

CẤU TRÚC KHÔNG GIAN CỦA RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở KON HÀ NỪNG, TỈNH GIA LAI

Nguyễn Hồng Hải¹, Lê Thanh Trà², Lê Tuấn Anh¹

¹Trường Đại học Lâm nghiệp

²Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Thương mại

TÓM TẮT

Cơ chế sinh thái nào đang điều chỉnh cấu trúc không gian của cây rừng là một trong những vấn đề chính của nghiên cứu sinh thái loài. Phân tích mô hình không gian sẽ đề xuất được các cơ chế sinh thái chính đang hoạt động. Trên kiểu rừng tự nhiên lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng, 01 ô tiêu chuẩn 2-ha (100 m x 200 m) được thiết lập. Toàn bộ các cây thân gỗ có đường kính ngang ngực $\geq 2,5$ cm được xác định vị trí và các chỉ tiêu: đường kính ngang ngực, tên loài và tình trạng sống/chết. Sau đó, tất cả các cây riêng lẻ được chia vào một trong 3 giai đoạn sống: cây non (dbh < 10 cm), cây sào (10 cm \leq dbh \leq 30 cm), cây thành thực (dbh > 30 cm). Phương pháp phân tích mô hình điểm không gian được áp dụng để phân tích cấu trúc không gian của cây rừng với hàm tương quan theo cặp một và hai biến số. Kết quả phân tích cho thấy: (1) Điều kiện môi trường trong ô tiêu chuẩn là đồng nhất. (2) Phân bố ngẫu nhiên là phân bố chính của 23 loài cây chiếm đa số và số ít loài có phân bố cụm. Quan hệ không gian độc lập chiếm ưu thế với 80% cặp các loài cây. (3) Có sự dịch chuyển từ phân bố cụm ở cây non sang phân bố đều ở cây sào và cây thành thực. Cây thành thực và cây sào cạnh tranh mạnh với nhau, trong khi cây non có quan hệ tương hỗ với cây thành thực và cây sào. (4) Cây chết có phân bố cụm và quan hệ độc lập với cây thành thực. Xung quanh cây chết, mật độ cây non và cây sào cao hơn mật độ trung bình. Nghiên cứu này đã cho biết: Cơ chế sinh thái trung lập và ổ sinh thái đã điều chỉnh phân bố và quan hệ không gian của các loài cây được nghiên cứu. Quan hệ cạnh tranh khác loài dẫn đến tia thưa tự nhiên diễn ra mạnh ở các giai đoạn sống non và sào. Cây chết là kết quả của quá trình cạnh tranh để hướng tới phân bố đều của cây thành thực.

Từ khóa: Hàm tương quan theo cặp, phân bố không gian, quan hệ cạnh tranh, rừng lá rộng thường xanh.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân bố và quan hệ không gian của cây rừng đã được thừa nhận là bằng chứng phản ánh động thái của lâm phần theo thời gian. Đã có rất nhiều cơ chế sinh thái được đề xuất để giải thích cho mô hình phân bố và quan hệ không gian của cây rừng như cạnh tranh và tương hỗ, lý thuyết trung lập, sự chết phụ thuộc mật độ, lý thuyết ổ sinh thái (Wright, 2002). Lý thuyết trung lập (Neutral theory) 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 (niche theory) giả thuyết rằng sự phối hợp trong không gian và biến động môi trường sống sẽ được thể hiện thông qua hình thái học, sinh lý học và đặc điểm các giai đoạn sống của mỗi loài (Peters, 2003). Dựa vào vị trí của các cây riêng lẻ, có thể xác định đặc điểm phân bố không gian của một loài là kiểu cụm, ngẫu nhiên hay đều, hoặc có thể xác định được tương tác không gian của hai loài là cạnh tranh, độc lập hay tương hỗ. Hơn nữa, khi xem xét các giai đoạn sống của cây

rừng thông qua đường kính của cây và quan hệ giữa các giai đoạn sống có thể xác định rõ hơn về mối quan hệ trong không gian của chúng bởi vì vị trí tương đối và kích thước của cây trong rừng tự nhiên thường có quan hệ với nhau (Nguyen et al., 2016). Trong rừng mưa nhiệt đới, nơi có đa dạng loài cao và mật độ mỗi loài thấp, thì tương tác cùng loài và khác loài sẽ diễn ra phức tạp hơn các kiểu rừng khác. Nguyên nhân cây chết có thể được phân tích thông qua phân bố của chúng và quan hệ không gian với cây sống.

Ở Việt Nam và nhiều nước nhiệt đới, việc nghiên cứu và dự đoán ảnh hưởng của cây rừng này đến vị trí phân bố của cây rừng xung quanh đang là một vấn đề còn ít được quan tâm nghiên cứu (Nguyen et al. 2015). Nghiên cứu này được thực hiện trên kiểu rừng lá rộng thường xanh được bảo vệ nghiêm ngặt và ít bị tác động của con người ở khu rừng thực nghiệm Kon Hà Nừng, tỉnh Gia Lai. Mục tiêu của nghiên cứu là tìm hiểu động thái cấu trúc không gian của trạng thái rừng này bao gồm: (1) phân bố và quan hệ không gian của cây

rừng theo loài cây và giai đoạn sống; (2) phân bố và quan hệ không gian của cây chết với cây sống theo giai đoạn sống.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng lá rộng thường xanh được bảo vệ nghiêm ngặt tại khu rừng thực nghiệm Kon Hà Nừng, huyện Kbang, tỉnh Gia Lai. Quần xã thực vật rừng ở đây có các loài cây chiếm ưu thế như Trâm vô đồ (*Syzygium zeylanicum*), Sên mủ (*Shorea roxburghii*), Hoắc quang (*Wendlandia paniculata*), Ngát (*Gironniera subaequalis*), Chìa vôi (*Casearia balansae*), Kháo lá nhỏ (*Machilus thunbergii*)...

