Tạp chí KHLN Số 6/2021
©: Viện KHLNVN - VAFS
ISSN: 1859 - 0373 Đăng tải tại: www.vafs.gov.vn

PHÂN BỐ VÀ QUAN HỆ KHÔNG GIAN CỦA LOÀI CĂM XE (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.) TRONG RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở KHU VỰC IA MƠR, TỈNH GIA LAI

Nguyễn Văn Quý[1], Phạm Thanh Hà[2], Nguyễn Văn Hợp[1], Nguyễn Thanh Tuấn[1], Nguyễn Hữu Thế[3]

[1]Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai

[2]Trường Đại học Lâm nghiệp

[3]Phân viện Điều tra, Quy hoạch rừng Nam Trung Bộ và Tây Nguyên

Từ khóa: Hàm tương quan cặp, phân bố Poisson, cạnh tranh khác loài, loài ưu thế, đặc điểm sinh thái.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện trong kiểu rừng lá rộng thường xanh ở khu vực Ia Mơr, tỉnh Gia Lai để giúp hiểu rõ hơn về đặc điểm sinh thái của loài Căm xe - một loài cây đa tác dụng, có giá trị cao về mặt kinh tế. Dữ liệu được thu thập từ tất cả các cây thân gỗ có đường kính ngang ngực (dbh) ≥ 5 cm trong 3 ô tiêu chuẩn điển hình tạm thời (OTC) 1 ha (100×100 m). Phương pháp phân tích mô hình điểm không gian dựa trên phần mềm R được sử dụng để phân tích dữ liệu nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, Căm xe có cả phân bố kiểu cụm, ngẫu nhiên và đều tại khu vực nơi loài phân bố. Phân bố không gian của Căm xe bị ảnh hưởng mạnh bởi tính không đồng nhất của môi trường sống. Phát tán giới hạn là một trong những nguyên nhân chính đã điều chỉnh mô hình phân bố không gian của loài. Trong khoảng cách 0-10 m, quan hệ cạnh tranh giữa Căm xe và các loài ưu thế chiếm tỷ lệ lớn hơn so với quan hệ tương hỗ và độc lập (chiếm 66,67% ở rừng trung bình và 50% ở rừng giàu). Ở khoảng cách 10-30 m, Căm xe chủ yếu có quan hệ độc lập với các loài cây thuộc nhóm loài ưu thế trong lâm phần (chiếm 83,33% và 71,43% trong tổng số mối quan hệ ở 2 trạng thái rừng trung bình và giàu). Dựa trên kết quả của nghiên cứu này có thể điều chỉnh mật độ, chọn khoảng cách hố trồng thích hợp khi phục hồi hoặc trồng rừng mới bằng loài Căm xe và các loài cây sống chung với nó.

Keywords: Pair-correlation function, Poisson distribution, interspecific competition, dominant species, ecological characteristics.

Spatial distribution patterns and associations of *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub. in an Ia Mor evergreen broadleaved forest, Gia Lai province

Present study was carried out in two medium and rich forest types of an Ia Mor evergreen broadleaved forest, Gia Lai province to help better understand the ecological characteristics of *Xylia xylocarpa* - a multi-use tree species with high economic value. Research data were collected from all woody trees with diameter at breast height (dbh) ≥ 5 cm in three 1ha- study plots (100×100 m). The spatial point-patterns analysis method was used to analyze research data based on R version 4.1.1 software. Research results showed that *Xylia xylocarpa* had both aggregated, random, and regular distribution in the area where this species distributed. The spatial distribution pattern of *Xylia xylocarpa* was strongly influenced by the environmental heterogeneity effects in the study plot.

Dispersal limitation is one of the mechanisms underlying the spatial pattern formation of *Xylia xylocarpa species*. The repulsion association between *Xylia xylocarpa* and dominant species accounts for a higher proportion than the attractive and independent association (accounting for 66.67% in medium forest and 50% in a rich forest) at scales of 0-10 m. *Xylia xylocarpa* mainly had independent associations with tree species of the dominant species group in the stand (accounting for 83.33% and 71.43% of the total number of species-pairs in two medium and rich forest types) at scales of 10-30 m. Based on present findings, it is possible to adjust the density as well as define the appropriate planting hole spacing when forest rehabilitation or reforestation by *Xylia xylocarpa* and other species grow with it.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân bố và quan hệ không gian của cây rừng, cụ thể là ở các phạm vi không gian khác nhau đã được coi là bằng chứng phản ánh động thái của lâm phần theo thời gian (Nguyễn Hồng Hải và Phạm Tiến Bằng, 2020). Trong khoảng 50 năm qua, các nhà sinh thái học trên thế giới đã đưa ra rất nhiều giả thuyết để giải thích cho mô hình phân bố và quan hệ không gian của cây rừng, như lý thuyết cạnh tranh và tương hỗ, lý thuyết trung lập, sự chết phụ thuộc vào mật độ, lý thuyết ổ sinh thái (Wright, 2002). Trong số các giả thuyết được đưa ra, lý thuyết trung lập cho rằng tất cả các cá thể cây không phân biệt khác loài đều bình đẳng trong các quá trình sinh sản, sinh trưởng và chết (Hubbell, 2005). Lý thuyết ổ sinh thái lại nhấn mạnh sự khác biệt giữa các loài (Hubbell, 2001). Giả thuyết Janzen - Connell nhấn mạnh vai trò quan trọng của mật độ trong việc duy trì đa dạng sinh học (Liza *et al.*, 2014). Mặc dù các lý thuyết khác nhau có thể giải thích được cơ chế cùng tồn tại của các loài trên một quy mô không gian và thời gian nhất định, nhưng chưa có một lý thuyết thống nhất và hoàn chỉnh nào có thể giải thích được sự chung sống của các loài trong các quần xã khác nhau trên quy mô toàn cầu (Yao *et al.*, 2018). Do đó, nghiên cứu cơ chế và quy luật cùng tồn tại của các loài thực vật vẫn còn rất nhiều thách thức và cần tiếp tục có những nghiên cứu chuyên sâu hơn.

Theo Phạm Văn Điển và Nguyễn Hồng Hải (2016), đặc điểm phân bố không gian của một quần thể cây rừng có thể được xác định là phân bố kiểu cụm, ngẫu nhiên hoặc đều dựa vào vị trí của các cá thể cây riêng lẻ. Tilman (2004) cho rằng, mô hình phân bố không gian của cây rừng được giải thích bởi ảnh hưởng của môi trường sống không đồng nhất và các trạng thái cân bằng của các loài phụ thuộc vào khả năng phát tán, cạnh tranh hoặc hỗ trợ lẫn nhau. Ở đối tượng là rừng mưa nhiệt đới thì mối quan hệ không gian trong cùng loài hoặc khác loài diễn ra phức tạp hơn so với các kiểu rừng khác bởi rừng mưa nhiệt đới là nơi thành phần loài cây rất đa dạng nhưng mật độ mỗi loài thấp (Nguyễn Hồng Hải và Phạm Tiến Bằng, 2020). Việc nghiên cứu và ứng dụng phương pháp phân tích mô hình điểm không gian để giải thích các cơ chế và quá trình sinh thái lý thuyết có ảnh hưởng đến phân bố và quan hệ không gian của cây rừng là một vấn đề còn ít được quan tâm ở Việt Nam cũng như nhiều nước nhiệt đới khác trong khu vực.

Căm xe (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.) có tên gọi khác là Cẩm xe, thuộc chi Căm xe (*Xylia*), họ Đậu (Fabaceae), ngành Mộc lan (Magnoliophyta); loài này phân bố tự nhiên ở nhiều nước châu Á như Ấn Độ, Myanma, Thái Lan, Lào, Campuchia và Việt Nam

(Wattanakulpakin *et al.*, 2015). Căm xe sinh trưởng và phát triển tốt trong các lâm phần rừng tự nhiên nơi có nhiệt độ cao và khả năng thích ứng của loài với điều kiện khắc nghiệt của môi trường cũng là rất tốt (Phukittayacamee *et al.*, 1993). Căm xe là một trong những loài được xếp vào nhóm loài cây đa tác dụng, trọng lượng riêng của gỗ nặng, tính chất cơ lý cứng, gỗ thường không bị mối mọt, được dùng đóng đồ gia dụng, xây dựng, đóng tàu, toa xe lửa, cột điện,… Gỗ Căm xe rất có giá trị trên thị trường tiêu thụ trong nước và xuất khẩu (Vương Hữu Nhi, 2009). Vỏ cây có thể dùng làm thuốc chữa bệnh (Vadivel and Biesalski, 2012); hạt giàu protein và chất béo, có thể dùng làm thức ăn cho con người (Siddhuraju *et al.*, 1995; Saelim and Zwiazek, 2000). Ở Việt Nam, Căm xe là loài cây bản địa, phân bố tự nhiên khá phổ biến ở nhiều tỉnh phía Nam và Tây Nguyên. Loài này có khả năng tái sinh hạt, chồi thân và chồi rễ mạnh, nguồn hạt giống phong phú; tuy nhiên, số lượng cá thể của loài Căm xe ngoài tự nhiên còn rất ít, vùng phân bố đang dần bị thu hẹp do tình trạng khai thác gỗ trái phép (Vương Hữu Nhi, 2009). Tính đến hiện tại, vẫn chưa có một công bố nào sử dụng phương pháp phân tích mô hình điểm không gian để nghiên cứu đặc điểm sinh thái của loài Căm xe trong rừng lá rộng thường xanh ở Việt Nam nói chung và ở khu vực nghiên cứu nói riêng, vì vậy nghiên cứu này được thực hiện là rất cần thiết.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi phân tích đặc điểm phân bố và mối quan hệ không gian của loài Căm xe ở 2 trạng thái rừng tự nhiên trung bình (TXB) và giàu (TXG) của kiểu rừng lá rộng thường xanh thuộc Ban quản lý rừng phòng hộ (QLRPH) Ia Mơr, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai. Mục tiêu của nghiên cứu là làm sáng tỏ các quá trình sinh thái đã giúp cho loài Căm xe chiếm ưu thế ở nơi nó phân bố, đồng thời kết quả của nghiên cứu cũng bổ sung thêm các thông tin khoa học tin cậy làm cơ sở cho việc xây dựng các biện pháp kỹ thuật lâm sinh nhằm phục hồi và mở rộng vùng phân bố của loài Căm xe. Kết quả của nghiên cứu này không chỉ có ý nghĩa về mặt khoa học mà còn có ý nghĩa cả về mặt thực tiễn sản xuất.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu được đề cập trong bài báo là sự phân bố và quan hệ không gian của loài Căm xe và các loài cây khác (các loài có số lượng cá thể ≥ 25 cây/ha) trong trạng thái rừng tự nhiên trung bình và giàu thuộc kiểu rừng lá rộng thường xanh tại Ban QLRPH Ia Mơr, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai.

2.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 3/2021 đến 7/2021 với 3 đợt điều tra thực địa tại Ban QLRPH Ia Mơr, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai (tọa độ địa lý từ 13º22’30” đến 13º36’10” vĩ độ Bắc, 107º39’29” đến 107º48’24” kinh độ Đông).

Tổng diện tích rừng và đất lâm nghiệp thuộc quyền quản lý của đơn vị là 10.429,30 ha. Chế độ khí hậu của khu vực nghiên cứu mang nét đặc trưng của vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa Cao nguyên, chịu ảnh hưởng khí hậu nhiệt đới ẩm, trong năm có 2 mùa rõ rệt: mùa khô và mùa mưa. Nhiệt độ không khí trung bình là 25,5ºC, cao nhất 31,8ºC, thấp nhất 15,8ºC. Lượng mưa trung bình 1.600-1.700 mm/năm. Độ ẩm không khí trung bình năm 80%. Địa hình của khu vực nghiên cứu là kiểu địa hình bán bình nguyên, độ dốc bình quân từ 5-15º (Ban QLRPH Ia Mơr, 2020).

Các OTC được đặt tại 2 trạng thái rừng TXB và TXG. Tọa độ của các OTC lần lượt, OTC 1 (TXB): 13°32’26,15” vĩ độ Bắc, 107°42’2,23” kinh độ Đông; OTC 2 (TXG): 13°31’19,54” vĩ độ Bắc, 107°41’28,07” kinh độ Đông; OTC 3 (TXG): 13°30’37,56” vĩ độ Bắc, 107°42’29,08”

kinh độ Đông. Các quần xã thực vật khu vực nghiên cứu có một số ưu hợp điển hình như: Săng lẻ (*Lagerstroemia calyculata* Kurz), Kơ nia (*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W.Benn.), Căm xe (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.), Cò ke (*Microcos paniculata* L.), Thẩu tấu (*Aporosa villosa* (Lindl.) Baill.) và Bời lời vàng (Litsea pierrei Lecomte) (Phân viện Điều tra quy hoạch rừng Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, 2017).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp điều tra và thu thập dữ liệu

Tại địa điểm nghiên cứu, thiết lập 3 OTC có diện tích 1 ha (100×100 m). Sử dụng phương pháp lưới ô vuông liền kề chia OTC thành 25 ô thứ cấp, diện tích mỗi ô thứ cấp 400 m^2 (20×20 m). Trong ô thứ cấp thu thập thông tin của tất cả các cây gỗ có đường kính tại vị trí 1,3 m (dbh) ≥ 5 cm, bao gồm: Tên loài cây, dbh được xác định bằng thước kẹp kính, đường kính tán được xác định bằng thước dây theo 2 hướng Đông - Tây và Nam - Bắc, chiều cao vút ngọn (H_{vn}) được đo bằng thước Blume - Leiss; lấy điểm giao giữa 2 cạnh của OTC theo hướng Tây - Bắc và Tây - Nam làm gốc tọa độ theo hệ quy chiếu, xác định tọa độ tương đối của từng cây trong OTC bằng thước đo khoảng cách laser (Leica Disto D_2) và la bàn.

2.2.2. Xác định tên loài cây

Tên loài cây gỗ được xác định bằng phương pháp hình thái so sánh. Các tài liệu được sử dụng bao gồm: Cây cỏ Việt Nam (Phạm Hoàng Hộ, 1999 - 2003), Cây gỗ Việt Nam (Trần Hợp, 2002), tên khoa học được hiệu chỉnh bởi Kew Science (http://www.plantsoftheworldonline.org), World flora online (http://104.198.148.243).

2.2.3. Xác định loài cây ưu thế

Độ ưu thế là mức độ che phủ của một loài, nó biểu hiện cho sự chiếm lĩnh không gian của loài đó trong lâm phần. Độ ưu thế được tính bằng chỉ số giá trị quan trọng (IVi%) của loài thông qua số cây, tiết diện ngang thân cây của nó. Chỉ số IVi% được tính cho tất cả các loài cây gỗ trong lâm phần với dbh ≥ 5 cm theo công thức sau (dẫn theo Đào Công Khanh, 1996):

$$IV_i\% = \frac{N_i\% + G_i\%}{2}$$

Trong đó: $IV_i\%$ là chỉ số giá trị quan trọng của loài i. $N_i\%$ là tỷ lệ phần trăm của số cây loài i so với tổng số cây trong OTC. $G_i\%$ là tỷ lệ phần trăm tổng tiết diện ngang thân cây của loài i so với tổng tiết diện ngang thân cây của tất cả các loài trong OTC.

Theo Daniel Marmillod, những loài cây nào có $IV_i\%$ > 5% thì loài đó mới thực sự có ý nghĩa về mặt sinh thái trong lâm phần (dẫn theo Nguyễn Thị Thu Hiền, 2015). Mặt khác, theo Thái Văn Trừng (1978), trong một lâm phần nhóm loài ở tầng cây cao có tổng trị số IVi% ≥ 50% so với tổng thể số loài được coi là nhóm loài cây ưu thế.

2.2.4. Xác định trạng thái rừng

Trạng thái rừng của khu vực nghiên cứu được xác định dựa trên trữ lượng của lâm phần và Thông tư số 33 ban hành năm 2018, Thông tư của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn: Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2018).

2.2.5. Phân tích phân bố và quan hệ không gian

Kiểm tra tính đồng nhất của điều kiện môi trường trên các ô nghiên cứu dựa trên phân bố không gian của toàn bộ cây có dbh ≥ 15 cm trong OTC bằng việc so sánh kết quả của 2 hàm và L(r) (Phạm Văn Điển và Nguyễn Hồng Hải, 2016). Lựa chọn các cây có dbh ≥ 15 cm vì chúng có khả năng sống phủ kín các diện tích có thể và đã trải qua quá trình chọn lọc tự nhiên, chất lượng môi trường

sống không đồng nhất sẽ phản ánh thông qua phân bố không đồng nhất của cây thành thục (Hai *et al.*, 2014).

Dựa trên dữ liệu tọa độ của các cá thể loài Căm xe và các loài cây khác trong các OTC, hàm tương quan theo cặp một biến số được sử dụng để phân tích mô hình phân bố không gian của loài Căm xe, hàm tương quan theo cặp hai biến số được sử dụng để phân tích mối quan hệ giữa loài Căm xe và các loài khác trong OTC. Trong đó, hàm tương quan theo cặp g(r) là đạo hàm của hàm Ripley K với g(r) = K'(r)/(2r), cho biết mật độ kỳ vọng của các điểm tại khoảng cách r từ một điểm bất kỳ (Ripley, 1976).

Đối với hàm tương quan theo cặp một biến số (cùng 1 loài cây hoặc một nhóm loài cây): nếu =1 thì phân bố hoàn toàn ngẫu nhiên; nếu >1, các điểm phân bố kiểu cụm và ngược lại nếu < 1, các điểm phân bố đều tại khoảng cách r giữa các điểm của mô hình.

Đối với hàm tương quan cặp hai biến số (mô tả mật độ kỳ vọng của loài cây 2 tại khoảng cách r từ một điểm bất kỳ của loài cây 1): nếu = 1, quan hệ giữa 2 loài là độc lập; nếu >1, quan hệ giữa 2 loài là tương hỗ và ngược lại nếu < 1, quan hệ giữa 2 loài là cạnh tranh tại khoảng cách r.

Để loại bỏ sai lầm trong việc phán đoán kết cấu không gian, khi tiến hành phân tích cần phải chú ý tới việc lựa chọn mô hình lý thuyết (mô hình kiểm tra sự đồng nhất của điều kiện lập địa) (Nguyễn Thanh Tuấn *et al.*, 2018). Các mô hình lý thuyết được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm: (1) Mô hình không gian hoàn toàn ngẫu nhiên cho hàm tương quan theo cặp một biến số g11(r) và hàm $L_{11}(r)$ đối với toàn bộ cây có dbh ≥ 15 cm trong OTC. (2) Phân bố Poisson không đồng nhất được dùng để phân tích phân bố không gian của các loài cây khi môi trường sống trong OTC là không đồng nhất; ngược lại, nếu môi trường sống là đồng nhất thì sử dụng mô hình không gian hoàn toàn ngẫu nhiên. (3) Mô hình lý thuyết tương tác độc lập được sử dụng để kiểm tra quan hệ không gian của loài Căm xe với các loài cây thuộc nhóm loài ưu thế trong lâm phần bằng cách cố định vị trí của loài cây thứ nhất và dịch chuyển ngẫu nhiên toàn bộ vị trí của loài thứ 2 xung quanh loài thứ nhất. Mô hình lý thuyết độc lập được áp dụng cho việc phân tích hàm tương quan theo cặp hai biến số .

Trong phân tích số liệu 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 cửa sổ di động R = 30 m và độ phân giải không gian là 1 m (Phạm Văn Điển và Nguyễn Hồng Hải, 2016). Tất cả các mô hình không gian được thực hiện trên phần mềm R phiên bản 4.1.1 thông qua Package 'apcf' với 199 lần mô phỏng Monte Carlo, sử dụng 5 giá trị lớn nhất và 5 giá trị nhỏ nhất để xây dựng khoảng tin cậy xấp xỉ 95%; sơ đồ phân bố các loài cây rừng được xây dựng thông qua Package 'spatstat' và Package 'ggplot2'.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Một số đặc trưng của các OTC

Các trạng thái rừng đã được phân loại dựa trên trữ lượng của lâm phần và Thông tư số 33 của Bộ NN-PTNT. Trong đó, ở trạng thái rừng trung bình (OTC 1) tổng số 73 loài cây gỗ đã được xác định với mật độ 780 cây/ha, trữ lượng 160,8 m^3/ha; ở trạng thái rừng giàu (OTC 2 và 3) ghi nhận số loài xuất hiện tương ứng là 70 loài (1.086 cây/ha với trữ lượng 214,9 m^3/ha) và 63 loài (401 cây/ha; 225,4 m^3/ha). Cấu trúc tổ thành theo chỉ số IV_i% được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Cấu trúc tổ thành các lâm phần có loài Căm xe phân bố

OTC	Trạng thái rừng	Số loài cây gỗ	Mật độ cây gỗ (cây/ha)	Trữ lượng (m^3/ha)	Công thức tổ thành (theo IV_i%)
1	TXB	73	780	160,8	9,1 Cx + 4,7 Tt + 4,1 Kv + 3,7 Bl + 3,6 Hq + 3,4 Gđ + 3,3 Xđ + 3,1 Tđ 2,9 Lx + 2,8 Sn +2,7 Ct + 2,7 Sx+ 2,4 Bb + 2,3 Gg + 2,2 Tr + 47,0 Lk.
2	TXG	70	1.086	214,9	8,4 Kn + 8,3 Tt + 6,7 Cx + 6,2 Tn + 6,1 St + 5,2 Đl + 5,2 Tđ + 4,8 Sv + 3,7 Sl + 3,0 Bv + 2,7 Bl + 2,6 Hq + 2,2 Trt + 1,9 Xđ + 33,1 Lk.
3	TXG	63	401	225,4	19,5 Sl + 11,9 Kn + 7,6 Cx + 7,2 Ck + 3,5 Gr + 2,7 Gđ + 47,6 Lk.

Chú thích: Bb - Bưởi bung (Acronychia pedunculata), Bl - Bời lời vàng (Litsea pierrei), Bv - Bứa vàng (Garcinia fusca), Ck - Cò ke (Microcos paniculata), Ct - Chẹo tía (Engelhardtia roxburghiana), Cx - Căm xe (Xylia xylocarpa), Đl - Đèn ba lá (Vitex trifolia), Gđ - Giền đỏ (Xylopia vielana), Gg - Giâu gia lông, Gr - Gạo rừng (Bombax ceiba), Hq - Hồng quang (Rhodoleia championii), Kn - Kơ nia (Irvingia malayana), Kv - Kháo vàng (Machilus bonii), Lx - Lòng mang xanh (Pterospermum heterophyllum), Sl - Săng lẻ (Lagerstroemia calyculata), Sn - Sổ năm nhụy (Dillenia pentagyna), St - Sơn quả to (Gluta megalocarpa), Sv - Sồi vàng (Lithocarpus tubulosus), Sx - Sao xanh (Hopea helferi), Tđ - Trâm vỏ đỏ (Syzygium zeylanicum), Tn - Thành ngạnh nam (Cratoxylum cochinchinense), Tr - Thị rừng (Diospyros sylvatica), Trt - Trâm trắng (Syzygium lanceolatum), Tt - Thẩu tấu (Aporosa villosa), Xđ - Xay trúc đào (Myrsine seguinii), Lk - Loài khác.

Từ cấu trúc tổ thành theo chỉ số IV_i% có thể thấy, Căm xe ở cả 2 trạng thái rừng trung bình và giàu cùng với các loài khác như Kơ nia, Thẩu tấu, Thành ngạnh nam, Sơn quả to, Đèn ba lá, Trâm vỏ đỏ, Săng lẻ và Cò ke là 8 loài có ý nghĩa về mặt sinh thái (IV_i% > 5%). Trong trạng thái rừng trung bình (OTC 1), Căm xe có chỉ số IV_i% cao nhất (9,1%), nó cùng với 14 loài ưu thế khác (Thẩu tấu, Kháo vàng, Bời lời vàng, Hồng quang, Giền đỏ, Xay trúc đào, Trâm vỏ đỏ, Lòng mang xanh, Sổ năm nhụy, Chẹo tía, Sao xanh, Bưởi bung, Giâu gia lông và Thị rừng) tạo thành nhóm loài cây ưu thế (tổng IV_i% > 50%). Trong trạng thái rừng giàu, chỉ số IV_i% của Căm xe thấp hơn so với các loài ưu thế khác, thứ tự ưu thế theo chỉ số IV_i% đều xếp ở vị trí thứ 3 ở cả 2 OTC 2 (6,7%) và OTC 3 (7,6%); Căm xe cùng với 13 loài ưu thế (OTC 2) và 5 loài ưu thế (OTC 3) tạo thành nhóm loài ưu thế. Dựa trên giá trị IV_i% của Căm xe có thể thấy, ở trạng thái rừng trung bình loài cây này có khả năng chiếm lĩnh không gian tốt hơn so với các loài ưu thế khác và cũng là tốt hơn so với chính nó ở trạng thái rừng giàu.

Các giá trị mật độ, dbh, H_{vn}, tổng tiết diện ngang, tổng trữ lượng bình quân và chỉ số IVi% theo loài ưu thế có số cá thể ≥ 25 cây/ha được tổng hợp trong bảng 2.

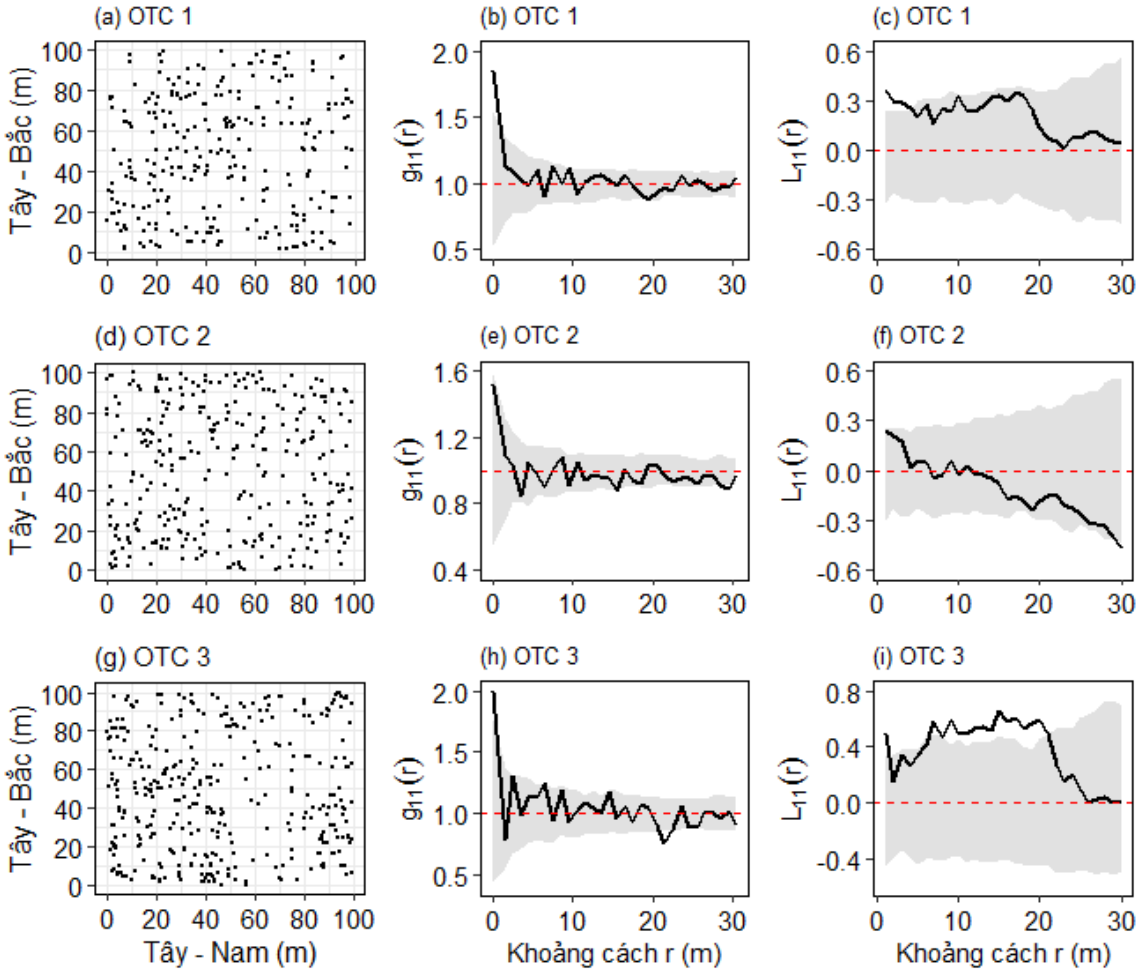
Bảng 2. Đặc trưng của các loài ưu thế theo trạng thái rừng

OTC	Trạng thái	Tên loài	N (cây/ha)	dbh (cm)	H_{vn} (m)	G (m^2/ha)	Trữ lượng (m^3/ha)	IVi (%)
1	TXB	Căm xe	71	12,6 ± 6,7	11,4 ± 2,3	2,0	15,7	9,1
		Thẩu tấu	70	12,1 ± 4,9	11,3 ± 1,9	0,1	0,8	4,7
		Kháo vàng	63	11,7 ± 6,8	11,0 ± 2,1	0,0	0,2	4,1
		Trâm vỏ đỏ	48	15,6 ± 8,5	12,4 ± 2,7	0,0	0,1	3,1
		Bời lời vàng	46	19,6 ± 13,6	13,2 ± 3,3	0,3	2,0	3,7
		Bưởi bung	37	11,2 ± 4,4	10,9 ± 1,7	0,0	0,0	2,4
		Thị rừng	33	11,2 ± 3,3	10,9 ± 1,3	0,1	0,3	2,2
		7 loài ưu thế	368	13,3 ± 7,9	6,3 ± 6,0	2,6	19,0	29,3
		66 loài khác	412	17,9 ± 12,7	7,6 ± 6,9	19,9	141,7	70,7
		Tổng 73 loài	780	15,8 ± 10,9	12,2 ± 2,8	22,5	160,8	100

OTC	Trạng thái	Tên loài	N (cây/ha)	dbh (cm)	H_{vn} (m)	G (m^2/ha)	Trữ lượng (m^3/ha)	IVi (%)
2	TXG	Thẩu tấu	131	10,2 ± 3,6	11,1 ± 1,8	1,2	6,7	8,3
		Căm xe	99	10,9 ± 5,1	11,4 ± 2,3	1,1	7,0	6,7
		Thành ngạnh nam	99	9,6 ± 4,5	10,8 ± 2,1	0,9	5,2	6,2
		Đẻn ba lá	63	14,4 ± 6,3	13,0 ± 2,7	1,2	8,4	5,2
		Kơ nia	58	19,6 ± 17,1	14,0 ± 3,7	3,1	24,6	8,4
		Trâm vỏ đỏ	50	16,8 ± 10,7	13,7 ± 3,9	1,5	12,8	5,2
		Sơn quả to	49	19,3 ± 13,0	14,5 ± 4,5	2,1	18,3	6,1
		Bứa vàng	47	10,0 ± 4,4	11,0 ± 2,1	0,4	2,6	3,0
		Bời lời vàng	38	11,5 ± 5,7	11,7 ± 2,5	0,5	3,2	2,7
		Sồi vàng	31	24,5 ± 11,9	16,6 ± 4,0	1,8	16,0	4,8
		Săng lẻ	29	20,3 ± 12,6	15,0 ± 4,5	1,3	11,3	3,7
		Hồng quang	27	15,1 ± 10,8	12,9 ± 3,8	0,7	6,0	2,6
		Trâm trắng	25	14,4 ± 8,8	12,8 ± 3,6	0,6	4,2	2,2
		Xay trúc đào	25	13,2 ± 4,3	12,6 ± 1,9	0,4	2,4	1,9
		14 loài ưu thế	771	13,7 ± 9,5	6,0 ± 4,6	16,7	128,6	66,9
		56 loài khác	315	15,7 ± 12,5	6,7 ± 5,5	10,0	86,2	33,1
		Tổng 70 loài	1086	14,3 ± 10,5	12,6 ± 3,6	26,7	214,9	100
3	TXG	Cò ke	44	13,0 ± 6,5	12,7 ± 3,3	0,7	5,2	7,2
		Căm xe	42	16,1 ± 7,0	14,3 ± 3,4	1,0	7,7	7,6
		Săng lẻ	39	37,9 ± 25,0	21,3 ± 7,5	6,3	77,5	19,5
		Kơ nia	28	33,8 ± 22,7	20,3 ± 6,5	3,6	40,7	11,9
		4 loài ưu thế	153	24,0 ± 19,8	8,5 ± 5,7	11,6	131,1	46,2
		59 loài khác	248	19,0 ± 11,8	15,4 ± 4,9	9,7	94,3	53,8
		Tổng 63 loài	**401**	**20,9 ± 15,5**	**15,9 ± 5,6**	**21,3**	**225,4**	**100**

3.2. Tính không đồng nhất của môi trường sống

Kết quả kiểm tra mô hình lý thuyết hoàn toàn ngẫu nhiên đối với hàm mật độ cộng dồn của tất cả các cây có dbh ≥ 15 cm trong 2 OTC 1 và 2 cho thấy, không có phân bố kiểu cụm ở khoảng cách 5-30 m và kiểu phân bố chủ yếu là ngẫu nhiên (hình 1c, 1f); ở OTC 3 thì ngược lại, có phân bố kiểu cụm trong khoảng cách từ 10-22 m (hình 1i). Bên cạnh đó, hàm cũng chỉ ra rằng, ở 2 OTC 1 và 2, cây thành thục chỉ có phân bố kiểu ngẫu nhiên (hình 1b, 1e) nhưng ở OTC 3, có cả phân bố kiểu đều trong khoảng cách 22-24 m. Ngoài ra, sơ đồ phân bố của tất cả các cây có dbh ≥ 15cm trong 2 OTC 1 và 2 cũng chỉ ra rằng, hầu hết các vị trí trong 2 ô nghiên cứu này đều có cây thành thục phân bố (hình 1a, 1d); ở OTC 3 có rất nhiều vị trí không có cây thành thục phân bố, từ đó có thể khẳng định giả thuyết về tính đồng nhất của môi trường trong 2 OTC 1 và 2 được chấp nhận, ở OTC 3 giả thuyết này bị bác bỏ. Vì vậy, mô hình lý thuyết được lựa chọn để thực hiện các phân tích phân bố và quan hệ không gian của loài Căm xe được sử dụng là mô hình lý thuyết hoàn toàn ngẫu nhiên (OTC 1, 2) và phân bố Poisson không đồng nhất (OTC 3).

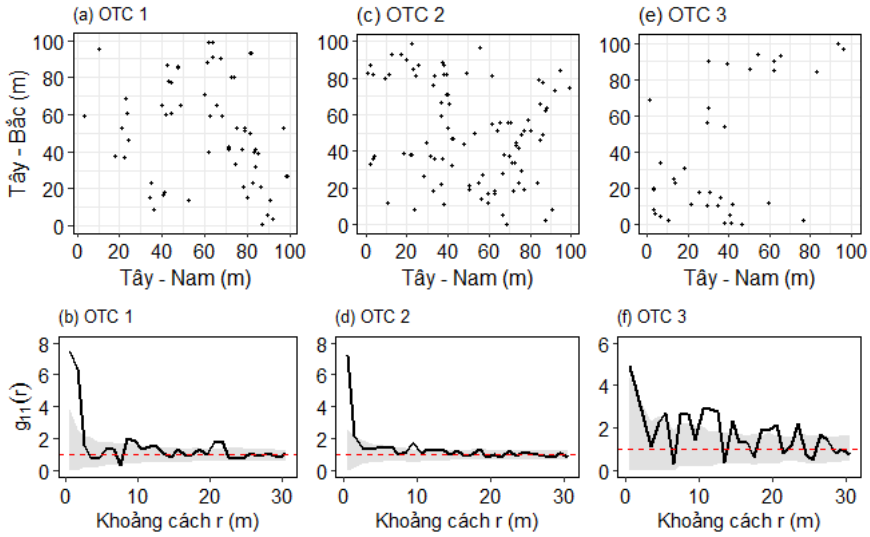


Hình 1. Sơ đồ và mô hình phân bố của tất cả các loài cây có dbh ≥ 15 cm theo OTC được phân tích bởi hàm $g_{11}(r)$ và $L_{11}(r)$ dưới mô hình lý thuyết hoàn toàn ngẫu nhiên

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

3.3. Mô hình phân bố không gian của loài Căm xe

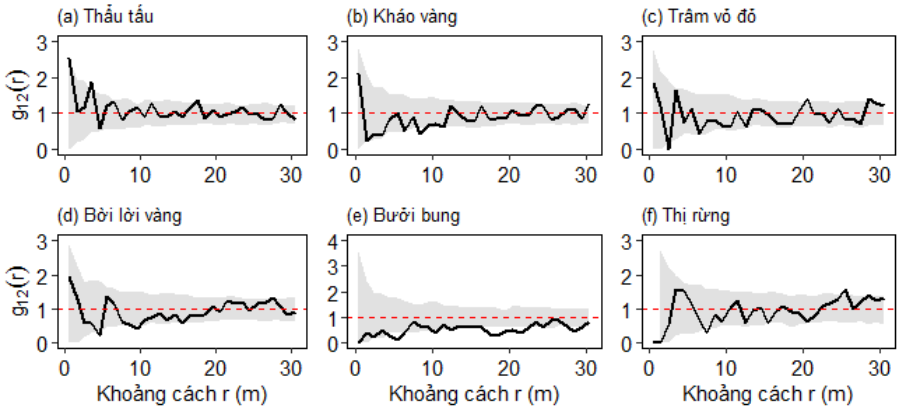
Kết quả phân tích mô hình phân bố không gian của loài Căm xe cho thấy, ở trạng thái rừng trung bình và giàu, khi môi trường sống trong ô nghiên cứu là đồng nhất (OTC 1, 2), Căm xe có cả phân bố kiểu cụm, ngẫu nhiên và đều (hình 2b, 2d). Trong OTC 1, Căm xe phân bố kiểu cụm trong khoảng khoảng cách 0-4, 9-10, 21-23 m; phân bố đều trong khoảng cách 8-9 m và phân bố ngẫu nhiên ở các khoảng cách còn lại (hình 2b). Hình 2d (OTC 2) cho thấy, Căm xe phân bố cụm trong khoảng cách 0-3, 9-10, 22-23 m; phân bố đều trong khoảng cách 7-8 m và các khoảng cách còn lại có kiểu phân bố ngẫu nhiên. Ở trạng thái rừng giàu nhưng môi trường sống là không đồng nhất (OTC 3), Căm xe chỉ có phân bố kiểu cụm và ngẫu nhiên; phân bố kiểu cụm xuất hiện trong khoảng cách 0-3, 5-6, 7-9, 11-13, 18-21 và 23-24 m, các khoảng cách còn lại có kiểu phân bố ngẫu nhiên (hình 2f).



Hình 2. Sơ đồ và mô hình phân bố không gian của loài Căm xe trong các ô nghiên cứu được phân tích bởi hàm $g_{11}(r)$ dưới mô hình lý thuyết hoàn toàn ngẫu nhiên (OTC 1, 2) và phân bố Poisson không đồng nhất (OTC 3)

3.4. Quan hệ không gian giữa loài Căm xe và các loài cây trong nhóm loài ưu thế

Trong trạng thái rừng tự nhiên trung bình, Căm xe có quan hệ tương hỗ với Thẩu tấu trong khoảng cách 3-4, 17-18 m (hình 3a); quan hệ cạnh tranh với các loài Kháo vàng (r < 12 m), Bời lời vàng (r < 10 m), Bưởi bung (4-8, 16-23 m) và Thị rừng (7-8 m) (hình 3b, 3d, 3e và 3f); mối quan hệ giữa Căm xe và Trâm vỏ đỏ là độc lập ở tất cả các khoảng cách từ 0-30 m (hình 3c). Quan hệ cạnh tranh khác loài giữa Căm xe và các loài thuộc nhóm loài ưu thế trong rừng tự nhiên trung bình ở khoảng cách 0-10 m chiếm đa số với 4/6 loài (chiếm 66,67%), quan hệ tương hỗ và độc lập đều là 1/6 loài (chiếm 16,67%). Ở khoảng cách 10-30 m, các loài ưu thế có quan hệ độc lập với Căm xe chiếm đa số với 5/6 loài ngoại trừ Bưởi bung (83,33%) và quan hệ cạnh tranh chỉ có 1/6 loài (16,67%).



Hình 3. Quan hệ không gian giữa loài Căm xe và các loài ưu thế trong trạng thái rừng tự nhiên trung bình được phân tích bởi hàm $g_{12}(r)$ dưới mô hình lý thuyết tương tác độc lập

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

Kết quả phân tích mối quan hệ không gian giữa loài Căm xe và các loài cây trong nhóm loài ưu thế ở trạng thái rừng tự nhiên giàu được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Quan hệ không gian giữa loài Căm xe và các loài ưu thế ở trạng thái rừng giàu

OTC	Loài cây	Khoảng cách r (m)															
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
2	Thẩu tấu	-	R	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Thành ngạnh nam	R	R	+	+	+	+	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Đẻn ba lá	-	-	-	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Kơ nia	R	+	+	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Trâm vỏ đỏ	R	R	+	+	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Sơn quả to	R	R	-	-	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Bứa vàng	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	+	+	R	R	R
	Bời lời vàng	R	R	R	-	-	-	-	R	-	-	R	R	R	-	-	R
	Sồi vàng	R	R	-	-	R	R	R	R	R	-	-	R	R	-	-	-
	Săng lẻ	-	-	-	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Hồng quang	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Trâm trắng	R	R	R	-	-	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Xay trúc đào	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
3	Cò ke	R	+	+	+	R	R	R	+	+	+	+	R	R	+	+	R
	Săng lẻ	-	-	-	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Kơ nia	R	+	+	+	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

(Ghi chú: +: quan hệ tương hỗ, -: quan hệ cạnh tranh; R: quan hệ độc lập)

Từ bảng 3 cho thấy, trong khoảng cách từ 0-10 m, Căm xe có quan hệ cạnh tranh với 7/14 loài bao gồm Thẩu tấu, Đẻn ba lá, Sơn quả to, Bời lời vàng, Sồi vàng, Săng lẻ và Trâm trắng (quan hệ cạnh tranh chiếm tỷ lệ 50%); mối quan hệ giữa Căm xe với 3 loài Bứa vàng, Hồng quang và Xay trúc đào là quan hệ độc lập (21,43%). Cũng trong khoảng cách từ 0-10 m, có 4 loài có quan hệ tương hỗ với Căm xe, bao gồm Thành ngạnh nam, Kơ nia, Trâm vỏ đỏ và Cò ke (28,57%). Trong khoảng cách từ 10-30 m, mối quan hệ độc lập giữa Căm xe và các loài ưu thế chiếm đa số với 10/14 loài (71,43%), quan hệ cạnh tranh và quan hệ tương hỗ đều ở mức thấp hơn với 2/14 loài (14,28%).

IV. THẢO LUẬN

4.1. Tính không đồng nhất của môi trường sống

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 kiểu cụm, đều hoặc ngẫu nhiên (Hu *et al.*, 2019). Getzin và đồng tác giả (2008) cho rằng, ở khoảng cách > 10 m nếu cây rừng phân bố kiểu cụm thì có thể giải

thích 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 với mật độ cộng dồn của các cá thể cây thành thục 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). Khi nghiên cứu mô hình phân bố và mối quan hệ không gian của các loài cây chủ yếu trong rừng thứ sinh lá rộng thường xanh ở tỉnh Chiết Giang - Trung Quốc, Wu và đồng tác giả (2018) cũng cho rằng, tính không đồng nhất của môi trường sống đóng một vai trò rất quan trọng trong việc hình thành quần xã thực vật. Có cùng quan điểm trên, Nguyễn Thanh Tuấn và đồng tác giả (2018) khi nghiên cứu phân bố không gian và mối quan hệ tương tác giữa một số loài ưu thế của trạng thái rừng chưa ổn định tại Khu bảo tồn Thiên nhiên - Văn hóa Đồng Nai, các tác giả cũng phát hiện sự không đồng nhất về môi trường sống trong ô nghiên cứu là nguyên nhân chính dẫn đến sự biến động lớn giữa các đặc trưng lâm phần ở các vị trí khác nhau trong OTC, điều này tạo nên tính đa dạng về cấu trúc của đối tượng nghiên cứu. Trong nghiên cứu, sau khi kiểm tra tính không đồng nhất của môi trường sống, khi sử dụng mô hình hoàn toàn ngẫu nhiên làm mô hình lý thuyết đối với trường hợp môi trường sống đồng nhất, 2 quần thể Căm xe ở 2 trạng thái rừng trung bình và giàu (OTC 1, 2) đều có cả 3 kiểu phân bố cụm, ngẫu nhiên và đều. Đối với trường hợp môi trường sống không đồng nhất, khi mô hình Poisson không đồng nhất được sử dụng làm mô hình lý thuyết, mô hình phân bố không gian của quần thể Căm xe trong trạng thái rừng giàu (OTC 3) chỉ có phân bố kiểu cụm và ngẫu nhiên, đồng thời phân bố kiểu cụm xuất hiện cả ở khoảng cách r > 20 m. Từ kết quả phân tích tính không đồng nhất của môi trường sống và mô hình phân bố không gian của loài Căm xe, nghiên cứu này cũng cho thấy rằng môi trường sống không đồng nhất ảnh hưởng rất lớn đến phân bố không gian của loài nghiên cứu.

4.2. Phân bố không gian của loài Căm xe

Sự khác biệt về mô hình phân bố không gian của các loài thực vật thường là kết quả của sự tác động tổng hợp từ nhiều yếu tố như các đặc điểm sinh học của loài, các yếu tố môi trường và đặc biệt là cơ chế phát tán hạt giống (Condit *et al.*, 2000). Wu và đồng tác giả (2018) trong công bố về mô hình phân bố không gian của loài Sồi sim (*Cyclobalanopsis glauca*) ở tỉnh Chiết Giang - Trung Quốc, các tác giả nhận thấy Sồi sim là loài quả dạng quả kiên có đấu, hạt to hình trứng, kết hợp với độ dốc lớn của khu vực nghiên cứu dẫn đến quả và hạt của loài khi rơi xuống mặt đất sau một thời gian bị dồn xuống chân núi hoặc những nơi có độ dốc thấp hơn và hình thành phân bố kiểu cụm ở các khoảng cách nhỏ, hiện tượng này rất phổ biến ở khu vực nơi nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu. Hu và đồng tác giả (2019) khi tiến hành nghiên cứu về mô hình phân bố không gian của các loài cây chủ yếu trong rừng thứ sinh thuộc tỉnh Hồ Nam - Trung Quốc đã phát hiện loài Sa mu (*Cunninghamia lanceolata*) ở tất cả ô nghiên cứu và các khoảng cách từ 0-30 m đều có phân bố kiểu ngẫu nhiên, lý giải hiện tượng này, các tác giả cho rằng nguyên nhân là bởi hạt giống của Sa mu rất khó nảy mầm và tỷ lệ sống sót của cây con thấp, điều này làm cho số lượng cá thể của loài trong lâm phần rất ít, đây là nguyên nhân chính hình thành phân bố kiểu ngẫu nhiên của loài Sa mu ở tất cả các vị trí trong lâm phần. Nguyễn Hồng Hải và đồng tác giả (2015) khi nghiên cứu đặc điểm phân bố không gian của loài cây Nhò vàng (*Streblus macrophyllus*) ở

Vườn quốc gia Cúc Phương cũng cho rằng, hạn chế phát tán của Nhò vàng (quả thịt) là cơ chế đã điều chỉnh mô hình phân bố không gian của loài cây này. Trong nghiên cứu này, khi bỏ qua yếu tố không đồng nhất của môi trưởng sống (OTC 3), mô hình phân bố không gian của Căm xe ở cả 2 trạng thái rừng trung bình và giàu (OTC 1, 2) đều chỉ ra rằng loài Căm xe có phân bố kiểu cụm ở khoảng cách nhỏ r < 5 m (hình 2b và 2d). Kết hợp với các thông tin về đặc điểm sinh thái học của loài Căm xe đã được công bố trước đây, kết quả phân tích mô hình phân bố không gian của loài Căm xe trong nghiên cứu này là hoàn toàn phù hợp. Căm xe là loài cây có quả dạng quả đậu, vỏ quả khi chín hóa gỗ và tự nứt (Phạm Hoàng Hộ, 1999), khả năng phát tán hạt giống của Căm xe so với các loài cây khác có kiểu phát tán nhờ gió, nước, côn trùng và động vật là kém hơn rất nhiều, cây con Căm xe vì thế thường phân bố gần cây mẹ do đó mà hình thành phân bố kiểu cụm ở các khoảng cách nhỏ r < 5 m. Kiểu phân bố cụm ở quy mô nhỏ của loài Căm xe mặc dù thời kỳ đầu có lợi cho cây con bởi nó là loài chịu bóng khi còn nhỏ (Vương Hữu Nhi, 2004) nhưng khi cây con chuyển sang giai đoạn cây nhỡ và thành thục sẽ xuất hiện sự cạnh tranh về không gian dinh dưỡng giữa các cá thể cùng loài, cơ hội để vươn lên thoát khỏi tán cây mẹ gặp nhiều khó khăn đối với các cá thể tái sinh, đây cũng là căn cứ quan trọng để xây dựng các biện pháp kỹ thuật lâm sinh cần thiết trong trường hợp muốn tăng số lượng cá thể Căm xe trưởng thành của khu vực được phép tác động bằng việc di chuyển các cá thể cây con, cây nhỡ dưới tán hoặc gần cây mẹ sang những vị trí thích hợp hơn trong lâm phần.

Từ kết quả phân tích đặc điểm phân bố không gian của loài Căm xe có thể kết luận ngoài sự ảnh hưởng của môi trường sống không đồng nhất, phát tán hạn chế là nguyên nhân đã điều chỉnh mô hình phân bố không gian của loài trong rừng lá rộng thường xanh ở Ia Mơr, tỉnh Gia Lai. Đồng thời, từ các thông tin sinh thái của loài Căm xe đã được công bố trước đây, loài cây này chịu bóng khi còn nhỏ, do đó tái sinh lỗ trống không phải là cơ chế đã điều chỉnh mô hình phân bố không gian của loài cây này.

4.3. Quan hệ không gian giữa Căm xe và các loài trong nhóm loài cây ưu thế

Mối quan hệ không gian của các loài cây rừng có thể phản ánh đặc điểm sinh học của quần thể (Veblen *et al.*, 1979). Hubbell (2001) cho rằng, trong quan hệ không gian của các loài cây thì tương tác trực tiếp giữa cây - cây xảy ra ở khoảng cách dưới 30 m. Trong nghiên cứu của chúng tôi, quan hệ cạnh tranh giữa loài Căm xe và các loài cây thuộc nhóm loài ưu thế ở khoảng cách 0-10 m chiếm đa số ở 2 kiểu rừng trung bình (66,67%) và giàu (50%). Trong khoảng cách từ 10-30 m, quan hệ độc lập giữa loài Căm xe và các loài thuộc nhóm ưu thế chiếm tỷ lệ lớn hơn rất nhiều so với ở khoảng cách từ 0-10 m (chiếm 83,33% ở rừng trung bình và 71,43% ở rừng giàu). Kết quả nghiên cứu của chúng tôi có nhiều điểm tương đồng với một số nghiên cứu đã được công bố trước đây. Yang và đồng tác giả (2014) khi nghiên cứu mối quan hệ không gian của các loài cây chủ yếu trong rừng thứ sinh lá rộng thường xanh ở Thái Bạch Sơn - Trung Quốc, các tác giả nhận thấy rằng mối quan hệ cạnh tranh khác loài giữa các loài cây chủ yếu là quan hệ cạnh tranh về không gian dinh dưỡng ở quy mô nhỏ r < 10 m. Phạm Văn Điển và Nguyễn Hồng Hải (2016) cũng phát hiện quan hệ tương hỗ giữa các loài cây trong rừng lá rộng thường xanh ở A Lưới, Thừa Thiên - Huế chủ yếu ở các khoảng cách dưới 15 m. Hu và đồng tác giả (2019) cũng cho rằng mối

quan hệ cạnh tranh hoặc tương hỗ giữa các loài thường biểu hiện ở quy mô nhỏ, khi quy mô tăng lên thì số lượng cá thể ở cấp kính lớn giảm đi và khoảng cách giữa chúng sẽ tăng lên, chính vì vậy hầu hết các loài thường có quan hệ độc lập khi xem xét trên quy mô lớn.

V. KẾT LUẬN

Trong rừng lá rộng thường xanh tại khu vực nghiên cứu, ở trạng thái rừng trung bình, khả năng chiếm lĩnh không gian của Căm xe tốt hơn so với các loài ưu thế khác trong lâm phần và cũng tốt hơn so với chính nó ở trạng thái rừng giàu. Căm xe có cả 3 kiểu phân bố không gian là phân bố cụm, ngẫu nhiên và đều tại nơi loài phân bố; phân bố không gian của Căm xe bị ảnh hưởng mạnh bởi điều kiện môi trường sống không đồng nhất và khi môi trường sống không đồng nhất thì loài cây này chỉ có phân bố kiểu cụm và ngẫu nhiên. Phát tán hạn chế là một trong những nguyên nhân chính đã điều chỉnh mô hình phân bố không gian của loài Căm xe dẫn đến hình thành phân bố kiểu cụm ở khoảng cách r < 5 m. Trong mối quan hệ khác loài ở khoảng cách 0-10 m, Căm xe có quan hệ cạnh tranh với 4/6 loài ưu thế ở trạng thái rừng trung bình và 7/14 loài ở trạng thái rừng giàu, quan hệ tương hỗ với 1/6 loài ở rừng trung bình và 4/14 loài ở rừng giàu. Trong khoảng cách từ 10-30 m, Căm xe chủ yếu có quan hệ độc lập với các loài cây thuộc nhóm loài ưu thế trong lâm phần (quan hệ độc lập chiếm tới 83,33% và 71,43% trong tổng số mối quan hệ ở 2 trạng thái rừng).

Trong phục hồi hoặc trồng rừng mới, bắt chước các quy luật của thế giới tự nhiên luôn là cách làm khôn ngoan để tránh được rủi ro, đồng thời sớm thu được hiệu quả cao. Kết quả của nghiên cứu này có ý nghĩa rất lớn trong việc điều chỉnh mật độ của loài Căm xe với các loài cây lân cận của nó, việc điều chỉnh nên 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 Căm xe. Ngoài ra, kết quả phân tích về mối quan hệ của loài Căm xe với các loài trong nhóm loài ưu thế cũng cần được tham khảo để xây dựng danh mục loài cây trồng hỗn giao và khoảng cách hố trồng thích hợp khi phục hồi hoặc trồng rừng mới để mở rộng diện tích phân bố của loài Căm xe ở những khu vực có điều kiện lập địa tương đồng với khu vực nghiên cứu.

Đối với hướng nghiên cứu trong thời gian tới về loài Căm xe, khuyến nghị cần nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng của các yếu môi trường như dinh dưỡng trong đất, độ ẩm đất, nhiệt độ,… đến phân bố không gian của loài, từ đó các đặc điểm sinh thái của loài cây này sẽ được hệ thống, đầy đủ và chi tiết hơn nữa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ban Quản lý rừng phòng hộ Ia Mơr, 2020. Báo cáo công tác Quản lý, bảo vệ rừng tại Ban Quản lý rừng phòng hộ Ia Mơr, tỉnh Gia Lai năm 2020.
2. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2018. Thông tư số 33/2018/TT-BNNPTNT: Thông tư Quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng, ban hành ngày 16 tháng 11 năm 2018.
3. Condit R, Ashton P S, Baker P, Bunyavejchewin S, Gunatilleke S, Gunatilleke N, Hubbell SP, Foster RB, Itoh A, LaFrankie JV, Lee HS, Losos E, Manokaran N, Sukumar R, Yamakura T, 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. Science, 288(5470): 1414-1418.
4. Phạm Văn Điển và Nguyễn Hồng Hải, 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, số 4/2016: 122-128.

5. Getzin S, Wiegand T, Wiegand K, He FL, 2008. Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands. Journal of Ecology, 96(4): 807-820.
6. Nguyễn Hồng Hải và Phạm Tiến Bằng, 2020. Phân bố và quan hệ không gian của loài cây Xoay *(Dialium cochinchinensis* Pierre) tại Kon Hà Nừng, huyện KBang, tỉnh Gia Lai. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, số 8: 111-117.
7. 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.
8. Nguyễn Hồng Hải, Phạm Văn Điển, Lê Tuấn Anh và Phạm Thế Anh, 2015. Đặc điểm phân bố và quan hệ không gian của loài cây Nhò vàng (*Streblus macrophyllus*) ở Vườn quốc gia Cúc Phương. Tạp chí Nông nghiệp và PTNT, 279: 125-132.
9. Nguyễn Thị Thu Hiền, 2015. Nghiên cứu cấu trúc và xây dựng mô hình tăng trưởng đường kính rừng tự nhiên lá rộng thường xanh một số khu rừng đặc dụng miền Bắc Việt Nam. Luận án tiến sỹ, Đại học Thái Nguyên.
10. Phạm Hoàng Hộ, 1999-2003. Cây cỏ Việt Nam (tập 1-3), tái bản lần thứ 2. Nhà xuất bản Trẻ, Hà Nội.
11. Trần Hợp, 2002. Cây gỗ Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
12. Hu M, Zeng SQ, Long SS, 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.
13. Hubbell SP, 2001. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. Princeton University Press, Princeton.
14. Hubbell SP, 2005. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. Functional ecology, 19(1), 166-172.
15. Kew science, 2021. <http://www.plantsoftheworldonline.org>. Accessed July 2021.
16. Đào Công Khanh, 1996. Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc của rừng lá rộng thường xanh ở Hương Sơn, Hà Tĩnh làm cơ sở đề xuất các biện pháp kỹ thuật lâm sinh phục vụ khai thác và nuôi dưỡng rừng. Luận án tiến sỹ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
17. Liza SC, Simon A, Queenborough, Stephen JM, Jenalle LE, Kaiyang X, Meghna K, Noelle B and Yan Z, 2014. Testing predictions of the Janzen-Connell hypothesis: a meta-analysis of experimental evidence for distance-and density-dependent seed and seedling survival. Journal of Ecology, 102(4): 845-856.
18. Vương Hữu Nhi, 2004. Nghiên cứu một số đặc điểm sinh học và kỹ thuật tạo cây con Căm xe (*Xylia xylocarpa*) góp phần phục vụ trồng rừng ở Đắk Lắk - Tây Nguyên. Luận án tiến sỹ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
19. Phân viện Điều tra quy hoạch rừng Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, 2017. Báo cáo kết quả theo dõi ô định vị sinh thái rừng quốc gia: Ô định vị số 184, xã Ia Mơr, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai.
20. Phukittayacarnee P, Manglkarat J, Pong-anan K and Nongnueng S, 1993. Forest tree planting: The manual for forestry officers, social forest project 1991. Royal Forest Department. Bangkok, Thailand, 136- 143.
21. Ripley BD, 1976. The Second-Order Analysis of Stationary Point Processes. Journal of Applied Probability, 13(2): 255-266.
22. Saelim S and Zwiazek JJ, 2000. Preservation of Thermal Stability of Cell Membranes and Gas Exchange in High Temperature-Acclimated *Xylia xylocarpa* Seedlings. Journal of Plant Physiology, 156: 380-385.
23. Siddhuraju P, Vijayakumari K and Janardhanan K, 1995. Nutrient and chemical evaluation of raw seeds of *Xylia xylocarpa*: an underutilized food source. Food Chemistry, 53: 299-304.
24. Tilman D, 2004. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: a stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. Proc Natl Acad Sci USA. 101(30): 10854-10861.
25. Thái Văn Trừng, 1978. Thảm thực vật rừng Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
26. Nguyễn Thanh Tuấn, Bùi Thị Thu Trang, Nguyễn Tuấn Bình, Vũ Đình Duy, Bùi Thị Tuyết Xuân, 2018. Phân bố không gian và mối quan hệ tương tác giữa một số loài ưu thế của trạng thái rừng chưa ổn định tại Khu bảo tồn Thiên nhiên Văn hóa Đồng Nai. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, kỳ 1, tháng 5/2018: 106-114.
27. Vadivel V and Biesalski HK, 2012. Relationship between indigenous processing methods of *Xylia xylocarpa* seeds and their total free phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality. Journal of Food Biochemistry, 37(3): 343 - 352.
28. Veblen TT, Ashton DH, Schlegel FM, 1979. Tree regeneration strategies in a lowland nothofagus-dominated forest in South-Central Chile. Journal of Biogeography, 6(4): 329-340.
29. Wattanakulpakin T, Iamtham S, Grubbs KC and & Volkaert HA, 2015. Population genetic analysis of *Xylia xylocarpa* (Fabaceae - Mimosoideae) in Thailand. Tree Genetics & Genomes, 11(1): 1-14.

30. Wiegand T, Gunatilleke S & Gunatilleke N, 2007. Species associations in a heterogeneous Sri Lankan dipterocarp forest. The American Naturalist, 170(4), E_{77}-E_{95}.
31. World flora online, 2021. <http://104.198.148.243 >. Accessed July 2021.
32. Wright SJ, 2002. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. Oecologia, 130(1): 1-14.
33. Wu CP，Yuan WG，Sheng WX，Huan YJ，Chen QB，Shen AH，Zhu JR, Jiang B, 20018. Spatial distribution patterns and associations of tree species in typical natural secondary forest communities in Zhejiang Province. Acta Ecologica Sinica, 38(2): 537-549.
34. Yang H, Li YL, Shen L, Kang XG, 2014. Spatial distributions and associations of main tree species in a spruce-fir forest in the Changbai Mountains area in northeastern China. Acta Ecologica Sinica, 34(16): 4698-4706.
35. Yao LJ, Yao L, Yi YM, Ai XR, Feng G, Liu JC, Chen S, Huang W, Ding Y, Zang RG, 2018. Spatial Patterns of Dominant Species Carpinus fargesiana and Cyclobalanopsis multinervis in a Subtropical Evergreen and Deciduous Broad-Leaved Mixed Forest. Scientia Silvae Sinicae, 54(12): 1-11.

Email tác giả liên hệ: quyforest@vnuf2.edu.vn
Ngày nhận bài: 07/10/2021
Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 02/12/2021
Ngày duyệt đăng: 03/12/2021