

ĐẶC ĐIỂM QUANG HỢP CỦA MỘT SỐ LOÀI THỰC VẬT RỪNG NGẬP MẶN CẦN GIỜ, THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

ĐỖ PHONG LƯU ⁽¹⁾, ZHIRENKO NIKOLAY GEORGIEVICH ⁽²⁾,
NGUYỄN TRUNG ĐỨC ⁽¹⁾, NGUYỄN VĂN THỊNH ⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng ngập mặn (RNM) được coi là bể chứa khí CO₂ quan trọng của những khu vực dọc theo bờ biển vùng nhiệt đới [1]. Komiyama báo cáo rằng sinh khối trên mặt đất của rừng ngập mặn có thể so sánh với sinh khối của rừng trên cạn ở vùng ôn đới và có khoảng 1000 đến 2000 tấn carbon/ha được dự trữ dưới mặt đất trong các khu RNM [2]. Vì vậy, thực vật ngập mặn được coi là có khả năng cố định carbon cao hơn các loài thực vật trên cạn.

Trong quá khứ, khả năng cố định CO₂ của thực vật ngập mặn được ước tính chủ yếu dựa trên mối tương quan với đường kính thân ngang ngực và sinh khối đơn lẻ [3]. Việc đo lường này rất vất vả và tốn nhiều thời gian [4]. Do đó, phương pháp này không thích hợp cho một cuộc điều tra quy mô lớn và các nghiên cứu so sánh liên quan đến các loài khác nhau ở các khu vực và khí hậu khác nhau.

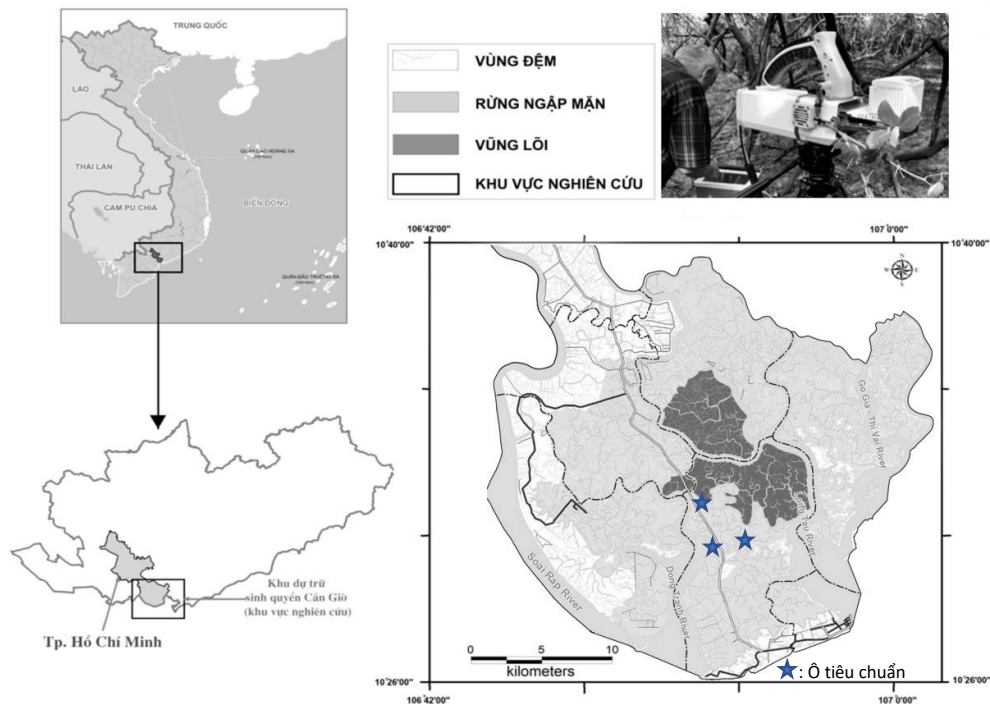
Để giải quyết vấn đề trên phương pháp ước tính khả năng cố định CO₂ của thực vật bằng cách định lượng trực tiếp quá trình đồng hóa CO₂ trên mỗi đơn vị diện tích lá ra đời. Tuy nhiên các nghiên cứu trước đây chỉ đánh giá tương quan của quá trình trao đổi khí ở thực vật với cường độ ánh sáng môi trường mà chưa xét đến sự ảnh hưởng của yếu tố nhiệt độ [4÷6]. Do đó, những dữ liệu này không đủ để ước tính năng suất rừng ngập mặn dưới sự thay đổi nhiệt độ hàng năm. Nghiên cứu của Clough năm 1998 ước tính năng suất RNM bằng phương pháp trao đổi khí truyền thống sử dụng hàm phản ứng ánh sáng do Cheeseman và cs. xây dựng năm 1991 [5, 7]. Moore và cs. (1973) báo cáo ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ quang hợp của các loài Đước đỏ và Đước trắng cho thấy rằng tốc độ quang hợp tối đa thu được ở nhiệt độ lá gần hoặc thấp hơn 25°C [8].

Một hạn chế khác của các nghiên cứu kể trên là do các giới hạn về thiết bị nên hầu hết đều được thực hiện trong nhà kính trên các đối tượng cây con. Do đó các dữ liệu sinh lý của các loài thực vật ngập mặn trong môi trường thực địa rất khan hiếm. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về năng suất quang tổng hợp ở 3 loài thực vật phổ biến có nguồn gốc tự nhiên phân bố trong vùng lõi của RNM Cần Giờ bao gồm: Dà quánh (*Ceriops zippeliana* Blume), Giá (*Excoecaria agallocha* L.) và Mắm đen (*Avicennia officinalis* L.). Thông qua các phân tích dữ liệu thu được từ các phép đo quang hợp thực địa, ước lượng sự thay đổi tốc độ quang hợp của những đối tượng này theo sự biến đổi nhiệt độ và cường độ bức xạ mặt trời.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng

RNM Cần Giò, được UNESCO công nhận là khu dự trữ sinh quyển đầu tiên ở Việt Nam vào năm 2000 [9], nằm trong quần thể bãi triều cửa sông, nơi sông Vàm Cỏ, sông Sài Gòn và sông Đồng Nai đổ ra Biển Đông (hình 1). Lượng mưa trung bình năm là 1816 mm với phần lớn tập trung vào mùa mưa và có 154 ngày mưa trong năm. Nhiệt độ trung bình năm $27,4^{\circ}\text{C}$, cao nhất ($37,6^{\circ}\text{C}$) vào tháng 10 và thấp nhất ($21,7^{\circ}\text{C}$) vào tháng 2. Độ ẩm trung bình năm 86%, song thường dao động từ 80,8% đến 91,4% [9]. Báo cáo của Đỗ Phong Lưu và cs. (2019) đánh giá RNM Cần Giò là một “bể” chứa carbon thu nhận từ khí quyển. Hàm lượng carbon hấp thụ trung bình ngày (tính trong tháng 4/2019) là $3,367 \text{ gC/m}^2$. Tổng hàm lượng carbon đã hấp thụ trung bình trong 12 tháng đạt $\sim 1300 \text{ gC/m}^2$ (tương đương 48 tấn CO_2/ha). Giá trị này cao hơn từ 3 đến 5 lần so với các kết quả nghiên cứu ghi nhận được ở một số khu rừng nhiệt đới trên cạn với cùng phương pháp nghiên cứu [10].



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

Ngoài các sinh cảnh rừng trồng (chủ yếu là Đước - *Rhizophora apiculata*), khoảng 15000 ha, còn có rất nhiều các sinh cảnh rừng tự nhiên (Bần chua - Mắm; Mắm - Chà là - Gõ biển; Mắm trắng - Bần trắng; Đà - Giá; Chà là; Ráng; Ráng - Chà là - Tâm mộc nam - Lức; Dừa nước; Lác nước - Cóc kèn - Ô rô...) với diện tích khoảng 12000 ha. Đây là những quần xã thực vật mọc tiên phong, đa số phân bố ở vùng cửa sông, ven biển nên là những đối tượng chịu ảnh hưởng trước tiên do biến đổi khí hậu (BĐKH). Các đối tượng thực vật được sử dụng trong nghiên cứu là cây

trưởng thành có nguồn gốc tự nhiên của các loài Đà quánh (*C. zippeliana*), Giá (*E. agallocha*), Mắm đen (*A. officinalis*). 03 ô tiêu chuẩn kích thước 20 m x 20 m đã được thiết lập để tiến hành nghiên cứu. Vị trí các ô tiêu chuẩn được chọn ngẫu nhiên trong khu vực nghiên cứu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phép đo các thông số trao đổi khí

Năng suất đồng hóa CO_2 ròng qua lá A_n ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) của 3 đối tượng thực vật trong nghiên cứu này được đo bằng Hệ thống quang hợp di động LI-6800 (Li-Cor, Lincoln, Hoa Kỳ). Ngoài hệ thống này, một nguồn sáng nhân tạo đã được sử dụng trong quá trình nghiên cứu (LI-6800-02, Li-Cor, Lincoln, Hoa Kỳ), thông qua cường độ bức xạ chiếu trực tiếp lên bề mặt lá thí nghiệm thiết bị giúp nhà nghiên cứu kiểm soát cường độ quang hợp và nhiệt độ buồng lá từ đó thiết lập các thí nghiệm nhằm hạn chế tối đa sự ảnh hưởng của môi trường thực địa. Độ chính xác của các phép đo nồng độ CO_2 trên $200 \mu\text{mol mol}^{-1}$ của hệ thống nằm trong khoảng 1%. Độ chính xác của phép đo nhiệt độ dao động trong khoảng $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Độ chính xác của cảm biến bức xạ quang hợp (PAR) trong buồng lá của hệ thống không vượt ngưỡng $\pm 5\%$.

Để đánh giá sự biến động của A_n theo các biến môi trường một cách chính xác, điều quan trọng là phải đo quang hợp trên toàn bộ mặt cắt dọc của tán cây, vì các nhánh trên và dưới có các đặc điểm khác nhau, tiếp xúc với các độ dốc môi trường khác nhau và có thể phản ứng khác nhau với nhiệt độ. Do tính phức tạp và không ổn định của nền đất RNM gây khó khăn cho việc xây dựng các tháp đo di động để tiếp cận các nhóm lá dọc theo chiều cao của tán cây, các phép đo khảo sát sự phụ thuộc của cường độ quang hợp vào PAR và nhiệt độ môi trường được thực hiện trên các cành cắt dài 15-25 cm được chọn từ 3 khu vực của tán cây bao gồm Đỉnh ngọn (**ĐN**), Giữa tán (**GT**) và Dưới tán (**DT**). Phương pháp cắt cành đảm bảo độ dẫn thủy lực của thân cây được tiến hành theo hướng dẫn của Peter J. Melcher và cs. (2012) [11]. Quá trình cắt lấy mẫu đo được thực hiện bằng cách cắt bỏ mẫu dưới nước để ngăn không khí bị hút vào xylem. Đối với các cây có kích thước lớn hoặc lá đỉnh ngọn ở cách xa mặt đất chúng tôi tiến hành thực hiện vết cắt đầu tiên xa nơi muốn thực sự lấy mẫu, sau đó có thể thu hoạch phần quan tâm dưới nước. Đầu cắt phải được giữ ướt cho đến khi đo, các lá đo được che phủ nhằm tránh thoát hơi nước.

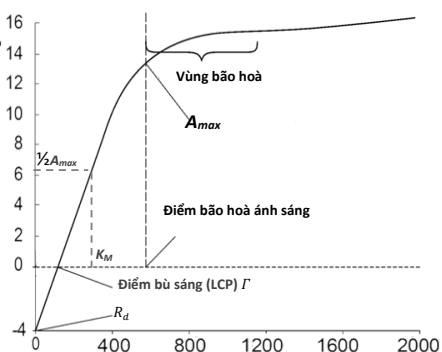
Các mẫu lá của *C. zippeliana*, *E. agallocha*, *A. officinalis* trưởng thành, không có khiếm khuyết, nằm ở vòng lá thứ 2 của chồi lá thu thập từ các ô tiêu chuẩn được sử dụng làm đối tượng đo năng suất quang hợp trực tiếp. Các lá mẫu sau khi lựa chọn được đặt vào buồng lá của Hệ thống Li-6800 có khẩu độ 3x3 cm. Các phép đo khảo sát sự phụ thuộc của cường độ quang hợp vào PAR trong khoảng bức xạ từ 0 đến $2000 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ chia thành các khoảng nhỏ với giãn cách $400 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Các thông số sau được duy trì trong buồng đo của thiết bị LI-6800: nhiệt độ của không khí trong buồng lá là 25°C , độ ẩm là 70%, nồng độ khí CO_2 của không khí tham chiếu được giữ ổn định ở mức $370 \mu\text{mol mol}^{-1}$. Các phép đo khảo

sát sự phụ thuộc của cường độ quang hợp vào nhiệt độ không khí với bức xạ quang hợp lúc này được cố định ở mức $800 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ và nồng độ CO_2 cố định ở mức $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$, chia khoảng nhiệt độ quan sát từ $25-38^\circ\text{C}$ thành các khoảng nhỏ với giãn cách 1°C .

Các phép đo sự biến động của A_n được tiến hành 6 lần trong khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 9 năm 2020. Mỗi lần đo kéo dài cả ngày lẫn đêm trên 3 đối tượng thực vật, số phép đo có thể thay đổi do biến động về thời tiết. Mỗi phép đo hoàn thành trong vòng năm phút và trung bình thu được hai mươi bản ghi trong mỗi lần đo. Năng suất quang hợp ứng với mỗi nghiệm thức riêng lẻ được đo trên 2-4 lá khác nhau. Các giá trị được tính trung bình, các hàm tương quan được khảo sát và xây dựng từ các giá trị thực nghiệm.

2.2.2. Mô hình toán học của các phản ứng quang hợp với sự biến động của các yếu tố môi trường

Dựa vào mô hình quang hợp Farquhar- von Caemmerer - Berry (FvCB) thường được sử dụng để mô hình hóa tác động môi trường đến năng suất quang hợp thực vật [12] và mô hình động học enzyme Michaelis - Menten [13] mô tả toán học các đường cong phản ứng ánh sáng của năng suất quang hợp được biểu diễn dưới dạng một mô hình hyperbol chữ nhật (hình 2) có phương trình như sau:



Hình 2. Đường cong bão hòa ánh sáng thể hiện phản ứng của năng suất quang hợp đối với PAR

$$A_n = A_{max} \cdot Q / (Q + K_M) - R_d \quad (1)$$

Trong đó: $A_n (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ là năng suất quang hợp thuần; $A_{max} (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ là năng suất quang hợp tối đa tại điểm bão hòa ánh sáng; $Q (\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1})$ bức xạ hoạt động quang hợp; $R_d (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ là lượng CO_2 sinh ra từ quá trình hô hấp của lá tại $Q = 0$ (hô hấp tối); K_M là cường độ ánh sáng quang hợp tại đó năng suất quang hợp bằng một nửa mức cực đại $A_n = 1/2 A_{max}$ (hình 2), các giá trị của K_M thường được các nhà nghiên cứu sử dụng khi so sánh các đặc điểm sinh lý của thực vật.

Điểm bù sáng (LCP) được xác định theo nghiên cứu Gardiner và Krauss (2001) [14]: $LCP = K_M R_d / (R_d - A_{max})$ (2)

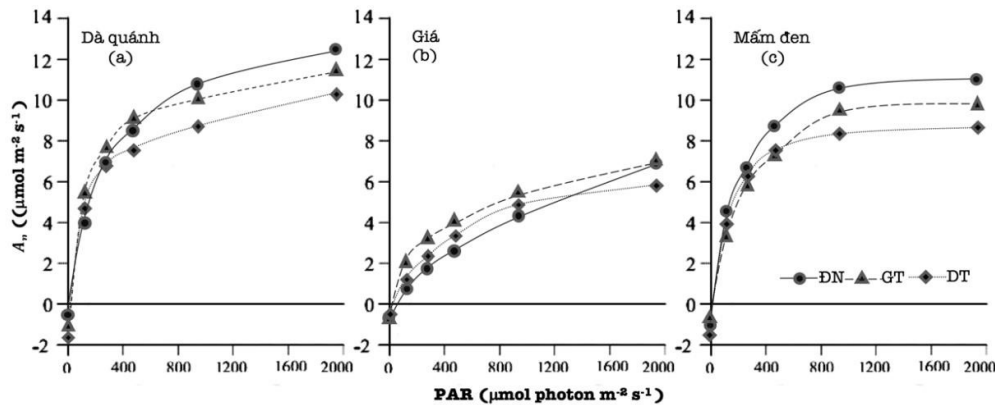
Để làm rõ xu thế biến động của năng suất quang hợp thuần theo nhiệt độ buồng lá- Leaf chamber (T_{lc}), trung bình dữ liệu đo thực nghiệm phản ứng nhiệt độ của quá trình đồng hóa rỗng được đặt trên một mô hình đường cong parabol được xây dựng theo phương trình đa thức bậc hai: $A_n(T_{lc}) = -a T_{lc}^2 + b T_{lc} - c$ (3)

Trong đó: $A_n(T_{lc}) (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ là năng suất quang hợp thuần theo nhiệt độ buồng lá; $T_{lc} (^\circ\text{C})$ là nhiệt độ buồng lá; a, b, c là các tham số.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đường cong phản ứng ánh sáng

Đường cong phản ứng ánh sáng xây dựng từ trung bình của các giá trị đo thực nghiệm ở cả ba nhóm lá trên 3 đối tượng thực vật Đà quánh, Giá và Mắm đen được thể hiện trong hình 3.



Hình 3. Đường cong phản ứng ánh sáng của theo suất quang hợp A_n , và PAR thu được ở các phần **ĐN** (đường nét liền), **GT** (đường nét đứt) và **DT** (đường nét chấm) của tán lá Đà quánh (*C. zippeliana*) (hình 3a), Giá (*E. agallocha*) (hình 3b), Mắm đen (*A. officinalis*) (hình 3c). Trục tung biểu thị cường độ quang hợp, ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), trục hoành biểu thị cường độ của PAR, $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$

Hình 3a cho thấy sự thay đổi của năng suất quang hợp (A_n) của *C. zippeliana* liên quan đến cường độ ánh sáng được đo ở nhiệt độ lá 25°C . Phản ứng A_n của Đà quánh với ánh sáng là khác nhau theo từng khu vực của tán cây. Năng suất quang hợp tối đa (A_{max}) biến động từ đỉnh ngọn xuống khu vực dưới tán như sau; 10,4; 9,6 và $8,2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ lần lượt theo thứ tự ở đỉnh ngọn, giữa và dưới của tán (bảng 1). Đường cong phản ứng ánh sáng ở cả ba nhóm lá cho thấy năng suất quang hợp rỗng và bức xạ quang hợp PAR ở cây Đà quánh thể hiện mối quan hệ tuyến tính ở mức bức xạ dưới $1000 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Nhóm lá Giữa tán thể hiện năng lực quang hợp mạnh mẽ nhất ở giai đoạn đầu khi năng suất quang hợp gia tăng tuyến tính theo cường độ ánh sáng, sau khi PAR vượt giá trị $500 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ năng suất quang hợp của nhóm lá Đỉnh ngọn vượt lên dẫn đầu, vượt qua giá trị A_{max} đi vào vùng bão hoà A_n của 3 nhóm lá giảm đều theo chiều cao tán. Vùng bão hoà của 3 nhóm lá từ $1000\text{--}1250 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ và các điểm bù sáng (LCP) có giá trị nhỏ ở cả 3 nhóm lá cho thấy Đà quánh là cây ưa sáng mạnh nhất trong 3 đối tượng ở nghiên cứu này, thể hiện qua năng suất quang hợp Đà quánh mạnh mẽ nhất tại các cường độ bức xạ quang hợp cao.

Hình 3b cho thấy sự thay đổi của năng suất quang hợp loài *E. agallocha* liên quan đến cường độ ánh sáng được đo ở nhiệt độ lá 25°C . Phản ứng của A_n của cây Giá với ánh sáng là khá tương đồng theo từng khu vực của tán cây. Năng suất quang hợp tối đa (A_{max}) biến động từ đỉnh ngọn xuống khu vực dưới tán như sau; 3,9; 5,5

và $4,3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ lần lượt theo thứ tự ở đỉnh ngọn, giữa và dưới của tán (bảng 1). Đường cong phản ứng ánh sáng ở cả ba nhóm lá cho thấy năng suất quang hợp ròng và bức xạ quang hợp PAR ở cây Giá thể hiện mối quan hệ tuyến tính ở mức bức xạ dưới $950 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Nhóm lá ở giữa thể hiện năng lực quang hợp mạnh nhất cho toàn dải bức xạ quang hợp. Nhóm lá ở đỉnh thể hiện năng lực quang hợp yếu nhất trên hầu hết dải bức xạ quang hợp kết hợp với hiệu suất quang hợp thấp thể hiện ở độ dốc của đường cong phản ứng ánh sáng ở cả ba nhóm lá cho thấy Giá thuộc nhóm thực vật ưa bóng hơn 2 loài còn lại trong nghiên cứu.

Bảng 1. Đặc điểm quang hợp của Đà quánh, Giá, Mắm đen theo nhóm lá

Loài	Nhóm lá	$A_{\max}$	PAR _{bão hoà}	R_d	LCP	n	R^2
<i>C. zippeliana</i>	ĐN	$10,4 \pm 0,4$	1050-1250	$-0,7 \pm 0,2$	24 ± 5	156	0,94
	GT	$9,6 \pm 0,3$	1000-1200	$-0,9 \pm 0,3$	18 ± 7	148	0,91
	DT	$8,2 \pm 0,3$	1050-1250	$-1,7 \pm 0,2$	22 ± 4	148	0,95
<i>E. agallocha</i>	ĐN	$3,9 \pm 0,3$	950 - 1050	$-0,7 \pm 0,2$	34 ± 3	132	0,95
	GT	$5,5 \pm 0,3$	950 - 1000	$-0,7 \pm 0,2$	31 ± 5	129	0,97
	DT	$4,3 \pm 0,3$	950 - 1100	$-0,6 \pm 0,2$	32 ± 7	117	0,91
<i>A. officinalis</i>	ĐN	$10,8 \pm 0,4$	950 - 1000	$-1,1 \pm 0,2$	21 ± 3	141	0,92
	GT	$9,4 \pm 0,3$	950 - 1000	$-0,8 \pm 0,2$	21 ± 3	133	0,98
	DT	$8,1 \pm 0,3$	950 - 1000	$-1,6 \pm 0,2$	21 ± 3	139	0,96

Ghi chú: Giá trị tương quan R^2 đối với các đường cong, n số mẫu đo.

Hình 3c chỉ ra sự biến thiên của năng suất quang hợp loài *A. officinalis* liên quan đến cường độ ánh sáng được đo ở nhiệt độ lá 25°C . Năng suất quang hợp tối đa của cây Mắm đen ($A_{\max}$) biến động từ đỉnh ngọn xuống khu vực dưới tán như sau: $10,8$; $9,4$ và $8,1 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ lần lượt theo thứ tự ở đỉnh ngọn, giữa và dưới của tán (bảng 1). Đường cong phản ứng ánh sáng ở cả ba nhóm lá cho thấy năng suất quang hợp ròng và bức xạ quang hợp PAR ở cây Mắm đen thể hiện mối quan hệ tuyến tính ở mức bức xạ dưới $900 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Ở điều kiện nhiệt độ lá 25°C , phản ứng của A_n với ánh sáng giảm dần theo cao độ của tán với biên độ giao động nhỏ cho thấy có sự tương đồng cao trên 3 khu vực của tán cây đặc biệt trùng khớp ở mức bức xạ dưới $200 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Vùng bão hoà của 3 nhóm lá từ 950 - $1000 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ các điểm bù sáng có giá trị nhỏ ở cả 3 nhóm lá cho thấy Mắm đen thuộc nhóm thực vật ưa nắng trung bình trong 3 loài được nghiên cứu.

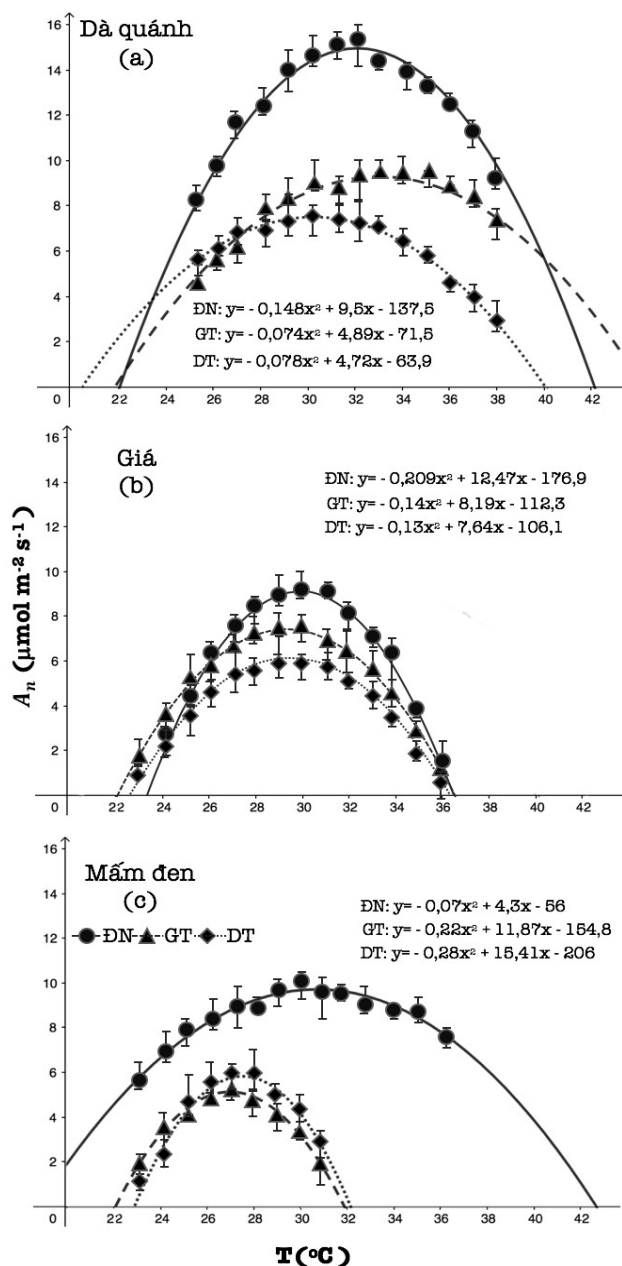
Kết quả cho thấy, điểm bão hòa ánh sáng của tất cả các nghiệm thức thường quanh mức PAR khoảng $1000 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Giá trị này cao hơn ở loài cây ngập mặn Vẹt đen (*Bruguiera sexangula*) trong nghiên cứu của Krauss và Allen năm 2003 [15] và tương tự với loài Mắm ổi (*Avicennia marina*) trong báo cáo của Ball và Critchley (1982) chỉ ra khả năng đồng hóa của Mắm ổi bão hòa ở cường độ ánh sáng PAR khoảng $1000 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ khi lá trong điều kiện bóng râm và bức xạ mặt trời cao [16]. Có thể giả định rằng lá *C. zippeliana*; *E. agallocha*; *A. officinalis* đều ưa nắng hơn so với lá của *B. sexangula*. Phát hiện này chứng thực nghiên cứu của Kitao và cs. (2003), chỉ ra rằng trong cùng một không gian phân bố, các loài thực vật họ Đước ưa thích các khu vực có nhiều ánh sáng mặt trời hơn Vẹt đen (*B. sexangula*) [17].

3.2. Sự phụ thuộc của cường độ quang hợp vào nhiệt độ

Hình 4 cho thấy sự phụ thuộc vào nhiệt độ T ($^{\circ}\text{C}$) của năng suất quang hợp thuộc 3 nhóm lá trên 3 đối tượng thực vật Đà quánh, Giá, Mắm đen thu được từ các phép đo thực nghiệm. Để làm rõ xu thế biến đổi, dữ liệu được đặt trên một đường cong xu thế - đường cong gần đúng của quá trình đáp ứng nhiệt trong quang hợp của 3 nhóm lá ứng với 3 loài thực vật trong nghiên cứu được xây dựng theo phương trình đa thức bậc hai. A_{opt} là năng suất quang hợp tối ưu tại T_{opt} là nhiệt độ quang hợp tối ưu.

Hình 4a tóm tắt phản ứng nhiệt độ của quá trình đồng hóa ròng tại điểm bão hòa ánh sáng của cây Đà quánh (*C. zippeliana*) với bức xạ quang hợp lúc này được cố định ở mức $800 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ và nồng độ CO_2 cố định ở mức $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ chia khoảng nhiệt độ quan sát từ $25\text{--}38^{\circ}\text{C}$ thành các khoảng nhỏ với giãn cách 1°C . A_{opt} của nhóm lá Đỉnh ngọn lớn nhất trong 3 nhóm lá đạt giá trị trung bình là $15,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ tại T_{opt} là $32,2^{\circ}\text{C}$, nhóm lá Giữa tán có A_{opt} đạt giá trị trung bình là $9,7 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} là $29,8^{\circ}\text{C}$, cuối cùng là nhóm lá Dưới tán có A_{opt} đạt giá trị trung bình là $7,3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} cao hơn nhóm lá giữa tán là $30,7^{\circ}\text{C}$. Sau khi đạt năng suất quang hợp cực đại ở nhiệt độ tối ưu, A_n có xu hướng giảm dần khi nhiệt độ tiếp tục tăng và tương đồng ở cả 3 nhóm lá. A_n nằm trong khoảng 12,8 đến $15,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ở 29 đến 33°C . Những nhiệt độ này sẽ là một phạm vi tối ưu cho A_n trong lá Đà quánh. Giá trị của A_n của nhóm lá tại đỉnh ở $32,2^{\circ}\text{C}$ ($15,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) cao hơn hai lần so với dưới 25°C ($7,9 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), cho thấy rằng hiệu suất quang hợp của lá thay đổi mạnh theo nhiệt độ môi trường.

