

# Nghiên cứu thành phần đồng vị của nước mưa khu vực thành phố Long Khánh, miền Đông Nam Bộ

Bùi Quang Trí\*, Huỳnh Thị Thu Hương<sup>1</sup>, Phạm Uyên Thi<sup>1</sup>, Dương Thị Bích Chi<sup>1</sup>, Phan Thị Luân<sup>1</sup>, Lê Thị Thanh Tâm<sup>1</sup>, Trần Trí Hải<sup>1</sup>, Lê Văn Sơn<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Mười<sup>2</sup>, Đặng Đức Nhận<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp

<sup>2</sup>Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia

<sup>3</sup>Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam

Ngày nhận bài 5/5/2021; ngày chuyển phản biện 13/5/2021; ngày nhận phản biện 14/6/2021; ngày chấp nhận đăng 21/6/2021

## Tóm tắt:

Tỷ số đồng vị  $^2\text{H}/^1\text{H}$  và  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  trong nước mưa mang nhiều thông tin về sự phân tách của phân tử nước trong chu trình thủy quyển. Mối liên hệ giữa các tỷ số đồng vị của nước mưa trong một khu vực đặc trưng bởi đường nước khí tượng địa phương, được biết đến như giá trị tham khảo tin cậy cho các nghiên cứu liên quan đến phân định nguồn gốc của nước bổ cập nước dưới đất và điều tra biến đổi khí hậu. Nghiên cứu này trình bày việc xây dựng đường nước khí tượng địa phương Long Khánh (LK LMWL) trong giai đoạn 2020-2021 làm cơ sở cho việc nghiên cứu về nguồn gốc nước dưới đất trên địa bàn thành phố Long Khánh và các nghiên cứu tiếp theo về nguồn gốc nước dưới đất của miền Đông Nam Bộ, lưu vực sông Đồng Nai. Kết quả cho thấy giá trị  $\delta^2\text{H}$  của nước mưa dao động từ -73,64 đến 0,36‰ với giá trị trung bình là -49,74‰ và  $\delta^{18}\text{O}$  dao động từ -10,91 đến -1,59‰ với giá trị trung bình là -7,68‰, khi so với mẫu chuẩn VSMOW. Nước mưa ở Long Khánh về mùa khô có thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  giàu hơn so với nước mưa trong mùa mưa do hiệu ứng lượng mưa và đặc điểm khí tượng của khu vực. LK LMWL tuân theo phương trình  $\delta^2\text{H} = (7,89 \pm 0,38) \times \delta^{18}\text{O} + (10,28 \pm 2,93)$  ( $R^2=0,96$ ,  $n=19$ ) cho thấy, thành phần đồng vị của  $\delta^{18}\text{O}$  trong nước mưa được làm giàu hơn thành phần đồng vị của  $\delta^2\text{H}$ . Mức dư đơteri (d-excess) của nước mưa trong khu vực là  $10,28 \pm 2,93$ ‰, tương đương với quy mô toàn cầu là 10‰.

**Từ khóa:** d-excess, đường nước khí tượng Long Khánh,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ .

**Chỉ số phân loại:** 1.5

## Đặt vấn đề

Long Khánh - thành phố trực thuộc tỉnh Đồng Nai, là một trong những địa phương phát triển nhanh nhất trong nhóm đô thị địa phương khu vực miền Đông Nam Bộ. Quá trình đô thị hóa ngày càng tăng kèm theo sự gia tăng dân số cơ học đang gây áp lực lên nguồn cung cấp nước sạch cho dân cư địa phương. Ngoài ra, nhu cầu sử dụng nước cho các hoạt động phát triển công nghiệp, nông nghiệp tương đối lớn, trong khi nguồn nước mặt rất hạn chế cũng là một trong những khó khăn cho Đồng Nai khi phát triển kinh tế - xã hội.

Trong kỹ thuật “Thủy văn đồng vị”, đồng vị của hydro và oxy được sử dụng phổ biến nhất vì các đồng vị này là thành phần của phân tử nước. Phân tử nước được cấu tạo bởi các đồng vị nhẹ và nặng của oxy và hydro. Do đó, đơteri và oxy-18 là hai đồng vị nặng được coi là lý tưởng để sử dụng làm chất đánh dấu trong các nghiên cứu thủy văn. Đơteri và oxy-18 thường được sử dụng để đánh giá “nguồn gốc” của nước, đặc biệt là trong các hệ thống nước dưới đất; các quá trình liên quan đến việc bổ cập (theo dõi quá trình); để ước tính tỷ lệ hòa trộn của các nguồn hoặc thành phần khác nhau (truy tìm thành phần); và nghiên cứu mối quan hệ thủy lực giữa nước dưới đất và nước mặt hoặc giữa các tầng chứa nước khác nhau trong một hệ thống nước dưới đất nhất định.

Để có thể nhận biết nguồn bổ cập cũng như lượng bổ cập nước ngầm trên khu vực bằng kỹ thuật thủy văn đồng vị cần phải có dữ liệu về thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  [1].

