XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ MẶN ĐẾN TỐC ĐỘ PHÂN HỦY CHẤT HỮU CƠ TRONG NƯỚC SÔNG CÁI

Nguyễn Văn Sơn*

Tóm tắt: *Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông là độ mặn. Kết quả nghiên cứu cho đối tượng sông Cái, là một nhánh của sông Đồng Nai, với các độ mặn khác nhau S = 0,5‰, S = 1,0‰, S = 2,0‰, S = 3,0‰, S = 4,0‰ đã xác định được tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông Cái giảm khi độ mặn gia tăng và mối tương quan giữa hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ và độ mặn bằng phương pháp Slope.*

Từ khóa: Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ; Độ mặn; Sông Cái.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến kết quả đánh giá khả năng tự làm sạch của dòng sông là các hệ số thực nghiệm hay còn gọi là hệ số phân hủy hay hệ số tốc độ phân hủy. Đối với quá trình phân hủy các chất hữu cơ trong nước sông, hệ số thực nghiệm này chính là hệ số phân hủy chất hữu cơ bởi vi khuẩn. Trên thế giới, các hướng nghiên cứu liên quan đến khả năng tự làm sạch của dòng sông như: nghiên cứu khả năng tự làm sạch dựa vào đặc trưng dòng chảy; nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự loại bỏ chất ô nhiễm trong dòng chảy; nghiên cứu xác định các hệ số liên quan đến khả năng tự làm sạch của dòng sông. Tại Việt Nam đã có một số công trình nghiên cứu về khả năng tự làm sạch của dòng sông được thực hiện với công cụ sử dụng để đánh giá là các mô hình toán; hiện có rất ít công trình nghiên cứu về hệ số phân hủy chất hữu cơ trong nước sông, đặc biệt là nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông [1].

Tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông bởi quá trình sinh hóa phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau như: nhiệt độ, pH, độ mặn, ôxy hòa tan (DO), thành phần chất hữu cơ, lưu lượng dòng chảy, sự ổn định của cột nước và sự phân tầng. Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông là độ mặn [2].

Sông Cái là một nhánh của sông Đồng Nai, chảy qua địa bàn các xã Đại Phước, Long Tân và Phú Thạnh của huyện Nhơn Trạch, tỉnh Đồng Nai. Sông Cái với chiều dài khoảng 10 km, chiều rộng 220-380 m, độ sâu giữa dòng 15-20 m tùy theo từng vị trí. Sông Cái có các chức năng: vận tải (giao thông thủy, vận chuyển phù sa), sản xuất (cung cấp nước cho sinh hoạt và tưới tiêu), bảo vệ (thoát lũ, tiếp nhận và đồng hóa các chất ô nhiễm, điều hòa vi khí hậu). Với các chức năng nêu trên cho thấy sông Cái có vai trò hết sức quan trọng đối với khu vực.

Xác định ảnh hưởng của độ mặn đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông Cái nhằm nâng cao hiệu quả, tính chính xác, độ tin cậy trong đánh giá khả năng tự làm sạch của dòng sông, góp phần bảo vệ chất lượng nước sông.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

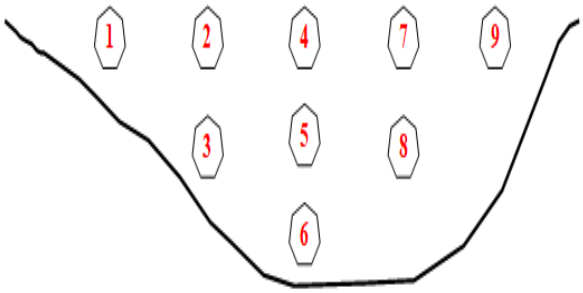
Theo TCVN 6663-6:2018, mẫu nước sông được lấy để đo đạc, phân tích có thể được thực hiện theo dạng mẫu đơn hoặc mẫu tổ hợp (trộn các mẫu đơn). Sự hòa trộn của dòng nước xảy ra theo 3 chiều: chiều thẳng đứng (lấy mẫu theo độ sâu), chiều ngang (lấy mẫu từ bờ này sang bờ kia), chiều dài dòng sông (lấy mẫu dọc theo chiều dài sông).

