

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

—oO—

TRỊNH MINH HOÀNG

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG TÍCH TỤ CARBON CỦA
RỪNG TỰ NHIÊN Ở TỈNH NINH THUẬN

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC LÂM NGHIỆP

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 9/2016

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

TRỊNH MINH HOÀNG

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG TÍCH TỤ CARBON CỦA
RỪNG TỰ NHIÊN Ở TỈNH NINH THUẬN

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KHOA HỌC LÂM NGHIỆP

Chuyên ngành Lâm sinh

Mã số 62 62 02 05

Hướng dẫn khoa học:

PGS. TS. VIÊN NGỌC NAM

PGS. TS. PHẠM VĂN HIỀN

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 9/2016

**NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG TÍCH TỤ CARBON CỦA
RỪNG TỰ NHIÊN Ở TỈNH NINH THUẬN**

TRỊNH MINH HOÀNG

Hội đồng chấm luận án:

1. Chủ tịch:
2. Thư ký:
3. Phản biện 1:
4. Phản biện 2:
5. Phản biện 3:
6. Ủy viên:
7. Ủy viên:

LÝ LỊCH CÁ NHÂN

Tôi tên là Trịnh Minh Hoàng, sinh ngày 27 tháng 5 năm 1979 tại xã Phước Sơn, huyện Ninh Phước, tỉnh Ninh Thuận. Tốt nghiệp Đại học ngành Lâm nghiệp hệ chính quy tại trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh năm 2003. Tốt nghiệp Cao học Lâm nghiệp tại trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh năm 2008.

Quá trình công tác. Từ tháng 8 năm 2003 đến tháng 2 năm 2007 công tác tại Vườn Quốc gia Phước Bình. Từ tháng 3 năm 2007 đến tháng 11 năm 2012, công tác tại Văn phòng Ủy ban nhân dân tỉnh Ninh Thuận. Từ tháng 12 năm 2012 đến tháng 10 năm 2013, công tác tại Ủy ban nhân dân huyện Ninh Sơn, tỉnh Ninh Thuận. Từ tháng 11 năm 2013 đến nay tôi công tác tại sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, tỉnh Ninh Thuận.

Tháng 10 năm 2010 tôi theo học nghiên cứu sinh ngành Lâm sinh tại Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh.

Địa chỉ liên lạc: Trịnh Minh Hoàng, Sở NN&PTNT Ninh Thuận.

Điện thoại: 0933.559.568.

Email: minhhoangkbt@yahoo.com.

LỜI CAM ĐOAN

Tôi tên Trịnh Minh Hoàng xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi. Các số liệu và kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Nghiên cứu sinh

Trịnh Minh Hoàng

LỜI CẢM ƠN

Luận án này được hoàn thành theo chương trình đào tạo tiến sĩ chính quy tại Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh. Nhân dịp này, tôi xin chân thành cảm ơn Ban giám hiệu và Phòng sau đại học Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh đã giúp đỡ và tạo những điều kiện thuận lợi để tôi hoàn thành chương trình học tập và làm luận án tiến sĩ. Trong quá trình học tập và nghiên cứu, tôi đã được quý Thầy, Cô của Khoa Lâm nghiệp tận tình giảng dạy và hướng dẫn nghiên cứu khoa học. Nhân dịp này, tôi xin chân thành cảm ơn quý Thầy, Cô về sự giúp đỡ vô tư đó.

Luận án này được hoàn thành với sự hướng dẫn tận tình của hai Thầy hướng dẫn: PGS. TS. Viên Ngọc Nam và PGS. TS. Phạm Văn Hiền. Nhân dịp này, tôi xin ghi nhận và chân thành cảm ơn hai thầy hướng dẫn.

Để hoàn thành luận án này, tôi cũng nhận được sự cổ vũ và những ý kiến đóng góp chân tình của các quý Thầy: PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm, TS. Bùi Việt Hải, PGS. TS. Phạm Thế Dũng, TS. Phạm Trọng Thịnh, TS. Lê Bá Toàn và PGS. TS. Nguyễn Kim Lợi. Nhân dịp này, tôi xin chân thành cảm ơn quý Thầy về sự cổ vũ và giúp đỡ vô tư đó. Tôi cũng xin chân thành cảm ơn Công ty TNHH một thành viên lâm nghiệp Tân Tiến và Vườn quốc gia Phước Bình đã tạo điều kiện thuận lợi và giúp đỡ tôi trong quá trình thu thập số liệu tại hiện trường. Tôi cũng xin cảm ơn gia đình và những người thân cùng bạn bè đã cổ vũ và giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập và làm luận án tiến sĩ.

TP. Hồ Chí Minh, tháng 9 năm 2016

Trịnh Minh Hoàng

TÓM TẮT

Đề tài “Nghiên cứu khả năng tích tụ carbon của rừng tự nhiên ở tỉnh Ninh Thuận”. Mục tiêu nghiên cứu là ước lượng và đánh giá sinh khối trên mặt đất và dự trữ carbon trên mặt đất đối với rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới (Rkx) và rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới (Rtr) để làm cơ sở cho việc quản lý rừng, điều tra rừng và tính toán chi trả dịch vụ môi trường rừng ở tỉnh Ninh Thuận. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc quần thụ của Rkx và Rtr được phân tích từ 35 ô mẫu với kích thước 0,2 – 1,0 ha. Các hàm thống kê sinh khối được xây dựng từ sinh khối khô của 88 cây mẫu thuộc những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế; trong đó 47 cây ở Rkx và 41 cây ở Rtr. Các hàm sinh khối thích hợp được kiểm định từ những hàm khác nhau. Các hệ số của các hàm sinh khối được ước lượng bằng phương pháp hồi quy phi tuyến tính. Khả năng áp dụng của các hàm sinh khối được so sánh theo tiêu chuẩn tổng sai lệch bình phương nhỏ nhất và hệ số xác định.

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, hàm lũy thừa với biến dự đoán đường kính thân cây ngang ngực (D) là hàm phù hợp để xây dựng hàm tổng sinh khối trên mặt đất và hàm sinh khối thân đối với những cây gỗ thuộc Rkx. Hàm Korsun – Strand với biến dự đoán D là hàm phù hợp để xây dựng hàm sinh khối cành và hàm sinh khối lá đối với những cây gỗ thuộc Rkx. Hàm lũy thừa với biến dự đoán D là hàm phù hợp để xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất đối với những cây gỗ thuộc Rtr. Những hệ số điều chỉnh sinh khối (BEF_i) đối với những thành phần cây gỗ ở Rkx và Rtr giảm dần theo sự gia tăng D tương ứng với hàm $BEF_i = (a + b/D)^2$ và $BEF_i = a \cdot D^{-b}$. Tỷ lệ tổng sinh khối trên mặt đất (R_{To}) và tỷ lệ sinh khối cành và lá (R_{CL}) so với sinh khối thân cây gỗ ở Rkx và Rtr gia tăng dần theo sự gia tăng D tương ứng với hàm $R_i = a + b \cdot \ln(D)$ và $R_i = a \cdot D^b$. Hàm Korsun – Strand với biến dự đoán tiết diện ngang và trữ lượng gỗ của quần thụ là hàm thích hợp để xây dựng các hàm thống kê sinh khối trên mặt đất đối với những quần thụ thuộc

Rkx và Rtr. Sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rkx tương ứng là 87,5 tấn/ha và 41,1 tấn/ha. Sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rtr tương ứng là 57,0 tấn/ha và 26,8 tấn/ha. Tổng sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rkx thuộc Vườn quốc gia Phước Bình tương ứng là $243,7 \cdot 10^3$ tấn và $114,5 \cdot 10^3$ tấn, còn Rtr tương ứng là $85,5 \cdot 10^3$ tấn và $40,3 \cdot 10^3$ tấn.

SUMMARY

The thesis “Study the possibility of carbon accumulation of natural forests in Ninh Thuan province”. The objective of this study is to estimate and asses biomass and carbon stock in aboveground biomass for tropical semi-dry evergreen closed forest (ECF) and tropical semi-dry semi-evergreen sparse forest (SSF) in Phuoc Binh zone of Ninh Thuan province. Tree species composition and stand structure of ECF and SSF were studied from 35 sample plots with size 0,2 – 1,0 ha. Biomass allometric functions were constructed from 88 sample trees of dominant and codominant tree species, while 47 sample trees for ECF and 41 sample trees for SSF. Appropriate biomass functions were determined from differential functions. Coefficients of biomass functions were estimated by using nonlinear regression method. The accuracy of biomass functions was examined by comparing the minimum residual sum of square and coefficient of determination.

The research results showed that multiplicative function with diameter at breast height (DBH) predictive variable is appropriate function to estimate sum of aboveground biomass and stem biomass of trees in ECF. Korsun – Strand function with DBH predictive variable is appropriate function to estimate branch and leaf biomass of trees in ECF. Multiplicative function with DBH predictive variable is appropriate function to estimate aboveground biomass components of trees in SSF. Biomass expansion factors (BEF) of tree components of ECF and SSF decreased with increasing DBH following functions $BEF = (a + b/D)^2$ and $BEF = a \cdot D^{-b}$. Ratio of sum of aboveground biomass, branch and leaf biomass of trees in both forest types increased with increasing DBH following functions $R = a + b \cdot \ln(D)$ and $R = a \cdot D^b$. Korsun – Strand function with stand basal area predictive variable or stand volume is appropriate function to estimate aboveground biomass of stands in both forest types. Aboveground mean biomass of ECF and SSF are 87,5 and 57,0

ton/ha, respectively. Aboveground mean carbon stock of ECF and SSF were 41,1 and 26,8 ton/ha, respectively. Aboveground biomass of ECF and SSF in Phuoc Binh National Park are $243,7 \cdot 10^3$ and $85,5 \cdot 10^3$ ton, respectively. Aboveground carbon stock of ECF and SSF in Phuoc Binh National Park are $114,5 \cdot 10^3$ and $40,3 \cdot 10^3$ ton, respectively.

MỤC LỤC

| | |
|---|------|
| Lý lịch cá nhân | i |
| Lời cam đoan..... | ii |
| Lời cảm tạ..... | iii |
| Tóm tắt kết quả nghiên cứu..... | iv |
| Mục lục..... | viii |
| Danh sách những chữ viết tắt..... | x |
| Danh sách các bảng..... | xiv |
| Danh sách các hình..... | xvii |
| Danh sách các phụ lục..... | xix |
| MỞ ĐẦU..... | 1 |
| Chương 1. TỔNG QUAN | 6 |
| Chương 2. ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU..... | 31 |
| 2.1. Đối tượng nghiên cứu | 31 |
| 2.2. Nội dung nghiên cứu..... | 31 |
| 2.3. Phương pháp nghiên cứu..... | 31 |
| Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN | 46 |
| 3.1. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx và Rtr | 46 |
| 3.1.1. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx | 46 |
| 3.1.2. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rtr | 58 |
| 3.2. Xây dựng các hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx và Rtr | 66 |
| 3.2.1. Xây dựng các hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx | 66 |
| 3.2.2. Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ thuộc Rtr... .. | 69 |
| 3.2.3. Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất từ số liệu điều tra Rkx..... | 72 |
| 3.2.4. Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất từ số liệu điều tra Rtr | 86 |
| 3.2.5. So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ . | 98 |
| 3.3. Sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr | 103 |

| | |
|--|-----|
| 3.3.1. Sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx | 103 |
| 3.3.2. Sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rtr..... | 107 |
| 3.3.3. Tổng sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr .. | 111 |
| 3.4. Thảo luận chung về kết quả nghiên cứu | 112 |
| 3.4.1. Diện tích và số lượng ô mẫu | 112 |
| 3.4.2. Phương pháp thu mẫu sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ..... | 112 |
| 3.4.3. Phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ | 113 |
| 3.4.4. Phương pháp xây dựng hàm sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ . | 114 |
| 3.4.5. So sánh sự khác biệt giữa sinh khối của hai kiểu rừng ở khu vực nghiên cứu và sinh khối của rừng nhiệt đới ở những nơi khác..... | 115 |
| 3.4.6. Đề xuất áp dụng các hàm sinh khối đối với cây cá thể và quần thụ . | 117 |
| 3.4.7. Xác định dự trữ các bon trong sinh khối đối với Rkx và Rtr..... | 119 |
| KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ..... | 120 |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO..... | 122 |
| PHỤ LỤC..... | 131 |

NHỮNG CHỮ VIẾT TẮT

| Chữ viết tắt | Tên gọi đầy đủ |
|-----------------------------------|---|
| A (năm) | Tuổi cây gỗ. |
| AFOLU | Nông nghiệp, Lâm nghiệp, Sử dụng đất khác (<i>Agriculture, Forestry, Other Land Use</i>). |
| B (kg, tấn) | Sinh khối. |
| $B_{i(t)}$ (kg, tấn) | Sinh khối tươi của những thành phần cây gỗ. |
| B_i (kg, tấn) | Sinh khối khô của những thành phần cây gỗ. |
| B_{T_0} (kg, tấn) | Tổng sinh khối trên mặt đất của cây gỗ. |
| B_T (kg, tấn) | Sinh khối thân. |
| B_C (kg, tấn) | Sinh khối cành. |
| B_L (kg, tấn) | Sinh khối lá. |
| B_{CL} (kg, tấn) | Sinh khối cành và lá. |
| B_i (kg, tấn) | Sinh khối đối với các thành phần (tổng số, thân, cành, lá, rễ...). |
| B'_{T_0} (tấn/ha) | Tổng sinh khối bình quân/ha. |
| B'_T (tấn/ha) | Sinh khối thân bình quân/ha. |
| B'_{CL} (tấn/ha) | Sinh khối cành và lá bình quân/ha. |
| BCF (tấn/m ³) | Hệ số chuyển đổi sinh khối (<i>Biomass Conversion Factors</i>). |
| BCEF (tấn/m ³) | Hệ số chuyển đổi và điều chỉnh sinh khối (<i>Biomass Conversion and Expansion Factors</i>). |
| BEF (tấn/m ³) | Hệ số điều chỉnh sinh khối (<i>Biomass Expansion Factors</i>). |
| BEF_{T_0} (tấn/m ³) | Hệ số điều chỉnh tổng sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ. |

NHỮNG CHỮ VIẾT TẮT (tiếp)

| Chữ viết tắt | Tên gọi đầy đủ |
|----------------------------------|--|
| BEF_T (tấn/m ³) | Hệ số điều chỉnh sinh khối thân khô. |
| BEF_C (tấn/m ³) | Hệ số điều chỉnh sinh khối cành khô. |
| BEF_L (tấn/m ³) | Hệ số điều chỉnh sinh khối lá khô. |
| BEF_{CL} (tấn/m ³) | Hệ số điều chỉnh sinh khối cành và lá khô. |
| BEF_i (kg, tấn) | Hệ số điều chỉnh sinh khối đối với các thành phần cây gỗ (tổng số, thân, cành, lá, rễ...). |
| C (kg, tấn) | Hàm lượng carbon trong sinh khối cây gỗ và quần thụ. |
| CV% | Hệ số biến động. |
| D (cm) | Đường kính thân cây ngang ngực (1,3 m). |
| D_0 (cm) | Đường kính thân cây ở vị trí gốc. |
| D_T (m) | Đường kính tán cây ở vị trí rộng nhất. |
| Exp() | Cơ số logarit Neper. |
| FAO | Tổ chức lương thực và nông nghiệp (<i>Food and Agriculture Organization</i>) |
| G, G% (m ² /ha) | Tiết diện ngang thân cây tuyệt đối và tương đối. |
| GIS | Hệ thống thông tin địa lý (<i>Geography Information System</i>) |
| H (m) | Chiều cao vút ngọn. |
| IPCC | Ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>) |
| IVI% | Kết cấu loài cây gỗ hay tổ thành rừng (Tree Species Composition). |

NHỮNG CHỮ VIẾT TẮT (tiếp)

| Chữ viết tắt | Tên gọi đầy đủ |
|------------------------|---|
| K_u | Độ nhọn. |
| LULUCF | Hướng dẫn sử dụng đất, thay đổi sử dụng đất và lâm nghiệp (<i>Good Practice Guidance for Land Use, Land use-Change and Forestry</i>) |
| L_T (m) | Chiều dài tán cây. |
| $\ln(D)$, $\ln(H)$ | Logarit(D) và Logarit(H). |
| M_0 (Mod) | Trị số xuất hiện nhiều nhất. |
| M_e (Median) | Trung vị. |
| Max | Giá trị lớn nhất. |
| Min | Giá trị nhỏ nhất. |
| M_B (tấn/ha) | Trữ lượng sinh khối của quần thụ/ha. |
| MAE | Sai số tuyệt đối trung bình (Mean Absolute Error). |
| MAPE | Sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (Mean Absolute Percent Error). |
| N/D | Phân bố số cây theo cấp đường kính. |
| N/H | Phân bố số cây theo cấp chiều cao. |
| N, N% (cây/ha) | Mật độ tuyệt đối và tương đối của quần thụ. |
| N_{lt} và $N_{lt}\%$ | Tần số lý thuyết tuyệt đối và tương đối. |
| N_{in} | Tần số thực nghiệm. |
| P_C và $P_C\%$ | Tỷ lệ carbon tuyệt đối và tương đối trong sinh khối. |
| Q_1 , Q_2 , Q_3 | Tứ phân vị thứ nhất, thứ 2 và thứ 3. |

NHỮNG CHỮ VIẾT TẮT (tiếp)

| Chữ viết tắt | Tên gọi đầy đủ |
|-----------------------|--|
| R^2 | Hệ số xác định. |
| R_i | Tỷ lệ sinh khối trên mặt đất đối với các thành phần của cây gỗ. |
| R_{To} | Tỷ lệ tổng sinh khối trên mặt đất của cây gỗ. |
| R_C | Tỷ lệ sinh khối cành. |
| R_L | Tỷ lệ sinh khối lá. |
| R_{kx} | Rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới. |
| R_{tr} | Rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới/Rừng thưa nửa rụng lá hơi khô nhiệt đới/Rừng thưa lá rộng hơi khô nhiệt đới. |
| S^2 | Phương sai. |
| S | Sai tiêu chuẩn. |
| S_e | Sai số chuẩn của số trung bình/ước lượng. |
| S_k | Độ lệch. |
| S_i (ha) | Diện tích các trạng thái rừng. |
| SSR | Tổng sai lệch bình phương (Sum of Square Residuals). |
| Sqrt(D) | Căn bậc 2 của đường kính thân cây. |
| SSR | Tổng sai lệch bình phương (Sum of Square Residuals). |
| $V, V\%$ (m^3/ha) | Thể tích thân cây tuyệt đối và tương đối. |
| UNFCCC | Hiệp định khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (<i>United Nation Framework Convention for Climate Change</i>) |
| UN-ECE/FAO | Ủy ban kinh tế châu Âu/Tổ chức nông nghiệp và lương thực của Liên hợp quốc (<i>United Nation Economic Commission for Europe/Food and Agriculture Organization</i>) |

DANH SÁCH CÁC BẢNG

| | |
|---|----|
| Bảng 3.1. Kết cấu mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ đối với Rkx. | 46 |
| Bảng 3.2. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx..... | 47 |
| Bảng 3.3. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA ₁ thuộc Rkx..... | 48 |
| Bảng 3.4. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA ₂ thuộc Rkx..... | 49 |
| Bảng 3.5. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA ₃ thuộc Rkx..... | 50 |
| Bảng 3.6. Đặc trưng phân bố N/D đối với Rkx ở khu vực nghiên cứu..... | 51 |
| Bảng 3.7. Dự đoán phân bố N/D đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx..... | 52 |
| Bảng 3.8. Dự đoán phân bố N/D đối với trạng thái IIIA ₁ , IIIA ₂ , IIIA ₃ thuộc Rkx.. | 53 |
| Bảng 3.9. Đặc trưng phân bố N/H đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx. | 55 |
| Bảng 3.10. Phân bố N/H đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx..... | 55 |
| Bảng 3.11. Các phân vị chiều cao đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx. | 56 |
| Bảng 3.12. Phân bố M/D đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx. | 57 |
| Bảng 3.13. Kết cấu mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ đối với Rtr..... | 58 |
| Bảng 3.14. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rtr. | 59 |
| Bảng 3.15. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA ₁ thuộc Rtr..... | 60 |
| Bảng 3.16. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA ₂ thuộc Rtr..... | 60 |
| Bảng 3.17. Đặc trưng phân bố N/D đối với Rtr..... | 61 |
| Bảng 3.18. Dự đoán phân bố N/D đối với ba trạng thái rừng thuộc Rtr. | 62 |
| Bảng 3.19. Đặc trưng phân bố N/H đối với Rtr..... | 64 |
| Bảng 3.20. Phân bố N/H đối với những trạng thái rừng thuộc Rtr..... | 64 |
| Bảng 3.21. Bách phân vị chiều cao đối với những trạng thái rừng thuộc Rtr. | 65 |
| Bảng 3.22. Phân bố M/D đối với những trạng thái rừng thuộc Rtr..... | 66 |
| Bảng 3.23. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx..... | 75 |
| Bảng 3.24. Kiểm định sai lệch của hàm $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx. ... | 76 |
| Bảng 3.25. Dự đoán những hệ số BEF_i dựa theo D đối với cây gỗ thuộc Rkx..... | 77 |
| Bảng 3.26. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx..... | 79 |
| Bảng 3.27. Kiểm định sai lệch của hàm $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx. ... | 79 |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| Bảng 3.28. | Dự đoán những hệ số BEF_i dựa theo V thân cây gỗ thuộc Rkx . | 80 |
| Bảng 3.29. | Hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với những cây gỗ ở Rkx . | 81 |
| Bảng 3.30. | Kiểm định sai lệch của hàm $R_i = f(D)$ đối với những cây gỗ ở Rkx . | 82 |
| Bảng 3.31. | Tỷ lệ sinh khối theo cấp D đối với các thành phần cây gỗ thuộc Rkx . | 82 |
| Bảng 3.32. | Những hàm ước lượng sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rkx . | 84 |
| Bảng 3.33. | Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo G của Rkx . | 85 |
| Bảng 3.34. | Những hàm ước lượng sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rkx . | 86 |
| Bảng 3.35. | Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo M của Rkx . | 86 |
| Bảng 3.36. | Những hàm ước lượng $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 88 |
| Bảng 3.37. | Kiểm định những hàm $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 88 |
| Bảng 3.38. | Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 90 |
| Bảng 3.39. | Kiểm định sai lệch của hàm $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 90 |
| Bảng 3.40. | Dự đoán những hệ số BEF_i dựa theo D thân cây gỗ thuộc Rtr . | 91 |
| Bảng 3.41. | Những hàm ước lượng $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 91 |
| Bảng 3.42. | Kiểm định sai lệch của hàm $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 92 |
| Bảng 3.43. | Dự đoán những hệ số BEF_i dựa theo V thân cây gỗ thuộc Rtr . | 93 |
| Bảng 3.44. | Những hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 93 |
| Bảng 3.45. | Kiểm định sai lệch của hàm $R_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 94 |
| Bảng 3.46. | Tỷ lệ các thành phần sinh khối theo cấp D đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 95 |
| Bảng 3.47. | Những hàm ước lượng sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rtr . | 96 |
| Bảng 3.48. | Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo G của Rtr . | 97 |
| Bảng 3.49. | Những hàm ước lượng sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rtr . | 98 |
| Bảng 3.50. | Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo M của Rtr . | 98 |
| Bảng 3.51. | So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx . | 99 |
| Bảng 3.52. | So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rtr . | 100 |
| Bảng 3.53. | So sánh 6 phương pháp ước lượng sinh khối cây gỗ ở Rkx và Rtr . | 101 |
| Bảng 3.54. | So sánh hai phương pháp xác định sinh khối quần tụ thuộc Rkx . | 102 |
| Bảng 3.55. | So sánh hai phương pháp xác định sinh khối quần tụ thuộc Rtr . | 103 |
| Bảng 3.56. | Dự đoán sinh khối trên mặt đất dựa theo D đối với cây gỗ ở Rkx . | 104 |

| | |
|---|-----|
| Bảng 3.57. Sinh khối trung bình trên mặt đất đối với 1 ha Rkx..... | 105 |
| Bảng 3.58. Dự trữ các bon trung bình trên mặt đất đối với 1 ha Rkx. | 105 |
| Bảng 3.59. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với Rkx ở VQG Phước Bình. | 106 |
| Bảng 3.60. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx ở VQG Phước Bình..... | 106 |
| Bảng 3.61. Dự đoán sinh khối dựa theo D của những cây gỗ thuộc Rtr | 107 |
| Bảng 3.62. Sinh khối trên mặt đất đối với 1 ha Rtr ở VQG Phước Bình. | 109 |
| Bảng 3.63. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với 1 ha Rtr ở VQG Phước Bình. | 109 |
| Bảng 3.64. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với Rtr ở VQG Phước Bình. | 110 |
| Bảng 3.65. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rtr ở VQG Phước Bình. | 110 |
| Bảng 3.66. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với Rkx và Rtr ở VQG Phước Bình. | 111 |
| Bảng 3.67. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr ở VQG Phước Bình. | 111 |
| Bảng 3.68. Sinh khối đối với một số kiểu rừng nhiệt đới ở châu Á..... | 116 |

DANH SÁCH CÁC HÌNH

| | |
|---|----|
| Hình 2.1. Sơ đồ mô tả các bước xây dựng các hàm sinh khối đối với cây cá thể và quần thụ thuộc Rkx và Rtr | 33 |
| Hình 2.2. Sơ đồ mô tả áp dụng các hàm sinh khối và số liệu điều tra rừng để ước lượng sinh khối đối với cây cá thể và quần thụ thuộc Rkx và Rtr..... | 33 |
| Hình 3.1. Đồ thị biểu diễn tỷ lệ phần trăm số cây theo cấp D đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx..... | 52 |
| Hình 3.2. Đồ thị biểu diễn phân bố N/D đối với ba trạng thái IIIA ₁ , IIIA ₂ và IIIA ₃ thuộc Rkx | 53 |
| Hình 3.3. Đồ thị biểu diễn phân bố N/H đối với Rkx | 56 |
| Hình 3.4. Đồ thị biểu diễn phân bố N/D đối với Rtr..... | 63 |
| Hình 3.5. Đồ thị biểu diễn phân bố N/H đối với Rtr..... | 65 |
| Hình 3.6. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B _i với D đối với cây gỗ thuộc Rkx | 67 |
| Hình 3.7. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B _i = f(D, H) đối với cây gỗ thuộc Rkx ... | 69 |
| Hình 3.8. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B _i với D đối với cây gỗ thuộc Rtr..... | 70 |
| Hình 3.9. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B _i = f(D, H) đối với cây gỗ thuộc Rtr. | 72 |
| Hình 3.10. Đồ thị biểu diễn quan hệ H = f(D), V = f(D, H) đối với cây gỗ ở Rkx. 73 | |
| Hình 3.11. Đồ thị biểu diễn quan hệ B _i = f(V) đối với cây gỗ thuộc Rkx. | 74 |
| Hình 3.12. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa BEF _i với D đối với cây gỗ thuộc Rkx... 76 | |
| Hình 3.13. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của BEF _i theo D đối với cây gỗ ở Rkx. ... 78 | |
| Hình 3.14. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của BEF _i theo V _T cây gỗ thuộc Rkx | 81 |
| Hình 3.15. Đồ thị mô tả tỷ lệ những thành phần sinh khối theo cấp D đối với cây gỗ thuộc Rkx | 83 |
| Hình 3.16. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B _i = f(G) của Rkx..... | 85 |
| Hình 3.17. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B _i = f(M) của Rkx | 87 |
| Hình 3.18. Đồ thị biểu diễn quan hệ H = f(D), V = f(D, H) đối với cây gỗ ở Rtr. .88 | |
| Hình 3.19. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B _i với thể tích thân cây gỗ thuộc Rtr. ... 89 | |
| Hình 3.20. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa BEF _i với D của cây gỗ thuộc Rtr... 90 | |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Hình 3.21. | Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của BEF_i theo V cây gỗ thuộc Rtr | 92 |
| Hình 3.22. | Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa R_i với D của cây gỗ thuộc Rtr | 94 |
| Hình 3.23. | Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B_i với tiết diện ngang của Rtr | 97 |
| Hình 3.24. | Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B_i với trữ lượng của Rtr | 99 |
| Hình 3.25. | Đồ thị biểu diễn sự biến đổi sinh khối trên mặt đất theo cấp D đối với những cây gỗ thuộc Rkx | 104 |
| Hình 3.26. | Đồ thị biểu diễn sự biến đổi sinh khối trên mặt đất theo cấp D đối với những cây gỗ thuộc Rtr | 108 |

DANH SÁCH CÁC PHỤ LỤC

| | |
|---|-----|
| Phụ lục 1. Bản đồ hiện trạng rừng và tọa độ các ô tiêu chuẩn. | 131 |
| Phụ lục 2. Danh lục cây gỗ và những cây để thu mẫu sinh khối thuộc Rkx. | 133 |
| Phụ lục 3. Danh lục cây gỗ và những cây gỗ để thu mẫu sinh khối thuộc Rtr. | 135 |
| Phụ lục 4. Phân bố N/D thực nghiệm đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx. | 136 |
| Phụ lục 5. Phân bố N/D thực nghiệm đối với trạng thái rừng IIIA _(1,2,3) ở Rkx. | 137 |
| Phụ lục 6. Phân bố N/D thực nghiệm đối với trạng thái rừng IIB, IIIA _(1,2) ở Rtr. | 138 |
| Phụ lục 7. Phân tích quan hệ giữa B _{T₀} với D đối với những cây gỗ ở Rkx. | 138 |
| Phụ lục 8. Phân tích quan hệ giữa B _T với D đối với những cây gỗ ở Rkx. | 139 |
| Phụ lục 9. Phân tích quan hệ giữa B _C với D đối với những cây gỗ ở Rkx. | 139 |
| Phụ lục 10. Phân tích quan hệ giữa B _L với D đối với những cây gỗ ở Rkx. | 140 |
| Phụ lục 11. Phân tích quan hệ giữa B _{T₀} với D và H đối với cây gỗ ở Rkx. | 140 |
| Phụ lục 12. Phân tích quan hệ giữa B _T với D và H đối với cây gỗ ở Rkx. | 141 |
| Phụ lục 13. Phân tích quan hệ giữa B _C với D và H đối với cây gỗ ở Rkx. | 141 |
| Phụ lục 14. Phân tích quan hệ giữa B _L với D và H đối với cây gỗ ở Rkx. | 142 |
| Phụ lục 15. Phân tích quan hệ giữa B _{T₀} với D đối với những cây gỗ ở Rtr. | 142 |
| Phụ lục 16. Phân tích quan hệ giữa B _T với D đối với cây gỗ ở Rtr. | 143 |
| Phụ lục 17. Phân tích quan hệ giữa B _C với D đối với cây gỗ ở Rtr. | 143 |
| Phụ lục 18. Phân tích quan hệ giữa B _L với D đối với cây gỗ ở Rtr. | 144 |
| Phụ lục 19. Phân tích quan hệ giữa B _{CL} với D đối với cây gỗ ở Rtr. | 144 |
| Phụ lục 20. Phân tích quan hệ giữa B _{T₀} với D và H đối với cây gỗ ở Rtr. | 144 |
| Phụ lục 21. Phân tích quan hệ giữa B _T với D và H đối với cây gỗ ở Rtr. | 145 |
| Phụ lục 22. Phân tích quan hệ giữa B _C với D và H đối với cây gỗ ở Rtr. | 145 |
| Phụ lục 23. Phân tích quan hệ giữa B _L với D và H đối với cây gỗ ở Rtr. | 146 |
| Phụ lục 24. Phân tích những hàm B _i = f(V) đối với cây gỗ ở Rkx. | 146 |
| Phụ lục 25. Phân tích những hàm BEF = f(D) đối với cây gỗ ở Rkx. | 148 |
| Phụ lục 26. Phân tích những hàm BEF = f(V) đối với cây gỗ ở Rkx. | 149 |
| Phụ lục 27. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rkx. | 150 |

| | |
|--|-----|
| Phụ lục 28. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rkx. | 151 |
| Phụ lục 29. Phân tích những hàm $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr. | 152 |
| Phụ lục 30. Phân tích những hàm $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ ở Rtr. | 153 |
| Phụ lục 31. Phân tích những hàm $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ ở Rtr. | 154 |
| Phụ lục 32. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rtr. | 155 |
| Phụ lục 33. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rtr. | 156 |
| Phụ lục 34. Ước lượng sinh khối cây gỗ thuộc Rkx theo 6 phương pháp. | 157 |
| Phụ lục 35. Ước lượng sinh khối cây gỗ thuộc Rtr theo 6 phương pháp. | 159 |
| Phụ lục 36. So sánh 6 phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ ở Rkx. | 161 |
| Phụ lục 37. So sánh 6 phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ ở Rtr. | 162 |

MỞ ĐẦU

Đặt vấn đề

Nhiệt độ trái đất đang nóng dần và tác động xấu không chỉ đến sức khỏe và những hoạt động sống của con người, mà còn làm thay đổi những chức năng và vai trò to lớn của các hệ sinh thái (IPCC, 2000). Hàm lượng khí CO₂, một chất khí gây ra hiệu ứng nhà kính nguy hiểm nhất, đã gia tăng 30% từ đầu thời kỳ công nghiệp cho đến năm 1992 (Mark và Thomas, 2001). Mục tiêu cơ bản của Liên hợp quốc (LHQ) là ổn định hàm lượng khí nhà kính trong khí quyển ở mức không gây ra những biến đổi lớn về khí hậu và các hệ sinh thái trên trái đất (IPCC, 2000). Để đạt được mục tiêu này, Nghị định thư Kyoto (1997) đã đề nghị các nước công nghiệp phát triển phải cắt giảm sự phát thải khí nhà kính vào không khí.

Hệ sinh thái rừng đóng vai trò quan trọng trong chu trình carbon trên trái đất. Rừng dự trữ khoảng 80% carbon trên mặt đất và khoảng 40% dưới mặt đất so với tổng dự trữ carbon hữu cơ trên trái đất (IPCC, 2000). Trong thời kỳ sinh trưởng, rừng hấp thụ CO₂ từ không khí thông qua quang hợp và cố định trong sinh khối. Chính vì thế, Hiệp định khung của LHQ về biến đổi khí hậu (UNFCCC, 1992) (dẫn theo Brown, 2002) và Nghị định thư Kyoto (1997) đã nhận ra vai trò vô cùng to lớn của rừng trong chu trình carbon trên trái đất.

Hiện nay có hai cách làm giảm hàm lượng khí CO₂ trong không khí. Một là giảm sự phát thải khí CO₂ bằng việc hạn chế sự đốt cháy nhiên liệu hóa thạch trong công nghiệp và những hoạt động sống của con người. Hai là làm tăng khả năng cố định CO₂ trong sinh khối của các thảm thực vật. So với những thảm thực vật khác trên trái đất, rừng là hệ sinh thái có khả năng điều hòa khí hậu, hấp thụ và dự trữ

carbon to lớn nhất (Brown và ctv, 1989; Zianis và ctv, 2005; IPCC, 2000, 2003, 2004, 2006).

Xác định sinh khối và dự trữ carbon của rừng mang lại những ý nghĩa khác nhau. Theo quan điểm lâm nghiệp, đánh giá chính xác sinh khối của rừng, nhất là sinh khối của những cây gỗ hay quần thụ, có ý nghĩa đối với việc lập kế hoạch khai thác rừng, quản lý rừng và sử dụng năng lượng trong sinh khối của rừng (Brown, 1997, 2002; Zianis và ctv, 2005). Ở phạm vi rộng hơn, đánh giá chính xác sinh khối và dự trữ carbon của rừng còn là trách nhiệm của tất cả các nước thành viên đã ký Nghị định thư Kyoto (1997) (IPCC, 2000, 2003, 2006). Theo UNFCCC (1992) (dẫn theo IPCC, 2000), hàng năm các nước đã ký Nghị định thư Kyoto đều phải có trách nhiệm báo cáo chính xác về sự thay đổi tổng sinh khối và dự trữ carbon trong các hệ sinh thái rừng của nước mình. Những thay đổi này có liên quan đến mất rừng do chuyển rừng thành mục đích khác, cháy rừng và những hoạt động lâm sinh như khai thác rừng, trồng rừng và tĩa thưa rừng. Thế nhưng, hiện nay nhiều nước báo cáo vẫn chưa chính xác về tình hình sử dụng đất, thay đổi sử dụng đất, trữ lượng gỗ và lượng tăng trưởng của rừng. Vì thế, dự trữ carbon của rừng thế giới được tính toán dựa trên những báo cáo này cũng chưa chính xác.

Việt Nam đã phê chuẩn UNFCCC ngày 16 tháng 11 năm 1994 và Nghị định thư Kyoto ngày 25 tháng 09 năm 2006 (Phạm Minh Sang và Lưu Cảnh Trung, 2006). Theo những hướng dẫn của IPCC (2000, 2003, 2006), dự trữ carbon đối với rừng ở phạm vi vùng và quốc gia có thể được tính toán từ những số liệu điều tra rừng và hệ số điều chỉnh do AFOLU cung cấp. Tuy vậy, mỗi quốc gia vẫn cần phải xây dựng những phương pháp ước lượng sinh khối và dự trữ carbon của các thảm thực vật ở mức địa phương, vùng và toàn quốc. Hiện nay Việt Nam cũng đã có những yêu cầu lớn về điều tra sinh khối và dự trữ carbon của rừng, tính toán chi trả phí dịch vụ môi trường rừng (Phạm Minh Sang và Lưu Cảnh Trung, 2006; Bảo Huy, 2010). Trước đây, nhiều tác giả cũng đã xây dựng những hàm thể tích (Đông Sỹ Hiền, 1974; Nguyễn Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999; Vũ Tiến Hình, 2005, 2012) và những hàm sinh khối (Lê Hồng Phúc, 1995; Viên Ngọc Nam, 1998;

Bảo Huy, 2010; Võ Đại Hải, 2008; Phạm Xuân Quý, 2010; Viên Ngọc Nam và Tôn Thiên An, 2010; Phạm Thế Dũng và Vũ Đình Hương, 2010; Bao Huy và ctv, 2012) đối với những loài cây gỗ và những kiểu rừng khác nhau ở Việt Nam. Theo Kimmins (1998) và Brown (2002), bên cạnh những nghiên cứu về sinh khối đối với các kiểu rừng ở phạm vi quốc gia và vùng, khoa học vẫn cần phải nghiên cứu sinh khối đối với các kiểu rừng ở phạm vi địa phương.

Theo Cục thống kê Ninh Thuận (2012), tổng diện tích rừng tự nhiên ở tỉnh Ninh Thuận là 133.562 ha (100%); trong đó bao gồm rừng thưa rụng lá hơi khô nhiệt đới (Rtr) 50.022 ha (37,5%), rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới (Rkx) 44.101 ha (33,0%), rừng hỗn giao gỗ và tre hơi khô nhiệt đới 19.963 ha (14,9%), rừng thân thấp trên núi đá ven biển 13.098 ha (9,8%), rừng hỗn hợp lá rộng lá kim núi cao nhiệt đới 5.086 ha (3,8%) và rừng tre nứa 1.293 ha (1,0%). Tổng diện tích hai kiểu Rtr và Rkx là 94.123 ha (100%); trong đó 72,9% (68.635 ha) phân bố tập trung tại khu vực Bắc Ái (42.080 ha hay 44,7%) và Ninh Sơn (26.545 ha hay 28,2%). Thế nhưng, hiện nay ngành lâm nghiệp Ninh Thuận vẫn còn thiếu những thông tin về trữ lượng sinh khối và trữ lượng carbon đối với rừng tự nhiên. Do những hạn chế này, nên cho đến nay ngành lâm nghiệp Ninh Thuận vẫn chưa thể xây dựng được chiến lược quản lý rừng, xác định dự trữ năng lượng và tính toán chi trả dịch vụ môi trường rừng.

Xuất phát từ đó, đề tài luận án này nghiên cứu sinh khối và khả năng dự trữ carbon trên mặt đất đối với hai kiểu Rkx và Rtr ở khu vực Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận.

Mục tiêu tổng quát

Ước lượng và đánh giá sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr để làm cơ sở cho việc quản lý rừng, kỹ thuật lâm sinh, điều tra rừng và tính toán chi trả dịch vụ môi trường rừng ở tỉnh Ninh Thuận.

Mục tiêu cụ thể

- (1) Phân tích kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc quần thụ để làm cơ sở cho việc chọn loài cây gỗ trong thu mẫu sinh khối và ước lượng nhanh sinh khối đối với Rkx và Rtr.
- (2) Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất với những biến dự đoán thích hợp để làm cơ sở cho việc ước lượng sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ thuộc Rkx và Rtr.
- (3) Xác định sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr để làm cơ sở cho quản lý rừng, kỹ thuật lâm sinh, điều tra rừng và tính toán chi trả dịch vụ môi trường rừng ở tỉnh Ninh Thuận.

Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu của đề tài luận án là sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ thuộc Rkx và Rtr ở VQG Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận. Nội dung nghiên cứu tập trung vào 3 chủ đề chính: (a) Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx và Rtr; (b) Xây dựng và chọn những hàm sinh khối cây cá thể và hàm sinh khối quần thụ với những biến dự đoán thích hợp; (c) Thống kê và đánh giá sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr thuộc VQG Phước Bình, tỉnh Ninh Thuận.

Ý nghĩa của đề tài

(1) Về lý luận, đề tài luận án cung cấp những thông tin về sinh khối để phân tích chu trình trao đổi vật chất và năng lượng đối với Rkx và Rtr ở khu vực Nam Trung Bộ.

(2) Về thực tiễn, đề tài luận án không chỉ cung cấp các hàm thống kê sinh khối và những số liệu về sinh khối, mà còn cả kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc quần thụ của hai kiểu Rkx và Rtr. Những thông tin này là căn cứ khoa học cho việc xây dựng kế hoạch quản lý rừng, điều tra rừng và tính toán chi trả dịch vụ môi trường rừng ở khu vực Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận.

Những điểm mới của luận án

(1) Xây dựng được các hàm sinh khối trên mặt đất, các hệ số điều chỉnh sinh khối trên mặt đất và tỷ lệ giữa các thành phần sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ thuộc rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới và rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới ở khu vực Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận.

(2) Xác định được tổng sinh khối và tổng dự trữ carbon trên mặt đất đối với rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới ở Vườn quốc gia Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận tương ứng dao động từ 47,9 tấn/ha và 22,5 tấn/ha ở trạng thái rừng IIIA₁ đến 147,0 tấn/ha và 69,1 tấn/ha ở trạng thái rừng IIIA₃; trung bình 87,0 tấn/ha và 41,1 tấn/ha. Đối với rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới, tổng sinh khối và tổng dự trữ carbon trên mặt đất tương ứng dao động từ 35,1 tấn/ha và 16,5 tấn/ha ở trạng thái rừng IIIA₁ đến 92,0 tấn/ha và 43,2 tấn/ha ở trạng thái rừng IIIA₂; trung bình 57,0 tấn/ha và 26,8 tấn/ha.

Chương 1

TỔNG QUAN

1.1. Tầm quan trọng của thống kê sinh khối và dự trữ carbon của rừng

Mặc dù hàm lượng carbon trong không khí chiếm tỷ lệ rất nhỏ (0,04%), nhưng nó đóng vai trò rất quan trọng đối với sự sống trên trái đất. Trong quá trình quang hợp, cây xanh hấp thụ CO₂ từ không khí và chuyển thành carbon hydrat và thải oxy vào không khí. Khi thực vật chết đi hoặc bị cháy, thì carbon trong các cơ quan của chúng lại được phóng thải vào không khí. Chu trình CO₂ xuất hiện và tồn tại trên trái đất qua hàng triệu năm qua (Kimmins, 1998). Tuy nhiên, theo Keeling và ctv (1989), hiện nay chu trình carbon xảy ra không bình thường. Hàm lượng carbon trong không khí tăng lên từ 280 ppm vào thời kỳ tiền công nghiệp đến 390 ppm hiện nay. Sự gia tăng hàm lượng carbon trong không khí chủ yếu do những hoạt động của con người. Vào thế kỷ 19, với cuộc cách mạng công nghiệp, con người đã đốt cháy một lượng lớn nhiên liệu hóa thạch. Vào thế kỷ 20, ngành công nghiệp phát triển mạnh đã kéo theo sự gia tăng nhu cầu nhiên liệu hóa thạch (than đá, dầu mỏ, gas...). Chính điều đó đã làm tăng hàm lượng carbon trong không khí và làm thay đổi chu trình carbon toàn cầu. Phá rừng và chuyển rừng thành những mục đích sử dụng khác cũng góp phần làm gia tăng hàm lượng carbon trong không khí. Hoạt động của con người ngày nay vẫn còn tiếp tục làm gia tăng hàm lượng carbon trong không khí (Kimmins, 1998).

Thảm thực vật và đại dương là van bảo hiểm của chu trình carbon. Sự gia tăng CO₂ trong không khí được cộng đồng thế giới chú ý là vì CO₂ là một trong những khí nhà kính nguy hiểm nhất. Khi hàm lượng CO₂ vượt ra ngoài khả năng

hấp thụ của các thảm thực vật và đại dương, thì sự dư thừa CO₂ trong không khí sẽ dẫn đến sự nóng lên của bầu khí quyển bao quanh trái đất. Người ta ước tính 60% sự thay đổi khí hậu trên trái đất là do sự gia tăng khí CO₂ (Grace, 2004).

Theo IPCC (2000, 2003, 2004, 2006), các hệ sinh thái trên trái đất có 5 bể carbon: sinh khối trên mặt đất, sinh khối dưới mặt đất, vật rụng, xác chết của thực vật và vật chất hữu cơ trong những lớp đất. Cả 5 bể carbon này đều có mối liên hệ trực tiếp với quá trình quang hợp của thực vật. Bể carbon trên mặt đất là to lớn nhất và dễ dàng nhận thấy. Nó có thể bị thay đổi do khai thác rừng, phá rừng, cháy rừng, suy thoái rừng và chuyển rừng thành những mục đích khác. Bể carbon dưới mặt đất tập trung chủ yếu ở hệ thống rễ cây gỗ. Bể carbon này cũng đóng vai trò to lớn đối với sự trao đổi và dự trữ carbon trong đất. Vật rụng và xác chết của cây gỗ chỉ là một bể carbon nhỏ, nhưng nó cũng có vai trò đáng kể trong chu trình carbon. Nói chung, khối lượng carbon dự trữ chủ yếu trong sinh khối cây gỗ và trong những lớp đất (Lal, 2005; Kuimi và ctv, 2012).

Hàng năm các hệ sinh thái trên trái đất hấp thụ thuần là 0,7 tỷ tấn C, bằng 1/10 sự phát thải (6,3 tỷ tấn C) do đốt cháy nhiên liệu hóa thạch. Chính vì thế, bể carbon của rừng đóng vai trò quan trọng trong việc giữ cân bằng CO₂ của trái đất (IPCC, 2000). Rừng nhiệt đới lưu trữ 46% khối lượng carbon trên mặt đất và 11,6% khối lượng carbon dưới mặt đất. Chính vì thế rừng nhiệt đới đóng vai trò vô cùng to lớn trong chu trình carbon trên trái đất (Brown và ctv, 1989; Soepadmo, 1993).

Sinh khối của rừng không chỉ là chỉ số quan trọng để đánh giá cấu trúc rừng và chu trình khoáng trong các hệ sinh thái rừng, mà còn là biến chức năng quan trọng trong những mô hình sinh thái và sinh lý (Chavé và ctv, 2005; Nárva, 2009). Trữ lượng gỗ và sinh khối gỗ là những chỉ báo quan trọng về khả năng cung cấp gỗ và cố định carbon của rừng. Gỗ là nguyên liệu quan trọng để chế biến bột giấy, vật liệu xây dựng và những đồ gia dụng khác (Kimmins, 1998; Chavé và ctv, 2005; Nguyễn Văn Thêm, 2002). Bởi vì rừng hấp thụ và lưu trữ carbon trong sinh khối, nên rừng đóng vai trò cực kỳ to lớn trong việc điều hòa khí hậu. Tuy vậy, quá trình hô hấp và phân

hủy những vật rụng và xác chết ở rừng hoặc cháy rừng cũng phóng thải một lượng lớn CO₂ vào không khí (Kimmins, 1998). Vai trò to lớn của rừng như một bể chứa carbon đã được xác nhận tại Nghị định thư Kyoto năm 1997. Năm 2000, IPCC đã báo cáo sinh khối và dự trữ carbon trong các hệ sinh thái rừng toàn cầu và từng châu lục khác nhau.

Trong những hệ sinh thái rừng, sinh khối cây gỗ đang sống, cây tầng thấp (cây bụi và thảm cỏ), vật chất hữu cơ trên cây chết đứng và chất hữu cơ trong đất cấu thành bể carbon chủ yếu của hệ sinh thái rừng. Bể carbon trên mặt đất được hình thành chủ yếu từ sinh khối trên mặt đất của cây gỗ. Bể carbon to lớn này có thể bị thay đổi hay mất mát một phần do khai thác rừng, phá rừng, cháy rừng, suy thoái rừng và chuyển rừng thành những mục đích khác (Gibbs và ctv, 2007). Những thay đổi của bể carbon trên mặt đất có ảnh hưởng lan truyền đến chu trình carbon xảy ra giữa hệ sinh thái rừng và không khí (Houghton, 2005). Vì thế, ước lượng chính xác dự trữ carbon của rừng là một vấn đề quan trọng. Tầm quan trọng biểu hiện ở chỗ, những thông tin về bể carbon của rừng được sử dụng để đánh giá quy mô trao đổi carbon giữa rừng và không khí; ước lượng khối lượng carbon chuyển vào không khí do khai thác rừng, phá rừng, cháy rừng, suy thoái rừng và chuyển rừng thành những mục đích khác...; trạng thái hiện tại và những thay đổi trong tương lai của các bể carbon trên trái đất (Houghton, 2005; Gibbs và ctv, 2007). Nói chung, ước lượng sinh khối của rừng nhằm cung cấp những thông tin để đánh giá dự trữ carbon được rừng hấp thụ và có thể chuyển trở lại dạng CO₂ khi rừng bị khai thác, cháy, suy thoái và chuyển thành những mục đích khác... Ngoài ra, đo đạc và đánh giá sinh khối trên mặt đất của cây gỗ (thân, cành, lá) còn có ý nghĩa cung cấp thông tin để xác định trữ lượng năng lượng thu được từ rừng (Houghton, 2005; Gibbs và ctv, 2007).

Hiện nay những phương pháp tính toán sinh khối và dự trữ carbon của các hệ sinh thái rừng còn rất kém chính xác. Vì thế, việc tìm kiếm những phương pháp xác định chính xác sinh khối và dự trữ carbon trong sinh khối của rừng vẫn cần được đặt ra (IPCC, 2006). Những nước phát triển ở châu Âu xác định dự trữ và sự

thay đổi carbon của rừng ôn đới và rừng phương bắc dựa trên số liệu điều tra rừng quốc gia. Số liệu điều tra rừng không chỉ là thông tin quan trọng để nghiên cứu trữ lượng gỗ, mà còn cả sinh khối và dự trữ carbon của rừng. Tuy vậy, điều tra rừng chỉ cung cấp số liệu về trữ lượng gỗ mà không cung cấp sinh khối của rừng. Vì thế, nếu chỉ dựa vào số liệu điều tra rừng, thì chúng ta rất khó đánh giá sinh khối và dự trữ carbon của rừng (Dixon và ctv, 1994).

Theo Nghị định thư Kyoto 1997, các nước thành viên phải cam kết cắt giảm các khí nhà kính. Để đạt được điều đó, các nước có thể gia tăng dự trữ carbon trong các hệ sinh thái, nhất là hệ sinh thái rừng. Điều đó cho thấy sự cần thiết phải xây dựng những phương pháp điều tra và đánh giá chính xác sinh khối và dự trữ carbon trong sinh khối của rừng (Ketterings và ctv, 2001; Lehtonen và ctv, 2004).

1.2. Những phương pháp ước lượng sinh khối và dự trữ carbon của rừng

1.2.1. Tình hình chung

Theo Satoo (1982), nhà khoa học người Đức Ebermeyer là người đầu tiên đo đạc sinh khối thực vật vào năm 1876. Nhưng sinh khối của cây gỗ và quần thụ chỉ được nghiên cứu từ hơn một thế kỷ qua. Vào nửa đầu của thế kỷ XX, một số nước (Thụy Sĩ, Nhật Bản, Đức, Nga...) đã có những nghiên cứu về sinh khối của rừng. Tuy vậy, những nghiên cứu này chỉ hướng đến cải thiện sinh khối của rừng. Năm 1960, thực hiện theo chương trình sinh học thế giới (IBP), nhiều nước cũng đã nghiên cứu về sinh khối của rừng. Vào thời gian này, nhiều nhà khoa học cũng đã nhận thấy vai trò to lớn của rừng trong chu trình carbon trên trái đất. Ở thập niên 1980, nhiều nhà khoa học đã tập trung nghiên cứu sinh khối và những yếu tố ảnh hưởng đến sinh khối của rừng. Nhiều phương pháp nghiên cứu sinh khối cũng đã được phát triển trong giai đoạn này (Satoo, 1982).

Thông thường, sinh khối cây gỗ được xác định chính xác nhất bằng phương pháp chặt hạ và cân đo trực tiếp những cây mẫu trên ô mẫu (Grace, 2004; Muukkonen, 2007). Tuy vậy, phương pháp này có nhược điểm là tốn kém về nhân lực, thời gian, kinh phí, phá hủy nhiều cây quý và đôi khi rất nguy hiểm. Phương pháp này cũng chỉ thích hợp với những ô mẫu nhỏ. Một phương pháp khác là dự đoán sinh khối

dựa trên những hàm thống kê sinh khối. Cơ sở của phương pháp này là ở chỗ, sinh khối của cây gỗ phụ thuộc vào đường kính thân cây ngang ngực (D), chiều cao thân cây (H), tiết diện ngang thân cây (g) và hình dạng tán cây... Mật độ quần thụ (N) và phân bố số cây theo cấp D (N/D) cũng có quan hệ chặt chẽ với sinh khối của rừng. Những tham số này cũng thay đổi tùy theo điều kiện sống (địa hình – đất, khí hậu...) của rừng. Vì thế, sinh khối và thể tích thân cây có thể được dự đoán thông qua những mối quan hệ chặt chẽ giữa chúng với D , H , G và N của quần thụ (Gibbs và ctv, 2007; Muukkonen, 2007).

Sinh khối và dự trữ carbon trong sinh khối của rừng cũng có thể được xác định bằng những phương pháp khác nhau như phương pháp dựa trên số liệu điều tra rừng (Jalkanen và ctv, 2005), phương pháp rada (Rignot và ctv, 1995), phương pháp viễn thám (Drake và ctv, 2003). Tuy vậy, do sử dụng những phương pháp khác nhau để điều tra sinh khối, nên kết quả nhận được cũng khác nhau. Theo Brown (2002), sở dĩ có sự sai lệch lớn giữa những phương pháp ước lượng sinh khối là do: (a) Những mô hình sinh khối được xây dựng dựa trên những cây mẫu có kích thước chưa đại diện cho toàn bộ số cây trong quần thụ; (b) Những mô hình sinh khối được xây dựng ở vùng này nhưng lại đem áp dụng cho vùng khác; (c) Chọn mô hình thống kê sinh khối chưa thích hợp; (d) Những ô mẫu chưa đại diện cho quần thụ hoặc những cây chặt hạ có kích thước khác với những cây để xây dựng những mô hình sinh khối...

Nhiều tác giả (Lowe và ctv, 2000; Jenkins và ctv, 2003; Jalkanen và ctv, 2005; Zianis và ctv, 2005) cho rằng, sinh khối của cây gỗ và quần thụ có thể được xác định theo 5 phương pháp khác nhau. Một là cân đo trực tiếp sinh khối của các thành phần cây gỗ (thân, cành, lá, vỏ, rễ...) trên những ô mẫu điển hình. Hai là sử dụng những hàm sinh khối được xây dựng cho từng loài cây, nhóm loài cây hoặc nhóm rừng khác nhau. Ba là sử dụng số liệu điều tra rừng và những hệ số chuyển đổi và điều chỉnh sinh khối (BCEF) để chuyển đổi thể tích thân cây đứng (V hoặc V_T , m^3) hay trữ lượng thân cây đứng (M , m^3) thành sinh khối của các thành phần và tổng sinh khối của cây gỗ và quần thụ. Bốn là điều tra sinh khối bằng phương pháp rada. Năm là

điều tra sinh khối bằng phương pháp viễn thám kết hợp với phương pháp cân đo trực tiếp sinh khối trên những ô mẫu.

Theo Houghton (2005), sinh khối của rừng có thể được xác định từ ba nguồn số liệu. Nguồn thứ nhất là số liệu điều tra rừng quốc gia. Nguồn thứ hai là số liệu điều tra sinh khối trực tiếp trên những ô mẫu bằng phương pháp cân đo. Nguồn thứ ba là số liệu điều tra sinh khối trực tiếp trên những ô mẫu phối hợp với phương pháp viễn thám. Ravindranath và Ostwald (2008) lại cho rằng, sinh khối và dự trữ carbon của rừng có thể được xác định bằng phương pháp đo đếm trực tiếp ở rừng, phương pháp viễn thám và phương pháp GIS. Theo Kuimi và ctv (2012), sự kết hợp giữa ảnh vệ tinh và số liệu điều tra rừng cho phép ước lượng sinh khối của rừng với độ tin cậy khá cao.

Nói chung, sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất của cây gỗ và quần thụ thường được xác định bằng ba phương pháp phổ biến nhất: (a) cân đo trực tiếp sinh khối cây gỗ và quần thụ trên những ô mẫu điển hình; (b) xác định sinh khối bằng những hàm thống kê sinh khối; (c) xác định sinh khối từ số liệu điều tra rừng cùng với BCEF. Vì thế, dưới đây chỉ tổng quan tóm tắt về ba phương pháp kể trên.

1.2.2. Phương pháp cân đo trực tiếp sinh khối của rừng

Nhiều tác giả (Jenkins và ctv, 2003; Lehtonen và ctv, 2004; Jalkanen và ctv, 2005; Zianis và ctv, 2005; Chavé và ctv, 2005; Tobin và ctv, 2007; Repola, 2009; Kuimi và ctv, 2012) cho rằng, phương pháp đo đếm trực tiếp sinh khối ở rừng là phương pháp chính xác nhất. Việc đo đạc trực tiếp sinh khối ở rừng bao gồm hai phương pháp. Một là chặt hạ tất cả cây gỗ và cân đo sinh khối của chúng trên những ô mẫu; sau đó suy diễn cho cả rừng bằng cách nhân diện tích rừng với sinh khối bình quân trên 1 ha. Do những cây mẫu bị phá hủy, nên phương pháp này còn được gọi là phương pháp phá hủy cây mẫu. Nhược điểm của phương pháp này là chỉ thực hiện được trong một diện tích rừng nhỏ và những cây gỗ nhỏ; chi phí lớn về thời gian và tài chính; lãng phí tài nguyên, nhất là những cây gỗ quý; không thực hiện được trong những rừng đặc dụng. Vì thế, phương pháp này chỉ được sử dụng để thu thập dữ liệu nhằm mục đích phát triển những hàm sinh khối và dự trữ carbon. Hai là

phương pháp không phá hủy hay không chặt hạ cây gỗ. Phương pháp này được áp dụng tốt cho mọi loại rừng, đặc biệt là rừng có nhiều loài cây gỗ quý và rừng đặc dụng. Theo phương pháp này, Montes và ctv (2000) đã xác định sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ và rừng ở Morocco bằng cách so sánh hình dạng tán cây, thân cây và những thành phần khác với những cây gỗ đã được chặt hạ.

Theo Zianis và ctv (2005), khi thực hiện phương pháp cân đo trực tiếp sinh khối đối với các thành phần cây gỗ (thân, cành, lá, vỏ, rễ...) trên những ô mẫu, công việc đầu tiên là phân chia đối tượng thu mẫu. Tùy theo mục tiêu nghiên cứu, đối tượng thu mẫu sinh khối có thể là những cây gỗ đơn lẻ, những nhóm cây gỗ và những quần thụ. Quần thụ có thể bao gồm những cá thể cùng loài đồng tuổi hay khác tuổi và những cá thể khác loài đồng tuổi hay khác tuổi. Để nâng cao độ chính xác của kết quả đo đạc sinh khối, những loài cây gỗ, nhóm loài cây gỗ và quần thụ cũng có thể được phân chia chi tiết theo cấp tuổi (cấp A, năm), cấp D (cm) và điều kiện lập địa khác nhau. Bước tiếp theo là xác định số lượng, kích thước và phương pháp rút mẫu. Tùy theo yêu cầu về độ chính xác của điều tra sinh khối, số lượng cây mẫu, số lượng và kích thước ô mẫu có thể được thiết kế cho từng loài cây gỗ, nhóm loài cây gỗ, quần thụ và kiểu rừng (Brown, 2002).

Nói chung, việc chặt hạ, phân chia và cân đo những thành phần khác nhau của những cây gỗ, nhất là những cây gỗ to lớn, cây quý và hiếm, không chỉ là việc làm rất khó khăn và nguy hiểm, mà còn tốn kém về thời gian, kinh phí, tài nguyên và lao động. Vì thế, trong đa số nghiên cứu sinh khối và dự trữ carbon đối với cây gỗ và quần thụ, số lượng ô mẫu và cây mẫu thường được chọn theo phương pháp điển hình (Porte và ctv, 2002; Levy và ctv, 2004). Đối với rừng trồng thuần loài đồng tuổi, cây mẫu thường là cây bình quân lâm phần hoặc cây bình quân theo cấp A hay nhóm tuổi. Đối với rừng trồng khác loài khác tuổi, cây mẫu thường được chọn theo nhóm loài cây gỗ ưu thế; trong đó chúng cũng được phân chia theo cấp A hay cấp D (Porte và ctv, 2002; Levy và ctv, 2004; Lehtonen và ctv, 2004). Đối với rừng tự nhiên, cây mẫu thường được chọn điển hình từ những loài cây gỗ ưu thế và

đồng ưu thế trong những ô mẫu điển hình. Kích thước ô mẫu có thể thay đổi từ 200 m² (10*20 m) đến 52.000 m² (200*260 m) tùy theo kiểu rừng (Wang và ctv, 2011).

Số lượng ô mẫu và cây mẫu được chọn cũng rất khác nhau giữa các tác giả. Khi xác định sinh khối cho rừng Vân sam Sitka (9, 14, 28, 30 và 45 tuổi) ở Ireland, Tobin và Nieuwenhuis (2007) đã chọn 36 cây bình quân lâm phần; trong đó mỗi tuổi 6 cây. Khi xác định sinh khối cho rừng Thông Scots, Vân sam Naui và Bu lô ở Phần Lan, Lehtonen và ctv (2004) đã sử dụng 3.000 ô định vị được phân loại theo cấp A (10 năm) và những loài cây gỗ ưu thế. Cây bình quân lâm phần có thể được chọn theo cây có đường kính bình quân cộng, cây có đường kính tương ứng với cây có tiết diện ngang bình quân lâm phần hoặc cây có đường kính trung vị (D_g – đường kính của cây tại $Q_{50\%}$ hay Q_2). Ở Việt Nam, Viên Ngọc Nam (1998) đã sử dụng những cây mẫu điển hình theo cấp D tương ứng với mỗi tuổi rừng để xác định sinh khối đối với rừng Đước ở khu vực Cần Giờ thuộc Tp. Hồ Chí Minh. Cây bình quân lâm phần cũng được sử dụng để ước lượng sinh khối của rừng Keo lai (Võ Đại Hải, 2008) và rừng Tràm *cajuputi* (Phạm Xuân Quý, 2010).

Sau khi bố trí hệ thống các ô mẫu và cây mẫu, một việc làm quan trọng là mô tả chi tiết tình trạng của các ô mẫu. Những thông tin cần mô tả bao gồm nơi thu mẫu (tên địa danh), vị trí ô mẫu (kinh độ, vĩ độ), địa hình (độ cao, độ dốc), loại đất, loài cây hay kiểu rừng, thời gian thu mẫu (tháng, năm) và người thu mẫu... Những thông tin này không chỉ giúp cho việc xác nhận độ tin cậy của kết quả nghiên cứu, mà còn tạo thuận lợi cho việc quản lý và kiểm tra nguồn số liệu (Lehtonen và ctv, 2004; Tobin và Nieuwenhuis, 2007).

Trước khi đo đạc sinh khối trên những cây mẫu đã được chặt hạ, nhà nghiên cứu cần phải xác định phạm vi kích thước thân cây (nhỏ nhất - lớn nhất) được đo đạc sinh khối (Lehtonen và ctv, 2004; Tobin và Nieuwenhuis, 2007). Theo IPCC (2006), sở dĩ thông tin về sinh khối và dự trữ carbon của các thảm thực vật trên thế giới được báo cáo rất khác nhau là vì mỗi tác giả hay mỗi nước có những quy định khác nhau về đường kính thân cây nhỏ nhất (D_{min}) được thu mẫu. Ở Phần Lan, các mẫu sinh khối được đo đạc từ những cây gỗ có $D > 7,0$ cm (Lehtonen và ctv,

2004). Ở Croatia, các mẫu sinh khối được đo đạc từ những cây gỗ có $D \geq 5,0$ cm (Marklund và ctv, 1987). Ở Mỹ, các hàm thể tích và hàm sinh khối cây gỗ và quần thụ được xây dựng cho tất cả những cây có $D > 2,5$ cm (Jenkins và ctv, 2003). Ở Nam Mỹ, các hàm thể tích và sinh khối cây gỗ và quần thụ được xây dựng cho tất cả những cây có $D \geq 10$ cm (Sarmiento và ctv, 2005). Ở Việt Nam, trữ lượng và sinh khối của rừng thường được đo tính từ những cây gỗ có $D \geq 8$ cm hoặc trên 10 cm (Viện điều tra quy hoạch rừng, 1995; Vũ Tiên Hinh, 2012).

Theo Tobin và Nieuwenhuis (2007), trước khi chặt hạ và đo đạc sinh khối cây gỗ, một việc làm cần thiết là xác định những nhân tố hay biến số cần phải được đo đạc. Về mặt sinh học, những thành phần cấu thành cây gỗ có mối quan hệ chặt chẽ với nhau. Vì thế, những mô hình thể tích và sinh khối đối với cây gỗ thường được xây dựng dựa trên mối quan hệ giữa những thành phần cấu thành cây gỗ. Nói chung, khi xây dựng những mô hình thể tích và sinh khối cây gỗ và quần thụ, những thông tin cần phải thu thập bao gồm đường kính gốc (D_0 , cm), D (cm), H (m), chiều cao dưới cành lớn nhất còn sống (H_{dc} , m), đường kính tán cây ở vị trí rộng nhất (D_T , m) và chiều dài tán cây (L_T , m). Những thông tin này có thể được sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau như xây dựng những hàm thể tích thân cây đứng (V hay V_T , m^3); xây dựng những hàm thể tích gỗ lợi dụng hay gỗ thương mại (V_{Tm} , m^3); xây dựng những hàm sinh khối đối với các bộ phận của cây gỗ (B_i , kg) phụ thuộc vào D , H hoặc tổ hợp giữa hai biến này.

Để dễ dàng cho việc cân đo sinh khối của cây gỗ, toàn bộ cây mẫu được phân chia thành những thành phần khác nhau (thân, cành, lá, vỏ, rễ). Hệ rễ của cây mẫu là một biến số rất khó xác định chính xác, bởi vì chúng thường đan xen với nhau. Vì thế, hệ thống rễ cây gỗ thường được xác định theo những ô mẫu có kích thước nhất định. Tobin và Nieuwenhuis (2007) đã đo đạc hệ thống rễ cây gỗ trên ô mẫu có kích thước 3*3 m, chiều sâu 2 m. Những rễ cây nhỏ nhất được đo đạc cũng thay đổi tùy theo tác giả. Khi xác định sinh khối cho rừng Thông Scots, Vân sam Nauy và Bu lô ở Phần Lan, Lehtonen và ctv (2004) chỉ đo đạc những rễ có $D > 5,0$ cm. Trái lại, khi nghiên cứu những hệ số điều chỉnh sinh khối (BEF_i) đối với rừng

Vân sam Sitka ở Ireland, Tobin và Nieuwenhuis (2007) đã đo đạc những rễ có $D > 2,0$ mm.

Theo Nívar và ctv (2002) và Lehtonen và ctv (2004), độ chính xác và sai lệch giữa các lần cân đo sinh khối cũng phải được đặt ra trước mỗi dự án. Thông thường, sinh khối đối với các thành phần của cây gỗ được đo đạc với độ chính xác 0,1 kg. Thân và cành được cân đo riêng từng phân đoạn; sau đó cộng dồn sinh khối các phân đoạn để nhận được tổng sinh khối thân và tổng sinh khối cành. Tương tự, hệ thống lá và rễ cũng được cân đo riêng từng bộ phận; sau đó cộng dồn các bộ phận để nhận được tổng sinh khối lá và tổng sinh khối rễ. Cuối cùng cộng dồn sinh khối của các thành phần để nhận được tổng sinh khối của cây gỗ.

Sau khi đo đạc các thành phần sinh khối tươi, nhà nghiên cứu cần thu thập những mẫu sinh khối tươi để xác định sinh khối khô, tỷ trọng và hàm lượng carbon trong sinh khối khô của các thành phần. Thông thường, để đạt được mục đích này, mỗi thành phần sinh khối tươi (thân, cành, lá, vỏ, rễ) được lấy mẫu khoảng 0,5 đến 1,0 kg. Sinh khối thân (tươi và khô) và tỷ trọng gỗ thân (tươi và khô) cũng có thể được xác định dựa trên những thớt giải tích với bề dày từ 3 đến 5 cm. Thể tích của thớt giải tích được xác định theo thể tích hình viên trụ hoặc bằng phương pháp chiếm chỗ trong bể nước (Paladinic và ctv, 2009). Tỷ trọng và hàm lượng carbon trong sinh khối khô của các bộ phận cây gỗ được xác định trong phòng thí nghiệm. Tỷ trọng của các bộ phận có thể được xác định ở trạng thái tươi hoặc trạng thái khô. Thông thường, tỷ trọng sinh khối thường chỉ được xác định cho phần gỗ thân để chuyển đổi thể tích thân thành sinh khối thân. Sinh khối cành, lá, vỏ và rễ thường chỉ được xác định bằng cách cân đo trực tiếp trọng lượng của chúng. Bước cuối cùng là xử lý số liệu sinh khối theo những mục đích đặt ra ban đầu (Paladinic và ctv, 2009).

1.2.3. Phương pháp hàm thống kê sinh khối

Phương pháp hàm thống kê sinh khối được đặt ra nhằm mục đích hạn chế những nhược điểm của phương pháp cân đo trực tiếp sinh khối tại rừng. Theo Brown (1997, 2002), phát triển và sử dụng các hàm thống kê sinh khối là phương

pháp chuẩn để đánh giá sinh khối đối với cây gỗ, ô mầu, quần thụ và rừng. Sử dụng những mô hình thể tích và mô hình sinh khối với độ tin cậy cao cho phép tiết kiệm thời gian, kinh phí, nhân lực và tài nguyên rừng (Zianis và ctv, 2005). Cơ sở của phương pháp hàm thống kê sinh khối là ở chỗ, những thành phần của cây gỗ (thân, cành, vỏ, lá, rễ) có quan hệ chặt chẽ với nhau. Vì thế, sinh khối của những thành phần khó xác định trực tiếp (thân, cành, vỏ, lá, rễ) và thể tích thân cây có thể được xác định từ mối quan hệ giữa chúng với D, H và V (Schroeder và ctv, 1997; Ter-Mikaelian và ctv, 1997; Lehtonen và ctv, 2004). Sinh khối của những cây tái sinh và cây bụi được xác định thông qua D_0 (Smith và ctv, 1983). Sinh khối lá của cây gỗ còn được dự đoán dựa theo tiết diện ngang gỗ giác (Bormann, 1990). Nói chung, sinh khối và thể tích thân cây gỗ và quần thụ có thể được dự đoán thông qua những mối quan hệ chặt chẽ giữa chúng với D, H, V, G, N, diện tích tán cây (S) và tỷ trọng gỗ (ρ) (Ketterings và ctv, 2001; Lehtonen và ctv, 2004; Chavé và ctv, 2005; Muukkonen, 2007).

Đối tượng xây dựng những hàm sinh khối thay đổi tùy theo thảm thực vật. Ở nhiều nước châu Âu, các hàm sinh khối thường được phát triển cho từng loài cây gỗ (Zianis và ctv, 2005). Trái lại, đối với rừng tự nhiên nhiệt đới, các hàm sinh khối thường được xây dựng cho nhiều loài cây gỗ khác nhau hoặc cho cả quần thụ. Những cây mẫu được chọn là những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế (Chavé và ctv, 2005).

Cho đến nay nhiều mô hình thể tích và mô hình sinh khối với những hình thái rất đa dạng đã được công bố trên nhiều tài liệu khác nhau. Tùy theo phương pháp ước lượng các tham số, các hàm thống kê sinh khối có thể được phân chia thành ba nhóm: những hàm thực nghiệm, những hàm bán thực nghiệm và những hàm lý thuyết (Zianis và ctv, 2005; Nívar, 2009). Sau khi phân tích những hàm thống kê sinh khối từ nhiều tài liệu tham khảo khác nhau, Nívar (2009) nhận thấy 82,6% hàm tuyến tính ở dạng chuyển đổi logarit, 12,0% có dạng hàm phi tuyến tính, còn lại 5,4% ở dạng tuyến tính và những dạng khác. Theo Zianis và ctv (2005), phân tích so sánh và chọn những hàm sinh khối thích hợp từ những hàm

sinh khối đã có cũng là một việc làm cần thiết, bởi vì điều đó cho phép tiết kiệm thời gian, kinh phí và nhân lực. Thông qua những tài liệu tham khảo từ châu Âu, Mỹ, Úc và một số nước ở nhiệt đới, Zianis và ctv (2005) đã tổng kết được 607 hàm thể tích và hàm sinh khối; trong đó có 280 hàm thực nghiệm. Những hàm thực nghiệm thường có dạng hàm lũy thừa với biến dự đoán D. Zianis và ctv (2005) cũng đã thống kê được 200 hàm thể tích và hàm sinh khối với biến dự đoán D và H hoặc tổ hợp của hai biến này; 280 hàm chỉ với biến dự đoán D. Những mô hình thể tích và sinh khối ở các nước châu Âu được xây dựng với rất nhiều biến dự đoán khác nhau như D, H, tuổi cây (A, năm), lập địa...; trong đó hai biến dự đoán phổ biến là D và H. Zianis và ctv (2005) cũng nhận thấy nhiều hàm sinh khối ở châu Âu chỉ được xây dựng dựa trên những số liệu thu thập từ những quần thể đơn lẻ, còn một số dựa trên số liệu từ những vùng địa lý rộng lớn. Số lượng cây mẫu dùng để xây dựng mô hình sinh khối dao động từ 3 đến 1.503 cây, thường gặp từ 6 đến 40 cây.

Nhiều nhà nghiên cứu cũng đã phát triển những hàm thống kê để xác định sinh khối đối với cây gỗ và quần thể thuộc những kiểu rừng khác nhau ở nhiệt đới (Brown và ctv, 1989; Araujo và ctv, 1999; Nárva, 2009). Một số nước ở châu Á cũng đã có nhiều công trình nghiên cứu về sinh khối đối với cây gỗ và các thảm thực vật rừng khác nhau. Ketterings và ctv (2001) đã phát triển những hàm ước lượng sinh khối đối với rừng hỗn giao thứ sinh ở Sumatra (Indonesia); trong đó biến dự đoán là D và ρ . Terakunpisut và ctv (2007) đã sử dụng những hàm sinh khối của Tsutsumi (1983) để đánh giá tiềm năng carbon trong sinh khối của rừng quốc gia Thong Pha Phum ở Thailand. Chaiyo và ctv (2011) đã sử dụng những hàm sinh khối của Ogawa và ctv (1965) để ước lượng sinh khối trên mặt đất đối với rừng rụng lá hỗn giao và rừng khô ưu thế cây họ Sao Dầu ở miền Bắc Thailand. Kenzo và ctv (2009) đã đo đạc sinh khối của 136 cây gỗ thuộc 23 loài cây gỗ ở rừng thứ sinh Sarawak (Malaysia) để lập mô hình sinh khối; trong đó biến dự đoán là D và D_0 . Tại India, Lodhiyal (2003) đã nghiên cứu sinh khối và sản lượng sơ cấp thuần của rừng trồng *Dalbergia sissoo* Roxb ở khu vực trung tâm Himalaya (India) dựa trên

100 cây mẫu thuộc ba nhóm đường kính khác nhau. Tại Trung Quốc, Wang và ctv (2011) đã phát triển những mô hình sinh khối dựa theo D của 21 cây mẫu để ước lượng sinh khối của loài *Abies nephrolepis* (Maxim) ở khu vực Đông Bắc. Mô hình sinh khối của các thành phần cây gỗ đều có dạng hàm lũy thừa với biến dự đoán D.

Ở Việt Nam, Đồng Sỹ Hiền (1974) đã phát triển những mô hình thể tích với nhiều biến dự đoán khác nhau để thống kê trữ lượng rừng. Sau này, nhiều tác giả cũng đã xây dựng những mô hình thể tích đối với nhiều loài cây gỗ ở rừng tự nhiên và rừng trồng với nhiều biến dự đoán khác nhau (Nguyễn Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999; Vũ Tiến Hình, 2005, 2012). Lê Hồng Phúc (1995) đã xây dựng những hàm sinh khối đối với rừng trồng Thông ba lá (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) ở khu vực Đà Lạt (Lâm Đồng) dựa theo D. Viên Ngọc Nam (1998) đã xây dựng những hàm sinh khối dựa theo D để ước lượng sinh khối và năng suất sơ cấp của rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) ở Cần Giò thuộc Tp. Hồ Chí Minh. Viên Ngọc Nam và Tôn Thiên An (2010) đã xây dựng những hàm sinh khối dựa theo D để ước lượng sinh khối và dự trữ carbon đối với rừng Thông ba lá tự nhiên ở tỉnh Lâm Đồng. Phạm Trọng Thịnh (2006) đã xây dựng những hàm thể tích đối với rừng trồng Đước (*Rhizophora apiculata* Blume) ở khu vực Tây Nam Bộ dựa theo D, H và hình dạng thân cây (f). Võ Đại Hải (2008) đã xây dựng những hàm sinh khối dựa theo D bình quân lâm phần để ước lượng sinh khối và dự trữ carbon đối với rừng trồng Keo lai ở Việt Nam. Bảo Huy (2010), Bao Huy và tv (2012) đã xây dựng những hàm ước lượng sinh khối đối với cây cá thể và quần thụ thuộc rừng tự nhiên ở khu vực Tây Nguyên; trong đó hàm sinh khối cây cá thể với biến dự đoán D, H, V, còn hàm sinh khối quần thụ với biến dự đoán N và G. Phạm Xuân Quý (2012) đã xây dựng những hàm sinh khối với biến dự đoán D đối với rừng Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) ở khu vực Tây Nam Bộ.

Nói chung, phần lớn những hàm thể tích và hàm sinh khối đối với cây gỗ và rừng nhiệt đới được xây dựng từ những biến dự đoán dễ đo đạc như D và H. Một số hàm thống kê sinh khối được phát triển không chỉ dựa vào mối quan hệ giữa sinh

khối với D và H , mà còn với D_0 , G , V , ρ , L_T và D_T (Brown và ctv, 1989; Ketterings, 2001; Návar, 2009; Bảo Huy, 2010; Vũ Tiến Hình, 2012).

Nhiều tác giả (Ketterings và ctv, 2001; Návar và ctv, 2002; Chavé và ctv, 2005) cho rằng, so với hàm sinh khối với một biến dự đoán, những hàm sinh khối đa biến cho phép ước lượng sinh khối với sai lệch nhỏ hơn. Tuy vậy, điều đó chỉ đúng trong trường hợp kiểm định những sai lệch từ những cây mẫu đã được chặt hạ. Trong thực tế, do nhiều biến dự đoán (H , D_T và L_T) đối với cây gỗ và quần thụ ở rừng nhiệt đới là những biến rất khó đo đạc chính xác, nên những hàm sinh khối đa biến thường nhận sai số rất lớn. Vì thế, xác định hình thái thích hợp của những hàm sinh khối với nhiều biến dự đoán mà một số biến có thể được xác định thông qua những biến khác dễ đo đạc hơn là một việc làm cần thiết. Để loại bỏ yếu tố H trong các hàm sinh khối đối với cây gỗ ở rừng nhiệt đới, Ketterings và ctv (2001) đã biến đổi hàm sinh khối ở dạng lũy thừa ($B = a \cdot D^b \cdot H$ với $H = k \cdot D^c$) trở thành dạng hàm 1.1.

$$B = ak \cdot D^{(b+c)} \quad (1.1)$$

Nếu giả định thân cây có dạng hình nón và $H = k \cdot D^c$, thì thể tích và sinh khối thân cây tỷ lệ với $D^2 \cdot H$. Trong trường hợp này, hàm sinh khối thân cây có dạng hàm 1.2.

$$B = a \cdot D^{(2+c)} \quad (1.2)$$

Tương tự, sinh khối thân cây gỗ (B_T) là một hàm của V và ρ , nghĩa là $B_T = f(V, \rho)$. Giá trị ρ thay đổi tùy theo loài cây gỗ và vị trí địa lý. Vì thế, nếu giả định ρ có ảnh hưởng đến tham số a ($a = r\rho$) của hàm (1.2), thì hàm sinh khối có thể được viết dưới dạng hàm 1.3. Vì hàm (1.3) không bao gồm yếu tố H , nên nó có thể được ứng dụng để xây dựng hàm sinh khối đối với những cây gỗ ở rừng mưa nhiệt đới (Ketterings và ctv, 2001).

$$B = r\rho \cdot D^{(2+c)} \quad (1.3)$$

Nhiều tác giả (Ketterings và ctv, 2001; Návar và ctv, 2002; Chavé và ctv, 2005) cho rằng, những hàm thống kê sinh khối với nhiều biến dự đoán thích hợp được ứng dụng để phân tích so sánh biến động sinh khối theo vị trí địa lý, loài cây,

kiểu rừng, lập địa và nhiều yếu tố môi trường khác. Theo quan điểm này, Chavé và ctv (2005) đã xây dựng hàm B_T (kg) của cây gỗ với biến dự đoán D , H , ρ và hình dạng thân cây (F) theo hàm (1.4). Khi giả định F không thay đổi theo kích thước thân cây, thì hàm (1.4) có thể được biến đổi thành 3 hàm (1.5) - (1.7). Dựa theo sự thay đổi của các tham số a_0 , b_0 và c_0 trong ba hàm (1.5) - (1.7), Chavé và ctv (2005) đã phân tích và chỉ ra những mô hình sinh khối cần phải được xây dựng tùy theo loài cây và loại rừng. Sau này nhiều hàm thống kê sinh khối đối với cây gỗ ở rừng trồng nhiệt đới cũng đã được xây dựng riêng rẽ cho từng loài, nhóm loài và kiểu rừng tùy thuộc vào tuổi, phân bố N/D và lập địa (Návar, 2009).

$$B_T = F * \rho * (0,785 * D^2) * H \quad (1.4)$$

$$\ln(B_T) = a_0 + a_1 * \ln(D) + a_2 * \ln(H) + a_3 * \ln(\rho) \quad (1.5)$$

$$\ln(B_T) = b_0 + b_1 * (D^2 * H * \rho) \quad (1.6)$$

$$\ln(B_T) = c_0 + c_1 * \ln(D) + c_2 * \ln(D^2) + c_3 * \ln(D^3) + c_4 * \ln(\rho) \quad (1.7)$$

Sau khi tổng quan những mô hình sinh khối, Kuimi và ctv (2012) nhận thấy phần lớn những mô hình thống kê sinh khối đều được xây dựng để ước lượng sinh khối đối với những cây gỗ, nhóm cây gỗ và rừng trên phạm vi không gian rộng lớn. Vì thế, khi sử dụng những mô hình này để xác định sinh khối đối với những cây gỗ, nhóm cây gỗ và rừng trên phạm vi không gian hẹp (địa phương), thì kết quả nhận được có sai số lớn. Để hạn chế những thiếu sót này, các hàm sinh khối có thể được xây dựng cho những loài cây gỗ, nhóm cây gỗ và rừng đối với từng địa phương.

Hiện nay có rất ít những hàm thống kê sinh khối được phát triển cho rừng mưa nhiệt đới ở khu vực Đông Nam Á. Basuki và ctv (2009) đã sử dụng 122 cây gỗ có $D = 5 - 200$ cm để xây dựng những mô hình sinh khối đối với rừng Sao Dầu ở khu vực phía đông Kalimantan (Indonesia); trong đó biến dự đoán là D và H . Chaiyo và ctv (2011) đã sử dụng những hàm sinh khối của Ogawa (1965) để ước lượng sinh khối cho rừng rụng lá hỗn giao, rừng khô cây họ Sao Dầu và rừng savanna ở tỉnh Ratchaburi của Thailand; trong đó mỗi loại rừng là 4 ô mẫu với diện tích 1.600 m^2 .

Nói chung, theo Ketterings và ctv (2001), khi đánh giá sinh khối và dự trữ carbon của rừng dựa trên những hàm thống kê sinh khối, trình tự tính toán bao gồm

4 bước: (1) Chọn dạng ổn định cho các hàm sinh khối; (2) Chọn các tham số ổn định cho các hàm sinh khối; (3) Đo đạc những biến dự đoán thích hợp; (4) Sử dụng những hàm sinh khối để xác định sinh khối của những cây gỗ khác nhau và cộng dồn lại để nhận được tổng sinh khối của quần thụ. Khi biết sinh khối bình quân của 1 ha rừng, thì sinh khối của rừng được xác định bằng cách nhân diện tích rừng với sinh khối bình quân của 1 ha.

Để ước lượng dự trữ carbon trong các bể carbon của rừng, số liệu cần phải có là hàm lượng carbon ($P_C\%$) trong các thành phần của cây gỗ. Nói chung, giá trị $P_C\%$ trong các thành phần của cây gỗ thay đổi tùy theo loài cây; trung bình từ 45% đến 50% sinh khối khô (Brown và ctv, 1989). Theo IPCC (2003, 2004), khi chuyển đổi sinh khối của cây gỗ và rừng nhiệt đới thành carbon, thì hàm lượng carbon trong các thành phần dao động từ 44% – 49%, trung bình 47%. Khi xác định sinh khối và dự trữ carbon của rừng trồng nhiệt đới, Losi và ctv (2003) đã sử dụng hàm lượng carbon là 48% sinh khối thân khô. Djomo và ctv (2011) đã phân tích hàm lượng carbon trong những cây gỗ của rừng trồng nhiệt đới bằng máy phân tích CNS và nhận được tỷ lệ carbon là 46,53%. Ở Việt Nam, Vũ Tiến Hình (2012) đã đề xuất sử dụng hàm lượng carbon trung bình trong sinh khối cây gỗ là 48,5%.

1.2.4. Phương pháp ước lượng sinh khối dựa theo số liệu điều tra rừng

Điều tra rừng theo định kỳ hàng năm ở mỗi quốc gia thường cung cấp những số liệu về diện tích, trữ lượng gỗ cây đứng, trữ lượng gỗ thương mại và lượng tăng trưởng của các loại rừng. Để tạo thuận lợi cho việc thống kê tài nguyên rừng, nhiều nước cũng đã xây dựng những hàm thể tích, biểu thể tích và biểu quá trình sinh trưởng cho những loài cây gỗ và kiểu rừng khác nhau. Vì thế, dự trữ carbon trong các hệ sinh thái rừng có thể được xác định thông qua số liệu điều tra rừng quốc gia (IPCC, 2000, 2003, 2004, 2006; Brown, 2002; Houghton, 2005).

Theo Brown (2002) và Teobaldelli và ctv (2009), để chuyển V_T (m^3) từ số liệu điều tra rừng thành B_{T_0} (kg hoặc tấn) và dự trữ carbon trong sinh khối (C, kg hoặc tấn) đối với từng loài cây gỗ, nhóm loài cây gỗ và rừng, trình tự tính toán bao gồm 5 bước. Bước 1 là thống kê V_T đối với các loài cây và trữ lượng (M , m^3/ha)

đối với các loại rừng khác nhau ở từng địa phương, khu vực hoặc cả nước. Bước 2 là xác định tổng sinh khối khô và sinh khối khô của các thành phần (B_i , tấn; $i =$ tổng số, thân, cành, lá, rễ...) đối với mỗi loài cây, nhóm loài cây và loại rừng. Giá trị B_i được xác định bằng cách nhân tương ứng thể tích của mỗi thành phần (V_i , m^3) với tỷ trọng khô (ρ) hoặc nhân V_i với hệ số điều chỉnh sinh khối tương ứng với mỗi thành phần (BEF_i), nghĩa là $B_i = V_i * BEF_i$. Bước 3 là xác định $P_C\%$ trung bình trong sinh khối đối với mỗi loài cây, nhóm loài cây và loại rừng khác nhau. Bước 4 là xác định khối lượng carbon (C , kg hoặc tấn) trong các thành phần trên mặt đất ($C_i =$ thân, gốc, cành, lá) đối với mỗi loài cây, nhóm loài cây và loại rừng. Giá trị C (tấn/ha) được tính toán bằng cách nhân B_i (tấn/ha) với tỷ lệ carbon ($P_C\%$) trong sinh khối. Bước 5 là thống kê diện tích (S , ha), M (m^3), B_i (tấn), ρ (kg/tấn), BEF_i (tấn/ m^3) hoặc $BCEF_i$ (tấn/ m^3) và C_i (kg/tấn) trong sinh khối đối với các thành phần cây gỗ theo loài cây, nhóm loài cây và kiểu rừng khác nhau...

Nhiều tác giả (Brown, 2002; Jenkins và ctv, 2003; Houghton, 2005; Jalkanen và ctv, 2005; Tobin và ctv, 2007; Teobaldelli và ctv, 2009) cho rằng, V_T được thu thập từ những tài liệu điều tra rừng hoặc từ những ô mẫu trong điều tra rừng. Nó có thể được tính bình quân cho 1 đơn vị diện tích (ha) đối với loài cây, nhóm loài cây hoặc loại rừng hoặc tất cả rừng ở một địa phương. Tỷ trọng gỗ (ρ , kg/tấn) được xác định trong phòng thí nghiệm gỗ và lâm sản. Nếu chuyển từ V_T cây đứng sang B_T tươi, thì ρ là tỷ trọng gỗ tươi. Ngược lại, nếu chuyển từ V_T cây đứng sang B_T khô, thì ρ là tỷ trọng gỗ khô. Nói chung, để dễ dàng tính sinh khối khô và dự trữ carbon của các thành phần cây gỗ, người ta thường sử dụng tỷ trọng sinh khối khô của mỗi thành phần (gỗ, vỏ, lá, rễ...). Đó là tỷ lệ khối lượng chất khô trên đơn vị thể tích tươi của mỗi thành phần (g/cm^3 hoặc kg/m^3). Khi xác định tổng sinh khối của cây, thì giá trị ρ được tính bình quân gia quyền theo trọng lượng của các thành phần. Khi ước lượng sinh khối cho nhiều loài cây gỗ, giá trị ρ được tính bình quân gia quyền theo sinh khối của những loài cây gỗ. Khi nghiên cứu cây gỗ nhiệt đới ở châu Á, Reyes và ctv (1992) đã xác định được tỷ trọng gỗ của 428 loài cây gỗ thay đổi từ 0,40 – 0,69 kg/dm^3 ; trung bình là 0,57 kg/dm^3 . Tỷ trọng gỗ trung

bình của rừng hỗn giao thứ sinh ở Sepunggur (Indonesia) là $0,60 \text{ kg/dm}^3$, dao động từ $0,53 - 0,67 \text{ kg/dm}^3$ (Ketterings và ctv, 2001). Theo Marklund và ctv (1987) và Lehtonen và ctv (2004), tỷ trọng gỗ và tỷ trọng của những thành phần khác (vỏ, lá và rễ) thay đổi tùy theo chiều cao thân cây và vị trí của các thành phần trên cây. Hiện tượng đó xảy ra do gỗ thân và các thành phần khác của cây được cấu tạo bởi những vật chất không thuần nhất. Mặt khác, việc xác định chính xác tỷ trọng của những thành phần khác nhau trên cây gỗ đòi hỏi những dụng cụ và máy móc rất phức tạp, tốn nhiều công sức và kinh phí. Chính vì thế, trong thực tế người ta chỉ xác định tỷ trọng của những thành phần khác nhau trên cây gỗ thông qua một vài mẫu điển hình. Nhiều nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, tỷ trọng gỗ thân thay đổi không chỉ theo hướng xuyên tâm từ đường kính gần vỏ đến ruột gỗ, mà còn theo chiều cao thân cây, vị trí địa lý, khí hậu và những biện pháp lâm sinh (Brown, 1997; Ketterings và ctv, 2001; Chavé và ctv, 2005; Návar, 2009). Đối với rừng hỗn giao nhiệt đới, xác định chính xác hai biến số thể tích và tỷ trọng của các thành phần cây gỗ (cành, lá, vỏ, rễ...) là một vấn đề rất khó khăn và tốn kém về kinh phí. Vì thế, khi chuyển đổi từ V_T và V_i (cành, lá, vỏ, rễ...) sang B_i (thân, cành, lá, vỏ, rễ...) đối với các loài cây gỗ ở nhiệt đới, Brown (1997) đã đề nghị sử dụng ρ trung bình bằng $0,57 \text{ (kg/dm}^3)$.

Sinh khối của cây gỗ và rừng bao gồm sinh khối trên mặt đất và sinh khối dưới mặt đất (hệ thống rễ cây). Phần sinh khối trên mặt đất là tổng sinh khối của các thành phần như thân, cành, vỏ, lá, hoa và quả. Thông thường hệ thống lá, hoa và quả được gộp lại và gọi chung là lá. Phần sinh khối dưới mặt đất là tổng sinh khối của gốc và hệ rễ. Vì thế, tùy theo yêu cầu thống kê sinh khối và dự trữ carbon đối với cây gỗ và quần thụ, giá trị BEF_i hoặc $BCEF_i$ có thể được tính toán theo những phương pháp khác nhau (Brown, 2002; Jenkins và ctv, 2003; Houghton, 2005; Jalkanen và ctv, 2005; Tobin và ctv, 2007; Teobaldelli và ctv, 2009). Theo chỉ dẫn của IPCC (2000, 2003, 2004, 2006), hệ số BEF_i đối với mỗi thành phần cây gỗ được tính theo công thức (1.8); trong đó B_i là sinh khối khô của mỗi thành phần (kg hoặc tấn), $V_{i(t)}$ và $V_{i(k)}$ là thể tích tươi và khô của mỗi thành phần. Tương tự, hệ

số BCEF_i (BCEF_i = BEF_i*ρ) được xác định theo công thức (1.9); trong đó V_T (m³) là thể tích thân cây đứng.

$$BEF_i = B_i/V_{i(t)} \text{ hoặc } V_{i(k)} \quad (1.8)$$

$$BCEF_i = B_i/V_T \quad (1.9)$$

Khi điều tra khí nhà kính, các nước châu Âu thường xác định các hệ số BEF_i cho từng loài cây, loại rừng, cấp tuổi và địa phương. Những hệ số này có thể được tính toán cho từng thành phần của cây (thân, cành, lá, rễ...) hoặc tính bình quân cho tất cả các thành phần của từng loài cây gỗ hay nhóm loài cây gỗ. Nhiều tác giả (Brown, 2002; Jenkins và ctv, 2003; Houghton, 2005; Jalkanen và ctv, 2005; Tobin và ctv, 2007; Teobaldelli và ctv, 2009) cho rằng, do thể tích cành, vỏ, lá và rễ là những thành phần khó xác định chính xác, nên BEF_i đối với những thành phần này chỉ được xác định bằng cách chia B_i cho V_T cây đứng hoặc thân khô (V_{T(k)}) (Công thức 1.10).

$$BEF_i = B_i/V_T \text{ hoặc } V_{T(k)} \quad (1.10)$$

Thông thường, hệ số BEF_i được sử dụng để điều chỉnh sinh khối thân cây thành tổng sinh khối trên mặt đất. Khi chưa xác định được BEF_i cho từng loài cây, loại rừng, cấp tuổi và địa phương, thì giá trị BEF_i có thể được tra theo số liệu của AFOLU do IPCC cung cấp theo định kỳ hàng năm. Giá trị P_C hoặc P_C% được phân tích trong phòng hoặc tra trong các tài liệu do IPCC cung cấp (IPCC, 2000, 2003, 2006).

Những nghiên cứu của nhiều tác giả (Brown, 2002; Lehtonen và ctv, 2004; Tobin và ctv, 2007; Teobaldelli và ctv, 2009) đã chỉ ra rằng, BCEF_i và BEF_i thay đổi tùy theo loài cây gỗ, tuổi cây và quần thụ, kích thước thân cây, vị trí địa lý và lập địa... Vì thế, tùy theo yêu cầu thống kê sinh khối và dự trữ carbon đối với cây gỗ và quần thụ, hệ số BEF_i hoặc BCEF_i có thể được xác định theo 2 phương pháp khác nhau. Một là xác định BEF_i và BCEF_i cho loài cây, nhóm loài cây và kiểu rừng từ số liệu điều tra rừng và số liệu cân đo trực tiếp ở rừng. Hai là xác định BEF_i và BCEF_i cho từng loài cây, nhóm loài cây và kiểu rừng bằng những hàm hồi quy với biến biến dự đoán D, H, G, V... Theo phương pháp thứ nhất, trước hết thu thập

những số liệu về sinh khối (B_i = tổng số, thân, cành, lá...) và V_T (m^3) trên những cây mẫu hoặc ô mẫu tương ứng với loài cây, nhóm loài cây và kiểu rừng. Kế đến tính toán BEF_i và $BCEF_i$ dựa theo quan hệ giữa B_i với V_T . Theo phương pháp thứ 2, trước hết xây dựng các hàm thống kê BEF_i hoặc $BCEF_i$ dựa trên số liệu đo đếm trực tiếp B_i và V_T trên những cây mẫu hoặc ô mẫu tương ứng với loài cây, nhóm loài cây và kiểu rừng. Các hàm BEF_i và $BCEF_i$ ở mức cây cá thể được xây dựng dựa theo biến dự đoán D , H và V_T . Các hàm BEF_i và $BCEF_i$ ở mức quần thụ được xây dựng dựa theo biến dự đoán G và M . Kế đến sử dụng các hàm BEF_i , $BCEF_i$ và V_T để ước lượng B_i đối với cây gỗ, nhóm loài cây gỗ và kiểu rừng. Theo FAO (2007), khi chưa xác định được BEF_i hoặc $BCEF_i$ cho loài cây gỗ, nhóm loài cây gỗ và kiểu rừng, thì các nước có thể sử dụng chung những hệ số BEF_i .

Levy và ctv (2004) và Lehtonen và ctv (2004) đã chỉ ra rằng, theo sự phát triển của cây và quần thụ (rừng), một số thành phần của cây và quần thụ có thể gia tăng dần hay suy giảm dần thông qua đào thải. Mặt khác, cũng giống như thể tích và sinh khối của cây, các hệ số BEF_i và $BCEF_i$ cũng phụ thuộc vào những yếu tố như A , D_0 , D , H và V_T của cây và quần thụ. Vì thế, các hàm BEF_i và $BCEF_i$ có thể được xây dựng ở mức cây cá thể hoặc ở mức quần thụ; trong đó biến dự đoán là A , D_0 , D , H , V ... Nói chung, các hàm $BEF_i = f(A)$, $BEF_i = f(D)$ và $BCEF_i = f(D)$ thường được mô tả bằng hàm lũy thừa (1.11).

$$BEF_i = \exp(a + b \cdot \ln(D)) \quad (1.11)$$

Khi nghiên cứu sinh khối của rừng *Pinus sylvestris* và rừng *Picea abies* ở Thụy Điển, Lehtonen và ctv (2004) nhận thấy cả BEF_i và $BCEF_i$ đều thay đổi theo A (năm) của quần thụ dưới dạng hàm (1.12). Sau này hàm (1.12) cũng được sử dụng để xác định những hệ số BEF_i cho nhiều loài cây gỗ và loại rừng ở Thụy Điển (Zankanen và ctv, 2005) và Phần Lan (Repola, 2009).

$$Y = b_i + b_i \cdot \exp(-A/100) \quad (1.12)$$

Bên cạnh phương pháp xác định B_i ở mức cây gỗ và quần thụ dựa theo BEF_i , người ta còn sử dụng phương pháp tỷ lệ B_i của các thành phần so với B_T (R_i , i = cành, lá, rễ, vỏ...). Phương pháp này đã được Jenkins và ctv (2003) sử dụng để

xây dựng phương pháp xác định sinh khối đối với các thành phần (cành, vỏ, gốc, lá, ngọn...) cây gỗ, nhóm cây gỗ và rừng ở Mỹ. Sau này, phương pháp R_i đã được áp dụng trong các dự án điều tra và phân tích rừng ở Mỹ. Để thuận tiện cho việc dự đoán sinh khối và xác định quy luật biến đổi sinh khối theo tuổi cây và quần thụ, Jenkins và ctv (2003) đã xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ dưới dạng hàm lũy thừa, còn các hàm $R_i = f(D)$ có dạng hàm sigmoid (1.13).

$$R_i = \exp(a + b/D) \quad (1.13)$$

Dewar và Canell (1992) đã xác định dự trữ carbon trong các thành phần sinh khối của cây gỗ (tổng số, thân, cành, lá) từ số liệu điều tra rừng dựa trên công thức (1.14). Ở công thức (1.14), C (kg hay tấn) là khối lượng carbon của cây và các thành phần; M (m^3) = $\sum V_i$ là trữ lượng quần thụ; ρ (kg/dm^3) là tỷ trọng gỗ; P_c (%) là tỷ lệ carbon trong sinh khối; BEF (kg/kg hay $tấn/tấn$) là hệ số điều chỉnh sinh khối; $M \cdot \rho = B$ (Sinh khối quần thụ).

$$C = M \cdot \rho \cdot P_c \cdot BEF \quad (1.14)$$

1.2.5. Sai số ước lượng sinh khối và dự trữ carbon của rừng

Nhiều tác giả (Jenkins và ctv, 2003; Lehtonen và ctv, 2004; Zianis và ctv, 2005) cho rằng, những hàm thể tích và hàm sinh khối cho phép ước lượng thể tích thân cây, sinh khối và dự trữ carbon trong sinh khối của rừng. Tuy vậy, hiệu quả của những hàm thể tích và hàm sinh khối phụ thuộc không chỉ vào hình thái của các hàm, mà còn vào số lượng biến dự đoán và những tiêu chuẩn kiểm định sai lệch của các hàm thống kê. Theo Brown và ctv (1989), sinh khối đối với cây gỗ và rừng được ước lượng từ các hàm thống kê sinh khối và số liệu điều tra trực tiếp trên những ô mẫu có thể sai khác đến 20%. Nguyên nhân của những sai lệch này là do các hàm thống kê sinh khối đã được xây dựng dựa trên những biến dự đoán khác nhau (D_0 , D , D_g , H , D^2H , $D^2H\rho$...) (Brown, 1997, 2002; Houghton và ctv, 2001; Chavé và ctv, 2005).

Một số tác giả (Brown, 1997, 2002; Houghton, 2001; Chavé và ctv, 2005; Sarmiento và ctv, 2005) cho rằng, sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ ở rừng mưa

nhật đới thường được ước lượng với biến động rất lớn. Những biến động này có liên quan đến 5 nguồn sai số khác nhau như tính không thuần nhất về cấu trúc rừng, sai số chọn hàm thống kê sinh khối, sai số chọn cây mẫu, sai số chọn kích thước ô mẫu và tỷ lệ rút mẫu. Trong 5 nguồn sai số trên đây, sai số do chọn hàm thống kê sinh khối không thích hợp là nguồn sai số quan trọng nhất. Khi ước lượng sinh khối đối với rừng tự nhiên hỗn loài, sai số có thể gây ra do chọn cây mẫu không đại diện. Sai số này khó tránh khỏi, bởi vì nhà nghiên cứu chẳng thể chặt hạ được tất cả các loài cây gỗ ở mọi cấp tuổi và cấp kích thước. Mặt khác, hình thái cây gỗ thay đổi tùy theo kích thước hay tuổi và môi trường sống, trong khi cây mẫu chỉ được chặt hạ và cân đo ở một số kích thước và môi trường nhất định. Sai số ước lượng sinh khối cây gỗ và quần thụ còn chịu ảnh hưởng lớn từ tính không thuần nhất về cấu trúc của rừng mưa nhiệt đới, kích thước ô mẫu và tỷ lệ rút mẫu. Theo Sarmiento và ctv (2005), khi nghiên cứu sinh khối rừng mưa nhiệt đới ở Bắc Mỹ, nhiều tác giả đã sử dụng kích thước ô mẫu thay đổi từ 0,01 đến 1,0 ha và tỷ lệ rút mẫu từ 0,2 – 14,0%; trong đó kích thước ô mẫu phổ biến là 0,25 – 1,0 ha và tỷ lệ rút mẫu từ 2 – 5,0%. Clark và ctv (2001) cho rằng, diện tích ô mẫu thích hợp để nghiên cứu cấu trúc, năng suất và sinh khối đối với rừng mưa nhiệt đới có thể thay đổi từ 0,1 ha đến 4,0 ha. Ở Việt Nam, Thái Văn Trùng (1999) cũng đã sử dụng những ô mẫu với kích thước 0,2 – 0,25 ha để phân tích đặc trưng lâm học của rừng tự nhiên hỗn loài. Chavé và ctv (2005) và Nárva (2005) cho rằng, nhà nghiên cứu không dễ dàng khắc phục được những sai số trong ước lượng sinh khối của rừng nhiệt đới. Nguyên nhân là vì rừng nhiệt đới không thuần nhất về các dạng sống và cấu trúc, về điều kiện môi trường sống, về kiểu thảm thực vật và phạm vi không gian thu mẫu. Vì thế, những mô hình sinh khối được đề xuất thường không qua bước kiểm định độ tin cậy của mô hình. Nguyên nhân là vì, để kiểm định sai lệch của những mô hình sinh khối, nhà nghiên cứu cần phải chặt hạ toàn bộ cây gỗ trên một số ô mẫu. Điều đó là không khả thi vì những quy định khắt khe của luật bảo vệ và phát triển rừng ở mỗi quốc gia. Nói chung, độ tin cậy của các hàm thể tích và hàm sinh khối đối với cây gỗ và rừng tự nhiên nhiệt đới chỉ được đánh giá thông

qua số lượng cây mẫu đã được sử dụng để xây dựng các hàm này. Số lượng cây mẫu càng lớn thì độ tin cậy của hàm thể tích và hàm sinh khối càng cao (Chavé và ctv, 2005; Nárva, 2005).

1.3. Thảo luận chung

(1) Từ nhiều tài liệu tổng quan cho thấy, ước lượng chính xác khối lượng carbon trong 5 bể carbon (trên mặt đất, dưới mặt đất, vật rụng, xác chết của thực vật và vật chất hữu cơ trong những lớp đất) là một công việc phức tạp và tốn kém về nhân lực, thời gian và kinh phí. Bể carbon trên mặt đất là to lớn nhất; trong đó dự trữ carbon lại tập trung chủ yếu trong sinh khối trên mặt đất của quần thụ. Vì thế, đề tài luận án chỉ xây dựng những hàm thống kê sinh khối trên mặt đất để làm cơ sở cho việc ước lượng và đánh giá sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với những cây gỗ và quần thụ thuộc Rkx và Rtr ở khu vực nghiên cứu. Mặt khác, để chọn những cây gỗ thích hợp trong nghiên cứu sinh khối đối với hai kiểu Rkx và Rtr, đề tài luận án đã phân tích kết cấu loài cây gỗ (tổ thành rừng) và cấu trúc (phân bố N/D và N/H) của hai kiểu rừng này. Từ các hàm $B_i = f(D)$ và phân bố N/D, có thể xác định B_i theo các cấp D hay nhóm D.

(2) Xác định sinh khối của rừng là mấu chốt của việc nghiên cứu dự trữ carbon của rừng. Sinh khối của rừng có thể được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau; trong đó ba phương pháp phổ biến là phương pháp cân đo trực tiếp sinh khối trên cây mẫu hoặc ô mẫu, phương pháp dựa vào những hàm sinh khối và phương pháp dựa vào những số liệu điều tra rừng cùng với các hệ số BEF_i hoặc R_i . Phương pháp nào được chọn lựa là tùy thuộc vào loài cây gỗ, kiểu thảm thực vật, điều kiện nghiên cứu và nguồn số liệu. Đối với một kiểu thảm thực vật nhất định, người ta thường sử dụng thống nhất một phương pháp. Mặt khác, mặc dù phương pháp cân đo trực tiếp sinh khối của rừng trên những ô mẫu là phương pháp chính xác nhất, nhưng phương pháp này chỉ thích hợp với cây nhỏ, không gian nhỏ và rừng được hình thành từ những cây có giá trị thấp về kinh tế. Đối với rừng phân bố trên không gian rộng lớn, rừng có nhiều loài cây với giá trị cao và rừng đặc dụng, người ta thường sử dụng phương pháp ước lượng sinh khối gián tiếp hay phương

pháp không phá hủy cây bằng những hàm thống kê sinh khối. Phương pháp này cho phép ước lượng sinh khối và dự trữ carbon đối với cây gỗ, nhóm cây gỗ và rừng từ những số liệu điều tra rừng. Theo quan điểm này, đề tài luận án này đã áp dụng phương pháp hàm thống kê sinh khối để ước lượng sinh khối và khả năng dự trữ carbon đối với cây gỗ và quần thụ thuộc R_{kx} và R_{tr} ở khu vực nghiên cứu.

(3) Sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ cũng có thể được ước lượng từ số liệu từ điều tra rừng ở mức địa phương, vùng và quốc gia. Tuy vậy, độ chính xác của việc chuyển từ thể tích thân cây đứng hay thân cây thương mại (sản lượng gỗ tròn) sang những thành phần sinh khối như tổng sinh khối của cây, tổng sinh khối của cây trên mặt đất và sinh khối của các thành phần (thân, cành, lá, vỏ, gốc, rễ) phụ thuộc không chỉ vào độ chính xác của các hàm thể tích và số liệu điều tra trên những ô mẫu, mà còn vào những hệ số BEF_i hoặc BCEF_i. Những hệ số này có thể được xác định cho từng loài cây riêng rẽ, nhóm loài cây, quần thụ hoặc kiểu rừng khác nhau. Để xác định sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ từ số liệu điều tra rừng, đề tài luận án này cũng xây dựng những hàm BEF_i và hàm R_i đối với cây gỗ dựa theo biến dự đoán D và V_T. Đối với quần thụ, các hàm B_i được dự đoán theo hai biến G và M.

(4) Từ những tài liệu tổng quan cho thấy, độ chính xác của các hàm thống kê (V_T, B_i, BEF_i, R_i) phụ thuộc chặt chẽ không chỉ vào dạng hàm, số lượng và kích thước cây mẫu và ô mẫu, mà còn vào số lượng biến dự đoán và những tiêu chuẩn chọn hàm thống kê thích hợp... Khi xây dựng những hàm thống kê sinh khối và dự trữ carbon đối với cây gỗ và quần thụ thuộc R_{kx} và R_{tr}, đề tài luận án này đã sử dụng ô mẫu thay đổi từ 0,2 – 1,0 ha để phân tích kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và biến động sinh khối của quần thụ, còn số lượng cây mẫu được chọn điển hình theo những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế trong quần xã. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, hàm lũy thừa với biến dự đoán D hoặc D²*H là hàm thích hợp để xây dựng các hàm sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ. Với quan niệm hàm sinh khối thích hợp là hàm mô tả đối tượng nghiên cứu với sai lệch nhỏ nhất, hướng giải quyết của đề tài luận án bắt đầu từ việc kiểm định sai lệch của nhiều hàm khác nhau, sau đó

chọn những hàm thích hợp theo tiêu chuẩn “Tổng sai lệch bình phương nhỏ nhất” (SSR_{\min}). Đối với những hàm thống kê sinh khối cây cá thể, biến dự đoán thường là D và H hoặc tổ hợp giữa hai biến này ở dạng $D*H$, D^2H và D^3/H . Đối với những hàm thống kê sinh khối quần thể, ngoài hai biến dự đoán D và H , người ta còn sử dụng các biến N , G và M hoặc tổ hợp giữa các biến này. Theo quan điểm này, đề tài luận án này cũng xây dựng các hàm thống kê sinh khối đối với cây gỗ và quần thể thuộc R_{kx} và R_{tr} dựa theo các biến dự đoán D , H , V , G và M hoặc tổ hợp giữa các biến kể trên.

(5) Về lý thuyết, sinh khối thân và sinh khối của các thành phần khác của cây gỗ (B_i = cành, lá, vỏ, rễ...) có thể được xác định theo quan hệ $B_i = V_i * \rho_i * BEF_i$; trong đó V_i , ρ_i , BEF_i tương ứng là thể tích, tỷ trọng và hệ số điều chỉnh sinh khối đối với các thành phần cây gỗ. Thể tích thân cây gỗ có thể được xác định bằng những hàm thể tích hoặc biểu thể tích cây đứng được áp dụng chung cho rừng tự nhiên hỗn loại. Trái lại, tỷ trọng gỗ của những loài cây gỗ ở rừng nhiệt đới là một biến số khó xác định và tốn kém về kinh phí. Vì thế, đề tài luận án này chỉ xác định sinh khối tươi trên mặt đất đối với các cây gỗ bằng cách cân đo trực tiếp tại rừng, còn sinh khối khô được xác định trong phòng. Để loại bỏ yếu tố tỷ trọng gỗ, đề tài luận án đã sử dụng mối quan hệ giữa B_i với V_T và BEF_i . Đại lượng V_T được xây dựng dựa theo số liệu từ những cây mẫu. Những hệ số BEF_i được xác định bằng cách chia B_i khô của các thành phần cây gỗ cho V_T cây đứng. Khi ước lượng dự trữ carbon trong sinh khối trên mặt đất của hai kiểu rừng ở khu vực nghiên cứu, đề tài luận án đã sử dụng hàm lượng carbon trung bình ($P_C = 47\%$) trong sinh khối đối với cây gỗ nhiệt đới ở châu Á (IPCC, 2004).

Chương 2

ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là cây gỗ và quần thụ thuộc Rkx và Rtr. Địa điểm nghiên cứu được đặt tại VQG Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận. Tọa độ địa lý: 11⁰58'32" đến 12⁰10'00" vĩ Bắc; 108⁰41'00" đến 108⁰49'05" kinh Đông. Khí hậu phân chia thành 2 mùa rõ rệt; trong đó mùa khô kéo dài 6 tháng từ 12 năm trước đến tháng 5 năm sau, còn mùa mưa từ tháng 6 đến tháng 11. Nhiệt độ không khí trung bình 22,0⁰C. Lượng mưa trung bình năm là 1.000,0 mm. Độ ẩm không khí trung bình 80%. Độ cao từ 1.100 - 1.200 m so với mặt biển. Đất feralit đỏ vàng phát triển trên đá Macma chua và trung tính.

2.2. Nội dung nghiên cứu

- (1) Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx.
- (2) Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rtr.
- (3) Xây dựng những hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx.
- (4) Xây dựng những hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rtr.
- (5) Xây dựng những hàm sinh khối từ số liệu điều tra Rkx.
- (6) Xây dựng những hàm sinh khối từ số liệu điều tra Rtr.
- (7) So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối cây gỗ và quần thụ.
- (8) Sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp luận

Phương pháp luận của đề tài luận án dựa trên những quan niệm sau đây:

(1) Sinh khối cây gỗ và quần thụ là tổng trọng lượng vật chất hữu cơ trên cây đứng hay cây còn sống. Tổng sinh khối trên mặt đất (B_{To} , kg hoặc tấn) của cây gỗ và quần thụ bao gồm sinh khối thân cả vỏ (B_T , kg hoặc tấn); sinh khối cành cả vỏ (B_C , kg hoặc tấn) và sinh khối lá, hoa và quả (B_L , kg hoặc tấn). Tổng cộng hai thành phần B_C và B_L là sinh khối cành và lá (B_{CL} , kg hoặc tấn).

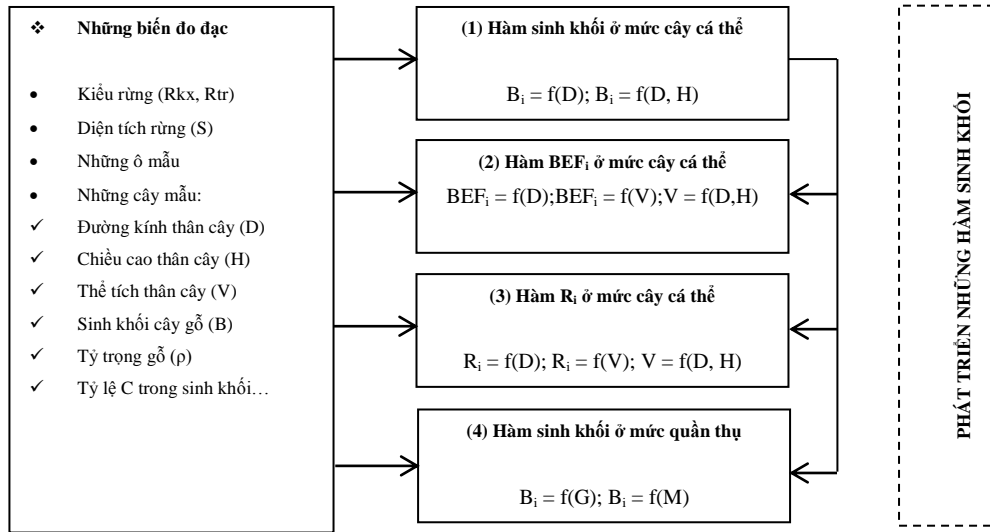
(2) Sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ (B_i = tổng số, thân, cành, lá) có mối quan hệ chặt chẽ với những thành phần dễ đo đạc trên thân cây như D (cm) và H (m). Vì thế, những hàm ước lượng sinh khối đối với cây gỗ có thể được xây dựng dựa trên 2 biến dự đoán D và H , nghĩa là $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$. Tương tự, những hệ số BEF_i và R_i đối với cây gỗ có thể được xây dựng dựa trên biến dự đoán D , nghĩa là $BEF_i = f(D)$ và $R_i = f(D)$. Mặt khác, khi biết số liệu từ điều tra rừng (D , H , V , G , M và phân bố N/D), thì sinh khối đối với cây gỗ có thể được xác định bằng các hàm $B_i = f(V)$. Sinh khối trên mặt đất đối với quần thụ (B_i , kg hay tấn) có thể được ước lượng dựa theo hàm $B_i = f(G)$ và $B = f(M)$ hoặc từ các hàm $B_i = f(D)$ kết hợp với phân bố N/D .

(3) Do nhiều giới hạn khác nhau, nên những cây mẫu được tuyển chọn để cân đo sinh khối đối với rừng mưa nhiệt đới chỉ bao gồm những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế. Cơ sở khoa học của phương pháp này là ở chỗ, những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế đóng góp trữ lượng gỗ và sinh khối lớn nhất trong quần thụ.

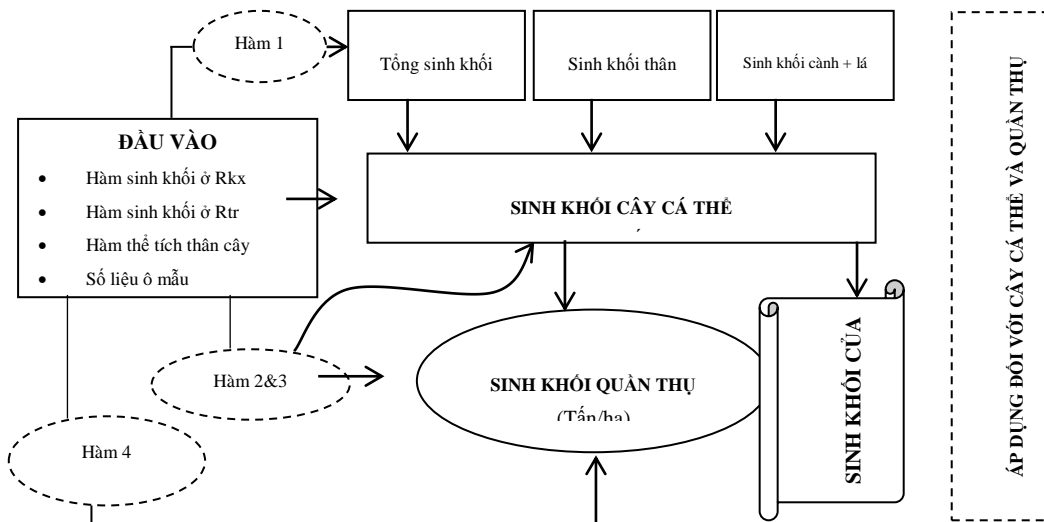
(4) Khối lượng carbon (C , kg hay tấn) dự trữ trong sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ được xác định bằng cách nhân B_i với tỷ lệ carbon ($P_C\%$) trung bình trong sinh khối.

Từ những quan niệm trên đây, hướng giải quyết của đề tài luận án bắt đầu từ việc thu thập những thành phần sinh khối trên những cây mẫu điển hình theo nhóm loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế bằng cách cân đo trực tiếp tại rừng. Đối với mỗi kiểu rừng, những cây mẫu được chặt hạ ở trạng thái rừng IIIA₂ và IIIA₃ theo phân loại trạng thái rừng của Loeschau (1966). Kế đến xây dựng và chọn các hàm B_i , BEF_i và R_i thích hợp dựa theo những biến dự đoán dễ đo đạc (D , H , G). Sau đó sử dụng các hàm sinh khối thích hợp cùng với những ô mẫu để ước lượng sinh khối

quần thụ thuộc những trạng thái rừng khác nhau. Sinh khối của kiểu rừng là tổng sinh khối của các trạng thái rừng. Phương pháp xây dựng những hàm sinh khối và áp dụng chúng để ước lượng và đánh giá sinh khối và dự trữ carbon đối với R_{kx} và R_{tr} được mô tả khái quát ở Hình 2.1 và Hình 2.2.



Hình 2.1. Sơ đồ mô tả các bước xây dựng các hàm sinh khối đối với cây cá thể và quần thụ thuộc R_{kx} và R_{tr}.



Hình 2.2. Sơ đồ mô tả áp dụng các hàm sinh khối và số liệu điều tra rừng để ước lượng sinh khối đối với cây cá thể và quần thụ thuộc R_{kx} và R_{tr}.

Những giả thuyết nghiên cứu

- (1) Những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế đóng góp lớn nhất về trữ lượng gỗ và sinh khối trong quần thụ. Giả thuyết này được kiểm chứng thông qua phân tích kết cấu loài cây gỗ của các quần thụ.
- (2) Những loài cây gỗ có kích thước tương đồng với nhau thì sinh khối và thể tích thân cây của chúng cũng tương đồng với nhau. Giả thuyết này dựa trên cơ sở các hàm sinh khối được xây dựng từ sinh khối trung bình của các loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế.
- (3) Sinh khối cây gỗ và quần thụ thay đổi tùy theo kiểu rừng. Giả thuyết này được kiểm chứng thông qua phân tích so sánh sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ thuộc hai kiểu Rkx và Rtr.
- (4) Sinh khối cây gỗ có mối quan hệ chặt chẽ với D và H. Tương tự, sinh khối quần thụ có mối quan hệ chặt chẽ với N, G và M. Giả thuyết này được kiểm chứng thông qua phân tích mối quan hệ giữa những thành phần sinh khối của cây gỗ và quần thụ với các biến dự đoán D, H, N, G và M.

2.3.2. Phương pháp thu thập số liệu

2.3.2.1. Phân chia đối tượng thu mẫu

Theo số liệu của VQG Phước Bình (2010), Rkx bao gồm 4 trạng thái rừng IIB, IIIA₁, IIIA₂, IIIA₃, còn Rtr bao gồm 3 trạng thái rừng IIB, IIIA₁, IIIA₂ (Phụ lục 1). Đối với mỗi kiểu rừng, những cây mẫu được chọn và chặt hạ ở trạng thái rừng IIIA₂ và IIIA₃ theo phân loại trạng thái rừng của Loeschau (1966).

2.3.2.2. Xác định kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx và Rtr

Mỗi trạng thái rừng chỉ được nghiên cứu các đặc điểm về kết cấu loài cây gỗ (tổ thành rừng), N (cây/ha), G (m²/ha), M (m³/ha), phân bố N/D, phân bố N/H và phân bố trữ lượng gỗ theo nhóm D (M/D). Mỗi trạng thái rừng thuộc 2 kiểu rừng đã được mô tả và phân tích dựa trên 5 ô mẫu; trong đó 4 ô mẫu có diện tích 0,2 ha (40*50 m) và 1 ô mẫu có kích thước 1,0 ha (100*100 m). Tổng số 2 kiểu rừng là 35 ô mẫu. Những ô mẫu 1 ha được sử dụng để phân tích kết cấu loài cây gỗ và cấu

trúc của quần thụ. Những ô mẫu 0,2 ha cùng với ô mẫu 1,0 ha được sử dụng để phân tích biến động về N, G, M và B của mỗi trạng thái rừng. Phương pháp bố trí ô mẫu là phương pháp điển hình theo trạng thái rừng.

Những đặc trưng lâm học của các trạng thái rừng khác nhau chỉ được phân tích dựa trên những cây gỗ có $D \geq 8$ cm. Đối với mỗi trạng thái rừng trên ô mẫu, những chỉ tiêu nghiên cứu bao gồm thành phần loài cây, N, D, H, G và M. Thành phần loài cây được thống kê theo loài; sau đó sắp xếp theo chi và họ. Tên loài, chi và họ được xác định theo Phạm Hoàng Hộ (1999), Trần Hợp (2002), Trần Hợp và Nguyễn Bội Quỳnh (2003). Đường kính thân cây được xác định thông qua đo chu vi thân cây bằng thước dây với độ chính xác 0,1 cm. Chiều cao thân cây được đo bằng thước đo cao Blume - Leise với độ chính xác 0,5 m.

2.3.2.3. Thu thập số liệu sinh khối trên những cây mẫu

Sinh khối ở mức quần thụ được thu thập dựa trên sinh khối của những cây mẫu thuộc những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế. Đối với những quần thụ thuộc Rkx, số lượng cây mẫu là 47 cây; trong đó phân chia đều từ cấp $D = 8$ cm đến cấp $D = 94$ cm. Đối với những quần thụ thuộc Rtr, số lượng cây mẫu là 41 cây; trong đó phân chia đều từ $D = 8$ cm đến $D = 48$ cm. Tổng số cây mẫu của Rkx và Rtr là 88 cây. Đặc điểm của những cây mẫu được ghi lại ở Phụ lục 2 và 3.

Sinh khối tươi trên mặt đất (B_t , kg) của những cây mẫu được xác định bằng phương pháp cân đo trực tiếp tại rừng. Những cây mẫu được chặt hạ cách mặt đất 10 cm đối với những cây gỗ có $D < 20$ cm và 30 cm đối với cây gỗ có $D > 20$ cm. Mỗi cây mẫu được phân chia riêng rẽ thành ba thành phần thân, cành và lá. Sau đó đo đạc chính xác D và chiều dài toàn thân cây (H) bằng thước dây với độ chính xác 0,1 cm. Để đo đạc $B_{T(t)}$, thân cây mẫu được phân chia thành những phân đoạn có chiều dài từ 0,5 đến 1,0 m tùy theo đường kính thân cây. Mỗi phân đoạn được đo đạc đường kính hai đầu lớn và nhỏ (D_{max} và D_{min}). Số liệu này là cơ sở để tính thể tích các phân đoạn trên thân cây bằng công thức kép tiết diện bình quân. Mỗi phân đoạn được cân đo với độ chính xác 0,1 kg. Sau đó cộng dồn trọng lượng của các bộ phận thân để nhận được $B_{T(t)}$. Hai thành phần $B_{C(t)}$ và $B_{L(t)}$ cũng được phân chia nhỏ

và cân đo với độ chính xác 0,1 kg. Sau đó cộng dồn trọng lượng của các bộ phận để nhận được $B_{C(t)}$ và $B_{L(t)}$.

Để xác định sinh khối khô tuyệt đối (B, kg) đối với cây mẫu, mỗi bộ phận tươi (thân, cành và lá) đã được thu mẫu 0,5 kg. Vị trí thu mẫu sinh khối ở giữa các bộ phận thân, cành và tán lá. Các mẫu sinh khối tươi đã được sấy ở phòng thí nghiệm với nhiệt độ từ $70^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ cho đến khi khô kiệt hoàn toàn (trọng lượng không đổi). Sau đó xác định tỷ lệ $B_{(k)}/B_{(t)}$ của các bộ phận và quy đổi sinh khối tươi thành sinh khối khô (B_{T_0} , B_T , B_C và B_L). Bốn thành phần B_{T_0} , B_T , B_C và B_L được sử dụng để xây dựng hàm sinh khối ở mức cây gỗ.

2.3.2.4. Xác định sinh khối từ số liệu điều tra rừng

Để xác định sinh khối của 2 kiểu rừng từ số liệu điều tra rừng, đề tài đã thu thập diện tích các trạng thái rừng thuộc 2 kiểu rừng (S_i , ha) và số liệu điều tra trên những ô mẫu. Diện tích các trạng thái rừng được thu thập từ số liệu của VQG Phước Bình (2010). Tổng diện tích của 4 trạng thái rừng thuộc R_{kx} là 3.580,0 ha; trong đó diện tích rừng IIB, IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ tương ứng là 2.449,0 ha, 230,0 ha, 760,0 ha và 141,0 ha. Tổng diện tích của 3 trạng thái rừng thuộc R_{tr} là 1.953,0 ha; trong đó diện tích rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ tương ứng là 1.817,0 ha, 114,0 ha và 22 ha. Số liệu của những ô mẫu được đo đạc trực tiếp tại mỗi kiểu rừng. Tổng số 2 kiểu rừng là 35 ô tiêu chuẩn; trong đó 20 ô tiêu chuẩn thuộc R_{kx} và 15 ô tiêu chuẩn thuộc R_{tr}.

2.3.2.5. Mô tả điều kiện môi trường hình thành rừng

Điều kiện môi trường hình thành hai kiểu rừng được mô tả bao gồm vị trí địa lý, khí hậu, địa hình và đất. Tất cả những thông tin này được thu thập từ những tài liệu của VQG Phước Bình (2010).

2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

2.3.3.1. Xác định kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của R_{kx} và R_{tr}

(1) Xác định kết cấu rừng. Đối với mỗi ô mẫu, những chỉ tiêu tính toán bao gồm N (cây/ha), D (cm), H (m), G (m²/ha) và M (m³/ha). Để đạt được mục đích

này, trước hết xác định các đặc trưng thống kê đối với N, D, H, G và M trên từng ô mẫu. Tiếp theo tính các đặc trưng N, D, H, G và M bình quân cho từng trạng thái rừng và quy đổi ra đơn vị 1 ha. Cách thức tính toán những đặc trưng của quần thụ được thực hiện theo chỉ dẫn chung của lâm học và điều tra rừng. Cuối cùng dựa trên những kết quả tính toán để mô tả và phân tích biến động N, D, H, G và M đối với các trạng thái rừng khác nhau thuộc 2 kiểu rừng.

(2) Mô tả và phân tích kết cấu loài cây gỗ. Kết cấu loài cây gỗ của các trạng thái rừng được tính toán và phân tích dựa trên những ô mẫu điển hình với kích thước 1 ha. Đối với mỗi ô mẫu, xác định định kết cấu loài cây gỗ (IVI%) theo phương pháp của Thái Văn Trùng (1999) (Công thức 2.1); trong đó N%, G% và V% tương ứng là mật độ tương đối của loài, tiết diện ngang thân cây tương đối của loài và thể tích thân cây tương đối của loài. Giá trị $V = g \cdot H \cdot F$, với $F = 0,45$.

$$IVI\% = 1/3 \cdot (N\% + G\% + V\%) \quad (2.1)$$

Sau đó tập hợp kết cấu loài cây gỗ theo các trạng thái rừng. Từ đó phân tích so sánh tổng số loài cây gỗ bắt gặp, những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế, những loài cây gỗ khác. Những thông tin này không chỉ giúp ích cho việc hiểu biết về đặc điểm lâm học của R_{kx} và R_{tr}, mà còn là cơ sở cho việc tuyển chọn những loài cây gỗ trong nghiên cứu sinh khối.

(3) Xác định cấu trúc của các trạng thái rừng khác nhau. Cấu trúc rừng được xác định thông qua phân bố N/D, phân bố N/H và phân bố M/D. Những phân bố này cùng với các hàm $B_i = f(D)$, $B_i = f(D, H)$, $BEF_i = f(D)$ và $R_i = f(D)$ là cơ sở cho việc xác định sinh khối đối với những cấp D và nhóm D. Đặc trưng thống kê phân bố N/D và phân bố N/H đối với quần thụ trên ô mẫu được tính toán bao gồm giá trị trung bình (\bar{X}), môđ (M₀), trung vị (M_e), giá trị lớn nhất, giá trị nhỏ nhất, phương sai (S²), sai lệch chuẩn (S), sai số chuẩn của số trung bình (S_e), hệ số biến động (CV%), độ lệch (S_k), độ nhọn (K_u) và các tứ phân vị (Q₁, Q₂, Q₃). Đây là những thông tin mô tả không chỉ biến động D và H, mà còn cả hình dạng phân bố N/D và phân bố N/H. Để dự đoán số cây theo cấp D, hàm phân bố N/D thích hợp đã được kiểm định từ hàm phân bố mũ và phân bố lognormal. Để đạt mục đích này, trước

hết phân chia D thành cấp. Căn cứ vào phạm vi biến động D của R_{kx}, cấp D của trạng thái rừng IIB được phân chia thành 4 cm, còn những trạng thái rừng IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ được phân chia thành 6 cm. Đối với R_{tr}, cấp D của cả ba trạng thái rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ đã được phân chia thành 4 cm. Số cấp đường kính thích hợp nằm trong khoảng từ 6 đến 12 cấp. Những phân bố thích hợp nhất được sử dụng để tính tần số cây lý thuyết (N_{lt} và N_{lt%}) và tần số cây tích lũy theo cấp D (N_{tl} và N_{tl%}). Phân bố M/D đối với các trạng thái rừng được phân tích theo 5 nhóm D (cm): < 10, 10 – 20, 20 – 30, 30 – 40 và D > 40.

2.3.3.2. Xây dựng những hàm sinh khối đối với cây cá thể

Trong đề tài luận án này, sinh khối cây cá thể được tính toán và phân tích dựa theo 2 phương pháp khác nhau. Một là phương pháp hàm thống kê sinh khối. Hai là phương pháp dựa vào số liệu điều tra rừng cùng với những hệ số BEF_i và R_i. Theo phương pháp thứ nhất, các thành phần sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ (B_i = tổng số, thân, cành và lá) được ước lượng gần đúng dựa theo các hàm với những biến dự đoán có quan hệ chặt chẽ với sinh khối và dễ đo đạc. Theo phương pháp thứ 2, các thành phần B_i được xác định gần đúng bằng cách nhân BEF_i với V_T hoặc nhân B_T với R_i tương ứng với các thành phần.

(1) Xây dựng các hàm ước lượng H và V_T. Chỉ tiêu H đối với những cây mẫu thuộc hai kiểu rừng đã được ước lượng dựa theo hàm $H = f(D)$. Những hàm $H = f(D)$ phù hợp đã được kiểm định theo 2 hàm (2.2) và (2.3). Thể tích thân cây mẫu (V_T, m³) được ước lượng theo hàm (2.4).

$$H = 1/(a + b/D) \quad (2.2)$$

$$H = a \cdot D^b \quad (2.3)$$

$$V_T = a \cdot D^b \cdot H^c \quad (2.4)$$

(2) Xây dựng các hàm ước lượng sinh khối đối với cây gỗ. Các hàm sinh khối đối với cây gỗ đã được xây dựng theo 2 kiểu khác nhau. Kiểu thứ nhất là các hàm thống kê sinh khối với 1 biến dự đoán D, nghĩa là B_i = f(D). Kiểu thứ hai là các hàm thống kê sinh khối với 2 biến dự đoán D và H, nghĩa là B_i = f(D, H). Các hàm B_i = f(D) phù hợp nhất đã được kiểm định theo 5 hàm (2.5) – (2.9), tương ứng

là hàm Schumacher, Korsun - Strand, lũy thừa, Drakin – Vuevski và hàm số mũ. Trong lâm học, năm hàm này thường được sử dụng để ước lượng D , H và V_T .

$$B_i = a \cdot \exp(-b \cdot D^c) \quad (2.5)$$

$$B_i = D^2 / (a + b \cdot D + c \cdot D^2) \quad (2.6)$$

$$B_i = a \cdot D^b \quad (2.7)$$

$$B_i = a \cdot (1 - \exp(-b \cdot D))^c \quad (2.8)$$

$$B_i = a \cdot \exp(b \cdot D) \quad (2.9)$$

Các hàm $B_i = f(D, H)$ phù hợp nhất đã được kiểm định theo 5 hàm (2.10) – (2.14). Đây là những hàm thường được sử dụng để ước lượng V cây gỗ và M rừng.

$$B_i = a \cdot D^b \cdot H^c \text{ hoặc } B = a_0 + a \cdot D^b \cdot H^c \quad (2.10)$$

$$B_i = a + b \cdot D^2 + c \cdot D^3 + d \cdot (D^3/H) \quad (2.11)$$

$$B_i = a + b \cdot D^2 + c \cdot (D^2/H) \quad (2.12)$$

$$B_i = a \cdot (D^2 \cdot H)^b \quad (2.13)$$

$$B_i = a \cdot (D \cdot H)^b \quad (2.14)$$

Các hệ số hồi quy và những thống kê tương quan và sai lệch đối với các hàm (2.5) – (2.14) đã được xác định bằng phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquardt. Mức độ phù hợp của các hàm sinh khối được kiểm định thông qua so sánh hệ số xác định (R^2), sai số chuẩn của ước lượng (Se), sai số tuyệt đối trung bình (MAE), sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm ($MAPE$) và tổng sai lệch bình phương (SSR). Với mục đích xác định sinh khối cây gỗ với sai lệch nhỏ nhất, các hàm sinh khối phù hợp nhất đã được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

Để đánh giá và chọn những hàm sinh khối với những biến dự đoán thích hợp nhất, trước hết phân tích so sánh R^2 , Se , MAE , $MAPE$ và SSR giữa các hàm $B_i = f(D)$ và hàm $B_i = f(D, H)$. Với mục đích xác định sinh khối với sai lệch nhỏ nhất, các hàm sinh khối với những biến dự đoán thích hợp đã được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

(3) Phương pháp ước lượng sinh khối cây cá thể dựa theo số liệu điều tra rừng. Trong điều tra rừng, số liệu báo cáo bao gồm diện tích và những chỉ tiêu thống kê bình quân về N (cây/ha), G (m^2 /ha) và M (m^3 /ha) của các loại rừng. Ngoài

ra, điều tra rừng cũng có thể báo cáo những số liệu về D , H và V_T của những cây gỗ trong những ô mẫu thuộc những loại rừng khác nhau. Mặt khác, giá trị V_T của những cây trong ô mẫu cũng có thể được xác định từ biểu thể tích cây đứng. Từ những thông tin này, sinh khối cây cá thể và quần thụ đã được xác định theo 4 phương pháp dưới đây.

(a) Xác định sinh khối cây cá thể và quần thụ dựa theo số liệu của những ô mẫu. Để đạt mục đích này, trước hết tính sinh khối đối với những cây gỗ trong từng ô mẫu đại diện cho các trạng thái rừng dựa trên những hàm sinh khối thích hợp nhất ở mức cây cá thể. Kế đến cộng dồn sinh khối của những cây trong ô mẫu để nhận được sinh khối của ô mẫu. Tiếp theo, từ sinh khối của các ô mẫu, xác định sinh khối bình quân của 1 ô mẫu và quy đổi ra đơn vị 1 ha. Sau đó tính sinh khối đối với các trạng thái rừng bằng cách nhân sinh khối bình quân 1 ha với diện tích của các trạng thái rừng tương ứng.

(b) Xác định sinh khối cây cá thể dựa theo thể tích thân cây. Những hàm $B_i = f(V)$ đã được kiểm định theo 2 hàm (2.15) và (2.16); trong đó V được xác định dựa theo hàm (2.4). Sau đó chọn hàm thích hợp dựa theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

$$B_i = a \cdot V^b \quad (2.15)$$

$$B_i = V^2 / (a + b \cdot V - c \cdot V^2) \quad (2.16)$$

(c) Xác định sinh khối cây cá thể dựa theo BEF_i . Bốn thành phần B_{T0} , B_T , B_C , B_L đối với những cây mẫu đã được xác định theo công thức 2.17; trong đó B_i được xác định bằng những hàm $B_i = f(D)$ phù hợp nhất, còn V_T được xác định theo hàm (2.4). Các hệ số BEF_i được xác định theo công thức (2.18). Sau đó xây dựng các hàm $BEF_i = f(X)$ (với $X = D$ và V_T) theo 3 hàm (2.19) - (2.21). Các hàm BEF_i phù hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

$$B_i = V_T \cdot BEF_i \quad (2.17)$$

$$BEF_i = B_i / V_T \quad (2.18)$$

$$BEF_i = (a + b/X)^2 \quad (2.19)$$

$$BEF_i = a \cdot X^b \quad (2.20)$$

$$BEF_i = \sqrt{a + b/X} \quad (2.21)$$

(d) Xác định B_i dựa theo R_i . Ba thành phần B_{T_0} , B_C và B_L đã được xác định theo công thức (2.22). Đại lượng B_T được xác định bằng hàm $B_T = f(D)$ phù hợp nhất. Sau đó xây dựng và chọn các hàm $R_i = f(D)$ phù hợp nhất từ 3 hàm (2.23) - (2.25). Các hàm $R_i = f(D)$ phù hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

$$B_i = R_i * B_T \quad (2.22)$$

$$R_i = a + b * \ln(D) \quad (2.23)$$

$$R_i = 1 / (a + b * \sqrt{D}) \quad (2.24)$$

$$R_i = a * D^b \quad (2.25)$$

2.3.3.3. Xây dựng những hàm sinh khối đối với quần thụ

Sinh khối quần thụ (B_i , tấn/ha) đã được dự đoán dựa theo 2 biến G (m^2/ha) và M (m^3/ha). Những hàm sinh khối phù hợp đã được kiểm định theo 3 hàm (2.26) - (2.28); trong đó $B_i = B_{T_0}$, B_T và B_{CL} , còn $X = G$ và M .

$$B_i = \sqrt{a + b * X^2} \quad (2.26)$$

$$B_i = a * X^b \quad (2.27)$$

$$B_i = X^2 / (a + b * X + c * X^2) \quad (2.28)$$

Ba thành phần B_{T_0} , B_T và B_{CL} trên những ô mẫu được ước lượng theo những hàm $B_i = f(D)$ phù hợp nhất. Hai biến dự đoán G và M được thu thập từ những ô mẫu đại diện cho những quần thụ ở những trạng thái rừng khác nhau thuộc R_{kx} và R_{tr} . Mức độ sai lệch của các hàm (2.26) - (2.28) được kiểm định bằng các tiêu chuẩn như R^2 , Se , MAE , $MAPE$ và SSR . Sau đó chọn hàm sinh khối thích hợp dựa theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

2.3.3.4. So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối cây gỗ và quần thụ

Trước khi đề xuất áp dụng vào thực tiễn, các phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ phải thỏa mãn một số yêu cầu cơ bản. Một là các hàm sinh khối phải đảm bảo ước lượng gần đúng sinh khối của quần thụ ở mức địa phương. Hai là các phương pháp xác định sinh khối phải được sử dụng dễ dàng trong điều tra rừng. Ba là các phương pháp xác định sinh khối phải được xây dựng dựa trên cùng nguồn vật liệu nghiên cứu. Bốn là tổng sinh khối của cây được dự đoán bằng các phương pháp khác nhau phải bằng tổng sinh khối của cây được dự

đoán từ các thành phần cấu thành (thân, cành, lá). Năm là các phương pháp xác định sinh khối phải có khả năng áp dụng cho những đối tượng mới.

Trong đề tài này, sinh khối cây gỗ đã được ước lượng theo 6 phương pháp khác nhau: (a) $B_i = f(D)$; (b) $B_i = f(D, H)$; (c) $B_i = f(V)$; (d) $B_i = V * BEF_i$ với $BEF_i = f(D)$; (e) $B_i = V * BEF_i$ với $BEF_i = f(V)$; (g) $B_i = B_T * R_i$ với $R_i = f(D)$. Sinh khối quần thể được xác định theo 4 phương pháp khác nhau: (a) Sử dụng những hàm sinh khối cây cá thể kết hợp với số liệu điều tra trên những ô mẫu; (b) $B_i = f(G)$; (c) $B_i = f(M)$; (d) Sử dụng hàm phân bố N/D cùng với những hàm $B_i = f(D)$.

Để xác định khả năng áp dụng các hàm sinh khối cây cá thể với hai biến dự đoán D và H, trước hết so sánh sai lệch về sinh khối đối với các thành phần cây gỗ được ước lượng bằng hàm $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$ với sinh khối của những cây không tham gia xây dựng mô hình; trong đó mỗi kiểu rừng 6 cây. Mức độ sai khác giữa hai dạng hàm này được đánh giá bằng bảng ANOVA và MAPE.

Để so sánh sự khác biệt giữa 6 phương pháp ước lượng sinh khối cây gỗ, trước hết xác định B_i đối với cây gỗ thuộc R_{kx} và R_{tr} theo các cấp D bằng 6 phương pháp này. Sau đó, so sánh sai lệch giữa 6 phương pháp này bằng bảng ANOVA.

Để so sánh sai lệch giữa phương pháp ước lượng sinh khối quần thể bằng hàm $B = f(G)$ hoặc $B = f(M)$ và hàm phân bố N/D cùng với những hàm $B_i = f(D)$, trước hết xác định G và B_i quần thể trên các ô mẫu bằng hàm $B_i = f(G)$. Kế đến xác định B_i quần thể trên những ô mẫu bằng hàm phân bố N/D và hàm $B_i = f(D)$. Những thành phần B_i đối với mỗi cấp D được xác định bằng cách nhân số cây trong mỗi cấp D với B_i trung bình đối với mỗi cấp D. Số cây trong mỗi cấp D được ước lượng bằng các hàm phân bố N/D tương ứng với mỗi trạng thái rừng. Sinh khối trung bình đối với mỗi cấp D được ước lượng bằng hàm $B_i = f(D)$; trong đó D là cấp D. Sinh khối quần thể được xác định bằng cách cộng dồn sinh khối của các cấp D. Sau đó so sánh sai lệch giữa hai phương pháp này bằng bảng ANOVA.

2.3.3.5. Xác định sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr

Phần này áp dụng các hàm sinh khối ở mức cây gỗ và quần thụ để ước lượng sinh khối trên mặt đất (B_{T_0}), khối lượng carbon (C_{T_0}) trên mặt đất và khả năng hấp thụ CO_2 của Rkx và Rtr thuộc VQG Phước Bình. Để đạt mục đích này, trình tự tính toán bao gồm 5 bước.

(1) Thống kê diện tích và trữ lượng gỗ thân cây đứng đối với các trạng thái rừng khác nhau thuộc Rkx và Rtr. Diện tích các trạng thái rừng được thống kê dựa theo số liệu của VQG Phước Bình (2002). Trữ lượng gỗ bình quân (M , m^3/ha) đối với mỗi trạng thái rừng được xác định từ những ô mẫu điển hình.

(2) Xác định tổng sinh khối quần thụ ($\sum B_{T_0}$) và tổng sinh khối của các thành phần quần thụ ($\sum B_T$ và $\sum B_{CL}$). Ba đại lượng $\sum B_{T_0}$, $\sum B_T$ và $\sum B_{CL}$ có thể được xác định bằng hai phương pháp khác nhau. Một là sử dụng các hàm sinh khối cây gỗ kết hợp với số liệu điều tra trên các ô mẫu hoặc kết hợp với hàm phân bố N/D đối với các trạng thái rừng. Sinh khối cây gỗ có thể xác định bằng các hàm $B_i = f(D)$, $B_i = f(D, H)$, $B_i = f(V)$, $B_i = BEF_i * V$ và $B_i = R_i * B_T$. Hai là sử dụng các hàm sinh khối ở mức quần thụ như hàm $B_i = f(G)$ và $B_i = f(M)$; trong đó G (m^2/ha) và M (m^3/ha) tương ứng là tiết diện ngang và trữ lượng quần thụ. Trong thực tế, lâm học và điều tra rừng có thể xác định nhanh các trạng thái rừng ở thực địa dựa theo G thân cây. Hai đại lượng G và M cũng thường được báo cáo trong các tài liệu về lâm học, điều tra và quy hoạch rừng... Vì thế, trong đề tài luận án này, ba đại lượng $\sum B_{T_0}$, $\sum B_T$ và $\sum B_{CL}$ đã được ước lượng gần đúng bằng hàm $B_i = f(G)$. Tổng sinh khối trên mặt đất và tổng sinh khối của các thành phần tương ứng với từng trạng thái rừng được xác định theo công thức (2.29) – (2.31). Ở công thức (2.29) – (2.31), M_{T_0} , M_T và M_{CL} (tấn/ha) tương ứng là tổng sinh khối quần thụ và sinh khối của các thành phần quần thụ (thân, cành, cành và lá) tương ứng với từng trạng thái rừng; S_i là diện tích của từng trạng thái rừng; B'_{T_0} , B'_T và B'_{CL} (tấn/ha) tương ứng là tổng sinh khối bình quân 1 ha và sinh khối bình quân 1 ha đối với thân, cành và lá.

$$M_{T_0} = S_i * B'_{T_0} \quad (2.29)$$

$$M_T = S_i * B'_T \quad (2.30)$$

$$M_{CL} = S_i * B'_{CL} \quad (2.31)$$

Sau đó xác định tổng sinh khối trên mặt đất đối với mỗi kiểu rừng ($B_{(Kiểu rừng)}$, tấn) trong khu vực nghiên cứu theo công thức (2.32).

$$B_{(Kiểu rừng)} = \sum S_i * B'_{To} \quad (2.32)$$

(3) Xác định khối lượng carbon (C, tấn) dự trữ trong sinh khối trên mặt đất đối với Rkx và Rtr. Dự trữ C bình quân 1 ha (tấn/ha) tương ứng với từng thành phần (tổng số, thân, cành và lá) đối với các trạng thái rừng được xác định theo công thức (2.33) – (2.35). Ở công thức (2.33) – (2.35), $C_{To(i)}$, $C_{T(i)}$ và $C_{CL(i)}$ tương ứng là dự trữ C bình quân trong tổng sinh khối và sinh khối của các thành phần (thân, cành và lá) trên 1 ha rừng (tấn/ha); P_C là hàm lượng carbon trung bình trong sinh khối của các thành phần cây gỗ. Giá trị P_C được xác định gần đúng bằng 47% (IPCC, 2003, 2004).

$$C_{To(i)} = B'_{To} * P_C \quad (2.33)$$

$$C_{T(i)} = B'_T * P_C \quad (2.34)$$

$$C_{CL(i)} = B'_{CL} * P_C \quad (2.35)$$

Kế đến xác định: (a) tổng dự trữ C (M_C , tấn/ha) tương ứng với từng trạng thái rừng theo công thức (2.36); (b) trữ lượng carbon đối với mỗi kiểu rừng theo công thức (2.37); (c) trữ lượng carbon đối với 2 kiểu rừng theo công thức (2.38).

$$M_{C(Trang\ thái\ rừng)} = \sum S_i * C_{To(i)} = \sum (S_i * B'_{To} * P_C) \quad (2.36)$$

$$M_{C(Kiểu\ rừng)} = \sum M_{C(Trang\ thái\ rừng)} \quad (2.37)$$

$$M_C = \sum M_{C(Kiểu\ rừng)} \quad (2.38)$$

(4) Xác định khối lượng CO_2 mà 1 ha Rkx và Rtr đã hấp thụ để tạo ra sinh khối bằng cách nhân khối lượng C (tấn/ha) với hệ số chuyển đổi từ CO_2 thành C, nghĩa là $CO_2 = C * 3,67$ ($3,67 = 44/12$).

(5) Thống kê và phân tích diện tích rừng (S, ha), trữ lượng gỗ (M, m^3), sinh khối (B, tấn) và dự trữ carbon (M_C , tấn) trong sinh khối đối với Rkx và Rtr.

2.3.4. Công cụ tính toán

Công cụ tính toán là bảng tính Excel, phần mềm thống kê SPSS 10.0 và Statgraphics Plus Version 4.0 (SPV 4.0). Bảng tính Excel được sử dụng để tập hợp số liệu, lập bảng và vẽ biểu đồ phân bố N/D, phân bố N/H và phân bố M/D... Phần mềm thống kê SPSS 10.0 và SPV 4.0 được sử dụng để xử lý kết cấu loài cây gỗ, xác định những thống kê mô tả, kiểm định phân bố N/D và xây dựng những hàm sinh khối.

Chương 3

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx và Rtr

3.1.1. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx

3.1.1.1. Kết cấu mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ của Rkx

Kết cấu N (cây/ha), G (m³) và M (m³) đối với Rkx ở VQG Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận thay đổi tùy theo trạng thái rừng (Bảng 3.1).

Bảng 3.1. Kết cấu mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ đối với Rkx.

| TT | Số loài | N (cây/ha) | D (cm) | H (m) | G (m ² /ha) | M (m ³ /ha) |
|-------------------|---------|------------|----------|----------|------------------------|------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| IIB | 27 | 390±22,7 | 16,5±0,8 | 11,8±0,4 | 8,9±1,2 | 51,4±7,9 |
| IIIA ₁ | 39 | 212±10,7 | 21,2±1,1 | 13,5±0,5 | 7,7±0,4 | 59,7±4,4 |
| IIIA ₂ | 39 | 409±12,4 | 20,1±0,6 | 13,1±0,3 | 15,6±0,6 | 114,8±3,8 |
| IIIA ₃ | 37 | 483±47,2 | 20,6±1,4 | 12,9±0,9 | 22,3±2,9 | 190,0±31,8 |
| T.bình | 36 | 374 | 19,6 | 12,8 | 13,6 | 104,0 |
| ±S | 6 | 115 | 2,1 | 0,7 | 6,7 | 63,9 |
| CV% | 16,2 | 30,8 | 10,8 | 5,7 | 49,5 | 61,4 |

So sánh giữa các trạng thái rừng cho thấy, mật độ quần thụ cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₃ (483 cây/ha), thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (212 cây/ha). Đường kính bình quân cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₃ (20,6 cm), thấp nhất ở trạng thái rừng IIB (16,5 cm). Chiều cao bình quân cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (13,5 m), thấp nhất ở trạng thái rừng IIB (11,8 m). Tiết diện ngang cao nhất ở trạng thái rừng

III_{A3} (22,3 m²/ha), thấp nhất ở trạng thái rừng III_{A1} (7,7 m²/ha). Trữ lượng gỗ cao nhất ở trạng thái rừng III_{A3} (190,0 m³/ha), thấp nhất ở trạng thái rừng IIB (51,4 m³/ha).

Nói chung, Rkx ở khu vực nghiên cứu có kết cấu không đồng đều. Mật độ trung bình 374 ± 115 cây/ha với CV% = 30,8%. Đường kính trung bình là 19,6 ± 2,1 cm với CV% = 10,8%. Chiều cao trung bình là 12,8 ± 0,7 m với CV% = 5,7%. Tiết diện ngang thân cây trung bình là 13,6 ± 6,7 m²/ha với CV% = 49,5%. Trữ lượng gỗ trung bình là 104,0 ± 63,9 m³/ha với CV% = 61,4%.

3.1.1.2. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx

Phân tích kết cấu loài cây gỗ của Rkx cho thấy, số loài cây gỗ bắt gặp là 40 loài thuộc 38 chi và 31 họ. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx thay đổi tùy theo trạng thái rừng (Bảng 3.2 - 3.6).

Bảng 3.2. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx.

| TT | Loài | N (cây/ha) | G (cây/ha) | V (m ³ /ha) | Tỷ lệ (%) theo: | | | |
|-----|--------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | | | | N% | G% | V% | IVI% |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Sao đen | 86 | 1,95 | 12,11 | 22,1 | 23,6 | 25,2 | 23,6 |
| 2 | Trâm trắng | 85 | 1,63 | 8,82 | 21,8 | 19,7 | 18,4 | 20,0 |
| 3 | Thành ngạnh | 69 | 1,43 | 7,95 | 17,7 | 17,3 | 16,6 | 17,2 |
| 4 | Dền | 50 | 1,09 | 6,39 | 12,8 | 13,2 | 13,3 | 13,1 |
| 5 | Mít nài | 14 | 0,47 | 3,63 | 3,6 | 5,7 | 7,6 | 5,6 |
| 6 | Giẻ | 21 | 0,40 | 2,14 | 5,4 | 4,8 | 4,5 | 4,9 |
| 7 | Chân chim | 19 | 0,37 | 2,04 | 4,9 | 4,5 | 4,2 | 4,5 |
| | Cộng 7 loài | 344 | 7,34 | 43,08 | 88,3 | 88,8 | 89,8 | 88,9 |
| | 20 loài khác | 46 | 0,96 | 4,92 | 11,7 | 11,2 | 10,2 | 11,1 |
| 27 | Tổng cộng | 390 | 8,3 | 48,00 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Đối với trạng thái rừng IIB (Bảng 3.2), số loài cây gỗ bắt gặp là 27; trong đó Sao đen là loài ưu thế (IVI% = 23,6%), còn 6 loài đồng ưu thế là Trâm trắng (IVI%

= 20,0%), Thành ngành (IVI% = 17,2%), Dền (IVI% = 13,1%), Mít nài (IVI% = 25,6%), Giẻ (IVI% = 4,9%) và Chân chim (IVI% = 4,5%). Bảy loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế đóng góp 88,3% số cây (344 cây/ha), 88,8% tiết diện ngang (7,34 m²/ha) và 89,8% trữ lượng gỗ (43,08 m³/ha); trung bình 88,9%. Những loài cây gỗ khác (20 loài) chỉ đóng góp 11,7% số cây, 11,2% tiết diện ngang và 10,2% trữ lượng; trung bình 11,1%.

Bảng 3.3. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA₁ thuộc Rkx.

| TT | Loài | N (cây/ha) | G (cây/ha) | V (m ³ /ha) | Tỷ lệ (%) theo: | | | |
|--------------|-------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | | | | N% | G% | V% | IVI% |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Cây | 15 | 1,00 | 8,71 | 7,5 | 12,6 | 14,7 | 11,6 |
| 2 | Lộc vùng | 11 | 0,51 | 3,85 | 5,5 | 6,4 | 6,5 | 6,1 |
| 3 | Sao đen | 5 | 0,51 | 4,69 | 2,5 | 6,4 | 7,9 | 5,6 |
| 4 | Mít nài | 11 | 0,37 | 2,44 | 5,5 | 4,6 | 4,1 | 4,7 |
| 5 | Mò cua | 10 | 0,31 | 2,02 | 5 | 3,9 | 3,4 | 4,1 |
| 6 | Thành ngành | 10 | 0,30 | 2,02 | 5 | 3,8 | 3,4 | 4,1 |
| 7 | Chân chim | 7 | 0,34 | 2,52 | 3,5 | 4,3 | 4,3 | 4,0 |
| Cộng 7 loài | | 69 | 3,34 | 26,25 | 34,5 | 42,0 | 44,3 | 40,2 |
| 32 loài khác | | 132 | 4,56 | 33,05 | 65,5 | 58,0 | 55,7 | 59,8 |
| 39 | Tổng số | 201 | 7,90 | 59,30 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Số loài cây gỗ bắt gặp ở trạng thái rừng IIIA₁ là 39 loài (Bảng 3.3); trong đó Cây là loài ưu thế (IVI% = 11,6%), còn 6 loài đồng ưu thế là Lộc vùng (IVI% = 6,1%), Sao đen (IVI% = 5,6%), Mít nài (IVI% = 4,7%), Mò cua (IVI% = 4,1%), Thành ngành (IVI% = 4,1%) và Chân chim (IVI% = 4,0%). Bảy loài cây gỗ này đóng góp 34,5% số cây (69 cây/ha), 42,0% tiết diện ngang (3,34 m²/ha) và 44,3% trữ lượng gỗ (26,25 m³/ha); trung bình 40,2%. Những loài cây gỗ khác (32 loài)

đóng góp 65,5% số cây, 58,0% tiết diện ngang và 55,7% trữ lượng; trung bình 59,8%.

Số loài cây gỗ bắt gặp ở trạng thái rừng IIIA₂ (Bảng 3.4) là 39 loài; trong đó Sao đen là loài ưu thế (IVI% = 12,4%) và 8 loài đồng ưu thế là Bằng lăng (IVI% = 6,3%), Máu chó (IVI% = 6,3%), Trâm (IVI% = 5,9%), Mít nài (IVI% = 4,9%), Cây (IVI% = 4,6%), Giẻ (IVI% = 4,5%), Chân chim (IVI% = 4,3%) và Mò cua (IVI% = 4,3%). Chín loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế đóng góp 43,7% số cây (178 cây/ha), 56,3% tiết diện ngang (8,34 m²/ha) và 60,6% trữ lượng gỗ (67,48 m³/ha); trung bình 53,5%. Những loài cây gỗ khác (30 loài) chỉ đóng góp 56,3% số cây, 43,7% tiết diện ngang và 39,4% trữ lượng; trung bình 46,5%.

Bảng 3.4. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA₂ thuộc Rkx.

| TT | Loài | N (cây/ha) | G (cây/ha) | V (m ³ /ha) | Tỷ lệ (%) theo: | | | |
|-----|--------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | | | | N% | G% | V% | IVI% |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Sao đen | 22 | 2,06 | 20,01 | 5,4 | 13,9 | 18 | 12,4 |
| 2 | Bằng lăng | 22 | 0,97 | 7,87 | 5,4 | 6,5 | 7,1 | 6,3 |
| 3 | Máu chó | 21 | 0,99 | 8,01 | 5,2 | 6,7 | 7,2 | 6,3 |
| 4 | Trâm | 22 | 0,93 | 6,73 | 5,4 | 6,3 | 6 | 5,9 |
| 5 | Mít nài | 18 | 0,75 | 5,68 | 4,4 | 5,1 | 5,1 | 4,9 |
| 6 | Cây | 22 | 0,67 | 4,47 | 5,4 | 4,5 | 4 | 4,6 |
| 7 | Giẻ | 14 | 0,72 | 5,67 | 3,4 | 4,8 | 5,1 | 4,5 |
| 8 | Chân chim | 20 | 0,6 | 4,37 | 4,9 | 4,1 | 3,9 | 4,3 |
| 9 | Mò cua | 17 | 0,65 | 4,67 | 4,2 | 4,4 | 4,2 | 4,3 |
| | Cộng 9 loài | 178 | 8,34 | 67,48 | 43,7 | 56,3 | 60,6 | 53,5 |
| | 30 loài khác | 228 | 6,47 | 43,91 | 56,3 | 43,7 | 39,4 | 46,5 |
| 39 | Tổng số | 406 | 14,81 | 111,39 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Trạng thái rừng IIIA₃ (Bảng 3.5) có 37 loài cây gỗ; trong đó Bình linh là loài ưu thế (IVI% = 13,0%) và 6 loài cây gỗ đồng ưu thế là Giẻ (IVI% = 9,0%), Bằng lăng (IVI% = 7,2%), Cây (IVI% = 7,2%), Sao đen (IVI% = 6,9%), Chân chim (IVI% = 4,1%) và Cám (IVI% = 4,0%). Bảy loài cây gỗ này đóng góp 32,3% số

cây (138 cây/ha), 57,5% tiết diện ngang (12,79 m²/ha) và 64,7% trữ lượng gỗ (129,47 m³/ha); trung bình 51,4%. Những loài cây gỗ khác (30 loài) chỉ đóng góp 67,7% số cây, 42,5% tiết diện ngang và 35,3% trữ lượng; trung bình 48,6%.

Bảng 3.5. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA₃ thuộc Rkx.

| TT | Loài | N (cây/ha) | G (cây/ha) | V (m ³ /ha) | Tỷ lệ (%) theo: | | | |
|--------------|-----------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | | | | N% | G% | V% | IVI% |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Bình linh | 36 | 3,18 | 32,89 | 8,4 | 14,3 | 16,4 | 13,0 |
| 2 | Giẻ | 25 | 2,22 | 22,58 | 5,9 | 10,0 | 11,3 | 9,0 |
| 3 | Bằng lăng | 20 | 1,75 | 18,13 | 4,7 | 7,8 | 9,1 | 7,2 |
| 4 | Cây | 11 | 1,94 | 20,89 | 2,6 | 8,7 | 10,4 | 7,2 |
| 5 | Sao đen | 16 | 1,8 | 17,65 | 3,7 | 8,1 | 8,8 | 6,9 |
| 6 | Chân chim | 19 | 0,88 | 7,79 | 4,4 | 4,0 | 3,9 | 4,1 |
| 7 | Cám | 11 | 1,02 | 9,54 | 2,6 | 4,6 | 4,8 | 4,0 |
| Cộng 7 loài | | 138 | 12,79 | 129,47 | 32,3 | 57,5 | 64,7 | 51,4 |
| 30 loài khác | | 289 | 9,47 | 70,8 | 67,7 | 42,5 | 35,3 | 48,6 |
| 37 | Tổng số | 427 | 22,26 | 200,27 | 100 | 100 | 100 | 100 |

3.1.1.3. Phân bố số cây theo cấp đường kính của Rkx

Đặc trưng phân bố N/D của 4 trạng thái rừng (IIB, IIIA₁, IIIA₂, IIIA₃) thuộc Rkx được dẫn ra ở Bảng 3.6. Đối với trạng thái rừng IIB, mật độ quần thụ là 390 cây/ha. Đường kính bình quân là 15,7 cm; phạm vi biến động D = 8 - 53 cm; CV% = 30,7%. Đường cong phân bố N/D có dạng một đỉnh lệch trái ($S_k > 0$) và rất nhọn ($K_u = 18,949$) (Phụ lục 4). Những kiểm định thống kê cho thấy, phân bố N/D của trạng thái rừng IIB phù hợp với hàm phân bố lognormal (3.1).

$$f(x) = (1/D_i * 4,24 \sqrt{2\pi}) * \exp(-\ln(D_i - 15,7)^2 / 2 * 4,24^2) \quad (3.1)$$

Đối với trạng thái rừng IIIA₁ (Bảng 3.6), mật độ quần thụ là 201 cây/ha. Đường kính bình quân là 20,3 cm; phạm vi biến động D = 8 - 55,0 cm; hệ số biến động 46,4%. Phân bố N/D đối với trạng thái rừng IIIA₁ phù hợp với hàm phân bố mũ (3.2).

Bảng 3.6. Đặc trưng phân bố N/D đối với Rkx ở khu vực nghiên cứu.

| TT | Thống kê | Trạng thái rừng: | | | |
|-----|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | N (cây/ha) | 390 | 201 | 406 | 427 |
| 2 | \bar{D} (cm) | 15,7 | 20,3 | 19,2 | 21,0 |
| 3 | Me (cm) | 15,0 | 17,8 | 14,7 | 15,2 |
| 4 | Mo (cm) | 14,7 | 12,5 | 12,0 | 9,6 |
| 5 | $\pm S$ (cm) | 4,8 | 9,4 | 9,8 | 14,9 |
| 6 | $\pm S_e$ (cm) | 0,24 | 0,67 | 0,48 | 0,72 |
| 7 | D_{max} (cm) | 53 | 55 | 68 | 94 |
| 8 | D_{min} (cm) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | S_k | 3,001 | 1,084 | 1,709 | 1,796 |
| 10 | K_u | 18,949 | 1,108 | 3,829 | 3,195 |
| 11 | CV(%) | 30,7 | 46,4 | 50,9 | 70,8 |

$$N = 120,634 \cdot \exp(-0,04342 \cdot D) - 12,1688 \quad (3.2)$$

$$r^2 = 98,83\%; Se = \pm 2,95; P < 0,01.$$

Đối với trạng thái rừng IIIA₂ (Bảng 3.6; Phụ lục 5), mật độ quần thụ là 406 cây/ha. Đường kính bình quân là 19,2 cm; phạm vi biến động $D = 8 - 68$ cm; CV% = 50,9%. Phân bố N/D phù hợp với hàm phân bố mũ (3.3).

$$N = 326,199 \cdot \exp(-0,07162 \cdot D) - 4,40842 \quad (3.3)$$

$$r^2 = 99,45\%; Se = \pm 4,35; P < 0,01.$$

Đối với trạng thái rừng IIIA₃ (Bảng 3.6; Phụ lục 5), mật độ quần thụ là 427 cây/ha. Đường kính bình quân là 21,0 cm; phạm vi biến động $D = 8 - 94$ cm; CV% = 70,8%. Phân bố N/D phù hợp với hàm phân bố mũ (3.4).

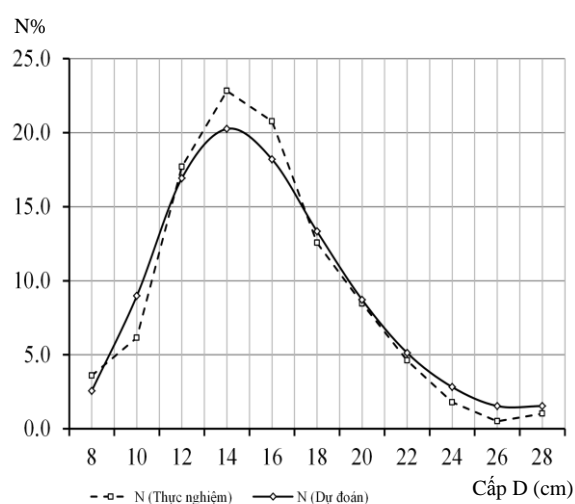
$$N = 486,372 \cdot \exp(-0,10759 \cdot D) + 6,53792 \quad (3.4)$$

$$r^2 = 99,48\%; Se = \pm 4,02; P < 0,01.$$

Bằng cách thay thế cấp D vào các hàm (3.1) – (3.4), có thể xác định được số cây phân bố ở những cấp D khác nhau (Bảng 3.7 – 3.8; Hình 3.1 và 3.2).

Bảng 3.7. Dự đoán phân bố N/D đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx.

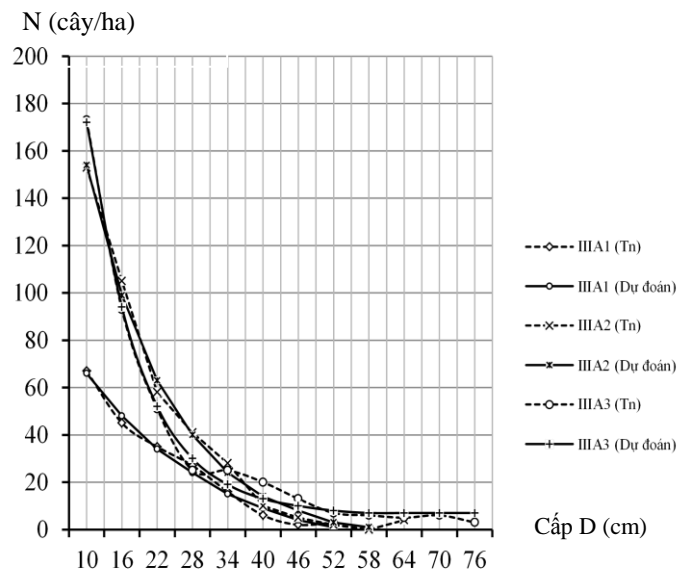
| TT | Cấp D (cm) | N (cây/ha) | N% | N _{TL} (cây/ha) | N% _(TL) |
|------|------------|------------|-------|--------------------------|--------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | 8 | 10 | 2,6 | 10 | 2,6 |
| 2 | 10 | 35 | 9,0 | 45 | 11,5 |
| 3 | 12 | 66 | 16,9 | 111 | 28,5 |
| 4 | 14 | 79 | 20,3 | 190 | 48,7 |
| 5 | 16 | 71 | 18,2 | 261 | 66,9 |
| 6 | 18 | 52 | 13,3 | 313 | 80,3 |
| 7 | 20 | 34 | 8,7 | 347 | 89,0 |
| 8 | 22 | 20 | 5,1 | 367 | 94,1 |
| 9 | 24 | 11 | 2,8 | 378 | 96,9 |
| 10 | 26 | 6 | 1,5 | 384 | 98,5 |
| 11 | 28 | 6 | 1,5 | 390 | 100,0 |
| Cộng | | 390,0 | 100,0 | | |



Hình 3.1. Đồ thị biểu diễn tỷ lệ phần trăm số cây theo cấp D đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx.

Bảng 3.8. Dự đoán phân bố N/D đối với trạng thái IIIA₁, IIIA₂, IIIA₃ thuộc Rkx.

| TT | Cấp D (cm) | Số cây (N/ha) theo trạng thái rừng: | | |
|------|------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 10 | 66 | 154 | 172 |
| 2 | 16 | 48 | 99 | 94 |
| 3 | 22 | 34 | 63 | 52 |
| 4 | 28 | 24 | 40 | 30 |
| 5 | 34 | 15 | 24 | 19 |
| 6 | 40 | 9 | 14 | 13 |
| 7 | 46 | 4 | 8 | 10 |
| 8 | 52 | 1 | 3 | 8 |
| 9 | 58 | - | 1 | 7 |
| 10 | 64 | - | - | 7 |
| 11 | 70 | - | - | 7 |
| 12 | 76 | - | - | 7 |
| Tổng | | 201 | 406 | 427 |



Hình 3.2. Đồ thị biểu diễn phân bố N/D đối với ba trạng thái IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ thuộc Rkx.

Đối với trạng thái rừng IIB, mật độ quần thụ là 390 cây/ha (100%); trong đó có 89,0% số cây thuộc cấp $D \leq 20,0$ cm; còn lại 11,0% số cây ở cấp $D \geq 22,0$ cm. Đối với trạng thái rừng IIIA₁, mật độ quần thụ là 201 cây/ha (100%); trong đó có 73,6% số cây (148 cây/ha) thuộc cấp $D \leq 22$ cm, 23,9% (48 cây/ha) ở cấp $D = 28 - 40$ cm, còn lại 2,5% (5 cây/ha) đạt đến cấp $D \geq 46$ cm. Đối với trạng thái rừng IIIA₂, mật độ quần thụ là 406 cây/ha (100%); trong đó có 77,8% số cây (316 cây/ha) thuộc cấp $D \leq 22$ cm, 19,2% số cây (78 cây/ha) ở cấp $D = 28 - 40$ cm, còn lại 3,0% số cây (12 cây/ha) đạt đến cấp $D \geq 46$ cm. Đối với trạng thái rừng IIIA₃, mật độ quần thụ là 427 cây/ha (100%); trong đó có 75,5% số cây (318 cây/ha) thuộc cấp $D \leq 22$ cm, 14,5% số cây (62 cây/ha) ở cấp $D = 28 - 40$ cm, còn lại 11,0% số cây (47 cây/ha) đạt cấp $D \geq 46$ cm.

Nói chung, phân bố N/D của Rkx ở khu vực nghiên cứu thay đổi tùy theo trạng thái rừng. Đường cong phân bố N/D của trạng thái rừng IIB có dạng một đỉnh lệch trái. Trái lại, phân bố N/D của 3 trạng thái rừng IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ đều có dạng giảm theo hình chữ “J”.

3.1.1.4. Phân bố số cây theo cấp chiều cao của Rkx

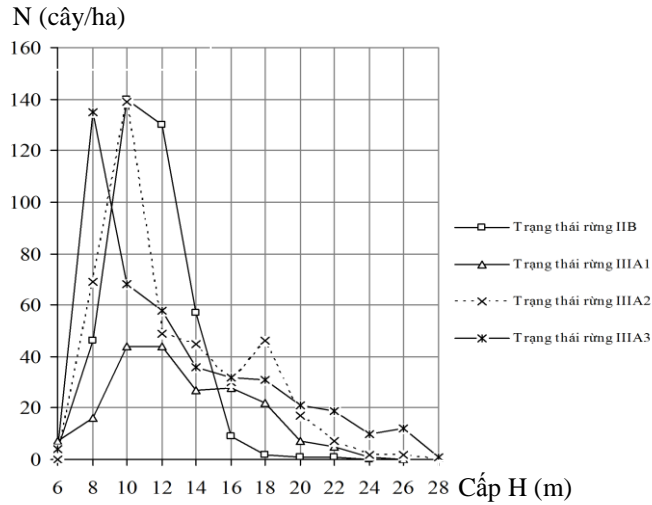
Phân tích đặc trưng phân bố N/H đối với 4 trạng thái rừng IIB, IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ (Bảng 3.9) cho thấy, chiều cao bình quân thấp nhất ở trạng thái rừng IIB (11,0 m với CV = 19,5%), cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₃ (12,8 m với CV = 40,5%). Đường cong phân bố N/H của trạng thái rừng IIB có dạng một đỉnh, còn 3 trạng thái rừng IIIA₁, IIIA₂, IIIA₃ đều có dạng nhiều đỉnh. Đỉnh đường cong nhọn ($S_k > 0$) và tù ($K_u < 0$). Ở trạng thái rừng IIB, phạm vi chiều cao từ tứ phân vị thứ nhất ($Q_1 = 10,0$ m) đến tứ phân vị thứ 3 ($Q_3 = 12,5$ m) là 2,5 m. Trái lại, phạm vi từ Q_1 đến Q_3 của 3 trạng thái rừng IIIA₁, IIIA₂, IIIA₃ dao động từ 6,5 m (IIIA₁) đến 7,5 m (IIIA₃). Nói chung, số cây của cả 4 trạng thái rừng này tập trung chủ yếu ở lớp $H = 8 - 18$ m (Bảng 3.10 – 3.11; Hình 3.3).

Bảng 3.9. Đặc trưng phân bố N/H đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx.

| TT | Thống kê | Trạng thái rừng: | | | |
|-----|----------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | N (cây/ha) | 390 | 201 | 406 | 427 |
| 2 | \bar{H} (m) | 11,0 | 13,1 | 12,6 | 12,8 |
| 3 | Me (m) | 11,2 | 12,5 | 10,9 | 11,0 |
| 4 | Mo (m) | 11,0 | 10,0 | 9,5 | 8,5 |
| 5 | $\pm S$ (m) | 2,2 | 3,9 | 3,9 | 5,2 |
| 6 | $\pm S_e$ (m) | 0,11 | 0,27 | 0,19 | 0,25 |
| 7 | H _{max} (m) | 23,0 | 24,0 | 26,0 | 29,0 |
| 8 | H _{min} (m) | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 6,0 |
| 9 | S _k | 1,0987 | 0,4193 | 0,8956 | 0,9377 |
| 10 | K _u | 4,4685 | -0,5971 | -0,0140 | -0,1079 |
| 11 | CV(%) | 19,5 | 29,7 | 30,9 | 40,5 |

Bảng 3.10. Phân bố N/H đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx.

| TT | Cấp H (m) | Số cây (N/ha) theo trạng thái rừng: | | | |
|---------|-----------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | 6 | 4 | 7 | - | 4 |
| 2 | 8 | 46 | 16 | 69 | 135 |
| 3 | 10 | 140 | 44 | 139 | 68 |
| 4 | 12 | 130 | 44 | 49 | 58 |
| 5 | 14 | 57 | 27 | 45 | 36 |
| 6 | 16 | 9 | 28 | 30 | 32 |
| 7 | 18 | 2 | 22 | 46 | 31 |
| 8 | 20 | 1 | 7 | 17 | 21 |
| 9 | 22 | 1 | 5 | 7 | 19 |
| 10 | 24 | - | 1 | 2 | 10 |
| 11 | 26 | - | - | 2 | 12 |
| 12 | 28 | - | - | - | 1 |
| Tổng số | | 390 | 201 | 406 | 427 |



Hình 3.3. Đồ thị biểu diễn phân bố N/H đối với Rkx.

Bảng 3.11. Các phân vị chiều cao đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx.

| TT | Các phân vị (%) | H (m) của 4 trạng thái rừng: | | | |
|-----|-----------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | 5 | 8,0 | 8,0 | 8,5 | 7,5 |
| 2 | 10 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 8,0 |
| 3 | 25 | 10,0 | 10,0 | 9,5 | 8,5 |
| 4 | 50 | 11,0 | 12,5 | 11,0 | 11,0 |
| 5 | 75 | 12,5 | 16,5 | 15,0 | 16,0 |
| 6 | 90 | 14,0 | 18,0 | 18,5 | 21,0 |
| 7 | 95 | 15,0 | 20,0 | 20,0 | 23,5 |
| 8 | 99 | 20,0 | 23,0 | 22,5 | 26,0 |

3.1.1.5. Phân bố trữ lượng gỗ theo nhóm đường kính của Rkx

Phân tích trữ lượng gỗ (M, m³/ha) đối với Rkx (Bảng 3.12) cho thấy, tổng trữ lượng gỗ của trạng thái rừng IIB là 48,0 m³/ha (100%); trong đó phần lớn (40,6 m³/ha hay 84,6%) tập trung ở nhóm D = 10 - 20 cm, còn lại thuộc nhóm D < 10 cm và D > 30 cm (tương ứng 1,2 m³/ha hay 0,4% và 14,2 m³/ha hay 31,0%). Đối với

trạng thái rừng IIIA₁, tổng trữ lượng gỗ là 59,3 m³/ha (100%); trong đó lớn nhất là nhóm D = 20 – 40 cm (57,2% hay 33,9 m³/ha), kế đến là nhóm D > 40 cm (27,8% hay 16,5 m³/ha), còn lại thuộc nhóm D < 20 cm (15,0% hay 8,9 m³/ha). Đối với trạng thái rừng IIIA₂, tổng trữ lượng gỗ là 111,3 m³/ha (100%); trong đó lớn nhất là nhóm D = 20 – 40 cm (57,4% hay 63,9 m³/ha), kế đến là nhóm D > 40 cm (27,0% hay 30,1 m³/ha), còn lại thuộc nhóm D < 20 cm (15,6% hay 17,3 m³/ha). Đối với trạng thái rừng IIIA₃, tổng trữ lượng gỗ là 200,3 m³/ha (100%); trong đó lớn nhất là nhóm D > 40 cm (64,1% hay 128,5 m³/ha), còn lại thuộc nhóm D = 20 - 40 cm (27,6% hay 55,3 m³/ha) và D < 20 cm (8,3% hay 16,5 m³/ha).

Bảng 3.12. Phân bố M/D đối với những trạng thái rừng thuộc Rkx.

| Trạng thái rừng | Trữ lượng (Error!) | Phân chia M (m ³ /ha) theo nhóm D (cm): | | | | |
|-------------------|--------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | < 10 | 10 - 20 | 20 - 30 | 30 - 40 | > 40 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| IIB | <u>48,0</u> | <u>0,6</u> | <u>27,5</u> | <u>13,1</u> | <u>1,0</u> | <u>5,8</u> |
| | 100% | 1,2 | 57,4 | 27,2 | 2,1 | 12,1 |
| IIIA ₁ | <u>59,3</u> | <u>0,4</u> | <u>8,5</u> | <u>19,4</u> | <u>14,5</u> | <u>16,5</u> |
| | 100% | 0,7 | 14,3 | 32,7 | 24,5 | 27,8 |
| IIIA ₂ | <u>111,4</u> | <u>0,4</u> | <u>16,9</u> | <u>34,1</u> | <u>29,8</u> | 30,1 |
| | 100% | 0,4 | 15,2 | 30,6 | 26,8 | 27,0 |
| IIIA ₃ | <u>200,3</u> | <u>2,2</u> | <u>14,3</u> | <u>20,0</u> | <u>35,3</u> | <u>128,5</u> |
| | 100% | 1,1 | 7,2 | 10,0 | 17,6 | 64,1 |

Nói chung, trữ lượng gỗ của trạng thái rừng IIB tập trung chủ yếu ở nhóm D = 10 - 30 cm. Trái lại, trữ lượng gỗ của trạng thái rừng IIIA₁ và IIIA₂ tập trung chủ yếu ở nhóm D = 20 - 40 cm, còn trạng thái rừng IIIA₃ ở nhóm D > 40 cm.

3.1.2. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rtr

3.1.2.1. Kết cấu mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ của Rtr

Kết cấu N (cây/ha), G (m³) và M (m³) đối với Rtr ở khu vực nghiên cứu thay đổi tùy theo trạng thái rừng (Bảng 3.13). Mật độ quần thụ cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₂ (414 cây/ha), thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (211 cây/ha). Đường kính bình quân cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₂ (19,3 cm), thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (16,6 cm). Chiều cao bình quân cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (14,6 m), thấp nhất ở trạng thái rừng IIB (10,7 m). Tiết diện ngang bình quân cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₂ (14,0 m²/ha), thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (5,5 m²/ha). Trữ lượng bình quân cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₂ (99,2 m³/ha), thấp nhất ở trạng thái rừng IIB (46,1 m³/ha).

Bảng 3.13. Kết cấu mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ đối với Rtr.

| TT | Số loài | N (cây/ha) | D (cm) | H (m) | G (m ² /ha) | M (m ³ /ha) |
|-------------------|---------|------------|----------|----------|------------------------|------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| IIB | 12 | 265±31,6 | 16,8±1,5 | 10,7±0,9 | 6,8±1,9 | 46,1±14,7 |
| IIIA ₁ | 7 | 211±10,0 | 16,6±0,9 | 14,6±2,1 | 5,5±0,7 | 48,0±1,2 |
| IIIA ₂ | 24 | 414±74,0 | 19,3±2,4 | 12,4±1,6 | 14,0±1,4 | 99,2±13,5 |
| T.bình | 14 | 297 | 17,6 | 12,5 | 8,8 | 64,4 |
| ±S | 9 | 105 | 1,5 | 2,0 | 4,6 | 30,1 |
| CV% | 60,9 | 35,4 | 8,6 | 15,5 | 52,2 | 46,7 |

Nói chung, Rtr ở khu vực nghiên cứu có mật độ trung bình 297 ± 105 cây/ha với CV% = 35,4%. Đường kính bình quân là 17,6 ± 1,5 cm với CV% = 8,6%. Chiều cao bình quân là 12,5 ± 2,0 m với CV% = 15,5%. Tiết diện ngang thân cây bình quân là 8,8 ± 4,6 m²/ha với CV% = 52,2%. Trữ lượng gỗ bình quân là 64,4 ± 30,14 m³/ha với CV% = 46,1%.

3.1.2.2. Kết cấu loài cây gỗ của Rtr

Phân tích kết cấu loài cây gỗ đối với Rtr cho thấy, số loài cây gỗ bắt gặp là 25 loài thuộc 23 chi và 18 họ. Kết cấu loài cây gỗ của Rtr thay đổi tùy theo trạng

thái rừng (Bảng 3.14 – 3.16). Đối với trạng thái rừng IIB (Bảng 3.14), số loài cây gỗ bắt gặp là 12; trong đó Dầu trà beng là loài ưu thế (IVI% = 51,8%), còn 6 loài cây gỗ đồng ưu thế là Sao đen (IVI% = 9,9%), Giẻ (IVI% = 6,5%), Trâm trắng (IVI% = 6,4%), Sỗ (IVI% = 5,8%), Kháo (IVI% = 5,1%) và Cò ke (IVI% = 4,7%). Bảy loài cây gỗ này đóng góp 89,9% số cây (217 cây/ha), 90,2% tiết diện ngang (6,08 m²/ha) và 90,2% trữ lượng gỗ (40,97 m³/ha); trung bình 90,2%. Những loài cây gỗ khác (5 loài) chỉ đóng góp 9,8%. Đối với trạng thái rừng IIIA₁ (Bảng 3.15), số loài cây gỗ bắt gặp là 7; trong đó Dầu trà beng là loài cây gỗ ưu thế (IVI% = 56,6%), còn những loài cây gỗ đồng ưu thế là Cẩm liên (IVI% = 24,1%) và Cà chít (IVI% = 12,2%). Bốn loài cây gỗ khác (Bình linh, Săng đen, Mít nài và Giẻ) chỉ đóng góp 7,2%. Dầu trà beng đóng góp 62,3% số cây (127 cây/ha), 55,2% tiết diện ngang (3,56 m²/ha) và 52,3% trữ lượng gỗ (24,27 m³/ha); trung bình 56,6%. Những loài cây gỗ khác (6 loài) chỉ đóng góp 43,4%.

Bảng 3.14. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rtr.

| TT | Loài | N (cây/ha) | G (cây/ha) | V (m ³ /ha) | Tỷ lệ (%) theo: | | | |
|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | | | | N% | G% | V% | IV% |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Dầu trà beng | 128 | 3,48 | 23,06 | 53,1 | 51,6 | 50,8 | 51,8 |
| 2 | Sao đen | 22 | 0,69 | 4,77 | 9,1 | 10,2 | 10,5 | 9,9 |
| 3 | Giẻ | 14 | 0,44 | 3,23 | 5,8 | 6,5 | 7,1 | 6,5 |
| 4 | Trâm | 15 | 0,43 | 2,93 | 6,2 | 6,4 | 6,4 | 6,4 |
| 5 | Sỗ | 15 | 0,38 | 2,48 | 6,2 | 5,7 | 5,5 | 5,8 |
| 6 | Kháo | 13 | 0,34 | 2,19 | 5,4 | 5,0 | 4,8 | 5,1 |
| 7 | Cò ke | 10 | 0,32 | 2,31 | 4,1 | 4,8 | 5,1 | 4,7 |
| Cộng 7 loài | | 217 | 6,08 | 40,97 | 89,9 | 90,2 | 90,2 | 90,2 |
| 5 loài khác | | 24 | 0,66 | 4,41 | 10,1 | 9,8 | 9,8 | 9,8 |
| 12 | Tổng cộng | 241 | 6,74 | 45,38 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Bảng 3.15. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA₁ thuộc Rtr.

| TT | Loài | N (cây/ha) | G (cây/ha) | V (m ³ /ha) | Tỷ lệ (%) theo: | | | |
|---------|--------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | | | | N% | G% | V% | IV% |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Dầu trà beng | 127 | 3,56 | 24,27 | 62,3 | 55,2 | 52,3 | 56,6 |
| 2 | Cẩm liên | 41 | 1,62 | 12,64 | 20,1 | 25,1 | 27,2 | 24,1 |
| 3 | Cà chít | 19 | 0,82 | 6,69 | 9,3 | 12,7 | 14,4 | 12,2 |
| 4 | Bình linh | 6 | 0,17 | 1,11 | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,7 |
| 5 | Săng đen | 6 | 0,18 | 1,16 | 2,9 | 2,8 | 2,5 | 2,7 |
| 6 | Mít nài | 3 | 0,08 | 0,50 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,3 |
| 7 | Giẻ | 2 | 0,02 | 0,05 | 1,0 | 0,3 | 0,1 | 0,5 |
| Tổng số | | 204 | 6,45 | 46,42 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Bảng 3.16. Kết cấu loài cây gỗ đối với trạng thái rừng IIIA₂ thuộc Rtr.

| TT | Loài | N (cây/ha) | G (cây/ha) | V (m ³ /ha) | Tỷ lệ (%) theo: | | | |
|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------------------|-----------------|------|------|------|
| | | | | | N% | G% | V% | IV% |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Dầu trà beng | 161 | 5,53 | 40,63 | 40,0 | 42,2 | 43,6 | 41,9 |
| 2 | Sao đen | 35 | 0,99 | 6,73 | 8,7 | 7,6 | 7,2 | 7,8 |
| 3 | Giẻ | 32 | 1,02 | 6,85 | 7,9 | 7,8 | 7,3 | 7,7 |
| 4 | Thông 2 lá | 18 | 0,70 | 5,30 | 4,5 | 5,4 | 5,7 | 5,2 |
| 5 | Trâm | 14 | 0,55 | 4,05 | 3,5 | 4,2 | 4,3 | 4,0 |
| 6 | Thành ngạnh | 13 | 0,54 | 3,99 | 3,2 | 4,2 | 4,3 | 3,9 |
| Cộng 6 loài | | 273 | 9,33 | 67,55 | 67,8 | 71,4 | 72,4 | 70,5 |
| 18 loài khác | | 130 | 3,75 | 25,71 | 32,2 | 28,6 | 27,6 | 29,5 |
| 24 | Tổng cộng | 403 | 13,08 | 93,26 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Đối với trạng thái rừng IIIA₂ (Bảng 3.16), số loài cây gỗ bắt gặp là 24 loài; trong đó Dầu trà beng là loài ưu thế (IVI% = 41,9%), còn những loài đồng ưu thế là Sao đen (IVI% = 7,8%), Giẻ (IVI% = 7,7%), Thông 2 lá (IVI% = 5,2%), Trâm (IVI% = 4,0%) và Thành ngành (IVI% = 3,9%). Sáu loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế đóng góp 67,8% số cây (273 cây/ha), 71,4% tiết diện ngang (9,33 m²/ha) và 72,4% trữ lượng gỗ (67,55 m³/ha); trung bình 70,5%. Những loài cây gỗ khác (18 loài) chỉ đóng góp 29,5%.

3.1.2.3. Phân bố số cây theo cấp đường kính của Rtr

Đặc trưng phân bố N/D đối với 3 trạng thái rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ thuộc Rtr được dẫn ra ở Bảng 3.17 và Phụ lục 6.

Bảng 3.17. Đặc trưng phân bố N/D đối với Rtr. Đơn vị tính: 1 ha

| TT | Thống kê | Trạng thái rừng: | | |
|-----|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | N (cây) | 241 | 204 | 403 |
| 2 | \bar{D} (cm) | 17,1 | 18,0 | 18,4 |
| 3 | Me (cm) | 15,6 | 15,5 | 16,2 |
| 4 | Mo (cm) | 8,3 | 18,0 | 18,2 |
| 5 | $\pm S$ (cm) | 7,9 | 8,9 | 8,6 |
| 6 | $\pm S_e$ (cm) | 0,51 | 0,62 | 0,43 |
| 7 | D _{max} (cm) | 42,0 | 54,0 | 52,0 |
| 8 | D _{min} (cm) | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| 9 | S _k | 0,7384 | 1,4290 | 1,1102 |
| 10 | K _u | -0,3337 | 2,3565 | 1,0052 |
| 11 | CV(%) | 46,2 | 49,6 | 46,8 |

Đối với trạng thái rừng IIB, mật độ bình quân là 241 cây/ha. Đường kính bình quân là 17,1 cm; phạm vi biến động D = 8 – 42 cm; CV% = 46,2%. Phân bố N/D phù hợp với hàm phân bố mũ (3.5).

$$N = 172,106 * \exp(-0,085892 * D) + 0,788579 \quad (3.5)$$

$$r^2 = 97,1\%; \text{ Se} = \pm 4,74; P < 0,01.$$

Bảng 3.18. Dự đoán phân bố N/D đối với ba trạng thái của Rtr. Đơn vị tính: 1 ha.

| TT | Cấp D (cm) | Số cây (N/ha) theo trạng thái rừng: | | |
|---------|------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 10 | 74 | 64 | 114 |
| 2 | 14 | 52 | 45 | 85 |
| 3 | 18 | 37 | 32 | 63 |
| 4 | 22 | 27 | 22 | 46 |
| 5 | 26 | 19 | 15 | 33 |
| 6 | 30 | 14 | 11 | 24 |
| 7 | 34 | 10 | 7 | 16 |
| 8 | 38 | 7 | 5 | 11 |
| 9 | 42 | - | 3 | 6 |
| 10 | 46 | - | - | 3 |
| 11 | 50 | - | - | 1 |
| Tổng số | | 240 | 204 | 402 |

Đối với trạng thái rừng IIIA₁, mật độ bình quân là 204 cây/ha. Đường kính bình quân là 18,0 cm; phạm vi biến động D = 8 – 54 cm; CV% = 49,6%. Phân bố N/D phù hợp với hàm phân bố mũ (3.6).

$$N = 154,023 * \exp(-0,086861 * D) - 0,722805 \quad (3.6)$$

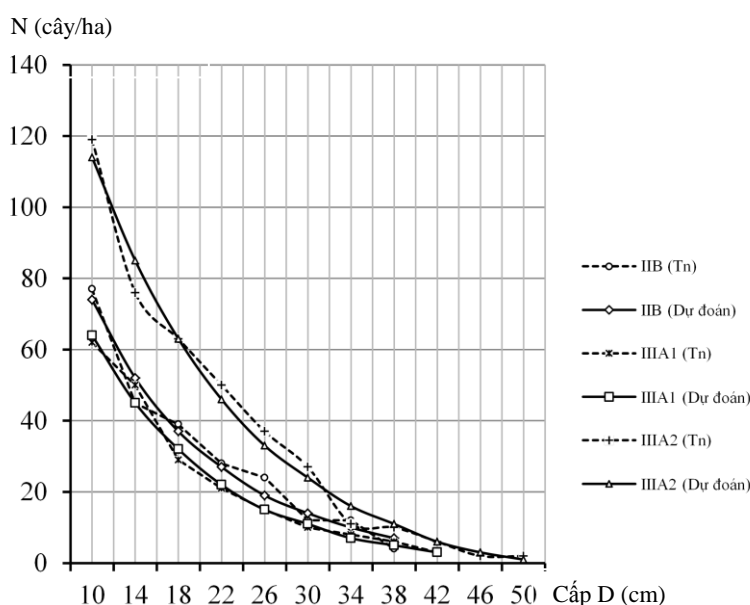
$$r^2 = 98,86\%; \text{ Se} = \pm 2,55; P < 0,01.$$

Đối với trạng thái rừng IIIA₂, mật độ bình quân là 403 cây/ha. Đường kính bình quân là 18,4 cm; phạm vi biến động D = 8 - 52 cm; CV% = 46,8%. Phân bố N/D phù hợp với hàm phân bố mũ (3.7).

$$N = 241,783 * \exp(-0,068680 * D) - 7,16333 \quad (3.7)$$

$$r^2 = 98,74\%; \text{ Se} = \pm 4,69; P < 0,01.$$

Bằng cách thay thế cấp D vào ba hàm (3.5) – (3.7), có thể xác định được số cây thuộc những cấp D khác nhau đối với 3 trạng thái rừng IIB, III₂ và IIIA₂ (Bảng 3.18; Hình 3.4). Nói chung, phân bố N/D của Rtr ở khu vực nghiên cứu đều có dạng giảm theo hình chữ “J”.



Hình 3.4. Đồ thị biểu diễn phân bố N/D đối với Rtr.

3.1.2.4. Phân bố số cây theo cấp chiều cao của Rtr

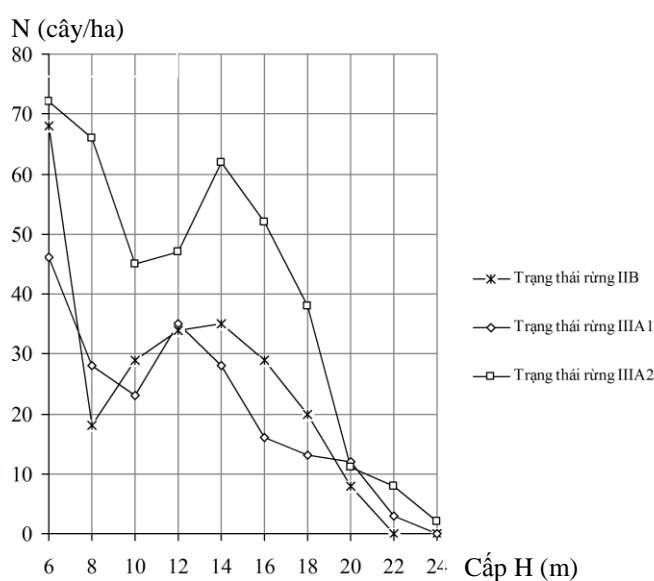
Phân tích phân bố N/H của Rtr (Bảng 3.19) cho thấy, chiều cao bình quân tăng dần từ trạng thái rừng IIB (11,0 m) đến trạng thái rừng IIIA₂ (11,5 m). Biến động chiều cao có khuynh hướng giảm dần từ trạng thái rừng IIB (43,1%) đến trạng thái rừng IIIA₂ (38,7%). Đường cong phân bố N/H của cả 3 trạng thái rừng này đều có dạng nhiều đỉnh (Bảng 3.20; Hình 3.5). Đỉnh đường cong nhọn ($S_k > 0$) và tù ($K_u < 0$). Phạm vi chiều cao từ Q_1 đến Q_3 dao động từ 6,5 m (IIB) đến 8,5 m (IIIA₂) (Bảng 3.21). Nói chung, số cây của cả 3 trạng thái rừng (IIB, IIIA₁, IIIA₂) tập trung chủ yếu ở lớp $H = 6 - 12$ m.

Bảng 3.19. Đặc trưng phân bố N/H đối với Rtr. Đơn vị tính: 1 ha.

| TT | Thống kê | Trạng thái rừng: | | |
|-----|----------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | N (cây) | 241 | 204 | 403 |
| 2 | \bar{H} (m) | 11,0 | 11,5 | 11,8 |
| 3 | Me (m) | 11,0 | 11,0 | 11,5 |
| 4 | Mo (m) | 5,0 | 12,5 | 13,0 |
| 5 | $\pm S$ (m) | 4,7 | 4,6 | 4,6 |
| 6 | $\pm S_e$ (m) | 0,31 | 0,32 | 0,22 |
| 7 | H _{max} (m) | 21,5 | 24,0 | 23,5 |
| 8 | H _{min} (m) | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| 9 | S _k | 0,1227 | 0,4064 | 0,2775 |
| 10 | K _u | -1,1761 | -0,5724 | -0,8395 |
| 11 | V(%) | 43,1 | 40,4 | 38,7 |

Bảng 3.20. Phân bố N/H đối với những trạng thái rừng thuộc Rtr. Đơn vị tính: 1 ha.

| TT | Cấp H (m) | Số cây (N/ha) theo trạng thái rừng: | | |
|---------|-----------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 6 | 68 | 46 | 72 |
| 2 | 8 | 18 | 28 | 66 |
| 3 | 10 | 29 | 23 | 45 |
| 4 | 12 | 34 | 35 | 47 |
| 5 | 14 | 35 | 28 | 62 |
| 6 | 16 | 29 | 16 | 52 |
| 7 | 18 | 20 | 13 | 38 |
| 8 | 20 | 8 | 12 | 11 |
| 9 | 22 | - | 3 | 8 |
| 10 | 24 | - | - | 2 |
| Tổng số | | 240 | 204 | 402 |



Hình 3.5. Đồ thị biểu diễn phân bố N/H đối với Rtr.

Bảng 3.21. Bách phân vị chiều cao đối với những trạng thái rừng thuộc Rtr.

| TT | Bách phân vị (%) | Chiều cao (m) theo 3 trạng thái rừng: | | |
|-----|------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 5 | 4,5 | 5,0 | 5,0 |
| 2 | 10 | 5,0 | 5,5 | 6,0 |
| 3 | 25 | 7,0 | 8,0 | 7,5 |
| 4 | 50 | 11,5 | 11,0 | 11,5 |
| 5 | 75 | 15,0 | 14,5 | 15,5 |
| 6 | 90 | 17,5 | 18,0 | 18,0 |
| 7 | 95 | 19,0 | 19,5 | 19,5 |
| 8 | 99 | 20,0 | 23,5 | 22,0 |

3.1.2.5. Phân bố trữ lượng gỗ theo nhóm đường kính của Rtr

Phân tích phân bố M/D của Rtr (Bảng 3.22) cho thấy, trữ lượng gỗ của trạng thái rừng IIB là 45,4 m³/ha (100%); trong đó 95,4% (43,3 m³/ha) tập trung ở nhóm D = 10 - 40 cm. Trữ lượng gỗ của trạng thái rừng IIIA₁ là 46,4 m³/ha (100%); trong

đó 83,7% (38,9 m³/ha) phân bố ở nhóm D = 10 - 40 cm. Trữ lượng gỗ của trạng thái rừng IIIA₂ là 93,3 m³/ha (100%); trong đó 81,9% (76,4 m³/ha) phân bố ở nhóm D = 10 - 40 cm.

Bảng 3.22. Phân bố M/D đối với những trạng thái rừng thuộc Rtr.

| Trạng thái rừng | Trữ lượng (Error!) | Phân chia M (m ³ /ha) theo nhóm D (cm): | | | | |
|-------------------|--------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | < 10 | 10 - 20 | 20 - 30 | 30 - 40 | > 40 |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| IIB | <u>45,4</u> | <u>0,7</u> | <u>8,8</u> | <u>18,5</u> | <u>16,0</u> | <u>1,3</u> |
| | 100% | 1,6 | 19,3 | 40,8 | 35,3 | 2,9 |
| IIIA ₁ | <u>46,4</u> | <u>0,6</u> | <u>9,1</u> | <u>15,4</u> | <u>14,4</u> | <u>7,0</u> |
| | 100% | 1,2 | 19,6 | 33,1 | 31,0 | 15,0 |
| IIIA ₂ | <u>93,3</u> | <u>1,0</u> | <u>16,3</u> | <u>33,1</u> | <u>27,0</u> | <u>15,9</u> |
| | 100% | 1,0 | 17,5 | 35,5 | 28,9 | 17,1 |

3.2. Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ thuộc Rkx và Rtr

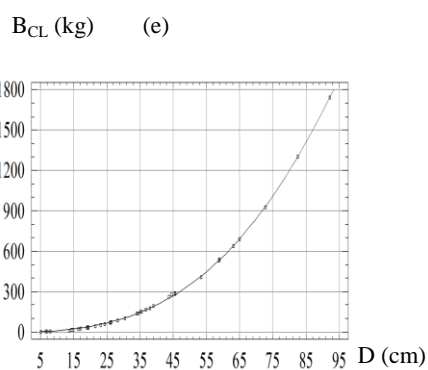
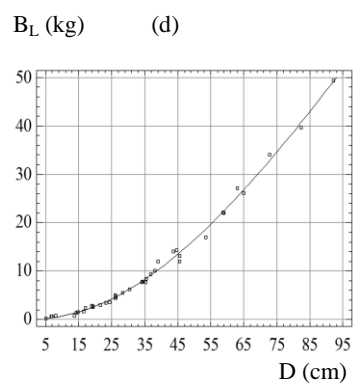
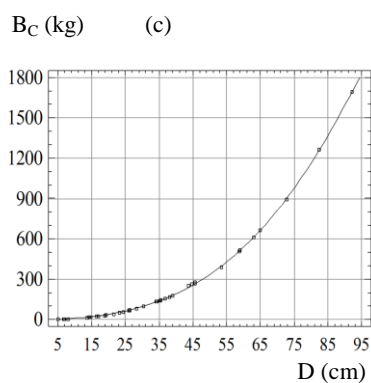
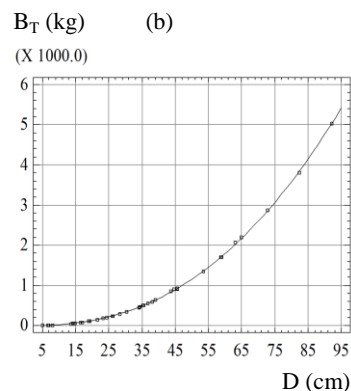
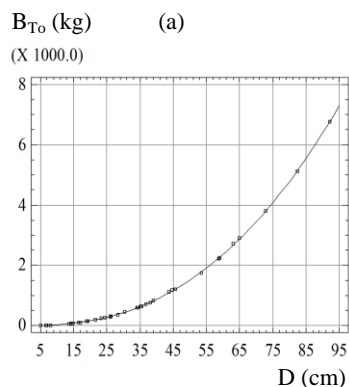
3.2.1. Xây dựng các hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx

3.2.1.1. Các hàm ước lượng $B_i = f(D)$

Các hàm ước lượng B_i (kg/cây) = $f(D)$ đã được kiểm định theo 5 hàm (2.5) – (2.9). Phân tích so sánh những hàm ước lượng $B_{T0} = f(D)$ (Phụ lục 7) cho thấy, cả 5 hàm này đều có hệ số xác định (r^2) rất cao; trong đó thấp nhất là hàm 2.9 (97,24%), cao nhất là hàm (2.7) (99,99%). Hàm (2.7) nhận những giá trị Se, MAE, MAPE và SSR thấp nhất (tương ứng 13,94; 8,17; 2,06% và 7.384,1), cao nhất là hàm (2.9) (tương ứng 246,35; 214,49; 324,83% và $2,3 \cdot 10^6$). Từ những phân tích thống kê cho thấy, nếu sử dụng SSR_{\min} là tiêu chuẩn chọn hàm phù hợp, thì hàm (2.7) là hàm phù hợp nhất. Theo đó, hàm ước lượng $B_{T0} = f(D)$ ($5 \text{ cm} < D < 95 \text{ cm}$) đối với những cây gỗ thuộc Rkx có dạng như hàm (3.8) (Hình 3.6a).

$$B_{T0} = 0,104406 \cdot D^{2,44907} \quad (3.8)$$

$$r^2 = 99,99\%; \text{ Se} = 13,94; \text{ MAE} = 8,17; \text{ MAPE} = 2,06\%.$$



Hình 3.6. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa B_i với D đối với cây gỗ thuộc Rkx.

Tương tự, phân tích hệ số xác định (r^2) và những thống kê sai lệch (Se, MAE, MAPE, SSR) (Phụ lục 8 - 10) cho thấy, bốn hàm phù hợp nhất để ước lượng $B_T = f(D)$, $B_C = f(D)$, $B_L = f(D)$ và $B_{CL} = f(D)$ có dạng tương ứng như hàm (3.9) - (3.12) (Hình 3.6b – 3.6e).

$$B_T = 0,0952326 * D^{2,40401} \quad (3.9)$$

$$r^2 = 99,98\%; \text{ Se} = 13,96; \text{ MAE} = 9,23; \text{ MAPE} = 4,37\%.$$

$$B_C = D^2/(13,2235 - 0,1453*D + 0,00061*D^2) \quad (3.10)$$

$$r^2 = 99,98\%; \text{Se} = 5,07; \text{MAE} = 3,94; \text{MAPE} = 16,49\%.$$

$$B_L = D^2/(146,878 - 0,11542*D + 0,00429*D^2) \quad (3.11)$$

$$r^2 = 99,96\%; \text{Se} = 0,74; \text{MAE} = 0,49; \text{MAPE} = 10,63\%.$$

$$B_{CL} = D^2/(12,2757 - 0,129729*D + 0,000536*D^2) \quad (3.12)$$

$$r^2 = 99,98; \pm\text{Se} = 4,97; \text{MAE} = 3,74; \text{MAPE} = 12,94\%.$$

3.2.1.2. Các hàm ước lượng $B_i = f(D, H)$

Phân tích thống kê tương quan và những sai lệch đối với hàm ước lượng $B_{T_0} = f(D, H)$ theo 5 hàm (2.10) – (2.14) (Phụ lục 11 - 14) cho thấy, cả 5 hàm này đều có R^2 rất cao; trong đó cao nhất là hàm (2.10) (99,99%), thấp nhất là hàm (2.14) (99,82%). Hàm (2.10) nhận những giá trị Se, MAE, MAPE và SSR thấp nhất (tương ứng 16,25; 10,35; 10,03% và 9.508,4), cao nhất là hàm (2.14) (tương ứng 62,30; 50,56; 19,90% và 147.474,0). Từ những thống kê tương quan và sai lệch của 5 hàm này cho thấy, nếu sử dụng SSR_{\min} là tiêu chuẩn chọn hàm phù hợp, thì hàm (2.10) là hàm phù hợp nhất để xây dựng hàm ước lượng $B_{T_0} = f(D, H)$. Theo đó, hàm ước lượng $B_{T_0} = f(D, H)$ có dạng như hàm 3.13 (Hình 3.7a).

$$B_{T_0} = 8,51043 + 0,0677469*D^{2,36951}*H^{0,233666} \quad (3.13)$$

$$R^2 = 99,98\%; \pm\text{Se} = 16,25; \text{MAE} = 10,35; \text{MAPE} = 10,0\%.$$

Tương tự, phân tích hệ số xác định (R^2) và những thống kê sai lệch (Se, MAE, MAPE, SSR) (Phụ lục 11 – 13) cho thấy, bốn hàm phù hợp nhất để ước lượng $B_T = f(D, H)$, $B_C = f(D, H)$, $B_L = f(D, H)$ và $B_{CL} = f(D, H)$ có dạng tương ứng như hàm (3.14) – (3.17) (Hình 3.7b – 3.7d).

$$B_T = 0,071817*D^{2,33498}*H^{0,175445} \quad (3.14)$$

$$R^2 = 99,98\%; \pm\text{Se} = 13,27; \text{MAE} = 7,57; \text{MAPE} = 1,90\%.$$

$$B_C = -2,20707+0,05007*D^2+0,00126*D^3+0,01057*(D^3/H) \quad (3.15)$$

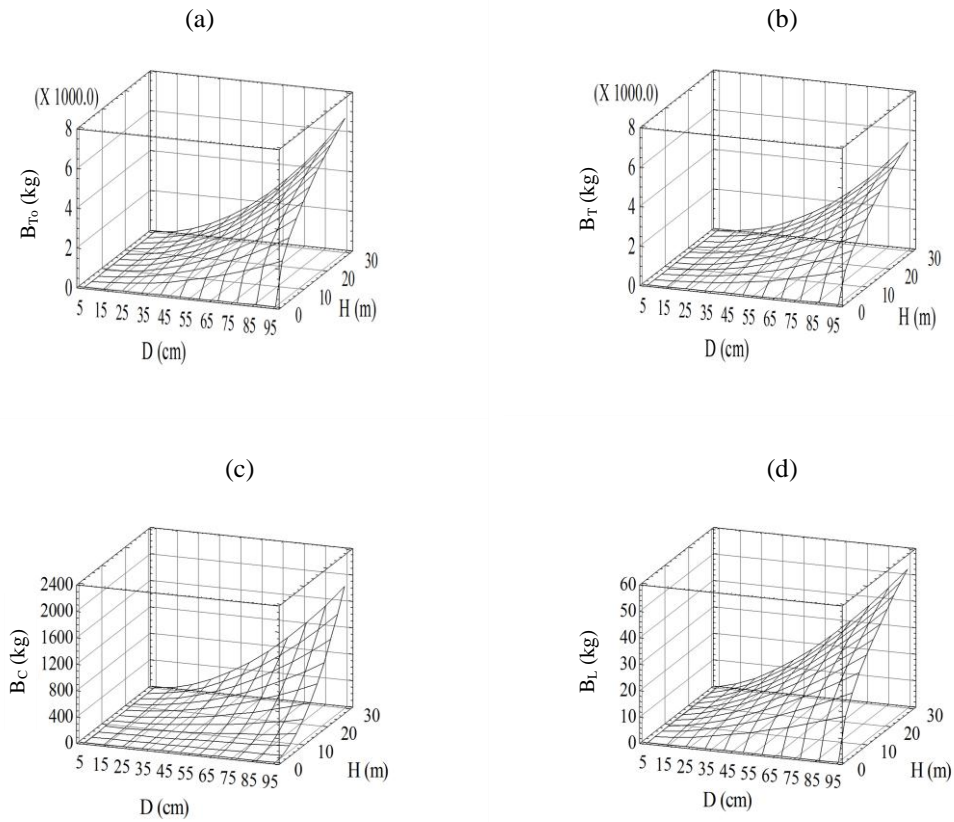
$$R^2 = 99,98\%; \pm\text{Se} = 4,42; \text{MAE} = 2,69; \text{MAPE} = 8,59\%.$$

$$B_L = -0,148969+0,00697*D^2-0,00003*D^3+0,00068*(D^3/H) \quad (3.16)$$

$$R^2 = 99,60\%; \pm\text{Se} = 0,75; \text{MAE} = 0,49; \text{MAPE} = 13,68\%.$$

$$B_{CL} = -2,36374+0,05694*D^2+0,00122*D^3+0,01138*(D^3/H) \quad (3.17)$$

$R^2 = 99,99\%$; $Se = 4,34$; $MAE = 2,61$; $MAPE = 8,58\%$.



Hình 3.7. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B_i với D và H đối với cây gỗ thuộc Rkx.

3.2.2. Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ thuộc Rtr

3.2.2.1. Các hàm ước lượng $B_i = f(D)$

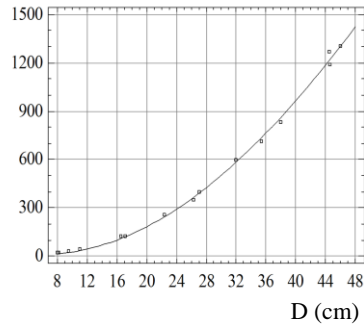
Các hàm ước lượng $B_i = f(D)$ đối với những cây gỗ thuộc Rtr đã được kiểm định theo 5 hàm (2.5) – (2.9). Phân tích hồi quy và tương quan giữa B_{T0} với D (Phụ lục 15) cho thấy, cả 5 hàm (2.5) – (2.9) đều có r^2 rất cao; trong đó cao nhất là hàm (2.7) (99,68%), thấp nhất là hàm (2.9) (98,22%). Hàm (2.7) nhận những giá trị Se , MAE , $MAPE$ và SSR thấp nhất (tương ứng 23,1; 15,6; 4,8% và 17.690,2), cao nhất là hàm (2.9) (tương ứng 54,4; 45,6; 53,2% và 17.690,2). Từ những phân tích thống kê tương quan và sai lệch của 5 hàm này cho thấy, hàm (2.7) là hàm phù hợp nhất

để ước lượng $B_{T_0} = f(D)$. Theo đó, hàm ước lượng $B_{T_0} = f(D)$ ($8 \text{ cm} < D < 48 \text{ cm}$) đối với những cây gỗ thuộc Rtr có dạng như hàm (3.18) (Hình 3.8a).

$$B_{T_0} = 0,221072 * D^2,26362 \quad (3.18)$$

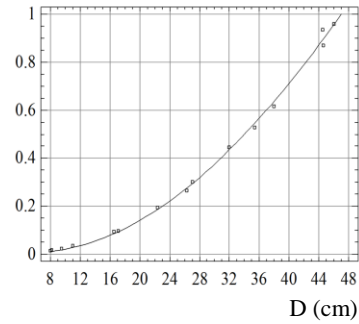
$$r^2 = 99,68\%; \text{ Se} = 23,1; \text{ MAE} = 15,6; \text{ MAPE} = 4,8\%.$$

B_{T_0} (kg) (a)

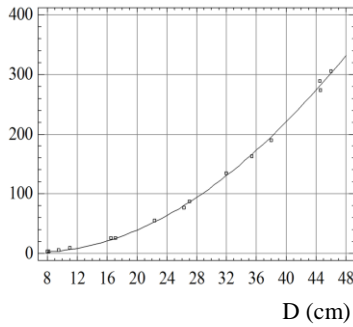


B_T (kg) (b)

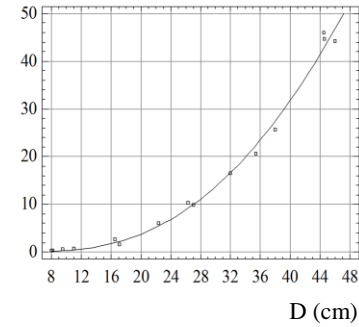
(X 1000.0)



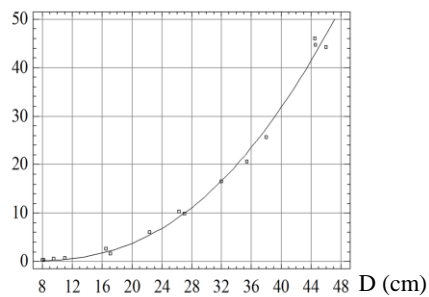
B_C (kg) (c)



B_L (kg) (d)



B_{CL} (kg) (e)



Hình 3.8. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B_i với D đối với cây gỗ thuộc Rtr.

Tương tự, những phân tích hồi quy, tương quan và sai lệch (Phụ lục 16 – 19) cho thấy, bốn hàm phù hợp nhất để ước lượng $B_T = f(D)$, $B_C = f(D)$, $B_L = f(D)$ và $B_{CL} = f(D)$ có dạng tương ứng như hàm (3.19) - (3.22) (Hình 3.8b – 3.8e).

$$B_T = 0,198298 * D^{2,21079} \quad (3.19)$$

$$r^2 = 99,66\%; \text{ Se} = 17,5; \text{ MAE} = 12,0; \text{ MAPE} = 5,2\%.$$

$$B_C = 0,036716 * D^{2,35033} \quad (3.20)$$

$$r^2 = 99,72\%; \text{ Se} = 5,1; \text{ MAE} = 3,6; \text{ MAPE} = 5,3\%.$$

$$B_L = 0,000616 * D^{2,93267} \quad (3.21)$$

$$r^2 = 99,48\%; \text{ Se} = 1,1; \text{ MAE} = 0,7; \text{ MAPE} = 9,1\%.$$

$$B_{CL} = 0,032680 * D^{2,41842} \quad (3.22)$$

$$r^2 = 99,73\%; \text{ Se} = 5,6; \text{ MAE} = 3,7; \text{ MAPE} = 4,1\%.$$

3.2.2.2. Các hàm ước lượng $B_i = f(D, H)$

Phân tích hồi quy, tương quan và những sai lệch đối với hàm ước lượng $B_{To} = f(D, H)$ theo 5 hàm (2.10) – (2.14) (Phụ lục 20) cho thấy, hệ số R^2 thấp nhất là hàm (2.13) (99,66%), cao nhất là hàm (2.11) (99,70%). Hàm (2.11) nhận giá trị SSR_{\min} (16.644,3), cao nhất là hàm (2.13) (18.686,6). Từ đó cho thấy, hàm ước lượng $B_{To} = f(D, H)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr có dạng như hàm (3.23) (Hình 9a) ($8 \text{ cm} < D < 48 \text{ cm}$; $4 \text{ m} < H < 24 \text{ m}$).

$$B_{To} = -36,6254 + 1,63824 * D^2 + 0,01484 * D^3 - 0,90699 * (D^3/H) \quad (3.23)$$

$$R^2 = 99,70\%; \text{ Se} = 23,2; \text{ MAE} = 16,3; \text{ MAPE} = 6,7\%.$$

Tương tự, phân tích hồi quy, tương quan và những sai lệch (Phụ lục 21 – 23) cho thấy, bốn hàm phù hợp nhất để ước lượng $B_T = f(D, H)$, $B_C = f(D, H)$, $B_L = f(D, H)$ và $B_{CL} = f(D, H)$ đối với những cây gỗ thuộc Rtr có dạng tương ứng như hàm (3.24) – (3.27) (Hình 3.9b – 3.9d).

$$B_T = -28,1845 + 1,2815 * D^2 + 0,010773 * D^3 - 0,705187 * (D^3/H) \quad (3.24)$$

$$R^2 = 99,68\%; \text{ Se} = 17,5; \text{ MAE} = 12,3; \text{ MAPE} = 6,6\%.$$

$$B_C = 0,0109769 * D^{0,454818} * H^{2,64175} \quad (3.25)$$

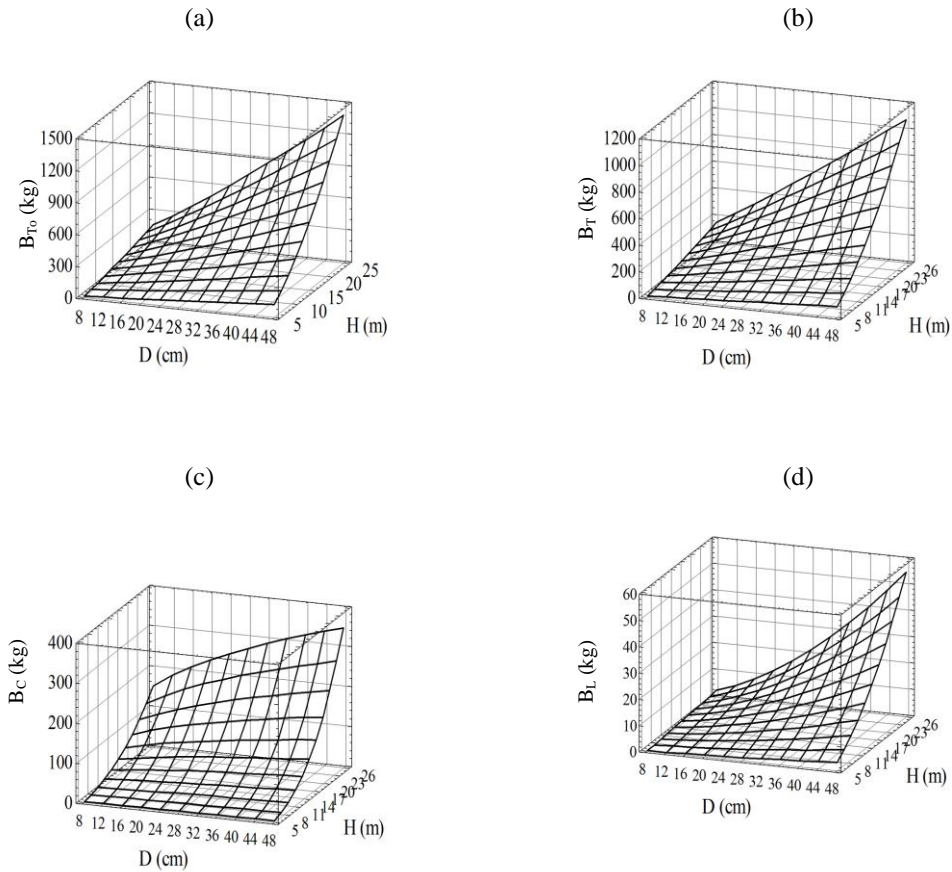
$$R^2 = 99,73\%; \text{ Se} = 5,0; \text{ MAE} = 3,5; \text{ MAPE} = 5,3\%.$$

$$B_L = -1,46167 + 0,083323 * D^2 + 0,001258 * D^3 - 0,06336 * (D^3/H) \quad (3.26)$$

$R^2 = 99,53\%$; $Se = 1,1$; $MAE = 0,7$; $MAPE = 14,9\%$.

$$B_{CL} = 0,0072315 * D^{0,047762} * H^{3,30274} \quad (3.27)$$

$R^2 = 99,75\%$; $\pm Se = 5,5$; $MAE = 3,7$; $MAPE = 4,1\%$; $SSR = 982,8$.



Hình 3.9. Đồ thị biểu diễn quan hệ $B_i = f(D, H)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

3.2.3. Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất từ số liệu điều tra Rkx

3.2.3.1. Hàm ước lượng sinh khối dựa theo thể tích thân cây

(1) Hàm thể tích thân cây

Để ước lượng sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ thuộc Rkx từ số liệu điều tra rừng, trước hết xây dựng hàm $V = f(D, H)$. Những phân tích thống kê cho thấy, hàm ước lượng $H = f(D)$ có dạng như hàm (3.28) (Hình 3.10a). Hàm ước lượng $V = f(D, H)$ có dạng như hàm (3.29) (Hình 3.10b).

$$H = 1/(0,0244541 + 0,984367/D) \quad (3.28)$$

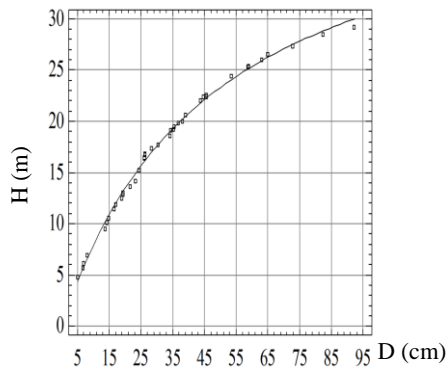
$$r^2 = 99,4\%; \text{Se} = 0,003; \text{P} < 0,001.$$

$$V = 0,0000349 \cdot D^{1,99334} \cdot H^{1,01211} \quad (3.29)$$

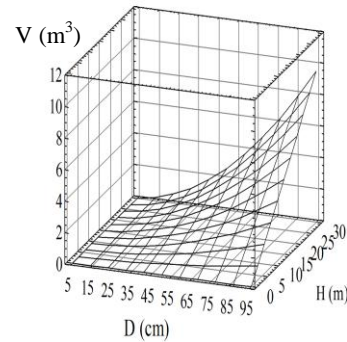
$$R^2 = 99,9\%; \text{Se} = 0,003; \text{P} < 0,001.$$

Khi ứng dụng hàm (3.28) và (3.29) để dự đoán H và V đối với các cây gỗ ở Rkx, thì biên độ D thay đổi từ 5 đến 95 cm.

$$(a) H = 1 / (0,0244541 + 0,984367/D)$$



$$(b) V = 0,0000349 \cdot D^{1,99334} \cdot H^{1,01211}$$

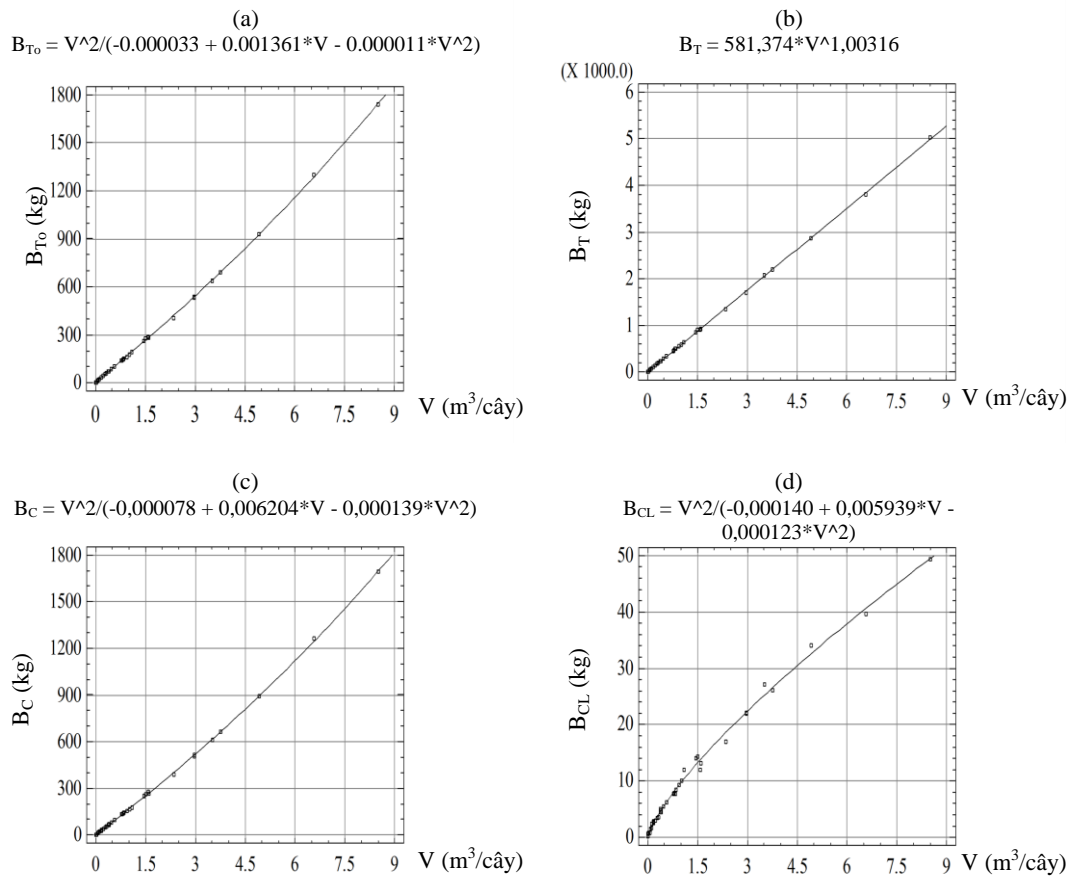


Hình 3.10. Đồ thị biểu diễn quan hệ $H = f(D)$ và $V = f(D, H)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx.

Những hàm ước lượng $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx đã được kiểm định theo 2 hàm (2.15) và (2.16) (Phụ lục 24). Phân tích mối quan hệ giữa B_{T_0} với V cho thấy (Phụ lục 23.1), hai hàm (2.15) và (2.16) đều có r^2 tương tự nhau (tương ứng 99,98% và 99,97%). Hàm (2.16) nhận những giá trị Se, MAE, MAPE và SSR (tương ứng 16,40; 11,18; 18,60% và 9.953,1) nhỏ hơn so với hàm (2.15) (tương ứng 25,60; 20,38; 18,60% và 24.909,0). Giá trị SSR của hàm (2.15) lớn hơn 2,5 lần so với hàm (2.16). Theo đó, hàm ước lượng $B_{T_0} = f(V)$ (tương ứng với $5 < D < 95$ cm) có dạng như hàm (3.30) (Hình 3.11a).

$$B_{T_0} = V^2 / (-0,000033 + 0,001361 \cdot V - 0,000011 \cdot V^2) \quad (3.30)$$

$$r^2 = 99,98\%; \text{Se} = 16,40; \text{MAE} = 11,18; \text{MAPE} = 18,60\%.$$



Hình 3.11. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa B_i với V thân cây gỗ thuộc Rkx.

(2) Hàm ước lượng sinh khối dựa theo thể tích thân cây

Phân tích hồi quy, tương quan và những sai lệch đối với các hàm $B_T = f(V)$, $B_C = f(V)$, $B_L = f(V)$ và $B_{CL} = f(V)$ bằng hai hàm (2.15) và (2.16) cho thấy (Phụ lục 23.2 – 23.5), cả hai hàm này đều có hệ số xác định rất cao ($r^2 > 99\%$). Đối với hàm $B_T = f(V)$ (Phụ lục 23.2), giá trị SSR của hàm (2.16) (419.869,0) lớn hơn 38,9 lần so với hàm (2.15) (10.797,1). Đối với hàm $B_C = f(V)$ (Phụ lục 23.3), giá trị SSR của hàm (2.15) (4.229,0) lớn hơn 4,0 lần so với hàm (2.16) (1.054,7). Đối với hàm $B_L = f(V)$ (Phụ lục 23.4), giá trị SSR của hàm (2.16) (39,3) lớn hơn 1,9 lần so với hàm (2.15) (20,7). Đối với hàm $B_{CL} = f(V)$ (Phụ lục 23.5), giá trị SSR của hàm (2.15) (4.544,2) lớn hơn 5,1 lần so với hàm (2.16) (895,6). Từ đó cho thấy, hàm (2.15) được sử dụng để xây dựng hàm ước lượng $B_T = f(V)$ và $B_L = f(V)$, còn hàm

(2.16) được sử dụng để xây dựng hàm ước lượng $B_C = f(V)$ và $B_{CL} = f(V)$. Theo đó, các hàm ước lượng B_T , B_C , B_L và B_{CL} dựa theo V có dạng như hàm (3.31) – (3.34) (Hình 3.11b – 3.11d).

$$B_T = 581,374 * V^{1,00316} \quad (3.31)$$

$$r^2 = 99,98\%; \text{ Se} = 16,85; \text{ MAE} = 12,78; \text{ MAPE} = 7,49\%.$$

$$B_C = V^2 / (-0,000078 + 0,006204 * V - 0,000139 * V^2) \quad (3.32)$$

$$r^2 = 99,98\%; \text{ Se} = 5,33; \text{ MAE} = 3,25; \text{ MAPE} = 35,05\%.$$

$$B_L = 9,69685 * V^{0,761433} \quad (3.33)$$

$$r^2 = 99,59\%; \text{ Se} = 0,73; \text{ MAE} = 0,49; \text{ MAPE} = 11,43\%.$$

$$B_{CL} = V^2 / (-0,000140 + 0,005939 * V - 0,000123 * V^2) \quad (3.34)$$

$$r^2 = 99,98\%; \text{ Se} = 4,92; \text{ MAE} = 3,14; \text{ MAPE} = 19,42\%.$$

3.2.3.2. Xây dựng các hàm điều chỉnh sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx

(1) Hàm ước lượng $BEF = f(D)$

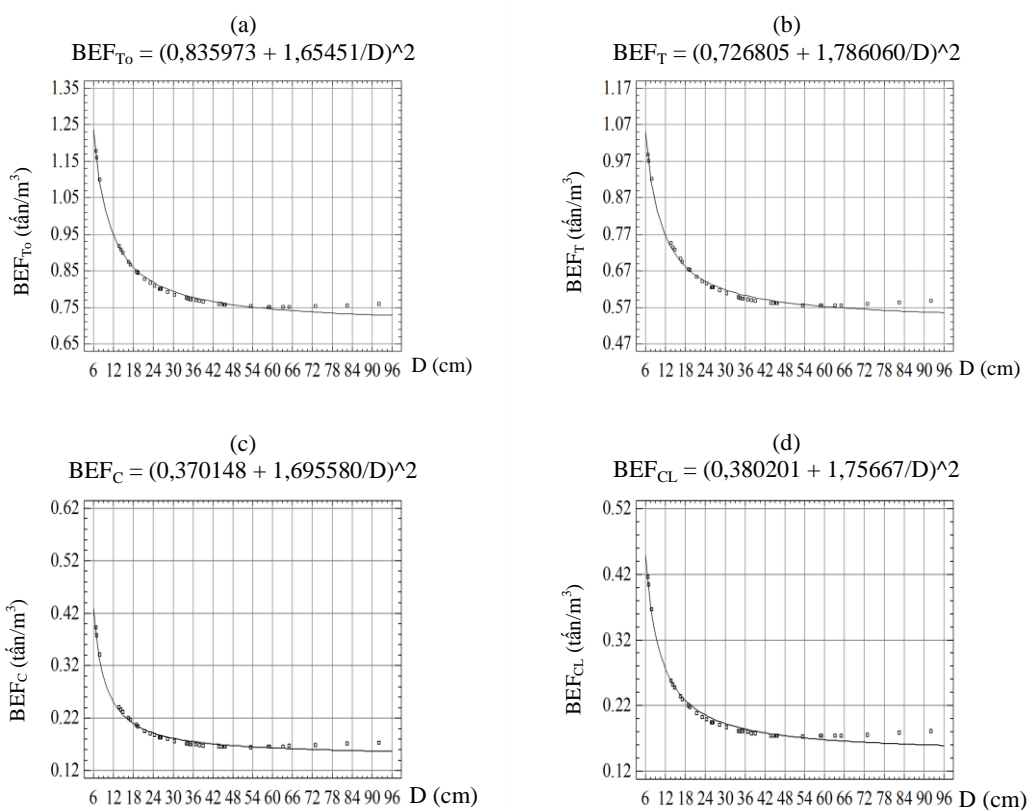
Các hàm ước lượng BEF_i (tấn/m³) = $f(D)$ đã được kiểm định theo 2 hàm (2.19) và (2.20) (Phụ lục 25). Phân tích hàm $BEF_{T_0} = f(D)$ cho thấy (Phụ lục 25.1), hàm (2.19) có r^2 (98,19%) cao hơn so với hàm (2.20) (80,94%). Hàm (2.19) nhận những giá trị Se, MAE, MAPE và SSR (tương ứng 0,0181; 0,0137; 1,67% và 0,0125) thấp hơn so với hàm (2.20) (tương ứng 0,0588; 0,0472; 5,53% và 0,1314). Giá trị SSR của hàm (2.20) cao hơn 10,5 lần so với hàm (2.19). Vì thế, hàm ước lượng $BEF_{T_0} = f(D)$ (5 cm < D < 95 cm) đối với những cây gỗ thuộc Rkx có dạng như hàm (3.35) (Bảng 3.23 – 3.24) (Hình 3.12a).

Bảng 3.23. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx.

| Thành phần | Hàm BEF_i (tấn/m ³) = $f(D)$: | |
|------------|--|--------|
| (1) | (2) | |
| Tổng số | $BEF_{T_0} = (0,835973 + 1,65451/D)^2$ | (3.35) |
| Thân | $BEF_T = (0,726805 + 1,786060/D)^2$ | (3.36) |
| Cành | $BEF_C = (0,370148 + 1,695580/D)^2$ | (3.37) |
| Cành và lá | $BEF_{CL} = (0,380201 + 1,75667/D)^2$ | (3.38) |

Bảng 3.24. Kiểm định sai lệch của những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx.

| Thành phần | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------------|-------|----------|--------|------|--------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| Tổng số | 98,19 | 0,0181 | 0,0137 | 1,67 | 0,0125 | (3.35) |
| Thân | 99,36 | 0,0104 | 0,0082 | 1,26 | 0,0042 | (3.36) |
| Cành | 96,36 | 0,0140 | 0,0104 | 5,42 | 0,0075 | (3.37) |
| Cành và lá | 97,16 | 0,0132 | 0,0097 | 4,84 | 0,0066 | (3.38) |



Hình 3.12. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa BEF_i với D đối với cây gỗ thuộc Rkx

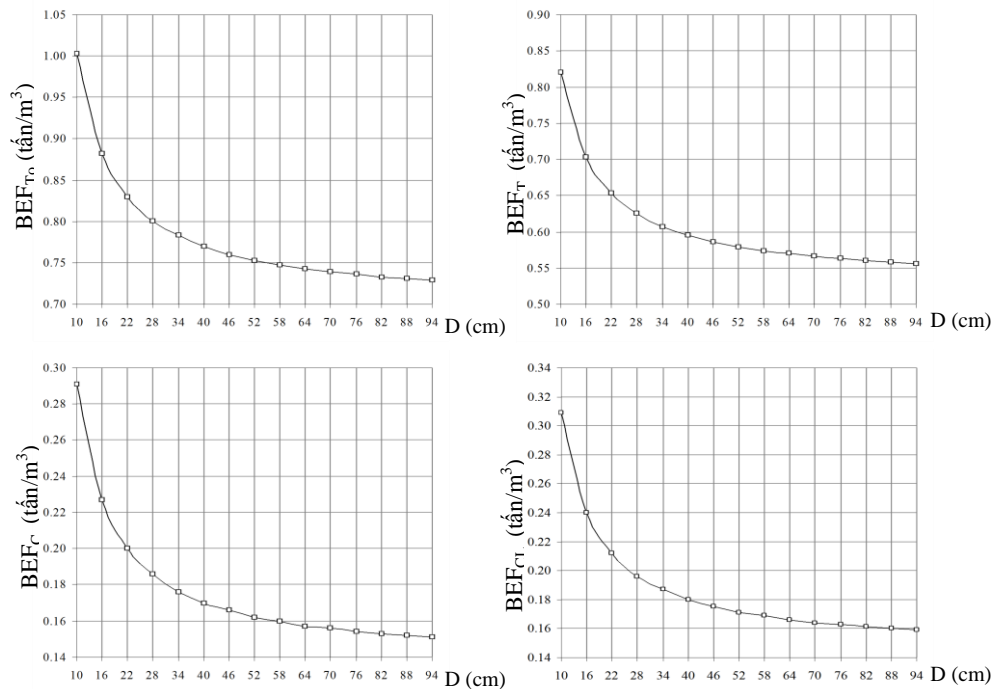
Đối với hàm ước lượng $BEF_T = f(D)$ (Phụ lục 25.2), giá trị SSR của hàm (2.20) cao hơn 20 lần so với hàm (2.19). Vì thế, hàm ước lượng $BEF_T = f(D)$ ($5 \text{ cm} < D < 95 \text{ cm}$) đối với những cây gỗ thuộc Rkx có dạng như hàm (3.36) (Bảng 3.23

– 3.24; Hình 3.12b). Đối với hàm ước lượng $BEF_C = f(D)$ (Phụ lục 25.3), giá trị SSR của hàm (2.20) cao hơn 5,5 lần so với hàm (2.19). Vì thế, hàm ước lượng $BEF_C = f(D)$ ($5 \text{ cm} < D < 95 \text{ cm}$) đối với những cây gỗ thuộc Rkx có dạng như hàm (3.37) (Bảng 3.23 – 3.24; Hình 3.12c). Đối với hàm ước lượng $BEF_{CL} = f(D)$ (Phụ lục 25.4), giá trị SSR của hàm (2.20) cao hơn 6,2 lần so với hàm (2.19). Vì thế, hàm ước lượng $BEF_{CL} = f(D)$ ($5 \text{ cm} < D < 95 \text{ cm}$) đối với những cây gỗ thuộc Rkx có dạng như hàm (3.38) (Bảng 3.23 – 3.24; Hình 3.12d).

Bằng cách thay thế D vào các hàm ở Bảng 3.23, có thể xác định được các hệ số BEF_i đối với những cây gỗ thuộc Rkx tương ứng với cấp $D = 10 - 94 \text{ cm}$ (Bảng 3.25; Hình 3.13).

Bảng 3.25. Dự đoán hệ số BEF_i dựa theo đường kính đối với cây gỗ thuộc Rkx.

| Cấp D (cm) | V ($\text{m}^3/\text{cây}$) | Giá trị BEF_i ($\text{tấn}/\text{m}^3$): | | | |
|--------------|---------------------------------|--|-------|-------|-----------|
| | | Tổng số | Thân | Cành | Cành + lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 10 | 0,0286 | 1,003 | 0,820 | 0,291 | 0,309 |
| 16 | 0,1048 | 0,882 | 0,703 | 0,227 | 0,240 |
| 22 | 0,2478 | 0,830 | 0,653 | 0,200 | 0,212 |
| 28 | 0,4652 | 0,801 | 0,625 | 0,186 | 0,196 |
| 34 | 0,7635 | 0,783 | 0,607 | 0,176 | 0,187 |
| 40 | 1,1528 | 0,770 | 0,595 | 0,170 | 0,180 |
| 46 | 1,6290 | 0,760 | 0,586 | 0,166 | 0,175 |
| 52 | 2,1959 | 0,753 | 0,579 | 0,162 | 0,171 |
| 58 | 2,8621 | 0,747 | 0,574 | 0,160 | 0,169 |
| 64 | 3,6289 | 0,743 | 0,570 | 0,157 | 0,166 |
| 70 | 4,4962 | 0,739 | 0,566 | 0,156 | 0,164 |
| 76 | 5,4414 | 0,736 | 0,563 | 0,154 | 0,163 |
| 82 | 6,4993 | 0,733 | 0,560 | 0,153 | 0,161 |
| 88 | 7,6752 | 0,731 | 0,558 | 0,152 | 0,160 |
| 94 | 8,9113 | 0,729 | 0,556 | 0,151 | 0,159 |
| Trung bình | | 0,783 | 0,608 | 0,177 | 0,187 |



Hình 3.13. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của BEF_i theo cấp D đối với cây gỗ thuộc Rkx.

Từ số liệu ở Bảng 3.25 cho thấy, các hệ số BEF_i đều giảm dần theo sự gia tăng cấp D (cm); trong đó BEF_i ở cấp $D = 10 - 46$ cm suy giảm nhanh hơn so với cấp $D = 46 - 94$ cm. Nói chung, khi dự đoán BEF_i (tấn/m³) dựa theo cấp $D = 10 - 94$ cm, thì các hệ số BEF_{T0} , BEF_T , BEF_C và BEF_{CL} bình quân tương ứng là 0,783; 0,608; 0,177 và 0,187 (tấn/m³).

(2) Hàm ước lượng $BEF = f(V)$

Các hàm ước lượng BEF_i (tấn/m³) = $f(V)$ đã được kiểm định theo 2 hàm (2.20) và (2.21) (Phụ lục 26). Phân tích mối quan hệ giữa BEF_{T0} với V cho thấy (Phụ lục 26.1), hàm (2.20) có r^2 (83,75%) thấp hơn so với hàm (2.21) (89,80%). Hàm (2.20) nhận những giá trị Se, MAE, MAPE và SSR (tương ứng 0,0543; 0,0436; 5,13% và 0,1120) cao hơn so với hàm (2.21) (tương ứng 0,0430; 0,0327; 3,70% và 0,0703). Giá trị SSR của hàm (2.20) cao hơn 1,6 lần so với hàm (2.21). Vì thế, hàm ước lượng $BEF_{T0} = f(V)$ thích hợp có dạng như hàm (3.39) (Bảng 3.26 – 3.27).

Những phân tích thống kê (Phụ lục 26.2 – 26.4) cũng cho thấy, hàm (2.21) là hàm phù hợp để ước lượng $BEF_T = f(V)$, $BEF_C = f(V)$ và $BEF_{CL} = f(V)$. Theo đó, hàm ước lượng $BEF_T = f(V)$, $BEF_C = f(V)$ và $BEF_{CL} = f(V)$ (tương ứng $8 \text{ cm} < D < 94 \text{ cm}$) đối với những cây gỗ thuộc Rkx có dạng như những hàm (3.40) – (3.42) (Bảng 3.26 – 3.27).

Bảng 3.26. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx.

| Thành phần (1) | Hàm BEF_i (tấn/m ³) = f(V): (2) | |
|-------------------|--|--------|
| Tổng số | $BEF_{T_0} = \text{sqrt}(0,618877 + 0,006341/V)$ | (3.39) |
| Thân | $BEF_T = \text{sqrt}(0,372672 + 0,005066/V)$ | (3.40) |
| Cành | $BEF_C = \text{sqrt}(0,030549 + 0,001097/V)$ | (3.41) |
| Cành và lá | $BEF_{CL} = \text{sqrt}(0,034115 + 0,001237/V)$ | (3.42) |

Bảng 3.27. Kiểm định sai lệch của hàm $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rkx.

| Thành phần (1) | r^2 (2) | $\pm Se$ (3) | MAE (4) | MAPE (5) | SSR (6) | |
|-------------------|--------------|-----------------|------------|-------------|------------|--------|
| Tổng số | 89,80 | 0,0430 | 0,0327 | 3,70 | 0,0703 | (3.39) |
| Thân | 89,53 | 0,0422 | 0,0337 | 4,91 | 0,0678 | (3.40) |
| Cành | 96,41 | 0,0139 | 0,0110 | 5,20 | 0,0074 | (3.41) |
| Cành và lá | 95,76 | 0,0161 | 0,0125 | 5,48 | 0,0099 | (3.42) |

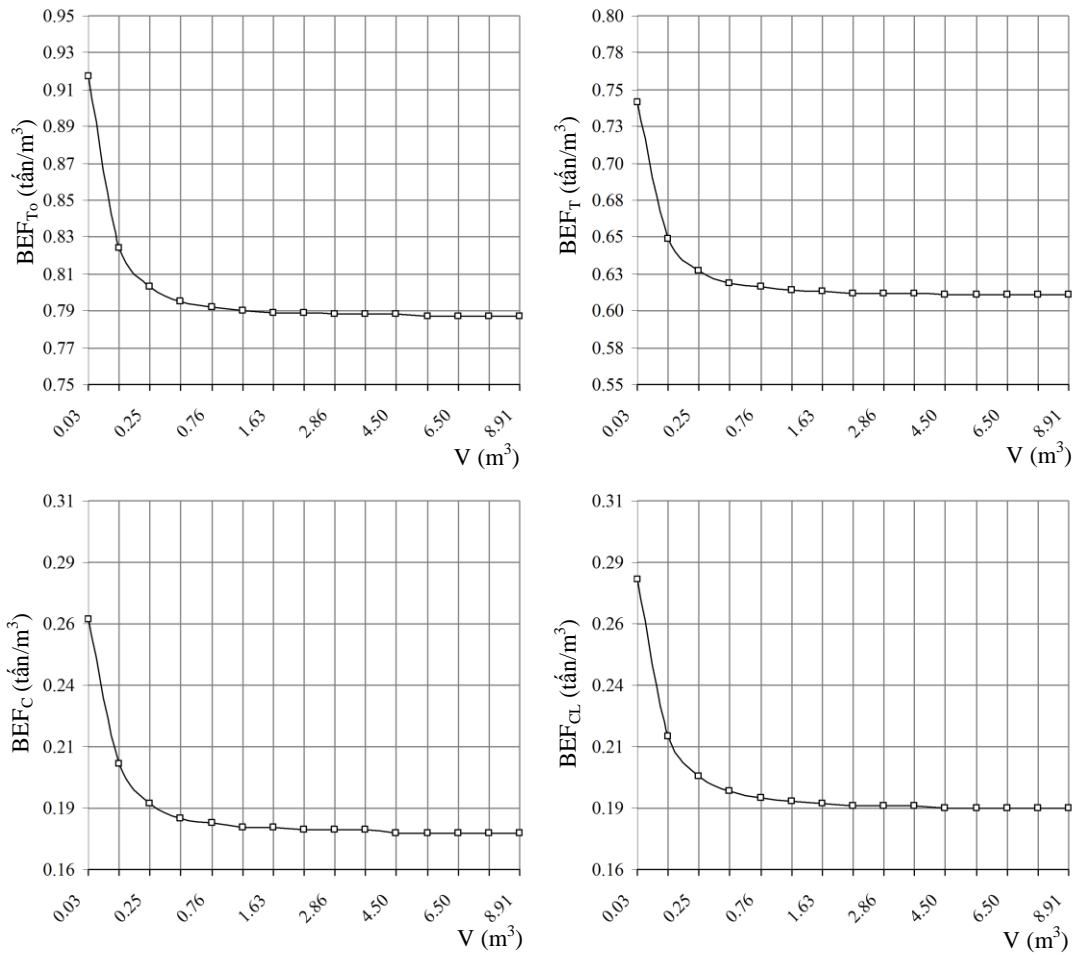
Bằng cách thay thế V_T vào các hàm ở Bảng 3.26, có thể xác định được các hệ số BEF_i tương ứng với V_T ở cấp $D = 10 - 94 \text{ cm}$ (Bảng 3.28; Hình 3.14). Từ đó cho thấy, các giá trị BEF_i đều giảm dần theo sự gia tăng V_T ; trong đó BEF_i ở cấp $V_T < 0,4652$ (tương ứng cấp $D < 28 \text{ cm}$) giảm nhanh hơn so với cấp $V_T = 0,4652 - 8,9113$ (tương ứng cấp $D = 28 - 94 \text{ cm}$). Nói chung, khi dự đoán BEF_i (tấn/m³) dựa theo V_T (m³) tương ứng với cấp $D = 10 - 94 \text{ cm}$, thì BEF_{T_0} , BEF_T , BEF_C và BEF_{CL} bình quân tương ứng là 0,801; 0,625; 0,185 và 0,195 (tấn/m³).

Bảng 3.28. Dự đoán những hệ số BEF_i dựa theo thể tích thân cây gỗ thuộc Rkx.

| Cấp D (cm) | V (m ³ /cây) | Giá trị BEF_i (tấn/m ³): | | | |
|------------|-------------------------|--|-------|-------|-----------|
| | | Tổng số | Thân | Cành | Cành + lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 10 | 0,0286 | 0,917 | 0,741 | 0,262 | 0,278 |
| 16 | 0,1048 | 0,824 | 0,649 | 0,203 | 0,214 |
| 22 | 0,2478 | 0,803 | 0,627 | 0,187 | 0,198 |
| 28 | 0,4652 | 0,795 | 0,619 | 0,181 | 0,192 |
| 34 | 0,7635 | 0,792 | 0,616 | 0,179 | 0,189 |
| 40 | 1,1528 | 0,79 | 0,614 | 0,177 | 0,188 |
| 46 | 1,629 | 0,789 | 0,613 | 0,177 | 0,187 |
| 52 | 2,1959 | 0,789 | 0,612 | 0,176 | 0,186 |
| 58 | 2,8621 | 0,788 | 0,612 | 0,176 | 0,186 |
| 64 | 3,6289 | 0,788 | 0,612 | 0,176 | 0,186 |
| 70 | 4,4962 | 0,788 | 0,611 | 0,175 | 0,185 |
| 76 | 5,4414 | 0,787 | 0,611 | 0,175 | 0,185 |
| 82 | 6,4993 | 0,787 | 0,611 | 0,175 | 0,185 |
| 88 | 7,6752 | 0,787 | 0,611 | 0,175 | 0,185 |
| 94 | 8,9113 | 0,787 | 0,611 | 0,175 | 0,185 |
| Trung bình | | 0,801 | 0,625 | 0,185 | 0,195 |

(3) Hàm ước lượng tỷ lệ sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx

Các hàm ước lượng $R_i = f(D)$ ($i =$ tổng số, cành, lá, cành và lá) đã được kiểm định bằng 3 hàm (2.23) – (2.25). Kết quả phân tích thống kê cho thấy, hàm (2.23) và hàm (2.24) là hai hàm phù hợp để xây dựng các hàm ước lượng $R_i = f(D)$ (Bảng 3.29 - 3.30).



Hình 3.14. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của BEF_i theo thể tích thân cây gỗ thuộc Rkx ở khu vực nghiên cứu.

Bảng 3.29. Hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với những cây gỗ ở Rkx.

| Hàm | Thành phần | Hàm $R_i = f(D)$: |
|------|------------|---|
| (1) | (2) | (3) |
| 2.23 | Tổng số | $R_{T0} = 1,08383 + 0,05718 \cdot \ln(D)$ (3.43) |
| 2.23 | Cành | $R_C = 0,0345055 + 0,0662483 \cdot \ln(D)$ (3.44) |
| 2.24 | Lá | $R_L = 1/(6,17273 + 9,12935 \cdot \sqrt{D})$ (3.45) |
| 2.23 | Cành và lá | $R_{CL} = 0,08383 + 0,05718 \cdot \ln(D)$ (3.46) |

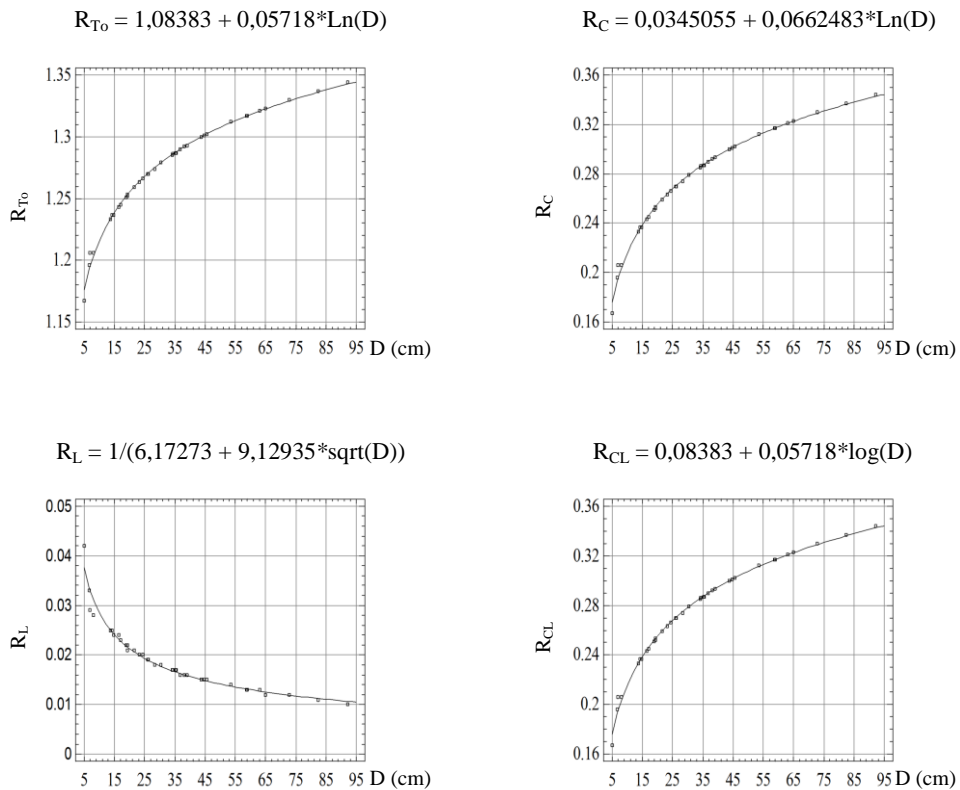
Bảng 3.30. Kiểm định sai lệch của hàm $R_i = f(D)$ đối với những cây gỗ ở Rkx.

| Thành phần | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------------|-------|----------|--------|------|--------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| Tổng số | 99,58 | 0,0026 | 0,0012 | 0,74 | 0,0004 | (3.43) |
| Cành | 99,40 | 0,0036 | 0,0012 | 0,74 | 0,0005 | (3.44) |
| Lá | 96,62 | 0,0012 | 0,0005 | 2,40 | 0,0001 | (3.45) |
| Cành và lá | 99,58 | 0,0026 | 0,0012 | 0,55 | 0,0002 | (3.46) |

Khi thay thế cấp D vào các hàm (3.43) – (3.46), có thể xác định được R_{T0} , R_C , R_L và R_{CL} đối với những cây gỗ ở Rkx (Bảng 3.31; Hình 3.15).

Bảng 3.31. Tỷ lệ sinh khối theo cấp D đối với những thành phần cây gỗ thuộc Rkx.

| Cấp D (cm) | Tỷ lệ sinh khối của các thành phần: | | | |
|------------|-------------------------------------|-------|-------|-----------|
| | Tổng số | Cành | Lá | Cành + Lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 10 | 1,215 | 0,187 | 0,029 | 0,215 |
| 16 | 1,242 | 0,218 | 0,023 | 0,242 |
| 22 | 1,261 | 0,239 | 0,020 | 0,261 |
| 28 | 1,274 | 0,255 | 0,018 | 0,274 |
| 34 | 1,285 | 0,268 | 0,017 | 0,285 |
| 40 | 1,295 | 0,279 | 0,016 | 0,295 |
| 46 | 1,303 | 0,288 | 0,015 | 0,303 |
| 52 | 1,310 | 0,296 | 0,014 | 0,310 |
| 58 | 1,316 | 0,304 | 0,013 | 0,316 |
| 64 | 1,322 | 0,310 | 0,013 | 0,322 |
| 70 | 1,327 | 0,316 | 0,012 | 0,327 |
| 76 | 1,331 | 0,321 | 0,012 | 0,331 |
| 82 | 1,336 | 0,326 | 0,011 | 0,336 |
| 88 | 1,340 | 0,331 | 0,011 | 0,340 |
| 94 | 1,344 | 0,335 | 0,011 | 0,344 |
| Trung bình | 1,300 | 0,285 | 0,015 | 0,300 |



Hình 3.15. Đồ thị mô tả tỷ lệ những thành phần sinh khối theo cấp D đối với cây gỗ thuộc Rkx.

Từ số liệu ở Bảng 3.31 cho thấy, so với sinh khối thân (hệ số 1 hay 100%), R_{To} gia tăng dần từ 1,215 (121,5%) ở cấp $D = 10$ cm đến 1,344 (134,4%) ở cấp $D = 94$ cm. Giá trị R_C gia tăng dần từ 0,187 (18,7%) ở cấp $D = 10$ cm đến 0,335 (33,5%) ở cấp $D = 94$ cm. Trái lại, R_L lại giảm dần từ 0,029 (2,9%) ở cấp $D = 10$ cm đến 0,011 (1,1%) ở cấp $D = 94$ cm. Giá trị R_{CL} gia tăng dần từ 0,215 (21,5%) ở cấp $D = 10$ cm đến 0,344 (34,4%) ở cấp $D = 94$ cm.

Nói chung, sự gia tăng R_{To} và R_{CL} ở cấp $D = 10 - 46$ cm diễn ra nhanh hơn so với cấp $D = 46 - 94$ cm. So với B_T thuộc cấp $D = 10 - 94$ cm (100%), các giá trị R_{To} , R_C , R_L và R_{CL} bình quân tương ứng là 130,0%, 28,5%, 1,5% và 30,0%.

3.2.3.3. Xây dựng các hàm sinh khối đối với quần thụ thuộc Rkx

Để xây dựng các hàm ước lượng $B_i = f(G)$ và $B_i = f(M)$ đối với những quần thụ thuộc Rkx, hai biến dự đoán G (m^2/ha) và M (m^3/ha) đã được thu thập từ những ô mẫu đại diện cho những quần thụ thuộc 4 trạng thái rừng IIB, IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ theo phân loại của Loeschau (1966). Ba đại lượng B_{T_0} , B_T và B_{CL} đã được ước lượng dựa theo các hàm $B_i = f(D)$ phù hợp nhất. Các hàm sinh khối này đã được kiểm định ở mục 3.3.1. Kết quả phân tích tương quan cho thấy, ba thành phần sinh khối (B_{T_0} , B_T và B_{CL}) tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với hai biến G và M (tương ứng $r = 0,987$ đối với $B_{CL} = f(G)$ và $r = 0,990$ đối với $B_{T_0} = f(M)$). Do đó, sinh khối trên mặt đất đối với Rkx có thể được ước lượng dựa theo G và M .

(1) Hàm ước lượng sinh khối dựa theo tiết diện ngang của quần thụ

Các hàm ước lượng $B_{T_0} = f(G)$, $B_T = f(G)$ và $B_{CL} = f(G)$ đối với những quần thụ thuộc Rkx đã được kiểm định theo 3 hàm (2.26), (2.27) và (2.28) (Phụ lục 27). Phân tích tương quan và hồi quy đối với hàm $B_{T_0} = f(G)$ cho thấy (Phụ lục 27.1 – 27.2), hai hàm (2.27) và (2.28) có r^2 tương tự như nhau (97,6%) và cao hơn so với hàm (2.26) (97,2%). Hàm (2.27) và (2.28) cũng nhận những giá trị Se, MAE và MAPE tương tự như nhau, nhưng hàm (2.28) có SSR (2.103,8) nhỏ hơn so với hàm (2.27) (2.108,1). Những phân tích thống kê (Phụ lục 27.3 – 27.6) cũng nhận thấy, so với hàm (2.26) và hàm (2.27), hàm (2.28) là hàm phù hợp (SSR_{min}) để xây dựng hàm ước lượng $B_T = f(G)$ và $B_{CL} = f(G)$. Theo đó, các hàm ước lượng $B_i = f(G)$ (tương ứng $7 < G < 35$ m^2/ha) đối với những quần thụ thuộc Rkx có dạng như hàm (3.47) – (3.49) (Bảng 3.32 – 3.33; Hình 3.16).

Bảng 3.32. Những hàm ước lượng sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rkx.

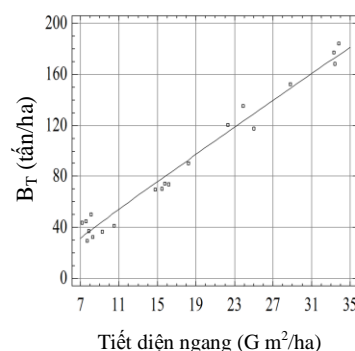
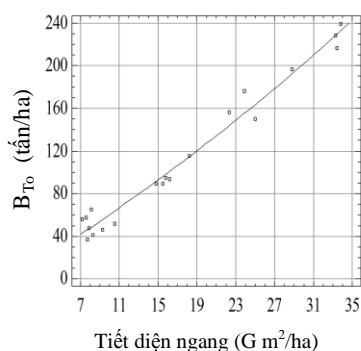
| Hàm | Hàm B_i (tấn/ha) = $f(G)$: |
|------|---|
| (1) | (2) |
| 2.28 | $B_{T_0} = G^2 / (-0,00541 + 0,17501 * G - 0,00088 * G^2)$ (3.47) |
| 2.28 | $B_T = G^2 / (-0,06271 + 0,22824 * G - 0,00114 * G^2)$ (3.48) |
| 2.28 | $B_{CL} = G^2 / (-0,10538 + 0,71008 * G - 0,00294 * G^2)$ (3.49) |

Bảng 3.33. Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo G của Rkx.

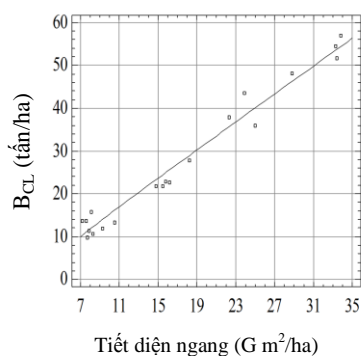
| Hàm | r^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR | |
|------|-------|-------|-----|------|---------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.28 | 97,6 | 11,1 | 8,6 | 11,1 | 2.103,8 | (3.47) |
| 2.28 | 97,9 | 7,9 | 6,2 | 10,3 | 1.072,5 | (3.48) |
| 2.28 | 97,4 | 2,7 | 2,1 | 10,3 | 126,8 | (3.49) |

$$B_{T_0} = G^2/(-0,00541 + 0,17501 \cdot G - 0,00088 \cdot G^2)$$

$$B_T = G^2/(-0,06271 + 0,22824 \cdot G - 0,00114 \cdot G^2)$$



$$B_{CL} = G^2/(-0,10538 + 0,71008 \cdot G - 0,00294 \cdot G^2)$$



Hình 3.16. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa sinh khối trên mặt đất với tiết diện ngang của Rkx.

(2) Hàm ước lượng sinh khối dựa theo trữ lượng quần thụ

Các hàm ước lượng $B_{T_0} = f(M)$, $B_T = f(M)$ và $B_{CL} = f(M)$ đối với những quần thụ thuộc Rkx đã được kiểm định theo 3 hàm (2.26), (2.27) và (2.28) (Phụ lục 28). Phân tích tương quan và hồi quy đối với hàm $B_{T_0} = f(M)$ cho thấy (Phụ lục 28.1 – 28.2), hàm (2.28) có r^2 cao nhất (98,4%), thấp nhất là hàm (2.26) (97,8%).

Hàm (2.28) nhận những giá trị S_e , MAE, MAPE và SSR thấp nhất (tương ứng 9,2; 6,4; 8,3 và 1.436,2), cao nhất là hàm 2.26 (tương ứng 10,5; 7,2; 8,9 và 1.971,1). Những phân tích thống kê (Phụ lục 28.3 – 28.6) cũng nhận thấy, so với hàm (2.26) và hàm (2.27), hàm (2.28) là hàm phù hợp (SSR_{\min}) để xây dựng hàm dự đoán $B_T = f(M)$ và $B_{CL} = f(M)$. Theo đó, các hàm ước lượng $B_i = f(M)$ (tương ứng $50 < M < 300 \text{ m}^3/\text{ha}$) đối với Rkx có dạng như hàm (3.50) – (3.52) (Bảng 3.34 – 3.35; Hình 3.17).

Bảng 3.34. Những hàm ước lượng sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rkx.

| Hàm | Hàm B_i (tấn/ha) = $f(M)$: |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.28 | $B_{T_0} = M^2 / (9,55951 + 1,00007 * M + 0,00109 * M^2)$ (3.50) |
| 2.28 | $B_T = M^2 / (9,67883 + 1,301610 * M + 0,00142 * M^2)$ (3.51) |
| 2.28 | $B_{CL} = M^2 / (32,4375 + 4,08979 * M + 0,00492 * M^2)$ (3.52) |

Bảng 3.35. Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo M của Rkx.

| Hàm | r^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|----------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.28 | 98,4 | 9,2 | 6,4 | 8,3 | 1.436,2 (3.50) |
| 2.28 | 98,6 | 6,5 | 4,5 | 7,6 | 730,0 (3.51) |
| 2.28 | 98,2 | 2,2 | 1,5 | 7,5 | 91,7 (3.52) |

3.2.4. Xây dựng các hàm sinh khối trên mặt đất từ số liệu điều tra Rtr

3.2.4.1. Hàm ước lượng sinh khối dựa theo thể tích thân cây

(1) Hàm thể tích thân cây

Để ước lượng sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ từ số liệu điều tra Rtr, trước hết xây dựng hàm $V = f(D, H)$. Những phân tích thống kê cho thấy, hàm ước lượng $H = f(D)$ có dạng như hàm (3.53) (Hình 3.18a). Hàm $V = f(D, H)$ có dạng như hàm (3.54) (Hình 3.18b).

$$H = 1,58532 * D^{0,716512} \quad (3.53)$$

$$r^2 = 94,7\%; \text{Se} = 1,3; \text{MAE} = 1,1; \text{MAPE} = 9,7\%; P < 0,001.$$

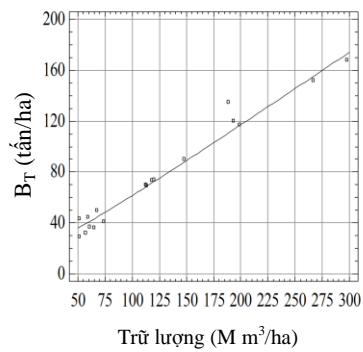
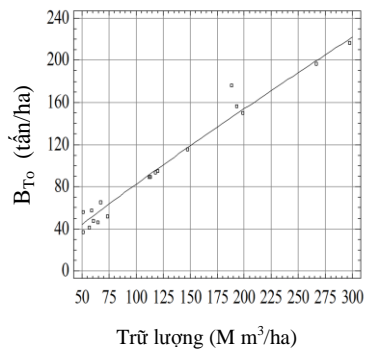
$$V = 0,000035 * D^{1,99997} * H^{1,00003} \quad (3.54)$$

$$R^2 = 99,9\%; \text{Se} = 0,00003; \text{MAE} = 00002; \text{MAPE} = 0,02\%; P < 0,001.$$

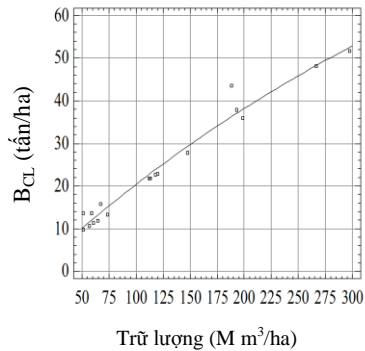
Khi ứng dụng hai hàm (3.53) và (3.54) để dự đoán tương ứng H và V đối với những cây gỗ thuộc Rtr, thì biên độ D thay đổi từ 8 đến 48 cm. Từ đồ thị ở Hình 3.19 cho thấy, V_T gia tăng cùng với sự gia tăng D và H thân cây.

$$B_{T_0} = M^2 / (9,55951 + 1,00007 * M + 0,001091 * M^2)$$

$$B_T = M^2 / (9,67883 + 1,301610 * M + 0,001420 * M^2)$$



$$B_{CL} = M^2 / (32,4375 + 4,08979 * M + 0,00492 * M^2)$$



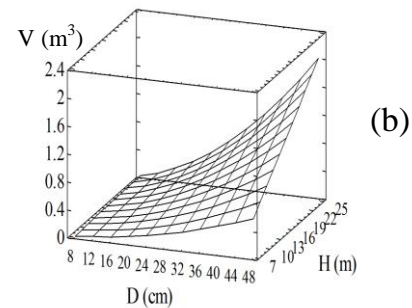
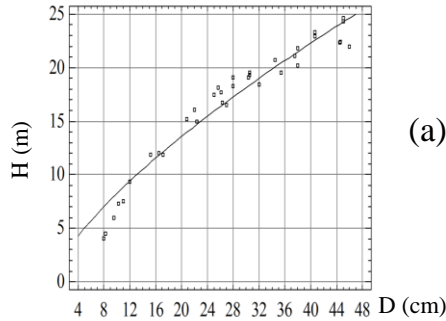
Hình 3.17. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa sinh khối trên mặt đất với trữ lượng gỗ của Rkx.

(2) Các hàm ước lượng $B_i = f(V)$

Các hàm ước lượng $B_i = f(V)$ đối với những cây gỗ thuộc Rtr đã được kiểm định theo 2 hàm (2.15) và (2.16). Kết quả phân tích thống kê (Phụ lục 29) cho thấy, hàm (2.15) là hàm phù hợp (SSR_{\min}) để xây dựng các hàm ước lượng $B_i = f(V)$ (Bảng 3.36 – 3.37; Hình 3.19).

$$H = 1,58532 * D^{0,716512}$$

$$V = 0,000035 * D^{1,99997} * H^{1,00003}$$



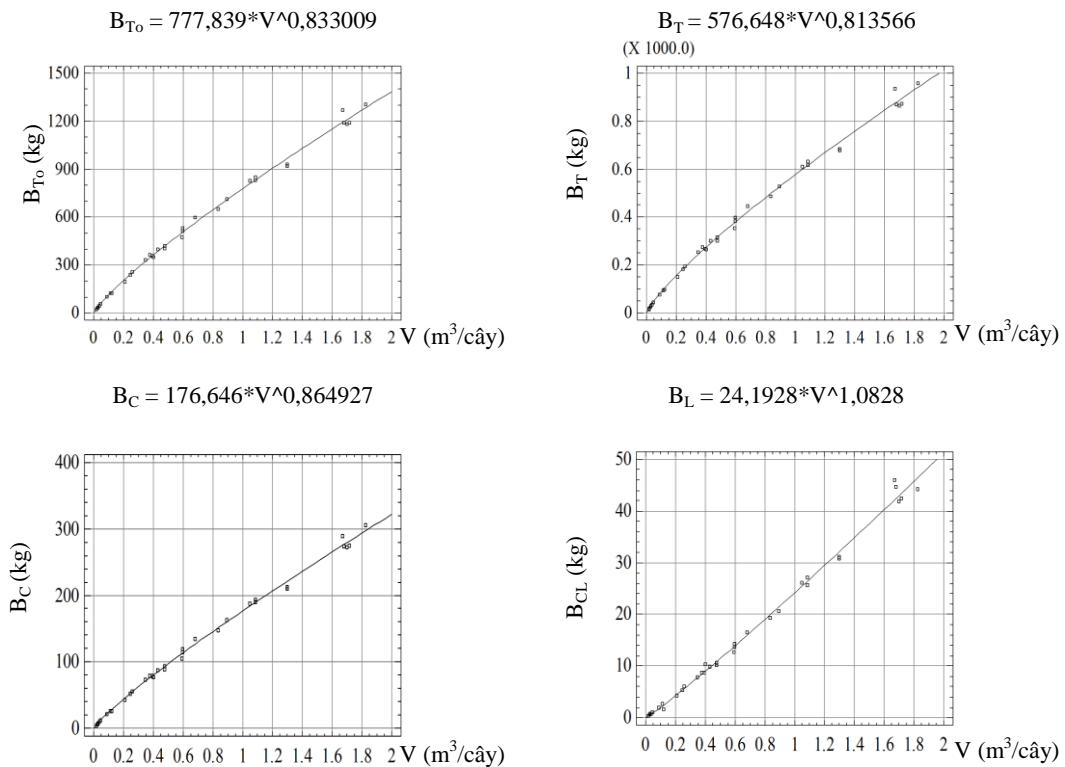
Hình 3.18. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ $H = f(D)$ và $V = f(D, H)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

Bảng 3.36. Những hàm ước lượng $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Thành phần | Hàm B_i (tấn/m ³) = f(V): | |
|------------|---|--------|
| (1) | (2) | |
| Tổng số | $B_{T0} = 777,839 * V^{0,83301}$ | (3.55) |
| Thân | $B_T = 576,648 * V^{0,81357}$ | (3.56) |
| Cành | $B_C = 176,646 * V^{0,86493}$ | (3.57) |
| Lá | $B_L = 24,1928 * V^{1,08280}$ | (3.58) |
| Cành và lá | $B_{CL} = 201,023 * V^{0,89003}$ | (3.59) |

Bảng 3.37. Kiểm định những hàm ước lượng $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Thành phần | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------------|-------|----------|------|------|----------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| Tổng số | 99,68 | 22,9 | 15,5 | 4,8 | 17.289,6 | (3.55) |
| Thân | 99,66 | 17,3 | 11,9 | 5,3 | 9.926,6 | (3.56) |
| Cành | 99,72 | 5,0 | 3,6 | 5,3 | 825,2 | (3.57) |
| Lá | 99,49 | 1,1 | 0,9 | 9,2 | 37,2 | (3.58) |
| Cành và lá | 99,74 | 5,5 | 3,7 | 4,1 | 1036,7 | (3.59) |



Hình 3.19. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa sinh khối với thể tích thân cây gỗ thuộc Rtr.

3.2.4.2. Xây dựng các hệ số điều chỉnh sinh khối đối với cây gỗ

(1) Hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr

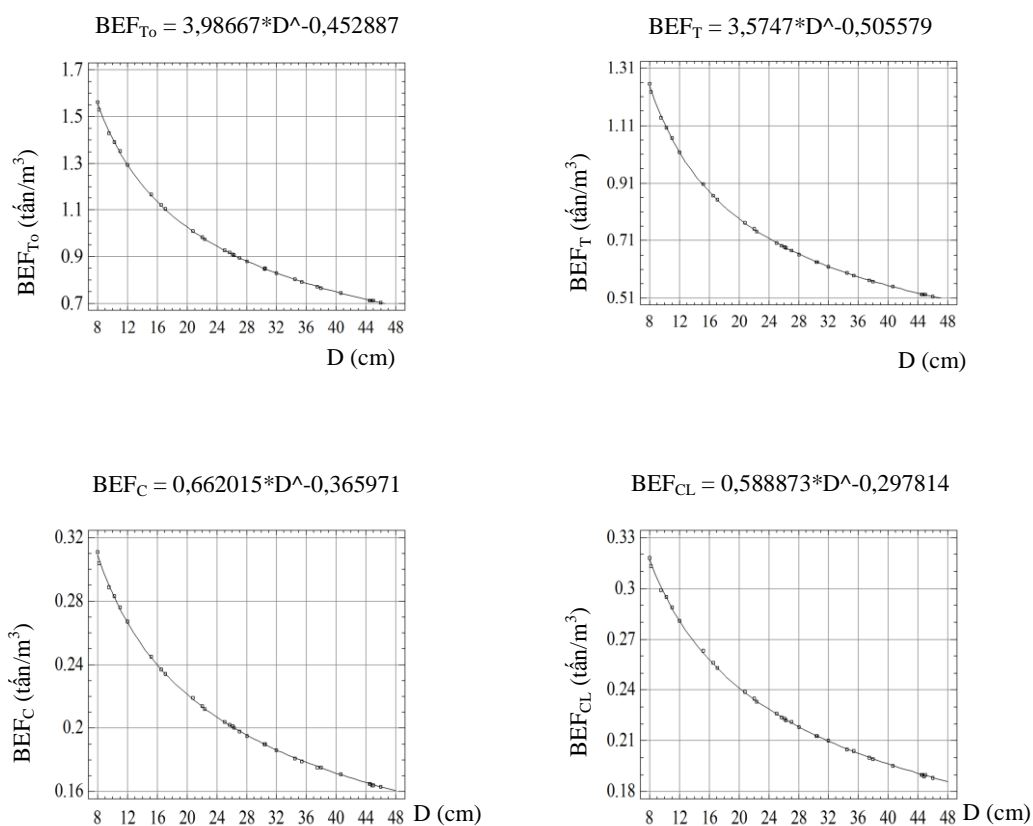
Kết quả phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 30) cho thấy, các hệ số BEF_i có mối quan hệ rất chặt chẽ với D dưới dạng hàm (2.20) ($r^2 = 99,97\% - 99,98\%$). Các hàm $BEF_i = f(D)$ đều nhận giá trị $MAPE < 0,5\%$. Vì thế, hàm (2.20) đã được chọn để xây dựng hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ ($8 \text{ cm} \leq D \leq 48 \text{ cm}$) đối với những cây gỗ thuộc Rtr (Bảng 3.38 – 3.39; Hình 3.20). Bằng cách thay thế D (cm) ($8 \leq D \leq 48 \text{ cm}$) vào các hàm (3.60) – (3.63) ở Bảng 3.38, có thể xác định được các BEF_i ($i =$ tổng số, thân, cành, lá, cành và lá) đối với cây gỗ ở Rtr (Bảng 3.40). Từ đó cho thấy, BEF_i của những thành phần cây gỗ ở Rtr đều giảm dần từ cấp $D = 8$ cm đến cấp $D = 48$ cm; trong đó BEF_i ở cấp $D < 28$ cm giảm nhanh hơn so với cấp $D = 28 - 48$ cm. Nói chung, các hệ số BEF_{T_0} , BEF_T , BEF_C và BEF_{CL} bình quân của các cây gỗ ở cấp $D = 8 - 48$ cm tương ứng là 0,965; 0,737; 0,209 và 0,230 (tấn/m³).

Bảng 3.38. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Thành phần | Hàm BEF_i (tán/m ³) = f(D): | |
|------------|---|--------|
| (1) | (2) | |
| Tổng số | $BEF_{T_0} = 3,98667 * D^{-0,452887}$ | (3.60) |
| Thân | $BEF_T = 3,5747 * D^{-0,505579}$ | (3.61) |
| Cành | $BEF_C = 0,662015 * D^{-0,365971}$ | (3.62) |
| Cành và lá | $BEF_{CL} = 0,588873 * D^{-0,297814}$ | (3.63) |

Bảng 3.39. Kiểm định sai lệch của hàm $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Thành phần | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------------|-------|----------|--------|------|---------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| Tổng số | 99,98 | 0,003 | 0,002 | 0,18 | 0,0003 | (3.60) |
| Thân | 99,98 | 0,002 | 0,001 | 0,19 | 0,0002 | (3.61) |
| Cành | 99,97 | 0,0007 | 0,0005 | 0,22 | 0,00002 | (3.62) |
| Cành và lá | 99,97 | 0,0007 | 0,0004 | 0,18 | 0,00001 | (3.63) |



Hình 3.20. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa BEF_i với D của cây gỗ thuộc Rtr.

Bảng 3.40. Dự đoán những hệ số BEF_i dựa theo D đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Cấp D (cm) | V (m ³ /cây) | Giá trị BEF_i (tấn/m ³): | | | |
|------------|-------------------------|--|-------|-------|-----------|
| | | Tổng số | Thân | Cành | Cành + lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 8 | 0,0158 | 1,555 | 1,249 | 0,309 | 0,317 |
| 12 | 0,0474 | 1,294 | 1,018 | 0,267 | 0,281 |
| 16 | 0,1036 | 1,136 | 0,880 | 0,240 | 0,258 |
| 20 | 0,1899 | 1,027 | 0,786 | 0,221 | 0,241 |
| 24 | 0,3116 | 0,945 | 0,717 | 0,207 | 0,229 |
| 28 | 0,4736 | 0,881 | 0,663 | 0,196 | 0,218 |
| 32 | 0,6807 | 0,830 | 0,620 | 0,186 | 0,210 |
| 36 | 0,9373 | 0,787 | 0,584 | 0,178 | 0,203 |
| 40 | 1,2479 | 0,750 | 0,554 | 0,172 | 0,196 |
| 44 | 1,6167 | 0,718 | 0,528 | 0,166 | 0,191 |
| 48 | 2,0478 | 0,691 | 0,505 | 0,161 | 0,186 |
| Trung bình | | 0,965 | 0,737 | 0,209 | 0,230 |

(2) Hàm ước lượng $BEF = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr

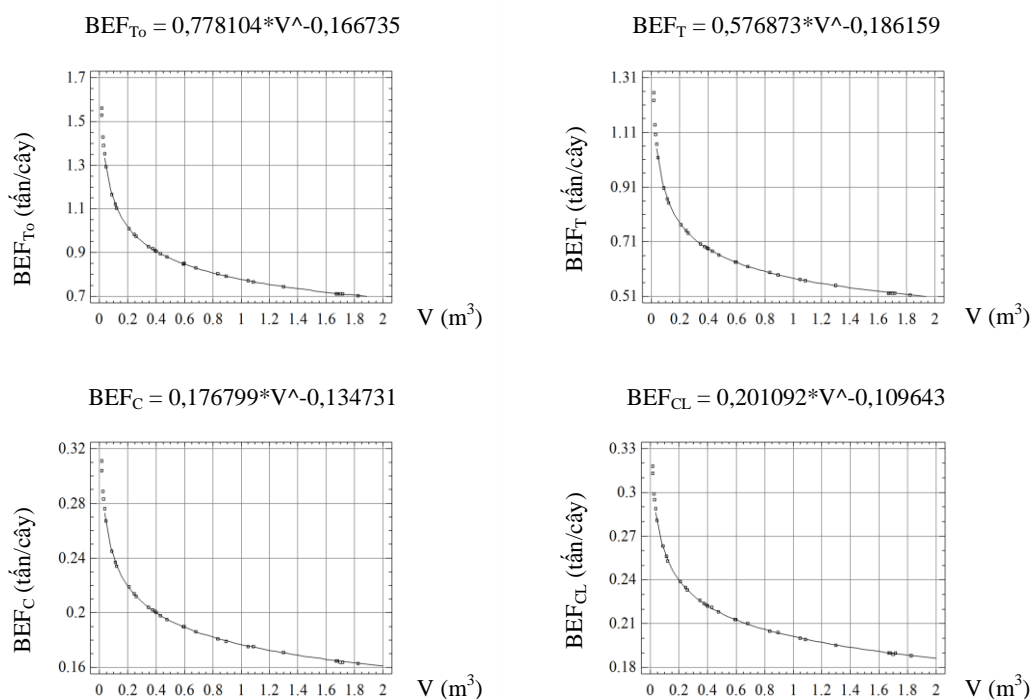
Từ những phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 31) cho thấy, các hệ số BEF_i có mối quan hệ rất chặt chẽ với V theo hàm (2.20) ($r^2 = 99,97\% - 99,99\%$). Các hàm $BEF_i = f(V)$ đều có MAPE < 0,5%. Vì thế, hàm (2.20) đã được chọn để xây dựng hàm ước lượng $BEF_i = f(V)$ đối với những cây gỗ ở Rtr (Bảng 3.41 – 3.42; Hình 3.21).

Bảng 3.41. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Thành phần | Hàm BEF_i (tấn/m ³) = f(V): | |
|------------|---|--------|
| (1) | (2) | |
| Tổng số | $BEF_{To} = 0,778104 * V^{-0,166735}$ | (3.64) |
| Thân | $BEF_T = 0,576873 * V^{-0,186159}$ | (3.65) |
| Cành | $BEF_C = 0,176799 * V^{-0,134731}$ | (3.66) |
| Cành và lá | $BEF_{CL} = 0,201092 * V^{-0,109643}$ | (3.67) |

Bảng 3.42. Kiểm định sai lệch của hàm $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Thành phần | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------------|-------|----------|-------|------|---------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| Tổng số | 99,98 | 0,002 | 0,001 | 0,15 | 0,00023 | (3.64) |
| Thân | 99,99 | 0,002 | 0,001 | 0,16 | 0,00015 | (3.65) |
| Cành | 99,97 | 0,007 | 0,005 | 0,20 | 0,00014 | (3.66) |
| Cành và lá | 99,97 | 0,006 | 0,004 | 0,17 | 0,00001 | (3.67) |



Hình 3.21. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của BEF_i theo V đối với cây gỗ thuộc Rtr.

Bằng cách thay thế V (m^3) (tương ứng với $8 \leq D \leq 48$ cm) vào các hàm (3.64) – (3.67) ở Bảng 3.41, có thể xác định được các BEF_i (i = tổng số, thân, cành, lá, cành và lá) đối với cây gỗ thuộc Rtr (Bảng 3.43). Từ đó cho thấy, các hệ số BEF_i đều giảm dần theo sự gia tăng V ; trong đó BEF_i giảm nhanh ở cấp $V < 0,473$ m^3 (tương ứng $D < 28$ cm), giảm chậm ở cấp $V = 0,473 - 2,048$ m^3 (tương ứng $D = 28 - 48$ cm). Nói chung, các hệ số BEF_{T0} , BEF_T , BEF_C và BEF_{CL} bình quân đối với

cây gỗ ở cấp $V = 0,016 \text{ m}^3 - 2,048 \text{ m}^3$ (tương ứng $8 \text{ cm} < D < 48 \text{ cm}$) tương ứng là 0,965; 0,737; 0,209 và 0,230 (tấn/m³).

Bảng 3.43. Dự đoán những hệ số BEF_i dựa theo thể tích thân cây gỗ thuộc Rtr.

| Cấp D (cm) | V (m ³) | Hệ số BEF của các thành phần (tấn/m ³): | | | |
|------------|---------------------|---|-------|-------|------------|
| | | Tổng số | Thân | Cành | Cành và lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 8 | 0,0158 | 1,554 | 1,249 | 0,309 | 0,317 |
| 12 | 0,0474 | 1,294 | 1,018 | 0,267 | 0,281 |
| 16 | 0,1036 | 1,136 | 0,88 | 0,24 | 0,258 |
| 20 | 0,1899 | 1,026 | 0,786 | 0,221 | 0,241 |
| 24 | 0,3116 | 0,945 | 0,717 | 0,207 | 0,229 |
| 28 | 0,4736 | 0,881 | 0,663 | 0,196 | 0,218 |
| 32 | 0,6807 | 0,83 | 0,620 | 0,186 | 0,21 |
| 36 | 0,9373 | 0,787 | 0,584 | 0,178 | 0,203 |
| 40 | 1,2479 | 0,75 | 0,554 | 0,172 | 0,196 |
| 44 | 1,6167 | 0,718 | 0,528 | 0,166 | 0,191 |
| 48 | 2,0478 | 0,69 | 0,505 | 0,161 | 0,186 |
| Trung bình | | 0,965 | 0,737 | 0,209 | 0,230 |

(3) Hàm ước lượng tỷ lệ sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rtr

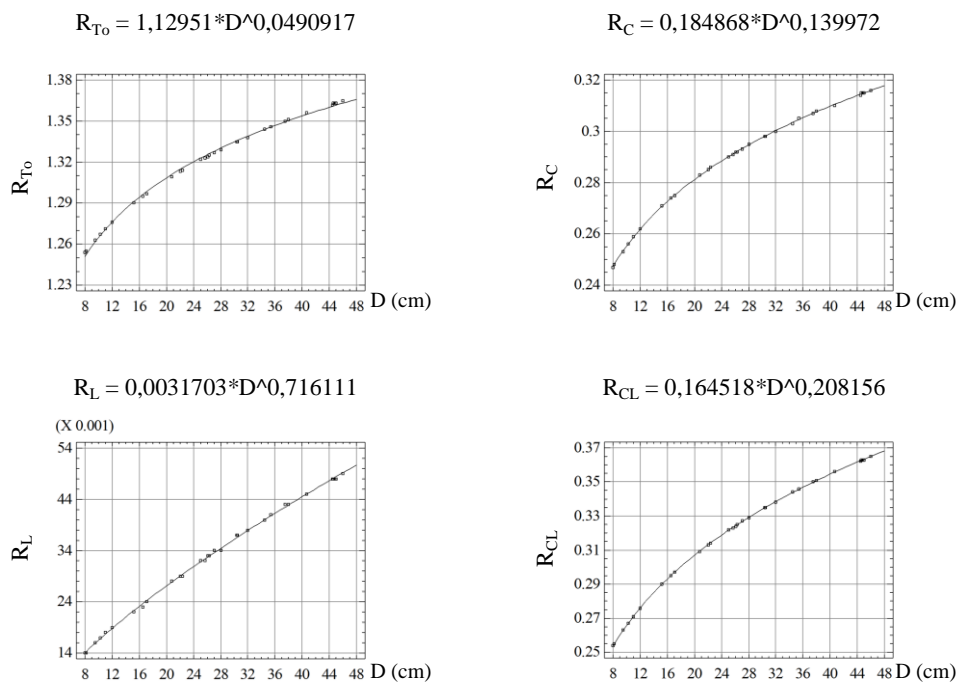
Kết quả phân tích hồi quy và tương quan cho thấy, hàm (2.25) là hàm phù hợp để xây dựng các hàm $R_{T_0} = f(D)$, $R_C = f(D)$, $R_L = f(D)$ và $R_{CL} = f(D)$ (Bảng 3.44 - 3.45; Hình 3.22).

Bảng 3.44. Những hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Hàm | Thành phần | Hàm $R_i = f(D)$: | |
|------|------------|-------------------------------------|--------|
| (1) | (2) | (3) | |
| 2.25 | Tổng số | $R_{T_0} = 1,12951 * D^{0,0490917}$ | (3.68) |
| 2.25 | Cành | $R_C = 0,184868 * D^{0,139972}$ | (3.69) |
| 2.25 | Lá | $R_L = 0,00317027 * D^{0,716111}$ | (3.70) |
| 2.25 | Cành và lá | $R_{CL} = 0,164518 * D^{0,208156}$ | (3.71) |

Bảng 3.45. Kiểm định sai lệch của những hàm $R_i = f(D)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Thành phần | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------------|-------|----------|--------|------|----------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| Tổng số | 99,83 | 0,0014 | 0,0011 | 0,10 | 0,000060 | (3.68) |
| Cành | 99,98 | 0,0003 | 0,0003 | 0,09 | 0,000003 | (3.69) |
| Lá | 99,93 | 0,0003 | 0,0002 | 0,80 | 0,000003 | (3.70) |
| Cành và lá | 99,99 | 0,0003 | 0,0002 | 0,07 | 0,000002 | (3.71) |



Hình 3.22. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa R_i với D cây gỗ thuộc Rtr.

Bằng cách thay thế D (cm) ($8 \text{ cm} < D < 48 \text{ cm}$) vào bốn hàm (3.68) – (3.71), có thể xác định được R_i đối với những cây gỗ thuộc Rtr (Bảng 3.46).

Bảng 3.46. Tỷ lệ các thành phần sinh khối theo cấp D đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Cấp D (cm) | Tỷ lệ sinh khối của các thành phần: | | | |
|------------|-------------------------------------|-------|-------|-----------|
| | Tổng số | Cành | Lá | Cành + Lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 8 | 1,251 | 0,247 | 0,014 | 0,254 |
| 12 | 1,276 | 0,262 | 0,019 | 0,276 |
| 16 | 1,294 | 0,273 | 0,023 | 0,293 |
| 20 | 1,308 | 0,281 | 0,027 | 0,307 |
| 24 | 1,320 | 0,288 | 0,031 | 0,319 |
| 28 | 1,330 | 0,295 | 0,034 | 0,329 |
| 32 | 1,339 | 0,300 | 0,038 | 0,338 |
| 36 | 1,347 | 0,305 | 0,041 | 0,347 |
| 40 | 1,354 | 0,310 | 0,044 | 0,355 |
| 44 | 1,360 | 0,314 | 0,048 | 0,362 |
| 48 | 1,366 | 0,318 | 0,051 | 0,368 |
| Trung bình | 1,322 | 0,290 | 0,034 | 0,322 |

Phân tích số liệu ở Bảng 3.46 cho thấy, giá trị R_{T_0} tăng dần từ 1,251 (125,1%) ở cấp D = 8 cm đến 1,366 (136,6%) ở cấp D = 48 cm; trung bình là 1,322 (132,2%). Giá trị R_C tăng dần từ 0,247 (24,7%) ở cấp D = 8 cm đến 0,318 (31,8%) ở cấp D = 48 cm; trung bình là 0,290 (29,0%). Giá trị R_L tăng dần từ 0,014 (1,4%) ở cấp D = 8 cm đến 0,051 (5,1%) ở cấp D = 48 cm; trung bình là 0,033 (3,3%). Tương tự, giá trị R_{CL} gia tăng dần từ 0,254 (25,4%) ở cấp D = 8 cm đến 0,368 (36,8%) ở cấp D = 48 cm; trung bình là 0,322 (32,2%). Nói chung, R_{T_0} và R_{CL} đều gia tăng dần từ cấp D = 8 đến cấp D = 48 cm. Tốc độ gia tăng R_{T_0} và R_{CL} ở những cấp D = 8 – 28 cm nhanh hơn so với những cấp D = 28 – 48 cm. So với sinh khối thân (100%), giá trị trung bình của R_{T_0} , R_C , R_L và R_{CL} từ cấp D = 8 – 48 cm tương ứng là 132,2%, 29,0%, 3,4% và 32,2%.

3.2.4.3. Xây dựng các hàm sinh khối đối với quần thụ

Để xây dựng các hàm ước lượng $B_i = f(G)$ và $B_i = f(M)$ đối với các quần thụ thuộc Rtr, hai biến dự đoán G và M đã được thu thập từ những ô mẫu đại diện cho những quần thụ thuộc 3 trạng thái rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ theo phân loại của Loeschau (1966). Ba đại lượng B_{T_0} , B_T và B_{CL} đã được ước lượng từ những hàm $B_i = f(D)$ phù hợp nhất. Các hàm sinh khối này đã được kiểm định ở mục 3.4.1. Kết quả phân tích tương quan cho thấy, giữa ba đại lượng B_{T_0} , B_T và B_{CL} tồn tại mối quan hệ rất chặt chẽ với hai biến G và M ($r = 0,990$ đến $0,999$). Do đó, sinh khối trên mặt đất đối với Rtr có thể được ước lượng dựa theo hai biến G và M.

(1) Hàm ước lượng sinh khối dựa theo tiết diện ngang của quần thụ

Các hàm ước lượng $B_i = f(G)$ đã được kiểm định theo 3 hàm (2.26), (2.27) và (2.28) (Phụ lục 32). Phân tích mối quan hệ giữa B_{T_0} với G cho thấy (Phụ lục 32.1 – 32.2), hàm (2.28) có r^2 cao nhất (99,9%), thấp nhất là hàm (2.26) (99,8%). Hàm (2.28) nhận những giá trị Se, MAE, MAPE và SSR thấp nhất (trương ứng 1,2; 0,8; 1,2 và 18,3), cao nhất là hàm (2.26) (trương ứng 1,7; 1,1; 1,4 và 41,4). Vì thế, hàm (2.28) được sử dụng để xây dựng hàm ước lượng $B_{T_0} = f(G)$ (trương ứng $5 \text{ m}^2 < G < 23 \text{ m}^2$). Theo đó, hàm ước lượng $B_{T_0} = f(G)$ phù hợp có dạng như hàm (3.72) (Bảng 3.47 – 3.48; Hình 3.23a). Những phân tích thống kê (Phụ lục 32.3 – 32.6) cũng nhận thấy, hàm ước lượng $B_T = f(G)$ và $B_{CL} = f(G)$ tương ứng có dạng như hàm (3.73) và (3.74) (Bảng 3.47 – 3.48; Hình 3.23b,c).

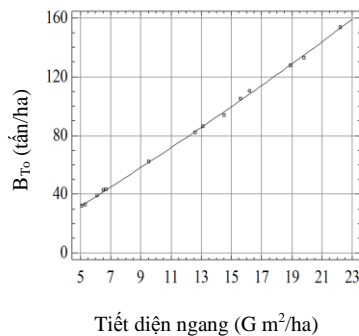
Bảng 3.47. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo G của Rtr.

| Hàm | Hàm B_i (tấn/ha) = $f(G)$: |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.28 | $B_{T_0} = G^2 / (-0,015164 + 0,163613 * G - 0,000802 * G^2)$ (3.72) |
| 2.27 | $B_T = G^2 / (-0,015068 + 0,213354 * G - 0,000842 * G^2)$ (3.73) |
| 2.28 | $B_{CL} = G^2 / (-0,067551 + 0,691491 * G - 0,005003 * G^2)$ (3.74) |

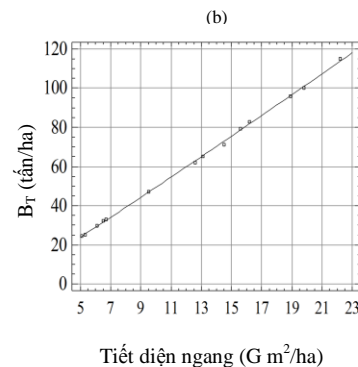
Bảng 3.48. Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo G của Rtr.

| Hàm | r^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR | |
|------|-------|-------|-----|------|------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.28 | 99,9 | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 18,3 | (3.72) |
| 2.28 | 99,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 6,6 | (3.73) |
| 2.28 | 99,8 | 0,5 | 0,3 | 1,9 | 3,0 | (3.74) |

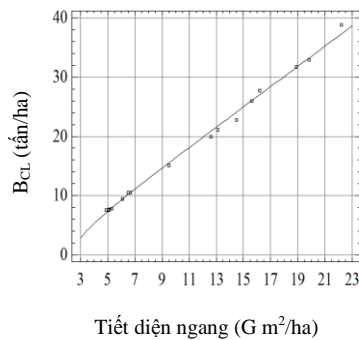
(a) $B_{T_0} = G^2/(-0,015164 + 0,163613 \cdot G - 0,000802 \cdot G^2)$



(b) $B_T = G^2/(-0,015068 + 0,213354 \cdot G - 0,000842 \cdot G^2)$



(c) $B_{CL} = G^2/(-0,067551 + 0,691491 \cdot G - 0,005003 \cdot G^2)$



Hình 3.23. Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa sinh khối trên mặt đất với tiết diện ngang của Rtr.

(2) Hàm ước lượng sinh khối dựa theo trữ lượng gỗ của quần thụ

Các hàm ước lượng $B_i = f(M)$ đã được kiểm định theo 3 hàm (2.26), (2.27) và (2.28) (Phụ lục 33). Phân tích mối quan hệ giữa B_{T_0} với M cho thấy (Phụ lục 33.1 – 33.2), hàm (2.28) có r^2 cao nhất (98,4%), thấp nhất là hàm (2.26) (98,2%). Hàm (2.28) nhận những giá trị S_e , MAE, MAPE và SSR thấp nhất (tương ứng 5,5; 4,0; 9,8 và 403,8), cao nhất là hàm 2.26 (tương ứng 5,7; 4,3; 9,8 và 459,8). Vì thế, hàm (2.28) được sử dụng để xây dựng hàm ước lượng $B_{T_0} = f(M)$ (tương ứng 30

$m^3 < M < 180 m^3$). Theo đó, hàm $B_{T_0} = f(M)$ phù hợp có dạng như hàm (3.75) (Bảng 3.49 – 3.50; Hình 3.24a). Những phân tích thống kê (Phụ lục 33.3 – 33.6) cũng nhận thấy, hai hàm phù hợp để ước lượng tương ứng $B_T = f(M)$ và $B_{CL} = f(M)$ có dạng như hàm (3.76) và (3.77) (Bảng 3.49 – 3.50; Hình 3.24b,c).

Bảng 3.49. Những hàm ước lượng sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rtr.

| Hàm | Hàm B_i (tấn/ha) = $f(M)$: |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.28 | $B_{T_0} = M^2 / (14,6290 + 0,793641 * M + 0,001549 * M^2)$ (3.75) |
| 2.28 | $B_T = M^2 / (19,55760 + 1,02961 * M + 0,002252 * M^2)$ (3.76) |
| 2.28 | $B_{CL} = M^2 / (60,6301 + 3,38047 * M + 0,004798 * M^2)$ (3.77) |

Bảng 3.50. Kiểm định những hàm ước lượng sinh khối dựa theo M của Rtr.

| Hàm | r^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|--------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.28 | 98,4 | 5,5 | 4,0 | 9,8 | 403,8 (3.75) |
| 2.28 | 98,4 | 4,1 | 3,0 | 9,7 | 230,6 (3.76) |
| 2.28 | 98,5 | 1,3 | 0,9 | 10,1 | 25,0 (3.77) |

3.2.5. So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ

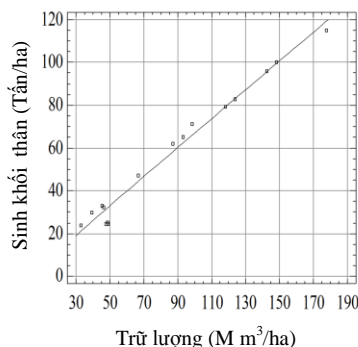
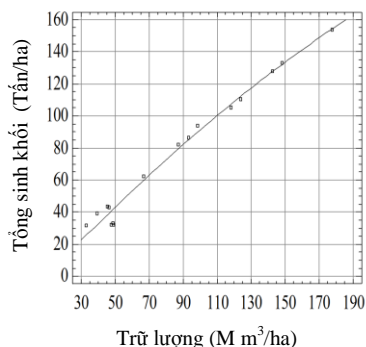
3.2.5.1. Sai lệch giữa các hàm sinh khối cây gỗ với 2 biến dự đoán D và H

So sánh những hàm ước lượng $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$ cho thấy (Bảng 3.51 và 3.52), đối với Rkx, hàm $B_{T_0} = f(D)$ có SSR (7.384,1) nhỏ hơn so với hàm $B_{T_0} = f(D, H)$ (9.508,4). Trái lại, so với biến dự đoán D, sử dụng hai biến D và H để ước lượng B_T , B_C , B_L và B_{CL} lại nhận được SSR nhỏ hơn. Đối với Rtr, các hàm $B_i = f(D)$ có SSR lớn hơn khoảng 7% so với những hàm $B_i = f(D, H)$. So sánh giữa hai dạng hàm này (Bảng 3.51 và 3.52) cho thấy, B_i trung bình nhận được từ các hàm $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$ ở cả Rkx và Rtr đều không có những sai lệch rõ rệt ($P > 0,900$) so với B_i của những cây không tham gia xây dựng hàm sinh khối. So sánh

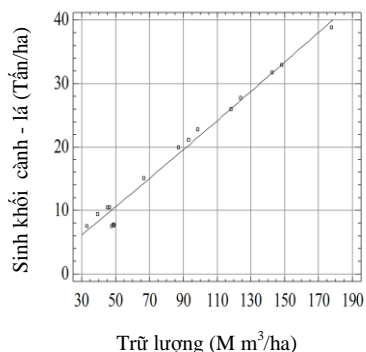
MAPE cho thấy, mặc dù các hàm $B_i = f(D)$ ở Rkx và Rtr đều có MAPE lớn hơn so với các hàm $B_i = f(D, H)$, nhưng mức độ sai khác nhỏ hơn 2%. Nói chung, so với sinh khối thực tế, các hàm $B_i = f(D)$ và hàm $B_i = f(D, H)$ đều nhận giá trị MAPE < 10%.

(a) $B_{To} = M^2/(14,6290 + 0,793641*M + 0,001549*M^2)$

(b) $B_T = M^2/(19,55760 + 1,02961*M + 0,002252*M^2)$



(c) $B_{CL} = M^2/(60,6301 + 3,38047*M + 0,004798*M^2)$



Hình 3.24. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa sinh khối trên mặt đất với trữ lượng của Rtr.

Bảng 3.51. So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rkx.

| TT | Sai lệch | Hàm | Các thành phần sinh khối: | | | | |
|-----|----------|--------------|---------------------------|---------|-------|-------|---------|
| | | | Tổng số | Thân | Cành | Lá | Cành+Lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| 1 | SSR | $B = f(D)$ | 7.384,1 | 7.409,7 | 952,9 | 20,3 | 913,6 |
| 2 | | $B = f(D,H)$ | 9.508,4 | 6.522,2 | 703,8 | 20,6 | 679,4 |
| 3 | ANOVA | $B = f(D)$ | 0,956 | 0,940 | 0,946 | 0,955 | 0,960 |
| 4 | | $B = f(D,H)$ | 0,968 | 0,955 | 0,961 | 0,988 | 0,972 |
| 5 | MAPE | $B = f(D)$ | 5,4 | 4,3 | 7,4 | 7,6 | 6,7 |
| 6 | | $B = f(D,H)$ | 3,0 | 4,0 | 7,2 | 5,9 | 10,0 |

Bảng 3.52. So sánh sai lệch giữa các hàm sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| TT | Sai lệch | Hàm | Những thành phần sinh khối: | | | | |
|-----|----------|--------------|-----------------------------|----------|-------|-------|---------|
| | | | Tổng số | Thân | Cành | Lá | Cành+Lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| 1 | SSR | $B = f(D)$ | 17.690,2 | 10.144,2 | 841,7 | 38,5 | 1.064,4 |
| 2 | | $B = f(D,H)$ | 16.644,3 | 9493,9 | 797,0 | 34,3 | 982,8 |
| 3 | ANOVA | $B = f(D)$ | 0,986 | 0,996 | 0,955 | 0,960 | 0,943 |
| 4 | | $B = f(D,H)$ | 0,983 | 0,993 | 0,954 | 0,944 | 0,944 |
| 5 | MAPE | $B = f(D)$ | 5,6 | 7,8 | 3,8 | 10,4 | 7,5 |
| 6 | | $B = f(D,H)$ | 5,0 | 4,9 | 3,9 | 7,6 | 7,5 |

Sở dĩ các hàm $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$ có sai lệch so với sinh khối thực tế là vì: (a) Các hàm sinh khối được xây dựng từ sinh khối trung bình của những cây mẫu thuộc những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế, còn sinh khối của những cây kiểm tra là những loài nhất định; (b) Sai số đo đạc D và H; (c) Sai số cân đo trọng lượng của các thành phần cây mẫu; (d) Sai số của hàm hồi quy. Trong lâm nghiệp, sai số thống kê tài nguyên rừng thường cho phép dưới 10%. Theo đó, những hàm $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$ đều có thể được ứng dụng để xác định sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ ở Rkx và Rtr. Tuy vậy, do không phải xác định H cây gỗ, nên các hàm $B_i = f(D)$ có ưu điểm lớn hơn so với các hàm $B_i = f(D, H)$. Vì thế, các hàm $B_i = f(D)$ được đề xuất áp dụng để ước lượng sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ thuộc Rkx và Rtr ở khu vực nghiên cứu.

3.2.5.2. So sánh những phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ

Sinh khối cây gỗ thuộc Rkx và Rtr có thể được xác định theo 6 phương pháp khác nhau: $B_i = f(D)$; $B_i = f(D, H)$; $B_i = f(V)$; $B_i = BEF_{i(D)} * V_i$; $BEF_{i(V)} * V_i$ và $B_i = R_i * V_i$. Đối với Rkx, các hàm ước lượng $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$ tương ứng có dạng như hàm (3.8) – (3.12) và (3.13) – (3.17). Tương tự, các hàm (3.30) – (3.46) được chọn để ước lượng các thành phần sinh khối dựa theo V, BEF_i và R_i . Đối với Rtr, các hàm ước lượng $B_i = f(D)$ và $B_i = f(D, H)$ tương ứng có dạng như các hàm

(3.18) – (3.22) và (3.23) – (3.27). Tương tự, các hàm (3.55) – (3.71) được chọn để ước lượng các thành phần sinh khối dựa theo V, BEF_i và R_i. Bằng cách thay thế các biến dự đoán vào các hàm sinh khối kể trên, có thể xác định được B_{To}, B_T, B_C và B_{CL} đối với cây gỗ tương ứng với những cấp D khác nhau (Phụ lục 34 - 35).

Phân tích sai lệch giữa 6 phương pháp này (Bảng 3.53; Phụ lục 36 và 37) cho thấy, các thành phần B_{To}, B_T, B_C và B_{CL} được xác định theo 6 phương pháp này không có những khác biệt rõ rệt về mặt thống kê (P = 1,0). Điều đó chứng tỏ cả 6 phương pháp này đều có thể được sử dụng để xác định sinh khối trên mặt đất đối với các cây gỗ ở Rkx và Rtr.

Bảng 3.53. So sánh 6 phương pháp ước lượng B_i đối với cây gỗ ở Rkx và Rtr.

| TT | Sinh khối | Kiểu rừng: | | | |
|-----|------------|------------|-------|-------|-------|
| | | Rkx | | Rtr | |
| | | F | P | F | P |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | Tổng số | 0,004 | 1,000 | 0,000 | 1,000 |
| 2 | Thân | 0,007 | 1,000 | 0,000 | 1,000 |
| 3 | Cành | 0,023 | 1,000 | 0,000 | 1,000 |
| 4 | Cành và lá | 0,019 | 1,000 | 0,000 | 1,000 |

3.2.5.3. So sánh những phương pháp xác định sinh khối đối với quần thụ

Sinh khối quần thụ có thể được xác định bằng các hàm B_i = f(D) kết hợp với phân bố N/D (Phương pháp 1). Sinh khối quần thụ cũng có thể được xác định bằng các hàm B_i = f(G) và B_i = f(M) (Phương pháp 2). Để so sánh 2 phương pháp này, trước hết xác định phân bố N/D của 4 trạng thái rừng (IIB, IIIA₁, IIIA₂, IIIA₃) thuộc Rkx tương ứng theo 4 hàm (3.1) – (3.4) (Bảng 3.7 và 3.8) và 3 trạng thái rừng (IIB, IIIA₁, IIIA₂) thuộc Rtr tương ứng theo 3 hàm (3.5) – (3.7) (Bảng 3.18). Kế đến sử dụng các hàm (3.8) – (3.12) đối với Rkx và các hàm (3.18) – (3.22) đối với Rtr để ước lượng B_{To}, B_T và B_{CL} theo những cấp D khác nhau và cộng dồn để nhận được tổng sinh khối quần thụ trên 1 ha. Tiếp đến sử dụng các hàm B_i = f(G)

(hàm 3.47 – 3.49 đối với R_{kx} và hàm 3.72 – 3.74 đối với R_{tr}) để xác định tương ứng B_{To}, B_T và B_{CL} đối với 4 trạng thái rừng thuộc R_{kx} và 3 trạng thái rừng thuộc R_{tr}.

Phân tích sai lệch (%) giữa hai phương pháp xác định sinh khối đối với R_{kx} (Bảng 3.54) cho thấy, các thành phần sinh khối ở trạng thái rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ được xác định theo phương pháp 1 đều nhỏ hơn so với phương pháp 2; trong đó sai lệch ở trạng thái rừng IIB là 17,6% đến 21,7%, còn sai lệch ở trạng thái rừng IIIA₁ và IIIA₂ từ 1,2% đến 4,8%. Trái lại, đối với trạng thái rừng IIIA₃, sai lệch của phương pháp 1 lớn hơn từ 9,0% (B_T) đến 10,1% (B_{CL}) so với phương pháp 2. Đối với R_{tr} (Bảng 3.55), các thành phần sinh khối được xác định theo phương pháp 1 chỉ lớn hơn từ 0,3 – 2,5% so với phương pháp 2.

Bảng 3.54. So sánh hai phương pháp xác định sinh khối quần thụ thuộc R_{kx}.

| Trạng thái | Hàm sinh khối | Tổng số | Thân | Cành - lá |
|-------------------|----------------------|---------|-------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| IIB | (1) B = f(D) | 41,2 | 31,1 | 10,1 |
| | (2) B = f(G) | 49,7 | 37,9 | 11,9 |
| | Chênh lệch % (1)/(2) | -20,7 | -21,7 | -17,6 |
| IIIA ₁ | (1) B = f(D) | 46,5 | 35,5 | 10,9 |
| | (2) B = f(G) | 47,2 | 36,0 | 11,3 |
| | Chênh lệch % (1)/(2) | -1,6 | -1,2 | -3,1 |
| IIIA ₂ | (1) B = f(D) | 86,7 | 66,2 | 20,5 |
| | (2) B = f(G) | 89,9 | 68,4 | 21,5 |
| | Chênh lệch % (1)/(2) | -3,7 | -3,3 | -4,8 |
| IIIA ₃ | (1) B = f(D) | 173,5 | 131,8 | 41,7 |
| | (2) B = f(G) | 157,4 | 119,9 | 37,4 |
| | Chênh lệch % (1)/(2) | 9,3 | 9,0 | 10,1 |

Nói chung, các thành phần sinh khối ở R_{kx} và R_{tr} được xác định từ các hàm B_i = f(D) kết hợp với phân bố N/D có sai lệch không đáng kể so với các hàm B_i =

$f(G)$. Vì thế, hai phương pháp này có thể được ứng dụng để xác định sinh khối quần thụ thuộc Rkx và Rtr dựa theo số liệu điều tra rừng.

Bảng 3.55. So sánh hai phương pháp xác định sinh khối quần thụ thuộc Rtr.

| Trạng thái | Hàm sinh khối | Tổng số | Thân | Cành+lá |
|-------------------|----------------------|---------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| IIB | (1) $B = f(D)$ | 45,6 | 34,4 | 11,0 |
| | (2) $B = f(G)$ | 45,2 | 34,3 | 10,9 |
| | Chênh lệch % (1)/(2) | 0,8 | 0,7 | 1,2 |
| IIIA ₁ | (1) $B = f(D)$ | 39,2 | 29,7 | 9,5 |
| | (2) $B = f(G)$ | 38,6 | 29,3 | 9,3 |
| | Chênh lệch % (1)/(2) | 1,5 | 1,3 | 2,5 |
| IIIA ₂ | (1) $B = f(D)$ | 87,3 | 66,0 | 21,4 |
| | (2) $B = f(G)$ | 87,1 | 65,8 | 21,3 |
| | Chênh lệch % (1)/(2) | 0,3 | 0,3 | 0,4 |

3.3. Sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr

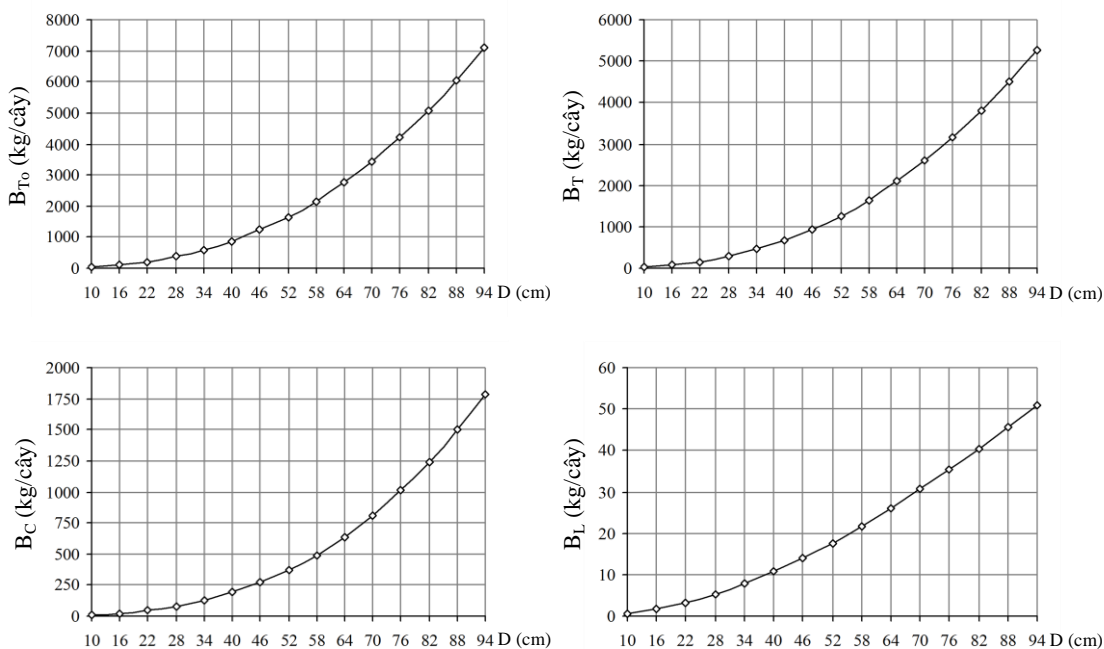
3.3.1. Sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx

3.3.1.1. Sự biến đổi sinh khối theo cấp D đối với Rkx

Bằng cách thay thế cấp D (cm) vào các hàm (3.8) – (3.12), có thể xác định được các thành phần sinh khối trên mặt đất đối với các cây gỗ thuộc Rkx (Bảng 3.56; Hình 3.25). Từ đó cho thấy, các thành phần sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ thuộc Rkx đều gia tăng dần theo cấp D; trong đó sinh khối của những cây gỗ thuộc cấp $D < 46$ cm gia tăng chậm hơn so với cấp $D > 46$ cm. Mặt khác, từ đường cong sinh khối theo cấp D cho thấy, sinh khối của những cây gỗ từ cấp $D > 88$ cm vẫn có khuynh hướng gia tăng nhanh theo dạng hàm lũy thừa. Hiện tượng đó xảy ra là vì những cây gỗ có $D < 46$ cm không chỉ bao gồm những loài cây gỗ có kích thước nhỏ và nhỏ, mà còn cả những cây non của những loài cây gỗ lớn. Trong thực tế, một số loài cây gỗ lớn (Sao đen, Cẩm, Cây) có thể đạt đến cấp $D > 100$ cm và cấp H > 30 m, nhưng chúng vẫn chưa bị chết đứng. Mặc dù sinh trưởng của những cây gỗ ở cấp kích thước lớn rất chậm, nhưng tăng trưởng sinh khối vẫn cao hơn so với những cây có kích thước nhỏ.

Bảng 3.56. Dự đoán sinh khối trên mặt đất dựa theo D đối với cây gỗ thuộc Rkx.

| Cấp D (cm) | Sinh khối (kg/cây): | | | | |
|------------|---------------------|--------|--------|------|------------|
| | Tổng số | Thân | Cành | Lá | Cành và lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 10 | 33,2 | 24,1 | 8,5 | 0,7 | 9,1 |
| 16 | 99,5 | 74,7 | 23,2 | 1,8 | 24,8 |
| 22 | 210,7 | 160,7 | 46,9 | 3,3 | 50,0 |
| 28 | 373,4 | 286,9 | 81,4 | 5,3 | 86,5 |
| 34 | 593,8 | 457,6 | 128,6 | 7,8 | 136,2 |
| 40 | 877,7 | 676,3 | 190,8 | 10,7 | 201,4 |
| 46 | 1230,7 | 946,4 | 270,2 | 14,0 | 284,3 |
| 52 | 1658,2 | 1270,8 | 369,5 | 17,7 | 387,4 |
| 58 | 2165,5 | 1652,3 | 491,2 | 21,8 | 513,2 |
| 64 | 2757,5 | 2093,4 | 637,7 | 26,1 | 664,0 |
| 70 | 3438,5 | 2596,7 | 811,1 | 30,7 | 841,8 |
| 76 | 4212,2 | 3164,3 | 1012,6 | 35,5 | 1047,9 |
| 82 | 5081,2 | 3798,5 | 1242,8 | 40,4 | 1282,7 |
| 88 | 6046,9 | 4501,3 | 1500,5 | 45,6 | 1545,6 |
| 94 | 7109,0 | 5274,8 | 1783,2 | 50,8 | 1834,2 |



Hình 3.25. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi sinh khối trên mặt đất theo cấp D đối với cây gỗ thuộc Rkx.

3.3.1.2. Sinh khối và dự trữ các bon trung bình đối với 1 ha Rkx

Sinh khối và dự trữ các bon trung bình đối với 1 ha Rkx (Bảng 3.57 - 3.58) đã được ước lượng bằng các hàm $B_i = f(G)$; trong đó G (m^2/ha) là tiết diện ngang trên các ô mẫu.

Bảng 3.57. Sinh khối trung bình trên mặt đất đối với 1 ha Rkx.

| Thành phần | Sinh khối theo trạng thái rừng (tấn/ha): | | | | Trung bình (tấn/ha) |
|------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Tổng số | 55,8 | 47,9 | 99,1 | 147,0 | 87,5 |
| (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Thân | 42,4 | 36,4 | 75,4 | 112,0 | 66,6 |
| (%) | 76,1 | 76,1 | 76,1 | 76,2 | 76,1 |
| Cành và lá | 13,3 | 11,4 | 23,7 | 35,0 | 20,9 |
| (%) | 23,9 | 23,9 | 23,9 | 23,8 | 23,9 |

Bảng 3.58. Dự trữ các bon trung bình trên mặt đất đối với 1 ha Rkx.

| Thành phần | Dự trữ các bon theo trạng thái rừng (tấn/ha): | | | | Trung bình (tấn/ha) |
|------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Tổng số | 26,2 | 22,5 | 46,6 | 69,1 | 41,1 |
| (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Thân | 19,9 | 17,1 | 35,5 | 52,6 | 31,3 |
| (%) | 76,1 | 76,1 | 76,1 | 76,2 | 76,1 |
| Cành và lá | 6,3 | 5,4 | 11,1 | 16,4 | 9,8 |
| (%) | 23,9 | 23,9 | 23,9 | 23,8 | 23,9 |

Phân tích số liệu ở Bảng 3.57 cho thấy, B_{T_0} thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (47,9 tấn/ha), cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₃ (147,0 tấn/ha); trung bình 4 trạng thái rừng là 87,5 tấn/ha. Hai thành phần B_T và B_{CL} thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁

(tương ứng 36,4 và 11,4 tấn/ha), cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₃ (tương ứng 112,0 và 35,0 tấn/ha). So với B_{To} trung bình trên 1 ha của 4 trạng thái rừng (87,0 tấn/ha hay 100%), B_T đóng góp 66,6 tấn/ha (76,0%), còn lại B_{CL} là 20,9 tấn/ha (24,0%). Tương tự, giá trị C_{To} trung bình trên 1 ha Rkx (Bảng 3.58) ở trạng thái rừng IIB, IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ tương ứng là 26,2; 22,5; 46,6 và 69,1 (tấn/ha).

3.3.1.3. Tổng sinh khối và dự trữ các bon đối với Rkx ở VQG Phước Bình

Phân tích B_{To} (tấn) và C_{To} (tấn) đối với Rkx (Bảng 3.59 - 3.60) ở VQG Phước Bình cho thấy, B_{To} là 243.714,2 tấn (100%); trong đó cao nhất ở trạng thái rừng IIB (136.654,2 tấn hay 56,1%), thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (5.175,0 tấn hay 4,5%).

Bảng 3.59. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với Rkx ở VQG Phước Bình.

| Thành phần | Sinh khối theo trạng thái rừng (tấn): | | | | Tổng số (tấn) |
|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Diện tích (ha) | 2.449,0 | 230,0 | 760,0 | 141,0 | 3.580,0 |
| Tổng số | 136.654,2 | 11.017,0 | 75.316,0 | 20.727,0 | 243.714,2 |
| (%) | 56,1 | 4,5 | 30,9 | 8,5 | 100,0 |
| Thân | 103.837,6 | 8.372,0 | 57.304,0 | 15.792,0 | 185.305,6 |
| (%) | 56,0 | 4,5 | 30,9 | 8,5 | 100,0 |
| Cành + lá | 32.816,6 | 2.645,0 | 18.012,0 | 4.935,0 | 58.408,6 |
| (%) | 56,2 | 4,5 | 30,8 | 8,5 | 100,0 |

Bảng 3.60. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx ở VQG Phước Bình.

| Thành phần | Khối lượng các bon theo trạng thái rừng (tấn): | | | | Tổng số (tấn) |
|----------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Diện tích (ha) | 2.449,0 | 230,0 | 760,0 | 141,0 | 3.580,0 |
| Tổng số | 64.163,8 | 5.175,0 | 35.416,0 | 9.743,1 | 114.497,9 |
| (%) | 56,1 | 4,5 | 30,9 | 8,5 | 100,0 |
| Thân | 48.735,1 | 3.933,0 | 26980,0 | 7416,6 | 87.064,7 |
| (%) | 56,0 | 4,5 | 30,9 | 8,5 | 100,0 |
| Cành và lá | 15.428,7 | 1.242,0 | 8.436,0 | 2.326,5 | 27.433,2 |
| (%) | 56,2 | 4,5 | 30,8 | 8,5 | 100,0 |

So với B_{T_0} (243.714,2 tấn hay 100%), B_T chiếm 76,0% (185.305,6 tấn), còn lại B_{CL} là 24,0% (58.408,6 tấn). Tương tự, C_{T_0} là 114.497,9 tấn (100%); trong đó cao nhất ở trạng thái rừng IIB (64.163,8 tấn hay 56,1%), thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (5.175,0 tấn hay 4,5%).

3.3.2. Sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rtr

3.3.2.1. Sự biến đổi sinh khối trên mặt đất theo cấp D

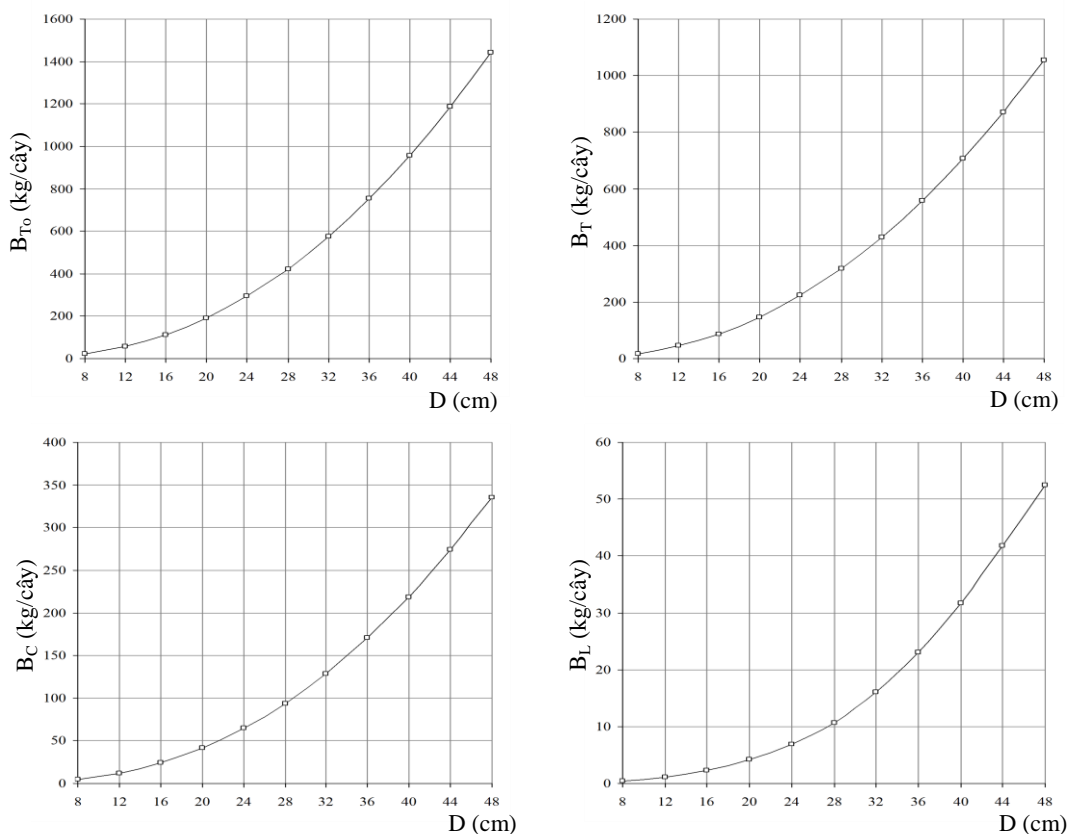
Từ các hàm (3.18) – (3.22), có thể xác định được sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ ở Rtr tương ứng với cấp $8 \text{ cm} \leq D \leq 48 \text{ cm}$ (Bảng 3.61; Hình 3.26). Phân tích số liệu ở Bảng 3.61 cho thấy, các thành phần sinh khối đối với những cây gỗ ở Rtr đều gia tăng dần theo cấp D; trong đó sinh khối của những cây gỗ thuộc cấp $D < 28 \text{ cm}$ gia tăng chậm hơn so với cấp $D = 28 - 48 \text{ cm}$.

Bảng 3.61. Dự đoán sinh khối dựa theo D đối với cây gỗ thuộc Rtr.

| Cấp D (cm) | Sinh khối (kg/cây): | | | | |
|------------|---------------------|--------|-------|------|------------|
| | Tổng số | Thân | Cành | Lá | Cành và lá |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 8 | 24,5 | 19,7 | 4,9 | 0,3 | 5,0 |
| 12 | 61,3 | 48,2 | 12,6 | 0,9 | 13,3 |
| 16 | 117,5 | 91,1 | 24,8 | 2,1 | 26,7 |
| 20 | 194,8 | 149,1 | 41,9 | 4,0 | 45,8 |
| 24 | 294,3 | 223,2 | 64,4 | 6,9 | 71,2 |
| 28 | 417,2 | 313,8 | 92,5 | 10,8 | 103,3 |
| 32 | 564,4 | 421,6 | 126,6 | 16,0 | 142,7 |
| 36 | 736,9 | 547,0 | 167,0 | 22,6 | 189,7 |
| 40 | 935,4 | 690,5 | 213,9 | 30,7 | 244,8 |
| 44 | 1.160,6 | 852,4 | 267,6 | 40,7 | 308,2 |
| 48 | 1.413,3 | 1033,2 | 328,3 | 52,5 | 380,4 |

Mặt khác, từ đường cong sinh khối theo cấp D cho thấy, sinh khối của những cây gỗ từ cấp $D > 44 \text{ cm}$ vẫn có khuynh hướng gia tăng nhanh theo dạng

hàm lũy thừa. Hiện tượng này được giải thích là do những cây gỗ có $D < 28$ cm không chỉ thuộc những loài cây gỗ nhỏ và nhỡ, mà còn cả những cây non của những loài cây gỗ lớn. Trong thực tế, một số loài cây gỗ (Sao đen, Cây, Thông 2 lá) có thể đạt đến cấp $D > 60$ cm và cấp $H > 25$ m.



Hình 3.26. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi sinh khối trên mặt đất theo cấp D đối với cây gỗ thuộc Rtr.

3.3.2.2. Sinh khối và dự trữ các bon trung bình đối với 1 ha Rtr

Từ tiết diện ngang trên các ô mẫu và các hàm $B_i = f(G)$, có thể xác định được sinh khối và dự trữ các bon trung bình đối với 1 ha Rtr ở VQG Phước Bình (Bảng 3.62 - 3.63). Từ đó cho thấy, giá trị B_{To} trung bình thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (35,1 tấn/ha), cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₂ (92,0 tấn/ha); trung bình 3 trạng thái rừng là 57,0 tấn/ha. Giá trị B_T và B_{CL} thấp nhất ở trạng thái rừng IIIA₁ (tương ứng 26,7 và 8,4 tấn/ha), cao nhất ở trạng thái rừng IIIA₂ (tương ứng 69,5 và 22,6 tấn/ha). So với B_{To} trung bình trên 1 ha đối với 3 trạng thái rừng (57,0 tấn/ha

hay 100%), B_T đóng góp 75,8% (43,1 tấn/ha), còn lại B_{CL} là 24,2% (13,9 tấn/ha). Tương tự, giá trị C_{T_0} trung bình trên 1 ha đối với trạng thái rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ tương ứng là 20,6; 16,5 và 43,2 (tấn/ha) (Bảng 3.63).

Bảng 3.62. Sinh khối trên mặt đất đối với 1 ha Rtr ở VQG Phước Bình.

| Thành phần | Sinh khối theo trạng thái rừng (tấn/ha): | | | Trung bình (tấn/ha) |
|------------|--|-------------------|-------------------|------------------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Tổng số | 43,8 | 35,1 | 92,0 | 57,0 |
| (%) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Thân | 33,2 | 26,7 | 69,5 | 43,1 |
| (%) | 75,9 | 76,0 | 75,5 | 75,8 |
| Cành và lá | 10,6 | 8,4 | 22,6 | 13,9 |
| (%) | 24,1 | 24,0 | 24,5 | 24,2 |

Bảng 3.63. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với 1 ha Rtr ở VQG Phước Bình.

| Thành phần | Dự trữ các bon theo trạng thái rừng (tấn/ha): | | | Trung bình (tấn/ha) |
|------------|---|-------------------|-------------------|------------------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Tổng số | 20,6 | 16,5 | 43,2 | 26,8 |
| (%) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Thân | 15,6 | 12,5 | 32,6 | 20,3 |
| (%) | 75,9 | 76,0 | 75,5 | 75,8 |
| Cành - lá | 5,0 | 4,0 | 10,6 | 6,5 |
| (%) | 24,1 | 24,0 | 24,5 | 24,2 |

3.3.2.3. Tổng sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rtr

Phân tích tổng sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rtr ở VQG Phước Bình (Bảng 3.64 - 3.65) cho thấy, B_{T_0} là 85.543,4 tấn (100%); trong đó cao nhất ở trạng thái rừng IIB (79.518,9 tấn hay 93,0%), thấp nhất ở trạng thái rừng

III_{A2} (2.025,1 tấn hay 2,4%). So với B_{T₀} (85.543,4 tấn hay 100%), B_T đóng góp 75,9% (64.912,0 tấn), còn lại B_{CL} là 24,1% (20.631,4 tấn). Tương tự, C_{T₀} là 40.263,8 tấn (100%); trong đó cao nhất ở trạng thái rừng IIB (37.430,2 tấn hay 56,1%), thấp nhất ở trạng thái rừng III_{A2} (952,6 tấn hay 4,5%).

Bảng 3.64. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với Rtr ở VQG Phước Bình.

| Thành phần | Sinh khối theo trạng thái rừng (tấn): | | | Tổng số (tấn) |
|----------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | IIB | III _{A1} | III _{A2} | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Diện tích (ha) | 1.817,0 | 114,0 | 22,0 | 1.953,0 |
| Tổng số | 79.518,9 | 3.999,4 | 2.025,1 | 85.543,4 |
| (%) | 93,0 | 4,7 | 2,4 | 100,0 |
| Thân | 60.345,1 | 3.038,8 | 1.528,1 | 64.912,0 |
| (%) | 93,0 | 4,7 | 2,4 | 100,0 |
| Cành và lá | 19.173,8 | 960,7 | 496,9 | 20.631,4 |
| (%) | 92,9 | 4,7 | 2,4 | 100,0 |

Bảng 3.65. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rtr ở VQG Phước Bình.

| Thành phần | Khối lượng các bon theo trạng thái rừng (tấn): | | | Tổng số (tấn) |
|----------------|--|-------------------|-------------------|------------------|
| | IIB | III _{A1} | III _{A2} | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| Diện tích (ha) | 1.817,0 | 114,0 | 22,0 | 1.953,0 |
| Tổng số | 37.430,2 | 1.881,0 | 952,6 | 40.263,8 |
| (%) | 93,0 | 4,7 | 2,4 | 100,0 |
| Thân | 28.345,2 | 1.425,0 | 717,2 | 30.487,4 |
| (%) | 93,0 | 4,7 | 2,4 | 100,0 |
| Cành và lá | 9.085,0 | 456,0 | 235,4 | 9.776,4 |
| (%) | 92,9 | 4,7 | 2,4 | 100,0 |

3.3.3. Tổng sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr

Những tính toán (Bảng 3.66 – 3.68) cho thấy, tổng sinh khối trên mặt đất đối với 2 kiểu Rkx và Rtr là 329.257,6 tấn (100%); trong đó Rkx chiếm 74,0% (243.714,2 tấn), còn lại Rtr là 26,0% (85.543,4 tấn). Tương tự, tổng dự trữ các bon trên mặt đất đối với 2 kiểu Rkx và Rtr là 154.761,7 tấn (100%); trong đó Rkx chiếm 74,0% (114.497,9 tấn), còn lại Rtr là 26,0% (40.263,8 tấn).

Bảng 3.66. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với Rkx và Rtr ở VQG Phước Bình.

| Kiểu rừng | Sinh khối theo trạng thái rừng (tấn): | | | | Tổng số (tấn) |
|----------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Tổng số | 216.173,1 | 15.016,4 | 77.341,1 | 20.727,0 | 329.257,6 |
| (%) | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) |
| Kín thường xanh | 136.654,2 | 11.017,0 | 75.316,0 | 20.727,0 | 243.714,2 |
| (%) | (63,2) | (73,4) | (97,4) | (100,0) | (74,0) |
| Thưa nửa thường xanh | 79.518,9 | 3.999,4 | 2.025,1 | - | 85.543,4 |
| (%) | (36,8) | (26,6) | (2,6) | - | (26,0) |

Bảng 3.67. Dự trữ các bon trên mặt đất đối với Rkx và Rtr ở VQG Phước Bình.

| Kiểu rừng | Dự trữ C theo trạng thái rừng: | | | | Tổng số (Tấn) |
|----------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| Tổng số | 101.594,0 | 7.056,0 | 36.368,6 | 9.743,1 | 154.761,7 |
| (%) | (100) | (100) | (100) | (100) | (100) |
| Kín thường xanh | 64.163,8 | 5.175,0 | 35.416,0 | 9.743,1 | 114.497,9 |
| (%) | (63,2) | (73,3) | (97,4) | (100) | (74,0) |
| Thưa nửa thường xanh | 37.430,2 | 1.881,0 | 952,6 | - | 40.263,8 |
| (%) | (36,8) | (26,7) | (2,6) | - | (26,0) |

3.4. Thảo luận chung về kết quả nghiên cứu

3.4.1. Diện tích và số lượng ô mẫu

Trong đề tài luận án này, kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc rừng được phân tích dựa trên những ô mẫu 1 ha. Sinh khối và dự trữ các bon đối với mỗi trạng thái rừng thuộc Rkx và Rtr đã được ước lượng từ 4 ô mẫu 0,2 ha và 1 ô mẫu 1,0 ha. Những ô mẫu đã được bố trí theo phương pháp điển hình. Nhiều tác giả (Thái Văn Trùng, 1999; Nguyễn Văn Trương, 1983; Kimmins, 1998) cho rằng, bởi vì rừng nhiệt đới có cấu trúc không thuần nhất, nên kích thước ô mẫu cũng phải thay đổi. Khi phân tích kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc rừng nhiệt đới ở Việt Nam, Thái Văn Trùng (1999) và Nguyễn Văn Trương (1983) đã sử dụng kích thước ô mẫu thay đổi từ 0,20 – 1,0 ha. Theo Clark và ctv (2001), diện tích ô mẫu để nghiên cứu cấu trúc, năng suất và sinh khối đối với rừng mưa nhiệt đới có thể thay đổi từ 0,1 ha đến 4,0 ha. Từ nhiều nguồn tài liệu khác nhau, Wang và ctv (2011) đã chỉ ra rằng, kích thước ô mẫu để phân tích trữ lượng gỗ, sinh khối và dự trữ các bon đối với rừng trồng và rừng tự nhiên có thể thay đổi từ 200 m² (10*20 m) đến 52.000 m² (200*260 m). Nói chung, kết quả báo cáo về đặc trưng của rừng phụ thuộc vào kích thước và số lượng ô mẫu.

3.4.2. Phương pháp thu mẫu sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ

Độ chính xác đối với thống kê trữ lượng gỗ, sinh khối và dự trữ các bon của rừng phụ thuộc không chỉ vào kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc rừng, số lượng và kích thước ô mẫu, mà còn vào số lượng cây mẫu được chặt hạ để đo đạc sinh khối (Brown, 2002; Zianis và ctv, 2005; Vũ Tiến Hinh, 2012). Nhiều tác giả (Brown, 1997, 2002; Clark và ctv, 2001) cho rằng, số lượng loài và số lượng cây mẫu, kích thước cây mẫu và ô mẫu khác nhau có ảnh hưởng đến kết quả ước lượng trữ lượng gỗ và sinh khối đối với rừng nhiệt đới. Điều đó có liên quan đến kích thước và sự phân bố không đồng đều trong không gian của các loài cây gỗ. Nếu sử dụng những ô mẫu với kích thước nhỏ, thì sự xuất hiện nhiều cây lớn trong những ô mẫu sẽ dẫn đến ước lượng quá cao trữ lượng gỗ và sinh khối của rừng. Trái lại, sự xuất hiện nhiều cây nhỏ trong những ô mẫu sẽ dẫn đến ước lượng quá thấp trữ lượng gỗ và

sinh khối của rừng. Vì thế, nghiên cứu phân bố N/D và phân bố cây gỗ theo không gian (đứng và ngang) có ý nghĩa lớn đối với việc chọn kích thước và số lượng ô mẫu trong những nghiên cứu về trữ lượng gỗ và sinh khối của rừng. Tuy vậy, số lượng cây mẫu và số loài cây gỗ được thu thập sinh khối luôn là một hạn chế, đặc biệt là rừng tự nhiên nhiệt đới. Những hạn chế này có liên quan đến luật bảo vệ rừng ở mỗi quốc gia. Do nhiều hạn chế khác nhau, nên khi xây dựng những hàm sinh khối, đề tài luận án này đã thu thập sinh khối của 88 cây mẫu ở trạng thái rừng IIIA₂ và IIIA₃; trong đó 47 cây mẫu ở Rkx và 41 cây mẫu ở Rtr. Những cây mẫu này có kích thước biến động từ 8 cm đến 94 cm ở Rkx và 8 – 46 cm ở Rtr. Số loài cây gỗ bắt gặp ở Rkx và Rtr tương ứng là 40 và 25 loài. Số loài cây mẫu được chọn để thu mẫu sinh khối ở Rkx và Rtr tương ứng là 12 và 8 loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế.

3.4.3. Phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ

Trong đề tài luận án này, sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ thuộc Rkx và Rtr đã được xác định bằng hai phương pháp khác nhau. Một là phương pháp hàm sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ. Những hàm sinh khối đối với cây gỗ được xây dựng dựa trên những số đo trực tiếp trên những cây mẫu. Những hàm sinh khối đối với quần thụ được xây dựng dựa trên những hàm sinh khối đối với cây gỗ kết hợp với số liệu trên những ô mẫu. Hàm sinh khối đối với cây gỗ được xây dựng dựa theo 2 biến dự đoán D và H. Hàm ước lượng sinh khối đối với quần thụ được xây dựng dựa theo 2 biến G và M. Hai là phương pháp xác định sinh khối cây gỗ dựa theo số liệu điều tra rừng cùng với các hệ số BEF_i hoặc R_i. Các hệ số BEF_i đã được xác định bằng cách chia sinh khối khô của mỗi thành phần cây gỗ (B_i, tấn) cho thể tích thân cây đứng (V_T, m³). Các giá trị R_i đã được xác định bằng cách chia B_{T0} và B_{CL} cho B_T. Sau đó các hàm BEF_i và R_i đối với cây gỗ đã được ước lượng dựa theo 2 biến dự đoán D và V.

Để nhận được kết quả thống nhất giữa phương pháp xác định sinh khối bằng các hàm sinh khối và phương pháp dựa vào BEF_i hoặc R_i, đề tài luận án đã tính BEF_i và R_i dựa theo các hàm B_i = f(D) phù hợp nhất và hàm V = f(D, H) phù hợp

nhất. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các BEF_i đều giảm dần theo sự gia tăng D hoặc V thân cây. Theo Brown (2002), do cây gỗ nhiệt đới ở giai đoạn tuổi non thường có thân cây rất nhỏ, còn lá có tỷ lệ cao, nên BEF_i nhận giá trị lớn. Ở giai đoạn trưởng thành, do hệ thống thân cây phát triển mạnh hơn so với cành và rễ, nên tỷ lệ sinh khối cành và rễ so với sinh khối thân nhận giá trị nhỏ. Vì thế, BEF_i giảm dần theo giai đoạn phát triển của cây. Nói chung, BEF_i nhận giá trị cao ở những cấp D nhỏ và tuổi nhỏ; sau đó giảm dần đến cấp D lớn và tuổi lớn. Tương tự, BEF_i nhận giá trị nhỏ ở rừng dày và rừng nguyên sinh. Trái lại, BEF_i nhận giá trị lớn ở các rừng thứ sinh đã qua khai thác hay bị rối loạn (cháy, gió bão...). Nguyên nhân là vì tán lá của các cây gỗ ở tuổi nhỏ phát triển mạnh hơn thân cây. Tương tự, do được mở tán và mật độ thưa, nên tán lá của những cây gỗ ở rừng thứ sinh phát triển rất mạnh. Trái lại, rừng nguyên sinh có mật độ cao và tán lá nhỏ, nhiều cây có thân hình to lớn (Levy và ctv, 2004; Lehtonen và ctv, 2004).

3.4.4. Phương pháp xây dựng hàm sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ

Trong đề tài luận án này, các hàm thống kê sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ đã được chọn thông qua những kiểm định thống kê. Hàm thống kê sinh khối phù hợp nhất đối với mỗi thành phần sinh khối (tổng số, thân, cành và lá) của cây gỗ và quần thụ đã được chọn từ những phân tích hồi quy, tương quan và sai lệch của 2 đến 5 hàm khác nhau. Những hàm thống kê sinh khối đối với cây gỗ đã được xây dựng dựa theo 2 biến dự đoán D và H. Những hàm thống kê sinh khối đối với quần thụ đã được xây dựng dựa theo 2 biến dự đoán G và M. Nói chung, những hàm thể tích và hàm sinh khối đối với cây gỗ ở R_{kx} và R_{tr} thuộc khu vực nghiên cứu đều được xây dựng với 2 biến dự đoán D và H. Sau khi phân tích tương quan và những sai lệch của các hàm sinh khối, đề tài luận án đã chỉ ra rằng, so với những hàm sinh khối với 1 biến dự đoán, những hàm sinh khối với 2 biến dự đoán cho kết quả chính xác hơn. Nhiều tác giả (Ketterings và ctv, 2001; Nívar và ctv, 2002; Chavé và ctv, 2005) cũng đã chỉ ra rằng, so với những hàm sinh khối với 1 biến dự đoán, những hàm sinh khối đa biến cho phép ước lượng sinh khối với sai lệch nhỏ hơn. Tuy vậy, điều đó chỉ đúng trong trường hợp kiểm định những sai lệch từ

những cây mẫu đã được chặt hạ. Trong thực tế, do nhiều biến dự đoán (H , D_T và L_T) được thu thập từ những cây gỗ và quần thụ ở rừng tự nhiên nhiệt đới là những biến rất khó đo đạc chính xác, nên các hàm sinh khối đa biến thường nhận sai số rất lớn. Vì thế, xác định hình thái thích hợp đối với những hàm sinh khối với nhiều biến dự đoán mà một số biến có thể được xác định thông qua những biến khác để đo đạc hơn là một việc làm cần thiết.

Từ phân tích sai khác giữa những hàm sinh khối với 1 biến dự đoán (D) và 2 biến dự đoán (D và H), đề tài luận án này đã chọn các hàm $B_i = f(D)$ để ước lượng sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất đối với cây gỗ. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, sinh khối và dự trữ các bon ở mức quần thụ được ước lượng dựa theo phân bố N/D cùng với các hàm $B_i = f(D)$ không có những sai lệch rõ rệt so với các hàm $B_i = f(G)$ và $B_i = f(M)$. Vì thế, tùy theo nguồn số liệu từ điều tra rừng, sinh khối và dự trữ các bon trên mặt đất ở mức quần thụ có thể được ước lượng dựa theo phân bố N/D cùng với các hàm $B_i = f(D)$ hoặc dựa theo các hàm $B_i = f(G)$ và $B_i = f(M)$.

3.4.5. So sánh sự khác biệt giữa sinh khối của hai kiểu rừng ở khu vực nghiên cứu và sinh khối của rừng nhiệt đới ở những nơi khác

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sinh khối trung bình trên mặt đất đối với R_{kx} ở VQG Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận dao động từ 47,9 đến 147,0 tấn/ha; trung bình 87,5 tấn/ha. Tương tự, sinh khối đối với R_{tr} dao động từ 35,1 đến 92,0 tấn/ha; trung bình 57,0 tấn/ha. Sinh khối trên mặt đất của rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở ven biển Nam Trung Bộ dao động từ 258,9 đến 347,4 tấn/ha (Bảo Huy và ctv, 2012). Sinh khối trung bình tiềm năng và sinh khối trung bình thực tế của rừng nhiệt đới ở châu Á thay đổi tùy theo kiểu rừng (Bảng 3.68). Sinh khối trên mặt đất đối với rừng kín thường xanh ẩm, rừng thứ sinh ẩm và rừng thưa khô ở Cambodia tương ứng là 295, 190 và 120 tấn/ha (FAO, 1971c). Sinh khối đối với rừng thường xanh và rừng rụng lá hỗn giao ở Myanmar tương ứng là 60 - 200 và 45 - 135 tấn/ha (FAO - Forest Department of Burma, 1984-1985). Sinh khối rừng ẩm với ưu thế cây họ Sao Dầu ở khu vực Sarawak (Malaysia) dao động từ 325 đến 385

tấn/ha (FAO, 1973). Sinh khối trên mặt đất đối với rừng mưa nhiệt đới ở Thailand là 275 tấn/ha, rừng thường xanh khô là 140,6 tấn/ha, còn rừng rụng lá là 96,3 tấn/ha (Terakunpisut và ctv, 2007). Rừng khô ưu thế cây họ Sao Dầu và rừng rụng lá hỗn giao ở khu vực Ratchaburi thuộc Thailand tương ứng là 25 và 18 tấn/ha (Chaiyo và ctv, 2011). Sinh khối trung bình thực tế đối với rừng nhiệt đới ở Việt Nam là 262 tấn/ha.

Bảng 3.68. Sinh khối của một số kiểu rừng nhiệt đới ở châu Á.

| TT | Nước | Sinh khối (Tấn/ha) | | Tỷ lệ |
|-----|---------------|--------------------|---------|-------|
| | | Tiềm năng | Thực tế | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | Bangladesh | 463 | 170 | 0,37 |
| 2 | Brunei | 577 | 382 | 0,66 |
| 3 | Cambodia | 419 | 301 | 0,72 |
| 4 | India | 348 | 129 | 0,37 |
| 5 | Indonesia | 533 | 262 | 0,49 |
| 6 | Laos | 342 | 272 | 0,8 |
| 7 | Myanmar | 388 | 231 | 0,60 |
| 8 | Malaysia | | | |
| | Peninsular | 518 | 210 | 0,41 |
| | Sarawak/Sabah | 571 | 331 | 0,58 |
| 9 | Philippines | 511 | 223 | 0,44 |
| 10 | Sri Lanka | 413 | 200 | 0,48 |
| 11 | Thailand | 356 | 185 | 0,52 |
| 12 | Việt Nam | 372 | 262 | 0,70 |
| | Trung bình | 437 | 224 | 0,51 |

Nguồn: Inventory sources in order by country are: de Milde và ctv 1985; Drigo và ctv 1988; FAO 1971c; FAO 1973; FAO 1984-1985; Government of India 1972; Government of Malaysia 1987; Philippine-German Forest Resources Inventory Project, 1986-1988; FAO/UNDP 1969; Royal Forest Department of Thailand 1980.

Từ những dẫn liệu trên đây cho thấy, sinh khối đối với R_{kx} và R_{tr} ở khu vực Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận thấp hơn so với những kiểu rừng ở nhiệt đới. Sự khác biệt này không chỉ có liên quan đến phân bố của rừng theo những vị trí địa

lý và khí hậu khác nhau, mà còn đến những khác biệt về kích thước cây gỗ được thống kê sinh khối và hàm ứơc lượng sinh khối.

3.4.6. Đề xuất áp dụng các hàm sinh khối đối với cây cá thể và quần thụ

3.4.6.1. Áp dụng các hàm sinh khối đối với cây gỗ

Sinh khối cây gỗ có thể được xác định bằng 5 phương pháp khác nhau (Hình 2.2): (a) các hàm $B_i = f(D)$; (b) các hàm $B_i = f(D, H)$; (c) các hàm $B_i = f(V_i)$; (d) các hàm $B_i = BEF_i * V_i$; (e) các hàm $B_i = B_T * R_i$. Hai đại lượng BEF_i và R_i được xác định tương ứng theo hàm $BEF_i = f(D)$ và $R_i = f(D)$.

Để xác định sinh khối cây gỗ theo 5 phương pháp này, trước hết xác định kiểu Rkx và Rtr. Kế đến xác định những trạng thái rừng và những đặc trưng của chúng trên những ô mẫu điển hình với kích thước 0,2 – 0,25 ha. Trong mỗi ô mẫu, xác định thành phần loài cây gỗ, D và H của cây gỗ có $D \geq 8,0$ cm. Số lượng ô mẫu đối với mỗi trạng thái rừng được tính toán dựa theo biến động về diện tích. Công việc này được thực hiện theo chỉ dẫn chung của lâm học và điều tra rừng. Về cơ bản, mỗi trạng thái rừng được thu thập ít nhất 3 ô mẫu điển hình với kích thước 0,2 – 0,25 ha. Tiếp theo, xác định: (a) V_T đối với từng cây gỗ trong mỗi ô mẫu bằng hàm 3.29 (Rkx) và hàm 3.54 (Rtr); (b) BEF_i bằng các hàm 3.29 – 3.42 đối với cây gỗ ở Rkx và các hàm 3.60 – 3.63 đối với cây gỗ ở Rtr; (c) R_i bằng các hàm 3.43 – 3.46 đối với cây gỗ ở Rkx và các hàm 3.68 – 3.71 đối với cây gỗ ở Rtr. Sau đó xác định sinh khối cây gỗ, loài cây gỗ hoặc nhóm loài cây gỗ dựa theo 5 phương pháp trên đây.

3.4.6.2. Áp dụng các hàm sinh khối đối với quần thụ

Sinh khối đối với những quần thụ thuộc Rkx và Rtr có thể được xác định bằng 3 phương pháp (Hình 2.2). Một là sử dụng các hàm sinh khối cây cá thể ($B_i = f(D)$; $B_i = f(D, H)$) kết hợp với số liệu điều tra trên những ô mẫu. Hai là sử dụng các hàm sinh khối cây cá thể ($B_i = f(D)$; $B_i = f(D, H)$) kết hợp với phân bố N/D. Ba là sử dụng các hàm $B_i = f(G)$ và $B_i = f(M)$.

Theo phương pháp 1, trước hết xác định sinh khối đối với những cây gỗ trên từng ô mẫu tương ứng với mỗi kiểu rừng bằng cách thay thế D của từng cây vào

các hàm $B_i = f(D)$ và cộng dồn lại; sau đó quy đổi ra đơn vị 1 ha. Kế đến xác định sinh khối trung bình của mỗi trạng thái rừng từ tập hợp những ô mẫu đại diện cho mỗi trạng thái rừng. Sau đó tính tổng sinh khối đối với mỗi trạng thái rừng bằng cách nhân diện tích với sinh khối bình quân 1 ha.

Theo phương pháp 2, trước hết sử dụng những hàm phân bố N/D đối với mỗi trạng thái rừng để dự đoán số cây tương ứng với mỗi cấp D. Những hàm phân bố N/D đối với 4 trạng thái rừng IIB, IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ thuộc Rkx có dạng như hàm (3.1) – (3.4). Những hàm phân bố N/D đối với 3 trạng thái rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ thuộc Rtr có dạng như hàm (3.5) – (3.7). Kế đến xác định sinh khối đối với mỗi cấp D bằng cách thay thế cấp D vào những hàm sinh khối và nhân với số cây tương ứng với mỗi cấp D. Tiếp đến xác định sinh khối bình quân 1 ha bằng cách cộng dồn sinh khối của các cấp D. Tiếp theo xác định tổng sinh khối của mỗi trạng thái rừng bằng cách nhân diện tích với sinh khối bình quân 1 ha. Sau đó xác định tổng sinh khối đối với mỗi kiểu rừng bằng cách cộng dồn sinh khối của các trạng thái rừng khác nhau.

Theo phương pháp 3, sinh khối quần thụ được xác định theo trình tự 5 bước. (a) Tại mỗi trạng thái của 2 kiểu rừng, bố trí những ô mẫu 0,2 – 1,0 ha. Kích thước ô mẫu và số lượng ô mẫu thay đổi tùy theo yêu cầu của điều tra rừng. (b) Xác định tiết diện ngang và thể tích thân cây gỗ trên những ô mẫu đại diện cho mỗi trạng thái rừng. Thể tích thân cây gỗ hình thành Rkx và Rtr được tính toán tương ứng theo hàm (3.29) và hàm (3.54). (c) Xác định G và M trên những ô mẫu đại diện cho mỗi trạng thái rừng bằng cách cộng dồn tiết diện ngang và thể tích thân cây gỗ trong mỗi ô mẫu. Sau đó quy đổi G và M của mỗi ô mẫu ra đơn vị 1 ha. (d) Xác định G và M bình quân 1 ha của mỗi trạng thái rừng bằng cách lấy trung bình G và M từ những ô mẫu đại diện cho mỗi trạng thái rừng. Trong điều tra rừng, đại lượng G (m²/ha) cũng có thể được xác định gần đúng bằng thước đo tiết diện ngang. (e) Xác định các thành phần sinh khối bình quân đối với mỗi trạng thái rừng dựa theo hàm $B_i = f(G)$ hoặc hàm $B_i = f(M)$. Đối với Rkx, các hàm $B_i = f(G)$ và $B_i = f(M)$ tương ứng có dạng như hàm (3.47) - (3.49) và (3.50) - (3.52). Đối với Rtr, các hàm $B_i =$

$f(G)$ và $B_i = f(M)$ tương ứng có dạng như hàm (3.72) - (3.74) và (3.75) - (3.77). Tiếp theo xác định tổng sinh khối đối với mỗi trạng thái rừng bằng cách nhân diện tích với sinh khối bình quân 1 ha. Sau đó xác định tổng sinh khối của mỗi kiểu rừng bằng cách cộng dồn sinh khối của các trạng thái rừng khác nhau.

3.4.7. Xác định dự trữ các bon trong sinh khối đối với R_{kx} và R_{tr}

Dự trữ các bon trong sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ được xác định theo ba bước. Trước hết xác định sinh khối đối với cây gỗ và quần thụ trên những ô mẫu tương ứng với mỗi trạng thái rừng bằng các hàm sinh khối ở mức cây cá thể hoặc ở mức quần thụ tương tự như Mục 3.9.6. Kế đến xác định dự trữ các bon trong sinh khối cây gỗ (C_i , kg hoặc tấn) trên những ô mẫu tương ứng với mỗi trạng thái rừng bằng cách nhân sinh khối của các thành phần cây gỗ (B_i , kg hoặc tấn) với hàm lượng các bon (P_C) trong sinh khối, nghĩa là C_i (tấn hoặc kg) = $B_i * P_C$, với $P_C = 0,47$.

Dự trữ các bon đối với mỗi kiểu rừng được xác định bằng cách nhân tổng sinh khối của mỗi kiểu rừng với hàm lượng các bon trong sinh khối, nghĩa là $C_{\text{Kiểu rừng}} \text{ (tấn)} = \sum B_{i\text{Kiểu rừng}} * P_C$. Dự trữ các bon trong sinh khối trên mặt đất đối với 2 kiểu rừng được xác định bằng cách cộng dồn trữ lượng các bon trong sinh khối của 2 kiểu rừng hoặc nhân tổng sinh khối của 2 kiểu rừng với hàm lượng các bon trong sinh khối ($P_C = 0,47$).

Khả năng hấp thụ CO_2 đối với mỗi kiểu rừng được xác định bằng cách nhân tổng trữ lượng các bon trong sinh khối của mỗi kiểu rừng với hệ số 3,67, nghĩa là $CO_2 \text{ (2 Kiểu rừng)} \text{ (tấn)} = \sum C_{i\text{Kiểu rừng}} * 3,67$. Khả năng hấp thụ CO_2 của 2 kiểu rừng được xác định bằng cách cộng dồn trữ lượng CO_2 mà hai kiểu rừng đã hấp thụ hoặc nhân tổng trữ lượng các bon trong sinh khối của 2 kiểu rừng với hệ số 3,67, nghĩa là $CO_2 \text{ (2 Kiểu rừng)} \text{ (tấn)} = \sum C_{(2 \text{ Kiểu rừng})} * 3,67$. Giá trị CO_2 đối với mỗi kiểu rừng được xác định bằng cách nhân tổng trữ lượng CO_2 mà mỗi kiểu rừng đã hấp thụ với đơn giá 1 tấn CO_2 . Đơn giá 1 tấn CO_2 được xác định theo quy định chung của ngành lâm nghiệp.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Số loài cây gỗ bắt gặp ở rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới thuộc khu vực Phước Bình của tỉnh Ninh Thuận là 40 loài thuộc 38 chi và 31 họ; trong đó những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế là Sao đen, Bằng lăng, Máu chó, Trâm, Mít nài, Cây, Giẻ, Chân chim và Mò cua. Số loài cây gỗ bắt gặp ở rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới là 25 loài thuộc 23 chi và 18 họ; trong đó những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế là Dầu trà beng, Cẩm liên, Cà chít, Cây, Giẻ, Thành ngạnh, Trâm.

Phân bố N/D của trạng thái rừng IIB thuộc rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới có dạng một đỉnh lệch trái, còn phân bố N/D của ba trạng thái rừng IIIA₁, IIIA₂ và IIIA₃ có dạng giảm theo hình chữ “J”. Phân bố N/D của ba trạng thái rừng IIB, IIIA₁ và IIIA₂ thuộc rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới có dạng giảm theo hình chữ “J”.

Các thành phần sinh khối trên mặt đất đối với các cây gỗ thuộc rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới và rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới gia tăng dần theo cấp D dưới dạng hàm lũy thừa. Các thành phần sinh khối này cũng có thể được ước lượng bằng các hệ số điều chỉnh sinh khối kết hợp với hàm thể tích thân cây hoặc các hàm tỷ lệ sinh khối kết hợp với hàm sinh khối thân.

Các thành phần sinh khối trên mặt đất đối với các quần thụ thuộc rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới và rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới có thể được ước lượng bằng hàm Korsun – Strand với biến dự đoán tiết diện ngang thân cây hoặc trữ lượng gỗ thân cây. Chúng cũng có thể được ước lượng gần đúng bằng các hàm sinh khối cây cá thể kết hợp với số liệu điều tra trên các ô mẫu hoặc hàm phân bố N/D.

Tổng sinh khối và tổng dự trữ các bon trung bình trên mặt đất đối với những quần thụ thuộc rừng kín thường xanh hơi khô nhiệt đới ở Vườn quốc gia Phước Bình thuộc tỉnh Ninh Thuận tương ứng là 87,5 tấn/ha và 41,1 tấn/ha. Tương tự, hai đại lượng này đối với những quần thụ thuộc rừng thưa nửa thường xanh hơi khô nhiệt đới là 57,0 tấn/ha và 26,8 tấn/ha.

Kiến nghị

Các hàm sinh khối trên mặt đất đối với cây gỗ và quần thụ thuộc Rkx và Rtr đã được xây dựng dựa trên số liệu cân đo trực tiếp từ 88 cây mẫu; trong đó 47 cây ở Rkx và 41 cây ở Rtr. Những cây mẫu này thuộc những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế; trong đó cấp D = 8 – 94 cm đối với Rkx và cấp D = 8 – 48 cm đối với Rtr. Tuy vậy, đề tài luận án này vẫn còn một số thiếu sót nhất định. Một là số lượng cây mẫu và kích thước cây mẫu được chọn để thu mẫu sinh khối còn hạn chế. Hai là tỷ trọng gỗ, tỷ lệ carbon trong các thành phần sinh khối của cây gỗ và sinh khối dưới mặt đất của Rkx và Rtr vẫn chưa được xác định. Ba là các hàm sinh khối chưa được kiểm nghiệm độ tin cậy dựa trên sinh khối từ những ô mẫu chặt trắng. Những thiếu sót kể trên là do những hạn chế về kinh phí, thời gian, phương tiện nghiên cứu và luật bảo vệ rừng. Mặc dù còn một số thiếu sót, nhưng đề tài luận án cũng đã xây dựng được những phương pháp đáng tin cậy để xác định sinh khối đối với hai kiểu Rkx và Rtr. Vì thế, tác giả kiến nghị các đơn vị lâm nghiệp ở địa phương có thể sử dụng các hàm sinh khối này để thống kê sinh khối đối với hai kiểu Rkx và Rtr. Ngoài ra, tác giả cũng kiến nghị những ai quan tâm đến khả năng tích lũy sinh khối và carbon đối với 2 kiểu rừng này cần tiếp tục nghiên cứu những vấn đề sau đây: (a) Xác định tỷ trọng gỗ đối với những loài cây gỗ ưu thế và đồng ưu thế để làm cơ sở cho việc chuyển đổi thể tích thân cây đứng thành sinh khối thân; (b) Xác định sinh khối đối với những thành phần dưới mặt đất của Rkx và Rtr; (c) Xác định ảnh hưởng của khai thác rừng và chuyển đổi sử dụng đất đến sinh khối và dự trữ các bon đối với Rkx và Rtr.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Araujo T. M., Higuchi N và Cavalho J. A., 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Para, Brazil. *Forest Ecology and Management* 117: 43-52.
2. Brown, S., A. J. Gillespie and A. E. Lugo., 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35: 881-902.
3. Brown, S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests, a premier. *FAO Forestry Paper* 134.
4. Brown S., 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges, *Environ. Pollut.* 116 (2002) 363-372.
5. Bormann, B.T., 1990. Diameter-based biomass regression models ignore large sapwood-related variation in Sitka spruce. *Canadian Journal of Forest Research* 20(7): 1098-1104.
6. Basuki TM, Van Laake PE, Skidmore AK, Hussin YA (2009), Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 257: 1684-1694.
7. Bảo Huy, 2010. Phương pháp nghiên cứu ước tính trữ lượng carbon của rừng tự nhiên làm cơ sở tính toán lượng CO₂ phát thải từ suy thoái và mất rừng ở Việt Nam. *Tạp chí NNPTNT*, số 1/2009, 10 trang.
8. Bao Huy, Vo Hung, Nguyen Thi Thanh Huong, Cao Thi Ly, Nguyen Duc Dinh; Biên tập: Akiko Inoguchi, Gael Sola, Matieu Henry, Luca Birigazzi, 2012. Part B-1: Tree allometric equations in evergreen broadleaf forests in the South Central Coastal region, Viet Nam. UN - REDD Programme Viet Nam. 1-40.
9. Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., R, T.J. & Ni, J., 2001. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications* 11(2): 356-370.

10. Chavé, Andalo, Brown, Cairns, Chambers, Eamus, Folster, Fromard, Higuchi, Kira, Lescure, Nelson, Ogawa, Puig, Riera và Yamakura, 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* (2005) 145: 87 – 99.
11. Chaiyo U, Garivait S và Wanthongchai K., 2011. Carbon Storage in Above-Ground Biomass of Tropical Deciduous Forest in Ratchaburi Province, Thailand.
12. Cục thống kê Ninh Thuận, 2012. *Niên giám thống kê tỉnh Ninh Thuận 2012*.
13. Dewar RC, Cannell MGR., 1992. Carbon sequestration in the trees, products and soils of forest plantations: an analysis using UK examples. *Tree Physiol* 11:49-71.
14. Dixon RK, Brown S, Houghton RA, Solomon AM, Trexler MC, Wisniewski J., 1994. Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.
15. Drake JB, Knox RG, Dubayah RO, Clark DB, Condit R., 2003. Aboveground biomass estimation in closed canopy Neotropical forest using lidar remote sensing: factors affecting the generality of relationships. *Global Ecology and Biogeography* 12: 147-159.
16. Djomo AN, Knohl A, Gravenhorst G., 2011. Estimation of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomass current annual increment of a moist tropical forest. *Forest Ecology and Management* 261: 1448-1459.
17. Đồng Sỹ Hiền, 1974. *Biểu thể tích cây đứng rừng Việt Nam*. Nxb. KHKT, Hà Nội, 350 trang.
18. FAO, 2007. Food and Agricultura Organization. State of the World's Forests. Rome, Italy.
19. Grace J., 2004. *Understanding and managing the global carbon cycle*. *J Ecol* 92: 189-202.
20. Gibbs HK, Brown S, Niles JO, Foley JA., 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality. *Environmental Research Letters* 2: 1-13.

21. Houghton RA., 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Glob Change Biol* 11: 945-958.
22. IPCC, 2000. *A Special Report of the IPCC. Land Use, Land- use Change, and Forestry*. Cambridge University Press, Cambridge.
23. IPCC, 2003. *Report on good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplu- lucf.htm>., Japan.
24. IPCC, 2004. *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme.
25. IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (Eds. HS Eggleston, L Buendia, K Miwa, T Ngara, K Tanabe). IGES, Japan. Retrieved 5 September 2009 from <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.
26. Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S. & Birdsey, R.A., 2003. National-scale biomass estimators for United States tree species. *Forest Science* 49: 12-35.
27. Jalkanen A, Makipaa R, Stahl G, Lehtonen A, Petersson H., 2005. Estimation of the biomass stock of trees in Sweden: comparison of biomass equations and age-dependent biomass expansion factors. *Ann Forest Sci* 62: 845-851.
28. Keeling CD, Bacastrow RB, Carter AF, Piper SC, Whorf TP., 1989. A three-dimensional model of atmospheric carbon dioxide transport based on observed winds: 1. Analysis of observational data. In *Aspects of climate variability in the Pacific and the western Americas*. (pp. 165-236). Washington D.C., U.S.A.: *Geophysical Monographs*. American Geophysical Union.
29. Kimmins, J. P, 1998. *Forest ecology*, Prentice- Hall, upper Saddle River, New Jersey, 800 pp.
30. Ketterings, Q.M., Coe, R., Noordwijk, M.v., Ambagau, Y. & Palm, C.A., 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for

- predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146 (1-3): 199-209.
31. Kenzo T, Ichie T, Hattori D, Itioka T, Handa C (2009), Development of allometric relationships for accurate estimation of above-and below-ground biomass in tropical secondary forests in Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 25: 371-386.
 32. Kuimi T. Vashum and S. Jayakumar, 2012. Methods to Estimate Above-Ground Biomass and Carbon Stock in Natural Forests - A Review. *Ecosyst Ecologr* 2: 216.
 33. Loeschau, M., 1966. Phân chia các kiểu trạng thái rừng hỗn giao lá rộng thường xanh nhiệt đới. Tổng cục lâm nghiệp, Hà Nội, 15 trang.
 34. Lê Hồng Phúc, 1995. Nghiên cứu sinh khối rừng thông ba lá (*Pinus keyisia* Royle ex Gordon) ở Đà Lạt Lâm Đồng. *Tạp chí lâm nghiệp*. Số 9/1995.
 35. Lowe H., Seufert G., Raes F., 2000. Comparison of methods used within member states for estimating CO₂ emissions and sinks according to UNFCCC and EU monitoring mechanism: forest and other wooded land, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 4 (2000) 315-319.
 36. Losi CJ, Siccama TG, Condit R, Morales JE., 2003. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. *Forest Ecology and Management* 184: 355-368.
 37. Lehtonen A., Makipaa R., Heikkinen J., Sievanen R. & Liski J., 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *Forest Ecology and Management* 188: 211-224.
 38. Lodhiyal N, Lodhiyal LS., 2003. Biomass and net primary productivity of Bhabar Shisham forests in Central Himalaya, India. *Forest Ecology and Management* 176: 217-235.
 39. Levy PE, Hale SE, Nicoll BC., 2004. Biomass expansion factors and root/shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. *Forestry* 77:421-430.

40. Lal R., 2005. Forests soil and carbon sequestration. *Forest soils and carbon sequestration*, 220: 242-258.
41. Marklund L.G., 1987. Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Survey, pp. 1-127.
42. Montes, N., Gauquelin, T., Badri, W., Bertaudiere, V. & Zaoui, E.H., 2000. A non-destructive method for estimating above-ground forest biomass in threatened woodlands. *Forest Ecology and Management* 130: 37-46.
43. Mark, T.H., Thomas, M.S (2001), Carbon emissions and economic development: future trajectories based on historical experience. *Environment and Development Economics* 6: 63-83.
44. Muukkonen, P., 2007. Generalised allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe. *European Journal of Forest Research* 126:157-166.
45. Nguyễn Ngọc Lung và Đào Công Khanh, 1999. *Nghiên cứu tăng trưởng và sản lượng rừng trồng (Áp dụng cho rừng Thông ba lá (*Pinus keyisia* Royle ex Gordon) ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, 207 trang.
46. Nguyễn Văn Thêm, 2002. *Sinh thái rừng*. Nxb. Nông nghiệp, 250 trang.
47. Nárva J., 2009. Allometric equations for tree species and carbon stocks for forest of northwestern Mexico. *Forest ecology and management* 257: 427-434.
48. Porte A, Trichet P, Bert D, Loustau D., 2002. Allometric relationships for branch and tree woody biomass of Maritime pine (*Pinus pinaster* Aut.). *For Ecol Manage* 158:71-83.
49. Paladinic E, Vuletic D, Martinic I, Marjanovic H, Indir K, Benko M and Novotny V., 2009. Forest biomass and sequestered carbon estimation according to main tree components on the forest stand scale. *Periodicum Biologorum, Vol. 111*, No 4, 459-466, 2009.
50. Phạm Hoàng Hộ, 1999. *Cây cỏ Việt Nam*. Nxb. trẻ, TP. Hồ Chí Minh, 1200 trang.

51. Phạm Minh Sang và Lưu Cảnh Trung, 2006. *Hấp thụ các bon*. Trong cuốn sách “Cẩm nang ngành lâm nghiệp”. Bộ NNPTNT, Chương trình hỗ trợ ngành Lâm nghiệp và đối tác, 80 trang.
52. Phạm Trọng Thịnh, 2006. Nghiên cứu một số yếu tố làm cơ sở cho việc tái thừa rừng đước (*Rhizophora apiculata* Blume) trồng ở vùng ven biển Nam Bộ. *Luận án tiến sỹ nông nghiệp*. Thư viện Trường đại học nông lâm Tp. Hồ Chí Minh.
53. Phạm Xuân Quý, 2010. Xây dựng mô hình dự đoán sinh khối rừng Tràm (*Melaleuca cajuputi* Powell) ở khu vực Tây Nam Bộ, *Tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn*, Số 5/2010.
54. Phạm Thế Dũng và Vũ Đình Hương, 2010. *Sinh khối và giá trị năng lượng rừng tràm ở Long An*, Trong cuốn sách “*Cây tràm Melaleuca*”, Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, trang (85-92).
55. Reyes, G., Brown, S, Chapman, J., Lugo, A.E., 1992. Wood densities of tropical tree species. USDA Forest Service, General Technical Report No. S0-88. Southern Forest Experiment Station, New Orleans.
56. Rignot, E.J., Zimmerman, R. and Van Zyl, J.J., 1995. Spaceborne applications of P band imaging radars for measuring forest biomass. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33: 1162-1169.
57. Ravindranath NH, Ostwald M., 2008. Methods for estimating above-ground biomass. In N. H. Ravindranath, and M. Ostwald, Carbon Inventory Methods: Handbook for greenhouse gas inventory, carbon mitigation and roundwood production projects. *Springer Science + Business Media B.V* 113-14.
58. Repola J., 2009. *Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland*. *Silva Fennica* 43(4): 625 – 647.
59. Satoo, T. & Madgwick, H.A.I (1982), *Forest biomass*. Kluwer Academic Publishers Group, London. 160 p.

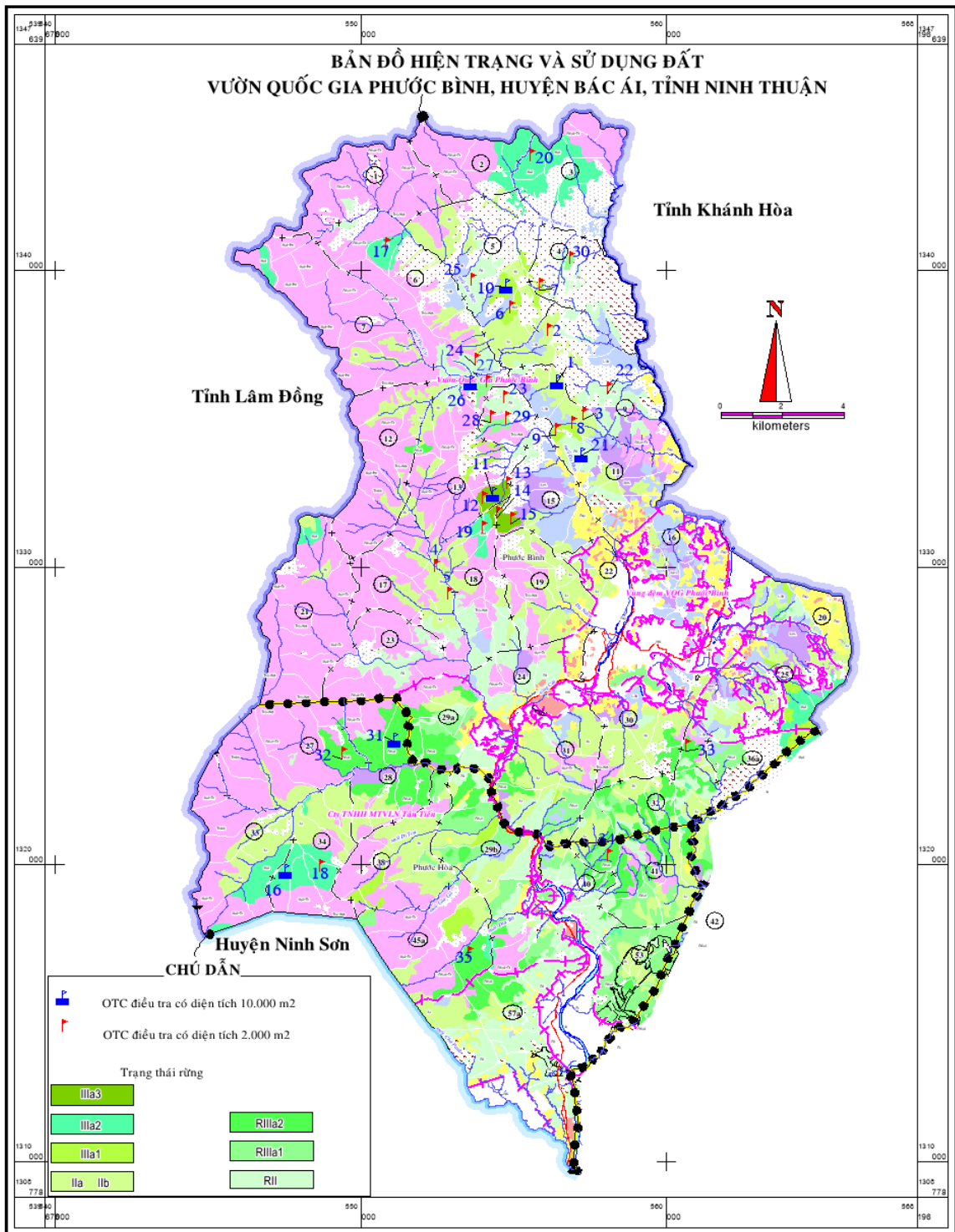
60. Smith, W.B. & Brand, G.J., 1983. Allometric equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. *U.S.D.A., Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Research Note NC-299*. 8 p.
61. Soepadmo E., 1993. Tropical rain forests as carbon sinks. *Chemosphere*, 27: 1025-1039.
62. Schroeder, P., Brown, S., Mo, J.M., Birdsey, R. & Cieszewski, C., 1997. Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. *Forest Science* 43(3): 424-434.
63. Sarmiento G, Pinillos M and Garay I., 2005. Biomass variability for tropical American lowland rainforests. *Ecotropicos* 18(1): 1-20. 2005.
64. Thái Văn Trùng, 1999. *Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 297 trang.
65. Trần Hợp, 2002. *Tài nguyên cây gỗ Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 767 trang.
66. Trần Hợp và Nguyễn Bội Quỳnh, 2003. *Cây gỗ kinh tế ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 873 trang.
67. Ter-Mikaelian, M.T. & Korzukhin, M.D., 1997. Biomass equations for sixty-five North American tree species. *Forest Ecology and Management* 97: 1-24.
68. Tobin, B. and M. Nieuwenhuis, 2007. Biomass expansion factors for Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Ireland. *Eur. J. Forest. Res.* 126:189-196.
69. Terakunpisut J, Gajasen N, Ruankawe N., 2007. Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum National Forest, Thailand.
70. Teobaldelli, M., Z. Somogyi, M. Migliavacca and V. A. Usoltsev, 2009. Generalized functions of biomass expansion factors for conifers and broadleaved by stand age, growing stock and site index. *Forest Ecology and Management* 257:1004-1013.

71. Viên Ngọc Nam, 1998. Nghiên cứu sinh khối và năng suất sơ cấp rừng Đước (*Rhizophora apiculata*) trồng tại Cần Giờ, Tp. Hồ Chí Minh. Luận văn Thạc sỹ khoa học Lâm nghiệp, Đại học Nông lâm Tp. Hồ Chí Minh. 58 trang.
72. Viên Ngọc Nam và Tôn Thiên An, 2010. Khả năng tích tụ các bon của rừng Thông ba lá (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) tự nhiên ở tỉnh Lâm Đồng. *Tạp chí NNPTNT*, 8: trang 78 - 83.
73. Vũ Tiến Hình, 2005. *Sản lượng rừng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội. 212 trang.
74. Vũ Tiến Hình, 2012. *Phương pháp lập biểu thể tích cây đứng rừng tự nhiên ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội, 196 trang
75. Vũ Tiến Hình, 2012. *Điều tra rừng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội. 212 trang.
76. Võ Đại Hải, 2008. Nghiên cứu sinh khối Keo lai trồng thuần loài ở Việt Nam, *Tạp chí NNPTNT*, số 2/2008.
77. Viện điều tra quy hoạch rừng, 1995. *Sổ tay điều tra rừng*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội. 252 trang.
78. VQG Phước Bình, 2010. *Báo cáo tài nguyên rừng Vườn quốc gia Phước Bình*.
79. Wang, J., Zhang, C., Xia, F., Zhao X., Wu, L. & Gadow, K. V., 2011. Biomass structure and allometry of *Abies nephrolepis* (Maxim) in Northeast China. *Silva Fennica* 45(2): 211-226.
80. Zianis D., Muukkonen P., Makipaa R. & Mencuccini M., 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. *Silva Fennica Monographs* 4. 63. p.
81. Zankanen A, Lehtonen A, Petersson H., 2005. Estimation of the biomass stock of trees in Sweden: comparison of biomass equations and age-dependent biomass expansion factors. *Ann. For. Sci.* 62 (2005) 845 – 851 p.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Bản đồ hiện trạng rừng và tọa độ các ô tiêu chuẩn.

1.1. Bản đồ hiện trạng rừng.



1.2. Tọa độ các ô tiêu chuẩn đối với các trạng thái rừng thuộc Rkx và Rtr.

| Thứ tự OTC | Diện tích (m ²) | Tọa độ | | Trạng thái rừng |
|---------------|--------------------------------|-------------------------------|-----|-----------------|
| | | Hệ tọa độ VN2000 – Ninh Thuận | | |
| | | X | Y | |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |

| | | | | |
|----|--------|--------|---------|-------------------------|
| 1 | 10.000 | 556394 | 1336236 | IIB - Rkx |
| 2 | 2000 | 556101 | 1337829 | IIB - Rkx |
| 3 | 2000 | 557252 | 1334985 | IIB - Rkx |
| 4 | 2000 | 552422 | 1329885 | IIB - Rkx |
| 5 | 2000 | 552845 | 1328956 | IIB - Rkx |
| 6 | 2000 | 554867 | 1338572 | IIIA ₁ - Rkx |
| 7 | 2000 | 555848 | 1339361 | IIIA ₁ - Rkx |
| 8 | 2000 | 556882 | 1334707 | IIIA ₁ - Rkx |
| 9 | 2000 | 556371 | 1334452 | IIIA ₁ - Rkx |
| 10 | 10.000 | 554737 | 1339447 | IIIA ₁ - Rkx |
| 11 | 10000 | 554297 | 1332438 | IIIA ₃ - Rkx |
| 12 | 2000 | 553962 | 1332179 | IIIA ₃ - Rkx |
| 13 | 2000 | 554767 | 1332667 | IIIA ₃ - Rkx |
| 14 | 2000 | 554432 | 1331668 | IIIA ₃ - Rkx |
| 15 | 2000 | 554896 | 1331468 | IIIA ₃ - Rkx |
| 16 | 10.000 | 547513 | 1319736 | IIIA ₂ - Rkx |
| 17 | 2000 | 550798 | 1340724 | IIIA ₂ - Rkx |
| 18 | 2000 | 548653 | 1319771 | IIIA ₂ - Rkx |
| 19 | 2000 | 553976 | 1331155 | IIIA ₂ - Rkx |
| 20 | 2000 | 555528 | 1343694 | IIIA ₂ - Rkx |
| 21 | 10000 | 557208 | 1333752 | IIB - Rtr |
| 22 | 2000 | 558054 | 1335850 | IIB - Rtr |
| 23 | 2000 | 554664 | 1335562 | IIB - Rtr |
| 24 | 2000 | 553724 | 1336837 | IIB - Rtr |
| 25 | 2000 | 553595 | 1339502 | IIB - Rtr |
| 26 | 10.000 | 553577 | 1336197 | IIIA ₁ - Rtr |
| 27 | 2000 | 554106 | 1336097 | IIIA ₁ - Rtr |
| 28 | 2000 | 554229 | 1334886 | IIIA ₁ - Rtr |
| 29 | 2000 | 554734 | 1334860 | IIIA ₁ - Rtr |
| 30 | 2000 | 556826 | 1340260 | IIIA ₁ - Rtr |
| 31 | 10.000 | 551077 | 1324169 | IIIA ₂ - Rtr |
| 32 | 2000 | 549396 | 1323546 | IIIA ₂ - Rtr |
| 33 | 2000 | 560607 | 1323823 | IIIA ₂ - Rtr |
| 34 | 2000 | 558057 | 1320133 | IIIA ₂ - Rtr |
| 35 | 2000 | 553498 | 1316842 | IIIA ₂ - Rtr |

Phụ lục 2. Danh lục cây gỗ và những cây gỗ để thu mẫu sinh khối thuộc Rkx.

2.1. Danh lục cây gỗ thuộc Rkx.

| TT | Tên cây | Tên khoa học | Tên họ | Tên khoa học |
|-----|---------|--------------|--------|--------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (4) |

| | | | | |
|----|-----------------|--|-------------|-------------------|
| 1 | Bằng lăng | <i>Lagerstroemia calyculata</i> Kurz. | Từ vi | Lythraleae |
| 2 | Bờ lồi | <i>Litsea grandifolia</i> Lec.. | Long não | Lauraceae |
| 3 | Bứa | <i>Garcinia fusca</i> Pierre | Bứa | Guttiferae |
| 4 | Bình linh | <i>Vitex pinnata</i> var. <i>ptilosa</i> (Dop) Phamhoang. | Cỏ roi ngựa | Verbenaceae |
| 5 | Chiêu liêu | <i>Terminalia calamansanai</i> (Bl.) Rolfe. | Bàng | Combretaceae |
| 6 | Cò ke | <i>Grewia tomentosa</i> Roxb. Ex. Dc. | Đay | Tiliaceae |
| 7 | Cây | <i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex Benn.. | Đát | Ixonanthaceae |
| 8 | Cóc rừng | <i>Spondias pinnata</i> (Koenig & L.f.) Kurz. | Xoài | Anacardiaceae |
| 9 | Lòng mang | <i>Pterospermum diversifolium</i> Bl.. | Trôm | Sterculiaceae |
| 10 | Sỏ | <i>Dillenia ovata</i> Wall. ex Hook. f. & Th.. | Sỏ | Dilleniaceae |
| 11 | Sao đen | <i>Hopea odorata</i> | Dầu | Dipterocarpaceae |
| 12 | Thành ngạnh | <i>Cratoxylon cochinchinensis</i> | Bứa | <i>Clusiaceae</i> |
| 13 | Thị | <i>Diospyros apiculata</i> | Thị | Ebenaceae |
| 14 | Trâm | <i>Syzygium chanlos</i> (Gagn.) Merr. & Perry. | Sim | Myrtaceae |
| 15 | Chân chim | <i>Schefflera heptaphylla</i> (L.) Frodin | Cuồng cuồng | Araliaceae |
| 16 | Cám | <i>Parinari annamensis</i> Hance | Cám | Rosaceae |
| 17 | Xăng mã răng | <i>Carallia suffruticpsa</i> Ridl. | Đước | Rhizophoraceae |
| 18 | Dền | <i>Xylopia pieriei</i> Hance | Na | Annonaceae |
| 19 | Dền đỏ | <i>Xylopia vielana</i> Pierre ex Fin. & Gagn. | Na | Annonaceae |
| 20 | Gòn rừng | <i>Bombax Thorelii</i> Gagn. | Gòn | Bombacaceae |
| 21 | Giẻ | <i>Lithocarpus silvicolarum</i> (Hance) Chung | Giẻ | Fagaceae |
| 22 | Cơm nguội | <i>Ardisia crenata</i> Sims | Đơn nem | Myrsinaceae |
| 23 | Chiêu liêu | <i>Terminalia calamansanai</i> (Bl.) Rolfe. | Trâm bầu | Combretaceae |
| 24 | Lộc vừng | <i>Barringtonia acutangula</i> (L.) Gaertn | Lộc vừng | Lecythidaceae |
| 25 | Máu chó | <i>Knema globularia</i> (Lamk.) Warb | Máu chó | Myristicaceae |
| 26 | Gội gác | <i>Aphanamixis polystachia</i> (Wall.) J.N. Parker. | Xoan | Meliaceae |
| 27 | Mít nài | <i>Artocarpus rigida</i> subsp. <i>Asperulus</i> (Gagn.) | Dâu tằm | Moraceae |
| 28 | Cuồng vàng | <i>Gonocaryum lobbianum</i> | Mộc thông | Icacinaceae |
| 29 | Mô cua, hoa sữa | <i>Alstonia scholaris</i> (L.) R. Br.. | La bố ma | Apocynaceae |
| 30 | Côm tàng | <i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) | Côm | Elaeocarpaceae |
| 31 | Săng mây | <i>Sageraea elliptica</i> (A. DC.) Hook. & Thoms.. | Na | Annonaceae |
| 32 | Cọc rào | <i>Cleitanthus annamensis</i> Gagn | Ba mảnh vỏ | Euphorbiaceae |
| 33 | Hậu phát | <i>Cinnamomum iners</i> Reinw | Long não | Lauraceae |
| 34 | Săng đen | <i>Diospiros venosa</i> Wall. Ex. DC. | Thị | Ebenaceae |
| 35 | Trường | <i>Xerospermum microcarpum</i> Pierre | Bồ hòn | Sapindaceae |
| 36 | Dâu rừng | <i>Baccaurea ramiflora</i> Lour | Ba mảnh vỏ | Euphorbiaceae |
| 37 | Cá đuối | <i>Dehaasia kurzii</i> King. | Long não | Lauraceae |
| 38 | Xoài rừng | <i>Mangifera minutifolia</i> Evr. | Xoài | Anacardiaceae |
| 39 | Xương cá | <i>Canthium dicocum</i> Gaerth. Var. <i>rostratum</i> Thw. Ex Pit. | Cà phê | Rubiaceae |
| 40 | Nhãn rừng | <i>Lepisanthes rubiginosa</i> Bl. | Nhãn | Sapindaceae |

2.2. Những cây gỗ được chọn để thu mẫu sinh khối ở Rkx.

| TT | Loài | N cây | Đường kính (cm): | | | Chiều cao (m): | | |
|---------|------------|----------|------------------|------|------|----------------|------|------|
| | | | D (cm) | Dmax | Dmin | H (m) | Hmax | Hmin |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 1 | Bằng lăng | 7 | 67,8 | 92,1 | 40,4 | 26,2 | 29,2 | 20,5 |
| 2 | Bình linh | 2 | 36,1 | 45,6 | 26,5 | 19,4 | 22,6 | 16,2 |
| 3 | Cám | 6 | 37,6 | 58,8 | 12,0 | 19,1 | 25,3 | 9,4 |
| 4 | Cây | 5 | 40,5 | 44,6 | 36,8 | 21,0 | 22,4 | 19,8 |
| 5 | Chân chim | 3 | 14,6 | 19,4 | 8,0 | 9,7 | 13,0 | 4,8 |
| 6 | Chiêu liêu | 1 | 35,4 | 35,4 | 35,4 | 19,5 | 19,5 | 19,5 |
| 7 | Giẻ | 7 | 26,8 | 30,2 | 24,4 | 16,6 | 17,5 | 15,2 |
| 8 | Máu chó | 2 | 11,2 | 14,8 | 7,6 | 8,1 | 10,5 | 5,7 |
| 9 | Mít nài | 1 | 23,2 | 23,2 | 23,2 | 14,2 | 14,2 | 14,2 |
| 10 | Mò cua | 3 | 33,0 | 34,4 | 30,4 | 18,5 | 19,1 | 17,7 |
| 11 | Sao đen | 1 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 13,6 | 13,6 | 13,6 |
| 12 | Trâm | 9 | 13,4 | 19,3 | 7,2 | 9,6 | 12,8 | 5,7 |
| Tổng số | | 47 | 32,5 | 92,1 | 7,2 | 16,9 | 29,2 | 4,8 |

Phụ lục 3. Danh lục cây gỗ và những cây gỗ để thu mẫu sinh khối thuộc Rtr.

3.1. Danh lục cây gỗ thuộc Rtr.

| TT | Tên cây | Tên khoa học | Tên họ | Tên khoa học |
|-----|---------|--------------|--------|--------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (4) |

| | | | | |
|----|--------------|---|-------------|------------------|
| 1 | Bằng lăng | <i>Lagerstroemia calyculata</i> Kurz. | Tứ vi | Lythrales |
| 2 | Bình linh | <i>Vitex pinnata</i> var. <i>ptilosa</i> (Dop) Phamhoang. | Cò roi ngựa | Verbenaceae |
| 3 | Cà chít | <i>Shorea roxburghii</i> C. Don | Dầu | Dipterocarpaceae |
| 4 | Cắm liên | <i>Shorea siamensis</i> | Dầu | Dipterocarpaceae |
| 5 | Cắm xe | <i>Xylia xylocarpa</i> | Đậu | Fabaceae |
| 6 | Cây | <i>Irvingia malayana</i> Oliv. ex Benn.. | Đát | Ixonanthaceae |
| 7 | Săng mây | <i>Sageraea elliptica</i> (A. DC.) Hook. & Thoms.. | Na | Annonaceae |
| 8 | Chiêu liêu | <i>Terminalia calamansanai</i> (Bl.) Rolfe. | Chiêu liêu | Combretaceae |
| 9 | Cò ke | <i>Grewia tomentosa</i> Roxb. Ex. Dc. | Đay | Tiliaceae |
| 10 | Cóc rừng | <i>Spondias pinnata</i> (Koenig & L.f.) Kurz. | Xoài | Anacardiaceae |
| 11 | Cọc rào | <i>Cleitanthus annamensis</i> Gagn | Ba mảnh vỏ | Euphorbiaceae |
| 12 | Cá đuối | <i>Dehaasia kurzii</i> King. | Long nảo | Lauraceae |
| 13 | Dầu trà beng | <i>Dipterocarpus obtusifolius</i> | Dầu | Dipterocarpaceae |
| 14 | Dền | <i>Xylopi pieri</i> Hance | Na | Annonaceae |
| 15 | Giẻ | <i>Lithocarpus silvicularum</i> (Hance) Chung | Giẻ | Fagaceae |
| 16 | Cá đuối | <i>Dehaasia kurzii</i> King. | Long nảo | Lauraceae |
| 17 | Mít nài | <i>Artocarpus rigida</i> subsp. <i>Asperulus</i> (Gagn.) | Dâu tằm | Moraceae |
| 18 | Sao đen | <i>Hopea odorata</i> | Sao Dầu | Dipterocarpaceae |
| 19 | Sở | <i>Dillenia ovata</i> Wall. ex Hook. f. & Th.. | Sở | Dilleniaceae |
| 20 | Săng đen | <i>Diospiros venosa</i> Wall. Ex. DC. | Thị | Ebenaceae |
| 21 | Trâm | <i>Syzygium chanlos</i> (Gagn.) Merr. & Perry. | Sim | Myrtaceae |
| 22 | Thành ngạnh | <i>Cratoxylon cochinchinensis</i> | Bứa | Clusiaceae |
| 23 | Cọc rào | <i>Cleitanthus annamensis</i> Gagn | Ba mảnh vỏ | Euphorbiaceae |
| 24 | Thông 2 lá | <i>Ducampopinus krempfii</i> | Thông | Pinaceae |
| 25 | Thông 3 lá | <i>Pinus keyisia</i> ex Gordon | Thông | Pinaceae |

3.2. Những cây gỗ được chọn để thu mẫu sinh khối ở Rtr.

| TT | Loài | N cây | Đường kính (cm): | | | Chiều cao (m): | | |
|----|------|----------|------------------|------|------|----------------|------|------|
| | | | D (cm) | Dmax | Dmin | H (m) | Hmax | Hmin |

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|---------|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Cắm liên | 8 | 19,0 | 34,5 | 8,2 | 12,4 | 20,0 | 6,6 |
| 2 | Cây | 5 | 27,3 | 38,0 | 20,5 | 16,8 | 21,5 | 13,6 |
| 3 | Dầu trà beng | 23 | 29,4 | 46,0 | 8,0 | 17,4 | 24,6 | 7,0 |
| 4 | Giẻ | 1 | 38,0 | 38,0 | 38,0 | 21,5 | 21,5 | 21,5 |
| 5 | Sao đen | 1 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 17,3 | 17,3 | 17,3 |
| 6 | Thành ngạnh | 1 | 25,7 | 25,7 | 25,7 | 16,2 | 16,2 | 16,2 |
| 7 | Thông 2 lá | 1 | 30,1 | 30,1 | 30,1 | 17,2 | 17,2 | 17,2 |
| 8 | Trâm | 1 | 30,5 | 30,5 | 30,5 | 18,3 | 18,3 | 18,3 |
| Tổng số | | 41 | 27,3 | 46,0 | 8,0 | 16,4 | 24,6 | 6,6 |

Phụ lục 4. Phân bố N/D thực nghiệm đối với trạng thái rừng IIB thuộc Rkx.

| TT | Cấp D (cm) | N _(TN) | N% | N _(TL) | N% _(TL) |
|------|------------|-------------------|-------|-------------------|--------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 1 | 8 | 14 | 3,6 | 14 | 3,6 |
| 2 | 10 | 24 | 6,2 | 38 | 9,7 |
| 3 | 12 | 69 | 17,7 | 107 | 27,4 |
| 4 | 14 | 89 | 22,8 | 196 | 50,3 |
| 5 | 16 | 81 | 20,8 | 277 | 71,0 |
| 6 | 18 | 49 | 12,6 | 326 | 83,6 |
| 7 | 20 | 33 | 8,5 | 359 | 92,1 |
| 8 | 22 | 18 | 4,6 | 377 | 96,7 |
| 9 | 24 | 7 | 1,8 | 384 | 98,5 |
| 10 | 26 | 2 | 0,5 | 386 | 99,0 |
| 11 | 28 | 4 | 1,0 | 390 | 100,0 |
| Cộng | | 390 | 100,0 | | |

Phụ lục 5. Phân bố N/D thực nghiệm đối với trạng thái IIIA₁, IIIA₂, IIIA₃ thuộc Rkx.

| TT | Cấp D (cm) | Số cây (N/ha) theo trạng thái rừng: |
|----|------------|-------------------------------------|
|----|------------|-------------------------------------|

| | | IIIA ₁ | IIIA ₂ | IIIA ₃ |
|------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 10 | 67 | 153 | 173 |
| 2 | 16 | 45 | 105 | 93 |
| 3 | 22 | 35 | 58 | 51 |
| 4 | 28 | 27 | 41 | 25 |
| 5 | 34 | 16 | 28 | 25 |
| 6 | 40 | 6 | 10 | 20 |
| 7 | 46 | 2 | 5 | 13 |
| 8 | 52 | 3 | 2 | 7 |
| 9 | 58 | - | 0 | 6 |
| 10 | 64 | - | 4 | 5 |
| 11 | 70 | - | - | 6 |
| 12 | 76 | - | - | 3 |
| Cộng | | 201 | 406 | 427 |

Phụ lục 6. Phân bố N/D thực nghiệm IIIB, IIIA₁, IIIA₂ thuộc Rtr. Đơn vị tính: 1 ha.

| TT | Cấp D (cm) | Trạng thái rừng: | | |
|---------|------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | | IIB | IIIA ₁ | IIIA ₂ |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 1 | 10 | 77 | 62 | 119 |
| 2 | 14 | 45 | 50 | 76 |
| 3 | 18 | 39 | 29 | 63 |
| 4 | 22 | 28 | 21 | 50 |
| 5 | 26 | 24 | 15 | 37 |
| 6 | 30 | 12 | 10 | 27 |
| 7 | 34 | 12 | 8 | 11 |
| 8 | 38 | 4 | 6 | 10 |
| 9 | 42 | - | 3 | 6 |
| 10 | 46 | - | - | 2 |
| 11 | 50 | - | - | 2 |
| Tổng số | | 241 | 204 | 403 |

Phụ lục 7. Phân tích quan hệ giữa B_{T_0} với D đối với những cây gỗ ở Rkx.

7.1. Những hàm $B_{T_0} = f(D)$.

| Hàm | Phương trình |
|-----|---|
| (1) | (2) |
| 2.5 | $B_{T_0} = 85870800 \cdot \exp(-27,4036 \cdot D^{-0,23496})$ |
| 2.6 | $B_{T_0} = D^2 / (2,74473 - 0,027825 \cdot D + 0,000127 \cdot D^2)$ |
| 2.7 | $B_{T_0} = 0,104406 \cdot D^{2,44907}$ |
| 2.8 | $B_{T_0} = 457945 \cdot (1 - \exp(-0,00246853 \cdot D))^{2,65146}$ |
| 2.9 | $B_{T_0} = 181,32 \cdot \exp(0,0401095 \cdot D)$ |

7.2. Kiểm định những hàm $B_{T_0} = f(D)$.

| Hàm | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|-----|-------|----------|--------|--------|------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.5 | 99,88 | 52,02 | 43,48 | 21,24 | 100.135,0 |
| 2.6 | 99,98 | 22,39 | 17,34 | 13,42 | 18.547,1 |
| 2.7 | 99,99 | 13,94 | 8,17 | 2,06 | 7.384,1 |
| 2.8 | 99,98 | 21,32 | 15,14 | 4,95 | 16.818,4 |
| 2.9 | 97,24 | 246,35 | 214,49 | 324,83 | $2,3 \cdot 10^6$ |

Phụ lục 8. Phân tích quan hệ giữa B_T với D đối với những cây gỗ ở Rkx.

8.1. Những hàm $B_T = f(D)$.

| Hàm | Phương trình |
|-----|--|
| (1) | (2) |
| 2.5 | $B_T = 30180500 \cdot \exp(-26,8431 \cdot D^{-0,248607})$ |
| 2.6 | $B_T = D^2 / (3,54763 - 0,03588 \cdot D + 0,000171 \cdot D^2)$ |
| 2.7 | $B_T = 0,0952326 \cdot D^{2,40401}$ |
| 2.8 | $B_T = 265019,0 \cdot (1 - \exp(-0,002692 \cdot D))^{2,62074}$ |
| 2.9 | $B_T = 141,609 \cdot \exp(0,039596 \cdot D)$ |

8.2. Kiểm định hàm $B_T = f(D)$.

| Hàm | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|-----|-------|----------|--------|--------|-------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.5 | 99,89 | 37,02 | 30,82 | 20,39 | 50.712,4 |
| 2.6 | 99,97 | 19,55 | 14,10 | 13,51 | 141.41,2 |
| 2.7 | 99,98 | 13,96 | 9,23 | 4,37 | 7.409,7 |
| 2.8 | 99,97 | 15,23 | 9,73 | 3,25 | 8.585,7 |
| 2.9 | 97,01 | 191,74 | 165,95 | 327,04 | $1,39 \cdot 10^6$ |

Phụ lục 9. Phân tích quan hệ giữa B_C với D đối với những cây gỗ ở Rkx.

9.1. Những hàm $B_C = f(D)$.

| Hàm | Phương trình |
|-----|---|
| (1) | (2) |
| 2.5 | $B_C = 434857000,0 \cdot \exp(-30,1817 \cdot D^{-0,195313})$ |
| 2.6 | $B_C = D^2 / (13,2235 - 0,1453 \cdot D + 0,00061 \cdot D^2)$ |
| 2.7 | $B_C = 0,0117021 \cdot D^{2,62574}$ |
| 2.8 | $B_C = 883950,0 \cdot (1 - \exp(-0,0011485 \cdot D))^{2,72612}$ |
| 2.9 | $B_C = 37,4668 \cdot \exp(0,0420843 \cdot D)$ |

9.2. Kiểm định những hàm $B_C = f(D)$.

| Hàm | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|-----|-------|----------|-------|--------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.5 | 99,83 | 15,03 | 12,54 | 24,16 | 8.355,1 |
| 2.6 | 99,98 | 5,07 | 3,94 | 16,49 | 952,9 |
| 2.7 | 99,97 | 6,37 | 4,78 | 5,15 | 1.543,4 |
| 2.8 | 99,95 | 7,79 | 6,07 | 8,03 | 2.244,6 |
| 2.9 | 97,87 | 53,04 | 49,90 | 365,54 | 106.902,0 |

Phụ lục 10. Phân tích quan hệ giữa B_L với D đối với những cây gỗ ở Rkx.

10.1. Những hàm ước lượng $B_L = f(D)$.

| Hàm | Phương trình |
|-----|---|
| (1) | (2) |
| 2.5 | $B_L = 22761800 \cdot \exp(-23,6996 \cdot D^{-0,132062})$ |
| 2.6 | $B_L = D^2 / (146,878 - 0,11542 \cdot D + 0,00429 \cdot D^2)$ |
| 2.7 | $B_L = 0,011981 \cdot D^{1,84345}$ |
| 2.8 | $B_L = 633,652 \cdot (1 - \exp(-0,003709 \cdot D))^2,05749$ |
| 2.9 | $B_L = 2,70339 \cdot \exp(0,032751 \cdot D)$ |

10.2. Kiểm định hàm ước lượng $B_L = f(D)$.

| Hàm | r^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|-----|-------|----------|------|--------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.5 | 99,60 | 0,75 | 0,49 | 12,14 | 20,6 |
| 2.6 | 99,96 | 0,74 | 0,49 | 10,63 | 20,3 |
| 2.7 | 99,54 | 0,78 | 0,55 | 12,33 | 23,5 |
| 2.8 | 99,60 | 0,75 | 0,48 | 10,84 | 20,7 |
| 2.9 | 94,63 | 2,69 | 2,24 | 122,40 | 275,7 |

Phụ lục 11. Phân tích quan hệ giữa B_{T0} với D và H đối với cây gỗ ở Rkx.

11.1. Những hàm $B_{T0} = f(D, H)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|---|
| (1) | (2) |
| 2.10 | $B_{T0} = 8,51043 + 0,0677469 \cdot D^{2,36951} \cdot H^{0,233666}$ |
| 2.11 | $B_{T0} = -22,0229 + 0,54935 \cdot D^2 + 0,00872 \cdot D^3 - 0,17533 \cdot (D^3/H)$ |
| 2.12 | $B_{T0} = 44,5428 - 0,166236 \cdot D^2 + 0,03229 \cdot (D^2 \cdot H)$ |
| 2.13 | $B_{T0} = 0,019623 \cdot (D^2 \cdot H)^{1,0253}$ |
| 2.14 | $B_{T0} = 0,00608 \cdot (D \cdot H)^{1,75929}$ |

11.2. Kiểm định những hàm $B_{T0} = f(D \text{ và } H)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|-------|-------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.10 | 99,98 | 16,25 | 10,35 | 10,03 | 9.508,4 |
| 2.11 | 99,98 | 16,40 | 11,34 | 18,25 | 9.683,4 |
| 2.12 | 99,93 | 33,99 | 28,89 | 44,65 | 59.167,4 |
| 2.13 | 99,93 | 38,84 | 31,78 | 12,73 | 57.322,5 |
| 2.14 | 99,82 | 62,30 | 50,56 | 19,90 | 147.474,0 |

Phụ lục 12. Phân tích quan hệ giữa B_T với D và H đối với cây gỗ ở Rkx.

12.1. Những hàm $B_T = f(D, H)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|---|
| (1) | (2) |
| 2.10 | $B_T = 0,071817 \cdot D^2,33498 \cdot H^{0,175445}$ |
| 2.11 | $B_T = -19,6681 + 0,49244 \cdot D^2 + 0,00749 \cdot D^3 - 0,186752 \cdot (D^3/H)$ |
| 2.12 | $B_T = 22,5585 - 0,0500136 \cdot D^2 + 0,0215854 \cdot (D^2 \cdot H)$ |
| 2.13 | $B_T = 0,0187384 \cdot (D^2 \cdot H)^{1,00518}$ |
| 2.14 | $B_T = 0,005957 \cdot (D \cdot H)^{1,72445}$ |

12.2. Kiểm định những hàm $B_T = f(D, H)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|-------|-------|----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.10 | 99,98 | 13,27 | 7,57 | 1,90 | 6.522,2 |
| 2.11 | 99,98 | 16,00 | 10,86 | 21,69 | 9.217,2 |
| 2.12 | 99,95 | 24,25 | 16,79 | 29,67 | 21.767,9 |
| 2.13 | 99,95 | 25,73 | 20,37 | 10,50 | 25.162,1 |
| 2.14 | 99,85 | 42,64 | 33,98 | 17,89 | 69.084,6 |

Phụ lục 13. Phân tích quan hệ giữa B_C với D và H đối với cây gỗ ở Rkx.

13.1. Những hàm $B_C = f(D, H)$.

| Hàm | Phương trình: |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.10 | $B_C = 0,0295049 \cdot D^2,83861 \cdot H^{-0,55743}$ |
| 2.11 | $B_C = -2,20707 + 0,05007 \cdot D^2 + 0,00126 \cdot D^3 + 0,01057 \cdot (D^3/H)$ |
| 2.12 | $B_C = 70,1804 + 0,441398 \cdot D^2 - 7,63261 \cdot (D^2/H)$ |
| 2.13 | $B_C = 0,001831 \cdot (D^2 \cdot H)^{1,1045}$ |
| 2.14 | $B_C = 0,000466 \cdot (D \cdot H)^{1,90908}$ |

13.2. Kiểm định những hàm $B_C = f(D, H)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR_{\min} |
|------|-------|----------|-------|--------|--------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.10 | 99,98 | 4,59 | 2,93 | 5,76 | 779,6 |
| 2.11 | 99,98 | 4,42 | 2,69 | 8,59 | 703,8 |
| 2.12 | 99,38 | 28,95 | 21,12 | 221,64 | 31.021,0 |
| 2.13 | 99,86 | 13,64 | 11,44 | 19,16 | 7.073,5 |
| 2.14 | 99,72 | 19,14 | 16,17 | 26,83 | 13.929,0 |

Phụ lục 14. Phân tích quan hệ giữa B_L với D và H đối với cây gỗ ở Rkx.

14.1. Những hàm $B_L = f(D, H)$.

| Hàm | Phương trình | |
|------|---|--------|
| (1) | (2) | |
| 2.10 | $B_L = 0,005458 * D^{1,617} * H^{0,531985}$ | (3.46) |
| 2.11 | $B_L = -0,148969 + 0,00697 * D^2 - 0,00003 * D^3 + 0,00068 * (D^3/H)$ | (3.47) |
| 2.12 | $B_L = -0,854338 + 0,0031071 * D^2 + 0,086412 * (D^2/H)$ | (3.48) |
| 2.13 | $B_L = 0,00399 * (D^2 * H)^{0,75832}$ | (3.49) |
| 2.14 | $B_L = 0,001839 * (D * H)^{1,28904}$ | (3.50) |

14.2. Kiểm định những hàm $B_L = f(D, H)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR_{min} | |
|------|-------|----------|------|-------|-------------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.10 | 99,59 | 0,76 | 0,49 | 10,57 | 21,2 | (3.46) |
| 2.11 | 99,60 | 0,75 | 0,49 | 13,68 | 20,6 | (3.47) |
| 2.12 | 99,47 | 0,85 | 0,62 | 22,87 | 26,9 | (3.48) |
| 2.13 | 99,58 | 0,75 | 0,50 | 10,89 | 21,3 | (3.49) |
| 2.14 | 99,53 | 0,80 | 0,58 | 13,32 | 24,3 | (3.50) |

Phụ lục 15. Phân tích quan hệ giữa B_{T_0} với D đối với cây gỗ ở Rtr.

15.1. Những hàm $B_{T_0} = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | |
|-----|--|--------|
| (1) | (2) | |
| 2.5 | $B_{T_0} = 1996520 * \exp(-21,6224 * D^{-0,281413})$ | (3.52) |
| 2.6 | $B_{T_0} = D^2 / (2,5315 - 0,029343 * D + 0,000221 * D^2)$ | (3.53) |
| 2.7 | $B_{T_0} = 0,221072 * D^{2,26362}$ | (3.54) |
| 2.8 | $B_{T_0} = 82741,8 * (1 - \exp(-0,004541 * D))^{2,48402}$ | (3.55) |
| 2.9 | $B_{T_0} = 59,6194 * \exp(0,0677671 * D)$ | (3.56) |

15.2. Kiểm định những hàm $B_{T_0} = f(D)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR_{min} | |
|-----|-------|----------|------|------|-------------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.5 | 99,61 | 25,8 | 17,7 | 9,1 | 21256,1 | (3.52) |
| 2.6 | 99,66 | 23,8 | 16,7 | 7,0 | 18224,5 | (3.53) |
| 2.7 | 99,68 | 23,1 | 15,6 | 4,8 | 17690,2 | (3.54) |
| 2.8 | 99,67 | 23,6 | 14,8 | 3,1 | 17819,1 | (3.55) |
| 2.9 | 98,22 | 54,4 | 45,6 | 53,2 | 97621,9 | (3.56) |

Phụ lục 16 Phân tích quan hệ giữa B_T với D đối với những cây gỗ ở Rtr.

16.1. Những hàm ước lượng $B_T = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | |
|-----|--|--------|
| (1) | (2) | |
| 2.5 | $B_T = 661590 \cdot \exp(-21,3822 \cdot D^{-0,240394})$ | (3.57) |
| 2.6 | $B_T = D^2 / (3,21701 - 0,0325962 \cdot D + 0,000252 \cdot D^2)$ | (3.58) |
| 2.7 | $B_T = 0,198298 \cdot D^{2,21079}$ | (3.59) |
| 2.8 | $B_T = 74915,1 \cdot (1 - \exp(-0,003681 \cdot D))^2,355978$ | (3.60) |
| 2.9 | $B_T = 46,3141 \cdot \exp(0,0665107 \cdot D)$ | (3.61) |

16.2. Kiểm định những hàm $B_T = f(D)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR_{\min} | |
|-----|-------|----------|------|------|--------------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.5 | 99,61 | 18,8 | 12,8 | 7,4 | 11391,2 | (3.57) |
| 2.6 | 99,64 | 18,0 | 12,6 | 6,8 | 10394,9 | (3.58) |
| 2.7 | 99,66 | 17,5 | 12,0 | 5,2 | 10144,2 | (3.59) |
| 2.8 | 99,65 | 17,8 | 11,3 | 3,6 | 10150,9 | (3.60) |
| 2.9 | 98,11 | 41,1 | 34,6 | 51,9 | 55680,7 | (3.61) |

Phụ lục 17. Phân tích quan hệ giữa B_C với D đối với những cây gỗ ở Rtr.

17.1. Những hàm ước lượng $B_C = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | |
|-----|---|--------|
| (1) | (2) | |
| 2.5 | $B_C = 2485850 \cdot \exp(-22,7839 \cdot D^{-0,241378})$ | (3.62) |
| 2.6 | $B_C = D^2 / (12,5218 - 0,184819 \cdot D + 0,001467 \cdot D^2)$ | (3.63) |
| 2.7 | $B_C = 0,0367155 \cdot D^{2,35033}$ | (3.64) |
| 2.8 | $B_C = 49790,3 \cdot (1 - \exp(-0,00292795 \cdot D))^2,47357$ | (3.65) |
| 2.9 | $B_C = 12,5329 \cdot \exp(0,0698411 \cdot D)$ | (3.66) |

17.2. Kiểm định những hàm $B_C = f(D)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|-----|-------|----------|------|------|--------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.5 | 99,67 | 5,4 | 3,7 | 7,9 | 958,6 | (3.62) |
| 2.6 | 99,70 | 5,2 | 3,9 | 8,3 | 884,4 | (3.63) |
| 2.7 | 99,72 | 5,1 | 3,6 | 5,3 | 841,7 | (3.64) |
| 2.8 | 99,71 | 5,1 | 3,4 | 3,8 | 842,5 | (3.65) |
| 2.9 | 98,35 | 12,2 | 10,1 | 59,0 | 4894,1 | (3.66) |

Phụ lục 18. Phân tích quan hệ giữa B_L với D đối với những cây gỗ ở Rtr.

18.1. Những hàm ước lượng $B_L = f(D)$.

| Hàm (1) | Phương trình (2) | |
|------------|---|--------|
| 2.5 | $B_L = 470860 \cdot \exp(-28,8707 \cdot D^{-0,239594})$ | (3.67) |
| 2.6 | $B_L = D^2 / (154,042 - 3,76867 \cdot D + 0,030581 \cdot D^2)$ | (3.68) |
| 2.7 | $B_L = 0,000615832 \cdot D^{2,93267}$ | (3.69) |
| 2.8 | $B_L = 171864 \cdot (1 - \exp(-0,00148134 \cdot D))^3 \cdot 0,2151$ | (3.70) |
| 2.9 | $B_L = 1,00904 \cdot \exp(0,084300 \cdot D)$ | (3.71) |

18.2. Kiểm định những hàm $B_L = f(D)$.

| Hàm (1) | R^2 (2) | $\pm Se$ (3) | MAE (4) | MAPE (5) | SSR (6) | |
|------------|--------------|-----------------|------------|-------------|------------|--------|
| 2.5 | 99,42 | 1,2 | 0,8 | 16,2 | 42,7 | (3.67) |
| 2.6 | 99,47 | 1,1 | 0,7 | 9,6 | 38,6 | (3.68) |
| 2.7 | 99,48 | 1,1 | 0,7 | 9,1 | 38,5 | (3.69) |
| 2.8 | 99,47 | 1,1 | 0,7 | 9,8 | 38,7 | (3.70) |
| 2.9 | 98,76 | 1,7 | 1,3 | 62,0 | 91,2 | (3.71) |

Phụ lục 19. Phân tích quan hệ giữa B_{CL} với D đối với những cây gỗ ở Rtr.

19.1. Những hàm ước lượng $B_{CL} = f(D)$.

| Hàm (1) | Phương trình (2) | |
|------------|--|--------|
| 2.6 | $B_{CL} = D^2 / (11,7137 - 0,186707 \cdot D + 0,001434 \cdot D^2)$ | (3.72) |
| 2.7 | $B_{CL} = 0,0326799 \cdot D^{2,41842}$ | (3.73) |

19.2. Kiểm định những hàm $B_{CL} = f(D)$.

| Hàm (1) | R^2 (2) | $\pm Se$ (3) | MAE (4) | MAPE (5) | SSR (6) | |
|------------|--------------|-----------------|------------|-------------|------------|--------|
| 2.6 | 99,72 | 5,9 | 4,2 | 8,0 | 1115,9 | (3.72) |
| 2.7 | 99,73 | 5,6 | 3,7 | 4,1 | 1064,4 | (3.73) |

Phụ lục 20. Phân tích quan hệ giữa B_{To} với D và H đối với cây gỗ ở Rtr.

20.1. Những hàm $B_{To} = f(D, H)$.

| Hàm (1) | Phương trình (2) | |
|------------|---|--------|
| 2.10 | $B_{To} = 0,110037 \cdot D^{1,17442} \cdot H^{1,52004}$ | (3.74) |
| 2.11 | $B_{To} = -36,6254 + 1,63824 \cdot D^2 + 0,01484 \cdot D^3 - 0,90699 \cdot (D^3/H)$ | (3.75) |
| 2.12 | $B_{To} = 16,7976 + 0,79329 \cdot D^2 - 4,85167 \cdot (D^2/H)$ | (3.76) |
| 2.13 | $B_{To} = 0,495904 \cdot (D^2/H)^{1,76464}$ | (3.77) |
| 2.14 | $B_{To} = 0,120967 \cdot (D \cdot H)^{1,31807}$ | (3.78) |

20.2. Kiểm định những hàm $B_{To} = f(D, H)$.

| Hàm | R ² | ±Se | MAE | MAPE | SSR | |
|------|----------------|------|------|------|----------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.10 | 99,69 | 23,1 | 15,5 | 4,9 | 17.049,5 | (3.74) |
| 2.11 | 99,70 | 23,2 | 16,3 | 6,7 | 16.644,3 | (3.75) |
| 2.12 | 99,69 | 23,5 | 14,9 | 3,6 | 17.665,9 | (3.6) |
| 2.13 | 99,66 | 23,7 | 15,8 | 4,8 | 18.686,6 | (3.77) |
| 2.14 | 99,69 | 22,7 | 15,5 | 4,9 | 17.062,3 | (3.78) |

Phụ lục 21. Phân tích quan hệ giữa B_T với D và H đối với cây gỗ ở Rtr.

21.1. Những hàm B_T = f(D, H).

| Hàm | Phương trình | |
|------|---|--------|
| (1) | (2) | |
| 2.10 | $B_T = 0,096846 \cdot D^{1,09135} \cdot H^{1,56203}$ | (3.79) |
| 2.11 | $B_T = -28,1845 + 1,2815 \cdot D^2 + 0,010773 \cdot D^3 - 0,705187 \cdot (D^3/H)$ | (3.80) |
| 2.12 | $B_T = 6,70283 + 0,549478 \cdot D^2 - 2,70205 \cdot (D^2/H)$ | (3.81) |
| 2.13 | $B_T = 0,136678 \cdot (D^2 \cdot H)^{0,813571}$ | (3.82) |
| 2.14 | $B_T = 0,11005 \cdot (D \cdot H)^{1,2873}$ | (3.83) |

21.2. Kiểm định những hàm B_T = f(D, H).

| Hàm | R ² | ±Se | MAE | MAPE | SSR | |
|------|----------------|------|------|------|---------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.10 | 99,67 | 17,5 | 11,9 | 5,3 | 9770.2 | (3.79) |
| 2.11 | 99,68 | 17,5 | 12,3 | 6,6 | 9493.9 | (3.80) |
| 2.12 | 99,65 | 17,7 | 11,1 | 3,1 | 10040.9 | (3.81) |
| 2.13 | 99,66 | 17,3 | 11,9 | 5,2 | 9922.2 | (3.82) |
| 2.14 | 99,66 | 17,2 | 11,9 | 5,3 | 9802.58 | (3.83) |

Phụ lục 22. Phân tích quan hệ giữa B_C với D và H đối với cây gỗ ở Rtr.

22.1. Những hàm B_C = f(D, H).

| Hàm | Phương trình | |
|------|---|--------|
| (1) | (2) | |
| 2.10 | $B_C = 0,0109769 \cdot D^{0,454818} \cdot H^{2,64175}$ | (3.84) |
| 2.11 | $B_C = -6,97924 + 0,273414 \cdot D^2 + 0,002814 \cdot D^3 - 0,138454 \cdot (D^3/H)$ | (3.85) |
| 2.12 | $B_C = 5,97668 + 0,198116 \cdot D^2 - 1,50796 \cdot (D^2/H)$ | (3.86) |
| 2.13 | $B_C = 0,0247182 \cdot (D^2 \cdot H)^{0,864936}$ | (3.87) |
| 2.14 | $B_C = 0,0196333 \cdot (D \cdot H)^{1,36857}$ | (3.88) |

22.2. Kiểm định những hàm $B_C = f(D, H)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------|-------|----------|-----|------|-------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.10 | 99,73 | 5,0 | 3,5 | 5,3 | 797.0 | (3.84) |
| 2.11 | 99,72 | 5,1 | 3,7 | 6,8 | 810.6 | (3.85) |
| 2.12 | 99,71 | 5,1 | 3,4 | 4,3 | 846.9 | (3.86) |
| 2.13 | 99,72 | 5,0 | 3,2 | 5,3 | 824.7 | (3.87) |
| 2.14 | 99,72 | 5,0 | 3,5 | 5,3 | 815,8 | (3.88) |

Phụ lục 23. Phân tích quan hệ giữa B_L với D và H đối với cây gỗ ở Rtr.

23.1. Những hàm $B_L = f(D, H)$.

| Hàm | Phương trình | |
|------|--|--------|
| (1) | (2) | |
| 2.10 | $B_L = 0,0001385 \cdot D^{0,661272} \cdot H^{3,18004}$ | (3.89) |
| 2.11 | $B_L = -1,46167 + 0,083323 \cdot D^2 + 0,001258 \cdot D^3 - 0,06336 \cdot (D^3/H)$ | (3.90) |
| 2.12 | $B_L = 4,11809 + 0,0456959 \cdot D^2 - 0,641654 \cdot (D^2/H)$ | (3.91) |
| 2.13 | $B_L = 0,00036204 \cdot (D^2 \cdot H)^{1,08282}$ | (3.92) |
| 2.14 | $B_L = 0,000271 \cdot (D \cdot H)^{1,71356}$ | (3.93) |

23.2. Kiểm định những hàm $B_L = f(D, H)$.

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------|-------|----------|-----|------|------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.10 | 99,52 | 1,0 | 0,7 | 9,2 | 34,8 | (3.89) |
| 2.11 | 99,53 | 1,1 | 0,7 | 14,9 | 34,3 | (3.90) |
| 2.12 | 99,40 | 1,2 | 0,8 | 20,3 | 44,8 | (3.91) |
| 2.13 | 99,49 | 1,1 | 0,7 | 9,2 | 37,2 | (3.92) |
| 2.14 | 99,50 | 1,1 | 0,7 | 9,2 | 36,5 | (3.93) |

Phụ lục 24. Phân tích những hàm $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ ở Rkx.

24.1. Những hàm $B_{To} = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | |
|------|--|--|
| (1) | (2) | |
| 2.15 | $B_{To} = 749,485 \cdot V^{1,02273}$ | |
| 2.16 | $B_{To} = V^2 / (-0,000033 + 0,001361 \cdot V - 0,000011 \cdot V^2)$ | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR | |
|------|-------|----------|-------|-------|----------|--|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
| 2.15 | 99,97 | 25,60 | 20,38 | 18,60 | 24.909,0 | |
| 2.16 | 99,98 | 16,40 | 11,18 | 18,60 | 9.953,1 | |

24.2. Những hàm $B_T = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.15 | $B_T = 581,374 * V^{1,00316}$ | | | | |
| 2.16 | $B_T = V^2 / (-0,000186 + 0,001913 * V - 0,000025 * V^2)$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|-------|-------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,98 | 16,85 | 12,78 | 7,49 | 10.797,1 |
| 2.16 | 99,10 | 106,5 | 61,04 | 73,07 | 419.869,0 |

24.3. Những hàm $B_C = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.15 | $B_C = 158,543 * V^{1,09963}$ | | | | |
| 2.16 | $B_C = V^2 / (-0,000078 + 0,006204 * V - 0,000139 * V^2)$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|------|-------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,92 | 10,54 | 8,86 | 15,85 | 4.229,0 |
| 2.16 | 99,98 | 5,33 | 3,25 | 35,05 | 1.054,7 |

24.4. Những hàm $B_L = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.15 | $B_L = 9,69685 * V^{0,761433}$ | | | | |
| 2.16 | $B_L = V^2 / (-0,000830 + 0,101224 * V + 0,009101 * V^2)$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|------|-------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,59 | 0,73 | 0,49 | 11,43 | 20,7 |
| 2.16 | 99,23 | 1,03 | 0,84 | 19,54 | 39,3 |

24.5. Những hàm $B_{CL} = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|--|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.15 | $B_{CL} = 168,051 * V^{1,08562}$ | | | | |
| 2.16 | $B_{CL} = V^2 / (-0,000140 + 0,005939 * V - 0,000123 * V^2)$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|------|-------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,91 | 10,93 | 9,24 | 16,18 | 4.544,2 |
| 2.16 | 99,98 | 4,92 | 3,14 | 19,42 | 895,6 |

Phụ lục 25. Phân tích những hàm BEF = f(D) đối với những cây gỗ ở Rkx.

25.1. Những hàm ước lượng $BEF_{T_0} = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|--|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_{T_0} = (0,835973 + 1,65451/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_{T_0} = 1,64743 * D^{-0,20645}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 98,19 | 0,0181 | 0,0137 | 1,67 | 0.0125 |
| 2.20 | 80,94 | 0,0588 | 0,0472 | 5,53 | 0.1314 |

25.2. Những hàm ước lượng $BEF_T = f(D)$.

| Hàm | Phương trình $BEF_{T(k)} - D$ | | | | |
|------|------------------------------------|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_T = (0,726805 + 1,78606/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_T = 1,54187 * D^{-0,259744}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 99,36 | 0,0104 | 0,0082 | 1,26 | 0.0042 |
| 2.20 | 87,00 | 0,0471 | 0,0374 | 5,62 | 0.0842 |

25.3. Những hàm ước lượng $BEF_C = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|------------------------------------|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_C = (0,370148 + 1,69558/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_C = 0,877946 * D^{-0,452822}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|-------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 96,36 | 0,0140 | 0,0104 | 5,42 | 0.0075 |
| 2.20 | 79,94 | 0,0329 | 0,0256 | 12,63 | 0.0413 |

25.4. Những hàm ước lượng $BEF_{CL} = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_{CL} = (0,380201 + 1,75667/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_{CL} = 0,948287 * D^{-0,459283}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|-------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 97,16 | 0,0132 | 0,0097 | 4,84 | 0.0066 |
| 2.20 | 82,59 | 0,0327 | 0,0257 | 12,03 | 0.0407 |

Phụ lục 26. Phân tích những hàm BEF = f(V) đối với những cây gỗ ở Rkx.

26.1. Những hàm ước lượng $BEF_{T_0} = f(V)$.

| Hàm | Phương trình $BEF_{T_0(k)} - V$ | | | | |
|------|--|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.20 | $BEF_{T_0} = 0,776192 * V^{-0,078851}$ | | | | |
| 2.21 | $BEF_{T_0} = \text{sqrt}(0,618877 + 0,006341/V)$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.20 | 83,75 | 0,0543 | 0,0436 | 5,13 | 0,1120 |
| 2.21 | 89,80 | 0,0430 | 0,0327 | 3,70 | 0,0703 |

26.2. Những hàm ước lượng $BEF_T = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|--|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.20 | $BEF_T = 0,598651 * V^{-0,098532}$ | | | | |
| 2.21 | $BEF_T = \text{sqrt}(0,372672 + 0,005066/V)$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.20 | 89,34 | 0,0426 | 0,0339 | 5,12 | 0,0690 |
| 2.21 | 89,53 | 0,0422 | 0,0337 | 4,91 | 0,0678 |

26.3. Những hàm ước lượng $BEF_C = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|--|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.20 | $BEF_C = 0,16919 * V^{-0,170055}$ | | | | |
| 2.21 | $BEF_C = \text{sqrt}(0,030549 + 0,001097/V)$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|-------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.20 | 82,64 | 0,0307 | 0,0238 | 11,77 | 0,0358 |
| 2.21 | 96,41 | 0,0139 | 0,0110 | 5,20 | 0,0074 |

26.4. Những hàm ước lượng $BEF_{CL} = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.20 | $BEF_{CL} = 0,178571 * V^{-0,172232}$ | | | | |
| 2.21 | $BEF_{CL} = \text{sqrt}(0,034115 + 0,001237/V)$ | | | | |

| Hàm | R ² | ±Se | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|--------|--------|-------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.20 | 85,11 | 0,0302 | 0,0236 | 11,15 | 0,0348 |
| 2.21 | 95,76 | 0,0161 | 0,0125 | 5,48 | 0,0099 |

Phụ lục 27. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rkx.

27.1. Những hàm ước lượng tổng sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rkx.

| Hàm | Phương trình B _{To} = f(G): |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_{To} = \sqrt{-679.525 + 45.3771 \cdot G^2}$ |
| 2.27 | $B_{To} = 4.53418 \cdot G^{1.11709}$ |
| 2.28 | $B_{To} = G^2 / (-0.005413 + 0.175006 \cdot G - 0.000878 \cdot G^2)$ |

27.2. Kiểm định những hàm tổng sinh khối dựa theo G của Rkx.

| Hàm | R ² | S _e | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|----------------|------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 97,2 | 11,7 | 10,2 | 12,8 | 2.479,7 |
| 2.27 | 97,6 | 10,8 | 8,7 | 11,1 | 2.108,1 |
| 2.28 | 97,6 | 11,1 | 8,6 | 11,1 | 2.103,8 |

27.3. Những hàm ước lượng sinh khối thân dựa theo G của Rkx.

| Hàm | Phương trình B _T = f(G): |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_T = \sqrt{-344.752 + 27.1014 \cdot G^2}$ |
| 2.27 | $B_T = 3.69634 \cdot G^{1.10146}$ |
| 2.28 | $B_T = G^2 / (-0.062711 + 0.22824 \cdot G - 0.001136 \cdot G^2)$ |

27.4. Kiểm định những hàm sinh khối thân dựa theo G của Rkx.

| Hàm | R ² | S _e | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|----------------|-----|------|--------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 97,6 | 8,4 | 7,3 | 11,8 | 1263,0 |
| 2.27 | 97,9 | 7,7 | 6,3 | 10,3 | 1083,5 |
| 2.28 | 97,9 | 7,9 | 6,2 | 10,3 | 1072,5 |

27.5. Những hàm ước lượng sinh khối cành và lá dựa theo G của Rkx.

| Hàm | Phương trình B _{CL} = f(G): |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_{CL} = \sqrt{-28.7257 + 2.61464 \cdot G^2}$ |
| 2.27 | $B_{CL} = 1.20187 \cdot G^{1.08797}$ |
| 2.28 | $B_{CL} = G^2 / (-0.105381 + 0.710081 \cdot G - 0.002945 \cdot G^2)$ |

27.6. Kiểm định những hàm sinh khối cành và lá dựa theo G của Rkx.

| Hàm | R ² | S _e | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|----------------|-----|------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 97,2 | 2,8 | 2,4 | 11,5 | 140,5 |
| 2.27 | 97,4 | 2,6 | 2,1 | 10,1 | 126,8 |
| 2.28 | 97,4 | 2,7 | 2,1 | 10,3 | 126,8 |

Phụ lục 28. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rkx.

28.1. Những hàm ước lượng tổng sinh khối dựa theo M của Rkx.

| Hàm | Phương trình B _{To} = f(M): |
|------|---|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_{To} = \sqrt{667.437 + 0.55571 * M^2}$ |
| 2.27 | $B_{To} = 1.28668 * M^{0.903048}$ |
| 2.28 | $B_{To} = M^2 / (9.55951 + 1.00007 * M + 0.001091 * M^2)$ |

28.2. Kiểm định những hàm tổng sinh khối dựa theo M của Rkx.

| Hàm | R ² | S _e | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|----------------|-----|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 97,8 | 10,5 | 7,2 | 8,9 | 1.971,1 |
| 2.27 | 98,2 | 9,5 | 6,5 | 8,8 | 1.624,5 |
| 2.28 | 98,4 | 9,2 | 6,4 | 8,3 | 1.436,2 |

28.3. Những hàm ước lượng sinh khối thân dựa theo M của Rkx.

| Hàm | Phương trình B _T = f(M): |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_T = \sqrt{477.254 + 0.331105 * M^2}$ |
| 2.27 | $B_T = 1.06408 * M^{0.89098}$ |
| 2.28 | $B_T = M^2 / (9.67883 + 1.30161 * M + 0.00142031 * M^2)$ |

28.4. Kiểm định những hàm sinh khối thân dựa theo M của Rkx.

| Hàm | R ² | S _e | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|----------------|-----|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 97,9 | 7,7 | 5,5 | 8,7 | 1.074,2 |
| 2.27 | 98,4 | 6,8 | 4,6 | 8,1 | 832,7 |
| 2.28 | 98,6 | 6,5 | 4,5 | 7,6 | 730,0 |

28.5. Những hàm ước lượng sinh khối cành và lá dựa theo M của Rkx.

| Hàm | Phương trình B _{CL} = f(M): |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_{CL} = \sqrt{51.9046 + 0.031884 * M^2}$ |
| 2.27 | $B_{CL} = 0.349374 * M^{0.881111}$ |

$$2.28 \quad B_{CL} = M^2 / (32.4375 + 4.08979 * M + 0.0049215 * M^2)$$

28.6. Kiểm định những hàm sinh khối cành và lá dựa theo M của Rkx.

| Hàm | R ² | S _e | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|----------------|-----|------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 97,4 | 2,6 | 1,7 | 8,0 | 130,4 |
| 2.27 | 97,9 | 2,4 | 1,6 | 8,0 | 103,5 |
| 2.28 | 98,2 | 2,2 | 1,5 | 7,5 | 91,7 |

Phụ lục 29. Phân tích những hàm $B_i = f(V)$ đối với cây gỗ thuộc Rtr.

29.1. Những hàm $B_{T_0} = f(V)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.15 | $B_{T_0} = 777,839 * V^{0,83301}$ |
| 2.16 | $B_{T_0} = V^2 / (-0.0000231 + 0.001125 * V + 0.000172 * V^2)$ |

| Hàm | R ² | ±Se | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|------|------|------|----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,68 | 22,9 | 15,5 | 4,8 | 17.289,6 |
| 2.16 | 99,21 | 36,7 | 25,7 | 37,3 | 43142,7 |

29.2. Những hàm $B_T = f(V)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.15 | $B_T = 576,648 * V^{0,81357}$ |
| 2.16 | $B_T = V^2 / (-0.00001217 + 0.001398 * V + 0.0003149 * V^2)$ |

| