

## MÔ HÌNH HÓA QUY LUẬT SINH TRƯỞNG RỪNG ĐƯỚC (*Rhizophora apiculata* Blum) TRỒNG TRÊN CÁC LẬP ĐỊA TẠI BẾN TRE

Hoàng Văn Thơi, Lê Thanh Quang, Nguyễn Khắc Diệu  
*Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ*

### TÓM TẮT

Nghiên cứu xây dựng mô hình hóa quy luật sinh trưởng của rừng trồng Đước (*Rhizophora apiculata*) được thực hiện từ tháng 4 đến tháng 12 năm 2020 tại Ban quản lý rừng đặc dụng - phòng hộ tỉnh Bến Tre, nhằm phân tích quá trình sinh trưởng của rừng trồng Đước từ 5 - 35 tuổi trên ba lập địa khác nhau. Sinh trưởng (D, H và V) của cây bình quân được phân tích từ 45 cây giải tích; trung bình mỗi dạng lập địa 15 cây. Cây giải tích được thu thập từ 15 ô tiêu chuẩn với kích thước là 500 m<sup>2</sup> mỗi ô. Sinh trưởng (D, H, V) các cây bình quân được kiểm định từ bốn hàm Korf, Schumacher, Drakin-Vuecski và Gompertz. Các chỉ tiêu sinh trưởng lâm phần được xác định bằng cách kết hợp hàm mật độ và hàm sinh trưởng cây bình quân. Kết quả đã xác định được sinh trưởng đường kính, chiều cao (D, H) cây bình quân và lâm phần Đước tại Bến Tre có thể được mô hình hóa bằng hàm Drakin-Vuecski; sinh trưởng (V, M) được mô hình hóa bằng hàm Gompertz; mật độ (N) rừng trồng đước mô hình hóa bằng hàm mũ âm. Sinh trưởng đường kính thân cây chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại cấp tuổi II (6 - 10 tuổi), trên lập địa 1 (tuổi 6), trên lập địa 2 (tuổi 7), lập địa 3 (tuổi 8). Sinh trưởng chiều cao thân cây chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm cũng tại cấp tuổi II trên các dạng lập địa (trên lập địa 1 và lập địa 2 tại tuổi 5 và trên lập địa 3 là tuổi 6). Sinh trưởng thể tích thân cây trên lập địa 1 chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại cấp tuổi V (tuổi 25), trên lập địa 2 và lập địa 3 tại cấp tuổi VIa (tuổi 26 và tuổi 27). Mật độ rừng có tỷ lệ giảm hàng năm và thay đổi theo từng giai đoạn tuổi và lập địa trồng; giảm nhanh ở giai đoạn cấp tuổi II (5 - 10 tuổi) và giai đoạn cấp tuổi III (10 - 15 tuổi), thấp dần ở các cấp tuổi còn lại; tỷ lệ giảm mật độ trung bình trên dạng lập địa 1 và lập địa 2 (11,7%) thấp hơn so lập địa 3 (32%). Sinh trưởng bình quân của rừng trồng đạt thành thực trên dạng lập địa 1 tại cấp tuổi IV (tuổi 20), lập địa 2 và lập địa 3 tại cấp tuổi V (tuổi 21 và tuổi 24).

**Từ khóa:** Cây Đước, mô hình hóa, lập địa, sinh trưởng, tuổi rừng.

**Keywords:** Mangrove tree, modeling, site, growth, forest age class.

**Research on modeling the growth rules of *Rhizophora apiculata* Blum at planted sites in Ben Tre province**

Research on modeling the growth rules of mangrove forests (*Rhizophora apiculata*) was carried out from April to December 2020 at the Management Board of Special Use - Protection Forests of Ben Tre province. The objective of the study was to analyze the growth process of mangrove plantations from 5 to 35 years old on three different sites in Ben Tre province.

Growth (D, H and V) of the average tree was analyzed from 45 analytic trees; in which each site type 15 trees. Analytical trees were collected from 158 standard plots with a standard plot size of 500 m<sup>2</sup>. Growth (D, H, V) for the mean tree is tested from four functions Korf, Schumacher, Drakin-Vuecski and Gompertz. Stand trees level growth was determined by combining the density function and the average tree growth function. The results have determined that the growth in diameter, height (D, H) of the average tree and mangrove population in Ben Tre can be modeled by the Drakin-Vuecski function; growth (V, M) is modeled using the Gompertz function; density (N) of plantations is modeled by negative exponential function. Stem diameter growth changed from rapid growth to slow growth at the class II on sites, on site 1 at the age of 6, on site 2 at age 7, on site 3 at age 8. Plant height growth on sites changed from the fast growing phase to the slow growing stage at the class II, on site site 1 and site 2 at the age 5 and on site 3 at the age 6. Stem volume growth on site 1 changed from the fast growing phase to the growing stage slow growth at the class V (age of 25), on site 2 and on site 3 at the class VIa (at age 26 and at age 27). Forest density has an annual rate of decrease and varies with age and planting site; decrease rapidly at the stage of 5 - 10 years old (class II) and the period of 10 - 15 years old (class III), lower at the remaining another ages class ; The average density reduction rate on site 1 and site 2 (11.7%) was lower than that of site 3 (32%). Average growth of plantations reached maturity on site 1 at class IV (age 20), site 2 and site 3 at the class V (age 21 and age 24).

**I. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Rừng ngập mặn Bến Tre đã và đang làm tốt vai trò phòng hộ, chắn sóng, hạn chế sạt lở và cải thiện thu nhập cho các hộ dân sống ở vùng ven biển. Đước là loài cây trồng chính (39,6 %) diện tích rừng, phân bố ở cả 3 huyện Bình Đại, Ba Tri và Thạnh Phú. Gần đây, rừng Đước có hiện tượng bị chết rải rác, có nhiều giả thiết đặt ra về nguyên nhân rừng bị chết, trong đó liên quan đến quá trình sinh trưởng và tuổi thành thực tự nhiên của rừng.

Các nghiên cứu cho thấy sinh trưởng lâm phần liên quan chặt chẽ với tuổi rừng, khi tuổi tăng lên, các chỉ tiêu như đường kính, chiều cao, tổng diện ngang, trữ lượng, số cây... không ngừng biến đổi. Trong quá trình sinh trưởng phát triển luôn xảy ra hai quá trình ngược chiều nhau, đó là kích thước từng cây cá lẻ không ngừng tăng lên theo tuổi, làm tăng lượng vật chất tích lũy được ở từng cây, đồng thời một bộ phận cây rừng mất đi do đào thải tự nhiên hay thông qua biện pháp tác động của con người. Khi mô tả quy luật sinh trưởng lâm phần, cần thể hiện tổng

hợp quá trình tăng trưởng và lượng mất đi do lợi dụng trung gian (Võ Văn Hồng và Trần Văn Hùng, 2006). Quy luật sinh trưởng phụ thuộc vào từng loài cây và giai đoạn phát triển của rừng; khi xây dựng mô hình hóa quy luật sinh trưởng phải lựa chọn hàm toán học sao cho phù hợp. Một số hàm sinh trưởng đã được sử dụng để mô hình hóa quy luật sinh trưởng cho một số loài cây như hàm Gomperts  $Y = a * e^{-b * A - c}$ , được Hà Văn Nghĩa (1998) sử dụng mô phỏng quá trình sinh trưởng đường kính bình quân rừng trồng Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*), Đỗ Văn Quang (1999) mô phỏng sinh trưởng chiều cao (H<sub>bq</sub>) của rừng trồng Bạch đàn trắng (*Eucalyptus camaldulensis*), Huỳnh Hữu To (1999) mô phỏng quá trình sinh trưởng trữ lượng bình quân (M) rừng trồng Bạch đàn (*Eucalyptus tereticornis*), Võ Nguơn Thảo (1999) sử dụng hàm số mũ  $Y = a * A^b$  nghiên cứu tăng trưởng của đường kính bình quân rừng trồng Đước (*Rhizophora apiculata*) tại Cà Mau, Viên Ngọc Nam (2004), đã xác lập phương trình thể tích thân cây Đước tại Cần Giờ bằng hàm Terazaki  $V = a * \exp(-b/A)$ . Tuy nhiên, để xác định được quy luật sinh trưởng của rừng Đước trồng tại Bến Tre, cần đòi hỏi (1) nguồn dữ liệu đại diện được thu thập trên các dạng lập địa và cấp tuổi rừng khác nhau và (2) hàm sinh trưởng nào là phù hợp để mô phỏng các quy luật sinh trưởng của rừng Đước tại Bến Tre?