Mẫu nước sông Cái được lấy thực hiện cho nghiên cứu này là mẫu tổ hợp theo chiều thẳng đứng, chiều ngang và chiều dài dòng sông. Sông Cái với chiều dài khoảng 10 km, theo chiều dài dòng sông, lấy mẫu tại 5 vị trí, mỗi vị trí cách nhau 2,0-2,5 km, kí hiệu N1-N5 (hình 1). Tại từng vị trí, theo chiều thẳng đứng và chiều ngang, lấy 9 mẫu: giữa dòng lấy 3 mẫu theo độ sâu, giữa

bờ phải lấy 2 mẫu theo độ sâu, giữa bờ trái lấy 2 mẫu theo độ sâu, bờ phải lấy 1 mẫu và bờ trái lấy 1 mẫu (hình 2). Mẫu nước sông Cái cho nghiên cứu này là mẫu tổ hợp của 45 mẫu đơn. Sử dụng thiết bị lấy mẫu nước sông theo độ sâu của hãng Wildco (Mỹ). Mẫu được lấy bằng can nhựa (lấy đầy can), bảo quản lạnh ở nhiệt độ 1-5 ^{o}C, sau đó vận chuyển về phòng thí nghiệm trong ngày.



Hình 1. *Các điểm lấy mẫu theo chiều dài dòng sông Cái.*



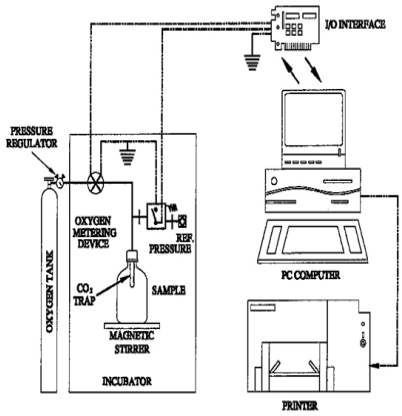
Hình 2. *Các điểm lấy mẫu tại từng mặt cắt của sông Cái.*

Sử dụng thiết bị BOD EZ-Oxyro 4R Respirometer của Hàn Quốc để phân tích BOD (hình 3 và hình 4). Sử dụng hóa chất KOH dạng hạt (độ tinh khiết 85% của hãng Scharlau/Tây Ban Nha) để hấp thụ CO_2 sinh ra do quá trình hô hấp. Sử dụng oxy tinh khiết (độ tinh khiết 99,999% của hãng Qingdao/Trung Quốc) cấp vào để cân bằng áp suất trong bình phản ứng. Thiết bị dựa trên sự sụt giảm áp suất được tạo ra do quá trình hô hấp của vi khuẩn. Trong môi trường kín, quá trình hô hấp diễn ra dẫn đến oxy bị giảm. Đồng thời, CO_2 sinh ra trong quá trình này với tỷ lệ tương đương CO_2 được hấp thụ bằng các hạt KOH, tạo thành K_2CO_3. Sự giảm sút áp suất trong bình phản ứng được đo bằng cảm biến áp suất. Cảm biến này dùng một điểm áp suất không đổi khác để làm điểm tham chiếu áp suất. Khi cảm biến được kích hoạt, hệ thống tự động bơm một lượng oxy vào bình phản ứng [3].

Để xác định ảnh hưởng của độ mặn đến tốc độ phân hủy chất hữu cơ trong nước sông, NaCl tinh khiết (độ tinh khiết 99,5% của hãng Merck/Đức) được cho vào mẫu nước sông trước khi phân tích bằng thiết bị BOD EZ-Oxyro 4R Respirometer.



Hình 3. *Thiết bị EZ-Oxyro 4R Respirometer.*



Hình 4. *Nguyên lý đo BOD của EZ-Oxyro 4R Respirometer.*

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Ở điều kiện hiếu khí, các hợp chất hữu cơ và một vài hợp chất vô cơ có thể được các vi khuẩn

sử dụng để tạo thành tế bào mới, năng lượng, CO_2 và phần còn lại. Lượng ôxy được sử dụng để ôxy hóa các hợp chất hữu cơ và các hợp chất nitơ trong khoảng 60-90 ngày được gọi là BOD toàn phần (uBOD). Lượng ôxy được sử dụng để ôxy hóa các hợp chất hữu cơ (L_a) ở ngày thứ 20 phản ánh 99% của L_a [4].

Định luật Phelps cho rằng tốc độ ôxy hóa sinh hóa chất hữu cơ tỷ lệ thuận với nồng độ chất hữu cơ còn lại chưa bị ôxy hóa. Định luật Phelps được biểu diễn bằng phương trình vi phân [4]:

$$\frac{dL_t}{dt} = -K_1 L_t \quad (1)$$

Lấy tích phân 2 vế của (1):

$$\int_{L_a}^{L_t} \frac{dL_t}{L_t} = -K \int_0^t dt$$

$$ln\frac{L_t}{L_a} = -K_1 t \quad \text{hoặc} \quad log\frac{L_t}{L_a} = -0{,}434K_1 t = -k_1 t$$

$$\frac{L_t}{L_a} = e^{-K_1 t} \quad \text{hoặc} \quad \frac{L_t}{L_a} = 10^{-k_1 t}$$

$$L_t = L_a e^{-K_1 t} \quad \text{hoặc} \quad L_t = L_a 10^{-k_1 t} \quad (2)$$

Trong đó:

- L_t: BOD còn lại sau thời gian t ngày (mg/l);
- L_a: BOD toàn phần của giai đoạn 1 (mg/l);
- K_1: Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ cơ số e (ngày^{-1}), $K_1 = 2{,}303k_1$;
- k_1: Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ cơ số 10 (ngày^{-1}), $k_1 = 0{,}4343K_1$;
- e: Cơ số e, e=2,7183.

Nhu cầu ôxy tiêu thụ theo thời gian t, hay còn gọi là BOD tiêu thụ hay BOD, kí hiệu là y, theo phương trình phản ứng bậc 1:

$$y = L_a - L_t$$

$$y = L_a(1 - e^{-K_1 t} \quad (3)$$

Hoặc theo $\log_{10}$:

$$y = L_a\left(1 - 10^{-k_1 t}\right) \quad (4)$$

Phương pháp Slope là phương pháp do Thomas, H. A., Jr phát triển dựa trên bình phương cực tiểu của phương trình phản ứng bậc 1 [4, 5]:

$$\frac{dy}{dt} = K_1(L_a - y) = K_1 L_a - K_1 y \quad (5)$$

Trong đó:

- dy: BOD gia tăng trên một đơn vị thời gian;
- K_1: Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ cơ số e (ngày^{-1});
- L_a: BOD toàn phần của giai đoạn 1 (mg/l);
- y: BOD tiêu thụ (mg/l).

Phương trình vi phân này là tuyến tính giữa dy/dt và y. Đặc y'= dy/dt biểu thị mức độ thay đổi BOD và n là số lần đo BOD trừ đi 1. Hai phương trình xác định K_1 và L_a là:

$$\frac{dy}{dt} = K_1(L_a - y) = K_1 L_a - K_1 y \quad (6)$$

và

$$a\sum y + b\sum y^2 - \sum yy' = 0 \quad (7)$$

Các tính toán cho y', yy', y^2 cho mỗi giá trị của y. Sau đó tính ∑y', ∑yy', ∑y^2 để sử dụng cho phương trình (6) và (7).

Giá trị của độ dốc được tính toán từ các giá trị của y và t như sau:

$$\frac{dy_i}{dt} = y_i' = \frac{(y_i - y_{i-1})\left(\frac{t_{i+1} - t_i}{t_i - t_{i-1}}\right) + (y_{i+1} - y_i)\left(\frac{t_i - t_{i-1}}{t_{i+1} - t_i}\right)}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (8)$$

Trường hợp đặc biệt, các khoảng thời gian gia tăng bằng nhau, $t_{i+1} - t_i = t_3 - t_2 = t_2 - t_1 = t$, Δy' được xác định như sau:

$$\frac{dy_i}{dt} = y_i' = \frac{(y_{i+1} - y_{i-1})}{2\Delta t} \quad (9)$$

hoặc

$$\frac{dy_i}{dt} = y_i' = \frac{(y_{i+1} - y_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (10)$$

Số lần đo BOD tối thiểu n > 6.

Giải phương trình (6) và (7) tìm được giá trị của a và b. Từ đó, xác định được K_1 và L_a như sau:

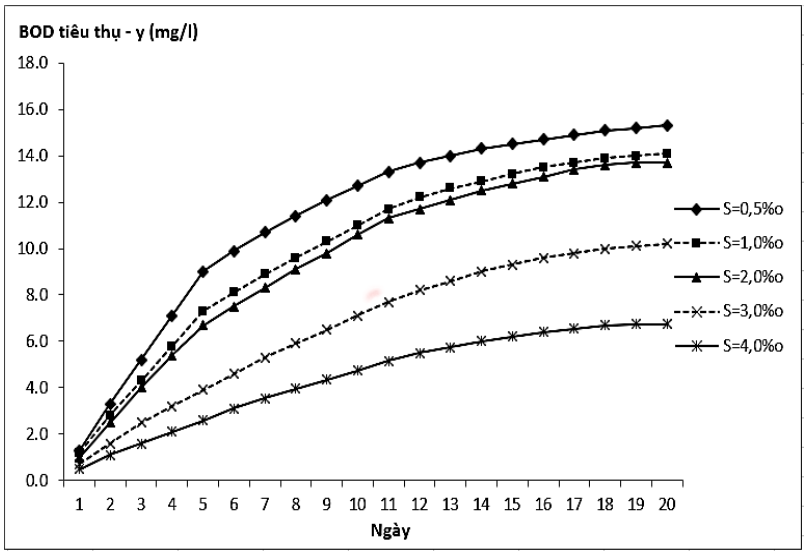
$$K_1 = -b \quad \text{và} \quad L_a = -a/b \quad (11)$$

Phương pháp xác định BOD dựa trên sự chênh lệch áp suất và lượng ôxy cấp vào: sử dụng thiết bị BOD EZ-Oxyro 4R Respirometer của Hàn Quốc [3].

Kết quả quan trắc chất lượng nước sông Cái trong 2 năm 2019 và 2020 cho thấy độ mặn nước sông dao động trong khoảng 0,03-3,9‰ tùy theo từng thời điểm trong ngày và từng thời điểm trong năm. Trên cơ sở đó, lựa chọn đo BOD tiêu thụ (y) tại 5 mức độ mặn khác nhau: S=0,5‰, S=1‰, S=2‰, S=3‰ và S=4‰.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Kết quả phân tích BOD tiêu thụ (y) ở 20 ^oC của nước sông Cái tại các độ mặn khác nhau như sau:



Hình 5. *Giá trị y ở 20^oC của nước sông Cái tại các độ mặn khác nhau.*

Dựa vào số liệu ở hình 5, hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ ở 20 ^oC của nước sông Cái được xác định theo phương pháp Slope như sau:

Bảng 1. *Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ ở 20 ^oC của nước sông Cái.*

Hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ	Giá trị (ngày^{-1})				
	S = 0,5‰	S = 1,0‰	S = 2,0‰	S = 3,0‰	S = 4,0‰
K_1 (theo cơ số e)	0,086	0,068	0,065	0,042	0,041
k_1 (theo cơ số 10)	0,037	0,030	0,028	0,018	0,018

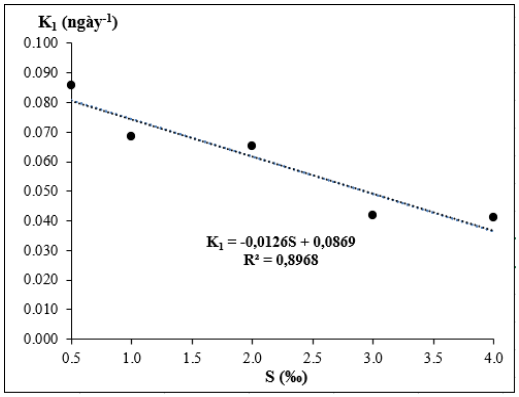
Kết quả ở bảng 1 cho thấy hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông Cái thấp do sông Cái có hệ số trao đổi nước với sông Đồng Nai không lớn, hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ giảm khi độ mặn gia tăng, cụ thể như sau:

- Hệ số K_1 ở độ mặn S = 0,5‰ là 0,086 ngày^{-1}, S = 1,0‰ là 0,068 ngày^{-1}, S = 2,0‰ là 0,065 ngày^{-1}, S = 3,0‰ là 0,042 ngày^{-1}, S = 4,0‰ là 0,041 ngày^{-1}.

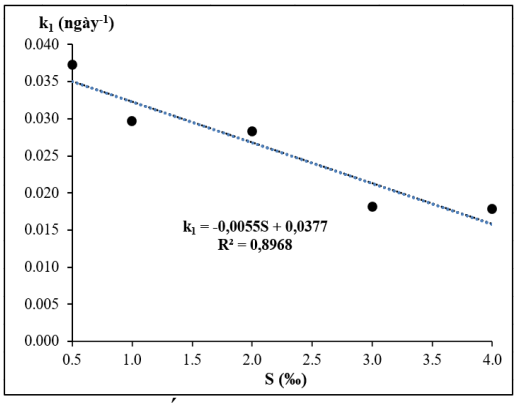
- Hệ số k_1 ở độ mặn S = 0,5‰ là 0,037 ngày^{-1}, S = 1,0‰ là 0,030 ngày^{-1}, S = 2,0‰ là 0,028 ngày^{-1}, S = 3,0‰ là 0,018 ngày^{-1}, S = 4,0‰ là 0,018 ngày^{-1}.