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thu thập số liệu

01 ô tiêu chuẩn (OTC) điển hình, diện tích 2 ha được thiết lập tại vị trí tọa độ: 14°11,492' Bắc, 108°39,938' Đông. OTC 2-ha (100 m x 200 m) và được chia thành lưới gồm 200 ô thứ cấp (10 m x 10 m). Trên mỗi ô thứ cấp, xác định vị trí của cây (x,y), tên loài cây, đường kính ngang ngực (dbh) cho tất cả các cây gỗ có dbh $\geq 2,5$ cm. Vị trí của cây được xác định thông qua thước đo khoảng cách bằng laser (Leica Disto D2) và la bàn. Sau đó, tất cả các cây riêng lẻ được chia vào một trong 3 giai đoạn sống: cây non (dbh < 10 cm), cây sào (10 cm \leq dbh \leq 30 cm), cây thành thực (dbh > 30 cm). Cây đứng chết khô chỉ được xác định vị trí.

2.2.2. Xử lý số liệu

Các phương pháp phân tích mô hình điểm không gian được đề xuất để tìm hiểu sự sắp xếp của các điểm trong không gian (Diggle, 2003). Ví dụ, dựa vào vị trí của cây (tọa độ x,y) và sử dụng hàm Ripley' K hay hàm tương quan theo cặp (pair-correlation function) để mô tả tính chất của mô hình điểm (point pattern) trong một dải của khoảng cách (Illian et al., 2008). Trong các phương pháp này, mô hình không (null model) được sử dụng để mô tả giả thuyết không (null hypothesis) của mô hình điểm và sau quá trình mô phỏng sẽ được đối chiếu với dữ liệu quan sát (Diggle, 2003;

Wiegand & Moloney, 2004). Độ lệch giữa dữ liệu thực nghiệm và giả thuyết không được sử dụng để mô tả mô hình của dữ liệu và dự báo các quá trình hoặc cơ chế đã điều chỉnh mô hình quan sát được.

Hàm tương quan theo cặp một và hai biến số:

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 từ một điểm bất kỳ.

Sử dụng hàm $g(r)$ cho cùng một loài cây, ta có hàm tương quan theo cặp một biến số - $g_{11}(r)$, đây cũng là đạo hàm của hàm Ripley' K (Ripley, 1976): $g(r) = K'(r)/(2\pi r)$ với $r \geq 0$, cho biết mật độ kỳ vọng của các điểm tại khoảng cách r từ một điểm bất kỳ. Như vậy, $g_{11}(r) = 1$ cho biết phân bố hoàn toàn ngẫu nhiên, $g_{11}(r) > 1$ cho biết phân bố kiểu cụm, $g_{11}(r) < 1$ cho biết phân bố kiểu 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 loài cây khác nhau. $g_{12}(r)$ là mật độ kỳ vọng của các điểm nhóm 2 tại khoảng cách r từ một điểm bất kỳ của nhóm 1. $g_{12}(r) = 1$ 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 .

Mô hình không (null model): Các mô hình không được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm:

- Hoàn toàn ngẫu nhiên (Complete Spatial Randomness - CSR): tính ngẫu nhiên hay đồng nhất của môi trường sống được kiểm tra trên cơ sở phân bố không gian của tất cả các cây thành thực (dbh > 20 cm) vì chúng có khả năng sống phủ kín các diện tích có thể và đã trải qua 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 thực (Hai et al., 2014). Giả thiết là không có tương tác giữa các điểm trong mô hình.

- Độc lập (Independence): áp dụng mô hình

không là cố định vị trí các cây của loài thứ nhất và phân bố lại một cách ngẫu nhiên vị trí các cây của loài thứ hai hoàn toàn ngẫu nhiên. Hai hàm tương quan theo cặp $g_{12}(r)$ và $g_{21}(r)$ cùng được kiểm tra vì tương tác giữa 2 loài cây có thể là đối xứng hoặc một chiều (Wiegand et al., 2007; Lan et al., 2012).

Trong tất cả các phân tích, 199 lần mô phỏng Monte Carlo được thực hiện và sử dụng 5 giá trị lớn nhất và 5 giá trị nhỏ nhất để xây dựng khoảng tin cậy xấp xỉ 95% bằng phần mềm Programita 2014 (<http://programita.org/>). Sự khác biệt có ý nghĩa so với giả thuyết không là mô hình thực nghiệm nằm ngoài khoảng tin cậy.

Bảng 1. Đặc điểm của các cá thể cây trong các giai đoạn sống

Giai đoạn sống	Số cây	Số loài	Dbh (cm)	Khoảng cách cây-cây (m)
Non	2294	81	2,5 – 10	1,52 ± 0,85
Sào	865	78	10 - 30	2,54 ± 1,28
Thành thực	294	50	30 - 117	4,53 ± 2,08
Chết	100	-	-	6,28 ± 5,49

Khoảng cách trung bình giữa các cây cá thể tăng dần theo từng giai đoạn sống từ cây non (1,52 m) đến cây thành thực (4,53 m) cho thấy khoảng cách cây-cây tăng dần theo giai đoạn sống. Khoảng cách giữa các cây chết biến động lớn 6,28 ± 5,49 m.

Nghiên cứu này sử dụng 23 loài ưu thế có tổng số cá thể ≥ 50 cá thể/loài (Bảng 2). Các

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng của cây gỗ

Tổng số có 3.553 cây cá thể có dbh ≥ 2,5 cm được điều tra (Bảng 1), trong đó có 3.453 cây sống và 100 cây chết đứng. Các cây sống thuộc 100 loài và 99 họ khác nhau cho thấy tính đa dạng loài rất cao. Phổ biến nhất là các loài như: Trâm vô đồ (*Syzygium zeylanicum*), Sến mù (*Shorea roxburghii*), Hoắc quang (*Wendlandia paniculata*), Ngát (*Gironniera subaequalis*), Chia vôi (*Casearia balansae*), Kháo lá nhỏ (*Machilus thunbergii*); và thuộc các họ chính như: Lauraceae, Myrtaceae, Sapindaceae, Meliaceae.

loài cây này chiếm tổng chỉ số IVI > 70%. Các loài cây ưu thế có IVI vượt trội ≥ 5% là Trâm vô đồ (*Syzygium zeylanicum*), Cóc đá (*Dacryodes dungii*), Giồi nhung (*Michelia braianensis*). Khoảng cách giữa các cây cùng loài tăng dần khi số cá thể trong mỗi loài giảm đi (Bảng 2).

Bảng 2. Các loài cây chiếm đa số được nghiên cứu

STT	Tên thường dùng	Tên khoa học	Họ	Số cây	IVI (%)	Khoảng cách cây-cây (m)
1	Trâm đỏ	<i>Syzygium zeylanicum</i>	Myrtaceae	278	6,57	4,28 ± 2,68
2	Sến mù	<i>Shorea roxburghii</i>	Dipterocarpaceae	229	4,34	4,36 ± 2,85
3	Hoắc quang	<i>Wendlandia paniculata</i>	Rubiaceae	200	3,93	4,99 ± 3,42
4	Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i>	Ulmaceae	184	3,15	5,52 ± 3,11
5	Chia vôi	<i>Casearia balansae</i>	Salicaceae	182	2,79	4,48 ± 2,83
6	Kháo lá nhỏ	<i>Machilus thunbergii</i>	Lauraceae	131	4,32	6,51 ± 3,82
7	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i>	Myrtaceae	120	2,54	6,35 ± 3,58
8	Kháo vàng	<i>Machilus odoratissima</i>	Lauraceae	118	1,87	6,64 ± 4,47
9	Cóc đá	<i>Dacryodes dungii</i>	Burseraceae	116	5,98	6,84 ± 3,36
10	Xoay	<i>Dialium cochinchinense</i>	Caesalpinioideae	113	2,11	6,52 ± 3,76
11	Du moóc	<i>Baccaurea harmadii</i>	Euphorbiaceae	106	2,18	6,56 ± 4,09
12	Nhọc	<i>Polyalthia nemoralis</i>	Annonaceae	108	4,48	6,95 ± 3,58
13	Trường sâng	<i>Amesiodendron chinense</i>	Sapindaceae	96	2,97	7,61 ± 4,04
14	Nhân rừng	<i>Dimocarpus fumatus</i>	Sapindaceae	93	1,43	5,77 ± 6,36

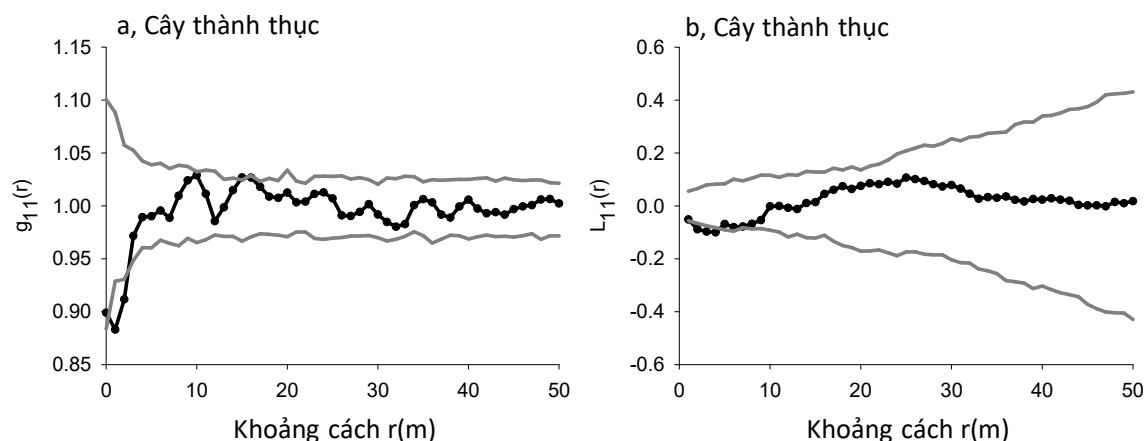
STT	Tên thường dùng	Tên khoa học	Họ	Số cây	IVI (%)	Khoảng cách cây-cây (m)
15	Dung lụa	<i>Symplocos sumuntia</i>	Symplocaceae	88	1,53	7,03 ± 5,11
16	Giỏi nhung	<i>Michelia braianensis</i>	Magnoliaceae	81	11,92	9,48 ± 5,11
17	Kháo nhót	<i>Machilus leptophylla</i>	Lauraceae	68	2,33	8,00 ± 4,62
18	Nhọ nôi	<i>Diospyros apiculata</i>	Ebenaceae	68	1,06	8,57 ± 5,56
19	Re hương	<i>Cinamomum parthenoxylon</i>	Lauraceae	65	1,05	8,47 ± 7,69
20	Trâm quả to	<i>Syzygium levinei</i>	Myrtaceae	60	1,49	7,73 ± 4,29
21	Chòi mòi	<i>Antidesma ghaesembilla</i>	Phyllanthaceae	54	1,94	10,61 ± 6,63
22	Kháo lá to	<i>Machilus grandifolia</i>	Lauraceae	54	1,11	7,68 ± 7,34
23	Sến đất	<i>Sinosideroxylon bonii</i>	Sapotaceae	52	0,83	10,59 ± 6,60
24	76 loài khác		38 họ	789	28	

Ghi chú: $IVI (%) = (Tần\ xuất\ tương\ đối + Độ\ nhiều\ tương\ đối + Tiết\ diện\ ngang\ tương\ đối)/3$.

3.2. Môi trường sống đồng nhất

Tính đồng nhất của điều kiện môi trường được kiểm tra thông qua phân bố không gian của toàn bộ cây có dbh ≥ 15 cm bằng việc so sánh kết quả của hai hàm L -function và g -function với nhau. Hàm L -function cho mật độ cây cộng dồn đến khoảng cách r và g -function cho mật độ tại khoảng cách r . Cây rừng có dbh

≥ 15 cm được cho là cây trưởng thành và chúng đã trải qua các giai đoạn của chọn lọc tự nhiên nên có thể phân bố ở tất cả các vị trí có thể (Getzin et al., 2008). Vì vậy, phân bố của các cây thành thực sẽ thể hiện tính đồng nhất hay không đồng nhất của điều kiện môi trường của OTC nghiên cứu.



Hình 1. Phân bố không gian của cây thành thực được biểu diễn bởi hàm $g_{11}(r)$ và $L_{11}(r)$
(Mô hình thực nghiệm: đường màu đen; khoảng tin cậy 95%: đường màu xám)

Kết quả kiểm tra mô hình không là CSR cho thấy sự phù hợp (Hình 1). Hàm g -function cho thấy cây thành thực có phân bố đều ở khoảng cách 0 - 4 m và chuyển sang phân bố ngẫu nhiên ở khoảng cách 5 - 50 m (Hình 1a). Hàm L -function cũng cho thấy mật độ cộng dồn của các cá thể cây chuyển từ phân bố kiểu đều ở khoảng cách nhỏ hơn 4 m sang ngẫu nhiên ở khoảng cách 5 - 50 m (Hình 1b). Như vậy, điều kiện môi trường trong OTC nghiên cứu là đồng nhất. Kết luận này cho phép lựa chọn các mô

hình không phù hợp cho các phân tích tiếp theo.

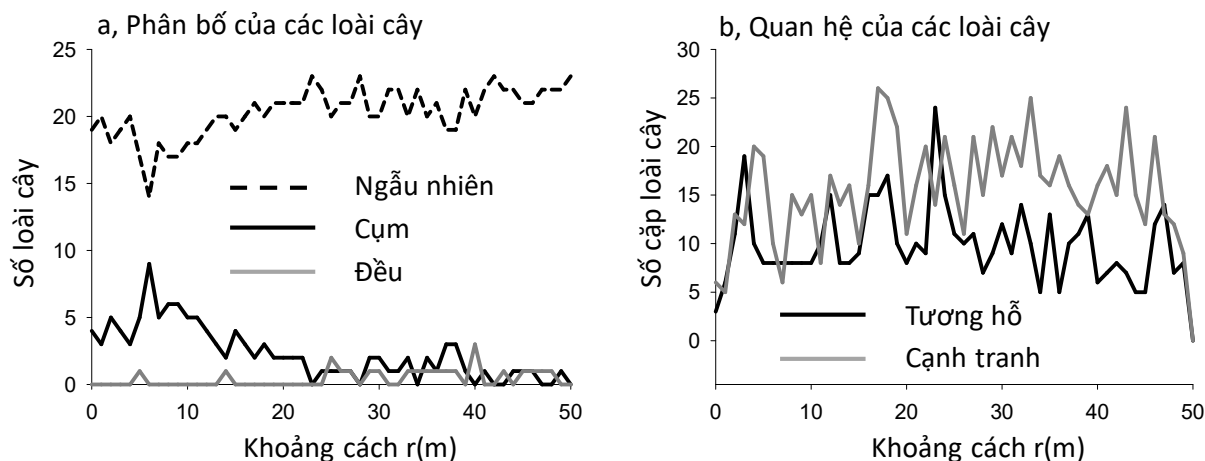
3.3. Phân bố và quan hệ không gian của các loài cây chiếm đa số

Phân tích phân bố không gian được thực hiện cho 23 loài cây có số lượng cá thể > 50 cây/loài. Phân bố dạng ngẫu nhiên chiếm ưu thế trong các loài cây được phân tích từ khoảng cách 0 - 50 m (Hình 2a). Ở khoảng cách 0 - 23 m, phân bố kiểu cụm chiếm ưu thế hơn so với kiểu phân bố kiểu đều với nhiều nhất là 10 loài (Hình 2a). Ở khoảng cách > 23

m, chỉ có 3 - 4 loài có phân bố kiểu cụm hoặc ngẫu nhiên.

Phân bố kiểu cụm rất phổ biến trong phân bố của các loài cây rừng nhiệt đới, đặc biệt là ở rừng mưa nhiệt đới, nơi có đa dạng loài cao (He et al., 1997; Condit et al., 2000; Nguyen, 2016). Nguyên nhân của mô hình phân bố này có thể là phát tán hạn chế (dispersal limitation) và môi trường sống không đồng nhất (habitat heterogeneity) (Wiegand et al., 2009). Trong

nghiên cứu này yếu tố môi trường sống không đồng nhất đã được loại bỏ và phân bố ngẫu nhiên là phân bố chính của 23 loài cây ưu thế. Đa số loài có phân bố ngẫu nhiên và số ít loài có phân bố cụm cũng được tìm thấy trong nghiên cứu của Nguyen và cộng sự (2018) ở rừng lá rộng thường xanh tỉnh Quảng Bình. Như vậy, trong nghiên cứu này, chỉ phát hiện được quan hệ tương hỗ và không có quan hệ cạnh tranh cùng loài cây.



Hình 2. Phân bố và quan hệ không gian của các loài cây rừng chiếm ưu thế được biểu diễn bởi hàm $g_{11}(r)$ và $g_{12}(r)$

Tổng cộng có 506 cặp loài cây được phân tích quan hệ không gian. Theo khoảng cách từ 0 - 50 m, quan hệ độc lập chiếm ưu thế với 80% cặp các loài cây (Hình 2b). Trong dải khoảng cách này, nhiều nhất là 42 cặp loài cây có quan hệ tương hỗ và cạnh tranh (chiếm 20%). Có thể thấy là quan hệ cạnh tranh chiếm ưu thế hơn quan hệ tương hỗ trong dải khoảng cách từ 0 - 50 m, đặc biệt là ở các khoảng cách lớn hơn 20 m.

Quan hệ không gian độc lập giữa các loài cây được nghiên cứu có thể được giải thích bằng lý thuyết trung lập, theo đó, các loài cây đều có vai trò tương đương nhau trong quá trình sinh trưởng, phát triển và chết (Hubbell, 2005). Ngoài ra, do tính đa dạng loài cao của rừng nhiệt đới và số lượng ít các loài ưu thế đã làm suy yếu tương tác giữa các loài cây với nhau (Luo, 2012). Tuy nhiên, lý thuyết ổ sinh thái cho rằng tồn tại quan hệ cạnh tranh hay tương hỗ do các loài cây khác nhau về hình thái học, sinh lý học và đặc điểm của mỗi giai

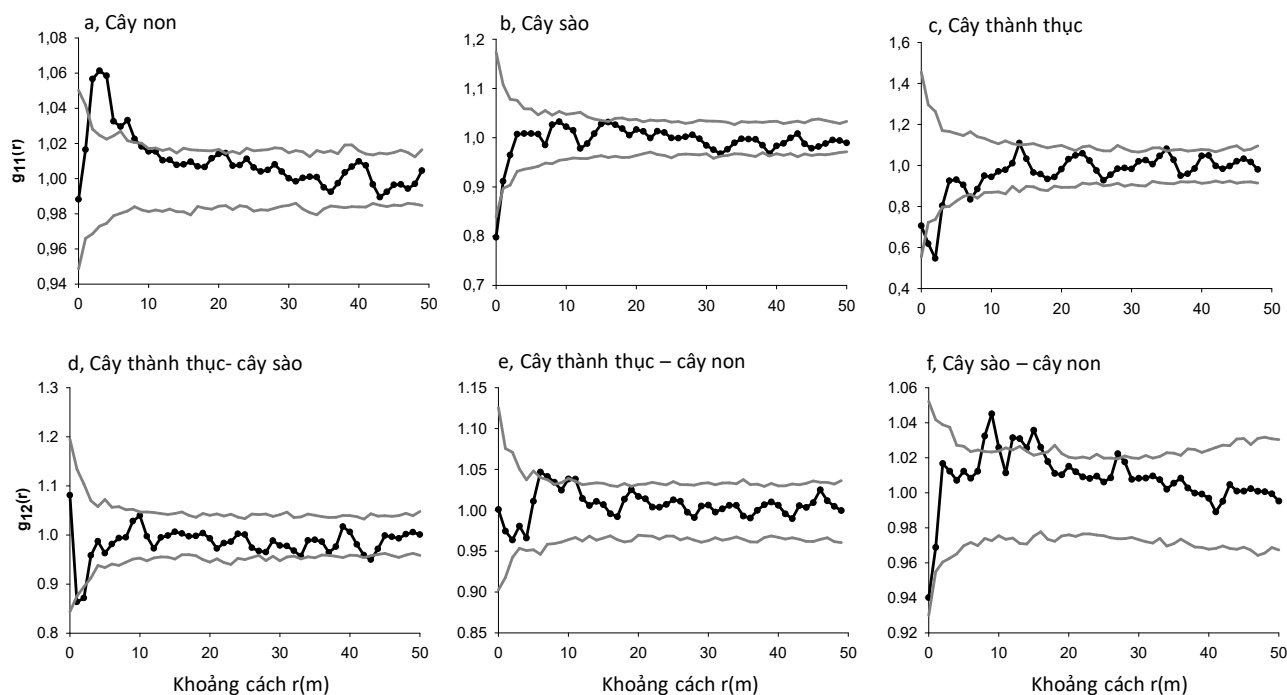
đoạn sống (Peters, 2003, Harms, 2001). Trong nghiên cứu này, cả hai quan hệ cạnh tranh và tương hỗ cùng được tìm thấy với tỷ lệ tương đương nhau. Quan hệ cạnh tranh về không gian dinh dưỡng rất phổ biến trong nghiên cứu sinh thái quần thể (Callaway, 1997). Quan hệ tương hỗ có thể được giải thích là môi trường sống xung quanh được điều chỉnh bởi cây lớn và lỗ trống đã thúc đẩy sự phối hợp trong không gian của các loài cây khác có dạng môi trường sống tương tự nhau (Kubota et al., 2007; Luo et al., 2012).

3.3. Phân bố và quan hệ không gian của cây rừng qua các giai đoạn sống

Khi so sánh phân bố không gian của cây rừng theo các giai đoạn sống, xu hướng dịch chuyển từ phân bố dạng cụm sang dạng đều khi đường kính cây (tương đương với các giai đoạn sống) tăng lên (Hình 3a-c). Cây non có phân bố dạng cụm từ khoảng cách 2 - 8 m, cây sào có phân bố dạng đều từ 0 - 1 m, cây thành thực có phân bố dạng đều từ 2 - 4 m. Kết quả

này là bằng chứng của quá trình cạnh tranh về không gian dinh dưỡng và tự tia thưa giữa các

cá thể cây rừng đã làm cho mật độ cây giảm khi tuổi cây tăng lên.



Hình 3. Phân bố và quan hệ không gian của cây rừng qua các giai đoạn sống được biểu diễn bởi hàm $g_{11}(r)$ và $g_{12}(r)$

(Mô hình thực nghiệm: đường màu đen; khoảng tin cậy 95%: đường màu xám)

Quá trình cạnh tranh còn được thể hiện thông qua quan hệ không gian giữa các giai đoạn sống (Hình 3d-f). Quan hệ cạnh tranh được tìm thấy ở cây thành thực và cây sào trong khoảng cách 2 - 3 m (Hình 3d). Quan hệ tương hỗ được tìm thấy giữa cây non với cây thành thực ở khoảng cách 7 - 12 m (Hình 3e) và cây sào ở khoảng cách 9 - 16 m (Hình 3f). Như vậy, cây non có phân bố với mật độ cao xung quanh cây thành thực và cây sào, trong khi cây sào phân bố với mật độ thấp xung quanh cây thành thực. Đây là minh chứng cho quá trình cạnh tranh của cây rừng qua các giai đoạn sống.

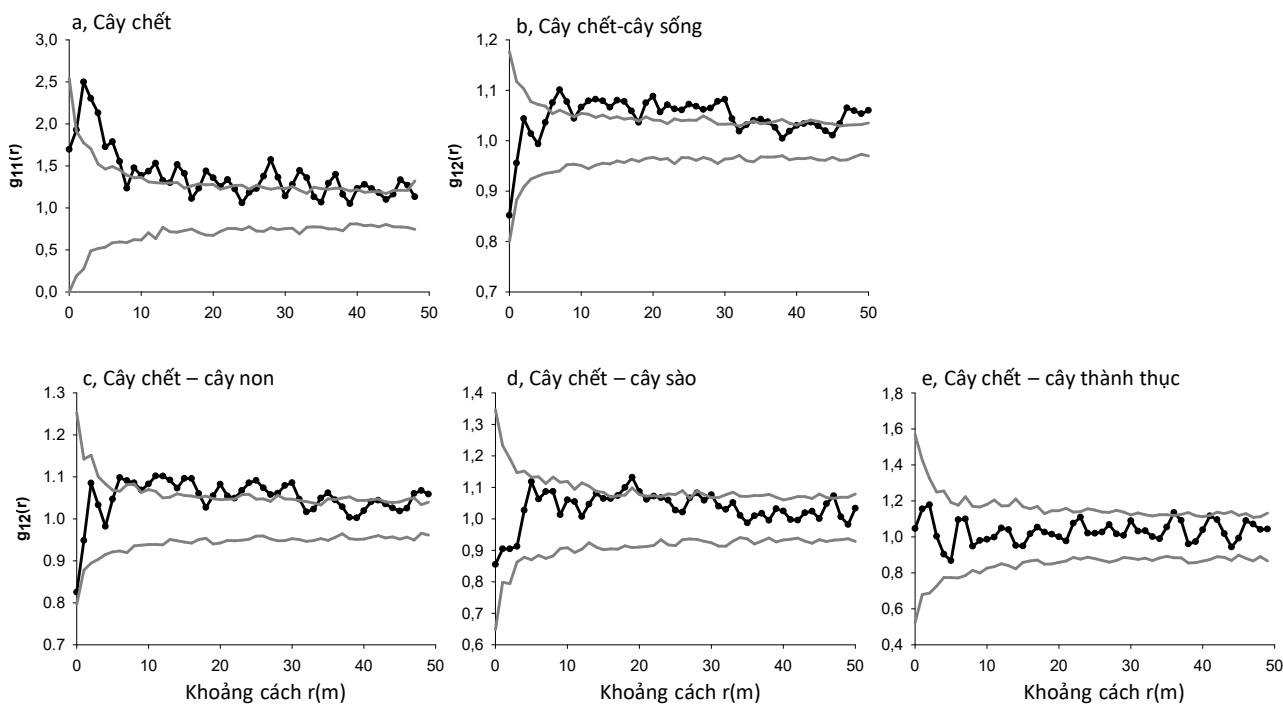
Phân bố của cây rừng qua các giai đoạn sống cho thấy sự dịch chuyển từ phân bố cụm ở cây non sang phân bố đều ở cây sào và cây thành thực. Ngoài ra, nghiên cứu quan hệ không gian giữa các giai đoạn sống cho thấy cây thành thực và cây sào cạnh tranh mạnh với nhau, trong khi cây non phân bố với mật độ cao xung quanh cây thành thực và cây sào, mật độ cây giảm dần khi đường kính cây tăng lên.

Đây là minh chứng điển hình của quá trình tia thưa tự nhiên của cây rừng và được coi là kết quả của quá trình cạnh tranh về không gian dinh dưỡng giữa cây - cây. Kết quả là cây rừng có xu hướng phân bố đều khi đường kính cây tăng lên.

3.4. Phân bố và quan hệ không gian của cây chết với cây sống

Cây chết có phân bố dạng cụm trong dải khoảng cách từ 1 - 50 m (Hình 4a). Phân tích quan hệ cây chết với cây sống cho thấy có quan hệ tương hỗ ở khoảng cách 7 - 30 m (Hình 4b). Điều này cho thấy rằng xung quanh cây chết, cây sống có mật độ cao hơn mật độ trung bình của chúng.

Phân tích quan hệ không gian giữa cây chết với cây sống ở các giai đoạn sống khác nhau được thực hiện (Hình 4c-e). Kết quả cho thấy, xung quanh cây chết có mật độ cao của cây non ở khoảng cách 7 - 30 m (Hình 4c) và cây sào ở khoảng cách 17 - 20 m (Hình 4d), trong khi cây thành thực có mật độ trung bình không thay đổi (Hình 4e).



Hình 4. Phân bố và quan hệ không gian của cây chết với cây sống được biểu diễn bởi hàm $g_{11}(r)$ và $g_{12}(r)$

(Mô hình thực nghiệm: đường màu đen; khoảng tin cậy 95%: đường màu xám)

Như vậy, xung quanh cây chết tập trung nhiều cây non và cây sào hơn cây thành thực. Cây chết có phân bố cụm và quan hệ độc lập với cây thành thực, do đó phù hợp với giả thuyết chết ngẫu nhiên (Kenkel, 1988). Cây chết là kết quả của quá trình cạnh tranh hướng tới phân bố đều ở cây thành thực.

4. KẾT LUẬN

Các phân tích không gian đã cho kết quả chính như sau: (1) Điều kiện môi trường trong ô tiêu chuẩn là đồng nhất. (2) Phân bố ngẫu nhiên là phân bố chính của 23 loài cây có số lượng cá thể lớn hơn 50% so với tổng số cá thể trong OTC và số ít loài có phân bố cụm. Quan hệ không gian độc lập chiếm ưu thế với 80% cặp các loài cây. (3) Có sự dịch chuyển từ phân bố cụm ở cây non sang phân bố đều ở cây sào và cây thành thực. Cây thành thực và cây sào cạnh tranh mạnh với nhau, trong khi có quan hệ tương hỗ giữa cây thành thực và cây sào với cây non. (4) Cây chết có phân bố cụm và quan hệ độc lập với cây thành thực. Xung quanh cây chết, mật độ cây non và cây sào cao hơn mật độ trung bình.

Nghiên cứu này đã cho thấy rằng cơ chế sinh thái trung lập và ổ sinh thái đã điều chỉnh phân bố và quan hệ không gian của các loài

cây được nghiên cứu. Ngoài ra, quan hệ cạnh tranh khác loài dẫn đến tía thưa tự nhiên diễn ra mạnh ở các giai đoạn sống tiền thành thực. Cây chết là kết quả của quá trình cạnh tranh để hướng tới phân bố đều của cây thành thực.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 106-NN.06-2016.22.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Callaway, R. M., & Walker, L. R. (1997). Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology*, 78(7), 1958-1965.

Condit R., et al. (2000). "Spatial patterns in the distribution of tropical tree species." *Science* 288(5470): 1414-1418.

Diggle, P. J. (2003). *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. London, Arnold (Hodder Headline Group).

Illian, J., D. Stoyan, H. Stoyan and A. Penttinen (2008). *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns*. Sussex, Wiley.

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.

Harms, K. E., Condit, R., Hubbell, S. P., & Foster, R. B. (2001). Habitat associations of trees and shrubs in a 50-ha neotropical forest plot. *Journal of Ecology*, 89(6), 947-959.

He F. L., et al. (1997). "Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest." *Journal of*

Vegetation Science 8(1): 105-114.

Lan G., et al. (2012). "Spatial Distribution and Interspecific Associations of Tree Species in a Tropical Seasonal Rain Forest of China." *Plos One* 7(9).

Getzin, S., Wiegand, T., Wiegand, K., & He, F. (2008). Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands. *Journal of Ecology*, 96(4), 807-820.

Nguyễn Hồng Hải, Phạm Văn Điền & Đỗ Anh Tuấn (2015) Mô hình điểm không gian dựa trên đặc trưng về khoảng cách và đường kính của cây rừng, *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*, 269: 124-131

Nguyen H., Uria-Diez J. & Kerstin W. (2016) Spatial distribution and association patterns in a tropical evergreen broad-leaved forest of north-central Vietnam, *Journal of Vegetation Science*, 27: 318-327

Nguyen, Hong Hai; Erfanifard, Y.; Pham, V.D.; Le, X.T.; Bui, T.D.; Petritan, I.C.(2018). Spatial Association and Diversity of Dominant Tree Species in Tropical Rainforest, Vietnam. *Forests*, 9, 615.

Hubbell, S. P. (2005). Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional ecology*, 19(1), 166-172.

Kenkel, N. C. (1988). Pattern of self-thinning in jack pine: testing the random mortality hypothesis. *Ecology*, 69(4), 1017-1024.

Kubota, Y., Kubo, H., & Shimatani, K. (2007). Spatial pattern dynamics over 10 years in a conifer/broadleaved forest, northern Japan. *Plant*

ecology, 190(1), 143-157.

Luo, Z., Mi, X., Chen, X., Ye, Z., & Ding, B. (2012). Density dependence is not very prevalent in a heterogeneous subtropical forest. *Oikos*, 121(8), 1239-1250.

Peters, H. A. (2003). "Neighbour-regulated mortality: the influence of positive and negative density dependence on tree populations in species-rich tropical forests." *Ecology Letters* 6(8): 757-765.

Ripley, B. D. 1976. The Second-Order Analysis of Stationary Point Processes *Journal of Applied Probability* 13(2): 255-266

Stoyan, D., & Stoyan, H. (1994). *Fractals, random shapes, and point fields: methods of geometrical statistics* (Vol. 302). John Wiley & Sons Inc.

Wiegand, T. & Moloney, K. A. (2004). Rings, circles, and null-models for point pattern analysis in ecology. *Oikos* 104(2): 209-229.

Wiegand, T., Gunatilleke, S., & Gunatilleke, N. (2007). Species associations in a heterogeneous Sri Lankan dipterocarp forest. *The American Naturalist*, 170(4), E77-E95.

Wiegand, T., Martínez, I., & Huth, A. (2009). Recruitment in tropical tree species: revealing complex spatial patterns. *The American Naturalist*, 174(4), E106-E140.

Wright, S. J. (2002). Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* 130(1): 1-14.

SPATIAL STRUCTURE OF A NATURAL EVERGREEN BROADLEAF FOREST IN KON HA NUNG, GIA LAI PROVINCE

Nguyen Hong Hai¹, Le Thanh Tra², Le Tuan Anh¹

¹Vietnam National University of Forestry

²College of Trade Economic and Technique

SUMMARY

Ecological mechanism regulating spatial structure of forest trees is one of major issues in studying ecology. Spatial pattern analysis is expected to refer main underlying mechanisms. On natural evergreen broadleaf forest in Kon Ha Nung, one 2-ha study plot was designed. All woody trees with diameter at breast height (dbh) ≥ 2.5 cm were mapped, recorded dbh and identified species and live/dead status. All tree individuals were classified in to life stages small (dbh < 10 cm), juvenile (10 cm \leq dbh \leq 30 cm), adult (dbh > 30 cm). Methods of spatial point pattern analysis were used to study spatial structure of trees by using uni- and bi-variate pair correlation functions. The results showed that: (1) Environmental condition was homogeneous entire study plot. (2) Random distribution was major in 23 most abundant species and aggregation was found in few species. Independent correlation dominated with 80% of species pairs. (3) Aggregation shifted from small trees to regularity in juvenile and adult trees. Negative interaction was found between Adults and juveniles, while positive association was found between small trees and larger trees. (4) Dead trees aggregated and were independent with adults. Surrounding dead trees, densities of small trees and juveniles were higher than expected by chance. Our findings showed that neutral theory and niche theory could regulating spatial distribution and association of studied forest trees. Interspecific competition leads to a strong self-thinning on small and juvenile life stages. Dead trees were consequent of competition process referring to regular distribution of adults.

Keywords: Negative interaction, pair correlation function, spatial pattern, tropical broadleaved forest.

Ngày nhận bài : 31/5/2019

Ngày phản biện : 16/7/2019

Ngày quyết định đăng : 25/7/2019