Bài báo này là một phần của đề tài “Điều tra, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của rừng Đước trồng (*Rhizophora apiculata*) tại Bến Tre và đề xuất giải pháp nuôi dưỡng, quản lý, sử dụng rừng hợp lý, bền vững”. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định các quy luật sinh trưởng của cây cá thể và lâm phần Đước trồng trên các dạng lập địa. Để giải quyết các mục tiêu đặt ra, nghiên cứu dựa vào giả thuyết (1) sinh trưởng của cây Đước và

lâm phần có thể được mô phỏng bằng các mô hình sinh trưởng? (2) quy luật sinh trưởng lâm phần có bị ảnh hưởng bởi tuổi rừng và lập địa trồng? Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở khoa học để đề xuất quy trình nuôi dưỡng, sử dụng rừng hợp lý, hiệu quả.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Rừng Đước đôi (*Rhizophora apiculata*) được trồng từ năm 1985 đến 2015.

Mật độ trồng ban đầu 10.000 cây/ha.

Các tác động vào rừng đã được tỉa thưa 1 - 2 lần vào giai đoạn 5 - 15 tuổi.

### 2.2. Địa điểm nghiên cứu

Địa điểm nghiên cứu là vùng ven biển của huyện Bình Đại, Ba Tri và Thạnh Phú, tỉnh Bến Tre, được mô tả trong hình 1.

### 2.3. Thời gian nghiên cứu

Thời gian thực hiện từ tháng 6 năm 2020 đến tháng 12 năm 2020,

### 2.4. Phương pháp nghiên cứu

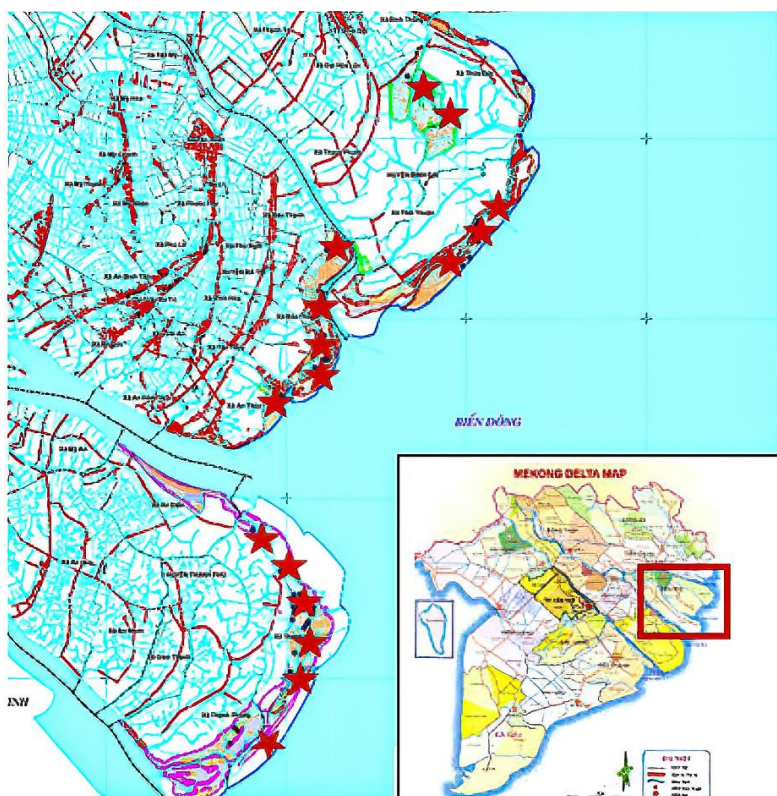
- Phương pháp thu thập số liệu

Số liệu nghiên cứu được thu thập trên 15 ô tiêu chuẩn (OTC) kích thước 500 m<sup>2</sup> (20 × 25 m). Các ô tiêu chuẩn được bố trí trên 5 cấp tuổi rừng (cấp tuổi III, IV, V, VIa và VIb) và 3 dạng lập địa chính, đó là dạng bùn chặt, ngập triều trung bình thấp (Lập địa 1), dạng sét mềm, ngập triều trung bình (Lập địa 2) và dạng sét cứng, ngập triều trung bình cao (Lập địa 3).

+ Trên mỗi OTC tiến hành điều tra, đo đạc các chỉ tiêu chu vi thân cây tại vị trí 1,3 m (CV<sub>1,3</sub>), chiều cao vút ngọn (H<sub>vn</sub>), đường kính tán (Dt) của toàn bộ các cây. Đo chu vi thân

cây tại vị trí 1,3 m bằng thước dây, với độ chính xác 1 mm sau đó tính ra  $D_{1,3}$  m ( $D_{1,3}$  m =  $CV/3,1416$ ); chiều cao thân cây ( $H_{vn}$ ) được đo bằng thước đo cao chuyên dùng, với độ chính xác 0,5 m; đo đường kính tán theo 2 hướng (Đông - Tây và Nam - Bắc) bằng thước dây, độ chính xác 1 cm.

+ Điều tra thu thập mẫu thớt giải tích thân cây: Mỗi ô tiêu chuẩn lựa chọn 3 cây tiêu chuẩn để tiến hành giải tích thân cây. Cây tiêu chuẩn phải là cây đại diện cho các cây trong ô tiêu chuẩn và đảm bảo không có u bướu, thẳng, tròn đều; các chỉ tiêu bình quân của cây tiêu chuẩn đại diện cho từng cấp tuổi, từng dạng lập địa (bảng 1).



**Hình 1.** Sơ đồ vị trí ô điều tra (★) và thu mẫu cây giải tích tại huyện Bình Đại, Ba Tri và Thạnh Phú (Bến Tre)

**Bảng 1.** Các chỉ tiêu bình quân của cây tiêu chuẩn theo cấp tuổi và lập địa trồng

Cấp tuổi	Tuổi cây	Chỉ tiêu bình quân cây tiêu chuẩn					
		Lập địa 1		Lập địa 2		Lập địa 3	
		$D_{1,3}$ m (cm)	$H_{vn}$ (m)	$D_{1,3}$ m (cm)	$H_{vn}$ (m)	$D_{1,3}$ m (cm)	$H_{vn}$ (m)
III	15	8,1	9,8	7,8	9,3	6,6	8,5
IV	20	10,5	11,4	9,3	10,5	7,6	9,9
V	25	12,4	13,2	11,5	12,3	9,6	11,5
Via	30	13,3	14,1	12,4	12,7	11,1	12,4
VIb	35	13,8	14,6	12,9	13,2	11,8	12,8

Tùng cây tiêu chuẩn được mô tả và đánh dấu theo 2 hướng Đông - Tây và Nam - Bắc để tiện cho việc xử lý mẫu lấy số liệu tăng trưởng vòng năm (Bộ Nông nghiệp & PTNT, 2018).

+ Xử lý thớt giải tích: Thớt giải tích sau khi thu thập về tiến hành hong khô bằng nhiệt độ trong phòng, Tránh làm nứt nẻ mặt thớt. Để ranh giới vòng năm được thể hiện rõ, xác định tuổi và đo đạc được chính xác bề rộng vòng năm phải tiến hành làm nhẵn, đánh bóng bề mặt thớt để làm thể hiện rõ vòng năm.

+ Thu thập số liệu bề rộng vòng năm: Bề rộng vòng năm là tổng bề dày các lớp gỗ được hình thành trong một năm, được xác định theo chiều vuông góc với đường ranh giới giữa chúng. Bề rộng vòng năm được xác định bằng kính lúp có độ phóng đại 8 lần, gắn thước vạch tới 0,1 mm cho phép ước lượng tới 0,05 mm.

- Phương pháp xử lý số liệu

+ Xây dựng hàm sinh trưởng đối với cây bình quân

Để ước lượng D, H và V thân cây bình quân đối với rừng trồng Đước ở những tuổi và lập địa khác nhau, xây dựng các hàm  $D = f(A)$ ,  $H = f(A)$  và  $V = f(A)$ .

Các hàm thích hợp được kiểm định, gồm:

$$\text{Hàm Korf: } Y = a \cdot \exp(-b \cdot A^c) \quad (1)$$

$$\text{Hàm Schumacher: } Y = a \cdot \exp(-b/A^c) \quad (2)$$

$$\text{Hàm Gompertz: } Y = a \cdot \exp(-b \cdot \exp(-c \cdot A)) \quad (3)$$

$$\text{Drakin-Vuecski: } Y = a \cdot (1 - \exp(-b \cdot A))^c \quad (4)$$

trong đó Y = D, H và V, còn A = 5 - 35 năm.

