

**ĐỊNH LƯỢNG KHÍ CO<sub>2</sub> PHÁT THẢI TỪ MÔI TRƯỜNG  
NƯỚC RỪNG NGẬP MẶN VÀO KHÍ QUYỂN****Hà Thị Hiền<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Kim Cúc<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Rừng ngập mặn là vùng đất ngập nước chuyển tiếp giữa đất liền và đại dương. Hệ sinh thái rừng ngập mặn nhận nhiều tương tác về dòng chảy và trầm tích sông, biển. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định giá trị khí CO<sub>2</sub> phát thải từ giao diện nước – không khí tại diện tích rừng ngập mặn trồng tại cửa sông Ba Lạt. Kết quả của nghiên cứu cho thấy sự phát thải CO<sub>2</sub> từ giao diện nước-không khí phụ thuộc chu kỳ thủy triều, biên độ thủy triều và mùa trong năm. Chu kỳ thủy triều nước lớn phát thải CO<sub>2</sub> nhiều hơn chu kỳ nước ròng. Biên độ thủy triều càng lớn, sự phát thải CO<sub>2</sub> càng cao. Giá trị phát thải trong mùa mưa cao hơn so với trong mùa khô. Giá trị phát thải CO<sub>2</sub> từ giao diện nước-không khí trung bình là  $0,15 \pm 0,03 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ năm}^{-1}$ . Giá trị này thấp hơn 11,67 lần lượng phát thải từ bề mặt đất vào khí quyển ( $1,75 \text{ MgC} \pm 0,76 \text{ ha}^{-1} \text{ năm}^{-1}$ ) trong công bố năm 2018 của chúng tôi tại cùng một địa điểm.

**Từ khóa:** CO<sub>2</sub>, phát thải khí, rừng ngập mặn, khí quyển.

**1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Rừng ngập mặn (RNM) là hệ sinh thái nằm ở vùng chuyển tiếp giữa đất liền và đại dương, chịu nhiều tác động của các tương tác sông, biển. Nước triều từ đại dương hòa trộn với nước phù sa mang tới từ thượng nguồn các dòng sông, hình thành nên các hạt keo đất lắng đọng lại tại các vùng bãi bồi ven biển, các vùng cửa sông và cung cấp các chất dinh dưỡng cho hệ sinh thái (HST) RNM. Quá trình này diễn ra thường xuyên, liên tục dẫn tới kết quả là HST RNM nhận được lượng vật chất hữu cơ từ nước triều mang lại rất cao, đặc biệt với diện tích RNM nằm tại các vùng cửa sông lớn (Bouillon và cs., 2008; Alongi 2012; Leopold và cs., 2013). Các chất hữu cơ lắng đọng tồn tại trong điều kiện đất bị ngập úng thường xuyên nên tốc độ phân hủy của chúng diễn ra chậm. Một phần các chất hữu cơ tích lũy trong trầm tích bị khoáng hóa và hình thành các khí nhà kính, trong đó có khí CO<sub>2</sub>. Khí này có thể phát thải trực tiếp vào không khí qua giao diện đất - khí, hoặc hòa tan trong nước và dịch chuyển ra các kênh rạch xung

quanh (Bouillon và cs., 2008; Maher và cs., 2013; Call và cs., 2015). Các quá trình sản sinh và dịch chuyển khí nhà kính trong các thành phần môi trường có biến động mạnh trong RNM, phụ thuộc vào nhiều yếu tố như thành phần loài thực vật, tuổi rừng, vị trí địa hình của rừng và mối liên quan tới biên độ và chu kỳ thủy triều, khí hậu trong năm (mùa mưa/khô, nhiệt độ, Kristensen và cs., 2017).

Hiện nay, đã có một số nghiên cứu về phát thải khí CO<sub>2</sub> từ giao diện đất - không khí, tập trung vào vai trò của tổng carbon tích lũy trong đất RNM, vào hàm lượng nước chứa trong đất, vào số lượng của cây và mật độ hang của các loài này trong đất, vào lớp tảo bám (microphytobenthos) phát triển trên bề mặt trầm tích (Bouillon và cs., 2008; Kristensen 2008; Leopold và cs., 2013; Lovelock và cs., 2014; Grellier và cs., 2017; Ha và cs., 2018). Các nghiên cứu này định lượng sự phát thải khí CO<sub>2</sub> từ giao diện đất- không khí tại sản RNM khi thủy triều xuống thấp. Lượng khí CO<sub>2</sub> giải phóng từ môi trường đất RNM vào môi trường nước ước tính trên toàn cầu vào khoảng 62 mmol m<sup>-2</sup> ngày<sup>-1</sup> (dao động từ 8 - 224 mmol m<sup>-2</sup>

---

<sup>1</sup>Khoa Hóa và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi

ngày<sup>-1</sup>), và lượng khí CO<sub>2</sub> giải phóng từ bề mặt đất vào khí quyển là 44 mmol m<sup>-2</sup> ngày<sup>-1</sup> (dao động từ 4 – 156 mmol m<sup>-2</sup> ngày<sup>-1</sup>) (Kristensen 2008; Kristensen và cs., 2011; Leopold và cs., 2013; Lovelock và cs., 2014). Sự biến động của dòng CO<sub>2</sub> phát thải giữa các địa điểm nghiên cứu khác nhau cho thấy CO<sub>2</sub> phát thải chịu ảnh hưởng của tình trạng ngập triều và các yếu tố môi trường. Tuy nhiên, tốc độ phát thải CO<sub>2</sub> hoàn toàn khác nhau giữa hai giao diện đất-nước và đất-không khí có thể bị ảnh hưởng một phần bởi các phương pháp nghiên cứu và tính toán. Hầu hết các kết quả đã công bố cho thấy việc xác định CO<sub>2</sub> phát thải từ thực tế vẫn thấp hơn các giá trị ước tính, do các vị trí đo đạc được lựa chọn không có các hang đào của động vật và xa vị trí gốc cây ngập mặn. Sự thoát khí từ hệ thống rễ thở và các lỗ hang đào của cua cây được cho là sẽ làm tăng lượng CO<sub>2</sub> giải phóng, đặc biệt là từ các lớp đất sâu hơn vào khí quyển (Kristensen 2008). Tuy nhiên, các nghiên cứu về việc phát thải khí CO<sub>2</sub> từ môi trường nước mặt RNM vào khí quyển khi thủy triều lên cao vẫn còn khá hạn chế.

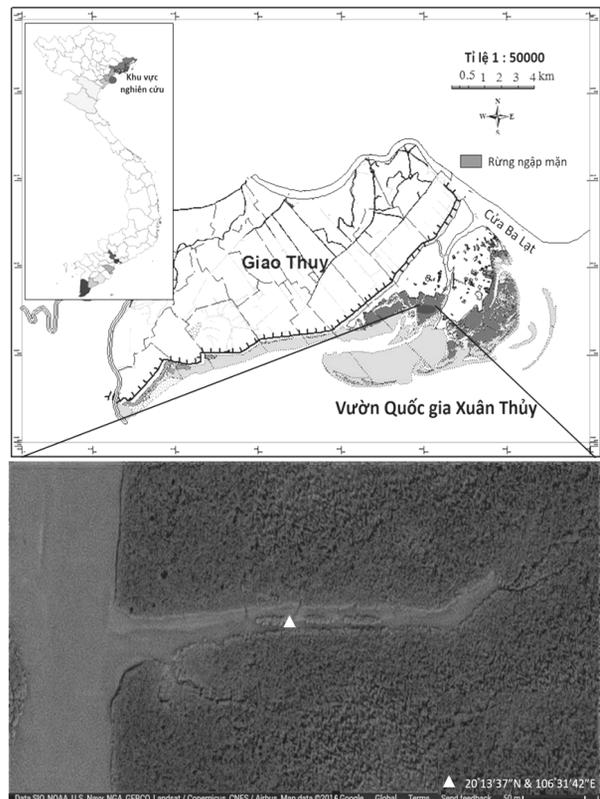
CO<sub>2</sub> phát thải từ giao diện đất-nước, đất-không khí không đại diện cho tổng carbon khoáng hóa từ các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc từ RNM. Carbon hữu cơ hòa tan trong các tầng đất của RNM theo nước lỗ rỗng mang ra vùng nước ven bờ khi thủy triều rút xuống (Maher và cs., 2013; Call và cs., 2015). Các hợp chất hữu cơ này nhanh chóng bị khoáng hóa trong cột nước và chuyển hóa một phần thành khí CO<sub>2</sub> giải phóng vào khí quyển, một phần điện li hình thành CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> và kết hợp với các cation kim loại hóa trị cao tạo thành kết tủa và lắng đọng lại trong trầm tích sông, biển (Kristensen và cs., 2008; 2017). Nhằm định lượng và tìm hiểu sự phát thải CO<sub>2</sub> từ môi trường nước RNM vào khí quyển khi thủy triều lên cao, nghiên cứu thiết lập một trạm quan trắc tại một con lạch triều trong diện tích RNM trồng tại Vườn Quốc gia Xuân Thủy. Mục đích của nghiên cứu nhằm xác định: (1) biến động dòng khí CO<sub>2</sub> phát thải tại

giao diện nước - không khí theo chu kỳ thủy triều và mùa trong năm và (2) định lượng giá trị phát thải trong một năm từ các giá trị đo đạc được.

