

Vietnam Journal of Marine Science and Technology; Vol. 19, No. 4A; 2019: 103–113  
DOI: <https://doi.org/10.15625/1859-3097/19/4A/14606>  
<https://www.vjs.ac.vn/index.php/jmst>

---

## The capability of organic matter decomposition and nutrient uptake in coastal waters of Ca Na bay, Ninh Thuan province

Hoang Trung Du\*, Nguyen Trinh Duc Hieu

*Institute of Oceanography, VAST, Vietnam*

\*E-mail: [h\\_trungdu@hotmail.com](mailto:h_trungdu@hotmail.com)

Received: 30 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

### Abstract

This paper focuses on the capability of organic matter decomposition and inorganic nutrient uptake in the coastal waters of Ca Na bay (Ninh Thuan province) in October, 2018 (the rainy season) and May, 2019 (the dry season). The results of laboratory experiments on organic decomposition, photosynthesis and nutrient uptake showed that the  $BOD_{gh}$  and the average values of  $k$ -decay rate in coastal waters of the surveyed area are higher in the rainy season compared with the dry season, with the average  $BOD_{gh}$  values of 5.474 mgO<sub>2</sub>/l and 4.768 mgO<sub>2</sub>/l respectively, and the corresponding  $k$ -values of 0.183 day<sup>-1</sup> and 0.143 day<sup>-1</sup>. However, the half-life decay of organic matter is lower in the rainy season than in the dry season, with the corresponding values of 5.110 days and 5.571 days. In the studied area, the photosynthesis of phytoplankton strongly absorbs nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), followed by ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) and phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). The capability of nutrient uptake for nitrogen and phosphorus components was 9.17 mgN/m<sup>3</sup>/hour and 0.92 mgP/m<sup>3</sup>/hour, respectively in the dry season; and 7.31 mgN/m<sup>3</sup>/hour and 0.63 mgP/m<sup>3</sup>/hour in the rainy season. The results of the study are favorable condition for calculating the environmental capacity in the coastal waters of Ca Na bay in the future.

**Keywords:** Organic matter, decomposition, nutrients, BOD.

---

*Citation:* Hoang Trung Du, Nguyen Trinh Duc Hieu, 2019. The capability of organic matter decomposition and nutrient uptake in coastal waters of Ca Na bay, Ninh Thuan province. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 19(4A), 103–113.

## Khả năng phân rã hữu cơ và hấp thụ muối dinh dưỡng ở vùng ven bờ vịnh Cà Ná, tỉnh Ninh Thuận

Hoàng Trung Du\*, Nguyễn Trịnh Đức Hiệu

Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

\*Email: [h\\_trungdu@hotmail.com](mailto:h_trungdu@hotmail.com)

Nhận bài: 30-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

### Tóm tắt

Bài báo tập trung đánh giá khả năng phân rã chất hữu cơ và hấp thụ muối dinh dưỡng trong vùng nước ven bờ vịnh Cà Ná (tỉnh Ninh Thuận) vào tháng 10/2018 (mùa mưa) và tháng 5/2019 (mùa khô). Kết quả thực nghiệm về phân rã hữu cơ, quang hợp và hấp thụ muối dinh dưỡng tại phòng thí nghiệm, cho thấy: giá trị  $BOD_{gh}$  và hằng số tốc độ phân rã  $k$  trung bình trong vùng nghiên cứu vào mùa mưa đều cao hơn so với mùa khô với giá trị  $BOD_{gh}$  trung bình tương ứng đạt 5,474  $mgO_2/l$  và 4,768  $mgO_2/l$ ; và giá trị  $k$  tương ứng đạt 0,183  $ngày^{-1}$  và 0,143  $ngày^{-1}$ . Tuy nhiên, thời gian bán phân rã chất hữu cơ vào mùa mưa thấp hơn so với mùa khô với giá trị tương ứng đạt 5,110 ngày và 5,571 ngày. Tại khu vực nghiên cứu, quá trình quang hợp của thực vật phù du hấp thụ mạnh nhất muối nitrat ( $NO_3^-$ ) tiếp đến là amonium ( $NH_4^+$ ), và phosphate ( $PO_4^{3-}$ ). Khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng nitơ và photpho trong mùa khô lần lượt đạt 9,17  $mgN/m^3/giờ$  và 0,92  $mgP/m^3/giờ$ ; và trong mùa mưa lần lượt đạt 7,31  $mgN/m^3/giờ$  và 0,63  $mgP/m^3/giờ$ . Các kết quả của nghiên cứu tạo điều kiện thuận lợi cho việc tính toán sức tải môi trường của vùng ven bờ vịnh Cà Ná sau này.

**Từ khóa:** Chất hữu cơ, phân rã, muối dinh dưỡng, BOD.

### MỞ ĐẦU

Tự làm sạch của thủy vực là một quá trình phức tạp nhằm làm giảm nồng độ của các nguồn thải vào thủy vực, nó được chia thành 3 quá trình chính: Vật lý, hóa học và sinh học [1]. Qua các số liệu đo đạc thực nghiệm, bài báo tập trung xem xét khả năng tự làm sạch sinh học ở vực nước vịnh Cà Ná thông qua quá trình phân rã chất hữu cơ và đồng hóa muối dinh dưỡng.

Trong thủy vực các cửa sông và ven bờ biển, vật chất hữu cơ có nguồn gốc từ nhiều nguồn khác nhau. Chúng có thể được tạo ra từ quá trình quang tổng hợp của thực vật phù du; từ các quá trình trao đổi chất qua các bậc dinh dưỡng khác nhau; từ chất thải của các loài thủy sinh vật, hoặc chúng được vận chuyển từ biển vào, từ thượng nguồn xuống và từ quá trình xáo

trộn của chất hữu cơ trong nền đáy. Tuy nhiên, các chất hữu cơ này luôn vận động, chuyển hóa bởi một loạt các quá trình lý học, hóa học và sinh học. Trong thủy vực, hệ vi sinh vật có vai trò quan trọng trong quá trình phân rã vật chất hữu cơ. Vi sinh vật sẽ phân hủy các chất hữu cơ để thu nhận các chất cần thiết cho các hoạt động sống của chúng. Trong quá trình phân rã, vật chất hữu cơ được vi sinh vật biến đổi thành các chất nghèo năng lượng, và cuối cùng, trong những điều kiện phù hợp thì chất hữu cơ sẽ được chuyển hóa ngược trở lại thành các chất vô cơ (quá trình khoáng hóa chất hữu cơ). Mô hình phân rã sinh học chất hữu cơ trong thủy vực được mô tả lần đầu tiên bởi nhóm tác giả Streeter và Phelps (1925) [2]. Tuy nhiên đến năm 2006 đã có ít nhất bốn mô hình mô tả quá

trình phân rã chất hữu cơ được sử dụng và đề cập trong các nghiên cứu sau: Thomas (1950) [3], Navone (1960) [4], Fujimoto (1964) [5], Hewitt et al., (1979) [6], Adrian và Sanders (1992–1993) [7], Young và Clark (1965) [8], Adrian và Sanders (1998) [9], Borsuk và Stow (2000) [10], và Mason et al., (2006) [11]. Để đánh giá quá trình phân rã hữu cơ tại các thủy vực ven bờ, phần lớn các nghiên cứu sử dụng mô hình Streeter và Phelps [12–14]. Trong nghiên cứu [15], nhóm tác giả so sánh ba mô hình của Streeter và Phelps; mô hình của Young và Clark; và mô hình của Mason et al., kết quả cho thấy mô hình của Streeter và Phelps phù hợp nhất với đặc trưng phân rã hữu cơ tại thủy vực.

Bên cạnh phân rã hữu cơ, quá trình quang hợp của thực vật phù du cũng có vai trò quan trọng đối với chức năng sinh thái của thủy vực, qua quá trình quang hợp, thực vật phù du sẽ sử dụng muối dinh dưỡng trong thủy vực. Một số nghiên cứu [14, 15] đánh giá quá trình hấp thụ muối dinh dưỡng thông qua khả năng quang hợp cực đại của thực vật phù du; bằng cách sử dụng các mô hình tương quan giữa năng suất và cường độ bức xạ (mô hình P-I) như: Mô hình của Webb et al., (1974) [16], mô hình của

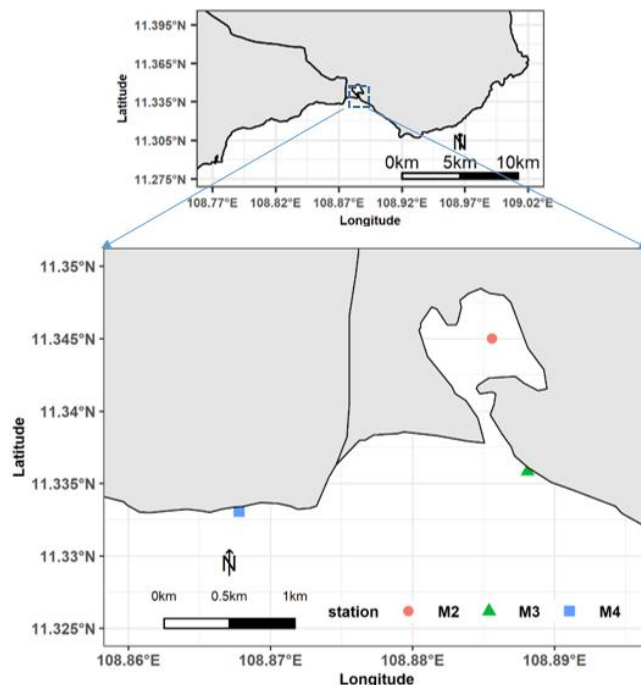
Jassby và Platt (1976) [17], mô hình của Platt et al., (1980) [18], Eilers và Peeters (1988) [19]. Tuy nhiên cách tiếp cận trên chỉ sử dụng tỷ số chuyển đổi C:N:P = 106:16:1 mà không đo đạc trực tiếp hàm lượng muối dinh dưỡng được hấp thụ bởi thực vật phù du. Đã có nghiên cứu đo đạc trực tiếp hàm lượng muối dinh dưỡng được hấp thụ trong quá trình quang hợp của thực vật phù du và cỏ biển trong đầm phá ven biển, dựa trên thí nghiệm thực nghiệm xem xét lượng muối dinh dưỡng được hấp thụ trong quá trình quang hợp [20].

Bài báo sử dụng nguồn dữ liệu, số liệu thực nghiệm vào tháng 10/2018 (mùa mưa) và tháng 5/2019 (mùa khô) để đánh giá một số đặc trưng về sự phân rã chất hữu cơ và hấp thụ muối dinh dưỡng trong vùng ven bờ vịnh Cà Ná - Ninh Thuận.

## TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### Thời gian và khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc vịnh Cà Ná (Ninh Thuận) với 3 trạm gồm M2 (108,885°E; 11,3450°N); M3 (108,888°E; 11,336 °N) và M4 (108,868°E; 11,333 °N) (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ trạm thu mẫu

Với các trạm như sau:

Trạm M2: Đại diện khu vực cảng cá Cà Ná;

Trạm M3: Đại diện cửa vịnh, là khu vực tập trung nhiều nguồn thải ven bờ từ sinh hoạt đổ vào;

Trạm M4: Đại diện vùng ven bờ, nằm dọc bãi biển Cà Ná (cạnh nhà hàng Sơn Hải).

Thời gian tiến hành thu mẫu: Vào tháng 10/2018 (mùa mưa) và tháng 5/2019 (mùa khô).

### Phương pháp thu mẫu, bố trí thí nghiệm và phân tích mẫu

Mẫu nước biển dùng trong thí nghiệm được thu bằng chai thu mẫu Niskin - 5 l (Hoa Kỳ) tại nước tầng mặt, mẫu nước sau khi thu được chứa trong can nhựa 5 l đã được xử lý, sau đó mẫu được bảo quản bằng thùng cách nhiệt, giữ mát bằng đá lạnh (khoảng 4–10°C) và vận chuyển trong ngày về phòng thí nghiệm. Mẫu nước biển dùng để làm thí nghiệm phân rã hữu cơ và hấp thụ muối dinh dưỡng được lưu trữ tại phòng thí nghiệm tối đa từ 18 tiếng tại nhiệt độ khoảng 4°C. Việc thu mẫu, xử lý và bảo quản được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 5998-1995 [21].

Thí nghiệm phân rã chất hữu cơ: Sử dụng phương pháp bình kín (300 ml), ủ trong tối ở nhiệt độ 20°C rồi xác định BOD tại các ngày: 0, 1, 3, 5, 7, 10, 15 và 20 (8 × 2 mẫu). BOD<sub>1, 3, 5, 7, 10, 15, 20</sub> được định lượng bằng phương pháp gia số oxy hòa tan (APHA 5210C) [22]. Hàm lượng oxy hòa tan (DO) được xác định bằng phương pháp Winkler (APHA 4500-O) [22].

Thí nghiệm quang hợp và hấp thụ muối dinh dưỡng: Mẫu nước được lấy vào các bình đen và trắng, rồi thả xuống nước tại vịnh Nha Trang (109,2156°E; 12,2074°N) để phơi dưới ánh sáng mặt trời trong 4–5 giờ, từ 12 giờ (hoặc 13 giờ) đến 16 giờ. Sau đó, các mẫu thí nghiệm được xác định các thông số DO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trước và sau khi phơi mẫu: muối dinh dưỡng NH<sub>4</sub><sup>+</sup> được xác định bằng phương pháp Riley, Emmet và Solorzano [23]; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> được xác định bằng phương pháp Bendschneider và Robinson [23]; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> được xác định bằng phương pháp Morris và Riley [23]; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> được xác định bằng phương pháp Murphy và Riley [23]. Muối dinh dưỡng được phân tích bằng máy UV-VIS 2900 (Hitachi,

Nhật Bản). Năng suất sinh học sơ cấp (GPP) được xác định theo phương pháp gia số oxy trong bình đen trắng trong 4–5 giờ chiếu sáng [24].

### Phương pháp đánh giá khả năng phân rã sinh học chất hữu cơ

Sử dụng mô hình phân rã bậc nhất theo Streeter-Phelps (1925) để đánh giá khả năng phân rã sinh học chất hữu cơ tại vùng nghiên cứu [2]:

$$BOD_t = BOD_{gh} [1 - \exp(-k.t)] \quad (1)$$

Trong đó: BOD<sub>t</sub>: BOD tại thời điểm  $t$  ngày (mgO<sub>2</sub>/l); BOD<sub>gh</sub>: BOD giới hạn (mgO<sub>2</sub>/l);  $k$ : Hằng số phân rã hữu cơ (ngày<sup>-1</sup>);  $t$ : Thời gian (ngày).

Xác định đồng thời hai thông số BOD<sub>gh</sub> và  $k$  thông qua việc giải mô hình hồi quy phi tuyến (1) bằng phương pháp bình phương tối thiểu [25] trên phần mềm thống kê mã nguồn mở R [26] với thuật toán Levenberg-Marquardt [27]. Số liệu đầu vào để giải mô hình phân rã là BOD<sub>t</sub> và  $t$  với điều kiện biên ban đầu là BOD<sub>gh</sub> ≥ BOD<sub>20</sub>.

Thời gian bán phân rã  $T$  (ngày) hay thời gian để phân hủy hết một nửa lượng chất hữu cơ được xác định theo công thức sau [13]:

$$T = \ln(2)/k \quad (2)$$

### Xác định NSSC và đánh giá khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng

Hàm lượng oxy hòa tan sinh ra trong quá trình quang hợp được tính toán như sau [28]:

$$DO_{\text{quang hợp}} = DO_{\text{bình trắng}} - DO_{\text{bình đen}} \quad (3)$$

Trong đó: DO<sub>quang hợp</sub>: Hàm lượng oxy hòa tan sinh ra trong quá trình quang hợp; DO<sub>bình đen</sub>: Hàm lượng oxy hòa tan phân tích được trong các bình đen; DO<sub>bình trắng</sub>: Hàm lượng oxy hòa tan phân tích được trong các bình trắng.

Tính năng suất sơ cấp theo lượng cacbon hữu cơ được sinh ra trong quá trình quang hợp dựa vào phương trình sau:



Theo phương trình (4), cứ 192 g oxy được sinh ra thì cũng kèm theo 72 g cacbon hữu cơ được sinh ra. Như vậy, năng suất sơ cấp theo

lượng cacbon hữu cơ được sinh ra trong quá trình quang hợp sẽ được tính toán dựa vào hàm lượng oxy được sinh ra.

Khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng trong quá trình quang hợp của thực vật phù du được xác định thông qua biểu thức sau [29]:

$$X_{\text{hấp thụ}} = X_{\text{binh đen}} - X_{\text{binh trắng}} \quad (5)$$

Trong đó:  $X_{\text{hấp thụ}}$ : Hàm lượng muối dinh dưỡng được hấp thụ trong quá trình quang hợp;  $X_{\text{binh đen}}$ : Hàm lượng muối dinh dưỡng phân tích được trong các bình đen;  $X_{\text{binh trắng}}$ : Hàm lượng muối dinh dưỡng phân tích được trong các bình trắng.

### Phương pháp xử lý số liệu

Phương trình mô tả quá trình phân rã sinh học chất hữu cơ (phương trình 1) có bản chất là mô hình hồi quy phi tuyến, được mô tả như sau [30]:

$$y = f(x, \theta) + \varepsilon \quad \text{với } \varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \quad (6)$$

Trong đó:  $y$  là biến phụ thuộc,  $f$  là hàm số của mô hình,  $x$  là biến độc lập - biến  $x$  và  $y$  thường được xác định bằng thực nghiệm,  $\theta$  là các thông số cần được ước tính, nó thể hiện đặc trưng cho mối quan hệ giữa biến  $x$  và  $y$  thông qua hàm  $f$  và  $\varepsilon$  là sai số của mô hình; theo đó  $\varepsilon$  có phân phối chuẩn với trung bình bằng 0 và phương sai là  $\sigma^2$ .

Sử dụng kiểm định Shapiro để kiểm tra phân phối chuẩn của phần sai số mô hình phân rã (1) [31].

Sử dụng kiểm định Wilcoxon signed rank để so sánh giá trị trung bình của 2 nhóm quan sát (mùa khô và mùa mưa), khi mỗi quan sát của nhóm này được so sánh với quan sát tương ứng của nhóm còn lại [31].

Sử dụng chỉ số căn bậc hai sai số trung bình toàn phương (RMSE) để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình (1). Vì phần sai số của mô hình hồi quy phi tuyến tuân theo luật phân phối chuẩn, do đó RMSE là chỉ số phù hợp nhất để sử dụng. Mô hình có chỉ số RMSE càng thấp thì mức độ phù hợp của mô hình cao [32]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - O_i)^2} \quad (7)$$

Với  $N$  là tổng số mẫu quan sát,  $Y_i$  là giá trị thực tế tại thời điểm  $i$  và  $O_i$  là giá trị dự báo tại thời điểm  $i$ .

Trong các kiểm định Shapiro và Wilcoxon signed rank, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi  $P < 0,05$  [31]; tất cả các kiểm định thống kê được thực hiện trên ngôn ngữ R [26]. Bên cạnh đó, các đồ thị và bản đồ khu vực nghiên cứu cũng được xây dựng trên ngôn ngữ R [26].

## KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### Phân rã chất hữu cơ

Kết quả phân tích BOD từ thí nghiệm theo thời gian được trình bày trong bảng 1. Giải mô hình Streeter - Phelps (1) bằng phương pháp hồi quy phi tuyến, các thông số đặc trưng cho quá trình phân rã hữu cơ được trình bày trên bảng 2.

Bảng 1. Kết quả phân tích từ thí nghiệm đối với BOD (mgO<sub>2</sub>/l) theo thời gian (ngày)

Thời gian	Tháng 10/2018			Tháng 5/2019		
	M4	M3	M2	M4	M3	M2
BOD <sub>1</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	0,18	0,37	4,27	0,28	0,99	1,75
BOD <sub>3</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	0,44	1,07	5,72	0,52	1,81	3,26
BOD <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	0,79	1,42	9,40	0,62	2,22	5,15
BOD <sub>7</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	1,11	1,78	10,47	0,73	2,86	5,31
BOD <sub>10</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	1,34	1,89	11,01	1,01	3,14	6,41
BOD <sub>15</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	1,73	2,18	11,21	1,21	3,77	7,02
BOD <sub>20</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)	1,98	2,33	11,25	1,41	5,25	7,18

Kết quả tính toán cho thấy hàm lượng BOD<sub>gh</sub> vào mùa mưa (10/2018) tại trạm M2 cao hơn bốn lần so với các trạm M4 và M3;

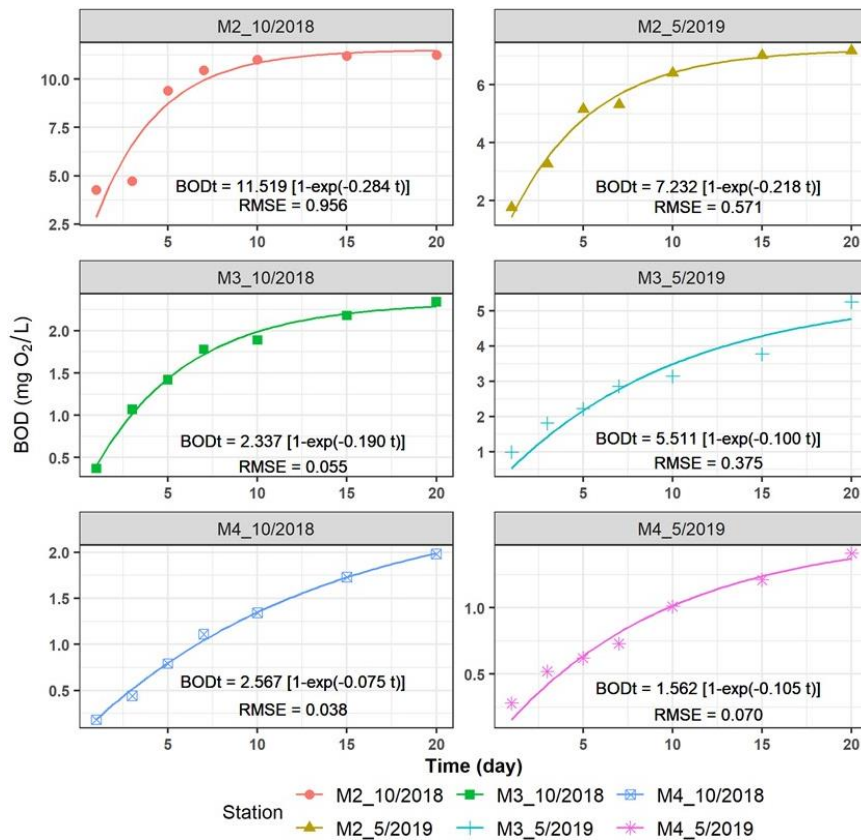
với giá trị lần lượt đạt 11,519 mgO<sub>2</sub>/l; 2,567 mgO<sub>2</sub>/l và 2,337 mgO<sub>2</sub>/l (bảng 2). Bên cạnh đó, vào khô (05/2019), giá trị BOD<sub>gh</sub> tại trạm

M2 cũng cao hơn bốn lần so với trạm M4, và cao hơn 1,3 lần so với trạm M3 với các giá trị lần lượt là 7,232 mgO<sub>2</sub>/l; 1,562 mgO<sub>2</sub>/l và 5,511 mgO<sub>2</sub>/l. Kết quả này chứng tỏ rằng trạm M2 tiếp nhận hàm lượng chất hữu cơ nhiều hơn so với hai khu vực kia, điều này có thể liên quan đến nguồn vật chất được cung cấp

cho vực nước từ các hoạt động của cảng cá xung quanh trạm M2. Giá trị trung bình của BOD<sub>gh</sub> vào mùa mưa và mùa khô tương ứng đạt 5,474 mgO<sub>2</sub>/l và 4,768 mgO<sub>2</sub>/l. Tuy nhiên, sự khác biệt về giá trị BOD<sub>gh</sub> ở hai mùa không có ý nghĩa về mặt thống kê (P = 0,75, Wilcoxon signed rank test).

Bảng 2. Kết quả tính toán các thông số từ mô hình phân rã hữu cơ

Chỉ số	Thời gian	Tháng 10/2018			Tháng 5/2019		
		M4	M3	M2	M4	M3	M2
shapiro test (P - value)		0,098	0,246	0,513	0,758	0,2841	0,571
RMSE (mgO <sub>2</sub> /l)		0,038	0,055	0,956	0,070	0,375	0,241
Hằng số k (ngày <sup>-1</sup> )		0,075	0,190	0,284	0,105	0,100	0,218
T (ngày)		9,242	3,648	2,441	6,601	6,931	3,180
BOD <sub>gh</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)		2,567	2,337	11,519	1,562	5,511	7,232



Hình 2. Tương quan phi tuyến giữa BOD<sub>t</sub> và thời gian

Hằng số phân rã hữu cơ k vào mùa mưa đạt 0,075 ngày<sup>-1</sup> tại trạm M4; 0,190 ngày<sup>-1</sup> tại trạm M3 và 0,284 ngày<sup>-1</sup> tại trạm M2. Vào mùa khô, hằng số k tại các trạm M4, M3 và M2 lần lượt đạt 0,105 ngày<sup>-1</sup>; 0,100 ngày<sup>-1</sup> và 0,218 ngày<sup>-1</sup>.

Kết quả này chứng tỏ rằng tại trạm M2 tiếp nhận lượng chất thải hữu cơ dễ bị phân hủy sinh học, trong khi đó tại trạm M3 và M4 tiếp nhận chất thải hữu cơ khó phân hủy sinh học hơn. So sánh giá trị hằng số k theo mùa cho

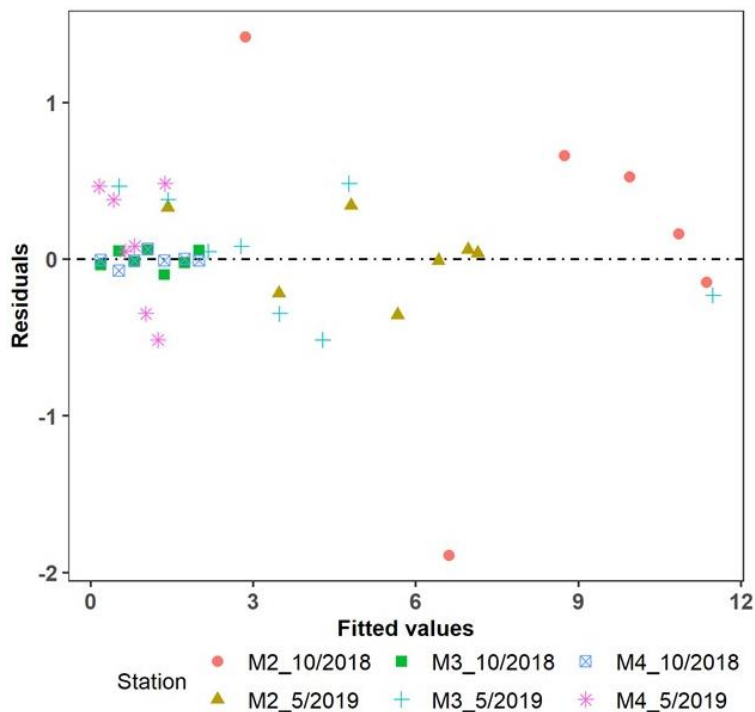
thấy tại trạm M2 và M4, hằng số  $k$  mùa khô cao hơn so với mùa mưa; tuy nhiên tại trạm M3, giá trị  $k$  mùa khô thấp hơn so với mùa mưa. Hằng số  $k$  trung bình toàn vùng vào mùa mưa cao hơn so với mùa khô với giá trị tương ứng đạt  $0,183 \text{ ngày}^{-1}$  và  $0,143 \text{ ngày}^{-1}$ . Từ đó cho thấy vào mùa mưa, thời gian bán phân rã chất hữu cơ tại vùng nghiên cứu thấp hơn so với mùa khô với giá trị tương ứng đạt 5,110 ngày và 5,571 ngày. Kiểm định thống kê cho thấy sự khác biệt về giá trị  $k$  và  $T$  trong mùa khô và mùa mưa không có ý nghĩa về mặt thống kê ( $P = 0,50$ , Wilcoxon signed rank test).

Khoảng biến động của hằng số  $k$  tại vùng nghiên cứu tương đương với kết quả nghiên cứu tại cửa sông Cái và Sông Tắc vịnh Nha Trang ( $0,083$  đến  $0,321 \text{ ngày}^{-1}$ ) [13], tuy nhiên khoảng biến động này lại lớn hơn so với hằng số  $k$  trong các mẫu thí nghiệm ở vịnh Cam

Ranh ( $0,129-0,168 \text{ ngày}^{-1}$  [14] và ở vịnh Vũng Rô ( $0,076-0,138 \text{ ngày}^{-1}$ ) [15].

Đồ thị mô tả mối tương quan phi tuyến giữa hàm lượng  $BOD_t$  và thời gian phân hủy  $t$  được trình bày trên hình 2.

Kết quả kiểm định sai số của mô hình (1) cho thấy sai số này tuân theo luật phân bố chuẩn (Shapiro test,  $P > 0,05$ ) (bảng 2). Thêm vào đó, phần sai số tại mỗi trạm đều dao động quanh đường thẳng  $y = 0$ , nghĩa là nó có giá trị trung bình xấp xỉ bằng không (hình 3). Kết quả thống kê từ bảng 2 cho thấy RMSE tại tất cả các trạm vị ở cả hai mùa thu mẫu đều giá trị bé hơn  $1 \text{ mgO}_2/\text{l}$ . Từ những phân tích trên cho thấy các giả định về phần sai số của mô hình đã được đáp ứng; và phương pháp hồi quy phi tuyến phù hợp để tính toán các thông số đặc trưng cho quá trình phân rã chất hữu cơ theo mô hình Streeter-Phelps.



Hình 3. Kiểm định phần sai số của mô hình phân rã hữu cơ

### Năng suất sơ cấp và khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng của thực vật phù du

Kết quả tính toán năng suất sơ cấp (NSSC) và hấp thụ muối dinh dưỡng của thực vật phù du tại vùng nghiên cứu được trình bày trong bảng 3 và hình 4.

Năng suất sơ cấp của thực vật phù du trong nước đạt giá trị cao nhất tại trạm M2, tiếp đến là trạm M3 và thấp nhất tại M4; với giá trị tương ứng trong mùa mưa lần lượt đạt  $87,53 \text{ mgC}/\text{m}^3/\text{giờ}$ ;  $52,21 \text{ mgC}/\text{m}^3/\text{giờ}$  và  $40,79 \text{ mgC}/\text{m}^3/\text{giờ}$ ; và các giá trị tương ứng trong

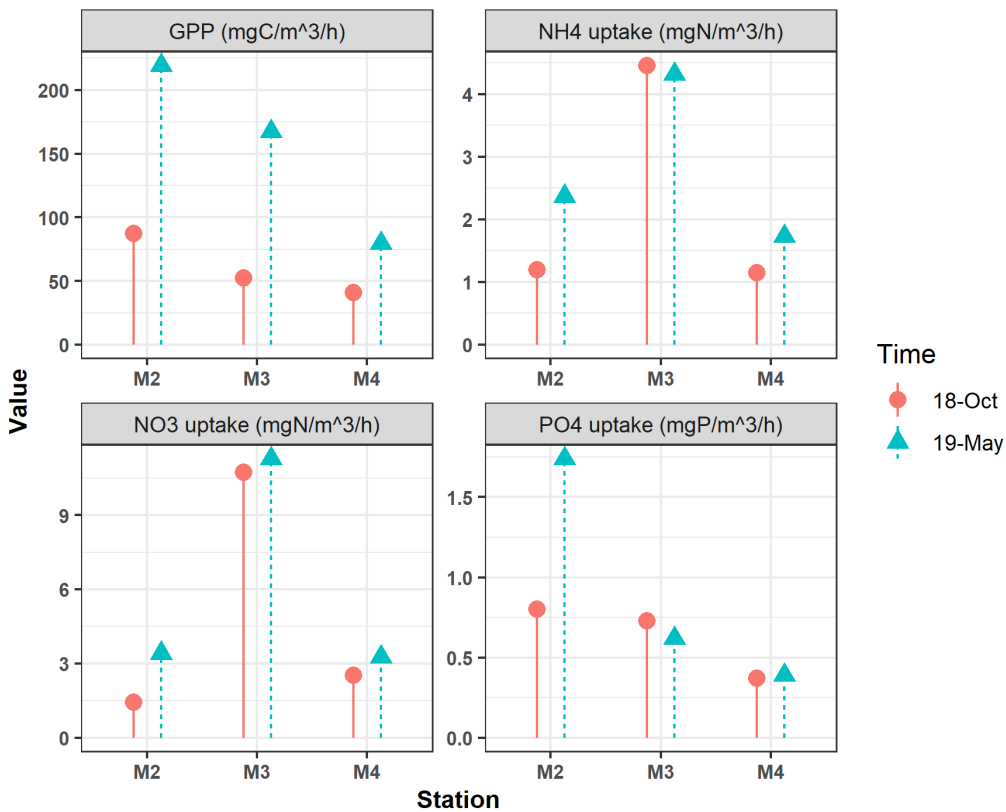


mùa khô đạt 219,33 mgC/m<sup>3</sup>/giờ; 167,37 mgC/m<sup>3</sup>/giờ và 79,58 mgC/m<sup>3</sup>/giờ (hình 4). Trung bình hóa giá trị năng suất thô (GPP-Gross Primary Production) vùng nghiên cứu vào mùa mưa đạt 60,18 mgC/m<sup>3</sup>/giờ; mùa khô

đạt 155,43 mgC/m<sup>3</sup>/giờ. Sự chênh lệch về giá trị GPP giữa hai mùa khô và mưa thì không có ý nghĩa về mặt thống kê (P = 0,25, Wilcoxon signed rank test).

Bảng 3. Kết quả tính toán GPP và hấp thụ muối dinh dưỡng của thực vật phù du

Thông số	Tháng 10/2018			Tháng 5/2019		
	M4	M3	M2	M4	M3	M2
GPP (mgC/m <sup>3</sup> /giờ)	40,79	52,21	87,53	79,58	167,37	219,33
Hấp thụ NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mgN/m <sup>3</sup> /giờ)	1,15	4,46	1,20	1,73	4,32	2,37
Hấp thụ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mgN/m <sup>3</sup> /giờ)	2,52	10,73	1,43	3,26	11,28	3,42
Hấp thụ PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mgP/m <sup>3</sup> /giờ)	0,37	0,73	0,80	0,39	0,62	1,74



Hình 4. Năng suất sơ cấp và khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng của thực vật nổi của vùng ven bờ vịnh Cà Ná, tỉnh Ninh Thuận

Kết quả thí nghiệm đồng hóa muối dinh dưỡng cho thấy thực vật phù du tại khu vực nghiên cứu hấp thụ hai loại muối dinh dưỡng nitơ (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) và muối dinh dưỡng photpho (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) với tốc độ khác nhau. Trong số các muối dinh dưỡng kể trên, thực vật phù du hấp thụ mạnh nhất NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (trung bình 4,89 mgN/m<sup>3</sup>/giờ vào mùa mưa; 5,99 mgN/m<sup>3</sup>/giờ vào mùa khô),

tiếp đến là NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (trung bình 2,27 mgN/m<sup>3</sup>/giờ vào mùa mưa; 2,81 mgN/m<sup>3</sup>/giờ vào mùa khô), và cuối cùng là PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (trung bình 0,92 mgN/m<sup>3</sup>/giờ vào mùa mưa; 0,63 mgN/m<sup>3</sup>/giờ vào mùa khô) (hình 4). Kết quả này tương tự với nghiên cứu được thực hiện tại khu vực đầm phá Tam Giang - Cầu Hai [20].



Khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng của thực vật phù du tại vùng nghiên cứu vào mùa khô tốt hơn so với mùa mưa. Cụ thể khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng nitơ và photpho trong mùa khô lần lượt đạt 9,17 mgN/m<sup>3</sup>/giờ và 0,92 mgP/m<sup>3</sup>/giờ; và trong mùa mưa lần lượt đạt 7,31 mgN/m<sup>3</sup>/giờ và 0,63 mgP/m<sup>3</sup>/giờ. So sánh với vịnh Vũng Rô cho thấy vào mùa khô, khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng nitơ và photpho tại vùng nghiên cứu thấp hơn so với vịnh Vũng Rô (12,17 mgN/m<sup>3</sup>/giờ và 1,68 mgP/m<sup>3</sup>/giờ) [15]. Trong khi đó vào mùa mưa, khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng nitơ tại vùng nghiên cứu cao hơn vịnh Vũng Rô (6,17 mgN/m<sup>3</sup>/giờ); tuy nhiên khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng photpho thấp hơn vịnh Vũng Rô (0,85 mgP/m<sup>3</sup>/giờ) [15].

Mặc dù năng suất sinh học sơ cấp đạt giá trị cao nhất ở trạm M2, tuy nhiên thực vật phù du hấp thụ muối dinh dưỡng mạnh nhất tại trạm M3 (hình 4). Từ đó cho thấy năng suất sinh học sơ cấp không chỉ phụ thuộc vào hàm lượng muối dinh dưỡng ni tơ và photpho, mà có thể còn phụ thuộc vào các yếu tố sinh thái khác. Điều này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu trước đây tại vịnh Vũng Rô (Phú Yên), năng suất sơ cấp không chỉ bị chi phối bởi một yếu tố sinh thái riêng lẻ mà chịu sự tác động đồng thời của nhiều yếu tố [32].

## KẾT LUẬN

Giá trị  $BOD_{gh}$  và hằng số tốc độ phân rã  $k$  trung bình trên toàn vùng khảo sát vào mùa mưa đều cao hơn so với mùa khô với giá trị  $BOD_{gh}$  trung bình tương ứng đạt 5,474 mgO<sub>2</sub>/l và 4,768 mgO<sub>2</sub>/l; và giá trị  $k$  tương ứng đạt 0,183 ngày<sup>-1</sup> và 0,143 ngày<sup>-1</sup>. Từ đó cho thấy thời gian bán phân rã chất hữu cơ vào mùa mưa thấp hơn so với mùa khô với giá trị tương ứng đạt 5,110 ngày và 5,571 ngày.

Thông qua quá trình quang hợp, thực vật phù du tại khu vực nghiên cứu hấp thụ cả hai loại muối dinh dưỡng nitơ (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) và muối dinh dưỡng photpho (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Trong đó, chúng hấp thụ mạnh nhất NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, tiếp đến là NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, và cuối cùng là PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Khả năng hấp thụ muối dinh dưỡng của thực vật phù du vào mùa khô cao hơn so với mùa mưa. Cụ thể: Đối với muối dinh dưỡng ni tơ và photpho trong mùa khô lần lượt đạt 9,17 mgN/m<sup>3</sup>/giờ và 0,92

mgP/m<sup>3</sup>/giờ; và trong mùa mưa lần lượt đạt 7,31 mgN/m<sup>3</sup>/giờ và 0,63 mgP/m<sup>3</sup>/giờ. Các kết quả tính toán và đánh giá từ nghiên cứu là cơ sở dữ liệu quan trọng, tạo điều kiện thuận lợi cho việc tính toán sức tải môi trường của vùng ven bờ vịnh Cà Ná trong tương lai.

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả gửi lời cảm ơn chân thành tới đề tài “Đánh giá hiện trạng, dự báo diễn biến đa dạng sinh học, chất lượng các thành phần môi trường tại tỉnh Ninh Thuận phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, trọng điểm là khu vực phía nam của tỉnh” (do ThS. Cao Văn Nguyễn chủ trì), đã tạo điều kiện cho nhóm nghiên cứu tham gia thực địa ngoài hiện trường và cung cấp dẫn liệu hoàn thành bài báo trên. Đồng thời, cũng xin cảm ơn các đồng nghiệp tại phòng Sinh thái biển đã hỗ trợ trong suốt quá trình triển khai và thực hiện thí nghiệm tại phòng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Taseiko, O., Spitsina, T., Milosevic, H., Radovanovic, D., and Valjarevic, A., 2016. Biochemical processes of self-purification model in small rivers. *Mathematical and Information Technologies, MIT-2016 – Mathematical modeling*, 487–495.
- [2] Streeter, H. W., and Phelps, E. B., 1925. A Study of the Pollution and Natural Purification of the Ohio River, III, Factors Concerned in the Phenomena of Oxidation and Reaeration. US Public Health Service. *Public Health Bulletin*, 146, 75.
- [3] Thomas Jr, A. H., 1950. Graphical determination of BOD curve constants. *Water & Sewage Works*, 97, 123–124.
- [4] Navone, R., 1960. A new method for calculating K and L for sewage. *Water and Sewage Works*, 107, 285–286.
- [5] Fujimoto, Y., 1964. Graphical use of first-stage BOD equation. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 36(1), 69–71.
- [6] Hewitt, J., Hunter, J. V., and Lockwood, D., 1979. A multiorder approach to BOD kinetics. *Water Research*, 13(3), 325–329.
- [7] Adrian, D. D., and Sanders, T. G., 1992. Oxygen sag equation for half order BOD