Thành phần đồng vị của đơteri và oxy-18 trong nước được ký hiệu là delta ( $\delta$ ) và được định nghĩa như sau:

$$\delta^2\text{H}(\%) = \left( \frac{\delta^2 R_{\text{sample}}}{\delta^2 R_{\text{std}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (1)$$

$$\delta^2\text{H}(\%) = \left( \frac{\delta^2 R_{\text{sample}}}{\delta^2 R_{\text{std}}} - 1 \right) \times 1000 \quad (2)$$

Trong đó:  $^2R_{\text{sample}}$ ,  $^2R_{\text{std}}$ ,  $^{18}R_{\text{sample}}$ ,  $^{18}R_{\text{std}}$  tương ứng là tỷ số mức phổ biến (abundance) của đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong mẫu nước nghiên cứu (sample) và trong mẫu chuẩn (std).

Mẫu chuẩn được sử dụng trong các nghiên cứu về thành phần đồng vị trong nước là mẫu VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). VSMOW là mẫu nước biển do Bộ phận Thủy văn đồng vị của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) chuẩn bị và bán cho các cơ sở trên phạm vi toàn cầu sử dụng cho các mục đích nghiên cứu của mình.

Mối quan hệ giữa thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong nước mưa trên phạm vi toàn cầu là mối quan hệ tuyến tính, lần đầu tiên

\* Tác giả liên hệ: Email: tribq@canti.vn; Tel: 0913188582

# Study on the isotopic composition of rainwater in Long Khanh city, Southeast of the Mekong Delta region

Quang Tri Bui<sup>1\*</sup>, Thi Thu Huong Huynh<sup>1</sup>,  
Uyen Thi Pham<sup>1</sup>, Thi Bich Chi Duong<sup>1</sup>,  
Thi Luan Phan<sup>1</sup>, Thi Thanh Tam Le<sup>1</sup>, Tri Hai Tran<sup>1</sup>,  
Van Son Le<sup>1</sup>, Van Muoi Nguyen<sup>2</sup>, Duc Nhan Dang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre for Applications of Nuclear Technique in Industry

<sup>2</sup>Centre for Water Resources Technical and Consultant

<sup>3</sup>Vietnam Association of Hydrogeology

Received 5 May 2021; accepted 21 June 2021

## Abstract:

The  $^2\text{H}/^1\text{H}$  and  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  isotope ratios in rainwater bring a lot of information about the fractionation of water molecules in the hydrosphere. The relationship between the isotope ratios of rainwater in an area characterised by the local meteoric water line, which is known as a reliable reference value for studies related to the identification of the recharge source of groundwater and climate change investigations. This study aims to establish a local meteoric water line in Long Khanh city (LK LMWL) in the period of 2020-2021, which is considered as a basis for research on the origin of groundwater in the area of Long Khanh city and subsequent studies on the origin of groundwater in the Southeast of the Mekong Delta region and the Dong Nai river basin. Results show that  $\delta^2\text{H}$  in rainwater ranges from -73.64 to 0.36 (‰ VSMOW) with an average value of -49.74‰ (n=19) and that figure of  $\delta^{18}\text{O}$  ranges from -10.91 to -1.59 (‰ VSMOW) with a mean of -7.68‰ (n=19). Due to the amount and specific meteorological conditions of the region,  $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  in rainwater are enriched in the dry season but deplete in the rainy season. The LK LMWL follows a model of  $\delta^2\text{H}=(7.89\pm 0.38)\delta^{18}\text{O} + (10.28\pm 2.93)$  ( $R^2=0.96$ , n=19), which shows that the isotopic composition of  $\delta^{18}\text{O}$  in rainwater is more enriched than the isotopic composition of  $\delta^2\text{H}$ . The deuterium excess (d-excess) of rainwater in the region is found to be  $10.28\pm 2.93$ ‰, which is comparable to those for the global scale of 10‰.

**Keywords:** d-excess, Long Khanh meteoric water line,  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ .

**Classification number:** 1.5

được Craig (1961) [1] phát hiện khi xử lý số liệu thành phần đồng vị của hai đồng vị nặng trong nước mưa, thu thập từ hơn 100 trạm quan trắc khí tượng toàn cầu lắp đặt cả trên các đại dương và bao phủ hầu như đều khắp lục địa. Mỗi quan hệ này được gọi là "đường nước khí tượng toàn cầu" (Global Meteoric Water Line, GMWL) và phương trình của GMWL có dạng (3):

$$\delta^2\text{H} = 8.8\delta^{18}\text{O} + 10 \quad (3)$$

Trên phạm vi khu vực, giá trị hệ số góc và mức dư đơteri (d-excess) của đường nước khí tượng khu vực sẽ khác 8 và 10 do có các hiệu ứng vĩ độ, độ cao, nhiệt độ khí quyển và độ ẩm không khí khí quyển như trình bày ở trên. Giá trị hệ số góc của đường nước khí tượng được quyết định không những bởi các yếu tố nhiệt động học của quá trình chuyển pha mà còn bởi các hiệu ứng liên quan đến động học của quá trình ngưng tụ - rơi lắng ướt, đó là nhiệt độ và độ ẩm khí quyển [2]. d-excess được tính theo công thức (4) [3]:

$$\text{d-excess} = \delta^2\text{H}_{\text{sample}} - 8.8\delta^{18}\text{O}_{\text{sample}} \quad (4)$$

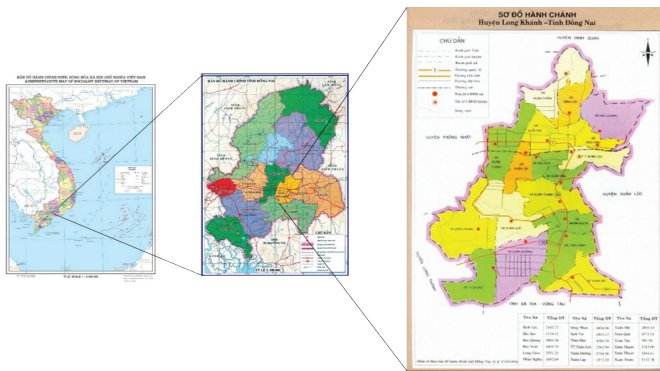
Trong đó,  $\delta^2\text{H}_{\text{sample}}$  và  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sample}}$  là giá trị thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong các mẫu nước nghiên cứu. d-excess phụ thuộc vào nguồn phát sinh độ ẩm gây mưa trên khu vực [2, 4].

Trong những năm qua, các nhà khoa học trong nước sử dụng kỹ thuật thủy văn đồng vị, chủ yếu để nghiên cứu nước ngầm tại hai hệ thống sông Hồng và sông Mê Kông. Trong khi đó, hệ thống sông Đồng Nai có tới 99% lưu vực nằm hoàn toàn trên đất nước ta [5], là điều kiện thuận lợi để nghiên cứu thủy văn đồng vị (vì không phải ra nước ngoài thu thập mẫu), nhưng lại chưa được quan tâm. Hiện nay trong khu vực miền Đông Nam Bộ, đại diện là Long Khánh lại chưa có dữ liệu mang tính hệ thống về thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  của nước mưa, trong khi đó việc nghiên cứu bổ cập nước dưới đất (nguồn bổ cập và lượng bổ cập) ở khu vực này là cần thiết đối với công tác quản lý tài nguyên nước. Vì vậy, mục đích của công trình này là phân tích thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong nước mưa thu thập ở khu vực Long Khánh để thiết lập đường nước khí tượng địa phương, làm cơ sở cho việc nghiên cứu về nguồn tài nguyên nước dưới đất khu vực Long Khánh và các nghiên cứu trong tương lai về nguồn gốc nước dưới đất khu vực miền Đông Nam Bộ, lưu vực sông Đồng Nai.

## Nội dung và phương pháp nghiên cứu

### Khu vực nghiên cứu

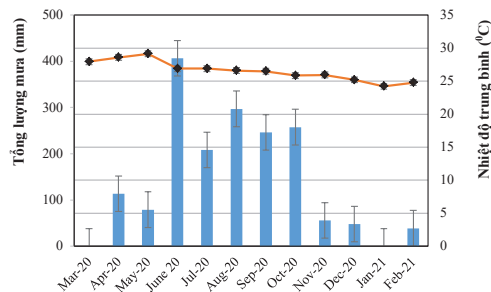
Long Khánh nằm ở phía đông tỉnh Đồng Nai, cách thành phố Biên Hòa 47 km, cách thành phố Hồ Chí Minh 72 km. Diện tích của thành phố là 194,09 km<sup>2</sup>, chiếm 3,3% diện tích tự nhiên toàn tỉnh Đồng Nai. Thành phố Long Khánh giáp huyện Xuân Lộc về phía đông - đông bắc, giáp huyện Thống Nhất về phía tây - tây bắc, giáp huyện Cẩm Mỹ về phía nam - tây nam và giáp huyện Định Quán về phía bắc (hình 1) [6].



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu - thành phố Long Khánh, tỉnh Đồng Nai.

**Số liệu khí tượng trong thời gian nghiên cứu**

Trong thời gian nghiên cứu, từ tháng 3/2020 đến tháng 2/2021, nhiệt độ trung bình tháng tại thành phố Long Khánh dao động từ 24 đến 29°C với giá trị trung bình là 26°C. Nhiệt độ trung bình tháng lớn nhất là 29°C (tháng 5/2020) và trung bình tháng thấp nhất là 24°C (tháng 1/2021) [7]. Lượng mưa cả năm là 1.751 mm, thấp hơn lượng mưa trung bình 10 năm trước (2.158 mm). Tháng 5/2020 có lượng mưa lớn nhất là 410 mm và tháng 2/2021 có lượng mưa nhỏ nhất là 38 mm, hai tháng 3/2020 và tháng 1/2021 không có mưa [7]. Độ ẩm trung bình tháng trong thời gian nghiên cứu dao động từ 78 đến 90% vào mùa mưa và từ 68 đến 80% vào mùa khô [7]. Hình 2 trình bày sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa trung bình tháng tại thành phố Long Khánh.



Hình 2. Nhiệt độ và lượng mưa trung bình tháng trong giai đoạn nghiên cứu.

Lượng bốc hơi trong mùa khô cao, chiếm khoảng 64% tổng lượng bốc hơi cả năm. Ngược lại lượng bốc hơi vào mùa mưa thấp hơn, chiếm khoảng 34-36% tổng lượng bốc hơi cả năm. Lượng bốc hơi tháng cao nhất là 200 mm (tháng 3) và thấp nhất là 42 mm (tháng 10) [7].

Thời gian nắng hàng ngày trung bình trong tháng dao động trong khoảng từ 5÷9 h/ngày. Trong giai đoạn nghiên cứu, thời gian nắng trung bình là 6 h/ngày [7].

Theo tiêu chí S-S xác định lượng mưa [8] thì mùa mưa ở khu vực Long Khánh trong thời gian nghiên cứu bắt đầu từ tháng 6 đến giữa tháng 10/2020, thời gian còn lại là mùa khô.

**Thu thập mẫu nước mưa**

19 mẫu nước mưa (SR01 đến SR19) đã được thu thập từ tháng

4/2020 đến tháng 2/2021 tại Trạm Khí tượng Long Khánh. Bộ dụng cụ thu mẫu nước mưa là loại nhúng được mô tả trong hướng dẫn về Quy trình kỹ thuật IAEA lấy mẫu nước mưa [9]. Dụng cụ này bao gồm một bình/can nhựa polyetylen tỷ trọng cao (HDPE) dung tích 20 lít được lắp một phễu hứng thẳng đứng có đường kính 14 cm xuyên qua nắp cao su đậy kín miệng can và nối với ống dẫn chạm gần đến đáy bình chứa mẫu. Khoảng không trong can được cân bằng áp suất khí quyển bằng một ống nhựa đường kính trong 2 mm và dài 15 m cuộn tròn. Can nhựa thu mẫu được ổn nhiệt, tránh nắng mặt trời và lắp đặt tại Trạm Khí tượng Long Khánh ở vị trí xung quanh không có nhà cao tầng cản trở nước mưa rơi theo chiều thẳng đứng. Thiết kế của bộ dụng cụ này đảm bảo không cho mẫu nước thu được trong tháng bị bốc hơi làm thay đổi thành phần đồng vị. Mẫu được lấy vào ngày 15 và 30 hàng tháng. Trước khi lấy mẫu tiến hành đo thể tích nước trong can để tính độ sâu mực nước mưa ( $H=4.V/3,14xd^2$ ), trong đó  $d=140$  mm là đường kính phễu hứng và  $V$  là thể tích nước trong can (tính bằng ml) của mỗi nửa tháng, sau đó mẫu được san vào chai dung tích 500 ml có nắp hai lớp đậy kín miệng chai. Mẫu được chuyển về phòng thí nghiệm để xử lý và phân tích thành phần đồng vị. Trước khi phân tích, mẫu được bảo quản ở nhiệt độ 4°C.

**Phân tích thành phần đồng vị trong phòng thí nghiệm**

Thành phần đồng vị  $\delta^2H$  và  $\delta^{18}O$  của các mẫu nước mưa được định lượng bằng thiết bị quang phổ laser IWA-35EP (hãng Los Gatos Research - LGR) tại Phòng thí nghiệm thủy văn đồng vị và môi trường của Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp. Chi tiết về nguyên lý cũng như thiết bị phân tích thành phần đồng vị của nước bằng thiết bị IWA của hãng Los Gatos.

Thiết bị được tự động điều khiển thông qua phần mềm LWIA Post Analysis Software. Khi phân tích, kỹ thuật viên đặt chương trình phân tích tương ứng cho thành phần đồng vị  $\delta^2H$  hoặc  $\delta^{18}O$  và lập danh sách ký hiệu mẫu, phần mềm sẽ chọn bước sóng chùm laser phù hợp cho từng đồng vị. Cứ 8 mẫu phân tích thì đặt một mẫu chuẩn để hiệu chỉnh mức trôi của tín hiệu. Hệ thống thiết bị sẽ tự động lấy và bơm mẫu qua bộ phận bơm mẫu tự động (Autosampler). Sau mỗi phép phân tích, phần mềm sẽ tính giá trị  $R_{sample}$  và  $R_{std}$ , rồi tính  $\delta$  tương ứng đối với  $^2H$  và  $^{18}O$ . Kết quả thành phần đồng vị  $\delta^2H$  và  $\delta^{18}O$  trong mẫu được thông báo bằng ‰ so với mẫu chuẩn VSMOW. Quy trình phân tích được thiết lập theo hướng dẫn của hãng cung cấp máy (LGR). Mỗi mẫu được phân tích lặp sáu lần, kết quả của hai lần đo đầu tiên được phần mềm tự động loại bỏ để tránh hiệu ứng “nhớ” của máy, đảm bảo cho kết quả ghi nhận được là chính xác. Kết quả nghiên cứu của đề tài cấp cơ sở năm 2018 đã xác định độ lặp lại của các kết quả đo là từ ±0,02 đến ±0,79‰ đối với  $\delta^2H$  và từ ±0,02 đến ±0,11‰ đối với  $\delta^{18}O$  [10].

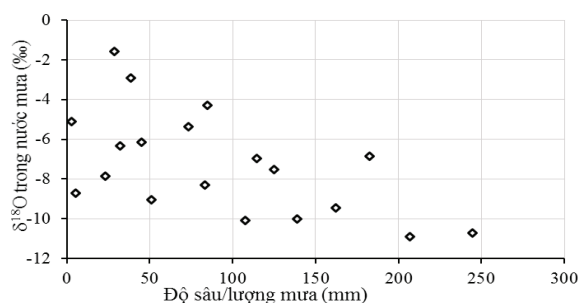
**Kết quả và thảo luận**

Kết quả theo dõi lượng mưa theo thời gian thu mẫu (nửa tháng một lần), thành phần đồng vị  $\delta^2H$  và  $\delta^{18}O$  trong nước mưa và kết quả tính d-excess của 19 mẫu nước mưa thu được trong hai năm 2020-2021 tại khu vực Long Khánh được trình bày trong bảng 1.

**Bảng 1.** Lượng mưa, thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong nước mưa và mức d-excess của 19 mẫu nước mưa thu được tại Long Khánh trong năm 2020-2021.

TT	Tên mẫu	Ngày, tháng lấy mẫu	Tổng lượng mưa (mm)	Kết quả			d-excess (‰)		
				$\delta^2\text{H}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)				
1	SR 01	15/04/2020	28,7	0,36	±0,71	-1,59	±0,09	13,06	±1,01
2	SR 02	30/04/2020	84,7	-22,36	±0,51	-4,28	±0,11	11,91	±1,02
3	SR 03	15/05/2020	5,6	-54,27	±0,02	-8,72	±0,02	15,50	±0,16
4	SR 04	31/05/2020	73,5	-29,87	±0,74	-5,38	±0,12	13,17	±1,21
5	SR 05	15/06/2020	162,2	-57,27	±0,28	-9,44	±0,08	18,23	±0,70
6	SR 06	30/06/2020	244,7	-71,98	±0,48	-10,7	±0,06	13,30	±0,68
7	SR 07	15/07/2020	83,3	-48,51	±0,18	-8,31	±0,05	17,94	±0,44
8	SR 08	31/07/2020	124,8	-49,17	±0,16	-7,51	±0,04	10,91	±0,36
9	SR 09	15/08/2020	182,7	-50,08	±0,23	-6,86	±0,06	4,76	±0,53
10	SR 10	31/08/2020	114,5	-49,95	±0,15	-6,96	±0,06	5,75	±0,50
11	SR 11	15/09/2020	107,4	-73,21	±0,79	-10,1	±0,11	7,43	±1,18
12	SR 12	30/09/2020	138,8	-73,04	±0,34	-10,2	±0,06	8,27	±0,59
13	SR 13	15/10/2020	206,8	-73,64	±0,35	-10,91	±0,04	13,66	±0,47
14	SR 14	31/10/2020	50,9	-59,92	±0,41	-9,06	±0,04	12,54	±0,52
15	SR 15	15/11/2020	32,4	-43,67	±0,25	-6,35	±0,05	7,11	±0,47
16	SR 16	31/11/2020	23,2	-55,03	±0,34	-7,85	±0,06	7,78	±0,59
17	SR 17	15/12/2020	45,1	-41,90	±0,33	-6,14	±0,07	7,22	±0,65
18	SR 18	31/12/2020	3,1	-33,14	±0,27	-5,12	±0,04	7,79	±0,42
19	SR 19	15/2/2021	38,8	-8,59	±0,12	-2,91	±0,03	14,69	±0,27
<b>Tổng lượng mưa</b>			<b>1.751,2</b>						
<b>Trung bình</b>				<b>-47,12</b>		<b>-7,28</b>		<b>11,107</b>	

Kết quả trong bảng 1 cho thấy các mẫu với ký hiệu từ SR05 đến SR13 được thu gom trong khoảng thời gian từ ngày 15/6 đến 15/10/2020 có lượng mưa cao nhất, đây là mùa mưa. Các mẫu nước mưa thu gom vào mùa mưa có thành phần đồng vị nặng nghèo hơn (so với mẫu nước thu vào mùa khô), giá trị  $\delta^2\text{H}$  dao động từ -73,64 đến -48,51‰ và  $\delta^{18}\text{O}$  dao động từ -10,91 đến -6,86‰ (bảng 1). Các mẫu từ SR01 đến SR04 và từ SR14 đến SR19 được thu gom vào mùa khô, lượng mưa thấp, thành phần đồng vị trong mẫu giàu lên, giá trị  $\delta^2\text{H}$  dao động từ -59,92 đến 0,36‰ và  $\delta^{18}\text{O}$  dao động từ -9,06 đến -1,59‰. Mức độ thay đổi thành phần đồng vị nặng trong nước mưa theo mùa được biết đến như là hiệu ứng “lượng, amount effect” [2, 11]. Hình 3 trình bày mối tương quan giữa lượng mưa (P) và  $\delta^{18}\text{O}$  minh họa cho hiệu ứng này.



**Hình 3.** Mối tương quan giữa độ sâu (lượng) mưa và  $\delta^{18}\text{O}$  trong nước mưa.

Mối tương quan giữa “lượng mưa” và  $\delta^{18}\text{O}$  trong nước mưa (hình 3) được mô tả bằng công thức:

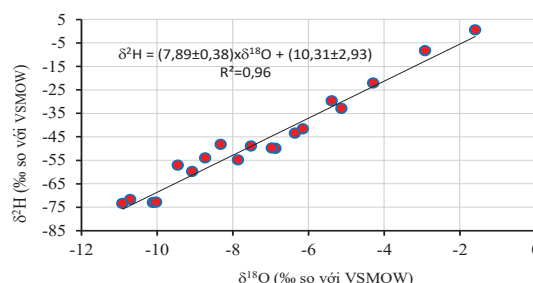
$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = -0,02 \times P(\text{mm}) - 5,27; \quad (R^2=0,34) \quad (5)$$

Tương tự, mối tương quan giữa  $\delta^2\text{H}$  và P được mô tả bằng công thức:

$$\delta^2\text{H}(\text{‰}) = -0,17 \times P(\text{mm}) - 31,37; \quad (R^2=0,32) \quad (6)$$

Tuy các phương trình (5) và (6) có hệ số tương quan thấp (<0,5), tức là thành phần đồng vị và P có tương quan không chặt chẽ, nhưng chiều hướng chung là thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  đều nghèo đi khi độ sâu (lượng mưa) của nước mưa tăng lên (hệ số góc của mối tương quan <0). Có hai lý do giải thích vì sao mối tương quan giữa  $\delta$  và P trong trường hợp này không được chặt chẽ. Thứ nhất là do số lượng mẫu (19 mẫu thu thập trong năm 2020 và đầu năm 2021) còn hạn chế, bởi vậy số liệu thống kê là chưa đủ để có mối tương quan tốt hơn. Ở Hà Nội, quan trắc thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong nước mưa và lượng mưa tháng trong khoảng thời gian 10 năm (từ 2001 đến 2011) cho thấy, mối tương quan giữa  $\delta$  và P có hệ số tương quan  $R^2=0,54$  [12], tốt hơn so với kết quả của nghiên cứu này. Tuy nhiên, với hệ số  $R^2=0,34$  thì mối tương quan giữa  $\delta$  và P vẫn chưa thể coi là chặt chẽ, có nghĩa là hiệu ứng “lượng” chưa đủ để giải thích mối tương quan nghịch biến giữa  $\delta$  và P. Lý do thứ hai có lẽ là do đặc thù của điều kiện khí tượng ở khu vực Nam Á. Aggarwal và cs cho biết về mùa hè, mưa ở các nước Nam Á từ 100 đến 170° kinh độ Đông, trong đó có Việt Nam, chịu sự chi phối bởi hai khối không khí, đó là khối đối lưu gió mùa đại dương (ocean monsoon trough) và khối gió mậu dịch (trade wind trough) mang theo hơi ẩm từ miền tây Thái Bình Dương, nơi nước biển bề mặt có nhiệt độ cao. Con đường vận chuyển hơi ẩm của hai khối không khí này đến Việt Nam là khá dài và trên đường đi hơi ẩm sẽ ngưng tụ và rơi lắng dần, khi đến Việt Nam thành phần đồng vị trong nước mưa sẽ nghèo đi do hiệu ứng phân tách đồng vị [13].

Kết quả trình bày trong bảng 1 cho phép thiết lập đường nước khí tượng khu vực Long Khánh (LK LMWL), tức là sự phụ thuộc giữa  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  được trình bày ở hình 4.



**Hình 4.** Đường nước khí tượng khu vực Long Khánh (LK LMWL), được thiết lập từ tháng 4/2020 đến tháng 2/2021.

Đường nước khí tượng khu vực LK LMWL tuân theo phương trình:

$$\delta^2\text{H} = (7,89 \pm 0,38) \times \delta^{18}\text{O} + (10,31 \pm 2,93); \quad (R^2=0,96) \quad (7)$$

Đường nước khí tượng khu vực có hệ số tương quan  $R^2=0,96$  là khá chặt chẽ.

Nghiên cứu của Đoàn Văn Cảnh và cs (2018) [14] quan trắc thành phần đồng vị trong nước mưa ở thành phố Hồ Chí Minh từ 2013 đến nay cho thấy, đường nước khí tượng khu vực (HCM LMWL) tuân theo phương trình:

$$\delta^2\text{H} = 7,37x \delta^{18}\text{O} + 5,15; (R^2=0,97) \quad (8)$$

Đường nước khí tượng khu vực Đà Lạt, Lâm Đồng (ĐL LMWL) tuân theo phương trình sau [15]:

$$\delta^2\text{H} = 7,78x\delta^{18}\text{O} + 14,03; (R^2=0,98) \quad (9)$$

Đường nước khí tượng khu vực Long An (LA LMWL) tuân theo phương trình sau [16]:

$$\delta^2\text{H} = (7,56\pm 0,11)x\delta^{18}\text{O} + (7,26\pm 0,67); (R^2=0,99) \quad (10)$$

Đường nước khí tượng ở BangKok, Thái Lan, (BK LMWL) không khác biệt nhiều so với đường nước khí tượng ở thành phố Hồ Chí Minh và tuân theo phương trình sau [17]:

$$\delta^2\text{H} = 7,33x\delta^{18}\text{O} + 5,17; (R^2=0,95) \quad (11)$$

Đường nước khí tượng ở thành phố Hà Nội tuân theo phương trình sau [12]:

$$\delta^2\text{H} = (8,04\pm 0,13)x\delta^{18}\text{O} + (12,96\pm 0,86); (R^2=0,98) \quad (12)$$

Từ các phương trình (7), (8), (10) và (11) nhận thấy hệ số góc của đường nước khí tượng bốn khu vực Long Khánh (LK), thành phố Hồ Chí Minh (HCM), Long An (LA) và BangKok (BK) có giá trị tương đương nhau (trong giới hạn sai số thống kê), trung bình là 7,54 thấp hơn giá trị hệ số góc của đường nước khí tượng toàn cầu là 8. Điều này là do nhiệt độ không khí ở bốn địa điểm quan trắc là khá tương đồng và cao hơn so với nhiệt độ ở các vùng ôn đới. Nhiệt độ không khí cao nên khi mưa, các giọt nước trước khi tiếp cận bề mặt đất sẽ bị bốc hơi, làm cho thành phần đồng vị  $^{18}\text{O}$  trong nước mưa thu ở bề mặt đất giàu lên. Hiệu ứng bốc hơi của các giọt nước mưa trên đường rơi xuống mặt đất được biết đến như là hiệu ứng mất cân bằng động học của nước mưa ở những vùng có khí hậu nhiệt đới. Ở Hà Nội, nhiệt độ không khí nói chung là thấp hơn so với ở Long Khánh, thành phố Hồ Chí Minh, Long An hoặc BangKok, do vậy hiệu ứng mất cân bằng động học của nước mưa gần như không đáng kể và vì thế hệ số góc của đường nước khí tượng địa phương Hà Nội rất gần với 8. Đường nước khí tượng khu vực Đà Lạt có hệ số góc tương đương với hệ số góc của bốn khu vực LK, HCM, LA, BK nhưng giá trị d-excess lại >10. Điều này có thể là do hiệu ứng mất cân bằng động học nhưng không phải do nhiệt độ không khí cao mà do độ ẩm không khí ở Đà Lạt thấp hơn so với ở các khu vực khác nên cũng gây hiệu ứng bốc hơi trên đường mưa rơi xuống mặt đất.

Kết quả trình bày trong bảng 1 cho thấy giá trị d-excess thay đổi theo từng thời điểm thu góp mẫu, dao động từ 4,76 đến 18,23%. Vào những thời điểm có nhiệt độ không khí cao, như từ tháng 2 đến tháng 8 giá trị d-excess thường cao hơn 10, nhưng vào những thời điểm nhiệt độ không khí mát mẻ (tháng 9 đến tháng giêng năm sau) thì d-excess thấp hơn 10. Giá trị d-excess >10 là do trong ẩm không khí gây mưa có thêm thành phần hơi nước bốc hơi từ các nguồn nước địa phương như từ sông, hồ hoặc thảm thực vật, trong khí đó d-excess <10 cho biết thành phần ẩm từ địa phương là không đáng kể. Các giá trị hệ số góc và d-excess nhận được trên cơ sở kết quả quan trắc thực tế (phương trình 7) cho thấy nguồn ẩm gây mưa tại khu vực Long Khánh, thuộc miền Đông Nam Bộ có nguồn gốc từ nước đại dương là chủ yếu.

