | 211,3               | 240,2             | 238,4               | 202,5             | 197,4               | 267,7                  |

Độ ẩm của CTR là thông số hữu ích để tính toán hàm lượng năng lượng trong chất thải, kích cỡ bãi chôn lấp và các yêu cầu liên quan tới quá trình thu gom, vận chuyển chất thải. Độ ẩm được thể hiện dưới dạng phần trăm khối lượng ướt hoặc phần trăm khối lượng vật liệu khô. Độ ẩm của CTR đại diện cho thành phần không cháy được của CTR và là thành phần không mong muốn trong CTR, nó làm tăng khối lượng nhiên liệu mà không làm tăng nhiệt trị của nhiên liệu [4, 5]. Độ ẩm trung bình tại một số bãi rác lớn ở nước ta được thể hiện trong bảng 2, có giá trị từ 42-56% do sự có mặt của chất thải hữu cơ và chất dẻo hoặc bao bì ẩm bên trong.

Bảng 2. Độ ẩm của CTR tại các bãi rác lớn.

| Bãi rác   | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|-----------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| Độ ẩm (%) | 43,66            | 46,58             | 43,14                 | 45,13               | 56,11             | 50,88               | 49,74             | 47,76               | 42,61                  |

Từ thành phần nguyên tố đặc trưng, kết hợp với tỷ lệ khô của từng loại CTR [4, 5], ta tính được tỷ lệ các nguyên tố trong CTR (bảng 3). Từ hàm lượng cacbon và nitơ có thể xác định được hiệu suất của quá trình ủ kỵ khí. Trong đó nguồn cacbon là nguồn năng lượng cung cấp cho vi sinh vật và nitơ làm tăng sự phát triển của vi sinh vật. Tỷ lệ C/N (Cacbon/nitơ) tối ưu cho quá trình xử lý kỵ khí CTR hữu cơ là từ 20-30. Nếu tỷ lệ C/N cao thì quá trình tiêu thụ nitơ của vi khuẩn sinh methane làm giảm khả năng sinh khí. Tỷ lệ C/N thấp gây ra sự tích tụ ammoniac, dẫn đến tăng pH, khi giá trị pH vượt quá 8,5 sẽ làm ngộ độc vi khuẩn, sinh khí metan. Ngoài ra, tỷ lệ C/N vượt ra ngoài giới hạn từ 8-30 sẽ sinh ra nhiều khí CO<sub>2</sub>. Tỷ lệ C/N tại các bãi rác lớn trong cả nước nhìn chung đều >30, khi tiến hành chôn lấp sẽ phát thải nhiều khí CO<sub>2</sub> hơn so với việc sử dụng các công nghệ khác [8].

Bảng 3. Tỷ lệ C/N tại các bãi rác lớn trong cả nước.

| Nguyên tố | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|-----------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| C         | 31,2             | 28,2              | 31,8                  | 31,4                | 31,8              | 30,5                | 32,8              | 33,0                | 27,8                   |
| H         | 7,3              | 7,1               | 7,3                   | 7,4                 | 8,1               | 7,6                 | 7,9               | 7,8                 | 6,8                    |
| O         | 45,0             | 46,1              | 44,8                  | 45,7                | 51,6              | 48,9                | 51,1              | 48,9                | 39,9                   |
| N         | 0,9              | 0,8               | 1,0                   | 1,1                 | 0,9               | 0,8                 | 0,9               | 0,9                 | 0,8                    |
| S         | 0,1              | 0,1               | 0,1                   | 0,1                 | 0,2               | 0,2                 | 0,1               | 0,1                 | 0,2                    |
| Tro       | 15,5             | 17,7              | 15,0                  | 14,3                | 7,5               | 12,0                | 7,2               | 9,4                 | 24,5                   |
| Tỷ lệ C/N | 33,5             | 36,0              | 32,4                  | 28,2                | 36,4              | 38,3                | 36,9              | 38,7                | 34,6                   |

Nhiệt trị của CTR là thông số quan trọng nhất thể hiện khả năng thu hồi nhiệt của chất thải. Chất thải có nhiệt lượng thấp hơn 800 kcal/kg (3349,4 kJ/kg) thì cần phải bổ sung thêm nhiên liệu để đốt cháy. Năng lượng của phế thải phụ thuộc vào thành phần hỗn hợp và độ ẩm. Do đó, CTR có nhiệt trị cao và độ ẩm thấp có khả năng thu hồi nhiệt cao. Nếu CTR có nhiệt trị từ 11-17 MJ/kg thì được sử dụng làm nhiên liệu tái tạo gọi là RDF (refuse derived fuel). Giá trị nhiệt trị của CTR trong nghiên cứu này được tính toán và thể hiện trong bảng 4 cho thấy, giá trị nhiệt trị từ 13,9-15,8 MJ/kg tính theo khối lượng khô và từ 2,5-5,2 MJ/kg tính theo khối lượng ướt [4, 5, 12].

Bảng 4. Nhiệt trị của CTR trên cơ sở khối lượng ướt.

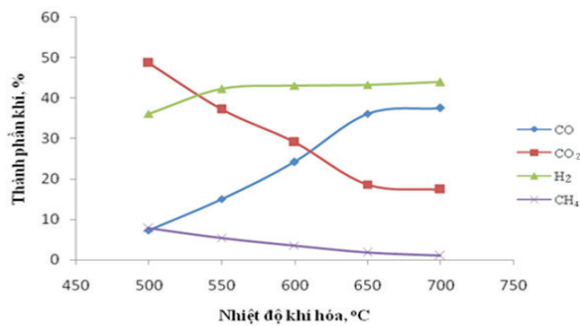
| Nhiệt trị               | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|-------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| HHV (kJ/kg) (dry basic) | 15,248           | 13,888            | 15,552                | 15,176              | 14,088            | 14,177              | 14,216            | 14,880              | 15,822                 |
| LHV (kJ/kg) (dry basic) | 12,294           | 10,860            | 12,610                | 12,182              | 10,810            | 11,035              | 11,142            | 11,837              | 12,815                 |
| HHV (MJ/kg) (wet basic) | 6,451            | 5,263             | 6,706                 | 6,178               | 3,968             | 4,780               | 4,988             | 5,618               | 6,902                  |
| LHV (kJ/kg) (wet basic) | 4,787            | 3,645             | 5,034                 | 4,535               | 2,529             | 3,236               | 3,443             | 4,028               | 5,176                  |

LHV : Nhiệt trị thấp; HHV: Nhiệt trị cao.



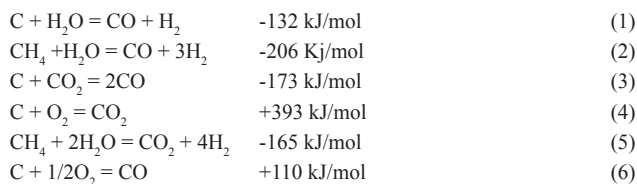
### Các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng sinh khí

**Ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa tới khả năng sinh khí:** Nhiệt độ khí hóa là thông số quan trọng nhất đối với khả năng sinh khí tổng hợp từ quá trình khí hoá CTR, ảnh hưởng đến sự cân bằng của các phản ứng hóa học. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ khí hóa được khảo sát từ 500 đến 700°C. Tỷ lệ đương lượng không khí là 0,4. Thành phần sản phẩm khí theo nhiệt độ được thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Đồ thị ảnh hưởng nhiệt độ khí hóa đến thành phần khí.

Các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa:

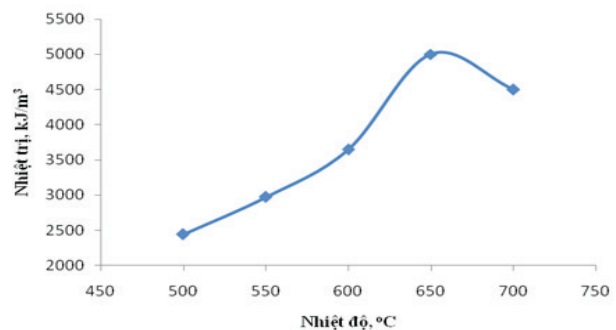


Nồng độ khí H<sub>2</sub> sinh ra trong khoảng từ 35-44%, tăng nhẹ khi nhiệt độ khí hóa từ 500 đến 550°C, và tăng rất ít trong khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C, nồng độ CH<sub>4</sub> giảm khi tăng nhiệt độ. Nồng độ CO tăng lên đáng kể khi nhiệt độ khí hóa tăng, trong khi nồng độ CO<sub>2</sub> giảm. Những thay đổi này là do sự chuyển dịch cân bằng hóa học của các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa: Nhiệt độ cao sẽ ưu tiên tạo thành các sản phẩm trong các phản ứng tỏa nhiệt và phân hủy các chất phản ứng trong các phản ứng thu nhiệt. Khí tổng hợp sinh ra là kết quả của một loạt các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa (phản ứng (1) đến (6)) [13, 14]. Do đó, mối quan hệ giữa nhiệt độ và hàm lượng khí trong hỗn hợp khí hóa có thể được giải thích như sau: Khi tăng nhiệt độ, hàm lượng CH<sub>4</sub> giảm do các phản ứng thu nhiệt (2) và (5) ưu tiên làm giảm hàm lượng chất phản ứng. Nồng độ H<sub>2</sub> sẽ tăng lên do các phản ứng thu nhiệt (2); (3); (5). Nồng độ CO sẽ tăng lên do các phản ứng thu nhiệt (2); (3) và (4) chiếm ưu thế hơn phản ứng tỏa nhiệt (6). Mặc dù phản ứng thu nhiệt (5) giải phóng CO<sub>2</sub>, nhưng nồng độ CO<sub>2</sub> lại giảm xuống khi nhiệt độ tăng lên. Điều này là do phản ứng thu nhiệt (3) chiếm ưu thế hơn, phản ứng chuyển dịch về phía bên phải khi tăng nhiệt độ phản ứng cho nên nồng độ CO tăng và nồng độ CO<sub>2</sub> giảm.

**Ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa tới nhiệt trị của hỗn hợp khí:** Nhiệt trị của hỗn hợp khí có thể được xác định thông qua thành phần khí theo công thức sau [4, 13, 14]:

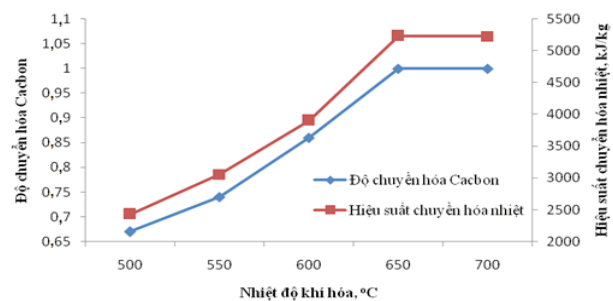
$$\text{LHV} = (119950,4 \times n_{\text{H}_2} + 10103,9 \times n_{\text{CO}} + 50009,3 \times n_{\text{CH}_4}) \times V \text{ (kJ/Nm}^3\text{)}$$

Trong đó,  $n_{\text{H}_2}$ ,  $n_{\text{CO}}$ ,  $n_{\text{CH}_4}$  là số mol của các loại khí trong khí tổng hợp, V là thể tích khí tổng hợp (m<sup>3</sup>). Ta có thể thấy, nhiệt trị LHV phụ thuộc vào nồng độ khí có khả năng cháy. Nhiệt trị của hỗn hợp khí tăng theo nhiệt độ từ 500-650°C (đạt giá trị cực đại khoảng 5000 kJ/m<sup>3</sup>) và sau đó gần như không đổi từ 650-700°C (hình 6).



Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng nhiệt độ khí hóa tới nhiệt trị hỗn hợp khí.

**Ảnh hưởng nhiệt độ tới hiệu suất chuyển hóa nhiệt và chuyển hóa cacbon:** Độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của CTR có xu hướng biến thiên gần giống nhau khi thay đổi điều kiện nhiệt độ khí hóa [4, 13, 14]. Đồ thị hình 7 cho thấy, có sự gia tăng rõ rệt trong hiệu suất chuyển hóa nhiệt của hỗn hợp khí tổng hợp, từ 2431 đến 5234 kJ/kg CTR tại nhiệt độ trong khoảng từ 500 đến 650°C. Hiệu suất chuyển hóa nhiệt cực đại là 5234 kJ/kg tại nhiệt độ 650°C, và sau đó hầu như không đổi. Khi tăng nhiệt độ, càng nhiều carbon trong CTR tham gia phản ứng, làm tăng lượng carbon chuyển vào trong khí tổng hợp. Tại nhiệt độ 650°C không còn cacbon trong CTR chuyển hóa vào khí, nên hiệu suất chuyển hóa gần như không đổi tại nhiệt độ 650-700°C. Có thể thấy rằng nhiệt độ phù hợp cho quá trình khí hóa với đương lượng không khí là 0,4 là 650°C.

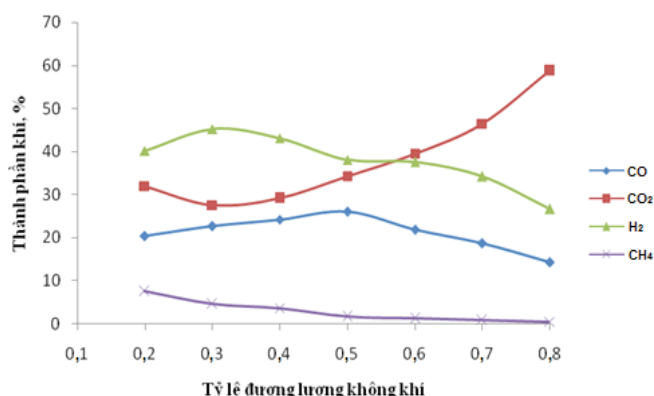


Hình 7. Ảnh hưởng nhiệt độ tới hiệu suất chuyển hóa nhiệt và độ chuyển hóa cacbon.

**Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến khả năng sinh khí:** Tỷ lệ đương lượng không khí là tỷ số giữa lượng không khí đưa vào với lượng không khí cần thiết để đốt cháy hoàn toàn [4, 9, 11, 14]. Có thể xác định được 3 điều kiện khác nhau: Đốt cháy hoàn toàn tạo thành CO<sub>2</sub>, khí hóa



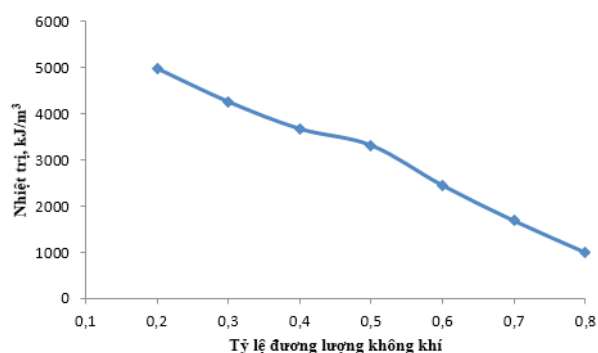
hoàn toàn tạo thành CO và đốt cháy một phần tạo ra  $\text{CO}_2$  và CO. Trong nghiên cứu này, tỷ lệ đương lượng không khí dao động từ 0,2 đến 0,8, nhiệt độ khí hóa 600°C.



Hình 8. Đồ thị ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến thành phần khí.

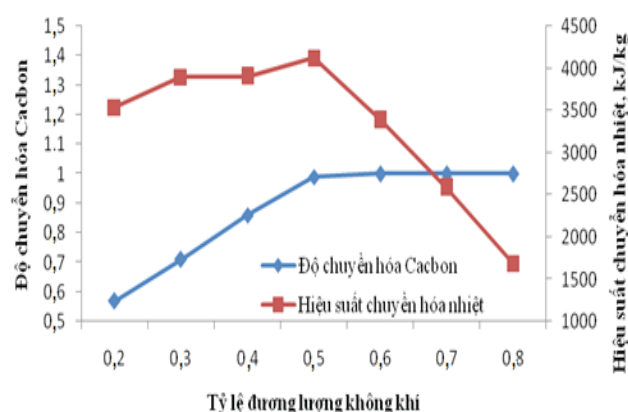
Đồ thị hình 8 cho thấy, khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí thì hàm lượng khí  $\text{H}_2$  giảm xuống. Hàm lượng  $\text{CO}_2$  và CO tăng nhẹ khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng từ 0,2 đến 0,5 và sau đó hàm lượng CO giảm trong khi hàm lượng  $\text{CO}_2$  lại tăng lên. Hàm lượng CO đạt cực đại là 26% với tỷ lệ đương lượng là 0,5. Điều này có thể giải thích bởi phản ứng (4) và phản ứng (6) của cacbon với oxy: Hàm lượng  $\text{CO}_2$  và CO tăng khi tỷ lệ đương lượng còn thấp, khi tỷ lệ đương lượng đủ cao phản ứng (4) sẽ chiếm ưu thế hơn phản ứng (6) (vì khi tỷ lệ đương lượng cao sẽ có nhiều oxy trong lò phản ứng, có lợi cho phản ứng oxy hóa), điều này sẽ làm giảm hàm lượng CO, tăng hàm lượng  $\text{CO}_2$ . Nồng độ  $\text{CH}_4$  cũng giảm thấp dần khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí.

**Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến nhiệt trị hỗn hợp khí:** Theo đồ thị hình 9, nhiệt trị LHV giảm đáng kể khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí. LHV lớn nhất là 4974 kJ/Nm<sup>3</sup> với tỷ lệ đương lượng không khí là 0,2. Nhiệt trị LHV của hỗn hợp khí tổng hợp sẽ giảm khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí, điều này có thể giải thích bằng phản ứng oxy hóa (4) và (6) làm giảm nồng độ khí cháy, đặc biệt là sự gia tăng nồng độ  $\text{N}_2$  trong không khí đưa vào sẽ càng làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí.



Hình 9. Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến nhiệt trị hỗn hợp khí.

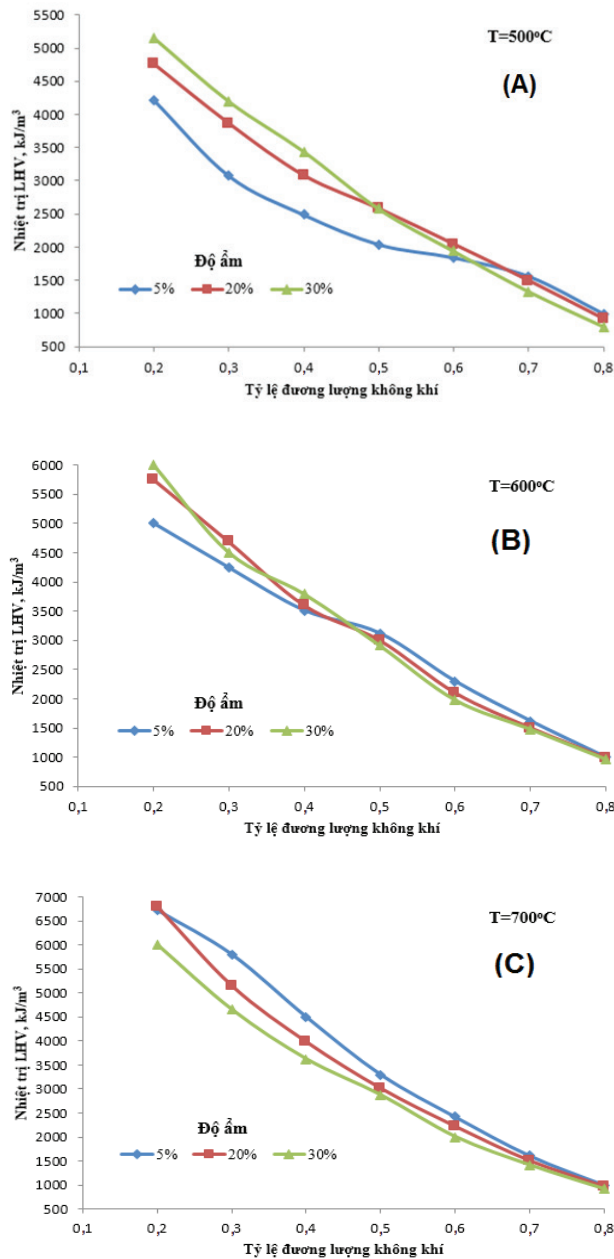
**Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt và cacbon:** Theo đồ thị hình 10, hiệu suất chuyển hóa nhiệt của CTR tăng lên khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng, đạt hiệu suất chuyển hóa nhiệt lớn nhất là 4124 kJ/kg tại tỷ lệ đương lượng không khí khoảng 0,5 và nhiệt độ 600°C, sau đó có xu hướng giảm khi tiếp tục tăng tỷ lệ đương lượng không khí. Điều này là do khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng, phản ứng tỏa nhiệt (4) và (6) được ưu tiên hơn, sẽ cung cấp thêm nhiệt cho vùng phân hủy và khí hóa. Tuy nhiên, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp sẽ thấp hơn do phản ứng oxy hóa (phản ứng 4) sinh ra  $\text{CO}_2$  nhiều làm giảm nồng độ khí cháy.



Hình 10. Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt và cacbon.

**Ảnh hưởng của hàm ẩm đến khả năng sinh khí:** Độ ẩm của CTR sinh hoạt tại Việt Nam rất cao (khoảng 43-56%) [4, 5], do đó cần phải nghiên cứu ảnh hưởng của độ ẩm CTR đến nồng độ khí tổng hợp từ quá trình khí hóa CTR. Độ ẩm thay đổi bằng cách thay đổi hàm lượng khô. Tỷ lệ đương lượng không khí thay đổi từ 0,2-0,8 ở nhiệt độ khí hóa lần lượt là 500, 600 và 700°C. Độ ẩm của CTR đưa vào thiết bị khí hóa lần lượt là 5%, 20% và 30%.

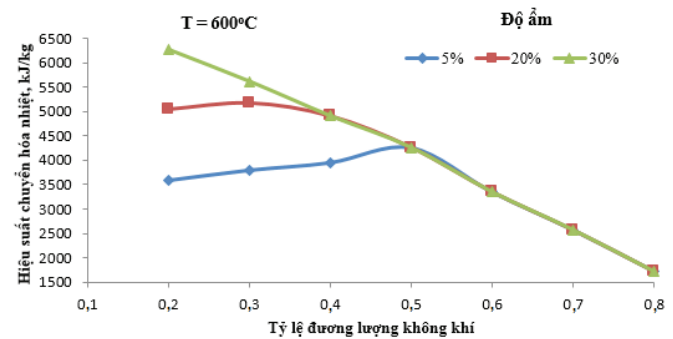
Theo đồ thị hình 11a, độ ẩm cao dẫn đến nhiệt trị LHV của khí tổng hợp cao hơn tại tỷ lệ đương lượng không khí thấp (dưới 0,5) với nhiệt độ khí hóa là 500°C. Điều này có thể giải thích bằng phản ứng (1) và (2); khi tăng lượng  $\text{H}_2\text{O}$  sẽ thúc đẩy phản ứng theo chiều thuận. Kết quả làm tăng CO và  $\text{H}_2$  và cải thiện LHV của khí tổng hợp. Khi tỷ lệ này tiếp tục tăng, tác động của độ ẩm theo hướng ngược lại, tức là độ ẩm cao hơn, dẫn đến LHV giảm. Điều này chủ yếu là do sự gia tăng hơi nước làm pha loãng hỗn hợp khí tổng hợp và sự gia tăng  $\text{CO}_2$  (phản ứng (4) và (5)). Xu hướng tương tự ở hình 11b và hình 11c, nhiệt độ khí hóa càng cao thì ảnh hưởng của độ ẩm tới cải thiện khí tổng hợp càng thấp.



Hình 11. Đồ thị ảnh hưởng độ ẩm đến nhiệt trị hỗn hợp khí tại: 500°C (A), 600°C (B) và 700°C (C).

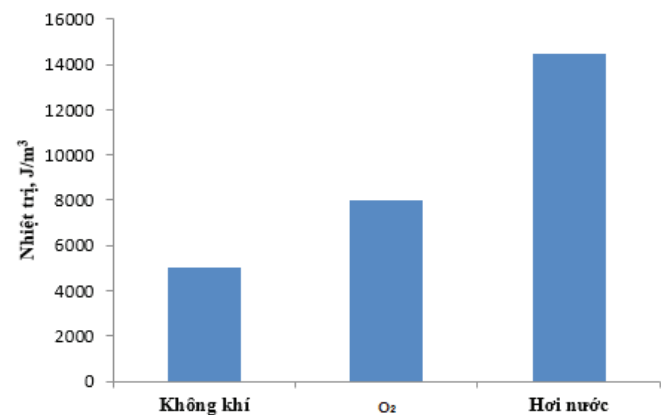
Trên đồ thị hình 12, khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng lên 0,5, nhiệt độ 600°C, hiệu suất chuyển hóa nhiệt gần như tương tự nhau ở các độ ẩm khác nhau. Khi nhiệt độ khí hóa tăng lên 700°C, nhiệt trị LHV của khí tổng hợp tại độ ẩm 30% thấp hơn so với độ ẩm 5%. Nhiệt trị lớn nhất là 6800 kJ/Nm<sup>3</sup> tại độ ẩm 20% (700°C, 0,2). Độ ẩm cao thì cần nhiều nhiệt hơn để bốc hơi, do đó độ ẩm thấp hơn thì thuận lợi hơn. Điều kiện nhiệt độ cao và tỷ lệ đương lượng không khí thấp sẽ làm tăng nhiệt trị LHV của khí tổng hợp tại độ ẩm nhất định. Tuy nhiên, sự gia tăng độ ẩm sẽ làm LHV cao ở nhiệt độ thấp (dưới 700°C). Mặt khác, nó làm tăng nhu cầu

nhiệt của quá trình khí hóa do sự bốc hơi nước.



Hình 12. Đồ thị ảnh hưởng độ ẩm đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt.

*Ảnh hưởng của tác nhân khí hóa đến khả năng sinh khí:*  
Tác nhân khí hóa có tác động đáng kể đến hiệu quả của hệ thống khí hóa và thành phần khí tổng hợp. Trong công nghệ khí hóa thường sử dụng một trong các tác nhân khí hóa là: Không khí, oxy, hơi nước và CO<sub>2</sub> có thể thúc đẩy quá trình khí hóa [11, 15].



Hình 13. Nhiệt trị của hỗn hợp khí khi thay đổi tác nhân khí hóa.

Khi sử dụng không khí làm tác nhân khí hóa, do tỷ lệ nitơ trong không khí cao nên tỷ lệ khí N<sub>2</sub> trong hỗn hợp khí tổng hợp khá cao, chiếm khoảng 32% khối lượng hỗn hợp khí khô, làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp nên nhiệt trị hỗn hợp khí thấp (5 MJ/Nm<sup>3</sup>). Trong trường hợp sử dụng tác nhân khí hóa là oxy được làm giàu (O<sub>2</sub> chiếm khoảng 80%), tỷ lệ khí N<sub>2</sub> trong hỗn hợp khí tổng hợp giảm xuống còn khoảng 20%, làm nhiệt trị của hỗn hợp khí tăng lên 8 MJ/Nm<sup>3</sup>. Tuy nhiên, việc tách và làm giàu khí O<sub>2</sub> trong không khí đòi hỏi nhu cầu năng lượng cao, tăng chi phí. Tác nhân khí hóa là hơi nước sẽ thu được hỗn hợp nhiệt trị cao nhất khoảng 14,5 MJ/Nm<sup>3</sup>, điều này là do sự gia tăng đáng kể hàm lượng khí cháy H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> (hình 13).

## Kết luận

Nghiên cứu đã đưa ra các phương pháp xác định, tính toán đặc tính đặc trưng cho CTR sinh hoạt. Từ đó, tính toán được các thông số cơ bản của CTR tại các bãi rác lớn ở Việt Nam. Các tác giả cũng đã khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa, tỷ lệ đương lượng không khí, hàm ẩm đến thành phần khí tổng hợp, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp, độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của khí tổng hợp. Kết quả nghiên cứu có thể tóm tắt như sau:

- Nhiệt độ cao sẽ làm tăng nhiệt trị của hỗn hợp khí, cũng như hiệu suất chuyển hóa nhiệt và độ chuyển hóa cacbon. Nhiệt độ khí hóa phù hợp trong hệ thống khí hóa là 650°C với tỷ lệ đương lượng không khí là 0,4.

- Tỷ lệ đương lượng không khí cao làm tăng độ chuyển hóa cacbon, nhưng lại làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp. Hiệu suất chuyển hóa nhiệt tăng lên và đạt cực đại, sau đó giảm xuống khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng. Tỷ lệ đương lượng không khí phù hợp cho phản ứng khí hóa CTR là 0,5 với nhiệt độ 600°C.

- Độ ẩm cao không cải thiện quá trình khí hóa, cũng như không làm tăng nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp từ quá trình khí hóa CTR.

- Tác nhân khí hóa làm thay đổi thành phần hỗn hợp khí cháy, dẫn đến làm thay đổi nhiệt trị hỗn hợp khí. Trong công nghệ khí hóa, tác nhân khí hóa là hơi nước sẽ thu được hỗn hợp khí hóa có nhiệt trị cao nhất do làm tăng nồng độ khí cháy  $H_2$  và giảm được nồng độ khí trơ  $N_2$  trong hỗn hợp khí.

Kết quả nghiên cứu có thể đưa ra hướng dẫn tính toán khí hóa CTR đô thị để có thể thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao nhất, tăng hiệu quả quá trình xử lý CTR và tận thu năng lượng làm nhiên liệu thay thế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2011-2015*, tr.49-63.
- [2] Nguyễn Văn Lâm (2015), “Tình hình quản lý CTR tại Việt Nam, đề xuất các giải pháp tăng cường hiệu quả công tác quản lý CTR”, *Hội nghị môi trường toàn quốc lần thứ IV*, Bộ tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
- [3] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011), *Báo cáo môi trường*

quốc gia 2011 - CTR.

- [4] John Pichtel (2014), “Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial”, *CRC Press*, **2**, pp.63-100.
- [5] Clifford Jones (2010), “Thermal Processing of waste”, *Professor N.N. Greenwood FRS*, **1**, pp.68-75.
- [6] Alexander Klein (2002), *Gasification: An Alternative Process for Energy Recovery and Disposal of Municipal Solid Wastes*, Columbia University.
- [7] Umberto Arena (2012), “Process and technological aspects of municipal solid waste gasification”, *A review Waste Management*, **32(4)**, pp.625-639.
- [8] S. Verma (2002), *Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes*, Columbia University.
- [9] Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, Thomas Gross (2017), *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- [10] Stantec Consulting (2014), *Technical Review of Municipal Solid Waste Thermal Treatment Practices*, <http://www.env.gov.bc.ca/epd/mun-waste/reports/pdf/bcmoe-wte-emissions-rev-mar2011.pdf>.
- [11] J.A. Ruiz, M.C. Juarez, M.P. Morales, P. Munoz, M.A. Mendivil (2013), “Biomass Gasification for Electricity Generation: Review of Current”, *Technology Barriers Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **18**, pp.174-183.
- [12] Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, Thomas Gross (2017), *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- [13] Luis Puigjaner (2011), “Syngas from Waste”, *Green Energy and Technology*, Springer-Verlag London Limited.
- [14] V. Skoulou, A. Zabaniotou, G. Stavropoulos, G. Sakelaropoulos (2008), “Syngas production from olive tree cuttings and olive kernels in a downdraft fixed bed gasifier”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **33(4)**, pp.1185-1194.
- [15] P. Quaak (1999), *Energy from biomass a review of combustion and gasification technologies*, World Bank.

# Ứng dụng ảnh viễn thám kết hợp mô hình thủy văn trong nghiên cứu dòng chảy lũ lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi

Nguyễn Thị Thu Huyền\*

*Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam*

Ngày nhận bài 9/10/2017; ngày chuyển phản biện 13/10/2017; ngày nhận phản biện 27/11/2017; ngày chấp nhận đăng 11/12/2017

## **Tóm tắt:**

Ứng dụng ảnh viễn thám kết hợp mô hình thủy văn trong nghiên cứu dòng chảy lũ lưu vực sông Vệ trong bài báo này được tập trung vào 2 điểm: (1) Sử dụng ảnh viễn thám để phân tích, đánh giá sự thay đổi thảm phủ trên lưu vực sông Vệ; (2) Nghiên cứu điều chỉnh các thông số của mô hình thủy văn cho lưu vực sông Vệ dựa vào dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy, ảnh viễn thám phản ánh khách quan những biến động của các đối tượng trên bề mặt lưu vực và cho phép cập nhật kịp thời những biến động này để cung cấp cơ sở khoa học cho việc xác định các thông số của mô hình thủy văn phù hợp cho lưu vực. Đây là hướng nghiên cứu tốt cần tiếp tục phát triển để hoàn thiện công nghệ và nâng cao độ chính xác cho mô hình thủy văn.

**Từ khóa:** Ảnh viễn thám, lưu vực sông Vệ, mô hình thủy văn, mưa - dòng chảy.

**Chỉ số phân loại:** 2.1

## **Đặt vấn đề**

Những năm gần đây, công nghệ viễn thám và GIS được chú trọng ứng dụng trong công tác quản lý thiên tai ở Việt Nam nói chung và công tác phòng chống lụt bão nói riêng. Ảnh viễn thám với nhiều ưu điểm như giàu thông tin, chu kỳ thu nhận thông tin ngắn, xử lý thông tin trên diện rộng và thông tin có tính khách quan cao. Kết quả phân tích từ ảnh vệ tinh cho các thông tin tức thời về các đối tượng trên bề mặt đất tại thời điểm chụp ảnh. Do vậy, việc khai thác ứng dụng ảnh viễn thám đã trở thành một trong những hướng đi chủ đạo của ứng dụng và phát triển công nghệ viễn thám, nhằm phục vụ quản lý thiên tai nói chung, công tác phòng chống lụt bão nói riêng [1].

Các lưu vực sông của Việt Nam rất thiếu các số liệu quan trắc về lưu lượng dòng chảy, do đó trong các nghiên cứu về dòng chảy lũ trên lưu vực thường sử dụng mô hình thủy văn để tính toán lưu lượng lũ. Thông thường mô hình thủy văn được thiết lập cho lưu vực nghiên cứu với các dữ liệu đầu vào là dữ liệu về khí tượng, thủy văn. Mô hình được hiệu chỉnh thông qua việc dò tìm bộ thông số, sau đó bộ thông số này được kiểm định lại qua một số trận lũ ở những thời điểm khác nhau, nếu kết quả tính toán ở bước kiểm định đạt yêu cầu thì đó là bộ thông số mô hình phù hợp cho lưu vực. Bộ thông số này được sử dụng để tính toán cho những thời

gian lũ khác nhau trên lưu vực cũng như áp dụng cho lưu vực tương tự. Như vậy, cách tiếp cận này có hạn chế là khi tính toán dòng chảy lũ cho những thời điểm khác nhau (cách nhau một vài năm hay hàng chục năm) thì khi đó các điều kiện mặt đệm lưu vực đã thay đổi không giống nhau, dẫn đến kết quả tính toán sẽ không đảm bảo, cần điều chỉnh lại các thông số của mô hình. Vấn đề đặt ra là cần điều chỉnh các thông số đó theo hướng nào, tăng hay giảm thông số nào và căn cứ vào đâu để điều chỉnh lại các thông số cho phù hợp. Khi có dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám, sẽ thành lập được bản đồ hiện trạng lớp phủ theo thời gian, từ bản đồ này sẽ phân tích biến động thành phần lớp phủ theo thời gian. Kết quả biến động thảm phủ sẽ giúp vi chỉnh lại các thông số của mô hình thủy văn phù hợp với từng khoảng thời gian cụ thể.

Bài báo này được thực hiện nhằm nghiên cứu khai thác nguồn dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám để điều chỉnh và lựa chọn được bộ thông số mô hình thủy văn MIKE NAM phù hợp cho lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi. Nguồn dữ liệu này sẽ cung cấp những thông tin đầu vào và cơ sở khoa học rất quan trọng cho mô hình thủy văn tính toán dòng chảy lũ hình thành từ mưa trên lưu vực sông. Đó là cơ sở để hiệu chỉnh các thông số của mô hình, nhằm tìm được bộ thông số phù hợp cho lưu vực sông có tính biến động theo thời gian.

\*Email: [thuhuyen845@gmail.com](mailto:thuhuyen845@gmail.com)



# Application of satellite images in combination with the hydrological model for the study of flood flow in Ve river basin, Quang Ngai province

Thi Thu Huyen Nguyen\*

Key laboratory of river and coastal engineering, Vietnam Academy for water Resources

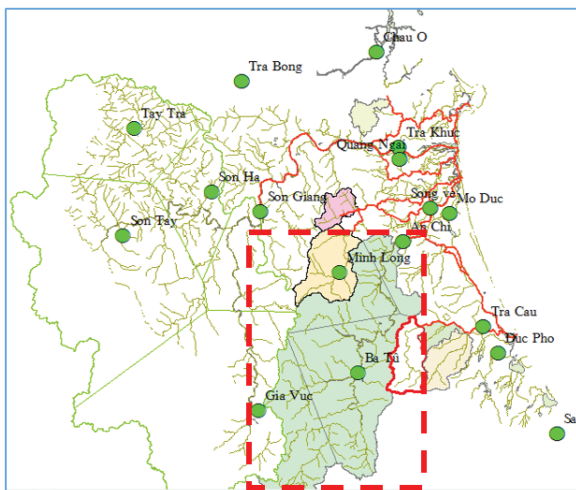
Received 9 October 2017; accepted 11 December 2017

## Abstract:

In this paper, the application of satellite images in combination with the hydrological model for the study of flood flow in Ve river basin focused on 2 aspects: 1) Using satellite images to analyze and assess the change of vegetation cover in Ve river basin; 2) Study on the adjustment of parameters of the hydrological model for Ve river basin based on processed data from satellite images. Initial research results showed that satellite images reflect objectively the variability of objects on the surface of the river basin and allow timely updates of these changes to provide a scientific basis for determining the parameters of the hydrological model suitable for the river basin. This good approach should be further developed to improve the technology and accuracy for the hydrological model.

**Keywords:** Hydrological model, rainfall-runoff, satellite image, Ve river basin.

**Classification number:** 2.1



Hình 1. Vị trí lưu vực sông Vệ và các trạm khí tượng tỉnh Quảng Ngãi.

## Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

**Phạm vi nghiên cứu:** Nghiên cứu dòng chảy lũ trên lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi, giới hạn không gian từ thượng nguồn về đến vị trí trạm khí tượng thủy văn An Chi với diện tích lưu vực không chế là 769 km<sup>2</sup>.

**Phương pháp nghiên cứu:** Ba phương pháp nghiên cứu chính được áp dụng: 1) Phương pháp tổng hợp phân tích để tổng hợp các dữ liệu cơ bản của lưu vực; 2) Phương pháp viễn thám và GIS để phân tích ảnh viễn thám xác định thông tin lớp phủ của lưu vực; 3) Phương pháp mô hình toán ứng dụng mô hình thủy văn MIKE NAM để tính toán dòng chảy lũ.

**Dữ liệu sử dụng:** Nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám, dữ liệu khí tượng thủy văn và địa hình trên lưu vực. Cụ thể:

- Sử dụng ảnh Landsat 5, năm 2008, 2010; ảnh Landsat 7, năm 2009; ảnh Landsat 8, năm 2016 chụp khu vực lưu vực sông Vệ và tỉnh Quảng Ngãi. Các ảnh thu thập được mặc dù có số lượng lớn nhưng nhiều ảnh bị mây che phủ một phần hoặc toàn bộ lưu vực, nên số lượng ảnh sử dụng được còn hạn chế. Điều này ảnh hưởng ít nhiều đến công tác giải đoán ảnh.

- Dữ liệu 43 điểm mẫu chìa khóa để giải đoán ảnh (đi thực địa lấy mẫu để tăng độ chính xác của công tác giải đoán ảnh).

- Dữ liệu khí tượng thủy văn: Số liệu mưa, bốc hơi tại các trạm Ba Tơ, Minh Long, An Chi, Giá Vực; số liệu lưu lượng tại trạm An Chi trong các trận lũ năm 2008, 2009, 2010 và 2016 (lựa chọn theo thời gian phân tích ảnh viễn thám).

- Dữ liệu địa hình lưu vực sông dạng DEM 30 x 30 m kết hợp mạng sông để phân chia lưu vực và xác định các đặc trưng của lưu vực sông.

## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Phân tích biến động lớp phủ trên lưu vực sông Vệ [2, 3]

Từ nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 5, 7 và 8, sử dụng phần mềm ENVI xử lý để xác định lớp phủ trên bề mặt lưu vực tại các thời điểm khác nhau. Các bước cơ bản để thực hiện việc phân tích xác định lớp phủ như sau:

- + Xây dựng ảnh tổ hợp màu và tăng cường chất lượng ảnh: Tạo ra ảnh tổ hợp màu có chất lượng tốt nhất để phục vụ việc chọn mẫu và giải đoán ảnh được chính xác.

- + Nắn chỉnh hình học: Loại bỏ các sai số hình học, đưa ảnh về đúng hệ tọa độ.

- + Cắt ảnh: Cắt ảnh đúng theo ranh giới lưu vực sông và

theo ranh giới hành chính.

+ Định nghĩa các lớp: Xác định rõ chỉ tiêu cho các lớp đối tượng cần phân loại.

+ Lựa chọn các đặc tính: Bao gồm đặc tính về phổ và đặc tính về cấu trúc, có ý nghĩa rất quan trọng để tách biệt các lớp đối tượng với nhau.

+ Chọn vùng mẫu: Lấy mẫu và giải đoán bằng mắt. Trong kỹ thuật giải đoán ảnh bằng mắt thì kết quả giải đoán phụ thuộc nhiều vào tri thức, kinh nghiệm của người lấy mẫu. Điều này ảnh hưởng đến kết quả tính toán phân loại.

+ Tính toán chỉ số thống kê mẫu: Xác định số pixel được lựa chọn trong vùng mẫu, số tổ hợp trong vùng mẫu.

+ Phân loại các đối tượng: Các chỉ tiêu phân loại được xây dựng dựa trên các vùng mẫu đã lựa chọn, sử dụng các tham số thống kê tính được từ các vùng mẫu.

+ Ghép các nhóm đối tượng: Gộp các lớp đã phân loại có cùng tính chất thành một nhóm.

+ Kiểm tra thực địa: Kiểm chứng lại kết quả phân loại, sử dụng các mẫu chìa khoá suy giải ảnh có sẵn để kiểm tra ngẫu nhiên trên ảnh.

+ Xuất kết quả phân loại từ phần mềm ENVI sang khuôn dạng ArcGIS để phân tích.

+ Tích hợp kết quả phân loại với ranh giới lưu vực bộ phận.

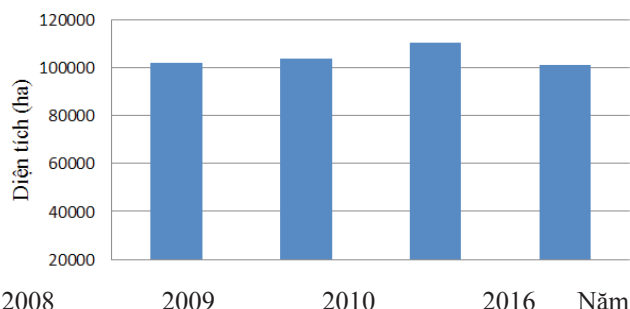
+ Tính tỷ lệ % các loại lớp phủ trên lưu vực tại các thời điểm chụp ảnh, từ đó xác định được biến động các loại lớp phủ theo các giai đoạn khác nhau.

Kết quả phân tích ảnh viễn thám Landsat 5, 7 và 8 theo các bước trên đã xác định được biến động lớp phủ các năm 2008, 2009, 2010, 2016 như trong bảng 1 và hình 2, 3.

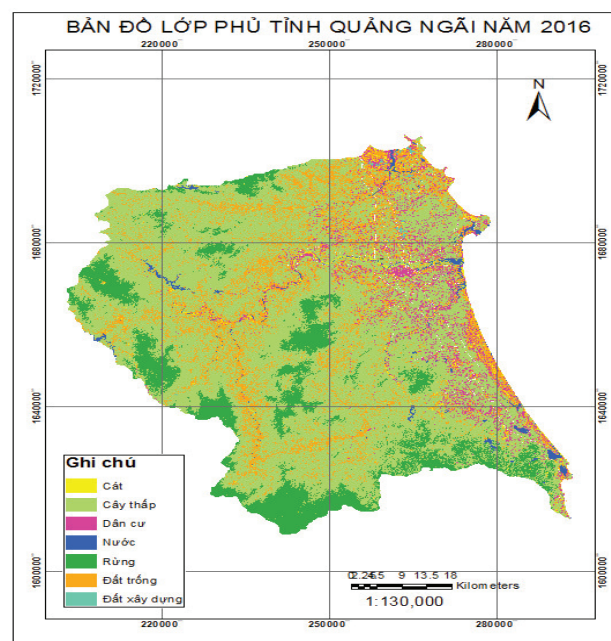
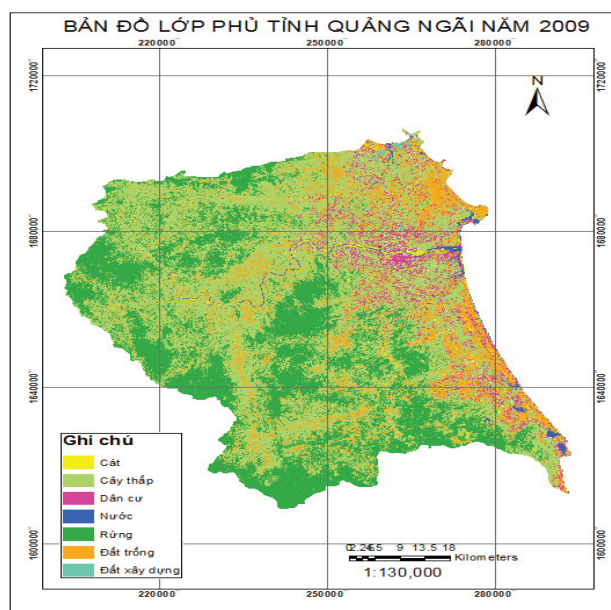
**Bảng 1. Biến động lớp phủ trên lưu vực.**

| Loại lớp phủ        | Diện tích thảm phủ theo các năm |             |             |             |
|---------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                     | Năm 2008                        | Năm 2009    | Năm 2010    | Năm 2016    |
| Cát                 | 106.898                         | 778.455     | 230.138     | 6.233.372   |
| Cây bụi             | 25.021,066                      | 55.250,871  | 75.179,561  | 51.392,584  |
| Đất trống           | 508.789                         | 13.557.955  | 817.154     | 58.392.584  |
| Đất xây dựng        | 16.943,235                      | 46.233      | 5.809.712   | 13.369.312  |
| Dân cư              | 50.029                          | 5.125.079   | 3.153.080   | 28.127.345  |
| Đường giao thông    | 185.579                         | 186.074     | 186.074     | 23.735.815  |
| Nước                | 845.945                         | 586.661     | 416.852     | 57.020.236  |
| Rừng                | 77.101,972                      | 48.298,438  | 34.881,187  | 48.617,324  |
| Tổng rừng + cây bụi | 102.123,038                     | 103.549,309 | 110.060,748 | 100.009,908 |

**Biến đổi thảm phủ trên lưu vực (giai đoạn 2008-2016)**



**Hình 2. Biến đổi lớp phủ trên lưu vực.**



**Hình 3. Thảm phủ trên lưu vực sông Vệ năm 2009 và 2016.**

Kết quả phân tích cho thấy, đã có sự biến đổi thảm phủ trên lưu vực sông Vệ rõ rệt từ năm 2008 đến 2016. Diện tích thảm phủ năm 2009 tăng so với năm 2008 khoảng 1.426 ha, năm 2010 tiếp tục tăng 6.511 ha so với năm 2009, nhưng đến 2016 thì diện tích thảm phủ giảm rõ rệt so với năm 2010, khoảng 10.050 ha. Dữ liệu này sẽ là cơ sở phân tích xác định thông số mô hình MIKE NAM trong quá trình hiệu chỉnh mô hình.

#### Kết hợp ảnh viễn thám và mô hình thủy văn MIKE NAM [4]

Phân tích độ nhạy của các thông số trong mô hình MIKE NAM:

Các thông số của mô hình: MIKE NAM có 9 thông số chính thay đổi theo đặc điểm lưu vực, 5 thông số khác ít thay đổi [5]. Các thông số chính của mô hình như bảng 2.

**Bảng 2. Tổng hợp các thông số chính của mô hình Mike NAM.**

| TT | Thông số | Đặc trưng                                          | Giá trị       |
|----|----------|----------------------------------------------------|---------------|
| 1  | Umax     | Hàm lượng nước tối đa trong dung lượng bề mặt      | 5-25 mm       |
| 2  | Lmax     | Hàm lượng nước tối đa trong dung lượng tầng rễ cây | 50-350 mm     |
| 3  | CQOF     | Hệ số dòng chảy tràn                               | 0,1-0,99      |
| 4  | CKIF     | Hệ số dòng chảy sát mặt                            | 50-1.000 giờ  |
| 5  | CK1,2    | Hằng số thời gian chảy truyền của dòng chảy mặt    | 3-72 giờ      |
| 6  | TOF      | Ngưỡng dưới của dòng chảy tràn                     | 0-0,9         |
| 7  | TIF      | Ngưỡng dưới của dòng chảy sát mặt                  | 0-0,9         |
| 8  | CKBF     | Hằng số thời gian chảy truyền của dòng chảy ngầm   | 500-5.000 giờ |
| 9  | TG       | Giá trị ngưỡng tầng rễ cây                         | 0-0,9         |

Chỉ tiêu đánh giá mô hình: Sử dụng chỉ số NASH và sai số cân bằng nước WBL.

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{tt}^i - Q_{tdb}^i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{tt}^i - Q_{tdb})^2}$$

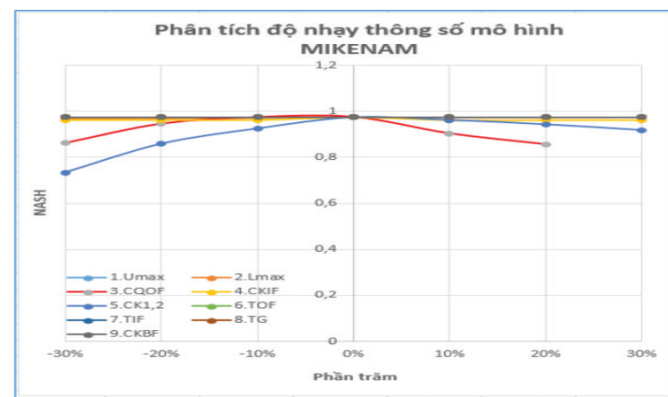
Trong đó:  $Q_{tt}^i$  là lưu lượng thực đo tại thời điểm  $i$ ;  $Q_{tdb}$  là lưu lượng thực đo trung bình;  $Q_{tt}^i$  là lưu lượng tính toán tại thời điểm  $i$ .

Phân tích độ nhạy thông số mô hình: Mỗi một thông số của mô hình MIKE NAM đều có những ảnh hưởng nhất định đến dòng chảy trên lưu vực. Nghiên cứu đã tính toán phân tích độ nhạy của các thông số mô hình đến kết quả tính toán dòng chảy lũ trên lưu vực thông qua việc đánh giá chỉ số NASH. Thực hiện việc đánh giá độ nhạy các thông số theo cách như sau: Hiệu chỉnh mô hình qua một trận lũ, sơ bộ xác định bộ thông số; thay đổi từng thông số (tăng/

giảm 10%, 20% và 30%), các thông số còn lại giữ nguyên; xem xét sự biến đổi hệ số NASH, WBL qua các trường hợp tính toán.

**Bảng 3. Hệ số NASH qua các trường hợp thay đổi thông số.**

| Thông số | 1.Umax | 2.Lmax | 3.CQOF | 4.CKIF | 5.CK1,2 | 6.TOF | 7.TIF | 8.TG  | 9.CKBF |
|----------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| -30%     | 0,973  | 0,966  | 0,862  | 0,961  | 0,734   | 0,964 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| -20%     | 0,973  | 0,969  | 0,945  | 0,961  | 0,859   | 0,969 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| -10%     | 0,974  | 0,972  | 0,974  | 0,961  | 0,925   | 0,973 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| 0%       | 0,975  | 0,975  | 0,975  | 0,975  | 0,974   | 0,975 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| +10%     | 0,974  | 0,974  | 0,904  | 0,960  | 0,962   | 0,975 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| +20%     | 0,974  | 0,974  | 0,857  | 0,960  | 0,943   | 0,970 | 0,975 | 0,974 | 0,975  |
| +30%     | 0,974  | 0,975  | 0,820  | 0,960  | 0,918   | 0,962 | 0,975 | 0,974 | 0,975  |



**Hình 4. Độ nhạy thông số mô hình MIKE NAM.**

Từ bảng kết quả bảng 3 và đồ thị hình 4 cho thấy, hệ số dòng chảy mặt CQOF và hằng số thời gian chảy truyền CK12 có sự biến thiên lớn nhất. Do vậy mà 2 thông số này có ảnh hưởng lớn nhất, làm thay đổi lớn đến dòng chảy tính toán. Khi hiệu chỉnh kiểm định mô hình sẽ quan tâm đến 2 thông số này khi điều kiện mặt đệm thay đổi.

Phân tích hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE NAM:

Lưu vực sông Vệ được mô phỏng trong mô hình thủy văn MIKE NAM giới hạn đến trạm thủy văn An Chỉ. Kết quả phân tích lớp phủ trong phần trên cho thấy, lưu vực sông Vệ chủ yếu là diện tích rừng và cây bụi. Do vậy khi xét ảnh hưởng của lớp thảm phủ đến dòng chảy lưu vực thông qua các thông số của mô hình MIKE NAM đề tài chỉ tập trung xem xét sự biến đổi của hai lớp này.

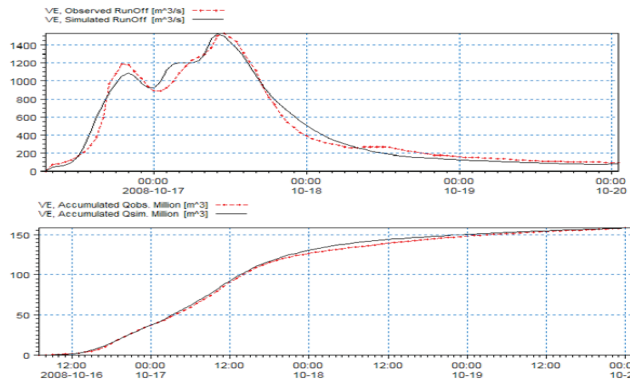
Lựa chọn chuỗi số liệu trận lũ từ 7 h (16/10/2008) ÷ 1 h (20/10/2008) làm số liệu hiệu chỉnh mô hình và lựa chọn các trận lũ 1 h (28/9/2009) ÷ 19 h (5/10/2009); trận lũ 1 h (13/11/2010) ÷ 13 h (19/11/2010) và trận lũ 1 h (11/12/2016) ÷ 19 h (31/12/2016) để kiểm định mô hình. Trong quá trình hiệu chỉnh kiểm định mô hình, nghiên cứu tập trung xem xét đến sự thay đổi của 2 thông số CQOF, CK12 trong điều kiện có dữ liệu về thảm phủ thực vật trên lưu vực.



Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE NAM được thể hiện ở bảng 4.

**Bảng 4. Thông số mô hình MIKE NAM hiệu chỉnh lưu vực sông Vệ.**

| Năm  | Thông số mô hình MIKE NAM |           |      |       |       |       |       |      |       | Chỉ số đánh giá |        |
|------|---------------------------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------|--------|
|      | $U_{max}$                 | $L_{max}$ | CQOF | CKIF  | CK1,2 | TOF   | TIF   | TG   | CKBF  | NASH            | WBL(%) |
| 2008 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,98            | 0,00   |



**Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh mô hình với trận lũ 16/10/2008-20/10/2008.**

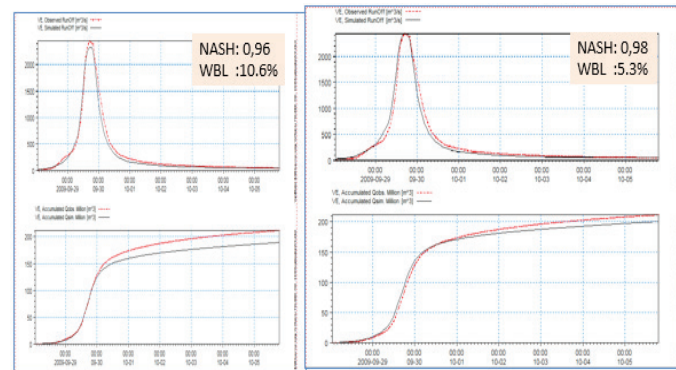
Kết quả hiệu chỉnh mô hình (bảng 4, hình 5) cho thấy, đường quá trình lũ thực đo và tính toán khá phù hợp về đỉnh và quá trình, chỉ tiêu NASH bằng 0,98 đánh giá kết quả hiệu chỉnh mô hình khá cao, sai số về cân bằng nước bằng 0. Bộ thông số của mô hình sẽ được sử dụng trong quá trình kiểm định tiếp theo. Trong quá trình kiểm định, nghiên cứu đã xem xét 2 trường hợp (không có dữ liệu thăm phủ và có dữ liệu thăm phủ) để thấy được ảnh hưởng của việc có dữ liệu thăm phủ.

Căn cứ vào kết quả phân tích sự biến động lớp thảm phủ (lớp rừng, cây bụi) được thể hiện ở bảng 1 và hình 2, thay đổi 2 thông số nhạy nhất của mô hình là CQOF và CK12 theo diện tích lớp phủ theo nguyên tắc: Diện tích thảm phủ tăng lên thì hệ số dòng chảy (CQOF) sẽ giảm đi, hằng số thời gian chảy truyền (CK12) tăng lên. Kết quả mô phỏng dòng chảy tính toán và thực đo được thể hiện ở bảng 5, hình 6 và hình 7.

**Bảng 5. Thông số mô hình MIKE NAM qua các trường hợp.**

| Năm  | Thông số mô hình MIKE NAM |           |      |       |       |       |       |      |       | Chỉ số đánh giá |        | Ghi chú                  |
|------|---------------------------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------|--------|--------------------------|
|      | $U_{max}$                 | $L_{max}$ | CQOF | CKIF  | CK1,2 | TOF   | TIF   | TG   | CKBF  | NASH            | WBL(%) |                          |
| 2008 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,98            | 0,00   | Hiệu chỉnh               |
| 2009 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,96            | 10,6   | Chưa có dữ liệu thăm phủ |
|      | 16,7                      | 180       | 0,8  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,98            | 5,30   | Có dữ liệu thăm phủ      |
| 2010 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,80            | 3,80   | Chưa có dữ liệu thăm phủ |
|      | 16,7                      | 180       | 0,78 | 413,7 | 17,9  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,82            | 0,00   | Có dữ liệu thăm phủ      |
| 2016 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,88            | 13,9   | Chưa có dữ liệu thăm phủ |
|      | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,95            | 0,10   | Có dữ liệu thăm phủ      |

Trận lũ 1h 28/9/2009 - 19h 5/10/2009

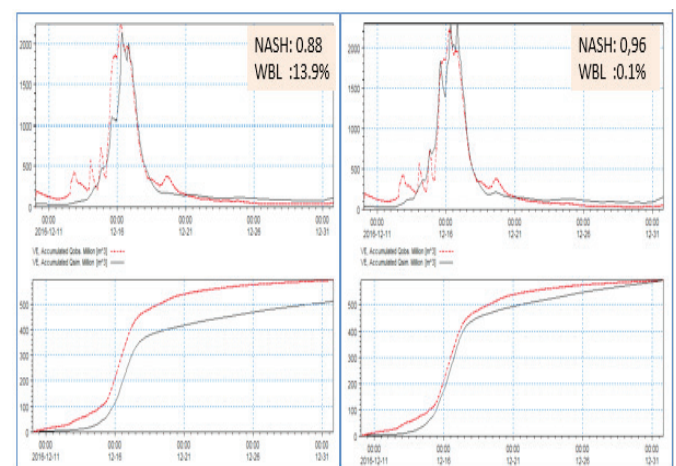


(1) Chưa có dữ liệu thăm phủ

(2) Có dữ liệu thăm phủ

**Hình 6. Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ lịch sử năm 2009.**

Trận lũ 1h 11/12/2016 - 19h 31/12/2016



(1) Chưa có dữ liệu thăm phủ

(2) Có dữ liệu thăm phủ

**Hình 7. Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ năm 2016.**

Kết quả tính toán (bảng 6) đã xác định được:

- Với trận lũ tháng 9/2009: Khi chưa có dữ liệu thăm phủ thực vật thì hệ số NASH là 0,96, sai số cân bằng nước WBL là 10,6%, hai hệ số này đã thay đổi khi quá trình kiểm định có sử dụng thông tin về ảnh viễn thám.

- Với trận lũ tháng 11/2010: Khi chưa có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,8, WBL = 3,8%; khi có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,82, WBL = 0%.

- Với trận lũ tháng 11/2016: Khi chưa có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,88, WBL = 13,9%; khi có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,95 và WBL = 0,1%.

Như vậy, với việc ứng dụng ảnh viễn thám phân tích xác định biến động lớp phủ để cung cấp thông tin cơ sở nhằm hiệu chỉnh các thông số của mô hình MIKE NAM đã tăng được độ chính xác các kết quả tính toán mô phỏng xác định dòng chảy lũ trên lưu vực sông Vệ.



**Bảng 6. So sánh sai số kiểm định mô hình MIKE NAM cho lưu vực sông Vệ.**

| TT | Trận lũ                   | Chưa sử dụng ảnh viễn thám |         | Có sử dụng ảnh viễn thám |         |
|----|---------------------------|----------------------------|---------|--------------------------|---------|
|    |                           | NASH                       | WBL (%) | NASH                     | WBL (%) |
| 1  | 28/9/2009 đến 5/10/2009   | 0,96                       | 10,6    | 0,98                     | 5,3     |
| 2  | 13/11/2010 đến 19/11/2010 | 0,80                       | 3,8     | 0,82                     | 0       |
| 3  | 11/12/2016 đến 31/12/2016 | 0,88                       | 13,9    | 0,95                     | 0,1     |

### Kết luận

Bước đầu đã ứng dụng được ảnh viễn thám trong việc phân tích xác định các thông số của mô hình thủy văn MIKE NAM cho lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi. Kết quả tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy, sử dụng nguồn dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám để cung cấp các thông tin về biến động lớp phủ trên bề mặt lưu vực làm căn cứ cho việc điều chỉnh và lựa chọn được bộ thông số tốt hơn cho mô hình MIKE NAM.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự biến đổi thảm phủ có mối liên hệ trực tiếp đến sự thay đổi của các thông số CQOF và CK12 trong mô hình MIKE NAM. Hệ số dòng chảy lưu vực tỷ lệ nghịch với diện tích thảm phủ, tức là khi diện tích thảm phủ tăng thì hệ số dòng chảy giảm (lượng sinh dòng chảy nhỏ) và ngược lại.

Tuy nhiên trong nghiên cứu này vẫn còn một số hạn chế như: Ảnh vệ tinh Landsat là ảnh quang học nên bị ảnh hưởng bởi mây, ảnh có độ phân giải chưa cao nên kết quả phân tích biến động còn bị ảnh hưởng nhất định. Mặt khác,

mô hình MIKE NAM là mô hình thông số tập trung nên chưa mô tả lưu vực chi tiết như các mô hình thủy văn thông số phân bố khác (như mô hình SWAT).

Phương pháp tiếp cận ứng dụng thông tin dữ liệu từ ảnh viễn thám để lựa chọn bộ thông số phù hợp cho mô hình thủy văn MIKE NAM và vi chỉnh theo điều kiện thảm phủ của lưu vực sông Vệ cần được tiếp tục nghiên cứu sâu hơn để áp dụng cho các lưu vực sông khác không chỉ trong phạm vi tỉnh Quảng Ngãi mà còn cho các lưu vực sông khác trên cả nước.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đinh Ngọc Đạt (2015), *Báo cáo ứng dụng địa không gian đánh giá nhanh về mưa lũ*, Viện Công nghệ Vũ trụ.
- [2] Nguyễn Huy Anh, Đinh Thanh Kiên (2012), *Ứng dụng viễn thám và GIS thành lập bản đồ lớp phủ mặt đất khu vực Chân Mây, huyện Phú Lộc, tỉnh Thừa Thiên - Huế*, Kỷ yếu Hội thảo GIS toàn quốc, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- [3] Nguyễn Quang Tuấn và cs (2009), “Ứng dụng GIS và viễn thám thành lập bản đồ hiện trạng thảm thực vật năm 2008 tỷ lệ 1:50.000 huyện Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, 5, tr.159-172.
- [4] Nguyễn Thanh Hùng (2017), *Báo cáo kết quả đề tài Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS và viễn thám để theo dõi, đánh giá, hoàn thiện và nâng cao độ chính xác của công tác dự báo ngập lụt phục vụ công tác quản lý phòng chống lũ lụt vùng hạ du các sông*, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam.
- [5] Phạm Văn Chiến và cs (2013), *Báo cáo kết quả đề tài Nghiên cứu, hiệu chỉnh bản đồ nguy cơ ngập lụt, mức báo lũ theo các mức báo động lũ mới phục vụ phòng tránh, giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai tỉnh Quảng Ngãi*, Đài Khí tượng thủy văn khu vực Trung Trung Bộ.

# Giải pháp lưu giữ và khai thác nước trong một số thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên

Nguyễn Vũ Việt<sup>1</sup>, Nguyễn Huy Vương<sup>2\*</sup>, Trần Văn Quang<sup>2</sup>, Phạm Văn Minh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Thủy công, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam

Ngày nhận bài 21/11/2017; ngày chuyển phân biên 24/11/2017; ngày nhận phân biên 2/1/2018; ngày chấp nhận đăng 16/1/2018

## **Tóm tắt:**

Lưu giữ nước trong các thành tạo bờ rời là hình thức dùng các giải pháp công trình để giữ nước lại trong các lỗ rỗng của các thành tạo bờ rời. Tây Nguyên với nhiều đặc thù riêng, lượng nước mưa, nước mặt trong mùa mưa có trữ lượng rất lớn, thường chảy tràn và tiêu thoát gây nên lãng phí tài nguyên, trong khi mùa khô lại thiếu nước trầm trọng ở nhiều nơi, bên cạnh đó trên khu vực này các thành tạo bờ rời phân bố rộng rãi với chiều dày lớn. Trên cơ sở phân tích đặc điểm địa chất thủy văn của các thành tạo bờ rời và sự tồn tại của các thành tạo này trong không gian địa chất, bài báo giới thiệu giải pháp công trình lưu trữ và khai thác nước trong các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên.

**Từ khóa:** Địa chất thủy văn, khai thác, lưu trữ, Tây Nguyên, thành tạo bờ rời.

**Chỉ số phân loại:** 2.1

## **Đặt vấn đề**

Lưu giữ nước về mùa mưa để sử dụng vào mùa khô là giải pháp hữu hiệu nhằm chống lại hạn hán, nhất là trong điều kiện biến đổi khí hậu hiện nay. Đã có nhiều hình thức lưu giữ nước khác nhau như hồ chứa, bể chứa, hồ treo... được nghiên cứu và áp dụng tại khu vực Tây Nguyên. Tuy nhiên vẫn chưa giải quyết triệt để được vấn đề thiếu nước sinh hoạt và nước sản xuất trong mùa khô.

Với đặc điểm thủy văn, lượng mưa và nước mặt trong mùa mưa có trữ lượng rất lớn, thường chảy tràn và tiêu thoát gây nên lãng phí tài nguyên, trong khi mùa khô lại thiếu nước trầm trọng ở nhiều nơi. Mặt khác do ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên như khí hậu, địa chất mà các thành tạo bờ rời (edQ) cũng như các thành tạo bồi tích (aQ) có thành phần đa dạng, diện phân bố rộng, chiều dày lớn [1-3]. Tùy theo sự tồn tại của các thành tạo trong không gian cũng như đặc điểm địa chất thủy văn của các thành tạo đó mà có thể hình thành được các cấu trúc lưu giữ nước.

Lưu giữ nước trong các thành tạo bờ rời là hình thức dùng các giải pháp công trình để giữ nước lại trong các lỗ rỗng của các thành tạo bờ rời. Trên cơ sở phân tích đặc điểm địa chất thủy văn của các thành tạo bờ rời, bài báo giới thiệu giải pháp công trình lưu trữ và khai thác nước trong các thành tạo này ở khu vực Tây Nguyên.

## **Cơ sở khoa học của giải pháp**

***Đặc điểm chung của các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên***

Các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên được hình thành

chủ yếu do quá trình phong hóa tại chỗ và quá trình rửa trôi, bồi tích của chính các sản phẩm phong hóa đó. Trên cơ sở sự phân bố, phân loại các loại đá gốc có thể chia ra các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên thành các dạng sau:

- Thành tạo bờ rời trên đá phong hóa Bazan: Loại thành tạo này phủ lên khoảng 25-30% [3] diện tích bề mặt lãnh thổ Tây Nguyên, chủ yếu phân bố ở các khu vực Pleiku, bắc Buôn Ma Thuột, Buôn Hồ, Ea H'leo, Đắk Mil, Đức Trọng, Krông Pắc, Đắk Nông, Di Linh. Thành tạo này có chiều dày từ 10-50 m, lớn nhất là ở phần vòm cao nguyên Kon Hà Nừng, Đắk Nông (đạt 32,0-82,5 m).

- Thành tạo bờ rời trên đá magma xâm nhập: Trên địa bàn Tây Nguyên thành tạo này phân bố thành các dải như sau: Dải ở rìa phía đông, kéo liên tục từ Tu Mơ Rông xuống Krông Pa, Chư Yang Sin; dải ở phía tây Trường Sơn, từ Đắk Glei xuống Chư Prông, vòng qua Krông Pa theo hướng đông nam [2]. Thành tạo này có chiều dày thay đổi từ 10-40 m.

- Thành tạo bờ rời trên đá trầm tích lục nguyên: Thành tạo này phân bố chủ yếu ở phía nam, bao gồm tỉnh Đắk Lắk và Lâm Đồng [2]. Chiều dày của thành tạo này thường từ 5-10 m.

- Thành tạo bờ rời trên đá biến chất: Phân bố chủ yếu ở phía tây bắc, bắc và đông Tây Nguyên [2]. Thành tạo này phân bố dưới dạng địa hình núi cao, phân cắt mạnh. Chiều dày khoảng 10-20 m.

- Thành tạo bồi tích (aQ): Phân bố dọc các thung lũng sông suối, rải rác ở nhiều nơi [2]. Đất đá chứa nước chủ yếu là cát, sét pha, cuội sỏi với chiều dày thay đổi từ 0,5-46 m (Krông Pắc), thường gặp 3-5 m.

\*Tác giả liên hệ: Email: huyvuongdkt@gmail.com

# Solutions for water storage and exploitation in some loose formations of the Vietnam Central Highlands

Vu Viet Nguyen<sup>1</sup>, Huy Vuong Nguyen<sup>2\*</sup>,  
Van Quang Tran<sup>2</sup>, Van Minh Pham<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vietnam Academy for Water Resources (VAWR)

<sup>2</sup>Hydraulic Construction Institute, VAWR

Received 21 November 2017; accepted 16 January 2018

## Abstract:

Water storage in loose formations is a method using structure measures to keep water in the formation pores. The Central Highlands with specific features and high volume of rainfall and surface runoff that often drains out, while water scarcity is very critical during the dry season in many places of the region; in addition, the loose formations are widely distributed across the region with high thickness. Based on the analyses of hydrogeological characteristics of the loose formations and its existence in a geological space, the paper presents structure measures for water storage and exploitation in the loose formations of the Central Highlands.

**Keywords:** Central Highlands, exploitation, hydrogeological, loose formation, storage.

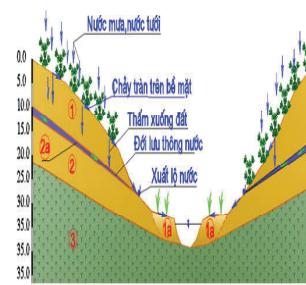
**Classification number:** 2.1

## Cấu trúc đặc trưng của thành tạo bờ rời

Khả năng lưu giữ được nước của thành tạo ngoài các yếu tố như thành phần hạt, độ lỗ rỗng, hệ số thấm thì còn phụ thuộc rất nhiều vào sự tồn tại của chính thành tạo đó trong không gian địa chất chung, hay nói cách khác là cấu trúc địa chất. Trên cơ sở kết quả khảo sát và tài liệu thu thập được thì thành tạo bờ rời trên khu vực Tây Nguyên có thể chia thành 2 dạng cấu trúc chính như sau:

Cấu trúc thành tạo bờ rời trên đá bazan (cấu trúc 1): Mặt cắt đặc trưng của dạng cấu trúc này có dạng như hình 1.

Trên cơ sở phân tích cấu trúc của thành tạo và các thông số địa chất thủy văn (bảng 1), cho thấy sự vận động của nước trong cấu trúc này có quy luật như sau: Nước mưa, nước tưới một phần chảy tràn trên mặt đất, một phần thấm xuống lớp 1 sau đó thấm vào lớp 2a - đây là lớp có tính lưu thông nước trung bình có thể nằm dốc về suối, vì vậy nước sẽ theo lớp này và xuất lộ ra ngoài bề mặt (quy luật này được thể hiện rõ ở hình 2).

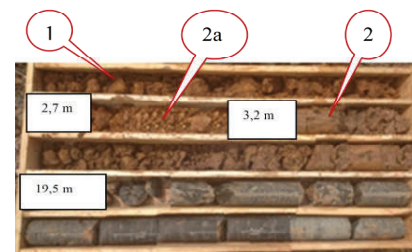


Hình 1. Mặt cắt đặc trưng thành tạo bờ rời trên đá bazan.

| Lớp | Mô tả địa tầng (cấu trúc 1)                                                                                                                                    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1a  | Lớp bồi tích (aQ), thành phần chủ yếu là sét pha đất có tính thấm nước yếu, mức độ lưu thông nước yếu; chiều dày từ 2-10,0 m, phổ biến nhất là khoảng 2-3,0 m. |
| 1   | Sét pha, sét màu xám nâu, nâu đỏ, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm yếu, chiều dày từ 3-5,0 m.                                                               |
| 2a  | Đới laterit thành phần là dăm mảnh lẫn đất, đới có tính thấm nước trung bình, chiều dày từ 0,4-2,0 m.                                                          |
| 2   | Sét pha, sét màu xám nâu, nâu đỏ, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm yếu, chiều dày từ 10-20,0 m.                                                             |

Bảng 1. Thông số địa chất thủy văn các lớp bờ rời của cấu trúc dạng 1.

| Lớp | Khối lượng thể tích (g/cm <sup>3</sup> ) | Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> ) | Độ lỗ rỗng (%) | Hệ số thấm (độ nước hồ khoan đào)           |
|-----|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------------|
| 1a  | 1,62-1,72                                | 2,69-2,78                             | 40-54          | $6 \times 10^{-6}$ - $1 \times 10^{-5}$     |
| 1   | 1,57-1,69                                | 2,72-2,87                             | 52-65          | $3 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-4}$     |
| 2a  | -                                        | -                                     | -              | $1,3 \times 10^{-4}$ - $5,2 \times 10^{-4}$ |
| 2   | 1,55-1,74                                | 2,70-2,88                             | 51-66          | $2 \times 10^{-5}$ - $6 \times 10^{-5}$     |

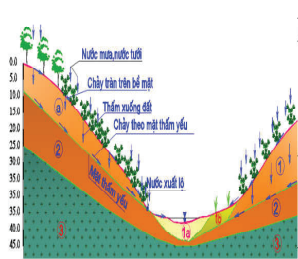


Hình 2. Nốn hồ khoan đặc trưng cho cấu trúc 1.

Cấu trúc thành tạo bờ rời trên đá magma, biến chất, trầm tích lục nguyên (cấu trúc 2): Về mặt hình dạng, cấu trúc 2 và cấu trúc 1 tương tự nhau, tuy nhiên do ảnh hưởng của thành phần đá gốc mà thành phần cấp phối và tính thấm nước của các lớp đất cấu tạo nên 2 thành tạo đó có những đặc điểm khác nhau. Mặt cắt đặc trưng của cấu trúc này được thể hiện ở hình 3, các thông số địa chất thủy văn của cấu trúc được trình bày ở bảng 2. Nốn hồ khoan đặc trưng cho cấu trúc dạng 2 khu vực sườn đồi và lòng suối được thể hiện ở hình 4 và 5. Các thí nghiệm xác định hệ số thấm của cát sỏi và đồ nước hồ khoan, hồ đào xác định hệ số thấm của các lớp đất được thể hiện ở hình 6 và 7.

Vận động của nước trong cấu trúc này có quy luật như sau: Nước mưa, nước tưới một phần chảy tràn trên mặt đất, một phần thấm xuống lớp 1, sau đó gặp lớp mặt của lớp 2 là lớp không thấm nên nước sẽ vận động trên bề mặt tiếp giáp này và xuất lộ ra bề mặt đất (quy luật này được thể hiện rõ ở hình 3).



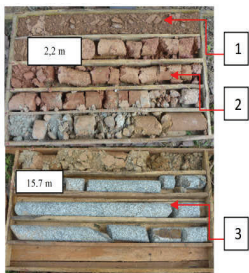


Hình 3. Mặt cắt đặc trưng thành tạo bờ rời trên đá magma, biến chất, trầm tích lục nguyên.

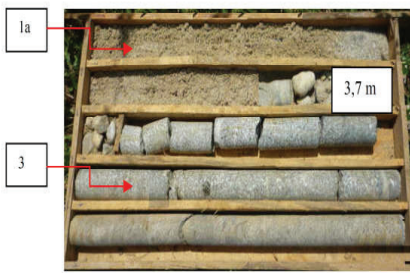
| Lớp | Mô tả địa tầng (cấu trúc 2)                                                                                                                                    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1a  | Lớp bồi tích (aQ), thành phần chủ yếu là cát hạt vừa lẫn cuội sỏi. Đất có tính thấm lớn, mức độ lưu thông nước cao, chiều dày phổ biến nhất là khoảng 2-3,0 m. |
| 1b  | Lớp bồi tích (aQ), thành phần chủ yếu là sét pha nhẹ màu xám vàng, xám nâu. Đất có tính thấm nước yếu, mức độ lưu thông nước kém.                              |
| 1   | Sét pha, sét màu xám nâu, nâu đỏ, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm trung bình, chiều dày từ 1,5-3,0 m.                                                      |
| 2   | Sét pha nặng, nâu đỏ dốm trắng, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm yếu, chiều dày từ 7-25,0 m.                                                                |

Bảng 2. Thông số địa chất thủy văn các lớp bờ rời của cấu trúc dạng 2.

| Lớp | Khối lượng thể tích (g/cm <sup>3</sup> ) | Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> ) | Độ lỗ rỗng (%) | Hệ số thấm (độ nước hố khoan, đào)      |
|-----|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|
| 1a  | 2,65-2,69                                | 2,65-2,69                             | 35-40          | $4 \times 10^{-1} - 2 \times 10^{-2}$   |
| 1b  | 1,75-1,88                                | 2,70-2,74                             | 30-42          | $1 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-6}$   |
| 1   | 1,67-1,78                                | 2,68-2,73                             | 49-61          | $3,2 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-5}$ |
| 2   | 1,71-1,88                                | 2,71-2,79                             | 45-51          | $1 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-6}$   |



Hình 4. Nỗn hố khoan đặc trưng cho cấu trúc dạng 2 khu vực sườn đồi.



Hình 5. Nỗn hố khoan đặc trưng cho cấu trúc dạng 2 khu vực lòng suối.



Hình 6. Thí nghiệm trong phòng xác định hệ số thấm của cát sỏi.



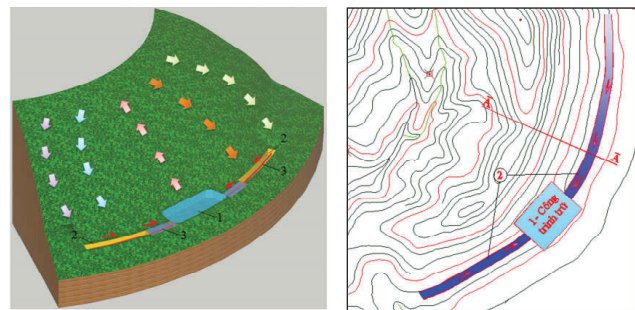
Hình 7. Thí nghiệm đổ nước hố khoan, hố đào xác định hệ số thấm của các lớp đất.

Các thành tạo bờ rời trên địa bàn Tây Nguyên có diện phân bố rộng, chiều dày lớn và tiếp xúc trực tiếp với nước mưa và nước mặt. Kết quả khảo sát đánh giá sự tồn tại của các thành tạo đó trong không gian địa chất cũng như các thông số địa chất thủy văn của các lớp đất đá cấu tạo nên các thành tạo bờ rời cho thấy có thể lưu giữ nước vào trong lỗ rỗng của các thành tạo này và khai thác hiệu quả nguồn nước đó nếu có được các giải pháp khoa học và công nghệ phù hợp.

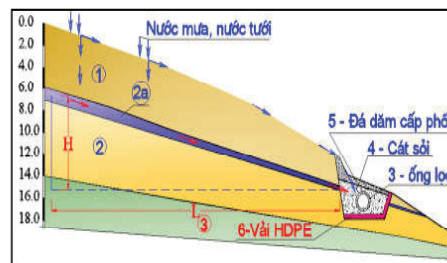
#### Đề xuất mô hình lưu giữ và khai thác

#### Giải pháp lưu trữ và khai thác cho dạng cấu trúc 1 (Công trình gom, lưu trữ nước chân đồi)

a) Sơ đồ công nghệ của giải pháp (hình 8, 9):



Hình 8. Phối cảnh và mặt bằng sơ đồ công nghệ.



