

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ MẶN LÊN QUÁ TRÌNH GIẢI PHÓNG Cu, Pb, VÀ Zn TRONG TRẦM TÍCH CỦA SÔNG SOÀI RÁP, SÔNG SÀI GÒN- ĐỒNG NAI

Đến tòa soạn 8-11-2018

Nguyễn Văn Phương, Nguyễn Thị Huệ

¹Học Viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Nguyễn Văn Phương

Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Mai Hương, Nguyễn Thị Huệ

Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Nguyễn Thị Huệ

Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

SUMMARY

THE EFFECTS OF SALINITY ON RELEASE OF Cu, Pb, Zn FROM SEDIMENTS OF SOAI RAP ESTUARY, SAIGON- DONG NAI RIVER

Impacts of human activities (including development of marine aquaculture) and climate change are among the adverse effects that alter the salinity of the environment that may increase metal mobility of sediment and may cause irreversible adverse effects. Therefore, the study investigated the effect of salinity on the release of Cu and Pb in sediments of 3 of 7 sampled sediments in Soai Rap estuary. The results showed that the release of heavy metals correlates with the salinity, especially at salinity of 30-35‰. The results also predicted the adverse effects of Cu accumulation in sediments when it will release into the water column on the oyster's reproductive capacity in the studied sites. In contrast, Pb and Zn are predicted to have no effect on the fertilization and development of oyster early life stages. Based on the distribution coefficient K_d , the bond strength of the metals with sediment decreased in the order of $Pb > Cu > Zn$.

Key words: sediment, heavy metal Cu and Pb, salinity.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cửa sông Soài Ráp thuộc hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai là một trong những con sông lớn của Việt Nam, nằm giữa huyện Cần Giuộc, thành phố Hồ Chí Minh và huyện Cần Giuộc, tỉnh Long An, huyện Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang. Độ mặn ở vùng cửa sông này hiện nay đang chịu nhiều tác động của các hoạt động công nghiệp, đô thị hóa, trong đó nổi bật là các công trình nạo vét sông Soài Ráp nhằm mục đích tiếp nhận tàu biển ra vào và phát triển giao thông hàng hải. Thêm vào đó, biến đổi khí

hậu là một trong số những tác động bất lợi làm biến đổi độ mặn của môi trường nước. Khi nước mặn xâm nhập sâu vào vùng cửa sông làm thay đổi tính chất lý hóa học của trầm tích. Các quá trình hấp phụ hay giải phóng của các loại kim loại nặng trong trầm tích cửa sông có thể bị thay đổi với các độ mặn khác nhau (Zhao et al., 2013). Một số nghiên cứu đã chứng minh rằng hàm lượng kim loại nặng có trong trầm tích giảm theo hướng khi từ sông ra biển, điều này có thể là do tính di động của kim loại nặng tăng (Nga & Tho, 2009; Tho &

Nga, 2009; Noegrohati, 2005; Du Laing et al., 2009; Tam & Wong, 1999; Zhao et al., 2013). Tuy nhiên, các công trình nghiên cứu về Cu, Pb, Zn về quá trình giải phóng kim loại nặng trong trầm tích do thay đổi độ mặn cho đến nay vẫn còn rất hạn chế. Vì vậy nghiên cứu này được tiến hành để đánh giá ảnh hưởng của việc thay đổi độ mặn lên tính di động của Cu, Pb, Zn trong trầm tích ở vùng cửa sông Soài Rạp.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thu mẫu hiện trường

Qua khảo sát thực tế, chúng tôi đã tiến hành lấy mẫu lúc triều xuống kiệt tại 07 vị trí ở vùng cửa sông Soài Rạp (Bảng 1). Mẫu trầm tích được lấy tại vị trí cách mép bờ khoảng 15 – 25 m và chiều sâu lấy mẫu 0 – 10 cm. Mẫu trầm tích sau khi lấy được lọc bằng sàng có kích cỡ 1 mm. Mẫu được làm cho đồng nhất và bảo quản riêng từng phần trong túi kín tránh ánh sáng cho các mục đích của nghiên cứu khác nhau. Sau đó mẫu được bảo quản lạnh và vận chuyển nhanh về phòng thí nghiệm.

Bảng 1: Tọa độ và thời gian lấy mẫu

STT	Vị trí	Tọa độ	
		X (N)	Y (E)
SR1	Gần cửa biển – Bờ Soài Rạp	10.421782	106.808735
SR2	Bờ Trái Soài Rạp	10.440800	106.792608
SR3	Bờ Soài Rạp	10.460229	106.770198
SR4	Bờ Soài Rạp	10.467092	106.773012
SR5	Ngã ba sông Vàm Cỏ Đông và sông Soài Rạp – Bờ Soài Rạp	10.495002	106.759500
SR6	Bờ Cần Giuộc	10.561738	106.729077
SR7	Bờ Cần Giuộc	10.585872	106.679248

2.2. Phương pháp phân tích kim loại nặng

Lấy 2 gram mẫu trầm tích phá hủy bằng HNO₃ và H₂O₂, sau đó lọc và định mức thành 100 mL bằng HNO₃ 5% và bảo quản trong tủ lạnh đến khi phân tích. Mẫu dung dịch phân tích bằng máy quang phổ phát xạ ghép cặp ngọn lửa plasma Spectro ICP-OES.

2.3. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành theo phương pháp đã mô tả được trong nghiên cứu trước đây (Zhao et al., 2013; N.L.Wong et al., 2010). Các mẫu trầm tích đã được đồng nhất và được sàng qua (<1 mm). Lấy 15 gram mẫu trầm tích qua sàng cho vào bình Erlenmeyer thủy tinh 250 mL có nút nhám. Sử dụng nước muối nhân tạo 35‰ pha loãng để có dãy độ mặn từ 5, 10, 15, 20, 25, 30 và 35‰ để phù hợp với khoảng độ mặn ở vùng cửa sông. Tỷ lệ nước biển nhân tạo và trầm tích (v/v) là 10 mL/g cho mỗi bình. Các bình được lắc ở 300 vòng/phút ở 25°C trong 24h bằng thiết bị lắc GFL 3015. Đo độ mặn trong dung dịch sau 2h, 4h, và 24h ngâm chiết. Giá trị pH được ổn định trong phạm vi 6,5 – 7 cho tất cả các công thức thí nghiệm. Nhiệt độ giữ không đổi trong suốt quá trình thí nghiệm là 27°C ±2.

Sau khi kết thúc thí nghiệm, huyền phù được để lắng khoảng 20 phút và lọc bằng giấy lọc Whatman (0,45 µm). Mẫu sau khi lọc được axit hóa bằng HNO₃ đậm đặc để đạt pH < 2. Mẫu dung dịch được phân tích hàm lượng kim loại Cu, Pb, Zn bằng ICP – OES (Bộ khoa học, công nghệ và môi trường, 2000). Tỷ lệ (%) kim loại nặng giải phóng được tính toán theo công thức:

$$\%KLN = \frac{C_{dd} \cdot V_{dd}}{m_{cân} \cdot C_{trầm tích}} \cdot 100$$

Dung lượng giải phóng q_{KLN} (mg/kg)

$$q_{KLN} = \frac{C_{dd} \cdot V_{dd}}{m_{cân}}$$

Trong đó:

% KLN : tỷ lệ kim loại nặng được giải phóng

C_{dd}: nồng độ KLN trong dung dịch 24h (mg/L)

V_{dd}: Thể tích dung dịch ngâm chiết (0,15L)

$m_{\text{cân}}$: khối lượng trầm tích khô (0.015kg)

$C_{\text{trầm tích}}$: hàm lượng KLN trong trầm tích (mg/kg)

2.4. Phương pháp đánh giá theo hệ số cân bằng hấp phụ K_d

Hệ số cân bằng hấp phụ (K_d) được dùng để đánh giá sự phân bố kim loại nặng giữa trầm tích và môi trường nước. K_d tăng cho thấy kim loại nặng tồn lưu trong trầm tích cao hơn, quá trình giải phóng giảm và ngược lại. K_d được xác định bằng cách tính tỷ lệ hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích trên nồng độ kim loại nặng hòa tan ở trạng thái cân bằng:

$$K_d = \frac{C_{\text{rắn}}}{C_{\text{dung dịch}}} \left(\frac{L}{kg} \right) = \frac{C_{\text{tổng}} - \frac{V \cdot C_{\text{dung dịch}}}{m}}{C_{\text{dung dịch}}}$$

Trong đó:

$C_{\text{rắn}}$: hàm lượng chất tan có trong pha rắn (mg/kg)

$C_{\text{dung dịch}}$: hàm lượng chất tan giải phóng trong dung dịch (mg/L)

$C_{\text{tổng}}$: hàm lượng chất tan trong pha rắn ban đầu (mg/kg)

V : Thể tích dung dịch chiết (L)

m : khối lượng mẫu trầm tích chiết (kg)

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Microsoft Excel 2010 và SPSS 16.0 được sử dụng để phân tích số liệu. Trước khi phân tích ANOVA, các số liệu được kiểm tra về độ đồng nhất bằng Levene's test. Các số liệu được thể hiện là trung bình của các lần lặp lại của mỗi công thức thí nghiệm. Tukey's test *post hoc* được sử dụng để xác định sự sai khác giữa các công thức thí nghiệm cho từng vị trí nghiên cứu ở vùng cửa sông Soài Rạp với giá trị $p < 0.05$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích

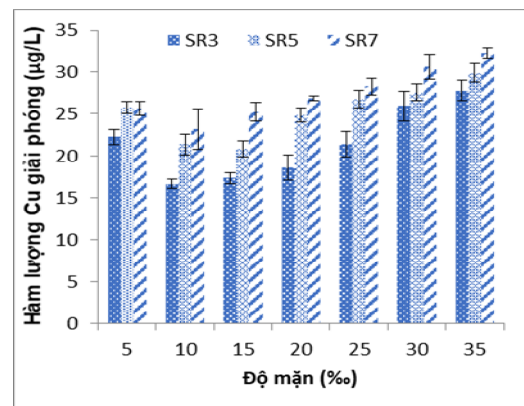
Bảng 2: Kết quả phân tích chất ô nhiễm trong trầm tích của sông Soài Rạp (mg/kg)

Mẫu	Cu	Pb	Zn
SR 1	16.4 ± 0.02	28.2 ± 0.02	57.5 ± 0.02
SR 2	16.7 ± 0.03	39.4 ± 0.02	88.5 ± 0.03
SR 3	22.5 ± 0.03	41.6 ± 0.02	99.5 ± 0.03
SR 4	18.7 ± 0.03	43.9 ± 0.02	92.1 ± 0.03

SR 5	23.6 ± 0.03	42.7 ± 0.02	104.8 ± 0.03
SR 6	16.9 ± 0.03	41.9 ± 0.02	106 ± 0.03
SR 7	24.9 ± 0.03	42.0 ± 0.02	104.3 ± 0.03

Căn cứ vào kết quả phân tích, nghiên cứu lựa chọn các mẫu trầm tích ở 3 địa điểm gồm SR3, SR5 và SR7 để đánh giá ảnh hưởng của pH đến quá trình giải phóng Cu, Pb và Zn. Vị trí SR3 có đặc thù gần cửa biển, SR5 là nơi giao nhau giữa sông Soài Rạp và Vàm Cỏ và vị trí SR7 là sông nhánh của vùng cửa sông Soài Rạp. Đồng thời đây cũng là các điểm có hàm lượng Cu, Pb và Zn cao hơn các điểm thu mẫu khác.

3.2. Kết quả ảnh hưởng của độ mặn lên quá trình giải phóng kim loại nặng từ trầm tích

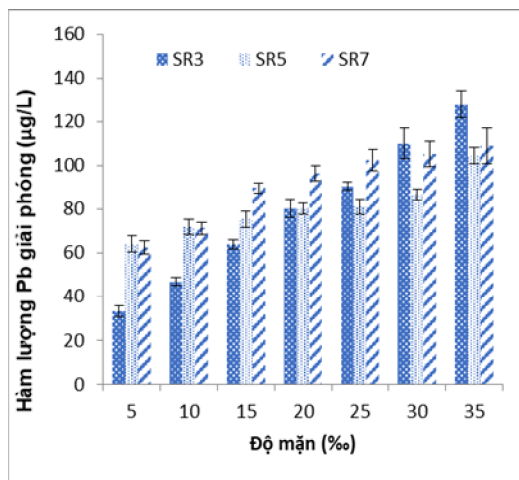


Hình 1: Ảnh hưởng của độ mặn lên quá trình giải phóng Cu (µg/L) trong trầm tích

Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng Cu được giải phóng từ trầm tích dao động từ 17 µg/L đến 32 µg/L tại các điểm thu mẫu SR3, SR5 và SR7 (Hình 1). Hàm lượng Cu giải phóng từ trầm tích khác nhau có ý nghĩa giữa các độ mặn từ 5-35‰ ($p < 0.05$). Tuy nhiên, hàm lượng Cu được giải phóng không ổn định trong khoảng độ mặn từ 5-15‰. Nghiên cứu trước đây đã chứng minh diễn biến tăng giảm hàm lượng Cu được giải phóng không ổn định trong khoảng độ mặn này (Samani et al., 2014; Karbassi & Heidari, 2015). Đặc biệt, trong khoảng độ mặn từ 15-35‰, thì hàm lượng Cu được giải phóng tăng theo độ mặn tăng và sai khác có ý nghĩa giữa các độ mặn thí nghiệm ($p < 0.05$).

Theo nghiên cứu trước đây thì 50% ấu trùng hàu Thái Bình Dương (EC_{50}) sẽ bị ảnh hưởng

bất lợi đến sự phát triển ở độ mặn 33‰ và nồng độ Cu 5,8 -12,58 µg/L (Martin et al., 1981; Mai et al., 2013). Khi đánh giá ảnh hưởng của Cu tới khả năng thụ tinh của tinh trùng hàu, Mai và cs đã chứng minh rằng 50% tinh trùng hàu bị ảnh hưởng khả năng thụ tinh ở nồng độ Cu là 20 µg/L. Như vậy, kết quả của nghiên cứu này cho thấy rằng hàm lượng Cu giải phóng dao động 17 – 32.8 µg/L ở trầm tích của cả 3 điểm SR3, SR5 và SR7 với những độ mặn khác nhau đều vượt giá trị EC₅₀ cho tinh trùng và ấu trùng hàu. Do vậy, có thể dự báo quá trình tích tụ và giải phóng Cu từ trầm tích vùng cửa sông Soài Rạp có thể gây ảnh hưởng bất lợi đến sự phát triển giai đoạn sớm của hàu Thái Bình Dương, loài được nuôi rất phổ biến vùng cửa sông Sài Gòn – Đồng Nai. Tuy nhiên đối với trứng hàu Thái Bình Dương, thì Cu ảnh hưởng đến khả năng thụ tinh của trứng ở nồng độ cao hơn, theo Mai và cộng sự thì khi trứng hàu phơi nhiễm với Cu có ảnh hưởng tới 50% (EC₅₀) khả năng thụ tinh của trứng là 57 µg/L ở độ mặn là > 24 ‰ (Mai et al., 2013), như vậy dự báo sự tích tụ và giải phóng Cu từ trầm tích ở các điểm nghiên cứu SR3, SR5 và SR7 chưa bị ảnh hưởng nhiều.

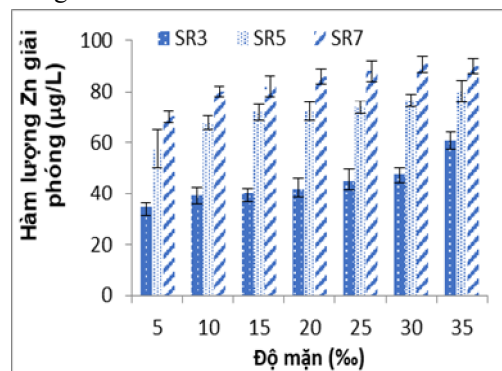


Hình 2: Ảnh hưởng độ mặn lên quá trình giải phóng Pb trong trầm tích

Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình giải phóng Pb tăng khi độ mặn tăng (Hình 2), với 33 µg/L ở độ mặn 5‰ và 128 µg/L ở độ mặn 35‰ với mẫu trầm tích tại các điểm nghiên cứu. Nguyên nhân chủ yếu có thể là sự cạnh

tranh hấp phụ giữa cation trong nước muối khi tăng độ mặn sẽ áp đảo lên các vị trí hấp phụ Pb của chất hữu cơ và oxit Fe-Mn trong các trầm tích (Covelo et al., 2007; Zhao et al., 2013; Guhathakurta & Kaviraj, 2004; J.A et al., 2011). Bên cạnh đó, ion Cl⁻ có thể hình thành phức clorua với kim loại cũng làm tăng di động của Pb (Zhang et al., 2012).

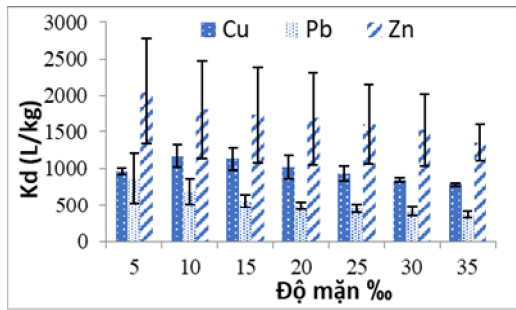
Theo nghiên cứu của Xie và cs, độc tính Pb cho phôi hàu Thái Bình Dương có LC₅₀ trong 96h được xác định là 669 µg/L và nồng độ Pb thấp nhất ảnh hưởng đến sự phát triển của ấu trùng hàu LOEC là 97 µg/L (Xie et al., 2017). Như vậy các mẫu trầm tích với các độ mặn thí nghiệm 5-35‰ trong nghiên cứu này cho thấy hàm lượng Pb được giải phóng từ trầm tích không ảnh hưởng đến sự phát triển của ấu trùng hàu.



Hình 3: Ảnh hưởng độ mặn lên quá trình giải phóng Zn trong trầm tích

Kết quả cho thấy quá trình giải phóng Zn dao động 33 – 90 µg/L tương ứng là 0,3 – 0,9% Zn giải phóng, tương tự như Pb quá trình giải phóng Zn tăng theo độ mặn với xu hướng tương đối rõ ràng (Hình 3). Theo nghiên cứu của Brereton và cộng sự, khi thí nghiệm độc tố của Zn đối với sự phát triển phôi ấu trùng hàu trong 48h đã xác định được LC₅₀ là 250 µg/L (Brereton et al., 1973). Tương tự, Calabrese và cộng sự đã xác định LC₅₀ của Zn là 310 µg/L và tỷ lệ ấu trùng hàu chết 100% ở nồng độ 500 µg/L (Calabrese et al., 1973). Do đó, kết quả của nghiên cứu này cho thấy quá trình giải phóng Zn theo các độ mặn từ 5-35‰ chưa gây ảnh hưởng đến quá trình phát triển của ấu trùng hàu.

3.3. Phương pháp đánh giá theo hệ số phân bố K_d :



Hình 4: K_d (L/kg) trung bình Cu, Pb, Zn theo độ mặn

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng độ mặn càng tăng thì hệ số K_d càng giảm và hệ số K_d của Cu và Zn có sự sai khác có ý nghĩa giữa các giá trị độ mặn thấp và cao ($p < 0.05$) (Hình 4). Do đó có thể thấy rằng ở độ mặn cao khả năng giải phóng kim nặng từ trầm tích cao hơn so với môi trường có độ mặn thấp. Điều này được lý giải bởi các ion Zn, Cu, Pb có khả năng tạo phức với Cl^- trong môi trường nước biển, giúp cho quá trình giải phóng các ion kim loại ra môi trường nước (Du Laing et al., 2002; Hahne & Kroontje, 1973). Khi so sánh hệ số K_d của Cu, Zn và Pb, kết quả cho thấy hệ số K_d giảm theo thứ tự của các Zn > Cu > Pb ở từng giá trị độ mặn. Thực tế độ mạnh liên kết phức của các ion kim loại này phụ thuộc vào bán kính ion, ion có bán kính càng lớn thì độ mạnh liên kết phức càng mạnh, trong đó bán kính của các ion lần lượt là Pb (0,126 nm) > Cu (0,098 nm) > Zn (0,083 nm) (Akhmetov. N, 1983). Do vậy, Cu và Pb có khả năng giải phóng khỏi trầm tích cao hơn Zn, đặc biệt ở môi trường có độ mặn cao.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy khi độ mặn tăng (0-35‰) thì quá trình giải phóng kim loại nặng tăng. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy quá trình giải phóng với các mức độ mặn khảo sát ở với các mẫu trầm tích vùng cửa sông Soài Rạp không ảnh hưởng đến sinh sản của hàu Thái Bình Dương. Tuy nhiên, ở độ mặn cao (trên 30‰), thì với hàm lượng giải phóng Cu từ tích có ảnh hưởng đến quá trình phát triển phôi ấu trùng hàu. Trong khi đó hàm lượng Zn

và Pb được giải phóng từ trầm tích của vùng cửa sông Soài Rạp tại thời điểm nghiên cứu chưa gây ảnh hưởng đến sự sinh sản và phát triển phôi ấu trùng hàu. Dựa vào hệ số phân bố K_d : độ mạnh liên kết các kim loại với trầm tích giảm theo thứ tự Pb, Cu, Zn tương ứng là quá trình giải phóng Pb là cao nhất, kế đến là Cu và sau cùng là Zn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Akhmetov. N. (1983). *General and Inorganic Chemistry*. Moscow, Russia: Mir.
2. Bộ khoa học, công nghệ và môi trường . (2000). *TCVN 6649 : 2000 Chất lượng đất - Chiết các nguyên tố vết tan trong nước cường thủy*.
3. Brereton, A., Lord, H., Thornton, I., & Webb, J. S. (1973). Effect of zinc on growth and development of larvae of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Marine Biology*, 19(2), 96–101.
4. Calabrese, A., Collier, R. S., Nelson, D. A., & MacInnes, J. R. (1973). The toxicity of heavy metals to embryos of the American oyster *Crassostrea virginica*. *Mar Biol*, 18, 162-166.
5. Covelo, E. F., Vega, F. A., & Andrade, M. L. (2007). Heavy metal sorption and desorption capacity of soils containing endogenous contaminants. *Journal of Hazardous Materials*, 143(1–2), 419-430.
6. Du Laing, G., Bogaert, N., Tack, F., Verloo, M., & Hendrickx, F. (2002). Heavy metal contents Cd, Cu, Zn in spiders (*Pirata piraticus*) living in intertidal sediments of the river Scheldt estuary Belgium as affected by substrate characteristics. *The Science of the Total Environmen*, 289, 71-81.
7. Du Laing, G., Rinklebe, J., Vandecasteele, B., E.Meers, & F.M.G.Tack. (2009). Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: A review. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, 407, 3972 – 3985.
8. Guhathakurta, H., & Kaviraj, A. (2004). Effects of Salinity and Mangrove Detritus on Desorption of Metals from Brackish Water Pond Sediment and Bioaccumulation in Fish

- and Shrimp. *Acta hydrochim. hydrobiol.*, 32 ; 6, 411–418.
9. Hahne, H. C., & Kroontje, W. (1973). Significance of pH and Chloride Concentration on Behavior of Heavy Metal Pollutants: Mercury (I I), Cadmium(II), Zinc(II), and Lead(II). *J. Environ. Quality*, 2(4), 444-451.
10. J.A, A., B.Jansen, K.Kalbitz, A.Faz, & S.Martínez-Martínez. (2011). Salinity increases mobility of heavy metals in soils. *Chemosphere*, 85 ; 1318–1324.
11. Karbassi, A. R., & Heidari, M. (2015). An investigation on role of salinity, pH and DO on heavy metals elimination throughout estuarial mixture. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 1(1), 41-46.
12. Mai, H., Morin, B., & Cachot, J. (2013). Toxic effects of copper and cadmium on fertilization potency of gametes of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal of Xenobiotics* 3, 3, 23-25.
13. Martin, M., Kennethe.Osborn, & PatriciaBillig. (1981). Toxicities of Ten Metals to *Crassostrea g/gas* and *Mytilus edulis* Embryos and Cancer magister Larvae. *Marine Pollution Bulletin*, 12(No. 9), 305-308.
14. N.L.Wong, V., G.Johnston, S., D.Burton, E., T.Bush, R., A.Sullivan, L., & G.Slavich, P. (2010). Seawater causes rapid trace metal mobilisation in coastal lowland acid sulfate soils: Implications of sea level rise for water quality. *Geoderma*, 160(2), 252–263.
15. Nga, B., & Tho, N. (2009). Hàm lượng Zn, Cu, Pb trong trầm tích, đất và nước tại vùng ven biển bán đảo Cà Mau. *Tạp chí Khoa học*, 11, 356-364.
16. Noegrohati, S. (2005). SORPTION-DESORPTION CHARACTERISTICS OF HEAVY METALS AND THEIR AVAILABILITY FROM THE SEDIMENT OF SEGARA ANAKAN ESTUARY. *Indo. J. Chem*, 5(3), 236 - 244.
17. Samani, A. V., Fakhrace, M., Karbassi, A. R., & Valikhani, Z. (2014). Effect of dissolved organic carbon and salinity on flocculation process of heavy metals during mixing of the Navrud River water with Caspian Seawater. *Desalination and Water Treatment*.
18. Tam, N. F., & Wong, Y. S. (1999). Mangrove Soils in Removing Pollutants from Municipal Wastewater of Different Salinities. *Environmental Quality*, 2(28), 556-564.
19. Tho, N., & Nga, B. (2009). Sự ô nhiễm As, Cd trong trầm tích, đất và nước tại vùng ven biển tỉnh Cà mau. *Tạp chí Khoa học* 2009, 15-24.
20. Xie, J., Yang, D., Sun, X., Cao, R., Chen, L., Wang, Q., et al. (2017). Combined toxicity of cadmium and lead on early life stages of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *ISJ, ISJ* 14, 210-220.
21. Zhang, M., Jin, C.-C., Xu, L.-H., & Ding, T. (2012). Effect of temperature, salinity, and pH on the adsorption of lead by sediment of a tidal river in east China. *International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology*, (pp. 1389-1391).
22. Zhao, S., Feng, C., Wang, D., Liu, Y., & Shen, Z. (2013). Salinity increases the mobility of Cd, Cu, Mn, and Pb in the sediments of Yangtze Estuary: Relative role of sediments' properties and metal speciation. *Chemosphere*, 91, 977–984.