

CƠ CHẾ DUY TRÌ ĐA DẠNG LOÀI CÂY GỖ TRONG RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở KHU VỰC IA MỜ, TỈNH GIA LAI

Nguyễn Văn Quý¹, Bùi Mạnh Hưng², Nguyễn Hữu Thế³,
Nguyễn Văn Hợp¹, Nguyễn Thanh Tuấn¹

¹Trường Đại học Lâm nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai

² Trường Đại học Lâm nghiệp

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

TÓM TẮT

Tìm hiểu các cơ chế duy trì đa dạng sinh học của các khu rừng nhiệt đới là một trong những trọng tâm của nghiên cứu sinh thái quần xã. Bài báo này công bố kết quả nghiên cứu mối quan hệ giữa loài và diện tích (ISAR) của các loài cây gỗ trong rừng lá rộng thường xanh ở khu vực Ia Mơ, tỉnh Gia Lai. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ tất cả các cây có đường kính ngang ngực (dbh) $\geq 2,5$ cm trong ô tiêu chuẩn điển hình tạm thời (OTC) 2 ha (100 \times 200 m). Các mô hình ISAR đã được xây dựng thông qua Package 'idar' trên phần mềm R phiên bản 4.1.1 để phân tích ảnh hưởng của một loài đối với cấu trúc đa dạng loài của quần xã. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, mật độ và kích thước cá thể của một loài có ảnh hưởng đối với cấu trúc đa dạng loài lân cận. Trong các giai đoạn sống, cây non có ảnh hưởng thúc đẩy đa dạng loài lân cận nhiều hơn so với cây sào và cây thành thực. Các loài trung lập chiếm ưu thế về số lượng so với các loài thúc đẩy và kim hãm đa dạng, chiếm 61 - 94% tổng số loài được phân tích. Từ những kết quả đã thu được, nghiên cứu này đã phát hiện sự cạnh tranh bất đối xứng của cây rừng ở các giai đoạn sống khác nhau và sự chiếm ưu thế của các loài trung lập trong quần xã rừng là các quá trình đã điều chỉnh cấu trúc đa dạng loài cây gỗ trong quần xã thực vật ở khu vực nghiên cứu.

Từ khóa: Cấu trúc đa dạng, cơ chế cùng tồn tại, loài lân cận, mô hình ISAR, thực vật thân gỗ

Diversity maintenance mechanism of woody plant in an Ia Mor evergreen broadleaved forest, Gia Lai province

Understanding the underlying mechanisms that maintain the biodiversity of tropical forests is one of the primary focuses in community ecology. This article presented research results on the individual species-area relationship (ISAR) of woody species in the evergreen broadleaved forest at an Ia Mor area of Gia Lai province. Research data were collected from all individual trees with a diameter at breast height (dbh) ≥ 2.5 cm in a 2 ha-study plot (100 \times 200 m). The ISAR models were built to analyze the influence of one species on the neighboring species diversity by using R version 4.1.1 software. Research results showed that the density and individual size of one species affect the individual species structure of the plant community. During the life-history stages, the juvenile trees influence more than the subadult and adult trees in promoting neighboring species diversity. Neutral species were numerically dominant against diversity accumulators and

Keywords: Diversity structure, coexistence mechanisms, neighboring species, ISAR model, woody plant

diversity repellers, accounting for 61 to 94 percent of the total number of species analyzed. From the obtained results, this study showed that asymmetric competition among individual trees of different life-history stages and the predominance of neutral species were two underlying processes that adjusted the individual species structure in the Ia Mor evergreen broadleaved forest.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghiên cứu mô hình không gian và cơ chế cùng tồn tại của các loài cây rừng là một trong những nội dung chính của nghiên cứu sinh thái học (Ricklefs, 1987; Chesson, 2000), trong đó mô hình không gian của các loài phản ánh một cách trực quan nhiều quá trình sinh thái đã diễn ra bên trong quần xã như sự hình thành cây tái sinh, tương tác giữa các loài và tỷ lệ tử vong (Ben-Said, 2021). Các quá trình sinh thái thường để lại dấu vết trên cấu trúc không gian của quần thể, những thông tin này có thể biết được thông qua phân tích mô hình điểm không gian (Petritan *et al.*, 2014; Law *et al.*, 2009). Zhang (2011) cho rằng, sự tương tác giữa các loài cùng với sự can thiệp của các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến mô hình không gian và thành phần loài cây rừng. Theo Stokes và Archer (2010), phát tán giới hạn ngoài ảnh hưởng đến mô hình không gian của các loài còn ảnh hưởng đến thành phần loài cây trong quần xã rừng. Do đó, gắn nghiên cứu đa dạng thực vật với mô hình không gian được xem là một ý tưởng nghiên cứu tốt hơn so với các nghiên cứu độc lập (Wright, 2002; Chave, 2004).

Mô hình ISAR (quan hệ giữa loài và diện tích - Individual Species Area Relationship) là một trong những phương pháp thường được sử dụng để nghiên cứu đa dạng thực vật và mô hình không gian của các loài. ISAR là sự phát triển của phương pháp SAR (Phân tích quan hệ loài và diện tích truyền thống - Species Area Relationship) kết hợp với phương pháp SPPA (phân tích mô hình điểm không gian - Spatial Point Pattern Analysis), nó cung cấp

một cách tiếp cận mới để khám phá các quy luật và cơ chế cùng tồn tại của các loài trong quần xã thực vật rừng (Wiegand *et al.*, 2007). ISAR không chỉ xem xét mô hình không gian của các cá thể mà còn tính đến số lượng loài, mô hình không gian của từng loài và ảnh hưởng của chúng đối với sự đa dạng loài lân cận theo các quy mô không gian khác nhau (Lieberman & Lieberman, 2007; Wiegand *et al.*, 2007). Sự ảnh hưởng của một loài đối với cấu trúc đa dạng loài của quần xã có thể là thúc đẩy (tích lũy đa dạng - diversity accumulator), kìm hãm (giảm trừ đa dạng - diversity repeller) hoặc trung lập (loài không ảnh hưởng đến đa dạng loài cây lân cận - neutral species) (Ma *et al.*, 2014). Các loài thúc đẩy đa dạng làm tăng độ phong phú của các loài cây lân cận, trong khi các loài kìm hãm đa dạng lại làm giảm độ phong phú và các loài trung lập không có tác dụng thúc đẩy hoặc kìm hãm đa dạng loài trong vùng lân cận của chúng (Wiegand *et al.*, 2007). Trong mối quan hệ giữa các loài cây sống gần nhau, các loài mục tiêu ảnh hưởng đáng kể đến phân bố không gian, sự sinh trưởng và phát triển của các loài cây lân cận. Theo quy luật tương tác giữa các loài cây, nếu sự ảnh hưởng của một loài đối với các loài lân cận là tích cực thì xung quanh nó sẽ có nhiều loài sống cùng hơn và ngược lại (Ma *et al.*, 2014). Do đó, xác định được sự ảnh hưởng của một loài là tích cực hay tiêu cực đối với cấu trúc đa dạng loài thực vật trong một lâm phần để từ đó có cơ sở giảm bớt mật độ của các loài kìm hãm và tăng mật độ của các loài thúc đẩy đa dạng nhằm cải thiện tính đa dạng sinh học của một khu rừng

là việc làm vô cùng có ý nghĩa trong quản lý rừng hiện đại.

Hơn một thập kỷ qua, mô hình ISAR đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới trong rất nhiều nghiên cứu liên quan đến đa dạng thực vật để tìm hiểu cấu trúc đa dạng loài của quần xã cây rừng và giúp khám phá các quá trình sinh thái tiềm ẩn bên trong quần xã (Wiegand *et al.*, 2007; Gong *et al.*, 2011; Rayburn & Wiegand, 2012; Yang *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2014). Tuy nhiên, hướng nghiên cứu này vẫn còn khá xa lạ ở Việt Nam và mới chỉ có một số rất ít tác giả trong nước sử dụng để nghiên cứu về đa dạng thực vật (Nguyễn Hồng Hải & Nguyễn Minh Quang, 2019; Nguyễn Hồng Hải & Cao Thị Thu Hiền, 2019). Từ những thực tiễn nêu trên, việc ứng dụng mô hình ISAR trong nghiên cứu rừng ở nước ta là vấn đề cần được quan tâm nhiều hơn nữa.

Nghiên cứu này lấy các loài cây gỗ trong rừng lá rộng thường xanh thuộc Ban quản lý rừng phòng hộ (QLRPH) Ia Meur, xã Ia Mờ, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai làm đối tượng nghiên cứu. Mười sáu (16) kiểu mô hình ISAR đã được xây dựng để nghiên cứu ảnh hưởng của các loài mục tiêu (loài có số cá thể từ 30 cây trở lên trong lâm phần) đối với cấu trúc đa dạng loài của quần xã. Bốn (4) câu hỏi nghiên cứu đã được đặt ra: (i) Mật độ của một loài có ảnh hưởng đến cấu trúc đa dạng loài của quần xã không? (ii) Ảnh hưởng của tất cả các cá thể một loài đối với cấu trúc đa dạng loài của lâm phần như thế nào? (iii) Kích thước cá thể của một loài có ảnh hưởng đối với đa dạng loài lân cận không? (iv) Các loài trung lập chiếm ưu thế về số lượng loài trong rừng lá rộng thường xanh ở khu vực nghiên cứu?

Kết quả của nghiên cứu này sẽ cung cấp các thông tin khoa học tin cậy giúp nhà quản lý có

cơ sở để xây dựng các phương án phục vụ cho việc quản lý, bảo vệ và phát triển rừng một cách bền vững tại khu vực nghiên cứu.

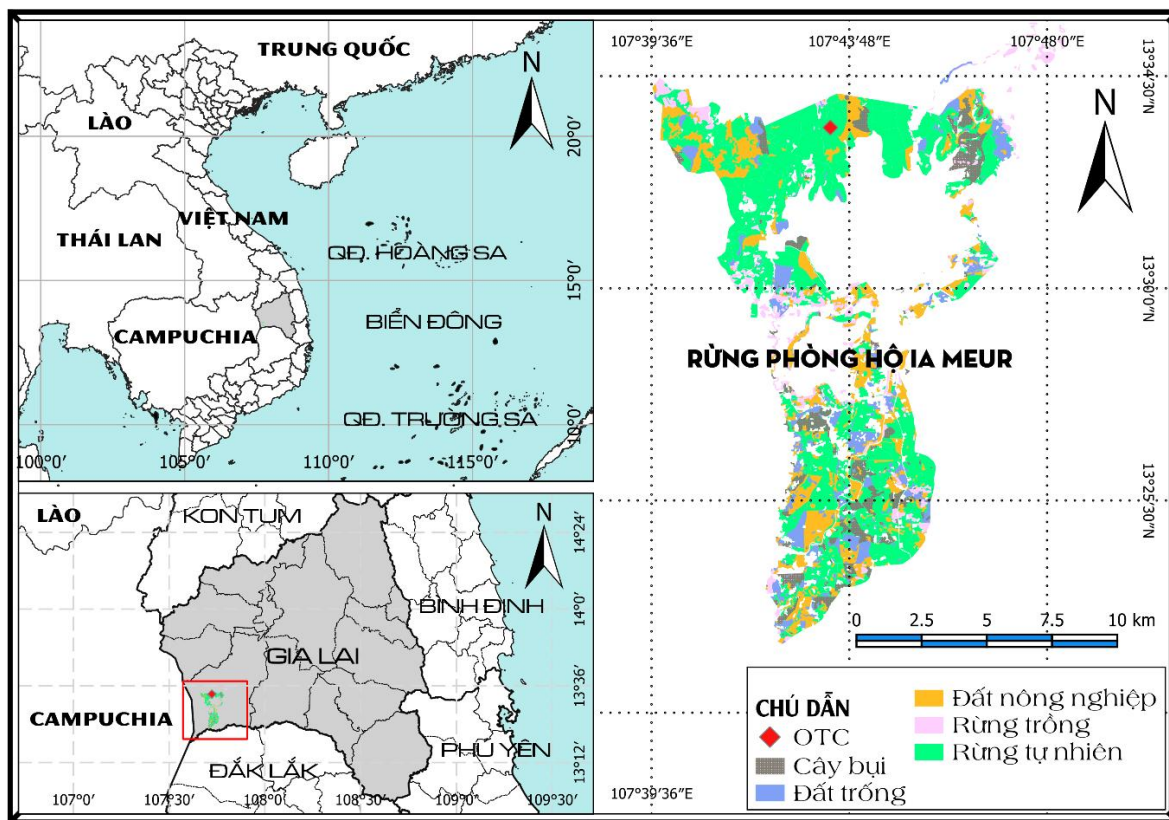
II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 5/2021 đến 9/2021 với 4 đợt điều tra thực địa tại Ban quản lý rừng phòng hộ (QLRPH) Ia Meur, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai (tọa độ địa lý từ 13°22'30" đến 13°36'10" vĩ độ Bắc, 107°39'29" đến 107°48'24" kinh độ Đông).

Tổng diện tích rừng và đất lâm nghiệp thuộc quyền quản lý của Ban QLRPH Ia Meur 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 mưa (từ tháng 5 - 11) và mùa khô (từ tháng 12 đến tháng 4 của năm sau). Nhiệt độ không khí trung bình là 25,5°C. 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 - 15° (Ban QLRPH Ia Meur, 2020).

Ô nghiên cứu được đặt tại vị trí có tọa độ 13°33'17,62" vĩ độ Bắc, 107°43'25,19" kinh độ Đông (hình 1). 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.), Thành ngạnh nam (*Cratoxylum ligustrinum* (Spach) Blume), Cò ke (*Microcos paniculata* L.), Thầu tẩu hạt tròn (*Aporosa sphaerosperma* Gagnep.) và Bời lời vàng (*Litsea pierrei* Lecomte) (Ban QLRPH Ia Meur, 2020).



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

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp điều tra và thu thập dữ liệu

Tại địa điểm nghiên cứu đã thiết lập 1 OTC 2 ha (100 × 200 m). Sử dụng phương pháp lưới ô vuông chia OTC thành 50 ô thứ cấp, diện tích mỗi ô thứ cấp 400 m² (20 × 20 m). Trong ô thứ cấp thu thập thông tin của các cây gỗ có đường kính tại vị trí 1,3 m (dbh) ≥ 2,5 cm, bao gồm: Tên loài cây, dbh được xác định bằng thước kẹp kính; 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 ô thứ cấp bằng thước đo khoảng cách laser (Leica Disto D2) và la bàn.

Tất cả các cây riêng lẻ trong OTC sau khi tổng hợp sẽ được chia vào một trong 3 giai đoạn sống: Cây non (dbh < 10 cm), cây sào (10 cm ≤ dbh ≤ 30 cm), cây thành thục (dbh > 30 cm).

2.2.2. Phương pháp xử lý số liệu

2.2.2.1. Xác định 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, 2003), Cây gỗ Việt Nam (Trần Hợp, 2002), Tên khoa học được hiệu chỉnh theo Kew Science (<http://www.plantsoftheworldonline.org>), World flora online (<http://104.198.148.243>).

2.2.2.2. Cấu trúc đường kính của các loài mục tiêu và lâm phần

Để phân tích cấu trúc đường kính của các loài nghiên cứu, chúng tôi sử dụng chỉ số độ lệch và độ nhọn của phân bố cỡ kính.

Độ lệch của phân bố cỡ kính (S_k) được sử dụng để đánh giá cấu trúc đường kính của một loài. Công thức tính như sau (Nguyễn Hải Tuất & Nguyễn Trọng Bình, 2005):

$$S_k = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n\tilde{S}^3} \tag{1}$$

Trong đó: n là tổng số cây của loài, x_i là giá trị dbh của cây thứ i , \bar{x} là dbh trung bình và \tilde{S} là sai tiêu chuẩn mẫu.

Giá trị của chỉ số S_k cho biết hình dạng của đường cong phân bố. Khi cấu trúc đường kính của một loài có số lượng cây tập trung nhiều ở cỡ kính nhỏ thì đường cong phân bố cỡ kính có dạng hình chữ J ngược (phân bố lệch trái so với trung bình) và giá trị $S_k > 0$; ngược lại, khi số lượng cây ở cỡ kính lớn nhiều hơn so với cỡ kính nhỏ thì đường cong phân bố có dạng hình chữ J (phân bố lệch phải) và giá trị $S_k < 0$.

Độ nhọn (E_x): Được sử dụng để đánh giá mức độ biến động của phân bố. Ở những phân bố mà độ biến động ít, tần số thường tập trung xung quanh một trị số nào đó và đỉnh của đường cong phân bố sẽ cao hơn. Trái lại, ở những phân bố mà mức độ biến động lớn, tần số phân bố rải ra, đỉnh của đường cong sẽ bẹt. Công thức tính như sau (Nguyễn Hải Tuất & Nguyễn Trọng Bình, 2005):

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n\tilde{S}^4} - 3 \tag{2}$$

Khi $E_x = 0$ thì đường cong thực nghiệm tiệm cận dạng phân bố chuẩn, $E_x < 0$ thì phân bố thực nghiệm bẹt, $E_x > 0$ thì phân bố thực nghiệm nhọn hơn dạng phân bố chuẩn.

2.2.2.3. *Xây dựng mô hình ISAR và sử dụng mô hình lý thuyết (null model)*

Mô hình ISAR: Được sử dụng để ước tính số lượng loài trong vòng tròn bán kính r với một cá thể của loài mục tiêu là tâm vòng tròn. Mô hình ISAR có thể định lượng cấu trúc đa dạng loài cây lân cận của loài mục tiêu dựa trên sự tương tác giữa các loài. Giá trị của ISAR được tính theo công thức sau (Wiegand *et al.*, 2007):

$$ISAR(r) = \sum_{j=1}^N [1 - P_{ij}(0, r)] \tag{3}$$

Trong đó: i là loài mục tiêu, j là loài lân cận xung quanh loài mục tiêu i , N là tổng số loài, $P_{ij}(0, r)$ là xác suất mà loài j không xuất hiện trong vòng tròn bán kính r với tâm là một cá thể của loài i . Khi tính toán giá trị của ISAR, đầu tiên tính $P_{ij}(0, r)$, sau đó tính $\sum_{j=1}^N [1 - P_{ij}(0, r)]$. Nếu $\alpha = \pi r^2$, hàm ISAR (α) chính là hàm quan hệ giữa loài và diện tích truyền thống (Wiegand *et al.*, 2007).

Mô hình lý thuyết: Sự tương tác giữa các loài, tính không đồng nhất của môi trường trên ô nghiên cứu và mô hình phân bố không gian của loài mục tiêu đều có thể ảnh hưởng đến giá trị của ISAR (Wiegand *et al.*, 2007). Vì vậy, khi sử dụng mô hình ISAR trong nghiên cứu cấu trúc đa dạng loài cần chú ý đến việc lựa chọn mô hình lý thuyết thích hợp. Mô hình lý thuyết được sử dụng để kiểm tra ảnh hưởng của loài mục tiêu đối với các loài lân cận (nghĩa là nó giúp xác định loài mục tiêu là loài thúc đẩy, kìm hãm đa dạng hay là loài trung lập ở các quy mô không gian khác nhau). Trong số các mô hình lý thuyết thường được sử dụng, mô hình Poisson đồng nhất tạo ra một mô hình mô phỏng hoàn toàn ngẫu nhiên về các điểm trong không gian. Sử dụng mô hình Poisson đồng nhất có thể loại bỏ được ảnh hưởng của tương tác loài đối với phân bố không gian của loài mục tiêu nhưng sự phù hợp của mô hình này thường khó đạt yêu cầu, bởi trên thực tế thì hầu hết các loài đều có liên quan chặt chẽ với môi trường sống. Mặt khác, tính không đồng nhất về 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 (Wiegand *et al.*, 2007). Theo các nghiên cứu trước đây, các vấn đề mà mô hình Poisson đồng nhất gặp phải thì mô hình Poisson không đồng nhất có thể giải quyết được. Mô hình Poisson không đồng nhất mô phỏng quá trình sàng lọc sinh thái theo điều kiện môi trường, các vị trí phân bố của các cá thể mỗi loài được xác định theo hàm mật độ phân bố

điểm thực tế, do đó, nó có thể loại bỏ sai lầm gây ra bởi tính không đồng nhất của môi trường trong phán đoán về ảnh hưởng của loài mục tiêu đối với cấu trúc đa dạng loài lân cận.

Trong nghiên cứu này, để kiểm tra sự khác biệt giữa thành phần của loài mục tiêu và các loài lân cận, chúng tôi đã sử dụng khoảng tin cậy 95% của 199 lần mô phỏng Monte Carlo với mô hình lý thuyết là Poisson không đồng nhất. Nếu giá trị ISAR (r) tính toán được của loài mục tiêu lớn hơn giá trị mô phỏng thì loài đó có sự đa dạng loài lân cận trong phạm vi bán kính r với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$ và được gọi là loài thúc đẩy đa dạng; nếu giá trị ISAR (r) tính toán nhỏ hơn giá trị mô phỏng thì loài mục tiêu có sự đa dạng loài lân cận thấp và được gọi là loài kìm hãm đa dạng; nếu giá trị ISAR (r) tính toán nằm trong khoảng tin cậy 95% của mô hình mô phỏng thì loài mục tiêu được gọi là loài trung lập. Cuối cùng, phép kiểm tra mức độ phù hợp GoF của mô hình mô phỏng (Goodness-of-fit) dựa trên phương pháp của Miser được sử dụng để loại bỏ lỗi thống kê không gian loại I và độ lệch tối thiểu trong ước

tính ISAR (r) từ kết quả nghiên cứu (Loosmore & Ford, 2006; Perry *et al.*, 2006; Wiegand *et al.*, 2007).

Khi thực hiện phân tích mô hình ISAR, bán kính của cửa sổ di động hình tròn thay đổi từ 1 - 50 m tính từ vị trí các cá thể của một loài mục tiêu. Tất cả các mô hình ISAR và kiểm tra GoF được thực hiện trên phần mềm R phiên bản 4.1.1 thông qua Package ‘idar’ 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 được xây dựng thông qua Package ‘spatstat’ và Package ‘ggplot2’ (R Development Core Team, 2021).

2.2.2.4. Ảnh hưởng của kích thước cá thể một loài đến đa dạng loài lân cận

Để phân tích ảnh hưởng của kích thước cá thể một loài đối với cấu trúc đa dạng loài của quần xã, chúng tôi đã xây dựng 16 kiểu mô hình ISAR dựa trên kích thước và số lượng cá thể của loài mục tiêu và loài lân cận. Các kiểu mô hình ISAR được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. 16 kiểu mô hình ISAR được xây dựng để nghiên cứu cấu trúc đa dạng loài

Mô hình ISAR	Tiêu chí phân loại		Mô hình ISAR	Tiêu chí phân loại	
	Loài mục tiêu	Loài lân cận		Loài mục tiêu	Loài lân cận
Kiểu 1	Tất cả cây	Tất cả cây	Kiểu 9	Cây non	Cây sào
Kiểu 2	Tất cả cây	Cây non	Kiểu 10	Cây non	Cây thành thực
Kiểu 3	Tất cả cây	Cây sào	Kiểu 11	Cây sào	Cây non
Kiểu 4	Tất cả cây	Cây thành thực	Kiểu 12	Cây sào	Cây sào
Kiểu 5	Cây non	Tất cả cây	Kiểu 13	Cây sào	Cây thành thực
Kiểu 6	Cây sào	Tất cả cây	Kiểu 14	Cây thành thực	Cây non
Kiểu 7	Cây thành thực	Tất cả cây	Kiểu 15	Cây thành thực	Cây sào
Kiểu 8	Cây non	Cây non	Kiểu 16	Cây thành thực	Cây thành thực

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Một số đặc trưng lâm học của lâm phần

Nghiên cứu đã xác định được 90 loài cây thuộc 49 họ thực vật với 1.866 cá thể cây trong

OTC, trong đó họ Đậu (Fabaceae) là họ có số loài nhiều nhất (11 loài) và 34 họ chỉ có 1 loài. Trong số 90 loài được ghi nhận, có 18 loài có số lượng cá thể > 30 trong OTC, đây cũng là các loài được lựa chọn làm loài mục tiêu (loài

để xây dựng mô hình ISAR). Các giá trị về số cá thể, đường kính ngang ngực trung bình, tổng tiết diện ngang thân cây và chỉ số giá trị quan trọng tính theo từng loài được tổng hợp trong bảng 2.

Dựa trên chỉ số IVI% của các loài có thể thấy, 18 loài mục tiêu có tổng giá trị IVI% > 50% (68,8%). Do đó, nhóm 18 loài cây này là nhóm loài cây chủ yếu của lâm phần với tổng số cá thể là 1.359 cây. Trong nhóm loài cây chủ yếu thì chỉ có 5 loài là có ý nghĩa về mặt sinh thái (IVI% > 5%), bao gồm: Thầu tầu hạt tròn, Cò ke, Trâm vồ đỏ, Kơ nia và Thôi ba.

Kết quả phân tích cấu trúc đường kính của 18 loài mục tiêu và các loài khác trong lâm phần cho thấy, phân bố số cây theo cỡ kính của tất cả các loài đều có số cây ở các cấp kính nhỏ nhiều hơn so với các cấp kính lớn, đường cong phân bố cỡ kính có dạng hình chữ J ngược, phân bố lệch trái ($S_k > 0$), phân bố thực nghiệm nhọn hơn so với dạng phân bố chuẩn ($E_x > 0$) ngoại trừ phân bố của 2 loài Trâm vôi và Dẻ đỏ là bẹt hơn ($E_x < 0$). Biến động về đường kính của 18 loài mục tiêu là lớn với hệ số biến động 35,5 - 87,6%; điều này thể hiện sự đa dạng về sinh trưởng của các loài trong khu vực nghiên cứu.

Bảng 2. Thành phần loài và các chỉ tiêu nghiên cứu của lâm phần

TT	Tên loài	N	dbh	G	IVI (%)	S_k	E_x	S%
1	Thầu tầu hạt tròn	201	10,8 ± 4,2	2,14	7,6	1,16	1,05	38,6
2	Cò ke	170	11,6 ± 5,8	2,25	6,8	2,06	4,83	50,5
3	Thành ngạnh nam	105	10,3 ± 5,8	1,18	4,0	2,49	7,08	56,4
4	Trâm vồ đỏ	98	16,2 ± 9,7	2,73	5,4	1,46	1,73	59,4
5	Bời lời vàng	84	15,9 ± 11,4	2,53	4,8	2,02	4,19	71,8
6	Kơ nia	74	20,2 ± 17,8	4,20	6,2	2,58	7,12	87,6
7	Rè núi	74	11 ± 6,4	0,95	2,9	3,34	14,82	58,1
8	Quan âm	73	14,1 ± 6,3	1,39	3,4	1,34	2,46	45,3
9	Thôi ba	72	21 ± 14,4	3,66	5,6	1,22	1,06	68,6
10	Bứa rừng	64	11,2 ± 5,1	0,76	2,5	1,42	1,73	46,5
11	Thị gân	56	10,7 ± 3,7	0,57	2,1	0,93	0,40	35,5
12	Dẻ đỏ	53	23,8 ± 12,6	3,01	4,5	0,55	-0,91	53,2
13	Bưởi bung	47	10,9 ± 4,4	0,51	1,8	1,84	3,45	41,2
14	Săng lẻ	46	19,2 ± 11,7	1,83	3,1	1,04	0,14	61,1
15	Bứa	37	16,2 ± 10,7	1,09	2,1	1,70	2,24	66,3
16	Trâm vôi	35	19,6 ± 12,5	1,46	2,4	0,93	-0,26	64,1
17	Hồng bì rừng	35	15,4 ± 9,6	0,91	1,9	3,46	15,84	62,4
18	Giền đỏ	35	13,5 ± 9,5	0,75	1,7	1,62	1,53	70,7
19	Cộng 18 loài	1.359	14,2 ± 9,8	31,90	68,8	2,68	10,44	69,3
20	Cộng 72 loài khác	507	16,7 ± 12,4	17,31	31,2	1,96	4,43	74,6
21	Tất cả các loài	1.866	14,9 ± 10,7	49,21	100	2,44	8,06	71,8

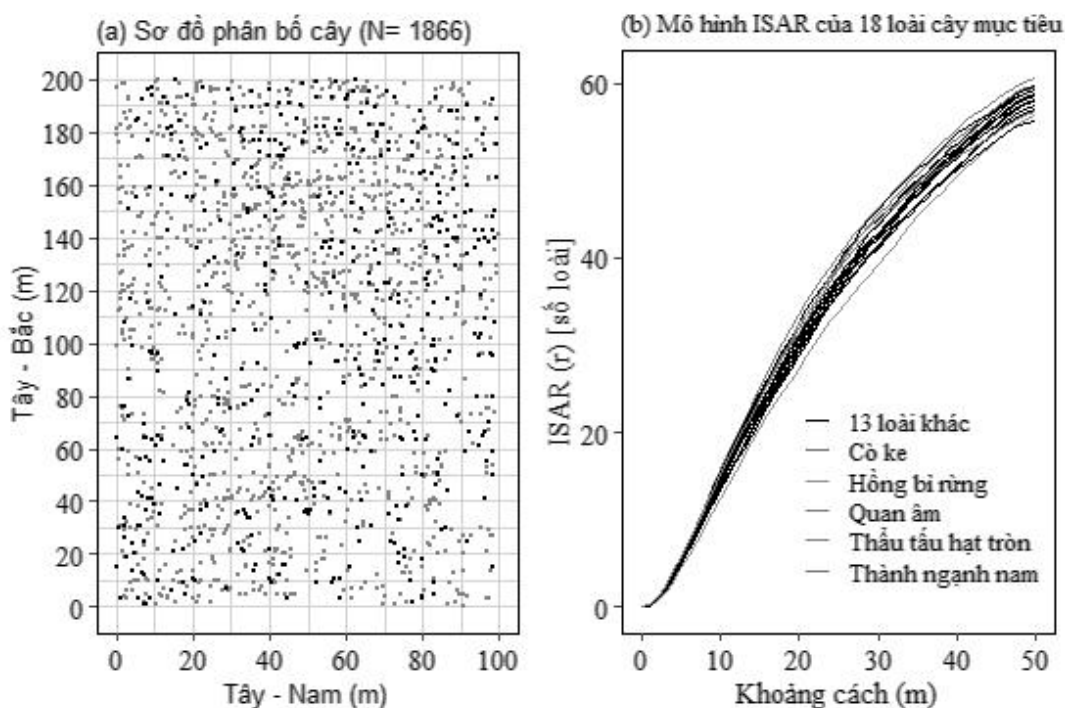
Ghi chú: N - Số cá thể (cây); dbh - đường kính ngang ngực (giá trị trung bình ± sai tiêu chuẩn) (cm); G - tổng tiết diện ngang thân cây (m^2); IVI% - Chỉ số giá trị quan trọng = (mật độ tương đối + tổng tiết diện ngang thân cây tương đối)/2 (%); S_k - độ lệch của phân bố; E_x - độ nhọn; S% - Hệ số biến động. Tên khoa học của các loài: Thầu tầu hạt tròn (*Aporosa sphaerosperma*), Cò ke (*Microcos paniculata*), Thành ngạnh nam (*Cratoxylum ligustrinum*), Trâm vồ đỏ (*Syzygium zeylanicum*), Bời lời vàng (*Litsea pierrei*), Kơ nia (*Irvingia malayana*), Rè núi (*Machilus oreophila*), Quan âm (*Vitex trifolia*), Thôi ba (*Alangium chinense*), Bứa rừng (*Garcinia oliveri*), Thị gân (*Diospyros venosa*), Dẻ đỏ (*Lithocarpus ducampii*), Bưởi bung (*Acronychia pedunculata*), Săng lẻ (*Lagerstroemia calyculata*), Bứa (*Garcinia oblongifolia*), Trâm vôi (*Syzygium cuminii*), Hồng bì rừng (*Clausena dunniana*), Giền đỏ (*Xylopia vielana*).

3.2. Mô hình ISAR tổng thể của tất cả các thể loài mục tiêu và loài lân cận

Dựa trên sơ đồ phân bố cây của tất cả các loài trên OTC (hình 2a) có thể thấy rất nhiều vị trí trên ô không có cây phân bố, điều này chứng tỏ điều kiện môi trường trên OTC là không đồng nhất, ảnh hưởng đến sự phân bố không gian của các loài. Do đó, sử dụng mô hình lý thuyết là phân bố Poisson không đồng nhất khi phân tích mô hình ISAR trong nghiên cứu này là hoàn toàn phù hợp.

Kiểm tra GoF với mức ý nghĩa $p < 0,05$ đã được thực hiện cho 18 loài mục tiêu nhằm đánh giá sự khác biệt giữa mô hình ISAR thực nghiệm so với với mô hình lý thuyết trong khoảng cách r từ 1 - 50 m. Kết quả phân

tích mô hình ISAR tổng thể (kiểu 1) cho thấy, tất cả các loài mục tiêu đều có khoảng 55 - 60 loài lân cận ở quy mô 50 m (hình 2b). Mô hình ISAR tổng thể của các loài mục tiêu cũng chỉ ra rằng có sự khác biệt về giá trị ISAR tính toán giữa các loài khác nhau. Thầu tầu hạt tròn, Cò ke và Thành ngạnh nam là 3 loài có số cá thể nhiều nhất trong OTC, đường cong tích lũy loài ISAR của chúng cũng nằm ở vị trí bên trên đường cong ISAR của các loài có số cá thể ít hơn. Hồng bì rừng, Trâm vối và Giền đỏ với số cá thể ít nhất trong OTC và đường cong ISAR của chúng cũng nằm vị trí dưới cùng (hình 2b). Kết quả này cho thấy mật độ cá thể của một loài có ảnh hưởng đến cấu trúc đa dạng loài cây lân cận trong lâm phần.



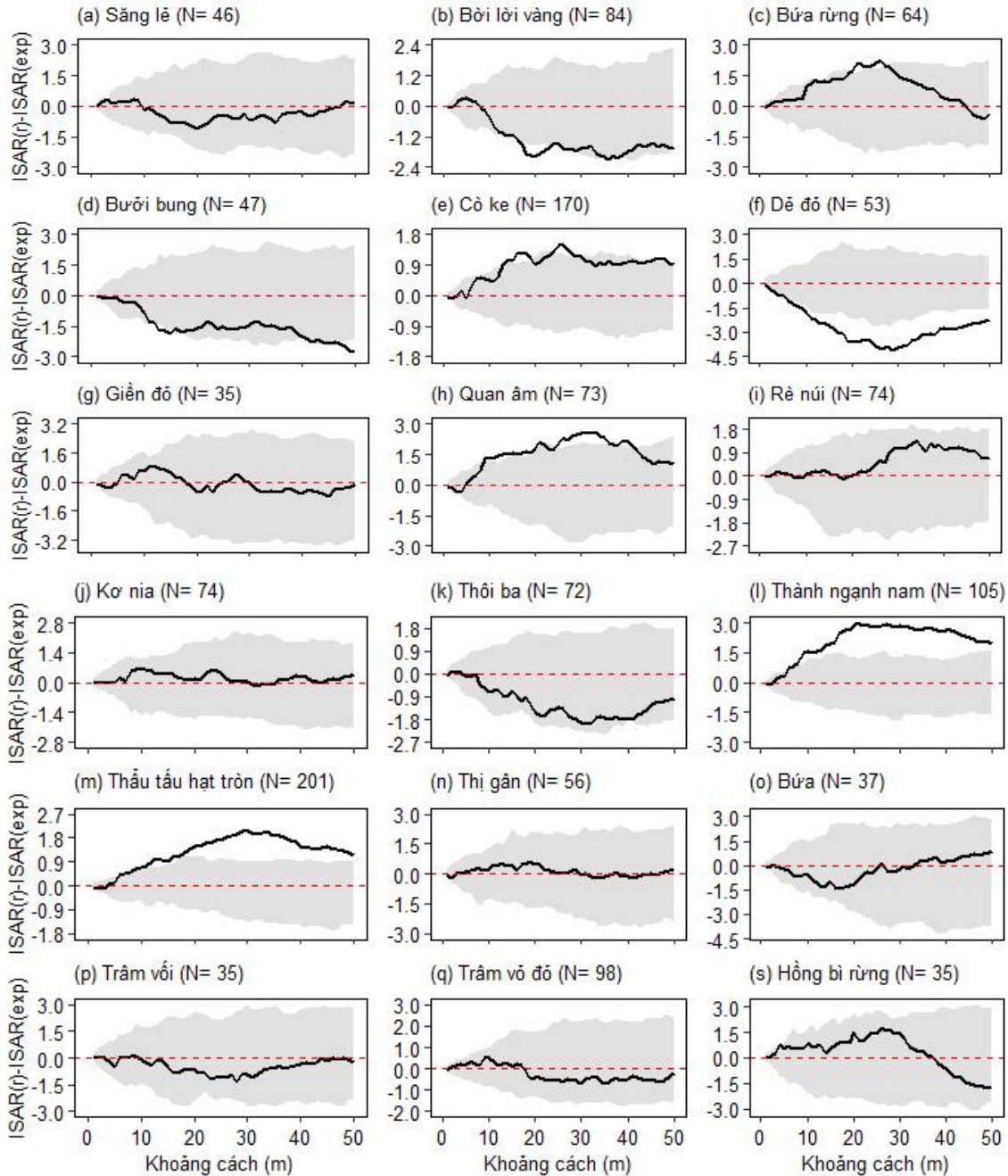
Hình 2. Sơ đồ phân bố cây của tất cả các loài trong OTC (2a) và mô hình ISAR tổng thể của 18 loài mục tiêu được phân tích dưới mô hình Poisson không đồng nhất (2b)

Trong hình 2a, chấm tròn màu đỏ là các loài mục tiêu và chấm tròn màu đen là các loài khác; ở hình 2b, mô hình ISAR được xây dựng là kiểu 1.

Kết quả phân tích mô hình ISAR tổng thể của 18 loài mục tiêu theo từng loài riêng biệt (hình 3) cho thấy, có 10 loài là loài trung lập bao gồm

Săng lẻ, Giền đỏ, Rẻ núi, Kơ nia, Thôi ba, Thị gân, Bứa, Trâm vối, Trâm vỏ đỏ và Hồng bì rừng. Số loài thúc đẩy đa dạng là 5 loài bao

gồm Búra rừng (ở quy mô 20 - 30 m), Cò ke (10 - 30 m), Quan âm (10 - 15, 25 - 35 m), Thành ngành nam (10 - 50 m) và Thầu tầu hạt tròn (10 - 50 m). Ba loài kìm hãm đa dạng là Đẻ đồ (ở quy mô 10 - 50 m), Bời lời vàng (15 - 25 m) và Bưởi bung (12 - 13 m), chúng đều là các loài có số lượng cá thể không quá nhiều trong lâm phần (47 - 84 cá thể cây).

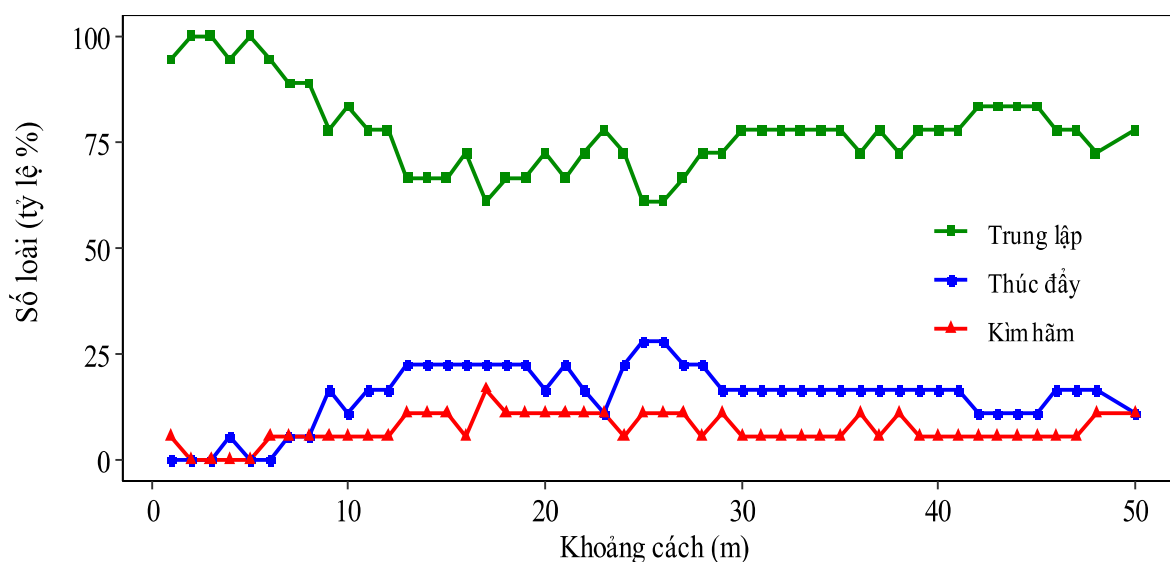


Hình 3. Kết quả phân tích mô hình ISAR tổng thể của 18 loài mục tiêu theo từng loài từ 199 lần mô phỏng Monte Carlo dưới mô hình Poisson không đồng nhất, mức ý nghĩa $p < 0,05$

Đường màu đen là giá trị $ISAR(r) - ISAR(exp)$, giá trị $ISAR$ tính toán được trừ đi giá trị kỳ vọng của mô hình Poisson không đồng nhất; vùng màu xám là giá trị mô phỏng trừ đi giá trị kỳ vọng của mô hình lý thuyết; giá trị $ISAR(r) - ISAR(exp)$ nằm trong vùng màu xám cho biết loài trung lập, nằm trên vùng màu xám cho biết loài thúc đẩy đa dạng và nằm dưới cho biết loài kìm hãm đa dạng tại khoảng cách tham chiếu; N là số cá thể cây của loài.

Kết quả tổng hợp từ phân tích mô hình ISAR tổng thể của 18 loài mục tiêu theo các quy mô không gian khác nhau cho thấy (hình 4), số loài trung lập chiếm tỷ lệ rất lớn từ 61 - 94% tổng số loài được phân tích; số loài thúc đẩy đa dạng chiếm từ 3 - 27% và số loài kìm hãm đa dạng chiếm từ 3 - 12% tổng số loài mục

tiêu. Ở quy mô 0 - 10 m, số lượng loài trung lập chiếm ưu thế lớn nhất với tỷ lệ xấp xỉ 94%, tỷ lệ này giảm khi quy mô không gian tăng lên (xấp xỉ 74% ở quy mô 11 - 50 m). Điều này chứng tỏ mô hình ISAR của một loài ngoài phụ thuộc vào mật độ cá thể còn phụ thuộc vào quy mô không gian.



Hình 4. Kết quả tổng hợp từ phân tích mô hình ISAR tổng thể của 18 loài mục tiêu

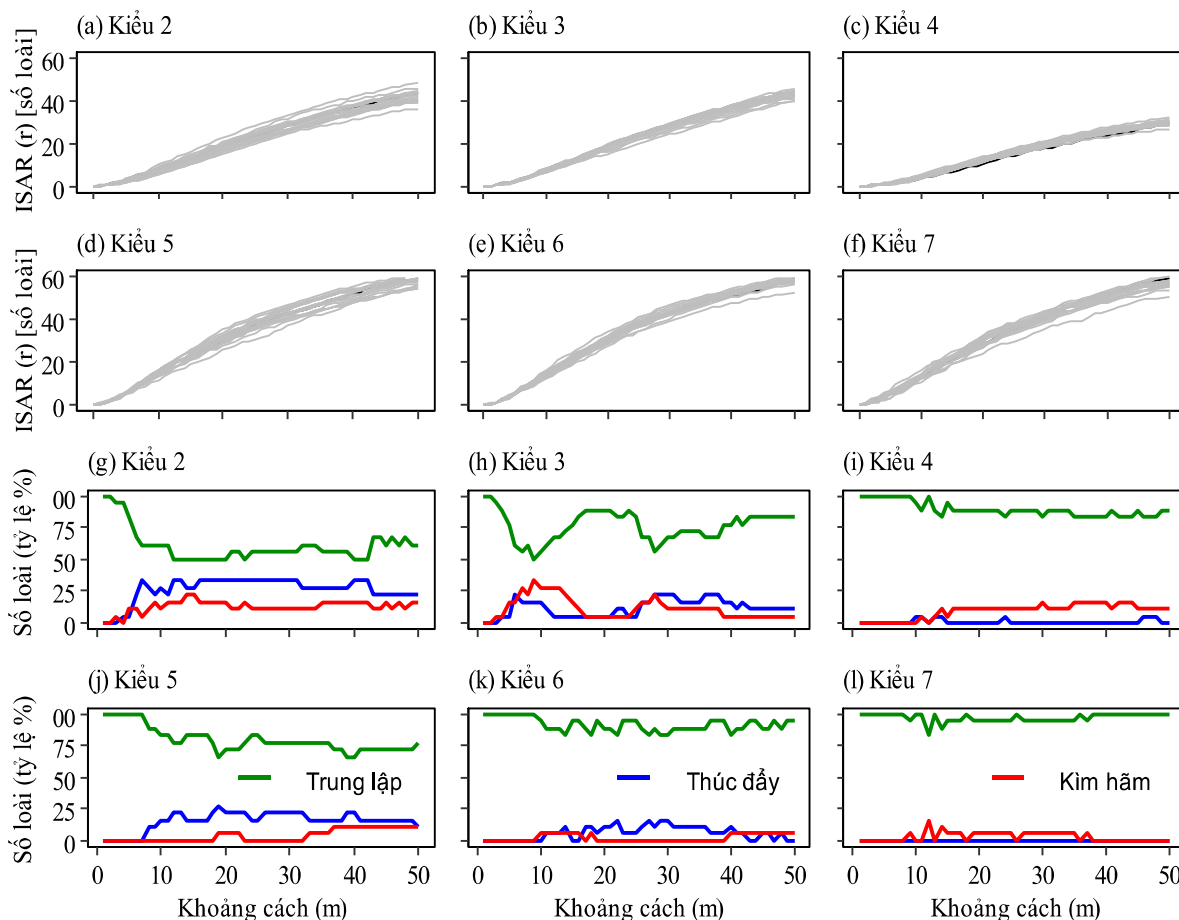
3.3. Ảnh hưởng của tất cả các cá thể một loài đối với cấu trúc đa dạng loài của lâm phần

Kết quả phân tích mô hình ISAR của loài mục tiêu (tất cả các cá thể) và các loài lân cận (phân chia theo giai đoạn sống) cho thấy, đường cong tích lũy loài ISAR có xu hướng giảm từ kiểu 2 - kiểu 3 - kiểu 4 (hình 5a-c); điều này có nghĩa, số lượng loài lân cận là cây non phân bố xung quanh cây mục tiêu nhiều hơn so với cây sào và thành thực.

Mô hình ISAR của loài mục tiêu (phân chia theo giai đoạn sống) và các loài lân cận (tất cả các cá thể) cũng cho thấy điều tương tự, đường cong ISAR của các loài mục tiêu có xu hướng giảm từ kiểu 5 - kiểu 6 - kiểu 7

(hình 5d-f); điều này cho biết số lượng loài cây lân cận phân bố xung quanh cây non của loài mục tiêu nhiều hơn so với cây thành thực và cây sào.

Kết quả tổng hợp 6 kiểu mô hình ISAR (kiểu 2, 3, 4, 5, 6 và 7) trong hình 5g-l chỉ ra rằng, trong giai đoạn cây non số lượng loài thúc đẩy đa dạng nhiều hơn so với cây sào và cây thành thực, hay nói cách khác cây non có vai trò thúc đẩy đa dạng loài lân cận là lớn hơn và hiệu ứng thúc đẩy sẽ trở thành kìm hãm đa dạng hoặc trung lập khi cây chuyển sang các giai đoạn cây sào và thành thực. Đồng thời trong 6 kiểu mô hình ISAR cũng chỉ ra rằng, số loài trung lập vẫn luôn chiếm ưu thế về số lượng ở tất cả các quy mô nghiên cứu 1 - 50 m.

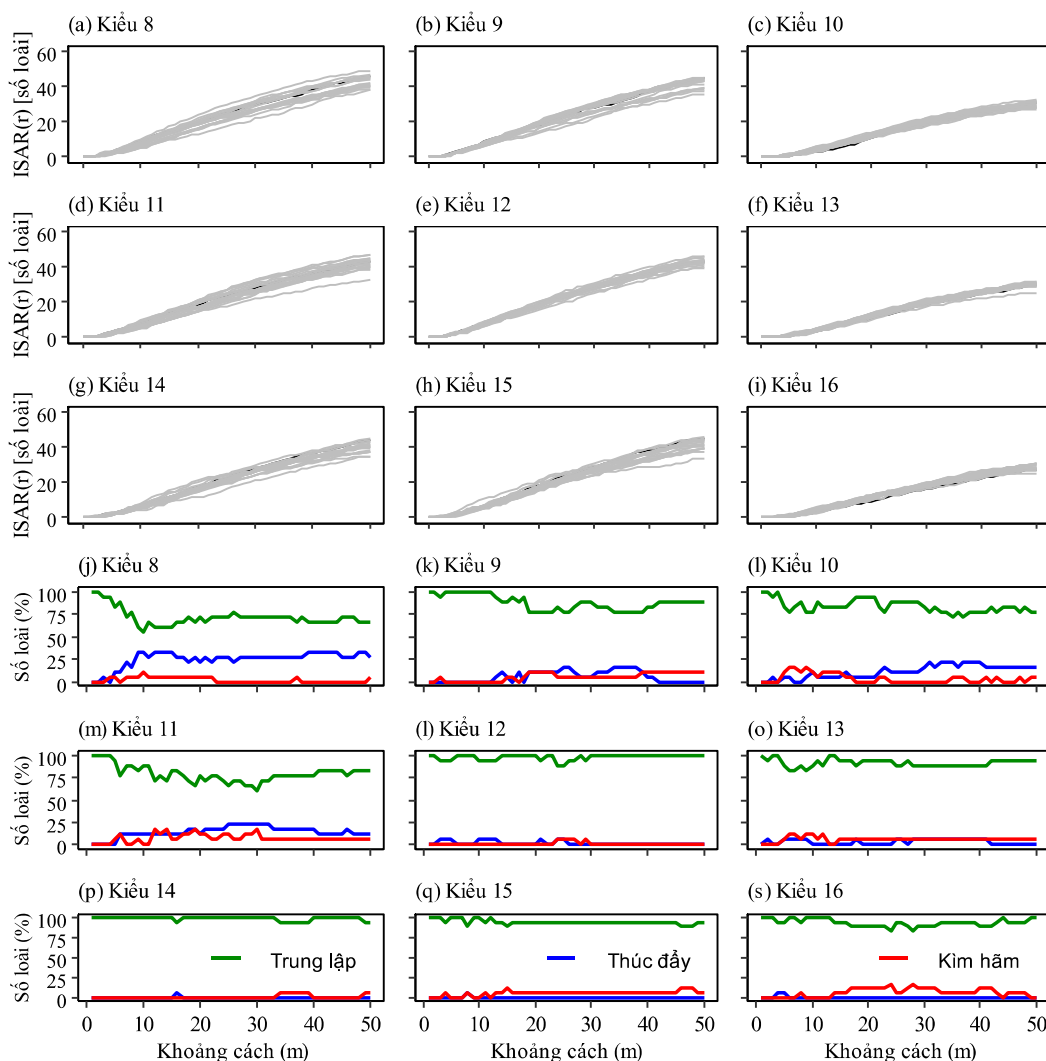


Hình 5. 6 kiểu mô hình ISAR dựa trên số lượng cá thể và giai đoạn sống của loài mục tiêu và loài lân cận được phân tích dưới mô hình Poisson không đồng nhất

3.4. Ảnh hưởng của kích thước cá thể một loài đối với cấu trúc đa dạng loài cây lân cận

Kết quả phân tích mô hình ISAR theo các giai đoạn sống của loài mục tiêu và loài lân cận cho thấy, kích thước cá thể của một loài có ảnh hưởng đến cấu trúc đa dạng loài lân cận. Trong cùng một cỡ kích thước cá thể của loài mục tiêu (cùng một giai đoạn sống), đường cong ISAR có xu hướng giảm theo giai đoạn sống của loài lân cận từ cây non - cây sào - cây thành thực (hình 6a-i). Kết quả này chứng tỏ rằng, các cá thể có cùng kích thước (cỡ kính) ảnh hưởng đối với các cây non lân cận nhiều hơn so với các cây sào và

cây thành thực lân cận. Sự ảnh hưởng của kích thước cá thể một loài đối với cấu trúc đa dạng loài cây lân cận thể hiện rõ nhất trong hình 6j-s khi tỷ lệ loài thúc đẩy đa dạng theo các quy mô không gian giảm dần từ giai đoạn cây non đến cây sào và cây thành thực; đồng thời, tỷ lệ loài trung lập cũng có xu hướng tăng lên theo kích thước cá thể của loài mục tiêu. Cũng giống như mô hình ISAR tổng thể (kiểu 1) của tất cả các cá thể loài mục tiêu và loài lân cận, 9 kiểu mô hình ISAR của các loài theo giai đoạn sống cũng chỉ ra rằng số loài cây trung lập chiếm tỷ lệ lớn hơn rất nhiều so với các loài thúc đẩy và kim hãm đa dạng.



Hình 6. 9 kiểu mô hình ISAR theo các giai đoạn sống của loài mục tiêu và loài cây lân cận được phân tích dưới mô hình Poisson không đồng nhất

IV. THẢO LUẬN

Một thách thức rất lớn trong nghiên cứu sinh thái học kéo dài suốt nhiều thập kỷ là giải thích tính đa dạng cao của các khu rừng nhiệt đới (Chesson, 2000; Wright, 2002). Những năm gần đây, phương pháp phân tích mô hình điểm không gian thường được sử dụng trong nghiên cứu sinh thái học để khám phá mô hình không gian của các loài và giải thích các quá trình sinh thái đã chi phối sự hình thành của các quần xã thực vật (Wiegand & Moloney, 2004; Law *et al.*, 2009). Tuy nhiên, các phân tích mô hình điểm không gian lại chưa thể

phản ánh được cấu trúc đa dạng loài ở cấp độ quần xã (Illian & Burslem, 2007; Wiegand *et al.*, 2007). Mô hình ISAR có thể giải quyết được những tồn tại mà phương pháp phân tích mô hình điểm không gian để lại, đồng thời nó giúp đánh giá được ảnh hưởng của từng loài đối với sự đa dạng loài trong vùng lân cận.

Kết quả phân tích mô hình ISAR của 18 loài mục tiêu trên OTC 2 ha trong rừng lá rộng thường xanh tại Ban QLRPH Ia Meur cho thấy, mật độ cá thể của một loài có ảnh hưởng đến đa dạng loài lân cận. Bên cạnh đó, kích thước cá thể của loài cũng ảnh hưởng đến cấu

trúc đa dạng loài của quần xã và sự ảnh hưởng là không giống nhau khi kích thước cá thể khác nhau; điều này được giải thích do quy mô không gian và kích thước cá thể của các loài khác nhau dẫn đến sự tương tác giữa chúng sẽ thay đổi. Kết quả phân tích các kiểu mô hình ISAR cũng chỉ ra rằng, các cá thể của cùng một loài mục tiêu hoặc của các loài khác nhau nhưng thuộc cùng một cỡ kính ảnh hưởng đến sự đa dạng loài của cây non nhiều hơn so với cây sào và cây thành thực. Kết quả nghiên cứu này của chúng tôi ủng hộ thuyết cạnh tranh bất đối xứng do Weiner (1990) đề xuất, nghĩa là các cá thể có kích thước lớn giành được phần tài nguyên không cân đối (so với kích thước tương đối của chúng) và ảnh hưởng tiêu cực đối với sự phát triển của các cá thể có kích thước nhỏ hơn xung quanh chúng, làm cho số lượng loài (sự đa dạng loài lân cận) sẽ thấp hơn so với các cá thể có kích thước nhỏ hơn; kết quả nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng, số lượng loài tập trung xung quanh cây non nhiều hơn so với cây thành thực và cây sào, điều này đồng nghĩa các cây non giữ một vai trò rất quan trọng trong sự đa dạng thực vật của quần xã rừng ở khu vực nghiên cứu.

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi có nhiều điểm tương đồng so với kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả đã công bố trước đây. Gong và đồng tác giả (2011) khi sử dụng mô hình ISAR để nghiên cứu sự hình thành của quần xã cây rừng lá rộng thường xanh ở Dinghu, tỉnh Quảng Đông - Trung Quốc cũng phát hiện cây non có vai trò thúc đẩy đa dạng loài lân cận và hiệu ứng thúc đẩy sẽ trở thành kim hãm đa dạng khi đường kính cây tăng lên. Tuy nhiên, Zhang và đồng tác giả (2014) khi sử dụng mô hình mISAR để nghiên cứu mối quan hệ giữa đa dạng loài và diện tích trong rừng ôn đới khu vực Đông Bắc - Trung Quốc, các tác giả này lại cho rằng ở quy mô nhỏ hầu hết các cây có đường kính lớn ảnh hưởng thúc đẩy đa dạng loài lân cận có đường kính nhỏ. Nguyên nhân

dẫn đến sự khác biệt giữa kết quả nghiên cứu của chúng tôi và nghiên cứu của Zhang và đồng tác giả (2014) có thể do sự khác biệt trong phương pháp nghiên cứu, đặc biệt là đặc điểm của hai quần xã thực vật rừng được nghiên cứu là không giống nhau (rừng nhiệt đới và rừng ôn đới).

Một số nghiên cứu khác trên thế giới cũng có cùng quan điểm quy mô không gian và kích thước cá thể khác nhau ảnh hưởng khác nhau đến sự đa dạng loài lân cận (Gong *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2013); các nghiên cứu này chủ yếu phân tích mô hình ISAR của các loài trong quần xã ở cùng cấp đường kính và so sánh các mô hình ISAR kiểu 1 - 7. Trong nghiên cứu của chúng tôi, việc sử dụng tới 16 kiểu mô hình ISAR đã giúp kết quả phân tích ảnh hưởng của kích thước cá thể một loài đối với sự đa dạng loài lân cận được phản ánh một cách cụ thể và toàn diện hơn. Tuy nhiên, nghiên cứu của chúng tôi cũng bị hạn chế bởi một số nguyên nhân khách quan như diện tích ô mẫu còn nhỏ và chưa được thực hiện ở các trạng thái, kiểu rừng khác nhau.

Mô hình ISAR có thể xác định được ảnh hưởng của một loài đối với đa dạng loài lân cận ở các quy mô không gian khác nhau là thúc đẩy, kim hãm đa dạng hoặc trung lập. Trong quần xã rừng ở khu vực Ia Mơr, các loài trung lập chiếm ưu thế về số lượng loài so với các loài kim hãm và thúc đẩy đa dạng; đặc biệt là ở quy mô 1 - 10 m, tỷ lệ các loài trung lập cao nhất, chiếm gần 94% tổng số loài được phân tích. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cũng có nhiều điểm tương đồng với kết quả nghiên cứu trên ô 25 ha trong rừng nhiệt đới Sinharaja ở Sri Lanka (Wiegand *et al.*, 2007) và ô 20 ha trong rừng Dinghu ở Trung Quốc (Gong *et al.*, 2011), điều này chứng tỏ rằng việc duy trì đa dạng loài thực vật trong rừng nhiệt đới không bị phụ thuộc vào một vài loài mà phụ thuộc vào sự tương tác tổng thể của tất cả các loài trong quần xã (Wiegand *et al.*, 2007).

V. KẾT LUẬN

Trong rừng lá rộng thường xanh thuộc Ban QLRPH Ia Meur, 1 OTC 2 ha đã được thiết lập để tìm hiểu mối quan hệ giữa đa dạng loài và diện tích của các loài thực vật thân gỗ. Trong OTC có 90 loài thuộc 49 họ thực vật với 1.866 cá thể cây. Mười tám (18) loài có số lượng từ 30 cá thể cây trở lên được lựa chọn làm loài mục tiêu để phân tích ảnh hưởng của chúng đối với đa dạng loài lân cận dựa trên mô hình ISAR. Phân bố số cây theo cỡ kính của các loài mục tiêu và các loài khác trong lâm phần có đặc điểm chung là số lượng cây tập trung nhiều ở cỡ đường kính nhỏ, đường cong phân bố có dạng hình chữ J ngược, phân bố lệch trái và phân bố thực nghiệm nhọn hơn so với phân bố chuẩn.

Mật độ cá thể của một loài có ảnh hưởng đến cấu trúc đa dạng loài của quần xã thực vật rừng trong khu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, kích thước cá thể của một loài cũng ảnh hưởng đến đa dạng loài cây lân cận và sự ảnh hưởng là khác nhau khi kích thước cá thể khác nhau. Cây non có vai trò thúc đẩy đa dạng loài lân cận lớn hơn so với cây sào và cây thành thực, hiệu ứng thúc đẩy đa dạng sẽ trở thành kim hãm đa dạng hoặc trung lập khi đường kính của cây tăng lên. Mười sáu (16) kiểu mô hình ISAR đã được xây dựng đều có điểm chung là

số loài trung lập chiếm ưu thế lớn, sự ưu thế của chúng thể hiện ở quy mô 1 - 10 m là lớn nhất so với các quy mô 11 - 50 m. Nghiên cứu này ủng hộ thuyết cạnh tranh bất đối xứng và thuyết trung lập, quy luật duy trì đa dạng loài trong rừng lá rộng thường xanh ở khu vực Ia Mơ được xác định là không bị phụ thuộc vào một vài loài mà phụ thuộc vào sự tương tác tổng hợp của tất cả các loài trong quần xã.

Mô hình ISAR tổng thể của 18 loài mục tiêu cho thấy, có 10 loài trung lập (Săng lê, Giền đỏ, Rẻ núi, Kơ nia, Thôi ba, Thị gân, Bứa, Trâm vôi, Trâm vỏ đỏ và Hồng bì rừng), 5 loài thúc đẩy đa dạng (Bứa rừng, Cò ke, Quan âm, Thành ngạnh nam và Thầu tấu hạt tròn) và 3 loài kim hãm đa dạng (Dẻ đỏ, Bời lời vàng và Bưởi bung). Dựa trên kết quả này có thể điều chỉnh mật độ của các loài thúc đẩy và kim hãm đa dạng theo hướng có lợi nhất cho việc nâng cao tính đa dạng thực vật rừng tại khu vực nghiên cứu.

Đối với các nghiên cứu trong thời gian tới, chúng tôi khuyến nghị khi sử dụng mô hình ISAR để phân tích mối quan hệ giữa loài và diện tích cần thực hiện ở các trạng thái và kiểu rừng khác nhau với quy mô ô nghiên cứu lớn hơn, từ đó có thể so sánh và hệ thống được các quy luật và cơ chế duy trì đa dạng thực vật thân gỗ trong rừng tự nhiên ở nước ta.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ban Quản lý rừng phòng hộ Ia Meur, 2020. Báo cáo công tác Quản lý, bảo vệ rừng tại Ban Quản lý rừng phòng hộ Ia Meur, tỉnh Gia Lai năm 2020.
2. Ben-Said, M., 2021. Spatial point-pattern analysis as a powerful tool in identifying pattern-process relationships in plant ecology: an updated review. *Ecology process*, 10(56): 1 - 23.
3. Chave, J., 2004. Neutral theory and community ecology. *Ecology letters*, 7(7): 241 - 253.
4. Chesson, P., 2000. General theory of competitive coexistence in spatially varying environments. *Theoretical population biology*, 58(3): 211 - 237.
5. Gong, G.Q., Huang, Z.L., Huang, J.X., Ye, W.H., Cao, H.L., Lian, J.Y. and Lin, G.J., 2011. How individual species structure the community in Dinghu Mountains 20 ha forest plot? *Ecology and Environmental Sciences*, 20: 991 - 995.
6. Nguyen Hong Hai and Cao Thi Thu Hien, 2019. Spatial associations and species diversity of tropical broadleaved forest, Gia Lai province. *Journal of Forestry Science and Technology*, no. 8/2019: 41 - 49.
7. Nguyen Hong Hai and Nguyen Minh Quang, 2019. Individual species area relationship of tropical tree species after selective logging regimes in Truong Son Forest Enterprise, Quang Binh province. *Journal of Forestry Science and Technology*, no. 7/2019: 25 - 34.

8. Phạm Hoàng Hộ, 1999 - 2003. Cây cỏ Việt Nam (tập 1 - 3), tái bản lần thứ 2. NXB Trẻ, Hà Nội.
9. Trần Hợp, 2002. Cây gỗ Việt Nam. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
10. Illian, J. and Burslem, D., 2007. Contributions of spatial point process modelling to biodiversity theory. *Journal de la société française de statistique*, 148(1): 9 - 29
11. Kew science, 2021. <<http://www.plantsoftheworldonline.org>>. Accessed October 2021.
12. Law, R., Illian, J., Burslem, D.F.R.P., Gratzner, G., Gunatilleke, C.V.S. and Gunatilleke, I.A.U.N., 2009. Ecological information from spatial patterns of plants: Insights from point process theory. *Journal of Ecology*, 97(4): 616-628.
13. Lieberman, M., Lieberman, D., 2007. Nearest-neighbor tree species combinations in tropical forest: the role of chance, and some consequences of high diversity. *Oikos*, 116(3): 377 - 386.
14. Loosmore, N.B. and Ford, E.D., 2006. Statistical inference using the G or K point pattern spatial statistics. *Ecology*, 87(8): 1925 - 1931.
15. Ma, Z.Y., Shi, L., Wu, X.J. and Zhang, C.Y., 2014. Maintaining mechanism of tree diversity in a secondary conifer and broadleaf mixed forest in Changbai Mountains. *Journal of Beijing Forestry University*, 36(6): 93 - 98.
16. Perry, G.L.W., Miller, B.P. and Enright, N.J., 2006. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. *Plant Ecology*, 187, 59 - 82.
17. Petritan, I.C., Marzano, R., Petritan, A.M. and Lingua, E., 2014. Overstory succession in a mixed *Quercus petraea*-*Fagus sylvatica* old growth forest revealed through the spatial pattern of competition and mortality. *Forest Ecology and Management* 326: 9 - 17.
18. R Development Core Team, 2021. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <<http://www.r-project.org/>>.
19. Rayburn, A.P. and Wiegand, T., 2012. Individual species-area relationships and spatial patterns of species diversity in a Great Basin, semi-arid shrubland. *Ecography*, 35(4): 341 - 347.
20. Ricklefs, R.E., 1987. Community diversity relative roles of local and regional process. *Science*, 235(4785): 167 - 171.
21. Stokes, C.J. and Archer, S.R., 2010. Niche differentiation and neutral theory: an integrated perspective on shrub assemblages in a parkland savanna. *Ecology*, 91(4): 1152 - 1162.
22. Nguyễn Hải Tuất và Nguyễn Trọng Bình, 2005. Khai thác và sử dụng SPSS để xử lý số liệu nghiên cứu trong Lâm nghiệp. NXB Nông nghiệp.
23. Weine, R.S., 1990. Asymmetric competition in plant populations. *Trends in Ecology & Evolution*, 5(11): 360 - 364.
24. Wiegand, T. and Moloney, K.A., 2004. Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos*, 104(2), 209 - 229.
25. Wiegand, T., Gunatilleke, C.V.S., Gunatilleke, I.A.U.N. and Hut, A., 2007. How individual species structure diversity in tropical forests. *PNAS*, 104(48): 19029 - 19033.
26. World flora online, 2021. <<http://104.198.148.243>>. Accessed October 2021.
27. Wright, S.J., 2002. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia*, 130(1): 1 - 14.
28. Yang, J., Swenson, N.G., Cao, M., Chuyon, G.B., Ewango, C.E.N., Howe, R., Kenfack, D., Thomas, D., Wolf, A. and Lin, L., 2013. A Phylogenetic perspective on the individual species-area relationship in temperate and tropical tree communities. *PLoS One*, 8(5): e63192.
29. Zhang, Y.U., Jin, W.B., Gao, L.S. and Zhao, X.H., 2014. Scale dependent structuring of spatial diversity in two temperate forest communities. *Forest Ecology and Management*, 316(15): 110 - 116.
30. Zhang, M.J., 2011. Research on intraspecific and interspecific interactions of plant communities in arid regions based on spatial pattern. PhD thesis, Nanjing University.

Email tác giả liên hệ: quyforest@vnuf2.edu.vn

Ngày nhận bài: 08/12/2021

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 25/12/2021

Ngày duyệt đăng: 30/12/2021