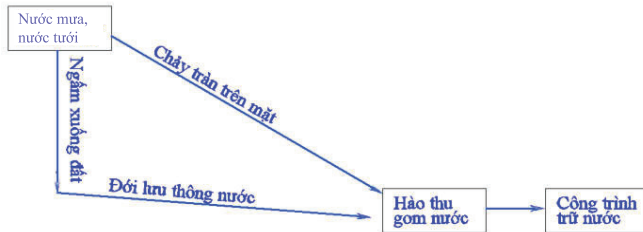
Chú thích:  
1- Công trình trữ nước  
2- Hào thu và giữ nước  
3- Ống lọc thu nước  
4- Cát sỏi  
5- Đá dăm cấp phối  
6- Vải chống thấm HDPE

Hình 9. Cắt ngang sơ đồ công nghệ theo đường A-A.



b) Nguyên lý hoạt động của giải pháp (hình 10):

Trong nguyên lý này, hào thu nước có nhiệm vụ lưu giữ và thu gom nước để chuyển về công trình trữ nước. Ngoài ra một phần nước mặt, nước mưa sau khi ngấm xuống đất sẽ được lưu lại trong đới lưu thông nước (đới 2a).



Hình 10. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của giải pháp.

c) Tính toán lượng nước chảy vào hào thu nước:

Lượng nước tích vào hào gồm hai đại lượng chính là lượng nước thấm trên bề mặt và lượng nước thấm qua tiết diện của mặt cắt giữa hào thu nước và lớp 2a, được thể hiện qua công thức sau:

$$Q_{thu} = Q_m + Q_n \quad (1)$$

trong đó:  $Q_m$  là lượng nước mặt chảy tràn và thấm trực tiếp vào hào thu nước;  $Q_n$  là lượng nước ngấm trong thành tạo bờ rồi thấm vào hào thu nước.

Lượng nước mặt chảy qua một đơn vị hào thu nước trong mùa mưa được tính theo công thức [4] :

$$q_m = P_e * F_{lv} \quad (2)$$

trong đó:  $q_m$  là lượng nước chảy qua một đơn vị hào thu nước trong mùa mưa;  $P_e$  là tổng độ sâu dòng chảy hiệu dụng trong mùa mưa;  $F_{lv}$  là lưu vực cho một đơn vị hào thu nước.

Lượng nước ngấm trực tiếp vào một đơn vị hào thu nước được tính theo công thức:

$$Q_{mn} = a * q_{mn}$$

trong đó  $a$  là hệ số ngấm, thường lấy từ 0,3 đến 0,35 [5, 6].

Giả sử có hào thu nước có chiều dài là  $L$ , ta sẽ có tổng lượng nước mặt chảy qua hào:

$$Q_m = L * Q_{mn} \quad (3)$$

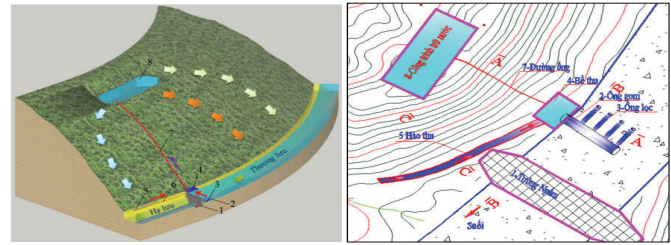
Lượng nước ngấm chảy vào hào thu nước được tính theo công thức sau:

$$Q_n = F * K * \frac{H}{L} \quad (4)$$

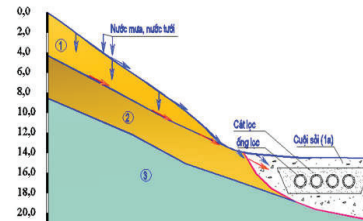
trong đó:  $Q_n$  là lượng nước ngấm chảy vào hào thu nước;  $F$  là diện tích tiết diện mặt cắt giữa hào thu nước và lớp thấm nước;  $K$  là hệ số thấm của lớp thấm nước;  $H/L$  là gradient thấm.

**Giải pháp lưu trữ và khai thác cho dạng cấu trúc 2 (Công trình thu gom, lưu trữ ngấm trên suối)**

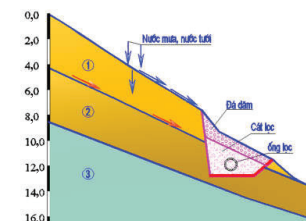
a) Sơ đồ công nghệ của giải pháp (hình 11-14):



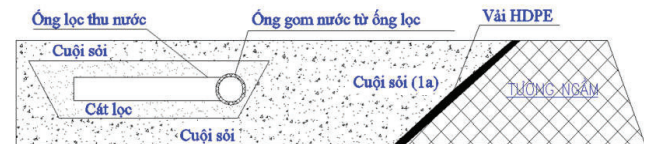
Hình 11. Phối cảnh và mặt bằng sơ đồ công nghệ của giải pháp.



Hình 12. Cắt ngang sơ đồ công nghệ theo đường A-A.

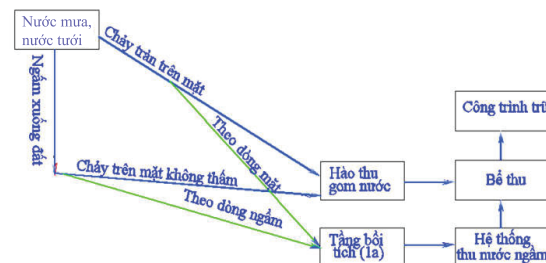


Hình 13. Cắt ngang sơ đồ công nghệ theo đường C-C.



Hình 14. Cắt dọc sơ đồ công nghệ theo đường B-B.

b) Nguyên lý hoạt động của giải pháp (hình 15):



Hình 15. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của giải pháp.

Nước mặt, nước tưới theo dòng mặt và dòng ngấm được lưu giữ lại trong hào thu nước và tầng bồi tích cuội sỏi lòng suối (1a). Hào thu nước (5) được kết nối trực tiếp với bể thu nước.

Hệ thống lưu giữ và khai thác nước trong tầng cuội sỏi có các hạng mục công trình như sau:

- Tường ngăn (1) có nhiệm vụ ngăn dòng ngấm và giữ nước lại trong tầng cuội sỏi lòng suối (1a).
- Ống gom nước (2) có nhiệm vụ gom nước từ các ống lọc.
- Ống lọc (3) có nhiệm vụ thu nước trong tầng cuội sỏi.
- Bể thu (4) có nhiệm vụ thu nước từ các ống gom.
- Nước từ bể thu được cấp trực tiếp đến công trình trữ.

bằng động lực.

c) *Tính toán khai thác hợp lý nguồn nước trong tầng cuối sỏi:*

- Lượng nước lưu giữ lại trong hào thu nước được tính toán theo phương pháp nêu trong các công thức 1-4.

- Lượng nước lưu giữ lại trong tầng cuối sỏi được tính bằng tổng thể tích lỗ rỗng của tầng cuối sỏi trong vùng không chế của tường ngầm.

- Lượng nước khai thác.

Quan hệ giữa lưu lượng tưới thường được thể hiện qua công thức sau đây:

$$Q_{yc} = S \times T \quad (5)$$

trong đó:  $Q_{yc}$  là lượng nước tối thiểu để tưới cho một diện tích S (ha); T là hệ số tưới.

Như vậy để đảm bảo nhu cầu tưới thì hệ thống thu nước phải thu được một lượng nước lớn hơn lưu lượng yêu cầu  $Q_{thu} = 1,2 \div 1,4 Q_{yc}$  (m<sup>3</sup>/s).

Lưu lượng  $Q_{thu}$  phụ thuộc vào khả năng thu nước của ống lọc, khả năng cung cấp nước của môi trường thu nước. Quan hệ giữa khả năng thu nước của ống lọc và lượng nước thu được biểu thị qua công thức:

$$Q_{thu} = q * L \quad (6)$$

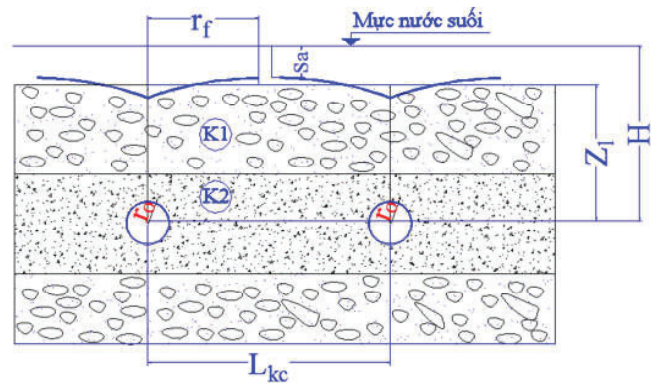
trong đó: q là tỷ lưu lượng (lượng nước thu được trên mỗi mét chiều dài ống lọc, m<sup>3</sup>/s/m); L là tổng chiều dài ống lọc.

Như vậy, thiết kế hệ thống lấy nước ngầm là tìm ra được q, L phù hợp và bố trí thiết kế phù hợp với đặc điểm địa hình, cấu trúc địa chất thủy văn hợp nhất.

Theo giáo trình động lực học nước dưới đất [7] thì q lưu lượng dòng chảy đến 1 m dài ống lọc được tính theo công thức sau:

$$q = W L_{kc} = \frac{K * H * L_{kc} * \left( \frac{\pi}{2} + \frac{H}{Z_1} \right)}{L_{kc} * \left( \ln Z_1 / 2 - \ln r_0 \right) * \frac{Z_1}{2} + r_0} \quad (7)$$

trong đó: q là lưu lượng dòng chảy đến 1 m dài ống lọc (m<sup>3</sup>/s/m); K là hệ số thấm của môi trường (m/s); W là lưu lượng dòng thấm ổn định do nước mặt cung cấp (m<sup>3</sup>/s);  $L_{kc}$  là khoảng cách giữa hai ống lọc (m); H là khoảng cách từ mực nước suối đến tim ống lọc (m);  $Z_1$  là độ sâu đặt ống lọc (m);  $r_0$  là bán kính ống lọc (m). Các thông số này được minh họa trong hình 16.



Hình 16. Minh họa các thông số trong công thức 7.

### Kết luận

Các thành tạo bờ rời trên địa bàn Tây Nguyên có diện phân bố rộng, chiều dày lớn và tiếp xúc trực tiếp với nước mưa và nước mặt. Trong các thành tạo đó tồn tại các cấu trúc có các đặc điểm địa chất thủy văn đảm bảo cho việc lưu giữ và khai thác nguồn nước này phục sinh hoạt và sản xuất. Giải pháp công trình gom, lưu trữ nước chân đồi và giải pháp công trình thu gom, lưu trữ ngầm trên suối được giới thiệu trong bài báo này là các giải pháp có tính khoa học và thực tiễn cao.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quốc Dũng, Nguyễn Huy Vượng (2013), “Triển vọng ứng dụng công trình cấp nước sinh hoạt và sản xuất kiểu đập ngầm và hào thu nước trên địa bàn Tây Nguyên”, *Tuyển tập kỷ yếu Hội thảo quản lý bền vững đất và nước ứng phó với hạn hán, hoang mạc hóa, lũ lụt và biến đổi khí hậu vùng Tây Nguyên*.
- [2] Nguyễn Việt Kì, Nguyễn Văn Tuấn (2005), “Các đặc trưng cơ lý của vỏ phong hóa trên một số loại đá phổ biến ở Tây Nguyên”, *Kỷ yếu Hội nghị khoa học và công nghệ lần thứ 9*, Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh.
- [3] Nguyễn Thanh (1985), “Địa chất công trình lãnh thổ Tây Nguyên”, *Tuyển tập Tây Nguyên - Các điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [4] L. Huisman, T.N. Olsthoorn (1998), *Artificial groundwater recharge*, Pitman advanced publishing program, London.
- [5] Đoàn Văn Cánh (2010), *Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp thu gom nước mưa đưa vào lòng đất phục vụ chống hạn và bổ sung nhân tạo nước dưới đất vùng Tây Nguyên*, Báo cáo kết quả thực hiện đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTDL.2007G/44.
- [6] Nguyễn Huy Vượng và nnk (2014), “Bổ sung nhân tạo nước dưới đất từ nguồn nước hồ chứa vừa và nhỏ khu vực Tây Nguyên”, *Tuyển tập Hội nghị khoa học địa lý toàn quốc lần thứ 8*.
- [7] Trường Đại học Mỏ - Địa chất (2012), *Giáo trình động lực học nước dưới đất*.

# Đánh giá mức tiêu thụ năng lượng riêng cho băng tải mỏ hầm lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ

Lê Văn Đạt<sup>1\*</sup>, Nguyễn Ngọc Linh<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Kự<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy lợi

Ngày nhận bài 2/2/2018; ngày chuyển phản biện 5/2/2018; ngày nhận phản biện 12/3/2018; ngày chấp nhận đăng 26/3/2018

## Tóm tắt:

Mức tiêu thụ năng lượng riêng là chỉ tiêu đang được sử dụng để đánh giá hiệu quả về năng lượng của băng tải mỏ hầm lò có công suất lớn. Trong bài báo này, mức tiêu thụ năng lượng riêng và công suất dẫn động được xem xét là hàm xấp xỉ của khối lượng tải chất trên băng tải. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng với khối lượng tải được thiết lập dưới dạng giải tích. Tiếp theo, mức tiêu thụ năng lượng riêng được áp dụng để phân tích hiệu quả về năng lượng cho dạng băng tải mỏ hầm lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ với một số sơ đồ dẫn động khác nhau. Kết quả của nghiên cứu có thể áp dụng cho bài toán phân tích tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ của các băng tải mỏ hầm lò.

**Từ khóa:** Băng tải mỏ hầm lò, hộp giảm tốc bánh răng côn trụ, mức tiêu thụ năng lượng riêng.

**Chỉ số phân loại:** 2.3

## **Đặt vấn đề**

Hiện nay, băng tải là một trong những thiết bị chủ đạo trong hệ thống vận chuyển của các mỏ hầm lò, đặc biệt là các mỏ than. Các hướng phát triển công nghệ gần đây của băng tải đang được tập trung nghiên cứu là [1]: Tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ, tối ưu hóa tuyến vận chuyển, phân bố các cụm dẫn động, phân tích và mô phỏng.

Các hướng phát triển này luôn gắn kết chặt chẽ với nhau về mặt kỹ thuật cũng như về mặt kinh tế. Đối với các mỏ than hiện đại, việc phát triển công nghệ cho băng tải luôn đi liền với mục tiêu nâng cao năng suất và giảm chi phí khai thác [1, 2]. Do đặc trưng cơ bản là địa hình dốc, nên công suất của các băng tải lắp trong mỏ hầm lò khá lớn do phần công suất tiêu tốn để nâng vật liệu chiếm tỷ lệ cao, có thể lên đến 90% tổng công suất [1]. Mặt khác, do có yêu cầu đặc thù về phòng chống cháy nổ nên hệ thống dẫn động và băng nằm trong số các bộ phận có giá thành cao nhất. Vì vậy, việc tối ưu hóa hệ dẫn động trong thiết kế băng tải là một bài toán quan trọng, cần có lời giải hợp lý [3]. Khi tăng số lượng các cụm dẫn động sẽ dẫn tới kết quả quan trọng là giảm được cường độ của băng, giúp cho khối lượng và kết cấu của băng tải nhẹ hơn, nhỏ gọn và rẻ hơn. Đồng thời, một kết quả quan trọng khác là khả năng chuẩn hóa các bộ phận, nhờ đó khi chiều dài của hệ thống và công suất tăng lên thì vẫn có thể sử dụng cùng loại băng bằng cách bổ sung thêm cụm dẫn động [4]. Tuy nhiên, việc tăng số lượng cụm dẫn động cũng có thể dẫn tới việc tăng giá thành của chúng [3,

5]. Mặt khác, khi tăng số lượng cụm dẫn động, tối ưu hóa về năng lượng tiêu thụ cũng là vấn đề rất được quan tâm trong nghiên cứu [1, 2, 5].

Semenchenko và cộng sự [2] đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm về mức tiêu thụ năng lượng trên một băng tải vận chuyển ở mỏ than. Dựa trên mô hình hồi quy tuyến tính giữa công suất dẫn động và khối lượng tải chất trên băng, các tác giả [2] cũng đã phân tích đánh giá được mức tiêu thụ năng lượng riêng của băng tải theo mức độ chất tải. Áp dụng mô hình xấp xỉ nêu trên, trong nghiên cứu của chúng tôi chỉ tiêu mức tiêu thụ năng lượng riêng được sử dụng để phân tích các phương án bố trí cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ lắp tại vị trí đầu của băng tải mỏ hầm lò. Tính toán cụ thể được tiến hành trên một băng tải của Vinacomin với số liệu được cung cấp từ kết quả đề tài “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo nội địa hóa các hộp giảm tốc bánh răng côn trụ thường dùng trong băng tải mỏ hầm lò” của Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ.

## **Nội dung nghiên cứu**

Xây dựng quan hệ giải tích giữa chỉ số mức tiêu thụ năng lượng riêng và khối lượng tải chất trên băng của băng tải mỏ hầm lò dựa trên: Phương pháp tính công suất theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng, rời rạc hóa quá trình chất tải của băng tải mỏ hầm lò và sử dụng xấp xỉ tuyến tính của công suất theo khối lượng tải.

\*Tác giả liên hệ: Tel: 0934208293



# Analysis of the specific energy consumption for underground mining belt conveyor with single drive unit using bevel helical gearboxes

Van Dat Le<sup>1\*</sup>, Ngoc Linh Nguyen<sup>2</sup>, Van Kuu Nguyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Energy and Mining Mechanical Engineering - Vinacomin  
<sup>2</sup>Thuyloi University

Received 2 February 2018; accepted 26 March 2018

## Abstract:

The specific energy consumption is an important criterion which is used to evaluate the energy efficiency of underground mining belt conveyors. In this paper, the specific energy consumption is considered as a function of the load weight on a belt conveyor which is expressed in analytic form. This formulation is then used to analyse the energy efficiency of a typical underground belt conveyor in coal mines with single drive unit using bevel helical gearboxes in compliance with several transmission schematics. The result of the paper can be applied to the optimization problem of energy consumption for underground mining belt conveyors.

**Keywords:** Bevel helical gearbox, specific energy consumption, underground belt conveyor.

**Classification number:** 2.3

Áp dụng mức tiêu thụ năng lượng riêng thu được để so sánh hiệu quả về năng lượng của các sơ đồ dẫn động kiểu đơn - đơn, kiểu kép - đơn và kiểu kép - kép cho dạng băng tải mở hầm lò có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ. Trong tính toán, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các số liệu từ một băng tải điển hình của Vinacomin.

## Kết quả và thảo luận

### Hệ số chất tải và hệ số mức tiêu thụ năng lượng riêng

Để đánh hiệu quả năng lượng của việc vận chuyển vật liệu mỏ, mức tiêu thụ năng lượng riêng  $E$  được sử dụng.  $E$  được định nghĩa là năng lượng tiêu tốn để vận chuyển 1 tấn vật liệu mỏ bằng băng tải trên cự ly 1 km, được xác định như sau [2]:

$$E = \frac{1000P}{Q_{av}L}, \quad \frac{kWh}{T \cdot km} \quad (1)$$

Trong đó,  $Q_{av}$  là năng suất trung bình (T/h),  $L$  là cự ly vận chuyển (m). Công suất dẫn động cho băng tải là  $P$  (kW):

$$P = \frac{F_e v}{1000\eta} \quad (2)$$

với  $F_e$  là lực căng hữu ích (N);  $v$  là vận tốc của băng (m/s);  $\eta$  là hiệu suất của cụm dẫn động. Hiện nay, có hai cách tiếp cận phổ biến để tính toán lực căng hữu ích  $F_e$  được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế băng tải. Thứ nhất là cách tiếp cận về cân bằng lực sử dụng trong các tiêu chuẩn ISO 5048, DIN 22101, CEMA. Thứ hai là cách tiếp cận về cân bằng năng lượng sử dụng trong tiêu chuẩn JIS B 8805 của British Coal.

Theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng thì công suất của băng tải có thể chia làm ba thành phần chính là:

$$P = P_{eb} + P_h + P_l \quad (3)$$

Trong đó,  $P_{eb}$  là công suất để dẫn động băng không tải,  $P_h$  công suất để vận chuyển vật liệu theo phương ngang,  $P_l$  là công suất để nâng vật liệu theo phương đứng.

Để đơn giản hóa, khi xây dựng công thức (3), nghiên cứu đã bỏ qua thành phần công suất để khắc phục các lực cản phụ như lực cản tại vị trí phễu nạp liệu hay lực cản của bộ phận làm sạch băng. Ba thành phần công suất nêu trên được xác định như sau:

$$P_{eb} = gf(L_h + L_o)qv / 1000 \quad (4)$$

$$P_h = gf(L_h + L_o)q_G v / 1000 \quad (5)$$

$$P_l = gHvq_G / 1000 \quad (6)$$

với  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  là gia tốc trọng trường;  $L_h$  là khoảng cách vận chuyển theo phương ngang (m);  $L_o$  là chiều dài điều chỉnh (m), với  $L_h = 300 \div 1200 \text{ m}$  thì  $L_o = 45 \text{ m}$ ;  $H$  là chiều cao vận chuyển (m);  $f$  là hệ số cản của các bộ phận chuyển động, đối với băng tải thông thường  $f = 0,02$ , còn đối với băng tải ở mỏ thì  $f$  thường được lấy từ 0,025 đến 0,035 [2], trong [2] cũng khuyến nghị tăng hệ số cản  $f$  thêm 30% trong tính toán cho băng tải hầm lò, cụ thể là  $f = 0,05$ , do hiện tượng kẹt con lăn đỡ thường xảy ra trong môi trường làm việc ở hầm lò, British Coal yêu cầu  $f$  lấy trong khoảng 0,03 đến 0,041 [4]; khối lượng đơn vị của tải  $q_G$  (kg/m) và khối lượng các bộ phận chuyển động phân bố theo chiều dài của băng  $q$  (kg/m) được xác định theo các công thức:

$$q_G = \frac{Q_{av}}{3,6v} = \frac{1000W}{L} \quad (7)$$

$$q = q_{R0} + q_{RU} + 2q_B \quad (8)$$

với  $L = L_h / \cos \delta$ ;  $W$  là tổng khối lượng tải trên băng (T);  $q_{R0}$  là khối lượng đơn vị bộ phận quay của các con lăn đỡ trên (kg/m);  $q_{RU}$  là khối lượng đơn vị bộ phận quay của các con lăn đỡ dưới (kg/m);  $q_B$  là khối lượng đơn vị của băng (kg/m). So sánh về công suất tính toán theo các tiêu chuẩn khác nhau cho một băng tải cụ thể [4] cho thấy kết quả tính toán theo British Coal cao hơn một chút so với theo các tiêu chuẩn khác do có hệ số cản  $f$  áp dụng cho băng tải trong mỏ than lớn hơn so với điều kiện thông thường.

Trong các tiêu chuẩn tính toán nêu trên thì tải ở trên băng được coi là tải trọng phân bố đều  $q_G$ , xác định theo công thức (7), có nghĩa là khi tính toán mức tiêu thụ năng lượng của băng tải thì luôn ứng với tải lớn nhất. Đối với băng tải sử dụng trong hầm lò như mỏ than, do điều kiện địa chất, khai thác và trung chuyển nên quá trình chất tải lên băng thực tế là một quá trình

ngẫu nhiên, bởi vậy việc chất tải trên băng không liên tục và không đều. Một cách mô tả gần đúng là quá trình chất tải diễn ra theo từng đợt, khối lượng chất tải một đợt được đặc trưng bởi khối lượng tải trên băng của đợt đó. Khi nghiên cứu ảnh hưởng của việc nạp liệu không đều đối với công suất và tiêu thụ năng lượng của băng tải trong mỏ than, trong [2] áp dụng mô hình hồi quy mô tả sự phụ thuộc của công suất theo khối lượng tải như sau:

$$P_i = P_{eb} + W_i \Delta P_w \quad (9)$$

Trong đó,  $P_i$ ,  $W_i$  lần lượt là công suất dẫn động và khối lượng tải trên băng tại đợt thứ  $i$ ;  $\Delta P_w$  (kW/T) là công suất dẫn động cần thiết để vận chuyển 1 tấn khối lượng tải  $W_i$ . Sử dụng công thức xấp xỉ (9), kết hợp với (3) ta có:

$$W_i = \frac{P_i - P_{eb}}{\Delta P_w} = \frac{P_{h,i} + P_{l,i}}{\Delta P_w} \quad (10)$$

trong đó,  $\Delta P_w$  được xác định từ (3) đến (6), với chú ý là khối lượng đơn vị của tải ứng với 1 tấn  $\Delta q_G = 1000 / L$ :

$$\begin{aligned} \Delta P_w &= \Delta P_h + \Delta P_l = g v [f(L_h + L_o) + H] \frac{\Delta q_G}{1000} \\ &= g v [f(L_h + L_o) + H] / L \end{aligned} \quad (11)$$

Từ (1), (7) và (11) ta có chỉ số mức tiêu thụ năng lượng riêng  $E_i$  tương ứng với khối lượng tải  $W_i$ :

$$\begin{aligned} E(W_i) &= \frac{1000 P_i}{Q_i L} = \frac{P_i}{3,6 v W_i} \\ &= \frac{P_{eb} + g v [f(L_h + L_o) + H] W_i / L}{3,6 v W_i} \end{aligned} \quad (12)$$

Để phân tích quan hệ giữa mức độ chất tải và mức độ tiêu thụ năng lượng riêng, ta có thể sử dụng hệ số chất tải:

$$C_i = \frac{W_i}{W_{\max}} \quad (13)$$

$C_i$  là đại lượng không thứ nguyên, có giá trị từ 0 đến 1, thể hiện mức độ của khối lượng tải  $W_i$  so với khối lượng tải lớn nhất  $W_{\max}$ .  $W_{\max}$  được xác định bằng công thức (7), tương ứng với năng suất lớn nhất  $Q_{av}$ . Với các mức độ chất tải  $C_i$  khác nhau, sử dụng các công thức từ (3) đến (12) ta có thể xác định được các công suất dẫn động và mức tiêu thụ năng lượng riêng tương ứng.

### Phân tích mức tiêu thụ năng lượng riêng của băng tải mô hình lò có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ

Xét một dạng băng tải hay sử dụng trong mỏ than của Vinacomin như hình 1a. Các thông số cơ bản của băng tải là năng suất thiết kế  $Q_{av}$ , cự ly vận chuyển  $L$ , chiều cao nâng  $H$ , góc dốc  $\delta$ . Do hạn chế về không gian làm việc nên các băng tải mô hình lò có nhiều tang dẫn, trong đó loại hộp giảm tốc bánh răng côn trụ thường được sử dụng với các sơ đồ dẫn động kiểu đơn (1 động cơ - 1 giảm tốc/1 tang dẫn) và kiểu kép (2 động cơ - 2 giảm tốc/1 tang dẫn) như các hình 1b, 1c. Hình 2 là sơ đồ lực căng băng của cụm dẫn động với hai tang dẫn. Giả thiết góc ôm  $\alpha$  của băng trên các tang và hệ số ma sát  $\mu$  giữa băng và các tang là như nhau, lực căng băng hiệu dụng được xác định là:

$$F_e = F_1 - F_4 \quad (14)$$

Theo công thức Ole ta có:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{F_2}{F_3} = \frac{F_3}{F_4} = e^{\mu \alpha} \quad (15)$$

Sử dụng (15), lực căng băng hiệu dụng trên tang đầu  $F_{eh}$ , trên tang dẫn thứ nhất  $F_{e1}$  và thứ hai  $F_{e2}$  là:

$$\begin{aligned} F_{eh} &= F_1 - F_2 = F_2(e^{\mu \alpha} - 1) \\ F_{e1} &= F_2 - F_3 = F_3(e^{\mu \alpha} - 1) \\ F_{e2} &= F_4 - F_3 = F_4(e^{\mu \alpha} - 1) \end{aligned} \quad (16)$$

Theo các tài liệu tính toán thông dụng [4], thường lấy  $\alpha = 230^\circ$  và  $\mu = 0,25$ , từ (15) ta xác định được các lực căng như sau:

$$F_1 = 2,727 F_2; F_2 = 2,727 F_3; F_3 = 2,727 F_4; F_1 = 2,727^3 F_4 \quad (17)$$

Thay (17) vào (14) được:

$$F_4 = \frac{1}{2,727^3 - 1} F_e = 0,052 F_e \quad (18)$$

Kết hợp (16), (17), (18) có quan hệ giữa lực căng băng lớn nhất  $F_1$  và  $F_{e1}$ ,  $F_{e2}$  với lực căng hiệu dụng  $F_e$ :

$$F_1 = 1,052 F_e; F_{e1} = 0,386 F_e; F_{e2} = 0,141 F_e \quad (19)$$

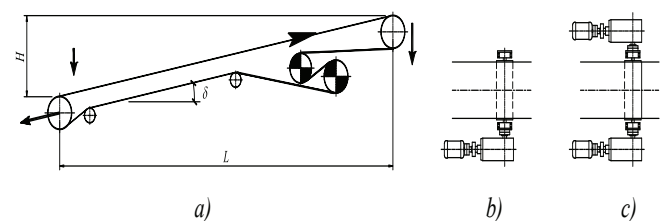
Các lực căng hiệu dụng  $F_{e1}$  và thứ hai  $F_{e2}$  thể hiện phân bố động lực của cụm dẫn động, công suất yêu cầu trên tang dẫn thứ nhất bằng 2,727 lần công suất yêu cầu trên tang dẫn thứ hai, theo tỷ lệ phần trăm tương ứng là 73,2 và 26,8%. Sau khi đã xác định được các lực căng hiệu dụng  $F_e$ ,  $F_{e1}$ ,  $F_{e2}$  từ công suất của băng tải  $P$  (bảng 1), sẽ xác định được công suất yêu cầu trên các tang dẫn thứ nhất và thứ hai,  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  và tổng công suất yêu cầu trên hai tang  $P_{11} + P_{12}$  và mức tiêu thụ năng lượng riêng tính toán  $E_i$  (bảng 2).

Xét các trường hợp bố trí dẫn động cho các tang dẫn như sau:

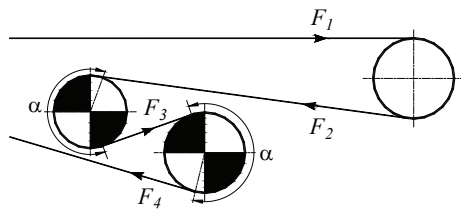
- TH1 (kiểu đơn - đơn): Mỗi tang có sơ đồ dẫn động kiểu đơn, công suất của mỗi bộ động cơ - giảm tốc bằng công suất tính toán trên tang,  $P_1 = P_{11}$ ,  $P_2 = P_{12}$ .

- TH2 (kiểu kép - đơn): Tang dẫn thứ nhất có sơ đồ dẫn động kiểu kép, tang dẫn thứ hai có sơ đồ dẫn động kiểu đơn, ba bộ động cơ giảm tốc giống nhau có công suất bằng 1/2 công suất tính toán trên tang dẫn thứ nhất,  $P_{11} = P_{12} = P_2 = P_1 / 2$ .

- TH3 (kiểu kép - kép): Các tang dẫn có sơ đồ dẫn động kiểu kép, công suất của mỗi bộ động cơ - giảm tốc bằng 1/2 công suất tính toán trên tang dẫn đó,  $P_1 = P_{11} / 2$ ,  $P_2 = P_{12} / 2$ .



Hình 1. a) Sơ đồ dẫn động của băng tải mô hình lò; b) Sơ đồ dẫn động kiểu đơn; c) Sơ đồ dẫn động kiểu kép.



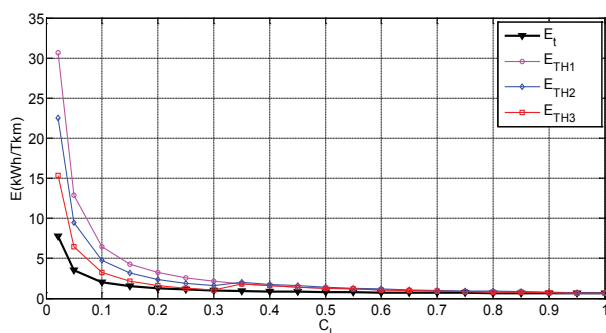
Hình 2. Lực căng trên cụm dẫn động hai tang dẫn.

Bảng 1. Kết quả tính các thông số cơ bản của băng tải.

|                |      |                 |       |               |        |
|----------------|------|-----------------|-------|---------------|--------|
| $Q_{av}$ (T/h) | 320  | $\eta$          | 0,95  | $P_{eb}$ (kW) | 92,2   |
| $L$ (m)        | 1005 | $q_{ro}$ (kg/m) | 16,5  | $P_h$ (kW)    | 45,8   |
| $\delta$ (độ)  | 16   | $q_{ru}$ (kg/m) | 5     | $P_l$ (kW)    | 251,3  |
| $v$ (m/s)      | 2    | $q_b$ (kg/m)    | 34    | $P$ (kW)      | 389,3  |
| $L_0$ (m)      | 45   | $q_G$ (kg/m)    | 44,44 | $F_t$ (N)     | 193290 |
| $f$            | 0,05 | $W_{max}$ (T)   | 46,5  | $F_{cl}$ (N)  | 74611  |
|                |      |                 |       | $F_{c2}$ (N)  | 27061  |

Bảng 2. Điều khiển công suất của các sơ đồ dẫn động tương ứng với hệ số chất tải.

| Tính toán |       |       |          | TH1      |           |       |       | TH2        |          |          |       | TH3        |          |          |          |          |  |  |  |
|-----------|-------|-------|----------|----------|-----------|-------|-------|------------|----------|----------|-------|------------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|
| $C_1$     | $W_1$ | $P_1$ | $P_{1l}$ | $P_{12}$ | $P_{13M}$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_{13M2}$ | $P_{1l}$ | $P_{12}$ | $P_2$ | $P_{13M3}$ | $P_{1l}$ | $P_{12}$ | $P_{2l}$ | $P_{22}$ |  |  |  |
| (T)       | (kW)  | (kW)  | (kW)     | (kW)     | (kW)      | (kW)  | (kW)  | (kW)       | (kW)     | (kW)     | (kW)  | (kW)       | (kW)     | (kW)     | (kW)     | (kW)     |  |  |  |
| 0,021     | 1,0   | 54,5  | 40,0     | 14,5     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,10      | 4,6   | 67,5  | 49,5     | 18,0     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,20      | 9,3   | 83,9  | 61,6     | 22,3     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,30      | 13,9  | 100,4 | 73,7     | 26,7     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,40      | 18,6  | 116,8 | 85,7     | 31,1     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,50      | 23,2  | 133,3 | 97,8     | 35,5     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,60      | 27,9  | 149,7 | 109,9    | 39,9     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,70      | 32,5  | 166,2 | 122,0    | 44,2     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,80      | 37,2  | 182,6 | 134,0    | 48,6     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,90      | 41,8  | 199,1 | 146,1    | 53,0     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 1,0       | 46,5  | 215,6 | 158,2    | 57,4     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |



Hình 3. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng và hệ số chất tải của các sơ đồ dẫn động.

Kết quả tính toán ở bảng 1 cho thấy, công suất dùng để nâng vật liệu  $P_l$  lên đến 64,5% so với công suất để vận chuyển vật liệu theo phương ngang  $P_h$  là 11,8% và công suất để dẫn động không tải  $P_{eb}$  là 23,7%. Bảng 2 cho thấy, khi hệ số chất tải  $C_l \leq 0,3$  thì với các trường hợp 2 (TH2), trường hợp 3 (TH3) có thể giảm

năng lượng tiêu thụ bằng cách tắt bớt động cơ, cụ thể là trong TH2 có thể tắt bớt 1 động cơ trên tang dẫn thứ nhất, còn trong TH3 là tắt bớt một động cơ trên mỗi tang dẫn. Rõ ràng, với sơ đồ dẫn động TH1 thì không thể tắt được động cơ trên các tang dẫn. Khi  $C_l > 0,3$ , ví dụ  $C_l = 0,4$ , thì mặc dù tổng công suất trên hai tang lớn hơn tổng công suất yêu cầu  $P_l = 116,8$  kW, cũng không được tắt bớt động cơ trên các tang dẫn vì phải duy trì công suất dẫn động lớn hơn mức yêu cầu là  $P_{l1} = 85,7$  kW và  $P_{l2} = 31,1$  kW. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng và hệ số chất tải ứng với ba trường hợp nêu trên được biểu diễn trên hình 3, cho thấy khi  $C_l > 0,3$  thì chênh lệch về mức tiêu thụ năng lượng riêng của cả ba trường hợp TH1, TH2, TH3 không lớn và khá gần mức tiêu thụ năng lượng riêng tính toán  $E_l$ . Tuy nhiên, khi  $C_l \leq 0,3$  thì sự chênh lệch giữa ba trường hợp này là khá lớn, trong đó TH3 có mức tiêu thụ năng lượng riêng nhỏ nhất và nằm gần  $E_l$  nhất, ngược lại là TH1. Khi hệ số chất tải  $C_l$  càng thấp thì mức tiêu thụ năng lượng riêng càng lớn, khi  $C_l = 0,021$  ứng với khối lượng tải  $W_l = 1$  T, thì  $E_{TH1} = 31$  kWh/Tkm,  $E_{TH2} = 22$  kWh/Tkm,  $E_{TH3} = 15$  kWh/Tkm, nghĩa là mức tiêu thụ năng lượng riêng của TH2 giảm khoảng 29% và của TH3 giảm khoảng 52% so với TH1.

## Kết luận

Dựa trên phương pháp tính công suất theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng, rời rạc hóa quá trình chất tải và sử dụng xấp xỉ tuyến tính của công suất theo khối lượng tải của băng tải mô phỏng, quan hệ mức tiêu thụ năng lượng riêng với khối lượng tải được thiết lập dưới dạng giải tích. Tiếp theo, mức tiêu thụ năng lượng riêng này được sử dụng để phân tích hiệu quả về mặt năng lượng của các sơ đồ dẫn động kiểu đơn và kiểu kép cho một băng tải mô phỏng có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ. So sánh ba trường hợp bố trí dẫn động cho các tang dẫn cho thấy sơ đồ dẫn động kiểu kép - kép tiết kiệm năng lượng hơn so với các sơ đồ kiểu kép - đơn và kiểu đơn - đơn, nhất là khi hệ số chất tải nhỏ hơn 0,3. Mức tiêu thụ năng lượng riêng được xây dựng trong bài báo này có thể phát triển cho trường hợp băng tải có nhiều cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ, đồng thời cho thấy tiềm năng được sử dụng là một chỉ tiêu kỹ thuật trong các bài toán thiết kế mới hay thiết kế cải tạo nhằm phân tích tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ cho các băng tải mô phỏng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.A. Alspaugh (2001), *Latest Developments in Belt Conveyor Technology*, Overland Conveyor Co., Inc, Las Vegas, NV, USA.
- [2] A. Semenchenko, P. Belitsky, M. Stadnik, O. Stepanenko (2016), "The impact of anuneven loading of a belt conveyor onthe loading of drive motors and energyconsumption in transportation", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, **4(1)**, pp.42-51.
- [3] Z. Despodov, S. Mijalkovski, V. Adziski (2014), "Selection of Belt Conveyors Drive Units Number by TechnicalEconomical Analysis", *Applied Mechanics and Materials*, **683**, pp.189-195.
- [4] E.D. Yardley, L.R. Stace (2008), *Belt conveying of minerals*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- [5] A. Nuttal (2007), *Design Aspects of Multiple Driven Belt Conveyors*, Dissertation, Delft Technical University, ISBN 978-90-5584-092-2.



# Đánh giá khả năng xử lý ion $\text{Ni}^{2+}$ trong nước bằng đá nhân tạo

Lê Thị Xuân Thùy<sup>1\*</sup>, Lê Thị Sương<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Sao Mai<sup>1</sup>, Kunihiko Kato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

<sup>2</sup>Tổ chức Nghiên cứu nông nghiệp và thực phẩm Nhật Bản

Ngày nhận bài 16/1/2018; ngày chuyển phản biện 22/1/2018; ngày nhận phản biện 26/2/2018; ngày chấp nhận đăng 28/2/2018

## Tóm tắt:

Đá nhân tạo là một sản phẩm của công nghệ tái chế các chai, lọ thủy tinh tại Nhật Bản, có đặc tính không sinh ra chất độc hại, không ăn mòn, thân thiện với môi trường và được ứng dụng nhiều trong các công trình tại Nhật như trồng cây xanh, các công trình nông nghiệp, xây dựng... Bài báo trình bày kết quả đánh giá khả năng xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước bằng đá nhân tạo. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, đá nhân tạo có khả năng hấp phụ tốt ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong môi trường nước. Khả năng hấp phụ tối đa của vật liệu là 5 mg/g với thời gian tiếp xúc khoảng 15 phút. Bên cạnh đó, vật liệu này còn hấp phụ ion  $\text{H}^+$  trong dung dịch nên có khả năng đưa môi trường axit ( $\text{pH} < 7$ ) về môi trường trung tính ( $\text{pH} = 7$ ).

**Từ khóa:** Đá nhân tạo, kim loại nặng, Niken, vật liệu thân thiện với môi trường, xử lý nước.

**Chỉ số phân loại:** 2.7

## **Đặt vấn đề**

Ô nhiễm môi trường nước là một thách thức lớn đối với sự tồn tại và phát triển của nhân loại. Việc khai thác tài nguyên nước hợp lý phục vụ phát triển kinh tế, cũng như cung cấp nước sạch để đáp ứng nhu cầu sinh hoạt của con người ngày càng trở nên cấp thiết. Theo Tổ chức Y tế thế giới, hơn 80% bệnh tật của con người là do nguồn nước và môi trường không đảm bảo [1, 2]. Các chất ô nhiễm chủ yếu bao gồm kim loại nặng, vi sinh vật, phân bón, và các hợp chất độc hại. Trong đó, Niken ( $\text{Ni}^{2+}$ ) được xem là một trong những kim loại nguy hiểm, được đưa vào danh sách các chất gây ô nhiễm mức cao của Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) [3]. Ở nồng độ cao,  $\text{Ni}^{2+}$  gây nên ung thư phổi, mũi và xương, một số dấu hiệu về ngộ độc cấp tính do  $\text{Ni}^{2+}$  gây ra như nhức đầu, chóng mặt, buồn nôn, nôn mửa, đau ngực, ho khan, hô hấp nhanh, da tím tái và suy nhược [4, 5]. Do đó, việc giảm hàm lượng ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước thải về ngưỡng cho phép trước khi xả ra môi trường tự nhiên là một trong những yêu cầu bắt buộc. Các phương pháp loại bỏ  $\text{Ni}^{2+}$  từ nước thải bao gồm kết tủa hóa học, trao đổi ion, lọc, hóa học, điện phân và hấp phụ [6]; trong đó hấp phụ là giải pháp đầy hứa hẹn để xử lý các kim loại nặng tồn tại trong môi trường nước. Đặc biệt, trong những năm gần đây, việc chế tạo và ứng dụng những loại vật liệu hấp phụ

mới để xử lý môi trường đang rất được quan tâm, cần có những nghiên cứu cụ thể, sâu rộng hơn.

Đá nhân tạo là sản phẩm được tái chế từ các chai, lọ thủy tinh đã qua sử dụng, với cấu trúc có nhiều lỗ khí nên vật liệu này có đặc tính thông khí và thoát nước tốt. Ngoài ra, đặc điểm ưu việt nhất của đá nhân tạo chính là trọng lượng siêu



Hình 1. Đá nhân tạo.

\*Tác giả liên hệ: Email: letxthuy@gmail.com

# Evaluating the possibility of removing $\text{Ni}^{2+}$ ion from aqueous solution by artificial stone

Thi Xuan Thuy Le<sup>1\*</sup>, Thi Suong Le<sup>1</sup>,  
Thi Sao Mai Nguyen<sup>1</sup>, Kunihiko Kato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Science and Technology, The University of Da Nang

<sup>2</sup>NARO Tohoku Agricultural Research Center

Received 16 January 2018; accepted 28 February 2018

## Abstract:

Artificial stone is the product created from the recycling technology of glass bottles and jars in Japan with its non-toxic, non-corrosive properties, so this product is considered an environmentally friendly product and used in many projects in Japan such as planting trees, agricultural projects, construction, etc. The article presents the assessment results of removing  $\text{Ni}(\text{II})$  ion from aqueous solution using artificial stone. The research demonstrated that the  $\text{Ni}(\text{II})$  ion adsorption capacity of artificial stone in aqueous solution was very high with 5 mg/g in 15-minute contact time condition. In addition, artificial stone was also capable of increasing pH value from the acid medium ( $\text{pH} < 7$ ) to the neutral medium ( $\text{pH} = 7$ ).

**Keywords:** Artificial stone, environmentally friendly materials, heavy metals, Nickel, water treatment.

**Classification number:** 2.7

nhẹ và có thể nổi trên mặt nước. Với đặc điểm này, đá nhân tạo được đánh giá cao về giá trị sử dụng khi đưa vào ứng dụng trong nhiều lĩnh vực tại Nhật Bản như các công trình xây dựng công cộng hay công trình nông nghiệp và xử lý môi trường... nhưng ở Việt Nam còn khá mới mẻ và chưa từng được nghiên cứu. Do đó, chúng tôi tiến hành nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước bằng đá nhân tạo.

## Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### Đối tượng nghiên cứu

- Mẫu nước chứa ion  $\text{Ni}^{2+}$ .
- Đá nhân tạo (tỷ trọng khô: 0,4 ~ 0,5; hệ số thấm nước:

$3 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10 \text{ cm/s}$ ).

## Phương pháp nghiên cứu

### Hóa chất và thuốc thử:

Đá nhân tạo sử dụng trong nghiên cứu được sản xuất bởi Công ty Trim, Nhật Bản (hình 1). Các hóa chất khác bao gồm nước cất, dung dịch  $\text{NiSO}_4$  250 mg/l, dung dịch NaOH 1 M, dung dịch NaOH 10%, dimethyl glyoxin 1%, dung dịch  $\text{I}_2$  0,05 M, dung dịch HCl 0,1 M được điều chế trong phòng thí nghiệm.

Chuẩn bị dung dịch  $\text{Ni}^{2+}$  250 mg/l: Hòa tan 0,6567 g  $\text{NiSO}_4$  vào 1000 ml nước cất, nhỏ 3-4 giọt HCl đậm đặc nhằm ổn định ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong dung dịch.

Chuẩn bị dung dịch dimethyl glyoxin 1%: Hòa tan 1 g dimethyl glyoxin vào 100 ml dung dịch NaOH 5%.

Chuẩn bị dung dịch  $\text{I}_2$  0,05 M: Hòa tan 3,175 g  $\text{I}_2$  và 9,525 g KI vào 250 ml nước cất. Dung dịch  $\text{I}_2$  được bảo quản trong chai sẫm màu.

*Nội dung thí nghiệm xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước của đá nhân tạo:*

Khả năng hấp phụ ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được nghiên cứu dựa trên việc khảo sát các thông số khác nhau như thời gian tiếp xúc, nồng độ kim loại, pH và lượng vật liệu, thể tích mẫu dung dịch. Trong đó, thời gian tiếp xúc được khảo sát từ 5 phút đến 360 phút; nồng độ kim loại được khảo sát tăng dần từ 1 mg/l đến 250 mg/l; giá trị pH được thay đổi từ 1 đến 10 (được điều chỉnh bằng dung dịch HCl đậm đặc và NaOH 10%); lượng đá nhân tạo được khảo sát từ 5 g đến 40 g và thể tích mẫu được khảo sát tăng từ 25-250 ml. Khi tiến hành khảo sát thông số nào thì các giá trị của thông số đó được điều chỉnh thay đổi, còn các thông số khác giữ cố định. Sau khi hấp phụ, đá nhân tạo được lọc để lấy ra khỏi mẫu nước thí nghiệm. Nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  còn lại trong dung dịch được xác định bằng máy AAS.

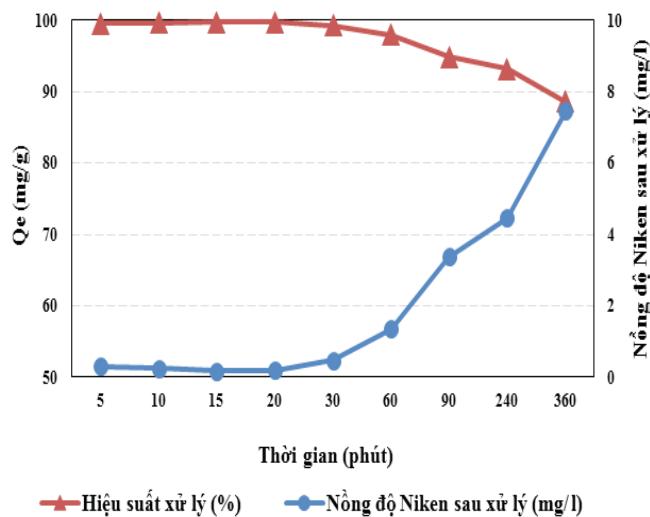
Hiệu suất (E%) và lượng  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi hấp phụ ( $Q_e$ ) được xác định theo công thức:

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100(\%); \quad Q_e = (C_o - C_e) \cdot V$$

Trong đó, E là hiệu suất của quá trình hấp phụ (%);  $C_o$  là nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  ban đầu (mg/l);  $C_e$  là nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi hấp phụ (mg/l);  $Q_e$  là lượng  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi hấp phụ (mg); V là thể tích của dung dịch (l).

## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

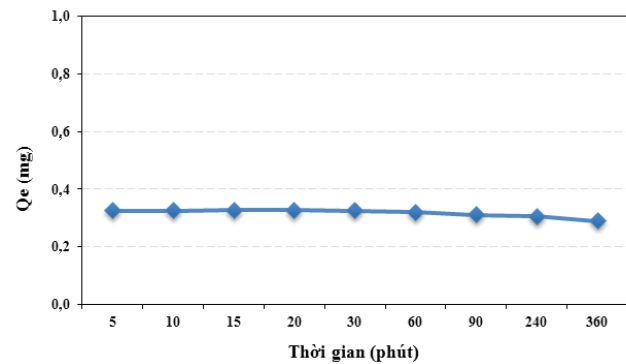


Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  ban đầu là 65 mg/l, thời gian tiếp xúc được khảo sát từ 5 phút đến 360 phút (hình 2).

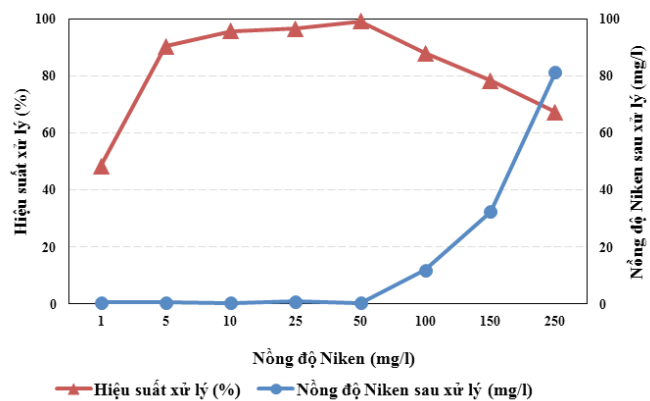
Khi tăng thời gian tiếp xúc từ 5 đến 360 phút thì khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo giảm, trong khoảng thời gian tiếp xúc từ 5 đến 30 phút, hiệu suất xử lý  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo tăng dần và đạt đến trạng thái gần như bão hòa, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  giảm xuống 0,5 mg/l. Nhưng khi tiếp tục tăng thời gian từ 60 đến 360 phút, đường biểu diễn hiệu suất có xu hướng giảm xuống, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  tăng từ 1,359 đến 7,454 mg/l. Tại mốc thời gian tiếp xúc là 15 phút, hiệu suất xử lý  $\text{Ni}^{2+}$  cao nhất (99,72%). Do vậy, các thông số tiếp theo được khảo sát ở thời gian hấp phụ là 15 phút.

Ngoài ra, một trong những ưu điểm khi sử dụng đá nhân tạo là khả năng hấp phụ  $\text{H}^+$  giúp điều chỉnh pH trong dung dịch. Khi vật liệu tiếp xúc với mẫu nước có giá trị pH ban đầu là 4, mẫu nước sau xử lý có xu hướng tăng pH lên và đạt giá trị là 7. Vì vậy, đây là một trong những cơ sở góp phần nâng cao hiệu suất xử lý của đá nhân tạo mà không cần sử dụng hóa chất để nâng giá trị pH đối với những loại nước thải có tính axit, đồng thời cũng làm giảm lượng bùn thải sau xử lý. Cũng tương tự như đường biểu diễn hiệu suất xử lý, đường biểu diễn lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có xu hướng giảm nhẹ khi tăng thời gian tiếp xúc của vật liệu (hình 3).



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

### Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu



Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ đầu vào đến hiệu suất xử lý.

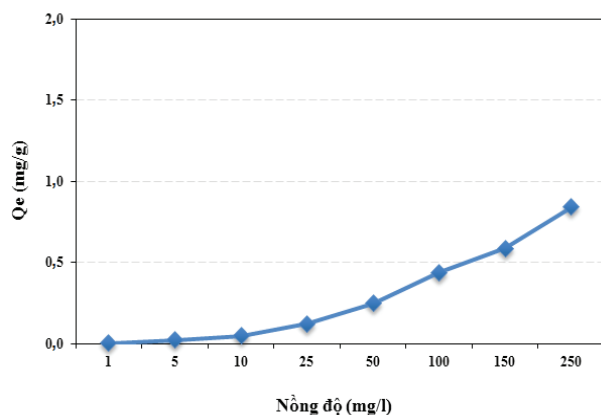
Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng nồng độ đầu vào đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, thời gian tiếp xúc 15 phút. Nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  được thay đổi từ 1 đến 250 mg/l (hình 4).

Khi tăng nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  từ 1 đến 250 mg/l thì hiệu suất xử lý  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo thay đổi rõ rệt. Ở nồng độ 1 mg/l hiệu suất xử lý Niken thấp nhất, chỉ đạt 48,47%. Khi tăng nồng độ từ 5 đến 50 mg/l thì hiệu suất tăng từ 90,52 đến 99,22%, tuy nhiên khi tiếp tăng nồng độ lên đến 250 mg/l thì hiệu suất xử lý có xu hướng giảm. Sự thay đổi lên xuống của đường biểu diễn nồng độ có thể được giải thích như sau: Tại mốc thời gian tiếp xúc 15 phút chỉ mới là mốc thời gian phù hợp để đá nhân tạo hấp phụ vừa đủ các ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong các khoảng nồng độ từ 5 đến 50 mg/l, nhưng nó lại vượt quá ngưỡng thời gian bão hòa của vật liệu khi tiếp xúc mẫu nước chứa ion  $\text{Ni}^{2+}$  với nồng độ 1 mg/l. Còn trong khoảng nồng độ từ 100 đến 250 mg/l, hiệu suất xử lý giảm có thể do thời gian tiếp xúc chưa đủ hoặc nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  quá lớn trong



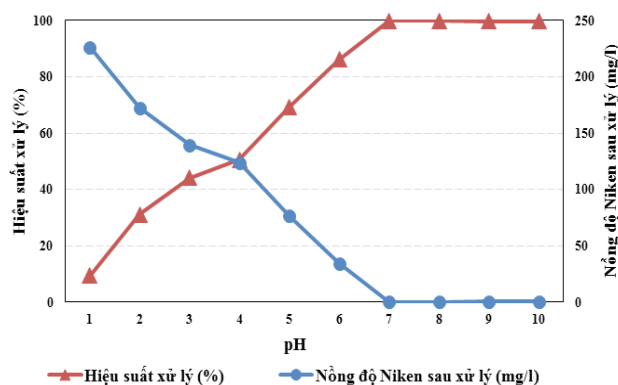
khi đó lượng vật liệu sử dụng còn ít.

Bên cạnh đó, đường biểu diễn lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có xu hướng tăng dần khi tăng nồng độ. Mặc dù hiệu suất xử lý đạt cao nhất ở nồng độ 50 mg/l (99,22%) nhưng dựa vào biểu đồ biểu diễn sự hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  trên 1 g vật liệu thì cho thấy khi tăng nồng độ lên thì khả năng hấp phụ của đá nhân tạo tăng lên rõ rệt và đạt mức cao nhất ở nồng độ 250 mg/l (hình 5). Do vậy, nồng độ 250 mg/l được chọn để khảo sát tiếp các thông số sau.



Hình 5. Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

#### Ảnh hưởng của pH



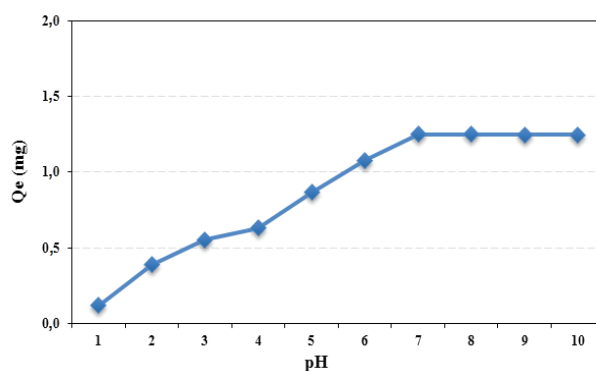
Hình 6. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của pH đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc là 15 phút, khoảng pH được khảo sát dao động từ 1 đến 10 (hình 6).

Khi tăng giá trị pH thì nồng độ Niken sau xử lý giảm, hiệu suất xử lý tăng, ứng với khoảng pH từ 1 đến 6 nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau xử lý giảm từ 226,231 xuống 34,145 mg/l, hiệu suất tăng từ 9,47 lên 86,23% và bắt đầu từ pH 7 đến 10, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau xử lý có giá trị nhỏ hơn 0,7 mg/l, hiệu suất

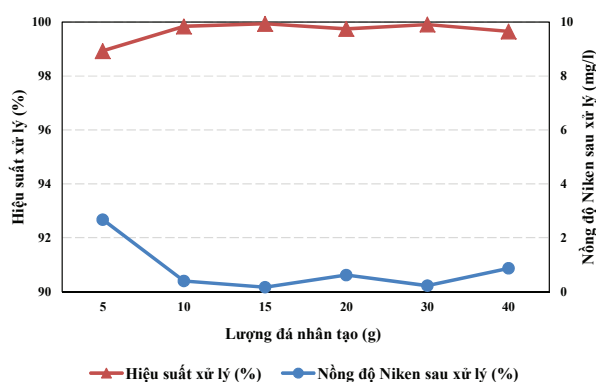
xử lý trong trường hợp này có thay đổi nhưng không đáng kể, đều đạt trên 99%. Ở môi trường pH > 7 sự có mặt của nhóm hydroxit dẫn đến hiện tượng kết tủa  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , đối với môi trường có pH < 7 thì các ion  $\text{Ni}^{2+}$  tan trong dung dịch, bền vững hơn so với môi trường pH > 7. Căn cứ kết quả thu được, pH từ 7 đến 10 là khoảng tối ưu cho các thí nghiệm còn lại. Tuy nhiên để hạn chế việc sử dụng hóa chất cũng như tiết kiệm chi phí đầu tư hóa chất trong việc điều chỉnh pH, đồng thời để phát huy tối đa hiệu quả sử dụng vật liệu, pH = 7 được chọn để khảo sát các thông số tiếp theo.

Đường biểu diễn lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo tương đồng với đường biểu diễn hiệu suất xử lý Niken. Khi thay đổi các giá trị pH từ 1 đến 6, lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có sự thay đổi rõ ràng, tuy nhiên khi tiếp tục nâng giá trị pH từ 7 đến 10 có thay đổi nhưng không đáng kể (hình 7).



Hình 7. Ảnh hưởng của pH đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

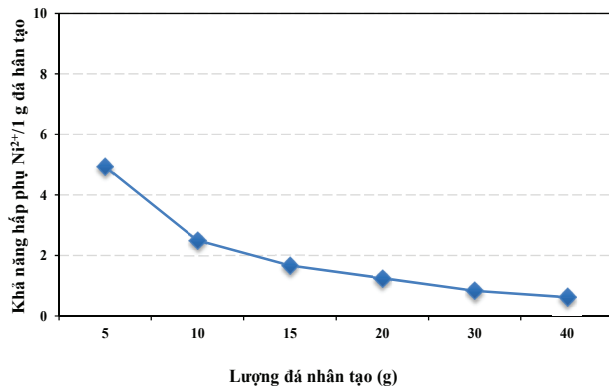
#### Ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo



Hình 8. Ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo đến hiệu suất xử lý.

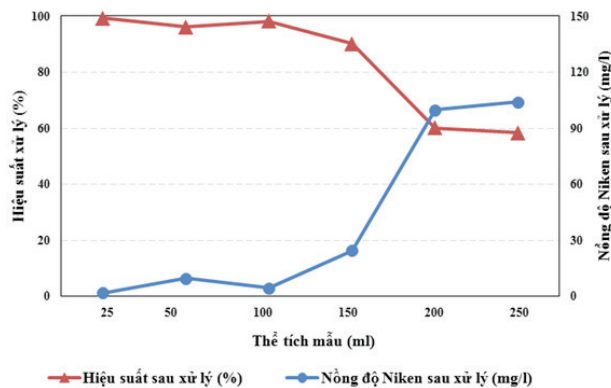
Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  được thực hiện bằng cách cho đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc từ 15 phút, khối lượng vật liệu được khảo sát thay đổi từ 5 đến 40 g (hình 8).

Kết quả trên hình 8 cho thấy, ứng với 5 g đá nhân tạo, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi xử lý còn 2,675 mg/l, hiệu suất xử lý đạt 98,93%. Tiếp tục tăng lượng đá nhân tạo lên đến 40 g thì hiệu suất xử lý không thay đổi nhiều, đều đạt trên 99%, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau xử lý dao động trong khoảng từ 0,164-0,869 mg/l. Ngược lại với đường biểu diễn hiệu suất, đường biểu diễn ảnh hưởng của khối lượng đến khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$ /1 g đá nhân tạo có sự thay đổi rõ ràng, có xu hướng giảm dần khi tăng dần khối lượng (hình 9).



Hình 9. Ảnh hưởng của khối lượng đến khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  trên 1 g đá nhân tạo.

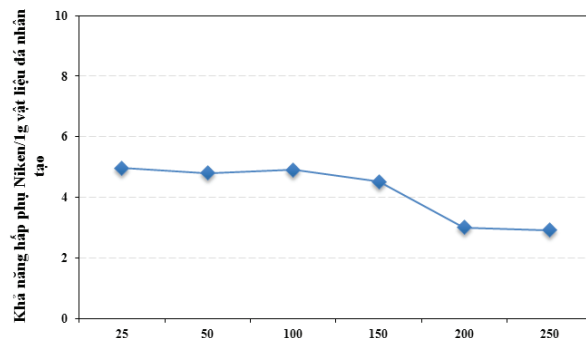
#### Ảnh hưởng của thể tích mẫu



Hình 10. Ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thể tích mẫu dung dịch đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 5 g đá nhân tạo vào các mẫu dung dịch có pH = 7, nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc là 15 phút, thể tích mẫu khảo sát dao động từ 25 đến 250 ml (hình 10).

Khi tăng thể tích mẫu nước chứa ion  $\text{Ni}^{2+}$  từ 25 đến 250 ml thì hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  có xu hướng giảm xuống, từ 99,24 xuống 58,36%, nồng độ còn lại sau khi xử lý dao động từ 1,898 đến 104,104 mg/l. Cùng với đó, đường biểu diễn sự ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có chiều hướng thay đổi giống với đường biểu diễn hiệu suất (hình 11).



Hình 11. Ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

#### Kết luận

Để loại bỏ các chất ô nhiễm ra khỏi nước cần phải áp dụng các công nghệ xử lý nước. Tuy nhiên, khi áp dụng bất kỳ một công nghệ nào cũng bị chi phối bởi hai yếu tố chính, đó là kinh tế và hiệu suất xử lý. Bên cạnh đó, để tránh các phát sinh thêm chi phí xử lý môi trường trong quá trình vận hành, các cơ sở sản xuất, doanh nghiệp còn quan tâm đến lượng bùn thải ra trong quá trình xử lý, lượng bùn cặn ít hay nhiều lại tùy thuộc vào từng công nghệ xử lý. Vì vậy, việc tư vấn giới thiệu các vật liệu đồng thời đảm bảo các yếu tố trên là rất cần thiết. Nghiên cứu này giới thiệu một vật liệu thân thiện với môi trường - một sản phẩm được tạo thành từ việc tái chế các loại chai, lọ thủy tinh. Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong nghiên cứu này chứng minh được đá nhân tạo đã góp phần loại bỏ ion  $\text{Ni}^{2+}$  ra khỏi môi trường nước, đồng thời nhờ khả năng hấp phụ ion  $\text{H}^+$  trong nước nên vật liệu này có khả năng đưa môi trường nước từ axit về trung tính, khả năng hấp thụ ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo phụ thuộc chặt chẽ vào các thông số như thời gian tiếp xúc, nồng độ ion kim loại  $\text{Ni}^{2+}$  ban đầu, pH, lượng đá nhân tạo cần dùng, và thể tích mẫu nước, nhưng nhìn chung vật liệu đá nhân tạo này có khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  tối đa là 5 mg/g.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] World Health Organization - WHO (2011), *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed, ISBN 978 92 4 154815 1.
- [2] R. Desjardins (1997), *Le Traitement Des Eaux*, 2nd ed., Ecole Polytechnique de Montreal: Montreal, QC, Canada, p.304.
- [3] B. Volesky (2001), "Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century", *Hydrometallurgy*, **59**, pp.203-216.
- [4] K. Kadirvelu\*, K. Thamaraiselvi, C. Namasivayam (2001), "Adsorption of nickel(II) from aqueous solution onto activated carbon prepared from coirpith", *Separation and Purification Technology*, **24**, pp.497-505
- [5] P. Parker (1980), *Encyclopedia of Environmental Sciences*, 2nd ed, McGraw Hill, New York.
- [6] J.D. Dean, F.L. Bosqui, K.H. Lanouette (1972), "Removing heavy metals from waste water", *Environ. Sci. Technol.*, **6**(6), pp.518-522

# Nghiên cứu chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl

Nguyễn Thị Hồng Hà<sup>1,2\*</sup>, Trần Thị Mai<sup>1</sup>, Lê Khánh Linh<sup>3</sup>, Nguyễn Thị Xuân Sâm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch*

<sup>2</sup>*Trường Đại học Bách khoa Hà Nội*

<sup>3</sup>*Trường THPT chuyên đại học sư phạm*

Ngày nhận bài 1/3/2018; ngày chuyển phân biên 6/3/2018; ngày nhận phân biên 16/4/2018; ngày chấp nhận đăng 23/4/2018

## Tóm tắt:

Gellan là một polysaccharit dị thể ngoại bào, được sản xuất bằng quá trình lên men chìm, sục khí bởi vi khuẩn *Sphingomonas paucimobilis*. Gellan với những hàm lượng acyl khác nhau sẽ cho ra những gel có tính chất khác nhau. Gellan tự nhiên cho ra gel mềm, đàn hồi, còn gellan khử acyl cho ra gel chắc, giòn. Nhờ tính chất của mỗi loại gellan mà nó được ứng dụng trong chế biến thực phẩm hay dùng tạo màng bao bảo quản quả tươi. Mục đích của nghiên cứu này là tạo được gellan khử acyl từ gellan để tăng khả năng ứng dụng của sản phẩm. Theo đó dịch nổi đã loại xác tế bào chứa gellan được khử nhóm acyl bằng cách điều chỉnh dịch lên men lên pH 10 bằng NaOH 2M, giữ ở 80°C trong vòng 10 phút, sau đó hạ pH về 7 bằng axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M (hoặc HCl). Gellan khử acyl trong dịch được kết tủa bởi ethanol 95% với tỷ lệ dịch:ethanol = 1:2 (v/v). Hiệu suất thu hồi đạt 85,6%, mức độ khử acyl đạt 86%. Kết tủa gellan khử acyl được sấy khô tạo chế phẩm dạng bột và được đóng trong túi Al/PE có thể bảo quản tại nhiệt độ phòng, tránh ánh sáng trực tiếp. Chế phẩm gellan khử acyl có độ ẩm 6,47%, hàm lượng tro 7,54%, pH 7, độ bền gel 437 g/cm<sup>2</sup>, nhiệt độ bắt đầu tạo gel  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ , cho gel cứng và giòn.

**Từ khóa:** Gellan, gellan khử acyl, mức độ deacyl, *Sphingomonas paucimobilis*.

**Chỉ số phân loại:** 2.8

## Mở đầu

Một số nghiên cứu cho thấy, gellan khử acyl tạo gel có đặc tính đông kết tương tự như agar và là tác nhân làm đông vượt trội với độ trong suốt cao, tạo gel giòn ở nồng độ thấp hơn nhiều so với thạch agar và có thể được ứng dụng để làm các loại thạch. Gellan khử acyl khi được tạo thành ở dạng gel lỏng có cấu trúc gel yếu, có thể giữ các tiểu phần ở trạng thái lơ lửng mà không làm thay đổi độ nhớt, dính của dung dịch. Nó được ứng dụng trong sản xuất đồ uống trái cây và bánh kẹo dẻo; cung cấp chất tạo gel cho nước giải khát với vị như của gelatin. Khi thêm gellan sẽ làm tăng nhiệt độ nóng chảy, giúp cho gel mềm, ngon ngọt, mọng nước nhưng lại không tan chảy và mất hình dạng của nó, đồng thời tạo trực quan tốt. Nhờ đặc tính ổn định trong môi trường axit nên gellan khử acyl rất có lợi thế ứng dụng trong sản xuất nước giải khát [1-4].

Gellan có cấu trúc hóa học của một hợp chất polysaccharide với đơn vị monomer là một tetrasaccharide mạch thẳng [ $\rightarrow 3$ ]- $\beta$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-Glc(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-Rha-(1 $\rightarrow$ )]<sub>n</sub>, trong đó có hai gốc D-glucopyranose (Glc), một gốc D-glucuronic acid (GlcA) và một gốc L-rhamnose (Rha) [5, 6]. Ngoài cấu trúc polymer của tetrasaccharide, gellan còn có các nhóm thế O-acetyl và O-glyceryl tại vị trí số 5 và số 2 của đơn vị đường glucose đầu chuỗi tetrasaccharide (gốc đường Glc ở liên kết [ $\rightarrow 3$ ]- $\beta$ -D-Glc-...]). Như vậy, trung bình cứ 2 phân tử glucose thì sẽ có 1 phân tử có gắn thêm nhóm acetate và glycerate, khối lượng phân tử của gellan vào khoảng 1-2x10<sup>6</sup> Da [7, 8].

Cấu trúc hóa học cho thấy gellan là một polysaccharide khá bền vững. Vì vậy, thông thường phản ứng deacyl hóa (ĐĐA) thành gellan khử acyl diễn ra trong môi trường kiềm, nhiệt độ 90-95°C, thời gian phản ứng khoảng 10 phút [9, 10]. Dựa vào khả năng ĐĐA mà thu được gellan khử acyl có mức độ deacyl khác nhau. Gellan khử acyl có khối lượng phân tử khoảng 2-3x10<sup>5</sup> Da [7, 8]. Mức độ acyl hóa của gellan quyết định khả năng ứng dụng của nó. Gellan có độ acyl hóa cao cho ra gel mềm, đàn hồi và với tính chất tạo vi màng, trong và ngăn cản sự tiếp xúc của oxy với sản phẩm, gellan được coi là chất lý tưởng sử dụng trong tạo màng bao gói ăn được. Màng gellan được sử dụng như là một lớp mỏng bao trên quả và do có khả năng hấp thụ một lượng lớn nước nên có thể giữ được độ tươi và chất lượng sản phẩm quả cũng như quả cắt lát, cải thiện kết cấu và các đặc tính cơ học, ngăn ngừa sự mất hương, cũng như giảm một số bệnh ở một số loại quả [11, 12]. Quá trình khử acyl đã tạo ra dạng gel cứng, giòn và có khả năng hình thành gel hồi phục nhiệt khi đun nóng và làm lạnh do sự vắng mặt của nhiều nhóm acetyl và glyceryl, nó được ứng dụng trong chế biến thực phẩm [1, 4, 13]. Mục đích của nghiên cứu này là xây dựng quy trình chuyển hóa và thu nhận gellan khử acyl, xác định các điều kiện bảo quản và đánh giá chất lượng sản phẩm.

## Vật liệu và phương pháp

**Dịch lên men chứa gellan:** Được thu nhận theo Nguyễn Thị Hồng Hà và cs (2017) [14].

**Các hóa chất:** NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M (hoặc HCl), ethanol 95%...

\*Tác giả liên hệ: Email: ngthongha77@gmail.com



# Study on the conversion of gellan into deacylated gellan

Thi Hong Ha Nguyen<sup>1,2\*</sup>, Thi Mai Tran<sup>1</sup>, Khanh Linh Le<sup>3</sup>,  
Thi Xuan Sam Nguyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Post Harvest Biotechnology, VIAEP

<sup>2</sup>Ha Noi University of Science and Technology

<sup>3</sup>Ha Noi University of Education High School of Gifted Student

Received 1 March 2018; accepted 23 April 2018

## Abstract:

Gellan, an exopolysaccharide, is produced by aerated and submerged fermentation using *Sphingomonas paucimobilis* bacteria strain. Gel made from gellan is characterised by variable properties which depend on the degree of acylation of gellan. Natural gellan (high acyl gellan) produces soft and elastic gel, whereas firm and crispy gel can be obtained from low acyl gellan. Depending on its characteristics, gellan can be used in either food processing or fruit preservation (e.g to produce preserving film). This study aims to produce deacylated gellan from natural gellan to increase the applicability of this product. Acyl component was cleaved from gellan by increasing the pH of fermentation medium to pH 10 using 2M NaOH. Reaction mixture was performed at 80°C for 10 minutes and neutralized to pH 7 using 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Deacylated gellan in aqueous solution was precipitated by 95% ethanol at a gellan solution/ethanol ratio of 1:2 (v/v). The recovery efficiency of deacylated gellan was 85.6%. The deacylated gellan was then dried, powdered, and packed in an Al/PE bag which can be stored at room temperature, but avoiding direct exposure to the sun light. Deacylated gellan was characterised by moisture content of 6.47%, ash content of 7.54%, pH of 7, gel strength of 437 g/cm<sup>2</sup>. This gellan product gave hard and crispy gel with the gel point temperature at 35°C above.

**Keywords:** Deacylated gellan, degree of deacylation, gellan, *Sphingomonas paucimobilis*.

**Classification number:** 2.8

**Xác định hàm lượng gellan khử acyl bằng phương pháp đo quang:** Gellan được xác định bằng phương pháp đo độ hấp thụ ở bước sóng  $\lambda = 455$  nm dựa vào cường độ màu vàng tạo ra khi gellan khử acyl phản ứng với thionine trong sự có mặt của axit sulphuric đặc và cystein-HCl. Hàm lượng gellan khử acyl trong mẫu được tính toán dựa trên đường chuẩn gellan khử acyl [15].

**Xác định mức độ ĐĐA của gellan khử acyl**

Sử dụng phương pháp tương tự của Baxter và cs (1992)

[16]. Phương pháp phân tích phổ IR được sử dụng để chụp phổ hồng ngoại của các mẫu gellan trước và sau khử acyl. Dựa trên các phổ đồ nhận được của các mẫu gellan để đánh giá sự có mặt của nhóm chức, từ đó có thể tính toán được mức độ ĐĐA của các mẫu gellan. Trong nghiên cứu này, các mẫu gellan khác nhau được sấy khô, nghiền nhỏ và được trộn đều cùng với KBr, ép thành viên mỏng rồi được đo quang phổ IR. Phương pháp này được thực hiện trên thiết bị FT-IR Spectrum Two (Mỹ) tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam.

Mức độ ĐĐA của mẫu được tính theo công thức sau:

$$\text{ĐĐA} = 100 - \frac{h_{1720}}{h_{3400}} \times a$$

Trong đó:  $h_{1720}$  và  $h_{3400}$  là chiều cao các đỉnh phổ tại băng sóng 1720 và 3400 cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho các nhóm carbonyl và nhóm -OH trong phân tử gellan, a là hệ số thực nghiệm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần (n = 3) và đánh giá kết quả ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$ .

**Xác định cấu trúc gellan khử acyl bằng cộng hưởng từ hạt nhân (NMR)** [17]

Gellan khử acyl thu nhận từ lên men chủng *S. paucimobilis* GL12 được phân tích bằng phương pháp NMR tại Viện Hóa học (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam) trên máy khối phổ Bruker Avance 500 MHz (Đức) ở 25°C. Dung dịch gellan khử acyl 1% trong D<sub>2</sub>O (các ống có đường kính ngoài 5 mm) được thực hiện cho phân tích phổ cộng hưởng từ hạt nhân 1 chiều (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C) và 2 chiều (COSY, HSQC, HMBC). Phổ <sup>1</sup>H chấp nhận tín hiệu nhiễu để tìm kiếm tỷ lệ acetate và glycerate trong 100 lần quét (khoảng 5 phút). Dữ liệu được phân tích nhờ phần mềm Felix 95.0 (Molecular Simulations, San Diego, Calif.). Mức độ thay thế acyl trong gellan được tìm kiếm trong khu vực độ chuyển dịch hóa học  $\delta_H$  2,60±0,1 (CH<sub>3</sub> trong nhóm acetate),  $\delta_H$  1,75±0,1 (CH<sub>3</sub> trong Rha) và so sánh tỷ lệ tích phân của các tín hiệu này.

**Xác định các điều kiện chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl**

Gellan được chuyển hóa thành gellan khử acyl theo phương pháp của Kang và cs [18] và West và cs [10] có cải tiến. Mỗi phương án thử nghiệm được tiến hành với 10 lít dịch lên men gellan đã loại xác tế bào.

**Xác định pH thích hợp:** Điều chỉnh pH của dịch lên men gellan bằng NaOH 2M đạt 4 mốc pH: 8, 9, 10 và 11. Nâng dịch lên 80°C trong 8 phút, làm nguội và điều chỉnh pH các mẫu xuống 7,0 bằng dung dịch HCl (ủ trong 10 phút). Ethanol 95% được thêm vào dịch với tỷ lệ dịch:ethanol là 1:2, đảo đều, kết tủa gellan khử acyl ở nhiệt độ phòng trong 10 giờ. Tiến hành ly tâm 4500 vòng/phút trong 15 phút, loại bỏ dịch nổi, thu kết tủa. Tủa được sấy đối lưu ở 80°C, sau 24 giờ thu được sản phẩm gellan khử acyl đem đi nghiền thành bột và đánh giá mức độ ĐĐA của các mẫu.

**Xác định thời gian ĐĐA của gellan:** Thử nghiệm ĐĐA

gellan được tiến hành như trên với các khoảng thời gian phản ứng thay đổi từ 4, 6, 8, 10 đến 12 phút. Sau đó tiến hành đánh giá mức độ ĐĐA của chế phẩm gellan nghiên cứu.

**Xác định tỷ lệ dịch:ethanol cho kết tủa gellan khử acyl theo Fialho và cs (1999) [17]:** Dịch nổi chứa gellan khử acyl được bổ sung với các tỷ lệ dịch lên men:ethanol 95% là 2:1, 1:1, 1:2 và 1:3 (v/v). Quá trình tủa được để 10 giờ, sau đó tiến hành ly tâm ở 4500 vòng trong 15 phút, thu tủa gellan khử acyl. Xác định hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.

#### Xác định điều kiện sấy chế phẩm

Dịch tủa thu được từ 10 lít dịch lên men được sấy đổi lưu thu chế phẩm dạng bột với nhiệt độ của tác nhân sấy biến thiên từ 60 đến 100°C. Thời gian sấy được khảo sát từ 12 đến 28 giờ. Độ dày lớp vật liệu sấy thay đổi từ 4 đến 8 cm. Dàn đều chế phẩm, dùng que sắt nhọn kẻ thành các ô vuông có cạnh 1,5 cm, khi bề mặt khối sấy khô se tiến hành đảo để khối ô vuông gellan rời ra, rồi dàn đều, sau đó cứ 2 giờ lặp lại 1 lần. Sau 24 giờ thu sản phẩm gellan khử acyl đem đi nghiền thành bột, rồi đóng trong bao bì. Sau mỗi thí nghiệm, xác định lượng gellan khử acyl thu được để đánh giá hiệu suất thu hồi.

#### Xác định điều kiện bảo quản chế phẩm

Chế phẩm gellan được đóng túi trong màng Al/PE, được bảo quản ở điều kiện nhiệt độ  $4\pm1^\circ\text{C}$  và nhiệt độ phòng. Sau các khoảng thời gian 1, 3 và 6 tháng mẫu được lấy đi đánh giá các chỉ tiêu hóa lý và an toàn thực phẩm.

#### Phân tích các chỉ tiêu chất lượng của gellan khử acyl

Xác định độ nhớt trên nhớt kế Brookfield model LVDV - II/P (Mỹ); xác định độ ẩm (%) theo AOAC 920.05; xác định hàm lượng tro (%) theo AOAC 930.30; xác định hàm lượng chì theo AOAC 999.11; xác định hàm lượng asen theo AOAC 986.15.

**Phương pháp xác định độ bền gel của gellan khử acyl:** Đặc tính cấu trúc gel của gellan khử acyl được xác định bằng máy phân tích cấu trúc Texture Analyzer TA.XT2 (Anh), tiến hành theo phương pháp của Mao và cs (2000) [13].

**Chuẩn bị gel:** Hòa tan 1% gellan khử acyl trong nước khử ion ở nhiệt độ phòng (khoảng  $22^\circ\text{C}$ ), sau đó tiến hành đun dung dịch gellan đến nhiệt độ  $97-98^\circ\text{C}$ , giữ 1 phút.  $\text{CaCl}_2$  được thêm vào dung dịch để tạo gel ở nồng độ 30 mM. Dung dịch được khuấy trong 1 phút và đổ vào ống facol thể tích 50 ml. Gel được làm lạnh ở nhiệt độ  $15^\circ\text{C}$  trong 10 phút. Mẫu gel được duy trì ở nhiệt độ phòng (khoảng  $22^\circ\text{C}$ ) trong 24-28 giờ trước khi đo.

**Đo độ bền gel:** Gel lấy khỏi ống facol, được xác định bằng máy đo cấu trúc. Sử dụng đầu đo bằng có đường kính 15 mm, cố định đường đi của đầu đo đâm vào sản phẩm, lực nén lớn nhất làm vỡ gel (điểm phá vỡ) được gọi là độ bền gel - gel strength ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ). Thí nghiệm này được lặp lại 3 lần

cho mỗi phép đo [13, 19].

#### Kết quả thảo luận

##### Xác định các điều kiện chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl

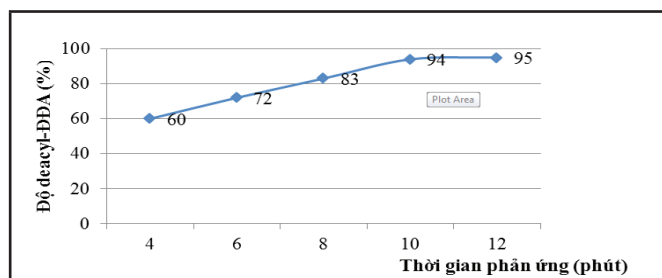
**Xác định pH chuyển hóa:** Khảo sát sự ảnh hưởng của pH đến mức độ ĐĐA của gellan cho thấy, pH (hay nồng độ kiềm) có ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ ĐĐA, cụ thể ở pH 10 sau 8 phút ở nhiệt độ  $80^\circ\text{C}$  cho ĐĐA đạt 82%, khi tăng pH lên 11 mức độ deacyl hầu như không đổi (bảng 1). Do vậy, pH 10 là thông số công nghệ được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

**Bảng 1. Ảnh hưởng của pH tới mức độ ĐĐA của gellan.**

| pH | Mức độ deacyl - ĐĐA (%) |
|----|-------------------------|
| 8  | Không xác định          |
| 9  | 65                      |
| 10 | 82                      |
| 11 | 84                      |

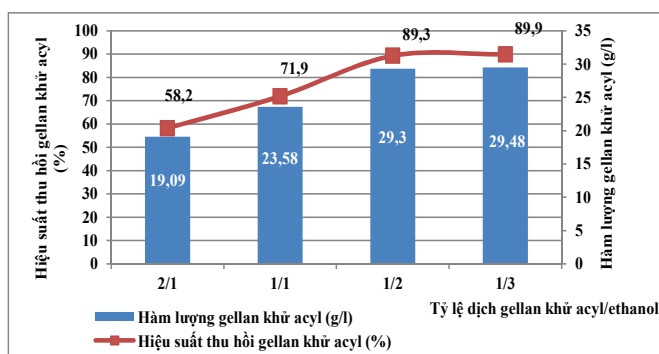
**Xác định thời gian chuyển hóa:** Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng cho thấy, tốc độ ĐĐA xảy ra khá nhanh ở khoảng 4 phút đầu của phản ứng, sau đó xảy ra chậm dần. Sau 10 phút, ĐĐA của gellan thay đổi hầu như không đáng kể. Nguyên nhân là do nồng độ NaOH giảm sau giai đoạn đầu của quá trình deacyl hóa. Một nguyên nhân khác là giai đoạn đầu quá trình deacyl xảy ra đối với các nhóm acyl trên bề mặt của gellan, chúng tiếp xúc trực tiếp với NaOH nên tốc độ xảy ra khá nhanh. Với các nhóm acyl bên trong rất khó tiếp xúc, đòi hỏi thời gian khuếch tán lâu hơn của NaOH vào lớp bên trong. Vì vậy, tốc độ phản ứng deacyl hóa xảy ra rất chậm. Ngoài ra, do gellan có mạch polyme dài, đan xen, cuộn xoắn che lấp các nhóm chức nên rất khó loại bỏ hoàn toàn nhóm acyl. Kết quả này cũng tương tự như quá trình deacyl của chitosan. Theo tác giả Đặng Xuân Dự (2015) [20], ở nồng độ NaOH 50%, đun nóng ở  $80^\circ\text{C}$  sau khoảng 3 giờ phản ứng đã thu được chitosan chỉ có ĐĐA bằng 83%.

Trong trường hợp này, pH dịch khử điều chỉnh pH 10, sau 10 phút phản ứng ở  $80^\circ\text{C}$ , gellan khử acyl thu được có ĐĐA bằng 86% (hình 1).



**Hình 1. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến mức độ ĐĐA của gellan.**

**Kết tủa gellan khử acyl bằng ethanol:** Ethanol được lựa chọn để kết tủa gellan khử acyl. Để hiệu suất thu hồi gellan khử acyl cao nhất và tiết kiệm chi phí sản xuất, chúng tôi đã nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ dịch lên men gellan khử acyl/ethanol đến khả năng thu hồi gellan khử acyl. Dịch lên men đã qua bước deacyl được bổ sung ethanol theo các tỷ lệ dịch:ethanol là 2:1, 1:1, 1:2 và 1:3, kết tủa để 10 giờ, sau đó đánh giá hàm lượng gellan khử acyl thu được.



**Hình 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ dịch gellan khử acyl/ethanol đến hiệu suất thu hồi.**

Kết quả hình 2 cho thấy, hiệu suất thu hồi gellan khử acyl tăng dần khi tăng lượng ethanol trong dịch và đạt ổn định khi tỷ lệ dịch khử acyl/ethanol là 1/2, hiệu suất thu hồi đạt 89,3%.

Một điều khác được nhận thấy khi thực hiện phản ứng deacyl gellan trong môi trường kiềm là không những gellan được chuyển hóa thành gellan khử acyl, mà lượng chất màu vàng carotenoid trong dịch lên men cũng được loại bỏ theo dịch nổi, do vậy tủa thu được có màu khá sáng chỉ sau một lần thu hồi bằng ethanol.

#### **Xác định điều kiện sấy chế phẩm**

Để sản phẩm gellan khử acyl dễ sử dụng, dễ bảo quản thì cần tạo chế phẩm gellan khử acyl dạng bột. Gellan có đặc tính là một polymer, dễ tiến hành sấy phun, sấy đông khô... cần bổ sung chất trợ sấy. Khi bổ sung chất trợ sấy sẽ ảnh hưởng đến cấu trúc tạo gel của chế phẩm. Đồng thời, khi sử dụng các phương pháp sấy trên đòi hỏi thiết bị đắt tiền, không phải cơ sở sản xuất nào cũng có. Phương pháp sấy đối lưu khắc phục được những nhược điểm trên và cũng đã được ứng dụng trong sấy nhiều polymer sinh học thực phẩm như: Xanthanum, alginate, pullulan... [21]. Trong sấy đối lưu có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất sấy như: Nhiệt độ sấy, tốc độ thổi khí, thời gian sấy, độ dày lớp sấy và kích thước vật liệu sấy... Trong thực nghiệm này, chúng tôi trình bày về ảnh hưởng của nhiệt độ sấy, thời gian sấy và độ dày lớp sấy ở cùng điều kiện sấy.

**Xác định nhiệt độ của tác nhân sấy:** Nhiệt độ sấy sản phẩm được khảo sát ở 5 mức khác nhau là 60, 70, 80, 90 và 100°C. Sau 24 giờ thu hồi sản phẩm.

**Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.**

| Nhiệt độ sấy (°C) | Gellan khử acyl |                       |
|-------------------|-----------------|-----------------------|
|                   | Độ ẩm (%)       | Hiệu suất thu hồi (%) |
| 60                | 12,6            | 75,7                  |
| 70                | 9,02            | 81,2                  |
| <b>80</b>         | <b>7,87</b>     | <b>83,3</b>           |
| 90                | 6,13            | 81,2                  |
| 100               | 6,01            | 72,8                  |

Kết quả bảng 2 cho thấy, nhiệt độ quá thấp hay quá cao đều có những tác động bất lợi cho quá trình sấy dịch tủa gellan khử acyl. Khi nhiệt độ không khí sấy là 60°C và 70°C thì độ ẩm các hạt vật liệu sấy vẫn còn khá cao, không đạt yêu cầu, sản phẩm bám nhiều vào dụng cụ sấy nên làm giảm hiệu suất thu hồi sản phẩm sau sấy. Khi nhiệt độ không khí sấy cao trên 90°C thì mặc dù đạt độ ẩm khá tốt nhưng làm cho một ít vật liệu sấy bị cháy, bám lên thành, sản phẩm sau sấy giảm mùi thơm và màu của khối hạt không đồng đều, đồng thời cũng làm giảm hiệu suất thu hồi sản phẩm sau sấy. Nhiệt độ không khí sấy 80°C là thích hợp nhất, khi đó hiệu suất thu hồi sản phẩm đạt 83,3%, độ ẩm 7,87%. Gellan khử acyl có màu trắng. Kết quả này cũng phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới cho thấy, đối với sấy gellan, nhiệt độ sấy tốt nhất là 80°C [22, 23].

**Ảnh hưởng thời gian sấy:** Trong quá trình sấy gellan khử acyl có thể dễ dàng nhận ra rằng, nhiệt độ và thời gian sấy có mối quan hệ qua lại với nhau, nhiệt độ càng thấp thì thời gian sấy sẽ càng lâu và ngược lại. Nhằm tiết kiệm được năng lượng dùng cho quá trình sấy, chúng tôi đã tiến hành khảo sát các thời gian sấy sản phẩm ở 12, 16, 20, 24 và 28 giờ. Kết quả về hiệu suất thu hồi sản phẩm và độ ẩm gellan khử acyl được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian sấy đến hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.**

| Thời gian sấy (giờ) | Gellan khử acyl |                       |
|---------------------|-----------------|-----------------------|
|                     | Độ ẩm (%)       | Hiệu suất thu hồi (%) |
| 12                  | 14,27           | 72,5                  |
| 16                  | 10,29           | 78,8                  |
| 20                  | 9,63            | 80,4                  |
| <b>24</b>           | <b>7,86</b>     | <b>83,6</b>           |
| 28                  | 6,85            | 83,4                  |

Thời gian sấy có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng sản phẩm sau sấy. Nếu kết thúc sấy sớm độ ẩm sản phẩm chưa đạt tối đa, nếu kết thúc muộn sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm cũng như làm tăng chi phí sản xuất. Kết quả ở bảng 3 cho thấy, độ ẩm của sản phẩm giảm dần theo thời gian sấy và đạt tối ưu sau 24 giờ, khi đó gellan có hiệu suất thu hồi sản phẩm là 83,6%, độ ẩm đạt 7,86%, kết quả này cũng phù hợp với kết quả của nhiều tác giả như Bajaj và cs (2007), Wang và cs (2006 và 2007) [1, 24, 25].



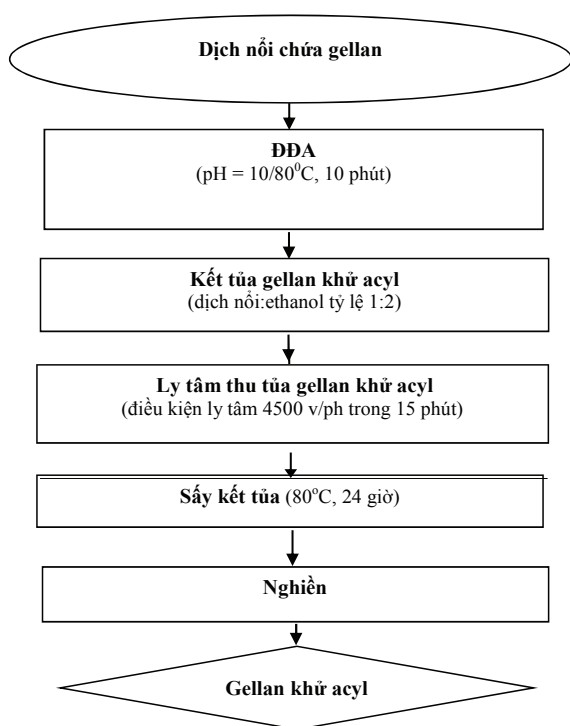
**Ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu sấy:** Độ dày lớp vật liệu sấy là một trong những yếu tố quan trọng của quá trình sấy sản phẩm. Độ dày quá lớn thì ở giữa khối ủ sẽ thiếu sự tiếp xúc với không khí, làm khô cục bộ ở bề mặt ngoài của khối sấy, còn nếu độ dày mỏng thì sẽ làm cháy vật liệu sấy, do đó ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sấy. Thí nghiệm được tiến hành với các độ dày lớp vật liệu sấy khác nhau từ 2,5 đến 10 cm, kết quả được thể hiện ở bảng 4.

**Bảng 4.** Ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu sấy đến hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.

| Độ dày lớp vật liệu sấy (cm) | Gellan khử acyl |                       |
|------------------------------|-----------------|-----------------------|
|                              | Độ ẩm (%)       | Hiệu suất thu hồi (%) |
| 2,5                          | 5,42            | 79,1                  |
| 5,0                          | 6,45            | 85,6                  |
| 7,5                          | 9,01            | 81,2                  |
| 10                           | 16,2            | 71,5                  |

Độ dày vật liệu sấy là 7,5 và 10 cm thì quá trình sấy kém, xảy ra khô cục bộ, độ ẩm của sản phẩm sau sấy cao, không đạt yêu cầu đối với chỉ tiêu sản phẩm sấy. Khi độ dày khối ủ là 2,5 cm, độ ẩm khối ủ đạt yêu cầu, nhưng xảy ra hiện tượng cháy bề mặt, làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sau sấy. Xét về mặt khoa học và kinh tế, độ dày khối sấy 5 cm là thích hợp nhất cho công nghệ sấy gellan khử acyl.

Từ các kết quả nghiên cứu trên, chúng tôi đề xuất quy trình thu nhận gellan khử từ dịch lên men chủng *S. paucimobilis* GL12 như hình 3.



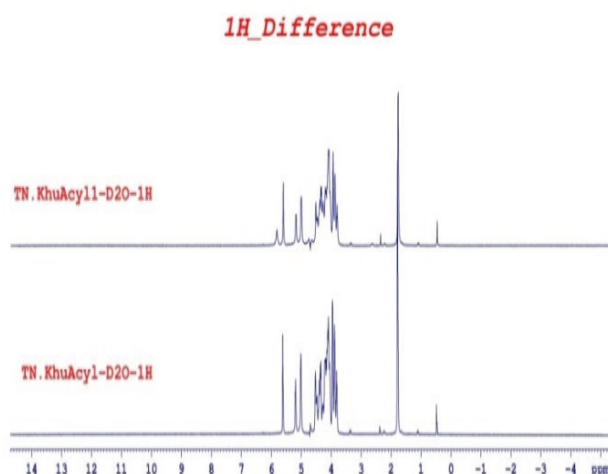
**Hình 3.** Quy trình công nghệ chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl.

Từ hiệu suất của từng công đoạn trên, đã xác định được hiệu suất tổng của quá trình thu hồi chế phẩm gellan khử acyl dạng bột từ dịch lên men là 85,6%, độ ẩm đạt 6,45%, chế phẩm có dạng bột mịn, màu trắng, mùi thơm nhẹ.

#### **Xác định cấu trúc và chất lượng gellan khử acyl thành phẩm**

**Xác định cấu trúc gellan khử acyl:** Gellan khử acyl thu nhận theo quy trình trên đã được phân tích bằng phương pháp NMR tại Viện Hóa học (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam).

Kết quả hình 4 cho thấy, phổ proton của gellan khử acyl do chủng *S. paucimobilis* GL12 tạo ra (ký hiệu TN.KhuAcyl1-D2O-1H) và phổ proton của gellan khử acyl chuẩn (ký hiệu TN.KhuAcyl-D2O-1H) là đồng nhất.



**Hình 4.** Phổ proton gellan khử acyl do chủng *S. paucimobilis* GL12 tạo ra.

**Phân tích các chỉ tiêu hóa lý của gellan khử acyl:** Kết quả phân tích các chỉ tiêu hóa lý, kim loại nặng và vi sinh vật của sản phẩm gellan khử acyl sau 6 tháng bảo quản tại Khoa Hóa học (Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội) và Bộ môn Thực phẩm và dinh dưỡng (Viện Công nghiệp thực phẩm) được trình bày ở bảng 5. Chế phẩm bột gellan khử acyl được đóng trong túi Al/PE với trọng lượng 50 g/túi. Chế phẩm có thể bảo quản tại nhiệt độ phòng, tránh ánh sáng trực tiếp. Sản phẩm gellan khử acyl nghiên cứu có độ ẩm 6,58%, hàm lượng tro 7,31%, pH  $7,0 \pm 0,2$ , độ bền gel 437 g/cm<sup>2</sup>, nhiệt độ bắt đầu tạo gel khoảng 35°C, gel cứng và giòn tương ứng với chế phẩm gellan khử acyl thương mại. Các chỉ tiêu vi sinh vật và kim loại nặng của chế phẩm đều đạt yêu cầu về giới hạn kim loại nặng và vi sinh vật cho phép trong thực phẩm.

**Bảng 5. Kết quả phân tích chất lượng của sản phẩm gellan khử acyl.**

| STT                                              | Tên chỉ tiêu                | Đơn vị tính | Gellan khử acyl của đề tài | Gellan khử acyl thương mại |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|
| Cảm quan                                         |                             |             |                            |                            |
| Bột mịn, màu trắng sáng, vị thơm, tan trong nước |                             |             |                            |                            |
| Chỉ tiêu lý hóa                                  |                             |             |                            |                            |
| 1                                                | Độ nhớt 1% ở 20°C           | CP          | 40                         |                            |
| 2                                                | Cấu trúc gel                |             | Gel cứng và giòn           | Gel cứng và giòn           |
| 3                                                | Nhiệt độ tạo gel            | °C          | 35                         | 30 đến 45                  |
| 4                                                | Độ ẩm                       | %           | 6,58                       | < 10                       |
| 5                                                | Hàm lượng tro               | %           | 7,31                       | ≤ 12                       |
| 6                                                | Độ bền gel                  | g/cm²       | 437                        | 300-800                    |
| 7                                                | pH                          |             | 7,0±0,2                    | 6,5-8,0                    |
| Kim loại nặng                                    |                             |             |                            |                            |
| 1                                                | Hàm lượng chì (Pb)          | mg/kg       | KPH                        | ≤ 2,0                      |
| 2                                                | Hàm lượng Asen (As)         | mg/kg       | KPH                        | ≤ 3,0                      |
| Vi sinh vật                                      |                             |             |                            |                            |
| 1                                                | <i>E. coli</i>              | CFU/g       | KPH                        | KPH                        |
| 2                                                | <i>Salmonella</i>           | CFU/g       | KPH                        | KPH                        |
| 3                                                | <i>Coliforms</i>            | CFU/25g     | KPH                        | KPH                        |
| 4                                                | Tổng số vi khuẩn hiếu khí   | CFU/g       | 7,5x10 <sup>6</sup>        | ≤ 10 <sup>4</sup>          |
| 5                                                | Tổng số bào tử nấm men, mốc | CFU/g       | KPH                        | ≤ 4x10 <sup>2</sup>        |

Ghi chú: KPH là không phát hiện, nghĩa là dưới ngưỡng phát hiện của phương pháp.

## Kết luận

Đã xác định được các thông số công nghệ chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl đạt độ deacyl 86%, quy trình có hiệu suất thu hồi là 85,6%. Chế phẩm gellan khử acyl thu được của nghiên cứu này có cấu trúc hóa học và các đặc tính hóa lý tương tự với mẫu chuẩn và mẫu thương phẩm. Các kết quả này là cơ sở quan trọng cho các nghiên cứu ứng dụng chế phẩm trong chế biến thực phẩm tiếp theo của nhóm nghiên cứu.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí của đề tài “Nghiên cứu công nghệ sản xuất gellan từ vi sinh vật ứng dụng trong chế biến và bảo quản thực phẩm” (mã số ĐT.04.13/CNSHCB, Bộ Công thương). Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B.I. Bajaj, et al. (2007), “Gellan Gum: Fermentative Production, Downstream Processing and Applications”, *Food Technol. Biotechnol.*, **45**(4), pp.341-354.
- [2] Edwin R. Morris, et al. (2012), “Gelation of gellan - A review”, *Food Hydrocolloids*, **28**, pp.373-411.
- [3] Hyuck Jin, et al. (2003), “Production of gellan gum by *Sphingomonas paucimobilis* NK2000 with soybean pomace”, *Biochemical Engineering Journal*, **16**, pp.357-360.
- [4] C. Ronnie Yuan, et al. (2015), *Calcium stable high acyl gellan gum for enhanced colloidal stability in beverages*, United States Pub. No.0044353.

[5] P. Jansson, B. Lingberg (1983), “Structural studies of gellan gum, an extracellular polysaccharide elaborated by *Pseudomonas elodea*”, *Carbohydrate Research*, **124**, pp.135-139.

[6] D.L. Taylor, et al. (2012), “Characterization of gellan gum by capillary electrophoresis”, *Australian Journal of Chemistry*, **65**(8), pp.1156-1164.

[7] Iurciuc, et al. (2015), “Gellan food applications”, *Cellulose Chem. Technol.*, **50**, pp.1-13.

[8] Vasiliki Evageliou, Dimitra Saliari (2017), “Limonene encapsulation in freeze dried gellan systems”, *Food Chemistry*, **223**, pp.72-75.

[9] K.S. Kang, G.T. Veeder (1982), *Polysaccharide S-60 and bacterial fermentation process for its preparation*, US patent 43377636.

[10] T.P. West (2003), “Effect of temperature on bacterial gellan production”, *World J. of Microbiology & Biotechnology*, **19**, pp.649-652.

[11] M.S. Tappia, et al. (2008), “Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya”, *Food Hydrocolloids*, **22**, pp.1493-1503.

[12] T.A. Trezza, J.M. Krochta (2000), “Color stability of edible coatings during prolonged storage”, *Journal of Food Science*, **65**(1), pp.1166-1169.

[13] R. Mao, et al. (2000), “Texture properties of high and low acyl mixed gellan gels”, *Carbohydrate Polymers*, **41**, pp.331-338.

[14] Nguyễn Thị Hồng Hà, Nguyễn Thị Thu Huyền, Vũ Thu Diễm, Nguyễn Thị Xuân Sâm (2017), “Tối ưu hóa điều kiện lên men gellan từ chủng *S. paucimobilis* GL12”, *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn*, **22**, tr.48-54.

[15] Horace Graham (1993), “Mg<sup>2+</sup> selectively isolates gellan gum from dairy products”, *Journal of Food Science*, **58**(3), pp.539-543.

[16] A. Baxter, et al. (1992), “Improved method for i.r. determination of the degree of N-acetylation of chitosan”, *International J. of Biological Macromolecules*, **14**, pp.166-169.

[17] A.M. Fialho, et al. (1999), “Structures and properties of gellan polymers produced by *Sphingomonas paucimobilis* ATCC 31461 from lactose compared with those produced from glucose and from cheese whey”, *Appl. Environ. Microbiol.*, **65**, pp. 2485-2491.

[18] K.S. Kang, et al. (1982), *Deacetylated polysaccharide S-60*, US Patent 4326052.

[19] I.C. Stewart (2006), *Tissue culture gel firmness: Measurement and effects on growth*, Plant Tissue Culture Engineering, pp.329-337.

[20] Đặng Xuân Dư (2015), *Nghiên cứu cắt mạch chitosan bằng hiệu ứng ống vận H<sub>2</sub>O/bức xạ coban - 60 để chế tạo oligochitosan*, Luận án tiến sĩ, Đại học Huế.

[21] Đặng Minh Nhật và cs (2005), *Kỹ thuật sấy nông sản thực phẩm*, Đại học Đà Nẵng.

[22] R.M. Banik, A. Santhiagu (2006), “Improvement in production and quality of gellan gum by *Sphingomonas paucimobilis* under high dissolved oxygen tension levels”, *Biotechnol. Lett.*, **28**, pp.1347-1350.

[23] M.K. Nampoothiri, C. Reeta Rani Singhanian (2003), “Fermentative production of gellan using *Sphingomonas paucimobilis*”, *Process Biochemistry*, **38**, pp.1513-1519.

[24] X. Wang (2006), “Modeling for gellan gum production by *Sphingomonas paucimobilis* ATCC 31461 in a simplified medium”, *Appl. Environ. Microbiol.*, **72**(5), pp.3367-3374.

[25] X. Wang, et al. (2007), “De-proteinization of gellan gum produced by *Sphingomonas paucimobilis* ATCC 31461”, *J. Biotechnol.*, **128**, pp.403-407.

# Khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết từ gạo mầm và gạo lứt

Đỗ Tấn Khang<sup>1\*</sup>, Trần Nhân Dũng<sup>1</sup>, Trần Đăng Xuân<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Công nghệ sinh học phân tử, Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Phòng thí nghiệm sinh lý sinh hóa, Khoa Phát triển và Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Hiroshima, Nhật Bản

Ngày nhận bài 2/1/2018; ngày chuyển phản biện 8/1/2018; ngày nhận phản biện 9/2/2018; ngày chấp nhận đăng 26/2/2018

## Tóm tắt:

Gạo mầm đã và đang được xem như “thần dược”, chứa được nhiều căn bệnh ở nước ta, do đó các sản phẩm gạo mầm đang được bán với giá khá cao. Để khám phá tác dụng thật sự của gạo mầm đối với sức khỏe con người so với gạo chưa nảy mầm, đề tài “So sánh hoạt tính sinh học của phân đoạn dịch chiết từ gạo mầm và gạo lứt” đã được thực hiện. Trong bài báo này, khả năng chống oxy hóa của các dịch chiết phân đoạn đã được so sánh. Kết quả cho thấy, hàm lượng polyphenol tổng trong phân đoạn H<sub>2</sub>O của gạo lứt cao hơn 4 lần so với gạo mầm. Trong khi hàm lượng polyphenol tổng trong các phân đoạn hexane và chloroform giữa hai mẫu gạo khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ). Kết quả ghi nhận phân đoạn ethyl acetate của gạo mầm có hoạt tính ức chế DPPH cao nhất trong các phân đoạn, kể đến là phân đoạn ethyl acetate và chloroform của gạo lứt, với khả năng ức chế trên 50%. Đối với phương pháp ABTS, khả năng ức chế của phân đoạn chloroform trong gạo lứt là cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%, cao hơn các phân đoạn của gạo mầm. Tương tự, đối với khả năng khử, phân đoạn này cũng cho kết quả cao nhất. Như vậy, xét về hàm lượng polyphenol tổng số và hoạt tính chống oxy hóa, các phân đoạn dịch chiết trong gạo mầm không cao hơn gạo chưa nảy mầm.

**Từ khóa:** Chống oxy hóa, flavonoid, gạo lứt, gạo mầm, polyphenol.

**Chỉ số phân loại:** 2.10

## **Đặt vấn đề**

Gạo mầm, một trong những thực phẩm chế biến từ gạo, đã và đang được tiêu thụ nhiều trong hai thập niên gần đây. Thật ra, từ những năm 1970, người Nhật đã bắt đầu chế biến và sử dụng gạo mầm như một nguồn thực phẩm giàu chất xơ, nhưng mãi đến năm 1995 gạo mầm mới thật sự là sản phẩm thương mại. Mặc dù quy trình sản xuất gạo mầm khá đơn giản (chỉ cần ngâm thóc lứt khoảng 8 đến 10 giờ, sau đó ủ ở nhiệt độ 30-35°C trong 24 đến 72 giờ tùy theo giống thóc, khi đó mầm thóc sẽ nhú ra khoảng 1 mm và gạo nảy mầm được sấy khô, bảo quản nơi thoáng mát), nhưng những giá trị dinh dưỡng thay đổi đáng kể, bao gồm hàm lượng chất béo, protein, khoáng chất, Gamma aminobutylic acid (GABA)...[1, 2].

Chính vì sự thay đổi giá trị dinh dưỡng đó đã làm tăng giá trị của gạo mầm trên thị trường. Giá thành của gạo mầm cao gấp 5-6 lần so với gạo trắng thông thường. Gạo mầm vibigaba có giá 70.000 đồng/kg, trong khi gạo trắng Thơm Lài chỉ 14.000 đồng/kg [3]. Thậm chí nhiều sản phẩm gạo mầm được cho là có khả năng ngăn ngừa tiểu đường, ổn định đường huyết, có chứa hàm lượng cao chất chống oxy hóa, giảm cholesterol, cải thiện chức năng não, điều trị chứng mất ngủ... Tuy nhiên, những giá trị được tính của gạo mầm vẫn còn là vấn đề đang được nghiên cứu.

Để so sánh hàm lượng chất và khả năng chống oxy hóa của gạo mầm và gạo lứt, nghiên cứu về hàm lượng phenolic và flavonoid tổng số, khả năng chống gốc tự do của các phân đoạn dịch chiết gạo mầm và gạo lứt đã được thực hiện.

## **Đối tượng và phương pháp nghiên cứu**

### **Đối tượng**

Giống gạo được sử dụng để chế biến gạo mầm là gạo lứt Nhật (Koshihikari).

### **Chuẩn bị gạo mầm**

Khoảng 2 kg gạo lứt được ngâm với nước 35°C trong 8 giờ, gạo sau khi ngâm được trải đều lên khay có lót sẵn vải ẩm, lớp gạo được dày bằng 1 lớp vải mỏng phía trên. Khay gạo được ủ ở 35°C trong 48 giờ. Gạo mầm được sấy ở nhiệt độ 40°C trong 6 giờ bằng tủ sấy (Binder FD 56, Đức).

### **Lý trích và tách phân đoạn hợp chất**

Gạo trước và sau nảy mầm (1 kg mỗi loại) được xay mịn, cho vào bình thủy tinh ngâm dầm với 2 l methanol trong 1 tuần. Dịch trích được lọc qua giấy lọc và được cô quay đuôi dung môi bằng máy cô quay chân không. Dịch trích thô được pha với 200 ml nước cất, sau đó tách phân đoạn lần lượt với các dung môi theo thứ tự gồm hexane, chloroform và ethyl acetate. Các phân đoạn được cô đặc và pha loãng trong methanol đạt nồng

\*Tác giả liên hệ: dtkhang@ctu.edu.vn



# Antioxidant activity of fractions obtained from germinated brown rice and brown rice

Tan Khang Do<sup>1\*</sup>, Nhan Dung Tran<sup>1</sup>, Dang Xuan Tran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Molecular Biotechnology, Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University

<sup>2</sup>Laboratory of Physiology and Biochemistry, Graduate School of International Development and Cooperation, Hiroshima University, Japan

Received 2 January 2018; accepted 26 February 2018

## Abstract:

Germinated brown rice (GBR) has been considered a “magic medicine” in Vietnam which can cure or treat a lot of diseases. Therefore, it has been sold at very high prices. To examine the practical value of GBR on human health compared with brown rice (BR), the study related to comparing biological activities of GBR fractions and BR fractions has been conducted. In this paper, the results of their antioxidant activity were shown and discussed. The results revealed that total polyphenolic content in H<sub>2</sub>O fraction of BR was four times higher than that of GBR, and in hexane and chloroform fractions, the differences between BR and GBR were not considerable at  $p < 0.05$ . Moreover, ethyl acetate fraction of GBR has highest DPPH scavenging activity, followed by ethyl acetate and chloroform fractions of BR (over 50%). In ABTS and reducing power assays, the inhibitory activity of chloroform fraction of BR was the highest, significantly different from the others ( $p < 0.05$ ). Briefly, the total polyphenols and antioxidant activity of some fractions of BR were higher than those of GBR.

**Keywords:** Antioxidant activity, brown rice, flavonoids, germinated brown rice, polyphenol.

**Classification number:** 2.10

độ 10 mg/ml cho các phương pháp tiếp theo.

## Xác định hàm lượng polyphenol tổng số

Hàm lượng polyphenol tổng số được đo dựa theo phương pháp Folin-Ciocalteu được mô tả bởi Khang và ctv [4] với một vài thay đổi nhỏ. Hỗn hợp phản ứng gồm 20 µl dịch chiết, 100 µl Foline-Ciocalteu 10% và 80 µl dung dịch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> được ủ 30 phút ở nhiệt độ phòng trước khi đo độ hấp thụ ở bước sóng 765 nm bằng máy đọc quang phổ khay 96 giếng (Thermol Scientific, Mỹ). Hàm lượng polyphenol trong mẫu được tính dựa theo đường chuẩn gallic acid với nồng độ từ 0 đến 100 µg/ml.

## Xác định hàm lượng flavonoid tổng số

Hàm lượng flavonoid tổng số của dịch chiết được ước lượng dựa theo phương pháp được mô tả bởi Tuyen và ctv [5]. Phản ứng được thực hiện với 100 µl dung dịch AlCl<sub>3</sub> 2% và 100 µl dịch chiết. Hỗn hợp được trộn và ủ ở nhiệt độ phòng trong 15 phút, sau đó độ hấp thụ quang ở bước sóng 430 nm được đo bằng máy đọc quang phổ khay 96 giếng (Thermol Scientific, Mỹ). Rutin với nồng độ từ 0 đến 100 µg/ml được sử dụng để tính hàm lượng flavonoid tổng số trong mẫu.

## Đánh giá khả năng khử gốc tự do DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical)

Phương pháp đo khả năng khử gốc tự do DPPH của dịch chiết được dựa theo Minh và ctv [6], mô tả như sau: Hỗn hợp phản ứng gồm 0,5 ml dung dịch mẫu, 0,25 ml DPPH (0,5 M) và 0,5 ml dung dịch đệm acetate (pH 5,5) được ủ trong tối khoảng 30 phút. Độ hấp thụ của dung dịch được đo ở bước sóng 517 nm bằng máy đo quang phổ (DR 4000U, HACH, Mỹ). Khả năng ức chế DPPH được tính dựa theo công thức sau:

$$\% \text{ Ức chế DPPH} = \frac{\text{Abs đối chứng} - \text{Abs mẫu}}{\text{Abs đối chứng}} \times 100$$

Trong đó, Abs đối chứng là độ hấp thụ của phản ứng không có dịch chiết, Abs mẫu là độ hấp thụ của phản ứng có dịch chiết.

## Đánh giá khả năng ức chế ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)

Khả năng ức chế ABTS được đo theo phương pháp được mô tả bởi Tuyen và ctv [5]. Dung dịch gốc tự do ABTS được pha theo công thức gồm 7 mM ABTS và 2,45 mM potassium persulfate trong nước, ủ trong 16 giờ. Sau đó hỗn hợp dung dịch được pha loãng với methanol để đạt độ hấp thụ dao động xung quanh 0,7 ở bước sóng 734 nm. Sau đó, phản ứng được thực hiện với 30 µl dung dịch mẫu và 1 ml hỗn hợp ABTS và ủ trong 30 phút ở nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ của phản ứng được đo ở bước sóng 734 nm. Cách tính tương tự như công thức tính phần trăm ức chế DPPH.

## Khả năng khử

Khả năng khử của mẫu được thực hiện dựa theo phương pháp của Tuyen và ctv [5], như sau: Hỗn hợp phản ứng gồm có 100 µl dịch chiết, 0,5 ml dung dịch đệm phosphate 0,2 M (pH 6,6) và 0,5 ml potassium ferricyanide [K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>] (10 g/l) được ủ ở 50°C trong 30 phút, sau đó cho vào hỗn hợp 0,5 ml dung dịch trichloroacetic acid (100 g/l). Hỗn hợp phản ứng được ly tâm với tốc độ 4000 vòng/phút trong 10 phút. Cuối cùng, 0,5 ml phần trên dung dịch sau ly tâm được pha với 0,5 ml nước cất và 0,1 ml dung dịch FeCl<sub>3</sub> 0,1%. Hỗn hợp được đo ở bước sóng 700 nm bằng máy đo quang phổ. Kết quả được thể hiện bằng mật độ quang (OD) đo được. Mật độ quang càng cao thì khả năng khử càng cao.

## Phân tích số liệu

Số liệu được phân tích ANOVA, sau đó kiểm định trung bình bằng phương pháp Tukey của phần mềm Minitab 16.0.

## Kết quả và bàn luận

### Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số

Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số của các phân đoạn dịch chiết từ gạo lức và gạo mầm được trình bày trong bảng 1. Đối với polyphenol tổng số, kết quả cho thấy phân đoạn ethyl acetate có hàm lượng polyphenol cao nhất trong cả hai dịch chiết từ gạo lức và gạo mầm, khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 95%. Hàm lượng polyphenol trong phân đoạn nước của gạo lức cao hơn 4 lần so với gạo mầm. Trong khi hàm lượng polyphenol trong các phân đoạn hexane và chloroform giữa hai mẫu gạo khác biệt không ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).

**Bảng 1. Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số trong các phân đoạn của dịch chiết từ gạo lức và gạo mầm.**

| Phân đoạn dịch chiết |   | Polyphenol tổng số ( $\mu\text{g/g}$ ) | Flavonoid tổng số ( $\mu\text{g/g}$ ) |
|----------------------|---|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Gạo lức              | H | 20,33 $\pm$ 2,36 cd                    | 8,97 $\pm$ 0,31 c                     |
|                      | C | 2,2 $\pm$ 0,15 cd                      | 0,32 $\pm$ 0,01 e                     |
|                      | E | 163,14 $\pm$ 11,48 a                   | 33,71 $\pm$ 1,49 a                    |
|                      | N | 90,1 $\pm$ 10,13 b                     | 26,32 $\pm$ 3,00 b                    |
| Gạo mầm              | H | 0,57 $\pm$ 0,02 d                      | 0,23 $\pm$ 0,03 e                     |
|                      | C | 2,64 $\pm$ 0,08 cd                     | 0,55 $\pm$ 0,02 e                     |
|                      | E | 148,6 $\pm$ 13,1 a                     | 25,29 $\pm$ 0,20 b                    |
|                      | N | 22,46 $\pm$ 1,29 c                     | 5,01 $\pm$ 0,29 d                     |

Các chữ cái theo sau trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%; H: Hexane; C: Chloroform; E: Ethyl acetate; N: Nước.

Flavonoid tổng số trong gạo lức cao hơn trong gạo mầm ở hầu hết các phân đoạn. Cụ thể, hàm lượng flavonoid trong phân đoạn hexane, ethyl acetate và nước trong gạo lức lần lượt cao hơn trong các phân đoạn tương ứng của gạo mầm, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%.

Từ bảng 1 rút ra kết luận rằng, polyphenol và flavonoid tổng số trong gạo lức và gạo mầm là không có sự khác biệt.

### Khả năng chống oxy hóa

Khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết được trình bày trong bảng 2. Kết quả ghi nhận phân đoạn ethyl acetate của gạo mầm có hoạt tính ức chế DPPH cao nhất trong các phân đoạn, kế đến là phân đoạn ethyl acetate và chloroform của gạo lức, với khả năng ức chế trên 50%. Đối với phương pháp ABTS, khả năng ức chế của phân đoạn chloroform trong gạo lức là cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%, cao hơn các phân đoạn của gạo mầm. Tương tự, đối với khả năng khử, phân đoạn này cũng cho kết quả cao nhất. Thông thường, các chất thuộc nhóm acid béo và terpenoid được tìm thấy trong phân đoạn chloroform. Trong khi các hợp chất polyphenol và flavonoid phân cực thường tìm thấy trong phân đoạn ethyl acetate và nước.

Từ bảng 2 có thể kết luận rằng, khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết gạo lức và gạo mầm cũng không có

**Bảng 2. Khả năng chống oxy hóa in vitro trong các phân đoạn của dịch chiết (nồng độ 0,5 mg/ml) từ gạo lức và gạo mầm.**

| Phân đoạn dịch chiết |   | Khả năng ức chế DPPH (%) | Khả năng ức chế ABTS (%) | Khả năng khử (OD)    |
|----------------------|---|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Gạo lức              | H | 18,80 $\pm$ 0,76 f       | 9,57 $\pm$ 0,45 g        | 0,161 $\pm$ 0,004 g  |
|                      | C | 68,53 $\pm$ 0,73 b       | 73,45 $\pm$ 1,98 a       | 0,357 $\pm$ 0,006 a  |
|                      | E | 69,91 $\pm$ 2,16 b       | 47,64 $\pm$ 2,47 c       | 0,279 $\pm$ 0,004 d  |
|                      | N | 44,35 $\pm$ 1,43 e       | 20,80 $\pm$ 1,71 f       | 0,233 $\pm$ 0,002 e  |
| Gạo mầm              | H | 8,84 $\pm$ 2,23 g        | 14,07 $\pm$ 1,88 g       | 0,176 $\pm$ 0,004 f  |
|                      | C | 51,28 $\pm$ 0,46 d       | 39,77 $\pm$ 2,85 d       | 0,291 $\pm$ 0,003 c  |
|                      | E | 76,43 $\pm$ 0,38 a       | 61,54 $\pm$ 2,26 b       | 0,303 $\pm$ 0,005 b  |
|                      | N | 64,83 $\pm$ 0,67 c       | 32,14 $\pm$ 2,39 e       | 0,296 $\pm$ 0,001 bc |

Các chữ cái theo sau trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%; H: Hexane; C: Chloroform; E: Ethyl acetate; N: Nước.

sự khác biệt.

Kết quả nghiên cứu khả năng chống oxy hóa của dịch chiết nước từ gạo mầm và gạo lức của Esa và ctv [7] cũng cho thấy sự khác biệt giữa 2 loại gạo này không có ý nghĩa ở cả ba phương pháp là DPPH, TBA (Thiobarbituric acid) và FTC (Ferric thiocyanate).

### Kết luận

Quá trình nảy mầm xảy ra làm tăng đáng kể hàm lượng GABA trong gạo như những báo cáo trước đây. Tuy nhiên, hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số trong các phân đoạn dịch chiết của gạo mầm không tăng nhiều so với gạo chưa nảy mầm. Đồng thời, hoạt tính chống oxy hóa của gạo chưa nảy mầm trong một số phân đoạn cao hơn trong gạo mầm.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S.B. Patil & M.K. Khan (2011), "Germinated brown rice as a value added rice product: A review", *Journal of Food Science and Technology*, **48**(6), pp.661-667.
- [2] Cung Thị Tô Quỳnh, Nguyễn Hoàng Dũng và Lại Quốc Đạt (2013), "Nghiên cứu xây dựng quy trình sản xuất gạo mầm (gạo GABA) từ gạo lức Việt Nam", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, **51**(1), pp.63-71.
- [3] Bảng giá gạo Phương Nam (2014), <http://www.gaophuongnam.vn/bang-gia>, ngày 20/7/2017.
- [4] D.T. Khang, T.N. Dung, A.A. Elzaawely, T.D. Xuan (2016), "Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes", *Foods*, **5**(2), doi:10.3390/foods5020027.
- [5] P.T. Tuyen, D.T. Khang, P.T.T. Ha, T.N. Hai, A.A. Elzaawely, T.D. Xuan (2016), "Antioxidant capacity and phenolic contents of three quercus species", *International Letters of Natural Sciences*, **54**, pp.85-99.
- [6] T.N. Minh, D.T. Khang, P.T. Tuyen, L.T. Minh, L.H. Anh, N.V. Quan, P.T.T. Ha, N.T. Quan, N.P. Toan, A.A. Elzaawely, T.D. Xuan (2016), "Phenolic compounds and antioxidant activity of Phalaenopsis orchid hybrids", *Antioxidants*, **5**(3).
- [7] N.M. Esa, K.A. Kadir, Z. Amon, A. Azlan (2013), "Antioxidant activity of white rice, brown rice and germinated brown rice and the effects on lipid peroxidation and liver enzymes in hyperlipidaemic rabbits", *Food Chemistry*, **141**, pp.1306-1312.

# QUY ĐỊNH VỀ BÀI VIẾT ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

## Yêu cầu chung

Bài viết gửi đăng trên Tạp chí phải là bài viết nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài viết 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 viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in; có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội) hoặc qua hòm thư điện tử, địa chỉ: khcnvn@most.gov.vn.

## Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, 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 (<sup>1,2...</sup>) ở phía trên. Dấu hoa thị (\*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.

## Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khoá bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet. Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

## Dẫn nhập/đặt vấn đề

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.

## Đối tượng và phương pháp

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...

## 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.

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

## Bàn luận

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.

## 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.

## Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện (<sup>1,2,3...</sup>) 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 1 hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập (số)**, pp<trang đầu-trang cuối>

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

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...

*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).

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

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

**Chú ý**: nếu có ≥ 2 tài liệu tham khảo do cùng 1 tác giả/nhóm tác giả, cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a).

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

## Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Tòa 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.

## 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
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học môi trường
- 1.8. Khoa học nano
- 1.9. Khoa học tính toán
- 1.10. Các lĩnh vực khoa học tự nhiên khác

### 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 Y - dược học

### 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

Volume 60 - Number 6 - June 2018

**Vấn đề nhận giá trị và duy nhất của toán tử sai phân và tích sai phân đối với hàm phân hình trên một trường không Archimedes.**

Phạm Ngọc Hoa, Nguyễn Xuân Lai

**Nghiên cứu bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang tử hai chiều.**

Hoàng Thu Trang, Ngô Quang Minh

**Phân tích quỹ đạo hoạt động để đánh giá khả năng phối hợp chụp ảnh của các hệ thống vệ tinh nhỏ, thử nghiệm với vệ tinh VNREDSat-1 và BKA.**

Bùi Doãn Cường, Chu Xuân Huy, Nguyễn Minh Ngọc, Bùi Quang Huy, Hoàng Hải, Phạm Đình Thắng

**Nghiên cứu trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) bằng phương pháp CASSCF/CASPT2.**

Nguyễn Minh Thảo, Trần Thanh Tuấn, Bùi Thọ Thanh, Trần Quốc Trị, Trần Văn Tần

**Sự thay đổi của một số thành phần hóa học và hợp chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi (*Allium sativum* L.) trong quá trình tồn trữ.**

Nguyễn Ái Thạch

**Biểu hiện hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam.**

Cao Đình Trọng, Thái Anh Tuấn, Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Nguyễn Đắc Cường

**Phân lập các chủng vi sinh vật có khả năng phân giải cellulose mạnh phục vụ sản xuất chế phẩm phân hủy rơm rạ.**

Trần Hoàng Dũng, Huỳnh Văn Hiếu, Trần Duy Dương, Nguyễn Thành Công

**Nghiên cứu đánh giá khả năng khí hóa chất thải rắn sinh hoạt làm nhiên liệu thay thế.**

Lê Cao Chiến, Nguyễn Thị Tâm, Trần Quốc Huy, Nguyễn Hồng Quang, Nguyễn Đức Thịnh, Trần Thị Phương Thúy

**Ứng dụng ảnh viễn thám kết hợp mô hình thủy văn trong nghiên cứu dòng chảy lũ lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi.**

Nguyễn Thị Thu Huyền

**Giải pháp lưu giữ và khai thác nước trong một số thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên.**

Nguyễn Vũ Việt, Nguyễn Huy Vượng, Trần Văn Quang, Phạm Văn Minh

**Đánh giá mức tiêu thụ năng lượng riêng cho băng tải mô hình lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ.**

Lê Văn Đạt, Nguyễn Ngọc Linh, Nguyễn Văn Kự

**Đánh giá khả năng xử lý ion  $Ni^{2+}$  trong nước bằng đá nhân tạo.**

Lê Thị Xuân Thùy, Lê Thị Suong, Nguyễn Thị Sao Mai, Kunihiro Kato

**Nghiên cứu chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl.**

Nguyễn Thị Hồng Hà, Trần Thị Mai, Lê Khánh Linh, Nguyễn Thị Xuân Sâm

**Khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết từ gạo mầm và gạo lứt.**

Đỗ Tấn Khang, Trần Nhân Dũng, Trần Đăng Xuân

**1 The problem of value-sharing and uniqueness between the difference operator and the differential equation for the meromorphic function of a non- Archimedean field.**

Ngoc Hoa Pham, Xuan Lai Ngo

**5 A study on high-order optical filters based on coupled resonators through the slot waveguide in two-dimensional photonic crystal.**

Thu Trang Hoang, Quang Minh Ngo

**9 Operation orbit analysis to evaluate the imaging coordination capability of small satellites, an experiment with VNREDSat-1 and BKA.**

Doan Cuong Bui, Xuan Huy Chu, Minh Ngoc Nguyen, Quang Huy Bui, Hai Hoang, Dinh Thang Pham

**14 An investigation on the electronic states of  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) clusters by CASSCF/CASPT2 method.**

Minh Thao Nguyen, Thanh Tuan Tran, Tho Thanh Bui, Quoc Tri Tran, Van Tan Tran

**20 Changes of some chemical constituents and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) clove during storage.**

Ai Thạch Nguyen

**25 Expression of triggered earthquakes at some hydropower plant reservoirs in Vietnam.**

Dinh Trong Cao, Anh Tuan Thai, Dinh Trieu Cao, Van Dung Le, Dac Cuong Nguyen

**32 Isolation of cellulose-degrading microbes for rice straw decomposition.**

Hoang Dung Tran, Van Hieu Huynh, Duy Duong Tran, Thanh Cong Nguyen

**37 A study into the possibility of gasifying domestic waste to produce alternative fuels.**

Cao Chien Le, Thi Tam Nguyen, Quoc Huy Tran, Hong Quang Nguyen, Duc Thinh Nguyen, Thi Phuong Thuy Tran

**44 Application of satellite images in combination with the hydrological model for the study of flood flow in Ve river basin, Quang Ngai province.**

Thi Thu Huyền Nguyễn

**50 Solutions for water storage and exploitation in some loose formations of the Vietnam Central Highlands.**

Vu Viet Nguyen, Huy Vuong Nguyen, Van Quang Tran, Van Minh Pham

**55 Analysis of the specific energy consumption for underground mining belt conveyor with single drive unit using bevel helical gearboxes.**

Van Dat Le, Ngoc Linh Nguyen, Van Kuu Nguyen

**59 Evaluating the possibility of removing  $Ni^{2+}$  ion from aqueous solution by artificial stone.**

Thi Xuan Thuy Le, Thi Suong Le, Thi Sao Mai Nguyen, Kunihiro Kato

**64 Study on the conversion of gellan into deacylated gellan.**

Thi Hong Ha Nguyen, Thi Mai Tran, Khanh Linh Le, Thi Xuan Sam Nguyen

**70 Antioxidant activity of fractions obtained from germinated brown rice and brown rice.**

Tan Khang Do, Nhan Dung Tran, Dang Xuan Tran

## HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Nguyễn Văn Hiệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ 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  
Từ Quang Hiến - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên  
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 Kỹ thuật 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 - Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh  
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội  
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

## TỔNG BIÊN TẬP

Đặng Ngọc Bảo

## PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng  
Nguyễn Thị Hương Giang

## TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

## TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

## TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

## EDITORIAL COUNCIL

Nguyen Van Hieu - 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 - Vietnam National University, Hanoi  
Vu Minh Giang - Vietnam National University, Hanoi  
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology  
Tu Quang Hien - Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry  
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications  
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation  
Ho Duc Loc - Ho Chi Minh City University of Technology  
Nguyen Thi My Loc - University of Education, Vietnam National University, 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 - Vietnam National University, Hanoi  
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University  
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi  
Pham Hung Viet - VNU University of Science

## EDITOR-IN-CHIEF

Dang Ngoc Bao

## DEPUTY EDITORS

Nguyen Thi Hai Hang  
Nguyen Thi Huong Giang

## HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

## HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

## ART DIRECTOR

Dinh Thi Luan

## TÒA SOẠN

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

## EDITORIAL OFFICE

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

## GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1153/GP-BTTTT ngày 26/7/2011  
Số 2528/GP-BTTTT ngày 26/12/2012  
Số 592/GP-BTTTT ngày 28/12/2016  
Giá: 18000<sup>d</sup>

## PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011  
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012  
No.592/GP-BTTTT 28th December 2016

# Vấn đề nhận giá trị và duy nhất của toán tử sai phân và tích sai phân đối với hàm phân hình trên một trường không Archimedes

Phạm Ngọc Hoa, Nguyễn Xuân Lai\*

Khoa Toán, Trường Cao đẳng Hải Dương

Ngày nhận bài 5/2/2018; ngày chuyển phản biện 12/2/2018; ngày nhận phản biện 26/3/2018; ngày chấp nhận đăng 30/3/2018

## Tóm tắt:

Trong bài báo này, các tác giả thảo luận vấn đề nhận giá trị và duy nhất của toán tử sai phân và tích sai phân đối với hàm phân hình trên trường số  $p$ -adic.

Từ khóa: Giả thuyết Hayman, hàm phân hình, toán tử sai phân, trường không Archimedes.

Chỉ số phân loại: 1.1

## The problem of value-sharing and uniqueness between the difference operator and the differential equation for the meromorphic function of a non-Archimedean field

Ngoc Hoa Pham, Xuan Lai Nguyen\*

Department of Mathematics, Hai Duong College

Received 5 February 2018; accepted 30 March 2018

## Abstract:

In this paper, we discuss the value-sharing and uniqueness problem for difference operators and differential multiplications of meromorphic functions in a  $p$ -adic field.

Keywords: Difference operators, Hayman conjecture, meromorphic functions, non-Archimedean field.

Classification number: 1.1

## 1. Mở đầu

Phân bố giá trị và vấn đề xác định duy nhất đã được nhiều nhà toán học trong và ngoài nước xét trong mối liên hệ với đạo hàm của hàm phân hình và ảnh ngược của các điểm riêng rẽ. Người khởi xướng hướng nghiên cứu này là Hayman. Năm 1967, Hayman [1] đã chứng minh kết quả sau đây:

**Định lý A.** Cho  $f$  là hàm phân hình trên  $\mathbb{C}$ . Nếu  $f(z) \neq 0$  và  $f^{(k)}(z) \neq 1$  với  $k$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{C}$  thì  $f$  là hằng. Năm 1967, Hayman [1] cũng đưa ra giả thuyết sau đây:

**Giả thuyết Hayman.** Nếu một hàm nguyên  $f$  thỏa mãn  $f^n(z)f'(z) \neq 1$  với  $n$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{C}$  thì  $f$  là hằng.

Giả thuyết Hayman đã được Hayman kiểm tra đối với hàm nguyên siêu việt và  $n > 1$ , đã được Clunie [2] kiểm tra đối với  $n \geq 1$ . Các kết quả này và các vấn đề liên quan đã hình thành nhánh nghiên cứu được gọi là sự lựa chọn của Hayman.

Công trình quan trọng đầu tiên thúc đẩy hướng nghiên cứu này thuộc về C.C. Yang và X.H. Hua [3]. Năm 1997, hai ông đã chứng minh định lý sau đây:

**Định lý B** [3]. Cho  $f$  và  $g$  là hai hàm phân hình khác hằng,  $n \geq 11$  là một số nguyên và  $a \in \mathbb{C} - \{0\}$ . Nếu  $f^n f'$  và  $g^n g'$  nhận giá trị a CM thì hoặc  $f = dg$  với  $d^{n+1} = 1$  hoặc  $f(z) = c_1 e^{cz}$  và  $g(z) = c_2 e^{-cz}$ , ở đó  $c, c_1, c_2$  là các hằng số và thỏa mãn  $(c_1 c_2)^{n+1} c^2 = -a^2$ .

Trong trường hợp  $p$ -adic, kết quả đầu tiên theo hướng nghiên cứu này thuộc về J. Ojeda [4]. Năm 2008, J. Ojeda đã xét vấn đề nhận giá trị của  $f' + T f^n$  với  $T$  là hàm hữu tỷ. Ở đó, J. Ojeda đã nhận được kết quả sau:

**Định lý C** [4]. Cho  $f$  là hàm phân hình trên  $\mathbb{C}_p$ ,  $n \geq 2$  là một số nguyên và  $a \in \mathbb{C}_p - \{0\}$ . Khi đó nếu  $f^n(z)f'(z) \neq a$  với mọi  $z \in \mathbb{C}_p$  thì  $f$  là hằng.

Trong những năm gần đây, vấn đề trên được nhiều nhà toán học trong và ngoài nước xét trong mối liên hệ với đa

\*Tác giả liên hệ: Email: laicdhd@gmail.com



thức sai phân của hàm phân hình và ảnh ngược của các điểm riêng rẽ. Năm 2006, Halburd và Korhonen [5] đã thiết lập tương tự của lý thuyết Nevanlinna cho toán tử sai phân của hàm phân hình có bậc hữu hạn. Năm 2007, I. Laine và C.C. Yang [6] đã thiết lập tương tự Định lý A của Hayman cho một kiểu đa thức sai phân đặc biệt của hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn. Hai ông đã chứng minh kết quả sau đây:

**Định lý D** [6]. Cho  $f$  là hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn trên  $\mathbb{C}$  và  $c$  là một số phức khác 0,  $n$  là một số nguyên,  $n \geq 2$ . Khi đó  $f^n(z)f(z+c)$  nhận  $a$ ,  $a \in \mathbb{C}$ , vô hạn lần.

Năm 2009, K. Liu và L.Z. Yang [7] đã chứng minh được kết quả tương tự Định lý D cho toán tử sai phân của hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn, đã chứng minh được kết quả tương tự Định lý B (xem [3]) cho một kiểu đa thức sai phân đặc biệt của hàm phân hình.

Gần đây, Hà Huy Khoái và Vũ Hoài An [1, 8], Hà Huy Khoái, Vũ Hoài An và Nguyễn Xuân Lai [9] đã xét phân bố giá trị và vấn đề duy nhất đối với đạo hàm bậc cao của hàm phân hình trên một trường không Archimedes. Họ đã chứng minh được kết quả tương tự của Yang - Hua (Định lý B) cho  $(f^n)^{(k)}$  với  $f$  là hàm phân hình trên một trường không Archimedes.

Trong bài báo này, chúng tôi xét vấn đề nhận giá trị và duy nhất đối với toán tử sai phân và tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes.

## 2. Vấn đề nhận giá trị của toán tử sai phân và tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes

Trong bài báo ta luôn giả thiết  $\mathbb{K}$  là một trường đặc số không, đầy đủ với chuẩn không Archimedes và đóng đại số. Các khái niệm, ký hiệu và kết quả dùng trong bài báo này ở các tài liệu [1, 8-10]. Trước tiên ta phát biểu Giả thuyết Hayman cho toán tử sai phân trên một trường không Archimedes ( $p$ -adic).

**Giả thuyết Hayman cho toán tử sai phân  $p$ -adic.** Nếu một hàm phân hình  $p$ -adic  $f$  thỏa mãn  $f^n(z)\Delta_c f(z) \neq 1$  với  $n$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

Ta cần các bổ đề sau:

**Bổ đề 2.1.** Nếu hàm phân hình  $f$  trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $\Delta_c f(z) = 0$  với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

**Chứng minh:** Giả sử ngược lại,  $f$  khác hằng. Do  $f$  là một hàm phân hình trên  $\mathbb{K}$ , khi đó tồn tại hai hàm nguyên  $f_1, f_2$  sao cho  $f_1, f_2$  không có không điểm chung và  $f = \frac{f_1}{f_2}$ . Do  $f$  khác hằng nên ít nhất một trong hai hàm  $f_1, f_2$  khác hằng. Không giảm tổng quát, giả sử  $f_1$  khác hằng. Vì  $\Delta_c f(z) = 0$  với mọi  $z \in \mathbb{K}$  nên  $\frac{f_1(z)}{f_2(z)} = \frac{f_1(z+c)}{f_2(z+c)} = a, a \neq 0$  với mọi  $z \in \mathbb{C}_p$ . Khi đó  $f_1(z) = af_2(z+c)$ . Ta chứng minh  $f_1(z)$  không có không điểm có mô đun lớn hơn  $|c|$ . Giả sử ngược lại,  $f_1(z)$  có không điểm có mô đun lớn hơn  $|c|$ . Gọi  $b$  là không điểm của  $f_1(z)$  sao cho  $|c| < |b|$ . Đặt  $|b| = r$ . Do  $|c| < |b|$  nên  $|z+mc| = |z|$  với  $|z| = r, m$  là một số nguyên dương bất kỳ. Chú ý rằng, tập hợp các không điểm có cùng mô đun của một hàm nguyên là hữu hạn. Do  $f_1(z) = af_2(z+c)$  nên  $b, b+c, \dots, b+mc, \dots$  là các không điểm phân biệt có cùng mô đun của  $f_1(z)$  với  $m$  là một số nguyên dương bất kỳ. Từ đây

ta nhận được mâu thuẫn. Vậy  $f_1(z)$  không có không điểm có mô đun lớn hơn  $|c|$ . Do đó  $f_1(z)$  là đa thức với bậc  $n$  nào đó. Từ  $f_1(z) = af_2(z+c)$  nhận được  $f_1(z)^{(n-1)}$  là đa thức với bậc 1 và  $f_1(z)^{(n-1)} = af_2(z+c)^{(n-1)}$ . Viết  $f_1(z)^{(n-1)} = dz+e$ . Khi đó  $af_2(z+c)^{(n-1)} = a(d(z+c)+e)$  và  $dz+e = adz+adc+ae$ . Từ đây suy ra  $a = 1, c = 0$ . Mâu thuẫn với giả thiết  $c \neq 0$ . Vậy  $f$  là hằng.

Định lý sau đây trả lời chưa trọn vẹn Giả thuyết Hayman cho toán tử sai phân  $p$ -adic.

**Định lý 2.2.** Nếu hàm phân hình  $f$  trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $f^n(z)\Delta_c f(z) \neq 1$  với  $n \geq 6$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

**Chứng minh:** Giả sử ngược lại,  $f$  khác hằng. Theo Bổ đề 2.1 ta có  $\Delta_c f$  không đồng nhất không.

Đặt  $G = f^n(z)\Delta_c f$ . Ta thấy rằng, mọi cực điểm của  $G$  chỉ có thể xảy ra tại các cực điểm của  $f, f(z+c)$ , và mọi không điểm của  $G$  chỉ có thể xảy ra tại các không điểm của  $f, \Delta_c f$ .

Áp dụng Định lý chính thứ hai, thứ nhất và kết hợp với Bổ đề 3.1, 3.2 [8] ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq T(r, f^n(z)\Delta_c f) + O(1) \leq N_1(r, G) + N_1(r, \frac{1}{G}) + N_{1,G}(r, \frac{1}{G-1}) - \log r + O(1) \leq T(r, f) + T(r, f) + T(r, f) + 2T(r, f) + N_1(r, \frac{1}{G-1}) - \log r + O(1)$$

Do đó

$$(n-6)T(r, f) + \log r \leq N_1(r, \frac{1}{G-1}) + O(1)$$

Từ  $f$  khác hằng và  $n \geq 6$  ta có  $G$  nhận giá trị 1, một mâu thuẫn. Vậy  $f$  là hằng.

Định lý 2.2 góp phần khẳng định Giả thuyết Hayman  $p$ -adic.

Câu hỏi đặt ra là: Với  $n = 1, \dots, 5$  thì Định lý 2.2 còn đúng nữa hay không?

Sau đây ta trình bày Giả thuyết Hayman đối với tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes ( $p$ -adic).

Giả thuyết Hayman được phát biểu cho tích sai phân của hàm phân hình  $p$ -adic như sau:

**Giả thuyết Hayman cho tích sai phân  $p$ -adic.** Nếu  $f$  là một hàm phân hình trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $f^n(z)f(z+c) \neq 1$  với  $n$  là một số nguyên dương nào đó,  $c \neq 0$  và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

Định lý sau đây trả lời chưa trọn vẹn Giả thuyết Hayman cho tích sai phân  $p$ -adic.

**Định lý 2.3.** Nếu một hàm phân hình  $f$  trên  $\mathbb{K}$  thỏa mãn  $f^n(z)f(z+c) \neq 1$  với  $n \geq 5$  là một số nguyên dương nào đó và với mọi  $z \in \mathbb{K}$  thì  $f$  là hằng.

**Chứng minh:** Giả sử ngược lại,  $f$  khác hằng. Theo Bổ đề 2.1 ta có  $f(z+c)$  khác hằng. Đặt  $F = f^n(z)f(z+c)$ . Ta thấy rằng, mọi cực điểm của  $F$  chỉ có thể xảy ra tại các cực điểm của  $f, f(z+c)$ , và mọi không điểm của  $F$  chỉ có thể xảy ra tại  $f, f(z+c)$ . Áp dụng Định lý chính thứ hai, thứ nhất và kết hợp với Bổ đề 3.1, 3.2 [8] ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq T(r, f^n(z)f(z+c)) + O(1) \leq N_1(r, F) + N_1(r, \frac{1}{F}) +$$

$$N_{1,F}(r, \frac{1}{F-1}) - \log r + O(1) \\ \leq T(r, f) + T(r, f) + T(r, f) + T(r, f) + N_1(r, \frac{1}{F-1}) - \log r + O(1)$$

Do đó

$$(n-5)T(r, f) + \log r \leq N_1(r, \frac{1}{F-1}) + O(1)$$

Từ  $f$  khác hằng và  $n \geq 5$  ta có  $F$  nhận giá trị 1, một mâu thuẫn. Vậy  $f$  là hằng.

### 3. Vấn đề duy nhất của tích sai phân của hàm phân hình trên một trường không Archimedes

Câu hỏi đặt ra là: Với  $n = 1, \dots, 4$  thì Định lý 2.3. còn đúng nữa hay không?

Tiếp theo, ta có các kết quả tương tự của Định lý B cho tích sai phân của hàm phân hình  $p$ -adic.

**Định lý 3.1.** Giả sử  $f, g$  là các hàm phân hình trên  $\mathbb{K}$ . Nếu  $E_{f^n f(z+c)}(1) = E_{g^n g(z+c)}(1)$  và  $n \geq 13$ ,  $n$  là số nguyên, thì  $f = hg$  với  $h^{n+1} = 1$  hoặc  $fg = l$  với  $l^{n+1} = 1$ .

**Chứng minh:** Áp dụng Bổ đề 3.3 [8] với các trường hợp sau:

#### Trường hợp 1.

Đặt  $A = f^n f(z+c)$ ,  $B = g^n g(z+c)$ . Khi đó ta có

$$T(r, A) + O(1) \leq N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) + N_1(r, \frac{1}{A}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) + \\ N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) - \log r + O(1)$$

Kết hợp với Bổ đề 3.2 [8] ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq T(r, A) + O(1) \leq N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) + N_1(r, \frac{1}{A}) + \\ + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) + N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) - \log r + O(1), \\ (n-1)T(r, g) \leq T(r, B) + O(1) \leq N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + \\ + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) + N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) + N_1(r, \frac{1}{A}) + \\ + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) + N_1(r, B) + N_1^{\geq 2}(r, B) + N_1(r, \frac{1}{B}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{B}) - \\ - \log r + O(1) \quad (1)$$

Mọi cực điểm của  $A$  chỉ có thể xảy ra tại các cực điểm của  $f, f(z+c)$ . Kết hợp với Định lý chính thứ nhất và Bổ đề 3.1 [8] ta có

$$N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) \leq 2N_1(r, f) + (N_1(r, f(z+c)) + \\ N_1^{\geq 2}(r, f(z+c)) + O(1) \leq 2N(r, f) + N(r, f(z+c)) + O(1) \leq \\ 2T(r, f) + T(r, f(z+c)) + O(1) \leq 3T(r, f) + O(1)$$

Suy ra

$$N_1(r, A) + N_1^{\geq 2}(r, A) \leq 3T(r, f) + O(1) \quad (2)$$

Ta thấy rằng, mọi không điểm của  $A$  chỉ có thể xảy ra tại các không điểm của  $f, f(z+c)$ .

Tương tự (2) ta nhận được

$$N_1(r, \frac{1}{A}) + N_1^{\geq 2}(r, \frac{1}{A}) \leq 3T(r, f) + O(1) \quad (3)$$

Tương tự đối với  $B$  ta cũng có:

$$N_{1,B}(\infty, r) + N_{1,B}^{\geq 2}(\infty, r) \leq (k+2)T_g(r) + O(1)$$

$$N_{1,B}(0, r) + N_{1,B}^{\geq 2}(0, r) \leq (k+2)T(r, g) + O(1) \quad (4)$$

Từ (1)-(4) ta có

$$(n-1)T(r, f) \leq 6(T(r, f) + T(r, g)) - \log r + O(1)$$

Tương tự

$$(n-1)T(r, g) \leq 6(T(r, f) + T(r, g)) - \log r + O(1)$$

Suy ra ta có

$$(n-1)(T_f(r) + T_g(r)) \leq 12(T(r, f) + T(r, g)) - 2 \log r + O(1), \\ (n-13)(T_f(r) + T_g(r)) + 2 \log r \leq O(1)$$

Do  $n \geq 13$  nên ta gặp mâu thuẫn.

#### Trường hợp 2.

$f^n f(z+c)g^n g(z+c) \equiv 1$ . Khi đó ta có  $(fg)^n(f(z+c)g(z+c)) = 1$ .

Đặt  $l = fg$  và giả sử  $l$  không phải hàm hằng. Khi đó ta có

$$l^n(z) = \frac{1}{l(z+c)}$$

Theo Bổ đề 3.1 [8] ta có

$$nT(r, l) = T(r, l^n) = T(r, \frac{1}{l(z+c)}) \leq T(r, l(z+c)) + O(1) \leq T(r, l) + O(1)$$

Điều này mâu thuẫn với  $n \geq 13$ . Vì vậy  $l$  phải là hàm hằng. Do đó  $fg = l$  với  $l^{n+1} = 1$ .

#### Trường hợp 3.

$A = f^n f(z+c) \equiv B = g^n g(z+c)$ . Đặt  $h = \frac{f}{g}$ . Giả sử  $h$  không phải hàm hằng. Khi đó ta có

$$h^n(z) = \frac{1}{h(z+c)}$$

Theo Bổ đề 3.1 [8] ta có

$$nT(r, h) =$$

$$T(r, h^n) = T(r, \frac{1}{h(z+c)}) \leq T(r, h(z+c)) + O(1) \leq T(r, h) + O(1)$$

Điều này mâu thuẫn với  $n \geq 13$ . Vì vậy  $h$  phải là hàm hằng, kéo theo  $h^{n+1} = 1$ , do đó  $f = hg$  với  $h^{n+1} = 1$ .

Định lý 3.1. được chứng minh.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 101.01-2012.19. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2011), "Value distribution problem for  $p$ -adic meromorphic functions and their derivatives", *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, **XX(Special)**, pp.135-149.
- [2] J. Clunie (1967), "On a result of Hayman", *J. London Math. Soc.*, **42**, pp.389-392.
- [3] C.C. Yang and X.H. Hua (1997), "Uniqueness and value-sharing of meromorphic functions", *Ann. Acad. Sci. Fenn. Math.*, pp.395-406.
- [4] J. Ojeda (2008), "Hayman's conjecture in a  $p$ -adic field", *Taiwanese J. Math.*, **9**, pp.2295-2313.
- [5] R.G. Halburd, R.J. Korhonen (2006), "Nevanlinna theory for the difference operator", *Ann. Acad. Sci. Fenn. Math.*, **31**, pp.463-478.
- [6] I. Laine and C.C. Yang (2007), "Value distribution of difference polynomials", *Proceedings of the Japan Academy, Series A*, **83(8)**, pp.148-151.
- [7] K. Liu and L.Z. Yang (2009), "Value distribution of the difference operator", *Archiv der Mathematik*, **92(3)**, pp.270-278.
- [8] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2012), "Value - sharing problem for  $p$ -adic meromorphic functions and their difference operators and difference polynomials", *Ukrainian Math. J.*, **64(2)**, pp.147-164.
- [9] Ha Huy Khoai, Vu Hoai An and Nguyen Xuan Lai (2012), "Value sharing problem and Uniqueness for  $p$ -adic meromorphic functions", *Annales Univ. Sci. Budapest*, **38**, pp.71-92.
- [10] P.C. Hu, C.C. Yang (2000), *Meromorphic functions over non-Archimedean fields*, Kluwer.



# Nghiên cứu bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang tử hai chiều

Hoàng Thu Trang<sup>1,2</sup>, Ngô Quang Minh<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài 9/2/2018; ngày chuyển phản biện 13/2/2018; ngày nhận phản biện 15/3/2018; ngày chấp nhận đăng 22/3/2018

## Tóm tắt:

Bài báo này trình bày các kết quả lý thuyết và tính toán mô phỏng của bộ lọc quang học bậc cao sử dụng cấu trúc khe dẫn sóng hẹp trong tinh thể quang tử hai chiều kết hợp với dãy hốc vi cộng hưởng nối tiếp. Sự dẫn sóng trong khe hẹp được thiết kế để tăng khả năng giam giữ và cường độ điện-từ trường bên trong vùng điện môi có chiết suất thấp, điều này làm gia tăng tỷ số  $Q/V$  của bộ cộng hưởng được thiết kế từ các khe hẹp đó. Việc ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng được phân tích dựa vào phương pháp lý thuyết ghép các mode cộng hưởng trong miền thời gian (CMT). Kết quả lý thuyết được các tác giả kiểm chứng lại bằng mô phỏng qua việc sử dụng phương pháp đạo hàm hữu hạn trong miền thời gian (FDTD). Kết quả cho thấy có sự phù hợp tốt giữa lý thuyết và mô phỏng. Bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng được coi là nền tảng để tác giả nghiên cứu các linh kiện quang học tích hợp phẳng.

**Từ khóa:** Bộ lọc quang học, phương pháp FDTD, tinh thể quang tử.

**Chỉ số phân loại:** 1.3

## Mở đầu

Việc nghiên cứu cấu trúc tinh thể quang tử ứng dụng cho các linh kiện quang học đã và đang thu hút rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học bởi tính chất quang đặc biệt của nó mà các loại vật liệu sẵn có trong tự nhiên không có được. Cấu trúc tinh thể quang tử là cấu trúc vật liệu nhân tạo được tạo nên bằng việc sắp xếp tuần hoàn các lớp vật liệu có hằng số điện môi khác nhau theo 1 chiều (1D), 2 chiều (2D), hoặc 3 chiều (3D) trong không gian và tạo thành các vùng cấm quang theo 1D, 2D và 3D tương ứng. Các bước sóng (tần số) nằm trong vùng cấm quang bị phản xạ hoàn toàn khi gặp bề mặt cấu trúc tinh thể quang tử, tuy nhiên nó lại có tính chất đặc biệt là có thể điều khiển được khi ta thiết kế các bộ cộng hưởng hoặc bộ dẫn sóng trong cấu trúc tinh thể quang tử đó, có nghĩa là ánh sáng với bước sóng (tần số) đó được giam giữ trong cấu trúc hoặc được truyền qua cấu trúc với hiệu suất 100% [1-3].

Nhờ sự phát triển của các trang thiết bị và công nghệ hiện đại, đặc biệt là công nghệ nano, các cấu trúc tinh thể quang tử 2D đã được nghiên cứu và chế tạo thành công với bước sóng (tần số) làm việc tại vùng thông tin quang hoặc vùng khả kiến và đã có một số kết quả ứng dụng, đặc biệt cho viễn thông quang học, laser, đi-ốt phát quang (LED), cảm biến quang học... Tuy nhiên để ứng dụng rộng rãi cấu trúc tinh thể quang tử 2D trong một số lĩnh vực cụ thể, đặc biệt

là viễn thông quang học hoặc các mạch tích hợp phẳng khác vẫn rất cần thêm nhiều nghiên cứu chuyên sâu về cả vật liệu và cấu trúc [3-5]. Trong các linh kiện quang tích hợp phẳng dựa trên sự kết hợp của dẫn sóng và cộng hưởng, thì tỷ số ( $Q/V$ ), trong đó  $Q$  là hệ số phẩm chất và  $V$  là thể tích hình thái học được coi là tham số quyết định hiệu suất của linh kiện quang, tỷ số  $Q/V$  càng cao thì hiệu suất linh kiện càng tốt. Hệ số phẩm chất  $Q$  và thể tích hình thái học  $V$  của bộ cộng hưởng được thiết kế từ cấu trúc tinh thể quang tử 2D mà các công bố gần đây đề cập là  $\sim 3,3 \times 10^6$  và  $\sim 1,18 (\lambda/n)^3$ , do vậy  $Q/V \sim 2,80 \times 10^6 (\lambda/n)^3$ , trong đó  $\lambda$  là bước sóng hoạt động và  $n$  là chỉ số chiết suất của vật liệu [6-8]. Việc chế tạo bộ cộng hưởng có hệ số phẩm chất  $Q$  cao là rất khó vì mỗi sự thay đổi kích thước rất nhỏ của bộ cộng hưởng sẽ dẫn tới sự thay đổi rất lớn của hệ số phẩm chất  $Q$ . Bên cạnh đó, khi hệ số phẩm chất  $Q$  cao, cường độ điện-từ trường sẽ tập trung rất lớn trong một không gian hẹp của bộ cộng hưởng sẽ làm gia tăng các hiệu ứng phi tuyến không mong muốn của vật liệu. Vậy nên, nếu không quan tâm đến thể tích hình thái học  $V$ , thì việc làm tăng hệ số phẩm chất  $Q$  của bộ lọc quang học bằng cách ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng thông qua khe dẫn sóng hẹp trong tinh thể quang tử 2D là phương án có tính khả thi cao [9-11]. Việc sử dụng dẫn sóng trong khe hẹp làm tăng khả năng giam giữ và cường độ điện-từ trường bên trong vùng điện môi có chiết suất thấp, điều này làm tăng tỷ số  $Q/V$  của bộ cộng hưởng được thiết kế từ các khe hẹp.

\*Tác giả liên hệ; Email: minhng@ims.vast.ac.vn

# A study on high-order optical filters based on coupled resonators through the slot waveguide in two-dimensional photonic crystal

Thu Trang Hoang<sup>1,2</sup>, Quang Minh Ngo<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

<sup>2</sup>Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

Received 9 February; accepted 22 March 2018

## Abstract:

In this paper, we present the theoretical and numerical results of the high-order optical filters based on the slotted two-dimensional photonic crystal waveguide conjugated with multiple coupled resonators. Slotted waveguide is designed to enhance the electromagnetic intensity and confine the light in the narrow area with low refractive index, so that the figure-of-merit ( $Q/V$ ) of the resonators is significantly enhanced. The coupling among the resonators is analyzed theoretically, based on the coupled-mode theory in time (CMT). We perform the finite-difference time-domain (FDTD) simulation to confirm the CMT analysis. It is shown that the good agreement between the theory and the simulation. This result will provide a general guide line for planar photonic integrated circuits.

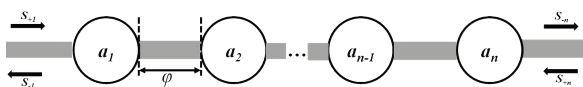
**Keywords:** FDTD method, Optical filter, Photonic crystal.

**Classification number:** 1.3

Mô hình bộ lọc quang học bậc cao được phân tích lý thuyết dựa trên phương pháp ghép mode cộng hưởng theo thời gian (CMT). Các kết quả lý thuyết được kiểm chứng bằng mô phỏng dựa trên phương pháp đạo hàm hữu hạn trong miền thời gian (FDTD) và phương pháp khai triển sóng phẳng [12, 13]. Các kết quả lý thuyết và mô phỏng cho thấy có sự phù hợp khá tốt. Kết quả của bài báo này là nền tảng cho các nghiên cứu về linh kiện quang tích hợp phẳng.

## Cơ sở lý thuyết

Hình 1 là mô hình của  $n$  bộ cộng hưởng ghép nối tiếp với nhau thông qua bus dẫn sóng.



Hình 1. Mô hình của  $n$  cộng hưởng ghép nối tiếp với nhau.

Để phân tích sự ghép nối tiếp của  $n$  bộ cộng hưởng như hình 1, chúng tôi sử dụng lý thuyết ghép các mode cộng hưởng trong miền thời gian [14]. Để đơn giản, chúng ta giả sử các bộ cộng hưởng có cùng tần số cộng hưởng và độ suy hao theo thời gian tương ứng là  $\omega_0$  và  $1/\tau$ .  $s_{+1}$  và  $s_{-1}$  là biên độ của sóng tới và sóng phản xạ tại cộng hưởng thứ nhất;  $s_{+n}$  và  $s_{-n}$  tương ứng là biên độ của sóng tới và sóng phản xạ tại cộng hưởng thứ  $n$ ;  $|a|^2$  và  $|s|^2$  lần lượt là năng lượng của bộ cộng hưởng và của sóng.

$$\frac{da_1}{dt} = [j(\omega_0 + \delta) - \frac{1}{\tau}]a_1 + \mu a_2 + k s_{+1}$$

$$\frac{da_i}{dt} = j(\omega_0 + 2\delta)a_i + \mu a_{i-1} + \mu a_{i+1} \quad \text{với } 1 < i < n \quad (1)$$

$$\frac{da_n}{dt} = [j(\omega_0 + \delta) - \frac{1}{\tau}]a_n + \mu a_{n-1} + k s_{+n}$$

Ở đây hệ số ghép của sóng và bộ cộng hưởng được cho bởi hệ số  $k = e^{j\theta} \sqrt{2/\tau}$ .  $\delta$  và  $\mu$  lần lượt là độ dịch chuyển tần số cộng hưởng và hệ số ghép hiệu dụng, với  $\delta = \cot \varphi / \tau$  và  $\mu = -j \csc \varphi / \tau$ ,  $\varphi$  là góc lệch pha giữa hai cộng hưởng gần nhau nhất. Giả sử hệ chúng ta xét là không có tác động từ bên ngoài, nên  $s_{+n} = 0$ . Sử dụng phương pháp CMT, hệ số truyền qua được cho bởi công thức:

$$T(\omega) = \left| \frac{g_n}{g_1} \right|^2 = \left| \frac{k^* k}{j(\Delta - \delta) + 1/\tau - \mu f_2} \prod_{i=2}^n f_i \right|^2 \quad (2)$$

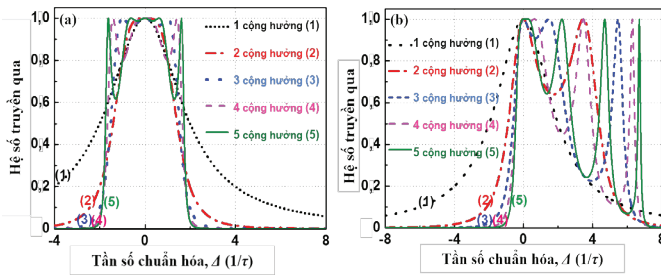
$$f_n = \frac{g_n}{g_{n-1}} = \frac{\mu}{j(\Delta - \delta) + 1/\tau}$$

trong đó

$$f_i = \frac{g_i}{g_{i-1}} = \frac{1}{j(\Delta - \delta) + \mu - f_{i+1}} \quad (3)$$

$\Delta$  là tần số chuẩn hóa từ tần số cộng hưởng,  $\Delta = \omega - \omega_0$ . Tại bài báo này, chúng tôi xem xét bộ lọc quang học bậc 1, bậc 2, bậc 3, bậc 4 và bậc 5. Sử dụng phương trình (2), phổ truyền qua của các bộ lọc quang học với  $\varphi = \pi/2$  và  $\varphi = \pi/6$  được mô tả trong hình 2(a) và 2(b).

