

**VIỆN KHOA HỌC LÂM NGHIỆP VIỆT NAM**

**TRẦN HOÀNG QUÝ**

**NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG TÍCH LŨY SINH KHỐI Ở HỆ  
SINH THÁI RỪNG THỨ SINH LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở  
KON HÀ NỪNG, GIA LAI**

**NGÀNH ĐÀO TẠO: ĐIỀU TRA VÀ QUY HOẠCH RỪNG  
MÃ NGÀNH: 9.62.02.08**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP**

**HÀ NỘI, 2021**

Công trình được hoàn thành tại Viện Khoa học lâm nghiệp Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học:

**GS.TSKH. NGUYỄN NGỌC LUNG**

Chủ tịch hội đồng: GS.TS. Võ Đại Hải

Phản biện 1: PGS.TS. Phạm Xuân Hoàn

Phản biện 2: PGS.TS. Triệu Văn Hùng

Phản biện 3: TS. Đào Công Khanh

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng chấm luận án cấp Viện họp tại: Văn phòng Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam- 46 Đường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm, Thành phố Hà Nội

Vào hồi giờ 8h30, ngày 14 tháng 7 năm 2021

Có thể tìm hiểu luận án tại: Thư viện Quốc gia và Thư viện Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Trần Văn Đô, Nguyễn Toàn Thắng, Đặng Văn Thuyết, Trần Quang Trung, **Trần Hoàng Quý**, Nguyễn Thị Thu Phương, Bùi Hữu Thường (2015), “Nghiên cứu tổng sinh khối rễ cám sản sinh hàng năm cho rừng tự nhiên lá rộng thường xanh tại Khu Bảo tồn thiên nhiên Cópia”, *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp* (2), tr.3814-3820.
2. Trần Văn Đô, Trần Quang Trung, Nguyễn Toàn Thắng, Đặng Văn Thuyết, **Trần Hoàng Quý**, Hoàng Thanh Sơn (2015), “Nghiên cứu xác định tổng sinh khối quang hợp cho rừng tự nhiên lá rộng thường xanh tại Sơn La”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn* (16), tr.130-135.
3. **Trần Hoàng Quý** (2018), “Tăng trưởng sinh khối dưới mặt đất của rừng thứ sinh lá rộng thường xanh tại Kon Hà Nừng, Gia Lai”, *Tạp Chí Khoa học Lâm nghiệp*, (2), tr.86-95.
4. **Trần Hoàng Quý**, Ninh Việt Khương, Trần Cao Nguyên (2019), “Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất của rừng thứ sinh lá rộng thường xanh tại Kon Hà Nừng, Gia Lai”, *Tạp Chí Khoa học Lâm nghiệp*, (1), tr.48-59.
5. Tran Van Do, Tamotsu Sato, Mamoru Yamamoto, Osamu Kozan, Nguyen Toan Thang, Vo Dai Hai, Tran Hoang Quy, Phung Dinh Trung, and Dang Van Thuyet (2018), “A new method for estimating coarse root production in forest ecosystem”, *Forest Science*, 65(2), pp.117-124. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxy043>

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết

Việc ước lượng chính xác tăng trưởng hàng năm về sinh khối của rừng nhiệt đới là rất cần thiết để giảm thiểu sự không chắc chắn trong ước lượng trữ lượng các bon thuần. Có thể nhận thấy một sự không nhất quán của các nghiên cứu trước đây và nghiên cứu hiện nay liên quan đến việc ước lượng sinh khối rừng cũng như phát thải và hấp thụ các bon của các HSTR. Sự khác nhau này có thể là do sự không chắc chắn của dữ liệu và các phương pháp khác nhau để ước lượng sinh khối rừng và các dòng các bon. Các nghiên cứu trước đây được dựa trên các đo đếm trực tiếp trên các ô tiêu chuẩn có kích thước nhỏ dẫn đến ước lượng cao về sinh khối. Các nghiên cứu hiện nay lại dựa vào số liệu kiểm kê rừng và cung cấp số liệu sinh khối ở qui mô quốc gia hoặc vùng. Một phương pháp thích hợp để ước lượng sinh khối rừng là rất cần thiết để giảm thiểu sự không chắc chắn trong giám sát các bon. Đã có không ít công trình nghiên cứu có hệ thống và khá toàn diện về khả năng lưu trữ sinh khối và các bon cho các đối tượng rừng trồng và rừng tự nhiên được tiến hành ở Việt Nam có thể làm cơ sở để định hướng và phát triển các nghiên cứu tiếp theo. Tuy nhiên, các công trình này vẫn còn một số hạn chế như: (i) Chỉ xác định sinh khối tại thời điểm lấy mẫu mà chưa nghiên cứu động thái hay khả năng tích lũy sinh khối của rừng theo thời gian; (ii) Sử dụng phương pháp làm ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu (chặt hạ cây giải tích, hoặc chặt hạ toàn diện lâm phần và đào lấy mẫu,...); (iii) Phần sinh khối chết tích lũy hàng năm chưa được quan tâm nghiên cứu; và (iv) Các công trình nghiên cứu hầu hết đều bỏ qua động thái tích lũy sinh khối rễ cám (là rễ có đường kính  $\phi < 2\text{mm}$ ). Để bổ sung cơ sở khoa học cho việc lượng hóa giá trị môi trường của HSTR lá rộng thường xanh Kon Hà Nừng - Gia Lai, cần thiết phải có những nghiên cứu mang tính hệ thống về tiềm năng tích lũy sinh khối, cũng như nâng cao độ chính xác trong ước lượng sinh khối tích lũy hàng năm dưới mặt đất của HSTR. Đó là lý do đề tài luận án: “*Nghiên cứu khả năng tích lũy sinh khối ở hệ sinh thái rừng thứ sinh lá rộng thường xanh tại Kon Hà Nừng, Gia Lai*” được chọn

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

**Mục tiêu chung:** Bổ sung cơ sở khoa học cho việc ước lượng sinh khối và các bon của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng, Gia Lai.

#### **Mục tiêu cụ thể**

Xác định được khả năng tích lũy sinh khối của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh làm cơ sở lượng hóa giá trị môi trường rừng và;

Nâng cao độ chính xác trong xác định sinh khối dưới mặt đất của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh tại Kon Hà Nừng, Gia Lai.

### **3. Đối tượng nghiên cứu**

Rừng thứ sinh lá rộng thường xanh trên núi đất tại khu vực Kon Hà Nừng, Gia Lai. Hai trạng thái chính được nghiên cứu là: (i) Rừng ít bị tác động (RiBTĐ), (ii) Rừng phục hồi (RPH).

### **4. Phạm vi nghiên cứu**

Khu rừng thực nghiệm nghiên cứu khoa học Kon Hà Nừng do Trung tâm lâm nghiệp nhiệt đới quản lý thuộc Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

### **5. Ý nghĩa của đề tài**

**Ý nghĩa khoa học:** Đã bổ sung cơ sở khoa học để xác định sinh khối của rừng lá rộng thường xanh, đặc biệt là sinh khối dưới mặt đất của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng.

**Ý nghĩa thực tiễn:** Đã xác định được khả năng tích lũy sinh khối của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng, Gia Lai. Ngoài ra, luận án cũng góp phần nâng cao độ chính xác cho phương pháp ước lượng sinh khối dưới mặt đất phục vụ các công trình nghiên cứu khoa học.

### **6. Những đóng góp mới của luận án**

1) Đã áp dụng phương pháp mới trên thế giới để xác định sinh khối rễ cám của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng, Gia Lai.

2) Bước đầu xác định được tăng trưởng sinh khối của rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng, Gia Lai.

### **7. Bố cục của luận án**

Luận án dài 104 trang, có 30 bảng và 27 hình. Ngoài danh mục 109 tài liệu tham khảo và phụ lục, luận án được kết cấu thành các phần sau đây:

Phần Mở đầu: 4 trang

Chương 1. Tổng quan nghiên cứu: 22 trang

Chương 2. Nội dung và phương pháp nghiên cứu: 21 trang

Chương 3. Kết quả và thảo luận: 55 trang

Kết luận và khuyến nghị: 2 trang.

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU**

### *1.1. Trên thế giới*

1.1.1. Nghiên cứu khả năng tích lũy sinh khối trên mặt đất

1.1.2. Nghiên cứu khả năng tích lũy sinh khối dưới mặt đất

1.1.3. Nghiên cứu về mối quan hệ giữa sinh khối và các nhân tố điều tra lâm phần

## 1.2. Trong nước

1.2.1. Nghiên cứu khả năng tích lũy sinh khối trên mặt đất

1.2.2. Nghiên cứu khả năng tích lũy sinh khối dưới mặt đất

1.2.3. Nghiên cứu về mối quan hệ giữa sinh khối và các nhân tố điều tra lâm phần

## 1.3. Thảo luận

Các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước là những cơ sở quan trọng để định hướng và phát triển các nghiên cứu tiếp theo về sinh khối và các bon rừng. Tuy nhiên, các nghiên cứu đã có còn một số hạn chế sau: (i) *Chỉ xác định sinh khối tại thời điểm lấy mẫu mà chưa nghiên cứu động thái hay khả năng tích lũy sinh khối của rừng theo thời gian*; (ii) *Sử dụng phương pháp làm ảnh hưởng đến đối tượng nghiên cứu như chặt hạ cây giải tích, chặt hạ toàn diện đối tượng (lâm phần) và đào lấy mẫu...* ưu điểm số liệu chính xác song nhược điểm loại bỏ đối tượng nghiên cứu, khó kiểm chứng hoặc kế thừa cho các nghiên cứu tiếp theo như tăng trưởng, cấu trúc, tiềm năng tích lũy sinh khối và (iii) *Phần sinh khối lũy hàng năm dưới mặt đất ít được đề cập, đặc biệt là việc xác định khối lượng rễ cám trong nhiều công trình nghiên cứu tại Việt Nam.*

Chính vì vậy, việc xác định sinh khối tích lũy thêm hàng năm (NEP) của HSTR tại Việt Nam, đặc biệt là phần rễ cám dưới mặt đất vẫn chưa được đề cập nhiều và cần được quan tâm hơn nữa trong thời gian tới nhằm đánh giá được giá trị thực tế về mặt môi trường của các HSTR Việt Nam đối với điều tiết CO<sub>2</sub> trong bầu khí quyển góp phần giảm hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu. Đây là cơ sở quan trọng góp phần vào lượng hoá giá trị môi trường rừng trong việc chi trả dịch vụ môi trường rừng đang áp dụng tại Việt Nam.

Xuất phát từ thực tiễn đó, đề tài: *“Nghiên cứu tiềm năng tích lũy sinh khối ở hệ sinh thái rừng thứ sinh lá rộng thường xanh tại Kon Hà Nừng, Gia Lai”* góp phần hạn chế một số nhược điểm trên, đây cũng xem như điểm mới trong ứng dụng phương pháp nghiên cứu sinh khối ở Việt Nam.

## CHƯƠNG 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nội dung nghiên cứu

(1) Nghiên cứu bổ sung một số đặc điểm lâm học của rừng thứ sinh lá rộng thường xanh.

(2) Nghiên cứu khả năng tích lũy (tăng trưởng) sinh khối của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh.

(3) Nghiên cứu nâng cao độ chính xác của phương pháp xác định sinh khối rễ dưới mặt đất.

## **2.2. Phương pháp nghiên cứu**

### **2.2.1. Phương pháp nghiên cứu nội dung 1**

Luận án kế thừa 10 ô tiêu chuẩn định vị của đề tài trọng điểm cấp Bộ (2006-2010 pha I; 2011-2015 pha II) “*Nghiên cứu đặc điểm lâm học của một số hệ sinh thái rừng tự nhiên chủ yếu ở Việt Nam*”. Để nghiên cứu bổ sung đặc điểm lâm học đề tài chỉ kế thừa số liệu điều tra thu thập lần cuối từ 10 ÔTCĐV được sử dụng để so sánh, đánh giá các đặc điểm của rừng LRTX tại Kon Hà Nừng với số liệu điều tra bổ sung của luận án năm 2017. Các ÔTCĐV thuộc hai trạng thái rừng: (i) Rừng ít bị tác động (RiBTĐ) là rừng đã bị tác động từ những năm 1980 với cường độ thấp và đã phục hồi rất tốt, hiện có cấu trúc gần với rừng nguyên sinh và trữ lượng rừng thuộc loại rất giàu ( $>300 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) đó là các ÔTCĐV số 2, 6, 8 và 9; (ii) Rừng phục hồi (RPH) là rừng bị tác động với cường độ cao hơn nhưng đã phục hồi khá tốt có trữ lượng trung bình đến giàu (trên dưới  $200 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) đó là các ÔTCĐV số 1, 3, 4, 5, 7 và 10.

Luận án đã bố trí bổ sung 6 ô tiêu chuẩn kích thước  $900 \text{ m}^2$  để thí nghiệm khả năng tích lũy sinh khối ở HSTR thứ sinh LRTX tại Kon Hà Nừng. Trong đó 3 ô tiêu chuẩn trên đối tượng RiBTĐ và 3 ô tiêu chuẩn rừng đã bị tác động nhiều hơn nhưng đã được phục hồi (gọi tắt là rừng phục hồi) để bố trí ô thí nghiệm cho mỗi trạng thái rừng, diện tích mỗi ô là  $900 \text{ m}^2$  ( $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ ). Các phương pháp bố trí thí nghiệm được thực hiện dựa theo đề tài “*Nghiên cứu ứng dụng các phương pháp tiên tiến trong đánh giá tiềm năng tích lũy sinh khối của một số hệ sinh thái rừng chính tại Việt Nam*” (3/2014 - 3/2016) (Trần Văn Đô và cs, 2016).

### **2.2.2. Phương pháp nghiên cứu nội dung 2**

#### ***Bố trí thí nghiệm***

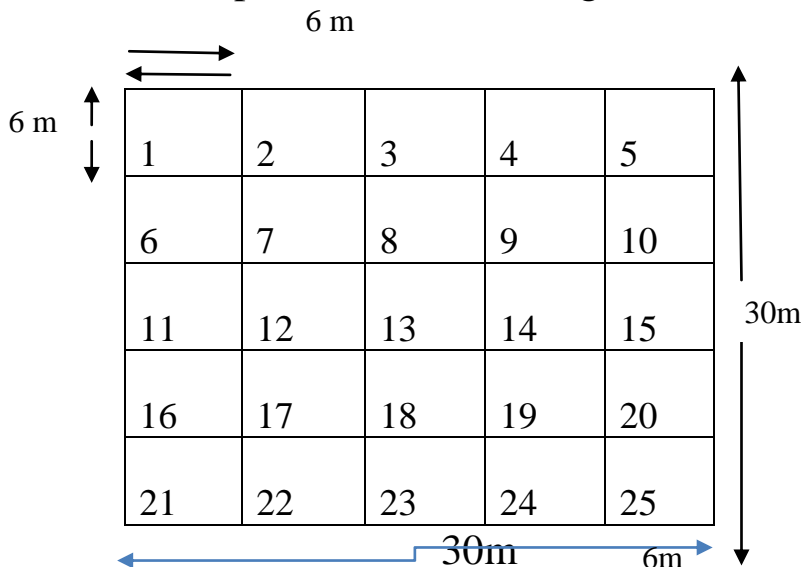
Trong mỗi ÔTC đại diện cho hai trạng thái rừng, việc bố trí thí nghiệm được thực hiện hoàn toàn giống nhau nhằm đảm bảo tính chính xác và khách quan của kết quả thu được. Tại mỗi địa điểm được chọn để thu thập số liệu, tiến hành bố trí thí nghiệm có diện tích  $900 \text{ m}^2$  ( $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ ). Các ô thí nghiệm này sẽ được chia ra làm 25 ô thứ cấp, diện tích  $36 \text{ m}^2$  ( $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ ) như trong Hình 2.2.

**Ghi chú:**

- Tại 4 ô thứ cấp (8, 12, 14, 18), rễ cám được xác định bằng các Core tăng trưởng, trong đó tại mỗi ô thứ cấp 18 core sẽ được chôn, tổng số là 72 core. 3 core tại mỗi ô được thu định kỳ 4 tháng/lần x 4 ô = 12 core/4 tháng/lần.

- Tại 4 ô thứ cấp (7, 9, 17, 19), phát triển của rễ cám được xác định bằng cách chôn hộp kính (1 hộp/ô) có kích thước (dài 29,7 cm, rộng 21 cm) phù hợp với máy scan A4. Số liệu được thu thập bằng cách nối máy tính xách tay để scan ảnh, định kỳ 1 tháng/lần trong thời gian 1/2016-1/2017

- Xác định hô hấp vi sinh vật đất được tiến hành tại 4 vị trí trong 4 ô thứ cấp thứ cấp (3, 11, 15, 23). Bên cạnh đó phương pháp túi phân hủy để xác định hô hấp vi sinh vật đất cũng được bố trí tại 4 ô này.



Hình 2.2. Bố trí thí nghiệm và thu thập số liệu trên ô thí nghiệm (30m x 30m)

**Thu thập số liệu**

- *Đối với tầng cây cao:* Sử dụng thước đo vành có gắn lò xo (dendrometer) để đo tăng trưởng chu vi một số cây (5 cây/loài) ở các cỡ kính khác nhau (Hình 2.3).

- *Đối với vật rơi rụng:* Tiến hành lập 12 ô dạng bản có kích thước 1 m x 1 m được bố trí trên hai đường chéo và 4 cạnh của ÔTC sơ cấp trên bề mặt nền rừng. Loại bỏ toàn bộ vật rơi rụng hiện có trong ô. Sau khi thu và cân vật rơi rụng tươi ngoài hiện trường, lấy mẫu đem phơi khô và sấy bằng tủ sấy ở nhiệt độ 105°C đến khối lượng không đổi và đem cân xác định khối lượng khô.

**Phương pháp xác định sinh khối rễ:**

- *Đối với sinh khối rễ lớn:*



Đào ba mẫu đất  $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$  ( $1\text{ m}^3$ ) để đo đường kính rễ lớn vào tháng 6 năm 2015 và tháng 6 năm 2016.

- Tháng 6 năm 2015, ba khối đất được đào cẩn thận bằng xẻng và bay. Đo chiều dài rễ và đường kính; đường kính của rễ được đo ở 3 điểm, hai điểm ở hai vách hố và một điểm ở giữa. Các điểm đo đường kính rễ được đánh dấu và ghi số bằng mực đỏ. Sau khi đo xong, lấp đất xuống hố để che tất cả các rễ. Tháng 6 năm 2016, đất lại được đào lên và đo lại đường kính rễ tại những điểm đã được đánh dấu. Quá trình này được thực hiện một cách cẩn thận để hạn chế tối đa ảnh hưởng đến rễ và bảo đảm rễ vẫn tiếp tục sinh trưởng bình thường.

- Để xây dựng phương trình tương quan giữa sinh khối rễ lớn và đường kính và chiều dài của rễ, bốn khối đất kích thước ( $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ) được đào để thu thập rễ lớn. Hai khối được đào vào mùa mưa (tháng 6 năm 2016) và hai khối được đào vào mùa khô (tháng 12 năm 2016). Tất cả rễ lớn trong khối đất được thu thập và cắt đoạn để đo sinh khối tươi (M bằng gam), chiều dài L và đường kính  $\varnothing$  bằng cm. Rễ lớn có đường kính  $<1\text{ cm}$  được cắt bằng kéo và rễ có đường kính lớn hơn được cắt bằng cưa tay. Các đoạn rễ tươi được cân đo sau đó mang về phòng thí nghiệm để xác định sinh khối khô bằng cách sấy ở nhiệt độ  $80^\circ\text{C}$  (Tran Van Do và cộng sự, 2018).

- Đối với sinh khối rễ cám: Sử dụng phương pháp CIE (Continuous Inflow Estimate) của Osawa và Aizawa (2012) và được Tran Van Do et al. (2015) cải tiến để ước lượng sản xuất rễ cám

***Phương pháp xác định phân hủy rễ cám chết:***

Sử dụng túi phân hủy (root-impermeable water-permeable sheet/RIWP, Toyobo Co., Osaka, Japan) được thiết kế bằng loại vải đặc biệt có kích thước  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  và các lỗ hồng  $6\text{ }\mu\text{m}$  cho phép nước, đất, vi sinh vật đất, nấm xuyên qua nhưng không cho rễ cám xuyên qua.

Cho  $1,2 - 1,7\text{ g}$  rễ cám khô vào trong túi, mỗi túi được ký hiệu 1 mã riêng. Trước khi chôn các túi rễ được ngâm trong nước 24 giờ nhằm đảm bảo độ ẩm của rễ trong túi tương đương độ ẩm của rễ ngoài hiện trường. Số lượng túi rễ được chôn là 40 túi tại 8 điểm của ÔTC, chôn ở độ sâu  $20\text{ cm}$ . Định kỳ thu túi rễ cùng thời điểm với thu core đất, thu mẫu mỗi lần 5 túi để xác định tỷ lệ phân hủy cho từng giai đoạn tương ứng. Sau khi thu, rễ còn lại trong túi được rửa sạch, sấy khô ở nhiệt độ  $80^\circ\text{C}$  bằng tủ sấy tới khối lượng không đổi và cân khối lượng để xác định tỷ lệ phân hủy rễ chết.

***Lựa chọn phương trình tương quan giữa sinh khối và  $D_{1,3}$***

- Áp dụng phương pháp do Kettering và cộng sự (2001) đề xuất, trong đó phương trình tương quan (allometric equation) giữa sinh khối cây cá thể và

nhân tố điều tra (đường kính) được sử dụng. Phương trình có dạng  $B = aD_{1,3}^b$ , trong đó B là sinh khối,  $D_{1,3}$  là đường kính ngang ngực và các tham số a, b.

- Sử dụng số liệu sinh khối từ 36 cây tiêu chuẩn để thử nghiệm và xác định phương trình tương quan phù hợp nhất để ước lượng sinh khối trên mặt đất cho rừng LRTX tại Kon Hà Nừng nhằm lựa chọn hàm thích hợp nhất, đó là hàm có sai số nhỏ nhất và độ tin cậy cao nhất.

### **Phương pháp xác định hô hấp đất**

Áp dụng 2 phương pháp khác nhau nhằm so sánh và xác định mức độ thích hợp của từng phương pháp đối với nghiên cứu rừng tại Việt Nam.

(i) Xác định hô hấp vi sinh vật đất bằng phương pháp buồng kín dùng máy đo trao đổi khí

(ii) Xác định hô hấp vi sinh vật đất bằng phương pháp túi phân hủy  
Số liệu được thu thập định kỳ 4 tháng/lần đối với sinh khối rễ sống, rễ chết, sinh khối chết trên mặt đất (vật rơi rụng).

### **Xử lý số liệu**

#### **• Tổng sinh khối thuần bậc 1 (NPP)**

NPP được xác định theo công thức 2.2:

$$NPP = \Delta M + \Delta Cr + Lf + Fp \quad (2.2)$$

Trong đó:  $\Delta M$  là tăng trưởng sinh khối trên mặt đất;

$\Delta Cr$ : tăng trưởng của rễ lớn;

$Lf$ : khối lượng vật rơi rụng;

$Fp$ : sinh khối rễ cám.

Sinh khối mất đi do thực vật và côn trùng ăn hại không được đề cập đến do chiếm tỷ lệ rất nhỏ. (Sinh khối thảm tươi cây bụi cũng chưa được đề cập trong đề tài này)

(i) *Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất* ( $\Delta M$ ) được xác định theo công thức 2.3:

$$\Delta M = M_i - M_j \quad (2.3)$$

Trong đó:  $M_i$  = là sinh khối được đo ở lần đầu tiên;

$M_j$  = là sinh khối ở lần đo sau.

(ii) *Tăng trưởng sinh khối rễ lớn* ( $\Delta Cr$ ):

Đường kính và chiều dài rễ lớn thu thập ở thời điểm  $t_i$  và  $t_j$  ( $\Delta t$ ;  $t_j \geq t_i$ ) được sử dụng để ước lượng sinh khối rễ lớn trên mỗi đơn vị diện tích trong khoảng thời gian  $\Delta t$ , giả thiết rằng khối đất thí nghiệm có diện tích bề mặt là A ( $m^2$ ). Tương quan giữa sinh khối rễ lớn với đường kính và chiều dài được xác định riêng cho từng thí nghiệm rễ lớn được đào, thu thập, cắt đoạn, đo chiều dài L (cm) và đường kính  $\phi$ (cm) và sấy khô đến khi khối lượng Cr (g) không đổi. Tương quan giữa khối lượng khô của đoạn rễ ( $Cr$ ) và  $\phi^2 \cdot L$  công thức 2.4:

$$Cr = a (\Phi^2 \cdot L)^b \quad (2.5)$$

Trong đó a và b là tham số cần ước lượng.

Phương trình 2.5 có thể chuyển đổi thành phương trình tuyến tính bằng cách logarithm hai vế của phương trình:

$$\log Cr = \log a + b \log(\Phi^2 \cdot L) \quad (2.6)$$

Tham số a và b được ước lượng bằng số liệu L,  $\Phi$  và Cr của rễ lớn thu thập ở thí nghiệm để xác định phương trình tương quan. Khối lượng rễ lớn cho mỗi đơn vị diện tích bề mặt đã biết ( $0,5m^2$ ) có thể được tính toán bằng phương trình 2.4 nếu biết số liệu đường kính và chiều dài của rễ từ khối đất với bề mặt  $0,5m^2$ . Tiếp theo, nếu đường kính và chiều dài của rễ lớn trong khối đất đã biết diện tích bề mặt được đo tại thời điểm  $t_i$  và  $t_j$  ( $\Delta t$ ;  $t_j \geq t_i$ ), thì sản xuất (tăng trưởng) rễ lớn ( $\Delta Cr$ ) trong thời gian  $\Delta t$  có thể ước lượng bằng phương trình 2.7:

$$\Delta Cr = Cr_j - Cr_i \quad (2.7)$$

Trong đó  $Cr_i$  và  $Cr_j$  được ước lượng từ phương trình 2.5 với  $L_i$  (chiều dài của rễ tại thời điểm  $t_i$ ),  $\Phi_i$  (đường kính rễ tại thời điểm  $t_i$ ),  $L_j$  (chiều dài của rễ tại thời điểm  $t_j$ ), và  $\Phi_j$  (đường kính của rễ tại thời điểm  $t_j$ ).

(iii) Sinh khối vật rơi rụng ( $Lf$ ) được xác định theo công thức 2.8

$$Lf = \sum_{i=1}^n (V_1 + \dots + V_n) / \sum_{i=1}^n (S_1 + \dots + S_n) \quad (2.8)$$

Trong đó:  $V_i$  là khối lượng của từng ô mẫu thu vật rơi rụng;

$S_i$  là diện tích tương ứng.

(iv) Sinh khối rễ cám ( $Fp$ ) xác định theo công thức 2.8:

$$Fp = (B_j - B_i) + (N_j - N_i) + \left[ -(N_j - N_i) - \left( \frac{N_j - N_i}{\gamma_{ij}} + N_i \right) * \ln(1 - \gamma_{ij}) \right] \quad (2.9)$$

Trong đó:  $B_i$  và  $B_j$  là sinh khối rễ cám sống trong cùng đơn vị thể tích đất tại thời điểm đo lần trước ( $t_i$ ) và tại thời điểm đo lần sau ( $t_j$ );  $N_i$  và  $N_j$  là sinh khối rễ cám chết trong cùng đơn vị thể tích đất tại thời điểm  $t_i$  và  $t_j$ ;  $\gamma_{ij}$  là tỷ lệ phân hủy rễ cám chết trong thời gian  $\Delta t$  ( $t_j - t_i$ ).  $B_i$ ,  $B_j$ ,  $N_i$ ,  $N_j$  được xác định bằng ống thép hình trụ như đã trình bày ở trên.

(iv) Xây dựng phương trình tương quan cho rễ lớn:

Các đoạn rễ được phân thành 5 cấp đường kính:  $\Phi = 0,2-1,0$ ;  $>1,0-2,0$ ;  $>2,0-3,0$ ;  $>3,0-5,0$  cm và  $>5,0$  cm. Năm tương quan tương ứng được xác định bằng phương pháp hồi qui để ước lượng tham số a và b của phương trình 2.6, hệ số xác định ( $R^2$ ), và độ lệch. Độ sai lệch giữa giá trị ước lượng và giá trị quan sát của tất cả các đoạn rễ được tính cho mỗi tương quan theo công thức: [Sai số (%) =  $100 \times (\text{khối lượng quan sát} - \text{khối lượng dự đoán}) / \text{khối lượng quan sát}$ ] và được gọi là sai số ước lượng

(Jerome Chave, 2005). Để đánh giá, dữ liệu các đoạn rẽ lựa chọn một cách ngẫu nhiên 80% để xây dựng mô hình và 20% để kiểm tra. Quá trình này được lặp lại 30 lần. Các tham số thống kê kiểm tra được tính cho tất cả 5 cấp đường kính và phối hợp tất cả các cấp kính. Các thông số thống kê kiểm tra gồm: độ lệch, phương sai bình quân (RMSPE), và sai số tuyệt đối bình quân (MAPE). Các tham số thống kê kiểm tra này được tính cho mỗi lần thực hiện chọn số liệu ngẫu nhiên và sau đó tính bình quân cho 30 lần thực hiện.

$$\text{Độ lệch} = \frac{100}{R} \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^{nr} \left[ \frac{O_{ri}-P_{ri}}{O_{ri}} \right] / n_r \quad (2.11)$$

$$\text{RMSPE} = \frac{100}{R} \sum_{r=1}^R \sqrt{\sum_{i=1}^{nr} \left[ \frac{O_{ri}-P_{ri}}{O_{ri}} \right]^2} / n_r \quad (2.12)$$

$$\text{MAPE} = \frac{100}{R} \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^{nr} \left[ \frac{O_{ri}-P_{ri}}{O_{ri}} \right] / n_r \quad (2.13)$$

Trong đó: R là số lần thực hiện (30); nr là số đoạn rẽ của mỗi lần thực hiện r; Ori và Pri là khối lượng quan sát và ước lượng của đoạn rẽ i tương ứng với lần thực hiện r. Sau khi kiểm tra, tham số mô hình (a và b của phương trình 2.5) và sai tiêu chuẩn của chúng được ước lượng cuối cùng bằng cách sử dụng toàn bộ số liệu phối hợp lại (Bảo Huy và cộng sự, 2016).

### CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Nghiên cứu bổ sung một số đặc điểm lâm học của rừng thứ sinh lá rộng thường xanh

##### 3.1.1. Đặc điểm các cấu trúc lâm phần

Rừng tự nhiên LRTX ở khu vực nghiên cứu được tổng hợp từ 10 ô tiêu chuẩn định vị (Bảng 3.1) cho thấy, đối với cây có  $D_{1,3} \geq 10\text{cm}$ , số loài biến động từ 69 đến trên dưới 94 loài và tỷ số hỗn loài từ 1/5 đến 1/8 (tức là cứ từ 5 cho đến 13 cây cá thể là có một loài). Hệ số Shannon-Wiener ( $H'$ ) biến động không lớn ( $H'$  biến thiên trong khoảng 3,75-4,03) giữa các ôc cho thấy cấu trúc thực vật ở khu vực nghiên cứu tương đối đồng nhất. Số loài chiếm ưu thế ( $IV \geq 5\%$ ) tham gia chính vào công thức tổ thành biến động từ 2-9 loài. Cấu trúc tổ thành đề cập đến sự tổ hợp và mức độ tham gia của các thành phần thực vật trong quần xã, đối . Tổ thành là một trong những chỉ tiêu cấu trúc quan trọng, nó cho biết số loài cây và tỷ lệ của mỗi loài hay một nhóm loài cây nào đó trong lâm phần. Tổ thành còn là chỉ tiêu dùng để đánh giá mức độ đa dạng sinh học, tính ổn định, tính bền vững của HSTR.

Cấu trúc tổ thành thay đổi theo không gian và thời gian. Nghiên cứu này tập trung phân tích tổ thành loài theo các OTCĐV của các khu vực nghiên cứu (diện tích OTCĐV = 1 ha) để đưa ra cách nhìn toàn diện về tổ

thành loài thực vật ở từng OTCDV khác nhau nói riêng và ở rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nói chung.

Tổng quát về đặc điểm cấu trúc tổ thành loài ưu thế ở từng OTCDV tại khu rừng khu vực nghiên cứu được thể hiện ở lần đo năm 2012 và ở lần đo sau đó 5 năm (năm 2017). Công thức tổ thành được viết theo chỉ số quan trọng IV, chỉ các loài có chỉ số  $IV \geq 0,5$  thì mới đưa vào công thức tổ thành, các loài có giá trị IV nhỏ hơn 0,5 được gộp vào nhóm loài khác. Lần đo năm 2012 cho thấy, trong ô tiêu chuẩn 1 ha, số loài có  $D_{1,3} \geq 10$  cm biến động từ 69 đến 92 loài, trong đó chỉ có từ 1-5 loài có chỉ số  $IV \geq 0,5$  và được viết vào công thức tổ thành. Số liệu về số loài cho thấy có sự thay đổi về số loài giữa hai lần đo, phần lớn ở các ô tiêu chuẩn thể hiện số loài ở lần đo năm 2017 có tăng lên so với lần đo vào năm 2012, chứng tỏ động thái thay đổi về số loài và tiết diện ngang của mỗi loài. Rừng ở khu vực nghiên cứu là rừng tự nhiên ít bị tác động và có cấu trúc tương đối ổn định, tuy nhiên vẫn có những thay đổi do tác động của các quá trình động thái như tăng trưởng, chết và chuyển cấp kính xảy ra thường xuyên trong rừng.

### *3.1.2. Tăng trưởng đường kính của lâm phần*

Các loài với dung lượng mẫu lớn có tăng trưởng bình quân về đường kính biến thiên từ 0,202 cm/năm (Kháo hoa thưa) đến 0,603 cm/năm (Giỏi hung); đường kính tối đa quan sát được biến động từ 22 cm (Kháo hoa thưa) đến 140 cm (Giỏi hung). Tăng trưởng đường kính bình quân của loài được tính từ các cây đo ít nhất hai lần và tính được Zd, các cây này có đường kính và tuổi khác nhau, tức ở các giai đoạn sinh trưởng khác nhau cho nên sẽ trung hòa được các giai đoạn sinh trưởng nhanh chậm của loài để phản ánh đặc trưng sinh trưởng nhanh hay chậm của loài với điều kiện dung lượng mẫu đủ lớn.

## **3.2. Khả năng tích lũy sinh khối của rừng LRTX**

### *3.2.1. Khả năng tích lũy sinh khối trên mặt đất*

#### **3.2.1.1. Lựa chọn mô hình tương quan để ước lượng sinh khối trên mặt đất**

Để ước lượng AGB, nhiều tác giả trong và ngoài nước đã sử dụng các phương trình tương quan giữa sinh khối cây cá thể và nhân tố điều tra để xác định mà không hủy hoại đối tượng như đường kính. Phương trình thường được sử dụng có dạng  $B = aD_{1,3}^b$  với sinh khối B, đường kính  $D_{1,3}$  và các tham số a và b. Số liệu từ các công trình đã công bố cho thấy giá trị của tham số a và b biến động phụ thuộc vào lập địa. Sự biến động này là nguồn sai số chủ yếu của ước lượng sinh khối bằng sử dụng phương trình tương quan khi không phân biệt các lập địa cụ thể. Tuy nhiên, việc thu thập số liệu B và  $D_{1,3}$  riêng biệt cho từng lập địa là không thể và tàn phá đối tượng rừng. Phương pháp lựa chọn tham số a và b không cần cách đo

đếm phá hoại đối tượng đã được Kettering và cộng sự (2001) đề xuất. Tham số  $b$  có thể ước lượng thông qua tương quan giữa  $H$  và  $D_{1,3}$  đặc trưng cho từng lập địa:  $H = kD_{1,3}^c$  và như vậy  $b = c + 2$ . Tham số  $a$  có thể ước lượng từ tỷ trọng gỗ bình quân (WD) của lập địa với  $a = WD \cdot r$  trong đó  $r$  hệ số tương đối ổn định giữa các lập địa. Từ số liệu thu thập của 36 cây mẫu ở Kon Hà Nừng.

Luận án đã xác định được tương quan giữa chiều cao và đường kính là:  $H = 2,732 \cdot D^{0,57}$  ( $R=0,992$ ). Như vậy  $b = 2+c = 2 + 0,57 = 2,57$ . Tham số  $a = WD \cdot r$ . Phương trình tương quan sinh khối sẽ trở thành  $B = r \cdot WD \cdot D_{1,3}^{c+2}$  (Quirine M Ketterings và cộng sự, 2001). Nếu dùng số liệu thu thập ở Kon Hà Nừng  $r = 0,151$  và tỷ trọng gỗ bình quân là  $0,5$ , như vậy, tham số  $a$  của phương trình tương quan là  $a = 0,151 \cdot 0,5 = 0,0755$ . Phương trình sinh khối tìm được cuối cùng là:

$$B = 0,0755 \cdot D_{1,3}^{2,57} \quad (R = 0,995)$$

Luận án đã sử dụng số liệu sinh khối thu thập từ 36 cây mẫu trong các ôtc ở vùng nghiên cứu để kiểm tra 8 phương trình tương quan được sử dụng tương đối phổ biến nhằm chọn được phương trình thích hợp nhất (có sai số nhỏ nhất). Giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất là  $8,4\%$  và lớn nhất là  $79,8\%$  với sai số trung bình đạt  $-36,8\%$ . Phương trình 2 có 7 sai số dương và 29 sai số âm, sai số trung bình là  $-8,9\%$ , sai số tuyệt đối nhỏ nhất  $0,1\%$  và lớn nhất là  $43,8\%$ . Phương trình 3 cũng tương tự phương trình 1 không có sai số dương, mắc sai số hệ thống ước lượng sinh khối cao hơn so với thực tế. Phương trình 4 có 3 sai số dương và 33 sai số âm ước lượng sinh khối cao hơn so với giá trị thực trung bình là  $53,5\%$ , giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất là  $17,5\%$  và lớn nhất là  $111,7\%$ . Phương trình 5 có sai số bình quân là  $-5,8\%$ , giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất chỉ  $0,5\%$  và lớn nhất  $16,3\%$ . Phương trình 6 có sai số trung bình lớn nhất ( $-105\%$ ), giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất là  $31\%$  và lớn nhất là  $163,6\%$ . Phương trình 7 có sai số bình quân là  $-23,3\%$ , giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất là  $1\%$  và lớn nhất là  $52,4\%$ . Phương trình 8 có sai số dương và âm tương đối cân bằng (17 và 19) sai số bình quân là  $-0,8\%$ , giá trị tuyệt đối nhỏ nhất của sai số là  $0,1$  và lớn nhất là  $31,2$ .

Như vậy, phương trình 8:  $B=0,0755 \cdot D^{2,57}$  của luận án có sai số nhỏ nhất và không phạm sai số hệ thống và luận án lựa chọn để ước lượng AGB.

3.2.1.2. Sinh khối trên mặt đất ước lượng từ 10 ô tiêu chuẩn định vị

#### a) Sinh khối sống

Kết quả tính toán cho 4 ô tiêu chuẩn định vị thuộc trạng thái rừng ít ị tác động được tổng hợp ở Bảng 3.7a.

Bảng 3.7a cho thấy, AGB của các OTCĐV thuộc rừng ít bị tác động biến thiên từ 301,34 đến 363,71 tấn/ha, đạt bình quân  $330,39 \pm 33,50$  tấn/ha trong năm 2012 và tăng lên từ 322,27 đến 385,22 tấn/ha, đạt bình quân  $366,72 \pm 33,81$  tấn/ha trong năm 2017; như vậy tăng trưởng AGB của rừng ít bị tác động biến thiên từ 3,99 đến 6,59 tấn/ha/năm, đạt bình quân  $4,77 \pm 1,22$  tấn/ha/năm.

*Bảng 3.7a. Sinh khối và tăng trưởng sinh khối khô trên mặt đất của 4 ô định vị rừng ít bị tác động*

| ÔTC        | N (cây/ha)  |             | Dtb (cm)    |             | G (m <sup>2</sup> /ha) |             | M (tấn/ha)   |              | ΔM (tấn/ha/n) |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
|            | 2012        | 2017        | 2012        | 2017        | 2012                   | 2017        | 2012         | 2017         |               |
| 2          | 558         | 550         | 25,6        | 26,7        | 40,9                   | 43,4        | 354,7        | 374,7        | 3,99          |
| 6          | 432         | 465         | 26,1        | 26,1        | 33,6                   | 36,9        | 301,8        | 334,7        | 6,59          |
| 8          | 529         | 541         | 24,8        | 25,5        | 39,2                   | 42,9        | 363,7        | 385,2        | 4,30          |
| 9          | 557         | 563         | 23,3        | 24,4        | 34,7                   | 38,6        | 301,3        | 322,3        | 4,19          |
| <b>TB</b>  | <b>519</b>  | <b>530</b>  | <b>24,9</b> | <b>25,7</b> | <b>38,3</b>            | <b>40,4</b> | <b>330,4</b> | <b>366,7</b> | <b>4,77</b>   |
| <b>STD</b> | <b>59,5</b> | <b>44,1</b> | <b>1,22</b> | <b>0,98</b> | <b>3,18</b>            | <b>3,21</b> | <b>33,50</b> | <b>33,81</b> | <b>1,22</b>   |

*Bảng 3.7b. Sinh khối và tăng trưởng sinh khối khô trên mặt đất của 6 ô định vị rừng phục hồi*

| ÔTC        | N (cây/ha) |              | Dtb (cm)    |             | G (m <sup>2</sup> /ha) |             | M (tấn/ha)   |              | ΔM (tấn/ha/n) |
|------------|------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
|            | 2012       | 2017         | 2012        | 2017        | 2012                   | 2017        | 2012         | 2017         |               |
| 1          | 397        | 410          | 24,5        | 24,7        | 24,7                   | 25,5        | 196,5        | 197,8        | 0,25          |
| 3          | 434        | 453          | 24,2        | 25,0        | 26,3                   | 29,4        | 202,46       | 238,85       | 7,28          |
| 4          | 483        | 510          | 22,5        | 23,1        | 26,0                   | 28,7        | 198,3        | 241,32       | 8,60          |
| 5          | 648        | 640          | 21,6        | 22,6        | 32,1                   | 34,4        | 241,66       | 274,68       | 6,60          |
| 7          | 626        | 643          | 23,1        | 23,9        | 34,4                   | 38,3        | 259,9        | 296,7        | 7,36          |
| 10         | 616        | 614          | 22,5        | 23,2        | 32,8                   | 35,7        | 254,5        | 288,9        | 6,88          |
| <b>TB</b>  | <b>534</b> | <b>545</b>   | <b>23.1</b> | <b>23.8</b> | <b>29.4</b>            | <b>32</b>   | <b>225.6</b> | <b>256,4</b> | <b>6,16</b>   |
| <b>STD</b> | <b>109</b> | <b>101.3</b> | <b>1.11</b> | <b>0.95</b> | <b>4.20</b>            | <b>4.88</b> | <b>29.65</b> | <b>37,38</b> | <b>2,98</b>   |

Kết quả tính toán cho 6 OTCĐV thuộc trạng thái RPH được tập hợp ở Bảng 3.7b cho thấy, AGB dao động từ 196,54 đến 259,97 trong năm 2012, đạt bình quân  $225,56 \pm 29,65$  tấn/ha và tăng lên 197,79 đến 296,68 tấn/ha đạt bình quân  $256,38 \pm 37,38$  tấn/ha trong năm 2017, như vậy tăng trưởng AGB của trạng thái rừng phục hồi dao động từ 0,25 đến 8,60 tấn/ha/năm, đạt bình quân  $6,16 \pm 2,98$  tấn/ha/năm. Tăng trưởng sinh khối trong rừng phục hồi lớn hơn tăng trưởng sinh khối trong rừng ít bị tác động nhưng lại biến động lớn



hơn. Điều đó phù hợp với quy luật sinh học của rừng, rừng càng gần với trạng thái nguyên sinh thì tổng sinh khối tích lũy càng cao nhưng tăng trưởng sinh khối hàng năm càng thấp.

### b) Sinh khối vật rơi rụng

Bảng 3.8 là số liệu vật rơi rụng (VRR) được tổng hợp từ 4 OTCDV của trạng thái RiBTĐ và 6 OTCDV của trạng thái đang phục hồi. Từ Bảng này ta thấy lượng VRR trong RiBTĐ biến thiên từ 6,40 đến 7,74 tấn/ha/năm, đạt bình quân khoảng  $7,28 \pm 0,40$  tấn/ha/năm; đối với RPH thì lượng VRR dao động từ 6,39 đến 12,19 tấn/ha/năm, đạt bình quân  $9,19 \pm 2,34$  tấn/ha/năm cao hơn so với trạng thái RiBTĐ nhưng lại có biến động lớn hơn nhiều điều đó nói lên rằng trạng thái RPH chưa ổn định bằng trạng thái RiBTĐ.

*Bảng 3.8. Khối lượng vật rơi rụng trong rừng LRTX*

| Rừng ít bị tác động |  |                        | Rừng đang phục hồi |  |                        |
|---------------------|--|------------------------|--------------------|--|------------------------|
| ÔTC                 | VRR trong tú húng (g/m <sup>2</sup> /ngày) | Quy về ha (tấn/ha/năm) | ÔTC                | VRR trong tú húng (g/m <sup>2</sup> /ngày) | Quy về ha (tấn/ha/năm) |
| 2                   | 1,89                                       | 6,90                   | 1                  | 1,75                                       | 6,39                   |
| 6                   | 2,05                                       | 7,48                   | 3                  | 2,34                                       | 8,54                   |
| 8                   | 1,92                                       | 7,01                   | 4                  | 3,34                                       | 12,19                  |
| 9                   | 2,12                                       | 7,74                   | 5                  | 3,25                                       | 11,86                  |
| TB                  | 2,00                                       | 7,28                   | 7                  | 2,08                                       | 7,59                   |
| STC                 | 0,11                                       | 0,400                  | 10                 | 2,34                                       | 8,54                   |
|                     |  |                        | TB                 | <b>2,52</b>                                | <b>9,19</b>            |
|                     |  |                        | STC                | <b>0,64</b>                                | <b>2,34</b>            |

### 3.2.1.3. Sinh khối trên mặt đất tính từ kết quả thí nghiệm

#### a) Sinh khối vật rơi rụng (sinh khối chết)

Sinh khối vật rơi rụng của 6 ô thí nghiệm của 2 trạng thái rừng được tổng hợp ở Bảng 3.9.

*Bảng 3.9. Sinh khối vật rơi rụng ở hai trạng thái rừng*

| TT ÔTC         | Rừng ít bị tác động      |              | Rừng đang phục hồi       |              |
|----------------|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------|
|                | (g/m <sup>2</sup> /ngày) | (tấn/ha/năm) | (g/m <sup>2</sup> /ngày) | (tấn/ha/năm) |
| 1              | 1,75                     | 638,75       | 2,01                     | 733,65       |
| 2              | 1,42                     | 518,3        | 2,42                     | 883,3        |
| 3              | 1,74                     | 635,1        | 2,36                     | 861,4        |
| Trung bình     | 1,64                     | 598,6        | 2,26                     | 824,9        |
| Sai tiêu chuẩn | 0,19                     | 69,35        | 0,22                     | 80,3         |

Kết quả cho thấy, sinh khối vật rơi rụng ở RPH cao hơn của RiBTĐ. Lượng vật rơi rụng trung bình đạt 1,64 g/m<sup>2</sup>/ngày (tương đương với 6,02 tấn/ha/năm) đối với RiBTĐ và 2,26 g/m<sup>2</sup>/ngày (tương đương với 8,25 tấn/ha/năm) đối với RPH. VRR ở đây thấp hơn so với trong các OTCDV,



tuy nhiên sự khác biệt này không chắc chắn về mặt thống kê và nguyên nhân có thể là do dung lượng mẫu khác nhau.

### b) Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất

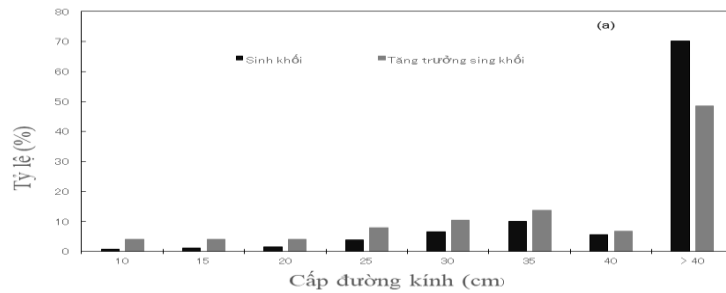
Dựa trên số liệu tăng trưởng đường kính được đo bằng thước (dendrometer), tăng trưởng AGB được ước lượng bằng phương trình 2.4 có dạng:

$$\Delta M = a \cdot D_j^b - a \cdot D_i^b$$

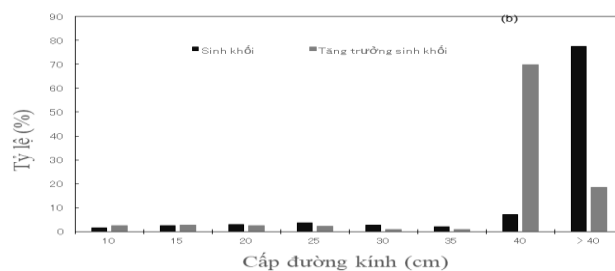
Trong đó tham số  $a = 0,0755$  và  $b = 2,57$ .

Trong 3 ô tiêu chuẩn thuộc đối tượng RiBTĐ đã tiến hành đo tăng trưởng đường kính bằng thước dendrometer 90 cây của 18 loài và ước lượng được tăng trưởng sinh khối trung bình là  $6,35 \pm 6,08$  kg/cây, cây có tăng trưởng sinh khối cao nhất là 22,44 kg và thấp nhất là 1,08 kg.

Đối với rừng đang phục hồi đã tiến hành đo 120 cây thuộc 24 loài (5 cây/loài) và ước lượng được sinh khối bình quân là  $7,87 \pm 7,75$  kg/cây với cây có tăng trưởng sinh khối thấp nhất là 0,99 và cao nhất là 29,24 kg (xem Bảng 3.10b). Tăng trưởng AGB ở RiBTĐ là  $4,31 \pm 0,17$  tấn/ha/năm và ở RPH là  $6,91 \pm 0,32$  tấn/ha/năm cao hơn nhiều RiBTĐ. Tăng trưởng sinh khối trong RPH biến động cao hơn so với RiBTĐ. Cấp đường kính lớn có vai trò lớn hơn đối với sinh trưởng sinh khối ở cả hai đối tượng rừng nghiên cứu. Trong RiBTĐ, tất cả các cây có  $D_{1,3} \leq 30$  cm đóng góp 14 % tổng AGB và 30,8 % tăng trưởng sinh khối (Hình 3.3). Trong khi đó tại RPH, tất cả các cây có  $D_{1,3} \leq 30$  cm đóng góp 13,3 % tổng AGB và 10,7 % tăng trưởng sinh khối (Hình 3.4).



Hình 3.3. Sinh khối và tăng trưởng sinh khối của RiBTĐ ở Kon Hà Nừng



Hình 3.4. Sinh khối và tăng trưởng sinh khối của trạng thái rừng đang phục hồi tại Kon Hà Nừng

### c) Tổng sinh khối trên mặt đất

Tổng AGB của rừng LRTX ở Kon Hà Nừng được tổng hợp ở Bảng 3.11 cho thấy, tăng trưởng sinh khối trên mặt đất biến thiên từ 10,3 đến 15,2 tấn/ha/năm, cao nhất ở rừng phục hồi và thấp nhất ở rừng ít bị tác động. Trong đó, tỷ lệ sinh khối sống chiếm từ 40,6 đến 52,3% và sinh khối vật rơi rụng chiếm từ 47,7 đến 59,4%.

Bảng 3.11. Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất của rừng ở Kon Hà Nừng

|                            | Vật rơi rụng | Sinh khối sống | Tổng tăng trưởng trên mặt đất |
|----------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| <b>Rừng ít bị tác động</b> |              |                |                               |
| Sinh khối (tấn/ha/năm)     | 6,02 ± 0,66  | 4,31 ± 0,17    | 10,33 ± 0,83                  |
| Các bon (tấn/ha/năm)       | 3,01         | 2,20           | 516                           |
| Tỷ lệ (%)                  | 47,7         | 52,30          |                               |
| <b>Rừng đang phục hồi</b>  |              |                |                               |
| Sinh khối (tấn/ha/năm)     | 8,25 ± 0,88  | 6,91 ± 0,32    | 15,16 ± 1,20                  |
| Các bon (tấn/ha/năm)       | 4,12         | 3,30           | 7,60                          |
| Tỷ lệ (%)                  | 55,70        | 43,30          |                               |

Kết quả này tăng trưởng AGB ở trạng thái RiBTĐ (10,33 tấn/ha/năm) và ít hơn ở trạng thái RPH (15,16 tấn/ha/năm).

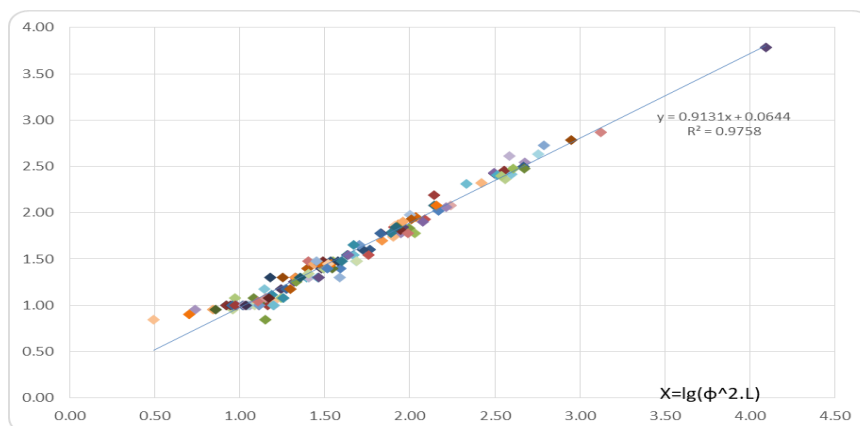
#### 3.2.2. Khả năng tích lũy sinh khối dưới mặt đất

##### 3.2.2.1. Tăng trưởng sinh khối cho rễ lớn

Số liệu đo đếm được dùng để ước lượng sinh khối rễ lớn tăng trưởng thêm trong thời gian một năm dựa trên phương trình tương quan giữa sinh khối rễ với đường kính và chiều dài rễ theo công thức (2.4):  $Cr = a * (\phi^2 * L)$ . Sự chênh lệch sinh khối rễ giữa lần đo 1 và lần đo 2 là tăng trưởng sinh khối rễ lớn trong 371 ngày trên bề mặt diện tích 1 m<sup>3</sup>. Sự chênh lệch này được tính riêng cho 3 mẫu đất thí nghiệm. Trung bình và sai tiêu chuẩn được tính cho từng mẫu đất có diện tích bề mặt 1 m<sup>3</sup>. Giá trị này sau đó được qui về cho đơn vị g/m<sup>2</sup>/ngày và tấn/ha/năm (xem Bảng 3.14).

Bảng 3.14. Tăng trưởng sinh khối rễ lớn giữa hai lần đo

| Ô mẫu (1m <sup>2</sup> bề mặt rừng) | Sinh khối (g/m <sup>2</sup> ) |                | Tăng trưởng sinh khối của 371 ngày g/m <sup>2</sup> | Tăng trưởng sinh khối (g/m <sup>2</sup> /ngày) |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------|---|--|
|                                     | Ngày 4.6.2015                 | Ngày 10.6.2016 |   |  |
| 1                                   | 268,1                         | 631,4          | 363,3   | 0,98   |
| 2                                   | 542,3                         | 880,4          | 338,1   | 0,91   |
| 3                                   | 339,9                         | 701,4          | 361,5   | 0,97   |
| Trung bình                          | 383,43                        | 737,73         | 354,3   | 0,95   |
| Sai tiêu chuẩn                      | 116,1                         | 104,85         | 11,48   | 0,03   |



Hình 3.7. Tương quan giữa đường kính, chiều dài và trọng lượng rễ lớn (đã được lo ga rút chuyển về dạng đường thẳng như công thức (2.6))

Khối lượng rễ là một hàm của cỡ kính và chiều dài rễ. Kết quả phân tích hồi quy đã xác định được phương trình tương quan giữa sinh khối rễ và chiều dài và đường kính rễ là:  $y=0,913x+0,064$  (Hình 3.7), dưới dạng phương trình (2.6) ở phần phương pháp. Phương trình có hệ số tương quan cao ( $R^2 = 0,975$ ). Thay các tham số của phương trình 2.6 vào phương trình 2.5 ta có phương trình để ước lượng sinh khối rễ như sau:

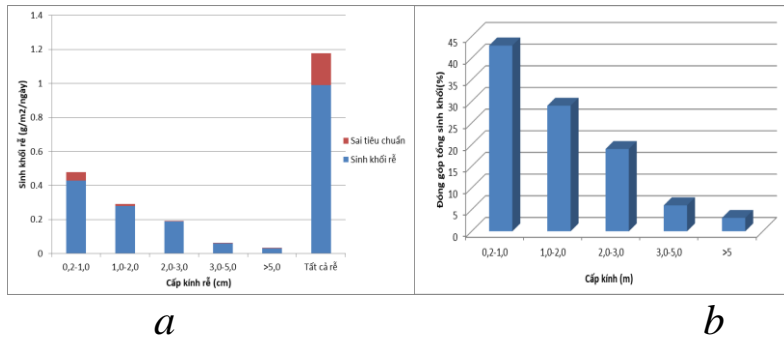
$$Cr = 1,1588x(\phi^{2 \times L})^{0,913}$$

Tổng sinh khối rễ lớn sản xuất trong rừng nghiên cứu ở Kon Hà Nừng là  $0,95 \pm 0,19$  g/m<sup>2</sup>/ngày tức là  $3,5 \pm 0,68$  tấn/ha/năm (Bảng 3.15).

Bảng 3.15. Ước lượng sinh khối rễ lớn của rừng Kon Hà Nừng

| Cỡ kính rễ (cm)  | Sinh khối rễ lớn (g/m <sup>2</sup> /ngày) |                | Sinh khối rễ lớn (tấn/ha/năm) |                |
|------------------|---|----------------|-------------------------------|----------------|
|                  | Trung bình                                | Sai tiêu chuẩn | Trung bình                    | Sai tiêu chuẩn |
| 0,2-1,0          | 0,42                                      | 0,05           | 1,6                           | 0,18           |
| 1,0-2,0          | 0,27                                      | 0,01           | 1                             | 0,04           |
| 2,0-3,0          | 0,17                                      | 0,0006         | 0,6                           | 0,02           |
| 3,0-5,0          | 0,06                                      | 0,003          | 0,2                           | 0,01           |
| >5,0             | 0,03                                      | 0,0002         | 0,1                           | 0,01           |
| <b>Tất cả rễ</b> | <b>0,95</b>                               | <b>0,19</b>    | <b>3,5</b>                    | <b>0,68</b>    |

Kết quả ước lượng tăng trưởng sinh khối rễ lớn được tổng hợp ở Bảng 3.14. Sinh khối rễ phân theo cỡ đường kính được tổng hợp ở hình 3.8a cho thấy: rễ lớn có đường kính nhỏ sản xuất sinh khối nhiều hơn, rễ lớn ở cỡ kính 0,2-1,0 cm sản xuất 0,42 g/m<sup>2</sup>/ngày, đóng góp 42,9% tổng sinh khối rễ lớn (Hình 3.8b). Sinh khối rễ lớn sản xuất tương ứng trong các cấp kính 1,0-2,0; 2,0-3,0; 3,0-5,0 và >5,0 lần lượt là 0,27; 0,17; 0,06 và 0,03 g/m<sup>2</sup>/ngày. Đóng góp vào tổng sản xuất rễ lớn là 29; 19; 6 và 3% tương ứng với các cỡ kính 1,0-2,0; 2,0-3,0; 3,0-5,0 và >5 cm.

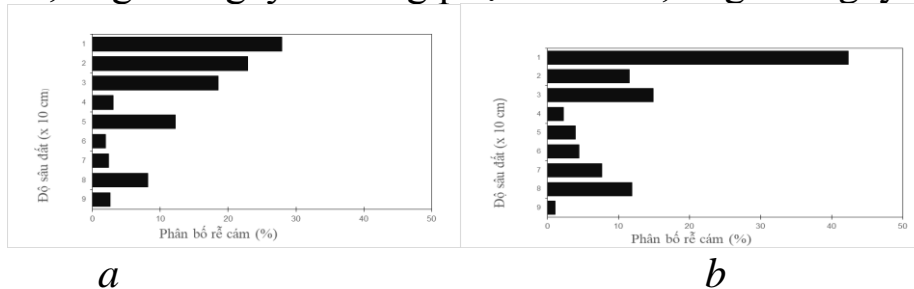


Hình 3.8a. Tăng trưởng sinh khối rễ lớn theo cấp kính (g/m<sup>2</sup>/ngày); b. Đóng góp của các cấp kính vào tăng trưởng sinh khối (%)

### 3.3.2. 2. Tăng trưởng sinh khối dưới mặt đất cho rễ cám

#### a. Phân bố của rễ cám theo độ sâu tầng đất

Lượng rễ cám phân bố ở độ sâu 0-20 cm trong cả rừng ít bị tác động (Hình 3.9a) và rừng phục hồi chiếm chủ yếu (Hình 3.9b). Càng xuống sâu, lượng rễ cám càng giảm dần. Trong rừng ít bị tác động 50,9 % rễ cám phân bố ở độ sâu 0-20 cm, trong khi đó ở rừng phục hồi là 53,8 %. Rễ cám sống, chết và phân hủy ở rừng ít bị tác động và rừng phục hồi chưa có sự khác nhau. Rễ bị phân hủy đạt 0,006 g/m<sup>2</sup>/ngày tại rừng ít bị tác động và 0,011 g/m<sup>2</sup>/ngày tại rừng phục hồi. Lượng rễ cám chết là như nhau giữa hai đối tượng. Trong khi đó tổng sinh khối rễ sản sinh tại rừng ít bị tác động là 0,20 g/m<sup>2</sup>/ngày và rừng phục hồi là 0,18 g/m<sup>2</sup>/ngày.



Hình 3.9a. Phân bố rễ cám (tính theo trọng lượng) theo độ sâu tầng đất RiBTĐ; b. Phân bố rễ cám (tính theo trọng lượng) theo độ sâu tầng đất rừng đang phục hồi.

Hình 3.9 thể hiện phân bố của rễ cám sống (Hình 3.9a) và rễ cám chết (Hình 3.9b) theo độ sâu tầng đất. Từ hình 3.9a cho thấy, trên đối tượng rừng điều tra, rễ cám sống có thể phân bố tới độ sâu 1 m. Tuy nhiên hơn 50% rễ cám sống phân bố ở độ sâu 0-20 cm, đây là tầng đất có hàm lượng mùn, dinh dưỡng và độ ẩm cao. Do vậy rễ cám tập trung phân bố để hút chất dinh dưỡng và nước để nuôi cây. Do có nhiều rễ cám sống phân bố, dẫn đến rễ cám chết cũng tập trung phân bố ở tầng đất mặt. Sau khi chết nó sẽ bị phân hủy và trả lại chất dinh dưỡng cho đất.

#### b. Tốc độ phân hủy rễ cám

Tốc độ phân hủy của rễ cám ở các túi rễ chôn ở các vị trí khác nhau có tỷ lệ phân hủy khác nhau, phạm vi biến động của tỷ lệ phân hủy từ 0,39

đến 1 (rễ gần như phân hủy hoàn toàn). Điều này cho thấy tiêu hoàn cảnh tại vị trí chôn mẫu có ảnh hưởng lớn tới tỷ lệ phân hủy.

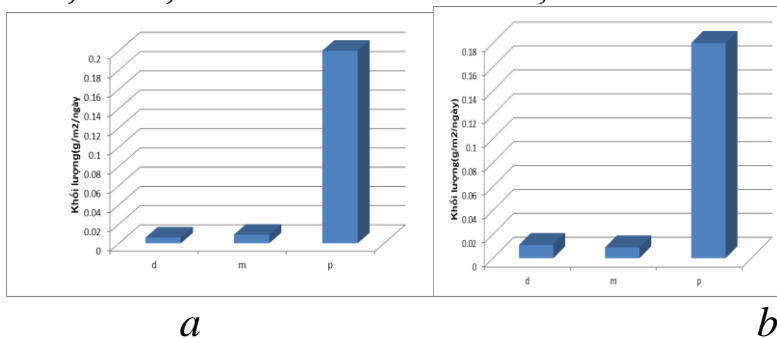
Sau khi chôn 10 tháng, rễ cám chết có tỷ lệ phân hủy trung bình đạt 0,54. Như vậy có thể thấy, sau khoảng 20 tháng thì rễ cám chết đi sẽ được phân hủy hoàn toàn để trả lại dinh dưỡng cho đất. Tốc độ phân hủy rễ cám phụ thuộc chủ yếu vào điều kiện khí hậu, nơi có độ ẩm cao, nhiệt độ cao và lượng mưa nhiều sẽ thúc đẩy quá trình hoạt động của vi sinh vật đất, tăng tốc độ phân hủy rễ cám. Tốc độ phân hủy của rễ cám nhỏ có đường kính ( $\phi \leq 1$  mm) cao hơn rễ cám lớn có đường kính ( $1 < \phi \leq 2$  mm). Trong thời gian từ tháng 3 đến tháng 6, tốc độ phân hủy của rễ cám nhỏ là 0,284, trong khi của rễ cám lớn là 0,213 chết (Tran Van Do và cộng sự, 2015).

### c) Sinh khối rễ cám sản sinh

Rễ cám sống, chết và phân hủy ở rừng ít bị tác động (Hình 3.10a) và (RPH) chưa có sự khác nhau (Hình 3.10b). Rễ bị phân hủy đạt 0,006 g/m<sup>2</sup>/ngày tại (RIBTĐ) và 0,011 g/m<sup>2</sup>/ngày tại (rừng đang phục hồi). Lượng rễ cám chết là như nhau giữa hai đối tượng. Trong khi đó tổng sinh khối rễ sản sinh tại (RIBTĐ) là 0,20 g/m<sup>2</sup>/ngày và (rừng đang phục hồi) là 0,18 g/m<sup>2</sup>/ngày. *Tổng sản xuất rễ cám trong RIBTĐ là 0,73±0,28 và trong Rừng đang phục hồi là 0,66±0,25 tấn/ha/năm.*

Ngoài ra, sinh khối rễ cám sản sinh phụ thuộc vào đối tượng rừng, khu vực nghiên cứu, tuổi rừng, điều kiện khí hậu, thổ nhưỡng. Như vậy, những nghiên cứu về sinh khối rễ cám sản sinh ra nên được thực hiện cho từng đối tượng rừng, trên các vùng khí hậu thổ nhưỡng khác nhau. Từ đó thì hiểu biết về sinh khối rễ cám sản sinh ra, vai trò của rễ cám đối với hệ sinh thái, cũng như chu trình các bon trong hệ sinh thái rừng mới được đầy đủ và hoàn thiện.

Tổng sinh khối sản xuất (tích lũy) dưới mặt đất được tổng hợp ở Bảng 3.18 cho thấy sinh khối dưới mặt đất của rừng ít bị tác động là 4,24±0,96 tấn/ha/năm (trong đó sinh khối rễ lớn chiếm 85,1%) và trong rừng phục hồi là 4,16±0,93 tấn/ha/năm với 84,5% là rễ lớn.



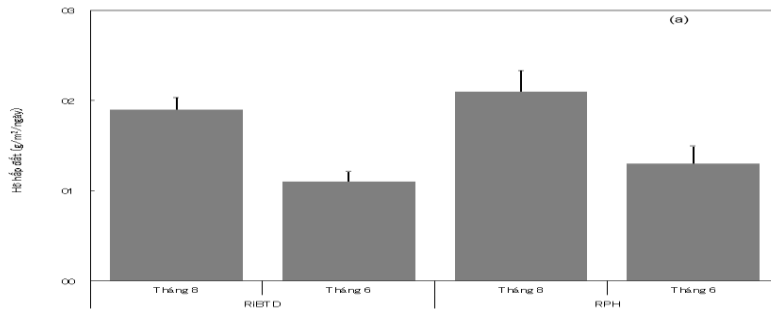
Hình 3.10a. Rễ cám phân hủy (d), chết (m), và sống (p) rừng ít bị tác động; b. Rễ cám phân hủy (d), chết (m) và sống (p) rừng phục hồi.

Bảng 3.18. Sinh khối dưới mặt đất của rừng thí nghiệm

|                     | Rừng ít bị tác động | Rừng đang phục hồi |
|---------------------|---------------------|--------------------|
| Rễ cám (tấn/ha/năm) | 0,73±0,28           | 0,66±0,25          |
| Rễ lớn (tấn/ha/năm) | 3,5±0,68            | 3,5±0,68           |
| Tổng (tấn/ha/năm)   | 4,24±0,96           | 4,16±0,93          |

### 3.2.2.3. Hô hấp vi sinh vật đất

Kết quả có sự khác nhau tùy theo thời gian đo và trạng thái rừng (Hình 3.11). Từ Hình 3.11 ta thấy, hô hấp của cả hai trạng thái rừng vào tháng 8 cao hơn tháng 6. Hô hấp ở trạng thái rừng đang phục hồi cao hơn so với RiBTĐ.



Hình 3.11. Hô hấp đất theo mùa của rừng ở Kon Hà Nừng

Hô hấp đất trong rừng ít bị tác động thấp hơn so với rừng phục hồi ở bất kỳ thời điểm nào (Hình 3.11). Giá trị bình quân hô hấp đất là  $3\pm 0,2$  g/m<sup>2</sup>/ngày sinh khối khô (tương đương với 1,5 g cacbon/m<sup>2</sup>/ngày) đối với rừng ít bị tác động và  $3,4$  g/m<sup>2</sup>/ngày (tương đương 1,7 g cacbon/m<sup>2</sup>/ngày) đối với rừng phục hồi (Bảng 3.19).

Bảng 3.19. Hô hấp đất bình quân của rừng ở Kon Hà Nừng

|                                    | Rừng ít bị tác động | Rừng đang phục hồi |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Sinh khối (g/m <sup>2</sup> /ngày) | 3,0±0,2             | 3,4±0,3            |
| Các bon (g/m <sup>2</sup> /ngày)   | 1,5±0,1             | 1,7±0,15           |

Như vậy, hô hấp đất trung bình năm của rừng Kon Hà Nừng là  $10,95\pm 0,73$  tấn/ha/năm sinh khối khô đối với rừng ít bị tác động, thấp hơn rừng phục hồi là  $12,41\pm 1,10$  tấn/ha/năm.

### 3.2.3. Tổng lượng tăng trưởng sinh khối tích lũy hàng năm

Kết quả tổng hợp ở Bảng 3.20 cho thấy tăng trưởng sinh khối hàng năm của rừng ít bị tác động đạt  $3,62\pm 1,06$  tấn/ha/năm ít hơn so với rừng phục hồi đạt  $7,02\pm 1,03$  tấn/ha/năm.

Bảng 3.20. Tổng hợp tăng trưởng sinh khối tích lũy của rừng nghiên cứu

|                     | Trên đất   | Dưới đất  | Hô hấp đất | Tổng      |
|---------------------|------------|-----------|------------|-----------|
| Rừng ít bị tác động |            |           |            |           |
| Sinh khối           | 10,33±0,83 | 4,24±0,96 | 10,95±0,73 | 3,62±1,06 |

|                           | Trên đất  | Dưới đất  | Hô hấp đất | Tổng      |
|---------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| (tấn/ha/năm)              |           |           |            |           |
| Các bon<br>(tấn/ha/năm)   | 5,2       | 2,12      | 5,45       | 1,8       |
| Rừng phục hồi             |           |           |            |           |
| Sinh khối<br>(tấn/ha/năm) | 15,16±1,2 | 4,16±0,93 | 12,41±1,10 | 7,02±1,03 |
| Các bon<br>(tấn/ha/năm)   | 7,6       | 0,99      | 6,2        | 3,5       |

### 3.3. Nâng cao độ chính xác của phương pháp xác định sinh khối rễ

Luận án này áp dụng phương pháp mới để ước lượng sinh khối rễ lớn mà không phải đào cây tiêu chuẩn với qui mô lớn. Phương pháp này được phát triển để áp dụng cho rừng lá LRTX ở Việt Nam (Tran Van Do và cộng sự, 2018). Số liệu đo đường kính và chiều dài rễ lớn tại thời điểm  $t_j$  và  $t_i$  ( $\Delta t$ ;  $t_j \geq t_i$ ) được sử dụng để ước lượng sản xuất rễ lớn trong thời  $\Delta t$ . Phương pháp kiểm tra mô hình ước lượng khối lượng rễ lớn (Cr) thông qua chiều dài và bình phương đường kính rễ lớn ( $\Phi^2 \cdot L$ ). Kết quả chỉ ra rằng sai số phối hợp của ước lượng sinh khối rễ lớn khi sử dụng các tương quan này là 3,4 % cao hơn. Sản xuất sinh khối rễ lớn trong nghiên cứu này là 0,99 g/m<sup>2</sup>/ngày.

#### 3.3.1. Nâng cao phương pháp xác định sinh khối rễ lớn

##### 3.3.1.1. Xây dựng phương trình tương quan

Tổng cộng có 268 đoạn rễ được thu thập từ 3 khối đất 1 m<sup>3</sup> (1 m × 1 m × 1 m). Có 4 đoạn rễ có đường kính >5 cm, 6 đoạn rễ trong cỡ kính 3,0-5,0cm, 11 đoạn rễ trong cỡ kính 2,0 - 3,0, 95 đoạn rễ trong cỡ kính 3,0 - 4,0 và 152 đoạn rễ trong cỡ kính 0,2 - 1,0 cm (Bảng 3.21). Tổng chiều dài các đoạn rễ lớn thu thập trong 3 khối đất 16.590 cm, và tổng khối lượng khô là 16.257 g (Bảng 3.21). Tăng trưởng đường kính của rễ lớn phụ thuộc vào cỡ kính theo xu hướng nhỏ dần khi cỡ đường kính rễ tăng lên.

Bảng 3.21. Chiều dài, tăng trưởng đường kính, khối lượng khô và độ ẩm của rễ lớn

| Cấp kính<br>(cm) | $\Delta\Phi$<br>(TB±STD;<br>mm/năm) | Số đoạn<br>rễ | Chiều dài rễ<br>(cm) | Khối lượng<br>khô của rễ (g) | Độ ẩm<br>(%) |
|------------------|-------------------------------------|---------------|----------------------|------------------------------|--------------|
| 0,2 - 1,0        | 1,34 ± 0,12                         | 152           | 5 - 125              | 2 - 129                      | 48 - 60      |
| 1,0 - 2,0        | 1,06 ± 0,11                         | 95            | 3 - 98               | 2 - 288                      | 43 - 50      |
| 2,0 - 3,0        | 0,95 ± 0,08                         | 11            | 7 - 89               | 8 - 418                      | 40 - 46      |
| 3,0 - 5,0        | 0,88 ± 0,06                         | 6             | 4 - 78               | 44 - 876                     | 36 - 42      |
| >5,0             | 0,63 ± 0,07                         | 4             | 27 - 48              | 400 - 1.188                  | 32 - 34      |
| Tất cả rễ        |                                     | 268           | 16.590               | 16.257                       |              |

Kiểm tra mô hình cho rễ có đường kính  $>5,0$  cm có độ lệch nhỏ nhất (-2,3). Độ lệch tăng tỷ lệ thuận đối với cấp kính 0,2–1,0 cm (-4,1), cấp kính 2,0 - 3,0 cm (-5,1), cấp kính 1,0 - 2,0 cm (-8,0), và cấp kính 3,0 - 5,0 cm (-13,3). Mô hình chung cho cấp kính hỗn hợp của tất cả các đoạn rễ có độ lệch -6,6. Tương quan dựa trên tất cả các đoạn rễ có hệ số xác định ( $R^2$ ) là 0,84 (Bảng 3.20), và nó ước lượng sinh khối rễ cao hơn 18,8% đối với tất cả các đoạn rễ (Bảng 3.22). Sai số ước lượng phối hợp nhỏ hơn khi năm cấp đường kính rễ lớn được áp dụng riêng lẻ với những hàm tương quan đúng với chúng (Bảng 3.22).

Bảng 3.22. Kết quả kiểm tra mô hình tương quan

| Cấp kính (cm) | Tỷ lệ độ lệch | RMSPE | MAPE |
|---------------|---------------|-------|------|
| 0,2-1,0       | -4,1          | 31,7  | 19,8 |
| 1,0-2,0       | -8,0          | 36,3  | 19,7 |
| 2,0-3,0       | -5,1          | 7,8   | 13,6 |
| 3,0-5,0       | -13,3         | 35,6  | 29,0 |
| 3,0-5,0       | -13,3         | 35,6  | 29,0 |
| 3,0-5,0       | -13,3         | 35,6  | 29,0 |

Bảng 3.23. Ước lượng tham số phương trình tương quan sinh khối rễ

| Cấp kính (cm) | $R^2$  | Tham số ước lượng |        | Sai tiêu chuẩn |        | Sai số ước lượng sinh khối rễ (%) |
|---------------|--------|-------------------|--------|----------------|--------|-----------------------------------|
|               |        | a                 | b      | a              | b      |                                   |
| 0,2-1,0       | 0,68   | 1,8289            | 0,6104 | 0,0781         | 0,0653 | 11,6                              |
| 1,0-2,0       | 0,76   | 0,5568            | 1,0085 | 0,0902         | 0,0672 | 3,9                               |
| 2,0-3,0       | 0,88   | 0,2056            | 1,1820 | 0,1337         | 0,0540 | 0,3                               |
| 3,0-5,0       | 0,87   | 2,7416            | 0,7213 | 0,0861         | 0,0394 | 5,2                               |
| $>5,0$        | 0,67   | 2,1717            | 0,8147 | 0,1501         | 0,1088 | 0,6                               |
| Tất cả rễ     | 0,9758 | 0,9131            | 0,9758 | 0,0504         | 0,0424 | 18,8                              |

Tương quan của rễ lớn  $>5$  cm có hệ số xác định là 0,67 và ước lượng cao hơn 0,6% của khối lượng rễ. Tương quan của rễ trong cỡ kính 3,0 - 5,0 cm có hệ số xác định là 0,87 và ước lượng khối lượng rễ cao hơn 5,2%. Tương quan của cỡ rễ lớn trong cỡ kính 2,0 - 3,0 cm có hệ số xác định là 0,88 và ước lượng sinh khối rễ thấp hơn 0,3%. Tương quan của rễ lớn trong cỡ kính 1,0 - 2,0 cm có hệ số xác định 0,76 và ước lượng khối lượng rễ cao hơn 3,9%. Tương quan của sinh khối rễ trong cỡ kính 0,2 - 1,0 cm có hệ số xác định là 0,68 và ước lượng khối lượng rễ cao hơn 11,6% (Bảng 3.23). Sai số phối hợp của ước lượng sinh khối rễ lớn sử dụng 5 hàm tương quan là 3,4% cao hơn so sánh với ước lượng cao hơn 18,8% của mô hình phối hợp riêng lẻ. Khối lượng rễ là một hàm của cỡ kính và chiều dài



rễ. Từ số liệu thu thập được về số đoạn rễ, chiều dài và trọng lượng (Bảng 3.20), đã xây dựng được phương trình tương quan giữa các thông số điều tra cho tất cả rễ lớn dưới dạng phương trình bậc nhất  $y=0,913x+0,064$  (Hình 3.8), dưới dạng phương trình (2.6) ở phần phương pháp. Phương trình có hệ số tương quan cao ( $R^2 = 0,975$ ) và có thể sử dụng để ước lượng sinh khối rễ lớn mà không cần phải thu thập rễ để cân đo theo phương pháp truyền thống. Thay các tham số của phương trình 2.6 vào phương trình 2.5 ta có phương trình để ước lượng sinh khối rễ như sau:

$$Cr = 1,1588x(\Phi^{2 \times L})^{0,913}$$

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị ước tính khối lượng rễ lớn theo phương trình cao hơn giá trị quan sát 18,8%. Như vậy độ chính xác của phương trình tương quan là khá cao và có thể sử dụng để ước lượng sinh khối rễ lớn của rừng.

### 3.3.1.2. Cải thiện phương pháp xác định rễ lớn

Phương pháp áp dụng trong luận án đã được cải thiện để đơn giản và dễ áp dụng với các công cụ tối thiểu và không phá hoại các cây thí nghiệm. Cây không bị đào, đúng hơn, một mẫu các rễ lớn được thu thập để thiết lập tương quan của khối lượng rễ lớn với đường kính và chiều dài. Lặp lại việc đo đếm đường kính và chiều dài rễ theo thời gian sẽ được sử dụng để ước lượng sản xuất rễ lớn trong thời gian  $\Delta t$ . Thu thập tất cả rễ lớn ( $\Phi > 2$  mm) trong khối đất thí nghiệm ở phương pháp này dễ hơn thu thập tất cả các rễ lớn của cây tiêu chuẩn trong các phương pháp đã công bố trước đây và chúng có thể bỏ sót đến 30% rễ lớn (Ogino, 1977) [83]; Kaoru Niiyama và cộng sự, 2010) [81].

Trong luận án này, chúng tôi đã chia các đoạn rễ thành 5 cấp đường kính ( $\Phi = 0,2-1,0, >1,0-2,0, >2,0-3,0, >3,0-5,0$  cm,  $>5,0$  cm) và thiết lập 5 phương trình tương quan tương ứng chúng đã giảm ước lượng đa hợp và dẫn đến một sai số ước lượng cao hơn 3,4%. Trong khi đó nếu chúng ta phối hợp tất cả các đoạn rễ ( $\Phi \geq 2$  mm) và thiết lập một hàm tương quan chung cho tất cả các cấp kính thì ước lượng đã cao hơn 18,8%.

### 3.3.2. Nâng cao phương pháp xác định rễ cám

Trong luận án này, đã sử dụng phương pháp CIE của Osawa và Aizawa (2012) và được Trần Văn Đô và cộng sự (2015) cải tiến để ước

lượng sản xuất rế cám. Sử dụng túi phân hủy để ước lượng tốc độ phân giải vật rơi rụng, sử dụng liên tục kỹ thuật core tăng trưởng để phân biệt sinh khối rế sống và rế chết tại một thời điểm quan sát. Phương pháp CIE đã được áp dụng để ước lượng số lượng rế phân hủy, chết và sản xuất với một khung làm việc của hai cấp đường kính rế cám và để định lượng số sinh khối chuyển từ cấp đường kính rế cám lớn lên rế lớn (>2 mm). Kết quả nghiên cứu của Trần Văn Đô và cộng sự (2015) chỉ ra rằng ước lượng sản xuất rế cám lớn hơn khi người ta phân biệt rế cám thành hai cấp. Sử dụng khung làm việc hai cỡ kính này đã dẫn đến sản xuất rế cám cao hơn 21,3% phương pháp không phân biệt cấp kích thước rế cám và khối lượng chuyển lên rế lớn. Việc áp dụng kỹ thuật core tăng trưởng liên tục với phương pháp CIE thông qua phân cấp kích thước rế cám là nhằm hạn chế tối đa ước lượng thấp các tham số của động thái rế cám thông qua tính toán phân hủy và chết của rế cám phù hợp hơn. Xu hướng ước lượng tổng sản xuất của rế cám là 3-12% lớn hơn ước lượng mà không phân biệt cấp kích thước rế, khi khối lượng trung chuyển đã bị bỏ qua. Nó cũng dẫn đến ước lượng sản xuất rế cám là 14-21% lớn hơn không phân biệt cấp kích thước khi lượng sinh khối chuyển được bao gồm. Tóm lại, luận án đã chỉ ra rằng phân hủy, chết và sản xuất rế cám có thể ước lượng được bằng phương pháp CIE kết hợp với chôn máy scan thông qua xem xét rõ ràng cấp kích thước rế và cấp trung chuyển của rế.

## KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KHUYẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

(1) Đánh giá khả năng tích lũy sinh khối của rừng thứ sinh LRTX tại Kon Hà Nừng: (i) Tăng trưởng sinh khối AGB gồm sinh khối chết (vật rơi rụng) và sinh khối sống ước lượng là  $10,33 \pm 0,83$  tấn/ha/năm trong RiBTĐ và  $15,16 \pm 1,20$  tấn /ha/năm trong RPH. (ii) Sinh khối tích lũy dưới mặt đất gồm sinh khối rế lớn và sinh khối rế cám tính được là  $4,24 \pm 0,96$  trong RiBTĐ và  $4,27 \pm 0,93$  tấn khô/ha/năm. (iii) Hô hấp sinh vật đất trung bình năm của rừng Kon Hà Nừng là  $10,9 \pm 0,73$  tấn/ha/năm sinh khối khô đối với RiBTĐ, thấp hơn RPH là  $12,4 \pm 1,09$  tấn/ha/năm. (iv) *Khả năng tích lũy sinh khối của rừng ở Kon Hà Nừng là  $3,62 \pm 1,06$  tấn/ha/năm đối với RiBTĐ và  $7,02 \pm 1,03$  tấn /ha/năm đối với RPH.*

(2) Nâng cao độ chính xác trong xác định sinh khối sống, sinh khối chết tích lũy hàng năm và sinh khối phân hủy trong đất của HSTR: (i) Luận án đề xuất để ước lượng sinh khối rễ lớn trong rừng; thông qua tương quan giữa đường kính, chiều dài với sinh khối rễ. Đây là phương pháp đơn giản, đem lại độ chính xác cao, có thể áp dụng cho mọi đối tượng rừng, phương pháp này không cần phải tiến hành chặt hạ triệt phá cây tiêu chuẩn trong rừng tự nhiên. (ii) Việc ước lượng sinh khối rễ cám, luận án sử dụng phương pháp CIE và được Trần Văn Đô và cộng sự (2015) cải tiến để ước lượng sản xuất rễ cám. Trong phương pháp này, phân hủy rễ chết được thí nghiệm bằng túi phân hủy làm bằng màng không thấm nước (root-impermeable water-permeable sheet - RIWP), sử dụng liên tục kỹ thuật core tăng trưởng kết hợp với việc chôn máy scan xuống đất để phân biệt sinh khối rễ sống và rễ chết tại trong một thời gian thí nghiệm nhất định. cám và nó phụ thuộc vào tuổi thọ của rễ cám.

**2. Tôn tại:** (i) Do kinh phí và thời gian nghiên cứu có hạn, luận án chỉ mới tập trung nghiên cứu cho hai trạng thái của kiểu rừng LRTX ở Kon Hà Nừng. (ii) Thời gian nghiên cứu ngắn, đối tượng cây rừng có chu kỳ dài do đó các luận điểm đưa ra có thể chưa đảm bảo chắc chắn cho những kết luận cần phải có các nghiên cứu tiếp theo để bổ sung. (iv) chỉ sử dụng 36 cây mẫu để kiểm tra mô hình tương quan sinh khối nên còn hạn chế độ tin cậy, các nghiên cứu sau cần phải bổ sung.

**3. Khuyến nghị:** (i) Phương pháp nghiên cứu là mới đối với Việt Nam, cần được tiếp tục khảo nghiệm cho các đối tượng rừng khác như rừng lá kim, rừng lá rộng rụng lá theo mùa; (ii) Tiếp tục có những nghiên cứu mở rộng cả đối tượng và phạm vi không gian ra các vùng khác để khẳng định chắc chắn hơn các kết luận của luận án; (iii) Phương pháp xác định sinh khối rễ dưới mặt đất được áp dụng trong luận án này có thể áp dụng cho các nghiên cứu giám sát các bon ở Việt Nam.