

## NGHIÊN CỨU MỘT SỐ BIỆN PHÁP KỸ THUẬT LÂM SINH PHỤC HỒI RỪNG PHÒNG HỘ ĐẦU NGUỒN TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

Trần Anh Hải<sup>1</sup>, Triệu Thái Hưng<sup>2</sup>, Trương Trọng Khôi<sup>1</sup>, Trần Thị Ý<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Viện Nghiên cứu Lâm sinh*

<sup>2</sup>*Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam*

<sup>3</sup>*Hạt Kiểm lâm liên xã khu vực 3, Chi cục Kiểm lâm Thành phố Đà Nẵng*

### TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá bước đầu hiệu quả của một số biện pháp kỹ thuật phục hồi rừng phòng hộ đầu nguồn (RPHĐN) tại Thành phố Đà Nẵng thông qua sinh trưởng cây trồng và biến đổi cấu trúc thảm thực vật sau 4 năm gồm, trồng rừng bằng cây gỗ bản địa (TRG), khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên có trồng bổ sung (TBS), làm giàu rừng (LGR) và trồng lâm sản ngoài gỗ (LSNG) dưới tán rừng. Tỷ lệ sống của các loài cây trồng đạt 65,9 - 93,4%, phần lớn cây còn sống có chất lượng từ trung bình đến tốt; Giới ăn hạt có sinh trưởng đường kính và chiều cao cao nhất hoặc thuộc nhóm cao nhất trong các thí nghiệm TRG, TBS và LGR, trong khi một số loài LSNG duy trì tỷ lệ sống và chất lượng cây tương đối cao dưới tán. TRG đã hình thành tầng cây gỗ hỗn loài trên đất chưa có rừng với mật độ cây còn sống 545 - 574 cây/ha và độ tàn che 0,51 - 0,56. TBS và LGR làm tăng thành phần và mật độ tầng cây cao, tiết diện ngang (G), trữ lượng (M), độ tàn che và nguồn tái sinh; G và M tăng khoảng 26 - 33%, mật độ tái sinh tăng 35 - 49% và độ tàn che tăng 0,09 - 0,12. Ở các thí nghiệm LSNG, độ tàn che tăng 0,06 - 0,07 và độ che phủ cây bụi - thảm tươi tăng 11,0 - 15,5%, phản ánh sự phát triển chủ yếu của thảm thực vật dưới tán. Kết quả bước đầu cho thấy hướng phục hồi phụ thuộc vào trạng thái rừng ban đầu, là cơ sở bước đầu để lựa chọn loài và biện pháp kỹ thuật phù hợp cho phục hồi RPHĐN.

**Từ khóa:** Cây bản địa, kỹ thuật lâm sinh, phục hồi rừng, rừng phòng hộ đầu nguồn, tái sinh tự nhiên, Thành phố Đà Nẵng.

### SILVICULTURAL TECHNIQUES FOR RESTORING HEADWATER PROTECTION FORESTS IN DA NANG CITY, VIETNAM

Tran Anh Hai<sup>1</sup>, Trieu Thai Hung<sup>2</sup>, Truong Trong Khoi<sup>1</sup>, Tran Thi Y<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Silviculture Research Institute*

<sup>2</sup>*Vietnamese Academy of Forest Sciences*

<sup>3</sup>*Inter-communal Forest Protection Station - Region 3, Da Nang City Forest Protection Department*

### ABSTRACT

This study evaluated the effectiveness of selected silvicultural techniques for restoring watershed protection forests in Da Nang City, Vietnam, based on planted-tree growth and changes in vegetation structure over a four-year period. Four groups of treatments were examined: reforestation with native tree species (TRG), assisted natural regeneration with supplementary planting (TBS), forest enrichment planting (LGR), and under-canopy planting of non-timber forest product species (NTFPs). Survival rates of planted species ranged from 65.9% to 93.4%, with most surviving individuals classified as being of medium to good quality. Among the native tree species, *Michelia tonkinensis* had the highest or among the highest diameter and height growth across the TRG, TBS, and LGR experiments, while several NTFP species maintained relatively high survival rates and plant quality under the forest canopy. On non-forested land, TRG established a mixed-species tree layer, with 545 - 574 surviving trees ha<sup>-1</sup> and canopy closure of 0.51 - 0.56 after four years. In existing forest stands, TBS and LGR increased tree-layer species composition and density, basal area, stand volume, canopy closure, and natural regeneration; basal area and stand volume increased by approximately 26 - 33%, regeneration density by 35 - 49%, and canopy closure by 0.09 - 0.12. Under NTFP treatments, canopy closure increased by 0.06 - 0.07, whereas shrub and herbaceous cover increased by 11.0 - 15.5 percentage points, indicating that structural changes occurred primarily in the understory vegetation. The results demonstrate that the effectiveness and pattern of forest structural recovery depend on initial stand conditions and provide a basis for selecting appropriate species and silvicultural techniques for the restoration of watershed protection forests.

**Keywords:** Native tree species, silvicultural techniques, forest restoration, headwater protection forest, natural regeneration, Da Nang City.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng phòng hộ đầu nguồn (RPHĐN) có vai trò quan trọng trong bảo vệ đất, điều tiết nguồn nước, hạn chế xói mòn, bồi lắng và giảm thiểu tác động của thiên tai, đồng thời góp phần bảo tồn đa dạng sinh học và duy trì tính ổn định của hệ sinh thái. Khả năng thực hiện các chức năng này phụ thuộc không chỉ vào diện tích rừng mà còn vào cấu trúc thảm thực vật, độ che phủ, độ tàn che và trạng thái các tầng cây trong lâm phần (Bruijnzeel, 2004; Calder, 2007; Creed và Van Noordwijk, 2018). Vì vậy, phục hồi RPHĐN cần hướng tới khôi phục thành phần loài, cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái, thay vì chỉ gia tăng diện tích có rừng (Chazdon, 2008; Gann *et al.*, 2019).

Hiệu quả phục hồi rừng phụ thuộc vào mức độ suy thoái, tiềm năng tái sinh, điều kiện lập địa và mức độ tác động kỹ thuật; do đó, không có một biện pháp phục hồi phù hợp cho mọi trạng thái rừng (Lamb, Gilmour, 2003; Holl, Aide, 2011; Chazdon, Guariguata, 2016). Các nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam cho thấy mức độ can thiệp cần được lựa chọn theo hiện trạng và khả năng tự phục hồi của hệ sinh thái (Shono *et al.*, 2007; Trần Văn Con, 2006). Theo đó, trồng rừng phù hợp với đất chưa có rừng hoặc nơi nguồn tái sinh hạn chế; khoanh nuôi xúc tiến tái sinh kết hợp trồng bổ sung ở nơi còn tiềm năng phục hồi nhưng thiếu cây mục đích; làm giàu rừng đối với rừng nghèo, rừng phục hồi có tổ thành và cấu trúc chưa đáp ứng mục tiêu; và phát triển LSNG dưới tán ở những lâm phần có điều kiện sinh thái phù hợp.

Theo công bố hiện trạng rừng năm 2025 (Quyết định số 1106/QĐ-BNNMT ngày 31/3/2026 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường), cả nước có khoảng 4,69 triệu ha rừng phòng hộ, trong đó trên 4,05 triệu ha là rừng tự nhiên. Tại Thành phố Đà Nẵng, diện tích RPHĐN là 273.469,8 ha, tương đương khoảng 5,8% tổng diện tích rừng

phòng hộ cả nước, phân bố chủ yếu trên các lưu vực Vu Gia - Thu Bồn, Tam Kỳ và khu vực đầu nguồn các hồ chứa, công trình thủy điện, thủy lợi. Mặc dù diện tích và độ che phủ rừng cơ bản được duy trì, chất lượng của một bộ phận RPHĐN còn hạn chế, với các trạng thái rừng nghèo, rừng phục hồi, rừng tre nứa và đất chưa có rừng; thành phần loài, mật độ cây mục đích, cấu trúc tầng tán và khả năng tái sinh còn khác nhau giữa các trạng thái. Trong điều kiện địa hình dốc, lượng mưa lớn và tác động của biến đổi khí hậu, phục hồi RPHĐN cần hướng tới nâng cao chất lượng rừng và hoàn thiện cấu trúc thảm thực vật, thông qua tạo lập hoặc bổ sung tầng cây gỗ, thúc đẩy tái sinh tự nhiên và duy trì độ che phủ phù hợp, qua đó góp phần tăng tính ổn định của lâm phần và phát huy chức năng bảo vệ đất, điều tiết nguồn nước, hạn chế xói mòn.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về trồng cây bản địa, khoanh nuôi xúc tiến tái sinh và làm giàu rừng, các đánh giá thường tập trung vào tỷ lệ sống, sinh trưởng cây trồng hoặc từng biện pháp riêng lẻ. Đối với RPHĐN, kết quả phục hồi cần được xem xét đồng thời ở cấp cây trồng (tỷ lệ sống, sinh trưởng, chất lượng) và cấp lâm phần (thành phần và mật độ tầng cây cao, tái sinh, độ tàn che, mức độ che phủ và cấu trúc thảm thực vật). Cách tiếp cận này phản ánh đầy đủ hơn xu hướng phục hồi về cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái (Chazdon, 2008; Gann *et al.*, 2019).

Nghiên cứu này nhằm làm rõ khả năng phục hồi RPHĐN dưới tác động của các biện pháp kỹ thuật lâm sinh khác nhau thông qua phản ứng của cây trồng và sự biến đổi cấu trúc thảm thực vật; từ đó xác định mức độ đáp ứng của các trạng thái rừng và cung cấp cơ sở khoa học cho lựa chọn biện pháp phục hồi phù hợp nhằm cải thiện cấu trúc thảm thực vật liên quan đến chức năng phòng hộ của RPHĐN tại Thành phố Đà Nẵng.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Địa điểm, đối tượng và thời gian nghiên cứu

- Địa điểm nghiên cứu: Thí nghiệm được triển khai tại khoảnh 6, tiểu khu 688, xã Phước Thành, Thành phố Đà Nẵng. Khí hậu mang đặc trưng nhiệt đới gió mùa, lượng mưa trung bình năm 1.500 - 2.000 mm (tập trung tháng 9 - 12). Đất feralit đỏ vàng phát triển trên đá mẹ granit, độ dốc 20 - 25°, tầng đất từ trung bình đến dày (> 70 cm) (Ban Quản lý Rừng phòng hộ Phước Sơn, 2021).

- Đối tượng nghiên cứu: Các mô hình thí nghiệm được xây dựng trên bốn đối tượng phục hồi RPHĐN gồm: (i) Đất trống chưa có rừng (DT2) để trồng rừng mới (TRG); (ii) Rừng tre nửa nghèo và rừng tự nhiên sau khai thác kiệt để khoanh nuôi xúc tiến tái sinh kết hợp trồng bổ sung (TBS); (iii) Rừng tre nửa và rừng gỗ nghèo để làm giàu rừng (LGR); và (iv) Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nghèo, rừng hỗn giao gỗ - tre nửa nghèo để trồng cây lâm sản ngoài gỗ dưới tán rừng (LSNG).

- Thời gian nghiên cứu: từ tháng 11/2021 - 05/2026.

### 2.2. Thiết kế thí nghiệm

Các thí nghiệm được bố trí độc lập theo từng trạng thái rừng và biện pháp kỹ thuật. Mỗi công thức được bố trí 3 lần lặp lại. Để đảm bảo tính độc lập giữa các lần lặp, các ô lặp lại trong cùng một thí nghiệm được bố trí cách nhau 20 m có điều kiện lập địa tương đồng. Mỗi ô thí nghiệm đóng vai trò là một đơn vị thí nghiệm độc lập về mặt không gian và kỹ thuật lâm sinh.

Các biện pháp kỹ thuật được áp dụng thống nhất cho các mô hình thí nghiệm, gồm: xử lý thực bì (toàn diện hoặc cục bộ tùy đối tượng rừng nhưng giữ lại cây tái sinh mục đích); đào hố kích thước 30 × 30 × 30 cm; bón lót 100 g phân NPK (16:16:8)/hố; trồng cây vào đầu mùa mưa; chăm sóc 02 lần/năm trong 03 năm đầu (phát dọn thực bì, dây leo và làm cỏ quanh gốc đường kính 1 m); bón thúc 100 g phân NPK (16:16:8)/cây vào lần chăm sóc thứ hai của năm thứ hai.

**Bảng 1.** Thành phần loài và tiêu chuẩn cây con sử dụng trong các thí nghiệm

| TT  | Loài cây                   |                                                             | Tiêu chuẩn cây con |           |                      | Thí nghiệm |     |     |      |
|-----|----------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|----------------------|------------|-----|-----|------|
|     | Tên Việt Nam               | Tên khoa học                                                | Tuổi (tháng)       | Đo (cm)   | H <sub>vn</sub> (cm) | TRG        | TBS | LGR | LSNG |
| I   | Cây gỗ lớn                 |                                                             |                    |           |                      |            |     |     |      |
| 1.1 | Cây sinh trưởng nhanh      |                                                             |                    |           |                      |            |     |     |      |
| -   | Gáo tròn                   | <i>Neolamarckia cadamba</i> (Roxb.) Bosser                  | 6                  | 0,4 - 0,5 | 35 - 50              | x          |     |     |      |
| -   | Xoan nhừ                   | <i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) B.L.Burt & A.W.Hill | 12                 | 0,5 - 0,6 | 45 - 60              | x          |     |     |      |
| 1.2 | Cây sinh trưởng trung bình |                                                             |                    |           |                      |            |     |     |      |
| -   | Giổi ăn hạt                | <i>Michelia tonkinensis</i> A.Chev.                         | 12                 | ≥ 0,5     | 40 - 50              | x          | x   | x   |      |
| -   | Huỳnh                      | <i>Tarrietia javanica</i> Blume                             | 12                 | ≥ 0,5     | 40 - 50              | x          | x   | x   |      |
| -   | Sao đen                    | <i>Hopea odorata</i> Roxb.                                  | 12                 | 0,5 - 0,6 | 45 - 55              | x          |     |     |      |
| -   | Ươi                        | <i>Scaphium macropodum</i> (Miq.) Beumée ex K.Heyne         | 12                 | 0,5 - 0,6 | 40 - 50              |            |     |     | x    |

| TT  | Loài cây              |                                               | Tiêu chuẩn cây con |            |                      | Thí nghiệm |     |     |      |
|-----|-----------------------|-----------------------------------------------|--------------------|------------|----------------------|------------|-----|-----|------|
|     | Tên Việt Nam          | Tên khoa học                                  | Tuổi (tháng)       | Đo (cm)    | H <sub>vn</sub> (cm) | TRG        | TBS | LGR | LSNG |
| 1.3 | Cây sinh trưởng chậm  |                                               |                    |            |                      |            |     |     |      |
| -   | Lim xanh              | <i>Erythrophleum fordii</i> Oliv.             | 12                 | 0,5 - 0,6  | 40 - 50              | x          | x   | x   |      |
| -   | Giáng hương           | <i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz           | 12                 | 0,5 - 0,6  | 40 - 50              |            | x   | x   |      |
| II  | Cây gỗ nhỏ/cây bụi    |                                               |                    |            |                      |            |     |     |      |
| -   | Bứa                   | <i>Garcinia oblongifolia</i> Champ. ex Benth. | 12                 | 0,4 - 0,5  | 35 - 45              |            |     |     | x    |
| -   | Rau sắng              | <i>Melientha suavis</i> Pierre                | 12                 | 0,35 - 0,4 | 25 - 35              |            |     |     | x    |
| -   | Khôi tia              | <i>Ardisia silvestris</i> Pit.                | 6                  |            | 15 - 20              |            |     |     | x    |
| III | Cây thân thảo/dây leo |                                               |                    |            |                      |            |     |     |      |
| -   | Thiên niên kiện       | <i>Homalomena occulta</i> (Lour.) Schott      | 5                  |            | 15 - 20              |            |     |     | x    |
| -   | Mây nếp               | <i>Calamus tetradactylus</i> Hance            | 12                 |            | 25 - 35              |            |     |     | x    |

### 2.2.1. Thí nghiệm trồng rừng mới bằng các loài cây gỗ bản địa (TRG)

Đối tượng trồng rừng mới bằng các loài cây gỗ bản địa là diện tích đất trống có thực bì là cỏ tranh, lau lách và một số cây bụi, cây gỗ rải rác, cây tái sinh mục đích. Mỗi thí nghiệm được bố trí 3 lần lặp tại các vị trí có điều kiện lập địa tương đối tương đồng, cụ thể: 2 thí nghiệm  $\times$  3 lần lặp  $\times$  0,3 ha/thí nghiệm = 1,8 ha. Cụ thể các thí nghiệm như sau:

- **TRG1:** Trồng tổ hợp 5 loài cây bản địa theo hàng, theo loài, theo nhóm loài và có loài cây phủ trợ (tỷ lệ 1 cây phủ trợ: 2 cây bản địa). Mật độ trồng là 666 cây/ha, cự ly 3  $\times$  5 m (444 cây bản địa và 222 cây phủ trợ).

- **TRG2:** Trồng tổ hợp 5 loài cây bản địa theo hàng, theo loài, theo nhóm loài và không có loài cây phủ trợ (tỷ lệ nhóm loài 1 sinh trưởng nhanh 1: 1 nhóm loài sinh trưởng trung bình: 1 nhóm loài sinh trưởng chậm). Mật độ trồng là 666 cây/ha, cự ly 3  $\times$  5 m.

### 2.2.2. Thí nghiệm khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên có trồng bổ sung (TBS)

Biện pháp khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên có trồng bổ sung được bố trí thành 02

thí nghiệm độc lập, tương ứng với hai trạng thái rừng và phương thức trồng bổ sung khác nhau. Mỗi thí nghiệm được bố trí 03 lần lặp, diện tích mỗi ô thí nghiệm 0,40 ha, tại các vị trí có trạng thái rừng và điều kiện lập địa tương đối tương đồng; tổng diện tích thí nghiệm là 2,40 ha. Cụ thể:

- **TBS-TN (Khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên có trồng bổ sung trên rừng tre nứa):** Đối tượng là rừng tre nứa sau khai thác, còn khả năng phục hồi tự nhiên nhưng cây tái sinh mục đích có mật độ thấp, phân bố không đều và có các khoảng trống đáp ứng điều kiện trồng bổ sung. Tại các khoảng trống có diện tích từ 1.000 m<sup>2</sup> đến dưới 3.000 m<sup>2</sup>, thực bì cạnh tranh được xử lý; 05 loài cây gỗ bản địa được trồng bổ sung theo hàng dọc đường đồng mức và bố trí theo từng loài, cự ly 3  $\times$  5 m, tương đương mật độ 666 cây/ha trên diện tích trồng bổ sung.

- **TBS-G (Khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên có trồng bổ sung trên rừng gỗ nghèo):** Đối tượng là rừng gỗ tự nhiên nghèo/phục hồi, còn cây gỗ và nguồn tái sinh tự nhiên nhưng mật độ, thành phần và phân bố cây mục đích chưa đáp ứng yêu cầu phục hồi, xen các khoảng trống đáp ứng điều kiện trồng bổ sung. Tại các khoảng trống có diện tích từ 1.000 m<sup>2</sup> đến dưới 3.000

m<sup>2</sup>, thực bì được xử lý cục bộ; 05 loài cây gỗ bản địa được trồng bổ sung theo cụm hỗn loài, khoảng cách giữa các cụm  $7 \times 7$  m, mỗi cụm gồm 05 cây, khoảng cách giữa các cây trong cụm 1 m, tương đương mật độ 800 cây/ha trên diện tích trồng bổ sung.

- Mỗi biện pháp khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên có trồng bổ sung bố trí 03 ô đối chứng có diện tích tương ứng (0,40 ha/ô), ở khu vực lân cận, có điều kiện lập địa, trạng thái rừng và tương đồng với ô thí nghiệm. Không tác động và chỉ quản lý bảo vệ rừng.

### **2.2.3. Làm giàu rừng bằng các loài cây gỗ bản địa**

Biện pháp làm giàu rừng được bố trí thành 02 thí nghiệm độc lập, tương ứng với hai trạng thái rừng và điều kiện tác động khác nhau. Mỗi thí nghiệm được bố trí 03 lần lặp, diện tích mỗi ô thí nghiệm 0,40 ha, tại các vị trí có trạng thái rừng và điều kiện lập địa tương đối tương đồng; tổng diện tích thí nghiệm là 2,40 ha. Cụ thể:

- *LGR-TN (Làm giàu rừng tre nửa)*: Đối tượng là rừng tre nửa đã hình thành tầng tán, tre nửa phân bố tương đối liên tục nhưng xen các khoảng trống hoặc vị trí có mật độ tre thấp, còn điều kiện để bổ sung cây gỗ bản địa nhằm cải thiện thành phần loài và cấu trúc tầng cây gỗ. Tại các vị trí phù hợp, tre nửa, dây leo và cây bụi cạnh tranh được xử lý cục bộ để tạo không gian trồng. Năm loài cây gỗ bản địa được trồng theo đám hỗn loài, mỗi đám gồm 05 cây thuộc 05 loài khác nhau, cự ly cây trong đám  $2 \times 3$  m; số lượng và phân bố các đám được điều chỉnh theo cấu trúc tre nửa và khoảng trống thực tế, mật độ 500 cây/ha trên diện tích làm giàu.

- *LGR-G (Làm giàu rừng gỗ nghèo)*: Đối tượng là rừng gỗ tự nhiên nghèo/phục hồi, đã hình thành tầng cây gỗ nhưng mật độ, thành phần loài và phân bố cây mục đích còn hạn chế, cấu trúc lâm phần chưa đáp ứng yêu cầu phục hồi. Cây được trồng làm giàu tại các khoảng trống hoặc vị trí thiếu cây mục đích theo cụm hỗn loài; các cụm bố trí cách nhau khoảng  $10 \times 10$

m, mỗi cụm gồm 05 cây thuộc 05 loài khác nhau, khoảng cách giữa các cây trong cụm khoảng 1 m, mật độ 500 cây/ha trên diện tích làm giàu.

- Mỗi biện pháp làm giàu rừng bố trí 03 ô đối chứng có diện tích tương ứng (0,40 ha/ô), ở khu vực lân cận, có điều kiện lập địa, trạng thái rừng và tương đồng với ô thí nghiệm. Không tác động và chỉ quản lý bảo vệ rừng.

### **2.2.4. Trồng lâm sản ngoài gỗ (LSNG) dưới tán rừng**

Biện pháp trồng cây lâm sản ngoài gỗ (LSNG) dưới tán rừng được bố trí thành 04 thí nghiệm độc lập, tương ứng với trạng thái rừng, nhóm loài và mục đích sử dụng khác nhau; trong đó LSNG1 và LSNG2 được bố trí dưới tán rừng tre nửa, LSNG3 và LSNG4 dưới tán rừng gỗ tự nhiên nghèo/phục hồi. Mỗi thí nghiệm được bố trí 03 lần lặp, diện tích mỗi ô thí nghiệm 0,12 ha, tại các vị trí có trạng thái rừng và điều kiện lập địa tương đối tương đồng; tổng diện tích thí nghiệm là 1,44 ha. Cụ thể:

- LSNG1: Đối tượng là rừng tre nửa đã hình thành tầng tán, được khoanh nuôi và quản lý theo hướng duy trì khai thác măng và thân tre nửa, đồng thời còn không gian dưới tán thích hợp để bổ sung nhóm cây LSNG làm thực phẩm. Tổ hợp trồng gồm 02 loài cây gỗ và 03 loài cây gỗ nhỏ/cây bụi, với mật độ 200 cây gỗ/ha và 900 cây gỗ nhỏ, cây bụi/ha.

- LSNG2: Đối tượng là rừng tre nửa được khoanh nuôi, còn các khoảng không gian dưới tán có điều kiện ánh sáng thích hợp cho bổ sung nhóm các loài LSNG làm nguyên liệu, có dạng sống khác nhau. Tổ hợp gồm 02 loài cây gỗ, 01 loài cây gỗ nhỏ/cây bụi và 02 loài thân thảo/dây leo, với mật độ 100 cây gỗ/ha, 300 cây gỗ nhỏ/cây bụi/ha và 1.000 cây thân thảo, dây leo/ha.

- LSNG3: Đối tượng là rừng gỗ tự nhiên nghèo/phục hồi đã hình thành tầng tán nhưng cấu trúc dưới tán còn tương đối thưa và có các vị trí

thích hợp cho phát triển nhóm cây LSNG làm được liệu. Tổ hợp gồm 01 loài cây gỗ, 02 loài cây gỗ nhỏ/cây bụi và 02 loài thân thảo/dây leo, với mật độ 100 cây gỗ/ha, 300 cây gỗ nhỏ/cây bụi/ha và 1.000 cây thân thảo, dây leo/ha.

- LSNG4: Đối tượng là rừng gỗ tự nhiên nghèo/phục hồi đã hình thành tầng tán, có điều kiện dưới tán phù hợp để bổ sung nhóm các loài LSNG làm thực phẩm. Tổ hợp gồm 02 loài cây gỗ và 03 loài cây gỗ nhỏ/cây bụi, với mật độ 200 cây gỗ/ha và 900 cây gỗ nhỏ/cây bụi/ha.

- Bố trí 03 ô đối chứng diện tích 0,12 ha/ô dưới tán các trạng thái rừng tương đồng các ô thí nghiệm, ở khu vực lân cận, có điều kiện lập địa, trạng thái rừng và tương đồng với ô thí nghiệm. Không tác động và chỉ quản lý bảo vệ rừng.

- Cây gỗ được trồng tại các vị trí có khoảng mở tán thích hợp, cự ly  $5 \times 4$  m; cây gỗ nhỏ và cây bụi được bố trí theo cụm, mỗi cụm khoảng 03 cây; cây thân thảo và dây leo được bố trí theo cụm khoảng 05 cây. Vị trí các cụm được lựa chọn phù hợp với điều kiện ánh sáng và cấu trúc thảm thực vật hiện có, đồng thời hạn chế cạnh tranh trực tiếp với cây gỗ và cây tái sinh mục đích.

### 2.3. Thu thập số liệu

- Cây trồng trong từng lần lặp được xác định theo loài và vị trí để theo dõi định kỳ. Tại thời điểm 4 năm sau khi bố trí thí nghiệm, tiến hành điều tra tỷ lệ sống, sinh trưởng và chất lượng cây theo từng dạng sống. Đối với cây gỗ, điều tra toàn diện trên OTC diện tích 1.000 m<sup>2</sup> ( $20 \times 50$  m) đặt tại trung tâm mỗi ô thí nghiệm, các chỉ tiêu gồm tỷ lệ sống (TLS, %), đường kính ngang ngực ( $D_{1,3}$ , cm), chiều cao vút ngọn ( $H_{vn}$ , m), đường kính tán ( $D_t$ , m) và chất lượng cây; đối với cây gỗ nhỏ/cây bụi, gồm TLS, đường kính gốc tại vị trí cách mặt đất 5 cm ( $D_{00}$ , cm), chiều cao ( $H$ , m),  $D_t$  và chất lượng cây; đối với cây thân thảo/dây leo, gồm TLS,  $D_{00}$  và chiều cao hoặc chiều dài thân/chồi ( $H/L$ , m) phù hợp với đặc điểm dạng sống.

- Tỷ lệ sống được xác định theo công thức:

$$TLS(\%) = \frac{N_s}{N_0} \times 100$$

Trong đó:  $N_s$  là số cây còn sống tại thời điểm điều tra;  $N_0$  là số cây ban đầu của loài trong đơn vị theo dõi.

- Tầng cây tái sinh điều tra trong 05 ô dạng bản kích thước  $2 \times 2$  m ( $4 \text{ m}^2$ ) bố trí tại 4 góc và tâm của OTC 1.000 m<sup>2</sup> (tổng diện tích điều tra tái sinh 20 m<sup>2</sup>/ô lặp), xác định tên loài, chiều cao; Cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng được điều tra trong 05 ô dạng bản kích thước  $1 \times 1$  m ( $1 \text{ m}^2$ ) tại tâm các ô tái sinh.

- Các chỉ tiêu cấu trúc thảm thực vật và liên quan đến chức năng phòng hộ được điều tra, xác định theo TCVN 13532:2022, gồm: thành phần và số loài cây gỗ; mật độ tầng cây cao ( $N$ , cây/ha); đường kính ngang ngực ( $D_{1,3}$ , cm); chiều cao vút ngọn ( $H_{vn}$ , m); tiết diện ngang ( $G$ , m<sup>2</sup>/ha); trữ lượng ( $M$ , m<sup>3</sup>/ha); cấu trúc tầng thứ và độ tàn che; loài tái sinh; mật độ tái sinh ( $N_{ts}$ , cây/ha); độ che phủ cây bụi - thảm tươi (SLC, %); chỉ số diện tích tán ( $Cai$ , %); độ che phủ vật rơi rụng ( $FO_{UFC}$ , %) và chỉ số cấu trúc tổng hợp của thảm thực vật rừng ( $Z$ , %). Chỉ số  $Z$  được xác định từ các thành phần  $Cai$ ,  $SLC$  và  $FO_{UFC}$  theo TCVN 13532:2022 (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2022). Các chỉ tiêu trên được sử dụng đồng thời để đánh giá sự biến đổi cấu trúc thảm thực vật và xu hướng phục hồi các đặc tính có liên quan đến chức năng phòng hộ đầu nguồn, phản ánh mức độ che chắn của các tầng tán thảm thực vật theo chiều thẳng đứng, tính theo công thức:

$$Z(\%) = Cai(\%) + SLC(\%) + FO_{UFC}(\%)$$

(ngưỡng chuẩn tối thiểu đối với cấu trúc thảm thực vật rừng phòng hộ đầu nguồn là  $Z \geq 164\%$ )

### 2.4. Xử lý và phân tích số liệu

- Cấu trúc phân tích dữ liệu như sau: đơn vị thí nghiệm là OTC lặp lại ( $n = 3$  OTC/nghiệm thức); đơn vị đo lường là các cây cá thể sống

trong ô. Cỡ mẫu phân tích cấp ô là  $n = 3$ , với tổng số cây đo đạc thực tế dao động từ 36 đến 60 cây/loài/mô hình tùy theo mật độ và tỷ lệ sống. Đối với các chỉ tiêu sinh trưởng liên tục, xác định giá trị trung bình, độ lệch chuẩn (SD), sai số chuẩn (SE). Sai số chuẩn được tính theo công thức:

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

Trong đó:  $n$  là số đơn vị quan sát độc lập ở cấp phân tích tương ứng. Kết quả sinh trưởng được trình bày dưới dạng trung bình  $\pm$  SE.

- Do các thí nghiệm khác nhau về đối tượng, trạng thái rừng và cấu trúc bố trí, số liệu được phân tích riêng cho từng thí nghiệm; không thực hiện kiểm định trực tiếp giữa các thí nghiệm. Đối với TRG và TBS, ảnh hưởng của loài đến các chỉ tiêu sinh trưởng được phân tích bằng mô hình hỗn hợp với hiệu ứng cố định của loài và hiệu ứng ngẫu nhiên của lần lặp. Đối với LGR, do cây trồng được bố trí thành các cụm trong mỗi lần lặp, mô hình có hiệu ứng cố định của loài và hiệu ứng ngẫu nhiên của lần lặp và cụm trong mỗi lần lặp; LGR-TN và LGR-G được phân tích riêng.

- Đối với LSNG, phân tích được thực hiện riêng trong từng thí nghiệm và từng nhóm dạng sống. Nhóm cây gỗ được so sánh theo  $D_{1,3}$ ,  $H_{vn}$  và  $Dt$ ; cây gỗ nhỏ/cây bụi theo  $D_{00}$ ,  $H$  và  $Dt$ ; cây thân thảo/dây leo theo các chỉ tiêu  $D_{00}$  và/hoặc  $H/L$ . Không thực hiện kiểm định trực tiếp giữa các nhóm dạng sống; trường hợp chỉ có một loài trong một nhóm thì kết quả được trình bày bằng thống kê mô tả.

- Khi ảnh hưởng của loài có ý nghĩa thống kê, các trung bình được so sánh hậu nghiệm tiêu chuẩn Duncan ở mức ý nghĩa  $\alpha = 0,05$ . Các giá trị trung bình mang chữ cái khác nhau trong cùng phạm vi kiểm định biểu thị sai khác có ý nghĩa thống kê ở mức  $p < 0,05$ . Kết luận về sai khác được dựa trên kết quả của mô hình và phép

so sánh hậu nghiệm, không dựa đơn thuần vào sự chồng lấn của các giá trị trung bình  $\pm$  SE.

- Tỷ lệ sống và chất lượng cây được tổng hợp theo từng loài và thí nghiệm. Chất lượng cây được biểu thị bằng tỷ lệ (%) cây tốt, trung bình và xấu. Các chỉ tiêu này được sử dụng chủ yếu theo hướng thống kê mô tả và được xem xét đồng thời với các chỉ tiêu sinh trưởng để đánh giá khả năng thiết lập, thích nghi và trạng thái của cây trồng.

- Biến đổi cấu trúc thảm thực vật được đánh giá bằng cách đối chiếu các chỉ tiêu tại thời điểm ban đầu và sau 4 năm trong cùng đối tượng, gồm số loài và mật độ tầng cây cao,  $D_{1,3}$  và  $H_{vn}$  bình quân,  $G$ ,  $M$ , độ tàn che, thành phần và mật độ tái sinh, SLC, Cai,  $FO_{UFC}$  và  $Z$ . Mức biến đổi được biểu thị bằng chênh lệch tuyệt đối ( $\Delta$ ), tỷ lệ thay đổi (%) tùy bản chất của từng chỉ tiêu. Đối với TRG, do trạng thái ban đầu chưa đạt tiêu chí thành rừng, các chỉ tiêu sau 4 năm được diễn giải theo hướng hình thành và phát triển cấu trúc thảm thực vật, không tính tỷ lệ tăng đối với những chỉ tiêu có giá trị ban đầu bằng 0 hoặc chưa xác định. Các biến đổi về tầng cây cao, tái sinh, độ tàn che, SLC, Cai,  $FO_{UFC}$  và  $Z$  được xem xét tổng hợp để đánh giá xu hướng phục hồi cấu trúc thảm thực vật và các đặc tính có liên quan đến chức năng phòng hộ đầu nguồn.

- Số liệu được tổng hợp bằng Microsoft Excel 2019 và phân tích thống kê bằng SPSS 20.0; mức ý nghĩa thống kê được xác định ở  $p < 0,05$ .

### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Trồng rừng mới bằng các loài cây gỗ bản địa

Sau 4 năm, các loài cây bản địa trong cả hai phương thức trồng có tỷ lệ sống tương đối cao, đồng thời đã thể hiện sự phân hóa khá rõ về sinh trưởng đường kính, chiều cao và tán cây (bảng 2).

**Bảng 2.** Tỷ lệ sống và sinh trưởng của các loài cây sau 4 năm trong hai phương thức trồng

| Thí nghiệm | Loài cây                   | TLS (%) | D <sub>1,3</sub> (cm)   | H <sub>vn</sub> (m)     | Dt (m)                  |
|------------|----------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| TRG1       | Lim xanh                   | 82,2    | 3,8 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 5,3 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 2,3 ± 0,1 <sup>c</sup>  |
|            | Huỳnh                      | 82,2    | 4,2 ± 0,2 <sup>bc</sup> | 6,3 ± 0,3 <sup>bc</sup> | 3,1 ± 0,1 <sup>ab</sup> |
|            | Gáo tròn                   | 82,2    | 5,1 ± 0,3 <sup>b</sup>  | 7,3 ± 0,3 <sup>b</sup>  | 2,9 ± 0,1 <sup>b</sup>  |
|            | Giổi ăn hạt                | 80,0    | 7,3 ± 0,3 <sup>a</sup>  | 10,3 ± 0,4 <sup>a</sup> | 3,5 ± 0,2 <sup>a</sup>  |
|            | Sao đen                    | 91,1    | 3,4 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 3,9 ± 0,2 <sup>d</sup>  | 2,1 ± 0,1 <sup>c</sup>  |
|            | Keo tai tượng <sup>1</sup> | 91,5    | 9,4 ± 0,4               | 11,6 ± 0,5              | 4,6 ± 0,2               |
|            | <i>p</i> (loài)            |         | < 0,001                 | < 0,001                 | < 0,001                 |
| TRG2       | Lim xanh                   | 80,0    | 3,5 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 4,8 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 2,2 ± 0,1 <sup>c</sup>  |
|            | Huỳnh                      | 80,0    | 4,0 ± 0,2 <sup>bc</sup> | 5,9 ± 0,3 <sup>bc</sup> | 2,1 ± 0,1 <sup>c</sup>  |
|            | Gáo tròn                   | 82,2    | 4,9 ± 0,2 <sup>b</sup>  | 6,7 ± 0,3 <sup>b</sup>  | 2,9 ± 0,1 <sup>b</sup>  |
|            | Giổi ăn hạt                | 80,0    | 6,9 ± 0,3 <sup>a</sup>  | 9,8 ± 0,4 <sup>a</sup>  | 4,5 ± 0,2 <sup>a</sup>  |
|            | Sao đen                    | 86,7    | 4,2 ± 0,2 <sup>bc</sup> | 5,3 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 2,4 ± 0,1 <sup>c</sup>  |
|            | <i>p</i> (loài)            |         | < 0,001                 | < 0,001                 | < 0,001                 |

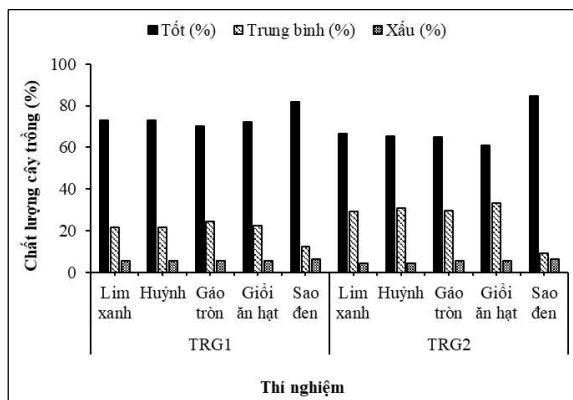
Ghi chú: Số liệu sinh trưởng được trình bày dưới dạng trung bình ± sai số chuẩn (SE). Trong cùng một phương thức trồng và cùng một chỉ tiêu, các giá trị trung bình của các loài cây bản địa mang chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa thống kê ở mức  $p < 0,05$  tiêu chuẩn Duncan. <sup>1</sup>Keo tai tượng là cây phù trợ trong TRG1 không tham gia kiểm định so sánh giữa các loài cây bản địa.

Quá trình thiết lập lâm phần mới trên đất trống sau 4 năm cho thấy sự thích ứng rõ nét của các loài cây gỗ bản địa, biểu hiện qua cả năng lực thích nghi ban đầu lẫn tốc độ phát triển không gian kiến trúc thân - tán. Tỷ lệ sống của 5 loài cây bản địa đạt 80,0 - 91,1% ở TRG1 và 80,0 - 86,7% ở TRG2, cho thấy phần lớn các loài duy trì khả năng sống tốt trong 4 năm đầu sau trồng. Sao đen có tỷ lệ sống cao nhất ở cả TRG1 (91,1%) và TRG2 (86,7%), trong khi các loài còn lại đạt 80,0 - 82,2%. Keo tai tượng sử dụng làm cây phù trợ trong TRG1 đạt tỷ lệ sống 91,5% (bảng 2).

Sự phân hóa giữa các loài thể hiện rõ hơn ở các chỉ tiêu sinh trưởng, với ảnh hưởng của loài có ý nghĩa thống kê đối với D<sub>1,3</sub>, H<sub>vn</sub> và Dt trong cả hai thí nghiệm ( $p < 0,001$ ). Giổi ăn hạt có sinh trưởng đường kính và chiều cao cao nhất trong số các loài cây bản địa, đạt D<sub>1,3</sub> = 7,3 cm và H<sub>vn</sub> = 10,3 m ở TRG1; tương ứng 6,9 cm và 9,8 m ở TRG2. Gáo tròn đứng tiếp theo với D<sub>1,3</sub> đạt 5,1 và 4,9 cm, H<sub>vn</sub> đạt 7,3 và 6,7 m tương ứng ở TRG1 và TRG2. Lim xanh và Huỳnh có sinh trưởng chậm hơn, trong khi Sao đen có D<sub>1,3</sub> và H<sub>vn</sub> ở TRG2 cao hơn TRG1 (bảng 2).

Phát triển tán không hoàn toàn đồng nhất với sinh trưởng đường kính và chiều cao. Giổi ăn hạt có Dt lớn nhất ở cả hai thí nghiệm, đạt 3,5 m ở TRG1 và 4,5 m ở TRG2; tuy nhiên, ở TRG1 giá trị này không khác biệt có ý nghĩa với Huỳnh (3,1 m). Gáo tròn có Dt tương đối ổn định (2,9 m ở cả hai thí nghiệm), trong khi Huỳnh giảm từ 3,1 m ở TRG1 xuống 2,1 m ở TRG2. Kết quả cho thấy sinh trưởng của các loài cần được đánh giá đồng thời qua các chỉ tiêu đường kính, chiều cao và đường kính tán.

Bên cạnh tỷ lệ sống và sinh trưởng, phần lớn cây còn sống có chất lượng từ trung bình đến tốt sau 4 năm (hình 1). Tỷ lệ cây tốt dao động 61,1 - 84,6%, trong khi tỷ lệ cây xấu chỉ chiếm 4,2 - 6,4%. Ở TRG1, tỷ lệ cây tốt của Lim xanh, Huỳnh, Gáo tròn và Giổi ăn hạt lần lượt đạt 73,0%; 73,0%; 70,3% và 72,2%, nhìn chung cao hơn các giá trị tương ứng ở TRG2. Riêng Sao đen có xu hướng ngược lại, với tỷ lệ cây tốt đạt 84,6% ở TRG2 so với 81,7% ở TRG1; xu hướng này tương đối phù hợp với D<sub>1,3</sub> và H<sub>vn</sub> của loài, đều cao hơn ở TRG2.



**Hình 1.** Phân cấp chất lượng các loài cây bản địa

Sự khác biệt về sinh trưởng giữa các loài có thể liên quan đến đặc tính sinh học, nhu cầu ánh sáng và mức độ phù hợp với điều kiện lập địa trong những năm đầu sau trồng. Một số kết quả nghiên cứu trước đây về trồng cây bản địa cũng cho thấy khả năng sống và sinh trưởng có thể khác nhau rõ giữa các loài và điều kiện gây trồng (Nguyễn Anh Dũng, 2011; Hoàng Văn Thắng *et al.*, 2018). Trong nghiên cứu này, Giỏi ăn hạt thể hiện ưu thế rõ về sinh trưởng đường kính và chiều cao, trong khi Sao đen có tỷ lệ sống và chất lượng cây cao nhưng sinh trưởng kích thước thấp hơn. Tỷ lệ sống cao không nhất thiết đồng nghĩa với sinh trưởng nhanh; vì vậy, triển vọng của từng loài cần được đánh giá tổng hợp qua tỷ lệ sống, sinh trưởng đường kính, chiều cao, tán cây và chất lượng cây.

Sinh trưởng  $D_{1,3}$  và  $H_{vn}$  của Lim xanh, Huỳnh, Gáo tròn và Giỏi ăn hạt nhìn chung cao hơn ở TRG1, trong khi Sao đen có xu hướng ngược lại. Tuy nhiên, do TRG1 và TRG2 được bố trí độc lập và khác nhau về cây phù trợ, mật độ cây bản địa và phương thức bố trí, các chênh lệch này chỉ được xem là sự khác nhau về sinh trưởng giữa hai tổ hợp trồng, chưa đủ cơ sở xác định ảnh hưởng riêng của Keo tai tượng.

Keo tai tượng trong TRG1 đạt tỷ lệ sống 91,5%,  $D_{1,3} = 9,4$  cm,  $H_{vn} = 11,6$  m và  $Dt = 4,6$  m, cho thấy cây phù trợ phát triển nhanh trong 4 năm đầu. Về cơ chế, cây phù trợ sinh trưởng nhanh có thể tạo che phủ và góp phần điều tiết vi khí hậu ở giai đoạn đầu, nhưng khi tán phát triển, cạnh

tranh ánh sáng, nước và không gian sinh trưởng với cây bản địa có thể tăng lên. Vì vậy, cần tiếp tục theo dõi diễn biến độ tàn che và sinh trưởng cây bản địa để xác định thời điểm, cường độ điều chỉnh mật độ cây phù trợ phù hợp.

Xét tổng hợp, Giỏi ăn hạt có sinh trưởng đường kính và chiều cao cao nhất; Gáo tròn sinh trưởng khá và tương đối ổn định; Sao đen có tỷ lệ sống và tỷ lệ cây chất lượng tốt ở mức cao; trong khi Lim xanh và Huỳnh sinh trưởng chậm hơn. Sau 4 năm, trồng hỗn giao các loài cây bản địa đã bước đầu hình thành tầng cây gỗ trên đất chưa có rừng; tuy nhiên cần tiếp tục theo dõi khi lâm phần khép tán để đánh giá sinh trưởng, cạnh tranh giữa các loài và sự phát triển cấu trúc lâm phần.

Bên cạnh sinh trưởng của các loài cây trồng, kết quả sau 4 năm cho thấy thảm thực vật ở TRG đã chuyển từ đất chưa có rừng với thực bì thấp và cây gỗ, cây tái sinh rải rác sang trạng thái có tầng cây gỗ trồng hỗn loài. Do thời điểm ban đầu chưa hình thành tầng cây cao, kết quả TRG được đánh giá theo quá trình hình thành tầng cây gỗ và phát triển cấu trúc thảm thực vật, thay vì tính mức biến đổi trước - sau như đối với TBS, LGR và LSNG (bảng 3).

Sau 4 năm, cả TRG1 và TRG2 đã hình thành tầng cây gỗ tương đối rõ, với mật độ cây trồng còn sống ước tính khoảng 574 cây/ha ở TRG1 và 545 cây/ha ở TRG2. Các loài cây bản địa đạt chiều cao trung bình từ 3,9 - 10,3 m ở TRG1 và 4,8 - 9,8 m ở TRG2; riêng Keo tai tượng trong TRG1 đạt 11,6 m. Như vậy, tác động của biện pháp không chỉ thể hiện ở khả năng sống của cây trồng mà đã bước đầu tạo lập tầng cây cao trên nền đất trước đây chưa đạt tiêu chí thành rừng.

TRG1 có sự tham gia của Keo tai tượng sinh trưởng nhanh nên cấu trúc tầng cây sau 4 năm có xu hướng phân hóa rõ hơn về kích thước, trong khi TRG2 hình thành tầng cây hoàn toàn từ các loài bản địa. Kết quả cho thấy quá trình hình thành tầng cây gỗ hỗn loài, là tiền đề để tiếp tục phát triển cấu trúc nhiều tầng và tăng mức độ che phủ của thảm thực vật trong các giai đoạn tiếp theo.

**Bảng 3.** Một số đặc điểm hình thành tầng cây gỗ sau 4 năm trồng rừng trên đất trống

| Chỉ tiêu                        | TRG1 trước tác động                       | TRG1 sau 4 năm                                     | TRG2 trước tác động                       | TRG2 sau 4 năm                         |
|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| Đối tượng/cấu trúc              | Đất trống có thực bì, chưa có tầng cây gỗ | Tầng cây gỗ hỗn loài: 5 loài bản địa + Keo phủ trợ | Đất trống có thực bì, chưa có tầng cây gỗ | Tầng cây gỗ hỗn loài: 5 loài bản địa   |
| Số loài cây gỗ                  | -                                         | 6                                                  | -                                         | 5                                      |
| Mật độ trồng (cây/ha)           | -                                         | 666                                                | -                                         | 666                                    |
| Mật độ hiện tại (cây/ha)        | -                                         | 574                                                | -                                         | 545                                    |
| D <sub>1,3</sub> cây trồng (cm) | -                                         | 3,4 - 4                                            | -                                         | 3,5 - 6,9                              |
| H <sub>vn</sub> cây trồng (m)   | -                                         | 3,9 - 11,6                                         | -                                         | 4,8 - 9,8                              |
| Dt cây trồng (m)                | -                                         | 2,1 - 4,6                                          | -                                         | 2,1 - 4,5                              |
| Cấu trúc tầng                   | Thực bì thấp; chưa có tầng cây cao        | Đã hình thành tầng cây gỗ và tầng dưới             | Thực bì thấp; chưa có tầng cây cao        | Đã hình thành tầng cây gỗ và tầng dưới |

### 3.2. Khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên có trồng bổ sung

Sau 4 năm, các loài cây bản địa trồng bổ sung trên cả rừng tre nứa (TBS-TN) và rừng gỗ

nghèo (TBS-G) có tỷ lệ sống tương đối cao và đã thể hiện sự phân hóa rõ về sinh trưởng đường kính, chiều cao và tán cây (bảng 4).

**Bảng 4.** Tỷ lệ sống và sinh trưởng của các loài cây trồng bổ sung sau 4 năm

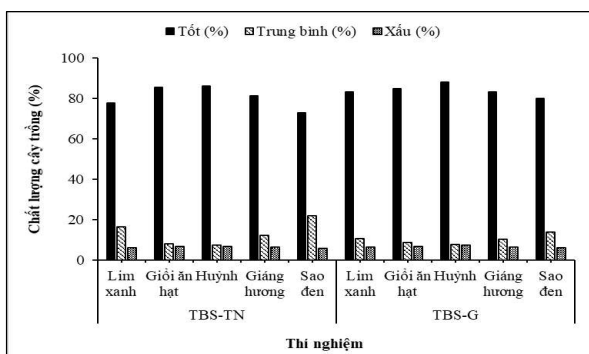
| Thí nghiệm | Loài cây    | TLS (%) | D <sub>1,3</sub> (cm)   | H <sub>vn</sub> (m)    | Dt (m)                 |
|------------|-------------|---------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| TBS-TN     | Lim xanh    | 86,3    | 2,3 ± 0,2 <sup>c</sup>  | 2,7 ± 0,2 <sup>c</sup> | 1,9 ± 0,1 <sup>b</sup> |
|            | Giổi ăn hạt | 91,8    | 4,2 ± 0,3 <sup>a</sup>  | 4,6 ± 0,3 <sup>a</sup> | 2,5 ± 0,2 <sup>a</sup> |
|            | Huỳnh       | 83,6    | 2,6 ± 0,2 <sup>bc</sup> | 2,8 ± 0,2 <sup>c</sup> | 1,4 ± 0,1 <sup>c</sup> |
|            | Giáng hương | 86,4    | 2,9 ± 0,2 <sup>b</sup>  | 3,7 ± 0,2 <sup>b</sup> | 2,0 ± 0,1 <sup>b</sup> |
|            | Sao đen     | 90,7    | 2,7 ± 0,2 <sup>bc</sup> | 3,0 ± 0,2 <sup>c</sup> | 1,5 ± 0,1 <sup>c</sup> |
|            | p (loài)    | -       | < 0,001                 | < 0,001                | < 0,001                |
| TBS-G      | Lim xanh    | 85,4    | 2,9 ± 0,2 <sup>b</sup>  | 2,1 ± 0,2 <sup>c</sup> | 1,5 ± 0,1 <sup>c</sup> |
|            | Giổi ăn hạt | 90,2    | 3,8 ± 0,3 <sup>a</sup>  | 4,2 ± 0,3 <sup>a</sup> | 2,4 ± 0,2 <sup>a</sup> |
|            | Huỳnh       | 81,4    | 2,7 ± 0,2 <sup>bc</sup> | 2,6 ± 0,2 <sup>c</sup> | 1,3 ± 0,1 <sup>c</sup> |
|            | Giáng hương | 87,9    | 2,8 ± 0,2 <sup>b</sup>  | 3,4 ± 0,2 <sup>b</sup> | 2,4 ± 0,2 <sup>a</sup> |
|            | Sao đen     | 88,5    | 2,7 ± 0,2 <sup>bc</sup> | 2,9 ± 0,2 <sup>c</sup> | 1,8 ± 0,1 <sup>b</sup> |
|            | p (loài)    | -       | < 0,001                 | < 0,001                | < 0,001                |

Ghi chú: Số liệu sinh trưởng được trình bày dưới dạng trung bình ± sai số chuẩn (SE). Trong cùng một thí nghiệm và cùng một chỉ tiêu, các giá trị trung bình mang chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các loài ở mức  $p < 0,05$  theo tiêu chuẩn Duncan. TBS-TN và TBS-G được phân tích riêng.

Tỷ lệ sống của 5 loài cây bản địa đạt 83,6 - 91,8% ở TBS-TN và 81,4 - 90,2% ở TBS-G, cho thấy cây trồng bổ sung đã thiết lập tương đối tốt trong giai đoạn đầu. Giổi ăn hạt có tỷ lệ sống cao nhất ở cả hai thí nghiệm, đạt tương ứng 91,8% và 90,2%; Huỳnh có tỷ lệ thấp nhất nhưng vẫn trên 80% (bảng 4).

Sinh trưởng phân hóa rõ giữa các loài, với ảnh hưởng của loài có ý nghĩa thống kê đối với D<sub>1,3</sub>, H<sub>vn</sub> và Dt trong cả hai thí nghiệm ( $p < 0,001$ ). Giổi ăn hạt sinh trưởng tốt nhất, đạt D<sub>1,3</sub> = 4,2 cm, H<sub>vn</sub> = 4,6 m và Dt = 2,5 m ở TBS-TN; tương ứng 3,8 cm, 4,2 m và 2,4 m ở TBS-G. Giáng hương có sinh trưởng khá, đặc biệt về chiều cao

và phát triển tán; ở TBS-G, Dt của Giáng hương tương đương Giỏi ăn hạt. Lim xanh, Huỳnh và Sao đen có sinh trưởng thấp hơn tùy chỉ tiêu. Kết quả cho thấy sự khác biệt giữa các loài thể hiện rõ hơn ở các chỉ tiêu sinh trưởng so với tỷ lệ sống (bảng 4).



**Hình 2.** Phân cấp chất lượng các loài cây trồng bổ sung

Tỷ lệ cây chất lượng tốt đạt 72,7 - 86,0% ở TBS-TN và 80,0 - 88,1% ở TBS-G, trong khi cây xấu chỉ chiếm 5,7 - 7,3% (hình 2). Huỳnh có tỷ lệ cây tốt cao nhất ở cả hai thí nghiệm mặc dù sinh trưởng không cao nhất; ngược lại, Giỏi ăn hạt kết hợp được tỷ lệ sống cao, sinh trưởng tốt và tỷ lệ cây chất lượng tốt ở mức cao. Sự không đồng nhất giữa tỷ lệ sống và sinh trưởng

cho thấy các loài có đặc điểm sinh trưởng và khả năng duy trì khác nhau trong điều kiện lâm phần nghiên cứu.

Sau 4 năm áp dụng biện pháp khoanh nuôi xúc tiến tái sinh có trồng bổ sung, cấu trúc lâm phần ở cả rừng tre nứa (TBS-TN) và rừng gỗ nghèo (TBS-G) đều chuyển biến rõ nét theo hướng tích cực. Tầng cây cao ghi nhận sự gia tăng đồng thời về mật độ (+18,8 đến 22,9%), tiết diện ngang (+30,4 đến 33,3%) và trữ lượng (+29,5 đến 31,7%), độ tàn che đạt 0,61 - 0,65, đáp ứng tiêu chuẩn rừng phòng hộ. Đáng chú ý, tầng tái sinh tự nhiên phát triển rất mạnh với mật độ tăng 35,7 - 48,8% và bổ sung thêm 4 - 5 loài tái sinh mục đích. Kết quả này chứng minh việc kết hợp xử lý thực bì cục bộ và bảo vệ cây tái sinh sẵn có đã tạo môi trường thuận lợi cho diễn thế phục hồi của lâm phần.

### 3.3. Làm giàu rừng bằng các loài cây gỗ bản địa

Sau 4 năm, các loài cây bản địa trồng làm giàu trên cả rừng tre nứa (LGR-TN) và rừng gỗ (LGR-G) duy trì tỷ lệ sống khá, đồng thời thể hiện sự phân hóa về sinh trưởng đường kính, chiều cao và phát triển tán.

**Bảng 5.** Tỷ lệ sống và sinh trưởng của các loài cây trồng làm giàu rừng sau 4 năm

| Thí nghiệm | Loài cây    | TLS (%) | D <sub>1,3</sub> (cm)    | H <sub>vn</sub> (m)      | Dt (m)                   |
|------------|-------------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| LGR-TN     | Lim xanh    | 80,8    | 2,7 ± 0,18 <sup>bc</sup> | 2,7 ± 0,17 <sup>bc</sup> | 1,8 ± 0,11 <sup>ab</sup> |
|            | Giỏi ăn hạt | 80,8    | 3,1 ± 0,20 <sup>a</sup>  | 3,1 ± 0,19 <sup>a</sup>  | 1,9 ± 0,12 <sup>a</sup>  |
|            | Huỳnh       | 78,3    | 2,7 ± 0,17 <sup>bc</sup> | 2,8 ± 0,18 <sup>b</sup>  | 1,3 ± 0,09 <sup>c</sup>  |
|            | Giáng hương | 87,5    | 2,9 ± 0,19 <sup>ab</sup> | 3,0 ± 0,18 <sup>ab</sup> | 1,8 ± 0,11 <sup>ab</sup> |
|            | Sao đen     | 80,5    | 2,5 ± 0,16 <sup>c</sup>  | 2,7 ± 0,17 <sup>bc</sup> | 1,6 ± 0,10 <sup>b</sup>  |
|            | p (loài)    | -       | 0,012                    | 0,008                    | 0,001                    |
| LGR-G      | Lim xanh    | 73,3    | 3,9 ± 0,25 <sup>bc</sup> | 4,7 ± 0,29 <sup>bc</sup> | 2,3 ± 0,14 <sup>b</sup>  |
|            | Giỏi ăn hạt | 82,6    | 4,7 ± 0,29 <sup>a</sup>  | 6,2 ± 0,36 <sup>a</sup>  | 2,4 ± 0,15 <sup>b</sup>  |
|            | Huỳnh       | 75,6    | 3,9 ± 0,24 <sup>bc</sup> | 4,0 ± 0,25 <sup>c</sup>  | 2,4 ± 0,15 <sup>b</sup>  |
|            | Giáng hương | 72,7    | 4,1 ± 0,26 <sup>b</sup>  | 5,2 ± 0,31 <sup>b</sup>  | 3,0 ± 0,18 <sup>a</sup>  |
|            | Sao đen     | 79,5    | 3,5 ± 0,22 <sup>c</sup>  | 3,9 ± 0,24 <sup>c</sup>  | 1,8 ± 0,12 <sup>c</sup>  |
|            | p (loài)    | -       | 0,003                    | <0,001                   | 0,002                    |

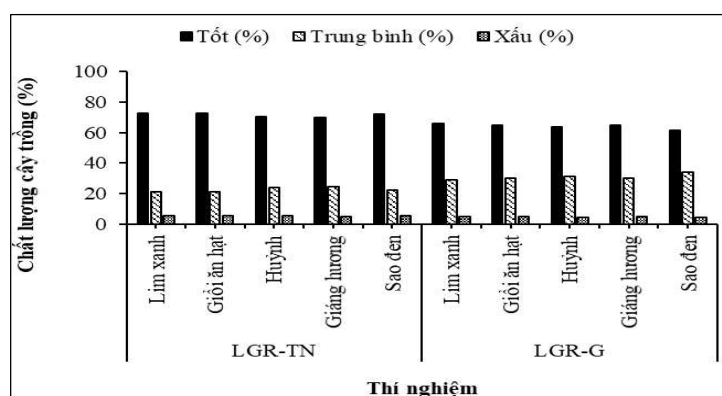
Ghi chú: Số liệu sinh trưởng được trình bày dưới dạng trung bình ± SE. Trong cùng một thí nghiệm và cùng một chỉ tiêu, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các loài ở mức  $p < 0,05$ .

Tỷ lệ sống của 5 loài cây bản địa đạt 78,3 - 87,5% ở LGR-TN và 72,7 - 82,6% ở LGR-G. Ở LGR-TN, Giáng hương có tỷ lệ sống cao nhất (87,5%); trong khi ở LGR-G, Giổi ăn hạt đạt cao nhất (82,6%). Nhìn chung, các loài đều duy trì tỷ lệ sống trên 70% sau 4 năm, nhưng khả năng thiết lập khác nhau theo loài và điều kiện lâm phần (bảng 5).

Sinh trưởng phân hóa rõ giữa các loài. Ở LGR-TN, Giổi ăn hạt đạt  $D_{1,3}$ ,  $H_{vn}$  và  $Dt$  cao nhất, tương ứng 3,1 cm; 3,1 m và 1,9 m; Giáng hương đứng tiếp theo với 2,9 cm; 3,0 m và 1,8 m. Ở thí nghiệm LGR-G, Giổi ăn hạt tiếp tục có sinh trưởng cao nhất về  $D_{1,3}$  (4,7 cm) và  $H_{vn}$  (6,2 m), trong khi Giáng hương có  $Dt$  lớn nhất (3,0 m). Ảnh hưởng của loài có ý nghĩa thống kê đối với

cả  $D_{1,3}$ ,  $H_{vn}$  và  $Dt$  trong từng thí nghiệm ( $p < 0,05$ ) (bảng 5). Như vậy, Giổi ăn hạt thể hiện ưu thế tương đối ổn định về sinh trưởng đường kính và chiều cao, còn Giáng hương phát triển tán tốt hơn, đặc biệt trong LGR-G.

Sinh trưởng của phần lớn các loài ở LGR-G có xu hướng lớn hơn LGR-TN, rõ nhất ở  $H_{vn}$ ; tuy nhiên tỷ lệ sống không biến động cùng chiều. Ví dụ, Giáng hương đạt  $H_{vn}$  5,2 m ở LGR-G so với 3,0 m ở LGR-TN, nhưng tỷ lệ sống tương ứng chỉ đạt 72,7% so với 87,5% (bảng 5). Do hai thí nghiệm khác nhau về trạng thái rừng nền và điều kiện bố trí cây, sự khác biệt này chỉ phản ánh phản ứng của loài trong từng điều kiện làm giàu, không được sử dụng để kiểm định trực tiếp ảnh hưởng của trạng thái rừng.



**Hình 3.** Phân cấp chất lượng các loài cây trồng làm giàu rừng

*Ghi chú:* Chất lượng cây được phân thành ba cấp: tốt, trung bình và xấu theo tình trạng sinh trưởng, hình thái thân - tán, sâu bệnh và mức độ tổn thương tại thời điểm điều tra.

Tỷ lệ cây chất lượng tốt đạt 69,8 - 72,8% ở LGR-TN và 61,2 - 66,0% ở LGR-G, trong khi tỷ lệ cây xấu chỉ chiếm 4,8 - 5,7% (hình 3). Cây trồng ở LGR-G nhìn chung có kích thước lớn hơn nhưng tỷ lệ cây tốt thấp hơn LGR-TN. Giổi ăn hạt có sinh trưởng và chất lượng cây tương đối đồng đều; Giáng hương đạt chiều cao và đường kính tán khá lớn, trong khi Lim xanh và Huỷnh sinh trưởng chậm hơn nhưng duy trì tỷ lệ sống khá cao. Sự phân hóa này cho thấy việc lựa chọn và phối hợp loài trong làm giàu rừng cần gắn với đặc điểm của rừng nền.

Khác với trồng rừng trên đất trống, làm giàu rừng được thực hiện trên lâm phần đã có tầng

cây cao, tái sinh và tầng dưới; do đó, mức độ phục hồi cần được xem xét đồng thời thông qua biến đổi thành phần loài, mật độ, kích thước tầng cây cao, G, M, độ tàn che, tái sinh và che phủ cây bụi - thảm tươi.

Biện pháp làm giàu rừng cho thấy xu hướng cải thiện cả tầng cây cao lẫn thảm thực vật tầng dưới. Sau 4 năm, mật độ cây gỗ tăng 17,0 - 28,9%, tiết diện ngang tăng 26,5 - 32,6% và trữ lượng tăng 25,9 - 29,9%, giúp độ tàn che đạt 0,60 (LGR-TN) và 0,74 (LGR-G). Nguồn tái sinh tự nhiên cũng tăng, với mật độ tăng 34,8 - 46,2%. Sự gia tăng trữ lượng và tiết diện ngang vượt trội so với mức tăng mật độ cho thấy cấu trúc lâm

phần được cải thiện chủ yếu nhờ sự sinh trưởng tích lũy của cây rừng hiện có kết hợp với sự gia nhập tăng tán của các cụm cây làm giàu.

### 3.4. Trồng lâm sản ngoài gỗ dưới tán rừng

Sau 4 năm, các loài lâm sản ngoài gỗ (LSNG) trồng dưới tán rừng nhìn chung duy trì tỷ lệ

sống khá, nhưng các chỉ tiêu về tỷ lệ sống, sinh trưởng và chất lượng có sự khác nhau giữa loài và điều kiện trồng. Do các loài thuộc ba nhóm dạng sống gồm cây gỗ, cây gỗ nhỏ/cây bụi và cây thân thảo/dây leo, kết quả được phân tích riêng theo từng nhóm dạng sống trong từng thí nghiệm, không so sánh trực tiếp giữa các nhóm.

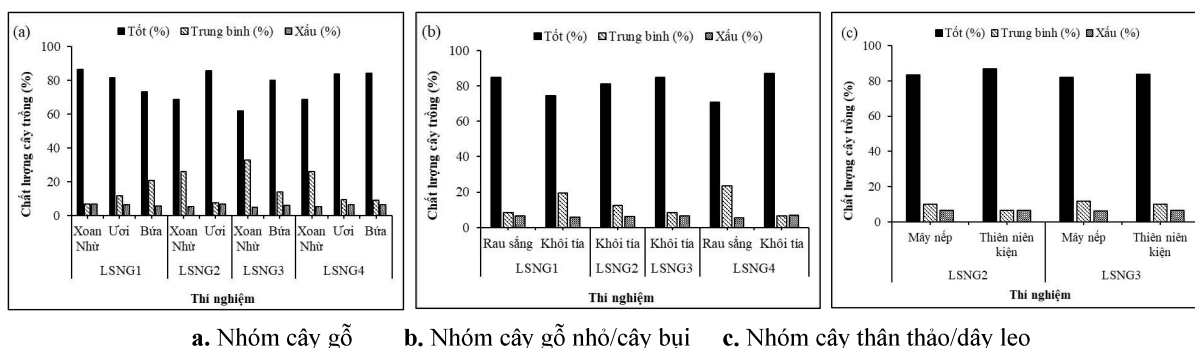
**Bảng 6.** Tỷ lệ sống và sinh trưởng của các loài cây LSNG sau 4 năm

| Thí nghiệm                    | Loài cây        | TLS (%) | D <sub>00</sub> (cm) | D <sub>1,3</sub> (cm)   | H <sub>vn</sub> /H/L (m) | Dt (m)                  |
|-------------------------------|-----------------|---------|----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| a) Nhóm cây gỗ                |                 |         |                      |                         |                          |                         |
| LSNG1                         | Xoan nhừ        | 93,1    | -                    | 3,2 ± 0,25 <sup>a</sup> | 2,2 ± 0,14 <sup>a</sup>  | 2,0 ± 0,12 <sup>a</sup> |
|                               | U'oi            | 87,7    | -                    | 2,1 ± 0,14 <sup>b</sup> | 2,1 ± 0,13 <sup>a</sup>  | 1,4 ± 0,09 <sup>b</sup> |
|                               | Búra            | 78,5    | -                    | 2,0 ± 0,13 <sup>b</sup> | 2,2 ± 0,14 <sup>a</sup>  | 1,4 ± 0,07 <sup>b</sup> |
|                               | p (loài)        | -       | -                    | <0,001                  | >0,05                    | 0,008                   |
| LSNG2                         | Xoan nhừ        | 73,1    | -                    | 3,0 ± 0,19 <sup>a</sup> | 2,1 ± 0,15 <sup>a</sup>  | 1,9 ± 0,13 <sup>a</sup> |
|                               | U'oi            | 92,1    | -                    | 2,0 ± 0,15 <sup>b</sup> | 2,1 ± 0,10 <sup>a</sup>  | 1,5 ± 0,10 <sup>b</sup> |
|                               | p (loài)        | -       | -                    | <0,001                  | >0,05                    | 0,005                   |
| LSNG3                         | Xoan nhừ        | 65,9    | -                    | 3,2 ± 0,20 <sup>a</sup> | 2,2 ± 0,18 <sup>a</sup>  | 1,8 ± 0,11 <sup>a</sup> |
|                               | Búra            | 85,8    | -                    | 1,9 ± 0,14 <sup>b</sup> | 2,1 ± 0,13 <sup>a</sup>  | 1,4 ± 0,08 <sup>b</sup> |
|                               | p (loài)        | -       | -                    | <0,001                  | >0,05                    | 0,003                   |
| LSNG4                         | Xoan nhừ        | 73,1    | -                    | 3,2 ± 0,16 <sup>a</sup> | 2,2 ± 0,13 <sup>a</sup>  | 1,8 ± 0,13 <sup>a</sup> |
|                               | U'oi            | 90,2    | -                    | 1,9 ± 0,12 <sup>b</sup> | 2,1 ± 0,15 <sup>a</sup>  | 1,4 ± 0,11 <sup>b</sup> |
|                               | Búra            | 90,6    | -                    | 1,9 ± 0,11 <sup>b</sup> | 2,1 ± 0,12 <sup>a</sup>  | 1,4 ± 0,09 <sup>b</sup> |
|                               | p (loài)        | -       | -                    | <0,001                  | >0,05                    | 0,012                   |
| b) Nhóm cây gỗ nhỏ/cây bụi    |                 |         |                      |                         |                          |                         |
| LSNG1                         | Rau sắng        | 91,2    | 2,0 ± 0,13           | -                       | 2,2 ± 0,15               | 1,5 ± 0,13              |
|                               | Khô tía         | 79,8    | 2,1 ± 0,14           | -                       | 2,2 ± 0,16               | 1,5 ± 0,12              |
|                               | p (loài)        | -       | >0,05                | -                       | >0,05                    | >0,05                   |
| LSNG2                         | Khô tía         | 87,1    | 1,9 ± 0,12           | -                       | 2,1 ± 0,15               | 1,5 ± 0,10              |
| LSNG3                         | Khô tía         | 91,3    | 1,8 ± 0,12           | -                       | 2,0 ± 0,13               | 1,3 ± 0,09              |
| LSNG4                         | Rau sắng        | 75,6    | 1,9 ± 0,12           | -                       | 2,1 ± 0,10               | 1,4 ± 0,09              |
|                               | Khô tía         | 93,4    | 2,0 ± 0,13           | -                       | 2,2 ± 0,12               | -                       |
|                               | p (loài)        | -       | >0,05                | -                       | >0,05                    | -                       |
| c) Nhóm cây thân thảo/dây leo |                 |         |                      |                         |                          |                         |
| LSNG2                         | Mây nếp         | 89,4    | 1,9 ± 0,12           | -                       | 2,3 ± 0,15               | -                       |
|                               | Thiên niên kiện | 93,2    | 1,8 ± 0,15           | -                       | 2,1 ± 0,11               | -                       |
|                               | p (loài)        | -       | >0,05                | -                       | >0,05                    | -                       |
| LSNG3                         | Mây nếp         | 87,8    | 1,9 ± 0,10           | -                       | 2,1 ± 0,16               | -                       |
|                               | Thiên niên kiện | 89,6    | 2,0 ± 0,13           | -                       | 2,2 ± 0,17               | -                       |
|                               | p (loài)        | -       | >0,05                | -                       | >0,05                    | -                       |

Ghi chú: Số liệu sinh trưởng được trình bày dưới dạng trung bình ± sai số chuẩn (SE). Phân tích thống kê được thực hiện riêng trong từng thí nghiệm và từng nhóm dạng sống. Trong cùng một thí nghiệm, cùng nhóm dạng sống và cùng một chỉ tiêu, các giá trị trung bình mang chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các loài ở mức  $p < 0,05$  theo tiêu chuẩn Duncan. Trường hợp chỉ có một loài thuộc nhóm dạng sống trong một thí nghiệm thì chỉ trình bày thống kê mô tả, không thực hiện kiểm định giữa loài. Không so sánh thống kê trực tiếp giữa các nhóm dạng sống.

Chất lượng cây nhìn chung ở mức khá, với tỷ lệ cây tốt dao động 62,1 - 86,9%, trong khi cây xấu chỉ chiếm 4,8 - 6,8%. Ở nhóm cây gỗ, Xoan nhừ có tỷ lệ cây tốt cao ở LSNG1 nhưng giảm rõ ở các điều kiện khác; Uoir và Bứa ổn định

hơn về tỷ lệ sống và chất lượng. Trong nhóm cây gỗ nhỏ/cây bụi, Khôi tia duy trì tỷ lệ cây tốt tương đối cao, đặc biệt ở LSNG2 - LSNG4. Mây nếp và Thiên niên kiện đều có trên 80% cây chất lượng tốt ở hai thí nghiệm (hình 4).



a. Nhóm cây gỗ      b. Nhóm cây gỗ nhỏ/cây bụi      c. Nhóm cây thân thảo/dây leo

**Hình 4.** Chất lượng cây trồng LSNG dưới tán rừng sau 4 năm

Xét đồng thời tỷ lệ sống, sinh trưởng và chất lượng, không có một loài thể hiện ưu thế trên tất cả các chỉ tiêu. Xoan nhừ nổi bật về sinh trưởng đường kính và phát triển tán nhưng khả năng sống và chất lượng biến động; Uoir và Bứa sinh trưởng chậm hơn nhưng duy trì tỷ lệ sống khá; Khôi tia tương đối ổn định trong nhóm cây gỗ nhỏ/cây bụi; Mây nếp và Thiên niên kiện có tỷ lệ sống và chất lượng cao. Sự khác biệt này phản ánh đặc điểm sinh học và biện pháp kỹ thuật sử dụng không gian khác nhau giữa các dạng sống; vì vậy, lựa chọn loài LSNG cần gắn với mục tiêu sử dụng, dạng sống và điều kiện sinh thái dưới tán, thay vì xây dựng một thứ hạng chung cho tất cả các loài.

Trồng LSNG được thực hiện dưới tán lâm phần hiện có nên tác động của biện pháp được xem xét đồng thời qua khả năng thích ứng của cây trồng và sự chuyển biến cấu trúc thảm thực vật dưới tán. Sau 4 năm, tầng cây cao ở cả 4 mô hình (LSNG1 - LSNG4) tiếp tục sinh trưởng ổn định nhưng mức độ biến đổi không lớn: mật độ tầng cây gỗ tăng 10,9 - 13,7% (555 - 710 cây/ha), tiết diện ngang (G) tăng 21,9 - 24,5%, trữ lượng (M) tăng 21,3 - 23,5% và độ tàn che chỉ tăng nhẹ 0,06 - 0,07 (đạt 0,55 - 0,69). Trái lại, chuyển biến cấu trúc thể hiện rõ nét nhất ở

tầng dưới tán, với mật độ cây tái sinh tự nhiên tăng 19,5 - 28,3% (1.830 - 2.530 cây/ha, bổ sung thêm 3 - 4 loài tái sinh) và độ che phủ cây bụi - thảm tươi (SLC) tăng mạnh từ 11,0 - 15,5 điểm phần trăm (đạt 60,5 - 67,5%). Kết quả này cho thấy trồng LSNG dưới tán có xu hướng cải thiện cấu trúc thảm thực vật theo chiều thẳng đứng và bổ sung thành phần thực vật tầng dưới, trong khi chưa ghi nhận xáo trộn rõ rệt tầng tán rừng hiện có.

### 3.5. Đánh giá tổng hợp các biện pháp kỹ thuật phục hồi rừng phòng hộ đầu nguồn

Kết quả sau 4 năm cho thấy sự biến đổi cấu trúc thảm thực vật khác nhau tùy theo trạng thái rừng ban đầu và biện pháp kỹ thuật áp dụng. TRG hình thành tầng cây gỗ trên đất chưa có rừng; TBS kết hợp xúc tiến tái sinh tự nhiên với bổ sung cây mục đích; LGR bổ sung thành phần cây gỗ và cải thiện cấu trúc lâm phần ở rừng tre nứa và rừng gỗ; trong khi trồng LSNG chủ yếu bổ sung thành phần thực vật dưới tán ở các lâm phần đã có tầng cây cao. Vì vậy, kết quả phục hồi cần được xem xét trên cả cây trồng và sự biến đổi của tầng cây cao, tầng tái sinh và cây bụi - thảm tươi.

**Bảng 7.** Biến đổi một số chỉ tiêu cấu trúc liên quan đến chức năng phòng hộ của các thí nghiệm sau 4 năm

| Thí nghiệm | N cây gỗ sau 4 năm (cây/ha) | Tàn che BD     | Tàn che 4 năm | $\Delta$ tàn che | SLC BD (%) | SLC 4 năm (%) | $\Delta$ SLC (%) | Cai 4 năm (%) | FO <sub>UFC</sub> 4 năm (%) | Z 4 năm (%) |
|------------|-----------------------------|----------------|---------------|------------------|------------|---------------|------------------|---------------|-----------------------------|-------------|
| TRG1       | 574                         | $\approx 0,05$ | 0,56          | +0,51            | 78,0       | 62,0          | -16,0            | 69            | 72                          | 203         |
| TRG2       | 545                         | $\approx 0,05$ | 0,51          | +0,46            | 76,0       | 58,0          | -18,0            | 62            | 68                          | 188         |
| TBS-TN     | 590                         | 0,50           | 0,61          | +0,11            | 56,8       | 64,5          | +7,7             | 78            | 76                          | 218,5       |
| ĐC_TBS-TN  | 560                         | 0,50           | 0,58          | +0,08            | 56,5       | 63,0          | +6,5             | 73            | 72                          | 210,5       |
| TBS-G      | 665                         | 0,55           | 0,65          | +0,10            | 50,5       | 59,6          | +9,1             | 84            | 80                          | 223,6       |
| ĐC_TBS-G   | 575                         | 0,54           | 0,61          | +0,07            | 52,0       | 59,0          | +7,0             | 79            | 76                          | 218,0       |
| LGR-TN     | 490                         | 0,48           | 0,60          | +0,12            | 62,3       | 68,5          | +6,2             | 76            | 75                          | 219,5       |
| ĐC_LGR-TN  | 500                         | 0,47           | 0,56          | +0,09            | 59,0       | 65,0          | +6,0             | 72            | 70                          | 211,0       |
| LGR-G      | 655                         | 0,65           | 0,74          | +0,09            | 57,3       | 64,8          | +7,5             | 96            | 84                          | 244,8       |
| ĐC_LGR-G   | 545                         | 0,62           | 0,69          | +0,07            | 56,0       | 62,5          | +6,5             | 88            | 80                          | 230,5       |
| LSNG1      | 555                         | 0,48           | 0,55          | +0,07            | 54,2       | 66,0          | +11,8            | 70            | 74                          | 210,0       |
| LSNG2      | 580                         | 0,53           | 0,60          | +0,07            | 52,0       | 67,5          | +15,5            | 77            | 78                          | 222,5       |
| LSNG3      | 670                         | 0,58           | 0,64          | +0,06            | 49,5       | 60,5          | +11,0            | 83            | 81                          | 224,5       |
| LSNG4      | 710                         | 0,63           | 0,69          | +0,06            | 47,9       | 62,3          | +14,4            | 90            | 84                          | 236,3       |
| ĐC_LSNG    | 570                         | 0,54           | 0,59          | +0,05            | 51,0       | 62,0          | +11,0            | 76            | 76                          | 214,0       |

Ghi chú:  $\Delta$  độ tàn che là chênh lệch tuyệt đối giữa hai thời điểm;  $\Delta$ SLC được biểu thị bằng điểm phần trăm. Các thí nghiệm khác nhau về trạng thái ban đầu, tổ hợp loài và biện pháp kỹ thuật nên số liệu trong bảng được sử dụng để đánh giá xu hướng biến đổi cấu trúc trong từng thí nghiệm, không sử dụng để so sánh hoặc xếp hạng trực tiếp hiệu quả giữa các thí nghiệm.

Thí nghiệm TRG ghi nhận sự thay đổi rõ nhất về việc hình thành tầng cây cao do đối tượng ban đầu là đất chưa có rừng. Sau 4 năm, mật độ cây gỗ còn sống đạt 545 - 574 cây/ha, độ tàn che đạt 0,51 - 0,56, trong khi độ che phủ tầng thấp (SLC) giảm 16 - 18 điểm phần trăm. Sự suy giảm SLC gắn liền với quá trình phát triển của tầng cây trồng và tán cây mở rộng, làm thay đổi cấu trúc từ thảm cỏ, cây bụi sang trạng thái đã hình thành tầng cây gỗ. Do đó, biến đổi SLC cần được đánh giá đồng thời với sự hình thành tầng cây cao và lớp vật rơi rụng thay vì diễn giải riêng lẻ.

Tại các mô hình TBS, tầng cây cao và nguồn tái sinh tự nhiên đều có xu hướng phát triển tích cực, với độ tàn che tăng 0,10 - 0,11, SLC tăng 7,7 - 9,1 điểm phần trăm và mật độ tái sinh tăng 35,7 - 48,8%. Kết quả này cho thấy việc trồng bổ sung cây mục đích diễn ra đồng thời với sự

phát triển của nguồn tái sinh sẵn có và cấu trúc rừng nền, hoàn toàn phù hợp với các đối tượng còn khả năng tái sinh nhưng thiếu vắng hoặc phân bố không đều cây mục đích.

Tại thí nghiệm LGR, biến đổi thể hiện rõ rệt ở tầng cây cao và thành phần cây gỗ, với độ tàn che tăng 0,09 - 0,12, SLC tăng 6,2 - 7,5 điểm phần trăm; đồng thời mật độ cây gỗ, tiết diện ngang (G), trữ lượng (M) và mật độ tái sinh đều tăng. Quá trình này minh chứng cho sự kết hợp thành công giữa sinh trưởng của cây rừng hiện có và cây trồng bổ sung, qua đó từng bước cải thiện cấu trúc lâm phần.

Đối với các mô hình LSNG dưới tán, tầng cây cao tiếp tục sinh trưởng ổn định với độ tàn che biến đổi không lớn (tăng 0,06 - 0,07), trong khi mật độ tái sinh tăng 19,5 - 28,3% và SLC tăng 11,0 - 15,5 điểm phần trăm. Điều này phản ánh

rõ đặc thù tác động chủ yếu vào tầng dưới tán nhằm nâng cao tính đa tầng của thảm thực vật. Tuy nhiên, SLC tăng không đồng nghĩa trực tiếp với chức năng phòng hộ tầng tương ứng, vì ý nghĩa của độ che phủ tầng dưới còn phụ thuộc vào thành phần loài, tình trạng cây tái sinh, mức độ cạnh tranh của thực bì và các chỉ tiêu Cai, FO<sub>UFC</sub>.

Về cấu trúc tổng thể và cơ chế thủy văn, chỉ số cấu trúc tổng hợp (Z) sau 4 năm ở tất cả các mô hình đều đạt từ 188,0% đến 244,8%, vượt mức tham chiếu tối thiểu  $Z \geq 164\%$ . So với các ô đối chứng tương ứng, các mô hình TBS, LGR và LSNG đều đạt giá trị Z cao hơn, phản ánh xu hướng phát triển tích cực của thảm thực vật. Về mặt cơ chế, sự gia tăng đồng bộ của độ tàn che tán (Cai), lớp phủ sát đất (SLC) và vật rơi rụng (FO<sub>UFC</sub>) giúp hấp thụ động năng hạt mưa, giảm nén chặt đất mặt và làm chậm dòng chảy tràn. Tuy nhiên, các chỉ số hình thái này mới chỉ tạo lập bộ lọc sinh thái bề mặt; về mặt cơ chế cơ học, hệ thống rễ cọc và rễ bén của các loài cây bản địa (như Lim xanh, Giổi ăn hạt) sau 4 năm vẫn đang trong giai đoạn phát triển chiều sâu, chưa đạt trạng thái cực đại để neo giữ đất tầng sâu. Do đó, việc duy trì các ô định theo dõi dài hạn (đến giai đoạn 8 - 10 năm khi lâm phần khép tán hoàn toàn) là rất cần thiết để lượng hóa chính xác hiệu quả phòng hộ toàn diện của các mô hình.

Sự vượt trội của Giổi ăn hạt trong các thí nghiệm bắt nguồn từ đặc tính sinh học của loài gỗ bản địa có biên độ sinh thái rộng, khả năng chịu bóng nhẹ ở giai đoạn non và nhanh chóng vươn lên khi có không gian. Điều này rất tương đồng với các kết quả của Nguyễn Anh Dũng (2011) và Hoàng Văn Thắng và cộng sự (2018), khi xác định nhóm cây gỗ bản địa có bộ rễ phát triển mạnh thường thích nghi rất tốt với điều kiện đất trống hoặc rừng phục hồi. Ngược lại, các loài như Lim xanh hay Sao đen dù phẩm chất tốt nhưng nhịp sinh trưởng ban đầu chậm hơn. Qua đó, Giổi ăn hạt khẳng định vai trò là loài chủ lực, có tính ứng dụng cao trong cơ cấu cây trồng phục hồi rừng phòng hộ đầu nguồn.

Về mặt cơ chế sinh thái thủy văn, sự gia tăng độ tàn che tán (Cai) và lớp phủ sát đất (SLC, FO<sub>UFC</sub>) có vai trò hấp thụ động năng hạt mưa rơi, giảm hiện tượng nén chặt đất mặt và làm chậm dòng chảy tràn bề mặt (Bruijnzeel, 2004; Calder, 2007). Dù vậy, hiệu quả phòng hộ thực tế trên lưu vực đầu nguồn còn chịu sự chi phối phức tạp của các nhân tố phi thực vật như đặc tính cơ lý đất (dung trọng, độ thấm thấu, độ hồng tắng đất), lượng mưa và cường độ mưa đỉnh, độ dốc địa hình, cũng như lượng nước bốc thoát hơi qua bề mặt tán rừng (Creed, Van Noordwijk, 2018). Việc đạt các tiêu chuẩn về cấu trúc tầng tán sau 4 năm bước đầu xác nhận các giải pháp kỹ thuật góp phần phục hồi đáng kể diễn thế thảm thực vật, tạo tiền đề sinh thái cốt lõi để nâng cao chức năng phòng hộ trong giai đoạn cây trồng ở lâm phần bước vào tuổi thành thực.

Kết quả nghiên cứu cho thấy biện pháp kỹ thuật cần được lựa chọn theo trạng thái rừng và khả năng tái sinh tự nhiên. Đất chưa có rừng, nguồn tái sinh hạn chế cần chủ động tạo lập tầng cây gỗ bằng trồng rừng; lâm phần còn nguồn tái sinh nhưng thiếu hoặc phân bố không đều cây mục đích phù hợp với khoanh nuôi xúc tiến tái sinh kết hợp trồng bổ sung; rừng nghèo hoặc rừng tre nứa còn cấu trúc nên có thể áp dụng làm giàu để bổ sung cây mục đích; còn các lâm phần đã có tầng tán phù hợp có thể trồng bổ sung các loài LSNG nhằm tăng thành phần loài và phát triển thảm thực vật dưới tán. Cách tiếp cận này phù hợp với nguyên tắc lựa chọn mức độ tác động theo mức độ suy thoái và khả năng tự phục hồi của hệ sinh thái (Elliott *et al.*, 2013; Crouzeilles *et al.*, 2020).

#### IV. KẾT LUẬN

Bước đầu sau 4 năm triển khai các biện pháp kỹ thuật lâm sinh phục hồi rừng phòng hộ đầu nguồn tại Thành phố Đà Nẵng đã thể hiện sự tương thích rõ nét với từng trạng thái rừng, như sau:

- Về lựa chọn loài: Phần lớn các loài cây gỗ bản địa duy trì khả năng thích ứng và tỷ lệ sống cao.

Giới ăn hạt thể hiện ưu thế sinh trưởng vượt trội trên cả đất trống và dưới tán rừng nghèo; Giáng hương phát triển mạnh về tán; Sao đen và Lim xanh thích nghi ổn định với tỷ lệ cây có phẩm chất tốt cao. Đối với LSNG, các loài chịu bóng (Khôi tía, Rau sắng, Mây nếp, Thiên niên kiện) thể hiện tiềm năng sinh trưởng tốt dưới tán rừng khép tán; trong khi loài ưa sáng như Xoan nhừ cần tác động mở tán lớn hơn để đảm bảo không gian dinh dưỡng cho cây phát triển.

- Về cấu trúc thảm thực vật: Các biện pháp can thiệp đã thúc đẩy diễn thế lâm phần theo chiều hướng tích cực. Trồng rừng bản địa (TRG) đã bước đầu tạo lập tầng cây gỗ hỗn loài trên đất trống; khoanh nuôi xúc tiến tái sinh có trồng bổ sung (TBS) và làm giàu rừng (LGR) vừa bổ sung thể hệ cây mục đích, vừa thúc đẩy tích lũy trữ lượng tầng cây cao và nguồn giống tái sinh tự nhiên; trồng lâm sản ngoài gỗ (LSNG) góp phần nâng cao hiệu quả độ che phủ lớp thảm sát mặt đất. Chỉ số cấu trúc tổng hợp (Z) ở tất cả các mô hình bước đầu đều đạt ngưỡng quy định về cấu trúc hình thái đối với rừng phòng hộ đầu nguồn theo TCVN 13532:2022.

Tuy nhiên, các kết quả ghi nhận sau 4 năm mới chỉ phản ánh giai đoạn thiết lập ban đầu của cây trồng và những biến đổi hình thái bề mặt thảm thực vật. Trong điều kiện nghiên cứu, các chỉ tiêu này chưa đủ căn cứ để lượng hóa trực tiếp mức độ cải thiện chức năng phòng hộ thủy văn (giữ đất, hạn chế xói mòn, điều tiết dòng chảy kiệt...). Do đó, việc tiếp tục duy trì và theo dõi định kỳ hệ thống các thí nghiệm là hết sức cần thiết nhằm đánh giá chính xác hiệu quả phục hồi dài hạn khi lâm phần bước vào giai đoạn khép tán hoàn toàn, phân chia tầng thứ và quá trình tích tụ tự nhiên; đồng thời cung cấp cơ sở khoa học tin cậy để kịp thời điều chỉnh các kỹ thuật nuôi dưỡng rừng phù hợp, nhằm duy trì ổn định chức năng phòng hộ đầu nguồn bền vững.

***Lời cảm ơn:** Các tác giả trân trọng cảm ơn chủ nhiệm và các thành viên đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu các giải pháp phục hồi và phát triển bền vững rừng phòng hộ đầu nguồn vùng Nam Trung Bộ” giai đoạn 2021 - 2025 đã hỗ trợ xây dựng mô hình, điều tra và cho phép sử dụng số liệu phục vụ bài báo.*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ban quản lý rừng phòng hộ Phước Sơn, 2021. Phương án quản lý rừng bền vững Ban quản lý rừng phòng hộ Phước Sơn, giai đoạn 2020 - 2030.
2. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2022. TCVN 13532:2022. Rừng phòng hộ đầu nguồn - Các yêu cầu.
3. Bộ Nông nghiệp và Môi trường, 2026. Quyết định số 1106/QĐ-BNNMT ngày 31/3/2026 về việc công bố hiện trạng rừng toàn quốc năm 2025.
4. Bruijnzeel, L.A., 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? Agriculture, Ecosystems & Environment, 104, 185 - 228. DOI: 10.1016/j.agee.2004.01.015
5. Calder, I.R., 2007. Forests and water-Ensuring forest benefits outweigh water costs. Forest Ecology and Management, 251(1 - 2), 110 - 120. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.06.015
6. Trần Văn Con, Nguyễn Xuân Quát, Phạm Văn Mạch, Nguyễn Quang Khải, Nguyễn Văn Thông, Nguyễn Danh Minh, Cao Quang Nghĩa, Nguyễn Bá Văn, 2006. Phục hồi các hệ sinh thái rừng thoái hoá. Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội.
7. Chazdon, R.L., 2008. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. Science, 320(5882), 1458 - 1460. DOI: 10.1126/science.1155365
8. Chazdon, R.L., Guariguata, M. R., 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: Prospects and challenges. Biotropica, 48, 716 - 730. DOI: 10.1111/btp.12381
9. Creed I.F. and van Noordwijk M., 2018. Forest and Water on a Changing Planet: Vulnerability, Adaptation and Governance Opportunities. IUFRO World Series 38, Vienna.

10. Crouzeilles R., Beyer H.L., Monteiro L.M., Feltran-Barbieri R., Pessôa A.C.M., Barros F.S.M., Lindenmayer D.B., Lino E.D.S.M., Grelle C.E.V., Chazdon R.L., Matsumoto M., Rosa M., Latawiec A.E. and Strassburg B.B.N., 2020. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. *Conservation Letters*, 13: e12709.
11. Nguyễn Anh Dũng, 2011. Nghiên cứu bổ sung một số giải pháp kỹ thuật và kinh tế - xã hội phục hồi rừng phòng hộ xung yếu ven hồ sông Đà, tỉnh Hòa Bình. Luận án tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
12. Elliott S., Blakesley D. and Hardwick K., 2013. *Restoring Tropical Forests: A Practical Guide*. Royal Botanic Gardens, Kew, 344 pp.
13. Gann, G.D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C.R., Jonson, J., Hallett, J.G., Eisenberg, C., Guariguata, M.R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K. & Dixon, K.W., 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1): S1–S46.
14. Holl, K.D., Aide, T.M., 2011. When and where to actively restore ecosystems?. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558 - 1563. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.07.004
15. Keefe K., Schulze M.D., Pinheiro C., Zweede J.C. and Zarin D., 2009. Enrichment planting as a silvicultural option in the eastern Amazon: Case study of Fazenda Cauaxi. *Forest Ecology and Management*, 258: 1950 - 1959. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.07.037
16. Lamb, D., Gilmour, D., 2003. *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland.
17. Montagnini F., Eibl B., Grance L., Maiocco D. and Nozzi D., 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the Paranaense region of Misiones, Argentina. *Forest Ecology and Management*, 99: 237 - 246. DOI: 10.1016/S0378 - 1127(97)00209 - 0
18. Shono, K., Cadaweng, E.A., and Durst, P.B., 2007. Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands. *Restoration Ecology*, 15(4), 620 - 626. DOI: 10.1111/j.1526 - 100X.2007.00274.
19. Hoàng Văn Thắng, Đặng Thịnh Triều, Hoàng Văn Thành, Phùng Đình Trung, Cao Văn Lạng, Nguyễn Trọng Diễm và Trần Văn Đô, 2018. Promoting reforestation through supplementing native forest tree species in Northwestern Vietnam. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 6(3): 300 - 307.
20. Vũ Duy Văn, 2026. Nghiên cứu một số cơ sở khoa học và thực tiễn phục hồi rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nghèo lá rừng sản xuất ở Quảng Ninh. Luận án tiến sĩ Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.

**Email tác giả liên hệ:** tranhaislv@gmail.com

**Ngày nhận bài:** 03/08/2026

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa:** 28/08/2026; 01/09/2026

**Ngày duyệt đăng:** 04/09/2026