- kinetics. *Journal of Environmental Systems*, 22(4), 341–351.
- [8] Young, J. C., and Clark, J. W., 1965. Second order equation for BOD. *Journal of the Sanitary Engineering Division*, 91(1), 43–58.
- [9] Adrian, D. D., and Sanders, T. G., 1998. Oxygen sag equation for second-order BOD decay. *Water Research*, 32(3), 840–848.
- [10] Borsuk, M. E., and Stow, C. A., 2000. Bayesian parameter estimation in a mixed-order model of BOD decay. *Water Research*, 34(6), 1830–1836.
- [11] Mason, I. G., McLachlan, R. I., and Gérard, D. T., 2006. A double exponential model for biochemical oxygen demand. *Bioresource Technology*, 97(2), 273–282.
- [12] Phan Minh Thụ, Tôn Nữ Mỹ Nga, Nguyễn Thị Miên, 2014. Đánh giá mức độ phân rã hữu cơ sinh học ở Cửa Bé - Khánh Hòa. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy sản*, 2, 57–61.
- [13] Phan Minh Thụ, Nguyễn Hữu Huân, Nguyễn Trịnh Đức Hiệu, Nguyễn Minh Hiếu, Nguyễn Kim Hạnh, Lê Trần Dũng, Hoàng Trung Du, Phạm Thị Miên, Lê Trọng Dũng, Trần Thị Minh Huệ, Nguyễn Hữu Hải, 2016. Đặc điểm phân rã sinh học chất hữu cơ ở các vực nước ven bờ thành phố Nha Trang. *Tuyển tập Nghiên cứu biển*, 22, 73–82.
- [14] Phan Minh Thụ, Tôn Nữ Mỹ Nga, 2015. Khả năng tự làm sạch sinh học và lý học của nước đầm Thủy Triều, Khánh Hòa. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy sản*, 57–62.
- [15] Nguyễn Hữu Huân, Nguyễn Trịnh Đức Hiệu, 2018. Bước đầu ứng dụng mô hình hồi quy phi tuyến đánh giá khả năng tự làm sạch sinh học vực nước Vũng Rô (Phú Yên). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 18(4A), 129–140.
- [16] Princeton, N. J. W., Newton, M., and Starr, D., 1974. Carbon dioxide exchange of *Alnus rubra*: a mathematical model. *Limnology and Oceanography*, 17, 281–291.
- [17] Jassby, A. D., and Platt, T., 1976. Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 21(4), 540–547.
- [18] Platt, T., Gallegos, C. L., and Harrison, W. G., 1980. Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton. *Journal of Marine Research (USA)*, 38, 687–701.
- [19] Eilers, P. H. C., and Peeters, J. C. H., 1988. A model for the relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in phytoplankton. *Ecological Modelling*, 42(3–4), 199–215.
- [20] Cao Thị Thu Trang, Trịnh Thành, Vũ Thị Lựu, 2013. Năng suất sơ cấp khu vực đầm phá Tam Giang - Cầu Hai. *Tuyển tập Tài nguyên và Môi trường biển*, 17.
- [21] TCVN\_5998:1995. Chất lượng nước - lấy mẫu - hướng dẫn lấy mẫu nước biển.
- [22] Federation, W. E., and American Public Health Association, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA*.
- [23] Parsons, T. R., Maita, Y., and Lalli, C. M. I., 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. *Pergamon Press, Oxford, UK*, 1, 73.
- [24] Đặng Ngọc Thanh, Nguyễn Trọng Nho, 1983. Năng suất sinh học vực nước. *Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội*. 145 tr.
- [25] Madsen, K., Nielsen, H. B., and Tingleff, O., 2004. Methods for non-linear least squares problems. *Informatics and Mathematical Modeling, Technical University of Denmark*. URL Available online: <http://www.imm.dtu.dk>.
- [26] R Development Core Team, R. F. F. S. C., 2011. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*.
- [27] Bloomfield, V. A., 2014. Using R for Numerical Analysis in Science and Engineering. *CRC Press*.
- [28] Nguyễn Tác An, Hoàng Trung Du, 2009. Hoá học biển, năng suất sinh học và các vấn đề môi trường trong vùng biển Việt

- Nam. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ*. 232 tr.
- [29] Trần Đức Thạnh, Trần Văn Minh, Cao Thị Thu Trang, Vũ Duy Vĩnh, Trần Anh Tú, 2008. Sức tải môi trường Vịnh Hạ Long - Bái Tử Long. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ*. 297 tr.
- [30] Archontoulis, S. V., and Miguez, F. E., 2015. Nonlinear regression models and applications in agricultural research. *Agronomy Journal*, 107(2), 786–798.
- [31] Mangiafico, S. S., 2015. An R Companion for the Handbook of Biological Statistics, Version 1.09 c, 274 p. *Web version: rcompanion.org/rcompanion*.
- [32] Chai, T., and Draxler, R. R., 2014. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250.
- [33] Nguyễn Hữu Huân, Nguyễn Trịnh Đức Hiệu, 2017. Năng suất sinh học sơ cấp của thực vật nổi và một số yếu tố sinh thái liên quan ở vực nước Vũng Rô (Phú Yên). *Tạp chí Sinh học*, 39(1), 40–50.