## 2. ĐỊA ĐIỂM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm nghiên cứu

Địa điểm nghiên cứu lựa chọn vùng RNM nằm tại vị trí bờ Nam của cửa sông Hồng, tỉnh Nam Định, miền Bắc Việt Nam. Hệ sinh thái RNM hình thành trên các bãi bồi tại cửa Ba Lạt với diện tích tổng cộng khoảng 15,000 hecta (Pham and Mai 2015). Rừng ngập mặn tại đây là thảm thực vật hỗn giao của rừng trồng và rừng tái sinh tự nhiên với ba loài cây chính: Trang (*K. obovata*), Bần chua (*S. caseolaris*) và Đước (*R. apiculata*). Khu vực nghiên cứu lựa chọn là một con lạch triều nối với kênh chính, nằm giữa diện tích rừng Trang trồng từ năm 1998 và có vị trí tại tọa độ 20°13'37.6" N vĩ độ Bắc và 106°31'42.0" E Kinh độ Đông (Hình 1).



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu và vị trí quan trắc tại RNM thuộc cửa Ba Lạt.

Nằm ở khu vực ven biển phía Bắc Việt Nam, rừng ngập mặn tại cửa Ba Lạt có đầy đủ các hình thái và đặc điểm thời tiết đặc trưng của khu vực nhiệt đới gió mùa. Khí hậu nóng ẩm mưa nhiều vào mùa mưa, và lạnh khô vào mùa đông, độ ẩm không khí trung bình từ 80 - 85%. Lượng mưa trung bình hàng năm dao động trong khoảng từ 1.750 - 1.800 mm với hai mùa rõ rệt: mùa mưa kéo dài từ tháng năm đến tháng chín, mùa khô bắt đầu từ tháng mười năm trước và kết thúc vào tháng tư năm sau. Nhiệt độ không khí trung bình năm dao động từ 23,4 tới 24,5°C và có sự khác biệt rất rõ giữa mùa khô (mùa đông) và mùa mưa (mùa hè). Tháng lạnh nhất là tháng mười hai và tháng một, với nền nhiệt trung bình dao động trong khoảng từ 16,0 tới 17,1°C, và tháng nóng nhất là tháng Bảy, với nhiệt độ trung bình cao hơn 29,4°C (Cục thống kê Nam Định, 2016). Chu kì triều tại đây là chế độ nhật triều với biên độ rộng, lớn nhất là 3,54 m và nhỏ nhất là 0,37 m (Trung tâm Hải văn, 2016)

## 2.2. Thời gian nghiên cứu

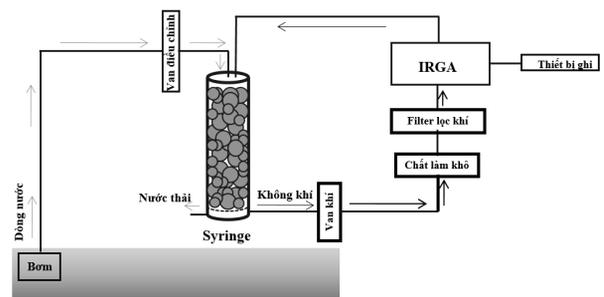
Thời gian nghiên cứu được tiến hành trong hai mùa, trong đó mùa khô thực hiện từ ngày 01 đến ngày 10 tháng 4 năm 2016, và mùa mưa thực hiện từ ngày 01 đến ngày 11 tháng 8 năm 2016. Trong mỗi mùa, nghiên cứu được tiến hành vào hai chu kì thủy triều nước lớn và nước ròng để tính toán các giá trị CO<sub>2</sub> phát thải theo phương thẳng đứng trong mỗi chu kì.

## 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Lượng khí CO<sub>2</sub> hòa tan trong nước được đo bằng một hệ thống cân bằng khí thiết lập cho môi trường nước theo phương pháp công bố trong nghiên cứu của Frankignoulle và cs., 2001, Abril và cs., 2006). Một syringe lớn làm bằng nhựa có đường kính trong 7 cm, chiều cao 52 cm và thể tích 1,539 lít được nhồi bằng các viên bi thủy tinh để tăng tối đa diện tích tiếp xúc giữa dòng nước bơm vào và không khí trong syringe. Nước bề mặt ở độ sâu 15 cm được bơm bằng bơm Việt Nhật (Seri ZQ-2203-2; 12 Volts, 3 Amps, max flow 5L/phút) qua van điều chỉnh với tốc độ 1L/phút

bằng hệ thống đường ống nhựa theo chiều từ trên xuống dưới qua syringe chứa bi thủy tinh. Dòng khí giải phóng trong syringe được bơm tuần hoàn qua van khí với tốc độ 1L/phút qua hệ thống đường ống nối với các bộ phận hấp thụ hơi nước và làm sạch khí trước khi tới máy phân tích khí hồng ngoại (IRGA, Licor-840A, Licor Biosciences, Inc.) để xác định nồng độ CO<sub>2</sub>. Máy phân tích khí hồng ngoại được kết nối trực tiếp với máy tính để ghi lại giá trị nồng độ phát thải đo được của khí CO<sub>2</sub> (Hình 2).

Các máy phân tích khí hồng ngoại được hiệu chỉnh trước mỗi ngày đo bằng ba loại nồng độ khí: 0 ppm CO<sub>2</sub> (N<sub>2</sub> tinh khiết, Air Liquid Inc.), 551 ± 11 ppm CO<sub>2</sub> và 2756 ± 137 ppm CO<sub>2</sub> (Air Liquid Inc.). Đo dòng khí CO<sub>2</sub> trong nước trong khoảng thời gian mỗi giây một kết quả.



Hình 2. Sơ đồ minh họa thiết bị đo dòng khí CO<sub>2</sub> hòa tan trong nước tại hiện trường

Mỗi chu kỳ khảo sát và quan trắc sự phát thải khí CO<sub>2</sub> từ môi trường nước được thực hiện liên tục bắt đầu từ lúc thủy triều dâng lên đến vị trí thiết lập trạm đo đặc trong con lạch triều (biên độ thủy triều đạt độ cao ~ 2,2 m) cho tới khi nước rút hết khỏi lạch triều (bao gồm cả nước lỗ rỗng trong đất khi thủy triều rút xuống). Thời gian đo đặc trong mỗi chu kì từ 15-22 giờ tùy thuộc vào chu kì thủy triều và mùa trong năm (Hình 3).

Từ nồng độ dòng khí CO<sub>2</sub> trong nước, nghiên cứu sử dụng hai phương pháp để tính toán giá trị CO<sub>2</sub> phát thải từ môi trường nước vào không khí. Các phương trình tính toán căn cứ vào nồng độ khí CO<sub>2</sub> phát thải đo được (ppm), và các thông số

hiệt độ, độ mặn của nước, tốc độ gió ở khoảng cách 2 m phía trên bề mặt nước. Phương pháp thứ nhất sử dụng phương trình trong nghiên cứu của Raymond và Cole (2001);

$$FCO_2(RC) = k_{600} \cdot \alpha \cdot (pCO_2 \text{ nước} - pCO_2 \text{ không khí}) \quad (1)$$

Trong đó F là dòng khí CO<sub>2</sub> phát thải từ môi trường nước ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); k<sub>600</sub> là tốc độ chuyển động của khí CO<sub>2</sub>. Hằng số này được tính từ tốc độ gió đo được ở độ cao 2m phía trên bề mặt nước.

Phương pháp thứ hai sử dụng phương trình trong nghiên cứu của Borges và cs. (2003).

$$FCO_2(\text{Borges}) = \varepsilon \cdot k \cdot \alpha \cdot \Delta pCO_2 \quad (2)$$

Trong đó  $\varepsilon$  là hệ số điều chỉnh của quá trình trao đổi khí; k là tốc độ chuyển động của khí CO<sub>2</sub>;  $\alpha$  là hệ số hòa tan của CO<sub>2</sub> và  $\Delta pCO_2$  là biến thiên

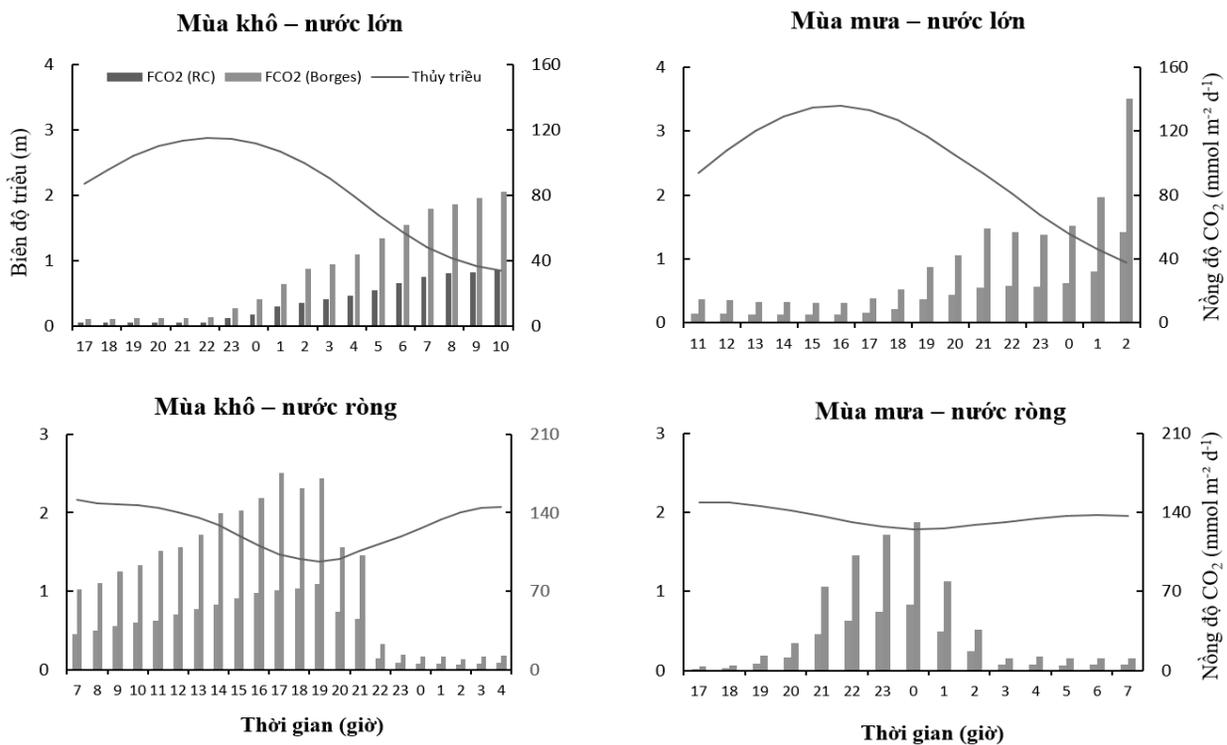
nồng độ của CO<sub>2</sub> tại giao diện nước-không khí. Kết quả trong nghiên cứu này sẽ tính bằng giá trị trung bình của kết quả tính toán bằng hai phương pháp trên.

Tốc độ gió, nhiệt độ không khí được đo ở độ cao 2 m trên bề mặt nước bằng máy đo nhiệt độ và tốc độ gió cầm tay (Extech 45170, Taiwan). Lưu lượng nước ra và vào lạch triều trong mỗi giờ được đo bằng lưu tốc kế (LS-25, China).

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Biến động của dòng khí CO<sub>2</sub> theo chu kỳ thủy triều và theo mùa

Dòng khí CO<sub>2</sub> từ giao diện nước - không khí biến động mạnh phụ thuộc vào khoảng thời gian đo đạc, chế độ thủy triều và mùa trong năm (Hình 3).



Hình 3. Nồng độ khí CO<sub>2</sub> phát thải từ giao diện nước - không khí và mối tương quan với biên độ triều trong bốn ngày đo đạc thực địa

Xu hướng phát thải trong Hình 3 cho thấy, giá trị phát thải từ môi trường nước vào khí quyển có mối quan hệ chặt chẽ với chu kỳ thủy triều. Giá trị phát thải thấp nhất ghi nhận được khi nước triều

lên và đạt đỉnh, và giá trị cao nhất đo được khi thủy triều xuống thấp, đặc biệt là tại chế độ thủy triều nước lớn (spring tide). Khi nước triều xuống, lượng CO<sub>2</sub> phát thải từ bề mặt nước tăng dần và

đạt cực đại khi thủy triều xuống mức thấp nhất. Kết quả này được lí giải là khi thủy triều lên, nước từ sông, biển tràn vào RNM và dòng nước này thường chứa lượng CO<sub>2</sub> hòa tan tương đối ổn định, dẫn tới giá trị phát thải khá ổn định khi thủy triều lên và đạt đỉnh. Còn khi thủy triều xuống, nước sẽ rút ra các lạch triều và kênh từ các diện tích RNM bao quanh; sau đó thủy triều càng xuống thấp, nước theo lỗ rỗng trong đất mang theo rất nhiều CO<sub>2</sub> hòa tan. Lượng CO<sub>2</sub> cao vượt trội này là sản phẩm của các quá trình khoáng hóa và hô hấp của động vật, thực vật trong các lớp đất. Kết quả thu được trong nghiên cứu này cũng tương đồng với các giá trị đã công bố trong một số nghiên cứu gần đây (Maher và cs., 2013; Maher và cs., 2015; Kristensen và cs., 2017; Jacotot và cs., 2019). Sự phát thải CO<sub>2</sub> từ môi trường nước vào khí quyển trong mùa mưa cao hơn giá trị thu được trong mùa khô ở chu kì nước lớn; tuy nhiên giá trị phát thải tại chu kì nước ròng trong mùa khô lại cao

hơn so với trong mùa mưa. Sự khác biệt này được giải thích là trong các chu kì thủy triều khác nhau, chênh lệch biên độ triều càng lớn thì sự phát thải CO<sub>2</sub> sẽ càng cao khi thủy triều xuống thấp.

### 3.2. Định lượng giá trị CO<sub>2</sub> phát thải từ môi trường nước

Căn cứ vào giá trị lượng khí CO<sub>2</sub> hòa tan trong nước tại mỗi khoảng thời gian trung bình là 1 giờ, kết hợp với các thông số lí hóa của nước đo được tại thời điểm tính toán (Ha 2019) và tốc độ gió đo được, nghiên cứu đã tính được tổng lượng khí CO<sub>2</sub> phát thải trong mỗi ngày đo đạc thực địa theo các phương trình của Raymond và Cole (2001), Borges và cs. (2003).

Kết quả thể hiện trong Bảng 1 cho thấy khí CO<sub>2</sub> phát thải từ giao diện nước - không khí diễn ra mạnh mẽ vào chu kì nước lớn. Kết quả đo được vào chu kì nước lớn cao hơn nhiều lần so với kết quả đo được vào các chu kì nước ròng, đặc biệt là vào mùa mưa.

**Bảng 1. Dòng khí CO<sub>2</sub> phát thải từ giao diện nước - không khí trong bốn ngày đo đạc thực địa**

Mùa – chu kì thủy triều	FCO <sub>2</sub> -RC (g C ha <sup>-1</sup> ngày <sup>-1</sup> )	FCO <sub>2</sub> -Borges (g C ha <sup>-1</sup> ngày <sup>-1</sup> )	FCO <sub>2</sub> -Trung bình (g C ha <sup>-1</sup> ngày <sup>-1</sup> )
Mùa khô - nước lớn	238,47	571,09	404,78
Mùa khô -nước ròng	54,19	123,18	88,68
Mùa mưa - nước lớn	520,71	1289,65	905,18
Mùa mưa - nước ròng	19,18	43,36	31,27

Từ các kết quả tính toán được trong các ngày đo đạc thực địa, nghiên cứu đã ước tính tổng lượng khí CO<sub>2</sub> phát thải từ giao diện nước – không khí từ diện tích RNM khi bị ngập triều, cũng như dòng khí CO<sub>2</sub> mang theo dòng nước khi thủy triều lên và thủy triều xuống (Ha 2019). Kết quả đo đạc sự biến đổi lượng khí CO<sub>2</sub> hòa tan trong nước triều của nghiên cứu này có cùng xu hướng trong công bố của Maher và cs. (2013). Trong nghiên cứu của Maher và cs., 2013, các thông số DIC, DOC và POC biến đổi trong lạch ở

RNM được xác định nguồn gốc dựa vào đồng vị C<sup>13</sup>, các tác giả đã xác định được 93 -99% DIC, 89 -92% DOC mang ra khỏi RNM có nguồn gốc từ dòng nước ngầm trong đất RNM chảy ra, và tốc độ mang ra tương đương với lượng carbon chưa xác định được (> 50%, Bouillon và cs., 2008). Sự chuyển vận của dòng carbon này giải thích dòng nước mang ra từ RNM khi thủy triều xuống và tới các vùng nước xung quanh luôn quá bão hòa CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub>, và làm phát thải một lượng lớn các khí nhà kính này vào khí quyển.

