

SỰ Ô NHIỄM As, Cd TRONG TRẦM TÍCH, ĐẤT VÀ NƯỚC TẠI VÙNG VEN BIỂN TỈNH CÀ MAU

Nguyễn Văn Tho¹ và Bùi Thị Nga²

ABSTRACT

Sediment and water samples were taken at the canal, river, estuary, and swamp; soil and water samples were collected at mangrove forests in the dry and wet seasons. The results showed that As concentration increased gradually from rivers to estuary with high value at Ganh Hao estuary. Concentrations of As from water at surveyed area were over Vietnamese water standard for aquaculture. The presence of Cd was high in samples collected near Ca Mau city, but low in seaward estuaries, Cd was present without pollution. There was significant differences in the concentration of As except cadmium between the dry and wet seasons. The results revealed that the polluted level of As, Cd have to be studied for their origin, mobility in soil and water environments and their accumulation in the aquatic organisms.

Keywords: Heavy metals, canal, river, estuary, sediment, coastal line

Title: Pollutions of As, Cd in sediment, soil and water in coastal areas, Camau province

TÓM TẮT

Mẫu trầm tích và mẫu nước được thu tại rạch, sông, cửa sông và bãi bồi; mẫu đất và mẫu nước được thu tại rừng ngập mặn vào mùa mưa và mùa nắng. Kết quả cho thấy As trong trầm tích tăng dần từ sông rạch trong nội ô đến cửa sông, đạt giá trị cao nhất tại cửa Gành Hào. Nồng độ của As trong nước tại vùng khảo sát cao vượt tiêu chuẩn nước cho nuôi thủy sản. Cd hiện diện cao trong sông rạch thuộc nội ô thành phố Cà Mau nhưng hàm lượng thấp ở phía biển. Yếu tố mùa có ảnh hưởng đến hàm lượng As, ngoại trừ Cd. Kết quả nghiên cứu của đề tài cho thấy mức độ ô nhiễm của As, Cd cần được quan tâm nghiên cứu về nguồn gốc, tính di động trong môi trường đất nước và sự tích tụ kim loại này trong các loài thủy sinh vật.

Từ khóa: kim loại nặng, kênh, sông, cửa sông, trầm tích, ven biển

1 GIỚI THIỆU

Ô nhiễm kim loại nặng chủ yếu do hoạt động của con người trong nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt. Phần lớn các nguồn này đều thải trực tiếp hay gián tiếp ra ngoài môi trường mà không được xử lý theo qui định. Từ đó cho thấy khả năng xâm nhiễm vào môi trường tự nhiên là rất lớn, đặc biệt ở các vùng cửa sông, ven biển là nơi tích tụ các chất ô nhiễm có nguồn gốc từ nội địa và trong môi trường thủy sinh, trầm tích rừng ngập mặn rất giàu sulphide và vật chất hữu cơ (Nga, 2004; Nga *et al.*, 2005). Đây chính là nơi lắng đọng và lưu giữ các chất ô nhiễm có nguồn gốc từ đất liền, nhất là kim loại nặng (Zheng *et al.*, 1997, Tam and Wong, 2000 trích trong Defew *et al.*, 2005). Các kim loại nặng đều có tính độc cao đối

¹ Đại học Bạc Liêu

² Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên

với con người, động vật lưỡng thê, bò sát, chim và tôm cá. Nghiên cứu sự xâm nhiễm kim loại nặng ở vùng cửa sông ven biển đã được tiến hành ở một số quốc gia trên thế giới như: Nhật, Trung Quốc, HongKong, Malaysia, Singapore, Úc, Anh, Canada. Ở Việt Nam đã có một số nghiên cứu kim loại nặng ở vùng đất phèn và vùng đô thị (Nguyễn Mỹ Hoa & Huynh Tri Cuong, 2006; Phuong *et al.*, 1998). Do vậy xác định hàm lượng kim loại nặng trong trầm tích, đất và nước ở các sông rạch tại thành phố Cà Mau và ở vùng ven biển tỉnh Cà mau nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm các kim loại này theo không gian và thời gian thu mẫu; tương quan của As, Cd được khảo sát với pH, EC, chất hữu cơ đó chính là mục tiêu nghiên cứu của đề tài.