Hình 4b tóm tắt phản ứng nhiệt độ của quá trình đồng hóa ròng tại điểm bão hòa ánh sáng của cây Giá (*E. agallocha*) với bức xạ quang hợp lúc này được cố định ở mức $800 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{s}^{-1}$ và nồng độ CO_2 cố định ở mức $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ chia khoảng nhiệt độ quan sát từ $23\text{--}36^{\circ}\text{C}$ thành các khoảng nhỏ với giãn cách 1°C . A_{opt} của nhóm lá Đỉnh ngọn lớn nhất trong 3 nhóm lá nhưng không có sự chênh lệch nhiều đạt giá trị trung bình là $9,6 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} là $30,7^{\circ}\text{C}$, nhóm lá Giữa tán có A_{opt} đạt giá trị trung bình là $7,8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} là $29,2^{\circ}\text{C}$, cuối cùng là nhóm lá dưới tán có A_{opt} đạt giá trị trung bình là $6,2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} thấp nhất trong 3



Hình 4. Đường cong phản ứng nhiệt độ của năng suất quang hợp - A_n , thu được ở các phần **ĐN**, **GT** và **DT** của tán lá Đà quánh (hình 4a), Giá (hình 4b), Mắm đen (hình 4c). Trục tung biểu thị cường độ quang hợp, ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), trục hoành biểu thị nhiệt độ quang hợp ($^{\circ}\text{C}$)

nhóm lá là $28,3^{\circ}\text{C}$. Sau khi đạt năng suất quang hợp cực đại ở nhiệt độ tối ưu, A_n có xu hướng giảm dần khi nhiệt độ tiếp tục tăng và đồng đều ở 3 nhóm lá. A_n nằm trong khoảng 4,5 đến $9,6 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ở 28 đến 31°C . Nhiệt độ này là tối ưu cho A_n của lá Giá. Giá trị của A_n của nhóm lá tại đỉnh ở $30,7^{\circ}\text{C}$ ($9,6 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) cao hơn hai lần so với dưới 23°C ($4,6 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), cho thấy rằng hiệu suất quang hợp của lá thay đổi mạnh theo nhiệt độ môi trường.

Hình 4c tóm tắt phản ứng nhiệt độ của quá trình đồng hóa ròng của cây Mắm đen (*A. officinalis*) tại điểm bão hoà ánh sáng với bức xạ quang hợp lúc này được cố định ở mức $600 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ và nồng độ CO_2 cố định ở mức $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ chia khoảng nhiệt độ quan sát từ $23-36^{\circ}\text{C}$ thành các khoảng nhỏ với giãn cách 1°C . A_{opt} của nhóm lá Đỉnh ngọn lớn nhất trong 3 nhóm lá đạt giá trị trung bình là $10,1 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} là $31,2^{\circ}\text{C}$, nhóm lá Giữa tán có A_{opt} thấp nhất đạt giá trị trung bình là $5,3 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} là $26,9^{\circ}\text{C}$, cuối cùng là nhóm lá Dưới tán có A_{opt} đạt giá trị trung bình là $6,7 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại T_{opt} cao nhất trong 3 nhóm lá là $28,8^{\circ}\text{C}$. Sau khi đạt năng suất quang hợp cực đại ở nhiệt độ tối ưu, A_n có xu hướng giảm dần khi nhiệt độ tiếp tục tăng

và không đồng đều ở 3 nhóm lá, trong khi nhóm lá Đỉnh ngọn có xu hướng ít dao động năng suất quang hợp nhóm lá Dưới tán và Giữa tán có mức giảm mạnh hơn. Có thể dự đoán đối với cây Mắm đen (*A. officinalis*) nhóm lá đỉnh ngọn có năng lực chịu stress nhiệt hoặc ngăn chặn mất nước tốt hơn 2 nhóm lá còn lại. Nếu giả thiết này chính xác thì loài thực vật này có năng lực chống chịu tốt với các đợt hạn nhiệt và sự gia tăng nhiệt độ của BĐKH toàn cầu. A_n của nhóm lá Đỉnh ngọn nằm trong khoảng 7,9 đến 10,1 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ở 28 đến 31°C. Những nhiệt độ này sẽ là một phạm vi tối ưu cho lá Đỉnh ngọn Mắm đen (*A. officinalis*) tiến hành hoạt động quang hợp hấp thụ CO_2 . Ở 2 nhóm lá Giữa và dưới tán cây Mắm đen phạm vi nhiệt độ tối ưu cho quang hợp thấp hơn nhóm lá Đỉnh ngọn, nằm trong khoảng 26-28 °C với A_n nằm trong khoảng 4,4 đến 6,7 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Giá trị của A_n của nhóm lá Đỉnh ngọn ở 31,2 °C (10,1 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) cao hơn gấp hai lần so với dưới 23°C (4,9 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), khẳng định hiệu suất quang hợp của lá Mắm đen thay đổi phần lớn theo nhiệt độ môi trường.

Kết quả của các nghiệm thức phản ứng nhiệt độ của năng suất quang hợp trong nghiên cứu này phù hợp với các báo cáo của Andrews và cs., (1984); Ball và cs., (1988) đều chỉ ra quá trình quang hợp của thực vật ngập mặn rất nhạy cảm với nhiệt độ [18, 19]. Theo quan điểm về sự phân bố sinh thái của thực vật, cần phải xây dựng đường cong phản ứng nhiệt độ của quang hợp [20], và qua đó có thể cải thiện độ chính xác của việc ước tính khả năng cố định CO_2 của rừng ngập mặn [21].

Thực nghiệm còn cho thấy mối quan hệ giữa A_{opt} và T_{lc} ở cả 3 loài thực vật ngập mặn gồm Dừa quánh, Giá và Mắm đen trong nghiên cứu này đều được biểu diễn dưới dạng một đường cong có đỉnh rộng. Kết luận này tương tự với kết quả đánh giá biến động năng suất đồng hóa CO_2 của lá Đước đôi (*Rhizophora apiculata* Blume) đã được chúng tôi báo cáo trước đây, cho thấy nhiệt độ tối ưu cho *R. apiculata* phát triển từ 30,8 đến 35,2°C [22]. Các kết quả trên khác biệt với báo cáo của Moore và cs. (1973) rằng ở hai loài cây ngập mặn Đước đỏ và Đước trắng có tốc độ quang hợp tối đa thu được chỉ ở quanh một điểm nhiệt độ lá gần hoặc thấp hơn 25°C [8]. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Okimoto và cs. (2007) cho thấy đỉnh rộng quan hệ giữa A_n và T ở cây Đước vôi (*Rhizophora stylosa*) nằm trong khoảng 29-34°C [21]. Một số nghiên cứu khác cũng chỉ ra rằng T_{opt} của lá phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ khu vực sinh trưởng của chúng [23, 24]. Phát hiện này cho thấy mối quan hệ giữa năng suất quang hợp cực đại và nhiệt độ lá có khoảng rộng thể hiện tiềm năng dịch chuyển A_{opt} nhằm thích nghi với BĐKH của cây 3 đối tượng thực vật này tại hệ sinh thái RNM Cần Giờ.

Nhiệt độ ở những nơi có bóng râm sâu thấp hơn so với những nơi tiếp xúc trực tiếp với ánh nắng mặt trời. Giảm nhiệt độ thường làm giảm tốc độ trao đổi chất và có thể hạn chế sự tích lũy huỳnh quang của chất diệp lục ở lá từ đó làm suy giảm quá trình cố định CO_2 của thực vật [24]. Sự giảm huỳnh quang của chất diệp lục khi phản ứng với nhiệt độ thấp cũng đã được quan sát thấy ở các loài cây ngập mặn như Trang (*Kandelia candel*) và Mắm ổi (*Avicennia marina*) [25]. Điều này có thể giải thích cho việc các nhóm lá Đỉnh ngọn trong nghiên cứu này đều thể hiện hiệu suất quang hợp tốt hơn các nhóm lá còn lại.

4. KẾT LUẬN

- Nhóm lá ở đỉnh của cây Dà quánh (*C. zippeliana*) có năng suất quang hợp cao nhất so với toàn bộ các tầng tán khác của cây và so với 2 loài Giá (*E. agallocha*), Mắm đen (*A. officinalis*). Vùng bão hoà ánh sáng ở mức từ 1050 đến 1250 $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ kết hợp với điểm bù sáng thấp cho thấy Dà quánh thuộc nhóm lá ưa nắng. Giá cũng có vùng bão hoà ánh sáng cao ở mức từ 950 đến 1100 $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ nhưng hiệu suất quang hợp của nhóm lá đỉnh ngọn có xu hướng thấp hơn 2 nhóm lá còn lại nên thuộc nhóm thực vật ưa bóng râm. Mắm đen thuộc nhóm thực vật có năng suất quang hợp trung bình trong 3 đối tượng nghiên cứu. Ở các mức bức xạ cao hơn 1250 $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ mối quan hệ giữa PAR và A_n ở hầu hết các nhóm lá cây của cả 3 loài thực vật đều không còn thể hiện mối quan hệ tuyến tính.

- Năng suất quang hợp tối ưu của 3 loài Dà quánh, Giá, Mắm đen đều đạt cực đại ở nhóm lá Đỉnh ngọn với A_{opt} lần lượt là 15,4 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại $T_{opt} = 32,2^\circ\text{C}$; 7,8 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại $T_{opt} = 29,2^\circ\text{C}$; 10,1 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ tại $T_{opt} = 31,2^\circ\text{C}$ cho thấy tiềm năng chống chịu tốt với cường độ bức xạ cao của mặt trời. Do đó cần thiết tiến hành các đánh giá chuyên sâu nhằm khẳng định năng lực thích nghi của chúng với các điều kiện cực đoan của BĐKH trong tương lai.

- Qua đánh giá bước đầu biến động năng suất đồng hóa CO_2 của 3 loài Dà quánh, Giá, Mắm đen theo nhiệt độ cho thấy quang hợp của các loài này có biểu hiện nhạy cảm với nhiệt độ. Theo đó, nhạy cảm nhất là Dà quánh với đường cong phản ứng rõ nét hơn 2 loài còn lại và khoảng nhiệt tối ưu cho phát triển của Dà quánh từ 29 đến 33°C, của Giá là từ 28 đến 31°C, của Mắm đen là từ 28 đến 31°C ứng với nhóm lá Đỉnh ngọn và từ 26 đến 28°C ứng với nhóm lá Giữa tán và Dưới tán.

- Năng suất quang hợp của 3 nhóm lá loài Dà quánh, Giá và Mắm đen cũng tăng lên một cách tự nhiên rồi giảm dần khi vượt ngưỡng của T_{opt} theo mô tả của mô hình đường cong parabol được xác định qua các phương trình bậc 2. Sử dụng mô hình này có thể dự đoán sự biến động của năng suất quang hợp theo biến thiên nhiệt độ môi trường.

- Yếu tố ức chế chính ảnh hưởng đến quang hợp trong nghiên cứu này là bức xạ quang hợp PAR vượt ngưỡng bão hòa và độ lệch của nhiệt độ không khí so với các giá trị tối ưu cho sự phát triển của 3 loài thực vật nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ong J. E., *Mangrove-a carbon source and sink.*, Chemosphere, 1993, 27:1097-1107.
2. Komiyama A., *Topics on the plant root: root biomass and carbon accumulation in mangrove forest*, Agr. Hort, 2004, 79:58-61
3. Komiyama A., Pongparn S. and Kato S., *Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves*, Journal of Tropical Ecology, 2005, 21:471-477.

4. Clough B. F., Ong J. E. and Gong W. K., *Estimating leaf area index and photosynthetic production in canopies of the mangroves Rhizophora apiculata*, Marine Ecology Progress Series., 1997, **159**:285-292.
5. Clough B. F., *Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia*, Mangroves and Salt Marshes., 1998, **2**:191-198.
6. Ong J. E., Gong W. K. and Clough B. F., *Structure and productivity of a 20-year-old stand of Rhizophora apiculata Bl. Mangrove forest*, Journal of Biogeography, 1995, **22**:417-424.
7. Cheeseman J. M., Clough B. F., Carter D. R., Lovelock C. E., Ong J. E., *The analysis of photosynthetic performance in leaves under field conditions: A case study using Bruguiera mangroves*, Photosynthesis Research, 1991, **29**:11-22.
8. Moore R. T., Miller P. C., Ehleringer J. and Lawrence W., *Seasonal trends in gas exchange characteristics of three mangrove species*, Photosynthetica, 1973, **7**:387-394.
9. Tri N. H., Hong P. N., Manh M. N. T., Tuan M. L. X., Anh M. P. H., Tho M. N. H., Cuc M. N. K., Giang M. L. H., Tuan M. L. D., *Valuation of the Mangrove Ecosystem in Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Vietnam*, UNESCO/MAB Programme National Committee, Center for Natural Resources and Environmental Studies (CRES), Hanoi University of Economics (HUE) and and Management Board of Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, 2000, Hanoi.
10. Lư Đ. P., Avilov V. K., Thịnh N. V., *Ước tính khả năng trao đổi CO₂ của Hệ sinh thái Rừng ngập mặn Cần Giờ bằng phương pháp Eddy-covariance*, Tạp chí Sinh học, 2019, **41**(2se):377-384.
11. Peter J. Melcher, N. Michele Holbrook, Michael J. Burns, Maciej A. Zwieniecki, Alexander R. Cobb, Timothy J. Brodribb, Brendan Choat and Lawren Sack, *Measurements of stem xylem hydraulic conductivity in the laboratory and field*, Methods in Ecology and Evolution, 2012, **3**:685-694.
12. Farquhar G. D. and Von Caemmerer S., *Modelling of photosynthetic response to environmental conditions*, In Physiological Plant Ecology II: Water Relations and Carbon Assimilation, Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, Springer-Verlag, Berlin, 1982, **12 B**:549-587.
13. Michaelis L. and Menten M., *Die Kinetik der Invertinwirkung*, Biochemische Zeitschrift., 1913, **49**:333-369.

14. Gardiner E. S. and Krauss K. W., *Photosynthetic light response of flooded cherrybark oak (Quercus pagoda) seedlings grown in two light regimes*, Tree Physiology., 2001, **21**:1103-1111.
15. Krauss K. W., Allen J. A., *Influences of salinity and shade on seedling photosynthesis and growth of two mangrove species, Rhizophora mangle and Bruguiera sexangula*, Aquatic Botany, 2003, **77**:311-324.
16. Ball M. C., Critchley C., *Photosynthetic responses to irradiance by the Grey Mangrove, Avicennia marina, grown under different light regimes*, Plant Physiology, 1982, **70**:1101-1106.
17. Kitao M., Utsugi H., Kuramoto S., Tabuchi R., Fujimoto K., Lihpai S., *Light dependent photosynthetic characteristics indicated by chlorophyll fluorescence in five mangrove species native to Pohnpei Island, Micronesia*, Physiologia Plantarum, 2003, **117**:376-382.
18. Andrews T. J., Clough B. F., Muller G. J., *Photosynthetic gas exchange and carbon isotope ratios in some mangrove species in North Queensland*, In: Teas HJ Physiology and management of mangroves, Part of the Tasks for vegetation science book series, 1984, **9**:15-23.
19. Ball M. C., *Ecophysiology of mangroves*, Trees, 1988, **2**:129-142.
20. Agata W., Hakoyama S., *Influence of light intensity, temperature and humidity on photosynthesis and transpiration of Sasa nipponica and Arundinaria pygmaea*, The Botanical Magazine, 1985, **98**:125-135.
21. Okimoto Y., Nose A., Katsuta Y., Tateda Y., Agarie S., Ikeda K., *Gas exchange analysis for estimating net CO₂ fixation capacity of mangrove (Rhizophora stylosa) forest in the mouth of river Fukido, Ishigaki Island, Japan*, Plant Production Science, 2007, **10**:303-313.
22. Lưu Đ. P., Georgievich Z. N., Sơn N. T., Đức N. T., Hoàn H. D., Thịnh N. V., *Một số đặc điểm quang hợp của cây đước đôi (Rhizophora apiculata Blume) trong rừng ngập mặn Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ nhiệt đới, 2021, **22**:3-15.
23. Kao W. Y., Shih C. N., Tsai T. T., *Sensitivity to chilling temperatures and distribution differ in the mangrove species Kandelia candel and Avicennia marina*, Tree Physiology, 2004, **24**:859-864.
24. Sawada S., *Effects of growth temperature on photosynthetic carbon metabolism in green plants*, Plant and Cell Physiology, 1974, **15**:111-120.
25. Alam B., Nair D. B., Jacob J., *Low temperature stress modifies the photochemical efficiency of a tropical tree species Hevea brasiliensis: effects of varying concentration of CO₂ and photon flux density*, Photosynthetica, 2005, **43**:247-252.

SUMMARY

PHOTOSYNTHETIC CHARACTERISTICS OF SOME MANGROVES IN CAN GIO MANGROVE FOREST, HO CHI MINH CITY

The aim this research work was to assess the intensity of photosynthesis at the leaf level of 3 common plant species: *Ceriops zippeliana*, *Excoecaria agallocha*, *Avicennia officinalis*, natural origin in a Can Gio mangrove forest. From May 2020 to September 2020, the databases of diurnal dynamics of the intensity of photosynthesis and PAR (Photosynthetic Active Radiation) for different parts of the tree crown were investigated. The Michaelis - Menten equation was used to describe the dependence of photosynthesis on PAR. The coefficients equation was used to assess the photosynthetic characteristics of the tree leaf. The study showed that the decline of leaf photosynthetic capacity in all 3 subjects studied may be due to the cumulative decline of chlorophyll fluorescence. Photosynthetic intensity of the 3 plant species has different variation according to environmental factors but generally depends on leaf temperature and PAR. Specifically, the optimum temperature for the growth of *C. zippeliana* is between 29 and 33°C with A_n (Photosynthetic yield) between 12.8 and 15.4 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; optimum temperature for the growth of *E. agallocha* is from 28 to 31°C with A_n in the range of 4.5 to 9.6 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; the optimum temperature for growth of *A. officinalis* are 2 temperature ranges from 28 to 31°C for leaves at the top and from 26 to 28°C for leaves in the middle and under the canopy. Based on the obtained correlations, mathematical models of photosynthetic intensity as a function of PAR and leaf temperature were developed. In general, the results show that the inhibitory factor affecting photosynthesis can be the amount of photosynthetic irradiance that is higher than the allowable level and the deviation of leaf temperature from the optimal values for plant growth development of *C. zippeliana*, *E. agallocha*, *A. officinalis*.

Keywords: Leaf gas exchange, photosynthesis, *Ceriops zippeliana*, *Excoecaria agallocha*, *Avicennia officinalis*, Can Gio mangrove forest, Li-6800.

Nhận bài ngày 20 tháng 6 năm 2021

Phản biện xong ngày 29 tháng 9 năm 2021

Hoàn thiện ngày 08 tháng 11 năm 2021

⁽¹⁾ Chi nhánh Phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga,

⁽²⁾ A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences