

NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT NÂNG CAO SINH KHỐI VÀ CHẤT LƯỢNG RỪNG NGẬP MẶN ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU Ở VÙNG VEN BIỂN CẦN GIỜ, THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Hoàng Văn Thoi¹, Bùi Nguyễn Thế Kiệt², Lê Thanh Quang¹,
Đinh Thị Phương Vy¹, Nguyễn Minh Hoan¹

¹*Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ*
²*Ban quản lý Rừng phòng hộ Cần Giờ*

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện tại các tiểu khu 1, 6B, 21, 24 và AHAP thuộc Ban quản lý Rừng ngập mặn Cần Giờ, thời gian từ tháng 9/2023 đến 8/2025, bằng cách thiết lập 4 thí nghiệm theo dạng hoàn toàn ngẫu nhiên, ba lần lặp lại, gồm (i) thí nghiệm điều chỉnh mật độ (N) theo các công thức (N4- mạnh, N3- trung bình, N2- yếu, N1- nhẹ và No- đối chứng); (ii) thí nghiệm làm giàu rừng gồm 3 công thức (LG1- tạo rạch 3 m và trồng 1 hàng cây, LG2- tạo băng 6 m và trồng 2 hàng cây, LG3- trồng theo đám); (iii) bố trí 2 công thức thí nghiệm trồng cây tầng trên (TT1- tạo rạch 3 m, trồng 1 hàng cây tầng cao, TT2- tạo băng 6 m, trồng 2 hàng cây tầng cao); (iv) trồng cây tầng dưới gồm 2 công thức (TD1- tạo rạch 3 m, trồng 1 hàng cây tầng dưới, TD2- tạo băng 6 m, trồng 2 hàng cây tầng dưới). Kết quả cho thấy, sự thay đổi về sinh trưởng đường kính, chiều cao, sinh khối và chất lượng rừng ở các nghiệm thức thí nghiệm, đó là: (1) điều chỉnh mật độ mạnh, trung bình và nhẹ (nghiệm thức N1, N2, N3) đều đạt được tiêu chí về tăng trưởng đường kính thân cây, đường kính tán, sinh khối và chất lượng cây trong lâm phần; nghiệm thức N1 và N2 có sinh trưởng, tổng sinh khối và chất lượng rừng tốt nhất được khuyến khích lựa chọn cho biện pháp kỹ thuật chăm sóc, nuôi dưỡng làm giàu chất lượng rừng; (2) các cây trồng làm giàu rừng sinh trưởng tốt, nghiệm thức LG1 có tổng lượng sinh khối và chất lượng lâm phần được cải thiện hơn so với trước thí nghiệm và các nghiệm thức LG2 và LG3, được đề xuất lựa chọn; loài Bần trắng (*Sonneratia alba*) có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt hơn được đề xuất trồng làm giàu rừng (3) nghiệm thức TT1 (theo hàng) và TT2 (theo băng) có tỷ lệ sống, sinh khối và chất lượng rừng tốt nên đều được lựa chọn; loài cây Cóc trắng (*Lumnitzera racemosa*) có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt hơn được đề xuất trồng làm giàu rừng tầng trên và (4) nghiệm thức TD2 (theo băng) có tỷ lệ sống, sinh khối và chất lượng rừng tốt nên được lựa chọn; loài Vẹt (*Bruguiera sexangula*) có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt hơn được đề xuất trồng làm giàu rừng tầng dưới.

Từ khóa: Cây tầng dưới, cây tầng trên, chất lượng rừng, làm giàu rừng, rừng ngập mặn, sinh trưởng.

RESEARCH ON TECHNIQUES TO IMPROVE BIOMASS AND QUALITY OF MANGROVES IN RESPONSE TO CLIMATE CHANGE IN CAN GIO COASTAL AREA, HO CHI MINH CITY

Hoang Van Thoi¹, Bui Nguyen The Kiet², Le Thanh Quang¹, Dinh Thi Phuong Vy¹, Nguyen Minh Hoan¹

¹*Forestry Science Institute of South Vietnam*
²*Can Gio Protection Forest Management Board*

The study was conducted in compartment of 1, 6B, 21, 24 and AHAP of the Can Gio Mangrove Forest Management Board, from September, 2022 to August, 2025, by setting up 4 completely randomized experiments, with three replications, namely (i) density adjustment experiment (N) according to formulas (N4- strong, N3- medium, N2- weak, N1- light and No- control); (ii) forest enrichment experiment with 3 formulas (LG1-creating a bed 3 m wide to plant a row of trees, LG2- creating a bed 6 m wide to plant 2 rows of trees, LG3- planting in small plots); (iii) arranging 2 experimental formulas for planting trees in the upper layer (TT1- creating a bed 3 m wide to plant a row of trees in the upper layer, TT2- creating a bed 6 m wide to plant 2 rows of trees in the upper layer); (iv) planting trees in the lower layer including 2 formulas (TD1- creating a bed 3 m wide to plant a row of trees in the lower layer, TD2- creating a bed 6 m wide to plant 2 rows of trees in the lower layer and). The results showed that the changes in growth diameter, height, biomass and forest quality in the experimental treatments were: (1) strong, medium and light density adjustments (treatments N1, N2, N3) all met the criteria for growth in tree diameter, canopy diameter, biomass and tree quality in the forest stand; treatments

N1 and N2 had the best growth, total biomass and forest quality and were recommended for technical measures to care for and enrich forest quality; (2) the trees that enriched the forest grew well, the fluctuations in density in the experimental treatments remained high at LG2 (1,870 trees/ha), LG1 with 1,760 trees/ha, LG3 with a density of 1,745 trees/ha.; treatment LG1 has improved total biomass and forest quality compared to before the experiment and treatments LG2 and LG3, this treatment is selected; the species *Sonneratia alba* has better survival rate and growth is proposed to be planted to enrich forest (3) treatments TT1 (in rows) and TT2 (in beds) have good survival rate, biomass and forest quality so they are selected; the species *Lumnitzera racemosa* has better survival rate and growth is proposed to be planted to enrich the upper layer forest and (4) treatments TD2 (in beds) have good survival rate, biomass and forest quality so they are selected; the species *Bruguiera sexangula* has better survival rate and growth is proposed to be planted to enrich the lower layer forest.

Keywords: Forest enrichment, upper layer trees, lower layer trees, growth, forest quality, mangroves

I. GIỚI THIỆU

Rừng ngập mặn Cần Giờ có diện tích 33.372,44 ha, trong đó diện tích rừng trồng là 19.508 ha, rừng tự nhiên là 13.508,5 ha (rừng nghèo 3.679 ha, rừng phục hồi có trữ lượng thấp là 7.952 ha) (UBND TP.HCM, 2025). Thành phần loài cây khá đa dạng, gồm 36 loài cây ngập mặn thực thụ (true mangroves), 33 loài cây gia nhập rừng ngập mặn (associate mangroves) và 90 loài cây chuyển tiếp sinh thái (Viên Ngọc Nam và Nguyễn Sơn Thụy, 1993). Rừng ngập mặn Cần Giờ đã và đang đóng vai trò quan trọng trong việc chắn sóng, chắn gió, điều hòa khí hậu, giảm ô nhiễm khu vực, giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu. Bên cạnh đó, các giá trị về gỗ và lâm sản ngoài gỗ là nguồn thu nhập rất lớn. Ngoài ra còn có các giá trị về cảnh quan môi trường là điểm du lịch sinh thái hấp dẫn, thu hút hàng chục ngàn lượt khách tới thăm mỗi năm, mang lại nguồn thu nhập đáng kể cho người dân địa phương.

Tuy nhiên, rừng ngập mặn (RNM) ven biển Cần Giờ luôn đối mặt với các nguy cơ bị suy giảm cả về diện tích lẫn chất lượng rừng (Phạm Thế Dũng, 2011; Phạm Quang Thu, 2011) do nhiều nguyên nhân khác nhau như: yếu tố lập địa, cấu trúc mật độ cây rừng, tầng tán, biện pháp kỹ thuật lâm sinh tác động chưa phù hợp, sâu bệnh hại,... Bên cạnh đó, tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng, thời tiết cực đoan... đang gây bất lợi đến sinh trưởng, phát triển của rừng, dẫn đến rừng bị suy giảm chức năng phòng hộ (Hoàng Văn Thoi, 2018).