Các hệ số và các thống kê sai lệch của hàm (1), (2), (3) và hàm (4) được xác định bằng phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquardt. Sai lệch của các hàm này được đánh giá theo 5 tiêu chuẩn: hệ số xác định =  $R_2$ ; sai số chuẩn của ước lượng = SEE; sai số tuyệt đối trung bình = MAE; sai số tuyệt đối trung

bình tính theo phần trăm = MAPE và tổng bình phương sai lệch = SSR.

+ Xây dựng những hàm sinh trưởng đối với rừng trồng Đước

Để ước lượng mật độ (N) và trữ lượng (M) đối với rừng trồng Đước ở những tuổi và lập địa khác nhau, xây dựng các hàm  $N = f(A)$ ,  $M = f(A)$ .

Các hàm thích hợp được kiểm định, gồm:

$$N = m \cdot \exp(-b \cdot A) + k \quad (5)$$

$$N = a \cdot (A)^{-b} \quad (6)$$

$$M = N \cdot V \quad (7)$$

Mật độ rừng trên ba lập địa được xác định theo công thức (5) là hàm logarit và công thức (6) là hàm mũ âm, trong đó m, b và k là những tham số.

Trữ lượng (M, m<sup>3</sup> /ha) của rừng trồng Đước trên ba lập địa đã được xác định theo công thức (7). Ở công thức (7), N và V tương ứng là mật độ quần thụ và thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Đước từ 5- 35 tuổi trên ba lập địa.

Sau đó xây dựng hàm ước lượng  $M = f(A)$  trên ba lập địa; trong đó hàm thích hợp được kiểm định theo hàm (1, 2, 3, 4). Các hệ số hồi quy và những thống kê sai lệch (S, ME, MAE, MAPE và SSR) của các hàm  $M = f(A)$  được xác định bằng phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquardt. Hàm  $M = f(A)$  thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSRmin.

+ Xác định quá trình sinh trưởng đối với rừng trồng Đước

Sử dụng các hàm ( $D = f(A)$ ,  $H = f(A)$ ,  $V = f(A)$ ), hàm  $N = f(A)$  và  $M = f(A)$  để khảo sát sinh trưởng của rừng trồng Đước trên ba lập địa, xác định các giá trị trung bình: D, H, V, N, M ở những tuổi khác nhau. Đồng thời xác định lượng tăng trưởng thường xuyên và bình quân hàng năm: ZD, ZH, ZV, ZM;  $\Delta D$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta M$  và suất tăng trưởng: PD%, PH%, PV% và

PM%. Tuổi ứng với ZDmax, ZHmax, ZVmax, ZMmax đối với các lập địa là thời điểm mà D, H, V và M chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Cấp tuổi ứng với ΔMmax là tuổi thành thực số lượng đối với rừng trồng Đước.

- Công cụ phân tích: Các số liệu phân tích, đo đạc được tổng hợp bằng phần mềm Excel 2016 và được xử lý thống kê bằng phần mềm Stagraphic centurion V17.0 ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$ .

### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Mô hình biến động mật độ rừng

Căn cứ vào chiều hướng giảm và tốc độ giảm, đề tài khái quát hóa diễn biến mật độ số cây theo tuổi bằng 2 dạng hàm: (i) Hàm logarit  $N = N_0 \cdot \exp(-b \cdot A) + k$  với  $N_0$  là mật độ trồng ban đầu và k là hệ số điều chỉnh của phương trình xây dựng; (ii) Hàm mũ âm  $N = a \cdot (A)^{-b}$  với a và b là các tham số của hàm xây dựng. Kết quả hàm mật độ (N, cây) xây dựng được có dạng ghi ở bảng 2.

**Bảng 2.** Các hàm mật độ theo tuổi trên các lập địa ở rừng trồng Đước

TT	Lập địa	Dạng hàm	R <sup>2</sup>	SE	MAE	MAPE
1	1	$N_1 = N_0 \cdot \exp(-b \cdot A) + k$	96,9	37,22	19,03	9,66
2	1	$N_1 = a \cdot (A)^{-b}$	97,1	32,19	20,06	15,71
3	2	$N_2 = N_0 \cdot \exp(-b \cdot A) + k$	98,6	28,2	15,81	8,63
4	2	$N_2 = a \cdot (A)^{-b}$	98,0	29,44	19,65	14,45
5	3	$N_3 = N_0 \cdot \exp(-b \cdot A) + k$	98,1	39,2	21,75	9,93
6	3	$N_3 = a \cdot (A)^{-b}$	98,7	28,4	18,51	8,79

Qua so sánh giữa hai dạng hàm xây dựng trên cùng lập địa, dạng hàm mũ âm đều có các giá trị R<sub>2</sub> cao hơn và SE nhỏ hơn so với hàm logarit, do đó đề tài chọn dạng hàm  $N = a \cdot (A)^{-b}$  để biểu thị cho quá trình biến đổi mật độ theo tuổi. Kết quả hàm xây dựng có dạng cụ thể như sau:

Trên lập địa 1:  $N_1 = 2917,87 \cdot B_{37}^{-1,03761}$  (8)

Trên lập địa 2:  $N_2 = 3182,71 \cdot B_{37}^{-1,02907}$  (9)

Trên lập địa 3:  $N_3 = 4126,06 \cdot A^{-1,06202}$  (10)

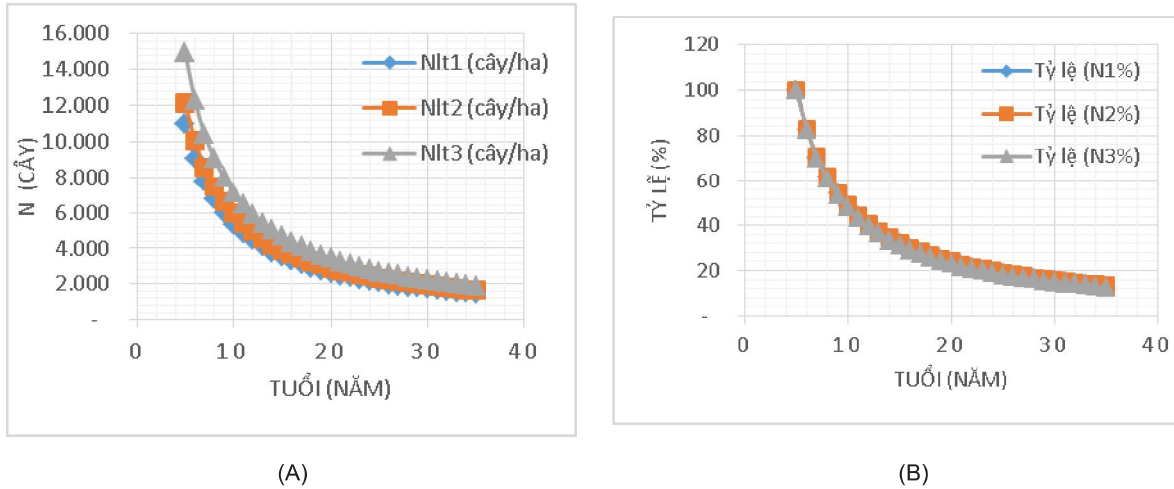
Thay vào hàm (8), (9) và (10) vào các tuổi rừng trồng, ta có được diễn biến mật độ số cây sau trồng hàng năm như trình bày trong Hình 2. Đây là mật độ lý thuyết (Nlt) của rừng trồng Đước đôi thay đổi theo tuổi (năm) của lâm phần, trong đó mật độ ở tuổi 6-9, 11-14, 16-19, 21-24, 26-29 và 31-34 được suy ra từ các hàm đã xây dựng. Theo các kết quả từ hàm mật độ theo tuổi, đề tài sẽ sử dụng những kết quả này (hàm 8, 9, 10) để tính toán cho tất cả các nội dung liên quan tới mật độ số cây theo từng cấp

tuổi và trên từng dạng lập địa xem xét ở rừng trồng Đước đôi tại khu vực ven biển Bình Đại, Ba Tri và Thạnh Phú, tỉnh Bến Tre.

Diễn biến số cây theo tuổi hình 2 cho thấy, trên lập địa 1 (N<sub>1</sub>), lập địa 2 (N<sub>2</sub>) và lập địa 3 (N<sub>3</sub>) đều là những hàm số giảm khá tương đồng. Sau 10 năm, số cây còn 49% ở lập địa 1 và lập địa 2, lập địa 3 là 48%, trung bình từ tuổi 5 đến tuổi 10, số lượng cây đã giảm trung bình 10%/năm. Sau tuổi 15, số cây của cả 3 dạng lập địa đã giảm gần 70% (lập địa 1 và lập địa 2 giảm 68%, lập địa 3 giảm 69%) so với số lượng cây ở tuổi 5; giai đoạn từ tuổi 10 đến tuổi 15, số lượng cây giảm khoảng 20%, trung bình số cây giảm 4%/năm. Sau 20 tuổi, tốc độ giảm chậm dần, số cây còn 24% ở lập địa 1 và lập địa 2, lập địa 3 là 23% (so với năm thứ 5), trung bình số cây giảm 1,6%/năm. Sau tuổi 25, số cây của cả 3 dạng lập địa đã giảm hơn 80% (lập địa 1 và lập địa 2 giảm 81%, lập địa 3 giảm 82%) so với số lượng cây ở tuổi 5; giai đoạn từ tuổi 20 đến tuổi 25,

số lượng cây giảm khoảng 5%, trung bình số cây giảm 1%/năm. Sau tuổi 30, số cây của cả 3 dạng lập địa đã giảm còn khoảng 15% (lập địa 1 và lập địa 2 là 16%, lập địa 3 là 15%) so với số lượng cây ở tuổi 5; giai đoạn từ tuổi 25 đến

tuổi 30, số lượng cây khoảng 3%, trung bình số cây giảm 0,6%/năm. Tương tự, giai đoạn từ tuổi 30 đến tuổi 35, số lượng cây cũng giảm khoảng 3%, trung bình số cây giảm 0,6%/năm.



**Hình 2.** Diễn biến mật độ (N/ha) và tỷ lệ số cây (%N/ha) theo tuổi (A) ở rừng trồng: N1 trên dạng lập địa 1, N2 trên lập địa 2 và N3 trên lập địa 3.

Theo kết quả tại hình 2, biến động về tỷ lệ giảm mật độ giữa các dạng lập địa cũng diễn ra ở từng cấp tuổi, tỷ lệ số cây giảm 11,7% ở lập địa 2, lập địa 3 là 32%, so với số cây hiện có ở dạng lập địa 1. Ở tuổi 10, trên dạng lập địa 1, mật độ hiện tại là 5.352 cây/ha, chênh lệch 11,2% (lập địa 2) và 31,5% (lập địa 3); tuổi 15, trên dạng lập địa 1, mật độ hiện tại là 3.514 cây/ha, chênh lệch là 11,6% (lập địa 2) và 32,4% (lập địa 3); tuổi 20, trên dạng lập địa 1, mật độ hiện tại là 2.607 cây/ha, chênh lệch là 11,9% (lập địa 2) và 31,7% (lập địa 3).

Kết quả cũng nói lên rằng, trên lập địa 3 mật độ hiện còn cao nhất, kế tiếp là trên lập địa 2, thấp nhất là trên lập địa 1. Sở dĩ có hiện tượng chênh lệch về mật độ cây giữa các dạng lập địa là do vùng đất trung bình và cao cây ít cạnh tranh dinh dưỡng và ánh sáng hơn, do vậy khả năng chèn ép và đào thải tự nhiên cũng ít diễn ra hơn.

Như vậy, biến đổi về mật độ ở rừng trồng Đước trên 3 dạng lập địa là một hàm số giảm theo thời gian (tuổi rừng trồng), diễn biến tuân theo dạng hàm số mũ âm hoặc hàm logarit. Mật độ giảm số cây bình quân hàng năm (so với mật

độ rừng trồng năm thứ năm) của lập địa 1 giảm nhanh hơn so với lập địa 2 và lập địa 3. Tỷ lệ giảm mật độ hàng năm thay đổi theo từng giai đoạn tuổi và lập địa trồng; giảm nhanh ở giai đoạn 5 - 10 tuổi, kể đến giai đoạn 10 - 15 tuổi, tỷ lệ giảm mật độ thấp dần khi tuổi tăng lên; tỷ lệ giảm mật độ trên dạng lập địa 1 và lập địa 2 (trung bình 11,7%) thấp hơn so với trên dạng lập địa 3 (trung bình giảm 32%). Mật độ rừng giảm theo thời gian thể hiện sự cạnh tranh và đào thải tự nhiên của các cây rừng trong quần thể; trên dạng lập địa 1 trong điều kiện thuận lợi cây rừng sinh trưởng nhanh, nhu cầu không gian dinh dưỡng tăng mạnh, dẫn đến sự đào thải tự nhiên mạnh mẽ hơn so với lập địa 2 và lập địa 3. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra trên cả 3 dạng lập địa mật độ rừng giảm mạnh ở cấp tuổi II và III, điều đó chứng tỏ cạnh tranh dinh dưỡng, ánh sáng ở giai đoạn này cao nhất. Ngoài ra, tác động tia thưa lần 1 và lần 2 cũng được thực hiện trong giai đoạn này, đây cũng là yếu tố quan trọng làm giảm nhanh mật độ quần thể rừng.

**3.2. Mô hình sinh trưởng của rừng Đước trồng trên các dạng lập địa**

Để xây dựng mô hình sinh trưởng của rừng trồng Đước, trước tiên xây dựng những hàm ước lượng  $D = f(A)$ ,  $H = f(A)$ ,  $V = f(A)$  và  $M$

$= f(A)$  cây bình quân và lâm phần từ 5 - 35 tuổi trên các dạng lập địa. Kết quả kiểm định và đã lựa chọn được hàm Drakin-Vuecski và hàm Gompertz phù hợp để xây dựng các hàm sinh trưởng được tổng hợp ở bảng 3.

**Bảng 3.** Những hàm ước lượng sinh trưởng cây giải tích bình quân và lâm phần trên các dạng lập địa

TT	Đại lượng	Phương trình	Ghi chú
1	D (cm)	$D1 = 16,6446 * (1 - \text{EXP}(-0,0661949 * (A)))^{1,50102}$	3.4
		$D2 = 17,2246 * (1 - \text{EXP}(-0,047118 * (A)))^{1,23215}$	3.5
		$D3 = 20,0743 * (1 - \text{EXP}(-0,0272535 * (A)))^{1,05362}$	3.6
2	H (m)	$H_1 = 16,7495 * (1 - \text{EXP}(-0,0579318 * (A)))^{0,950178}$	3.7
		$H_2 = 14,5061 * (1 - \text{EXP}(-0,0711399 * (A)))^{1,079}$	3.8
		$H_3 = 15,3133 * (1 - \text{EXP}(-0,0546319 * (A)))^{1,03652}$	3.9
3	V (m <sup>3</sup> )	$V_1 = 0,159664 * \text{EXP}(-6,45925 * \text{EXP}(-0,0858104 * (A)))$	3.10
		$V_2 = 0,118668 * \text{EXP}(-7,15337 * \text{EXP}(-0,0914536 * (A)))$	3.11
		$V_3 = 0,130068 * \text{EXP}(-6,60872 * \text{EXP}(-0,0693424 * (A)))$	3.12
4	M (m <sup>3</sup> /ha)	$M1 = 179,865 * \text{exp}(-5,07519 * \text{exp}(-0,139283 * (A)))$	3.13
		$M2 = 159,232 * \text{exp}(-4,4366 * \text{exp}(-0,122547 * (A)))$	3.14
		$M3 = 166,888 * \text{exp}(-3,78611 * \text{exp}(-0,0878791 * (A)))$	3.15

*Trong đó: D1, D2, D3 là hàm mô phỏng sinh trưởng của đường kính thân cây; H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> là hàm mô phỏng sinh trưởng của chiều cao thân cây; V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> là hàm mô phỏng sinh trưởng của thể tích thân cây và M1, M2, M3 là hàm mô phỏng sinh trưởng của trữ lượng lâm phần tương ứng trên lập địa 1, lập địa 2 và lập địa 3.*

**3.2.1. Mô hình sinh trưởng của rừng trồng Đước trên dạng lập địa 1**

Đường kính thân cây (hình 3D) tăng dần từ cấp tuổi 3 (1,3 cm) đến cấp tuổi 4 (4,8 cm) và cấp tuổi 35 (14,2 cm). Lượng tăng trưởng thường xuyên định kỳ hàng năm (ZD) tăng dần từ cấp tuổi 4 (0,59 cm/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 8 (0,63 cm/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 35 (0,16 cm/năm). Lượng tăng trưởng bình quân năm ( $\Delta D$ ) tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,42 cm/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 10 (0,56 cm/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 35 (0,41 cm/năm). Vì thế, thời kỳ đường kính thân cây Đước trên lập địa 1, chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh

sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại cấp tuổi 7-9. Suất tăng trưởng đường kính thân cây giảm dần từ cấp tuổi 4 (31,9%) đến cấp tuổi 6 (20,3%), cấp tuổi 10 còn 10,7%, cấp tuổi 16 còn 5,4% và cấp tuổi 35 (1,1%).

Chiều cao thân cây (hình 3H) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (2,6 m) đến cấp tuổi 7 (5,9 m), cấp tuổi 13 (9,1 m) và cấp tuổi 35 (14,6 m). Đại lượng ZH giảm dần từ cấp tuổi 3 (1,26 m/năm) đến cấp tuổi 7 (0,67 m/năm), cấp tuổi 13 (0,46 m/năm) và cấp tuổi 35 (0,13 m/năm). Đại lượng  $\Delta H$  gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,87 m/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 5 (0,90 m/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 7 (0,84 m/năm). Vì

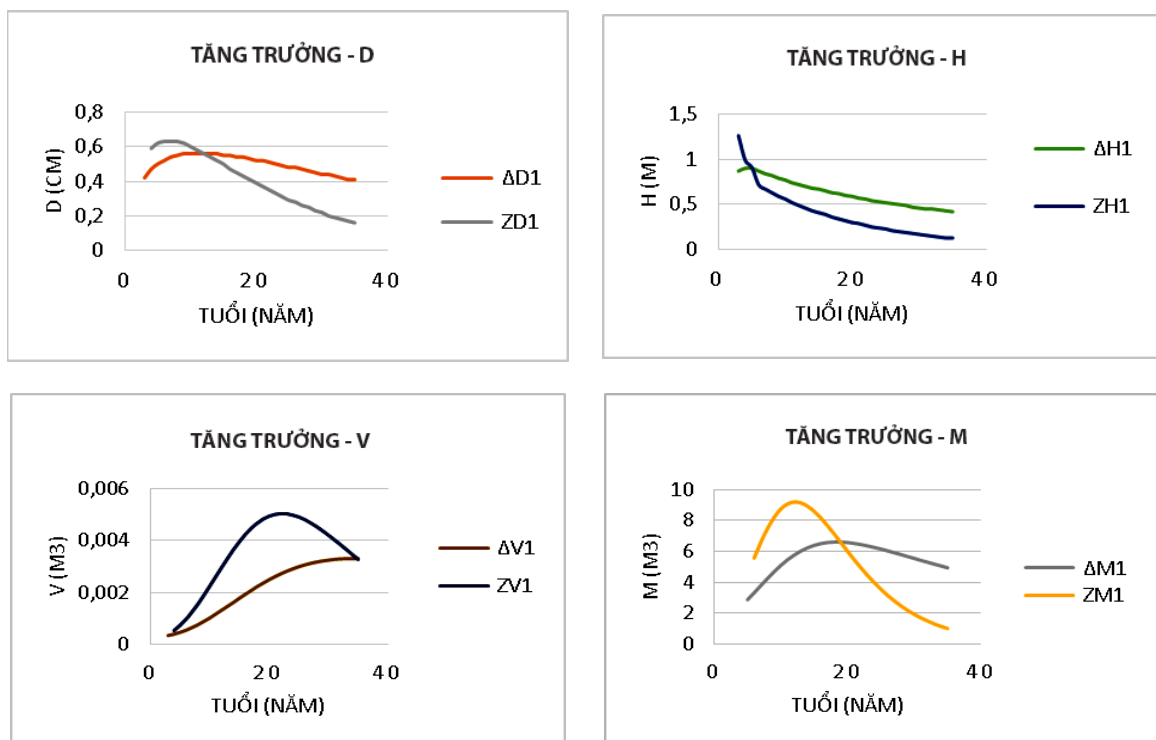


thế, thời kỳ chiều cao thân cây trên lập địa 1 chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại tuổi 5. Suất tăng trưởng chiều cao thân cây giảm dần từ cấp tuổi 3 (48,2%) đến cấp tuổi 7 (11,4%) và cấp tuổi 13 (5,1%).

Thể tích thân cây (hình 3V) gia tăng dần từ cấp tuổi 4 (0,0011 m<sup>3</sup>/năm) đến cấp tuổi 11 (0,0129 m<sup>3</sup>/năm), cấp tuổi 19 (0,0451 m<sup>3</sup>/năm), cấp tuổi 28 (0,0890 m<sup>3</sup>/năm và cấp tuổi 35 (0,1159 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng ZV gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (0,00055 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 22 (0,00504 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng ΔV gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (0,00048 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 33 (0,00331 m<sup>3</sup>/năm). Vì thế, cấp tuổi 22 là thời kỳ thể tích thân cây chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Suất tăng trưởng thể tích thân cây giảm dần từ cấp tuổi 5 (31,4%) đến

cấp tuổi 11 (20,2%), cấp tuổi 19 (10,7%) và cấp tuổi 28 (5,1%).

Trữ lượng gỗ thân cây (hình 3M) gia tăng nhanh từ cấp tuổi 5 (14,34 m<sup>3</sup>/ha) đến cấp tuổi 14 (87,37 m<sup>3</sup>/ha) và cấp tuổi 19 (125,5 m<sup>3</sup>/ha). Đại lượng ZM gia tăng dần từ cấp tuổi 6 (5,58 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 12 (9,21 m<sup>3</sup>/năm); sau đó giảm còn 8,94 m<sup>3</sup>/năm ở cấp tuổi 14, đến cấp tuổi 19 (6,57 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng ΔM gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (2,87 m<sup>3</sup>/ha/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 19 (6,61 m<sup>3</sup>/ha/năm). Vì thế, cấp tuổi 12 là thời kỳ trữ lượng gỗ của rừng Đước trên lập địa 1, chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Tuổi thành thực số lượng rừng Đước trên dạng lập địa 1 xuất hiện ở cấp tuổi 20. Suất tăng trưởng trữ lượng gỗ thân cây giảm dần từ cấp tuổi 6 (28,0%) đến cấp tuổi 14 (10,2%) và cấp tuổi 19 (5,2%).



**Hình 3.** Mô hình sinh trưởng về đường kính (D), chiều cao (H), thể tích (V) và trữ lượng (M) của rừng Đước trồng giai đoạn 1985 - 2020 trên lập địa 1 tại Bến Tre: Tăng trưởng bình quân chung (ΔY), tăng trưởng định kỳ hàng năm (ZY)

Kết quả tổng hợp các chỉ tiêu sinh trưởng và tăng trưởng rừng Đước đạt cao nhất (maximum), trên lập địa 1 của khu vực nghiên cứu được chỉ ra rằng, tuổi cây rừng đạt thành thực về đường kính (khi có  $\Delta D = ZD$ ) về lý thuyết là  $A = 12$  năm,  $D = 6,8$  cm. Tuổi cây rừng đạt thành thực về chiều cao (khi có  $\Delta H = ZH$ ) về lý thuyết là  $A = 5$  năm,  $H = 4,6$  m. Tuổi cây rừng đạt thành thực về thể tích thân cây (khi có  $\Delta V = ZV$ ) về lý thuyết là  $A = 34$  năm,  $V = 0,1159$  m<sup>3</sup>. Tuổi cây rừng đạt thành thực về trữ lượng (khi có  $\Delta M = ZM$ ) về lý thuyết là  $A = 20$  năm,  $M = 131,5$  m<sup>3</sup>/ha.

Như vậy, rừng Đước trồng trên dạng lập địa 1, có tuổi thành thực tự nhiên từ 20 năm.

### **3.2.2. Mô hình sinh trưởng của rừng trồng Đước trên dạng lập địa 2**

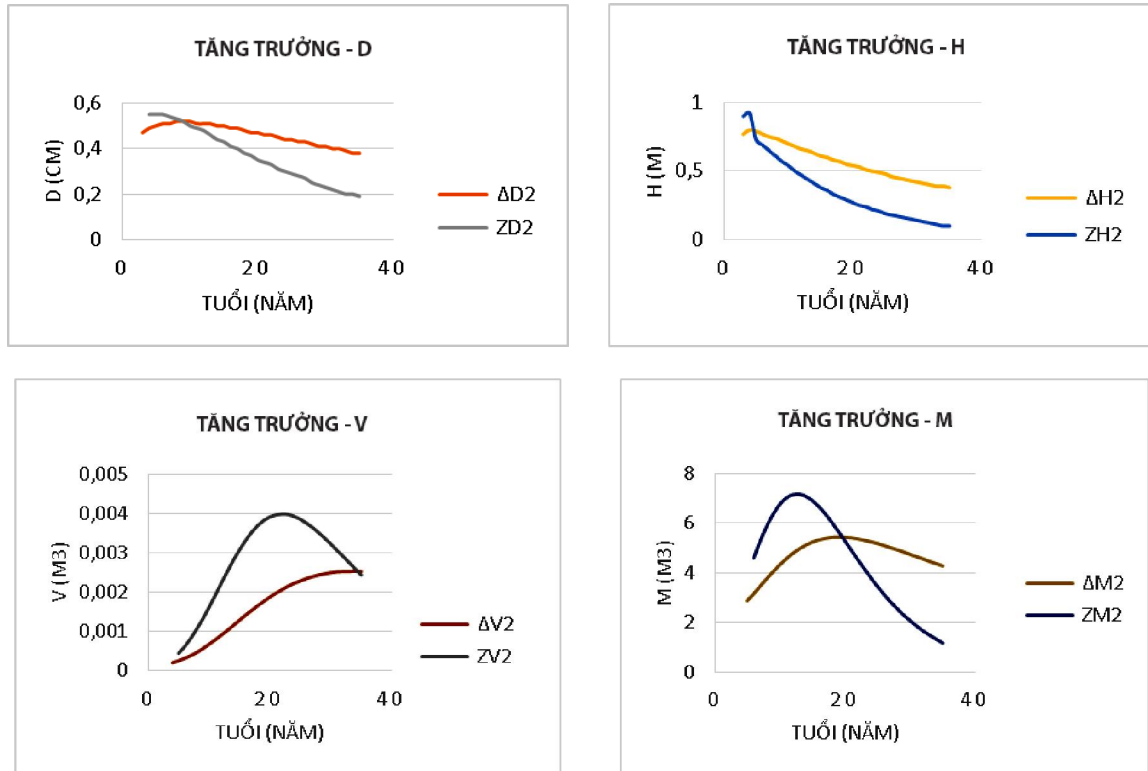
Đường kính thân cây trên dạng lập địa 2 (hình 4D) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (1,4 cm) đến cấp tuổi 5 (2,5 cm) và cấp tuổi 35 (13,2 cm). Lượng tăng trưởng thường xuyên định kỳ hàng năm (ZD) gia tăng dần và đạt cao nhất tại cấp tuổi 6 (0,55 cm/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 35 (0,19 cm/năm). Lượng tăng trưởng bình quân năm ( $\Delta D$ ) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,47 cm/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 10 (0,52 cm/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 35 (0,38 cm/năm). Vì thế, thời kỳ đường kính thân cây Đước trên lập địa 2, chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại cấp tuổi 6. Suất tăng trưởng đường kính thân cây giảm dần từ cấp tuổi 4 (27,8%) đến cấp tuổi 6 (20,3%), cấp tuổi 9 còn 11,1%, cấp tuổi 16 còn 5,3% và cấp tuổi 35 (1,14%).

Chiều cao thân cây (hình 4H) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (2,3 m) đến cấp tuổi 8 (5,9 m), cấp tuổi 13 (8,4 m) và cấp tuổi 35 (13,2 m). Đại lượng ZH tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,90 m/năm), đạt cao nhất ở tuổi 4 (0,92 m/năm), sau đó giảm dần đến cấp tuổi 7 (0,65 m/năm), cấp tuổi 13 (0,44 m/năm) và cấp tuổi 35 (0,10 m/năm). Đại

lượng  $\Delta H$  gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,77 m/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 4 (0,80 m/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 7 (0,75 m/năm). Vì thế, thời kỳ chiều cao thân cây trên lập địa 2 chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại cấp tuổi 4. Suất tăng trưởng chiều cao thân cây giảm dần từ cấp tuổi 3 (39,1%) đến cấp tuổi 8 (10,3%) và cấp tuổi 13 (5,2%).

Thể tích thân cây (hình 4V) gia tăng dần từ cấp tuổi 4 (0,0008 m<sup>3</sup>/cây) đến cấp tuổi 12 (0,0109 m<sup>3</sup>/cây), cấp tuổi 20 (0,0376 m<sup>3</sup>/cây), cấp tuổi 28 (0,0683 m<sup>3</sup>/cây và cấp tuổi 35 (0,0887 m<sup>3</sup>/cây). Đại lượng ZV gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (0,00045 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 22 (0,00399 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng  $\Delta V$  gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (0,00026 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 34 (0,00254 m<sup>3</sup>/năm). Vì thế, cấp tuổi 22 là thời kỳ thể tích thân cây chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Suất tăng trưởng thể tích thân cây giảm dần từ cấp tuổi 5 (35,2%) đến cấp tuổi 12 (20,4%), cấp tuổi 20 (10,4%) và cấp tuổi 28 (5,2%).

Trữ lượng gỗ thân cây (hình 4M) gia tăng nhanh từ cấp tuổi 5 (14,39 m<sup>3</sup>/ha) đến cấp tuổi 13 (64,61 m<sup>3</sup>/ha) và cấp tuổi 19 (103,34 m<sup>3</sup>/ha). Đại lượng ZM gia tăng dần từ cấp tuổi 6 (4,60 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 13 (7,17 m<sup>3</sup>/năm); sau đó giảm nhanh đến cấp tuổi 19 (5,66 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng  $\Delta M$  gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (2,88 m<sup>3</sup>/ha/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 19 (5,44 m<sup>3</sup>/ha/năm). Vì thế, cấp tuổi 13 là thời kỳ trữ lượng gỗ của rừng Đước trên lập địa 2 chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Tuổi thành thực số lượng rừng Đước trên dạng lập địa 2 xuất hiện ở cấp tuổi 20. Suất tăng trưởng trữ lượng gỗ thân cây giảm dần từ cấp tuổi 6 (24,2%) đến cấp tuổi 13 (11,1%) và cấp tuổi 19 (5,5%).



**Hình 4.** Mô hình sinh trưởng về đường kính (D), chiều cao (H), thể tích (V) và trữ lượng (M) của rừng Đước trồng giai đoạn 1985 - 2020 trên lập địa 2 tại Bến Tre: Tăng trưởng bình quân chung ( $\Delta Y$ ), tăng trưởng định kỳ hàng năm (ZY)

Theo hình 4, tuổi cây rừng đạt thành thực về đường kính (khi có  $\Delta D = ZD$ ) là  $A = 9$  năm,  $D = 4,0$  cm; về chiều cao ( $\Delta H = ZH$ ) là  $A = 5$  năm,  $H = 3,9$  m; về thể tích thân cây ( $\Delta V = ZV$ ) là  $A = 34$  năm,  $V = 0,0862$  m<sup>3</sup>; về trữ lượng ( $\Delta M = ZM$ ) là  $A = 21$  năm,  $M = 113,5$  m<sup>3</sup>/ha. Như vậy, rừng Đước trồng trên dạng lập địa 2, có tuổi thành thực tự nhiên từ 21 năm.

### 3.2.3. Mô hình sinh trưởng của rừng trồng Đước trên dạng lập địa 3

Đường kính thân cây (hình 5D) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (1,0 cm) đến cấp tuổi 4 (1,5 cm) và cấp tuổi 35 (12,0 cm). Lượng tăng trưởng thường xuyên định kỳ hàng năm (ZD) gia tăng dần từ cấp tuổi 4 và đạt cao nhất tại cấp tuổi 8 (0,50 cm/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 35 (0,22 cm/năm). Lượng tăng trưởng bình quân năm ( $\Delta D$ ) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,33 cm/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 9 (0,45 cm/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 35 (0,34 cm/năm). Vì

thế, thời kỳ đường kính thân cây Đước trên lập địa 3, chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại cấp tuổi 8. Suất tăng trưởng đường kính thân cây giảm dần từ cấp tuổi 4 (33,3%) đến cấp tuổi 6 (20,0%), cấp tuổi 10 còn 9,3%, cấp tuổi 16 còn 5,3% và cấp tuổi 35 (1,8%).

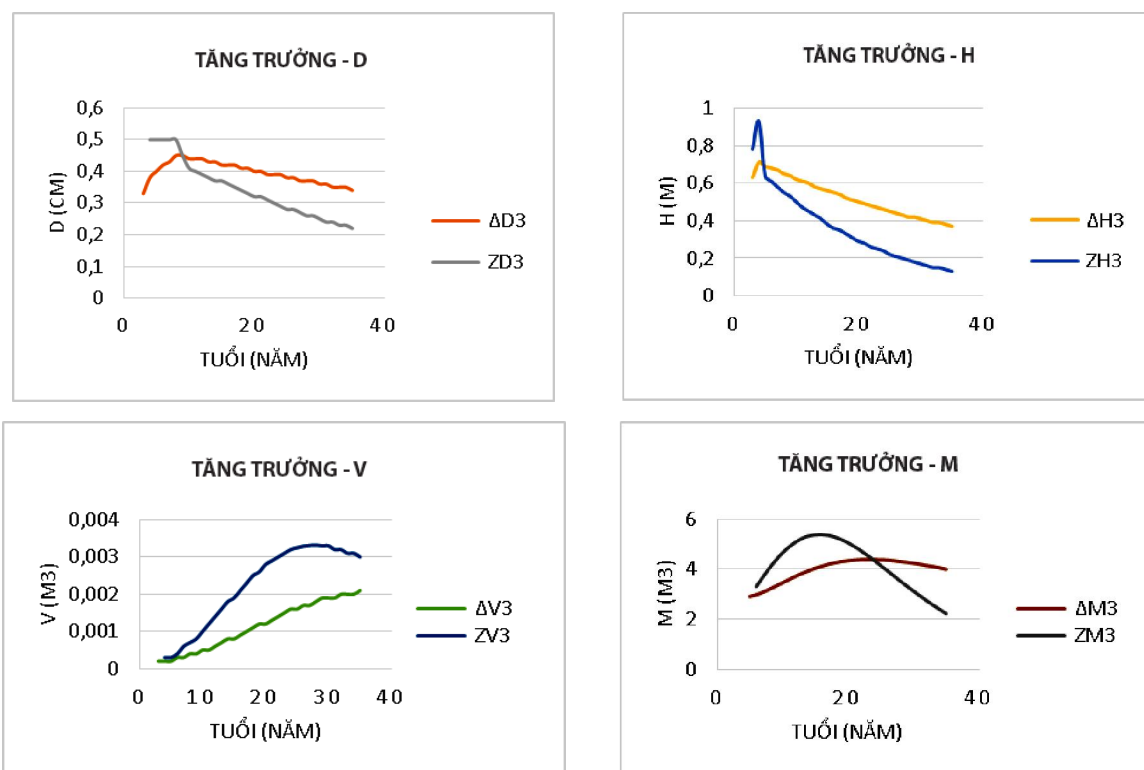
Chiều cao thân cây (hình 5H) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (1,9 m) đến tuổi 7 (4,67 m), tuổi 13 (7,6 m) và tuổi 35 (13,0 m). Đại lượng ZH giảm dần từ cấp tuổi 4 (0,93 m/năm) đến cấp tuổi 7 (0,58 m/năm), cấp tuổi 13 (0,43 m/năm) và cấp tuổi 35 (0,13 m/năm). Đại lượng  $\Delta H$  gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,63 m/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 4 (0,71 m/năm); sau đó giảm dần đến cấp tuổi 7 (0,67 m/năm). Vì thế, thời kỳ chiều cao thân cây trên lập địa 3 chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại cấp tuổi 4. Suất tăng trưởng chiều cao thân cây giảm dần từ cấp tuổi 3 (40,9%) đến cấp tuổi 8 (10,6%) và cấp tuổi 14 (5,1%).

Thể tích thân cây (hình 5V) gia tăng dần từ cấp tuổi 3 (0,0006 m<sup>3</sup>/năm) đến cấp tuổi 10 (0,0048 m<sup>3</sup>/năm), cấp tuổi 21 (0,0279 m<sup>3</sup>/năm), cấp tuổi 32 (0,0634 m<sup>3</sup>/năm và cấp tuổi 35 (0,0726 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng ZV gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (0,0003 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 28 (0,0033 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng ΔV gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (0,0002 m<sup>3</sup>/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 35 (0,0021 m<sup>3</sup>/năm). Vì thế, cấp tuổi 28 là thời kỳ thể tích thân cây chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Suất tăng trưởng thể tích thân cây giảm dần từ cấp tuổi 5 (28,5%) đến cấp tuổi 10 (21,1%), cấp tuổi 21 (10,5%) và cấp tuổi 32 (5,0%).

Trữ lượng gỗ thân cây (hình 5M) gia tăng nhanh từ cấp tuổi 5 (14,55 m<sup>3</sup>/ha) đến cấp tuổi 13 (49,87 m<sup>3</sup>/ha) và cấp tuổi 21 (91,87 m<sup>3</sup>/ha). Đại lượng ZM gia tăng dần từ cấp tuổi 5 và đạt cao nhất tại cấp tuổi 16 (5,39 m<sup>3</sup>/năm); sau đó giảm còn 4,91 m<sup>3</sup>/năm ở cấp tuổi 21, đến cấp tuổi 35 (2,23 m<sup>3</sup>/năm). Đại lượng ΔM gia tăng dần từ cấp tuổi 5 (2,91 m<sup>3</sup>/ha/năm) và đạt cao nhất tại cấp tuổi 23

(4,39 m<sup>3</sup>/ha/năm). Vì thế, cấp tuổi 16 là thời kỳ trữ lượng gỗ của rừng Đước trên lập địa 3, chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm. Tuổi thành thực số lượng rừng Đước trên dạng lập địa 3 xuất hiện ở cấp tuổi 25. Suất tăng trưởng trữ lượng gỗ thân cây giảm dần từ cấp tuổi 6 (18,6%) đến cấp tuổi 13 (10,5%) và cấp tuổi 21 (5,3%).

Kết quả tính toán các chỉ tiêu sinh trưởng và tăng trưởng về đường kính, chiều cao, thể tích thân cây và trữ lượng rừng Đước đạt giá trị cao nhất (maximum) trên lập địa 3 tại khu vực cho thấy, tuổi cây rừng đạt thành thực về đường kính (khi có ΔD = ZD) về lý thuyết là A = 9 năm, D = 4,0 cm, tuổi cây rừng đạt thành thực về chiều cao (khi có ΔH = ZH) về lý thuyết là A = 6 năm, cây rừng đạt thành thực về thể tích thân cây (khi có ΔV = ZV) về lý thuyết là A = 35 năm, V = 0,0726 m<sup>3</sup>; tuổi cây rừng đạt thành thực về trữ lượng (khi có ΔM = ZM) về lý thuyết là A = 24 năm, M = 105,41 m<sup>3</sup>/ha. Như vậy, rừng Đước trồng trên dạng lập địa 3, có tuổi thành thực tự nhiên từ 24 năm.



**Hình 5.** Mô hình sinh trưởng về đường kính (D), chiều cao (H), thể tích (V) và trữ lượng (M) của rừng Đước trồng giai đoạn 1985 - 2020 trên lập địa 3 tại Bến Tre: Tăng trưởng bình quân chung (ΔY), tăng trưởng định kỳ hàng năm (ZY)

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tốc độ sinh trưởng thay đổi theo điều kiện lập địa, vị trí không gian trong lâm phần, sự cạnh tranh, sức sống và tuổi. Tốc độ sinh trưởng đường kính thân cây Đước tại Bến Tre ở cả 3 dạng lập địa (LD1= 0,34- 0,56 cm/năm, LD2= 0,38- 0,53 cm/năm, LD3= 0,34 - 0,45 cm/năm) cao hơn so với tốc độ tăng trưởng đường kính của cây *R. apiculata* là 0,24-0,29 cm) đối với các cấp đường kính từ 10 đến 60 cm tại Matang, Malaysia (Putz và Chan, 1986). Nhưng thấp hơn tốc độ sinh trưởng (0,49 cm/năm) của rừng Đước trồng 20 tuổi tại Khu đa dạng sinh học rừng ngập mặn Cà Mau (Hoàng Văn Thoi, 2004) và sinh trưởng (D= 0,46 cm/năm) ở rừng Đước trồng 20 tuổi tại Cần Giờ, Tp.HCM (Phạm Thế Dũng, 2018)

Năng suất của rừng Đước tại Bến Tre ở tuổi 35 là 4,94 m<sup>3</sup>/ha/năm trên dạng lập địa 1, lập địa 2 và lập địa 3 là 4,28 và 4,00 m<sup>3</sup>/ha/năm. Trong khi đó, Watson (1928) ước tính rằng trong điều kiện của Malaysia sự gia tăng hàng năm (MAI) của rừng lên đến đỉnh điểm vào khoảng 10,6 m<sup>3</sup>/ha/năm trong 39-40 năm cao hơn nhiều so với Bến Tre. Tại Cần Giờ (Tp. HCM) cao nhất ở lập địa 1 là 12,17 m<sup>3</sup>/ha/năm, lập địa 2 là 9,1 m<sup>3</sup>/ha/năm và lập địa 3 là 9,0 m<sup>3</sup>/ha/năm tại tuổi 10 (Phạm Thế Dũng, 2018); cao hơn nhiều so với năng suất của rừng Đước trồng tại Bến Tre (trên lập địa 1 đạt cao nhất 6,61 m<sup>3</sup>/ha đạt được ở tuổi 25, lập địa 2 là 5,75 m<sup>3</sup>/ha tại tuổi 25 và lập địa 3 là 4,58 m<sup>3</sup>/ha tại tuổi 28).

Cũng tại Matang, Malaysia, nơi được quản lý để sản xuất gỗ chủ yếu là Đước (*Rhizophora apiculata*) là khu rừng ngập mặn nổi tiếng được quản lý tốt nhất trên thế giới (Khoon và Ong 1995), trữ lượng lâm phần trung bình của các rừng Đước này là 153 m<sup>3</sup>/ha -226 m<sup>3</sup>/ha; tại Cần Giờ 157,8 - 243,5 m<sup>3</sup>/ha (Phạm Thế Dũng, 2018) cũng cao hơn so với trữ lượng rừng tại Bến Tre 133,62 m<sup>3</sup>/ha (lập địa 3) - 171 m<sup>3</sup>/ha (lập địa 1).

Năng suất thu hoạch luân phiên trong 30 năm vào khoảng 136-299 tấn/ha. Tuy nhiên, đã có sự sụt giảm về năng suất từ 299 tấn/ha từ các lâm phần nguyên sinh đến năng suất thế hệ thứ

hai là 158 tấn/ha xuống còn thấp hơn 136 tấn/ha (Duke, 2006).

### 3.2.4. Đề xuất biện pháp nuôi dưỡng, sử dụng rừng

+ Áp dụng ít nhất 1 - 2 lần tỉa thưa ở giai đoạn cấp tuổi II và cấp tuổi III đối với rừng sản xuất. Đối với rừng phòng hộ có thể áp dụng 2 - 3 lần tỉa để đạt được các mục đích chuyển đổi rừng.

+ Thực hiện chặt nuôi dưỡng rừng lần đầu cần tiến hành chặt tỉa sau khi cây rừng khép tán, tuổi 6 - 9, cường độ chặt tỉa thưa lần 1 từ 30 - 50% số cây; Chặt lần 2 nên thực hiện sau lần đầu 4 - 5 năm, nhưng không quá 13 tuổi trên lập địa 1, không quá 14 tuổi trên lập địa 2 và không quá 15 tuổi trên lập địa 3, cường độ chặt tỉa thưa từ 20 - 30% số cây.

+ Giải pháp nuôi dưỡng rừng theo hướng chuyển sang rừng khác tuổi, đa tầng tán, khai thác - xúc tiến tái sinh nên được áp dụng đối với rừng phòng hộ và phân khu phục hồi trong rừng đặc dụng.

+ Chu kỳ kinh doanh rừng Đước nên áp dụng 25 năm đối với rừng khai thác trắng và 30 năm đối với rừng khai thác - tái sinh. Khai thác hợp lý sẽ giúp cho tầng cây tái sinh được giải phóng, rừng được trẻ hóa, chức năng phòng hộ được nâng cao. Bên cạnh đó, doanh thu từ hoạt động này đủ bù đắp chi phí và có thu nhập cho BQL rừng và hộ dân. Phù hợp nhất là luân kỳ 25 năm được sử dụng thay cho khuyến nghị trước đây là 30 năm. Bởi vì sinh khối cây đứng của rừng không tăng tại tuổi 23 (155 tấn/ha) mà có xu hướng giảm tại tuổi 28 (153 tấn/ha) (Duke, 2006).

## IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 4.1. Kết luận

Các đại lượng sinh trưởng (D, H) cây bình quân và quần thụ Đước tại Bến Tre có thể được mô hình hóa bằng hàm Drakin-Vuecski; sinh trưởng V, M được mô hình hóa bằng hàm Gompertz; mật độ rừng trồng được mô hình hóa bằng hàm mũ âm.

Sinh trưởng đường kính thân cây chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm trên lập địa 1 tại tuổi 6, trên lập

địa 2 là tuổi 7, lập địa 3 là tuổi 8. Sinh trưởng chiều cao cây trên lập địa 1 và lập địa 2 chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại tuổi 5 và trên lập địa 3 là tuổi 6. Sinh trưởng thể tích thân cây trên lập địa 1 chuyển từ giai đoạn sinh trưởng nhanh sang giai đoạn sinh trưởng chậm tại tuổi 25, trên lập địa 2 tại tuổi 26 và trên lập địa 3 tại tuổi 27.

Mật độ rừng có tỷ lệ giảm hàng năm và thay đổi theo từng giai đoạn tuổi và lập địa trồng; giảm nhanh ở giai đoạn 5 - 10 tuổi và giai đoạn 10 - 15 tuổi, thấp dần ở các cấp tuổi còn lại; tỷ lệ giảm mật độ trung bình trên dạng lập địa 1 và lập địa 2 (11,7%) thấp hơn so lập địa 3 (32%).

Sinh trưởng bình quân của rừng trồng đạt thành thực trên dạng lập địa 1 tại tuổi 20, lập địa 2 tại tuổi 21, trên lập địa 3 tại tuổi 24.

#### 4.2. Kiến nghị

+ Ứng dụng các mô hình hóa sinh trưởng trong quản lý rừng và sử dụng hợp lý, hiệu quả cho từng dạng lập địa;

+ Tiếp tục nghiên cứu tuổi rừng đạt thành thực tự nhiên, tuổi thành thực công nghệ và thời điểm rừng mang lại lợi ích cao nhất về năng suất, sản lượng và giá trị kinh tế, đồng thời giá trị về phòng hộ của rừng cũng đạt cao nhất.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2018. Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng. Thông tư 33/1018/TT- BNNPTNT.
2. Hoàng Văn Thoi, 2004. Xác định một số đặc điểm cấu trúc rừng và mối liên hệ giữa phân bố thực vật với độ mặn đất, độ ngập triều tại Khu đa dạng sinh học rừng ngập mặn Cà Mau. Luận văn Thạc sĩ, Đại học Cần Thơ. 88 trang.
3. Hà Văn Nghĩa, 1998. Mô phỏng quy luật sinh trưởng rừng trồng Keo lá tràm tại Lâm trường Xuyên Mộc, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ Khoa học Nông nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 62 trang.
4. Huỳnh Hữu To, 1999. Mô phỏng quá trình sinh trưởng và dự đoán năng suất rừng trồng Bạch đàn (*Eucalyptus tereticornis* Smith) tại vùng Tứ giác Long Xuyên, tỉnh Kiên Giang. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ Khoa học Nông nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 70 trang.
5. Phạm Thế Dũng, 2018. Đánh giá chất lượng rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) trồng thuần loài, đề xuất các giải pháp kỹ thuật lâm sinh và cơ chế quản lý nhằm phát triển bền vững rừng phòng hộ Cần Giờ. Trong: Nghiên cứu rừng ngập nước và cây xanh Tp. Hồ Chí Minh (Hoàng Văn Thoi chủ biên). Nhà xuất bản Nông nghiệp. (64-85)
6. Viên Ngọc Nam, 2004. Nghiên cứu xây dựng một số biểu lâm nghiệp để phục vụ công tác quản lý rừng phòng hộ Cần Giờ. Sở Khoa học và Công nghệ Tp. Hồ Chí Minh, 77 trang.
7. Võ Nguơn Thảo, 1999. Kết quả nghiên cứu sinh tăng trưởng rừng Đước trồng trên các dạng lập địa chính ở Cà Mau. Hội thảo “Bảo vệ và phát triển rừng ngập ven biển Nam Bộ” Cà mau, 27 - 29 tháng 12 năm 1999.
8. Võ Văn Hồng và Trần Văn Hùng, 2006. Tăng trưởng rừng. Trong: Cẩm nang ngành lâm nghiệp. Bộ Nông nghiệp và PTNT. 61 trang.
9. Khoon, G. W., and J.-E. Ong. 1995. The use of demographic studies in mangrove silviculture. *Hydrobiologia* 295: 255- 261.
10. Putz, F.E., and H.T. Chan. 1986. Tree growth, dynamics and productivity in a mature mangrove forest in Malaysia. *Forest Ecology and Management* 17: 211-230.
11. Watson, J.G., 1928. Mangrove forests of the the Malay Peninsula. *Malayan Forest Records* (6): 1-275. Fraser & Neave, Singapore.

**Email tác giả liên hệ:** hvthoivnb@vafs.gov.vn

**Ngày nhận bài:** 01/10/2021

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa:** 11/11/2021

**Ngày duyệt đăng:** 17/11/2021