Hình 2 cho thấy số lượng đỉnh cộng hưởng bằng với số lượng bộ cộng hưởng được ghép nối tiếp. Hình 2(a) là phổ truyền qua của các bộ lọc khi  $\varphi = \pi/2$ , các bộ lọc có bậc khác nhau đều có chung tần số cộng hưởng trung tâm,  $\Delta = 0$ . Ngoài ra, bộ lọc bậc cao còn có thêm các tần số cộng hưởng khác nằm đối xứng ở hai phía của tần số cộng hưởng trung tâm, bán độ rộng phổ của các cộng hưởng nằm xa cộng hưởng trung tâm có xu hướng hẹp dần. Hình 2(b) là phổ truyền qua của các bộ lọc khi  $\varphi = \pi/6$ , các bộ lọc vẫn có chung một tần số cộng hưởng nhưng các đỉnh cộng hưởng được phân bố bất đối xứng và khó xác định được vị trí chính xác. Để đơn giản trong nghiên cứu, các bộ lọc quang học bậc cao được thiết kế trong trường hợp góc lệch pha giữa hai cộng hưởng gần nhau nhất  $\varphi = \pi/2$ .

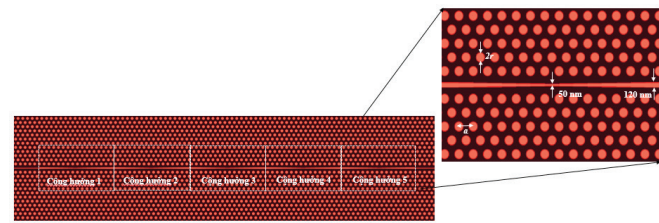


Hình 2. Phổ truyền qua của các bộ lọc quang học: (a) khi  $\varphi = \pi/2$  và (b) khi  $\varphi = \pi/6$ .

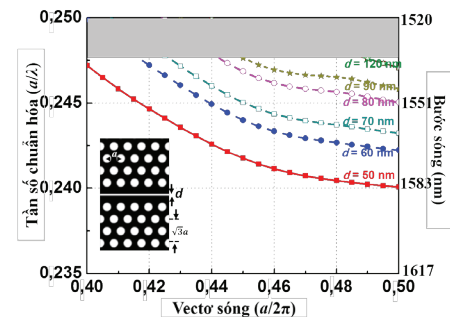
### Kết quả mô phỏng

Để kiểm chứng cho kết quả lý thuyết được trình bày ở trên, các bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang tử 2D đã được chúng tôi mô phỏng nhờ sử dụng phương pháp FDTD. Hình 3 là cấu trúc bộ lọc quang học bậc 5 với các tham số của cấu trúc và vật liệu như sau: Chiết suất hiệu dụng của vật liệu nền silic  $n = 2,98$ , bán kính hố là  $r = 0,3a$  ( $a$  là hằng số mạng,  $a = 380$  nm) và mạng tinh thể hình tam giác. Cộng hưởng được tạo ra bằng cách thay đổi độ rộng của khe hẹp từ  $d = 50$  nm tới  $d = 120$  nm với những khoảng cách đều là  $10$  nm/ $a$ . Khe dẫn sóng hẹp và các hố được điền đầy bằng vật liệu hữu cơ quang phi tuyến bậc 3 DDMEBT ( $n_{\text{fill}} = 1,8$ ), do DDMEBT là vật liệu có hệ số phi tuyến bậc 3 lớn, chúng tôi hy vọng rằng bằng cách sử dụng vật liệu DDMEBT sẽ khắc phục được những nhược điểm của vật liệu nền silic như hiệu ứng hấp thụ hạt tải tự do và hiệu ứng hấp thụ hai photon trong nghiên cứu linh kiện quang lưỡng trạng thái ổn định.

Sự dẫn truyền sóng điện từ trong các bộ dẫn sóng được minh họa trên hình 4. Sử dụng phương pháp khai triển sóng phẳng đối với hệ phương trình Maxwell để giải bài toán với biến số là các mode dẫn trong các bộ dẫn sóng với độ rộng khe hẹp  $d$  khác nhau với phân cực là điện trường trong mặt phẳng (TE mode). Với các tham số được chọn của cấu trúc tinh thể quang tử 2D như trên hình 3, thì vùng cấm quang chuẩn hóa là  $(0,235-0,250 a/\lambda)$ , tương ứng với dải sóng trong vùng thông tin quang ( $1520-1617$  nm) chứa các dải dẫn sóng tương ứng với các trường hợp độ khe hẹp  $d$  ( $\sim 50-120$  nm). Khi độ rộng khe hẹp tăng, dải dẫn sóng có xu hướng dịch về các bước sóng ngắn. Khi  $d$  tăng  $\sim 120$  nm dải dẫn sóng nằm ngoài vùng cấm quang, do vậy việc lựa chọn độ rộng khe hẹp  $d = 120$  nm được xem như là một vách ngăn sóng điện từ, tức là sóng điện từ sẽ bị giam giữ trong bộ cộng hưởng được tạo nên từ khe hẹp có độ rộng  $d \sim 50$  nm. Việc thiết kế buồng cộng hưởng có độ rộng khe hẹp tăng dần sẽ làm giảm sự thay đổi đột ngột sóng điện từ trong buồng cộng hưởng. Độ rộng khe hẹp  $d = 50$  nm còn được chọn làm độ rộng khe dẫn sóng của bộ lọc quang học như hình 3.



Hình 3. Cấu trúc của bộ lọc quang học bậc 5 (hình chính) và chi tiết của một bộ cộng hưởng (hình phụ).

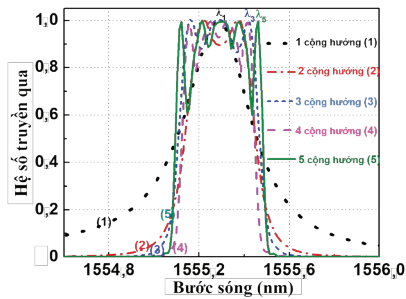


Hình 4. Các dải dẫn sóng tương ứng với độ rộng khe hẹp  $d$  khác nhau.

Để mô phỏng đặc trưng truyền qua của các bộ lọc quang học được thiết kế như hình 3, chúng tôi sử dụng phổ dạng Gauss có dải bước sóng từ  $1520-1596$  nm, phân cực TE, đặt ở đầu vào của khe dẫn sóng (phía trái) và đầu thu được đặt ở lối ra của khe dẫn sóng (phía phải). Giữa đầu vào và đầu ra là số bộ cộng hưởng được ghép nối tiếp. Sử dụng phương pháp mô phỏng FDTD với điều kiện là biên hấp thụ hoàn hảo (PML) có độ dày đủ lớn để hấp thụ hoàn toàn sóng điện từ truyền tới biên và không cho phản xạ ngược lại vào trong cấu trúc. Hình 5 là phổ mô phỏng sự truyền qua của sóng phân cực TE đối với các bộ lọc quang học có bậc khác nhau. Chúng tôi đã tối ưu cấu trúc tinh thể quang tử 2D để góc lệch pha giữa hai bộ cộng hưởng gần nhau nhất  $\varphi = \pi/2$ . Nhìn vào hình 5, hình dáng phổ mô phỏng của các bộ lọc hoàn toàn giống với hình dáng phổ của các bộ lọc mà chúng tôi đã phân tích lý thuyết ở phần trên, tức là nó có dạng đối xứng và đỉnh cộng hưởng truyền qua là  $100\%$ . Bước sóng cộng hưởng trung tâm là  $1555,28$  nm hoàn toàn phù hợp với bước sóng sử dụng trong viễn thông quang học. Đối với bộ lọc bậc 1, phổ truyền qua có dạng đối xứng Lorentz với bước sóng cộng hưởng  $\lambda_1 = 1555,28$  nm và hệ số phẩm chất  $Q_1 = 4463$ . Phổ của bộ lọc bậc cao không phải dạng Lorentz và có nhiều đỉnh cộng hưởng. Đỉnh phổ cộng hưởng của các bộ lọc bậc cao mà chúng tôi quan tâm nằm ở phía ngoài cùng, do vậy chúng tôi đã sử dụng phương pháp làm khớp phổ cộng hưởng ngoài cùng của bộ lọc bậc 3 và bậc 5 với cộng hưởng có hàm Fano [15]. Hệ số phẩm chất  $Q_3 = 13010$  và  $Q_5 = 32020$  tương ứng với hai đỉnh cộng hưởng ngoài cùng có bước sóng là  $\lambda_3 = 1555,38$  nm đối với bộ lọc bậc 3 và  $\lambda_5 = 1555,46$  nm đối với bộ lọc bậc 5. Phổ có đỉnh cộng

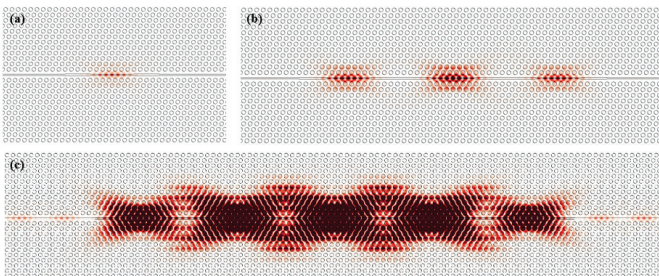


hường càng xa cộng hưởng trung tâm có bán độ rộng càng hẹp, do vậy hệ số phẩm chất  $Q$  càng lớn. Như vậy, bằng cách ghép nối tiếp nhiều bộ cộng hưởng thông qua khe dẫn sóng hẹp trong tinh thể quang tử 2D, chúng tôi đã thu được bộ lọc quang học bậc cao với hệ số phẩm chất  $Q$  cao hơn, ví dụ hệ số phẩm chất  $Q$  của bộ lọc quang học bậc 5 cao hơn  $\sim 7,2$  lần hệ số phẩm chất  $Q$  của bộ lọc bậc 1 mà không cần thay đổi các tham số khác của cấu trúc tinh thể quang tử 2D.



**Hình 5. Phổ mô phỏng truyền qua của các bộ lọc quang học sử dụng phương pháp mô phỏng FDTD.**

Phân bố năng lượng điện trường của các bộ lọc được minh họa như hình 6. Hình 6(a), 6(b) và 6(c) tương ứng là phân bố năng lượng điện trường của bộ lọc quang học bậc 1, bậc 3 và bậc 5 tương ứng với các bước sóng  $\lambda_1 = 1555,28$  nm,  $\lambda_3 = 1555,38$  nm, và  $\lambda_5 = 1555,46$  nm. Chúng ta thấy rằng, với bộ lọc quang học bậc cao, năng lượng được phân bố và lưu trữ ở tất cả các buồng cộng hưởng, điều này làm cho thời gian sống của bước sóng cộng hưởng trong cấu trúc lâu hơn, tức là hệ số phẩm chất  $Q$  sẽ cao hơn.



**Hình 6. Phân bố năng lượng điện trường trong cấu trúc bộ lọc quang học bậc 1 (a), bậc 3 (b) và bậc 5 (c) tương ứng với các bước sóng cộng hưởng  $\lambda_1 = 1555,28$  nm,  $\lambda_3 = 1555,38$  nm và  $\lambda_5 = 1555,46$  nm.**

## Kết luận

Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày kết quả lý thuyết của việc ghép nối tiếp nhiều cộng hưởng thông qua bus dẫn sóng chung nhờ sử dụng phương pháp ghép mode cộng hưởng theo thời gian. Kết quả lý thuyết được kiểm chứng bằng kết quả mô phỏng FDTD đối với bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép cặp nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang

tử 2D. Kết quả lý thuyết và mô phỏng hoàn toàn phù hợp. Các bộ lọc quang học có bước sóng cộng hưởng nằm trong vùng thông tin quang và linh kiện thiết kế của bài báo này có thể được sử dụng trong các mạch tích hợp phẳng của viễn thông quang học như các bộ chuyển mạch và dẫn sóng thông tin.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) thông qua đề tài mã số VAST03.05/18-19 và chương trình hợp tác đào tạo nghiên cứu sinh giữa Đại học RMIT và Viện Khoa học Vật liệu - Học viện Khoa học và Công nghệ, VAST.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E. Yablonovitch (1987), "Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics", *Phys. Rev. Lett.*, **58**(20), pp.2059-2062.
- [2] S. John (1987), "Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices", *Phys. Rev. Lett.*, **58**(23), pp.2486-2489.
- [3] J.D. Joannopoulos, S.G. Johnson, J.N. Winn, and R.D. Meade (2008), *Photonic Crystals: Molding the flow of light*, Second edition Princeton Univ. Press.
- [4] P.N. Prasad (2004), *Nanophotonics*, John Wiley & Sons.
- [5] R. Kirchchain and L. Kimerling (2007), "A roadmap for nanophotonics", *Nat. Photonics*, **1**, pp.303-305.
- [6] K.J. Vahala (2003), "Optical microcavities", *Nature*, **424**, pp.839-846.
- [7] K. Nozaki and T. Baba (2006), "Laser characteristics with ultimate-small modal volume in photonic crystal slab point-shift nanolasers", *Appl. Phys. Lett.*, **88**, 211101 (3pp).
- [8] G.H. Kim, Y.H. Lee, A. Shinya and M. Notomi (2004), "Coupling of small, low-loss hexapole mode with photonic crystal slab waveguide mode", *Opt. Express*, **12**(26), pp.6624-6631.
- [9] V.R. Almeida, Q. Xu, C.A. Barrios, and M. Lipson (2004), "Guiding and confining light in void nanostructure", *Opt. Lett.*, **29**(11), pp.1209-1211.
- [10] Q.M. Ngo, S. Kim, J. Lee, H. Lim (2012), "All-optical switches based on multiple cascaded resonators with reduced switching intensity-response time products", *J. Lightwave Technol.*, **30**(22), pp.3525-3531.
- [11] T.T. Hoang, Q.M. Ngo, D.L. Vu, K.Q. Le, T.K. Nguyen, H.P.T. Nguyen (2018), "Induced high-order resonance linewidth shrinking with multiple coupled resonators in silicon-organic hybrid slotted two-dimensional photonic crystals for reduced optical switching power in bistable devices", *J. Nanophotonics*, **12**(1), pp.016014(1-13).
- [12] A. Taflov (1995), *Computational electrodynamics*, Norwood, MA: Artech House.
- [13] A. Farjadpour, D. Roundy, A. Rodriguez, M. Ibanescu, P. Bermel, J.D. Joannopoulos, S.G. Johnson, and G. Burr (2006), "Improving accuracy by subpixel smoothing in FDTD", *Opt. Lett.*, **31**(20), pp.2972-2974.
- [14] H.A. Haus (1984), *Waves and fields in optoelectronics*, Massachusetts Institute of Technology.
- [15] A.E. Miroshnichenko, S. Flach, Y.S. Kivshar (2010), "Fano resonances in nanoscale structures", *Rev. Mod. Phys.*, **82**(3), pp.2257-2298.



# Phân tích quỹ đạo hoạt động để đánh giá khả năng phối hợp chụp ảnh của các hệ thống vệ tinh nhỏ, thử nghiệm với vệ tinh VNREDSat-1 và BKA

Bùi Doãn Cường, Chu Xuân Huy, Nguyễn Minh Ngọc\*, Bùi Quang Huy, Hoàng Hải, Phạm Đình Thắng

*Viện Công nghệ Vũ trụ, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam*

Ngày nhận bài 27/2/2018; ngày chuyển phản biện 2/3/2018; ngày nhận phản biện 30/3/2018; ngày chấp nhận đăng 11/4/2018

## Tóm tắt:

Xu thế hiện nay để hạn chế nhược điểm độ phủ trùm nhỏ của các hệ thống vệ tinh nhỏ quan sát Trái đất là phối hợp chụp ảnh giữa các vệ tinh tương tự nhau. Cơ sở để tính toán phối hợp chụp ảnh chính là quỹ đạo hoạt động của chúng. Thông qua mô phỏng quỹ đạo của VNREDSat-1 và BKA, kết hợp với đặc điểm kỹ thuật, nhóm tác giả đã phân tích khả năng phối hợp chụp ảnh của hai hệ thống vệ tinh có pha chụp ảnh ngược nhau này, đồng thời đề xuất phương án phối hợp chụp cụ thể. Các kết quả thu được sẽ chứng minh tính khả thi của công tác phối hợp chụp ảnh giữa các hệ thống vệ tinh nhỏ.

Từ khóa: BKA, phối hợp chụp ảnh, vệ tinh nhỏ, VNREDSat-1.

Chỉ số phân loại: 1.3

## Operation orbit analysis to evaluate the imaging coordination capability of small satellites, an experiment with VNREDSat-1 and BKA

Doan Cuong Bui, Xuan Huy Chu, Minh Ngoc Nguyen\*, Quang Huy Bui, Hai Hoang, Dinh Thang Pham

*Space Technology Institute, VAST*

Received 27 February 2018; accepted 11 April 2018

## Abstract:

The disadvantage of Earth observation small satellite systems is small coverage, so the current tendency to mitigate this issue is to combine imaging between similar satellites. The basis for computation of imaging coordination is the satellite operation orbit. By simulating the orbit of VNREDSat-1 and BKA combined with their specifications, the authors analyzed the combination capabilities of two satellite systems with opposite phases. The results will demonstrate the feasibility of collaborative imaging between small satellite systems.

Keywords: BKA, imaging coordination, small satellite, VNREDSat-1.

Classification number: 1.3

## Đặt vấn đề

Sự ra đời của các hệ thống vệ tinh nhỏ quan sát trái đất (như ALSAT-2, SSOT, BKA, VNREDSat-1...) [1] đã giải quyết bài toán về cung cấp dữ liệu ảnh quang học có độ phân giải không gian cao và thời gian chụp lặp ngắn cho một vùng bất kỳ trên trái đất. Tuy vậy, nhược điểm của các hệ thống này là độ phủ trùm của các dữ liệu vẫn còn hạn chế do kích thước ảnh không lớn.

Một phương án để khắc phục hạn chế này là phối hợp chụp ảnh giữa các vệ tinh, kể cả khi chúng thuộc các quốc gia khác nhau [2]. Sự phối hợp trong công tác quan sát trái đất từ các vệ tinh nhỏ là một trong những xu hướng hiện đại hiện nay trong công tác phát triển nghiên cứu không gian. Việc triển khai trong thực tế của phương pháp này góp phần làm giảm đáng kể thời gian chụp lặp lại và tăng diện tích phủ trùm trong theo dõi, giám sát các đối tượng trên bề mặt trái đất [3], đặc biệt là các thảm họa tự nhiên hay nhân tạo; cũng như nâng cao hơn hiệu quả sử dụng của các hệ thống vệ tinh.

Trên đà thành công trong việc phối hợp khả năng chụp ảnh của vệ tinh VNREDSat-1 (Việt Nam) và THAICHOTE (Thái Lan) [4], hệ thống vệ tinh nhỏ VNREDSat-1 tiếp tục được thử nghiệm phối hợp với các hệ thống vệ tinh khác, cụ thể ở đây là hệ thống vệ tinh BKA của Belarus - hệ thống vệ tinh nhỏ quan sát trái đất có pha chụp ảnh ngược với pha chụp ảnh của VNREDSat-1.

## Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu chính là quỹ đạo hoạt động của

\*Tác giả liên hệ: Email: nmngoc@sti.vast.vn

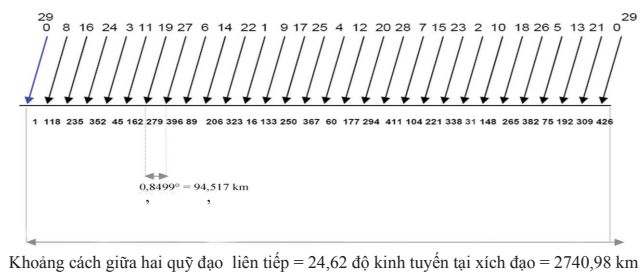
hai vệ tinh. Quỹ đạo hoạt động có ảnh hưởng lớn đến khả năng chụp ảnh của vệ tinh, đặc biệt là thời gian chụp lặp và chu kỳ chụp lặp [5, 6]. Thời gian chụp lặp là thời gian vệ tinh sẽ bay qua vùng có thể chụp ảnh được khu vực yêu cầu. Độ rộng của vùng này được giới hạn bởi khả năng linh hoạt khi chụp ảnh của vệ tinh. Giá trị này phụ thuộc vào yêu cầu về góc nghiêng khi chụp, thời gian chụp lặp sẽ càng dài nếu góc nghiêng nhỏ và càng ngắn nếu chụp với góc nghiêng lớn. Chu kỳ chụp lặp chính là thời gian mà sau đó vệ tinh sẽ bay qua y hệt vị trí cũ.

Cả hai hệ thống vệ tinh VNREDSat-1 và BKA đều hoạt động trên quỹ đạo thấp, đồng bộ mặt trời, trong đó các đặc điểm chính được thể hiện trong bảng 1 [7, 8].

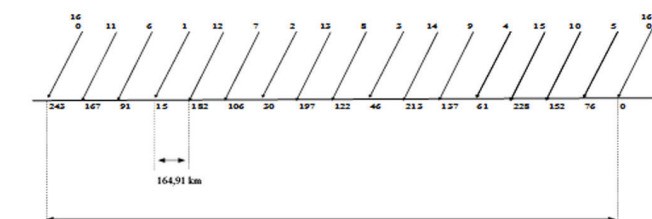
**Bảng 1. Thông số quỹ đạo của VNREDSat-1 và BKA.**

| Thông số kỹ thuật      | BKA                            | VNREDSat-1                     |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Loại quỹ đạo           | Quỹ đạo thấp, đồng bộ mặt trời | Quỹ đạo thấp, đồng bộ mặt trời |
| Độ cao (km)            | 510                            | 680                            |
| Góc nghiêng (°)        | 97,5                           | 98,1                           |
| Chu kỳ (phút)          | 94,7                           | 98,4                           |
| Số vòng bay trong ngày | 15+3/16                        | 14+18/29                       |
| Giờ địa phương         | 11h27                          | 10h30                          |
| Chu kỳ chụp lặp (ngày) | 16                             | 29                             |
| Bán trục lớn           | 6891,224                       | 7058,907                       |
| Độ lệch tâm            | 0,00135                        | 0,00121                        |
| Pha chụp ảnh           | Ascending                      | Descending                     |

Các chu kỳ quỹ đạo của cả hai vệ tinh được minh họa trong hình 1 và 2 thể hiện dưới dạng vệt các quỹ đạo của chúng trên bề mặt trái đất.



**Hình 1. Vệt quỹ đạo của vệ tinh VNREDSat-1.**



**Hình 2. Vệt quỹ đạo của vệ tinh BKA.**

Tuy nhiên, mặc dù có các giá trị độ nghiêng quỹ đạo gần nhau, sự khác biệt đáng kể của hai vệ tinh nằm trong các pha chụp ảnh của chúng: Đối với VNREDSat-1 là Descending, đối với BKA là Ascending. Vì vậy, các dải ảnh của hai hệ thống vệ tinh sẽ theo các hướng ngược nhau (hình 5), dẫn đến việc hạn chế về diện tích chồng phủ các cảnh ảnh (hình 6).

### Phương pháp nghiên cứu

Công tác đánh giá khả năng phối hợp giữa các vệ tinh được tiến hành hầu hết dựa trên việc phân tích vệt quỹ đạo của chúng. Do đó, nhóm tác giả lựa chọn phương pháp nghiên cứu là tính toán mô phỏng quỹ đạo của VNREDSat-1 và BKA, sau đó đánh giá khả năng phối hợp giữa hai hệ thống vệ tinh.

Trên cơ sở dữ liệu TLE (Two Line Element) được cung cấp từ trang thông tin điện tử <https://celestrak.com>, quỹ đạo của vệ tinh VNREDSat-1 và BKA được tính toán mô phỏng bằng phần mềm Orbitron, được Celestrak hỗ trợ [9]. Chú ý rằng, trong trang thông tin này, hệ thống vệ tinh BKA được đặt dưới tên KANOPUS\_V [10].

Thời gian chụp lặp lại một khu vực đối với mỗi hệ thống vệ tinh được căn cứ vào khoảng cách gần nhất giữa hai vệt quỹ đạo (đối với VNREDSat-1 là 94,517 km và BKA là 164,91 km, xem hình 1, 2) và khoảng cách tối đa có thể chụp khi vệ tinh chụp nghiêng, được tính theo công thức:

$$D = \tan \alpha \cdot h$$

Trong đó:  $\alpha$  là góc nghiêng khi chụp;  $h$  là độ cao bay chụp (km);  $D$  là khoảng cách tối đa có thể chụp (km).

Như vậy đối với mỗi góc nghiêng khác nhau,  $D$  có giá trị khác nhau tương ứng, cụ thể như sau:

**Bảng 2. Khoảng cách tối đa tương ứng với góc nghiêng của VNREDSat-1 và BKA.**

| Góc nghiêng ( $\alpha$ ) | D (VNREDSat-1) (km) | D (BKA) (km) |
|--------------------------|---------------------|--------------|
| 30°                      | 392,598             | 294,448      |
| 20°                      | 247,499             | 185,625      |
| 10°                      | 119,902             | 89,927       |

Như vậy, đối với mỗi góc nghiêng khác nhau, thời gian chụp lặp lại cho một khu vực sẽ khác nhau, góc nghiêng giảm thì thời gian chụp lặp sẽ tăng lên. Trong nghiên cứu này, mốc thời gian để tính toán thời gian chụp là ngày 0 trong chu kỳ của cả hai hệ thống vệ tinh (xem hình 1, 2).

### Kết quả

#### Mô phỏng quỹ đạo của hai hệ thống vệ tinh

Giá trị TLE được cung cấp bởi trang <https://celestrak.com>

VNREDSAT 1

1 39160U 13021B 18060.62972507  
.00000029 00000-0 14636-4 0 9994

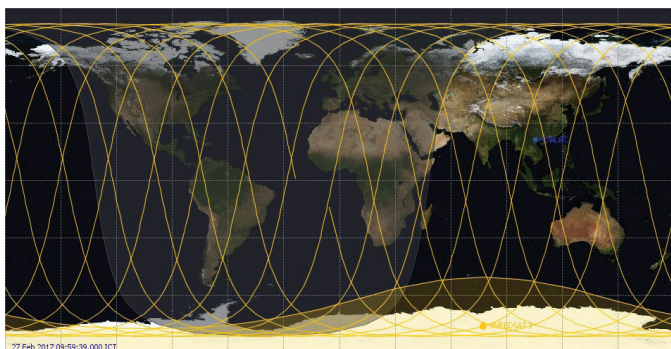
2 39160 98.0544 135.7914 0001382  
90.8028 269.3336 14.62979273257244

KANOPUS-V 1

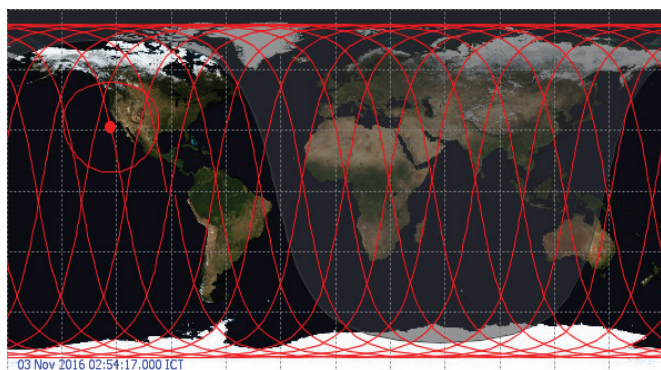
1 38707U 12039A 18060.78428194  
-.00013006 00000-0 -61594-3 0 9998

2 38707 97.4540 340.7535 0001506  
51.2909 25.6505 15.19224927311191

Kết quả tính toán mô phỏng quỹ đạo hoạt động của hai hệ thống vệ tinh [11] được mô tả cụ thể trong hình 3 và hình 4.



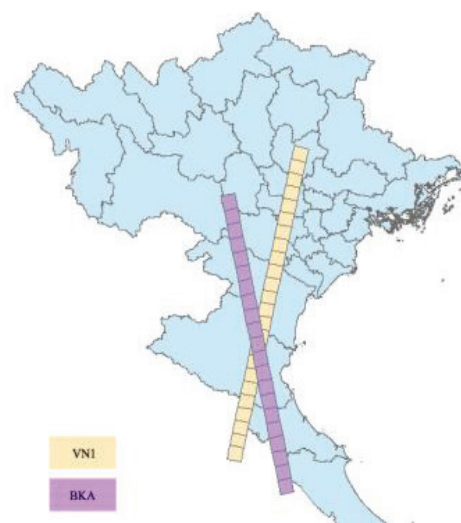
Hình 3. Vệt quỹ đạo của VNREDSat-1 trong 1 ngày.



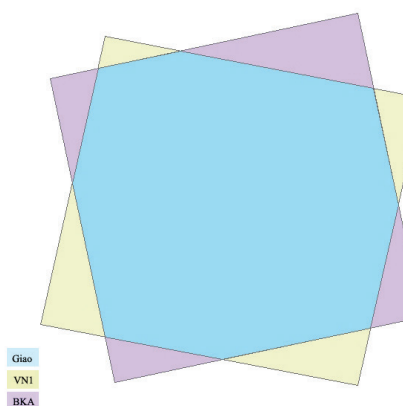
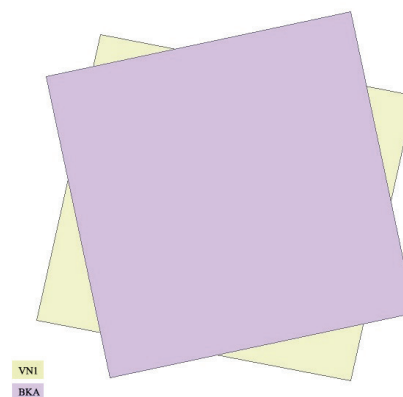
Hình 4. Vệt quỹ đạo của BKA trong 1 ngày.

### Mô phỏng dải chụp của hai hệ thống vệ tinh

Trên cơ sở tính toán mô phỏng quỹ đạo hai hệ thống VNREDSat-1 và BKA, cũng với đặc điểm về độ rộng dải chụp của mỗi vệ tinh (17,5 km đối với VNREDSat-1 và 20 km đối với BKA) (xem hình 5), chỉ xét trong trường hợp có thể kết hợp hai loại ảnh toàn sắc và đa phổ để tăng cường chất lượng ảnh [7, 8].



Hình 5. Pha chụp ảnh của BKA và VNREDSat-1.



Hình 6. Độ chồng phủ cảnh ảnh của BKA và VNREDSat-1.

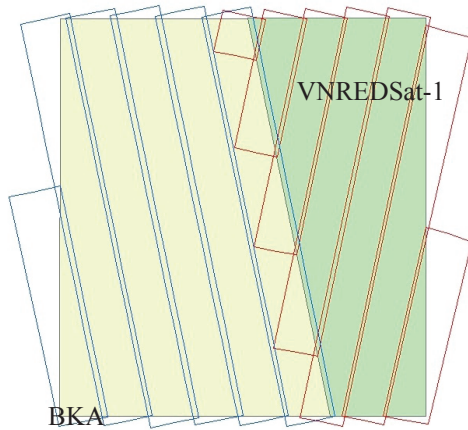
Với giá trị góc nghiêng nhỏ trong khoảng 10-15°, diện tích chồng phủ của các cảnh ảnh có thể đạt 288 km<sup>2</sup>, tương đương 94% diện tích của ảnh VNREDSat-1 (kích thước mỗi cảnh ảnh là 17,5x17,5 km, tương đương 306,25 km<sup>2</sup>) hoặc 72% diện tích hình ảnh BKA (20x20 km, tương đương 400 km<sup>2</sup>) (xem hình 6). Kết quả này có thể chấp nhận được trong



trường hợp chụp ảnh cho một khu vực quan tâm có diện tích nằm trong phần chồng phủ. Ở đây không xét đến trường hợp các góc chụp lớn vì diện tích cảnh ảnh sẽ tăng khi góc nghiêng tăng, điều này có nghĩa diện tích chồng phủ sẽ được tăng lên.

#### Mô phỏng kết hợp chụp ảnh cho một khu vực

Với góc nghiêng tối đa của VNREDSat-1 là  $35^\circ$  và BKA là  $40^\circ$  [7, 8], nhóm nghiên cứu thực hiện mô phỏng kết hợp chụp một khu vực có độ rộng tương đương 10 dải chụp của vệ tinh BKA (20 km), tương ứng đối với VNREDSat-1 để chụp phủ kín khu vực cần 11 dải (17,5 km). Tùy theo góc nghiêng khác nhau khi chụp mà thời gian chụp hết toàn bộ khu vực sẽ khác nhau, nhưng khi kết hợp hai vệ tinh thì thời gian chụp lặp sẽ được rút ngắn. Phương án phân chia khu vực chụp được minh họa trong hình 7.



Hình 7. Phân chia khu vực chụp ảnh giữa hai vệ tinh VNREDSat-1 và BKA.

Thời gian cần thiết để chụp hết 10 dải của BKA với góc nghiêng  $30^\circ$  được tính như sau:

- Lấy mốc thời điểm chụp được dải đầu tiên là ngày 0 trong chu kỳ.
- Ngày 5 sẽ tiếp tục chụp được dải thứ hai, ngày 11 sẽ chụp được dải thứ 3, ngày 16 chụp được dải thứ 4.
- Dải cuối cùng sẽ chụp được vào ngày thứ 16 của chu kỳ thứ ba.
- Như vậy là cần 3 chu kỳ để chụp 10 dải này (tương đương 48 ngày).

Tương tự như vậy, thời gian chụp cần thiết với các góc nghiêng khác nhau đối với BKA và đối với VNREDSat-1 được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Thời gian chụp phủ trùm theo góc nghiêng.

| Góc nghiêng | VNREDSat-1 | BKA        | Kết hợp   |
|-------------|------------|------------|-----------|
| $30^\circ$  | 42 (ngày)  | 48 (ngày)  | 27 (ngày) |
| $20^\circ$  | 58 (ngày)  | 48 (ngày)  | 27 (ngày) |
| $10^\circ$  | 95 (ngày)  | 176 (ngày) | 58 (ngày) |

#### Thảo luận

Công tác tính toán quỹ đạo hoạt động là một trong những yếu tố quyết định đến hiệu quả phối hợp chụp ảnh [12], vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến kế hoạch chụp ảnh của hai vệ tinh. Bên cạnh đó, việc pha chụp ảnh giữa hai vệ tinh bị ngược nhau là thách thức lớn trong quá trình phối hợp giữa VNREDSat-1 và BKA, đòi hỏi cần phải có sự phối hợp chính xác, linh hoạt để mang lại hiệu quả cao.

Trong điều kiện chụp thẳng góc (nadir), thời gian chụp lặp của hai hệ thống vệ tinh như đã trình bày ở trên lần lượt là 29 ngày và 16 ngày đối với VNREDSat-1 và BKA [7, 8]. Như vậy, nếu chụp ảnh theo điều kiện chụp thẳng góc, thời gian phối hợp sẽ dài hơn nhiều so với chụp nghiêng góc. Do vậy, để nâng cao hiệu quả phối hợp về mặt thời gian sẽ lựa chọn phương án chụp trong điều kiện nghiêng góc tối đa.

Trong trường hợp yêu cầu đặc biệt như giám sát thiên tai thì thời gian chụp lặp tối đa đối với một khu vực của VNREDSat-1 với góc nghiêng  $35^\circ$  là 3 ngày [8] và BKA với góc nghiêng tối đa là  $40^\circ$  là 1 ngày [13], nếu kết hợp đồng thời cả hai hệ thống vệ tinh thì chúng ta có thể có dữ liệu trong 3-4 ngày liên tục (tùy theo vị trí thực địa).

Bài báo này không đề cập đến so sánh dữ liệu đầu ra của cả hai hệ thống vệ tinh vì các đặc điểm kỹ thuật của chúng khá tương đồng, cả VNREDSat-1 và BKA đều là các vệ tinh viễn thám quang học có thông tin về dữ liệu ảnh được mô tả chi tiết trong bảng 4 [8, 12].

Bảng 4. Đặc điểm dữ liệu ảnh của VNREDSat-1 và BKA.

| Thông số kỹ thuật          | BKA                        | VNREDSat-1            |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Số kênh phổ                | Toàn sắc ( $\mu\text{m}$ ) | 0,54-0,86             |
|                            | Blue ( $\mu\text{m}$ )     | 0,46-0,51             |
|                            | Green ( $\mu\text{m}$ )    | 0,51-0,60             |
|                            | Red ( $\mu\text{m}$ )      | 0,63-0,69             |
|                            | NIR ( $\mu\text{m}$ )      | 0,75-0,84             |
| Độ phân giải (m)           | Pan: 2,1<br>MS: 10,5       | Pan: 2,5<br>MS: 10    |
|                            | Kích thước ảnh (km)        | Pan: 17,5<br>MS: 17,5 |
| Độ phân giải bức xạ (bits) | 12                         | 10                    |

## Kết luận

Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy vệ tinh VNREDSat-1 và BKA có độ tương quan cao về các đặc tính quỹ đạo và cả đặc điểm dữ liệu ảnh của chúng, chứng minh tính khả thi trong việc phối hợp chụp ảnh. Mặc dù đây mới chỉ là kết quả ban đầu của hợp tác quốc tế giữa Viện Công nghệ Vũ trụ (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) và Viện Hàn lâm Khoa học quốc gia Belarus, nhưng đã góp phần vào thành công chung trong công tác phối hợp giữa hai hệ thống vệ tinh trong theo dõi, giám sát tài nguyên thiên nhiên, môi trường và thiên tai nói chung, khai thác hiệu quả nói riêng, để tiến tới những hợp tác tiếp theo.

## LỜI CẢM ƠN

Bài báo đã sử dụng tư liệu trong đề tài “Nghiên cứu phối hợp khai thác hai hệ thống vệ tinh VNREDSat-1 và BKA”, mã số VAST.HTQT.Belarus 04/16-17, thuộc chương trình hợp tác giữa Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam và Viện Hàn lâm Khoa học quốc gia Belarus. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>.
- [2] Tania Savitri, Youngjoo Kim, Sujang Jo, Hyochoong Bang (2017) “Satellite Constellation orbit design optimization with combined genetic Algorithm and Semianalytical Approach”, *International Journal of Aerospace Engineering*, **2017**, Article ID 1235692.
- [3] Micheal A. Wulder, Thomas Hilker, Joane C. White, Nicholas C. Coops, Jeffrey G. Masek, Dirk Pflugmacher, Yves Crevier (2015), “Virtual constellations for global terrestrial monitoring”, *Remote Sensing of Environment*, **170**, pp.62-76.
- [4] <http://www.vast.ac.vn/tin-tuc-su-kien/tin-vien/1904-hoi-thao-khoa-hoc-phoi-hop-hoat-dong-giua-hai-he-thong-ve-tinh-quan-sat-trai-dat-vnredsatsat-1-viet-nam-va-thaichote-thai-lan>.
- [5] Jozef C. van der Ha (editor) (1997), “Mission design & implementation of satellite constellations”, *Proceedings of an International Workshop*, held in Toulouse, France, November 1997.
- [6] James R. Wertz (2001), *Orbit & Constellation Design & Management*, Space Technology Library, **13**, 985pp.
- [7] *Vệ tinh viễn thám của Belarus (BKA)*, <http://gis.by/en/tech/bka>.
- [8] *Vệ tinh viễn thám của Việt Nam (VNREDSat-1)*, <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/vnredsatsat-1>.
- [9] Emilian-Ionut Croitoru, Gheorghe Oancea (2016), “Satellite tracking using Norad two-line element set format”, *Scientific Research and Education in the air forces-AFASES 2016*, pp.423-432.
- [10] Anatoly Zak (2013), *Kanopus-V declared operational*, <http://www.russianspaceweb.com/kanopus.html>.
- [11] Celestrak (2016), *Satellite Tracking Software Index*, <http://celestrak.com/software/satellite/sat-trak.asp/>.
- [12] J.G. Walker (1984), “Satellite Constellation”, *Journal of the British Interplanetary Society*, **47**, pp.559-572.
- [13] *Vệ tinh viễn thám BKA*, [http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/belka-2](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/belka-2).

# Nghiên cứu trạng thái electron của các cluster $VGe_n^{-0}$ ( $n = 1-2$ ) bằng phương pháp CASSCF/CASPT2

Nguyễn Minh Thảo<sup>1,2\*</sup>, Trần Thanh Tuấn<sup>1</sup>, Bùi Thọ Thanh<sup>2</sup>, Trần Quốc Trị<sup>1</sup>, Trần Văn Tân<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Hóa lý thuyết và hóa lý, Trường Đại học Đồng Tháp

<sup>2</sup>Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Tp Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 12/2/2018; ngày chuyển phản biện 22/2/2018; ngày nhận phản biện 21/3/2018; ngày chấp nhận đăng 6/4/2018

## Tóm tắt:

Các trạng thái electron cơ bản và kích thích của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) được nghiên cứu bằng phương pháp tính đa cấu hình CASSCF/CASPT2. Cấu hình của các trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) được xác định dựa vào hàm sóng tính được theo phương pháp CASSCF. Năng lượng của các trạng thái electron được tính bằng phương pháp CASPT2. Các thông số cấu trúc hình học và năng lượng tương đối của các trạng thái electron cơ bản và kích thích được xác định. Năng lượng tách electron ADE (adiabatic detachment energy) và VDE (vertical detachment energy) của các quá trình tách electron ra khỏi cluster anion được báo cáo.

**Từ khóa:** Cấu trúc electron, cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ), năng lượng tách electron, phương pháp CASSCF/CASPT2.

**Chỉ số phân loại:** 1.4

## Đặt vấn đề

Các cluster germani pha tạp kim loại chuyển tiếp thu hút sự chú ý của các nhà khoa học vì tiềm năng ứng dụng trong y sinh học, công nghiệp bán dẫn và tổng hợp các vật liệu mới [1, 2]. Trong các tài liệu khoa học, cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster germani pha tạp các kim loại chuyển tiếp đã được báo cáo [3-5]. Tuy nhiên, cấu trúc và tính chất của các cluster germani pha tạp kim loại chuyển tiếp vẫn chưa được hiểu một cách đầy đủ. Do đó, việc nghiên cứu cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster germani pha tạp kim loại chuyển tiếp đã trở thành nhiệm vụ cấp thiết để hiểu được các tính chất của chúng. Gần đây, cấu trúc của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 3-12$ ) đã được thăm dò bằng phổ quang electron [5]. Để hiểu được các thông tin thăm dò được từ phổ quang electron, nhóm nghiên cứu cũng đã thực hiện các phép tính hóa học lượng tử. Cụ thể, lý thuyết phiếm hàm mật độ với phiếm hàm lai ghép B3PW91 đã được sử dụng để nghiên cứu cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 3-12$ ). Lý thuyết phiếm hàm mật độ chỉ tính được các trạng thái cơ bản hay các trạng thái có năng lượng thấp nhất ứng với mỗi biểu diễn bất khả quy của nhóm điểm đối xứng mà không tính được các trạng thái electron kích thích. Những kết quả tính được sử dụng để giải thích dãy phổ đầu tiên trong phổ quang electron của cluster anion [5].

Cấu trúc, độ bền, và từ tính của các cluster  $VGe_n$  ( $n = 1-19$ ) cũng đã được nghiên cứu [6]. Đối với cluster  $VGe$ , kết quả tính được cho thấy trạng thái cơ bản là sextet với

độ dài liên kết 2,526 Å. Giá trị ái lực electron tính được bằng phiếm hàm PBE của cluster  $VGe$  có giá trị là 0,61 eV. Đối với cluster  $VGe_2$ , đồng phân hình vòng được báo cáo là đồng phân bền nhất trong khi trạng thái electron cơ bản chưa được báo cáo. Ái lực electron của cluster trung hòa điện  $VGe_2$  có giá trị là 0,85 eV, trong khi độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge có giá trị là 2,536 và 2,405 Å [6]. Gần đây, cấu trúc electron của các cluster  $VGe_3^{-0}$  đã được nghiên cứu bằng các phương pháp DFT, RCCSD(T), CASSCF/CASPT2) [7].

Qua tham khảo các tài liệu khoa học, chúng tôi thấy rằng trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  và  $VGe_2^{-0}$  vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Với mong muốn cung cấp một hiểu biết đầy đủ về cấu trúc của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ), chúng tôi tiến hành nghiên cứu các cluster này bằng cách phối hợp lý thuyết phiếm hàm mật độ và phương pháp CASSCF/CASPT2. Phương pháp CASSCF/CASPT2 đã được biết đến như là phương pháp tính có độ chính xác cao và đặc biệt phù hợp để nghiên cứu các cluster chứa kim loại chuyển tiếp [7-10]. Phương pháp này có thể tính được trạng thái cơ bản và trạng thái kích thích của các cluster chứa kim loại chuyển tiếp với độ tin cậy cao.

## Các phương pháp tính

Các đồng phân quan trọng của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) được trình bày trong hình 1. Phương pháp CASSCF/CASPT2 được dùng để nghiên cứu các trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ). Trong các phép tính

\*Tác giả liên hệ: Email: nmthao@dongthap.edu.vn



# An investigation on the electronic states of $VGe_n^{-/0}$ ( $n = 1-2$ ) clusters by CASSCF/CASPT2 method

Minh Thao Nguyen<sup>1,2\*</sup>, Thanh Tuan Tran<sup>1</sup>,  
Tho Thanh Bui<sup>2</sup>, Quoc Tri Tran<sup>1</sup>, Van Tan Tran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Theoretical and Physical Chemistry Division, Dong Thap University

<sup>2</sup>Faculty of Chemistry, VNUHCM - University of Science

Received 12 February 2018; accepted 6 April 2018

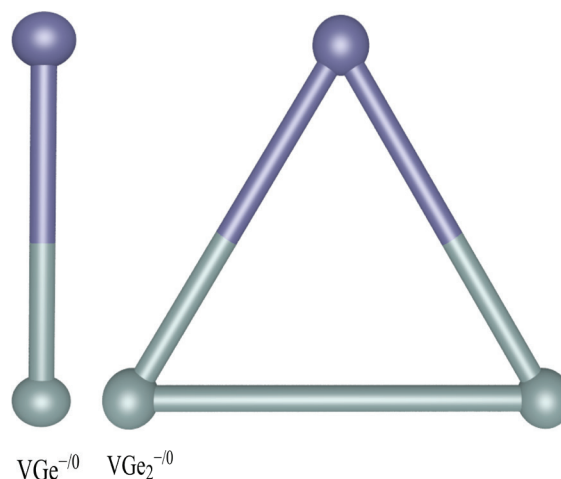
## Abstract:

The ground and excited states of  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ) clusters have been investigated using multiconfigurational CASSCF/CASPT2 methods. The electronic configurations of the relevant states have been determined on the basis of the CASSCF wave functions. The energy of the electronic states has been computed at the CASPT2 level. The geometrical parameters and relative energies of the ground and the excited states have been reported. The adiabatic and vertical detachment energies (ADEs and VDEs) of the electron detachment processes from the anionic clusters have also been calculated.

**Keywords:** CASSCF/CASPT2 method, electron detachment energy, electronic structure,  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ) clusters.

**Classification number:** 1.4

CASSCF/CASPT2, đối với các cluster  $VGe_n^{-/0}$ , các đường cong thế năng của các trạng thái electron được xây dựng bằng cách thay đổi độ dài liên kết V-Ge. Đối với các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , phương pháp CASSCF/CASPT2 được sử dụng cho phép tính tối ưu hóa hình học. Trong phép tính CASSCF/CASPT2, bộ hàm cơ sở aug-cc-pVTZ-DK được sử dụng cho cả V và Ge [11, 12]. Các hiệu ứng tương đối được hiệu chỉnh thông qua toán tử Hamilton Douglas-Kroll bậc hai [13-15]. Trong các phép tính CASPT2, electron trên các orbital 3s, 3p của V và 3d của Ge được phép kích thích. Tất cả các phép tính CASSCF/CASPT2 được thực hiện bằng phần mềm MOLCAS@UU 8.0 [16].



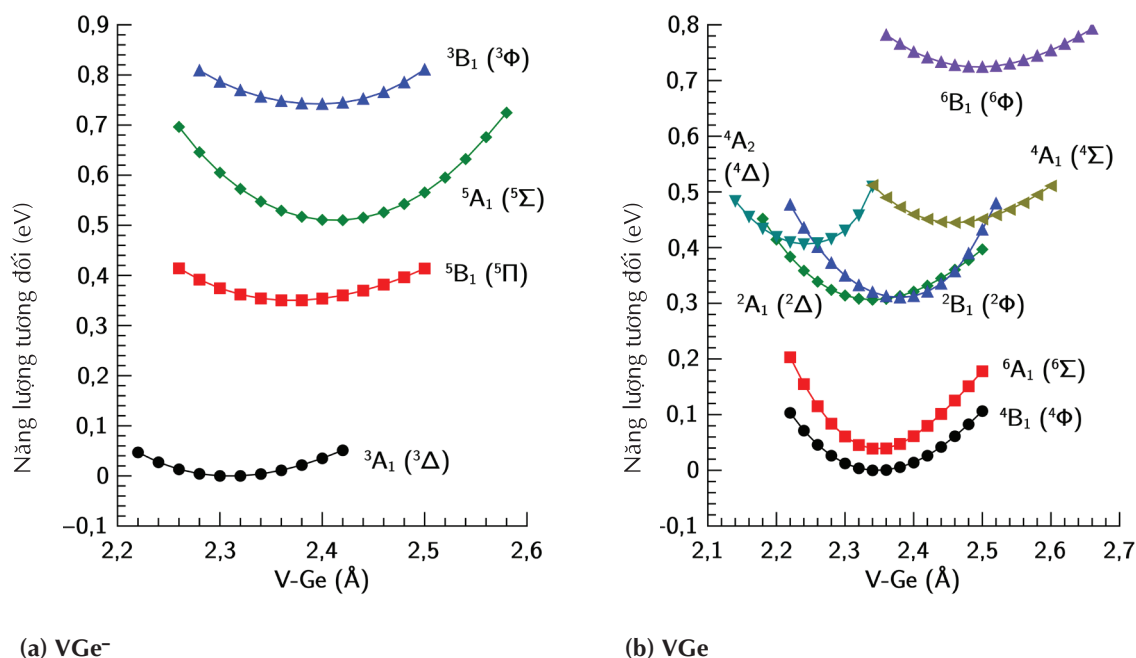
Hình 1. Cấu trúc hình học các đồng phân của các cluster  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ).

Trong các phép tính CASSCF, không gian hoạt động được lựa chọn bao gồm các orbital phân tử có phần đóng góp chủ yếu của các orbital 3d, 4s của V và 4s và 4p của Ge. Đối với các cluster  $VGe_n^{-/0}$ , không gian hoạt động bao gồm các orbital 3d, 4s của V và 4s, 4p của Ge, và 5 orbital ảo. Kết quả hình thành nên không gian hoạt động có 10 hoặc 9 electron phân bố trong 15 orbital. Không gian hoạt động này được ký hiệu là (10,9/15). Đối với các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , hai không gian hoạt động được lựa chọn. Không gian hoạt động thứ nhất được ký hiệu là (10,9/12) bao gồm orbital 3d, 4s của V và 4p của Ge. Không gian hoạt động này được sử dụng cho phép tính tối ưu hóa hình học. Không gian hoạt động thứ hai được tạo thành bằng cách thêm năm orbital ảo vào không gian hoạt động thứ nhất. Kết quả hình thành nên không gian hoạt động được ký hiệu là (10,9/17). Không gian hoạt động này được dùng trong các phép tính năng lượng điểm đơn cho các trạng thái electron dựa trên cấu trúc hình học đã tối ưu hóa với không gian hoạt động thứ nhất. Tất cả các giá trị năng lượng tương đối tính theo phương pháp CASPT2 của các cluster  $VGe_n^{-/0}$  được báo cáo dựa trên kết quả tính bằng không gian hoạt động thứ hai.

## Kết quả và thảo luận

### Kết quả nghiên cứu về các cluster $VGe_n^{-/0}$

Để xác định độ dài liên kết, tần số dao động điều hòa, và năng lượng tương đối của các trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-/0}$ , đường cong thế năng của các trạng thái electron được xây dựng và trình bày trong hình 2a và 2b. Kết quả phân tích các đường cong thế năng được trình bày trong bảng 1. Bảng này cho thấy trạng thái cơ bản của cluster anion  $VGe^{-/0}$  là  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Trạng thái này có độ dài liên kết là 2,310 Å và tần số dao động là 301  $\text{cm}^{-1}$ . Các trạng thái kích thích  $^5B_1$  ( $^5\Pi$ ),  $^5A_1$  ( $^5\Sigma$ ) và  $^3B_1$  ( $^3\Phi$ ) kém bền hơn 0,35, 0,51, và 0,74 eV so với trạng thái cơ bản  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Trạng thái  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ )



Hình 2. Đường cong thế năng của các cluster  $VGe^-$  (a) và  $VGe$  (b).

Bảng 1. Các thông số cấu trúc, tần số dao động và năng lượng tương đối (NLTĐ) của các cluster  $VGe^{-/0}$ .

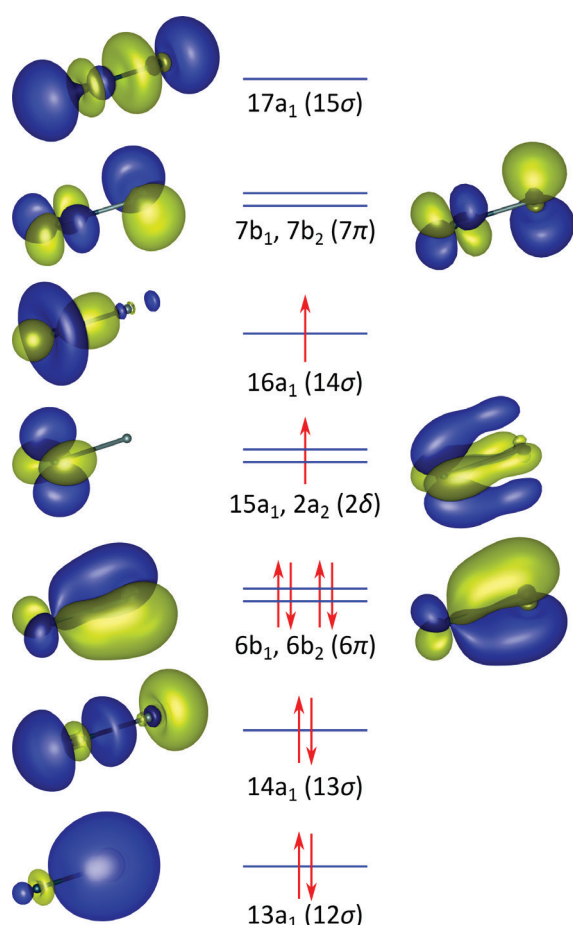
| Đồng phân | Trạng thái |                | Cấu hình electron                                                | V-Ge (Å) | Tần số (cm <sup>-1</sup> ) | NLTĐ <sup>(a)</sup> (eV) | VDE (eV) |
|-----------|------------|----------------|------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------|--------------------------|----------|
|           | $C_{2v}$   | $C_{\infty v}$ |                                                                  |          |                            |                          |          |
| $VGe^-$   | $^3A_1$    | $^3\Delta$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ (51%) | 2,310    | 301                        | 0,00                     |          |
|           | $^5B_1$    | $^5\Pi$        | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^2$ (61%) | 2,370    | 282                        | 0,35                     |          |
|           | $^5A_1$    | $^5\Sigma$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^1 2\delta^1$ (29%) | 2,411    | 360                        | 0,51                     |          |
|           | $^3B_1$    | $^3\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^2 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^1$ (40%) | 2,395    | 301                        | 0,74                     |          |
| $VGe$     | $^4B_1$    | $^4\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^1$ (50%) | 2,347    | 315                        | 0,00 (1,48)              | 1,49     |
|           | $^6A_1$    | $^6\Sigma$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^0 2\delta^2$ (62%) | 2,348    | 406                        | 0,04                     |          |
|           | $^2A_1$    | $^2\Delta$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^0 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ (39%) | 2,340    | 284                        | 0,31                     |          |
|           | $^2B_1$    | $^2\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^3 7\pi^0 2\delta^1$ (21%) | 2,380    | 346                        | 0,31                     |          |
|           | $^4A_2$    | $^4\Delta$     | $12\sigma^2 13\sigma^1 14\sigma^1 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ (55%) | 2,249    | 349                        | 0,41                     |          |
|           | $^4A_1$    | $^4\Sigma$     | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^0 2\delta^2$ (35%) | 2,459    | 269                        | 0,45                     |          |
|           | $^6B_1$    | $^6\Phi$       | $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^1 2\delta^1$ (48%) | 2,494    | 230                        | 0,72                     |          |

(a) Giá trị trong dấu ngoặc là năng lượng tương đối ADE của trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) của cluster trung hòa điện so với trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) của cluster anion.

là trạng thái cơ bản của cluster trung hòa điện  $VGe$ . Trạng thái này có độ dài liên kết là 2,347 Å và tần số dao động là 315 cm<sup>-1</sup>. Trạng thái  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ) có năng lượng tương đối là 0,04 eV nên trạng thái này là gần như suy biến với trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Các trạng thái kích thích  $^2A_1$  ( $^2\Delta$ ),  $^2B_1$  ( $^2\Phi$ ),  $^4A_2$  ( $^4\Delta$ ),  $^4A_1$  ( $^4\Sigma$ ), và  $^6B_1$  ( $^6\Phi$ ) có năng lượng cao hơn 0,31, 0,31, 0,41, 0,45, và 0,72 eV so với trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Theo kết quả tính bằng phương pháp CASPT2, trạng thái cơ bản của cluster trung hòa điện  $VGe$  được dự đoán là  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Kết quả

này là trái ngược với kết quả thu được bằng phiếm hàm PBE trong đó trạng thái sextet được dự đoán là trạng thái cơ bản của cluster  $VGe$  [6]. Ở đây, cần lưu ý là độ dài liên kết V-Ge của trạng thái  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ) tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị là 2,348 Å. Độ dài liên kết này là ngắn hơn độ dài liên kết 2,526 Å của trạng thái sextet tính bằng phiếm hàm PBE [6].

Giản đồ năng lượng các obitan phân tử của trạng thái cơ bản  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) của cluster  $VGe^-$  được trình bày trong hình 3. Qua hình này, cấu hình electron của trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ )



Hình 3. Giản đồ năng lượng các obitan phân tử của trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) của cluster  $VGe^-$ .

được xác định là  $13a_1^2 14a_1^2 15a_1^1 16a_1^1 6b_1^2 7b_1^0 6b_2^2 7b_2^0 2a_2^0$  hay  $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^4 7\pi^0 2\delta^1$ . Trong cấu hình này, các obitan  $13a_1$  ( $12\sigma$ ),  $14a_1$  ( $13\sigma$ ), và  $6b_1$ ,  $6b_2$  ( $6\pi$ ) được tạo thành chủ yếu từ obitan 4s, 4p của Ge, trong khi các obitan  $15a_1$ ,  $2a_2$  ( $2\delta$ ),  $16a_1$  ( $14\sigma$ ),  $7b_1$ ,  $7b_2$  ( $7\pi$ ), và  $17a_1$  ( $15\sigma$ ) chủ yếu được tạo thành từ obitan 3d, 4s của V. Cấu hình electron này chỉ chiếm 51% trong tổng số các cấu hình electron tạo nên trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Do đó, có thể nói rằng trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) có tính chất đa cấu hình rất mạnh. Phần trăm đóng góp của các cấu hình chủ yếu của các trạng thái năng lượng thấp của các cluster  $VGe^{-0}$  được trình bày trong bảng 1. Bảng 1 cho thấy phần đóng góp của cấu hình electron chủ yếu của các trạng thái electron đều thấp. Trong trường hợp cao nhất, cấu hình electron  $12\sigma^2 13\sigma^2 14\sigma^1 6\pi^2 7\pi^0 2\delta^2$  của trạng thái  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ) đóng góp 62%.

Năng lượng cần thiết cho các quá trình tách electron ra khỏi cluster anion cũng được tính toán. Năng lượng tách electron được tính bằng công thức sau:

$$DE = E(VGe^-) - E(VGe)$$

Trong đó, DE là năng lượng tách electron,  $E(VGe^-)$  và

$E(VGe)$  là năng lượng của  $VGe^-$  và  $VGe$ . Có hai loại năng lượng tách electron được biết đến là năng lượng tách electron ADE (adiabatic detachment energy) và VDE (vertical detachment energy). Năng lượng tách electron ADE thu được khi các giá trị năng lượng của cluster anion và trung hòa điện đều ứng với cấu trúc hình học đã tối ưu hóa hay ứng với các điểm cực tiểu trên bề mặt thế năng. Năng lượng tách electron VDE thu được khi năng lượng của cluster anion ứng với cấu trúc hình học đã tối ưu hóa, trong khi năng lượng của cluster trung hòa điện được tính với cấu trúc hình học đã tối ưu hóa của cluster anion.

Bắt đầu từ trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ), quá trình tách một electron từ obitan liên kết  $6b_1$  ( $6\pi$ ) sẽ tạo thành trạng thái  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Năng lượng tách electron ADE và VDE của bước chuyển  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ )  $\rightarrow$   $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị lần lượt là 1,48 và 1,49 eV. Trong bước chuyển này, một electron được tách ra từ obitan liên kết  $6b_1$  ( $6\pi$ ) nên độ dài liên kết V-Ge tăng từ 2,310 lên 2,347 Å. Kết quả tính bằng phương pháp CASPT2 cho thấy năng lượng tách electron ADE ra khỏi cluster anion là 1,48 eV. Giá trị năng lượng tách electron ADE này là cao hơn rất nhiều so với giá trị ái lực electron của cluster trung hòa điện tính bằng phiếm hàm PBE. Điều này có thể được giải thích là trong tính toán bằng phiếm hàm PBE, ái lực electron của cluster trung hòa điện được tính dựa trên quá trình chuyển từ trạng thái kích thích sextet của cluster trung hòa điện đến trạng thái kích thích quintet của cluster anion.

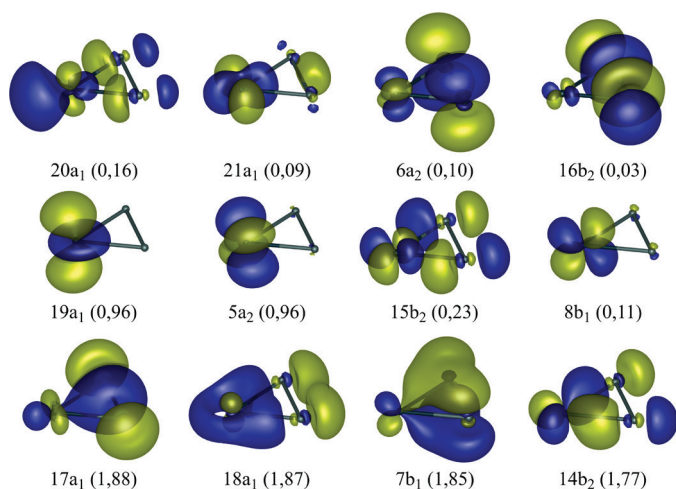
### Kết quả nghiên cứu về các cluster $VGe_2^{-0}$

Các kết quả nghiên cứu trước đây bằng lý thuyết phiếm hàm mật độ cho thấy đồng phân bền nhất của các cluster  $VGe_2^{-0}$  có dạng hình vòng như trình bày ở hình 1. Phép tính bằng phiếm hàm PBE cũng dự đoán đồng phân hình vòng của cluster trung hòa là đồng phân bền nhất mặc dù trạng thái spin vẫn chưa được công bố [6]. Về mặt đối xứng phân tử, đồng phân hình vòng thuộc nhóm điểm đối xứng  $C_{2v}$ . Giá trị độ dài liên kết và năng lượng tương đối của các trạng thái electron của đồng phân hình vòng  $VGe_2^{-0}$  tính được bằng phương pháp CASPT2 được trình bày trong bảng 2. Kết quả tính cho thấy cluster anion  $VGe_2^-$  có trạng thái cơ bản là  $^3A_2$ . Trạng thái triplet này có độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge lần lượt là 2,351 và 2,497 Å. Các trạng thái  $^5B_1$ ,  $^3B_1$ ,  $^5A_1$ ,  $^5A_2$ , và  $^3B_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản lần lượt là 0,18, 0,24, 0,54, 0,56, và 0,58 eV. Đối với cluster trung hòa điện  $VGe_2$ , trạng thái cơ bản được xác định là  $^4B_1$ . Các trạng thái kích thích  $^2A_1$ ,  $^4A_1$ , và  $^2A_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản lần lượt là 0,54, 0,66, và 0,69 eV. Độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge của trạng thái cơ bản  $^4B_1$  có giá trị lần lượt là 2,373 và 2,351 Å. Các giá trị độ dài liên kết này là ngắn hơn nhiều so với giá trị 2,536 và 2,405 Å thu được từ các phép tính bằng phiếm hàm PBE [6].

**Bảng 2.** Các thông số cấu trúc hình học và năng lượng tương đối (NLTD) của các trạng thái electron của các cluster  $VGe_2^{-/0}$ .

| Đồng phân           | Trạng thái | Cấu hình electron                                                    | V-Ge, Ge-Ge (Å) | NLTD <sup>(a)</sup> (eV) | VDE (eV) |
|---------------------|------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|----------|
| Hình vòng $VGe_2^-$ | $^3A_2$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ (64%) | 2,351, 2,497    | 0,00                     |          |
|                     | $^5B_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^1 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (81%) | 2,389, 2,369    | 0,18                     |          |
|                     | $^3B_1$    | $18a_1^2 19a_1^2 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (33%) | 2,388, 2,333    | 0,24                     |          |
|                     | $^5A_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^1 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (84%) | 2,433, 2,348    | 0,54                     |          |
|                     | $^5A_2$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^1 5a_2^1$ (76%) | 2,369, 2,486    | 0,56                     |          |
|                     | $^3B_2$    | $18a_1^2 19a_1^0 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^1 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ (64%) | 2,366, 2,498    | 0,58                     |          |
| Hình vòng $VGe_2$   | $^4B_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (77%) | 2,373, 2,351    | 0,00 (1,20)              | 1,28     |
|                     | $^2A_1$    | $18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^0$ (65%) | 2,370, 2,424    | 0,54                     |          |
|                     | $^4A_1$    | $18a_1^2 19a_1^0 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^1 14b_2^1 15b_2^0 5a_2^1$ (80%) | 2,410, 2,326    | 0,66                     |          |
|                     | $^2A_2$    | $18a_1^2 19a_1^0 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ (69%) | 2,341, 2,452    | 0,69                     |          |

(a) Giá trị trong dấu ngoặc là năng lượng tương đối so với trạng thái cơ bản của cluster anion hay năng lượng tách electron ADE của cluster anion.



**Hình 4.** Hình ảnh các orbital phân tử và số electron chiếm của trạng thái  $^3A_2$  của đồng phân hình vòng  $VGe_2^-$ .

Để hiểu được cấu trúc electron của các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , các orbital phân tử và số electron chiếm thu được từ phép tính CASSCF cần được khảo sát. Hình ảnh các orbital phân tử quan trọng và số electron chiếm của trạng thái  $^3A_2$  của đồng phân hình vòng  $VGe_2^-$  được trình bày trong hình 4. Từ hình ảnh này, cấu hình electron của trạng thái  $^3A_2$  của đồng phân hình vòng  $VGe_2^-$  được xác định là  $17a_1^2 18a_1^2 19a_1^1 20a_1^0 7b_1^2 8b_1^0 14b_2^2 15b_2^0 5a_2^1$ . Trong cấu hình này, các orbital có phần đóng góp lớn của orbital 4p của Ge là  $17a_1$ ,  $18a_1$ ,  $7b_1$ ,  $14b_2$ ,  $16b_2$ , và  $6a_2$ . Các orbital  $19a_1$ ,  $20a_1$ ,  $21a_1$ ,  $8b_1$ ,  $15b_2$ , và  $5a_2$  được tạo thành chủ yếu từ các orbital 3d và 4s của V. Bắt đầu từ trạng thái cơ bản  $^3A_2$ , trạng thái  $^5B_1$  có thể được tạo thành bằng cách chuyển một electron từ

orbital  $14b_2$  sang orbital  $20a_1$ . Trạng thái  $^4B_1$  có thể được tạo thành từ trạng thái  $^3A_2$  bằng cách tách một electron ra khỏi orbital  $14b_2$ . Vì orbital  $14b_2$  là orbital liên kết giữa orbital 3d của V và orbital  $\pi^*$  của phối tử  $Ge_2$ , nên trong bước chuyển từ trạng thái  $^3A_2$  đến trạng thái  $^4B_1$ , độ dài liên kết V-Ge tăng từ 2,351 lên 2,373 Å, trong khi độ dài liên kết Ge-Ge giảm từ 2,497 đến 2,351 Å. Các giá trị năng lượng tách electron ADE và VDE của bước chuyển  $^3A_2 \rightarrow ^4B_1$  tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị lần lượt là 1,20 và 1,28 eV. Giá trị ADE này lớn hơn 0,35 eV so với ái lực electron tính bằng phép gần đúng PBE (0,85 eV) [6].

## Kết luận

Cấu trúc hình học và cấu trúc electron của các cluster  $VGe_n^{-/0}$  ( $n = 1-2$ ) đã được nghiên cứu bằng phương pháp CASSCF/CASPT2. Đối với các cluster  $VGe^{-/0}$ , trạng thái cơ bản được xác định là trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) và  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Độ dài liên kết của các trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) và  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) lần lượt là 2,310 và 2,347 Å. Giá trị tần số dao động điều hòa của các trạng thái  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ) và  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) lần lượt là 301 và 315  $cm^{-1}$ . Các trạng thái kích thích  $^5B_1$  ( $^5\Pi$ ),  $^5A_1$  ( $^5\Sigma$ ) và  $^3B_1$  ( $^3\Phi$ ) kém bền hơn 0,35, 0,51, và 0,74 eV so với trạng thái cơ bản  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ ). Các trạng thái kích thích  $^6A_1$  ( $^6\Sigma$ ),  $^2A_1$  ( $^2\Delta$ ),  $^2B_1$  ( $^2\Phi$ ),  $^4A_2$  ( $^4\Delta$ ),  $^4A_1$  ( $^4\Sigma$ ), và  $^6B_1$  ( $^6\Phi$ ) có năng lượng cao hơn 0,04, 0,31, 0,31, 0,41, 0,45, và 0,72 eV so với trạng thái cơ bản  $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ). Các giá trị năng lượng tách electron ADE và VDE của quá trình tách electron ứng với bước chuyển  $^3A_1$  ( $^3\Delta$ )  $\rightarrow$   $^4B_1$  ( $^4\Phi$ ) của cluster  $VGe^-$  có giá trị là 1,48 và 1,49 eV. Đối với các cluster  $VGe_2^{-/0}$ , trạng thái cơ bản được dự đoán là  $^3A_2$  và  $^4B_1$  của đồng phân hình vòng. Độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge



của các trạng thái  $^3A_2$  của cluster  $VGe_2^-$  là 2,351 và 2,497 Å. Độ dài liên kết V-Ge và Ge-Ge của các trạng thái  $^4B_1$  của cluster  $VGe_2^-$  là 2,372 và 2,351 Å. Các trạng thái  $^5B_1$ ,  $^3B_1$ ,  $^5A_1$ ,  $^5A_2$ , và  $^3B_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản  $^3A_2$  lần lượt là 0,18, 0,24, 0,54, 0,56, và 0,58 eV. Các trạng thái kích thích  $^2A_1$ ,  $^4A_1$ , và  $^2A_2$  có năng lượng cao hơn trạng thái cơ bản  $^4B_1$  lần lượt là 0,54, 0,66, và 0,69 eV. Năng lượng tách electron ADE và VDE ứng với bước chuyển  $^3A_2 \rightarrow ^4B_1$  của cluster  $VGe_2^-$  tính bằng phương pháp CASPT2 có giá trị là 1,20 và 1,28 eV.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 104.06-2016.16. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Brunco, B. De Jaeger, G. Eneman, J. Mitard, G. Hellings, A. Satta, V. Terzieva, L. Souriau, F. Leys, G. Pourtois (2008), "Germanium MOSFET devices: Advances in materials understanding, process development, and electrical performance", *J. Electrochem. Soc.*, **155**(7), pp.H552-H561.
- [2] C. Claeys, E. Simoen (2011), *Germanium-based technologies: from materials to devices*, Elsevier.
- [3] X.J. Deng, X.Y. Kong, X.L. Xu, H.G. Xu, W.J. Zheng (2014), "Structural and magnetic properties of  $CoGe_n^-$  ( $n=2-11$ ) clusters: photoelectron spectroscopy and density functional calculations", *Chem. Phys. Chem.*, **15**(18), pp.3987-3993.
- [4] X.J. Deng, X. Kong, X.L. Xu, W.J. Zheng (2014), "Structural and bonding properties of small  $TiGe_n^-$  ( $n=2-6$ ) clusters: Photoelectron spectroscopy and density functional calculations", *RSC Adv.*, **4**(49), pp.25963-25968.
- [5] X.J. Deng, X.Y. Kong, H.G. Xu, X.L. Xu, G. Feng, W.J. Zheng (2015), "Photoelectron spectroscopy and density functional calculations of  $VGe_n^-$  ( $n=3-12$ ) clusters", *J. Phys. Chem. C*, **119**(20), pp.11048-11055.
- [6] C. Siouani, S. Mahtout, S. Safer, F. Rabilloud (2017), "Structure, stability, and electronic and magnetic properties of  $VGe_n^-$  ( $n=1-19$ ) clusters", *J. Phys. Chem. A*, **121**(18), pp.3540-3554.
- [7] L.N. Pham, M.T. Nguyen (2017), "Insights into geometric and electronic structures of  $VGe_3^-$  clusters from anion photoelectron spectrum Assignment", *J. Phys. Chem. A*, **121**(37), pp.6949-6956.
- [8] V.T. Tran, M.F.A. Hendrickx (2011), "A CASPT2 description of the electronic structures of  $FeO_3^-$  in relevance to the anion photoelectron spectrum", *J. Chem. Theory Comput.*, **7**(2), pp.310-319.
- [9] V.T. Tran, M.F.A. Hendrickx (2011), "Assignment of the photoelectron spectra of  $FeS_3^-$  by density functional theory, CASPT2, and RCCSD(T) calculations", *J. Phys. Chem. A*, **115**(47), pp.13956-13964.
- [10] V.T. Tran, X.M.T. Tran, M.T. Nguyen, H.T. Nguyen, Q.T. Tran (2017), "A new interpretation of the photoelectron spectrum of  $VSi_4^-$  cluster by density functional theory and multiconfigurational CASSCF/CASPT2 calculations", *Chem. Phys. Lett.*, **690**, pp.140-146.
- [11] N.B. Balabanov, K.A. Peterson (2005), "Systematically convergent basis sets for transition metals. I. All-electron correlation consistent basis sets for the 3d elements Sc-Zn", *J. Chem. Phys.*, **123**(6), p.064107.
- [12] A.K. Wilson, D.E. Woon, K.A. Peterson, T.H. Dunning Jr (1999), "Gaussian basis sets for use in correlated molecular calculations. IX. The atoms gallium through krypton", *J. Chem. Phys.*, **110**(16), pp.7667-7676.
- [13] Y. Ishikawa, M.J. Vilkas (2001), "Relativistic quantum mechanics of many-electron systems", *THEOCHEM*, **573**(1), pp.139-169.
- [14] M. Reiher, A. Wolf (2004), "Exact decoupling of the Dirac Hamiltonian. I. General theory", *J. Chem. Phys.*, **121**(5), pp.2037-2047.
- [15] M. Reiher, A. Wolf (2004), "Exact decoupling of the Dirac Hamiltonian. II. The generalized Douglas-Kroll-Hess transformation up to arbitrary order", *J. Chem. Phys.*, **121**(22), pp.10945-10956.
- [16] F. Aquilante, J. Autschbach, R.K. Carlson, L.F. Chibotaru, M.G. Delcey, L. De Vico, I. Fdez. Galván, N. Ferré, L.M. Frutos, L. Gagliardi, M. Garavelli, A. Giussani, C.E. Hoyer, G. Li Manni, H. Lischka, D. Ma, P.Å. Malmqvist, T. Müller, A. Nenov, M. Olivucci, T.B. Pedersen, D. Peng, F. Plasser, B. Pritchard, M. Reiher, I. Rivalta, I. Schapiro, J. Segarra-Martí, M. Stenrup, D.G. Truhlar, L. Ungur, A. Valentini, S. Vancoillie, V. Veryazov, V.P. Vysotskiy, O. Weingart, F. Zapata, R. Lindh (2016), "Molcas 8: New capabilities for multiconfigurational quantum chemical calculations across the periodic table", *J. Comput. Chem.*, **37**(5), pp.506-541.

# Sự thay đổi của một số thành phần hóa học và hợp chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi (*Allium sativum* L.) trong quá trình tồn trữ

Nguyễn Ái Thạch\*

Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

Ngày nhận bài 3/10/2017; ngày chuyển phản biện 5/10/2017; ngày nhận phản biện 1/12/2017; ngày chấp nhận đăng 16/4/2018

## Tóm tắt:

Tỏi (*Allium sativum* L.) đã được sử dụng phổ biến trong bữa ăn hàng ngày như gia vị thực phẩm với nhiều công dụng trị bệnh hiệu quả. Tồn trữ tép tỏi có ý nghĩa quan trọng đối với thị trường tiêu thụ tỏi tươi và chế biến. Trong nghiên cứu này, tác giả tiến hành đánh giá ảnh hưởng của quá trình tồn trữ tép tỏi (trồng ở phường Văn Hải, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận) đến một số thành phần hóa học (pH, độ ẩm và đường khử) và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học (hàm lượng polyphenol, flavonoid tổng số, hàm lượng thiosulfinate và khả năng chống oxy hóa) trong tỏi. Hoạt tính chống oxy hóa được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp loại bỏ gốc tự do DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Kết quả nghiên cứu cho thấy thành phần hóa học và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi đều bị ảnh hưởng đáng kể bởi quá trình tồn trữ (ngoại trừ giá trị pH, hàm lượng flavonoid tổng số và khả năng chống oxy hóa). Hàm lượng đường giảm ở tuần thứ 6 và độ ẩm giảm ở tuần thứ 8. Bên cạnh đó, hàm lượng polyphenol đạt cao nhất ở tuần thứ 8, trong khi hàm lượng thiosulfinate có xu hướng tăng đến tuần 12.

**Từ khóa:** DPPH, flavonoids, khả năng chống oxy hóa, polyphenols, tép tỏi, thiosulfinate, tồn trữ.

**Chỉ số phân loại:** 1.4

## Đặt vấn đề

Tỏi (*Allium sativum* L.) có nguồn gốc từ Trung Á và chủ yếu ở vùng Địa Trung Hải cũng như châu Á, châu Âu và châu Phi. Tại Việt Nam có nhiều vùng trồng tỏi nổi tiếng như Lý Sơn, Phan Rang, Vĩnh Phúc, Bắc Giang. Cây tỏi có thể phát triển đến chiều cao 30-90 cm. Củ tỏi dưới mặt đất là thành phần chính của cây và chia thành các phần được gọi là tép tỏi. Mùi tỏi xuất phát từ “thành phần chứa lưu huỳnh” được xem là có tính chất được liệu trong tỏi [1]. Thành phần hoạt động chính của tỏi là alliin [2]. Khi nghiền, alliin chuyển hóa thành allicin (như chất kháng sinh). Tỏi cũng chứa các hợp chất lưu huỳnh khác như ajoene, diallylsulfide, dithiin, S-allylcysteine, polyphenol, vitamin B, proteins, chất khoáng, saponins, flavonoid và nhiều sản phẩm của phản ứng Maillard (hợp chất không chứa lưu huỳnh). Những hợp chất chứa lưu huỳnh khó bay hơi như  $\gamma$ -glutamyl-S-allyl-L-cysteines và S-allyl-L-cysteine sulfoxides (alliin) đều rất phong phú trong tỏi còn nguyên vẹn. Các chất sulfoxide này sau đó chuyển hóa thành thiosulfinate (như allicin) thông qua phản ứng do enzyme [3]. Thiosulfinate khác và thành phần tan trong dầu như ajoene, vinyl dithiin và nhiều sulphide như diallyl sulphide (DAS), diallyl disulphide (DADS) và diallyl trisulphide (DATS), cũng góp phần tạo nên đặc tính mùi và tính chất sinh học của tỏi. Nhiều tài liệu nghiên cứu cho thấy những khả năng của tỏi và một số hợp chất allyl lưu huỳnh làm thay đổi các tiến trình trong tế bào liên quan đến việc phòng chống và điều trị ung thư [4].

Các hợp chất có hoạt tính sinh học là các thông số chất lượng quan trọng trong tép tỏi. Chúng sẽ bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố: Nhiệt độ và thời gian tồn trữ, giống, độ thuần thực... [5]. Bloem, *et al.* [5] đã chứng minh rằng bón phân lưu huỳnh làm tăng đáng kể hàm lượng alliin trong tép tỏi, trong khi nồng độ nitơ cao ảnh hưởng bất lợi. Hàm lượng và chất lượng alliin cao nhất thu được trong quá trình tồn trữ tỏi khi bón phân lưu huỳnh tối thiểu 30 kg/ha nếu không dùng nitơ. Montano, *et al.* [6] đã chỉ ra rằng vùng trồng, giống và kiểu sinh thái riêng biệt của tỏi có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ.

Gần đây, Toledano Medina, *et al.* [7] đã báo cáo rằng, tỏi đen có thể được chế biến từ tép tỏi (thay vì cả củ tỏi theo phương pháp truyền thống) với chất lượng ít có sự khác biệt với củ tỏi đen. Nhìn chung, tép tỏi được tồn trữ trong một khoảng thời gian dài trước khi tiêu thụ. Do đó, điều quan trọng đối với ngành công nghiệp chế biến và người tiêu dùng là phải biết được sự thay đổi thành phần hóa học, các hợp chất sinh học và khả năng chống oxy hóa trong suốt quá trình tồn trữ. Vì vậy, trong nghiên cứu này, sự thay đổi của một vài thành phần hóa học và hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi đã được xác định trong quá trình tồn trữ.

## Đối tượng và phương pháp

### Đối tượng

Tỏi tươi cỡ mềm, giống địa phương được thu hoạch vào

\*Email: nguyenaithach2001@gmail.com

# Changes of some chemical constituents and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) clove during storage

Ai Thach Nguyen\*

Department of Food Technology, Can Tho University

Received 3 October 2017; accepted 16 April 2018

## Abstract:

Garlic (*Allium sativum* L.) has been considered to be a food with exceptional therapeutic qualities in many cultures. Garlic cloves storage is an important factor for fresh and processed products. In this study, we investigated the variations of some chemical constituents (pH, moisture and reducing sugars) and contents of bioactive compounds (total polyphenols, total flavonoids and thiosulfinate content and antioxidant capacity) during the storage time of garlic cloves after harvest at Van Hai Ward, Phan Rang - Thap Cham City, Ninh Thuan Province). The antioxidant activity was evaluated using DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity. Some chemical compositions and contents of bioactive compounds in garlic cloves were significantly affected during storage (except for the pH value, total flavonoids content and antioxidant capacity). The reducing sugar and moisture content decreased at 6 and 8 weeks, respectively. The total polyphenols content reached maximum at 8 weeks, while thiosulfates content tended to increase at 12 weeks.

**Keywords:** Antioxidant capacity, clove garlic, DPPH, flavonoids, polyphenols, storage, thiosulfinate.

**Classification number:** 1.4

tháng 1/2017 và chọn lựa độ tuổi 130-135 ngày (sau khi gieo) tại phường Văn Hải, thành phố Phan Rang - Tháp Chàm, tỉnh Ninh Thuận. Tỏi được thu hoạch vào buổi sáng sớm, thời tiết nắng ráo và vận chuyển đến phòng thí nghiệm trong ngày. Củ tỏi được xử lý và tách ra thành các tép tỏi với lớp vỏ lụa bên ngoài vẫn còn nguyên vẹn. Tép tỏi được tồn trữ trong tủ mát ở nhiệt độ  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  với độ ẩm tương đối 42-47% trước khi đem đi phân tích.

## Phương pháp nghiên cứu

Độ ẩm (%): Được xác định bằng phương pháp sấy ở

$105^\circ\text{C}$  đến khối lượng không đổi. Định lượng đường tổng bằng phương pháp Lane-Eynon [8]. Giá trị pH được đo bằng pH kế cầm tay (HI98107 Hanna, Ý).

Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) [mg acid gallic tương đương (GAE)/g chất khô]: Hàm lượng polyphenol tổng số được xác định bằng phương pháp Folin-Ciocalteu [9]. Phenol phản ứng với acid phosphomolybdic trong thuốc thử Folin-Ciocalteu, xuất hiện phức chất có màu xanh trong môi trường kiềm. Đo độ hấp thụ của mẫu ở 765 nm bằng máy đo quang phổ. Căn cứ vào cường độ màu đo được trên máy quang phổ và dựa vào đường chuẩn acid gallic để xác định hàm lượng polyphenol tổng số có trong mẫu. Hàm lượng polyphenol tổng của mẫu được thể hiện qua mg đương lượng acid gallic trên mỗi g chất khô (mg GAE/g).

Hàm lượng flavonoid tổng số (TFC): Hàm lượng tổng flavonoid được xác định thông qua phương pháp tạo màu với  $\text{AlCl}_3$  trong môi trường kiềm - trắc quang [10]. Độ hấp thụ của dung dịch phản ứng được đo ở bước sóng 415 nm. Dựa vào đường chuẩn quercetin để xác định hàm lượng flavonoid tổng có trong mẫu. Các kết quả được thể hiện qua mg đương lượng quercetin (QE) trên mỗi g chất khô mẫu phân tích (mg QE/g).

Hàm lượng thiosulfinate tổng số ( $\mu\text{mol/g}$ ): Đo độ hấp thụ ở bước sóng 412 nm của 2-nitro-5-thiobenzoate được tạo ra bằng cách kết hợp các phương pháp của Kinalski và Noreña [11].

Hoạt động chống oxy hóa (%): Hoạt động loại bỏ gốc tự do được phân tích thông qua thử nghiệm 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH). Khả năng khử gốc tự do DPPH được xác định theo phương pháp của Blois [12]. Các chất có khả năng oxy hóa sẽ trung hòa gốc DPPH bằng cách cho hydrogen, làm giảm độ hấp thụ tại bước sóng cực đại và màu của dung dịch phản ứng sẽ nhạt dần, chuyển từ tím sang vàng nhạt.

## Phân tích thống kê số liệu

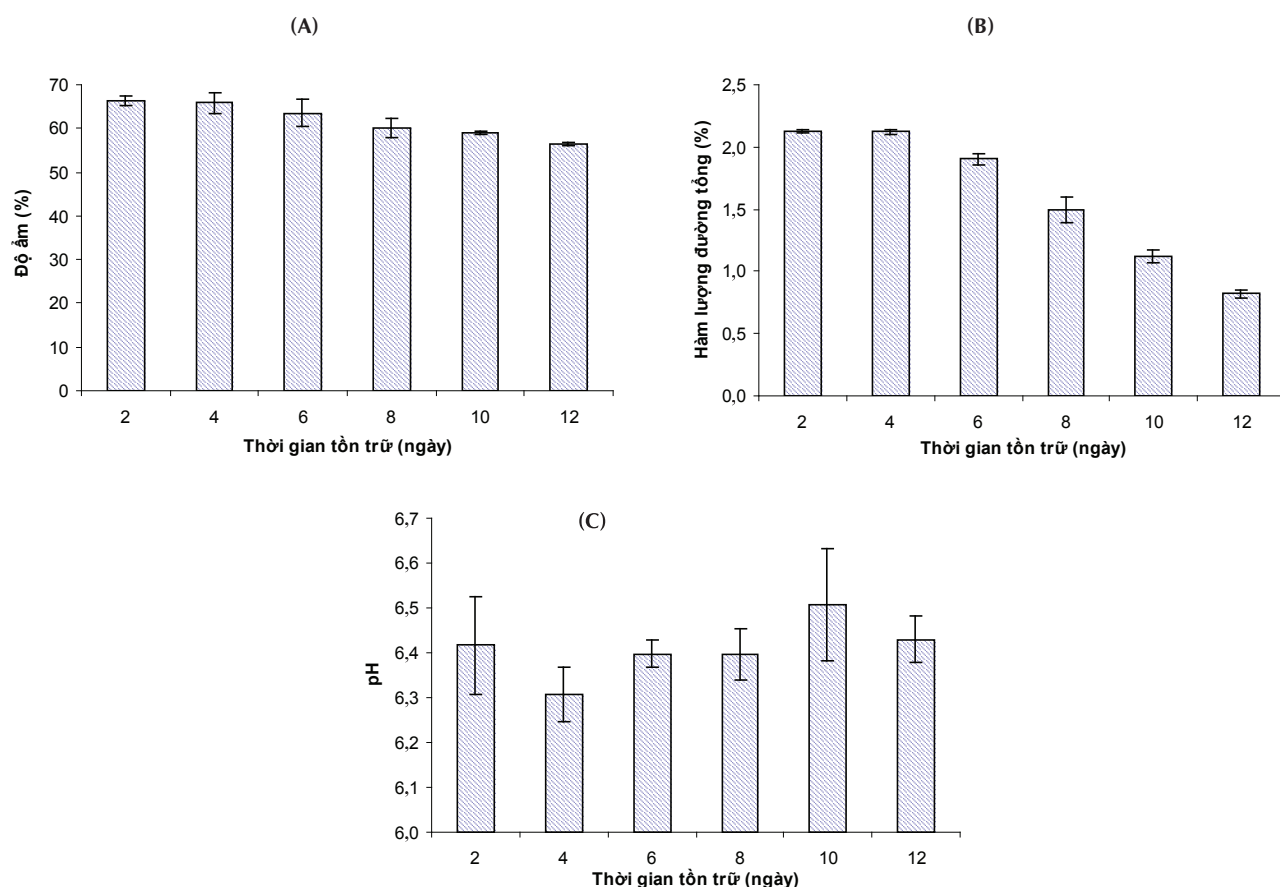
Các kết quả thực nghiệm được phân tích bằng phần mềm Statgraphics Centurion XVI. Đồ thị được vẽ bằng phần mềm Microsoft Excel với độ lệch chuẩn (STD).

Mỗi khảo nghiệm được thực hiện ba lần. Phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để xác định sự khác biệt ý nghĩa ( $p < 0,05$ ) giữa các trung bình nghiệm thức.

## Kết quả

### Một số thành phần hóa học

Thành phần của tỏi rất phức tạp, với hơn 200 hợp chất có lợi cho sức khỏe khác nhau đã được xác định [13]. Độ ẩm (A), hàm lượng đường tổng (B) và pH (C) của tép tỏi trong suốt quá trình bảo quản được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Sự thay đổi độ ẩm (A), hàm lượng đường khử (B) và pH (C) trong tép tỏi trong quá trình tồn trữ.

#### Hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học và khả năng chống oxy hóa

Tỏi rất giàu hợp chất hoạt tính sinh học có khả năng chống oxy hóa cao và đã thu hút được nhiều quan tâm từ các nhà khoa học do những tác dụng có lợi đối với sức khỏe con người, đặc biệt là khả năng chống oxy hóa [14]. Hàm lượng polyphenol tổng số trong tép tỏi tăng, đạt cực đại ( $3,23 \pm 0,11$  mg GAE/g) ở tuần thứ 8 và sau đó giảm nhanh đáng kể (hình 2A). Kết quả thể hiện ở hình 2B cho thấy hàm lượng flavonoid tổng số không có sự khác biệt ý nghĩa ( $p > 0,05$ ) trong thời gian tồn trữ và dao động trong khoảng 0,43-0,46 mg QE/g.

Block, *et al.* [15] đã xác định được 8 hợp chất thiosulfinate khác nhau từ 9 loại thực vật họ Allium bao gồm tỏi, hành tây và báo cáo rằng chúng rất nhạy cảm, dễ bị phân hủy. Tuy nhiên, kết quả trong nghiên cứu này cho thấy hàm lượng thiosulfinate không có sự khác biệt ở 4 tuần đầu tiên và sau đó tăng đều ( $p < 0,05$ ) đến tuần 12 (hình 2C).

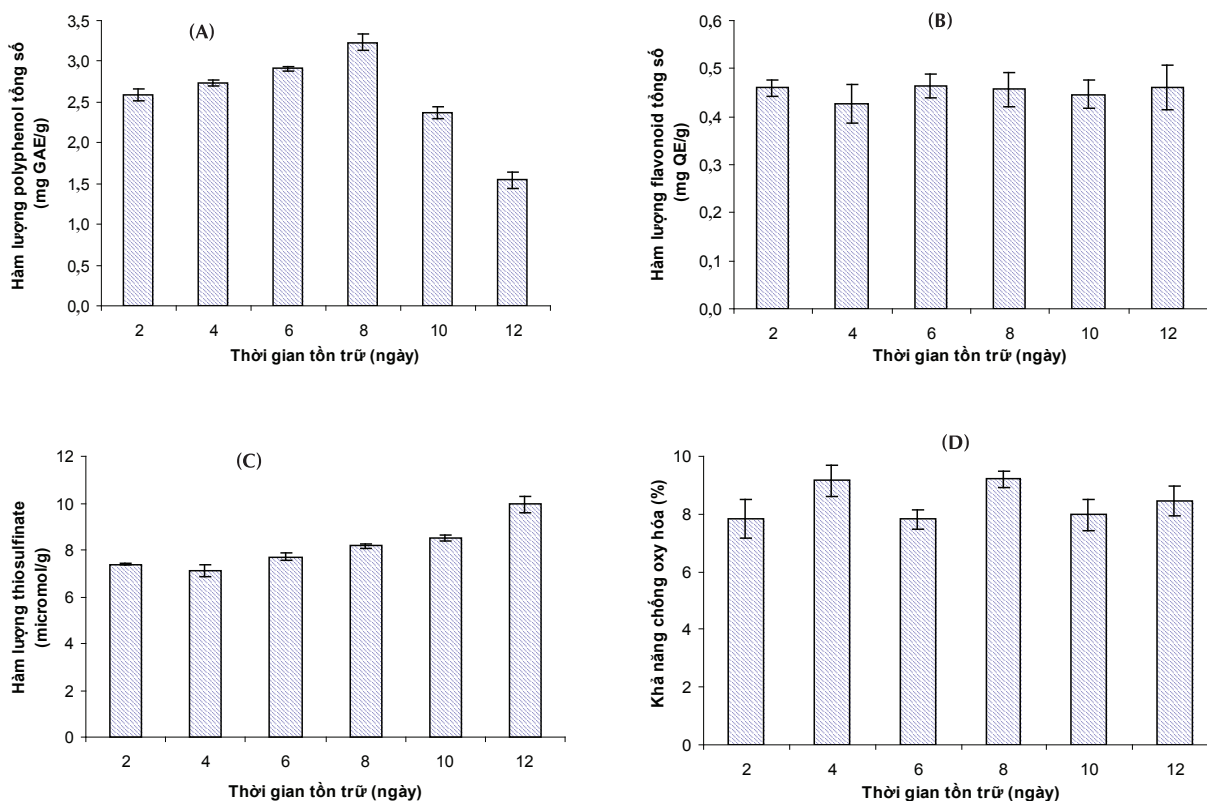
Khả năng chống oxy hóa (loại bỏ gốc tự do DPPH) của các tép tỏi trong quá trình tồn trữ thay đổi rất phức tạp và đạt cao nhất ở tuần thứ 4 và 8 với giá trị tương ứng là  $9,16 \pm 0,53\%$  và  $9,22 \pm 0,29\%$  (hình 2D).

#### Bàn luận

Tỏi có hàm lượng ẩm thấp hơn so với các loại rau khác [16]. Kết quả phân tích cho thấy thời gian tồn trữ có ảnh hưởng đáng kể ( $p < 0,05$ ) đến độ ẩm và hàm lượng đường khử trong tép tỏi. Ở các tuần đầu, độ ẩm không có sự khác biệt có ý nghĩa ( $p > 0,05$ ) và giảm nhanh đáng kể sau đó. Mặc dù điều kiện tồn trữ có độ ẩm tương đối thấp nhưng do cấu tạo phần thịt tép tỏi được bao bọc bởi lớp vỏ lụa và do đó hạn chế tối đa quá trình mất nước. Ngoài ra, Iglesias-Enriquez và Fraga [17] đã công bố quá trình sinh lý của củ tỏi tương tác với môi trường và ảnh hưởng đến việc vận chuyển hơi nước, sự phát triển mầm và rễ làm thay đổi hình dạng của tỏi, gây ra sức căng và phá vỡ mô bề mặt, tạo điều kiện mất nước. Bên cạnh đó, hàm lượng ẩm trong tỏi tươi đã được công bố vào khoảng 64-66% [14, 18-20].

Hàm lượng đường khử trong tép tỏi giảm nhanh ( $p < 0,05$ ) sau 4 tuần của quá trình tồn trữ. Điều này có thể liên quan đến sự nảy mầm, nhưng không có mối liên hệ rõ ràng đến chỉ số nảy mầm bên trong hoặc tổn thất khối lượng (kết quả không thể hiện ở đây). Rutherford và Whittle [21] chỉ ra rằng hàm lượng đường tổng của hành tây không thay đổi trước khi nảy mầm, nhưng sau đó suy giảm (7-12%).





Hình 2. Sự thay đổi hàm lượng polyphenol tổng số (A), flavonoid tổng số (B), thiosulfinate (C) và khả năng chống oxy hóa (D) trong tếp tỏi ở các khoảng thời gian tồn trữ khác nhau.

Riêng giá trị pH ít biến đổi khi tồn trữ và dao động trong khoảng 6,31-6,51. Kết quả thu được gần giống với nhiều nghiên cứu khác, tỏi tươi có giá trị pH  $6,41 \pm 0,01$  [20], tương tự với giá trị được công bố bởi Hacisferogullari, *et al.* [18], pH 6,33 [22] và 6,42 [14].

Hàm lượng polyphenol tổng số trong tếp tỏi tăng ở tuần thứ 8 và sau đó giảm nhanh. Điều này có thể do hoạt động sinh lý nảy mầm trong củ tỏi đang diễn ra làm tăng hàm lượng polyphenol [23]. Hàm lượng phenol tổng số trong tỏi tươi là 722 mg GAE/100 g trọng lượng tươi (mùa vụ năm 2008) và 511 mg GAE/100 g trọng lượng tươi (mùa vụ năm 2009) [24]. Trong nghiên cứu của Kim, *et al.* [25] tỏi tươi chứa hàm lượng polyphenol tổng số là 105,73 mg GAE/kg.

Hàm lượng thiosulfinate không có sự khác biệt ở 4 tuần đầu tiên và sau đó tăng đều. Điều này có thể do tiền chất góp phần tạo nên thiosulfinate là alliin tăng trong thời gian tồn trữ [26]. Alliin bị chuyển đổi thành allicin bởi enzyme alliinase khi tỏi bị cắt hoặc nghiền tạo thành allicin (thiosulfinate chiếm số lượng nhiều nhất góp phần tạo nên tính chất dược liệu của tỏi) [27]. Theo Block, *et al.* [15], tỏi được ghi nhận là nguồn giàu thiosulfinate nhất với hàm lượng dao động trong khoảng 15  $\mu\text{mol/g}$  (tỏi phát triển ở

nhệt độ thấp, 21°C) đến 53  $\mu\text{mol/g}$  (tỏi voi). Hàm lượng thiosulfinate của các loài hành tây đều nhỏ hơn 0,35  $\mu\text{mol/g}$ .

Trong nghiên cứu của Somman và Napa [28], hoạt tính loại bỏ gốc tự do DPPH của củ tỏi là khá cao, đạt 25,53%. Tuy nhiên hoạt tính chống oxy hóa của tỏi tươi ở Hàn Quốc được công bố với giá trị thấp hơn như 6,21% [14] và 4,65% [22]. Ngoài polyphenol có hoạt tính chống oxy hóa, các hợp chất lưu huỳnh hữu cơ trong củ tỏi cũng có chức năng tương tự [29]. Như vậy, thành phần hóa học và hoạt tính chống oxy hóa của tỏi phụ thuộc rất lớn vào giống, điều kiện trồng trọt và khí hậu [24].

### Kết luận

Các thông số chất lượng của tỏi tiêu thụ chủ yếu là độ ẩm, chất dinh dưỡng hoặc hoạt tính sinh học, cụ thể là mùi vị cay nồng. Nghiên cứu này cho thấy, thành phần hóa học và hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học trong tếp tỏi đều bị ảnh hưởng đáng kể trong suốt thời gian tồn trữ (ngoại trừ pH, hàm lượng flavonoid tổng số và khả năng chống oxy hóa). Hàm lượng đường và độ ẩm giảm ở tuần thứ 6 và 8, tương ứng. Hàm lượng polyphenol đạt cao nhất ở tuần thứ 8, trong khi hàm lượng thiosulfinate có xu hướng tăng đến cuối quá trình tồn trữ. Kết quả này có thể hữu ích

cho quá trình chế biến công nghiệp các sản phẩm từ tỏi trong tương lai như tỏi đen, tỏi muối chua.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Ankri, and D. Mirelman (1999), "Antimicrobial properties of allicin from garlic", *Microbes and Infection*, **2**, pp.125-129.
- [2] N. Benkeblia, and V. Lanzotti (2007), "Allium thiosulfonates: chemistry, biological properties and their potential utilization in food preservation", *Food*, **1**(2), pp.193-201.
- [3] H. Amagase (2006), "Clarifying the real bioactive constituents of garlic", *J. Nutr.*, **136**(3) Suppl., pp.716S-725S.
- [4] J.A. Milner, and D.F. Romagnolo (2010), *Bioactive compounds and cancer*, Springer Science+Business Media, LLC, USA, 836pp.
- [5] E. Bloem, S. Haneklaus, and E. Schnug (2011), "Storage life of field-grown garlic bulbs (*Allium sativum* L.) as influenced by nitrogen and sulfur fertilization", *J. Agric. Food Chem.*, **59**(9), pp.4442-4447.
- [6] A. Montano, V.M. Beato, F. Mansilla, and F. Orgaz (2011), "Effect of genetic characteristics and environmental factors on organosulfur compounds in garlic (*Allium sativum* L.) grown in Andalusia, Spain", *J. Agric. Food Chem.*, **59**(4), pp.1301-1307.
- [7] M.A. Toledano Medina, J. Pérez-Aparicio, R. Moreno-Rojas, and T. Merinas-Amo (2016), "Evolution of some physicochemical and antioxidant properties of black garlic whole bulbs and peeled cloves", *Food Chemistry*, **199**, pp.135-139.
- [8] J.H. Lane, and L. Eynon (1923), "Volumetric determination of reducing sugars by means of Fehling's solution, with methylene blue as internal indicator", *ISIXXV*, pp.143-149.
- [9] K. Wolfe, X. Wu, and L.H. Liu (2003), "Antioxidant activity of apple peels", *J. Agric. Food Chem.*, **51**, pp.609-614.
- [10] H. Zhu, Y. Wang, Y. Liu, Y. Xia, and T. Tang (2010), "Analysis of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV-Vis spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies", *Food Analytical Methods*, **3**(2), pp.90-97.
- [11] T. Kinalski, and C.P.Z. Norena (2014), "Effect of blanching treatments on antioxidant activity and thiosulfinate degradation of garlic (*Allium sativum* L.)", *Food and Bioprocess Technology*, **7**(7), pp.2152-2157.
- [12] M.S. Blois (1958), "Antioxidant determination by the use of a stable free radical", *Nature*, **181**, pp.1199-1200.
- [13] R.R. Watson, and V.R. Preedy (2010), *Bioactive foods in promoting health fruits and vegetables*, Elsevier Inc, USA, 725 pp.
- [14] S.E. Bae, S.Y. Cho, Y.D. Won, S.H. Lee, and H.J. Park (2014), "Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment", *LWT - Food Science and Technology*, **55**(1), pp.397-402.
- [15] E. Block, S. Naganathan, D. Putman, and S.H. Zhao (1992), "Allium chemistry: HPLC analysis of thiosulfonates from onion, garlic, wild garlic (Ramsons), leek, scallion, shallot, elephant (great-headed) garlic, chive, and Chinese chive. Uniquely high allyl to methyl ratios in some garlic samples", *J. Agric. Food Chem.*, **40**, pp.2418-2430.
- [16] B. Cemeroglu, and J. Acar (1986), *Fruit and Vegetable Processing Technology*, Turkish Association of Food Technologists, Ankara, Publ. 6, p.508.
- [17] I. Iglesias-Enriquez, and R. Fraga (1998), "Envase y forma de almacenamiento adecuado para la conservación poscosecha del ajo irradiado y sin irradiar", *Alimentaria*, **295**, pp.91-96.
- [18] H. Haciseferogullari, M. Özcan, F. Demir, and S. Çalisir (2005), "Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.)", *J. Food Eng.*, **68**, pp.463-469.
- [19] X. Xu, Y. Miao, J.Y. Chen, Q. Zhang, and J. Wang (2015), "Effective production of S-allyl-L-cysteine through a homogeneous reaction with activated endogenous  $\gamma$ -glutamyltranspeptidase in garlic (*Allium Sativum*)", *J. Food Sci. Technol.*, **52**(3), pp.1724-1729.
- [20] L. Fante, and C.P.Z. Noreña (2015), "Quality of hot air dried and freeze-dried of garlic (*Allium sativum* L.)", *Journal of Food Science and Technology*, **52**(1), pp.211-220.
- [21] P.P. Rutherford, and R. Whittle (1982), "The carbohydrate composition of onions during long term cold storage", *J. Hortic. Sci.*, **57**(3), pp.349-356.
- [22] I.S. Choi, H.S. Cha, and Y.S. Lee (2014), "Physicochemical and antioxidant properties of black garlic", *Molecules*, **19**, pp.16811-16823.
- [23] A. Zakarova, J.Y. Seo, H.Y. Kim, J.H. Kim, J.H. Shin, K.M. Cho, C.H. Lee, and J.S. Kim (2014), "Garlic sprouting is associated with increased antioxidant activity and concomitant changes in the metabolite profile", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **62**(8), pp.1875-1880.
- [24] P. Pöldma, T. Tõnutare, A. Viitak, A. Luik, and U. Moor (2011), "Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size, and antioxidant properties of garlic (*Allium sativum* L.)", *J. Agric. Food Chem.*, **59**(10), pp.5498-5503.
- [25] J.S. Kim, O.J. Kang, and O.C. Gweon (2013), "Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps", *Journal of Functional Foods*, **5**(1), pp.80-86.
- [26] M. Ichikawa, N. Ide, and K. Ono (2006), "Changes in organosulfur compounds in garlic cloves during storage", *J. Agric. Food Chem.*, **54**(13), pp.4849-4854.
- [27] H. Amagase, B.L. Petesch, H. Matsuura, S. Kasuga, and Y. Itakura (2001), "Intake of garlic and its bioactive components", *Journal of Nutrition*, **131**, pp.955S-962S.
- [28] A. Somman, and S. Napa (2015), "Comparison of antioxidant activity and tyrosinase inhibition in fresh and processed white radish, garlic and ginger", *Food Measure*, doi: 10.1007/s11694-015-9244-5.
- [29] S. Gorinstein, H. Leontowicz, M. Leontowicz, J. Drzewiecki, K. Najman, E. Katrich, D. Barasch, K. Yamamoto, and S. Trakhtenberg (2006), "Raw and boiled garlic enhances plasma antioxidant activity and improves plasma lipid metabolism in cholesterol fed-rats", *Life Sci.*, **78**, pp.655-663.

# Biểu hiện hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam

Cao Đình Trọng<sup>1</sup>, Thái Anh Tuấn<sup>1</sup>, Cao Đình Triều<sup>2\*</sup>, Lê Văn Dũng<sup>1</sup>, Nguyễn Đắc Cường<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Viện Vật lý địa cầu, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam*

<sup>2</sup>*Viện Địa vật lý ứng dụng, Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam*

Ngày nhận bài 5/2/2018; ngày chuyển phản biện 9/2/2018; ngày nhận phản biện 14/3/2018; ngày chấp nhận đăng 26/3/2018

## Tóm tắt:

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành nghiên cứu đặc trưng hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam. Kết quả cho thấy:

- Tại khu vực thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La đã xuất hiện động đất kích thích có  $M > 4,0$ . Các công trình thủy điện này đều có độ sâu lớn nhất của đáy hồ trên 100 m và cấu trúc địa chất là đá gneis, granit hay đá vôi.
- Động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La là loại phản ứng nhanh. Sự thăng giáng độ cao mực nước hồ có liên quan tới tần suất xuất hiện động đất.
- Có thể sử dụng tỷ số  $V_p/V_s$  như một đại lượng chủ yếu trong khoanh vùng dự báo nguồn phát sinh động đất kích thích. Nguồn phát sinh động đất tự nhiên liên thông với hồ và có  $V_p/V_s = 1,63-1,69$  là nơi có nguy cơ phát sinh động đất cao nhất.
- Hồ thủy điện Hòa Bình không còn có khả năng xuất hiện động đất kích thích. Động đất kích thích thủy điện Sông Tranh 2 tuy vẫn còn hoạt động song sẽ có cấp độ mạnh nhỏ hơn 4,7. Động đất kích thích hồ Sơn La còn tiếp diễn trong thời gian tới và với cấp độ mạnh có thể lớn hơn 4,3, đạt tối đa là 5,0.

**Từ khóa:** Động đất kích thích, hồ thủy điện, Việt Nam.

**Chỉ số phân loại:** 1.5

## Mở đầu

Những trận động đất xảy ra liên quan với các hoạt động của con người được gọi là động đất kích thích. Một số hoạt động phổ biến dẫn đến kích thích động đất xảy ra là: Các vụ nổ lớn xảy ra trong lòng đất, sự tích nước tại các đập cao như đập chứa nước thủy lợi hay thủy điện, sự bơm chất lỏng vào đất đá ở dưới sâu, sự rút tháo nước từ các thành tạo chứa nước gần mặt đất hoặc trên mặt, khai thác hầm lò trong các mỏ. Các nhà địa chấn thế giới đã phân loại động đất kích thích liên quan đến hồ chứa thành hai nhóm [1-3]: Loại phản ứng nhanh, xảy ra ngay sau khi hồ chứa được tích nước và loại phản ứng chậm, xảy ra sau một số năm khi hồ bắt đầu được tích nước. Trong các trường hợp đã biết về động đất kích thích (chỉ tính  $M \geq 4,0$ ) có thể chia thành ba nhóm sau [3]: Động đất có cấp độ mạnh,  $M \geq 6,0$  (4 trường hợp); Động đất có cấp độ mạnh,  $M$  từ 5,0 đến 5,9 (10 trường hợp); và Động đất có cấp độ mạnh,  $M$  từ 4,0 đến 4,9 (27 trường hợp, trong đó có Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La của Việt Nam, bảng 1).

**Bảng 1.** Các công trình thủy điện ở Việt Nam đã quan sát được hiện tượng động đất kích thích hồ chứa có cấp độ mạnh trên 4,0.

| TT | Nội dung                                      | Đơn vị                         | Hòa Bình                       | Sông Tranh 2              | Sơn La                          |
|----|-----------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1  | Trên sông                                     |                                | Sông Đà                        | Sông Tranh                | Sông Đà                         |
| 2  | Tọa độ                                        |                                | 105°19'26.00"E<br>20°48'02.9"N | 108°08'52"E<br>15°19'53"N | 103°59'42.00"E<br>21°29'47.00"N |
| 3  | Diện tích lưu vực                             | km <sup>2</sup>                | 51.700                         | 1.100                     | 43.760                          |
| 4  | Mực nước dâng trung bình                      | m                              | 117                            | 175                       | 215                             |
| 5  | Dung tích toàn bộ                             | 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> | 4.871                          | 0.740                     | 9.260                           |
| 6  | Đập dâng                                      |                                | Đất đá hỗn hợp                 | Bê tông đầm lăn           | Bê tông đầm lăn                 |
| 7  | Cao trình đỉnh đập                            | m                              | 123                            | 170                       | 228,1                           |
| 8  | Chiều cao đập lớn nhất                        | m                              | 128                            | 96                        | 137                             |
| 9  | Chiều dài đỉnh đập                            | m                              | 734                            | 640                       | 1.000                           |
| 10 | Công suất lắp máy                             | MW                             | 1.920                          | 190                       | 2.400                           |
| 11 | Số tổ máy                                     | Tổ máy                         | 6                              | 2                         | 6                               |
| 12 | Năm tích nước đến cao trình tối đa            |                                | 1988                           | 2010                      | 2011                            |
| 13 | Động đất kích thích lớn nhất đã quan sát thấy |                                | 4,9 (năm 1989)                 | 4,7 (năm 2012)            | 4,3 (năm 2014)                  |

\*Tác giả liên hệ: Email: cdttrieu@gmail.com

# Expression of triggered earthquakes at some hydropower plant reservoirs in Vietnam

Dinh Trong Cao<sup>1</sup>, Anh Tuan Thai<sup>1</sup>,  
Dinh Trieu Cao<sup>2\*</sup>, Van Dung Le<sup>1</sup>, Duc Cuong Nguyen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Geophysics, VAST

<sup>2</sup>Institute of Applied Geophysics, VUSTA

Received 5 February 2018; accepted 26 March 2018

## Abstract:

In this paper, the authors present the expression of triggered earthquakes at some hydropower plant reservoirs in Vietnam. The research results indicated that:

- The triggered earthquakes with  $M > 4.0$  have occurred at the Hoa Binh, Song Tranh 2 and Son La hydropower plant reservoirs. These reservoirs all have more than 100 m depth and locate on gneiss, granite or limestone rock backgrounds.
- Triggered earthquakes at the Hoa Binh, Song Tranh 2 and Son La hydropower plant reservoirs are the rapid ones. The earthquake frequency has close ties with the water level change.
- $V_p/V_s$  ratio can be used as the main factor determining the triggered earthquake source. The natural earthquake sources linking with the reservoir and having the  $V_p/V_s$  ratio of 1.63-1.69 have the highest risk of triggered earthquake occurrence.
- There is no risk of triggered earthquake occurrence at Hoa Binh hydropower plant's reservoir any. Triggered earthquakes in the Song Tranh 2 reservoir continue occurring with the magnitude of smaller than 4.7. In the Son La reservoir, triggered earthquakes continue occurring in the coming time with the magnitude of more than 4.3 and may reach a maximum of 5.0.

**Keywords:** Hydropower plant reservoir, triggered earthquake, Vietnam.

**Classification number:** 1.5

Động đất kích thích không xảy ra ở mọi vùng hồ. Nó chỉ xảy ra ở những vùng hồ có điều kiện địa chất, kiến tạo thuận lợi: Là vùng hoạt động, ứng suất kiến tạo trong đá đã đạt đến giới hạn, tồn tại các đứt gãy đủ lớn liên quan với hồ về mặt thủy văn. Trong điều kiện ứng suất đã đạt tới hạn thì ứng suất gia tăng gây nên bởi cột nước trong hồ tuy rất nhỏ nhưng có thể đóng vai trò cơ cấu thúc đẩy. Còn nước thấm sâu theo khe nứt và đứt gãy làm thay đổi áp suất lỗ rỗng, giảm ma sát mặt trượt, thúc đẩy quá trình xảy ra động đất [1-3].

Động đất kích thích cũng đã xuất hiện tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam, trong đó đáng lưu ý nhất là: Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La:

- Ngày 23/5/1989 một trận động đất có độ lớn  $M = 4,9$  đã xảy ra tại khu vực Hoà Bình. Động đất này được Nguyễn Đình Xuyên và đồng nghiệp cho là động đất kích thích. Nó xảy ra sau khi hồ thủy điện Hòa Bình được tích nước đến cao trình tối đa [4].

- Sau khi hồ thủy điện Sông Tranh 2 tích nước không lâu thì bắt đầu xuất hiện động đất. Từ đó đến nay đã quan sát được trên 2.500 động đất có  $M \geq 0,7$ , lớn nhất là  $M = 4,7$  xảy ra vào ngày 15/11/2012 [5-7].

- Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước mã số ĐTDL.2009T/09 khẳng định rằng động đất xuất hiện tại vùng hồ Sơn La sau khi tích nước là động đất kích thích [8, 9].

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành nghiên cứu đặc điểm động đất tại các hồ Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La, nơi đã xảy ra các động đất kích thích có cấp độ mạnh lớn hơn 4,0.

## Động đất kích thích có cấp độ mạnh $M > 4,0$ đã xảy ra tại hồ thủy điện Sông Đà, Sông Tranh 2 và Sơn La

### Động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình đã liên tiếp xảy ra trong thời kỳ 1989-1991

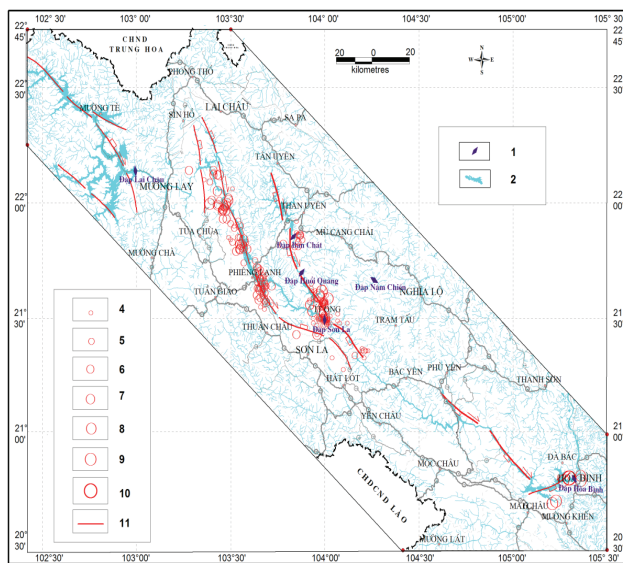
Tháng 5/1988 hồ thủy điện Hoà Bình bắt đầu tích nước. Mực nước lúc đầu tăng từ từ, sau đó tăng nhanh vào đầu mùa mưa, tháng 7 và tháng 8. Tháng 12/1988, khi mực nước lòng hồ đạt đến độ cao trên 80 m, quan sát thấy một số trận động đất yếu ( $M < 2,0$ ) xuất hiện ở khu vực gần đập. Từ tháng 1/1989 đến tháng 4/1989, nhiều trận động đất có  $M = 2,4-2,8$  ghi nhận được ở khu vực quanh đập. Đặc biệt, chỉ trong ngày 14/4/1989 có đến 7 trận động đất xuất hiện, trong đó có 2 trận động đất có  $M = 3,8$  và  $3,7$  với độ sâu chấn tiêu 5 km. Sau một khoảng thời gian yên lặng, đến ngày 23/5/1989 một trận động đất có cấp độ mạnh ( $M = 4,9$ ) đã xảy ra, gây chấn động khu vực Hoà Bình đến cấp 7 (thang MSK-64). Sau đó liên tục xuất hiện các động đất yếu hơn. Đến ngày 27/5/1989 lại xuất hiện một động đất có  $M = 4,0$  gây chấn động cấp 5 đến cấp 6 tại khu vực thị xã Hoà Bình. Các chấn động còn xảy ra trong một thời gian dài nhưng rất nhỏ, chỉ cảm nhận được bằng máy [4] (hình 1).



Động đất M = 4,9 ngày 23/5/1989 tại Hoà Bình có các đặc điểm của động đất kích thích hồ chứa. Động đất xảy ra sau khi hồ chứa tích nước được một khoảng thời gian không lâu (8 tháng sau khi tích nước), độ sâu chấn tiêu không lớn (khoảng 5 km), trước khi chấn động chính xảy ra có xuất hiện tiền chấn và cấp độ mạnh của dư chấn xấp xỉ chấn động chính. Sự suy giảm hoạt động địa chấn từ từ và thường có biểu hiện cao vào những thời kỳ sau khi mực nước hồ tăng lên nhanh một cách đột ngột. Mmax = 4,9 cũng là cấp độ mạnh lớn nhất của động đất kích thích hồ Hòa Bình đã xảy ra.

Động đất kích thích hồ Hòa Bình có hàm phân bố Gutenberg-Richter như sau [9]:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 4,688 - 1,2474M \quad (1)$$



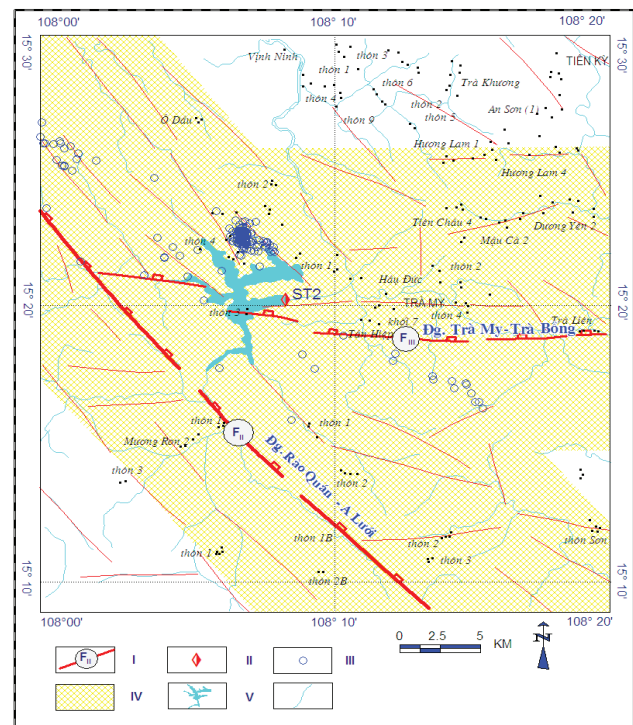
**Hình 1. Phân bố chấn tâm động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La.** 1/ Đập thủy điện; 2/ Vùng hồ; 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 - Chấn tâm động đất và cấp độ mạnh tương ứng (M = 1,0-1,4; M = 1,5-1,9; M = 2,0-2,4; M = 2,5-2,9; M = 3,0-3,4; M = 3,5-3,9; M = 4,0-4,4; M = 4,5-4,9); 11/ Phân đoạn nguồn có nguy cơ phát sinh động đất kích thích.

### Động đất kích thích đã xảy ra tại hồ thủy điện Sông Tranh 2

Sau khi hồ Sông Tranh 2 được tích nước đến cao trình 160 m vào tháng 10/2010 và nhà máy đi vào hoạt động thì bắt đầu xuất hiện động đất. Từ đầu năm 2011 người dân huyện Bắc Trà My bắt đầu nghe thấy những tiếng nổ trong lòng đất. Hiện tượng này gia tăng trong tháng 11/2011. Cấp độ mạnh tối đa của động đất quan sát được trong đợt đầu tiên sau khi tích nước là 3,4. Từ cuối tháng 8/2012 lại xuất hiện một đợt động đất, song đáng chú ý nhất là động đất M = 4,6 xảy ra vào ngày 22/10/2012 và động đất M = 4,7 xảy ra vào ngày 15/11/2012.

Biểu hiện hoạt động động đất hồ thủy điện Sông Tranh 2 khá phức tạp (hình 2), Động đất xuất hiện liên tục ngay từ sau khi tích nước cho đến nay mà chưa có dấu hiệu giảm cường độ xuất hiện (2.637 động đất đã xảy ra từ tháng 11/2011 đến tháng 12/2015 với M ≥ 0,5 và độ sâu chấn tiêu không vượt quá 10 km). Có 10 trạm địa chấn được thiết lập từ năm 2012 chỉ phục vụ riêng cho nghiên cứu động đất Sông Tranh 2. Các trạm này có thể phải tiếp tục hoạt động cho đến khi không còn xuất hiện động đất kích thích.

Theo Cao Đình Triều [5] thì chu kỳ lặp lại của động đất M = 4,7 tại Sông Tranh 2 là 17 tháng. Từ tháng 11/2012 đến tháng 5/2016 là đã 42 tháng mà không có động đất M = 4,7 xảy ra tại đây. Do đó, động đất M = 4,7 được coi là giá trị độ lớn cực đại của động đất kích thích hồ thủy điện Sông Tranh 2.



I- Đứt gãy; II- Đập thủy điện; III- Động đất sau khi xử lý; IV- Nguồn phát sinh động đất; V- Vùng hồ; VI- Sông suối

**Hình 2. Nguồn phát sinh động đất khu vực thủy điện Sông Tranh 2.**

Động đất kích thích hồ Sông Tranh 2 có dạng phân bố hàm Gutenberg-Richter như sau [5]:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 3,838 - 0,8317M \quad (2)$$

### Động đất kích thích hồ thủy điện Sơn La

Nghiên cứu động đất kích thích hồ thủy điện Sơn La được tiến hành thông qua đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTĐL.2009T/09 giai đoạn 2009-2011 [8]. Một hệ thống



Ảnh 1. Đá vôi hệ tầng Đồng Giao phát triển phổ biến tại khu vực lòng hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La.



Ảnh 2. Đá gneis hệ tầng Khâm Đức - Núi Vú phát triển phổ biến tại khu vực lòng hồ thủy điện Sông Tranh 2

trạm quan trắc động đất tạm thời (gồm 6 trạm) được lắp đặt vào đầu năm 2009, hoạt động đến hết năm 2011 nhằm giám sát hoạt động động đất hồ chứa trong giai đoạn đầu tích nước. Trong thời gian này đã quan sát được khoảng 400 trận động đất có  $M = 1,0-3,0$  và với độ sâu chấn tiêu nhỏ hơn 10 km. Các động đất này chủ yếu tập trung tại khu vực ngập nước của đứt gãy Mường La - Bắc Yên và đứt gãy Sông Đà. Rất đáng tiếc là đề tài ĐTDL.2009T/09 kết thúc vào cuối tháng 12/2011 và 6 trạm địa chấn tạm thời cũng được dỡ ngay sau đó (tháng 4/2012) nên quan trắc động đất chi tiết bị gián đoạn từ đó đến nay. Tuy vậy, trong phạm vi hồ thủy điện Sơn La còn tồn tại 3 trạm địa chấn cấp quốc gia nên các động đất có  $M = 1,0$  xảy ra trong lòng hồ cũng có thể ghi nhận được. Động đất lớn nhất tại lòng hồ thủy điện Sơn La có cấp độ mạnh 4,3 được ghi nhận vào ngày 19/7/2014.

Hàm phân bố Gutenberg-Richter động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La như sau [9]:

1. Cụm động đất kích thích từ hạ du Huội Quảng đến hạ du Sơn La:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 3,6603 - 1,2008M \quad (3)$$

2. Cụm động đất từ cầu Pá Uôn đến đập Sơn La:

$$\log \frac{N(M)}{T} = 2,9917 - 1,0716M \quad (4)$$

### Đặc điểm cấu trúc địa chất tại các khu vực xảy ra động đất kích thích

#### Đặc điểm địa chất vùng hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La

Động đất kích thích hồ thủy điện Hòa Bình và Sơn La chủ yếu tập trung tại các đới đứt gãy sâu liên thông với

hồ. Đá vôi hệ tầng Đồng Giao ( $T_2a_{dg}$ ) bị cà nát, đập vỡ mạnh, tích nước do hiện tượng thẩm thấu gây nên bởi áp lực của cột nước đã làm thay đổi trạng thái ứng suất theo chiều hướng kích thích động đất xuất hiện sớm hơn (ảnh 1). Phần dưới mặt cắt đá vôi hệ tầng Đồng Giao chủ yếu có cấu trúc dạng dải, hạt mịn, chặt xít, dạng men sứ hoặc đường kính, vết vỡ vỏ trai, thường sáng màu (trắng, vàng nhạt, hồng, xám phớt lam và xám sáng). Có cả đá vôi bitum đen và đá vôi silic sáng màu. Phần giữa mặt cắt của hệ tầng chủ yếu là đá vôi dạng khối [9].

#### Đặc điểm địa chất vùng hồ thủy điện Sông Tranh 2

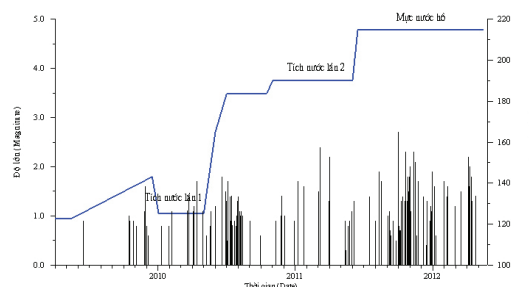
Vùng lòng hồ và dưới nền đập thủy điện Sông Tranh 2 phân bố nhiều loại đá biến chất bao gồm các gneis, metagabro, metadiorit, metagranodiorit, metaplagiogranit của phức hệ xáo trộn kiến tạo Khâm Đức - Núi Vú (ảnh 2). Chúng bị biến chất nhiệt độ cao dẫn đến nóng chảy tạo ra granit migmatit phức hệ Chu Lai vào Ordovic (khoảng 450 triệu năm). Đá gneis hạt nhỏ và đều, phân phiến (foliation) dạng dải đặc trưng, bị nứt nẻ, đập vỡ mạnh do chịu tác động của các pha hoạt động kiến tạo về sau. Có một khối granit phức hệ Chu Lai khá rộng nằm trong lòng hồ. Phía thượng lưu lòng hồ cũng quan sát thấy phân bố của đá hoa theo dạng dải.

### Mối liên quan giữa thăng giáng mực nước hồ và hoạt động động đất kích thích

*Mối liên quan chặt chẽ giữa biến động độ cao mực nước hồ thủy điện Sông Tranh 2 và tần suất xuất hiện động đất kích thích hồ chứa*

Về quan hệ giữa biến động độ cao mực nước hồ thủy điện với tần suất hoạt động động đất kích thích được đề cập chi tiết trong [5] và cho thấy (hình 3):





Hình 4. Đồ thị biểu diễn hoạt động động đất tại vùng đập thủy điện Sơn La theo thời gian từ 6/2009 đến 4/2012. Hai thời điểm tích nước hồ: 5/2010 và 5/2011. Sau mỗi lần tích nước tần suất động đất tăng [8].

môi trường của đới dập vỡ kiến tạo trước và sau khi thâm nước, là nguyên nhân gây nên đông đất kích thích.

L luận giải kết quả nghiên cứu cắt lớp sóng địa chấn tại vùng hồ Sông Tranh 2 (ví dụ về Vp/Vs tại hình 5) và vùng đập thủy điện Sơn La (ví dụ về Vp/Vs tại hình 6) được xác định theo tài liệu động đất kích thích cho thấy [10, 11]:

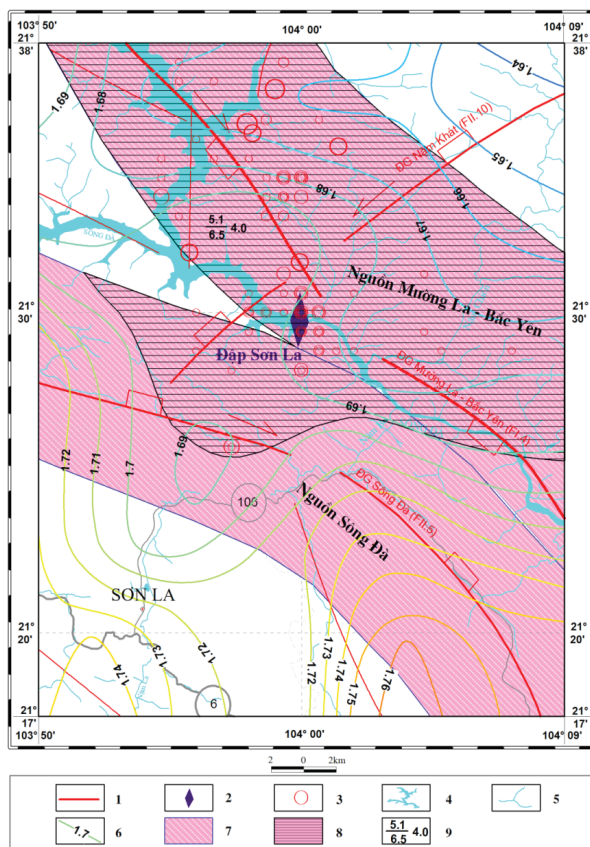
a. Về cơ bản, vận tốc sóng P vẫn tuân thủ theo quy luật tăng dần theo độ sâu. Tại độ sâu 1 km  $V_p$  biến đổi trong giới hạn từ 5,42 đến 5,74 km/s. Trong khi đó, tại độ sâu 7 km giá trị  $V_p$  nằm trong khoảng 5,74-5,94 km/s. Cấu trúc dị thường vận tốc  $V_p$  cao, lớn hơn 5,6 km/s tại độ sâu 3 km và lớn hơn 5,64 km/s tại độ sâu 7 km, trùng với khu vực tập trung chấn tiêu đông đất kích thích.

[illegible]

I- Đứt gãy ; II- Đập thủy điện; III- Vùng hồ; IV- Sông suối;  
V- Tỷ số vận tốc sóng  $V_p/V_s$ ; VI- Chấn tâm đồng đất

**Hình 5. Tỷ số  $V_p/V_s$  tại khu vực Sông Tranh 2 [10].**

TẠP CHÍ  
**KHOA HỌC  
& CÔNG NGHỆ** Việt Nam 60(6) 6.2018



**Hình 6. Tỷ số  $V_p/V_s$  và sơ đồ dự báo vùng có nguy cơ xảy ra động đất kích thích khu vực Sơn La [11]:** 1 - Đứt gãy; 2 - Đập thủy điện; 3 - Vị trí chấn tâm động đất; 4 - Vùng hồ; 5 - Sông suối; 6 - Tỷ số  $V_p/V_s$ ; 7 - Vùng nguồn có nguy cơ xảy ra động đất tự nhiên; 8 - Vùng nguồn có nguy cơ xảy ra động đất kích thích; 9 -  $M_{\max}$  động đất kích thích có khả năng xảy ra (5,1),  $M_{\max}$  động đất tự nhiên có khả năng xảy ra (6,5),  $M$  động đất kích thích đã xảy ra (4,0).

b. Tỷ số vận tốc sóng địa chấn  $V_p/V_s$  vùng đập thủy điện Sông Tranh 2 và Sơn La có giá trị biến động trong giới hạn từ 1,64 đến 1,74. Tỷ số  $V_p/V_s$  không có biểu hiện biến đổi theo độ sâu. Điều này chứng tỏ hệ số tăng dần của  $V_p$  và  $V_s$  theo độ sâu là tương đồng.

c. Đối sánh phân bố tỷ số  $V_p/V_s$  với phân bố chấn tâm động đất kích thích vùng đập thủy điện Sông Tranh 2 và Sơn La cho thấy (hình 5, 6):

- Thẩm thấu nước vào đới khe nứt dập vỡ làm thay đổi trạng thái ứng suất lỗ rỗng, tạo hiệu ứng xuất hiện động đất kích thích. Thông thường, đối với môi trường đồng nhất vật chất (nguyên khối) tỷ số  $V_p/V_s$  xấp xỉ 1,74. Đối cả nát, dập vỡ kiến tạo (nơi vật chất không còn nguyên khối, đồng nhất) giá trị  $V_p/V_s$  giảm, thường chỉ nằm trong giới hạn từ 1,70 đến 1,72 [1-3].

- Thực tế nghiên cứu môi trường phát sinh động đất Sông Tranh 2 cho thấy động đất kích thích chỉ xuất hiện tại nơi có tỷ số  $V_p/V_s$  thấp, biến động trong giới hạn 1,63-1,67 (hình 5) [10], trùng với đới dập vỡ, ngậm nước của đá gneis phức hệ Khâm Đức - Núi Vú.

- Trong khi đó, động đất kích thích hồ Sơn La xuất hiện nơi có  $V_p/V_s = 1,67-1,69$ . Đáy hồ Sơn La được xác định tồn tại đá vôi hệ tầng Đồng Giao [11]. Dựa vào phân bố tỷ số  $V_p/V_s$ , các tác giả đã khoanh vùng được khu vực có nguy cơ xảy ra động đất kích thích vùng đập Sơn La (hình 6). Động đất kích thích cấp độ mạnh 4,0 đã xảy ra vào ngày 20/8/2014 tại khu vực được dự báo. Nếu kết quả dự báo trong [11] là chính xác thì đây chưa phải là động đất kích thích lớn nhất (lớn nhất được dự báo là có cấp độ mạnh 5,0-5,1).

### Về khả năng dự báo động đất kích thích cực đại

Nhằm dự báo độ lớn cực đại động đất kích thích ( $M_{\max}$ ), chúng tôi sử dụng quan hệ giữa đại lượng  $M_{\max}$  và hệ số  $b$  đồ thị lặp lại động đất (hay còn gọi là độ dốc đồ thị lặp lại hoặc là hệ số  $b$  của hàm Gutenberg-Richter) tự nhiên và động đất kích thích. Theo [9]:

$$b_{\text{tn}} \times M_{\max, \text{tn}} = b_{\text{kt}} \times M_{\max, \text{kt}} \quad (5)$$

Trong đó:  $b_{\text{tn}}$  là hệ số  $b$  hàm Gutenberg-Richter của động đất tự nhiên;  $b_{\text{kt}}$  là hệ số  $b$  hàm Gutenberg-Richter của động đất kích thích;  $M_{\max, \text{tn}}$  là giá trị độ lớn cực đại của động đất tự nhiên xảy ra tại nguồn được xác định và  $M_{\max, \text{kt}}$  là độ lớn cực đại của động đất kích thích có nguy cơ xảy ra tại vùng nguồn đó nếu liên thông với hồ chứa nước và đáp ứng điều kiện phát sinh động đất kích thích.

Quy trình xác định nguồn và nguy cơ xuất hiện động đất kích thích có độ lớn cực đại tại các hồ thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La được tiến hành như sau [9]:

**Bước 1 - Xác định nguồn động đất kích thích:** Trên cơ sở nguồn phát sinh và giá trị độ lớn cực đại động đất tự nhiên ta xác định được đoạn nguồn động đất liên thông với hồ thủy điện sau khi tích nước. Các động đất xuất hiện trong đoạn nguồn được phân định sau khi hồ chứa tích nước đáp ứng đầy đủ điều kiện là động đất kích thích thì đoạn nguồn đó được xác nhận là đoạn nguồn động đất kích thích.

**Bước 2 - Dự báo giá trị độ lớn cực đại động đất kích trên cơ sở công thức (5) và với các thông số:**

- Xác định hệ số  $b_{\text{tn}}$  hàm phân bố Gutenberg-Richter động đất tự nhiên khu vực hồ thủy điện cần nghiên cứu và lân cận. Kết quả cho thấy: Đối với thủy điện Sông Tranh 2,  $b_{\text{tn}} = 0,6041$  [5]; tại bậc thang thủy điện Sông Đà (bao gồm thủy điện Hòa Bình, Sơn La, Lai Châu, Bản Chát và Huổi Quảng - hình 4)  $b_{\text{tn}} = 0,935$  [9].

- Giá trị hệ số  $b_{\text{kt}}$  động đất kích thích hồ Hòa Bình là  $b_{\text{kt}} = 1,2474$  (1). Đối với hồ thủy điện Sông Tranh 2  $b_{\text{kt}} = 0,8317$



(2). Trong khi đó, tại hồ Sơn La có 2 đoạn nguồn (hình 1), với công thức (3) và công thức (4): Từ hạ du Huồi Quảng đến hạ du Sơn La,  $b_{kt} = 1,2008$ ; và từ cầu Pa Uôn đến đập Sơn La,  $b_{kt} = 1,0716$ .

- Động đất tự nhiên cực đại ( $M_{max.tn}$ ) tại nguồn phát sinh động đất kích thích trên cơ sở phân đoạn đứt gãy [12]. Kết quả cho thấy: Tại Hòa Bình  $M_{max.tn} = 6,5$ ; tại Sông Tranh 2,  $M_{max.tn} = 6,1$ ; từ hạ du Huồi Quảng đến hạ du Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.tn} = 6,5$ ; và từ cầu Pa Uôn đến đập Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.tn} = 6,7$ .

- Động đất kích thích cực đại ( $M_{max.kt}$ ) có nguy cơ xảy ra tại các hồ: Hòa Bình,  $M_{max.kt} = 4,9$ ; Sông Tranh 2,  $M_{max.kt} = 4,7$ ; từ hạ du Huồi Quảng đến hạ du Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.kt} = 4,9$ ; và từ cầu Pa Uôn đến đập Sơn La (hồ Sơn La),  $M_{max.kt} = 5,0$ .

## Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đánh giá tổng quan về biểu hiện hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam trong thời gian qua cho phép rút ra một số nhận định sau:

1. Động đất kích thích có cấp độ mạnh trung bình trở lên ( $M \geq 4,0$ ) đã xảy ra tại các hồ thủy điện Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La, nơi có độ sâu lớn nhất của đáy hồ trên 100 m. Cấu trúc địa chất khu vực lòng hồ là các đá biến chất (bao gồm các gneis, metagabro, metadiorit, metagranodiorit, metaplagiogranit), đá granit hoặc đá vôi đặc xít bị cà nát, dập vỡ mạnh. Khi hồ được tích nước, hiện tượng thấm thấu vào các đới cà nát dập vỡ kiến tạo gây nên bởi áp lực của cột nước đã làm thay đổi trạng thái ứng suất theo chiều hướng kích thích động đất xuất hiện sớm hơn.

2. Động đất kích thích các hồ Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La là loại phản ứng nhanh, có nghĩa là chúng xảy ra ngay sau khi quá trình tích nước hồ chứa được tiến hành. Sự thăng giáng độ cao mực nước hồ có liên quan tới tần suất xuất hiện động đất. Khoảng thời gian từ biến động mực nước với xuất hiện các chuỗi động đất có biểu hiện khác nhau tại hồ Sông Tranh 2 và Sơn La, tương ứng là 10-12 tháng và 2-3 tháng.

3. Động đất kích thích hồ Hòa Bình, Sông Tranh 2 và Sơn La chỉ xuất hiện tại nơi có tỷ số  $V_p/V_s$  thấp, biến động trong giới hạn 1,63-1,69, trùng với đới dập vỡ, ngậm nước của đá gneis, granit hoặc đá vôi đặc xít. Dựa vào phân bố tỷ số  $V_p/V_s$  ta có thể khoanh vùng được khu vực có nguy cơ xảy ra động đất kích thích hồ chứa.

4. Động đất kích thích lớn nhất đã quan sát được tại hồ Hòa Bình có  $M = 4,9$ . Đây cũng là giá trị động đất kích thích cực đại được dự báo. Điều này có nghĩa là hoạt động động đất kích thích tại hồ Hòa Bình đã đạt giá trị tối đa. Từ sau 1996 đến nay không quan sát thấy động đất kích thích hồ Hòa Bình, cho nên có thể nói rằng tại hồ này không còn

động đất kích thích nữa mà chỉ có động đất tự nhiên mà thôi.

5. Hồ thủy điện Sông Tranh 2 tuy động đất kích thích vẫn còn hoạt động một thời gian nữa song sẽ có cấp độ mạnh nhỏ hơn 4,7. Động đất kích thích hồ Sơn La còn tiếp diễn trong thời gian tới và với cấp độ mạnh có thể lớn hơn 4,3, đạt tối đa là 5,0.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] D.W. Simpson and T.N. Narasimhan (1990), "Inhomogeneities in rock Properties and their influence on reservoir induced seismicity", *Gerlands Beitrage zur Geophysik*, **99**, pp.205-219.

[2] H.K. Gupta, B.K. Rastogi, H. Narain (1972), "Common features of the reservoir associated seismic activities", *Bulletin, Seismological Society of America*, **62**, pp.481-492.

[3] H.K. Gupta (2012), *Reservoir Triggered seismicity and Earthquake recurrence at Koyna, India*, Abstract book, The 19<sup>th</sup> General Assembly of Asian Seismological Commission, Ulaanbaatar, pp.10-12.

[4] Nguyễn Đình Xuyên (1996), *Cơ sở dữ liệu cho các giải pháp giảm nhẹ hậu quả động đất ở Việt Nam - Phần thứ ba: Động đất kích thích ở khu vực công trình thủy điện Hòa Bình*, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước, lưu tại Viện Vật lý địa cầu, 182 trang.

[5] Cao Đình Triều, Cao Đình Trọng, Lê Văn Dung, Thái Anh Tuấn, Đinh Quốc Văn, Hà Vinh Long (2014), "Triggered earthquake study in Tranh River No.2 (Vietnam) Hydropower Reservoir", *Journal of the Geological Society of India*, **84(3)**, pp.319-325.

[6] Lê Huy Minh (chủ nhiệm) và nnk (2016), *Nghiên cứu tác động địa chấn kiến tạo đến sự ổn định công trình thủy điện Sông Tranh 2, khu vực Bắc Trà My, tỉnh Quảng Nam*, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTDL.2013G, lưu tại Viện Vật lý địa cầu, 402 trang.

[7] Thái Anh Tuấn, N. Purnachandra Rao, Kalpna Gahalaut, Cao Đình Trọng, Lê Văn Dung, Cao Chien, K. Mallika (2017), "Evidence that earthquakes have been triggered by reservoir in the Song Tranh 2 region, Vietnam", *Journal of Seismology*, doi: 10.1007/s10950-017-9656-2.

[8] Lê Từ Sơn (chủ nhiệm) và nnk (2012), *Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La*, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTDL.2009T/09, lưu tại Viện Vật lý địa cầu, 271 trang.

[9] Cao Đình Trọng, Nguyễn Ánh Dương, Thái Anh Tuấn, Cao Đình Triều (2016), "Đặc điểm hoạt động động đất kích thích khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà", *Tạp chí Địa chất*, loạt A, số **361-362 (11-12)**, tr.80-92.

[10] Cao Đình Trọng, Phạm Nam Hưng, Đinh Quốc Văn, Lê Quang Khôi (2014), "Mô hình cắt lớp sóng địa chấn khu vực thủy điện Sông Tranh 2", *Tạp chí Địa chất*, Loạt A, số **341-345 (3-8/2014)**, tr.291-298.

[11] Cao Đình Trọng, Thái Anh Tuấn, Đinh Quốc Văn, Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Nguyễn Đắc Cường (2017), "Mô hình vận tốc sóng địa chấn ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_p/V_s$ ) khu vực bậc thang thủy điện Sông Đà", *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam*, **22(11)**, tr.24-31.

[12] Cao Đình Triều, Nguyễn Đức Vinh (2012), "Phân đoạn đứt gãy trong đánh giá động đất cực đại ở Việt Nam", *Tạp chí Địa chất*, số **331-332**, tr.59-68.

# Phân lập các chủng vi sinh vật có khả năng phân giải cellulose mạnh phục vụ sản xuất chế phẩm phân hủy rơm rạ

Trần Hoàng Dũng<sup>1\*</sup>, Huỳnh Văn Hiếu<sup>1</sup>, Trần Duy Dương<sup>2</sup>, Nguyễn Thành Công<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

<sup>2</sup>Viện Di truyền nông nghiệp

Ngày nhận bài 16/1/2018; ngày chuyển phản biện 19/1/2018; ngày nhận phản biện 26/2/2018; ngày chấp nhận đăng 9/3/2018

## Tóm tắt:

Kết quả tuyển chọn các chủng vi sinh vật (VSV) có khả năng phân giải cellulose trên địa bàn tỉnh Vĩnh Long của 21 mẫu đất, rơm rạ đã phân lập được 46 chủng xạ khuẩn, 16 chủng vi khuẩn và 7 chủng nấm chịu nhiệt đều có khả năng phân giải cellulose. Dựa vào kết quả thử hoạt tính CMC qua các mức nhiệt độ 40, 45 và 50°C chọn lọc được 5 chủng xạ khuẩn có khả năng phân giải CMC mạnh là X20, X7, X39, X4, X24; 6 chủng vi khuẩn là V7, V8, V11, V12, V14 và V16; 4 chủng nấm là A1, A2, A4 và A5. Kết hợp hai kết quả thử CMC và rơm rạ đã tuyển chọn được 3 chủng xạ khuẩn (X7, X24, X20), 2 chủng vi khuẩn (V7, V12) và 3 chủng nấm (A1, A2, A4) có khả năng chịu nhiệt và phân giải rơm rạ mạnh từ phế phụ liệu nông nghiệp.

**Từ khóa:** Cellulose, nấm, vi khuẩn, vi sinh vật, xạ khuẩn.

**Chỉ số phân loại:** 1.6

## **Đặt vấn đề**

Nông nghiệp là một ngành kinh tế quan trọng của Việt Nam, trong đó, lúa gạo là cây trồng chủ lực, cung cấp nguồn lương thực chính phục vụ cho nhu cầu tiêu dùng của người dân [1]. Tuy nhiên, ngoài sản phẩm chính là thóc thì sản xuất lúa gạo còn tạo ra lượng rơm rạ khổng lồ, theo ước tính khoảng 4 triệu ha đất trồng lúa sẽ thải ra đến 76 triệu tấn rơm rạ mỗi năm. Trước đây sau khi thu hoạch, rơm rạ thường dùng để đun nấu, làm thức ăn cho gia súc, lợn nhà, ủ chuồng, làm phân bón. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, đời sống kinh tế, xã hội phần nào đã thay đổi hơn trước, rơm rạ không còn được sử dụng vào những mục đích như trước kia mà thay vào đó người nông dân đốt rơm rạ ngay ở ngoài đồng ruộng. Đây là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường, làm bốc hơi dinh dưỡng bề mặt và thoái hóa đất [2]. Cellulose là một trong những thành phần chủ yếu của rơm, rạ. Cellulose là hợp chất rất vững bền, đó là loại polysaccharide cao phân tử. Trong tự nhiên có nhiều loại VSV có khả năng sinh ra các men làm xúc tác trong quá trình phân giải cellulose [3, 4]. Chúng có ý nghĩa rất lớn đối với việc thực hiện vòng tuần hoàn carbon trong tự nhiên, góp phần quan trọng trong việc nâng cao độ phì nhiêu của đất. Mặc dù cellulose là chất hữu cơ không tan trong nước, bền vững nhưng lại bị thủy phân dễ dàng bởi enzyme cellulase do VSV tiết ra [5-7]. Hệ VSV phân hủy cellulose rất phong phú và đa dạng, bao gồm cả vi khuẩn, xạ

khẩn và nấm [3, 7, 8]. Các vi khuẩn có khả năng phân hủy mạnh cellulose đã được chỉ ra là *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Vibrio*, *Archomobacter*... [9-16].

Ngày nay, khoa học và công nghệ phát triển, các chế phẩm vi sinh được sử dụng để phân hủy rơm rạ tạo thành phân bón mang lại nhiều hiệu quả và lợi ích như: Tránh ngộ độc hữu cơ do rơm rạ gây ra, cung cấp được chất dinh dưỡng cho cây trồng, xử lý phế phụ liệu nông nghiệp và giảm ô nhiễm môi trường [4]. Đa số các chế phẩm hiện nay thường sử dụng đơn chủng là nấm mốc *Trichoderma* [5]. Tuy nhiên, nấm *Trichoderma* chỉ phát triển tốt ở nhiệt độ 37°C, trong khi nhiệt độ đồng ủ ngoài trời có thể lên đến 50-60°C nên không đem lại hiệu quả cao. Do đó, để nâng cao hiệu quả xử lý cần chọn lọc các chủng có khả năng chịu được nhiệt độ cao, có thể sản sinh ra chất ức chế hoặc tiêu diệt các VSV gây bệnh khác, dễ tiến hành lên men rắn theo kiểu ủ đồng [13].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào phân lập các chủng nấm, xạ khuẩn và vi khuẩn tại tỉnh Vĩnh Long, sau đó khảo sát hoạt tính phân giải cellulose của các chủng VSV trên rơm rạ.

## **Vật liệu và phương pháp nghiên cứu**

### *Nguyên vật liệu*

Trong nghiên cứu này, phế phụ liệu nông nghiệp được

\*Tác giả liên hệ: Email: tranhoangdung1975@yahoo.com

# Isolation of cellulose-degrading microbes for rice straw decomposition

Hoang Dung Tran<sup>1\*</sup>, Van Hieu Huynh<sup>1</sup>,  
Duy Duong Tran<sup>2</sup>, Thanh Cong Nguyen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nguyen Tat Thanh University

<sup>2</sup>Agricultural Genetics Institute

Received 16 January 2018; accepted 9 March 2018

## Abstract:

The results of selecting microorganisms capable of decomposing cellulose in Vinh Long province showed that 46 actinomyces, 16 bacterial strains and 7 strains of fungi which have the ability to degrade cellulose were isolated and purified in 21 soil, sawdust and straw samples. Based on Carboxymethyl cellulose activity test results at the temperature of 40°C, 45°C, and 50°C, we identified five actinomyces (X20, X7, X39, X4, and X24), six bacterial strains (V7, V8, V11, V12, V14, and V16), and four fungal strains (A1, A2, A4, and A5) which all have strong capabilities to decompose cellulose. Combining CMC test with straw test, we selected three actinomyces strains (X7, X24, and X20), two bacterial strains (V7 and V12), and three fungal strains (A1, A2, and A4) which have a good heat resistance and strong straw decomposition capability from agricultural waste materials.

**Keywords:** Actinomyces, bacteria, cellulose, fungi, microorganisms.

**Classification number:** 1.6

sử dụng là các mẫu đất, rơm rạ, lá cây mục, mùn cưa... tại 2 huyện Tam Bình và Vũng Liêm thuộc tỉnh Vĩnh Long.

## Phương pháp nghiên cứu

**Phương pháp phân lập:** Mẫu đất và rơm sau khi lấy về được ủ ở 50°C từ 2 đến 3 ngày để loại bớt một số chủng VSV không ưa nhiệt. Cân 1 g mẫu đất (0,5 g đối với mẫu rơm) cho vào ống nghiệm chứa 9 ml nước cất vô trùng, ta được độ pha loãng  $10^{-1}$ . Dùng pipette vô trùng hút 1 ml dịch này chuyển sang ống nghiệm chứa 9 ml nước cất vô trùng, lắc đều ta có độ pha loãng  $10^{-2}$ . Tiếp tục pha loãng như trên đến các nồng độ pha loãng thích hợp cho từng chủng VSV.

Các mẫu được cấy trên môi trường Gause-1 theo phương pháp cấy ria góc (đối với xạ khuẩn), môi trường Cellulose Agar (vi khuẩn) và môi trường MT (nấm), để từ 40-42°C. Sau 3-5 ngày nuôi cấy, lấy ra quan sát bằng kính hiển vi và ghi kết quả. Phương pháp định danh các chủng vi khuẩn, xạ khuẩn và nấm dựa trên phương pháp của Vinogradkii (1952) (trích theo Nguyễn Thành Đạt, 2000) [17], Nguyễn Lân Dũng và cs (2000) [18] để phân loại.

**Phương pháp đo hoạt tính phân giải cellulose:** Khả năng phân giải cellulose của các chủng VSV được xác định trong điều kiện ủ 2 ngày trên các đĩa môi trường CMC Agar (xạ khuẩn), Cellulose Agar (vi khuẩn) và môi trường MT (nấm) đã khử trùng. Loại bỏ đĩa bị nhiễm. Sử dụng thuốc nhuộm Lugol đo vòng phân giải ở ngày thứ 5.

**Phương pháp thử khả năng phân giải cellulose trên rơm rạ dựa trên giảm trọng lượng cơ chất:** Sau khi thu hoạch lúa, người nông dân thường có thói quen xới đất vùi lấp rơm rạ còn sót lại trên đồng trong điều kiện ngập nước và cấy mùa vụ mới. Lý do khiến năng suất không cao, đất bị ô nhiễm nặng và lây lan bệnh từ mùa vụ trước là do rơm rạ dưới nước chưa bị hoại mục. Trong khuôn khổ đề tài này, chúng tôi bố trí thí nghiệm giống điều kiện nêu trên nhằm tìm ra chủng VSV có khả năng phân giải mạnh rơm rạ trong điều kiện ngập nước ở nhiệt độ cao. Cách bố trí thí nghiệm như sau:

Rơm rạ sau khi mang về được cắt thành từng đoạn nhỏ khoảng 2 cm (3 g rơm đã sấy khô hoàn toàn) cho vào bình có dung tích 60 ml, đổ nước cất ngập bề mặt rơm. Dùng que cấy lấy 1 vòng khuẩn lạc VSV cho trực tiếp vào bình chứa sẵn rơm, đập nút lại và đem ủ ở nhiệt độ 45°C. Tiến hành quan sát ở các ngày thứ 5, 10, 15 và thu kết quả ở ngày thứ 12. Rơm sẽ được lấy ra khỏi bình, đem sấy khô tuyệt đối và cân. Lần lượt khảo sát tất cả các chủng VSV phân lập được.

$$M = m_1 - m_2$$

Trong đó: M (g) là khối lượng rơm bị phân giải;  $m_1$  (g) là khối lượng rơm ban đầu sau khi đã sấy khô;  $m_2$  (g) là khối lượng rơm sau khi sấy khô.

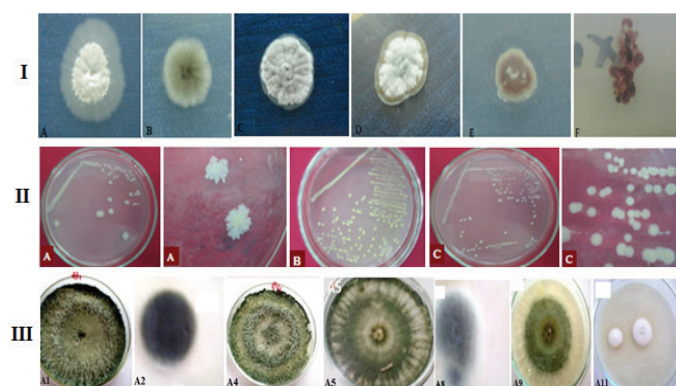
Các kết quả thí nghiệm được xử lý bằng chương trình Data analysis trong Excel.

## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Kết quả phân lập và tuyển chọn các chủng VSV có khả năng phân hủy enzyme cellulase

Từ 21 mẫu đất, mặt cưa, rơm rạ được thu từ một số địa điểm khác nhau đã phân lập và làm thuần được 46 chủng xạ khuẩn, 16 chủng vi khuẩn chịu nhiệt và 7 chủng nấm sợi khác nhau được ký hiệu là X (xạ khuẩn), V (vi khuẩn) và A (các chủng nấm) (hình 1).





**Hình 1. Các chủng xạ khuẩn, vi khuẩn và nấm được phân lập. I:** Các chủng xạ khuẩn; II: Các chủng vi khuẩn; III: Các chủng nấm.

Đối với xạ khuẩn, dựa vào đặc điểm bên ngoài và màu sắc của khuẩn lạc, chúng tôi chia làm 6 nhóm cơ bản, gồm: Khuẩn lạc dạng nhung màu trắng (X33, X7, X10, X11, X25, X5, X12, X8 và X9), khuẩn lạc dạng nhung màu xám (X44, X30, X29, X28, X38, X37, X41, X18, X43, X42, X31, X46, X6, X16 và X45), khuẩn lạc dạng nhung màu xám trắng (X27, X35, X32, X22, X3, X26, X34, X2, X17 và X1), khuẩn lạc dạng nhung màu xanh (X23, X14 và X36), khuẩn lạc dạng màng dẻo màu nâu (X20, X19, X21, X15, X39, X13, X40 và X4) và khuẩn lạc dạng màu đỏ (X24). Cấu trúc vi thể của nấm sợi được quan sát dưới kính hiển vi, chụp hình bào tử, sợi nấm, sau đó tiến hành định danh đến loài các chủng nấm dựa theo phương pháp định danh của Nguyễn Thành Đạt, Nguyễn Lân Dũng [17, 18] tại Khoa Sinh học, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành.

#### Kết quả đánh giá khả năng phân giải CMC của các chủng VSV

Sau khi phân lập, chúng tôi tiến hành khảo sát khả năng phân giải CMC của các chủng VSV. Môi trường sử dụng là CMC Agar đã được chuẩn bị trước 1 ngày. Trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát ở 3 mốc nhiệt độ là 40, 45 và 50°C.

#### Kết quả phân giải CMC của xạ khuẩn:

Từ kết quả đo vòng phân giải CMC được khảo sát ở các mốc nhiệt độ khác nhau chúng tôi chọn ra được các chủng ưu tú nhất có khả năng phân giải CMC ở nhiệt độ cao cụ thể: Tại 40°C, chọn ra 10 chủng có hoạt tính cellulase mạnh nhất là các chủng X7, X20, X4, X18, X39, X6, X27, X42, X24 và X15; tại 45°C, chọn được 10 chủng có khả năng phân giải CMC mạnh nhất là X7, X1, X20, X24, X39, X4, X21, X14, X15 và X18; khi tăng nhiệt độ đến 50°C hoạt tính cellulase giảm nhưng vẫn cao hơn 40°C, tỷ lệ D/d trong khoảng 1,040 đến 31,337. Trong đó, có 13 chủng phân giải mạnh CMC mạnh nhất, chúng tôi chọn ra được 10 chủng có hoạt tính enzyme mạnh nhất là X20, X21, X7, X29, X24, X4, X39, X1, X6 và X17 (bảng 1).

**Bảng 1. Tỷ lệ D/d của các chủng xạ khuẩn ở các nhiệt độ khảo sát sau 5 ngày nuôi cấy.**

| Giống | D/d (đo ở 40°C) | D/d (đo ở 45°C) | D/d (đo ở 50°C) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| X1    | 2,970±0,081     | 21,500±0,666    | 6,093±0,491     |
| X4    | 8,040±0,080     | 8,833±0,508     | 7,197±0,020     |
| X6    | 6,450±0,066     | 2,490±0,087     | 6,030±0,081     |
| X7    | 14,044±0,091    | 26,750±0,333    | 12,060±0,070    |
| X14   | 2,207±0,019     | 7,093±0,491     | 1,083±0,041     |
| X15   | 5,039±0,094     | 5,280±0,339     | 3,017±0,021     |
| X16   | 3,093±0,007     | 3,000±0,665     | 2,173±0,067     |
| X17   | 2,616±0,074     | 3,033±0,335     | 5,330±0,326     |
| X18   | 7,519±0,047     | 3,477±0,600     | 4,220±0,213     |
| X20   | 9,003±0,008     | 18,630±0,498    | 31,337±0,675    |
| X21   | 1,933±0,076     | 7,500±0,000     | 14,970±0,071    |
| X24   | 5,416±0,038     | 18,543±0,918    | 10,070±0,132    |
| X25   | 3,700±0,013     | 3,010±0,154     | 2,100±0,062     |
| X27   | 5,589±0,027     | 1,353±0,067     | 3,476±0,058     |
| X29   | 2,404±0,022     | 2,766±0,906     | 10,976±0,058    |
| X39   | 7,230±0,118     | 8,997±0,139     | 7,060±0,133     |
| X42   | 5,427±0,007     | 2,917±0,315     | 2,030±0,071     |

Ghi chú: D (cm) là đường kính vòng phân giải CMC; d (cm) là đường kính khuẩn lạc.

Qua các điều kiện nhiệt độ khảo sát trên, chọn ra 5 chủng nổi bật nhất với những ưu điểm sau: Đầu có khả năng phân giải mạnh CMC ở các nhiệt độ khác nhau và khi tăng nhiệt độ thì hoạt tính enzyme tăng theo hoặc giảm không đáng kể là các chủng X20 (9,003; 18,63; 31,337), X7 (14,044; 26,75; 12,06), X39 (7,23; 8,997; 7,06), X4 (8,040; 8,833; 7,197) và X24 (5,416; 18,543; 10,070).

#### Kết quả phân giải CMC của vi khuẩn chịu nhiệt:

**Bảng 2. Tỷ lệ D/d của 16 chủng vi khuẩn ở các nhiệt độ khảo sát sau 2 ngày nuôi cấy.**

| Giống | D/d (đo ở 40°C) | D/d (đo ở 45°C) | D/d (đo ở 50°C) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| V1    | 13,003±0,008    | 18,946±0,157    | 12,021±0,089    |
| V2    | 13,930±0,080    | 18,000±0,013    | 10,099±0,132    |
| V3    | 14,015±0,132    | 20,367±0,733    | 18,129±0,149    |
| V4    | 13,045±0,078    | 16,063±0,157    | 17,993±0,139    |
| V5    | 14,970±0,082    | 15,037±0,073    | 13,041±0,081    |
| V6    | 12,036±0,097    | 25,957±0,068    | 18,032±0,077    |
| V7    | 5,659±0,369     | 19,000±0,013    | 20,002±0,157    |
| V8    | 11,460±0,070    | 18,993±0,279    | 19,063±0,008    |
| V9    | 17,983±0,166    | 14,993±0,276    | 15,010±0,113    |
| V10   | 23,066±0,076    | 13,003±0,020    | 13,930±0,150    |
| V11   | 7,099±0,132     | 18,996±0,013    | 22,006±0,015    |
| V12   | 18,153±0,080    | 21,096±0,133    | 22,030±0,181    |
| V13   | 5,513±0,055     | 22,104±0,124    | 17,090±0,113    |
| V14   | 8,532±0,054     | 16,030±0,084    | 19,926±0,146    |
| V15   | 11,430±0,080    | 17,073±0,095    | 13,004±0,125    |
| V16   | 9,490±0,113     | 17,066±0,021    | 22,045±0,145    |
| TB    | 12,829          | 19,488          | 17,126          |

Kết quả bảng 2 cho thấy, các chủng vi khuẩn đều có khả năng phân hủy CMC ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ tối ưu cho vi khuẩn phân hủy CMC là 45°C, hoạt tính này tuy có giảm khi tăng nhiệt độ lên 50°C nhưng vẫn cao hơn 40°C (19,488 > 17,126 > 12,829). Ta có thể chia vi khuẩn làm 3 nhóm gồm:

Nhóm 1: Hoạt tính cellulase mạnh gồm các chủng vi khuẩn V4, V7, V8, V11, V12, V14 và V16. Khả năng phân giải CMC của các chủng này tăng dần khi tăng nhiệt độ từ 40 đến 50°C.

Nhóm 2: Hoạt tính cellulase ở mức khá gồm các chủng V3, V6, V13, V15, khả năng phân giải CMC của các chủng này giảm khi tăng từ 45 lên 50°C nhưng vẫn cao hơn mức 40°C.

Nhóm 3: Hoạt tính cellulase ở mức trung bình hoặc khá ở các mẫu còn lại, khả năng phân giải CMC của các chủng này giảm hoặc tăng khi tăng từ 45 lên 50°C nhưng lại thấp hơn mức 40°C như V9, V10 hoặc các chủng này tăng ở mức 45°C nhưng lại giảm ở mức 50°C như các chủng V1, V2 và V5.

Từ các kết quả trên, chúng tôi quyết định chọn nhóm 1 để làm đại diện cho nhóm có khả năng phân hủy CMC mạnh của các chủng vi khuẩn ở nhiệt độ cao để tiếp tục nhân sinh khối và sử dụng các chủng vi khuẩn này làm chế phẩm phân hủy rơm rạ ở các nghiên cứu tiếp theo.

*Kết quả đánh giá hoạt độ cellulase của các chủng nấm sợi:*

**Bảng 3. Tỷ lệ D/d và hoạt độ cellulase của 7 chủng nấm sợi.**

| STT | Ký hiệu chủng | D/d         | Hoạt độ cellulase (mg/ml) |
|-----|---------------|-------------|---------------------------|
| 1   | A1            | 24,50±0,332 | 10,33                     |
| 2   | A2            | 23,50±0,435 | 9,45                      |
| 3   | A4            | 24,50±0,250 | 9,87                      |
| 4   | A5            | 23,50±0,081 | 9,37                      |
| 5   | A8            | 22,50±0,335 | 9,00                      |
| 6   | A9            | 21,00±0,508 | 8,21                      |
| 7   | A11           | 20,00±0,332 | 7,10                      |

Kết quả ghi nhận tại bảng 3 cho thấy, kết quả định tính và định lượng enzyme cellulase của 7 chủng nấm là khác nhau. Trong đó, 4 chủng có hoạt độ cellulase cao nhất là chủng A1 (10,33 mg/ml), A4 (9,87 mg/l), A2 (9,45 mg/l) và A5 (9,37 mg/l). Từ các kết quả trên chúng tôi chọn ra 4 chủng là A1, A4, A2 và A5 trên để tiếp tục nhân sinh khối và sử dụng cho việc làm chế phẩm phân hủy rơm rạ sau này.

*Kết quả đánh giá hoạt tính enzyme cellulase của các chủng VSV trên rơm rạ*

*Kết quả khảo sát các chủng xạ khuẩn đến sự phân hủy rơm rạ:* 5 chủng xạ khuẩn được đánh giá hoạt tính enzyme cellulase trên rơm rạ. Kết quả được trình bày ở bảng 4.

**Bảng 4. Kết quả khảo sát tỷ lệ D/d và khả năng phân hủy rơm rạ của các chủng xạ khuẩn tuyển chọn ở nhiệt độ 45°C.**

| STT | Giống | m2(g) | M (g) | Tỷ lệ M/m1 (%) | Tỷ lệ D/d    |
|-----|-------|-------|-------|----------------|--------------|
| 1   | X4    | 2,19  | 0,43  | 16,41          | 8,833±0,508  |
| 2   | X7    | 2,09  | 0,53  | 20,22          | 26,750±0,333 |
| 3   | X20   | 2,11  | 0,51  | 19,47          | 18,630±0,498 |
| 4   | X24   | 2,10  | 0,52  | 19,85          | 18,543±0,918 |
| 5   | X39   | 2,11  | 0,50  | 19,08          | 8,997±0,139  |

Từ bảng kết quả 4, chúng tôi chọn ra 3 chủng có khả năng phân giải rơm rạ mạnh nhất theo thứ tự từ cao đến thấp là X7, X24 và X20 với tỷ lệ phần trăm (%) rơm bị phân hủy lần lượt là 20,22 > 19,85 > 19,47. Một chủng VSV có hoạt tính phân giải CMC cao chưa chắc đã có hoạt tính phân giải cellulose cao. Điều này hoàn toàn đúng, vì enzyme CMC-ase chỉ là 1 trong 4 loại enzyme phân hủy cellulose. Do đó, phải lựa chọn chủng có khả năng phân giải cellulose cao chứ không phải là CMC cao. Từ kết quả trên, chỉ có 3 chủng X7, X24 và X20 là có khả năng phân giải CMC và cellulose cao nhất, do đó chúng tôi chọn 3 chủng này là nhóm xạ khuẩn có khả năng phân giải rơm rạ mạnh nhất (hình 2).



**Hình 2. Rơm bị phân giải sau 12 ngày của 3 chủng xạ khuẩn mạnh nhất.**

*Kết quả khảo sát các chủng vi khuẩn phân hủy rơm rạ:*

**Bảng 5. Kết quả khảo sát khả năng phân hủy rơm rạ và tỷ lệ D/d của các chủng vi khuẩn ở nhiệt độ 45°C.**

| STT | Giống | m2 (g) | M (g) | Tỷ lệ M/m1 (%) | Tỷ lệ D/d    |
|-----|-------|--------|-------|----------------|--------------|
| 1   | V7    | 2,09   | 0,53  | 20,23          | 19,000±0,013 |
| 2   | V8    | 2,12   | 0,52  | 20,15          | 18,993±0,279 |
| 3   | V11   | 2,23   | 0,51  | 18,85          | 18,996±0,013 |
| 4   | V12   | 2,07   | 0,55  | 20,99          | 21,096±0,133 |
| 5   | V14   | 2,26   | 0,56  | 20,53          | 16,030±0,084 |
| 6   | V16   | 2,11   | 0,51  | 19,98          | 17,066±0,021 |

Tương tự như nhóm xạ khuẩn, các chủng vi khuẩn đều có khả năng phân giải rơm rạ trong điều kiện ngập nước hoàn toàn. Tỷ lệ phân hủy rơm rạ nằm trong khoảng 18,85-20,99%, tỷ lệ D/d từ 16-21. Trong 6 chủng trên (bảng 5), V7 và V12 là ổn định nhất với tỷ lệ D/d và M/m1 đều cao (19,000 và 20,23; 21,096 và 20,99). Do đó chúng tôi quyết định chọn V7 và V12 là 2 chủng vi khuẩn mạnh nhất (hình 3).



Hình 3. Rơm bị phân hủy sau 12 ngày của 2 chủng vi khuẩn mạnh nhất và lô đối chứng (ĐC).

Bằng đánh giá trực quan, sau 12 ngày rơm chuyển sang màu vàng sẫm, trên bề mặt nhớt, rơm mềm và xuất hiện mùi của xác thực vật bị phân hủy. Ở nghiệm thức đối chứng rơm ngả sang màu vàng, rơm vẫn thô và cứng, không có dấu hiệu bị phân hủy.

Kết quả khảo sát các chủng nấm đến sự phân hủy rơm rạ:

Bảng 6. Kết quả khảo sát khả năng phân hủy rơm rạ của các chủng nấm.

| Giống | Tỷ lệ D/d   | Tỷ lệ M/m1 (%) |
|-------|-------------|----------------|
| A1    | 24,50±0,332 | 20,61          |
| A2    | 23,50±0,435 | 20,02          |
| A4    | 24,50±0,250 | 20,99          |
| A5    | 23,50±0,081 | 14,12          |

Tương tự như các chủng xạ khuẩn, vi khuẩn, các chủng nấm A1, A2, A4 và A5 đều có khả năng phân giải rơm rạ trong điều kiện ngập nước hoàn toàn. Tỷ lệ phân hủy rơm rạ nằm trong khoảng 14,02-20,99% (bảng 6). Từ các kết quả trên, chúng tôi sử dụng 3 chủng nấm A1, A2, và A4 để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo (hình 4).



Hình 4. Rơm bị phân hủy sau 12 ngày của chủng vi nấm A2 (A) và lô đối chứng (B).

## Kết luận

Từ 21 mẫu đất, mặt cưa, rơm rạ ở các địa bàn khác nhau thuộc tỉnh Vĩnh Long đã phân lập và chọn lọc được 46 chủng xạ khuẩn, 16 chủng vi khuẩn và 7 chủng vi nấm chịu nhiệt đều có khả năng phân giải cellulose.

Dựa vào kết quả thử hoạt tính CMC qua các mức nhiệt độ 40, 45 và 50°C chọn lọc được 5 chủng xạ khuẩn có khả năng phân giải CMC mạnh là X20, X7, X39, X4, X24; 6 chủng vi khuẩn là V7, V8, V11, V12, V14 và V16; 4 chủng nấm là A1, A2, A4 và A5.

Kết hợp hai kết quả thử CMC và rơm rạ đã tuyển chọn được 3 chủng xạ khuẩn (X7, X24, X20), 2 chủng vi khuẩn

(V7, V12) và 3 chủng nấm (A1, A2 và A4) có khả năng chịu nhiệt và phân giải rơm rạ mạnh từ phế phụ liệu nông nghiệp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Thị Minh Nguyệt, Trần Văn Hùng (2016), “Phát triển nông nghiệp Việt Nam trong bối cảnh hội nhập”, *Tạp chí Khoa học và công nghệ lâm nghiệp*, **4**, tr.142-151.
- [2] Nguyễn Mậu Dũng (2012), “Ước tính lượng khí thải từ đốt rơm rạ ngoài đồng ruộng ở vùng Đồng bằng sông Hồng”, *Tạp chí Khoa học và phát triển*, **10**, tr.190-198.
- [3] B. Seiboth, et al. (2012), “Metabolic engineering of inducer formation for cellulase and hemicellulase gene expression in *Trichoderma reesei*”, *Subcell Biochem.*, **64**, pp.367-390.
- [4] E. Simo, et al. (2017), “Development of a low-cost cellulase production process using *Trichoderma reesei* for Brazilian biorefineries”, *Biotechnol. for Biofuels*, **10(30)**, 17p, doi: 10.1186/s13068-017-0717-0.
- [5] V. Juturu, J.C. Wu (2014), “Microbial cellulases: Engineering, production and applications”, *Renew. and Sustain. Energy Rev.*, **33**, pp.188-203.
- [6] T. Kanda (2003), “Mechanism of cellulase action on cellulose structure”, *Journal of Applied Glycoscience*, **50(1)**, pp.77-81.
- [7] C.M. Lo, et al. (2010), “Cellulase production by continuous culture of *Trichoderma reesei* Rut C30 using acid hydrolysate prepared to retain more oligosaccharides for induction”, *Bioresour Technol.*, **101(2)**, pp.717-723.
- [8] C.P. Kubicek (2013), “Systems biological approaches towards understanding cellulase production by *Trichoderma reesei*”, *J. Biotechnol.*, **163**, pp.133-142.
- [9] R.H. Doi (2008), “Cellulases of mesophilic microorganisms: Cellulosome and noncellulosome producers”, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **1125**, pp.267-279.
- [10] L. Ma, et al. (2015), “Characterization of an acidic cellulase produced by *Bacillus subtilis* BY4 isolated from gastrointestinal tract of Tibetan pig”, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **56**, pp.67-72.
- [11] R. Mawadza, et al. (2000), “Mattiasson Purification and characterization of cellulases produced by two *Bacillus* strains”, *J. Biotechnol.*, **83**, pp.177-187.
- [12] C. Martin, et al. (2006), “Characterisation of agricultural and agro-industrial residues as raw materials for ethanol production”, *Chem. Biochem. Engineer. Quart.*, **20**, pp.443-448.
- [13] Mohamed F. Eida, et al. (2017), “Isolation and characterization of cellulolytic and hemicellulolytic fungi from salt affected soils and compost”, *JIPBS*, **3(4)**, pp.164-170.
- [14] Nguyễn Đức Lượng (2003), *Thí nghiệm công nghệ sinh học* (tập 2 - Thí nghiệm VSV học), Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.
- [15] R. Rawat, L. Tewari (2012), “Purification and characterization of an acidothermophilic cellulase enzyme produced by *Bacillus subtilis* strain LFS3”, *Extremophiles*, **16(4)**, pp.637-644.
- [16] Siu Rodas, et al. (2017), “*Bacillus subtilis* with endocellulase and exocellulase activities isolated in the thermophilic phase from composting with coffee residues”, *Rev. Argent Microbiol.*, doi: 10.1016/j.ram.2017.08.005.
- [17] Nguyễn Thành Đạt (2000), *Sinh học VSV*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [18] Nguyễn Lâm Dũng, Nguyễn Đình Quyền, Phạm Văn Ty (2002), *VSV học*, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.



# Nghiên cứu đánh giá khả năng khí hóa chất thải rắn sinh hoạt làm nhiên liệu thay thế

Lê Cao Chiến<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thị Tâm<sup>1</sup>, Trần Quốc Huy<sup>2</sup>, Nguyễn Hồng Quang<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Thịnh<sup>1</sup>,  
Trần Thị Phương Thúy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Thiết bị, Môi trường và An toàn lao động, Viện Vật liệu xây dựng

<sup>2</sup>Trung tâm Vật liệu xây dựng miền Nam, Viện Vật liệu xây dựng

Ngày nhận bài 2/2/2018; ngày chuyển phản biện 9/2/2018; ngày nhận phản biện 22/3/2018; ngày chấp nhận đăng 29/3/2018

## Tóm tắt:

Hiện nay, lượng chất thải rắn (CTR) sinh hoạt phát sinh ngày càng lớn, tính chất ngày càng phức tạp, đặt ra yêu cầu phải phát triển năng lực xử lý/tái chế đủ sức giải quyết các vấn đề về môi trường. Tại nhiều quốc gia trên thế giới, công nghệ khí hóa CTR đô thị đang được áp dụng rộng rãi. Công nghệ này vừa tạo ra sản phẩm giàu khí nhiên liệu, vừa hạn chế sự hình thành các hợp chất dioxin và một lượng lớn  $SO_x$  và  $NO_x$ , giúp giảm chi phí làm sạch sau khi đốt. Bài viết đánh giá tiềm năng ứng dụng công nghệ khí hóa phục vụ công tác xử lý CTR, giúp tạo ra năng lượng và các sản phẩm cần thiết, góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế.

**Từ khóa:** Chất thải, chất thải rắn, công nghệ khí hóa, nhiên liệu thay thế, xử lý.

**Chỉ số phân loại:** 1.7

## **Giới thiệu**

Theo số liệu thống kê, năm 2007 tổng lượng CTR sinh hoạt phát sinh ở các đô thị trên toàn quốc là 17,682 tấn/ngày, đến năm 2010 là 26,224 tấn/ngày, tăng trung bình 10% mỗi năm. Đến năm 2014, khối lượng CTR sinh hoạt đô thị phát sinh khoảng 32 tấn/ngày; chỉ riêng tại Hà Nội và TP Hồ Chí Minh khối lượng phát sinh là 6,420 tấn/ngày và 6,739 tấn/ngày; tăng trung bình 12% mỗi năm [1].

Từ khi Luật Bảo vệ môi trường ra đời, Chính phủ đã ban hành nhiều quy định nhằm quản lý CTR sinh hoạt trong các đô thị. Trong đó có những chính sách ưu tiên phát triển các hệ thống thu hồi năng lượng từ CTR như Đề án “Phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến năm 2015, tầm nhìn năm 2025” (Quyết định số 1030/QĐ-TTg ngày 20/7/2009) nhằm phát triển các nhà máy sản xuất điện từ CTR sinh hoạt, tuy nhiên vẫn chưa thể triển khai do hiệu quả về kinh tế không cao. Những dự án xây dựng nhà máy điện từ CTR sử dụng công nghệ của nước ngoài đòi hỏi vốn đầu tư rất lớn, không mang lại lợi nhuận ngay, khả năng thu hồi vốn thường kéo dài từ 10 đến 20 năm và sinh lợi thấp. Nguyên nhân là do các công nghệ xử lý CTR này không phù hợp với đặc điểm và tính chất CTR sinh hoạt của nước ta. Do đó, việc nghiên cứu phát triển công nghệ khí hóa CTR phù hợp với điều kiện, hoàn cảnh ở Việt Nam là vấn đề cấp thiết [2]. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả sẽ xác định các đặc tính đặc trưng của CTR sinh hoạt ở Việt Nam, đồng thời đánh giá các thông số ảnh hưởng đến việc khí hóa

CTR nhằm thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao, giúp tăng hiệu quả xử lý CTR sinh hoạt và tận thu năng lượng làm nhiên liệu thay thế.

## **Nội dung và phương pháp nghiên cứu**

### *Thành phần và tính chất CTR*

*Thành phần CTR:* Nghiên cứu sử dụng số liệu về thành phần CTR của một số khu chôn lấp CTR lớn tại Hà Nội, Hải Phòng, Huế, Đà Nẵng, TP Hồ Chí Minh và Bắc Ninh (được tổng hợp trong Báo cáo môi trường quốc gia 2011 - CTR [3]).

*Tính chất của CTR:* Các tính chất đặc trưng của CTR như khối lượng riêng, độ ẩm, thành phần nguyên tố, nhiệt trị của CTR đô thị được tính toán trên cơ sở các tính chất đặc trưng của từng thành phần trong hỗn hợp CTR phát sinh ở các bãi rác nêu trên [3-5].

### *Phương pháp nghiên cứu*

Để đánh giá ảnh hưởng của các thông số khả năng sinh khí của CTR, nhóm nghiên cứu đã xây dựng hệ thống thiết bị khí hóa theo nguyên lý tầng cố định - khí đi từ dưới lên (*Updraft Gasifier*) và thiết bị khí hóa liên tục với tốc độ khí hóa CTR khoảng 13 kg/h; thể tích buồng nạp chứa 40-50 kg, do đó hệ thống khí hóa có thể hoạt động liên tục trong vòng 4-5 h (hình 1).

\*Tác giả liên hệ: Email: lecaochien@gmail.com

# A study into the possibility of gasifying domestic waste to produce alternative fuels

Cao Chien Le<sup>1\*</sup>, Thi Tam Nguyen<sup>1</sup>, Quoc Huy Tran<sup>2</sup>,  
Hong Quang Nguyen<sup>1</sup>, Duc Thinh Nguyen<sup>1</sup>,  
Thi Phuong Thuy Tran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre for Equipment, Environment and Labour Safety, Vietnam  
Institute for Building Materials

<sup>2</sup>South Centre for Building Materials, Vietnam Institute for Building  
Materials

Received 2 February 2018; accepted 29 March 2018

## Abstract:

At present, the amount of waste generated is increasing, and its nature is more and more complex, which arises the need to develop the capacity of waste processing/recycling to solve environmental problems. In many countries around the world, urban solid waste gasification technologies are being used extensively. These technologies have both created gas-rich products and limited the formation of dioxin compounds and a large amount of SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub>, which reduces the cost of cleaning after burning. This paper assesses the application potential of a gasification technology for waste treatment, which helps generate energy and essential products, contributing to the economic growth.

**Keywords:** Alternative fuel, gasification technology, solid waste, treatment, waste.

**Classification number:** 1.7

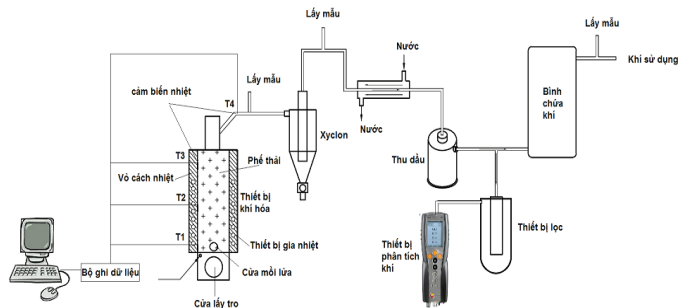


A) Thiết bị khí hóa thí nghiệm. B) Mô hình thiết bị khí hóa liên tục.

Hình 1. Thiết bị khí hóa trong phòng thí nghiệm.

Mô hình khí hóa quy mô pilot được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu các thiết bị khí hóa phổ biến thế giới (lò khí hóa

tầng cố định dòng khí đi lên - *updraft fixed-bed gasifier*, lò khí hóa tầng cố định dòng khí đi xuống - *downdraft fixed-bed gasifier*, lò khí hóa tầng sôi - *Fluidized bed gasifiers*, khí hóa plasma - *Plasma gasifiers* [6-11]). Với mô hình này, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố (nhiệt độ khí hóa, tỷ lệ đương lượng không khí, hàm ẩm đến thành phần khí tổng hợp, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp, độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của khí tổng hợp), từ đó đánh giá các thông số liên quan đến khả năng sinh khí của CTR nhằm tăng hiệu quả xử lý và thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao nhất.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống phân tích khí trong phòng thí nghiệm.

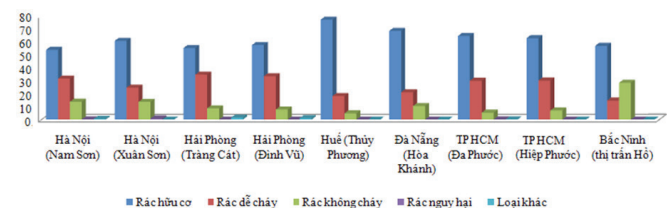
Trong sơ đồ hình 2, khí tạo ra từ thiết bị khí hóa được chuyển qua xyclon tách bụi, rồi qua thiết bị trao đổi nhiệt để ngưng tụ hơi nước và khí không cháy. Tiếp đến, được dẫn tới bình chứa khí để tích trữ và một đầu dẫn sang thiết bị lọc trước khi hút vào thiết bị phân tích khí để xác định thành phần khí. Khí tổng hợp chủ yếu bao gồm CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> và H<sub>2</sub>, nên các tác giả sử dụng thiết bị đo khí đa năng GAS-3100P-SYNGAS-NDIR để xác định thành phần.

## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Thành phần của CTR sinh hoạt

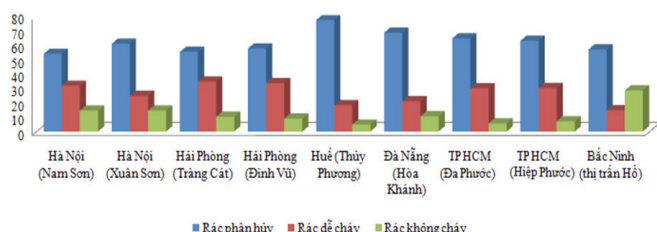
Trên cơ sở dữ liệu thu thập được từ Báo cáo môi trường quốc gia về CTR [3], tiến hành tổng hợp, phân tích dữ liệu và phân loại thành phần CTR tại các bãi rác lớn trong phạm vi cả nước. Kết quả phân tích được thể hiện trên hình 3 và 4.

Từ hình 3 có thể thấy, CTR hữu cơ là thành phần phổ biến nhất ở tất cả các bãi rác, chiếm khoảng 55-77% tổng lượng phế thải, tiếp đến là các loại phế thải dễ cháy như giấy, gỗ, nhựa, cao su chiếm khoảng 15-30%. Thành phần kim loại chỉ chiếm một lượng rất nhỏ 0,25-1,5% do hầu hết các chất thải tái chế được thu thập trước khi tập kết tại các khu vực chôn lấp này.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn thành phần CTR.

Thành phần thể hiện trong hình 4 cho thấy, CTR có khả năng phân hủy sinh học chiếm phần lớn nhất, tiếp theo là chất dễ cháy và không cháy. Như vậy, tỷ lệ CTR chứa năng lượng cao tại Hà Nội là trên 85% và tại TP Hồ Chí Minh là trên 94%, cho thấy việc ứng dụng công nghệ khí hóa vào tận thu năng lượng để xử lý CTR là rất khả thi.



Hình 4. Tỷ lệ CTR cháy và không cháy tại Việt Nam.

### Tính chất của CTR sinh hoạt tại Việt Nam

Khối lượng riêng của CTR có thể xác định từ thành phần CTR, khối lượng riêng, hàm ẩm đặc trưng trong các thành phần (khối lượng riêng trung bình của CTR bằng tổng của tích số giữa phần trăm khối lượng thành phần nhân với tỷ trọng đặc trưng của từng thành phần [4, 5]). Kết quả phân tích trong bảng 1 cho thấy, tỷ trọng khối và khối lượng riêng của CTR đô thị Việt Nam khá lớn do chứa lượng CTR hữu cơ lớn, nên việc khí hóa các thành phần dễ cháy để tận thu năng lượng sẽ làm giảm đáng kể không gian cho bãi chôn lấp.

Bảng 1. Khối lượng riêng và tỷ trọng khối của CTR.

| Bãi rác                               | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| Khối lượng riêng (kg/m <sup>3</sup> ) | 419,1            | 428,8             | 410,6                 | 429,3               | 456,3             | 442,0               | 419,3             | 408,7               | 452,6                  |
| Tỷ trọng khối (kg/m <sup>3</sup> )    | 193,2            | 246,0             | 199,1                 | 211,3               | 240,2             | 238,4               | 202,5             | 197,4               | 267,7                  |

Độ ẩm của CTR là thông số hữu ích để tính toán hàm lượng năng lượng trong chất thải, kích cỡ bãi chôn lấp và các yêu cầu liên quan tới quá trình thu gom, vận chuyển chất thải. Độ ẩm được thể hiện dưới dạng phần trăm khối lượng ướt hoặc phần trăm khối lượng vật liệu khô. Độ ẩm của CTR đại diện cho thành phần không cháy được của CTR và là thành phần không mong muốn trong CTR, nó làm tăng khối lượng nhiên liệu mà không làm tăng nhiệt trị của nhiên liệu [4, 5]. Độ ẩm trung bình tại một số bãi rác lớn ở nước ta được thể hiện trong bảng 2, có giá trị từ 42-56% do sự có mặt của chất thải hữu cơ và chất dẻo hoặc bao bì ẩm bên trong.

Bảng 2. Độ ẩm của CTR tại các bãi rác lớn.

| Bãi rác   | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|-----------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| Độ ẩm (%) | 43,66            | 46,58             | 43,14                 | 45,13               | 56,11             | 50,88               | 49,74             | 47,76               | 42,61                  |

Từ thành phần nguyên tố đặc trưng, kết hợp với tỷ lệ khô của từng loại CTR [4, 5], ta tính được tỷ lệ các nguyên tố trong CTR (bảng 3). Từ hàm lượng cacbon và nitơ có thể xác định được hiệu suất của quá trình ủ kỵ khí. Trong đó nguồn cacbon là nguồn năng lượng cung cấp cho vi sinh vật và nitơ làm tăng sự phát triển của vi sinh vật. Tỷ lệ C/N (Cacbon/nitơ) tối ưu cho quá trình xử lý kỵ khí CTR hữu cơ là từ 20-30. Nếu tỷ lệ C/N cao thì quá trình tiêu thụ nitơ của vi khuẩn sinh methane làm giảm khả năng sinh khí. Tỷ lệ C/N thấp gây ra sự tích tụ ammoniac, dẫn đến tăng pH, khi giá trị pH vượt quá 8,5 sẽ làm ngộ độc vi khuẩn, sinh khí metan. Ngoài ra, tỷ lệ C/N vượt ra ngoài giới hạn từ 8-30 sẽ sinh ra nhiều khí CO<sub>2</sub>. Tỷ lệ C/N tại các bãi rác lớn trong cả nước nhìn chung đều >30, khi tiến hành chôn lấp sẽ phát thải nhiều khí CO<sub>2</sub> hơn so với việc sử dụng các công nghệ khác [8].

Bảng 3. Tỷ lệ C/N tại các bãi rác lớn trong cả nước.

| Nguyên tố | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|-----------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| C         | 31,2             | 28,2              | 31,8                  | 31,4                | 31,8              | 30,5                | 32,8              | 33,0                | 27,8                   |
| H         | 7,3              | 7,1               | 7,3                   | 7,4                 | 8,1               | 7,6                 | 7,9               | 7,8                 | 6,8                    |
| O         | 45,0             | 46,1              | 44,8                  | 45,7                | 51,6              | 48,9                | 51,1              | 48,9                | 39,9                   |
| N         | 0,9              | 0,8               | 1,0                   | 1,1                 | 0,9               | 0,8                 | 0,9               | 0,9                 | 0,8                    |
| S         | 0,1              | 0,1               | 0,1                   | 0,1                 | 0,2               | 0,2                 | 0,1               | 0,1                 | 0,2                    |
| Tro       | 15,5             | 17,7              | 15,0                  | 14,3                | 7,5               | 12,0                | 7,2               | 9,4                 | 24,5                   |
| Tỷ lệ C/N | 33,5             | 36,0              | 32,4                  | 28,2                | 36,4              | 38,3                | 36,9              | 38,7                | 34,6                   |

Nhiệt trị của CTR là thông số quan trọng nhất thể hiện khả năng thu hồi nhiệt của chất thải. Chất thải có nhiệt lượng thấp hơn 800 kcal/kg (3349,4 kJ/kg) thì cần phải bổ sung thêm nhiên liệu để đốt cháy. Năng lượng của phế thải phụ thuộc vào thành phần hỗn hợp và độ ẩm. Do đó, CTR có nhiệt trị cao và độ ẩm thấp có khả năng thu hồi nhiệt cao. Nếu CTR có nhiệt trị từ 11-17 MJ/kg thì được sử dụng làm nhiên liệu tái tạo gọi là RDF (refuse derived fuel). Giá trị nhiệt trị của CTR trong nghiên cứu này được tính toán và thể hiện trong bảng 4 cho thấy, giá trị nhiệt trị từ 13,9-15,8 MJ/kg tính theo khối lượng khô và từ 2,5-5,2 MJ/kg tính theo khối lượng ướt [4, 5, 12].

Bảng 4. Nhiệt trị của CTR trên cơ sở khối lượng ướt.

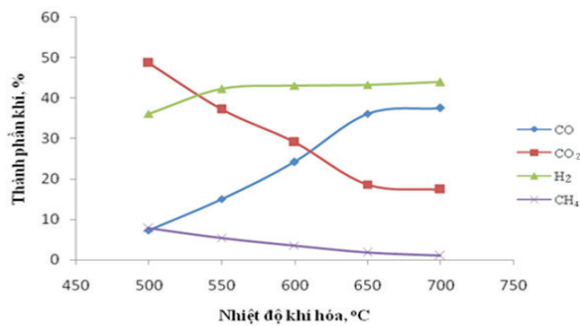
| Nhiệt trị               | Hà Nội (Nam Sơn) | Hà Nội (Xuân Sơn) | Hải Phòng (Trảng Cát) | Hải Phòng (Đỉnh Vũ) | Huế (Thủy Phương) | Đà Nẵng (Hòa Khánh) | TP HCM (Đa Phước) | TP HCM (Hiệp Phước) | Bắc Ninh (thị trấn Hồ) |
|-------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| HHV (kJ/kg) (dry basic) | 15,248           | 13,888            | 15,552                | 15,176              | 14,088            | 14,177              | 14,216            | 14,880              | 15,822                 |
| LHV (kJ/kg) (dry basic) | 12,294           | 10,860            | 12,610                | 12,182              | 10,810            | 11,035              | 11,142            | 11,837              | 12,815                 |
| HHV (MJ/kg) (wet basic) | 6,451            | 5,263             | 6,706                 | 6,178               | 3,968             | 4,780               | 4,988             | 5,618               | 6,902                  |
| LHV (kJ/kg) (wet basic) | 4,787            | 3,645             | 5,034                 | 4,535               | 2,529             | 3,236               | 3,443             | 4,028               | 5,176                  |

LHV : Nhiệt trị thấp; HHV: Nhiệt trị cao.



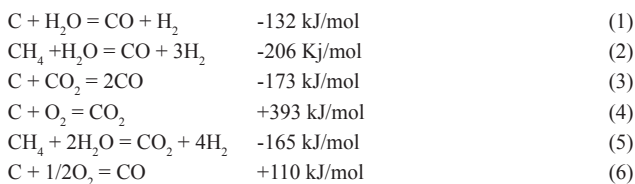
### Các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng sinh khí

**Ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa tới khả năng sinh khí:** Nhiệt độ khí hóa là thông số quan trọng nhất đối với khả năng sinh khí tổng hợp từ quá trình khí hoá CTR, ảnh hưởng đến sự cân bằng của các phản ứng hóa học. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ khí hóa được khảo sát từ 500 đến 700°C. Tỷ lệ đương lượng không khí là 0,4. Thành phần sản phẩm khí theo nhiệt độ được thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Đồ thị ảnh hưởng nhiệt độ khí hóa đến thành phần khí.

Các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa:

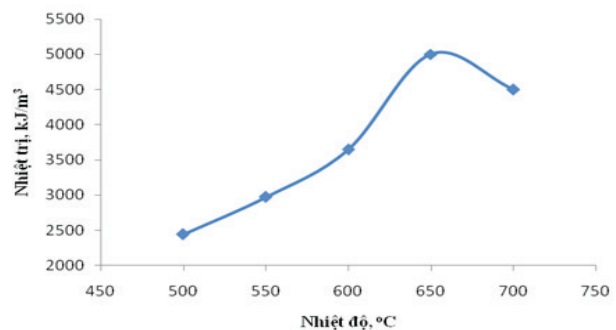


Nồng độ khí H<sub>2</sub> sinh ra trong khoảng từ 35-44%, tăng nhẹ khi nhiệt độ khí hóa từ 500 đến 550°C, và tăng rất ít trong khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C, nồng độ CH<sub>4</sub> giảm khi tăng nhiệt độ. Nồng độ CO tăng lên đáng kể khi nhiệt độ khí hóa tăng, trong khi nồng độ CO<sub>2</sub> giảm. Những thay đổi này là do sự chuyển dịch cân bằng hóa học của các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa: Nhiệt độ cao sẽ ưu tiên tạo thành các sản phẩm trong các phản ứng tỏa nhiệt và phân hủy các chất phản ứng trong các phản ứng thu nhiệt. Khí tổng hợp sinh ra là kết quả của một loạt các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa (phản ứng (1) đến (6)) [13, 14]. Do đó, mối quan hệ giữa nhiệt độ và hàm lượng khí trong hỗn hợp khí hóa có thể được giải thích như sau: Khi tăng nhiệt độ, hàm lượng CH<sub>4</sub> giảm do các phản ứng thu nhiệt (2) và (5) ưu tiên làm giảm hàm lượng chất phản ứng. Nồng độ H<sub>2</sub> sẽ tăng lên do các phản ứng thu nhiệt (2); (3); (5). Nồng độ CO sẽ tăng lên do các phản ứng thu nhiệt (2); (3) và (4) chiếm ưu thế hơn phản ứng tỏa nhiệt (6). Mặc dù phản ứng thu nhiệt (5) giải phóng CO<sub>2</sub>, nhưng nồng độ CO<sub>2</sub> lại giảm xuống khi nhiệt độ tăng lên. Điều này là do phản ứng thu nhiệt (3) chiếm ưu thế hơn, phản ứng chuyển dịch về phía bên phải khi tăng nhiệt độ phản ứng cho nên nồng độ CO tăng và nồng độ CO<sub>2</sub> giảm.

**Ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa tới nhiệt trị của hỗn hợp khí:** Nhiệt trị của hỗn hợp khí có thể được xác định thông qua thành phần khí theo công thức sau [4, 13, 14]:

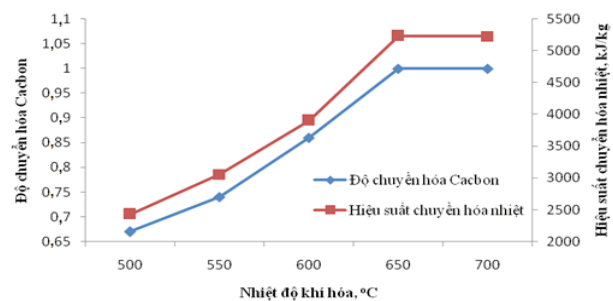
$$\text{LHV} = (119950,4 \times n_{\text{H}_2} + 10103,9 \times n_{\text{CO}} + 50009,3 \times n_{\text{CH}_4}) \times V \text{ (kJ/Nm}^3\text{)}$$

Trong đó,  $n_{\text{H}_2}$ ,  $n_{\text{CO}}$ ,  $n_{\text{CH}_4}$  là số mol của các loại khí trong khí tổng hợp, V là thể tích khí tổng hợp (m<sup>3</sup>). Ta có thể thấy, nhiệt trị LHV phụ thuộc vào nồng độ khí có khả năng cháy. Nhiệt trị của hỗn hợp khí tăng theo nhiệt độ từ 500-650°C (đạt giá trị cực đại khoảng 5000 kJ/m<sup>3</sup>) và sau đó gần như không đổi từ 650-700°C (hình 6).



Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng nhiệt độ khí hóa tới nhiệt trị hỗn hợp khí.

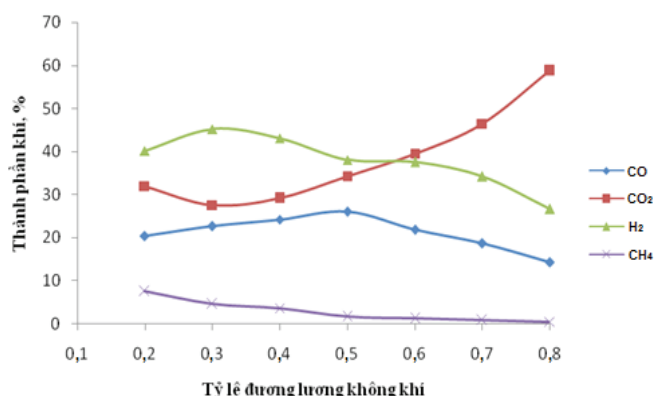
**Ảnh hưởng nhiệt độ tới hiệu suất chuyển hóa nhiệt và chuyển hóa cacbon:** Độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của CTR có xu hướng biến thiên gần giống nhau khi thay đổi điều kiện nhiệt độ khí hóa [4, 13, 14]. Đồ thị hình 7 cho thấy, có sự gia tăng rõ rệt trong hiệu suất chuyển hóa nhiệt của hỗn hợp khí tổng hợp, từ 2431 đến 5234 kJ/kg CTR tại nhiệt độ trong khoảng từ 500 đến 650°C. Hiệu suất chuyển hóa nhiệt cực đại là 5234 kJ/kg tại nhiệt độ 650°C, và sau đó hầu như không đổi. Khi tăng nhiệt độ, càng nhiều carbon trong CTR tham gia phản ứng, làm tăng lượng carbon chuyển vào trong khí tổng hợp. Tại nhiệt độ 650°C không còn cacbon trong CTR chuyển hóa vào khí, nên hiệu suất chuyển hóa gần như không đổi tại nhiệt độ 650-700°C. Có thể thấy rằng nhiệt độ phù hợp cho quá trình khí hóa với đương lượng không khí là 0,4 là 650°C.



Hình 7. Ảnh hưởng nhiệt độ tới hiệu suất chuyển hóa nhiệt và độ chuyển hóa cacbon.

**Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến khả năng sinh khí:** Tỷ lệ đương lượng không khí là tỷ số giữa lượng không khí đưa vào với lượng không khí cần thiết để đốt cháy hoàn toàn [4, 9, 11, 14]. Có thể xác định được 3 điều kiện khác nhau: Đốt cháy hoàn toàn tạo thành CO<sub>2</sub>, khí hóa

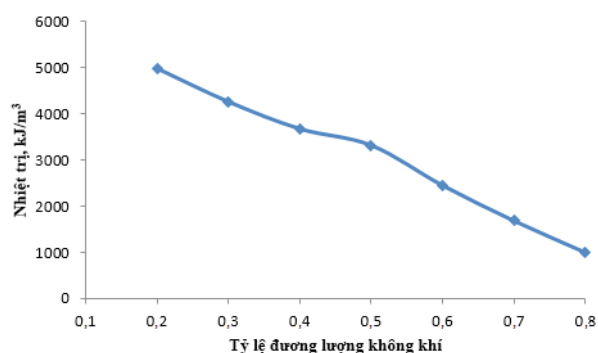
hoàn toàn tạo thành CO và đốt cháy một phần tạo ra  $\text{CO}_2$  và CO. Trong nghiên cứu này, tỷ lệ đương lượng không khí dao động từ 0,2 đến 0,8, nhiệt độ khí hóa 600°C.



Hình 8. Đồ thị ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến thành phần khí.

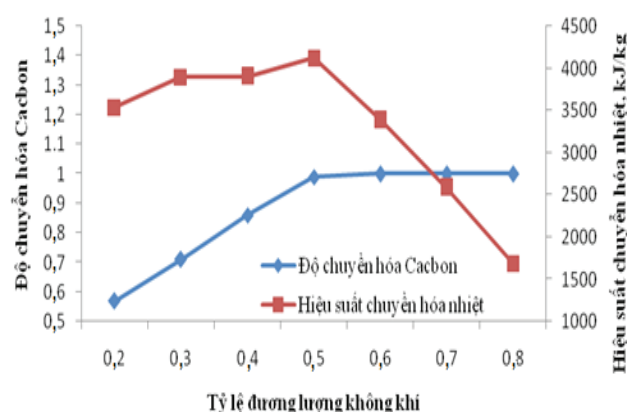
Đồ thị hình 8 cho thấy, khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí thì hàm lượng khí  $\text{H}_2$  giảm xuống. Hàm lượng  $\text{CO}_2$  và CO tăng nhẹ khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng từ 0,2 đến 0,5 và sau đó hàm lượng CO giảm trong khi hàm lượng  $\text{CO}_2$  lại tăng lên. Hàm lượng CO đạt cực đại là 26% với tỷ lệ đương lượng là 0,5. Điều này có thể giải thích bởi phản ứng (4) và phản ứng (6) của cacbon với oxy: Hàm lượng  $\text{CO}_2$  và CO tăng khi tỷ lệ đương lượng còn thấp, khi tỷ lệ đương lượng đủ cao phản ứng (4) sẽ chiếm ưu thế hơn phản ứng (6) (vì khi tỷ lệ đương lượng cao sẽ có nhiều oxy trong lò phản ứng, có lợi cho phản ứng oxy hóa), điều này sẽ làm giảm hàm lượng CO, tăng hàm lượng  $\text{CO}_2$ . Nồng độ  $\text{CH}_4$  cũng giảm thấp dần khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí.

**Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến nhiệt trị hỗn hợp khí:** Theo đồ thị hình 9, nhiệt trị LHV giảm đáng kể khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí. LHV lớn nhất là 4974 kJ/Nm<sup>3</sup> với tỷ lệ đương lượng không khí là 0,2. Nhiệt trị LHV của hỗn hợp khí tổng hợp sẽ giảm khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí, điều này có thể giải thích bằng phản ứng oxy hóa (4) và (6) làm giảm nồng độ khí cháy, đặc biệt là sự gia tăng nồng độ  $\text{N}_2$  trong không khí đưa vào sẽ càng làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí.



Hình 9. Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến nhiệt trị hỗn hợp khí.

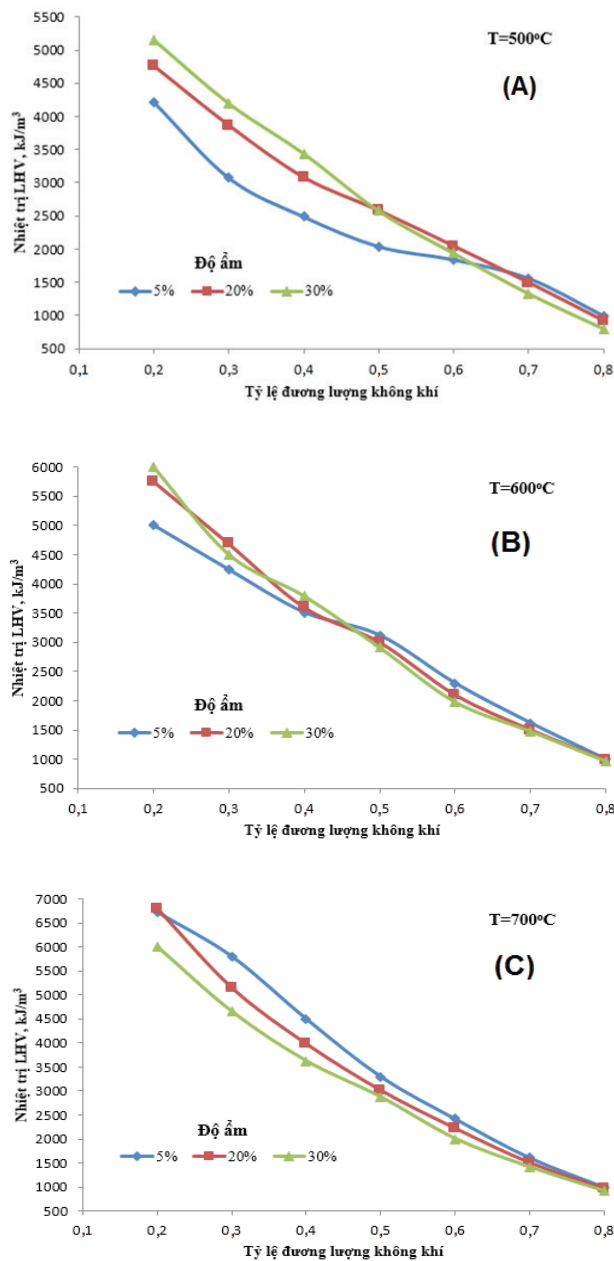
**Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt và cacbon:** Theo đồ thị hình 10, hiệu suất chuyển hóa nhiệt của CTR tăng lên khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng, đạt hiệu suất chuyển hóa nhiệt lớn nhất là 4124 kJ/kg tại tỷ lệ đương lượng không khí khoảng 0,5 và nhiệt độ 600°C, sau đó có xu hướng giảm khi tiếp tục tăng tỷ lệ đương lượng không khí. Điều này là do khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng, phản ứng tỏa nhiệt (4) và (6) được ưu tiên hơn, sẽ cung cấp thêm nhiệt cho vùng phân hủy và khí hóa. Tuy nhiên, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp sẽ thấp hơn do phản ứng oxy hóa (phản ứng 4) sinh ra  $\text{CO}_2$  nhiều làm giảm nồng độ khí cháy.



Hình 10. Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt và cacbon.

**Ảnh hưởng của hàm ẩm đến khả năng sinh khí:** Độ ẩm của CTR sinh hoạt tại Việt Nam rất cao (khoảng 43-56%) [4, 5], do đó cần phải nghiên cứu ảnh hưởng của độ ẩm CTR đến nồng độ khí tổng hợp từ quá trình khí hóa CTR. Độ ẩm thay đổi bằng cách thay đổi hàm lượng khô. Tỷ lệ đương lượng không khí thay đổi từ 0,2-0,8 ở nhiệt độ khí hóa lần lượt là 500, 600 và 700°C. Độ ẩm của CTR đưa vào thiết bị khí hóa lần lượt là 5%, 20% và 30%.

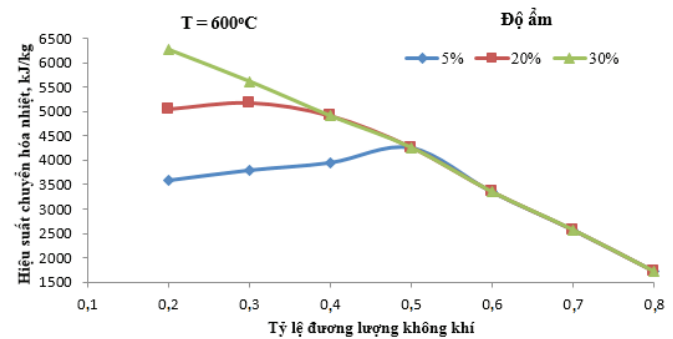
Theo đồ thị hình 11a, độ ẩm cao dẫn đến nhiệt trị LHV của khí tổng hợp cao hơn tại tỷ lệ đương lượng không khí thấp (dưới 0,5) với nhiệt độ khí hóa là 500°C. Điều này có thể giải thích bằng phản ứng (1) và (2); khi tăng lượng  $\text{H}_2\text{O}$  sẽ thúc đẩy phản ứng theo chiều thuận. Kết quả làm tăng CO và  $\text{H}_2$  và cải thiện LHV của khí tổng hợp. Khi tỷ lệ này tiếp tục tăng, tác động của độ ẩm theo hướng ngược lại, tức là độ ẩm cao hơn, dẫn đến LHV giảm. Điều này chủ yếu là do sự gia tăng hơi nước làm pha loãng hỗn hợp khí tổng hợp và sự gia tăng  $\text{CO}_2$  (phản ứng (4) và (5)). Xu hướng tương tự ở hình 11b và hình 11c, nhiệt độ khí hóa càng cao thì ảnh hưởng của độ ẩm tới cải thiện khí tổng hợp càng thấp.



Hình 11. Đồ thị ảnh hưởng độ ẩm đến nhiệt trị hỗn hợp khí tại: 500°C (A), 600°C (B) và 700°C (C).

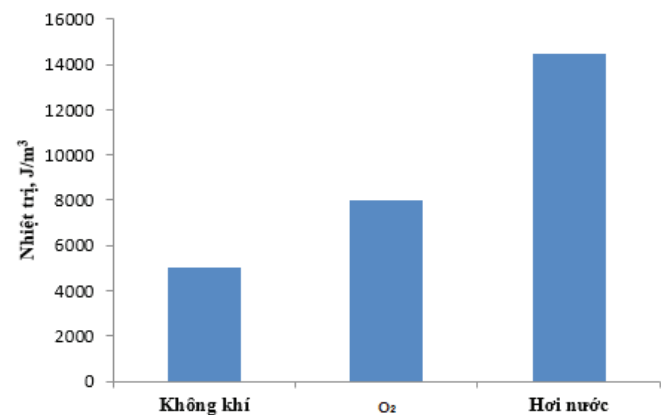
Trên đồ thị hình 12, khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng lên 0,5, nhiệt độ 600°C, hiệu suất chuyển hóa nhiệt gần như tương tự nhau ở các độ ẩm khác nhau. Khi nhiệt độ khí hóa tăng lên 700°C, nhiệt trị LHV của khí tổng hợp tại độ ẩm 30% thấp hơn so với độ ẩm 5%. Nhiệt trị lớn nhất là 6800 kJ/Nm<sup>3</sup> tại độ ẩm 20% (700°C, 0,2). Độ ẩm cao thì cần nhiều nhiệt hơn để bốc hơi, do đó độ ẩm thấp hơn thì thuận lợi hơn. Điều kiện nhiệt độ cao và tỷ lệ đương lượng không khí thấp sẽ làm tăng nhiệt trị LHV của khí tổng hợp tại độ ẩm nhất định. Tuy nhiên, sự gia tăng độ ẩm sẽ làm LHV cao ở nhiệt độ thấp (dưới 700°C). Mặt khác, nó làm tăng nhu cầu

nhiệt của quá trình khí hóa do sự bốc hơi nước.



Hình 12. Đồ thị ảnh hưởng độ ẩm đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt.

*Ảnh hưởng của tác nhân khí hóa đến khả năng sinh khí:*  
Tác nhân khí hóa có tác động đáng kể đến hiệu quả của hệ thống khí hóa và thành phần khí tổng hợp. Trong công nghệ khí hóa thường sử dụng một trong các tác nhân khí hóa là: Không khí, oxy, hơi nước và CO<sub>2</sub> có thể thúc đẩy quá trình khí hóa [11, 15].



Hình 13. Nhiệt trị của hỗn hợp khí khi thay đổi tác nhân khí hóa.

Khi sử dụng không khí làm tác nhân khí hóa, do tỷ lệ nitơ trong không khí cao nên tỷ lệ khí N<sub>2</sub> trong hỗn hợp khí tổng hợp khá cao, chiếm khoảng 32% khối lượng hỗn hợp khí khô, làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp nên nhiệt trị hỗn hợp khí thấp (5 MJ/Nm<sup>3</sup>). Trong trường hợp sử dụng tác nhân khí hóa là oxy được làm giàu (O<sub>2</sub> chiếm khoảng 80%), tỷ lệ khí N<sub>2</sub> trong hỗn hợp khí tổng hợp giảm xuống còn khoảng 20%, làm nhiệt trị của hỗn hợp khí tăng lên 8 MJ/Nm<sup>3</sup>. Tuy nhiên, việc tách và làm giàu khí O<sub>2</sub> trong không khí đòi hỏi nhu cầu năng lượng cao, tăng chi phí. Tác nhân khí hóa là hơi nước sẽ thu được hỗn hợp nhiệt trị cao nhất khoảng 14,5 MJ/Nm<sup>3</sup>, điều này là do sự gia tăng đáng kể hàm lượng khí cháy H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> (hình 13).



## Kết luận

Nghiên cứu đã đưa ra các phương pháp xác định, tính toán đặc tính đặc trưng cho CTR sinh hoạt. Từ đó, tính toán được các thông số cơ bản của CTR tại các bãi rác lớn ở Việt Nam. Các tác giả cũng đã khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa, tỷ lệ đương lượng không khí, hàm ẩm đến thành phần khí tổng hợp, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp, độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của khí tổng hợp. Kết quả nghiên cứu có thể tóm tắt như sau:

- Nhiệt độ cao sẽ làm tăng nhiệt trị của hỗn hợp khí, cũng như hiệu suất chuyển hóa nhiệt và độ chuyển hóa cacbon. Nhiệt độ khí hóa phù hợp trong hệ thống khí hóa là 650°C với tỷ lệ đương lượng không khí là 0,4.

- Tỷ lệ đương lượng không khí cao làm tăng độ chuyển hóa cacbon, nhưng lại làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp. Hiệu suất chuyển hóa nhiệt tăng lên và đạt cực đại, sau đó giảm xuống khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng. Tỷ lệ đương lượng không khí phù hợp cho phản ứng khí hóa CTR là 0,5 với nhiệt độ 600°C.

- Độ ẩm cao không cải thiện quá trình khí hóa, cũng như không làm tăng nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp từ quá trình khí hóa CTR.

- Tác nhân khí hóa làm thay đổi thành phần hỗn hợp khí cháy, dẫn đến làm thay đổi nhiệt trị hỗn hợp khí. Trong công nghệ khí hóa, tác nhân khí hóa là hơi nước sẽ thu được hỗn hợp khí hóa có nhiệt trị cao nhất do làm tăng nồng độ khí cháy  $H_2$  và giảm được nồng độ khí trơ  $N_2$  trong hỗn hợp khí.

Kết quả nghiên cứu có thể đưa ra hướng dẫn tính toán khí hóa CTR đô thị để có thể thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao nhất, tăng hiệu quả quá trình xử lý CTR và tận thu năng lượng làm nhiên liệu thay thế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2011-2015*, tr.49-63.
- [2] Nguyễn Văn Lâm (2015), “Tình hình quản lý CTR tại Việt Nam, đề xuất các giải pháp tăng cường hiệu quả công tác quản lý CTR”, *Hội nghị môi trường toàn quốc lần thứ IV*, Bộ tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
- [3] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011), *Báo cáo môi trường*

quốc gia 2011 - CTR.

- [4] John Pichtel (2014), “Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial”, *CRC Press*, **2**, pp.63-100.
- [5] Clifford Jones (2010), “Thermal Processing of waste”, *Professor N.N. Greenwood FRS*, **1**, pp.68-75.
- [6] Alexander Klein (2002), *Gasification: An Alternative Process for Energy Recovery and Disposal of Municipal Solid Wastes*, Columbia University.
- [7] Umberto Arena (2012), “Process and technological aspects of municipal solid waste gasification”, *A review Waste Management*, **32(4)**, pp.625-639.
- [8] S. Verma (2002), *Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes*, Columbia University.
- [9] Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, Thomas Gross (2017), *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- [10] Stantec Consulting (2014), *Technical Review of Municipal Solid Waste Thermal Treatment Practices*, <http://www.env.gov.bc.ca/epd/mun-waste/reports/pdf/bcmoe-wte-emissions-rev-mar2011.pdf>.
- [11] J.A. Ruiz, M.C. Juarez, M.P. Morales, P. Munoz, M.A. Mendivil (2013), “Biomass Gasification for Electricity Generation: Review of Current”, *Technology Barriers Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **18**, pp.174-183.
- [12] Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, Thomas Gross (2017), *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- [13] Luis Puigjaner (2011), “Syngas from Waste”, *Green Energy and Technology*, Springer-Verlag London Limited.
- [14] V. Skoulou, A. Zabaniotou, G. Stavropoulos, G. Sakelaropoulos (2008), “Syngas production from olive tree cuttings and olive kernels in a downdraft fixed bed gasifier”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **33(4)**, pp.1185-1194.
- [15] P. Quaak (1999), *Energy from biomass a review of combustion and gasification technologies*, World Bank.

# Ứng dụng ảnh viễn thám kết hợp mô hình thủy văn trong nghiên cứu dòng chảy lũ lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi

Nguyễn Thị Thu Huyền\*

*Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam*

Ngày nhận bài 9/10/2017; ngày chuyển phản biện 13/10/2017; ngày nhận phản biện 27/11/2017; ngày chấp nhận đăng 11/12/2017

## **Tóm tắt:**

Ứng dụng ảnh viễn thám kết hợp mô hình thủy văn trong nghiên cứu dòng chảy lũ lưu vực sông Vệ trong bài báo này được tập trung vào 2 điểm: (1) Sử dụng ảnh viễn thám để phân tích, đánh giá sự thay đổi thảm phủ trên lưu vực sông Vệ; (2) Nghiên cứu điều chỉnh các thông số của mô hình thủy văn cho lưu vực sông Vệ dựa vào dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy, ảnh viễn thám phản ánh khách quan những biến động của các đối tượng trên bề mặt lưu vực và cho phép cập nhật kịp thời những biến động này để cung cấp cơ sở khoa học cho việc xác định các thông số của mô hình thủy văn phù hợp cho lưu vực. Đây là hướng nghiên cứu tốt cần tiếp tục phát triển để hoàn thiện công nghệ và nâng cao độ chính xác cho mô hình thủy văn.

**Từ khóa:** Ảnh viễn thám, lưu vực sông Vệ, mô hình thủy văn, mưa - dòng chảy.

**Chỉ số phân loại:** 2.1

## **Đặt vấn đề**

Những năm gần đây, công nghệ viễn thám và GIS được chú trọng ứng dụng trong công tác quản lý thiên tai ở Việt Nam nói chung và công tác phòng chống lụt bão nói riêng. Ảnh viễn thám với nhiều ưu điểm như giàu thông tin, chu kỳ thu nhận thông tin ngắn, xử lý thông tin trên diện rộng và thông tin có tính khách quan cao. Kết quả phân tích từ ảnh vệ tinh cho các thông tin tức thời về các đối tượng trên bề mặt đất tại thời điểm chụp ảnh. Do vậy, việc khai thác ứng dụng ảnh viễn thám đã trở thành một trong những hướng đi chủ đạo của ứng dụng và phát triển công nghệ viễn thám, nhằm phục vụ quản lý thiên tai nói chung, công tác phòng chống lụt bão nói riêng [1].

Các lưu vực sông của Việt Nam rất thiếu các số liệu quan trắc về lưu lượng dòng chảy, do đó trong các nghiên cứu về dòng chảy lũ trên lưu vực thường sử dụng mô hình thủy văn để tính toán lưu lượng lũ. Thông thường mô hình thủy văn được thiết lập cho lưu vực nghiên cứu với các dữ liệu đầu vào là dữ liệu về khí tượng, thủy văn. Mô hình được hiệu chỉnh thông qua việc dò tìm bộ thông số, sau đó bộ thông số này được kiểm định lại qua một số trận lũ ở những thời điểm khác nhau, nếu kết quả tính toán ở bước kiểm định đạt yêu cầu thì đó là bộ thông số mô hình phù hợp cho lưu vực. Bộ thông số này được sử dụng để tính toán cho những thời

gian lũ khác nhau trên lưu vực cũng như áp dụng cho lưu vực tương tự. Như vậy, cách tiếp cận này có hạn chế là khi tính toán dòng chảy lũ cho những thời điểm khác nhau (cách nhau một vài năm hay hàng chục năm) thì khi đó các điều kiện mặt đệm lưu vực đã thay đổi không giống nhau, dẫn đến kết quả tính toán sẽ không đảm bảo, cần điều chỉnh lại các thông số của mô hình. Vấn đề đặt ra là cần điều chỉnh các thông số đó theo hướng nào, tăng hay giảm thông số nào và căn cứ vào đâu để điều chỉnh lại các thông số cho phù hợp. Khi có dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám, sẽ thành lập được bản đồ hiện trạng lớp phủ theo thời gian, từ bản đồ này sẽ phân tích biến động thành phần lớp phủ theo thời gian. Kết quả biến động thảm phủ sẽ giúp vi chỉnh lại các thông số của mô hình thủy văn phù hợp với từng khoảng thời gian cụ thể.

Bài báo này được thực hiện nhằm nghiên cứu khai thác nguồn dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám để điều chỉnh và lựa chọn được bộ thông số mô hình thủy văn MIKE NAM phù hợp cho lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi. Nguồn dữ liệu này sẽ cung cấp những thông tin đầu vào và cơ sở khoa học rất quan trọng cho mô hình thủy văn tính toán dòng chảy lũ hình thành từ mưa trên lưu vực sông. Đó là cơ sở để hiệu chỉnh các thông số của mô hình, nhằm tìm được bộ thông số phù hợp cho lưu vực sông có tính biến động theo thời gian.

\*Email: [thuhuyen845@gmail.com](mailto:thuhuyen845@gmail.com)

# Application of satellite images in combination with the hydrological model for the study of flood flow in Ve river basin, Quang Ngai province

Thi Thu Huyen Nguyen\*

Key laboratory of river and coastal engineering, Vietnam Academy for water Resources

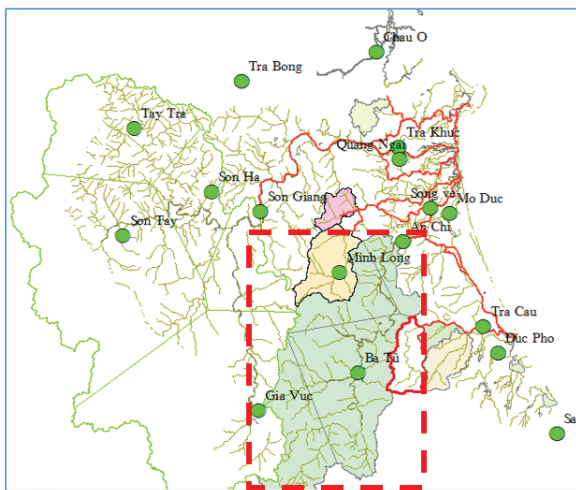
Received 9 October 2017; accepted 11 December 2017

## Abstract:

In this paper, the application of satellite images in combination with the hydrological model for the study of flood flow in Ve river basin focused on 2 aspects: 1) Using satellite images to analyze and assess the change of vegetation cover in Ve river basin; 2) Study on the adjustment of parameters of the hydrological model for Ve river basin based on processed data from satellite images. Initial research results showed that satellite images reflect objectively the variability of objects on the surface of the river basin and allow timely updates of these changes to provide a scientific basis for determining the parameters of the hydrological model suitable for the river basin. This good approach should be further developed to improve the technology and accuracy for the hydrological model.

**Keywords:** Hydrological model, rainfall-runoff, satellite image, Ve river basin.

**Classification number:** 2.1



Hình 1. Vị trí lưu vực sông Vệ và các trạm khí tượng tỉnh Quảng Ngãi.

## Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

**Phạm vi nghiên cứu:** Nghiên cứu dòng chảy lũ trên lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi, giới hạn không gian từ thượng nguồn về đến vị trí trạm khí tượng thủy văn An Chi với diện tích lưu vực không chế là 769 km<sup>2</sup>.

**Phương pháp nghiên cứu:** Ba phương pháp nghiên cứu chính được áp dụng: 1) Phương pháp tổng hợp phân tích để tổng hợp các dữ liệu cơ bản của lưu vực; 2) Phương pháp viễn thám và GIS để phân tích ảnh viễn thám xác định thông tin lớp phủ của lưu vực; 3) Phương pháp mô hình toán ứng dụng mô hình thủy văn MIKE NAM để tính toán dòng chảy lũ.

**Dữ liệu sử dụng:** Nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám, dữ liệu khí tượng thủy văn và địa hình trên lưu vực. Cụ thể:

- Sử dụng ảnh Landsat 5, năm 2008, 2010; ảnh Landsat 7, năm 2009; ảnh Landsat 8, năm 2016 chụp khu vực lưu vực sông Vệ và tỉnh Quảng Ngãi. Các ảnh thu thập được mặc dù có số lượng lớn nhưng nhiều ảnh bị mây che phủ một phần hoặc toàn bộ lưu vực, nên số lượng ảnh sử dụng được còn hạn chế. Điều này ảnh hưởng ít nhiều đến công tác giải đoán ảnh.

- Dữ liệu 43 điểm mẫu chìa khóa để giải đoán ảnh (đi thực địa lấy mẫu để tăng độ chính xác của công tác giải đoán ảnh).

- Dữ liệu khí tượng thủy văn: Số liệu mưa, bốc hơi tại các trạm Ba Tơ, Minh Long, An Chi, Giá Vực; số liệu lưu lượng tại trạm An Chi trong các trận lũ năm 2008, 2009, 2010 và 2016 (lựa chọn theo thời gian phân tích ảnh viễn thám).

- Dữ liệu địa hình lưu vực sông dạng DEM 30 x 30 m kết hợp mạng sông để phân chia lưu vực và xác định các đặc trưng của lưu vực sông.

## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Phân tích biến động lớp phủ trên lưu vực sông Vệ [2, 3]

Từ nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 5, 7 và 8, sử dụng phần mềm ENVI xử lý để xác định lớp phủ trên bề mặt lưu vực tại các thời điểm khác nhau. Các bước cơ bản để thực hiện việc phân tích xác định lớp phủ như sau:

- + Xây dựng ảnh tổ hợp màu và tăng cường chất lượng ảnh: Tạo ra ảnh tổ hợp màu có chất lượng tốt nhất để phục vụ việc chọn mẫu và giải đoán ảnh được chính xác.

- + Nắn chỉnh hình học: Loại bỏ các sai số hình học, đưa ảnh về đúng hệ tọa độ.

- + Cắt ảnh: Cắt ảnh đúng theo ranh giới lưu vực sông và



theo ranh giới hành chính.

+ Định nghĩa các lớp: Xác định rõ chỉ tiêu cho các lớp đối tượng cần phân loại.

+ Lựa chọn các đặc tính: Bao gồm đặc tính về phổ và đặc tính về cấu trúc, có ý nghĩa rất quan trọng để tách biệt các lớp đối tượng với nhau.

+ Chọn vùng mẫu: Lấy mẫu và giải đoán bằng mắt. Trong kỹ thuật giải đoán ảnh bằng mắt thì kết quả giải đoán phụ thuộc nhiều vào tri thức, kinh nghiệm của người lấy mẫu. Điều này ảnh hưởng đến kết quả tính toán phân loại.

+ Tính toán chỉ số thống kê mẫu: Xác định số pixel được lựa chọn trong vùng mẫu, số tổ hợp trong vùng mẫu.

+ Phân loại các đối tượng: Các chỉ tiêu phân loại được xây dựng dựa trên các vùng mẫu đã lựa chọn, sử dụng các tham số thống kê tính được từ các vùng mẫu.

+ Ghép các nhóm đối tượng: Gộp các lớp đã phân loại có cùng tính chất thành một nhóm.

+ Kiểm tra thực địa: Kiểm chứng lại kết quả phân loại, sử dụng các mẫu chìa khoá suy giải ảnh có sẵn để kiểm tra ngẫu nhiên trên ảnh.

+ Xuất kết quả phân loại từ phần mềm ENVI sang khuôn dạng ArcGIS để phân tích.

+ Tích hợp kết quả phân loại với ranh giới lưu vực bộ phận.

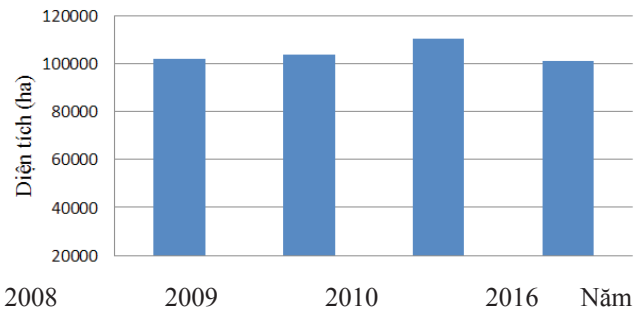
+ Tính tỷ lệ % các loại lớp phủ trên lưu vực tại các thời điểm chụp ảnh, từ đó xác định được biến động các loại lớp phủ theo các giai đoạn khác nhau.

Kết quả phân tích ảnh viễn thám Landsat 5, 7 và 8 theo các bước trên đã xác định được biến động lớp phủ các năm 2008, 2009, 2010, 2016 như trong bảng 1 và hình 2, 3.

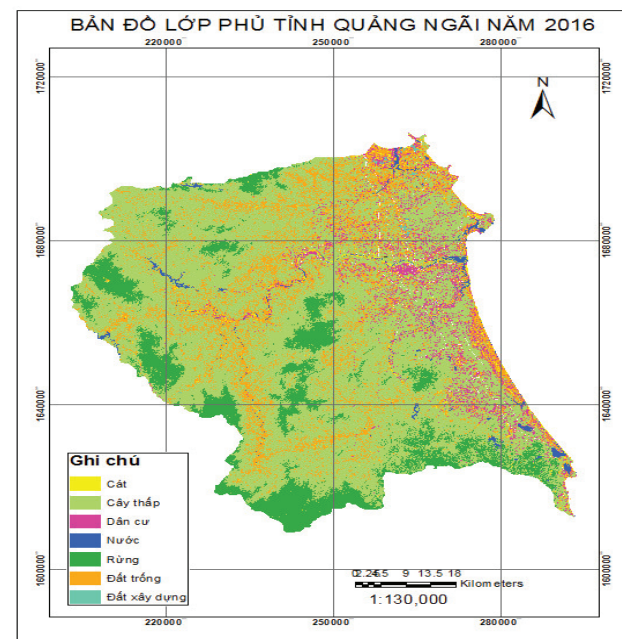
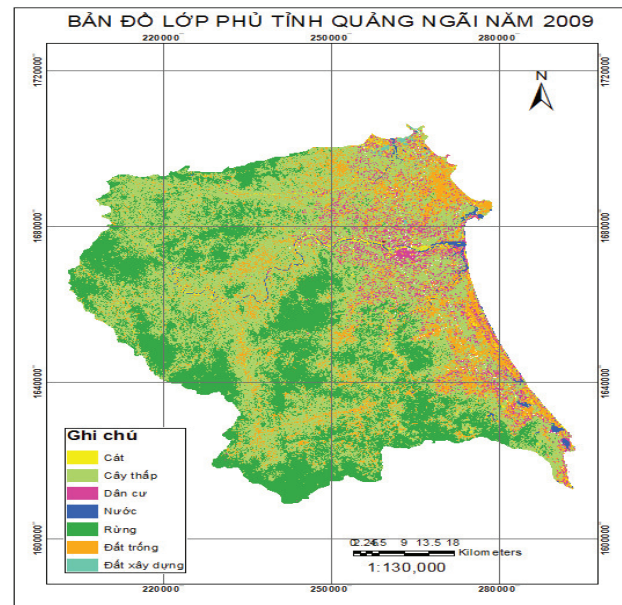
**Bảng 1. Biến động lớp phủ trên lưu vực.**

| Loại lớp phủ        | Diện tích thảm phủ theo các năm |             |             |             |
|---------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                     | Năm 2008                        | Năm 2009    | Năm 2010    | Năm 2016    |
| Cát                 | 106.898                         | 778.455     | 230.138     | 6.233.372   |
| Cây bụi             | 25.021,066                      | 55.250,871  | 75.179,561  | 51.392,584  |
| Đất trống           | 508.789                         | 13.557.955  | 817.154     | 58.392.584  |
| Đất xây dựng        | 16.943,235                      | 46.233      | 5.809.712   | 13.369.312  |
| Dân cư              | 50.029                          | 5.125.079   | 3.153.080   | 28.127.345  |
| Đường giao thông    | 185.579                         | 186.074     | 186.074     | 23.735.815  |
| Nước                | 845.945                         | 586.661     | 416.852     | 57.020.236  |
| Rừng                | 77.101,972                      | 48.298,438  | 34.881,187  | 48.617,324  |
| Tổng rừng + cây bụi | 102.123,038                     | 103.549,309 | 110.060,748 | 100.009,908 |

**Biến đổi thảm phủ trên lưu vực (giai đoạn 2008-2016)**



**Hình 2. Biến đổi lớp phủ trên lưu vực.**



**Hình 3. Thảm phủ trên lưu vực sông Vệ năm 2009 và 2016.**

Kết quả phân tích cho thấy, đã có sự biến đổi thảm phủ trên lưu vực sông Vệ rõ rệt từ năm 2008 đến 2016. Diện tích thảm phủ năm 2009 tăng so với năm 2008 khoảng 1.426 ha, năm 2010 tiếp tục tăng 6.511 ha so với năm 2009, nhưng đến 2016 thì diện tích thảm phủ giảm rõ rệt so với năm 2010, khoảng 10.050 ha. Dữ liệu này sẽ là cơ sở phân tích xác định thông số mô hình MIKE NAM trong quá trình hiệu chỉnh mô hình.

#### Kết hợp ảnh viễn thám và mô hình thủy văn MIKE NAM [4]

Phân tích độ nhạy của các thông số trong mô hình MIKE NAM:

Các thông số của mô hình: MIKE NAM có 9 thông số chính thay đổi theo đặc điểm lưu vực, 5 thông số khác ít thay đổi [5]. Các thông số chính của mô hình như bảng 2.

**Bảng 2. Tổng hợp các thông số chính của mô hình Mike NAM.**

| TT | Thông số | Đặc trưng                                          | Giá trị       |
|----|----------|----------------------------------------------------|---------------|
| 1  | Umax     | Hàm lượng nước tối đa trong dung lượng bề mặt      | 5-25 mm       |
| 2  | Lmax     | Hàm lượng nước tối đa trong dung lượng tầng rễ cây | 50-350 mm     |
| 3  | CQOF     | Hệ số dòng chảy tràn                               | 0,1-0,99      |
| 4  | CKIF     | Hệ số dòng chảy sát mặt                            | 50-1.000 giờ  |
| 5  | CK1,2    | Hằng số thời gian chảy truyền của dòng chảy mặt    | 3-72 giờ      |
| 6  | TOF      | Ngưỡng dưới của dòng chảy tràn                     | 0-0,9         |
| 7  | TIF      | Ngưỡng dưới của dòng chảy sát mặt                  | 0-0,9         |
| 8  | CKBF     | Hằng số thời gian chảy truyền của dòng chảy ngầm   | 500-5.000 giờ |
| 9  | TG       | Giá trị ngưỡng tầng rễ cây                         | 0-0,9         |

Chỉ tiêu đánh giá mô hình: Sử dụng chỉ số NASH và sai số cân bằng nước WBL.

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^t - Q_{td}^t)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{td}^t - Q_{tdb}^t)^2}$$

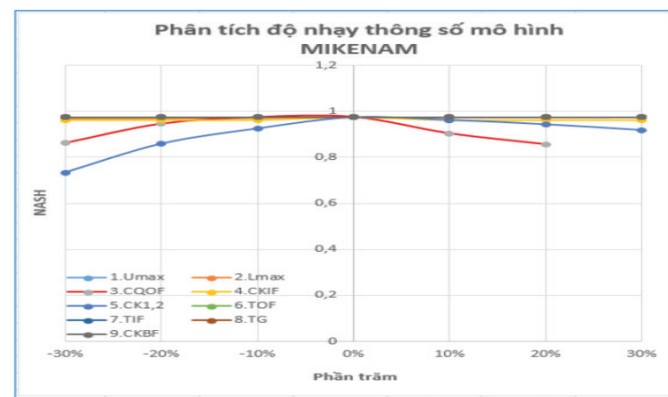
Trong đó:  $Q_{td}^t$  là lưu lượng thực đo tại thời điểm  $i$ ;  $Q_{tdb}^t$  là lưu lượng thực đo trung bình;  $Q_{tt}^t$  là lưu lượng tính toán tại thời điểm  $i$ .

Phân tích độ nhạy thông số mô hình: Mỗi một thông số của mô hình MIKE NAM đều có những ảnh hưởng nhất định đến dòng chảy trên lưu vực. Nghiên cứu đã tính toán phân tích độ nhạy của các thông số mô hình đến kết quả tính toán dòng chảy lũ trên lưu vực thông qua việc đánh giá chỉ số NASH. Thực hiện việc đánh giá độ nhạy các thông số theo cách như sau: Hiệu chỉnh mô hình qua một trận lũ, sơ bộ xác định bộ thông số; thay đổi từng thông số (tăng/

giảm 10%, 20% và 30%), các thông số còn lại giữ nguyên; xem xét sự biến đổi hệ số NASH, WBL qua các trường hợp tính toán.

**Bảng 3. Hệ số NASH qua các trường hợp thay đổi thông số.**

| Thông số | 1.Umax | 2.Lmax | 3.CQOF | 4.CKIF | 5.CK1,2 | 6.TOF | 7.TIF | 8.TG  | 9.CKBF |
|----------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| -30%     | 0,973  | 0,966  | 0,862  | 0,961  | 0,734   | 0,964 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| -20%     | 0,973  | 0,969  | 0,945  | 0,961  | 0,859   | 0,969 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| -10%     | 0,974  | 0,972  | 0,974  | 0,961  | 0,925   | 0,973 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| 0%       | 0,975  | 0,975  | 0,975  | 0,975  | 0,974   | 0,975 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| +10%     | 0,974  | 0,974  | 0,904  | 0,960  | 0,962   | 0,975 | 0,975 | 0,975 | 0,975  |
| +20%     | 0,974  | 0,974  | 0,857  | 0,960  | 0,943   | 0,970 | 0,975 | 0,974 | 0,975  |
| +30%     | 0,974  | 0,975  | 0,820  | 0,960  | 0,918   | 0,962 | 0,975 | 0,974 | 0,975  |



**Hình 4. Độ nhạy thông số mô hình MIKE NAM.**

Từ bảng kết quả bảng 3 và đồ thị hình 4 cho thấy, hệ số dòng chảy mặt CQOF và hằng số thời gian chảy truyền CK12 có sự biến thiên lớn nhất. Do vậy mà 2 thông số này có ảnh hưởng lớn nhất, làm thay đổi lớn đến dòng chảy tính toán. Khi hiệu chỉnh kiểm định mô hình sẽ quan tâm đến 2 thông số này khi điều kiện mặt đệm thay đổi.