Các công trình nghiên cứu đã và đang thực hiện ở vùng RNM tập trung chủ yếu vào các lĩnh vực như xây dựng chiến lược quản lý, bảo vệ hệ sinh thái rừng đến việc tiến hành các thực nghiệm tại hiện trường như nghiên cứu của Phan Nguyên Hồng (1999) đã khái quát về phân vùng và các dòng di cư của cây ngập mặn tại Việt Nam. Nghiên cứu các giải pháp về kinh tế, kỹ thuật tổng hợp nhằm khôi phục và phát triển RNM tại một số vùng phân bố ở Việt Nam, tác giả Ngô Đình Quế (2003) tiến hành trồng thử nghiệm RNM phòng hộ chắn sóng với các công thức trồng Trang và Bần chua thuần loài (mật độ 10.000 cây/ha), Bần chua và Trang hỗn giao với 3 công thức Trang 8.250 cây/ha, bần chua 800 cây, 1.000 cây, 1.200 cây/ha tại Tân Thành - Kiến Thụy - Hải Phòng, trên lập địa bãi bồi bùn chặt ngập triều trung bình. Qua đó nghiên cứu đã tạo ra các mô hình hỗn giao 2 tầng, tầng 1 có từ 800 - 1.200 cây Bần chua; tầng 2 có 8.250 cây Trang. Sau một thời gian theo dõi và đánh giá cho thấy cây trồng sinh trưởng tốt nhất tại công thức trồng hỗn giao 8.250 cây Trang + 800 cây Bần chua/ha. Với công thức và biện pháp trồng như vậy vừa thúc đẩy được sinh trưởng của cây trồng và sớm tạo được kết cấu rừng 2 tầng và nâng cao được hiệu quả phòng hộ của rừng. Các kết quả nghiên cứu ở đây cho thấy nhờ có dải rừng này mà sóng biển đã giảm cường độ một cách đáng kể khi vào đến đê. Ở phía ngoài, nơi không có RNM thì sóng cao 1,2 m, khi đi qua dải rừng vào tới chân đê chỉ còn 0,2 - 0,3 m. Đồng thời mức độ trầm tích bùn cát dưới dải rừng này

cũng rất cao, xấp xỉ 6 cm/năm (cao gấp 10 lần khi chưa có rừng). Phạm Thế Dũng (2011) trong nghiên cứu “Đánh giá chất lượng rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) trồng thuần loại, đề xuất các giải pháp kỹ thuật lâm sinh và cơ chế quản lý nhằm phát triển bền vững rừng phòng hộ Cần Giờ” đã chỉ ra sinh trưởng D, H và V cây cá thể ở lập địa thấp tốt hơn ở lập địa trung bình và cuối cùng là lập địa cao. Sinh trưởng rừng giảm mạnh ngay từ cấp tuổi II và tăng không đáng kể ở cấp tuổi V - VI; Tỷ lệ sâu hại cao theo cấp tuổi và cao nhất ở cấp tuổi VI; Cây tái sinh tự nhiên đơn điệu với loài Đước có mật độ dày, khả năng tham gia quần thụ kém bởi không có khả năng cạnh tranh; Tuổi lớn nhất của quần thụ Đước trồng đã hơn 30 năm, lớn hơn tuổi thành thực số lượng và đang ở giai đoạn già cỗi cần có giải pháp tác động kỹ thuật kịp thời. Khi tỉa thưa rừng có cường độ từ 10 - 40% đã cải thiện được chất lượng rừng và đề xuất tỉa thưa ở mức 20 - 25% là phù hợp. Năm 2018, Tổng cục Lâm nghiệp ban hành Hướng dẫn kỹ thuật trồng rừng, phục hồi rừng ngập mặn (dự án GCF) quy

định đối tượng rừng, biện pháp kỹ thuật cần làm giàu rừng.

Các kết quả nghiên cứu về làm giàu chất lượng rừng còn rất hạn chế, nhất là RNM do đặc tính đa phần là cây ưu sáng nên việc bố trí các biện pháp tác động là khá khó khăn. Bài báo này là một phần của đề tài “Nghiên cứu kỹ thuật làm giàu rừng ngập mặn ven biển Cần Giờ thích ứng với biến đổi khí hậu” do Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh tài trợ kinh phí, với mục tiêu xác định được biện pháp kỹ thuật làm giàu rừng nhằm gia tăng sinh khối và nâng cao khả năng phòng hộ của rừng ngập mặn Cần Giờ.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

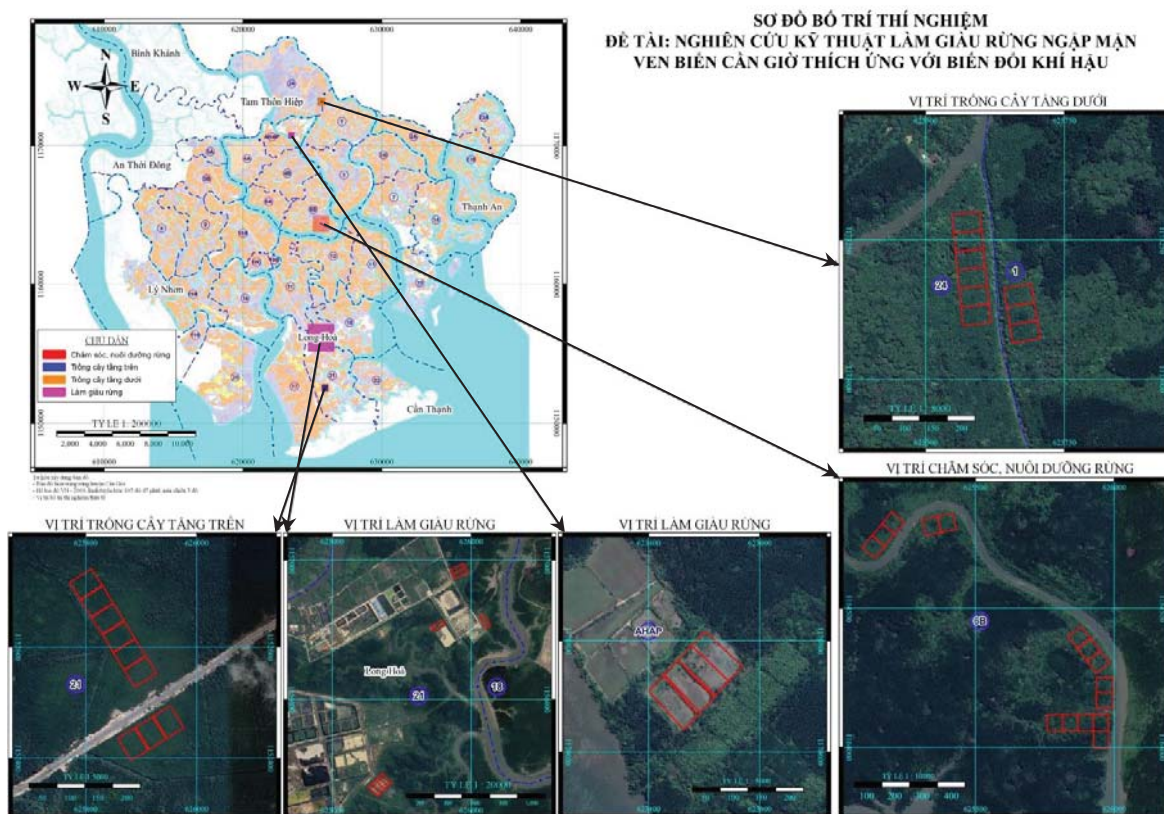
2.1. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Địa điểm bố trí thí nghiệm ở 13 lô, với 8 khoảnh thuộc các tiểu khu 6B, AHAP, 21, 1 và 24 thuộc Ban quản lý Rừng phòng hộ Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh (bảng 1, hình 1).

Bảng 1. Địa điểm, diện tích và nội dung bố trí thí nghiệm

TT	Mô hình thí nghiệm	Tiểu khu	Khoảnh	Lô	Diện tích (ha)	Mô tả nội dung
1	N				5,0	Thí nghiệm chăm sóc, nuôi dưỡng rừng
	N	6B	7	21		
	N	6B	7	4		
	N	6B	2	62		
2	LG				4,0	Thí nghiệm làm giàu chất lượng rừng
	LG	AHAP	ap	236		
	LG	AHAP	ap	21		
	LG	AHAP	ap	241		
	LG	21	2	7		
	LG	21	2	49		
	LG	21	2	44		
	LG	21	3	18		
3	TT	21	9	13	1,5	Thí nghiệm trồng cây tầng trên (đa tầng tán) làm giàu chất lượng rừng
4	TD				1,5	Thí nghiệm trồng cây tầng dưới (đa tầng tán) làm giàu chất lượng rừng
	TD	1	1	22		
	TD	24	8	21		

Ghi chú: N: Thí nghiệm chăm sóc nuôi dưỡng rừng; LG: Thí nghiệm làm giàu rừng; TT: Thí nghiệm trồng cây tầng trên và; TD: Thí nghiệm trồng cây tầng dưới.



Hình 1. Vị trí bố trí thí nghiệm trồng cây tầng dưới (A), trồng cây tầng trên (B), làm giàu rừng (C, D) và chăm sóc - nuôi dưỡng (E)

Thời gian thực hiện: Tháng 9 năm 2023 đến tháng 8 năm 2025

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Thí nghiệm chăm sóc, nuôi dưỡng rừng (CS - NDR)

Cơ sở khoa học của chăm sóc, nuôi dưỡng là đảm bảo cho rừng có mật độ hợp lý, tán cây có đủ không gian dinh dưỡng nhưng không tạo ra khoảng trống lớn.