2 NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nội dung nghiên cứu

- Xác định hàm lượng As, Cd hiện diện trong trầm tích, trong nước tại sông rạch và cửa sông TP. Cà Mau; và hiện diện trong đất và trong nước tại vùng ven biển huyện Ngọc Hiển tỉnh Cà mau.
- Đánh giá sự khác biệt về hàm lượng kim loại nặng theo không gian và thời gian thu mẫu.
- Khảo sát mối tương quan giữa As, Cd với các yếu tố pH, EC và chất hữu cơ.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phương tiện nghiên cứu

- Dụng cụ thu mẫu và phân tích mẫu: Thùng trữ lạnh, cây khoan đất, túi nhựa đựng mẫu, máy đo pH, EC, máy lắc, máy ly tâm, beaker, phiếu, giấy lọc, bình tam giác 250 ml, ống chuẩn độ 25 ml, buret chuẩn độ, cân, máy hấp thu nguyên tử đầu đốt graphite và các hóa chất cần thiết cho quá trình phân tích.
- Các chỉ tiêu phân tích được thực hiện tại phòng thí nghiệm Bộ Môn Môi Trường & QLTNTN, phòng thí nghiệm Hoá Lý Bộ Môn Khoa Học Đất & QLĐĐ (Khoa Nông Nghiệp& SHƯD) và Phòng Thí Nghiệm Chuyên Sâu thuộc Trường Đại Học Cần Thơ.

2.2.2 Thời gian và địa điểm thu mẫu

Đề tài tiến hành thu mẫu vào tháng 8 năm 2006 (mùa mưa) và tháng 3 năm 2007 (mùa nắng). Mẫu trầm tích và mẫu nước được thu tại các sông rạch trong nội ô thành phố như kênh Phụng Hiệp, Tắc Vân, sông Gành Hào và cửa sông Gành Hào, Bảy Háp. Mẫu đất và mẫu nước được thu tại bãi bồi không có rừng, rừng mắm và rừng đước tại huyện Ngọc Hiển, tỉnh Cà Mau (Hình 1). Mỗi điểm thu 3 mẫu đất và trầm tích theo hình zít-zắt. Riêng mẫu được thu ở huyện Ngọc Hiển được thu theo lát cắt từ biển tiến vào nội đồng. Các hệ thống kênh nghiên cứu mẫu đất được thu tại các kênh chính trong nội ô tiếp nối các kênh đổ ra sông và cửa Gành Hào.

2.2.3 Phương pháp thu và bảo quản mẫu

(a) Phương pháp thu và bảo quản mẫu đất

- Mẫu đất được thu ở tầng mặt theo lát cắt từ bãi bồi không có rừng đến khu rừng mấm và rừng đước. Tại mỗi vị trí thu 3 mẫu, mỗi mẫu đất được thu ít nhất 10 vị trí xung quanh với bán kính 10 mét, sau đó trộn lại thành 1 mẫu đại diện.
- Mẫu trầm tích được thu tại cửa Bảy Háp, Gành Hào và tại kênh Phụng Hiệp, Tắc Vân, sông Gành Hào thuộc nội ô thành phố Cà Mau.
- Mẫu đất và mẫu trầm tích được chứa trong các túi nhựa polyethylen và được bảo quản ở nhiệt độ 4°C trong thùng trữ lạnh. Mẫu được đem về phòng thí nghiệm, phơi ở nhiệt độ phòng đến khi khô, được nghiền và cho qua rây có mắt lưới 0.5 mm.

(b) Phương pháp thu và bảo quản mẫu nước

Các chai lấy mẫu nước sông được rửa và được dán nhãn ghi đầy đủ các chi tiết về địa điểm, ngày giờ thu mẫu. Dùng tay cầm chai lấy mẫu nhúng vào dòng nước, cách bề mặt nước độ 30- 50 cm, miệng chai lấy mẫu hướng về phía dòng nước tới (trước khi lấy mẫu súc rửa chai hai lần bằng chính nước tại hiện trường), sau đó đậy kín miệng chai, đối với chai phân tích pH, EC trữ lạnh ở 4°C, riêng đối với chỉ tiêu phân tích kim loại nặng cho 1,5 ml HNO₃ dd cố định mẫu.

(c) Phương pháp phân tích mẫu đất và nước

Các chỉ tiêu mẫu đất được phân tích theo giáo trình phân tích mẫu đất của Trường Đại học Wageningen, Hà Lan (Houba *et al.*, 1995). Mẫu nước được phân tích theo phương pháp chuẩn (APHA, 2000).

(d) Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm SPSS để xử lý số liệu. Số liệu trước khi xử lý thống kê phải được đưa về phân bố chuẩn. Sau đó các chỉ tiêu thu thập được phân tích phương sai theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên hai nhân tố. Khi ảnh hưởng của nhân tố và tương tác có ý nghĩa thống kê, sử dụng kiểm định Duncan ở mức ý nghĩa 5%. Phân tích tương quan tuyến tính để xác định mối tương quan giữa pH, chất hữu cơ đối với các kim loại nặng trong mẫu đất.



Hình 1: Sơ đồ vị trí thu mẫu đất, nước tại các điểm nội ô và ven biển

2.2.4 Thu thập tài liệu thứ cấp

Trước khi khảo sát và thu mẫu, chúng tôi đã đến các sở ban ngành trong tỉnh Cà Mau để thu thập số liệu có liên quan đến vùng nghiên cứu tại:

- Sở công nghiệp Cà Mau: Danh sách các công ty, cơ sở sản xuất công nghiệp, Bảng tổng kết hoạt động các ngành nghề trong tỉnh năm 2005.
- Sở nông nghiệp Cà Mau: Bảng báo cáo tổng kết nông nghiệp năm 2005.
- Sở Tài Nguyên Cà Mau: Bản đồ hành chính của huyện Ngọc Hiển tỉnh Cà Mau, Báo cáo tổng kết tài nguyên - môi trường năm 2005, Niên giám thống kê Cà Mau năm 2005.
- Trung tâm nghiên cứu rừng ngập mặn Cà Mau: bản đồ rừng ngập mặn, Báo cáo khoa học về đặc điểm sinh thái thực vật tại huyện Ngọc Hiển, một số thông tin về rừng ngập mặn Cà Mau.
- Chi cục kiểm lâm: Báo cáo hiện trạng rừng ở tỉnh Cà Mau.

3 KẾT QUẢ THẢO LUẬN

Dựa vào điều kiện tự nhiên của hệ thống sông, rạch tại tỉnh Cà Mau và đặc điểm phân bố rừng của huyện Ngọc Hiển - tỉnh Cà Mau. Chúng tôi tiến hành thu mẫu trầm tích tại kênh Phụng Hiệp, Tắc Vắn, sông Gành Hào, cửa Gành Hào, cửa Bảy Háp, và Bãi Bồi (không có rừng) và mẫu đất được thu tại rừng mắm và rừng đước. Đề tài theo dõi sự biến động của pH, EC, chất hữu cơ, và thành phần cơ giới của mẫu trầm tích và mẫu đất vào mùa mưa và mùa nắng, nhằm tìm mối tương quan giữa As, Cd với những yếu tố này tại vùng nghiên cứu.

3.1 Đặc tính hóa lý tại vùng nghiên cứu

Kết quả cho thấy trong mẫu trầm tích, pH dao động không đáng kể tại các sông rạch và cửa sông (6,5 – 7,7), đây là khoảng biến động được tìm thấy phổ biến trong trầm tích sông và biển (Edward *et al.*, 2004). pH giảm dần từ bãi bồi đến rừng mắm và rừng đước.

Giá trị EC cao nhất được tìm thấy ở vùng đất rừng ven biển, trung bình tại các điểm dao động từ 5,5 – 8,8 mS/cm. Nhìn chung EC tại vùng cửa sông và ven biển cao hơn so với các điểm trong sông rạch nội ô thành phố Cà Mau.

Chất hữu cơ trong mẫu trầm tích và mẫu đất rừng dao động trong khoảng 2,0 – 5,1% và là khoảng biến động thông thường trong trầm tích biển (Ponce, 1996 trích trong Carrasco *et al.*, 2003). Hàm lượng chất hữu cơ cao đáng kể trong đất rừng so với trong trầm tích. Kết quả khảo sát thành phần cơ giới cho thấy đất tại các điểm sông rạch, bãi bồi và vùng ven biển có rừng chủ yếu sét pha thịt và thịt trung bình pha sét, trong đó sét pha thịt chiếm ưu thế tập trung ở vùng cửa sông và vùng đất rừng.

