

DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.167

PHÂN BỐ VÀ QUAN HỆ KHÔNG GIAN CỦA LOÀI SÉN MỦ (*Shorea roxburghii* G. DON) TRONG RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở KHU VỰC TÂN PHÚ, TỈNH ĐỒNG NAI

Nguyễn Văn Quý^{1*}, Nguyễn Thanh Tuấn¹, Bùi Mạnh Hưng² và Nguyễn Văn Hợp¹

¹Khoa Quản lý Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Lâm nghiệp – Phân hiệu Đồng Nai

²Khoa Lâm học, Trường Đại học Lâm nghiệp

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Văn Quý (email: quyforest@vnuf2.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 07/02/2022

Ngày nhận bài sửa: 25/02/2022

Ngày duyệt đăng: 04/05/2022

Title:

Spatial distribution and association patterns of *Shorea roxburghii* G. Don in the broadleaved evergreen forest in Tan Phu area of Dong Nai province

Từ khóa:

Cạnh tranh khác loài, mô hình không gian, rừng thường xanh, Tân Phú, thực vật thân gỗ

Keywords:

Evergreen forest, interspecific competition, spatial pattern, Tan Phu, woody plant

ABSTRACT

This study was conducted in Dong Nai province's Tan Phu broadleaved evergreen forest, aiming to understand better the ecological characteristics of *Shorea roxburghii* - an IUCN's Red List plant. For data collection, a 2 ha-standard square (100×200 m) was established in the stand where *S. roxburghii* is distributed. Relative density, relative basal area, and importance value index were determined for each species; all individual trees of the standard square were also divided by life-history stages (juvenile, sub-adult, and adult). The collected data were analyzed by using R v4.1.1 software. A total of 100 species belonging to 49 families were identified. The highest was the relative density, basal area, and importance value index of *S. roxburghii*; however, its breast height diameter was only average compared to the main 16 species in the standard square. The spatial pattern of *S. roxburghii* was aggregation at the juvenile tree stage and randomness at the sub-adult and adult tree stages. In the spatial association patterns of *S. roxburghii* and the main 16 species of the standard square, *S. roxburghii* had an attraction pattern with five species, a repulsion pattern with four species, and an independent pattern with seven other species.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện trong kiểu rừng lá rộng thường xanh ở khu vực Tân Phú tỉnh Đồng Nai để giúp hiểu rõ hơn về đặc điểm sinh thái của loài sến mủ - loài cây có tên trong Danh lục đỏ IUCN. Về thu thập dữ liệu, một ô tiêu chuẩn 2 ha (OTC) đã được thiết lập. Mật độ, tiết diện ngang và chỉ số giá trị quan trọng (IVI%) được xác định cho từng loài. Tổng số 100 loài thuộc 49 họ đã được xác định. Mật độ, tiết diện ngang và IVI% của sến mủ là cao nhất nhưng đường kính ngang ngực bình quân của loài ở mức trung bình so với 16 loài cây chủ yếu trong OTC. Mô hình không gian của sến mủ là phân bố kiểu cụm ở giai đoạn cây non, phân bố ngẫu nhiên ở giai đoạn cây sào và thành thực. Trong mối quan hệ không gian của sến mủ và 16 loài cây chủ yếu của OTC, sến mủ có quan hệ tương hỗ với 5 loài, quan hệ cạnh tranh với 4 loài và quan hệ độc lập với 7 loài.

1. GIỚI THIỆU

Sến mù (*Shorea roxburghii* G. Don) còn được biết đến với tên gọi khác là sến đỏ, sến cát; là cây gỗ lớn thuộc họ sao dầu (Dipterocarpaceae); gỗ có chất lượng tốt, được ưa chuộng trong xây dựng, đóng tàu thuyền và đồ mộc gia dụng (Hợp & Quỳnh, 2003). Sến mù phân bố ở nhiều quốc gia thuộc khu vực Nam và Đông Nam Á bao gồm: Ấn Độ, Myanmar, Malaysia, Thái Lan, Lào, Campuchia và Việt Nam (Pooma et al., 2017). Ở nước ta, sến mù phân bố tự nhiên tại nhiều tỉnh thành từ Tây Nguyên đến các tỉnh Nam Bộ như: Gia Lai, Kon Tum, Đắk Lắk, Lâm Đồng, Đồng Nai... (Hợp & Quỳnh, 2003). Sến mù được xếp hạng “sắp nguy cấp” (VU) theo Danh lục đỏ các loài bị đe dọa của IUCN (2021) do những áp lực mà nó phải đối mặt như ảnh hưởng của khai thác quá mức, môi trường sống ngày càng bị thu hẹp đã khiến các quần thể tự nhiên bị tàn phá và khó có khả năng phục hồi ở nhiều khu vực nếu thiếu các biện pháp tác động hợp lý (Raju et al., 2011). Nghiên cứu phân bố và quan hệ không gian của quần thể sến mù sẽ cung cấp các thông tin về đặc điểm sinh thái của loài, hỗ trợ cho công tác bảo tồn, phục hồi hoặc trồng rừng mới bằng loài sến mù, đồng thời đóng vai trò là tài liệu tham khảo thực tế về động thái quần thể loài cây này trong rừng tự nhiên.

Khu rừng tự nhiên thuộc quyền quản lý của Ban quản lý rừng phòng hộ (QLRPH) Tân Phú nằm trên địa bàn huyện Định Quán, tỉnh Đồng Nai, có tổng diện tích là 13.733 ha (Ban QLRPH Tân Phú, 2021). Rừng Tân Phú được đánh giá là kho dự trữ đa dạng sinh học, bể lưu trữ các bon, đóng vai trò to lớn trong phát triển kinh tế, phòng hộ xung yếu đầu nguồn hồ thủy điện Trị An, điều tiết nguồn nước và bảo vệ môi trường khu vực huyện Định Quán (Việt và ctv. 2020). Rừng nơi đây cũng là nơi phân bố của nhiều loài cây gỗ có giá trị về mặt kinh tế và bảo tồn, trong đó có loài sến mù (Hợp et al., 2020). Trước đây, có một số nghiên cứu về đặc điểm lâm học của loài sến mù và lâm phần nơi nó phân bố (Báo & Việt, 2019; Việt và ctv., 2019, 2020; Hợp et al., 2020; Bao et al., 2021; Hoàng và ctv. 2021), nhưng hầu hết những nghiên cứu này chưa thể làm rõ đặc điểm phân bố

và mối quan hệ không gian của loài sến mù ở các quy mô không gian và các giai đoạn sống khác nhau. Vì vậy, tìm ra các thông tin khoa học tin cậy cho công tác bảo tồn loài sến mù tại khu vực Tân Phú, huyện Định Quán, tỉnh Đồng Nai là cần thiết.

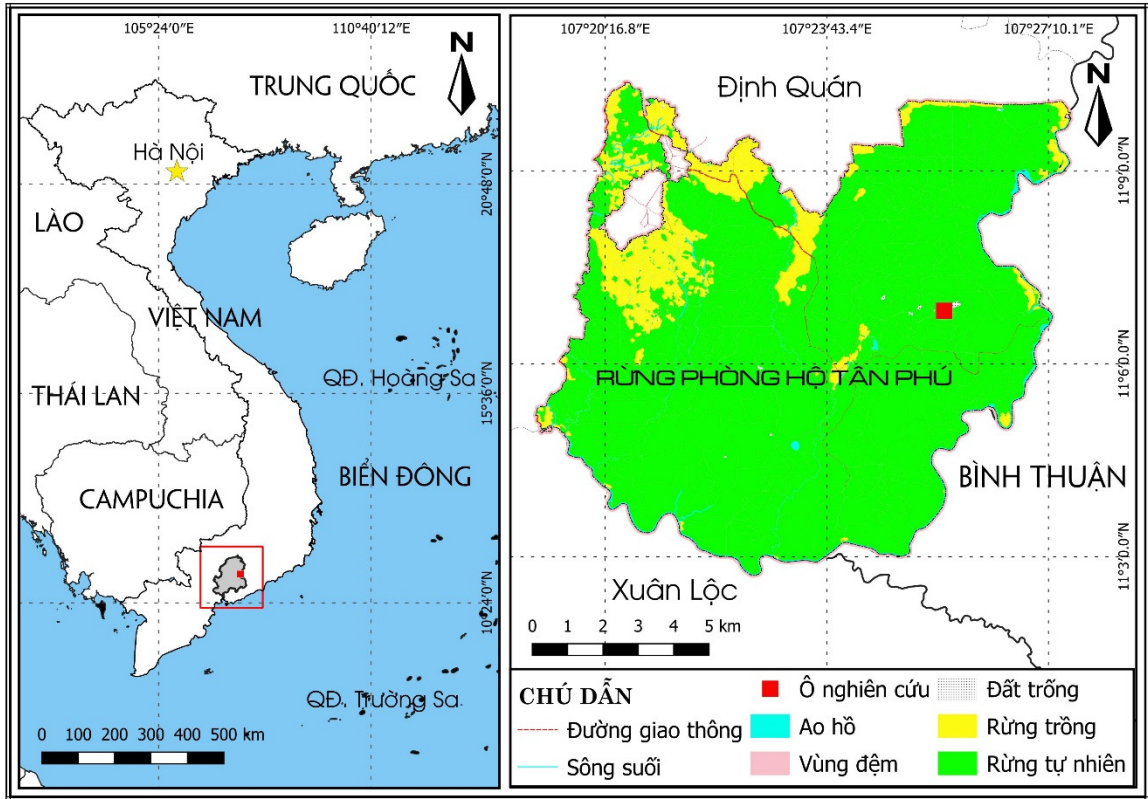
Từ những thực tiễn nêu trên, quần thể sến mù trong lâm phần tự nhiên thuộc kiểu rừng lá rộng thường xanh tại Ban QLRPH Tân Phú, tỉnh Đồng Nai được chọn làm đối tượng nghiên cứu. Mô hình phân bố, mối quan hệ không gian của loài sến mù và các loài khác có số lượng cá thể từ 15 cây/ha trở lên trong lâm phần đã được phân tích. Mục tiêu chính của nghiên cứu là làm sáng tỏ các cơ chế sinh thái đã giúp loài sến mù chiếm ưu thế tại khu vực nơi nó phân bố, đồng thời góp phần bổ sung thêm các thông tin về đặc điểm sinh thái của loài, tạo cơ sở cho nhà quản lý đề xuất các biện pháp bảo tồn và mở rộng diện tích phân bố của loài sến mù ở khu vực nghiên cứu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 11/2021 đến 2/2022 với 4 đợt điều tra thực địa tại Ban QLRPH Tân Phú (tọa độ địa lý từ 11°8'55"-11°51'30" vĩ độ Bắc, 106°90'73"-107°27'74" kinh độ Đông). Chế độ khí hậu của khu vực có đặc điểm phân biệt 2 mùa rõ rệt: mùa mưa (tháng 5 đến tháng 10) và mùa khô (tháng 11 đến tháng 4 của năm sau). Nhiệt độ không khí trung bình năm là 27,1°C; lượng mưa trung bình năm là 2.140 mm; độ ẩm không khí trung bình năm 82%; địa hình khu vực nghiên cứu có dạng đồi lượn sóng, độ dốc bình quân từ 10-12° (Ban QLRPH Tân Phú, 2021).

Trong rừng phòng hộ Tân Phú, 1 ô tiêu chuẩn (OTC) với diện tích 2 ha đã được thiết lập tại vị trí có tọa độ 11°6'49,43" vĩ độ Bắc, 107°25'32,92" kinh độ Đông (Hình 1). Quần xã thực vật rừng của khu vực nghiên cứu có một số ưu hợp điển hình, bao gồm: sến mù (*Shorea roxburghii*), cảm (*Parinari annamensis*), ngăm rừng (*Aporosa planchoniana*) và trám vỏ đỏ (*Syzygium zeylanicum*), tau trắng (*Vatica odorata*) (Hợp et al., 2020).



Hình 1. Địa điểm nghiên cứu và vị trí của ô tiêu chuẩn điều tra

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp điều tra và thu thập dữ liệu

Dựa theo phương pháp phân tích mô hình điểm không gian (Diggle, 2003) và chọn mẫu điển hình (Tuất và ctv., 2011), tham khảo kích thước ô mẫu được đề xuất trong nghiên cứu đa dạng thực vật rừng lá rộng thường xanh ở khu vực Tân Phú (Quý và ctv., 2021a), 1 OTC có diện tích 2 ha (100 m × 200 m) được thiết lập trong lâm phần tự nhiên nơi loài sên mù phân bố tập trung và chiếm ưu thế, rừng ít bị tác động bởi các hoạt động của con người. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ tất cả các cây thân gỗ có đường kính ngang ngực tại vị trí 1,3 m (dbh) ≥ 2,5 cm trong OTC, bao gồm: tên loài, dbh được xác định bằng thước kẹp kính với độ chính xác 0,1 cm; vị trí tương đối của các cây trong OTC được xác định bằng thước dây và la bàn.

Sau khi điều tra thực địa, tất cả các cá thể cây trong OTC sẽ được tổng hợp và phân chia vào 1 trong 3 giai đoạn sống: cây non (dbh < 10 cm), cây sào (10 cm ≤ dbh ≤ 30 cm) và cây thành thực (dbh > 30 cm) (Quý và ctv., 2021b).

2.2.2. Phương pháp xử lý số liệu

a. Xác định loài cây

Tên loài cây gỗ được xác định bằng phương pháp so sánh hình thái của Hộ (1999, 2003) dựa trên các tài liệu bao gồm Cây cỏ Việt Nam (Hộ, 1999, 2003), Cây gỗ Việt Nam (Hợp, 2002); tên khoa học được hiệu chỉnh theo tài liệu Tên cây rừng Việt Nam (Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2000).

b. Xác định mật độ, tiết diện ngang và các loài ưu thế

Mật độ của loài:

$$N_i = \frac{n_i}{S} \tag{1}$$

Trong đó: N_i là mật độ của loài i (số cây/ha), n_i là tổng số cây của loài i (cây) và S là diện tích ô nghiên cứu (ha) (Curtis & Macintosh, 1951).

Tiết diện ngang:

$$G = \frac{3,142 \times dbh^2}{200^2} \tag{2}$$

Trong đó: G là tiết diện ngang thân cây (m^2), dbh là đường kính ngang ngực (cm) (Curtis & Macintosh, 1951)

Loài ưu thế được xác định dựa trên chỉ số giá trị quan trọng của loài (IVI%):

$$IVI\% = \frac{N_i\% + G_i\%}{2} \quad (3)$$

Trong đó, IVI% là chỉ số giá trị quan trọng của loài i , $N_i\%$ là mật độ tương đối của loài i (mật độ của loài i so với mật độ cây trong ô nghiên cứu, đơn vị tính theo %) và $G_i\%$ là tiết diện ngang thân cây tương đối của loài i (tổng tiết diện ngang thân cây của loài i so với tổng tiết diện ngang thân cây của tất cả các loài trong ô nghiên cứu, đơn vị tính theo %) (Marmillod, 1982).

Để xác định vai trò sinh thái của các loài trong lâm phần, tiêu chuẩn đánh giá của Marmillod (1982) được sử dụng; trong một lâm phần, những loài cây có $IVI\% > 5\%$ mới thực sự có ý nghĩa về mặt sinh thái. Theo Trùng (1978), nhóm loài cây có trị số $IVI\% \geq 50\%$ tổng số cá thể của tầng cây cao được coi là nhóm loài ưu thế của lâm phần.

c. Phân tích tính đồng nhất của điều kiện môi trường trên ô nghiên cứu

Mô hình lý thuyết hay còn gọi là mô không (Null model) được sử dụng khi phân tích mô hình điểm không gian trong nghiên cứu sinh thái học, giúp phát hiện sự khác biệt giữa mô hình quan sát và mô hình mô phỏng (nghĩa là giúp xác định mô hình phân bố không gian là phân bố ngẫu nhiên, cụm hoặc đều ở các khoảng cách tham chiếu). Trước đây, mô hình không gian hoàn toàn ngẫu nhiên (CSR) thường được các nhà sinh thái học sử dụng làm mô hình lý thuyết trong nghiên cứu phân bố không gian của cây rừng (Xu et al., 2016). Mô hình CSR giả định rằng mật độ điểm (cây rừng) không thay đổi ở các vị trí trong khu vực nghiên cứu và bỏ qua sự ảnh hưởng của điều kiện không đồng nhất về môi trường. Sử dụng mô hình CSR có thể loại bỏ được ảnh hưởng của tương tác loài đối với phân bố không gian của một loài nhưng sự phù hợp của mô hình này thường khó đạt yêu cầu, bởi trên thực tế hầu hết các loài đều có liên quan chặt chẽ với môi trường sống (Ta et al., 2020). Mặt khác, tính không đồng nhất về điều kiện môi trường sống trên cùng một ô nghiên cứu ở đối tượng rừng mưa nhiệt đới là một hiện tượng rất phổ biến (Wiegand et al., 2007). Theo các nghiên cứu gần đây, mô hình Poisson không đồng nhất (IHP) có thể khắc phục được nhược điểm của mô hình CSR khi đánh giá ảnh hưởng của điều kiện môi trường đối với các phân tích không gian trong nghiên cứu sinh thái không gian của thực vật (Szmyt, 2014). Mô hình IHP mô phỏng quá trình sàng lọc sinh thái theo điều kiện môi trường, các vị trí phân bố của các cá thể được xác định theo hàm mật độ phân bố điểm

thực tế, do đó nó có thể loại bỏ sai sót gây ra bởi tính không đồng nhất của môi trường trong phán đoán mô hình không gian thực tế (Xu et al., 2016). Vì các lý do này, việc kiểm tra tính không đồng nhất của điều kiện môi trường trên ô nghiên cứu để lựa chọn mô hình lý thuyết phù hợp rất quan trọng và cần phải thực hiện một cách rất cẩn thận.

Để kiểm tra điều kiện môi trường của OTC có đồng nhất hay không, mô hình phân bố không gian của toàn bộ cây có dbh ≥ 15 cm trong OTC được sử dụng làm mô hình kiểm tra. Các cây có dbh ≥ 15 cm được lựa chọn vì chúng có khả năng sống ở tất cả các vị trí có thể trên OTC và đã trải qua quá trình chọn lọc tự nhiên. Nếu mô hình phân bố không gian của các cây có dbh ≥ 15 cm không đồng nhất thì điều kiện môi trường của OTC là không đồng nhất và ngược lại (Getzin et al., 2008; Hai et al., 2014).

d. Phân tích mô hình phân bố không gian của loài sến mù

Mô hình phân bố không gian của loài sến mù được phân tích bằng hàm tương quan theo cặp đơn biến $g_{11}(r)$. Trong đó, hàm tương quan theo cặp $g(r)$ mô tả sự sắp xếp không gian của các điểm trong một dải của khoảng cách (Stoyan & Stoyan, 1994). Dựa vào khoảng cách giữa các cặp điểm, hàm $g(r)$ mô tả mật độ chuẩn hóa tại một khoảng cách nhất định r và là mật độ kỳ vọng của các điểm tại khoảng cách r tính từ một điểm bất kỳ (Szmyt, 2014). Với cùng một loại điểm (ví dụ, cùng một loài cây hay một nhóm cây), hàm tương quan theo cặp đơn biến $g_{11}(r)$ được xác định, đây cũng là đạo hàm của hàm Ripley' K (Ripley, 1976):

$$K(r) = 2\pi \int_0^r g(r')r' dr' \quad (4)$$

hay $g(r) = \frac{K'(r)}{(2\pi r)}$ với $r \geq 0$

Nếu giá trị $g_{11}(r) = 1$ cho biết phân bố hoàn toàn ngẫu nhiên, $g_{11}(r) > 1$ cho biết phân bố cụm, $g_{11}(r) < 1$ cho biết phân bố đều tại khoảng cách r .

Hàm tương quan hai biến số $g_{12}(r)$ được sử dụng để phân tích quan hệ không gian giữa hai nhóm điểm khác nhau (ví dụ, hai loài cây khác nhau). Giá trị $g_{12}(r)$ là mật độ kỳ vọng của các điểm nhóm 2 tại khoảng cách r tính từ một điểm bất kỳ của nhóm 1. Nếu giá trị $g_{12}(r) = 1$ cho biết quan hệ là độc lập (không tương tác), $g_{12}(r) > 1$ cho biết quan hệ là tương hỗ và $g_{12}(r) < 1$ cho biết quan hệ là cạnh tranh tại khoảng cách r .

Các mô hình lý thuyết được sử dụng để phân tích không gian trong nghiên cứu về phân bố và quan hệ không gian của loài sên mù ở rừng Tân Phú bao gồm: (1) Mô hình CSR áp dụng đối với hàm tương quan theo cặp đơn biến $g_{11}(r)$ và hàm $L_{11}(r)$ của toàn bộ cây có dbh ≥ 15 cm trong OTC, giả thuyết được đặt ra là những cây này phân bố hoàn toàn ngẫu nhiên và điều kiện môi trường trên ô nghiên cứu tương đối đồng nhất; (2) Mô hình IHP được áp dụng để phân tích phân bố không gian của loài sên mù khi điều kiện môi trường trên OTC không đồng nhất, ngược lại nếu điều kiện môi trường trên OTC là đồng nhất thì mô hình CSR được sử dụng.

e. Phân tích quan hệ không gian của loài sên mù và các loài chủ yếu trong lâm phần

Mối quan hệ không gian trong cùng loài ở các giai đoạn sống của loài sên mù và quan hệ không gian khác loài của cặp loài (sên mù và loài khác) được phân tích bằng hàm tương quan theo cặp đa biến $g_{12}(r)$ với mô hình lý thuyết là tương tác độc lập (IDP). Trong mô hình lý thuyết IDP, vị trí của loài thứ nhất được cố định không thay đổi và vị trí của loài thứ hai sẽ được di chuyển một cách ngẫu nhiên xung quanh loài thứ nhất để ước tính giá trị mô phỏng (Wiegand et al., 2007).

Trong phân tích mô hình phân bố và quan hệ không gian của các loài cây, ước lượng không có tham số Epanechnikov được sử dụng cho hàm mật độ với bán kính của cửa sổ di động $R = 50$ m và độ phân giải không gian là 1 m. Tất cả các mô hình không gian được phân tích bằng phần mềm R phiên bản 4.1.1 dựa trên Package ‘spatstat’ và Package ‘GET’ với 199 lần mô phỏng Monte Carlo, sử dụng giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất thứ 5 để xây dựng khoảng tin cậy xấp xỉ 95%; sơ đồ phân bố cây của các loài được xây dựng thông qua Package ‘spatstat’ và Package ‘ggplot2’ (R Development Core Team, 2021).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng của lâm phần nơi loài sên mù phân bố

Nghiên cứu đã xác định được 100 loài thuộc 49 họ với tổng số cá thể là 2.169 cây trong OTC 2 ha. Trong OTC, ngoại trừ loài sên mù với mật độ 212 cây/ha, 16 loài khác có mật độ từ 15-130 cây/ha (Bảng 1), những loài này cùng với loài sên mù được gọi là nhóm loài cây chủ yếu của lâm phần (chiếm 72,7% tổng số cây của OTC), chúng cũng chính là những loài được lựa chọn để nghiên cứu mối quan hệ không gian với loài sên mù.

Bảng 1. Một số đặc trưng của lâm phần nghiên cứu

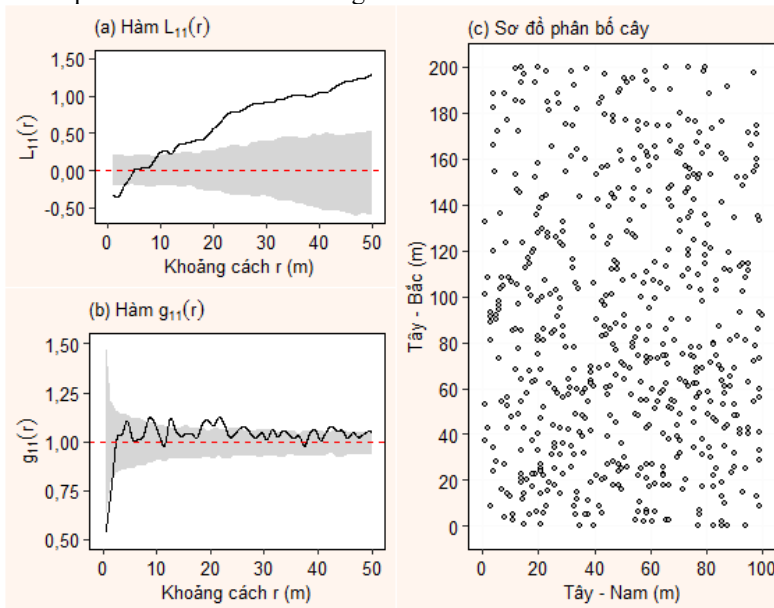
TT	Loài cây	Tên khoa học	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	đbh (cm)	IVI%
1	Sên mù	<i>Shorea roxburghii</i>	212	8,91	17,7 ± 14,9	28,1
2	Cám	<i>Parinari annamensis</i>	130	3,27	14,2 ± 10,8	12,7
3	Ngâm rừng	<i>Aporosa planchoniana</i>	71	0,32	6,4 ± 3,9	3,9
4	Táo trắng	<i>Vatica odorata</i>	55	0,55	9,6 ± 5,8	3,6
5	Vên vên	<i>Anisoptera costata</i>	53	2,13	18,4 ± 13,1	6,8
6	Thị gân	<i>Diospyros venosa</i>	50	0,22	6,8 ± 3	2,8
7	Trâm vò đỏ	<i>Syzygium zeylanicum</i>	39	1,51	15,8 ± 15,8	4,9
8	Kơ nia	<i>Irvingia malayana</i>	23	1,06	18,1 ± 18,6	3,2
9	Giền đỏ	<i>Xylopia vielana</i>	22	0,40	11,7 ± 9,8	1,8
10	Cắm thị	<i>Diospyros maritima</i>	21	0,05	4,9 ± 2,6	1,1
11	Trắc	<i>Dalbergia cochinchinensis</i>	18	0,17	9,9 ± 4,7	1,1
12	Cò ke	<i>Microcos paniculata</i>	18	0,16	9,6 ± 5,1	1,1
13	Quan âm	<i>Vitex trifolia</i>	17	0,35	13,6 ± 8,9	1,5
14	Giác đế	<i>Goniothalamus gabriacianus</i>	16	0,23	11,5 ± 7,1	1,2
15	Rối mật	<i>Garcinia ferrea</i>	16	0,10	7,5 ± 4,7	0,9
16	Công tía	<i>Calophyllum calaba</i>	16	0,50	17 ± 11,1	1,7
17	Bời lời vàng	<i>Litsea pierrei</i>	15	0,36	13,3 ± 11,4	1,4
Cộng 17 loài			789	20,29	13,4 ± 12,2	78,1
83 loài khác			296	4,03	9,9 ± 8,7	21,9
Tất cả (100 loài)			1.085	24,32	12,4 ± 11,4	100

Bảng 1 cho thấy số lượng loài trong OTC là lớn nhưng số lượng loài có mật độ từ 15 cây/ha trở lên lại chiếm tỉ lệ rất nhỏ (chiếm 17% tổng số loài). Đây là một trong những đặc trưng của rừng nhiệt đới nơi thành phần loài rất phong phú nhưng mật độ mỗi loài lại thấp (Thìn, 2004). Trong nhóm loài chủ yếu (17 loài), sên mù cùng với 2 loài khác (cám và vên vên) là 3 loài thực sự có ý nghĩa về mặt sinh thái (IVI% > 5%) tại thời điểm nghiên cứu. Mặc dù mật độ (212 cây/ha), tổng tiết diện ngang (8,91 m²/ha) và chỉ số giá trị quan trọng (28,1%) của sên mù là cao nhất trong lâm phần nhưng dbh bình quân của loài này (17,7 cm) chỉ ở mức trên trung bình so với các loài trong nhóm loài cây chủ yếu (thấp hơn so với vên vên và kơ nia). Kết quả này có thể được giải thích bởi khu rừng Tân Phú trước đây đã trải qua thời kỳ khai thác chọn kéo dài; từ năm 1997 đến nay, thực hiện chủ trương đóng cửa rừng của Ủy ban nhân dân tỉnh Đồng Nai, rừng Tân Phú mới từng bước được phục hồi về chất lượng và diện tích (Phân viện Điều tra quy hoạch rừng Nam Bộ, 2008). Do sên mù là loài cây sinh trưởng chậm, gỗ có giá trị thương mại cao (Raju et al., 2011), về mặt logic thì khi khai thác lấy gỗ thợ rừng sẽ thường tập trung vào các loài cây có giá trị kinh tế và kích thước cá thể lớn, dẫn đến dbh bình quân của loài sên mù cũng

như các loài cây khác trong lâm phần là nhỏ (12,4 cm).

3.2. Tính không đồng nhất của điều kiện môi trường trên ô nghiên cứu

Tính không đồng nhất của điều kiện môi trường trên ô nghiên cứu đã được kiểm tra dựa trên mật độ tích lũy (hàm $L_{11}(r)$) và không tích lũy (hàm $g_{11}(r)$) của tất cả các cây có dbh ≥ 15 cm trong OTC. Kết quả phân tích cho thấy đối với hàm $L_{11}(r)$, mô hình thực nghiệm có sự khác biệt rất lớn so với mô hình lý thuyết mô phỏng, các cây có dbh ≥ 15 cm có xu hướng chuyển từ phân bố kiểu ngẫu nhiên sang phân bố đều ở tất cả các khoảng cách từ 10-50 m (Hình 2a). Đối với hàm $g_{11}(r)$, phân bố kiểu cụm của các cây được phân tích xuất hiện ở rất nhiều khoảng cách > 10 m (Hình 2b). Mặt khác, sơ đồ phân bố của các cây có dbh ≥ 15 cm (Hình 2c) cũng chỉ ra rằng, trong OTC rất nhiều vị trí không có cây phân bố. Từ các kết quả phân tích ở trên có thể kết luận, các cây có dbh ≥ 15 cm phân bố không đồng nhất hay giả thuyết điều kiện môi trường trên OTC là đồng nhất được đặt ra ban đầu sẽ không được chấp nhận. Do đó, mô hình Poisson không đồng nhất sẽ được sử dụng làm mô hình lý thuyết để thực hiện các phân tích không gian của loài sên mù.



Hình 2. Sơ đồ phân bố và mô hình không gian của tất cả các cây có dbh ≥ 15 cm trong OTC được phân tích bởi hàm $g_{11}(r)$ và $L_{11}(r)$ dưới mô hình lý thuyết CSR

(Mô hình thực nghiệm là đường màu đen; khoảng tin cậy 95% là vùng màu xám; giá trị của phân bố thực nghiệm nằm trong vùng màu xám cho biết phân bố kiểu ngẫu nhiên, bên trên vùng màu xám cho biết phân bố kiểu cụm và bên dưới vùng màu xám cho biết mô hình không gian là phân bố đều tại khoảng cách tham chiếu)

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, mô hình phân bố không gian của quần thể thực vật có thể bị

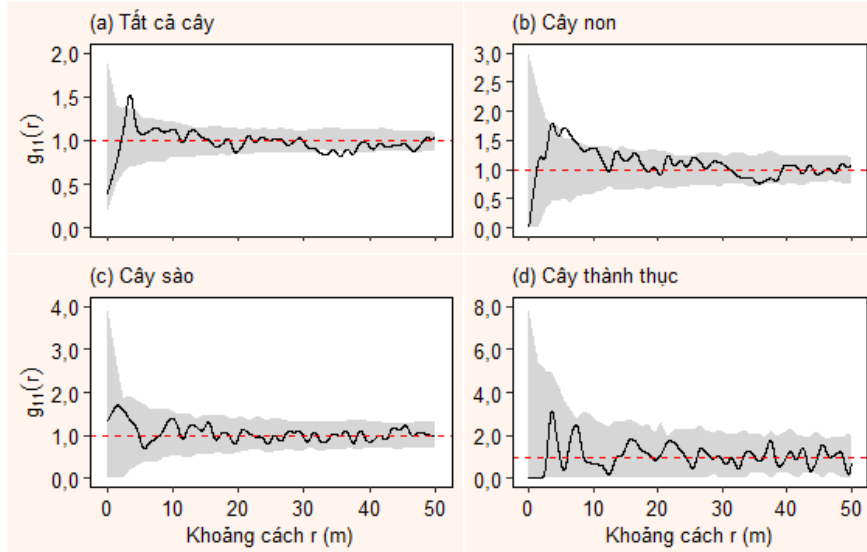
ảnh hưởng bởi tính không đồng nhất của môi trường sống như đá lộ đầu, độ dốc, độ tàn che, chất dinh

dưỡng trong đất và khi đó quần thể sẽ biểu hiện các kiểu phân bố không gian là không giống nhau ở các môi trường sống khác nhau như phân bố cụm, đều hoặc ngẫu nhiên (Hu et al., 2019). Getzin et al. (2008) phát hiện, ở các khoảng cách > 10 m, cây rừng phân bố kiểu cụm có thể do ảnh hưởng bởi tính không đồng nhất của môi trường sống. Tính không đồng nhất của môi trường sống trên cùng một ô nghiên cứu ở đối tượng rừng mưa nhiệt đới đã được chứng minh là hiện tượng rất phổ biến khi mật độ tích lũy của các cá thể cây thành thực có xu hướng chuyển từ phân bố kiểu ngẫu nhiên sang phân bố cụm ở các khoảng cách lớn hơn 20 m (Wiegand et al., 2007).

3.3. Mô hình phân bố không gian của loài sên mủ

Kết quả phân tích mô hình không gian của loài sên mủ cho thấy có sự khác biệt giữa mô hình không

gian tổng thể (Hình 3a) và mô hình không gian theo các giai đoạn sống (Hình 3b-d). Mô hình không gian tổng thể của loài sên mủ có xu hướng chuyển từ phân bố kiểu cụm ở quy mô nhỏ (2-4 m) sang phân bố ngẫu nhiên (5-32 m) và phân bố đều (32-50 m) ở các quy mô lớn (Hình 3a). Điều này chứng tỏ mô hình không gian của loài phụ thuộc vào quy mô không gian. Mô hình không gian của loài sên mủ ở giai đoạn cây non có phân bố kiểu cụm ở các quy mô nhỏ < 10 m (Hình 3b), trong khi đó mô hình không gian của loài ở giai đoạn cây sào và cây thành thực chỉ có phân bố kiểu ngẫu nhiên ở tất cả các khoảng cách từ 0-50 m (Hình 3c, d). Sự khác biệt về mô hình không gian của loài sên mủ ở các giai đoạn sống khác nhau chỉ ra rằng, mô hình không gian của loài cây này ngoài phụ thuộc vào quy mô không gian còn phụ thuộc vào kích thước cá thể.



Hình 3. Mô hình không gian của loài sên mủ được phân tích bởi hàm $g_{11}(r)$ dưới mô hình IHP

Theo Xu et al. (2016), mô hình phân bố không gian có thể phản ánh một cách trực quan cấu trúc, động thái của quần thể và các quá trình sinh thái đã điều chỉnh tính ổn định của cấu trúc quần xã cây rừng. Kết quả phân tích mô hình phân bố không gian của loài sên mủ cho thấy, ngoài ảnh hưởng của điều kiện môi trường không đồng nhất và phát tán giới hạn, mô hình không gian của loài sên mủ còn bị ảnh hưởng bởi sự cạnh tranh giữa các cá thể trong cùng loài. Kết quả này phù hợp với quy luật sinh trưởng của cây rừng đã được chứng minh ở rất nhiều nghiên cứu về phân bố không gian của cây rừng nhiệt đới. Mô hình không gian của quần thể có liên quan đến các cơ chế tự thích nghi của loài trong quá trình cạnh tranh giữa các cá thể cùng loài hoặc khác loài (Ta et

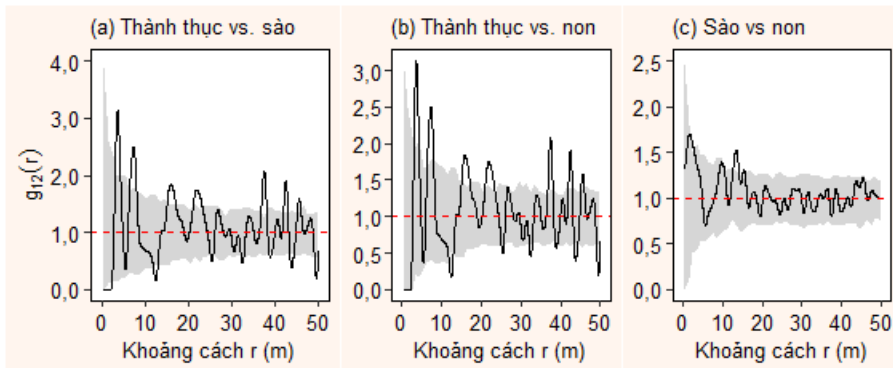
al., 2020). Ở quy mô nhỏ, các loài cây chủ yếu bị ảnh hưởng bởi sự phát tán giới hạn, cạnh tranh cùng loài nhưng ở quy mô lớn chúng bị giới hạn bởi các đặc điểm sinh học và tính không đồng nhất của môi trường (Xu et al., 2016). Kiểu phân bố cụm của một loài cho thấy mối quan hệ trong cùng loài là hỗ trợ, phân bố ngẫu nhiên phản ánh quan hệ là độc lập và phân bố đều chỉ ra rằng có sự cạnh tranh giữa các cá thể trong cùng loài (Li et al., 2010). Trong các giai đoạn phát triển, cây rừng sẽ có những kiểu phân bố không gian khác nhau như phân bố cụm ở giai đoạn cây non, phân bố ngẫu nhiên hoặc đều ở giai đoạn cây sào và cây thành thực (Quý và ctv., 2021b). Phân bố cụm ở quy mô nhỏ có lợi cho việc bảo vệ nhóm loài tránh khỏi những ảnh hưởng bất lợi từ sinh vật

gây hại và sự khắc nghiệt của môi trường, nhưng khi kích thước cá thể tăng lên sẽ xuất hiện cạnh tranh cùng loài do nhu cầu về không gian dinh dưỡng của các cá thể ngày càng cao (Zhang, 1999). Sự cạnh tranh gay gắt trong cùng loài dẫn đến hiện tượng tự tỉa thưa tự nhiên, làm cho khoảng cách giữa các cá thể ngày càng tăng, từ đó hình thành kiểu phân bố ngẫu nhiên hoặc đều ở các quy mô lớn, đồng thời mức độ phân bố cụm sẽ giảm theo quy mô không gian (Xu et al., 2016).

3.4. Môi quan hệ không gian của loài sên mù

Mô hình phân bố và mối quan hệ không gian của các loài là kết quả của sự tương tác lâu dài giữa quần xã thực vật và môi trường (Zhang et al., 2007). Kết quả phân tích mối quan hệ không gian trong cùng

loài của sên mù cho thấy, giữa cây thành thực và cây sào, cây sào và cây non có quan hệ cạnh tranh ở quy mô nhỏ < 10 m; mối quan hệ giữa cây thành thực và cây non là độc lập ở tất cả các khoảng cách từ 0 đến 50 m (Hình 4). Phân tích mối quan hệ trong cùng loài của sên mù chỉ ra rằng, kết quả phân tích này có sự tương đồng với kết quả phân tích về mô hình phân bố không gian của loài sên mù ở các giai đoạn sống khác nhau. Ngoài ra, kết quả phân tích này cũng cho thấy có sự tương tác giữa các cá thể trong cùng loài tuân theo thuyết tương tác bất đối xứng do Weiner (1990) đề xuất. Thuyết này nhấn mạnh các cá thể có kích thước lớn sẽ giành lấy phần tài nguyên không cân xứng so với kích thước của chúng và tương tác bất lợi đối với sự phát triển của các cá thể có kích thước nhỏ hơn trong vùng lân cận.



Hình 4. Quan hệ không gian của loài sên mù ở các giai đoạn sống khác nhau được phân tích bởi hàm $g_{12}(r)$ dưới mô hình lý thuyết IDP

(Mô hình thực nghiệm là đường màu đen; khoảng tin cậy 95% là vùng màu xám; giá trị của phân bố thực nghiệm nằm trong vùng màu xám cho biết quan hệ không gian là độc lập, bên trên vùng màu xám cho biết quan hệ tương hỗ và bên dưới vùng màu xám cho biết quan hệ không gian là cạnh tranh tại khoảng cách tham chiếu)

Kết quả phân tích mối quan hệ không gian của loài sên mù và các loài cây trong nhóm loài chủ yếu của lâm phần cho thấy sên mù có quan hệ tương hỗ với loài cảm (ở khoảng cách r từ 10 đến 12 m), bởi lời vàng (26-27 m), cẩm thị (19-20 m), quan âm (11-13 m) và vên vên (8-9 m); mối quan hệ là cạnh tranh với các loài kơ nia (13-15 m), công tía (16-17, 25-27 m), tấu trắng (2-3 m) và trắc (1-2, 4-5 m); các loài cò ke, giền đỏ, giác đế, ròi mật, thị gân, ngấm rừng và trâm vô đỏ có quan hệ độc lập với loài sên mù (Hình 5).

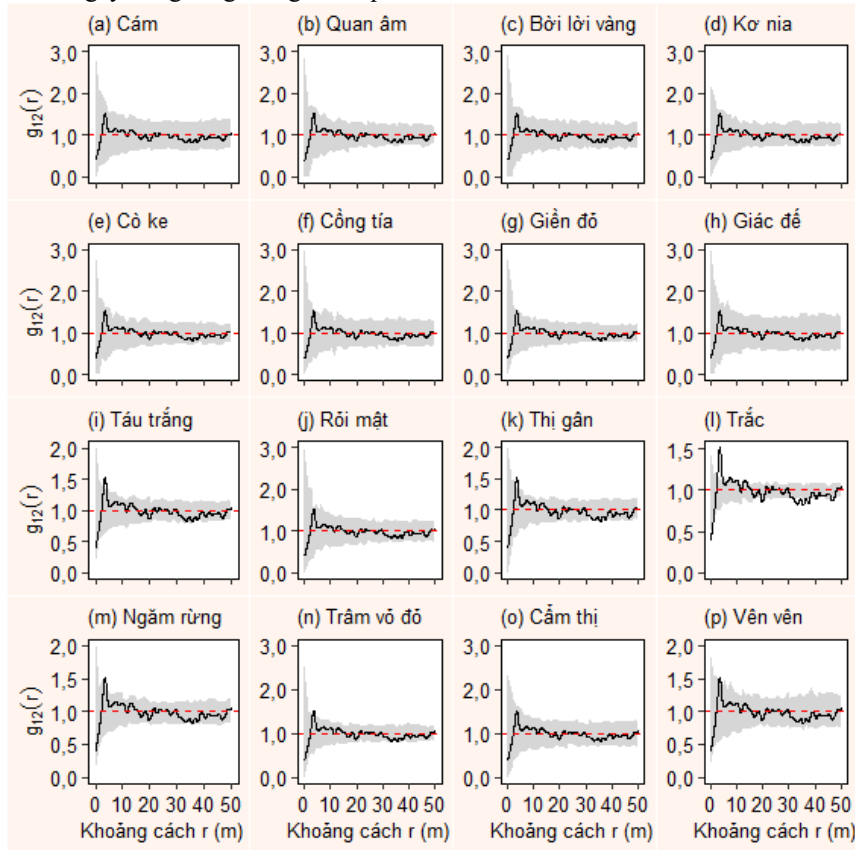
Kết quả tổng hợp mối quan hệ không gian của loài sên mù và các loài cây chủ yếu của lâm phần (Hình 6) cho thấy mối quan hệ tương hỗ chiếm 7% tổng số loài và tỉ lệ này cao hơn so với quan hệ cạnh tranh (2%) ở quy mô nhỏ < 10 m, kết quả này tương đồng so với kết quả phân tích mô hình phân bố không gian của các loài cây rừng nhiệt đới ở một số nghiên cứu đã thực hiện trước đây. Lan et al. (2012)

đã phát hiện quan hệ tương hỗ chiếm tỉ lệ cao hơn so với quan hệ cạnh tranh ở các quy mô nhỏ khi các tác giả thực hiện nghiên cứu phân bố và quan hệ không gian của cây rừng ở Xishuangbanna, Trung Quốc. Tỉ lệ số loài có quan hệ cạnh tranh và tương hỗ với loài sên mù giảm khi quy mô tăng lên. Điều này được giải thích do sự tương tác của cặp loài (sên mù và loài khác) sẽ giảm khi độ phong phú của chúng ở các quy mô không gian lớn giảm. Mặt khác, nhiều nghiên cứu cũng đã chứng minh, ở rừng nhiệt đới, quan hệ tương hỗ chiếm tỉ lệ cao hơn so với quan hệ cạnh tranh ở quy mô nhỏ là do các loài có cùng môi trường sống ưa thích, chúng có xu hướng thường xuất hiện cùng nhau ở các quy mô nhỏ < 10 m (Luo et al., 2012).

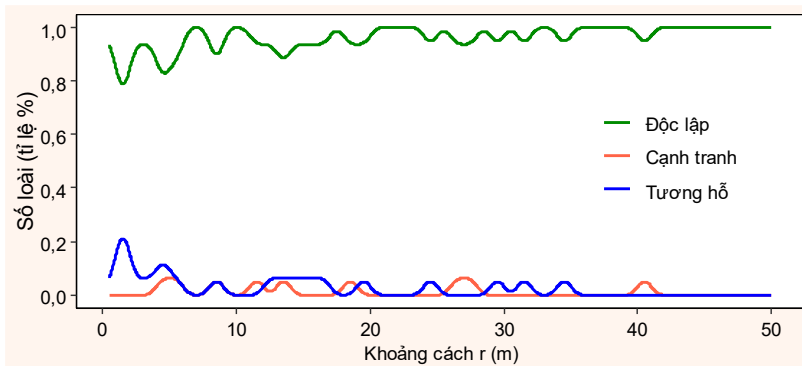
Mặc dù quan hệ cạnh tranh chiếm tỉ lệ không đáng kể ở quy mô nhỏ < 10 m và gần như biến mất ở các quy mô lớn > 30 m (Hình 6) nhưng nó là bằng chứng cho thấy có sự khác biệt về tính cạnh tranh

của cây trong lâm phần giữa hai quy mô không gian này. Bên cạnh sự khác biệt của môi trường sống ở các vị trí và quy mô không gian khác nhau, nhu cầu dinh dưỡng và ánh sáng là nguyên nhân tạo ra sự cạnh tranh không gian giữa các cá thể trong cùng loài hoặc khác loài. Các loài có tán lớn có thể che bóng cho các cây non ở giai đoạn đầu đời nhưng khi cây non lớn lên thì nhu cầu ánh sáng, chất dinh dưỡng, nguồn nước ngày càng tăng trong suốt quá

trình phát triển của chúng, điều này tạo ra sự cạnh tranh giữa các cá thể sống gần nhau. Sự cạnh tranh để tiếp cận nguồn tài nguyên sau giai đoạn cây non sẽ loại bỏ các cá thể lân cận cạnh tranh yếu hơn, đồng nghĩa với việc mức độ phân bố cụm ở các giai đoạn cây sào và cây trưởng thành sẽ giảm, khoảng cách giữa các cá thể sẽ tăng lên và hình thành phân bố kiểu ngẫu nhiên hoặc đều (Du et al., 2017).



Hình 5. Mối quan hệ không gian của sến mủ và các loài trong nhóm loài cây chủ yếu của lâm phần được phân tích bởi hàm $g_{12}(r)$ dưới mô hình lý thuyết IDP



Hình 6. Kết quả tổng hợp mối quan hệ không gian của loài sến mủ và các loài cây chủ yếu trong lâm phần được phân tích bởi hàm $g_{12}(r)$ dưới mô hình lý thuyết IDP

4. KẾT LUẬN

Trong lâm phần tự nhiên của kiểu rừng lá rộng thường xanh tại Ban QLRPH Tân Phú – Đồng Nai, sên mù mọc cùng 99 loài cây gỗ khác, trong đó có 16 loài (có số lượng cá thể từ 15 cây/ha trở lên) cùng với sên mù hình thành nhóm loài cây chủ yếu của lâm phần. Trong nhóm 17 loài cây chủ yếu của lâm phần, sên mù là một trong 3 loài thực sự có ý nghĩa về mặt sinh thái tại thời điểm nghiên cứu (hai loài còn lại là cẩm và vên vên). Các chỉ tiêu lâm học bao gồm mật độ, dbh bình quân, tổng tiết diện ngang và chỉ số giá trị quan trọng đã được tính toán cho từng loài nhằm cung cấp thông tin về đặc điểm cơ bản của loài sên mù và lâm phần nơi nó phân bố.

Mô hình không gian của loài sên mù bị ảnh hưởng bởi tính không đồng nhất của điều kiện môi trường trên OTC, cạnh tranh loài và quy mô không gian. Ở các giai đoạn sống và quy mô không gian khác nhau, mô hình không gian của sên mù có sự khác biệt, xu hướng là phân bố cụm ở quy mô nhỏ và giai đoạn cây non, mức độ phân bố cụm giảm khi quy mô không gian và kích thước cây tăng lên.

Trong mối quan hệ không gian với các loài cây chủ yếu của lâm phần, sên mù có quan hệ tương hỗ với 5/16 loài (cẩm, bời lời vàng, cẩm thị, quan âm

và vên vên), quan hệ cạnh tranh với 4/16 loài (kơ nia, công tía, tấu trắng và trắc), 7 loài cây còn lại trong nhóm loài cây chủ yếu có quan hệ độc lập với loài sên mù (cò ke, giềng đỏ, giác đế, ròi mật, thị gân, ngấm rừng và trâm vô đô).

Việc nắm bắt được các thông tin về đặc điểm sinh thái và mối quan hệ của các loài cây là chìa khóa của thành công trong phục hồi hoặc trồng mới rừng. Kết quả của nghiên cứu phân bố và quan hệ không gian của loài sên mù trong rừng lá rộng thường xanh ở khu vực Tân Phú - Đồng Nai là cơ sở quan trọng để xây dựng các biện pháp bảo tồn và mở rộng diện tích phân bố cho loài sên mù tại khu vực nghiên cứu hoặc những nơi có điều kiện lập địa, khí hậu tương đồng. Khi tiến hành điều chỉnh mật độ của loài sên mù và các loài cây lân cận trong lâm phần, các nhà quản lý nên thực hiện theo hướng tăng mật độ của những loài có quan hệ tương hỗ và giảm mật độ của những loài có quan hệ cạnh tranh với loài sên mù. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu mối quan hệ không gian giữa loài sên mù và các loài cây chủ yếu của lâm phần là thông tin tham khảo có giá trị để đề xuất danh mục loài, khoảng cách hồ trồng khi trồng mới rừng bằng sên mù và các loài cây sống cùng với nó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ban Quản lý rừng phòng hộ Tân Phú. (2021). *Báo cáo công tác Quản lý, bảo vệ rừng tại Ban Quản lý rừng phòng hộ Tân Phú, tỉnh Đồng Nai năm 2021*.
- Bao, T. Q., Viet, L. H., Hai, N. H., Tuan, N. T., & Cuong, L. V. (2021). Population dynamics and regeneration of *Shorea roxburghii*, a threatened timber species in Southern region, Viet Nam. *Biodiversitas*, 22(12), 5649-5656. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221261>
- Bảo, T. Q., & Việt, L. H. (2019). Vai trò sinh thái của quần thể Sên mù (*Shorea roxburghii* G. Don) trong kết cấu loài cây gỗ của rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp*, 5, 90-98.
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. (2000). *Tên cây rừng Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Curtis, J. T., & Macintosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie – forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476-496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- Diễn, P. V., & Hải, N. H. (2016). Phân bố và quan hệ không gian của cây rừng lá rộng thường xanh ở A Lưới, Thừa Thiên – Huế. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 4, 122-128.
- Diggle, P. J. (2003). *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Arnold, London.
- Du, H., Hu, F., Zeng, F., Wang, K., Peng, W., Zhang, H., Zeng, Z., Zhang, F., & Song, T. (2017). Spatial distribution of tree species in evergreen-deciduous broadleaf karst forests in southwest China. *Sci Rep*, 7, 15664. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15789-5>
- Getzin, S., Wiegand, T., Wiegand, K., & He, F. L. (2008). Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands. *Journal of Ecology*, 96, 807-820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01377.x>
- Hai, N. H., Wiegand, K., & Getzin, S. (2014). Spatial distributions of tropical tree species in northern Vietnam under environmentally variable site conditions. *Journal of Forestry Research*, 25(2), 257-268. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0457-y>
- Hai, N. H., Uria-Diez, J., & Wiegand, K. (2016). Spatial distribution and association patterns in a tropical evergreen broad-leaved forest of north-central Vietnam. *J. Veg. Sci.*, 27, 318-327. <https://doi.org/10.1111/JVS.12361>

- Hai, N. H., Erfanfard, Y., Dien, P. V., Truong, L. X., Doi, B. T., & Catalin, P. I. (2018). Spatial association and diversity of dominant tree species in tropical rainforest, Vietnam. *Forests*, 9, 615. <https://doi.org/10.3390/f9100615>
- Hộ, P. H. (1999, 2003). *Cây cỏ Việt Nam (tập 1-3), tái bản lần thứ 2*. Nhà xuất bản Trẻ, Hà Nội.
- Hop, N. V., Viet, L. H., Bao, T. Q., & Luong, N. T. (2020). Woody plant diversity and aboveground carbon stocks of (*Shorea roxburghii*) dominant forests in Tan Phu, Dong Nai Province. *Journal of Forestry Science and Technology*, 10, 66-76.
- Hợp, H. (2002). *Cây gỗ Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Hợp, T., & Quỳnh, N. B. (2003). *Cây gỗ kinh tế ở Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Hu, M., Zeng, S. Q., & Long, S. S. (2019). Spatial distribution patterns and associations of the main tree species in *Cyclobalanopsis glauca* secondary forest. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 39(6), 66-71. <https://doi.org/10.14067/j.cnki.1673-923x.2019.06.010>
- Hường, P. V., Việt, L. H., Hà, N. T., Tuyết, D. T. A., Anh, K. P., & Luận, P. T. (2021). Hiện trạng kết nhóm sinh thái giữa các loài cây gỗ nguy cấp, quý, hiếm trong trạng thái rừng giàu tại rừng phòng hộ Tân Phú - Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp*, 6, 60-68.
- IUCN. (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. <<https://www.iucnredlist.org>>. Accessed January 2022.
- Lan, G. Y., Zhu, H., & Cao, M. (2012). Scale effect of tree species diversity in tropical rain forest in Xishuangbanna. *Northwestern Journal of Botany*, 32(7), 1454-1458. <https://doi.org/10.1007/s11284-009-0590-9>
- Li, L., Chen, J. H., Ren, H. B., Mi, X. C., Yu, M. J., & Yang, B. (2010). Spatial patterns of *Castanopsis eyrei* and *Schima superba* in mid-subtropical broadleaved evergreen forest in Gutianshan National Reserve, China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 34(3), 241-252. <https://doi.org/10.3773/j.issn.1005-264x.2010.03.001>
- Luo, Z. R., Yu, M. J., Chen, D. L., Wu, Y. G., & Ding, B. Y. (2012). Spatial associations of tree species in a subtropical evergreen broad-leaved forest. *Journal of Plant Ecology*, 5, 1-10. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr048>
- Marmillod, D. (1982). *Methodology and results of studies on the composition and structure of a terrace forest in Amazonia*. The University of Göttingen, Göttingen.
- Phân viện Điều tra quy hoạch rừng Nam Bộ. (2008). *Báo cáo kết quả rà soát, quy hoạch lại 3 loại rừng tháng 12/2008*. Tài liệu lưu hành nội bộ.
- Pooma, R., Newman, M., & Barstow, M. (2017). *Shorea roxburghii*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2017. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T33028A2831736.en>
- Quý, N. V., Tuấn, N. T., Hợp, N. V., & Việt, L. H. (2021a). Ảnh hưởng của kích thước ô mẫu đến phân bố các chỉ số đa dạng loài cây gỗ trong rừng tự nhiên khu vực Tân Phú, Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 4, 107-117.
- Quý, N. V., Hưng, B. M., Tuấn, N. T., Hợp, N. V., & An, Đ. V. (2021b). Phân bố và quan hệ không gian của hai loài cây chi Dầu trong rừng tự nhiên Khu bảo tồn thiên nhiên Núi Ông, tỉnh Bình Thuận. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 5, 121-131.
- R Development Core Team. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>
- Raju, A. J. S., Ramana, K. V., & Chandra, P. H. (2011). Reproductive ecology of *Shorea roxburghii* G. Don (Dipterocarpaceae), an endangered semievergreen tree species of peninsular India. *Journal of Threatened Taxa*, 3(9), 206070. <https://doi.org/10.11609/JoTT.o2763.2061-70>
- Ripley, B. D. (1976). The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability*, 13(2), 255-266. <https://doi.org/10.2307/3212829>
- Stoyan, D., & Stoyan, H. (1994). *Fractals, random shapes, and point fields: Methods of geometrical statistics*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Szmyt, J. (2014). Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. *Silva Fennica*, 48(1), 31. <https://doi.org/10.14214/sf.1008>
- Ta, F., Liu, X. D., Liu, R. H., Zhao, W. J., Jing, W. M., Ma, J., Wu, X. R., Zhao, J. Z., & Ma, X. E. (2020). Spatial distribution patterns and association of *Picea crassifolia* population in Dayekou Basin of Qilian Mountains, northwestern China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44(11), 1172-1183. <https://doi.org/10.17521/cjpe.2020.0177>
- Thìn, N. N. (2004). *Hệ sinh thái rừng nhiệt đới*. Nhà xuất bản Đại học quốc gia Hà Nội.
- Trùng, T. V. (1978). *Thảm thực vật rừng Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Tuất, N. H., Bảo, T. Q., & Thịnh, V. T. (2011). *Ứng dụng một số phương pháp định lượng trong*

- nghiên cứu sinh thái rừng*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
- Việt, L. H., Báo, T. Q., & Hường, P. V. (2019). Vai trò của quần thể Sên mù (*Shorea roxburghii* G. Don) trong cấu trúc của rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới tại khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn*, 20, 1-13.
- Việt, L. H., Hải, N. H., Báo, T. Q., Tín, N. V., & Hoàn, L. N. (2020). Đặc điểm cấu trúc không gian của các loài cây ưu thế rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới tại khu vực Tân Phú, Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 1, 72-83.
- Weiner, J. (1990). Asymmetric competition in plant populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 5(11), 360-364. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(90\)90095-U](https://doi.org/10.1016/0169-5347(90)90095-U)
- Wiegand, T., Gunatilleke, S., & Gunatilleke, N. (2007). Species associations in a heterogeneous Sri Lankan dipterocarp forest. *The American Naturalist*, 170(4), 77–95. <https://doi.org/10.1086/521240>
- Xu, Q., Lu, J. Z., Miao, Y. M., & Bi, R. C. (2016). Spatial distribution patterns and association of major species in *Elaeagnus mollis* communities. *Chinese Bulletin of Botany*, 2016, 51(1), 49-57. <https://doi.org/10.11983/CBB14193>
- Zhang, C. Y. (1999). Interspecific association of trees in evergreen broad-leaved forest in north of Fujian. *Journal of Fujian College of Forestry*, 19, 342–345. <http://europepmc.org/article/CBA/331182>
- Zhang, J., Hao, Z. Q., Song, B., Ye, J., Li, B. H., & Yao, X. L. (2007). Spatial distribution patterns and associations of *Pinus koraiensis* and *Tilia amurensis* in broad-leaved Korean pine mixed forest in Changbai Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18, 1681–1687. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2008.10.019>