Mục tiêu (i) Điều chỉnh và tạo tổ thành hợp lý cho rừng hỗn loại ở từng giai đoạn nuôi dưỡng, (ii) Loại trừ cây phẩm chất xấu, cây sâu bệnh, cây chen ép vạ, (iii) Điều chỉnh và tạo mật độ hợp lý cho từng giai đoạn sinh trưởng để rừng đạt năng suất và chất lượng phòng hộ cao.

Đối tượng thí nghiệm là rừng tự nhiên nghèo, tổ thành loài gồm Đà quánh, Giá, Mắm đen, Chà

là. Đặc điểm lâm học thể hiện mật độ ($N = 5.222$ cây/ha), đường kính ($D_{1,3} \text{ m} = 5,18 \text{ cm}$), chiều cao vút ngọn ($H_{vn} = 5,2 \text{ m}$), đường kính tán cây ($D_t = 0,71 \text{ m}$), trữ lượng bình quân cây thân gỗ ($M = 62,32 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Địa điểm bố trí thí nghiệm: Tiểu khu 6B

Tiến hành thí nghiệm điều chỉnh mật độ (N) theo các công thức, gồm:

- N1 (Mạnh): Điều chỉnh khoảng cách giữa các cây chừa bằng đường kính tán cây ở tuổi trưởng thành, tương ứng khoảng cách cây cách cây 1,94 m (D_t ở tuổi trưởng thành được xác định là 1,94 m (Hoàng Văn Thoi, 2025).
- N2 (Trung bình): Điều chỉnh khoảng cách giữa các cây chừa bằng 0,9 lần đường kính tán cây ở tuổi trưởng thành, tương ứng với khoảng cách cây cách cây 1,75 m.
- N3 (Yếu): Điều chỉnh khoảng cách giữa các cây chừa bằng 0,85 lần đường kính tán cây ở

tuổi trưởng thành, tương ứng với khoảng cách cây cách cây 1,65 m.

- N4 (Nhẹ): Chỉ phát cây leo có hại, không cần phát cây bụi thảm tươi.

- No (đối chứng): Không tác động

Phương pháp: Bố trí thí nghiệm theo khối ngẫu nhiên đầy đủ, 3 lần lặp lại.

Khối lượng: Tổng diện tích thí nghiệm điều chỉnh mật độ là gần 5,0 ha gồm:

$5 \text{ công thức} \times 3 \text{ lần lặp} \times 3.330 \text{ m}^2/\text{lặp} = 49.950 \text{ m}^2$.

Biện pháp kỹ thuật áp dụng:

- Đối tượng cây để lại nuôi dưỡng là những cây sinh trưởng bình thường, có phẩm chất tốt, tán lá cân đối, không có biểu hiện sâu bệnh và phân bố đều.

- Đối tượng bài chặt là những cây sinh trưởng xấu, sắp bị đào thải, cong queo sâu bệnh, cụt ngọn và cây kém giá trị, cây đang chen ép cây mục đích.

Thí nghiệm 2: Thí nghiệm làm giàu chất lượng rừng (LG) (4,0 ha)

Căn cứ khoa học: Giải pháp chuyển từ rừng chất lượng kém, tận dụng sự hỗ trợ của nền rừng cũ đối với cây trồng để xây dựng rừng với cây trồng làm giàu chiếm ưu thế, hỗn loại với cây sẵn có trong rừng tự nhiên, rừng trồng. Cây trồng làm giàu là những loài địa phương Đưng, Bần trắng, Mắm trắng có giá trị cao, dễ gây trồng, tăng trưởng nhanh, đặc biệt là tăng trưởng chiều cao.

LG1. Tạo rạch 3 m, trồng 1 hàng cây, cự ly cây cách cây 1,5 m.

LG2. Tạo băng 6 m, trồng 2 hàng cây, cự ly cây cách cây 1,5 m, hàng cách hàng 3,0 m.

LG3. Trồng theo đám, cây được trồng theo đám, đám cách nhau 12 m, cây cách cây 1,5 m, mỗi đám trồng 9 cây.

Bố trí thí nghiệm theo khối ngẫu nhiên đầy đủ, 3 lần lặp lại.

Đối tượng thí nghiệm là rừng tự nhiên phục hồi có các đặc điểm được mô tả tại bảng 2.

Bảng 2. Đặc điểm rừng trước khi thí nghiệm làm giàu rừng

TT	Nghiệm thức	N (cây/ha)	D _{1,3} (cm)	H _{vn} (m)	M (m ³ /ha)
1	LG1	1.017	3,84	2,97	1,64
2	LG2	1.133	4,44	4,04	3,00
3	LG3	1.100	5,47	4,02	5,84

Tổng diện tích thí nghiệm làm giàu là 4,0 ha gồm:

Địa điểm bố trí thí nghiệm: Tiểu khu AHAP và tiểu khu 21.

Loài cây trồng: Mắm trắng, Đưng, Bần trắng.

Biện pháp kỹ thuật áp dụng:

- Rạch và băng trồng cây được bố trí cách đều.

- Băng chừa, có chiều rộng 6 m (công thức LG1) và 12 m (công thức LG2) và được xử lý đồng thời với tạo rạch trồng cây theo các nội dung: luồng dây leo có hại, chặt cây xấu, cây cong queo, cây bị sâu bệnh.

Tiêu chuẩn cây trồng: Cây con ươm trong bầu nilon, kích thước 18 × 22 cm, tuổi cây 12 - 18 tháng, chiều cao 0,6 m trở lên.

Xử lý thực bì, làm đất, trồng, chăm sóc, thời vụ trồng theo quy định của trồng rừng, nhưng kích thước hố trồng cây nhỏ nhất là 40 × 40 × 40 cm.

Đối với làm giàu theo đám, việc xử lý thực bì, làm đất, kỹ thuật trồng, chăm sóc được thực hiện như trồng theo rạch/băng.

Cây trồng cách mép rừng 1,5 m.

Thí nghiệm 3: Thí nghiệm trồng đa tầng tán - trồng cây tầng trên (TT)

Căn cứ khoa học: Chuyển từ rừng chất lượng kém, có 1 tầng tán thành rừng có 2 tầng tán, trồng hỗn loại với cây sẵn có trong rừng nghèo và rừng phục hồi. Cây trồng làm giàu là Cóc trắng, Bần trắng, Mắm trắng; đây là những loài có sẵn tại địa phương, có giá trị cao, dễ gây trồng, tăng trưởng nhanh, đặc biệt là tăng trưởng chiều cao, nhằm tăng khả năng phòng hộ của rừng (TCLN, 2018).

Bố trí 2 công thức thí nghiệm, gồm:

TT1. Tạo rạch 3 m, trồng 1 hàng cây, cự ly cây cách cây 1,5 m.

TT2. Tạo băng 6 m, trồng 2 hàng cây, cây cách cây 1,5 m, hàng cách hàng 3,0 m.

Bố trí thí nghiệm theo khối ngẫu nhiên đầy đủ, 3 lần lặp lại.

Đối tượng thí nghiệm là rừng nghèo, có các đặc điểm lâm phần nêu tại bảng 3.

Bảng 3. Đặc điểm rừng trước khi thí nghiệm làm giàu rừng tầng trên

TT	Nghiệm thức	N (cây/ha)	D _{1,3} (cm)	H _{vn} (m)	M (m ³ /ha)
1	TT1	975	3,68	2,43	1,30
2	TT2	950	3,77	2,96	1,81

Diện tích thí nghiệm đa tầng tán - tầng trên là 15.030 m².

Địa điểm bố trí thí nghiệm: Tiểu khu 21.

Loài cây trồng tầng trên: Bần trắng, Mắm trắng, Cóc trắng.

Biện pháp kỹ thuật áp dụng như thí nghiệm 2.

Thí nghiệm 4: Thí nghiệm trồng đa tầng tán - trồng cây tầng dưới (TD)

Căn cứ khoa học: Chuyển từ rừng chất lượng kém, có 1 tầng tán thành rừng có 2 tầng tán, trồng hỗn loại với cây sẵn có trong rừng nghèo và rừng phục hồi. Cây trồng làm giàu là Vẹt, Sú, đây là những loài sinh trưởng tốt ở địa phương có giá trị cao, dễ gây trồng.

Bố trí 2 công thức thí nghiệm, bao gồm:

TD1. Tạo rạch 3 m, trồng 1 hàng cây tầng thấp, cự ly cây cách cây 1,0 m.

TD2. Tạo băng 6 m, trồng 2 hàng cây tầng thấp, cây cách cây 1 m, hàng cách hàng 3,0 m.

Bố trí thí nghiệm theo khối ngẫu nhiên đầy đủ, 3 lần lặp lại.

Đối tượng thí nghiệm là rừng nghèo, với các đặc điểm được mô tả tại bảng 4.

Bảng 4. Đặc điểm rừng trước khi thí nghiệm làm giàu rừng tầng dưới

TT	Nghiệm thức	N (cây/ha)	D _{1,3} (cm)	H _{vn} (m)	M (m ³ /ha)
1	TD1	933	14,8	9,1	73,82
2	TD2	1.093	13,3	8,9	67,56

Diện tích thí nghiệm đa tầng tán - trồng cây tầng dưới là 15.030 m².

Địa điểm bố trí thí nghiệm: Tiểu khu 1 và 24.

Loài cây trồng tầng dưới: Vẹt, Sú.

Biện pháp kỹ thuật áp dụng như thí nghiệm 2.

2.2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Các chỉ tiêu nghiên cứu: Mật độ rừng hiện tại; mật độ còn lại sau tác động; các chỉ tiêu sinh trưởng D_{1,3}, H_{vn}, H_{dc}, D_t, phẩm chất cây, tàn che... trước và sau khi tác động.

Số liệu được thu thập tại ô tiêu chuẩn, diện tích 500 m², ô tiêu chuẩn được đặt cố định và ngẫu nhiên tại mỗi lần lặp và mỗi nghiệm thức. Tiến hành đo D_{1,3} tất cả các cây trong ô bằng thước kẹp kính, với độ chính xác 0,1 cm; H_{vn}, H_{dc} và D_t được đo từ 30 cây gần tâm ô bằng thước cao chuyên dùng, có độ chính xác 0,5 m, trong khi D_{tán} được đo theo 2 hướng Đông - Tây, Nam - Bắc bằng thước dây; độ tán che được ước lượng tại 5 điểm (1 điểm tại tâm ô và 4 điểm theo hướng Đông, Tây, Nam, Bắc cách tâm ô 5,0 m) bằng cách chụp ảnh tán cây và so sánh với mẫu ảnh. Phẩm chất cây được xác định theo 3 mức (tốt, trung bình, xấu) bằng cách quan sát.

2.2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

- Tính bình quân cộng đối với các chỉ tiêu điều tra: D_{1,3}, H_{vn}, H_{dc}, D_t.

- Tính các chỉ số bình quân ô tiêu chuẩn và lâm phần: N (cây/ha), tàn che.

- Sinh khối: Áp dụng phương trình ước lượng sinh khối khô. Tính sinh khối rừng theo công thức: Tổng SK = $\sum SK_i$. Trong đó: SK_i là sinh khối của loài i, dựa vào các phương trình toán học của các tác giả đã xây dựng cho loài i, chi tiết cho từng loài cây nêu trong bảng 5.

Bảng 5. Ước tính sinh khối khô cây cá thể theo loài cây và loại rừng

Tên loài	Loại rừng	Wa (kg)	Wb (kg)	Wt (kg)	r (g/cm ³)	Nguồn
Bần trắng (<i>Sonneratia alba</i>)	RTN	$W_a = 0,1925 \cdot D^2 \cdot 2,953$	$W_b = W_a \cdot 0,22$	$W_t = W_a + W_b$		Bùi Nguyễn Thế Kiệt và Viên Ngọc Nam (2016);
Cóc trắng (<i>Lumnitzera racemosa</i>)	RRT	$W_a = 0,075 \cdot D^2 \cdot 3,721$	$W_b = W_a \cdot 0,22$	$W_t = W_a + W_b$		Viên Ngọc Nam, 2011;
Đưng (<i>Rhizophora mucronata</i>)	RTN, RT	$W_a = 0,251 \cdot p \cdot D^2 \cdot 4,6$	$W_b = 0,199 \cdot p \cdot 0,899 \cdot D^2 \cdot 2,22$	$W_t = W_a + W_b$	0,792	Komiyama et al., (2008)
Mắm trắng (<i>Avicennia alba</i>)	RTN, RT	$W_a = 0,308 \cdot D^2 \cdot 1,1$	$W_b = 1,28 \cdot D^2 \cdot 1,17$	$W_t = W_a + W_b$		Comley and McGuinness (2005)
Vẹt (<i>Bruguiera sexangula</i>)		$W_a(kg) = 0,251 \cdot p \cdot D_{1,3}^2 \cdot 4,6$	$W_b(kg) = 0,199 \cdot p \cdot 0,899 \cdot D_{1,3}^2 \cdot 2,22$	$W_t = W_a + W_b$	00,74	Komiyama et al., (2008)

Ghi chú: W_a : Tổng sinh khối khô trên mặt đất cây cá thể, kg; W_b : Tổng sinh khối khô dưới mặt đất cây cá thể, kg; W_t : Tổng sinh khối khô trên mặt đất và dưới mặt đất cây cá thể, kg; D : Đường kính ngang ngực (cm); $r(g/cm^3)$: Khối lượng thể tích gỗ; $R/s = 0,22$: Tỷ lệ sinh khối dưới mặt đất và trên mặt đất mặc định cho rừng ngập mặn theo IPCC 2006.

- Phân tích, so sánh sự khác biệt giữa các trung bình nghiệm thức bằng phương pháp phân tích phương sai, với giá trị $P < 0,05$.

Sử dụng phần mềm Excel và Statgraphics để xử lý thống kê.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

2.2.4. Công cụ tính toán

3.1. Thí nghiệm chăm sóc, nuôi dưỡng rừng

Bảng 6. Đặc điểm rừng thí nghiệm chăm sóc, nuôi dưỡng sau 24 tháng

Nghiệm thức	N (cây/ha)	$D_{1,3}$ (cm)	CV-D (%)	H_{vn} (m)	CV-H (%)	H_{dc} (m)	CV- H_{dc} (%)	D_t (m)	CV- D_t (%)	Wt (tấn/ha)	P.chất cây tốt (%)	Cấu trúc (C)
No	4.247	8,11 ^d	45,73	7,40 ^d	19,42	2,66 ^c	28,68	1,51 ^d	28,11	210,07 ^c	38,5	15,86 ^d
N1	2.667	10,58 ^a	36,63	7,98 ^a	18,65	5,05 ^a	26,09	1,78 ^{ab}	22,00	246,38 ^a	100,0	22,61 ^a
N2	3.347	10,07 ^b	37,09	7,70 ^b	18,62	5,00 ^a	24,13	1,89 ^{bc}	17,68	238,92 ^{ab}	94,3	20,23 ^{ab}
N3	3.727	8,82 ^c	42,01	7,41 ^{cd}	19,19	3,33 ^b	24,08	1,70 ^{cd}	22,54	221,02 ^{bc}	89,2	19,46 ^{bc}
N4	4.000	8,875 ^c	43,02	7,47 ^c	19,12	3,31 ^b	28,64	1,59 ^{cd}	25,92	213,99 ^c	79,0	16,29 ^{cd}
$P_{0,05}$	3.597	0,0001		0,0001		0,0001		0,0001		0,0098	80,2	18,89

Ghi chú: các chữ số a, b, c trên cùng một cột giống nhau là không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%.

Tại bảng 6 chỉ ra, sự biến động giữa các nghiệm thức về nhân tố mật độ, đường kính, chiều cao, đường kính tán và trữ lượng; về mật độ ở nghiệm thức No, N3 và N4 là cao nhất, khác biệt có ý nghĩa với nhóm kế tiếp là thí nghiệm N2 và N1, nguyên nhân do cường độ tia của các nghiệm thức khác nhau, dẫn đến có sự khác biệt.

Kết quả tính toán hệ số biến động (CV%) đã phản ánh mức độ không đồng đều của các chỉ tiêu sinh trưởng giữa các cây trong cùng nghiệm

thức. Về đường kính thân ($D_{1,3}$) có CV% dao động từ 36,63 - 45,73%, thuộc mức biến động cao. Điều này cho thấy cây trong các lô rừng, đặc biệt là nghiệm thức đối chứng (No), có sự không đồng đều lớn về kích thước thân, nguyên nhân có thể do mật độ dày và đang trong giai đoạn cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng mạnh. Ngược lại, nghiệm thức N1 (CV = 36,63%) có độ biến động thấp hơn, phản ánh sinh trưởng thân ổn định và đồng đều hơn. Đối với chiều cao vút ngọn (H_{vn}), CV% dao động từ 18,62 -

19,42%, thể hiện mức biến động trung bình, cho thấy sinh trưởng chiều cao của cây khá ổn định giữa các nghiệm thức, ít bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi mật độ cây rừng. Chiều cao dưới cành (H_{dc}) có CV% từ 24,08 - 28,68%, thuộc mức biến động trung bình đến cao. Điều này phản ánh sự khác biệt trong khả năng tự tỉa cành của các cá thể, đặc biệt ở lô có mật độ cao (No), nơi cây chịu che tán mạnh nên sinh trưởng chiều cao dưới cành kém đồng đều hơn. Đường kính tán (D_t) có CV% biến động từ 17,68 - 28,11%, mức trung bình đến cao. Nghiệm thức N2 (CV = 17,68%) cho thấy độ đồng đều tán lá tốt nhất, thể hiện mật độ khá phù hợp giúp cây phát triển tán cân đối. Ngược lại, No (CV = 28,11%) có biến động lớn nhất, cho thấy cây trong lô mật độ cao phát triển tán không đều do cạnh tranh không gian. Từ kết quả tính toán về hệ số biến động cho thấy, các chỉ tiêu sinh trưởng ở nghiệm thức N1 và N2 có hệ số biến động thấp hơn so với các nghiệm thức khác, chứng tỏ mức độ đồng đều sinh trưởng cao, sinh khối và chất lượng rừng tốt hơn. Ngược lại, nghiệm thức No (mật độ cao) có hệ số biến động lớn ở hầu hết các chỉ tiêu, thể hiện sự phân hóa mạnh về sinh trưởng cá thể trong quần thể.

Kết quả tại bảng 6 cũng cho thấy, sau khi thí nghiệm có sự biến động về đường kính thân cây theo chiều hướng tăng dần theo cường độ tỉa; có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($F = 38,61$; $P = 0,00001$) và được chia thành các nhóm nghiệm thức N1 cao nhất, kết tiếp là N2 khác biệt so với các nghiệm thức thí nghiệm N3 và N4, thấp nhất là No. Lý do dẫn đến sự khác biệt này là sau khi không gian được giải phóng, các nghiệm thức N1 và N2 phát triển nhanh hơn về đường kính thân cây. Tương tự, khi xem xét về chiều cao thấy có sự khác biệt theo hướng phát triển nhanh hơn ở các nghiệm thức thí nghiệm N1, N2; trong khi các nghiệm thức N4, N3 và No kém hơn ($F = 16,51$;

$P = 0,00001$). Về đường kính tán cây, kết quả cũng cho thấy xu hướng D_t tăng theo chiều giảm của yếu tố mật độ, tức là các nghiệm thức N1, N2 phát triển tán mạnh hơn so với nghiệm thức No, N4. Các khác biệt này đều có ý nghĩa thống kê ở mức 95% ($F = 14,01$; $P = 0,00001$). Về sinh khối cũng có sự biến động mạnh so với trước thí nghiệm. Các nghiệm thức có tác động mạnh về cường độ như N1 có tổng lượng sinh khối thấp nhất ở giai đoạn đầu, nhưng đã vượt lên hàng đầu sau 24 tháng thí nghiệm, do lượng tăng trưởng sinh khối mạnh mẽ đã bù lại lượng đã tỉa và vượt lên; tiếp theo là nghiệm thức N2 vượt lên cao chỉ sau nghiệm thức N1; các nghiệm thức N3, N4 đều vượt so với trước thí nghiệm và nghiệm thức No; phân tích thống kê cho thấy có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ($F = 7,04$; $P = 0,0098$) và khi so sánh từng cặp với đối chứng (No) thấy có biến động tăng theo hướng $N1 > N2 > N3 > N4 > No$ lần lượt là 17,29%, 13,74%, 5,21% và 1,87%.

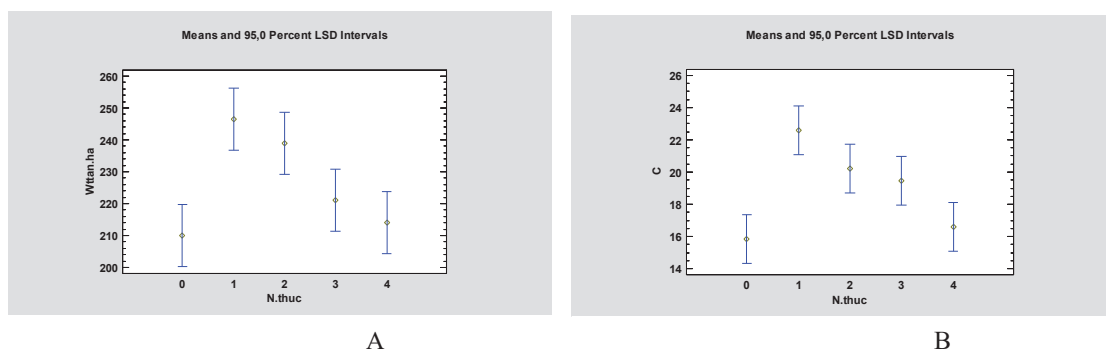
Đánh giá về phẩm chất cây cho thấy có 100% và 94,3% cây tốt thu được ở nghiệm thức N1 và N2, N4 là 79% và N3 là 89,2%, trong khi nghiệm thức đối chứng No chỉ là 38,5%; phẩm chất cây loại trung bình chiếm cao nhất ở nghiệm thức No với 58,6%, kế tiếp là nghiệm thức N3 và N4 lần lượt là 20,9% và 10,8%; phẩm chất cây xấu chỉ là 3,0% ở nghiệm thức No. Như vậy, biện pháp kỹ thuật chăm sóc, nuôi dưỡng đã giúp cải thiện rõ rệt phẩm chất cây, do quá trình tác nghiệp đã loại bỏ những cây xấu và tạo điều kiện cho những cây được lựa chọn có không gian phát triển.

Đánh giá về chất lượng rừng thông qua chỉ tiêu cấu trúc, cho thấy có 100% các nghiệm thức vượt từ 2,67% đến 42,51% so với đối chứng (No) và đều vượt so với yêu cầu ($C = 14$) về chức năng chắn sóng, lún biển của rừng theo TCVN 12510 - 2:2018 (Bộ KHCN, 2018); nghiệm thức có chất lượng tốt nhất là nghiệm thức N1, N2 và N3 với

độ vượt so với đối chứng lần lượt là 42,51%, 27,51% và 22,69% khác biệt có ý nghĩa thống kê so với No ($F = 8,95$; $P = 0,0048$). Như vậy, biện pháp kỹ thuật chăm sóc, nuôi dưỡng đã giúp cải thiện rõ rệt chất lượng rừng.

Nhận xét chung, từ kết quả nghiên cứu cho thấy, nghiệm thức N1, N2, N3 vừa đạt được tiêu chí về tăng trưởng đường kính thân cây, chiều cao,

đường kính tán và phẩm chất cây rừng; đặc biệt nghiệm thức N1 và N2 có tổng lượng sinh khối và chất lượng lâm phần được cải thiện trên 10% so với đối chứng, từ đó gia tăng khả năng phòng hộ của rừng. Nghiệm thức N1 và N2 được đề xuất lựa chọn cho biện pháp kỹ thuật chăm sóc, nuôi dưỡng làm giàu chất lượng rừng ven biển Cần Giờ.



Hình 2. Phân tích biến động về sinh khối (A) và chất lượng rừng (B) giữa các nghiệm thức thí nghiệm chăm sóc, nuôi dưỡng rừng

3.2. Thí nghiệm làm giàu rừng

Bảng 7. Đặc điểm sinh trưởng cây trồng làm giàu chất lượng rừng sau 24 tháng thí nghiệm

Nghiệm thức	TLS (%)	D _{1,3} (cm)	CV-D _{1,3} (%)	H _{vn} (m)	CV-H _{vn} (%)	H _{dc} (m)	CV-H _{dc} (%)	Wt (tán/ha)	P.chất cây tốt (%)	Cấu trúc (C)
LG1	80,2 ^b	4,87 ^a	52,64	3,04 ^a	39,15	2,00 ^a	21,79	6,02 ^a	90	9,88 ^a
LG2	68,3 ^c	4,72 ^a	27,81	1,52 ^b	27,96	1,13 ^b	22,21	5,12 ^b	80	5,91 ^b
LG3	85,5 ^a	2,51 ^b	41,75	1,47 ^b	27,20	1,07 ^b	5,41	1,98 ^c	95	4,53 ^b
P _{0,05}	0,0009	0,0001		0,0001		0,0198		0,0004	88,3	0,0042

Ghi chú: các chữ số a, b, c trên cùng một cột giống nhau là không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%.

Kết quả tại bảng 7 cũng cho thấy, sau khi thí nghiệm có sự biến động về đường kính thân cây và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($F = 118,41$; $P = 0,00001$) và được chia thành các nhóm nghiệm thức LG1 và LG2 cao nhất khác biệt so với các nghiệm thức thí nghiệm LG3. Tương tự, khi xem xét về chiều cao thấy có sự khác biệt theo hướng phát triển nhanh hơn ở các nghiệm thức thí nghiệm LG1 khác biệt so với nghiệm thức LG2 và LG3 kém hơn ($F = 65,08$; $P = 0,00001$). Về chiều cao dưới cành, kết

quả cho thấy khá đồng đều giữa nghiệm thức LG2 và LG3, hai nghiệm thức không có sự khác biệt nhưng khác biệt có ý nghĩa thống kê so với LG1 ở mức 95% ($F = 14,19$; $P = 0,00001$).

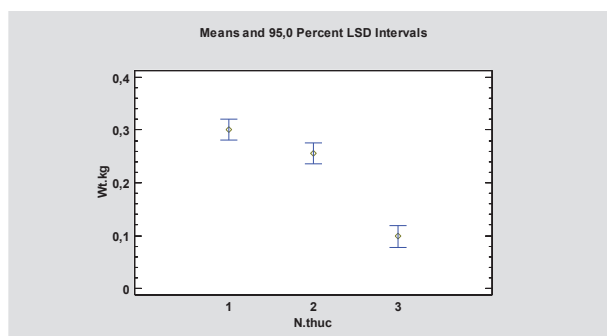
Về sinh khối cũng có sự biến động mạnh so với trước thí nghiệm, nghiệm thức LG1 cao hơn nghiệm thức LG2 và LG3. Phân tích thống kê cho thấy có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ($F = 103,71$; $P = 0,0004$); khi so sánh từng cặp thấy có biến động tăng theo hướng $LG1 > LG2 > LG3$ (hình 3 A).

Đánh giá về chất lượng rừng thông qua chỉ tiêu cấu trúc, cho thấy các nghiệm thức vượt từ 4,53 đến 9,88 lần; như vậy, chức năng chắn sóng, lấn biển của rừng được nâng lên; nghiệm thức có chất lượng tốt nhất là nghiệm thức LG1 hơn LG2 và LG3 khác biệt có ý nghĩa thống kê ($F = 28,85$; $P = 0,0042$). Như vậy, biện pháp kỹ thuật làm giàu rừng đã giúp cải thiện rõ rệt chất lượng rừng giữa các nghiệm thức (hình 2 B).

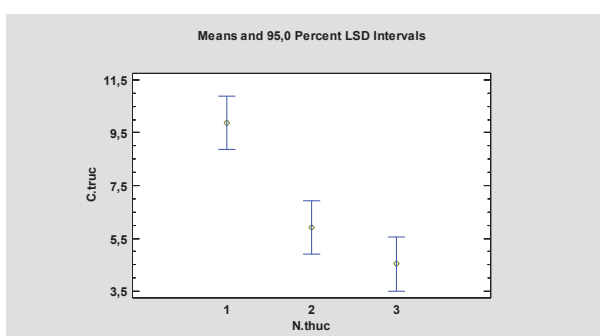
Đánh giá về loài cây làm giàu rừng, loài Bần trắng có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt nhất

($TLS = 78\%$, $D = 3,78$ cm, $H = 2,24$ m); trong khi loài Mắm trắng xếp kế tiếp ($TLS = 78\%$, $D = 3,78$ cm, $H = 1,93$ m), Đưng sinh trưởng thấp nhất ($TLS = 75,1\%$, $D = 3,78$ cm, $H = 1,85$ m) khác biệt so với Bần trắng,

Kết quả tại bảng 7 cho thấy, có sự biến động về tỷ lệ sống ở các nghiệm thức thí nghiệm, duy trì ở mức cao nhất là thí nghiệm LG3 (85,5%), kế tiếp là thí nghiệm LG1 với 80,2%, thí nghiệm LG2 có tỷ lệ sống là 68,3%; có sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 95% ($F = 65,63$; $P = 0,0009$).



A



B

Hình 3. Biến động về sinh khối (A) và chất lượng rừng - C (B) giữa các nghiệm thức thí nghiệm làm giàu rừng

Đánh giá về sự biến động các chỉ số sinh trưởng thông qua hệ số biến động ($CV\%$), ở nghiệm thức LG1, các chỉ tiêu sinh trưởng như đường kính ($D_{1,3}$) và chiều cao (H_{vn}) có giá trị trung bình cao nhất nhưng lại đi kèm với $CV\%$ lớn (từ 39 - 53%), cho thấy mức độ phân hóa mạnh về kích thước cá thể. Mặc dù điều này thể hiện sinh trưởng nhanh của các cây trội, song đồng thời phản ánh quá trình cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng diễn ra mạnh, hình thành phân tầng rõ rệt trong quần thể. Đối với rừng phòng hộ đa tầng tán, sự phân hóa này không phải là bất lợi, mà là biểu hiện của quá trình hình thành tầng tán khác nhau - tầng cây vượt trội, tầng trung gian và tầng dưới tán, giúp tăng khả năng che phủ, giữ đất và điều hòa tiểu khí hậu.

Nghiệm thức LG2 có $CV\%$ thấp hơn (khoảng 27 - 28%), thể hiện sự đồng đều tương đối về sinh trưởng, cấu trúc quần thể ổn định hơn. Rừng ở nghiệm thức này có thể đang ở giai đoạn hình thành tầng tán, khi các cây đã phân hóa nhẹ nhưng chưa tạo thành tầng rõ rệt. Cấu trúc này thích hợp cho rừng phòng hộ có chức năng giữ đất, hạn chế xói mòn và phát triển bền vững.

Nghiệm thức LG3 có tỷ lệ sống (85,5%) và tỷ lệ cây tốt (95%) cao nhất, cùng với $CV\%$ ở mức trung bình (27 - 41%), phản ánh quần thể cây phát triển cân đối, song vẫn duy trì được mức độ phân hóa nhất định - yếu tố quan trọng trong rừng phòng hộ hỗn loài và đa tầng tán. Mức biến động vừa phải của LG3 cho thấy rừng đang dần ổn định cấu trúc tầng tán, có tính bền vững

sinh thái cao, và khả năng tái sinh, kế cận tầng tán tốt.

Về mặt lâm sinh, trong hệ sinh thái rừng phòng hộ đa loài - đa tầng - đa cấp tuổi, CV% cao ở một số chỉ tiêu không nhất thiết là bất lợi. Ngược lại, nó phản ánh sự đa dạng về kích thước, tầng tán và cấp tuổi, tạo nên cấu trúc không gian phức tạp, giúp rừng hấp thụ năng lượng mặt trời hiệu quả hơn, vừa đảm bảo tính đa dạng sinh học, vừa duy trì độ che phủ và ổn định sinh thái cao. LG1 tuy có sinh trưởng nhanh và năng suất lớn, nhưng cần được điều

tiết về cấu trúc tầng tán để đạt được mục tiêu phòng hộ bền vững.

Nhận xét chung, từ kết quả nghiên cứu cho thấy nghiệm thức LG1, LG2, LG3 đạt được các tiêu chí về tăng trưởng đường kính thân cây, chiều cao, đường kính tán và phẩm chất cây rừng; đặc biệt nghiệm thức LG1 có tổng lượng sinh khối và chất lượng lâm phần được cải thiện hơn so với đối chứng và các nghiệm thức LG2 và LG3. Như vậy, nghiệm thức LG1 được đề xuất lựa chọn cho biện pháp kỹ thuật làm giàu chất lượng rừng ven biển Cần Giờ.

3.3. Thí nghiệm đa tầng tán làm giàu rừng tầng trên

Bảng 8. Đặc điểm loài cây làm giàu rừng tầng trên sau 24 tháng thí nghiệm

Nghiệm thức	TLS (%)	D _{1,3} (cm)	CV-D _{1,3} (%)	H _{vn} (m)	CV-H _{vn} (%)	H _{dc} (m)	CV-H _{dc} (%)	Wt (tấn/ha)	P.chất cây tốt (%)	Cấu trúc (C)
TT1	95,0 ^a	3,74 ^a	33,25	2,43 ^b	24,55	1,12 ^a	15,77	0,35 ^a	95,0	7,06 ^a
TT2	87,3 ^b	3,46 ^b	19,85	2,96 ^a	22,42	1,16 ^a	5,72	0,42 ^a	90,0	6,93 ^a
P _{0,05}	0,00001	0,00008		0,0215		0,6056		0,5210		0,7285

Ghi chú: các chữ số a, b, c trên cùng một cột giống nhau là không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%

Kết quả đo đếm tại hiện trường tháng 8/2025 cho thấy, có sự biến động của mật độ ở các nghiệm thức thí nghiệm, duy trì ở mức cao nhất là thí nghiệm TT1 (1.715 cây/ha), kế tiếp là thí nghiệm TT2 với 1.690 cây/ha. Các cây trồng mới có sinh trưởng khá tốt.

Bảng 8 cũng cho thấy, sau khi thí nghiệm có sự biến động về đường kính thân cây và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($F = 11,47$; $P = 0,0008$); nghiệm thức TT1 cao nhất khác biệt so với các nghiệm thức TT2. Ngược lại, khi xem xét về chiều cao cho thấy có sự khác biệt theo hướng phát triển nhanh hơn ở các nghiệm thức TT2 khác biệt so với nghiệm thức TT1 ($F = 5,32$; $P = 0,0215$). Về tỷ lệ sống, kết quả cũng cho thấy nghiệm thức TT1 cao hơn so với nghiệm thức TT2. Các khác biệt này đều có ý nghĩa thống kê ở mức 95% ($F = 14,01$; $P = 0,00001$).

Bảng 8 cũng cho thấy, hệ số biến động đường kính (CV - D_{1,3}) khác nhau giữa các nghiệm thức; TT1 có mức biến động đường kính (33,25%) cao hơn rõ rệt, cho thấy các cây trong lâm phần có sự chênh lệch đáng kể về kích thước thân. CV cao là dấu hiệu tích cực đối với rừng phòng hộ đa tầng, vì phản ánh sự phân hóa cấp kính tự nhiên, tức là đã có cây vượt trội (tầng trội), cây trung bình và cây bị che (tầng dưới). Ngược lại, TT2 có CV thấp ($\approx 20\%$), chứng tỏ quần thể đồng đều, thường gặp trong rừng mới phục hồi. Đối với chiều cao vút ngọn, hệ số biến động (CV - H_{vn}) ở mức trung bình, nhưng TT1 vẫn cao hơn một chút, nên tán cây không đồng đều, có sự chênh lệch chiều cao giữa các cá thể sẽ thuận lợi cho hình thành tầng tán kế tiếp nhau (tầng cây cao, tầng dưới tán). Đối với chiều cao dưới cành, hệ số biến động của nghiệm thức TT1 = 15,77% cao hơn TT2

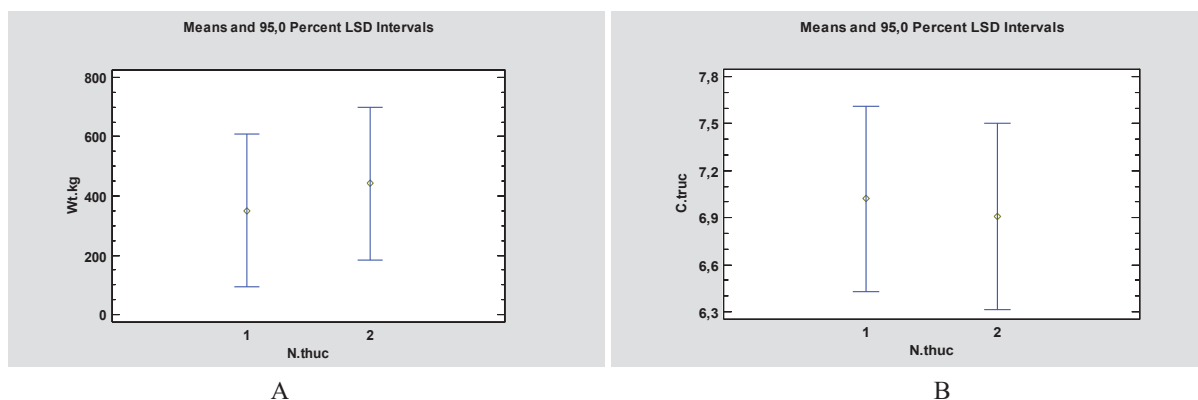
(5,72%) phản ánh mức độ tia cạnh tự nhiên và sự phân hóa tán dưới cao hơn.

Về sinh khối cũng có sự biến động, nghiệm thức TT2 cao hơn nghiệm thức TT1; các nghiệm thức đều vượt so với trước thí nghiệm. Phân tích thống kê cho thấy không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ($F = 0,60$; $P = 0,5210$); tuy nhiên, khi so sánh từng cặp cho thấy có biến động tăng theo hướng $TT2 > TT1$.

Đánh giá về chất lượng rừng thông qua chỉ tiêu cấu trúc, cho thấy các nghiệm thức vượt từ 6 đến 7 lần so với trước thí nghiệm; chứng tỏ chức năng chắn sóng, lún biển của rừng được nâng lên; nghiệm thức có chất lượng tốt nhất là

nghiệm thức TT1 hơn TT2; tuy nhiên, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($F = 0,16$; $P = 0,7285$). Như vậy, biện pháp kỹ thuật làm giàu rừng bằng giải pháp trồng cây tầng trên (theo hàng và theo băng) đã bổ sung thêm thành phần loài cây và đa dạng hóa tầng tán rừng đã giúp cải thiện rõ rệt chất lượng rừng.

Đánh giá về loài cây làm giàu rừng tầng trên, loài Cóc trắng có tỷ lệ sống cao nhất và sinh trưởng khá tốt ($TLS = 94\%$, $D = 2,20$ cm, $H = 2,20$ m); trong khi loài Bần trắng xếp kế tiếp ($TLS = 68\%$, $D = 3,86$ cm, $H = 3,86$ m), Mắm trắng sinh trưởng thấp nhất ($TLS = 78\%$, $D = 3,78$ cm, $H = 4,71$ m) khác biệt so với Bần trắng.



Hình 4. Biến động về sinh khối (A) và chất lượng rừng (B) giữa các nghiệm thức thí nghiệm làm giàu rừng đa tầng tán - tầng trên

3.4. Thí nghiệm đa tầng tán làm giàu rừng tầng dưới

Bảng 9. Đặc điểm loài cây làm giàu rừng tầng dưới sau 24 tháng thí nghiệm

Nghiệm thức	TLS (%)	D _{1,3} (cm)	Cv-D (%)	H _{vn} (m)	Cv-H _{vn} (%)	H _{dc} (m)	Cv-H _{dc} (%)	Wt (tấn/ha)	P.chất cây tốt (%)	Cấu trúc (C)
TD1	77,7 ^a	1,49 ^b	24,0	1,38 ^a	14,4	1,05 ^a	4,15	0,49 ^b	85	3,69 ^a
TD2	70,3 ^a	1,62 ^a	31,6	1,37 ^a	14,8	0,97 ^a	2,59	0,86 ^a	80	3,78 ^a
P _{0,05}	0,1415	0,0114		0,6916		0,1843		0,0019		0,4676

Ghi chú: các chữ số a, b, c trên cùng một cột giống nhau là không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%.

Kết quả đo đếm tại hiện trường tháng 8/2025 cho thấy, có sự biến động của mật độ ở các nghiệm thức thí nghiệm, duy trì ở mức cao nhất là thí nghiệm TD2 (2.195 cây/ha), kế tiếp là thí nghiệm TD1 với 2.035 cây/ha.

Kết quả tại bảng 9 cũng cho thấy, sau khi thí nghiệm có sự biến động về đường kính thân cây và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($F = 6,47$; $P = 0,0114$); nghiệm thức TD2 cao nhất khác biệt so với các nghiệm

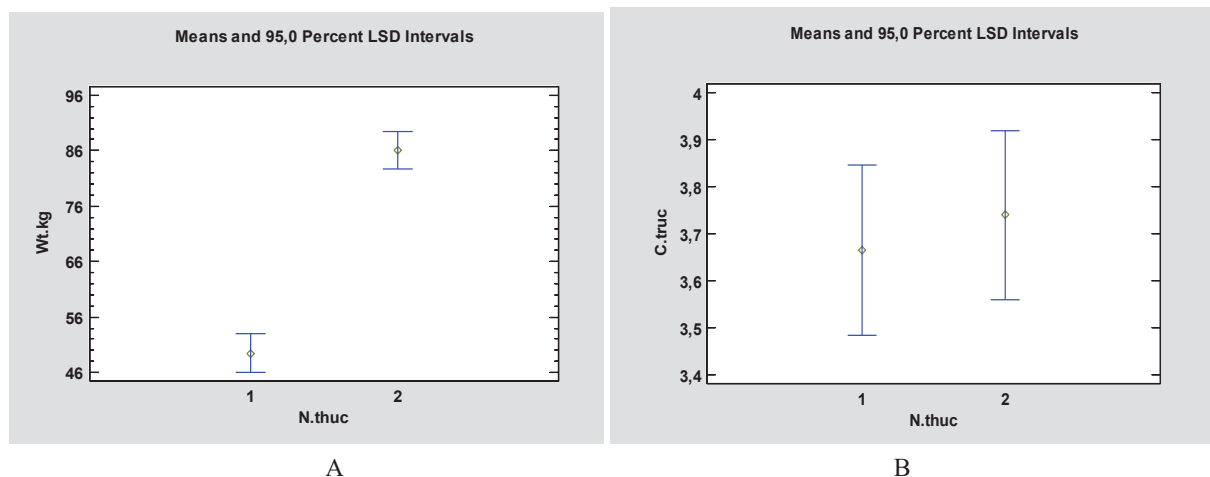
thức thí nghiệm TD1. Ngược lại, khi xem xét về chiều cao vút ngọn và chiều cao dưới cành cho thấy không có sự khác biệt giữa các nghiệm thức thí nghiệm ($F = 0,16$; $P = 0,6916$) và ($F = 1,75$; $P = 0,1843$). Kết quả cho thấy, hệ số biến động đường kính (CV - D) của TD2 (31,6%) cao hơn TD1 (24,0%), cho thấy sự phân hóa sinh trưởng giữa các cây rõ hơn ở TD2. Đây là dấu hiệu tích cực trong quá trình phát triển rừng phòng hộ, vì sự chênh lệch kích thước thân giúp hình thành sớm các tầng cây trội, tầng giữa và tầng dưới, góp phần tăng tính ổn định sinh thái và khả năng che phủ đất. Hệ số biến động chiều cao vút ngọn (CV - H_{vn}) ở cả hai nghiệm thức ở mức trung bình (14,4 - 14,8%), phản ánh quần thể đang trong giai đoạn đầu khép tán, phân tầng chưa rõ rệt. Hệ số biến động chiều cao dưới cành (CV - H_{dc}) thấp ở cả hai nghiệm thức cho thấy tán dưới còn đồng đều, tầng thấp chưa phát triển mạnh. Tuy nhiên, TD1 có CV - H_{dc} cao hơn, thể hiện tiềm năng hình thành tầng dưới tán trong giai đoạn sau. Nhìn chung, TD2 có xu hướng phân hóa mạnh hơn, phù hợp với định hướng xây dựng rừng phòng hộ đa tầng - đa loài - đa cấp tuổi bền vững.

Về tỷ lệ sống, kết quả cũng cho thấy nghiệm thức TD1 cao hơn so với nghiệm thức TD2. Các khác biệt này không có ý nghĩa thống kê ở mức 95% ($F = 5,32$; $P = 0,1475$).

Về sinh khối cũng không có sự biến động đáng kể, nghiệm thức TD2 cao hơn nghiệm thức TD1; các nghiệm thức đều vượt so với trước thí nghiệm. Phân tích thống kê cho thấy có sự khác biệt giữa các nghiệm thức ($F = 531,96$; $P = 0,0019$); khi so sánh từng cặp cho thấy có biến động tăng theo hướng $TD2 > TD1$.

Đánh giá về chất lượng rừng thông qua chỉ tiêu cấu trúc, cho thấy các nghiệm thức vượt 3,7 lần so với trước thí nghiệm; như vậy, cho thấy chức năng chắn sóng, lấn biển của rừng đã nâng lên; các nghiệm thức có chất lượng gần như nhau và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($F = 0,79$; $P = 0,4676$). Như vậy, biện pháp kỹ thuật làm giàu rừng bằng giải pháp trồng cây tầng dưới đã bổ sung thêm loài cây và tầng tán rừng, giúp cải thiện chất lượng rừng.

Đánh giá về loài cây làm giàu rừng, loài Vẹt có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt nhất (TLS = 78,7%, $D = 2,20$ cm, $H = 1,57$ m); trong khi loài Sú sinh trưởng thấp hơn (TLS = 70,6%, $D = 2,78$ cm, $H = 1,21$ m) khác biệt so với Vẹt.



Hình 5. Biến động về sinh khối (A) và chất lượng rừng (B) giữa các nghiệm thức thí nghiệm làm giàu rừng đa tầng tán - tầng dưới

IV. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

- Có sự thay đổi về chất lượng và sinh trưởng đường kính, chiều cao, sinh khối rừng ở các nghiệm thức thí nghiệm. Nghiệm thức N2, N1, N3 đều đạt được tiêu chí về tăng trưởng đường kính thân cây, đường kính tán, sinh khối và chất lượng cây trong lâm phần; nghiệm thức N1 và N2 có tổng sinh khối và chất lượng rừng tốt nhất được khuyến khích lựa chọn cho biện pháp kỹ thuật chăm sóc, nuôi dưỡng làm giàu chất lượng rừng.

- Các cây trồng làm giàu rừng sinh trưởng tốt, nghiệm thức trồng theo hàng (LG1) có tổng lượng sinh khối và chất lượng lâm phần được cải thiện hơn so với các nghiệm thức trồng theo băng (LG2) và trồng theo đám (LG3), được đề xuất lựa chọn cho biện pháp kỹ thuật làm giàu chất lượng rừng ven biển Cần Giờ.

- Thí nghiệm trồng cây tầng trên cho thấy nghiệm thức TT1 (theo hàng) và TT2 (theo băng) có tỷ lệ sống, sinh khối và chất lượng rừng đều tốt nên được lựa chọn; loài cây Cóc trắng có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt hơn được đề xuất trồng làm giàu rừng tầng trên.

- Thí nghiệm trồng cây tầng dưới, nghiệm thức TD2 (theo băng) có tổng sinh khối tốt hơn nghiệm thức TD1 (theo hàng) và có tỷ lệ sống và chất lượng rừng tốt nên được lựa chọn. Loài cây Vẹt có tỷ lệ sống và sinh trưởng tốt hơn được đề xuất trồng làm giàu rừng tầng dưới.

4.2. Kiến nghị

- Tiếp tục bảo vệ, theo dõi và thu thập số liệu sinh trưởng các mô hình thí nghiệm.

- Ứng dụng kết quả nghiên cứu để gia tăng sinh khối và chất lượng rừng cho các diện tích rừng đang phục hồi và nghèo kiệt của Ban quản lý Rừng phòng hộ Cần Giờ và các địa phương có điều kiện tương tự.

LỜI CẢM ƠN: Nhóm tác giả gửi lời cảm ơn sâu sắc đến Sở Khoa học và Công nghệ, Ủy ban Phát triển khoa học và công nghệ TP. Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện thuận lợi và cung cấp kinh phí để chúng tôi thực hiện đề tài “Nghiên cứu kỹ thuật làm giàu rừng ngập mặn ven biển Cần Giờ thích ứng với biến đổi khí hậu” theo hợp đồng số 27/2022/HD-QKHCN ngày 6 tháng 9 năm 2022.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ khoa học và Công nghệ, 2018. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 12510-2:2018 về rừng trồng - rừng phòng hộ chắn sóng, lấn biển.
2. Bùi Nguyễn Thế Kiệt và Viên Ngọc Nam, 2016. Lượng carbon tích tụ của quần thể Bần trắng (*Sonneratia alba* J. E. Smith) tự nhiên tại Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh, Tạp chí Rừng và Môi trường số 80. Tr. 25 - 29.
3. Comley and McGuinness, 2005. Above and below ground biomass, and allometry of four common northern Australian mangroves. *Aust. J. Bot.*, 53 (2005), pp. 431-436
4. Hoàng Văn Thoi, 2018. Nghiên cứu diễn biến phân bố rừng ngập mặn Cần Giờ trước tác động của biến đổi khí hậu. Trong sách “Nghiên cứu rừng ngập nước và cây xanh TP. Hồ Chí Minh”. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 216 trang (trang 3 - 63).
5. Hoàng Văn Thoi, Bùi Nguyễn Thế Kiệt, Lê Thanh Quang, Nguyễn Minh Hoan, Đinh Thị Phương Vy, 2025. Nghiên cứu đặc điểm sinh trưởng, sinh khối và carbon rừng ngập mặn tự nhiên tại Cần Giờ, TP. Hồ Chí Minh. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, số 4, trang 67 - 78. DOI: 10.70169/VJFS.1034
6. IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., (eds). Published: IGES, Japan.

7. Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongparn, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128 - 137. DOI:10.1016/j.aquabot.2007.12.006
8. Ngô Đình Quế, 2003. Khôi phục và phát triển rừng ngập mặn, rừng Tràm ở Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
9. Nguyễn Sơn Thụy, 2007. Tuyển chọn một số loài cây lâm nghiệp bản địa hiện hữu tại Thành phố Hồ Chí Minh, vừa có giá trị kinh tế vừa chống sạt lở ven sông rạch tại Thành phố Hồ Chí Minh từ rừng ngập mặn Cần Giờ. Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Thành phố Hồ Chí Minh.
10. Phạm Thế Dũng, 2011. Đánh giá chất lượng rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) trồng thuần loại, đề xuất các giải pháp kỹ thuật lâm sinh và cơ chế quản lý nhằm phát triển bền vững rừng phòng hộ Cần Giờ. Báo cáo tổng kết đề tài, Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh.
11. Phạm Quang Thu, 2011. Nghiên cứu, điều tra tình hình sâu bệnh hại cây Đước (*Rhizophora apiculata*), cây Mắm trắng (*Avicennia alba*) rừng ngập mặn Cần Giờ thành Phố Hồ Chí Minh và đề xuất quản lý dịch hại. Báo cáo tổng kết đề tài, Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh.
12. Phan Nguyen Hong, Hoang Thi San, 1993. *Mangroves of Vietnam* - IUCN. Bangkok: p 35-50.
13. Tổng cục Lâm nghiệp (TCLN), 2018. Hướng dẫn kỹ thuật tạm thời trồng rừng, phục hồi rừng ngập mặn Dự án “Tăng cường khả năng chống chịu với những tác động của biến đổi khí hậu cho các cộng đồng dễ bị tổn thương ven biển Việt Nam”, Quyết định số 503/QĐ-TCLN-PTR ngày 12 tháng 11 năm 2018 của Tổng cục trưởng Tổng cục Lâm nghiệp.
14. UBND TP. Hồ Chí Minh, 2025. Quyết định số 843/QĐ-UBND ngày 28 tháng 2 năm 2025 của Ủy ban nhân dân Thành phố về việc công bố hiện trạng rừng Thành phố Hồ Chí Minh năm 2024.
15. Viên Ngọc Nam, 2011. Nghiên cứu khả năng hấp thụ CO₂ của rừng Cóc trắng (*Lumnitzera racemosa* Willd) trồng ở Khu Dự trữ sinh quyển rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Nông nghiệp và PTNT số 2+3/2011, tr 162 -166.
16. Viên Ngọc Nam, 2008. Nghiên cứu đa dạng sinh học về thực vật trong phần khu bảo vệ nghiêm ngặt của Khu Bảo tồn Thiên nhiên Rừng ngập mặn Cần Giờ, Thành phố Hồ Chí Minh.
17. Viên Ngọc Nam và Nguyễn Sơn Thụy, 1993. Báo cáo thảm thực vật và tài nguyên rừng huyện Nhà Bè và Cần Giờ, Chương trình điều tra cơ bản tổng hợp có định hướng hai huyện Nhà Bè - Cần Giờ, Sở Nông nghiệp TP. Hồ Chí Minh, tr. 1 - 53.

Email tác giả liên hệ: hvthoi2020@gmail.com

Ngày nhận bài: 03/03/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 08/03/2025; 13/03/2025

Ngày duyệt đăng: 15/10/2025