3.2 HÀM LƯỢNG KIM LOẠI NẶNG TẠI VÙNG NGHIÊN CỨU

3.2.1 Asenic (As)

Kết quả khảo sát cho thấy hàm lượng As trong trầm tích có khuynh hướng tăng dần từ sông rạch đến cửa sông ven biển, trung bình dao động từ 3,23 -14,97 mg.kg⁻¹. Hàm lượng cao nhất được tìm thấy tại bãi bồi và cửa sông Gành Hào khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các sông rạch khảo sát (Bảng 1). Theo Lê Huy Bá (2000), trầm tích chủ yếu là bùn lắng chứa nhiều kim loại nặng, và có hiện tượng keo tụ tự nhiên ở vùng cửa sông nên hàm lượng kim loại nặng tại các vùng này khá cao. Theo Preda và Cox (2002) một số kim loại như Cr, Mo, Pb, Zn và As trong trầm tích cửa sông có hàm lượng cao hơn trong đất có nguồn gốc từ cửa sông ven biển. Hơn nữa trầm tích tại các sông rạch thành phố cũng là nơi ô nhiễm kim loại nặng do chất thải đô thị mang lại. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi phù hợp với nghiên cứu của Spencer *et al.* (2003), ông cho rằng vùng bãi bồi ven biển và vùng cửa sông thường là nơi tích tụ và lưu giữ các chất ô nhiễm nhất là kim loại nặng.

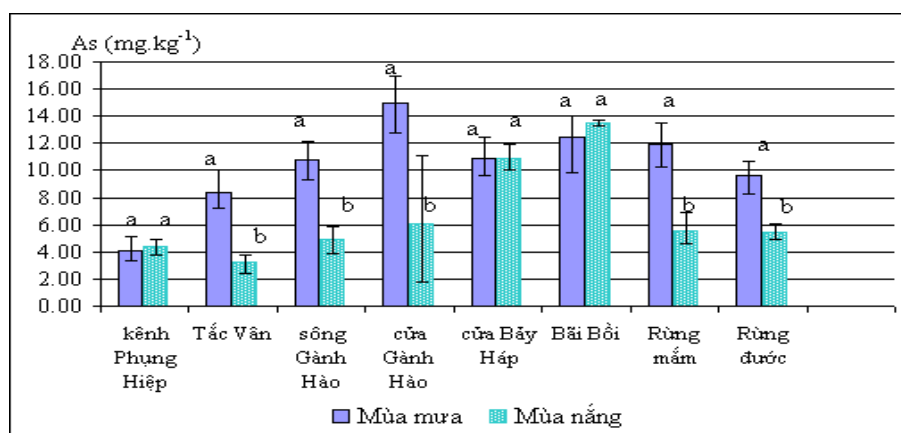
Hàm lượng As trong đất rừng mắm và rừng đước vào mùa mưa không khác biệt so với trong trầm tích thuộc sông rạch nội ô thành phố Cà Mau nhưng lại khác biệt với hàm lượng As tại cửa sông Bảy Háp và Bãi Bồi (Bảng 1). Theo Bryan & Langston (1992) As thường đi vào vùng cửa sông ở các dạng vô cơ bởi sự phân hủy của đá và quặng mỏ có chứa As trong quá trình phong hoá.

Bảng 1: Hàm lượng trung bình As (mg.kg⁻¹) trong trầm tích và trong đất tại vùng ven biển huyện Ngọc Hiển, Tỉnh Cà Mau

Điểm thu	Mùa nắng	Mùa mưa
Kênh Phụng Hiệp	4,47 ^b	4,10 ^d
Kênh Tắc Vân	3,23 ^b	8,33 ^c
Sông Gành Hào	4,90 ^b	10,77 ^{bc}
Cửa Gành Hào	6,07 ^b	14,97 ^a
Cửa Bảy Háp	10,87 ^a	10,88 ^{bc}
Bãi Bồi	13,53 ^a	12,50 ^{ab}
Rừng mắm	5,60 ^b	11,93 ^b
Rừng đước	5,40 ^b	9,63 ^{bc}

Các giá trị trung bình trong cùng một cột có mẫu tự theo sau giống nhau thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê 5% qua phép thử Duncan.

Qua khảo sát cho thấy đất rừng đước và rừng mắm tại vùng nghiên cứu đều có nguồn gốc từ sự bồi đắp phù sa từ sông và biển và là nơi ngập triều không thường xuyên. Khu vực bãi bồi và cửa sông là nơi lắng tụ vật chất từ đất liền và trầm tích từ các dòng chảy nên gây nên sự lắng tụ As cao (Lê Huy Bá, 2000). Đây chính là nguyên nhân gây hàm lượng As trong đất rừng thấp hơn hàm lượng trong trầm tích cửa sông ven biển. Hàm lượng trung bình của As có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa mùa mưa và mùa nắng (Hình 2). Tại hầu hết các điểm thu như kênh Tắc Vân, sông Gành Hào, cửa Gành Hào, và trong đất rừng mắm và rừng đước hàm lượng As trong mùa mưa cao hơn gấp hai lần hàm lượng của chúng trong mùa nắng. Điều này có thể là do vào mùa mưa pH có khuynh hướng tăng nên lúc này hàm lượng As cao hơn so với mùa nắng.

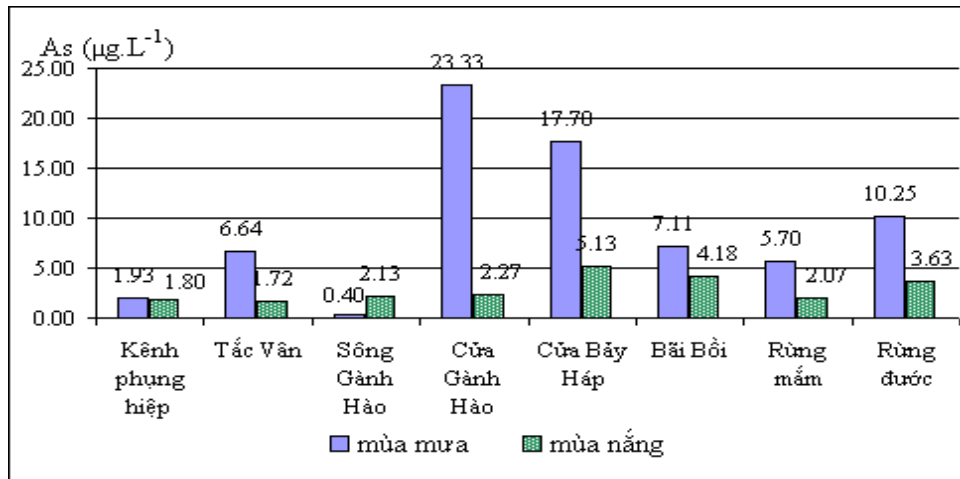


Hình 2: So sánh hàm lượng trung bình As (mg.kg⁻¹) trong trầm tích và đất theo mùa

Kết quả của đề tài cho thấy hàm lượng As trong trầm tích nằm trong khoảng giá trị Arsen được tìm thấy ở một số cửa sông và sông trên thế giới (7,1 - 23,2 mg.kg⁻¹). Kết quả này cho thấy đã có sự ô nhiễm của As trong vùng cửa sông ven biển (Wasserman *et al.*, 2001). Do vậy, sự ô nhiễm As ở vùng bãi bồi cần được quan tâm nghiên cứu trong chuỗi thức ăn do bãi bồi là nơi sinh sống của nhiều loài hai mảnh vỏ và động vật thân mềm như: sò, nghêu, tôm,...

Phân tích tương quan chỉ ra rằng hàm lượng As trong trầm tích có mối tương quan thuận với pH, và EC, giá trị pH và EC tăng dần từ sông rạch ra đến cửa sông ven biển kèm theo là hàm lượng As cũng gia tăng theo xu hướng trên.

Nồng độ As trong nước có khuynh hướng tăng dần từ các kênh Phụng Hiệp, Tắc Vân, sông Gành Hào ra đến vùng bãi bồi, rừng mắm, rừng đước dao động trong khoảng 0,4 - 23,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$; đạt giá trị cao nhất tại cửa Gành Hào và cửa Bảy Háp thì hàm lượng As cao nhất 23,3 và 17,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Hình 3).



Hình 3: Nồng độ As ($\mu\text{g.L}^{-1}$) trong nước tại các sông rạch và ven biển huyện Ngọc Hiển

Theo nghiên cứu của WHO (2001), nồng độ As trong nước đặc trưng cho vùng biển thường là 1 – 2 $\mu\text{g.L}^{-1}$, As còn phân bố ở nước mặt các sông và hồ với nồng độ thấp hơn 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Trong khi đó tại điểm rừng mắm và rừng đước As trong nước dao động 2,07 - 10,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ và cửa sông Gành Hào và Bảy Háp thì nồng độ As tương đối khá cao vào mùa mưa 17,7 - 23,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ vượt ngưỡng nồng độ As có trong nước biển và sông hồ. Nồng độ As trong nước tại vùng cửa sông vượt quá tiêu chuẩn qui định của nước sử dụng cho nuôi thủy sản (Tổng cục đo lường Việt Nam, 2004).

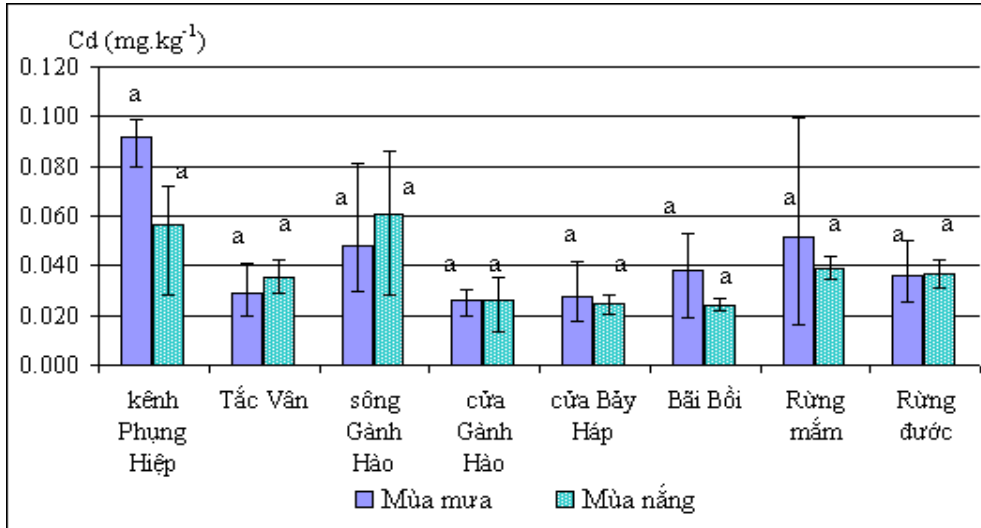
3.2.2 Cadmium (Cd)

Cadmium trong trầm tích hiện diện với hàm lượng dao động trong khoảng 0,023 – 0,06 mg.kg^{-1} vào mùa nắng, và từ 0,027 – 0,093 mg.kg^{-1} vào mùa mưa. Hàm lượng Cd cao trong sông rạch và giảm dần ra cửa sông (Bảng 2).

Bảng 2: Hàm lượng trung bình Cd (mg.kg^{-1}) trong trầm tích và trong đất vào mùa mưa và mùa nắng

Điểm thu	Mùa nắng	Mùa mưa
Kênh Phụng Hiệp	0,057 ^a	0,093 ^a
Kênh Tắc Vân	0,037 ^{ab}	0,03 ^b
Sông Gành Hào	0,06 ^a	0,047 ^b
Cửa Gành Hào	0,027 ^b	0,027 ^b
Cửa Bảy Háp	0,027 ^b	0,027 ^b
Bãi Bồi	0,023 ^b	0,037 ^b
Rừng mắm	0,037 ^{ab}	0,053 ^b
Rừng đước	0,037 ^{ab}	0,037 ^b

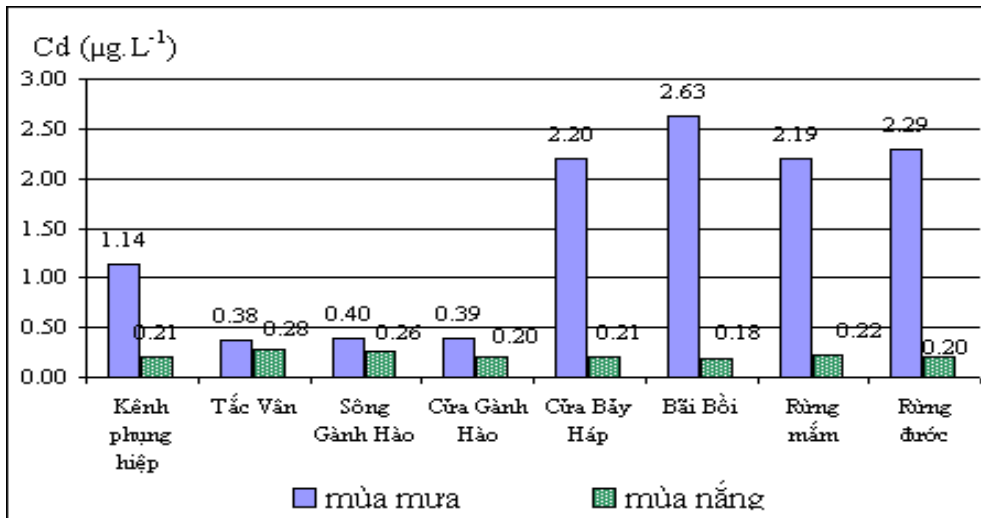
Qua hình 4 hàm lượng trung bình Cd trong vùng nghiên cứu không khác biệt có ý nghĩa giữa mùa mưa và mùa nắng. Nhưng chúng tôi tìm thấy sự khác biệt đáng kể giữa sông rạch thuộc nội ô thành phố Cà Mau và vùng cửa sông ven biển.



Hình 4: So sánh hàm lượng trung bình Cd (mg.kg⁻¹) trong trầm tích theo mùa

Nồng độ Cd trong nước ở sông rạch, cửa sông và khu vực rừng ngập mặn dao động từ 0,18 - 2,63 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Nồng độ Cd khá cao dao động khoảng 0,38 - 2,63 $\mu\text{g.L}^{-1}$ được tìm thấy vào mùa mưa. Vào mùa nắng biến động không đáng kể trong khoảng 0,18 - 0,28 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Theo Korte (1983) trích trong WHO (1992), nồng độ Cd trung bình có trong nước biển là $\leq 0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Với kết quả nghiên cứu của đề tài cho thấy nồng độ Cd tại sông rạch mặc dù thấp hơn tiêu chuẩn của tổng cục đo lường Việt Nam (2004) sử dụng cho nuôi thủy sản ven biển là 5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ nhưng cao hơn phát hiện của Korte (1983) trích trong WHO (1992).



Hình 5: Nồng độ Cd (mg.L⁻¹) trong nước tại các sông rạch và ven biển huyện Ngọc Hiển

Vùng bãi bồi và vùng ven biển nơi có rừng mắm, rừng đước thì hàm lượng Cd khá cao, điều này có thể là do cadmium trong nước được hấp thu một cách nhanh chóng bởi các hạt vật chất, cặn rắn lơ lửng và các vật chất này có thể phức hợp với Cd vì thế nồng độ Cd thường cao. Nhìn chung nồng độ cadmium trong nước tại bãi

bồi, rừng đước và rừng mắm cao hơn so với sông rạch trong thành phố, trong khi đó nồng độ Cd trong trầm tích tại các điểm sông rạch lại không có sự khác biệt so với các đất rừng mắm và rừng đước. Điều này cho thấy Cd có thể phụ thuộc vào điều kiện môi trường đất và nước tại từng khu vực. Theo nghiên cứu của WHO (2001) chỉ ra rằng sự gia tăng nhiệt độ sẽ làm tăng quá trình hấp thu và tác động của Cd, nhưng ngược lại sự gia tăng độ mặn hoặc độ cứng sẽ làm giảm đi sự hấp thu và tác động gây độc của Cd. Từ đó cho thấy độ mặn trong nước có ảnh hưởng đến nồng độ Cd trong nước, đây có thể là nguyên nhân của sự hiện diện của Cd trong nước vào mùa mưa lại cao hơn mùa nắng.