Phân tích hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE NAM:

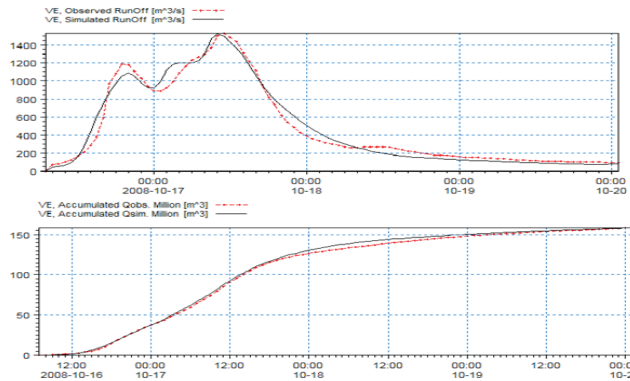
Lưu vực sông Vệ được mô phỏng trong mô hình thủy văn MIKE NAM giới hạn đến trạm thủy văn An Chỉ. Kết quả phân tích lớp phủ trong phần trên cho thấy, lưu vực sông Vệ chủ yếu là diện tích rừng và cây bụi. Do vậy khi xét ảnh hưởng của lớp thảm phủ đến dòng chảy lưu vực thông qua các thông số của mô hình MIKE NAM đề tài chỉ tập trung xem xét sự biến đổi của hai lớp này.

Lựa chọn chuỗi số liệu trận lũ từ 7 h (16/10/2008) ÷ 1 h (20/10/2008) làm số liệu hiệu chỉnh mô hình và lựa chọn các trận lũ 1 h (28/9/2009) ÷ 19 h (5/10/2009); trận lũ 1 h (13/11/2010) ÷ 13 h (19/11/2010) và trận lũ 1 h (11/12/2016) ÷ 19 h (31/12/2016) để kiểm định mô hình. Trong quá trình hiệu chỉnh kiểm định mô hình, nghiên cứu tập trung xem xét đến sự thay đổi của 2 thông số CQOF, CK12 trong điều kiện có dữ liệu về thảm phủ thực vật trên lưu vực.

Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE NAM được thể hiện ở bảng 4.

**Bảng 4. Thông số mô hình MIKE NAM hiệu chỉnh lưu vực sông Vệ.**

| Năm  | Thông số mô hình MIKE NAM |           |      |       |       |       |       |      |       | Chỉ số đánh giá |        |
|------|---------------------------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------|--------|
|      | $U_{max}$                 | $L_{max}$ | CQOF | CKIF  | CK1,2 | TOF   | TIF   | TG   | CKBF  | NASH            | WBL(%) |
| 2008 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,98            | 0,00   |



**Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh mô hình với trận lũ 16/10/2008-20/10/2008.**

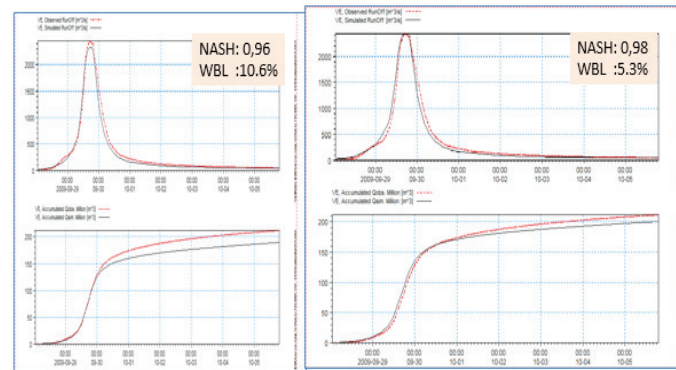
Kết quả hiệu chỉnh mô hình (bảng 4, hình 5) cho thấy, đường quá trình lũ thực đo và tính toán khá phù hợp về đỉnh và quá trình, chỉ tiêu NASH bằng 0,98 đánh giá kết quả hiệu chỉnh mô hình khá cao, sai số về cân bằng nước bằng 0. Bộ thông số của mô hình sẽ được sử dụng trong quá trình kiểm định tiếp theo. Trong quá trình kiểm định, nghiên cứu đã xem xét 2 trường hợp (không có dữ liệu thăm phủ và có dữ liệu thăm phủ) để thấy được ảnh hưởng của việc có dữ liệu thăm phủ.

Căn cứ vào kết quả phân tích sự biến động lớp thảm phủ (lớp rừng, cây bụi) được thể hiện ở bảng 1 và hình 2, thay đổi 2 thông số nhạy nhất của mô hình là CQOF và CK12 theo diện tích lớp phủ theo nguyên tắc: Diện tích thảm phủ tăng lên thì hệ số dòng chảy (CQOF) sẽ giảm đi, hằng số thời gian chảy truyền (CK12) tăng lên. Kết quả mô phỏng dòng chảy tính toán và thực đo được thể hiện ở bảng 5, hình 6 và hình 7.

**Bảng 5. Thông số mô hình MIKE NAM qua các trường hợp.**

| Năm  | Thông số mô hình MIKE NAM |           |      |       |       |       |       |      |       | Chỉ số đánh giá |        | Ghi chú                  |
|------|---------------------------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----------------|--------|--------------------------|
|      | $U_{max}$                 | $L_{max}$ | CQOF | CKIF  | CK1,2 | TOF   | TIF   | TG   | CKBF  | NASH            | WBL(%) |                          |
| 2008 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,98            | 0,00   | Hiệu chỉnh               |
| 2009 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,96            | 10,6   | Chưa có dữ liệu thăm phủ |
|      | 16,7                      | 180       | 0,8  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,98            | 5,30   | Có dữ liệu thăm phủ      |
| 2010 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,80            | 3,80   | Chưa có dữ liệu thăm phủ |
|      | 16,7                      | 180       | 0,78 | 413,7 | 17,9  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,82            | 0,00   | Có dữ liệu thăm phủ      |
| 2016 | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,88            | 13,9   | Chưa có dữ liệu thăm phủ |
|      | 16,7                      | 180       | 0,9  | 413,7 | 17,7  | 0,446 | 0,596 | 0,31 | 1.487 | 0,95            | 0,10   | Có dữ liệu thăm phủ      |

Trận lũ 1h 28/9/2009 - 19h 5/10/2009

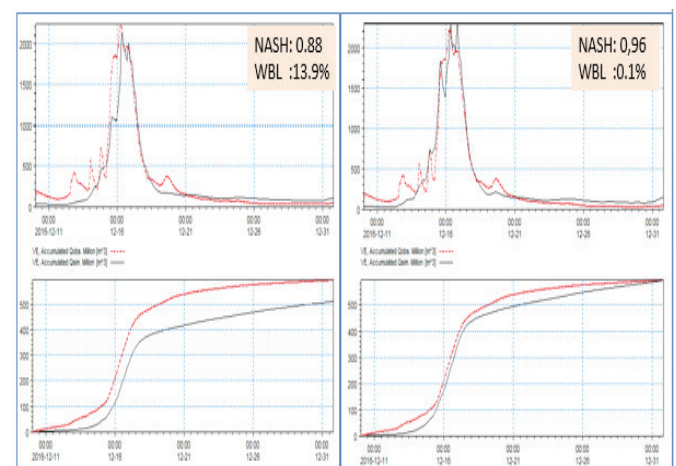


(1) Chưa có dữ liệu thăm phủ

(2) Có dữ liệu thăm phủ

**Hình 6. Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ lịch sử năm 2009.**

Trận lũ 1h 11/12/2016 - 19h 31/12/2016



(1) Chưa có dữ liệu thăm phủ

(2) Có dữ liệu thăm phủ

**Hình 7. Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ năm 2016.**

Kết quả tính toán (bảng 6) đã xác định được:

- Với trận lũ tháng 9/2009: Khi chưa có dữ liệu thăm phủ thực vật thì hệ số NASH là 0,96, sai số cân bằng nước WBL là 10,6%, hai hệ số này đã thay đổi khi quá trình kiểm định có sử dụng thông tin về ảnh viễn thám.

- Với trận lũ tháng 11/2010: Khi chưa có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,8, WBL = 3,8%; khi có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,82, WBL = 0%.

- Với trận lũ tháng 11/2016: Khi chưa có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,88, WBL = 13,9%; khi có dữ liệu thăm phủ thì NASH = 0,95 và WBL = 0,1%.

Như vậy, với việc ứng dụng ảnh viễn thám phân tích xác định biến động lớp phủ để cung cấp thông tin cơ sở nhằm hiệu chỉnh các thông số của mô hình MIKE NAM đã tăng được độ chính xác các kết quả tính toán mô phỏng xác định dòng chảy lũ trên lưu vực sông Vệ.



**Bảng 6. So sánh sai số kiểm định mô hình MIKE NAM cho lưu vực sông Vệ.**

| TT | Trận lũ                   | Chưa sử dụng ảnh viễn thám |         | Có sử dụng ảnh viễn thám |         |
|----|---------------------------|----------------------------|---------|--------------------------|---------|
|    |                           | NASH                       | WBL (%) | NASH                     | WBL (%) |
| 1  | 28/9/2009 đến 5/10/2009   | 0,96                       | 10,6    | 0,98                     | 5,3     |
| 2  | 13/11/2010 đến 19/11/2010 | 0,80                       | 3,8     | 0,82                     | 0       |
| 3  | 11/12/2016 đến 31/12/2016 | 0,88                       | 13,9    | 0,95                     | 0,1     |

### Kết luận

Bước đầu đã ứng dụng được ảnh viễn thám trong việc phân tích xác định các thông số của mô hình thủy văn MIKE NAM cho lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi. Kết quả tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy, sử dụng nguồn dữ liệu phân tích từ ảnh viễn thám để cung cấp các thông tin về biến động lớp phủ trên bề mặt lưu vực làm căn cứ cho việc điều chỉnh và lựa chọn được bộ thông số tốt hơn cho mô hình MIKE NAM.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự biến đổi thảm phủ có mối liên hệ trực tiếp đến sự thay đổi của các thông số CQOF và CK12 trong mô hình MIKE NAM. Hệ số dòng chảy lưu vực tỷ lệ nghịch với diện tích thảm phủ, tức là khi diện tích thảm phủ tăng thì hệ số dòng chảy giảm (lượng sinh dòng chảy nhỏ) và ngược lại.

Tuy nhiên trong nghiên cứu này vẫn còn một số hạn chế như: Ảnh vệ tinh Landsat là ảnh quang học nên bị ảnh hưởng bởi mây, ảnh có độ phân giải chưa cao nên kết quả phân tích biến động còn bị ảnh hưởng nhất định. Mặt khác,

mô hình MIKE NAM là mô hình thông số tập trung nên chưa mô tả lưu vực chi tiết như các mô hình thủy văn thông số phân bố khác (như mô hình SWAT).

Phương pháp tiếp cận ứng dụng thông tin dữ liệu từ ảnh viễn thám để lựa chọn bộ thông số phù hợp cho mô hình thủy văn MIKE NAM và vi chỉnh theo điều kiện thảm phủ của lưu vực sông Vệ cần được tiếp tục nghiên cứu sâu hơn để áp dụng cho các lưu vực sông khác không chỉ trong phạm vi tỉnh Quảng Ngãi mà còn cho các lưu vực sông khác trên cả nước.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đinh Ngọc Đạt (2015), *Báo cáo ứng dụng địa không gian đánh giá nhanh về mưa lũ*, Viện Công nghệ Vũ trụ.
- [2] Nguyễn Huy Anh, Đinh Thanh Kiên (2012), *Ứng dụng viễn thám và GIS thành lập bản đồ lớp phủ mặt đất khu vực Chân Mây, huyện Phú Lộc, tỉnh Thừa Thiên - Huế*, Kỷ yếu Hội thảo GIS toàn quốc, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- [3] Nguyễn Quang Tuấn và cs (2009), “Ứng dụng GIS và viễn thám thành lập bản đồ hiện trạng thảm thực vật năm 2008 tỷ lệ 1:50.000 huyện Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, **5**, tr.159-172.
- [4] Nguyễn Thanh Hùng (2017), *Báo cáo kết quả đề tài Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS và viễn thám để theo dõi, đánh giá, hoàn thiện và nâng cao độ chính xác của công tác dự báo ngập lụt phục vụ công tác quản lý phòng chống lũ lụt vùng hạ du các sông*, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam.
- [5] Phạm Văn Chiến và cs (2013), *Báo cáo kết quả đề tài Nghiên cứu, hiệu chỉnh bản đồ nguy cơ ngập lụt, mức báo lũ theo các mức báo động lũ mới phục vụ phòng tránh, giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai tỉnh Quảng Ngãi*, Đài Khí tượng thủy văn khu vực Trung Trung Bộ.

# Giải pháp lưu giữ và khai thác nước trong một số thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên

Nguyễn Vũ Việt<sup>1</sup>, Nguyễn Huy Vương<sup>2\*</sup>, Trần Văn Quang<sup>2</sup>, Phạm Văn Minh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Thủy công, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam

Ngày nhận bài 21/11/2017; ngày chuyển phân biên 24/11/2017; ngày nhận phân biên 2/1/2018; ngày chấp nhận đăng 16/1/2018

## Tóm tắt:

Lưu giữ nước trong các thành tạo bờ rời là hình thức dùng các giải pháp công trình để giữ nước lại trong các lỗ rỗng của các thành tạo bờ rời. Tây Nguyên với nhiều đặc thù riêng, lượng nước mưa, nước mặt trong mùa mưa có trữ lượng rất lớn, thường chảy tràn và tiêu thoát gây nên lãng phí tài nguyên, trong khi mùa khô lại thiếu nước trầm trọng ở nhiều nơi, bên cạnh đó trên khu vực này các thành tạo bờ rời phân bố rộng rãi với chiều dày lớn. Trên cơ sở phân tích đặc điểm địa chất thủy văn của các thành tạo bờ rời và sự tồn tại của các thành tạo này trong không gian địa chất, bài báo giới thiệu giải pháp công trình lưu trữ và khai thác nước trong các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên.

**Từ khóa:** Địa chất thủy văn, khai thác, lưu trữ, Tây Nguyên, thành tạo bờ rời.

**Chỉ số phân loại:** 2.1

## **Đặt vấn đề**

Lưu giữ nước về mùa mưa để sử dụng vào mùa khô là giải pháp hữu hiệu nhằm chống lại hạn hán, nhất là trong điều kiện biến đổi khí hậu hiện nay. Đã có nhiều hình thức lưu giữ nước khác nhau như hồ chứa, bể chứa, hồ treo... được nghiên cứu và áp dụng tại khu vực Tây Nguyên. Tuy nhiên vẫn chưa giải quyết triệt để được vấn đề thiếu nước sinh hoạt và nước sản xuất trong mùa khô.

Với đặc điểm thủy văn, lượng mưa và nước mặt trong mùa mưa có trữ lượng rất lớn, thường chảy tràn và tiêu thoát gây nên lãng phí tài nguyên, trong khi mùa khô lại thiếu nước trầm trọng ở nhiều nơi. Mặt khác do ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên như khí hậu, địa chất mà các thành tạo bờ rời (edQ) cũng như các thành tạo bồi tích (aQ) có thành phần đa dạng, diện phân bố rộng, chiều dày lớn [1-3]. Tùy theo sự tồn tại của các thành tạo trong không gian cũng như đặc điểm địa chất thủy văn của các thành tạo đó mà có thể hình thành được các cấu trúc lưu giữ nước.

Lưu giữ nước trong các thành tạo bờ rời là hình thức dùng các giải pháp công trình để giữ nước lại trong các lỗ rỗng của các thành tạo bờ rời. Trên cơ sở phân tích đặc điểm địa chất thủy văn của các thành tạo bờ rời, bài báo giới thiệu giải pháp công trình lưu trữ và khai thác nước trong các thành tạo này ở khu vực Tây Nguyên.

## **Cơ sở khoa học của giải pháp**

**Đặc điểm chung của các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên**

Các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên được hình thành

chủ yếu do quá trình phong hóa tại chỗ và quá trình rửa trôi, bồi tích của chính các sản phẩm phong hóa đó. Trên cơ sở sự phân bố, phân loại các loại đá gốc có thể chia ra các thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên thành các dạng sau:

- Thành tạo bờ rời trên đá phong hóa Bazan: Loại thành tạo này phủ lên khoảng 25-30% [3] diện tích bề mặt lãnh thổ Tây Nguyên, chủ yếu phân bố ở các khu vực Pleiku, bắc Buôn Ma Thuột, Buôn Hồ, Ea H'leo, Đắk Mil, Đức Trọng, Krông Pắc, Đắk Nông, Di Linh. Thành tạo này có chiều dày từ 10-50 m, lớn nhất là ở phần vòm cao nguyên Kon Hà Nừng, Đắk Nông (đạt 32,0-82,5 m).

- Thành tạo bờ rời trên đá magma xâm nhập: Trên địa bàn Tây Nguyên thành tạo này phân bố thành các dải như sau: Dải ở rìa phía đông, kéo liên tục từ Tu Mơ Rông xuống Krông Pa, Chư Yang Sin; dải ở phía tây Trường Sơn, từ Đắk Glei xuống Chư Prông, vòng qua Krông Pa theo hướng đông nam [2]. Thành tạo này có chiều dày thay đổi từ 10-40 m.

- Thành tạo bờ rời trên đá trầm tích lục nguyên: Thành tạo này phân bố chủ yếu ở phía nam, bao gồm tỉnh Đắk Lắk và Lâm Đồng [2]. Chiều dày của thành tạo này thường từ 5-10 m.

- Thành tạo bờ rời trên đá biến chất: Phân bố chủ yếu ở phía tây bắc, bắc và đông Tây Nguyên [2]. Thành tạo này phân bố dưới dạng địa hình núi cao, phân cắt mạnh. Chiều dày khoảng 10-20 m.

- Thành tạo bồi tích (aQ): Phân bố dọc các thung lũng sông suối, rải rác ở nhiều nơi [2]. Đất đá chứa nước chủ yếu là cát, sét pha, cuội sỏi với chiều dày thay đổi từ 0,5-46 m (Krông Pắc), thường gặp 3-5 m.

\*Tác giả liên hệ: Email: huyvuongdkt@gmail.com

# Solutions for water storage and exploitation in some loose formations of the Vietnam Central Highlands

Vu Viet Nguyen<sup>1</sup>, Huy Vuong Nguyen<sup>2\*</sup>,  
Van Quang Tran<sup>2</sup>, Van Minh Pham<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Vietnam Academy for Water Resources (VAWR)

<sup>2</sup>Hydraulic Construction Institute, VAWR

Received 21 November 2017; accepted 16 January 2018

## Abstract:

Water storage in loose formations is a method using structure measures to keep water in the formation pores. The Central Highlands with specific features and high volume of rainfall and surface runoff that often drains out, while water scarcity is very critical during the dry season in many places of the region; in addition, the loose formations are widely distributed across the region with high thickness. Based on the analyses of hydrogeological characteristics of the loose formations and its existence in a geological space, the paper presents structure measures for water storage and exploitation in the loose formations of the Central Highlands.

**Keywords:** Central Highlands, exploitation, hydrogeological, loose formation, storage.

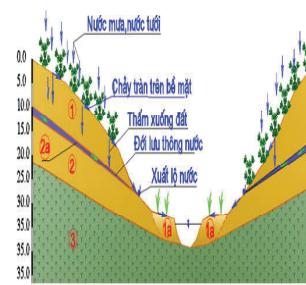
**Classification number:** 2.1

## Cấu trúc đặc trưng của thành tạo bờ rời

Khả năng lưu giữ được nước của thành tạo ngoài các yếu tố như thành phần hạt, độ lỗ rỗng, hệ số thấm thì còn phụ thuộc rất nhiều vào sự tồn tại của chính thành tạo đó trong không gian địa chất chung, hay nói cách khác là cấu trúc địa chất. Trên cơ sở kết quả khảo sát và tài liệu thu thập được thì thành tạo bờ rời trên khu vực Tây Nguyên có thể chia thành 2 dạng cấu trúc chính như sau:

Cấu trúc thành tạo bờ rời trên đá bazan (cấu trúc 1): Mặt cắt đặc trưng của dạng cấu trúc này có dạng như hình 1.

Trên cơ sở phân tích cấu trúc của thành tạo và các thông số địa chất thủy văn (bảng 1), cho thấy sự vận động của nước trong cấu trúc này có quy luật như sau: Nước mưa, nước tưới một phần chảy tràn trên mặt đất, một phần thấm xuống lớp 1 sau đó thấm vào lớp 2a - đây là lớp có tính lưu thông nước trung bình có thể nằm dốc về suối, vì vậy nước sẽ theo lớp này và xuất lộ ra ngoài bề mặt (quy luật này được thể hiện rõ ở hình 2).

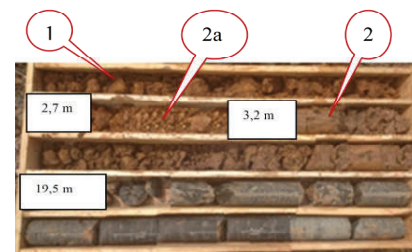


Hình 1. Mặt cắt đặc trưng thành tạo bờ rời trên đá bazan.

| Lớp | Mô tả địa tầng (cấu trúc 1)                                                                                                                                    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1a  | Lớp bồi tích (aQ), thành phần chủ yếu là sét pha đất có tính thấm nước yếu, mức độ lưu thông nước yếu; chiều dày từ 2-10,0 m, phổ biến nhất là khoảng 2-3,0 m. |
| 1   | Sét pha, sét màu xám nâu, nâu đỏ, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm yếu, chiều dày từ 3-5,0 m.                                                               |
| 2a  | Đới laterit thành phần là dăm mảnh lẫn đất, đới có tính thấm nước trung bình, chiều dày từ 0,4-2,0 m.                                                          |
| 2   | Sét pha, sét màu xám nâu, nâu đỏ, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm yếu, chiều dày từ 10-20,0 m.                                                             |

Bảng 1. Thông số địa chất thủy văn các lớp bờ rời của cấu trúc dạng 1.

| Lớp | Khối lượng thể tích (g/cm <sup>3</sup> ) | Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> ) | Độ lỗ rỗng (%) | Hệ số thấm (độ nước hồ khoan đào)           |
|-----|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------------|
| 1a  | 1,62-1,72                                | 2,69-2,78                             | 40-54          | $6 \times 10^{-6}$ - $1 \times 10^{-5}$     |
| 1   | 1,57-1,69                                | 2,72-2,87                             | 52-65          | $3 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-4}$     |
| 2a  | -                                        | -                                     | -              | $1,3 \times 10^{-4}$ - $5,2 \times 10^{-4}$ |
| 2   | 1,55-1,74                                | 2,70-2,88                             | 51-66          | $2 \times 10^{-5}$ - $6 \times 10^{-5}$     |

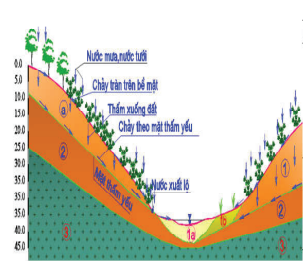


Hình 2. Nốn hồ khoan đặc trưng cho cấu trúc 1.

Cấu trúc thành tạo bờ rời trên đá magma, biến chất, trầm tích lục nguyên (cấu trúc 2): Về mặt hình dạng, cấu trúc 2 và cấu trúc 1 tương tự nhau, tuy nhiên do ảnh hưởng của thành phần đá gốc mà thành phần cấp phối và tính thấm nước của các lớp đất cấu tạo nên 2 thành tạo đó có những đặc điểm khác nhau. Mặt cắt đặc trưng của cấu trúc này được thể hiện ở hình 3, các thông số địa chất thủy văn của cấu trúc được trình bày ở bảng 2. Nốn hồ khoan đặc trưng cho cấu trúc dạng 2 khu vực sườn đồi và lòng suối được thể hiện ở hình 4 và 5. Các thí nghiệm xác định hệ số thấm của cát sỏi và đồ nước hồ khoan, hồ đào xác định hệ số thấm của các lớp đất được thể hiện ở hình 6 và 7.

Vận động của nước trong cấu trúc này có quy luật như sau: Nước mưa, nước tưới một phần chảy tràn trên mặt đất, một phần thấm xuống lớp 1, sau đó gặp lớp mặt của lớp 2 là lớp không thấm nên nước sẽ vận động trên bề mặt tiếp giáp này và xuất lộ ra bề mặt đất (quy luật này được thể hiện rõ ở hình 3).



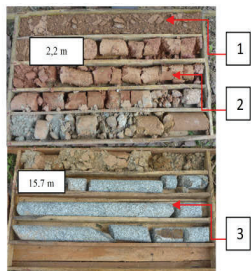


Hình 3. Mặt cắt đặc trưng thành tạo bờ rời trên đá magma, biến chất, trầm tích lục nguyên.

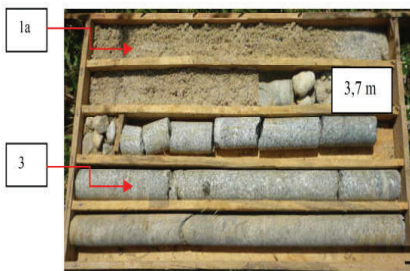
| Lớp | Mô tả địa tầng (cấu trúc 2)                                                                                                                                    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1a  | Lớp bồi tích (aQ), thành phần chủ yếu là cát hạt vừa lẫn cuội sỏi. Đất có tính thấm lớn, mức độ lưu thông nước cao, chiều dày phổ biến nhất là khoảng 2-3,0 m. |
| 1b  | Lớp bồi tích (aQ), thành phần chủ yếu là sét pha nhẹ màu xám vàng, xám nâu. Đất có tính thấm nước yếu, mức độ lưu thông nước kém.                              |
| 1   | Sét pha, sét màu xám nâu, nâu đỏ, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm trung bình, chiều dày từ 1,5-3,0 m.                                                      |
| 2   | Sét pha nặng, nâu đỏ dốm trắng, lẫn dăm sạn (edQ). Đất có tính thấm yếu, chiều dày từ 7-25,0 m.                                                                |

Bảng 2. Thông số địa chất thủy văn các lớp bờ rời của cấu trúc dạng 2.

| Lớp | Khối lượng thể tích (g/cm <sup>3</sup> ) | Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> ) | Độ lỗ rỗng (%) | Hệ số thấm (độ nước hố khoan, đào)      |
|-----|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|
| 1a  | 2,65-2,69                                | 2,65-2,69                             | 35-40          | $4 \times 10^{-1} - 2 \times 10^{-2}$   |
| 1b  | 1,75-1,88                                | 2,70-2,74                             | 30-42          | $1 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-6}$   |
| 1   | 1,67-1,78                                | 2,68-2,73                             | 49-61          | $3,2 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-5}$ |
| 2   | 1,71-1,88                                | 2,71-2,79                             | 45-51          | $1 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-6}$   |



Hình 4. Nỗn hố khoan đặc trưng cho cấu trúc dạng 2 khu vực sườn đồi.



Hình 5. Nỗn hố khoan đặc trưng cho cấu trúc dạng 2 khu vực lòng suối.



Hình 6. Thí nghiệm trong phòng xác định hệ số thấm của cát sỏi.



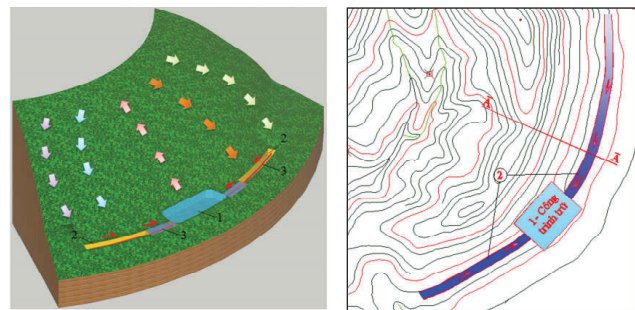
Hình 7. Thí nghiệm đổ nước hố khoan, hố đào xác định hệ số thấm của các lớp đất.

Các thành tạo bờ rời trên địa bàn Tây Nguyên có diện phân bố rộng, chiều dày lớn và tiếp xúc trực tiếp với nước mưa và nước mặt. Kết quả khảo sát đánh giá sự tồn tại của các thành tạo đó trong không gian địa chất cũng như các thông số địa chất thủy văn của các lớp đất đá cấu tạo nên các thành tạo bờ rời cho thấy có thể lưu giữ nước vào trong lỗ rỗng của các thành tạo này và khai thác hiệu quả nguồn nước đó nếu có được các giải pháp khoa học và công nghệ phù hợp.

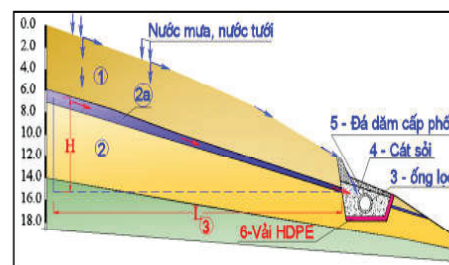
#### Đề xuất mô hình lưu giữ và khai thác

*Giải pháp lưu trữ và khai thác cho dạng cấu trúc 1 (Công trình gom, lưu trữ nước chân đồi)*

a) Sơ đồ công nghệ của giải pháp (hình 8, 9):



Hình 8. Phối cảnh và mặt bằng sơ đồ công nghệ.

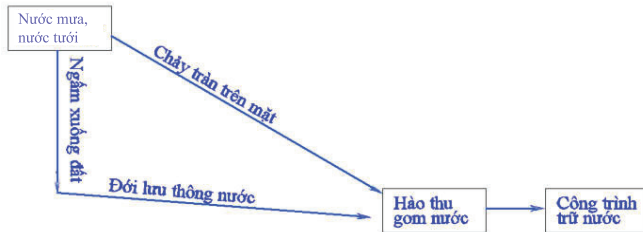


Chú thích:  
1- Công trình trữ nước  
2- Hào thu và giữ nước  
3- Ống lọc thu nước  
4- Cát sỏi  
5- Đá dăm cấp phối  
6- Vải chống thấm HDPE

Hình 9. Cắt ngang sơ đồ công nghệ theo đường A-A.

b) Nguyên lý hoạt động của giải pháp (hình 10):

Trong nguyên lý này, hào thu nước có nhiệm vụ lưu giữ và thu gom nước để chuyển về công trình trữ nước. Ngoài ra một phần nước mặt, nước mưa sau khi ngấm xuống đất sẽ được lưu lại trong đới lưu thông nước (đới 2a).



Hình 10. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của giải pháp.

c) Tính toán lượng nước chảy vào hào thu nước:

Lượng nước tích vào hào gồm hai đại lượng chính là lượng nước thấm trên bề mặt và lượng nước thấm qua tiết diện của mặt cắt giữa hào thu nước và lớp 2a, được thể hiện qua công thức sau:

$$Q_{thu} = Q_m + Q_n \quad (1)$$

trong đó:  $Q_m$  là lượng nước mặt chảy tràn và thấm trực tiếp vào hào thu nước;  $Q_n$  là lượng nước ngấm trong thành tạo bờ rồi thấm vào hào thu nước.

Lượng nước mặt chảy qua một đơn vị hào thu nước trong mùa mưa được tính theo công thức [4] :

$$q_m = P_e * F_{lv} \quad (2)$$

trong đó:  $q_m$  là lượng nước chảy qua một đơn vị hào thu nước trong mùa mưa;  $P_e$  là tổng độ sâu dòng chảy hiệu dụng trong mùa mưa;  $F_{lv}$  là lưu vực cho một đơn vị hào thu nước.

Lượng nước ngấm trực tiếp vào một đơn vị hào thu nước được tính theo công thức:

$$Q_{mn} = a * q_{mn}$$

trong đó  $a$  là hệ số ngấm, thường lấy từ 0,3 đến 0,35 [5, 6].

Giả sử có hào thu nước có chiều dài là  $L$ , ta sẽ có tổng lượng nước mặt chảy qua hào:

$$Q_m = L * Q_{mn} \quad (3)$$

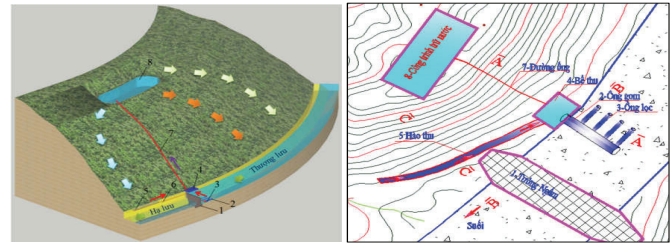
Lượng nước ngấm chảy vào hào thu nước được tính theo công thức sau:

$$Q_n = F * K * \frac{H}{L} \quad (4)$$

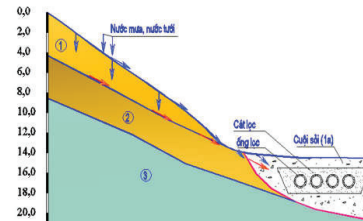
trong đó:  $Q_n$  là lượng nước ngấm chảy vào hào thu nước;  $F$  là diện tích tiết diện mặt cắt giữa hào thu nước và lớp thấm nước;  $K$  là hệ số thấm của lớp thấm nước;  $H/L$  là gradient thấm.

**Giải pháp lưu trữ và khai thác cho dạng cấu trúc 2 (Công trình thu gom, lưu trữ ngấm trên suối)**

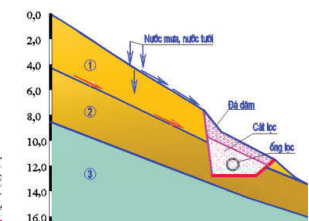
a) Sơ đồ công nghệ của giải pháp (hình 11-14):



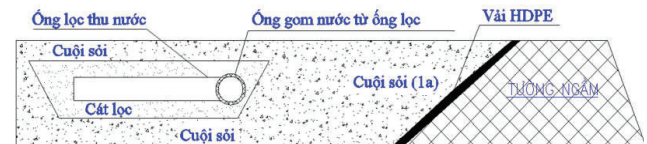
Hình 11. Phối cảnh và mặt bằng sơ đồ công nghệ của giải pháp.



Hình 12. Cắt ngang sơ đồ công nghệ theo đường A-A.

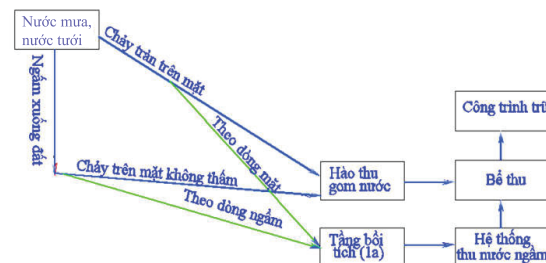


Hình 13. Cắt ngang sơ đồ công nghệ theo đường C-C.



Hình 14. Cắt dọc sơ đồ công nghệ theo đường B-B.

b) Nguyên lý hoạt động của giải pháp (hình 15):



Hình 15. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của giải pháp.

Nước mặt, nước tưới theo dòng mặt và dòng ngấm được lưu giữ lại trong hào thu nước và tầng bồi tích cuội sỏi lòng suối (1a). Hào thu nước (5) được kết nối trực tiếp với bể thu nước.

Hệ thống lưu giữ và khai thác nước trong tầng cuội sỏi có các hạng mục công trình như sau:

- Tường ngấm (1) có nhiệm vụ ngăn dòng ngấm và giữ nước lại trong tầng cuội sỏi lòng suối (1a).
- Ống gom nước (2) có nhiệm vụ gom nước từ các ống lọc.
- Ống lọc (3) có nhiệm vụ thu nước trong tầng cuội sỏi.
- Bể thu (4) có nhiệm vụ thu nước từ các ống gom.
- Nước từ bể thu được cấp trực tiếp đến công trình trữ.



bằng động lực.

c) *Tính toán khai thác hợp lý nguồn nước trong tầng cuối sỏi:*

- Lượng nước lưu giữ lại trong hào thu nước được tính toán theo phương pháp nêu trong các công thức 1-4.

- Lượng nước lưu giữ lại trong tầng cuối sỏi được tính bằng tổng thể tích lỗ rỗng của tầng cuối sỏi trong vùng không chế của tường ngầm.

- Lượng nước khai thác.

Quan hệ giữa lưu lượng tưới thường được thể hiện qua công thức sau đây:

$$Q_{yc} = S \times T \quad (5)$$

trong đó:  $Q_{yc}$  là lượng nước tối thiểu để tưới cho một diện tích  $S$  (ha);  $T$  là hệ số tưới.

Như vậy để đảm bảo nhu cầu tưới thì hệ thống thu nước phải thu được một lượng nước lớn hơn lưu lượng yêu cầu  $Q_{thu} = 1,2 \div 1,4 Q_{yc}$  ( $m^3/s$ ).

Lưu lượng  $Q_{thu}$  phụ thuộc vào khả năng thu nước của ống lọc, khả năng cung cấp nước của môi trường thu nước. Quan hệ giữa khả năng thu nước của ống lọc và lượng nước thu được biểu thị qua công thức:

$$Q_{thu} = q * L \quad (6)$$

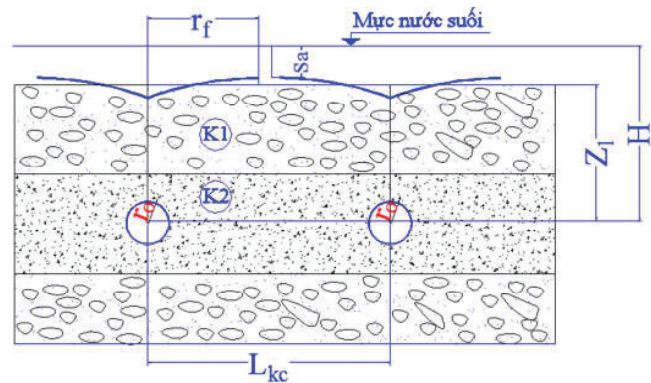
trong đó:  $q$  là tỷ lưu lượng (lượng nước thu được trên mỗi mét chiều dài ống lọc,  $m^3/s/m$ );  $L$  là tổng chiều dài ống lọc.

Như vậy, thiết kế hệ thống lấy nước ngầm là tìm ra được  $q$ ,  $L$  phù hợp và bố trí thiết kế phù hợp với đặc điểm địa hình, cấu trúc địa chất thủy văn hợp nhất.

Theo giáo trình động lực học nước dưới đất [7] thì  $q$  lưu lượng dòng chảy đến 1 m dài ống lọc được tính theo công thức sau:

$$q = W L_{kc} = \frac{K * H * L_{kc} * \left( \frac{\pi}{2} + \frac{H}{Z_1} \right)}{\frac{L_{kc}}{2} * (\ln Z_1 / 2 - \ln r_0) * \frac{Z_1}{2} + r_0} \quad (7)$$

trong đó:  $q$  là lưu lượng dòng chảy đến 1 m dài ống lọc ( $m^3/s/m$ );  $K$  là hệ số thấm của môi trường ( $m/s$ );  $W$  là lưu lượng dòng thấm ổn định do nước mặt cung cấp ( $m^3/s$ );  $L_{kc}$  là khoảng cách giữa hai ống lọc ( $m$ );  $H$  là khoảng cách từ mực nước suối đến tim ống lọc ( $m$ );  $Z_1$  là độ sâu đặt ống lọc ( $m$ );  $r_0$  là bán kính ống lọc ( $m$ ). Các thông số này được minh họa trong hình 16.



Hình 16. Minh họa các thông số trong công thức 7.

### Kết luận

Các thành tạo bờ rời trên địa bàn Tây Nguyên có diện phân bố rộng, chiều dày lớn và tiếp xúc trực tiếp với nước mưa và nước mặt. Trong các thành tạo đó tồn tại các cấu trúc có các đặc điểm địa chất thủy văn đảm bảo cho việc lưu giữ và khai thác nguồn nước này phục sinh hoạt và sản xuất. Giải pháp công trình gom, lưu trữ nước chân đồi và giải pháp công trình thu gom, lưu trữ ngầm trên suối được giới thiệu trong bài báo này là các giải pháp có tính khoa học và thực tiễn cao.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quốc Dũng, Nguyễn Huy Vượng (2013), “Triển vọng ứng dụng công trình cấp nước sinh hoạt và sản xuất kiểu đập ngầm và hào thu nước trên địa bàn Tây Nguyên”, *Tuyển tập kỷ yếu Hội thảo quản lý bền vững đất và nước ứng phó với hạn hán, hoang mạc hóa, lũ lụt và biến đổi khí hậu vùng Tây Nguyên*.
- [2] Nguyễn Việt Kì, Nguyễn Văn Tuấn (2005), “Các đặc trưng cơ lý của vỏ phong hóa trên một số loại đá phổ biến ở Tây Nguyên”, *Kỷ yếu Hội nghị khoa học và công nghệ lần thứ 9*, Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh.
- [3] Nguyễn Thanh (1985), “Địa chất công trình lãnh thổ Tây Nguyên”, *Tuyển tập Tây Nguyên - Các điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [4] L. Huisman, T.N. Olsthoorn (1998), *Artificial groundwater recharge*, Pitman advanced publishing program, London.
- [5] Đoàn Văn Cảnh (2010), *Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp thu gom nước mưa đưa vào lòng đất phục vụ chống hạn và bổ sung nhân tạo nước dưới đất vùng Tây Nguyên*, Báo cáo kết quả thực hiện đề tài độc lập cấp nhà nước mã số ĐTDL.2007G/44.
- [6] Nguyễn Huy Vượng và nnk (2014), “Bổ sung nhân tạo nước dưới đất từ nguồn nước hồ chứa vừa và nhỏ khu vực Tây Nguyên”, *Tuyển tập Hội nghị khoa học địa lý toàn quốc lần thứ 8*.
- [7] Trường Đại học Mỏ - Địa chất (2012), *Giáo trình động lực học nước dưới đất*.



# Đánh giá mức tiêu thụ năng lượng riêng cho băng tải mỏ hầm lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ

Lê Văn Đạt<sup>1\*</sup>, Nguyễn Ngọc Linh<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Kự<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy lợi

Ngày nhận bài 2/2/2018; ngày chuyển phản biện 5/2/2018; ngày nhận phản biện 12/3/2018; ngày chấp nhận đăng 26/3/2018

## Tóm tắt:

Mức tiêu thụ năng lượng riêng là chỉ tiêu đang được sử dụng để đánh giá hiệu quả về năng lượng của băng tải mỏ hầm lò có công suất lớn. Trong bài báo này, mức tiêu thụ năng lượng riêng và công suất dẫn động được xem xét là hàm xấp xỉ của khối lượng tải chất trên băng tải. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng với khối lượng tải được thiết lập dưới dạng giải tích. Tiếp theo, mức tiêu thụ năng lượng riêng được áp dụng để phân tích hiệu quả về năng lượng cho dạng băng tải mỏ hầm lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ với một số sơ đồ dẫn động khác nhau. Kết quả của nghiên cứu có thể áp dụng cho bài toán phân tích tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ của các băng tải mỏ hầm lò.

**Từ khóa:** Băng tải mỏ hầm lò, hộp giảm tốc bánh răng côn trụ, mức tiêu thụ năng lượng riêng.

**Chỉ số phân loại:** 2.3

## **Đặt vấn đề**

Hiện nay, băng tải là một trong những thiết bị chủ đạo trong hệ thống vận chuyển của các mỏ hầm lò, đặc biệt là các mỏ than. Các hướng phát triển công nghệ gần đây của băng tải đang được tập trung nghiên cứu là [1]: Tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ, tối ưu hóa tuyến vận chuyển, phân bố các cụm dẫn động, phân tích và mô phỏng.

Các hướng phát triển này luôn gắn kết chặt chẽ với nhau về mặt kỹ thuật cũng như về mặt kinh tế. Đối với các mỏ than hiện đại, việc phát triển công nghệ cho băng tải luôn đi liền với mục tiêu nâng cao năng suất và giảm chi phí khai thác [1, 2]. Do đặc trưng cơ bản là địa hình dốc, nên công suất của các băng tải lắp trong mỏ hầm lò khá lớn do phần công suất tiêu tốn để nâng vật liệu chiếm tỷ lệ cao, có thể lên đến 90% tổng công suất [1]. Mặt khác, do có yêu cầu đặc thù về phòng chống cháy nổ nên hệ thống dẫn động và băng nằm trong số các bộ phận có giá thành cao nhất. Vì vậy, việc tối ưu hóa hệ dẫn động trong thiết kế băng tải là một bài toán quan trọng, cần có lời giải hợp lý [3]. Khi tăng số lượng các cụm dẫn động sẽ dẫn tới kết quả quan trọng là giảm được cường độ của băng, giúp cho khối lượng và kết cấu của băng tải nhẹ hơn, nhỏ gọn và rẻ hơn. Đồng thời, một kết quả quan trọng khác là khả năng chuẩn hóa các bộ phận, nhờ đó khi chiều dài của hệ thống và công suất tăng lên thì vẫn có thể sử dụng cùng loại băng bằng cách bổ sung thêm cụm dẫn động [4]. Tuy nhiên, việc tăng số lượng cụm dẫn động cũng có thể dẫn tới việc tăng giá thành của chúng [3,

5]. Mặt khác, khi tăng số lượng cụm dẫn động, tối ưu hóa về năng lượng tiêu thụ cũng là vấn đề rất được quan tâm trong nghiên cứu [1, 2, 5].

Semenchenko và cộng sự [2] đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm về mức tiêu thụ năng lượng trên một băng tải vận chuyển ở mỏ than. Dựa trên mô hình hồi quy tuyến tính giữa công suất dẫn động và khối lượng tải chất trên băng, các tác giả [2] cũng đã phân tích đánh giá được mức tiêu thụ năng lượng riêng của băng tải theo mức độ chất tải. Áp dụng mô hình xấp xỉ nêu trên, trong nghiên cứu của chúng tôi chỉ tiêu mức tiêu thụ năng lượng riêng được sử dụng để phân tích các phương án bố trí cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ lắp tại vị trí đầu của băng tải mỏ hầm lò. Tính toán cụ thể được tiến hành trên một băng tải của Vinacomin với số liệu được cung cấp từ kết quả đề tài “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo nội địa hóa các hộp giảm tốc bánh răng côn trụ thường dùng trong băng tải mỏ hầm lò” của Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ.

## **Nội dung nghiên cứu**

Xây dựng quan hệ giải tích giữa chỉ số mức tiêu thụ năng lượng riêng và khối lượng tải chất trên băng của băng tải mỏ hầm lò dựa trên: Phương pháp tính công suất theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng, rời rạc hóa quá trình chất tải của băng tải mỏ hầm lò và sử dụng xấp xỉ tuyến tính của công suất theo khối lượng tải.

\*Tác giả liên hệ: Tel: 0934208293

# Analysis of the specific energy consumption for underground mining belt conveyor with single drive unit using bevel helical gearboxes

Van Dat Le<sup>1\*</sup>, Ngoc Linh Nguyen<sup>2</sup>, Van Kuu Nguyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Energy and Mining Mechanical Engineering - Vinacomin  
<sup>2</sup>Thuyloi University

Received 2 February 2018; accepted 26 March 2018

## Abstract:

The specific energy consumption is an important criterion which is used to evaluate the energy efficiency of underground mining belt conveyors. In this paper, the specific energy consumption is considered as a function of the load weight on a belt conveyor which is expressed in analytic form. This formulation is then used to analyse the energy efficiency of a typical underground belt conveyor in coal mines with single drive unit using bevel helical gearboxes in compliance with several transmission schematics. The result of the paper can be applied to the optimization problem of energy consumption for underground mining belt conveyors.

**Keywords:** Bevel helical gearbox, specific energy consumption, underground belt conveyor.

**Classification number:** 2.3

Áp dụng mức tiêu thụ năng lượng riêng thu được để so sánh hiệu quả về năng lượng của các sơ đồ dẫn động kiểu đơn - đơn, kiểu kép - đơn và kiểu kép - kép cho dạng băng tải mở hầm lò có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ. Trong tính toán, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các số liệu từ một băng tải điển hình của Vinacomin.

## Kết quả và thảo luận

### Hệ số chất tải và hệ số mức tiêu thụ năng lượng riêng

Để đánh hiệu quả năng lượng của việc vận chuyển vật liệu mỏ, mức tiêu thụ năng lượng riêng  $E$  được sử dụng.  $E$  được định nghĩa là năng lượng tiêu tốn để vận chuyển 1 tấn vật liệu mỏ bằng băng tải trên cự ly 1 km, được xác định như sau [2]:

$$E = \frac{1000P}{Q_{av}L}, \quad \frac{kWh}{T \cdot km} \quad (1)$$

Trong đó,  $Q_{av}$  là năng suất trung bình (T/h),  $L$  là cự ly vận chuyển (m). Công suất dẫn động cho băng tải là  $P$  (kW):

$$P = \frac{F_e v}{1000\eta} \quad (2)$$

với  $F_e$  là lực căng hữu ích (N);  $v$  là vận tốc của băng (m/s);  $\eta$  là hiệu suất của cụm dẫn động. Hiện nay, có hai cách tiếp cận phổ biến để tính toán lực căng hữu ích  $F_e$  được sử dụng trong các tiêu chuẩn thiết kế băng tải. Thứ nhất là cách tiếp cận về cân bằng lực sử dụng trong các tiêu chuẩn ISO 5048, DIN 22101, CEMA. Thứ hai là cách tiếp cận về cân bằng năng lượng sử dụng trong tiêu chuẩn JIS B 8805 của British Coal.

Theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng thì công suất của băng tải có thể chia làm ba thành phần chính là:

$$P = P_{eb} + P_h + P_l \quad (3)$$

Trong đó,  $P_{eb}$  là công suất để dẫn động băng không tải,  $P_h$  công suất để vận chuyển vật liệu theo phương ngang,  $P_l$  là công suất để nâng vật liệu theo phương đứng.

Để đơn giản hóa, khi xây dựng công thức (3), nghiên cứu đã bỏ qua thành phần công suất để khắc phục các lực cản phụ như lực cản tại vị trí phễu nạp liệu hay lực cản của bộ phận làm sạch băng. Ba thành phần công suất nêu trên được xác định như sau:

$$P_{eb} = gf(L_h + L_o)qv / 1000 \quad (4)$$

$$P_h = gf(L_h + L_o)q_G v / 1000 \quad (5)$$

$$P_l = gHvq_G / 1000 \quad (6)$$

với  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  là gia tốc trọng trường;  $L_h$  là khoảng cách vận chuyển theo phương ngang (m);  $L_o$  là chiều dài điều chỉnh (m), với  $L_h = 300 \div 1200 \text{ m}$  thì  $L_o = 45 \text{ m}$ ;  $H$  là chiều cao vận chuyển (m);  $f$  là hệ số cản của các bộ phận chuyển động, đối với băng tải thông thường  $f = 0,02$ , còn đối với băng tải ở mỏ thì  $f$  thường được lấy từ 0,025 đến 0,035 [2], trong [2] cũng khuyến nghị tăng hệ số cản  $f$  thêm 30% trong tính toán cho băng tải hầm lò, cụ thể là  $f = 0,05$ , do hiện tượng kẹt con lăn đỡ thường xảy ra trong môi trường làm việc ở hầm lò, British Coal yêu cầu  $f$  lấy trong khoảng 0,03 đến 0,041 [4]; khối lượng đơn vị của tải  $q_G$  (kg/m) và khối lượng các bộ phận chuyển động phân bố theo chiều dài của băng  $q$  (kg/m) được xác định theo các công thức:

$$q_G = \frac{Q_{av}}{3,6v} = \frac{1000W}{L} \quad (7)$$

$$q = q_{R0} + q_{RU} + 2q_B \quad (8)$$

với  $L = L_h / \cos \delta$ ;  $W$  là tổng khối lượng tải trên băng (T);  $q_{R0}$  là khối lượng đơn vị bộ phận quay của các con lăn đỡ trên (kg/m);  $q_{RU}$  là khối lượng đơn vị bộ phận quay của các con lăn đỡ dưới (kg/m);  $q_B$  là khối lượng đơn vị của băng (kg/m). So sánh về công suất tính toán theo các tiêu chuẩn khác nhau cho một băng tải cụ thể [4] cho thấy kết quả tính toán theo British Coal cao hơn một chút so với theo các tiêu chuẩn khác do có hệ số cản  $f$  áp dụng cho băng tải trong mỏ than lớn hơn so với điều kiện thông thường.

Trong các tiêu chuẩn tính toán nêu trên thì tải ở trên băng được coi là tải trọng phân bố đều  $q_G$ , xác định theo công thức (7), có nghĩa là khi tính toán mức tiêu thụ năng lượng của băng tải thì luôn ứng với tải lớn nhất. Đối với băng tải sử dụng trong hầm lò như mỏ than, do điều kiện địa chất, khai thác và trung chuyển nên quá trình chất tải lên băng thực tế là một quá trình

ngẫu nhiên, bởi vậy việc chất tải trên băng không liên tục và không đều. Một cách mô tả gần đúng là quá trình chất tải diễn ra theo từng đợt, khối lượng chất tải một đợt được đặc trưng bởi khối lượng tải trên băng của đợt đó. Khi nghiên cứu ảnh hưởng của việc nạp liệu không đều đối với công suất và tiêu thụ năng lượng của băng tải trong mỏ than, trong [2] áp dụng mô hình hồi quy mô tả sự phụ thuộc của công suất theo khối lượng tải như sau:

$$P_i = P_{eb} + W_i \Delta P_w \quad (9)$$

Trong đó,  $P_i$ ,  $W_i$  lần lượt là công suất dẫn động và khối lượng tải trên băng tại đợt thứ  $i$ ;  $\Delta P_w$  (kW/T) là công suất dẫn động cần thiết để vận chuyển 1 tấn khối lượng tải  $W_i$ . Sử dụng công thức xấp xỉ (9), kết hợp với (3) ta có:

$$W_i = \frac{P_i - P_{eb}}{\Delta P_w} = \frac{P_{h,i} + P_{l,i}}{\Delta P_w} \quad (10)$$

trong đó,  $\Delta P_w$  được xác định từ (3) đến (6), với chú ý là khối lượng đơn vị của tải ứng với 1 tấn  $\Delta q_G = 1000 / L$ :

$$\begin{aligned} \Delta P_w &= \Delta P_h + \Delta P_l = g v [f(L_h + L_o) + H] \frac{\Delta q_G}{1000} \\ &= g v [f(L_h + L_o) + H] / L \end{aligned} \quad (11)$$

Từ (1), (7) và (11) ta có chỉ số mức tiêu thụ năng lượng riêng  $E_i$  tương ứng với khối lượng tải  $W_i$ :

$$\begin{aligned} E(W_i) &= \frac{1000 P_i}{Q_i L} = \frac{P_i}{3,6 v W_i} \\ &= \frac{P_{eb} + g v [f(L_h + L_o) + H] W_i / L}{3,6 v W_i} \end{aligned} \quad (12)$$

Để phân tích quan hệ giữa mức độ chất tải và mức độ tiêu thụ năng lượng riêng, ta có thể sử dụng hệ số chất tải:

$$C_i = \frac{W_i}{W_{\max}} \quad (13)$$

$C_i$  là đại lượng không thứ nguyên, có giá trị từ 0 đến 1, thể hiện mức độ của khối lượng tải  $W_i$  so với khối lượng tải lớn nhất  $W_{\max}$ .  $W_{\max}$  được xác định bằng công thức (7), tương ứng với năng suất lớn nhất  $Q_{av}$ . Với các mức độ chất tải  $C_i$  khác nhau, sử dụng các công thức từ (3) đến (12) ta có thể xác định được các công suất dẫn động và mức tiêu thụ năng lượng riêng tương ứng.

**Phân tích mức tiêu thụ năng lượng riêng của băng tải mô hình lò có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ**

Xét một dạng băng tải hay sử dụng trong mỏ than của Vinacomin như hình 1a. Các thông số cơ bản của băng tải là năng suất thiết kế  $Q_{av}$ , cự ly vận chuyển  $L$ , chiều cao nâng  $H$ , góc dốc  $\delta$ . Do hạn chế về không gian làm việc nên các băng tải mô hình lò có nhiều tang dẫn, trong đó loại hộp giảm tốc bánh răng côn trụ thường được sử dụng với các sơ đồ dẫn động kiểu đơn (1 động cơ - 1 giảm tốc/1 tang dẫn) và kiểu kép (2 động cơ - 2 giảm tốc/1 tang dẫn) như các hình 1b, 1c. Hình 2 là sơ đồ lực căng băng của cụm dẫn động với hai tang dẫn. Giả thiết góc ôm  $\alpha$  của băng trên các tang và hệ số ma sát  $\mu$  giữa băng và các tang là như nhau, lực căng băng hiệu dụng được xác định là:

$$F_e = F_1 - F_4 \quad (14)$$

Theo công thức Ole ta có:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{F_2}{F_3} = \frac{F_3}{F_4} = e^{\mu \alpha} \quad (15)$$

Sử dụng (15), lực căng băng hiệu dụng trên tang đầu  $F_{eh}$ , trên tang dẫn thứ nhất  $F_{e1}$  và thứ hai  $F_{e2}$  là:

$$\begin{aligned} F_{eh} &= F_1 - F_2 = F_2(e^{\mu \alpha} - 1) \\ F_{e1} &= F_2 - F_3 = F_3(e^{\mu \alpha} - 1) \\ F_{e2} &= F_4 - F_3 = F_4(e^{\mu \alpha} - 1) \end{aligned} \quad (16)$$

Theo các tài liệu tính toán thông dụng [4], thường lấy  $\alpha = 230^\circ$  và  $\mu = 0,25$ , từ (15) ta xác định được các lực căng như sau:

$$F_1 = 2,727 F_2; F_2 = 2,727 F_3; F_3 = 2,727 F_4; F_1 = 2,727^3 F_4 \quad (17)$$

Thay (17) vào (14) được:

$$F_4 = \frac{1}{2,727^3 - 1} F_e = 0,052 F_e \quad (18)$$

Kết hợp (16), (17), (18) có quan hệ giữa lực căng băng lớn nhất  $F_1$  và  $F_{e1}$ ,  $F_{e2}$  với lực căng hiệu dụng  $F_e$ :

$$F_1 = 1,052 F_e; F_{e1} = 0,386 F_e; F_{e2} = 0,141 F_e \quad (19)$$

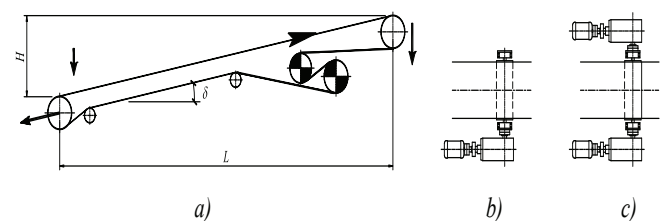
Các lực căng hiệu dụng  $F_{e1}$  và thứ hai  $F_{e2}$  thể hiện phân bố động lực của cụm dẫn động, công suất yêu cầu trên tang dẫn thứ nhất bằng 2,727 lần công suất yêu cầu trên tang dẫn thứ hai, theo tỷ lệ phần trăm tương ứng là 73,2 và 26,8%. Sau khi đã xác định được các lực căng hiệu dụng  $F_e$ ,  $F_{e1}$ ,  $F_{e2}$  từ công suất của băng tải  $P$  (bảng 1), sẽ xác định được công suất yêu cầu trên các tang dẫn thứ nhất và thứ hai,  $P_{11}$ ,  $P_{12}$  và tổng công suất yêu cầu trên hai tang  $P_{11} + P_{12}$  và mức tiêu thụ năng lượng riêng tính toán  $E_i$  (bảng 2).

Xét các trường hợp bố trí dẫn động cho các tang dẫn như sau:

- TH1 (kiểu đơn - đơn): Mỗi tang có sơ đồ dẫn động kiểu đơn, công suất của mỗi bộ động cơ - giảm tốc bằng công suất tính toán trên tang,  $P_1 = P_{11}$ ,  $P_2 = P_{12}$ .

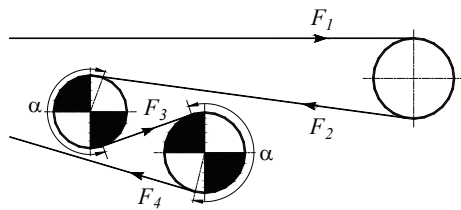
- TH2 (kiểu kép - đơn): Tang dẫn thứ nhất có sơ đồ dẫn động kiểu kép, tang dẫn thứ hai có sơ đồ dẫn động kiểu đơn, ba bộ động cơ giảm tốc giống nhau có công suất bằng 1/2 công suất tính toán trên tang dẫn thứ nhất,  $P_{11} = P_{12} = P_2 = P_1 / 2$ .

- TH3 (kiểu kép - kép): Các tang dẫn có sơ đồ dẫn động kiểu kép, công suất của mỗi bộ động cơ - giảm tốc bằng 1/2 công suất tính toán trên tang dẫn đó,  $P_1 = P_{11} / 2$ ,  $P_2 = P_{12} / 2$ .



Hình 1. a) Sơ đồ dẫn động của băng tải mô hình lò; b) Sơ đồ dẫn động kiểu đơn; c) Sơ đồ dẫn động kiểu kép.





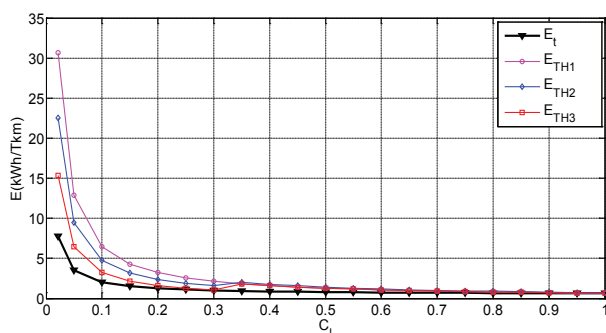
Hình 2. Lực căng trên cụm dẫn động hai tang dẫn.

Bảng 1. Kết quả tính các thông số cơ bản của băng tải.

|                |      |                 |       |               |        |
|----------------|------|-----------------|-------|---------------|--------|
| $Q_{av}$ (T/h) | 320  | $\eta$          | 0,95  | $P_{eb}$ (kW) | 92,2   |
| $L$ (m)        | 1005 | $q_{ro}$ (kg/m) | 16,5  | $P_h$ (kW)    | 45,8   |
| $\delta$ (độ)  | 16   | $q_{ru}$ (kg/m) | 5     | $P_l$ (kW)    | 251,3  |
| $v$ (m/s)      | 2    | $q_g$ (kg/m)    | 34    | $P$ (kW)      | 389,3  |
| $L_g$ (m)      | 45   | $q_G$ (kg/m)    | 44,44 | $F_g$ (N)     | 193290 |
| $f$            | 0,05 | $W_{max}$ (T)   | 46,5  | $F_{cl}$ (N)  | 74611  |
|                |      |                 |       | $F_{c2}$ (N)  | 27061  |

Bảng 2. Điều khiển công suất của các sơ đồ dẫn động tương ứng với hệ số chất tải.

| Tính toán |       |       |          | TH1      |           |       |       | TH2        |          |          |       | TH3        |          |          |          |          |  |  |  |
|-----------|-------|-------|----------|----------|-----------|-------|-------|------------|----------|----------|-------|------------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|
| $C_1$     | $W_1$ | $P_1$ | $P_{1l}$ | $P_{12}$ | $P_{13M}$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_{13M2}$ | $P_{1l}$ | $P_{12}$ | $P_2$ | $P_{13M3}$ | $P_{1l}$ | $P_{12}$ | $P_{2l}$ | $P_{22}$ |  |  |  |
| (T)       | (kW)  | (kW)  | (kW)     | (kW)     | (kW)      | (kW)  | (kW)  | (kW)       | (kW)     | (kW)     | (kW)  | (kW)       | (kW)     | (kW)     | (kW)     | (kW)     |  |  |  |
| 0,021     | 1,0   | 54,5  | 40,0     | 14,5     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,10      | 4,6   | 67,5  | 49,5     | 18,0     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,20      | 9,3   | 83,9  | 61,6     | 22,3     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,30      | 13,9  | 100,4 | 73,7     | 26,7     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 158,2      |          | 79,1     | 79,1  | 107,8      | 79,1     |          |          | 28,7     |  |  |  |
| 0,40      | 18,6  | 116,8 | 85,7     | 31,1     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,50      | 23,2  | 133,3 | 97,8     | 35,5     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,60      | 27,9  | 149,7 | 109,9    | 39,9     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,70      | 32,5  | 166,2 | 122,0    | 44,2     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,80      | 37,2  | 182,6 | 134,0    | 48,6     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 0,90      | 41,8  | 199,1 | 146,1    | 53,0     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |
| 1,0       | 46,5  | 215,6 | 158,2    | 57,4     | 215,6     | 158,2 | 57,4  | 237,2      | 79,1     | 79,1     | 79,1  | 215,6      | 79,1     | 79,1     | 28,7     | 28,7     |  |  |  |



Hình 3. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng và hệ số chất tải của các sơ đồ dẫn động.

Kết quả tính toán ở bảng 1 cho thấy, công suất dùng để nâng vật liệu  $P_l$  lên đến 64,5% so với công suất để vận chuyển vật liệu theo phương ngang  $P_h$  là 11,8% và công suất để dẫn động không tải  $P_{eb}$  là 23,7%. Bảng 2 cho thấy, khi hệ số chất tải  $C_l \leq 0,3$  thì với các trường hợp 2 (TH2), trường hợp 3 (TH3) có thể giảm

năng lượng tiêu thụ bằng cách tắt bớt động cơ, cụ thể là trong TH2 có thể tắt bớt 1 động cơ trên tang dẫn thứ nhất, còn trong TH3 là tắt bớt một động cơ trên mỗi tang dẫn. Rõ ràng, với sơ đồ dẫn động TH1 thì không thể tắt được động cơ trên các tang dẫn. Khi  $C_l > 0,3$ , ví dụ  $C_l = 0,4$ , thì mặc dù tổng công suất trên hai tang lớn hơn tổng công suất yêu cầu  $P_l = 116,8$  kW, cũng không được tắt bớt động cơ trên các tang dẫn vì phải duy trì công suất dẫn động lớn hơn mức yêu cầu là  $P_{l1} = 85,7$  kW và  $P_{l2} = 31,1$  kW. Quan hệ giữa mức tiêu thụ năng lượng riêng và hệ số chất tải ứng với ba trường hợp nêu trên được biểu diễn trên hình 3, cho thấy khi  $C_l > 0,3$  thì chênh lệch về mức tiêu thụ năng lượng riêng của cả ba trường hợp TH1, TH2, TH3 không lớn và khá gần mức tiêu thụ năng lượng riêng tính toán  $E_l$ . Tuy nhiên, khi  $C_l \leq 0,3$  thì sự chênh lệch giữa ba trường hợp này là khá lớn, trong đó TH3 có mức tiêu thụ năng lượng riêng nhỏ nhất và nằm gần  $E_l$  nhất, ngược lại là TH1. Khi hệ số chất tải  $C_l$  càng thấp thì mức tiêu thụ năng lượng riêng càng lớn, khi  $C_l = 0,021$  ứng với khối lượng tải  $W_l = 1$  T, thì  $E_{TH1} = 31$  kWh/Tkm,  $E_{TH2} = 22$  kWh/Tkm,  $E_{TH3} = 15$  kWh/Tkm, nghĩa là mức tiêu thụ năng lượng riêng của TH2 giảm khoảng 29% và của TH3 giảm khoảng 52% so với TH1.

## Kết luận

Dựa trên phương pháp tính công suất theo cách tiếp cận về cân bằng năng lượng, rời rạc hóa quá trình chất tải và sử dụng xấp xỉ tuyến tính của công suất theo khối lượng tải của băng tải mô phỏng, quan hệ mức tiêu thụ năng lượng riêng với khối lượng tải được thiết lập dưới dạng giải tích. Tiếp theo, mức tiêu thụ năng lượng riêng này được sử dụng để phân tích hiệu quả về mặt năng lượng của các sơ đồ dẫn động kiểu đơn và kiểu kép cho một băng tải mô phỏng có một cụm dẫn động với hai tang dẫn sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ. So sánh ba trường hợp bố trí dẫn động cho các tang dẫn cho thấy sơ đồ dẫn động kiểu kép - kép tiết kiệm năng lượng hơn so với các sơ đồ kiểu kép - đơn và kiểu đơn - đơn, nhất là khi hệ số chất tải nhỏ hơn 0,3. Mức tiêu thụ năng lượng riêng được xây dựng trong bài báo này có thể phát triển cho trường hợp băng tải có nhiều cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ, đồng thời cho thấy tiềm năng được sử dụng là một chỉ tiêu kỹ thuật trong các bài toán thiết kế mới hay thiết kế cải tạo nhằm phân tích tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ cho các băng tải mô phỏng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.A. Alspaugh (2001), *Latest Developments in Belt Conveyor Technology*, Overland Conveyor Co., Inc, Las Vegas, NV, USA.
- [2] A. Semenchenko, P. Belitsky, M. Stadnik, O. Stepanenko (2016), "The impact of anuneven loading of a belt conveyor onthe loading of drive motors and energyconsumption in transportation", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, **4(1)**, pp.42-51.
- [3] Z. Despodov, S. Mijalkovski, V. Adziski (2014), "Selection of Belt Conveyors Drive Units Number by TechnicalEconomical Analysis", *Applied Mechanics and Materials*, **683**, pp.189-195.
- [4] E.D. Yardley, L.R. Stace (2008), *Belt conveying of minerals*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- [5] A. Nuttal (2007), *Design Aspects of Multiple Driven Belt Conveyors*, Dissertation, Delft Technical University, ISBN 978-90-5584-092-2.

# Đánh giá khả năng xử lý ion $\text{Ni}^{2+}$ trong nước bằng đá nhân tạo

Lê Thị Xuân Thùy<sup>1\*</sup>, Lê Thị Sương<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Sao Mai<sup>1</sup>, Kunihiko Kato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

<sup>2</sup>Tổ chức Nghiên cứu nông nghiệp và thực phẩm Nhật Bản

Ngày nhận bài 16/1/2018; ngày chuyển phản biện 22/1/2018; ngày nhận phản biện 26/2/2018; ngày chấp nhận đăng 28/2/2018

## Tóm tắt:

Đá nhân tạo là một sản phẩm của công nghệ tái chế các chai, lọ thủy tinh tại Nhật Bản, có đặc tính không sinh ra chất độc hại, không ăn mòn, thân thiện với môi trường và được ứng dụng nhiều trong các công trình tại Nhật như trồng cây xanh, các công trình nông nghiệp, xây dựng... Bài báo trình bày kết quả đánh giá khả năng xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước bằng đá nhân tạo. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, đá nhân tạo có khả năng hấp phụ tốt ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong môi trường nước. Khả năng hấp phụ tối đa của vật liệu là 5 mg/g với thời gian tiếp xúc khoảng 15 phút. Bên cạnh đó, vật liệu này còn hấp phụ ion  $\text{H}^+$  trong dung dịch nên có khả năng đưa môi trường axit ( $\text{pH} < 7$ ) về môi trường trung tính ( $\text{pH} = 7$ ).

**Từ khóa:** Đá nhân tạo, kim loại nặng, Niken, vật liệu thân thiện với môi trường, xử lý nước.

**Chỉ số phân loại:** 2.7

## **Đặt vấn đề**

Ô nhiễm môi trường nước là một thách thức lớn đối với sự tồn tại và phát triển của nhân loại. Việc khai thác tài nguyên nước hợp lý phục vụ phát triển kinh tế, cũng như cung cấp nước sạch để đáp ứng nhu cầu sinh hoạt của con người ngày càng trở nên cấp thiết. Theo Tổ chức Y tế thế giới, hơn 80% bệnh tật của con người là do nguồn nước và môi trường không đảm bảo [1, 2]. Các chất ô nhiễm chủ yếu bao gồm kim loại nặng, vi sinh vật, phân bón, và các hợp chất độc hại. Trong đó, Niken ( $\text{Ni}^{2+}$ ) được xem là một trong những kim loại nguy hiểm, được đưa vào danh sách các chất gây ô nhiễm mức cao của Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) [3]. Ở nồng độ cao,  $\text{Ni}^{2+}$  gây nên ung thư phổi, mũi và xương, một số dấu hiệu về ngộ độc cấp tính do  $\text{Ni}^{2+}$  gây ra như nhức đầu, chóng mặt, buồn nôn, nôn mửa, đau ngực, ho khan, hô hấp nhanh, da tím tái và suy nhược [4, 5]. Do đó, việc giảm hàm lượng ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước thải về ngưỡng cho phép trước khi xả ra môi trường tự nhiên là một trong những yêu cầu bắt buộc. Các phương pháp loại bỏ  $\text{Ni}^{2+}$  từ nước thải bao gồm kết tủa hóa học, trao đổi ion, lọc, hóa học, điện phân và hấp phụ [6]; trong đó hấp phụ là giải pháp đầy hứa hẹn để xử lý các kim loại nặng tồn tại trong môi trường nước. Đặc biệt, trong những năm gần đây, việc chế tạo và ứng dụng những loại vật liệu hấp phụ

mới để xử lý môi trường đang rất được quan tâm, cần có những nghiên cứu cụ thể, sâu rộng hơn.

Đá nhân tạo là sản phẩm được tái chế từ các chai, lọ thủy tinh đã qua sử dụng, với cấu trúc có nhiều lỗ khí nên vật liệu này có đặc tính thông khí và thoát nước tốt. Ngoài ra, đặc điểm ưu việt nhất của đá nhân tạo chính là trọng lượng siêu



Hình 1. Đá nhân tạo.

\*Tác giả liên hệ: Email: letxthuy@gmail.com

# Evaluating the possibility of removing $\text{Ni}^{2+}$ ion from aqueous solution by artificial stone

Thi Xuan Thuy Le<sup>1\*</sup>, Thi Suong Le<sup>1</sup>,  
Thi Sao Mai Nguyen<sup>1</sup>, Kunihiko Kato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Science and Technology, The University of Da Nang

<sup>2</sup>NARO Tohoku Agricultural Research Center

Received 16 January 2018; accepted 28 February 2018

## Abstract:

Artificial stone is the product created from the recycling technology of glass bottles and jars in Japan with its non-toxic, non-corrosive properties, so this product is considered an environmentally friendly product and used in many projects in Japan such as planting trees, agricultural projects, construction, etc. The article presents the assessment results of removing  $\text{Ni}(\text{II})$  ion from aqueous solution using artificial stone. The research demonstrated that the  $\text{Ni}(\text{II})$  ion adsorption capacity of artificial stone in aqueous solution was very high with 5 mg/g in 15-minute contact time condition. In addition, artificial stone was also capable of increasing pH value from the acid medium ( $\text{pH} < 7$ ) to the neutral medium ( $\text{pH} = 7$ ).

**Keywords:** Artificial stone, environmentally friendly materials, heavy metals, Nickel, water treatment.

**Classification number:** 2.7

nhẹ và có thể nổi trên mặt nước. Với đặc điểm này, đá nhân tạo được đánh giá cao về giá trị sử dụng khi đưa vào ứng dụng trong nhiều lĩnh vực tại Nhật Bản như các công trình xây dựng công cộng hay công trình nông nghiệp và xử lý môi trường... nhưng ở Việt Nam còn khá mới mẻ và chưa từng được nghiên cứu. Do đó, chúng tôi tiến hành nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước bằng đá nhân tạo.

## Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### Đối tượng nghiên cứu

- Mẫu nước chứa ion  $\text{Ni}^{2+}$ .
- Đá nhân tạo (tỷ trọng khô: 0,4 ~ 0,5; hệ số thấm nước:

$3 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10 \text{ cm/s}$ ).

## Phương pháp nghiên cứu

### Hóa chất và thuốc thử:

Đá nhân tạo sử dụng trong nghiên cứu được sản xuất bởi Công ty Trim, Nhật Bản (hình 1). Các hóa chất khác bao gồm nước cất, dung dịch  $\text{NiSO}_4$  250 mg/l, dung dịch NaOH 1 M, dung dịch NaOH 10%, dimethyl glyoxin 1%, dung dịch  $\text{I}_2$  0,05 M, dung dịch HCl 0,1 M được điều chế trong phòng thí nghiệm.

Chuẩn bị dung dịch  $\text{Ni}^{2+}$  250 mg/l: Hòa tan 0,6567 g  $\text{NiSO}_4$  vào 1000 ml nước cất, nhỏ 3-4 giọt HCl đậm đặc nhằm ổn định ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong dung dịch.

Chuẩn bị dung dịch dimethyl glyoxin 1%: Hòa tan 1 g dimethyl glyoxin vào 100 ml dung dịch NaOH 5%.

Chuẩn bị dung dịch  $\text{I}_2$  0,05 M: Hòa tan 3,175 g  $\text{I}_2$  và 9,525 g KI vào 250 ml nước cất. Dung dịch  $\text{I}_2$  được bảo quản trong chai sẫm màu.

*Nội dung thí nghiệm xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước của đá nhân tạo:*

Khả năng hấp phụ ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được nghiên cứu dựa trên việc khảo sát các thông số khác nhau như thời gian tiếp xúc, nồng độ kim loại, pH và lượng vật liệu, thể tích mẫu dung dịch. Trong đó, thời gian tiếp xúc được khảo sát từ 5 phút đến 360 phút; nồng độ kim loại được khảo sát tăng dần từ 1 mg/l đến 250 mg/l; giá trị pH được thay đổi từ 1 đến 10 (được điều chỉnh bằng dung dịch HCl đậm đặc và NaOH 10%); lượng đá nhân tạo được khảo sát từ 5 g đến 40 g và thể tích mẫu được khảo sát tăng từ 25-250 ml. Khi tiến hành khảo sát thông số nào thì các giá trị của thông số đó được điều chỉnh thay đổi, còn các thông số khác giữ cố định. Sau khi hấp phụ, đá nhân tạo được lọc để lấy ra khỏi mẫu nước thí nghiệm. Nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  còn lại trong dung dịch được xác định bằng máy AAS.

Hiệu suất (E%) và lượng  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi hấp phụ ( $Q_e$ ) được xác định theo công thức:

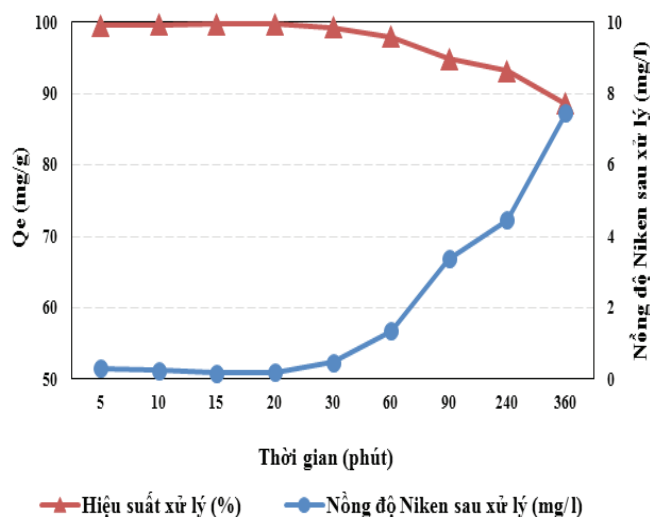
$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100(\%); \quad Q_e = (C_o - C_e) \cdot V$$

Trong đó, E là hiệu suất của quá trình hấp phụ (%);  $C_o$  là nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  ban đầu (mg/l);  $C_e$  là nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi hấp phụ (mg/l);  $Q_e$  là lượng  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi hấp phụ (mg); V là thể tích của dung dịch (l).



## Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

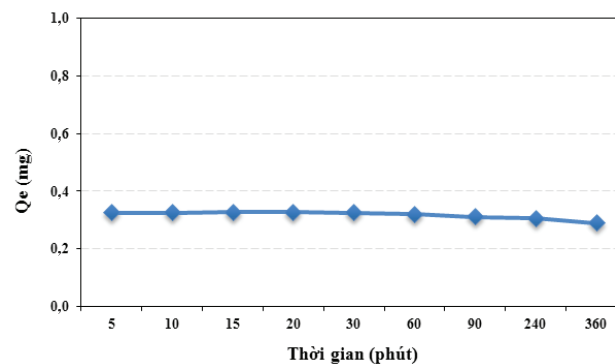


Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  ban đầu là 65 mg/l, thời gian tiếp xúc được khảo sát từ 5 phút đến 360 phút (hình 2).

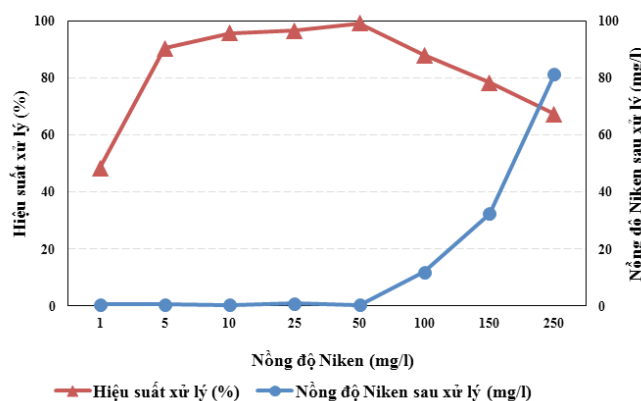
Khi tăng thời gian tiếp xúc từ 5 đến 360 phút thì khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo giảm, trong khoảng thời gian tiếp xúc từ 5 đến 30 phút, hiệu suất xử lý  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo tăng dần và đạt đến trạng thái gần như bão hòa, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  giảm xuống 0,5 mg/l. Nhưng khi tiếp tục tăng thời gian từ 60 đến 360 phút, đường biểu diễn hiệu suất có xu hướng giảm xuống, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  tăng từ 1,359 đến 7,454 mg/l. Tại mốc thời gian tiếp xúc là 15 phút, hiệu suất xử lý  $\text{Ni}^{2+}$  cao nhất (99,72%). Do vậy, các thông số tiếp theo được khảo sát ở thời gian hấp phụ là 15 phút.