Kết quả tính toán cho thấy tổng lượng phát thải carbon dưới dạng khí CO<sub>2</sub> từ giao diện nước-không khí trung bình là 0,15 ± 0,03 MgC ha<sup>-1</sup> năm<sup>-1</sup>. Kết quả so sánh cho thấy tổng lượng CO<sub>2</sub> phát thải từ bề mặt nước vào khí quyển thấp hơn 11,67 lần lượng phát thải từ bề mặt đất vào khí quyển (1,75 MgC ± 0,76 ha<sup>-1</sup> năm<sup>-1</sup>; Ha và cs., 2018). Kết quả nghiên cứu cho thấy trong môi trường nước, dòng carbon chuyển dịch chủ yếu theo phương ngang dưới dạng DIC, DOC và POC trong dòng nước, và tỉ lệ chuyển dịch theo phương thẳng đứng là không đáng kể.

#### 4. KẾT LUẬN

Giá trị CO<sub>2</sub> phát thải từ bề mặt nước khi thủy

triều lên cao thấp hơn so với giá trị phát thải khi thủy triều xuống thấp do ảnh hưởng từ nước lỗ rỗng trong đất RNM. Nghiên cứu xác định được CO<sub>2</sub> phát thải trong chu kì nước lớn cao hơn so với chu kì nước ròng từ 4,56 lần (mùa khô) tới 28,95 lần (mùa mưa). Giá trị phát thải trung bình trong mùa mưa cao gần gấp đôi giá trị phát thải trong mùa khô (1,90 lần).

Lượng carbon phát thải trung bình theo phương thẳng đứng từ giao diện nước-không khí trong nghiên cứu khá thấp, tương ứng với giá trị 0,15 ± 0,03 MgC ha<sup>-1</sup> năm<sup>-1</sup>. Do đó, cần có các nghiên cứu sâu hơn để xác định các dạng chuyển dịch của carbon theo phương ngang trong môi trường nước của rừng ngập mặn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Cục thống kê Nam Định. 2016. *Niên Giám Thống Kê Tỉnh Nam Định 2016*. Nhà xuất bản Thống kê.
- Ha, Thi Hien. 2019. *"Nghiên Cứu Khả Năng Tích Lũy và Trao Đổi Carbon Trong Rừng Ngập Mặn"*. Trung tâm Hải văn.
2016. *Bảng Thủy Triều - Tập 1*. Nhà xuất bản Khoa học và Công nghệ quốc gia.
- Trồng Tại Vườn Quốc Gia Xuân Thủy*. Thuyloi University.
- Abril, Gwenaël, Sandrine Richard, and Frédéric Guérin. 2006. *"In Situ Measurements of Dissolved Gases (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) in a Wide Range of Concentrations in a Tropical Reservoir Using an Equilibrator."* Science of The Total Environment 354 (2): 246–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.051>.
- Alongi, DM. 2012. *"Carbon Sequestration in Mangrove Forests."* Carbon Manage 3, 2012.
- Borges, A. V., S. Djenidi, G. Lacroix, J. Théate, B. Delille, and M Frankignoulle. 2003. *"Atmospheric CO<sub>2</sub> Flux from Mangrove Surrounding Waters."* Geophysical Research Letters 30 (11): 1558. <https://doi.org/10.1029/2003GL017143>.
- Bouillon, Steven, Alberto V Borges, Edward Castan, Karen Diele, Thorsten Dittmar, Norman C Duke, Erik Kristensen, và cs., 2008. *"Mangrove Production and Carbon Sinks: A Revision of Global Budget Estimates."* Global Biogeochemical Cycles 22: 1–12. <https://doi.org/10.1029/2007GB003052>.
- Call, M, D.T Maher, I.R Santos, S Ruiz-Halpern, P Mangion, C. J Sanders, D. V Erler, và cs., 2015. *"Spatial and Temporal Variability of Carbon Dioxide and Methane Fluxes over Semi-Diurnal and Spring – Neap – Spring Timescales in a Mangrove Creek."* Geochimica et Cosmochimica Acta 150: 211–25. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.11.023>.
- Frankignoulle, Michel, Alberto Borges, and Renzo Biondo. 2001. *"A New Design of Equilibrator to Monitor Carbon Dioxide in Highly Dynamic and Turbid Environments."* Water Research 35 (5): 1344–47.

- Grellier, Séraphine, Jean-Louis Janeau, Hoai Nhon Dang, Thi Kim Cuc Nguyen, Thi Phuong Quynh Le, Thu Thao Pham, Thi Nhu Trang Tran, and Cyril Marchand. 2017. “Changes in Soil Characteristics and C Dynamics after Mangrove Clearing (Vietnam).” *Science of the Total Environment* 593–594: 654–63. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.204>.
- Ha, Thi Hien, Cyril Marchand, Joanne Aimé, and Thi Kim Cuc Nguyen. 2018. “Seasonal Variability of CO<sub>2</sub> Emissions from Sediments in Planted Mangroves (Northern Viet Nam).” *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 213: 28–39. <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2018.08.006>.
- Jacotot, Adrien, Cyril Marchand, and Michel Allenbach. 2019. “Increase in Growth and Alteration of C:N Ratios of *Avicennia Marina* and *Rhizophora Stylosa* Subject to Elevated CO<sub>2</sub> Concentrations and Longer Tidal Flooding Duration.” *Frontiers in Ecology and Evolution* 7 (April 2019): 1–11. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00098>.
- Kristensen, E, P Mangion, M Tang, MR Flindt, and S Ulomi. 2011. “Benthic Metabolism and Partitioning of Electron Acceptors for Microbial Carbon Oxidation in Sediments of Two Tanzanian Mangrove Forests.” *Biogeochemistry* 103: 143–58.
- Kristensen, Erik. 2008. “Mangrove Crabs as Ecosystem Engineers; with Emphasis on Sediment Processes.” *Journal of Sea Research* 59: 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.05.004>.
- Kristensen, Erik, Steven Bouillon, Thorsten Dittmar, and Cyril Marchand. 2008. “Organic Carbon Dynamics in Mangrove Ecosystems: A Review.” *Aquatic Botany* 89: 201–19. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.005>.
- Kristensen, Erik, Rod M Connolly, Xose L Otero, Cyril Marchand, Tiago O Ferreira, and Victor H Rivera-monroy. 2017. “Biogeochemical Cycles: Global Approaches and Perspectives.” In *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective*, 163–209. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62206-4_6).
- Leopold, A., C. Marchand, J. Deborde, C. Chaduteau, and M. Allenbach. 2013. “Influence of Mangrove Zonation on CO<sub>2</sub> Fluxes at the Sediment-Air Interface (New Caledonia).” *Geoderma* 202–203: 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.03.008>.
- Lovelock, Catherine E, Ilka C Feller, Ruth Reef, and Roger W Ruess. 2014. “Variable Effects of Nutrient Enrichment on Soil Respiration in Mangrove Forests.” *Plant and Soil* 379 (1): 135–48. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2036-6>.
- Maher, D. T., I. R. Santos, L. Golsby-Smith, J. Gleeson, and B. D. Eyre. 2013. “Groundwater-Derived Dissolved Inorganic and Organic Carbon Exports from a Mangrove Tidal Creek: The Missing Mangrove Carbon Sink?” *Limnology and Oceanography* 58 (2): 475–88.
- Maher, Damien T., Kirsten Cowley, Isaac R. Santos, Paul Macklin, and Bradley D. Eyre. 2015. “Methane and Carbon Dioxide Dynamics in a Subtropical Estuary over a Diel Cycle: Insights from Automated in Situ Radioactive and Stable Isotope Measurements.” *Marine Chemistry* 168: 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2014.10.017>.
- Pham, Tinh Hong and Tuan Sy Mai. 2015. “Vulnerability to Climate Change of Mangroves in Xuan Thuy National Park, Vietnam.” *Journal of Agricultural and Biological Science* 10 (2): 55–60.
- Raymond, P.A., and J. J Cole. 2001. “Gas Exchange in Rivers and Estuaries: Choosing a Gas Transfer Velocity.” *Estuaries* 24: 312–17. <https://doi.org/doi:10.2307/1352954>.

**Abstract:**  
**QUANTITATIVE CO<sub>2</sub> EMISSIONS FROM  
WATER -AIR INTERFACE IN MANGROVES**

*Mangroves are transition wetland located between land and sea. Mangrove ecosystems receive many interactions on water flows and sediments between river and sea. This study was conducted to determine the value of CO<sub>2</sub> emissions from the water-air interface at the planted mangrove area of the Ba Lat Mouth. The study results indicate that the CO<sub>2</sub> emission from the water surface depends on the tidal cycles, the tidal ranges and the seasons. Spring tides release more CO<sub>2</sub> than the neap tides. The larger the tidal range, the higher the CO<sub>2</sub> emissions. The emission value in the wet season is higher than in the dry season. The average CO<sub>2</sub> emission value from water-air interface is  $0.15 \pm 0.03 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . This value is 11.67 times lower than the amount emission from the sediment-air interface ( $1.75 \text{ MgC} \pm 0.76 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ) in our published research in 2018 at the same location.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, emissions, mangroves, atmosphere.

---

*Ngày nhận bài: 20/11/2019*

*Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2020*