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với [2] là độ mặn tăng cao không thuận lợi cho vi khuẩn phát triển, tốc độ phân hủy chất hữu cơ giảm.

Kết quả ở bảng 1 cho thấy mối tương quan giữa hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ và độ mặn của nước sông Cái như sau:



Hình 6. *Mối tương quan giữa K_1 và S.*



Hình 7. *Mối tương quan giữa k_1 và S.*

- Mối tương quan giữa K_1 và S: K_1 = -0,0126S + 0,0869 với R^2 = 0,8968.

- Mối tương quan giữa k_1 và S: k_1 = -0,0055S + 0,0377 với R^2 = 0,8968.

Từ hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ, BOD toàn phần của giai đoạn 1 (L_a) ở 20 ^oC của nước sông Cái được xác định theo phương pháp Slope như sau:

Bảng 2. *BOD toàn phần của giai đoạn 1 (L_a) ở 20 ^oC của nước sông Cái.*

BOD toàn phần của giai đoạn 1	Giá trị L_a (mg/l)				
	S = 0,5‰	S = 1,0‰	S = 2,0‰	S = 3,0‰	S = 4,0‰
La	19,1	19,1	19,0	17,8	12,0

Tương tự như hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ, BOD toàn phần của giai đoạn 1 (L_a) giảm khi độ mặn gia tăng.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã xác định tốc độ phân hủy chất hữu cơ của nước sông Cái giảm khi độ mặn gia tăng, từ K_1 = 0,086 ngày^{-1} ở độ mặn S = 0,5‰ giảm còn K_1 = 0,041 ngày^{-1} ở độ mặn S = 4,0‰ hay k_1 = 0,037 ngày^{-1} ở độ mặn S = 0,5‰ giảm còn k_1 = 0,018 ngày^{-1} ở độ mặn S = 4,0‰. Mối

tương quan giữa hệ số tốc độ phân hủy chất hữu cơ và độ mặn của nước sông Cái đã được xác định bằng 2 phương trình: $K_1 = -0,0126S + 0,0869$ với $R^2 = 0,8968$ hoặc $k_1 = -0,0055S + 0,0377$ với $R^2 = 0,8968$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Văn Sơn. *"Nghiên cứu tác động do phát triển kinh tế - xã hội đến chất lượng nước rạch Vàm Búng và đề xuất biện pháp quản lý tổng hợp bảo vệ nguồn nước"*. Báo cáo tổng kết nhiệm vụ, Bình Dương, 2013.

[2]. P.G. Whitehead and T. Lack. *"Dispersion and self-purification of polluants in surface water systems: a contribution to the international hydrological programme"*. Paris: UNESCO, Technical Papers in Hydrology 23, 1982.

[3]. Dream Bios. *"Operation Manual for EZ-Oxyro 4R Respirometer"*. Seoul Korea, 2015.

[4]. C. C. Lee and Shun Dar Lin. *"Handbook of Environmental Engineering Calculations"*. Mc Graw Hill, Second Edition, 2007.

[5]. Thomas, H. A., Jr. *"The Slope method of evaluating the constants of the first-stage biochemical oxygen demand curve"*. Sewage Works Journal, Vol. 9, No. 3, pp. 425-430, 1937.

ABSTRACT

DETERMINING THE EFFECT OF SANILITY ON DEOXYGENATION RATE FOR CAI RIVER

One of the important factors effecting on deoxygenation rate of river water is sanility. Research result for Cai River, which is a branch of Dong Nai River, with different salinity levels S = 0.5‰, S = 1.0‰, S = 2.0‰, S = 3.0‰, S = 4.0‰, has determined deoxygenation rate of Cai River water decreases with increasing salinity and correlation between deoxygenation rate and sanility by Slope method.

Keywords: Deoxygenation rate, sanility, Cai River.

Nhận bài ngày 20 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 20 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: Viện Nhiệt đới môi trường/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: sonvittep@gmail.com.