## Kết luận

Thành phần đồng vị bền  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  của nước mưa trên khu vực Long Khánh, đại diện cho miền Đông Nam Bộ đã được đánh giá định lượng trong khoảng thời gian từ tháng 4/2020 đến hết tháng 2/2021. Kết quả cho thấy sự biến đổi  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  là rất rộng, dao động từ -10,91 đến -1,59‰ đối với  $\delta^{18}\text{O}$  và từ -73,64 đến 0,36‰ đối với  $\delta^2\text{H}$ , phụ thuộc vào mùa. Đường nước khí tượng tại khu vực Long Khánh (LK LMWL) tuân theo phương trình  $\delta^2\text{H} = (7,89\pm 0,38)x\delta^{18}\text{O} + (10,31\pm 2,93)$ , với hệ số tương quan  $R^2=0,96$ . Các giá trị hệ số góc và d-excess của LK LMWL là tương đương với các giá trị tương ứng của đường nước khí tượng địa phương tại khu vực thành phố Hồ Chí Minh, Long An, và BangKok do điều kiện khí hậu trên toàn khu vực là khá tương đồng. Nguồn ẩm gây mưa trên khu vực chủ yếu là từ đại dương chịu ảnh hưởng của các yếu tố gió mùa. Để có cơ sở xác định miền bổ cập nước dưới đất khu vực Đông Nam Bộ bằng kỹ thuật thủy văn đồng vị, cần có bộ số liệu về đường nước khí tượng theo độ cao. Do vậy, hướng nghiên cứu tiếp theo là phải xây dựng được mạng quan trắc thành phần đồng vị trong nước mưa theo độ cao từ Long Khánh lên đến Đà Lạt.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Craig (1961), "Standards for reporting concentrations of deuterium and oxygen 18 in natural waters", *Science*, **133**, pp.1833-1834.
- [2] W. Dansgaard (1964), "Stable isotopes in precipitation", *Tellus*, **16**(4), pp.436-468, DOI:10.1111/j.2153-3490.1964.tb00181.x.
- [3] J.R. Gat (1980), "The isotopes of hydrogen and oxygen in precipitation", *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, **1**, pp.22-48.
- [4] W.G. Mook, et al. (2001), *Environmental isotopes in the hydrological cycle*, Principles and Applications, IAEA, Austria.
- [5] Đào Xuân Học (2006), "Tài nguyên nước và vấn đề phát triển bền vững lưu vực sông Đồng Nai", *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, **13**, tr.3-11.
- [6] [http://longkhanh.dongnai.gov.vn/Pages/Gioithieu\\_chitiet.aspx?CatID=2](http://longkhanh.dongnai.gov.vn/Pages/Gioithieu_chitiet.aspx?CatID=2).
- [7] Trạm Khí tượng Long Khánh (2020), *Báo cáo khí hậu khu vực Long Khánh*.
- [8] R.D. Stern, M.D. Dennett, D.J. Garbutt (1981), "The start of the rains in West Africa", *Journal of Climatology*, **1**, pp.59-68.
- [9] [http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/documents/other/gnip\\_manual\\_v2.02\\_en\\_hq.pdf](http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/documents/other/gnip_manual_v2.02_en_hq.pdf).
- [10] Huỳnh Thị Thu Hương (2018), *Xây dựng và phân tích thí nghiệm tỷ số đồng vị bền  $\delta\text{D}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong mẫu nước trên thiết bị IWA-35EP kết hợp với phân tích thành phần hóa học để khảo sát nước rõ thông qua đập Đơn Dương*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp cơ sở.
- [11] M.J. Wirmvem, T. Ohba, B.T. Kamtchueng, E.T. Taylor, W.Y. Fantong and A.K. Aka (2017), "Variation in stable isotope ratios of monthly rainfall in the Douala and Yaounde cities", *Water Sci.*, **7**(5), pp.2343-2356.
- [12] D.D. Nhan, D.B. Lieu, D.A. Minh, V.T. Anh (2013), *Isotopic compositions of precipitation over Red River's Delta Region (Vietnam)*, Data of the GNIP Hanoi.
- [13] P.K. Aggarwal, K. Frohlich, K.M. Kulkarni and I.L. Gourcy (2014), "Stable isotope evidence for moisture sources in the Asian summer monsoon under present and past climate regimes", *Geophys. Res. Letters*, **32**, p.08203.
- [14] Doan Van Canh, Dang Duc Nhan, Nguyen Kien Chinh (2018), "Formation of groundwater resources in the Me Kong River Delta, south Vietnam", *Vietnam J. Sci. Technol. Eng.*, **60**, pp.59-67.
- [15] Bùi Quang Trí và cs (2021), *Báo cáo nhiệm vụ cấp bộ Ứng dụng kỹ thuật đồng vị bền Deuterium và Oxygen-18 để khảo sát đặc trưng bổ cập nước ngầm tại một số khu vực của thành phố Long Khánh*, Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp.
- [16] Nguyen Le Duy, et al. (2018), "What controls the stable isotope composition of precipitation in the Mekong Delta? A model-based statistical approach", *Hydrology and Earth System Sciences*, **22**(2), pp.1239-1262, DOI:10.5194/hess-22-1239-2018;
- [17] Wanlapa Wisittamasri, et al. (2016), "Isotope evidence of rainfall and groundwater for tracing recharge areas in Kaeng Khoi district, Saraburi province, Thailand", *App. Envi. Res.*, **38**(3), pp.49-58.