Ngoài ra, một trong những ưu điểm khi sử dụng đá nhân tạo là khả năng hấp phụ  $\text{H}^+$  giúp điều chỉnh pH trong dung dịch. Khi vật liệu tiếp xúc với mẫu nước có giá trị pH ban đầu là 4, mẫu nước sau xử lý có xu hướng tăng pH lên và đạt giá trị là 7. Vì vậy, đây là một trong những cơ sở góp phần nâng cao hiệu suất xử lý của đá nhân tạo mà không cần sử dụng hóa chất để nâng giá trị pH đối với những loại nước thải có tính axit, đồng thời cũng làm giảm lượng bùn thải sau xử lý. Cũng tương tự như đường biểu diễn hiệu suất xử lý, đường biểu diễn lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có xu hướng giảm nhẹ khi tăng thời gian tiếp xúc của vật liệu (hình 3).



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

### Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu



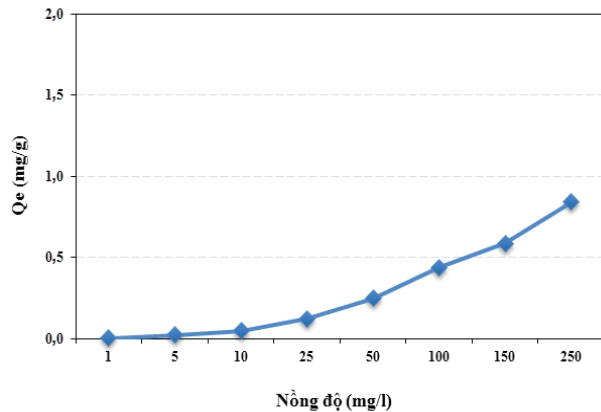
Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ đầu vào đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng nồng độ đầu vào đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, thời gian tiếp xúc 15 phút. Nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  được thay đổi từ 1 đến 250 mg/l (hình 4).

Khi tăng nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  từ 1 đến 250 mg/l thì hiệu suất xử lý  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo thay đổi rõ rệt. Ở nồng độ 1 mg/l hiệu suất xử lý Niken thấp nhất, chỉ đạt 48,47%. Khi tăng nồng độ từ 5 đến 50 mg/l thì hiệu suất tăng từ 90,52 đến 99,22%, tuy nhiên khi tiếp tăng nồng độ lên đến 250 mg/l thì hiệu suất xử lý có xu hướng giảm. Sự thay đổi lên xuống của đường biểu diễn nồng độ có thể được giải thích như sau: Tại mốc thời gian tiếp xúc 15 phút chỉ mới là mốc thời gian phù hợp để đá nhân tạo hấp phụ vừa đủ các ion  $\text{Ni}^{2+}$  trong các khoảng nồng độ từ 5 đến 50 mg/l, nhưng nó lại vượt quá ngưỡng thời gian bão hòa của vật liệu khi tiếp xúc mẫu nước chứa ion  $\text{Ni}^{2+}$  với nồng độ 1 mg/l. Còn trong khoảng nồng độ từ 100 đến 250 mg/l, hiệu suất xử lý giảm có thể do thời gian tiếp xúc chưa đủ hoặc nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  quá lớn trong

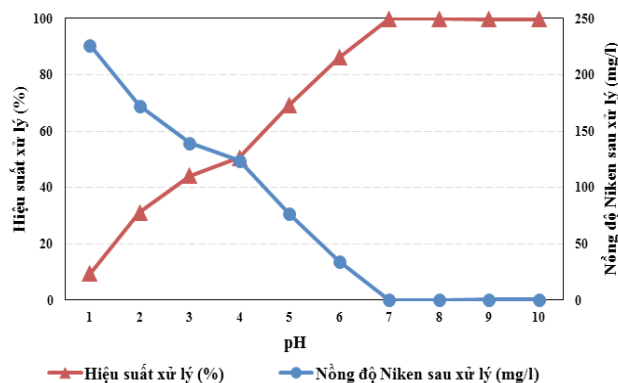
khi đó lượng vật liệu sử dụng còn ít.

Bên cạnh đó, đường biểu diễn lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có xu hướng tăng dần khi tăng nồng độ. Mặc dù hiệu suất xử lý đạt cao nhất ở nồng độ 50 mg/l (99,22%) nhưng dựa vào biểu đồ biểu diễn sự hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  trên 1 g vật liệu thì cho thấy khi tăng nồng độ lên thì khả năng hấp phụ của đá nhân tạo tăng lên rõ rệt và đạt mức cao nhất ở nồng độ 250 mg/l (hình 5). Do vậy, nồng độ 250 mg/l được chọn để khảo sát tiếp các thông số sau.



Hình 5. Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

#### Ảnh hưởng của pH



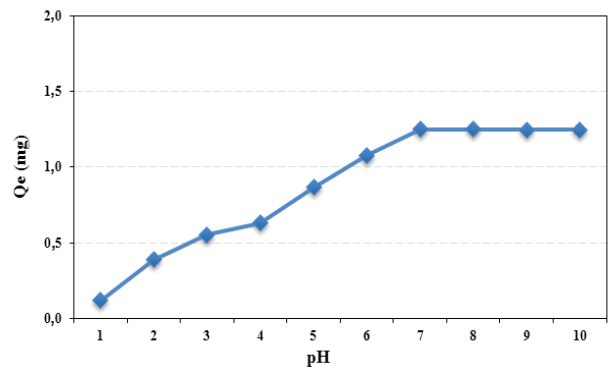
Hình 6. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của pH đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc là 15 phút, khoảng pH được khảo sát dao động từ 1 đến 10 (hình 6).

Khi tăng giá trị pH thì nồng độ Niken sau xử lý giảm, hiệu suất xử lý tăng, ứng với khoảng pH từ 1 đến 6 nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau xử lý giảm từ 226,231 xuống 34,145 mg/l, hiệu suất tăng từ 9,47 lên 86,23% và bắt đầu từ pH 7 đến 10, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau xử lý có giá trị nhỏ hơn 0,7 mg/l, hiệu suất

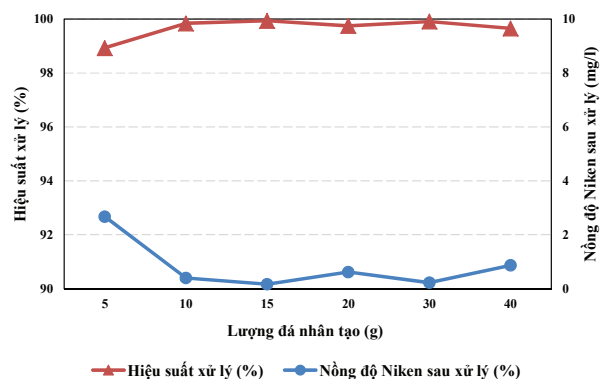
xử lý trong trường hợp này có thay đổi nhưng không đáng kể, đều đạt trên 99%. Ở môi trường pH > 7 sự có mặt của nhóm hydroxit dẫn đến hiện tượng kết tủa  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ , đối với môi trường có pH < 7 thì các ion  $\text{Ni}^{2+}$  tan trong dung dịch, bền vững hơn so với môi trường pH > 7. Căn cứ kết quả thu được, pH từ 7 đến 10 là khoảng tối ưu cho các thí nghiệm còn lại. Tuy nhiên để hạn chế việc sử dụng hóa chất cũng như tiết kiệm chi phí đầu tư hóa chất trong việc điều chỉnh pH, đồng thời để phát huy tối đa hiệu quả sử dụng vật liệu, pH = 7 được chọn để khảo sát các thông số tiếp theo.

Đường biểu diễn lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo tương đồng với đường biểu diễn hiệu suất xử lý Niken. Khi thay đổi các giá trị pH từ 1 đến 6, lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có sự thay đổi rõ ràng, tuy nhiên khi tiếp tục nâng giá trị pH từ 7 đến 10 có thay đổi nhưng không đáng kể (hình 7).



Hình 7. Ảnh hưởng của pH đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

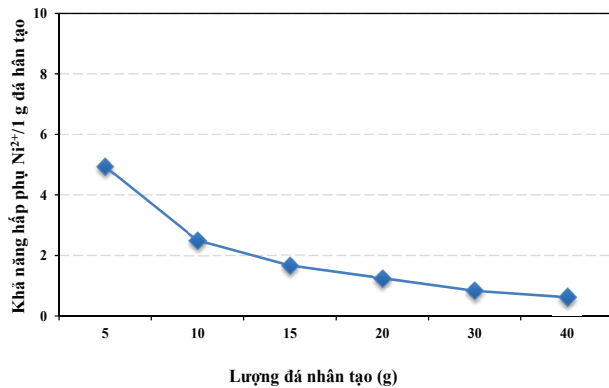
#### Ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo



Hình 8. Ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo đến hiệu suất xử lý.

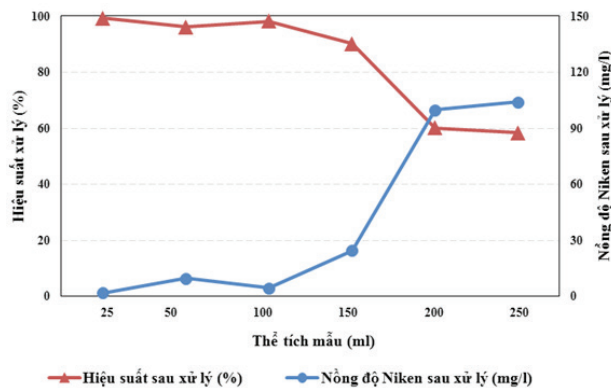
Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  được thực hiện bằng cách cho đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc từ 15 phút, khối lượng vật liệu được khảo sát thay đổi từ 5 đến 40 g (hình 8).

Kết quả trên hình 8 cho thấy, ứng với 5 g đá nhân tạo, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau khi xử lý còn 2,675 mg/l, hiệu suất xử lý đạt 98,93%. Tiếp tục tăng lượng đá nhân tạo lên đến 40 g thì hiệu suất xử lý không thay đổi nhiều, đều đạt trên 99%, nồng độ  $\text{Ni}^{2+}$  sau xử lý dao động trong khoảng từ 0,164-0,869 mg/l. Ngược lại với đường biểu diễn hiệu suất, đường biểu diễn ảnh hưởng của khối lượng đến khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$ /1 g đá nhân tạo có sự thay đổi rõ ràng, có xu hướng giảm dần khi tăng dần khối lượng (hình 9).



Hình 9. Ảnh hưởng của khối lượng đến khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  trên 1 g đá nhân tạo.

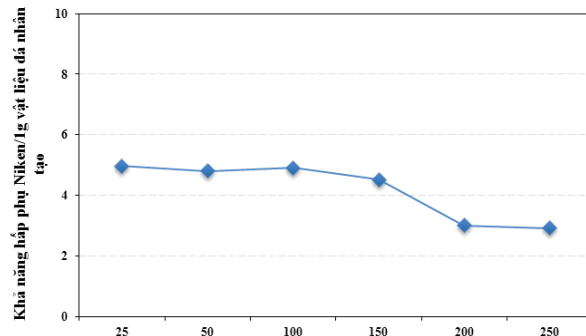
#### Ảnh hưởng của thể tích mẫu



Hình 10. Ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thể tích mẫu dung dịch đến hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 5 g đá nhân tạo vào các mẫu dung dịch có pH = 7, nồng độ ion  $\text{Ni}^{2+}$  là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc là 15 phút, thể tích mẫu khảo sát dao động từ 25 đến 250 ml (hình 10).

Khi tăng thể tích mẫu nước chứa ion  $\text{Ni}^{2+}$  từ 25 đến 250 ml thì hiệu suất xử lý ion  $\text{Ni}^{2+}$  có xu hướng giảm xuống, từ 99,24 xuống 58,36%, nồng độ còn lại sau khi xử lý dao động từ 1,898 đến 104,104 mg/l. Cùng với đó, đường biểu diễn sự ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có chiều hướng thay đổi giống với đường biểu diễn hiệu suất (hình 11).



Hình 11. Ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến lượng  $\text{Ni}^{2+}$  hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

#### Kết luận

Để loại bỏ các chất ô nhiễm ra khỏi nước cần phải áp dụng các công nghệ xử lý nước. Tuy nhiên, khi áp dụng bất kỳ một công nghệ nào cũng bị chi phối bởi hai yếu tố chính, đó là kinh tế và hiệu suất xử lý. Bên cạnh đó, để tránh các phát sinh thêm chi phí xử lý môi trường trong quá trình vận hành, các cơ sở sản xuất, doanh nghiệp còn quan tâm đến lượng bùn thải ra trong quá trình xử lý, lượng bùn cặn ít hay nhiều lại tùy thuộc vào từng công nghệ xử lý. Vì vậy, việc tư vấn giới thiệu các vật liệu đồng thời đảm bảo các yếu tố trên là rất cần thiết. Nghiên cứu này giới thiệu một vật liệu thân thiện với môi trường - một sản phẩm được tạo thành từ việc tái chế các loại chai, lọ thủy tinh. Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong nghiên cứu này chứng minh được đá nhân tạo đã góp phần loại bỏ ion  $\text{Ni}^{2+}$  ra khỏi môi trường nước, đồng thời nhờ khả năng hấp phụ ion  $\text{H}^+$  trong nước nên vật liệu này có khả năng đưa môi trường nước từ axit về trung tính, khả năng hấp thụ ion  $\text{Ni}^{2+}$  của đá nhân tạo phụ thuộc chặt chẽ vào các thông số như thời gian tiếp xúc, nồng độ ion kim loại  $\text{Ni}^{2+}$  ban đầu, pH, lượng đá nhân tạo cần dùng, và thể tích mẫu nước, nhưng nhìn chung vật liệu đá nhân tạo này có khả năng hấp phụ  $\text{Ni}^{2+}$  tối đa là 5 mg/g.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] World Health Organization - WHO (2011), *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed, ISBN 978 92 4 154815 1.
- [2] R. Desjardins (1997), *Le Traitement Des Eaux*, 2nd ed., Ecole Polytechnique de Montreal: Montreal, QC, Canada, p.304.
- [3] B. Volesky (2001), "Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century", *Hydrometallurgy*, **59**, pp.203-216.
- [4] K. Kadirvelu\*, K. Thamaraiselvi, C. Namasivayam (2001), "Adsorption of nickel(II) from aqueous solution onto activated carbon prepared from coirpith", *Separation and Purification Technology*, **24**, pp.497-505
- [5] P. Parker (1980), *Encyclopedia of Environmental Sciences*, 2nd ed, McGraw Hill, New York.
- [6] J.D. Dean, F.L. Bosqui, K.H. Lanouette (1972), "Removing heavy metals from waste water", *Environ. Sci. Technol.*, **6**(6), pp.518-522



# Nghiên cứu chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl

Nguyễn Thị Hồng Hà<sup>1,2\*</sup>, Trần Thị Mai<sup>1</sup>, Lê Khánh Linh<sup>3</sup>, Nguyễn Thị Xuân Sâm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

<sup>2</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>3</sup>Trường THPT chuyên đại học sư phạm

Ngày nhận bài 1/3/2018; ngày chuyển phân biên 6/3/2018; ngày nhận phân biên 16/4/2018; ngày chấp nhận đăng 23/4/2018

## Tóm tắt:

Gellan là một polysaccharit dị thể ngoại bào, được sản xuất bằng quá trình lên men chìm, sục khí bởi vi khuẩn *Sphingomonas paucimobilis*. Gellan với những hàm lượng acyl khác nhau sẽ cho ra những gel có tính chất khác nhau. Gellan tự nhiên cho ra gel mềm, đàn hồi, còn gellan khử acyl cho ra gel chắc, giòn. Nhờ tính chất của mỗi loại gellan mà nó được ứng dụng trong chế biến thực phẩm hay dùng tạo màng bao bảo quản quả tươi. Mục đích của nghiên cứu này là tạo được gellan khử acyl từ gellan để tăng khả năng ứng dụng của sản phẩm. Theo đó dịch nổi đã loại xác tế bào chứa gellan được khử nhóm acyl bằng cách điều chỉnh dịch lên men lên pH 10 bằng NaOH 2M, giữ ở 80°C trong vòng 10 phút, sau đó hạ pH về 7 bằng axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M (hoặc HCl). Gellan khử acyl trong dịch được kết tủa bởi ethanol 95% với tỷ lệ dịch:ethanol = 1:2 (v/v). Hiệu suất thu hồi đạt 85,6%, mức độ khử acyl đạt 86%. Kết tủa gellan khử acyl được sấy khô tạo chế phẩm dạng bột và được đóng trong túi Al/PE có thể bảo quản tại nhiệt độ phòng, tránh ánh sáng trực tiếp. Chế phẩm gellan khử acyl có độ ẩm 6,47%, hàm lượng tro 7,54%, pH 7, độ bền gel 437 g/cm<sup>2</sup>, nhiệt độ bắt đầu tạo gel  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ , cho gel cứng và giòn.

**Từ khóa:** Gellan, gellan khử acyl, mức độ deacyl, *Sphingomonas paucimobilis*.

**Chỉ số phân loại:** 2.8

## Mở đầu

Một số nghiên cứu cho thấy, gellan khử acyl tạo gel có đặc tính đông kết tương tự như agar và là tác nhân làm đông vượt trội với độ trong suốt cao, tạo gel giòn ở nồng độ thấp hơn nhiều so với thạch agar và có thể được ứng dụng để làm các loại thạch. Gellan khử acyl khi được tạo thành ở dạng gel lỏng có cấu trúc gel yếu, có thể giữ các tiểu phần ở trạng thái lơ lửng mà không làm thay đổi độ nhớt, dính của dung dịch. Nó được ứng dụng trong sản xuất đồ uống trái cây và bánh kẹo dẻo; cung cấp chất tạo gel cho nước giải khát với vị như của gelatin. Khi thêm gellan sẽ làm tăng nhiệt độ nóng chảy, giúp cho gel mềm, ngon ngọt, mọng nước nhưng lại không tan chảy và mất hình dạng của nó, đồng thời tạo trực quan tốt. Nhờ đặc tính ổn định trong môi trường axit nên gellan khử acyl rất có lợi thế ứng dụng trong sản xuất nước giải khát [1-4].

Gellan có cấu trúc hóa học của một hợp chất polysaccharide với đơn vị monomer là một tetrasaccharide mạch thẳng [ $\rightarrow 3$ ]- $\beta$ -D-Glc-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-GlcA-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-Glc(1 $\rightarrow$ 4)- $\alpha$ -L-Rha-(1 $\rightarrow$ )]], trong đó có hai gốc D-glucopyranose (Glc), một gốc D-glucuronic acid (GlcA) và một gốc L-rhamnose (Rha) [5, 6]. Ngoài cấu trúc polymer của tetrasaccharide, gellan còn có các nhóm thế O-acetyl và O-glyceryl tại vị trí số 5 và số 2 của đơn vị đường glucose đầu chuỗi tetrasaccharide (gốc đường Glc ở liên kết [ $\rightarrow 3$ ]- $\beta$ -D-Glc-...]). Như vậy, trung bình cứ 2 phân tử glucose thì sẽ có 1 phân tử có gắn thêm nhóm acetate và glycerate, khối lượng phân tử của gellan vào khoảng 1-2x10<sup>6</sup> Da [7, 8].

Cấu trúc hóa học cho thấy gellan là một polysaccharide khá bền vững. Vì vậy, thông thường phản ứng deacyl hóa (ĐĐA) thành gellan khử acyl diễn ra trong môi trường kiềm, nhiệt độ 90-95°C, thời gian phản ứng khoảng 10 phút [9, 10]. Dựa vào khả năng ĐĐA mà thu được gellan khử acyl có mức độ deacyl khác nhau. Gellan khử acyl có khối lượng phân tử khoảng 2-3x10<sup>5</sup> Da [7, 8]. Mức độ acyl hóa của gellan quyết định khả năng ứng dụng của nó. Gellan có độ acyl hóa cao cho ra gel mềm, đàn hồi và với tính chất tạo vi màng, trong và ngăn cản sự tiếp xúc của oxy với sản phẩm, gellan được coi là chất lý tưởng sử dụng trong tạo màng bao gói ăn được. Màng gellan được sử dụng như là một lớp mỏng bao trên quả và do có khả năng hấp thụ một lượng lớn nước nên có thể giữ được độ tươi và chất lượng sản phẩm quả cũng như quả cắt lát, cải thiện kết cấu và các đặc tính cơ học, ngăn ngừa sự mất hương, cũng như giảm một số bệnh ở một số loại quả [11, 12]. Quá trình khử acyl đã tạo ra dạng gel cứng, giòn và có khả năng hình thành gel hồi phục nhiệt khi đun nóng và làm lạnh do sự vắng mặt của nhiều nhóm acetyl và glyceryl, nó được ứng dụng trong chế biến thực phẩm [1, 4, 13]. Mục đích của nghiên cứu này là xây dựng quy trình chuyển hóa và thu nhận gellan khử acyl, xác định các điều kiện bảo quản và đánh giá chất lượng sản phẩm.

## Vật liệu và phương pháp

**Dịch lên men chứa gellan:** Được thu nhận theo Nguyễn Thị Hồng Hà và cs (2017) [14].

**Các hóa chất:** NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M (hoặc HCl), ethanol 95%...

\*Tác giả liên hệ: Email: ngthongha77@gmail.com

# Study on the conversion of gellan into deacylated gellan

Thi Hong Ha Nguyen<sup>1,2\*</sup>, Thi Mai Tran<sup>1</sup>, Khanh Linh Le<sup>3</sup>,  
Thi Xuan Sam Nguyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Post Harvest Biotechnology, VIAEP

<sup>2</sup>Ha Noi University of Science and Technology

<sup>3</sup>Ha Noi University of Education High School of Gifted Student

Received 1 March 2018; accepted 23 April 2018

## Abstract:

Gellan, an exopolysaccharide, is produced by aerated and submerged fermentation using *Sphingomonas paucimobilis* bacteria strain. Gel made from gellan is characterised by variable properties which depend on the degree of acylation of gellan. Natural gellan (high acyl gellan) produces soft and elastic gel, whereas firm and crispy gel can be obtained from low acyl gellan. Depending on its characteristics, gellan can be used in either food processing or fruit preservation (e.g to produce preserving film). This study aims to produce deacylated gellan from natural gellan to increase the applicability of this product. Acyl component was cleaved from gellan by increasing the pH of fermentation medium to pH 10 using 2M NaOH. Reaction mixture was performed at 80°C for 10 minutes and neutralized to pH 7 using 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Deacylated gellan in aqueous solution was precipitated by 95% ethanol at a gellan solution/ethanol ratio of 1:2 (v/v). The recovery efficiency of deacylated gellan was 85.6%. The deacylated gellan was then dried, powdered, and packed in an Al/PE bag which can be stored at room temperature, but avoiding direct exposure to the sun light. Deacylated gellan was characterised by moisture content of 6.47%, ash content of 7.54%, pH of 7, gel strength of 437 g/cm<sup>2</sup>. This gellan product gave hard and crispy gel with the gel point temperature at 35°C above.

**Keywords:** Deacylated gellan, degree of deacylation, gellan, *Sphingomonas paucimobilis*.

**Classification number:** 2.8

**Xác định hàm lượng gellan khử acyl bằng phương pháp đo quang:** Gellan được xác định bằng phương pháp đo độ hấp thụ ở bước sóng  $\lambda = 455$  nm dựa vào cường độ màu vàng tạo ra khi gellan khử acyl phản ứng với thioure trong sự có mặt của axit sulphuric đặc và cystein-HCl. Hàm lượng gellan khử acyl trong mẫu được tính toán dựa trên đường chuẩn gellan khử acyl [15].

**Xác định mức độ ĐĐA của gellan khử acyl**

Sử dụng phương pháp tương tự của Baxter và cs (1992)

[16]. Phương pháp phân tích phổ IR được sử dụng để chụp phổ hồng ngoại của các mẫu gellan trước và sau khử acyl. Dựa trên các phổ đồ nhận được của các mẫu gellan để đánh giá sự có mặt của nhóm chức, từ đó có thể tính toán được mức độ ĐĐA của các mẫu gellan. Trong nghiên cứu này, các mẫu gellan khác nhau được sấy khô, nghiền nhỏ và được trộn đều cùng với KBr, ép thành viên mỏng rồi được đo quang phổ IR. Phương pháp này được thực hiện trên thiết bị FT-IR Spectrum Two (Mỹ) tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam.

Mức độ ĐĐA của mẫu được tính theo công thức sau:

$$\text{ĐĐA} = 100 - \frac{h_{1720}}{h_{3400}} \times a$$

Trong đó:  $h_{1720}$  và  $h_{3400}$  là chiều cao các đỉnh phổ tại băng sóng 1720 và 3400 cm<sup>-1</sup> đặc trưng cho các nhóm carbonyl và nhóm -OH trong phân tử gellan, a là hệ số thực nghiệm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần (n = 3) và đánh giá kết quả ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$ .

**Xác định cấu trúc gellan khử acyl bằng cộng hưởng từ hạt nhân (NMR) [17]**

Gellan khử acyl thu nhận từ lên men chủng *S. paucimobilis* GL12 được phân tích bằng phương pháp NMR tại Viện Hóa học (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam) trên máy khối phổ Bruker Avance 500 MHz (Đức) ở 25°C. Dung dịch gellan khử acyl 1% trong D<sub>2</sub>O (các ống có đường kính ngoài 5 mm) được thực hiện cho phân tích phổ cộng hưởng từ hạt nhân 1 chiều (<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C) và 2 chiều (COSY, HSQC, HMBC). Phổ <sup>1</sup>H chấp nhận tín hiệu nhiễu để tìm kiếm tỷ lệ acetate và glycerate trong 100 lần quét (khoảng 5 phút). Dữ liệu được phân tích nhờ phần mềm Felix 95.0 (Molecular Simulations, San Diego, Calif.). Mức độ thay thế acyl trong gellan được tìm kiếm trong khu vực độ chuyển dịch hóa học  $\delta_H$  2,60±0,1 (CH<sub>3</sub> trong nhóm acetate),  $\delta_H$  1,75±0,1 (CH<sub>3</sub> trong Rha) và so sánh tỷ lệ tích phân của các tín hiệu này.

**Xác định các điều kiện chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl**

Gellan được chuyển hóa thành gellan khử acyl theo phương pháp của Kang và cs [18] và West và cs [10] có cải tiến. Mỗi phương án thử nghiệm được tiến hành với 10 lít dịch lên men gellan đã loại xác tế bào.

**Xác định pH thích hợp:** Điều chỉnh pH của dịch lên men gellan bằng NaOH 2M đạt 4 mốc pH: 8, 9, 10 và 11. Nâng dịch lên 80°C trong 8 phút, làm nguội và điều chỉnh pH các mẫu xuống 7,0 bằng dung dịch HCl (ủ trong 10 phút). Ethanol 95% được thêm vào dịch với tỷ lệ dịch:ethanol là 1:2, đảo đều, kết tủa gellan khử acyl ở nhiệt độ phòng trong 10 giờ. Tiến hành ly tâm 4500 vòng/phút trong 15 phút, loại bỏ dịch nổi, thu kết tủa. Tủa được sấy đối lưu ở 80°C, sau 24 giờ thu được sản phẩm gellan khử acyl đem đi nghiền thành bột và đánh giá mức độ ĐĐA của các mẫu.

**Xác định thời gian ĐĐA của gellan:** Thử nghiệm ĐĐA

gellan được tiến hành như trên với các khoảng thời gian phản ứng thay đổi từ 4, 6, 8, 10 đến 12 phút. Sau đó tiến hành đánh giá mức độ ĐĐA của chế phẩm gellan nghiên cứu.

**Xác định tỷ lệ dịch:ethanol cho kết tủa gellan khử acyl theo Fialho và cs (1999) [17]:** Dịch nổi chứa gellan khử acyl được bổ sung với các tỷ lệ dịch lên men:ethanol 95% là 2:1, 1:1, 1:2 và 1:3 (v/v). Quá trình tủa được để 10 giờ, sau đó tiến hành ly tâm ở 4500 vòng trong 15 phút, thu tủa gellan khử acyl. Xác định hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.

#### Xác định điều kiện sấy chế phẩm

Dịch tủa thu được từ 10 lít dịch lên men được sấy đổi lưu thu chế phẩm dạng bột với nhiệt độ của tác nhân sấy biến thiên từ 60 đến 100°C. Thời gian sấy được khảo sát từ 12 đến 28 giờ. Độ dày lớp vật liệu sấy thay đổi từ 4 đến 8 cm. Dàn đều chế phẩm, dùng que sắt nhọn kẻ thành các ô vuông có cạnh 1,5 cm, khi bề mặt khối sấy khô se tiến hành đảo để khối ô vuông gellan rời ra, rồi dàn đều, sau đó cứ 2 giờ lặp lại 1 lần. Sau 24 giờ thu sản phẩm gellan khử acyl đem đi nghiền thành bột, rồi đóng trong bao bì. Sau mỗi thí nghiệm, xác định lượng gellan khử acyl thu được để đánh giá hiệu suất thu hồi.

#### Xác định điều kiện bảo quản chế phẩm

Chế phẩm gellan được đóng túi trong màng Al/PE, được bảo quản ở điều kiện nhiệt độ 4±1°C và nhiệt độ phòng. Sau các khoảng thời gian 1, 3 và 6 tháng mẫu được lấy đi đánh giá các chỉ tiêu hóa lý và an toàn thực phẩm.

#### Phân tích các chỉ tiêu chất lượng của gellan khử acyl

Xác định độ nhớt trên nhớt kế Brookfield model LVDV - II/P (Mỹ); xác định độ ẩm (%) theo AOAC 920.05; xác định hàm lượng tro (%) theo AOAC 930.30; xác định hàm lượng chì theo AOAC 999.11; xác định hàm lượng asen theo AOAC 986.15.

**Phương pháp xác định độ bền gel của gellan khử acyl:** Đặc tính cấu trúc gel của gellan khử acyl được xác định bằng máy phân tích cấu trúc Texture Analyzer TA.XT2 (Anh), tiến hành theo phương pháp của Mao và cs (2000) [13].

**Chuẩn bị gel:** Hòa tan 1% gellan khử acyl trong nước khử ion ở nhiệt độ phòng (khoảng 22°C), sau đó tiến hành đun dung dịch gellan đến nhiệt độ 97-98°C, giữ 1 phút. CaCl<sub>2</sub> được thêm vào dung dịch để tạo gel ở nồng độ 30 mM. Dung dịch được khuấy trong 1 phút và đổ vào ống facol thể tích 50 ml. Gel được làm lạnh ở nhiệt độ 15°C trong 10 phút. Mẫu gel được duy trì ở nhiệt độ phòng (khoảng 22°C) trong 24-28 giờ trước khi đo.

**Đo độ bền gel:** Gel lấy khỏi ống facol, được xác định bằng máy đo cấu trúc. Sử dụng đầu đo bằng có đường kính 15 mm, cố định đường đi của đầu đo đâm vào sản phẩm, lực nén lớn nhất làm vỡ gel (điểm phá vỡ) được gọi là độ bền gel - gel strength (g/cm<sup>2</sup>). Thí nghiệm này được lặp lại 3 lần

cho mỗi phép đo [13, 19].

#### Kết quả thảo luận

##### Xác định các điều kiện chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl

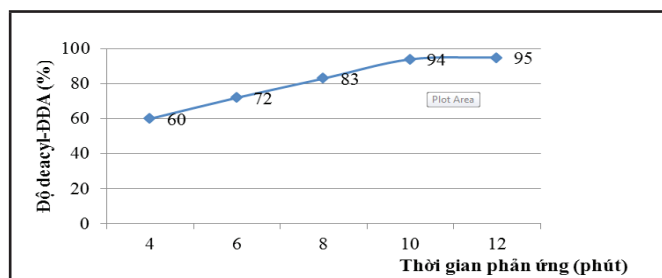
**Xác định pH chuyển hóa:** Khảo sát sự ảnh hưởng của pH đến mức độ ĐĐA của gellan cho thấy, pH (hay nồng độ kiềm) có ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ ĐĐA, cụ thể ở pH 10 sau 8 phút ở nhiệt độ 80°C cho ĐĐA đạt 82%, khi tăng pH lên 11 mức độ deacyl hầu như không đổi (bảng 1). Do vậy, pH 10 là thông số công nghệ được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

**Bảng 1. Ảnh hưởng của pH tới mức độ ĐĐA của gellan.**

| pH | Mức độ deacyl - ĐĐA (%) |
|----|-------------------------|
| 8  | Không xác định          |
| 9  | 65                      |
| 10 | 82                      |
| 11 | 84                      |

**Xác định thời gian chuyển hóa:** Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng cho thấy, tốc độ ĐĐA xảy ra khá nhanh ở khoảng 4 phút đầu của phản ứng, sau đó xảy ra chậm dần. Sau 10 phút, ĐĐA của gellan thay đổi hầu như không đáng kể. Nguyên nhân là do nồng độ NaOH giảm sau giai đoạn đầu của quá trình deacyl hóa. Một nguyên nhân khác là giai đoạn đầu quá trình deacyl xảy ra đối với các nhóm acyl trên bề mặt của gellan, chúng tiếp xúc trực tiếp với NaOH nên tốc độ xảy ra khá nhanh. Với các nhóm acyl bên trong rất khó tiếp xúc, đòi hỏi thời gian khuếch tán lâu hơn của NaOH vào lớp bên trong. Vì vậy, tốc độ phản ứng deacyl hóa xảy ra rất chậm. Ngoài ra, do gellan có mạch polyme dài, đan xen, cuộn xoắn che lấp các nhóm chức nên rất khó loại bỏ hoàn toàn nhóm acyl. Kết quả này cũng tương tự như quá trình deacyl của chitosan. Theo tác giả Đặng Xuân Dự (2015) [20], ở nồng độ NaOH 50%, đun nóng ở 80°C sau khoảng 3 giờ phản ứng đã thu được chitosan chỉ có ĐĐA bằng 83%.

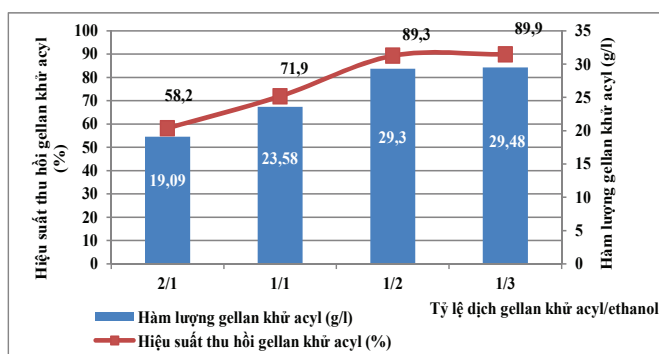
Trong trường hợp này, pH dịch khử điều chỉnh pH 10, sau 10 phút phản ứng ở 80°C, gellan khử acyl thu được có ĐĐA bằng 86% (hình 1).



**Hình 1. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến mức độ ĐĐA của gellan.**



**Kết tủa gellan khử acyl bằng ethanol:** Ethanol được lựa chọn để kết tủa gellan khử acyl. Để hiệu suất thu hồi gellan khử acyl cao nhất và tiết kiệm chi phí sản xuất, chúng tôi đã nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ dịch lên men gellan khử acyl/ethanol đến khả năng thu hồi gellan khử acyl. Dịch lên men đã qua bước deacyl được bổ sung ethanol theo các tỷ lệ dịch:ethanol là 2:1, 1:1, 1:2 và 1:3, kết tủa để 10 giờ, sau đó đánh giá hàm lượng gellan khử acyl thu được.



**Hình 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ dịch gellan khử acyl/ethanol đến hiệu suất thu hồi.**

Kết quả hình 2 cho thấy, hiệu suất thu hồi gellan khử acyl tăng dần khi tăng lượng ethanol trong dịch và đạt ổn định khi tỷ lệ dịch khử acyl/ethanol là 1/2, hiệu suất thu hồi đạt 89,3%.

Một điều khác được nhận thấy khi thực hiện phản ứng deacyl gellan trong môi trường kiềm là không những gellan được chuyển hóa thành gellan khử acyl, mà lượng chất màu vàng carotenoid trong dịch lên men cũng được loại bỏ theo dịch nổi, do vậy tủa thu được có màu khá sáng chỉ sau một lần thu hồi bằng ethanol.

#### **Xác định điều kiện sấy chế phẩm**

Để sản phẩm gellan khử acyl dễ sử dụng, dễ bảo quản thì cần tạo chế phẩm gellan khử acyl dạng bột. Gellan có đặc tính là một polymer, dễ tiến hành sấy phun, sấy đông khô... cần bổ sung chất trợ sấy. Khi bổ sung chất trợ sấy sẽ ảnh hưởng đến cấu trúc tạo gel của chế phẩm. Đồng thời, khi sử dụng các phương pháp sấy trên đòi hỏi thiết bị đắt tiền, không phải cơ sở sản xuất nào cũng có. Phương pháp sấy đối lưu khắc phục được những nhược điểm trên và cũng đã được ứng dụng trong sấy nhiều polymer sinh học thực phẩm như: Xanthangum, alginate, pullulan... [21]. Trong sấy đối lưu có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất sấy như: Nhiệt độ sấy, tốc độ thổi khí, thời gian sấy, độ dày lớp sấy và kích thước vật liệu sấy... Trong thực nghiệm này, chúng tôi trình bày về ảnh hưởng của nhiệt độ sấy, thời gian sấy và độ dày lớp sấy ở cùng điều kiện sấy.

**Xác định nhiệt độ của tác nhân sấy:** Nhiệt độ sấy sản phẩm được khảo sát ở 5 mức khác nhau là 60, 70, 80, 90 và 100°C. Sau 24 giờ thu hồi sản phẩm.

**Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.**

| Nhiệt độ sấy (°C) | Gellan khử acyl |                       |
|-------------------|-----------------|-----------------------|
|                   | Độ ẩm (%)       | Hiệu suất thu hồi (%) |
| 60                | 12,6            | 75,7                  |
| 70                | 9,02            | 81,2                  |
| <b>80</b>         | <b>7,87</b>     | <b>83,3</b>           |
| 90                | 6,13            | 81,2                  |
| 100               | 6,01            | 72,8                  |

Kết quả bảng 2 cho thấy, nhiệt độ quá thấp hay quá cao đều có những tác động bất lợi cho quá trình sấy dịch tủa gellan khử acyl. Khi nhiệt độ không khí sấy là 60°C và 70°C thì độ ẩm các hạt vật liệu sấy vẫn còn khá cao, không đạt yêu cầu, sản phẩm bám nhiều vào dụng cụ sấy nên làm giảm hiệu suất thu hồi sản phẩm sau sấy. Khi nhiệt độ không khí sấy cao trên 90°C thì mặc dù đạt độ ẩm khá tốt nhưng làm cho một ít vật liệu sấy bị cháy, bám lên thành, sản phẩm sau sấy giảm mùi thơm và màu của khối hạt không đồng đều, đồng thời cũng làm giảm hiệu suất thu hồi sản phẩm sau sấy. Nhiệt độ không khí sấy 80°C là thích hợp nhất, khi đó hiệu suất thu hồi sản phẩm đạt 83,3%, độ ẩm 7,87%. Gellan khử acyl có màu trắng. Kết quả này cũng phù hợp với nhiều nghiên cứu trên thế giới cho thấy, đối với sấy gellan, nhiệt độ sấy tốt nhất là 80°C [22, 23].

**Ảnh hưởng thời gian sấy:** Trong quá trình sấy gellan khử acyl có thể dễ dàng nhận ra rằng, nhiệt độ và thời gian sấy có mối quan hệ qua lại với nhau, nhiệt độ càng thấp thì thời gian sấy sẽ càng lâu và ngược lại. Nhằm tiết kiệm được năng lượng dùng cho quá trình sấy, chúng tôi đã tiến hành khảo sát các thời gian sấy sản phẩm ở 12, 16, 20, 24 và 28 giờ. Kết quả về hiệu suất thu hồi sản phẩm và độ ẩm gellan khử acyl được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian sấy đến hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.**

| Thời gian sấy (giờ) | Gellan khử acyl |                       |
|---------------------|-----------------|-----------------------|
|                     | Độ ẩm (%)       | Hiệu suất thu hồi (%) |
| 12                  | 14,27           | 72,5                  |
| 16                  | 10,29           | 78,8                  |
| 20                  | 9,63            | 80,4                  |
| <b>24</b>           | <b>7,86</b>     | <b>83,6</b>           |
| 28                  | 6,85            | 83,4                  |

Thời gian sấy có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng sản phẩm sau sấy. Nếu kết thúc sấy sớm độ ẩm sản phẩm chưa đạt tối đa, nếu kết thúc muộn sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm cũng như làm tăng chi phí sản xuất. Kết quả ở bảng 3 cho thấy, độ ẩm của sản phẩm giảm dần theo thời gian sấy và đạt tối ưu sau 24 giờ, khi đó gellan có hiệu suất thu hồi sản phẩm là 83,6%, độ ẩm đạt 7,86%, kết quả này cũng phù hợp với kết quả của nhiều tác giả như Bajaj và cs (2007), Wang và cs (2006 và 2007) [1, 24, 25].

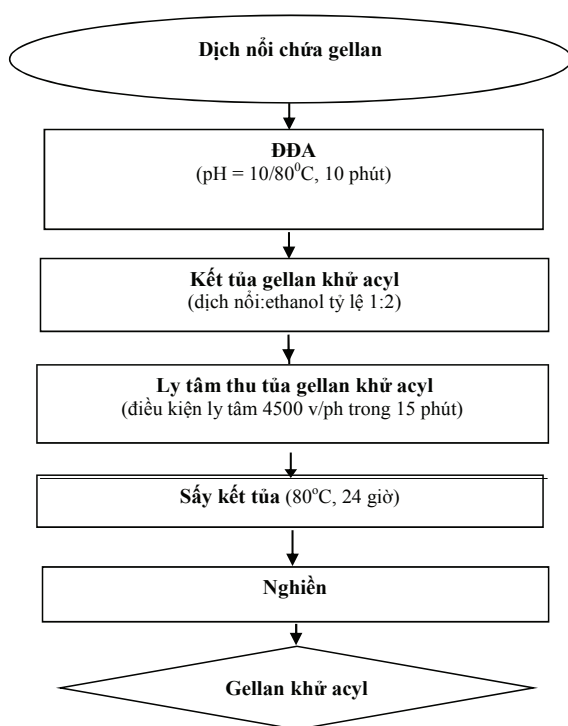
**Ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu sấy:** Độ dày lớp vật liệu sấy là một trong những yếu tố quan trọng của quá trình sấy sản phẩm. Độ dày quá lớn thì ở giữa khối ủ sẽ thiếu sự tiếp xúc với không khí, làm khô cục bộ ở bề mặt ngoài của khối sấy, còn nếu độ dày mỏng thì sẽ làm cháy vật liệu sấy, do đó ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sấy. Thí nghiệm được tiến hành với các độ dày lớp vật liệu sấy khác nhau từ 2,5 đến 10 cm, kết quả được thể hiện ở bảng 4.

**Bảng 4.** Ảnh hưởng của độ dày lớp vật liệu sấy đến hiệu suất thu hồi gellan khử acyl.

| Độ dày lớp vật liệu sấy (cm) | Gellan khử acyl |                       |
|------------------------------|-----------------|-----------------------|
|                              | Độ ẩm (%)       | Hiệu suất thu hồi (%) |
| 2,5                          | 5,42            | 79,1                  |
| 5,0                          | 6,45            | 85,6                  |
| 7,5                          | 9,01            | 81,2                  |
| 10                           | 16,2            | 71,5                  |

Độ dày vật liệu sấy là 7,5 và 10 cm thì quá trình sấy kém, xảy ra khô cục bộ, độ ẩm của sản phẩm sau sấy cao, không đạt yêu cầu đối với chỉ tiêu sản phẩm sấy. Khi độ dày khối ủ là 2,5 cm, độ ẩm khối ủ đạt yêu cầu, nhưng xảy ra hiện tượng cháy bề mặt, làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sau sấy. Xét về mặt khoa học và kinh tế, độ dày khối sấy 5 cm là thích hợp nhất cho công nghệ sấy gellan khử acyl.

Từ các kết quả nghiên cứu trên, chúng tôi đề xuất quy trình thu nhận gellan khử từ dịch lên men chủng *S. paucimobilis* GL12 như hình 3.



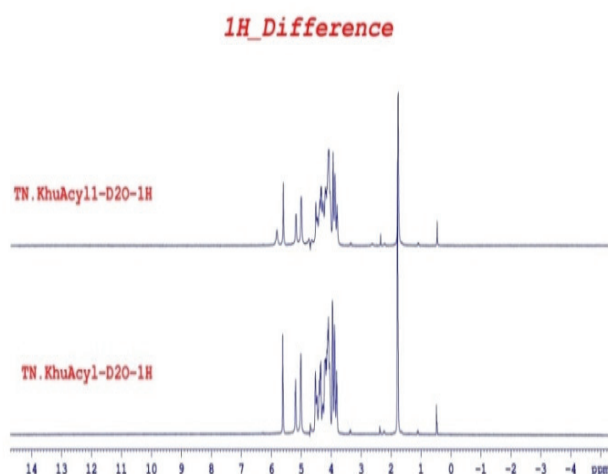
**Hình 3.** Quy trình công nghệ chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl.

Từ hiệu suất của từng công đoạn trên, đã xác định được hiệu suất tổng của quá trình thu hồi chế phẩm gellan khử acyl dạng bột từ dịch lên men là 85,6%, độ ẩm đạt 6,45%, chế phẩm có dạng bột mịn, màu trắng, mùi thơm nhẹ.

#### **Xác định cấu trúc và chất lượng gellan khử acyl thành phẩm**

**Xác định cấu trúc gellan khử acyl:** Gellan khử acyl thu nhận theo quy trình trên đã được phân tích bằng phương pháp NMR tại Viện Hóa học (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam).

Kết quả hình 4 cho thấy, phổ proton của gellan khử acyl do chủng *S. paucimobilis* GL12 tạo ra (ký hiệu TN.KhuAcyl1-D2O-1H) và phổ proton của gellan khử acyl chuẩn (ký hiệu TN.KhuAcyl-D2O-1H) là đồng nhất.



**Hình 4.** Phổ proton gellan khử acyl do chủng *S. paucimobilis* GL12 tạo ra.

**Phân tích các chỉ tiêu hóa lý của gellan khử acyl:** Kết quả phân tích các chỉ tiêu hóa lý, kim loại nặng và vi sinh vật của sản phẩm gellan khử acyl sau 6 tháng bảo quản tại Khoa Hóa học (Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội) và Bộ môn Thực phẩm và dinh dưỡng (Viện Công nghiệp thực phẩm) được trình bày ở bảng 5. Chế phẩm bột gellan khử acyl được đóng trong túi Al/PE với trọng lượng 50 g/túi. Chế phẩm có thể bảo quản tại nhiệt độ phòng, tránh ánh sáng trực tiếp. Sản phẩm gellan khử acyl nghiên cứu có độ ẩm 6,58%, hàm lượng tro 7,31%, pH  $7,0 \pm 0,2$ , độ bền gel 437 g/cm<sup>2</sup>, nhiệt độ bắt đầu tạo gel khoảng 35°C, gel cứng và giòn tương ứng với chế phẩm gellan khử acyl thương mại. Các chỉ tiêu vi sinh vật và kim loại nặng của chế phẩm đều đạt yêu cầu về giới hạn kim loại nặng và vi sinh vật cho phép trong thực phẩm.

**Bảng 5. Kết quả phân tích chất lượng của sản phẩm gellan khử acyl.**

| STT                                              | Tên chỉ tiêu                | Đơn vị tính       | Gellan khử acyl của đề tài | Gellan khử acyl thương mại |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Cảm quan</b>                                  |                             |                   |                            |                            |
| Bột mịn, màu trắng sáng, vị thơm, tan trong nước |                             |                   |                            |                            |
| <b>Chỉ tiêu lý hóa</b>                           |                             |                   |                            |                            |
| 1                                                | Độ nhớt 1% ở 20°C           | CP                | 40                         |                            |
| 2                                                | Cấu trúc gel                |                   | Gel cứng và giòn           | Gel cứng và giòn           |
| 3                                                | Nhiệt độ tạo gel            | °C                | 35                         | 30 đến 45                  |
| 4                                                | Độ ẩm                       | %                 | 6,58                       | < 10                       |
| 5                                                | Hàm lượng tro               | %                 | 7,31                       | ≤ 12                       |
| 6                                                | Độ bền gel                  | g/cm <sup>2</sup> | 437                        | 300-800                    |
| 7                                                | pH                          |                   | 7,0±0,2                    | 6,5-8,0                    |
| <b>Kim loại nặng</b>                             |                             |                   |                            |                            |
| 1                                                | Hàm lượng chì (Pb)          | mg/kg             | KPH                        | ≤ 2,0                      |
| 2                                                | Hàm lượng Asen (As)         | mg/kg             | KPH                        | ≤ 3,0                      |
| <b>Vi sinh vật</b>                               |                             |                   |                            |                            |
| 1                                                | <i>E. coli</i>              | CFU/g             | KPH                        | KPH                        |
| 2                                                | <i>Salmonella</i>           | CFU/g             | KPH                        | KPH                        |
| 3                                                | <i>Coliforms</i>            | CFU/25g           | KPH                        | KPH                        |
| 4                                                | Tổng số vi khuẩn hiếu khí   | CFU/g             | 7,5x10 <sup>6</sup>        | ≤ 10 <sup>4</sup>          |
| 5                                                | Tổng số bào tử nấm men, mốc | CFU/g             | KPH                        | ≤ 4x10 <sup>2</sup>        |

Ghi chú: KPH là không phát hiện, nghĩa là dưới ngưỡng phát hiện của phương pháp.

## Kết luận

Đã xác định được các thông số công nghệ chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl đạt độ deacyl 86%, quy trình có hiệu suất thu hồi là 85,6%. Chế phẩm gellan khử acyl thu được của nghiên cứu này có cấu trúc hóa học và các đặc tính hóa lý tương tự với mẫu chuẩn và mẫu thương phẩm. Các kết quả này là cơ sở quan trọng cho các nghiên cứu ứng dụng chế phẩm trong chế biến thực phẩm tiếp theo của nhóm nghiên cứu.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí của đề tài “Nghiên cứu công nghệ sản xuất gellan từ vi sinh vật ứng dụng trong chế biến và bảo quản thực phẩm” (mã số ĐT.04.13/CNSHCB, Bộ Công thương). Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] B.I. Bajaj, et al. (2007), “Gellan Gum: Fermentative Production, Downstream Processing and Applications”, *Food Technol. Biotechnol.*, **45**(4), pp.341-354.
- [2] Edwin R. Morris, et al. (2012), “Gelation of gellan - A review”, *Food Hydrocolloids*, **28**, pp.373-411.
- [3] Hyuck Jin, et al. (2003), “Production of gellan gum by *Sphingomonas paucimobilis* NK2000 with soybean pomace”, *Biochemical Engineering Journal*, **16**, pp.357-360.
- [4] C. Ronnie Yuan, et al. (2015), *Calcium stable high acyl gellan gum for enhanced colloidal stability in beverages*, United States Pub. No.00443353.

[5] P. Jansson, B. Lingberg (1983), “Structural studies of gellan gum, an extracellular polysaccharide elaborated by *Pseudomonas elodea*”, *Carbohydrate Research*, **124**, pp.135-139.

[6] D.L. Taylor, et al. (2012), “Characterization of gellan gum by capillary electrophoresis”, *Australian Journal of Chemistry*, **65**(8), pp.1156-1164.

[7] Iurciuc, et al. (2015), “Gellan food applications”, *Cellulose Chem. Technol.*, **50**, pp.1-13.

[8] Vasiliki Evageliou, Dimitra Saliari (2017), “Limonene encapsulation in freeze dried gellan systems”, *Food Chemistry*, **223**, pp.72-75.

[9] K.S. Kang, G.T. Veeder (1982), *Polysaccharide S-60 and bacterial fermentation process for its preparation*, US patent 43377636.

[10] T.P. West (2003), “Effect of temperature on bacterial gellan production”, *World J. of Microbiology & Biotechnology*, **19**, pp.649-652.

[11] M.S. Tappia, et al. (2008), “Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya”, *Food Hydrocolloids*, **22**, pp.1493-1503.

[12] T.A. Trezza, J.M. Krochta (2000), “Color stability of edible coatings during prolonged storage”, *Journal of Food Science*, **65**(1), pp.1166-1169.

[13] R. Mao, et al. (2000), “Texture properties of high and low acyl mixed gellan gels”, *Carbohydrate Polymers*, **41**, pp.331-338.

[14] Nguyễn Thị Hồng Hà, Nguyễn Thị Thu Huyền, Vũ Thu Diễm, Nguyễn Thị Xuân Sâm (2017), “Tối ưu hóa điều kiện lên men gellan từ chủng *S. paucimobilis* GL12”, *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn*, **22**, tr.48-54.

[15] Horace Graham (1993), “Mg<sup>2+</sup> selectively isolates gellan gum from dairy products”, *Journal of Food Science*, **58**(3), pp.539-543.

[16] A. Baxter, et al. (1992), “Improved method for i.r. determination of the degree of N-acetylation of chitosan”, *International J. of Biological Macromolecules*, **14**, pp.166-169.

[17] A.M. Fialho, et al. (1999), “Structures and properties of gellan polymers produced by *Sphingomonas paucimobilis* ATCC 31461 from lactose compared with those produced from glucose and from cheese whey”, *Appl. Environ. Microbiol.*, **65**, pp. 2485-2491.

[18] K.S. Kang, et al. (1982), *Deacetylated polysaccharide S-60*, US Patent 4326052.

[19] I.C. Stewart (2006), *Tissue culture gel firmness: Measurement and effects on growth*, Plant Tissue Culture Engineering, pp.329-337.

[20] Đặng Xuân Dư (2015), *Nghiên cứu cắt mạch chitosan bằng hiệu ứng ống vận H<sub>2</sub>O/bức xạ coban - 60 để chế tạo oligochitosan*, Luận án tiến sĩ, Đại học Huế.

[21] Đặng Minh Nhật và cs (2005), *Kỹ thuật sấy nông sản thực phẩm*, Đại học Đà Nẵng.

[22] R.M. Banik, A. Santhiagu (2006), “Improvement in production and quality of gellan gum by *Sphingomonas paucimobilis* under high dissolved oxygen tension levels”, *Biotechnol. Lett.*, **28**, pp.1347-1350.

[23] M.K. Nampoothiri, C. Reeta Rani Singhanian (2003), “Fermentative production of gellan using *Sphingomonas paucimobilis*”, *Process Biochemistry*, **38**, pp.1513-1519.

[24] X. Wang (2006), “Modeling for gellan gum production by *Sphingomonas paucimobilis* ATCC 31461 in a simplified medium”, *Appl. Environ. Microbiol.*, **72**(5), pp.3367-3374.

[25] X. Wang, et al. (2007), “De-proteinization of gellan gum produced by *Sphingomonas paucimobilis* ATCC 31461”, *J. Biotechnol.*, **128**, pp.403-407.



# Khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết từ gạo mầm và gạo lứt

Đỗ Tấn Khang<sup>1\*</sup>, Trần Nhân Dũng<sup>1</sup>, Trần Đăng Xuân<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bộ môn Công nghệ sinh học phân tử, Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Phòng thí nghiệm sinh lý sinh hóa, Khoa Phát triển và Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Hiroshima, Nhật Bản

Ngày nhận bài 2/1/2018; ngày chuyển phản biện 8/1/2018; ngày nhận phản biện 9/2/2018; ngày chấp nhận đăng 26/2/2018

## Tóm tắt:

Gạo mầm đã và đang được xem như “thần dược”, chứa được nhiều căn bệnh ở nước ta, do đó các sản phẩm gạo mầm đang được bán với giá khá cao. Để khám phá tác dụng thật sự của gạo mầm đối với sức khỏe con người so với gạo chưa nảy mầm, đề tài “So sánh hoạt tính sinh học của phân đoạn dịch chiết từ gạo mầm và gạo lứt” đã được thực hiện. Trong bài báo này, khả năng chống oxy hóa của các dịch chiết phân đoạn đã được so sánh. Kết quả cho thấy, hàm lượng polyphenol tổng trong phân đoạn H<sub>2</sub>O của gạo lứt cao hơn 4 lần so với gạo mầm. Trong khi hàm lượng polyphenol tổng trong các phân đoạn hexane và chloroform giữa hai mẫu gạo khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ). Kết quả ghi nhận phân đoạn ethyl acetate của gạo mầm có hoạt tính ức chế DPPH cao nhất trong các phân đoạn, kể đến là phân đoạn ethyl acetate và chloroform của gạo lứt, với khả năng ức chế trên 50%. Đối với phương pháp ABTS, khả năng ức chế của phân đoạn chloroform trong gạo lứt là cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%, cao hơn các phân đoạn của gạo mầm. Tương tự, đối với khả năng khử, phân đoạn này cũng cho kết quả cao nhất. Như vậy, xét về hàm lượng polyphenol tổng số và hoạt tính chống oxy hóa, các phân đoạn dịch chiết trong gạo mầm không cao hơn gạo chưa nảy mầm.

**Từ khóa:** Chống oxy hóa, flavonoid, gạo lứt, gạo mầm, polyphenol.

**Chỉ số phân loại:** 2.10

## **Đặt vấn đề**

Gạo mầm, một trong những thực phẩm chế biến từ gạo, đã và đang được tiêu thụ nhiều trong hai thập niên gần đây. Thật ra, từ những năm 1970, người Nhật đã bắt đầu chế biến và sử dụng gạo mầm như một nguồn thực phẩm giàu chất xơ, nhưng mãi đến năm 1995 gạo mầm mới thật sự là sản phẩm thương mại. Mặc dù quy trình sản xuất gạo mầm khá đơn giản (chỉ cần ngâm thóc lứt khoảng 8 đến 10 giờ, sau đó ủ ở nhiệt độ 30-35°C trong 24 đến 72 giờ tùy theo giống thóc, khi đó mầm thóc sẽ nhú ra khoảng 1 mm và gạo nảy mầm được sấy khô, bảo quản nơi thoáng mát), nhưng những giá trị dinh dưỡng thay đổi đáng kể, bao gồm hàm lượng chất béo, protein, khoáng chất, Gamma aminobutylic acid (GABA)...[1, 2].

Chính vì sự thay đổi giá trị dinh dưỡng đó đã làm tăng giá trị của gạo mầm trên thị trường. Giá thành của gạo mầm cao gấp 5-6 lần so với gạo trắng thông thường. Gạo mầm vibigaba có giá 70.000 đồng/kg, trong khi gạo trắng Thơm Lài chỉ 14.000 đồng/kg [3]. Thậm chí nhiều sản phẩm gạo mầm được cho là có khả năng ngăn ngừa tiểu đường, ổn định đường huyết, có chứa hàm lượng cao chất chống oxy hóa, giảm cholesterol, cải thiện chức năng não, điều trị chứng mất ngủ... Tuy nhiên, những giá trị được tính của gạo mầm vẫn còn là vấn đề đang được nghiên cứu.

Để so sánh hàm lượng chất và khả năng chống oxy hóa của gạo mầm và gạo lứt, nghiên cứu về hàm lượng phenolic và flavonoid tổng số, khả năng chống gốc tự do của các phân đoạn dịch chiết gạo mầm và gạo lứt đã được thực hiện.

## **Đối tượng và phương pháp nghiên cứu**

### **Đối tượng**

Giống gạo được sử dụng để chế biến gạo mầm là gạo lứt Nhật (Koshihikari).

### **Chuẩn bị gạo mầm**

Khoảng 2 kg gạo lứt được ngâm với nước 35°C trong 8 giờ, gạo sau khi ngâm được trải đều lên khay có lót sẵn vải ẩm, lớp gạo được dày bằng 1 lớp vải mỏng phía trên. Khay gạo được ủ ở 35°C trong 48 giờ. Gạo mầm được sấy ở nhiệt độ 40°C trong 6 giờ bằng tủ sấy (Binder FD 56, Đức).

### **Lý trích và tách phân đoạn hợp chất**

Gạo trước và sau nảy mầm (1 kg mỗi loại) được xay mịn, cho vào bình thủy tinh ngâm dầm với 2 l methanol trong 1 tuần. Dịch trích được lọc qua giấy lọc và được cô quay đuôi dung môi bằng máy cô quay chân không. Dịch trích thô được pha với 200 ml nước cất, sau đó tách phân đoạn lần lượt với các dung môi theo thứ tự gồm hexane, chloroform và ethyl acetate. Các phân đoạn được cô đặc và pha loãng trong methanol đạt nồng

\*Tác giả liên hệ: dtkhang@ctu.edu.vn

# Antioxidant activity of fractions obtained from germinated brown rice and brown rice

Tan Khang Do<sup>1\*</sup>, Nhan Dung Tran<sup>1</sup>, Dang Xuan Tran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Molecular Biotechnology, Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University

<sup>2</sup>Laboratory of Physiology and Biochemistry, Graduate School of International Development and Cooperation, Hiroshima University, Japan

Received 2 January 2018; accepted 26 February 2018

## Abstract:

Germinated brown rice (GBR) has been considered a “magic medicine” in Vietnam which can cure or treat a lot of diseases. Therefore, it has been sold at very high prices. To examine the practical value of GBR on human health compared with brown rice (BR), the study related to comparing biological activities of GBR fractions and BR fractions has been conducted. In this paper, the results of their antioxidant activity were shown and discussed. The results revealed that total polyphenolic content in H<sub>2</sub>O fraction of BR was four times higher than that of GBR, and in hexane and chloroform fractions, the differences between BR and GBR were not considerable at  $p < 0.05$ . Moreover, ethyl acetate fraction of GBR has highest DPPH scavenging activity, followed by ethyl acetate and chloroform fractions of BR (over 50%). In ABTS and reducing power assays, the inhibitory activity of chloroform fraction of BR was the highest, significantly different from the others ( $p < 0.05$ ). Briefly, the total polyphenols and antioxidant activity of some fractions of BR were higher than those of GBR.

**Keywords:** Antioxidant activity, brown rice, flavonoids, germinated brown rice, polyphenol.

**Classification number:** 2.10

độ 10 mg/ml cho các phương pháp tiếp theo.

## Xác định hàm lượng polyphenol tổng số

Hàm lượng polyphenol tổng số được đo dựa theo phương pháp Folin-Ciocalteu được mô tả bởi Khang và ctv [4] với một vài thay đổi nhỏ. Hỗn hợp phản ứng gồm 20 µl dịch chiết, 100 µl Foline-Ciocalteu 10% và 80 µl dung dịch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> được ủ 30 phút ở nhiệt độ phòng trước khi đo độ hấp thụ ở bước sóng 765 nm bằng máy đọc quang phổ khay 96 giếng (Thermol Scientific, Mỹ). Hàm lượng polyphenol trong mẫu được tính dựa theo đường chuẩn gallic acid với nồng độ từ 0 đến 100 µg/ml.

## Xác định hàm lượng flavonoid tổng số

Hàm lượng flavonoid tổng số của dịch chiết được ước lượng dựa theo phương pháp được mô tả bởi Tuyen và ctv [5]. Phản ứng được thực hiện với 100 µl dung dịch AlCl<sub>3</sub> 2% và 100 µl dịch chiết. Hỗn hợp được trộn và ủ ở nhiệt độ phòng trong 15 phút, sau đó độ hấp thụ quang ở bước sóng 430 nm được đo bằng máy đọc quang phổ khay 96 giếng (Thermol Scientific, Mỹ). Rutin với nồng độ từ 0 đến 100 µg/ml được sử dụng để tính hàm lượng flavonoid tổng số trong mẫu.

## Đánh giá khả năng khử gốc tự do DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical)

Phương pháp đo khả năng khử gốc tự do DPPH của dịch chiết được dựa theo Minh và ctv [6], mô tả như sau: Hỗn hợp phản ứng gồm 0,5 ml dung dịch mẫu, 0,25 ml DPPH (0,5 M) và 0,5 ml dung dịch đệm acetate (pH 5,5) được ủ trong tối khoảng 30 phút. Độ hấp thụ của dung dịch được đo ở bước sóng 517 nm bằng máy đo quang phổ (DR 4000U, HACH, Mỹ). Khả năng ức chế DPPH được tính dựa theo công thức sau:

$$\% \text{ Ức chế DPPH} = \frac{\text{Abs đối chứng} - \text{Abs mẫu}}{\text{Abs đối chứng}} \times 100$$

Trong đó, Abs đối chứng là độ hấp thụ của phản ứng không có dịch chiết, Abs mẫu là độ hấp thụ của phản ứng có dịch chiết.

## Đánh giá khả năng ức chế ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)

Khả năng ức chế ABTS được đo theo phương pháp được mô tả bởi Tuyen và ctv [5]. Dung dịch gốc tự do ABTS được pha theo công thức gồm 7 mM ABTS và 2,45 mM potassium persulfate trong nước, ủ trong 16 giờ. Sau đó hỗn hợp dung dịch được pha loãng với methanol để đạt độ hấp thụ dao động xung quanh 0,7 ở bước sóng 734 nm. Sau đó, phản ứng được thực hiện với 30 µl dung dịch mẫu và 1 ml hỗn hợp ABTS và ủ trong 30 phút ở nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ của phản ứng được đo ở bước sóng 734 nm. Cách tính tương tự như công thức tính phần trăm ức chế DPPH.

## Khả năng khử

Khả năng khử của mẫu được thực hiện dựa theo phương pháp của Tuyen và ctv [5], như sau: Hỗn hợp phản ứng gồm có 100 µl dịch chiết, 0,5 ml dung dịch đệm phosphate 0,2 M (pH 6,6) và 0,5 ml potassium ferricyanide [K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>] (10 g/l) được ủ ở 50°C trong 30 phút, sau đó cho vào hỗn hợp 0,5 ml dung dịch trichloroacetic acid (100 g/l). Hỗn hợp phản ứng được ly tâm với tốc độ 4000 vòng/phút trong 10 phút. Cuối cùng, 0,5 ml phần trên dung dịch sau ly tâm được pha với 0,5 ml nước cất và 0,1 ml dung dịch FeCl<sub>3</sub> 0,1%. Hỗn hợp được đo ở bước sóng 700 nm bằng máy đo quang phổ. Kết quả được thể hiện bằng mật độ quang (OD) đo được. Mật độ quang càng cao thì khả năng khử càng cao.

## Phân tích số liệu

Số liệu được phân tích ANOVA, sau đó kiểm định trung bình bằng phương pháp Tukey của phần mềm Minitab 16.0.

## Kết quả và bàn luận

### Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số

Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số của các phân đoạn dịch chiết từ gạo lứt và gạo mầm được trình bày trong bảng 1. Đối với polyphenol tổng số, kết quả cho thấy phân đoạn ethyl acetate có hàm lượng polyphenol cao nhất trong cả hai dịch chiết từ gạo lứt và gạo mầm, khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 95%. Hàm lượng polyphenol trong phân đoạn nước của gạo lứt cao hơn 4 lần so với gạo mầm. Trong khi hàm lượng polyphenol trong các phân đoạn hexane và chloroform giữa hai mẫu gạo khác biệt không ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).

**Bảng 1. Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số trong các phân đoạn của dịch chiết từ gạo lứt và gạo mầm.**

| Phân đoạn dịch chiết |   | Polyphenol tổng số ( $\mu\text{g/g}$ ) | Flavonoid tổng số ( $\mu\text{g/g}$ ) |
|----------------------|---|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Gạo lứt              | H | 20,33 $\pm$ 2,36 cd                    | 8,97 $\pm$ 0,31 c                     |
|                      | C | 2,2 $\pm$ 0,15 cd                      | 0,32 $\pm$ 0,01 e                     |
|                      | E | 163,14 $\pm$ 11,48 a                   | 33,71 $\pm$ 1,49 a                    |
|                      | N | 90,1 $\pm$ 10,13 b                     | 26,32 $\pm$ 3,00 b                    |
| Gạo mầm              | H | 0,57 $\pm$ 0,02 d                      | 0,23 $\pm$ 0,03 e                     |
|                      | C | 2,64 $\pm$ 0,08 cd                     | 0,55 $\pm$ 0,02 e                     |
|                      | E | 148,6 $\pm$ 13,1 a                     | 25,29 $\pm$ 0,20 b                    |
|                      | N | 22,46 $\pm$ 1,29 c                     | 5,01 $\pm$ 0,29 d                     |

Các chữ cái theo sau trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%; H: Hexane; C: Chloroform; E: Ethyl acetate; N: Nước.

Flavonoid tổng số trong gạo lứt cao hơn trong gạo mầm ở hầu hết các phân đoạn. Cụ thể, hàm lượng flavonoid trong phân đoạn hexane, ethyl acetate và nước trong gạo lứt lần lượt cao hơn trong các phân đoạn tương ứng của gạo mầm, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%.

Từ bảng 1 rút ra kết luận rằng, polyphenol và flavonoid tổng số trong gạo lứt và gạo mầm là không có sự khác biệt.

### Khả năng chống oxy hóa

Khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết được trình bày trong bảng 2. Kết quả ghi nhận phân đoạn ethyl acetate của gạo mầm có hoạt tính ức chế DPPH cao nhất trong các phân đoạn, kế đến là phân đoạn ethyl acetate và chloroform của gạo lứt, với khả năng ức chế trên 50%. Đối với phương pháp ABTS, khả năng ức chế của phân đoạn chloroform trong gạo lứt là cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%, cao hơn các phân đoạn của gạo mầm. Tương tự, đối với khả năng khử, phân đoạn này cũng cho kết quả cao nhất. Thông thường, các chất thuộc nhóm acid béo và terpenoid được tìm thấy trong phân đoạn chloroform. Trong khi các hợp chất polyphenol và flavonoid phân cực thường tìm thấy trong phân đoạn ethyl acetate và nước.

Từ bảng 2 có thể kết luận rằng, khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết gạo lứt và gạo mầm cũng không có

**Bảng 2. Khả năng chống oxy hóa in vitro trong các phân đoạn của dịch chiết (nồng độ 0,5 mg/ml) từ gạo lứt và gạo mầm.**

| Phân đoạn dịch chiết |   | Khả năng ức chế DPPH (%) | Khả năng ức chế ABTS (%) | Khả năng khử (OD)    |
|----------------------|---|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| Gạo lứt              | H | 18,80 $\pm$ 0,76 f       | 9,57 $\pm$ 0,45 g        | 0,161 $\pm$ 0,004 g  |
|                      | C | 68,53 $\pm$ 0,73 b       | 73,45 $\pm$ 1,98 a       | 0,357 $\pm$ 0,006 a  |
|                      | E | 69,91 $\pm$ 2,16 b       | 47,64 $\pm$ 2,47 c       | 0,279 $\pm$ 0,004 d  |
|                      | N | 44,35 $\pm$ 1,43 e       | 20,80 $\pm$ 1,71 f       | 0,233 $\pm$ 0,002 e  |
| Gạo mầm              | H | 8,84 $\pm$ 2,23 g        | 14,07 $\pm$ 1,88 g       | 0,176 $\pm$ 0,004 f  |
|                      | C | 51,28 $\pm$ 0,46 d       | 39,77 $\pm$ 2,85 d       | 0,291 $\pm$ 0,003 c  |
|                      | E | 76,43 $\pm$ 0,38 a       | 61,54 $\pm$ 2,26 b       | 0,303 $\pm$ 0,005 b  |
|                      | N | 64,83 $\pm$ 0,67 c       | 32,14 $\pm$ 2,39 e       | 0,296 $\pm$ 0,001 bc |

Các chữ cái theo sau trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%; H: Hexane; C: Chloroform; E: Ethyl acetate; N: Nước.

sự khác biệt.

Kết quả nghiên cứu khả năng chống oxy hóa của dịch chiết nước từ gạo mầm và gạo lứt của Esa và ctv [7] cũng cho thấy sự khác biệt giữa 2 loại gạo này không có ý nghĩa ở cả ba phương pháp là DPPH, TBA (Thiobarbituric acid) và FTC (Ferric thiocyanate).

### Kết luận

Quá trình nảy mầm xảy ra làm tăng đáng kể hàm lượng GABA trong gạo như những báo cáo trước đây. Tuy nhiên, hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số trong các phân đoạn dịch chiết của gạo mầm không tăng nhiều so với gạo chưa nảy mầm. Đồng thời, hoạt tính chống oxy hóa của gạo chưa nảy mầm trong một số phân đoạn cao hơn trong gạo mầm.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S.B. Patil & M.K. Khan (2011), "Germinated brown rice as a value added rice product: A review", *Journal of Food Science and Technology*, **48**(6), pp.661-667.
- [2] Cung Thị Tố Quỳnh, Nguyễn Hoàng Dũng và Lại Quốc Đạt (2013), "Nghiên cứu xây dựng quy trình sản xuất gạo mầm (gạo GABA) từ gạo lứt Việt Nam", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, **51**(1), pp.63-71.
- [3] Bảng giá gạo Phương Nam (2014), <http://www.gaophuongnam.vn/bang-gia>, ngày 20/7/2017.
- [4] D.T. Khang, T.N. Dung, A.A. Elzaawely, T.D. Xuan (2016), "Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes", *Foods*, **5**(2), doi:10.3390/foods5020027.
- [5] P.T. Tuyen, D.T. Khang, P.T.T. Ha, T.N. Hai, A.A. Elzaawely, T.D. Xuan (2016), "Antioxidant capacity and phenolic contents of three quercus species", *International Letters of Natural Sciences*, **54**, pp.85-99.
- [6] T.N. Minh, D.T. Khang, P.T. Tuyen, L.T. Minh, L.H. Anh, N.V. Quan, P.T.T. Ha, N.T. Quan, N.P. Toan, A.A. Elzaawely, T.D. Xuan (2016), "Phenolic compounds and antioxidant activity of Phalaenopsis orchid hybrids", *Antioxidants*, **5**(3).
- [7] N.M. Esa, K.A. Kadir, Z. Amon, A. Azlan (2013), "Antioxidant activity of white rice, brown rice and germinated brown rice and the effects on lipid peroxidation and liver enzymes in hyperlipidaemic rabbits", *Food Chemistry*, **141**, pp.1306-1312.



# QUY ĐỊNH VỀ BÀI VIẾT ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

## Yêu cầu chung

Bài viết gửi đăng trên Tạp chí phải là bài viết nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài viết 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 viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in; có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội) hoặc qua hòm thư điện tử, địa chỉ: khcnvn@most.gov.vn.

## Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, 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 (<sup>1,2...</sup>) ở phía trên. Dấu hoa thị (\*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.

## Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khoá bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet. Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

## Dẫn nhập/đặt vấn đề

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.

## Đối tượng và phương pháp

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...

## 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.

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

## Bàn luận

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.

## 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.

## Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện (<sup>1,2,3...</sup>) 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 1 hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập (số)**, pp<trang đầu-trang cuối>

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

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...

*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).

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

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

**Chú ý**: nếu có ≥ 2 tài liệu tham khảo do cùng 1 tác giả/nhóm tác giả, cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a).

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

## Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Tòa 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.

## 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
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học môi trường
- 1.8. Khoa học nano
- 1.9. Khoa học tính toán
- 1.10. Các lĩnh vực khoa học tự nhiên khác

### 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 Y - dược học

### 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 60 - Number 6 - June 2018

**Vấn đề nhận giá trị và duy nhất của toán tử sai phân và tích sai phân đối với hàm phân hình trên một trường không Archimedes.**

Phạm Ngọc Hoa, Nguyễn Xuân Lai

**Nghiên cứu bộ lọc quang học bậc cao dựa trên sự ghép nối tiếp của nhiều cộng hưởng qua khe dẫn sóng hẹp trong cấu trúc tinh thể quang tử hai chiều.**

Hoàng Thu Trang, Ngô Quang Minh

**Phân tích quỹ đạo hoạt động để đánh giá khả năng phối hợp chụp ảnh của các hệ thống vệ tinh nhỏ, thử nghiệm với vệ tinh VNREDSat-1 và BKA.**

Bùi Doãn Cường, Chu Xuân Huy, Nguyễn Minh Ngọc, Bùi Quang Huy, Hoàng Hải, Phạm Đình Thắng

**Nghiên cứu trạng thái electron của các cluster  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) bằng phương pháp CASSCF/CASPT2.**

Nguyễn Minh Thảo, Trần Thanh Tuấn, Bùi Thọ Thanh, Trần Quốc Trị, Trần Văn Tần

**Sự thay đổi của một số thành phần hóa học và hợp chất có hoạt tính sinh học trong tép tỏi (*Allium sativum* L.) trong quá trình tồn trữ.**

Nguyễn Ái Thạch

**Biểu hiện hoạt động động đất kích thích tại một số hồ thủy điện ở Việt Nam.**

Cao Đình Trọng, Thái Anh Tuấn, Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Nguyễn Đắc Cường

**Phân lập các chủng vi sinh vật có khả năng phân giải cellulose mạnh phục vụ sản xuất chế phẩm phân hủy rơm rạ.**

Trần Hoàng Dũng, Huỳnh Văn Hiếu, Trần Duy Dương, Nguyễn Thành Công

**Nghiên cứu đánh giá khả năng khí hóa chất thải rắn sinh hoạt làm nhiên liệu thay thế.**

Lê Cao Chiến, Nguyễn Thị Tâm, Trần Quốc Huy, Nguyễn Hồng Quang, Nguyễn Đức Thịnh, Trần Thị Phương Thúy

**Ứng dụng ảnh viễn thám kết hợp mô hình thủy văn trong nghiên cứu dòng chảy lũ lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi.**

Nguyễn Thị Thu Huyền

**Giải pháp lưu giữ và khai thác nước trong một số thành tạo bờ rời khu vực Tây Nguyên.**

Nguyễn Vũ Việt, Nguyễn Huy Vượng, Trần Văn Quang, Phạm Văn Minh

**Đánh giá mức tiêu thụ năng lượng riêng cho băng tải mô hình lò có một cụm dẫn động sử dụng hộp giảm tốc bánh răng côn trụ.**

Lê Văn Đạt, Nguyễn Ngọc Linh, Nguyễn Văn Kự

**Đánh giá khả năng xử lý ion  $Ni^{2+}$  trong nước bằng đá nhân tạo.**

Lê Thị Xuân Thùy, Lê Thị Suong, Nguyễn Thị Sao Mai, Kunihiro Kato

**Nghiên cứu chuyển hóa gellan thành gellan khử acyl.**

Nguyễn Thị Hồng Hà, Trần Thị Mai, Lê Khánh Linh, Nguyễn Thị Xuân Sâm

**Khả năng chống oxy hóa của phân đoạn dịch chiết từ gạo mầm và gạo lứt.**

Đỗ Tấn Khang, Trần Nhân Dũng, Trần Đăng Xuân

**1 The problem of value-sharing and uniqueness between the difference operator and the differential equation for the meromorphic function of a non- Archimedean field.**

Ngoc Hoa Pham, Xuan Lai Nguyen

**5 A study on high-order optical filters based on coupled resonators through the slot waveguide in two-dimensional photonic crystal.**

Thu Trang Hoang, Quang Minh Ngo

**9 Operation orbit analysis to evaluate the imaging coordination capability of small satellites, an experiment with VNREDSat-1 and BKA.**

Doan Cuong Bui, Xuan Huy Chu, Minh Ngoc Nguyen, Quang Huy Bui, Hai Hoang, Dinh Thang Pham

**14 An investigation on the electronic states of  $VGe_n^{-0}$  ( $n = 1-2$ ) clusters by CASSCF/CASPT2 method.**

Minh Thao Nguyen, Thanh Tuan Tran, Tho Thanh Bui, Quoc Tri Tran, Van Tan Tran

**20 Changes of some chemical constituents and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) clove during storage.**

Ai Thach Nguyen

**25 Expression of triggered earthquakes at some hydropower plant reservoirs in Vietnam.**

Dinh Trong Cao, Anh Tuan Thai, Dinh Trieu Cao, Van Dung Le, Dac Cuong Nguyen

**32 Isolation of cellulose-degrading microbes for rice straw decomposition.**

Hoang Dung Tran, Van Hieu Huynh, Duy Duong Tran, Thanh Cong Nguyen

**37 A study into the possibility of gasifying domestic waste to produce alternative fuels.**

Cao Chien Le, Thi Tam Nguyen, Quoc Huy Tran, Hong Quang Nguyen, Duc Thinh Nguyen, Thi Phuong Thuy Tran

**44 Application of satellite images in combination with the hydrological model for the study of flood flow in Ve river basin, Quang Ngai province.**

Thi Thu Huyen Nguyen

**50 Solutions for water storage and exploitation in some loose formations of the Vietnam Central Highlands.**

Vu Viet Nguyen, Huy Vuong Nguyen, Van Quang Tran, Van Minh Pham

**55 Analysis of the specific energy consumption for underground mining belt conveyor with single drive unit using bevel helical gearboxes.**

Van Dat Le, Ngoc Linh Nguyen, Van Kuu Nguyen

**59 Evaluating the possibility of removing  $Ni^{2+}$  ion from aqueous solution by artificial stone.**

Thi Xuan Thuy Le, Thi Suong Le, Thi Sao Mai Nguyen, Kunihiro Kato

**64 Study on the conversion of gellan into deacylated gellan.**

Thi Hong Ha Nguyen, Thi Mai Tran, Khanh Linh Le, Thi Xuan Sam Nguyen

**70 Antioxidant activity of fractions obtained from germinated brown rice and brown rice.**

Tan Khang Do, Nhan Dung Tran, Dang Xuan Tran