4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1 Kết luận

Kết quả nghiên cứu của đề tài cho thấy có sự ô nhiễm của As, Cd trong trầm tích, trong đất và nước tại vùng nghiên cứu được thể hiện chi tiết như sau:

- Hàm lượng As trong trầm tích và trong nước gia tăng dần sông rạch đến cửa sông và cửa biển, As có tương quan thuận với pH và EC.
- Nồng độ As trong nước tại vùng cửa sông vượt quá tiêu chuẩn qui định sử dụng cho nuôi thủy sản.
- Cd hiện diện với hàm lượng cao trong sông rạch nội ô thành phố Cà Mau nhưng giảm dần khi ra đến cửa sông ven biển. Trong khi đó As có sự phân bố ngược lại.

4.2 Kiến nghị

- Nghiên cứu nguồn gốc và tính di động của As, Cd trong trầm tích, đất và nước.
- Sự tích tụ của các kim loại như As, Cd đồng trong các loài thủy sinh vật

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- APHA (1998), Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th Edition, American Public Health Association.
- Bryan G. W, Langstone W.J. (1992), Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review, *Environmental Pollution* 76, 89-131.
- Bui Thi Nga (2004), *Penaeus monodon* post-larvae and their interaction with *Rhizophora apiculata*. Ph.D thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- B.T. Nga, H.Q.Tinh, D.T. Tam, M. Scheffer, and R. Roijackers (2005), Young mangrove stands produce a large and high quality litter input to aquatic system in Camau province, Vietnam. *Wetland Ecology and Management* 13: 569-576.
- Carrasco M, J. A. López-Ramírez, J. Benavente, F. López-Aguayo, D. Sales, (2003), Assessment of urban and industrial contamination levels in the bay of Cádiz, SW Spain, *Marine Pollution Bulletin* 46, 335-345.
- Defew L. H, Mair J. M, Guzman H. M (2005), An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama, *Marine Pollution Bulletin* 50, 547-552.

- Edward D. Burton, Ian R. Phillips, Darryl W. Hawker (2004), Reactive sulfide relationships with trace metal extractability in sediments from southern Moreton Bay, Australia, *Baseline / Marine Pollution Bulletin* 50, 583–608.
- Lê Huy Bá (2000), *Độc Học Môi Trường*. Nhà xuất bản Đại Học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- Houba V. J. G, Van Der Lee, Novozamsky (1995), *Soil and Plant Analysis*, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University
- Morillo J, Usero J, Gracia I (2004), Heavy metal distribution in marine sediments from the southwest coast of Spain, *Chemosphere* 55, 431–442. (bỏ vì chỉ nói đến Zn)
- Nguyen My Hoa & Huynh Tri Cuong, (2006), Pollution of Cd, Fe and Ni in canal water in Acid Sulphate Soil as affected by soil acidification and available metal concentration in soils. Selected paper at the fourth International Symposium on Southeast Asian Water Environment, December 6-8, 2006. Bangkok, Thailand.
- P. K. Phuong, C. P. N. Son, J. J. Sauvain, J. Tarradellas (1998), Contamination by PCB's, DDT's and Heavy Metals in Sediments of Ho Chi Minh City's Canals, Viet Nam, *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 60: 347-354.
- Preda M, Cox. M E (2002), Trace metal occurrence and distribution in sediments and mangroves, Pumicestone region, southeast Queensland, Australia, *Environment International* 28, 433– 449.
- Spencer K. L, Cundy A. B, Croudace I. W (2003), Heavy metal distribution and early-diagenesis in salt marsh sediments from the Medway Estuary, Kent, UK, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57, 43–54.
- Tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng (2004), *Tuyển tập các tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) về Môi Trường (Tập 1)*.
- Tổng cục tiêu chuẩn đo lường chất lượng (2004), *Tuyển tập các tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) về Môi Trường (Tập 4)*.
- WHO (2001), *Environmental Health Criteria 221: Zinc*, World Health Organization, Geneva
- WHO (1992), *Environmental Health Criteria 135: Cadmium - Environmental Aspects*, World Health Organization, Geneva.
- Zheng W J, Cheng X Y, Lin Peng (1997), Accumulation and biological cycling of heavy metal elements in *Rhizophora stylosa* mangroves in Yingluo Bay, China, *Marine Ecology Progress Series* 159: 293-301.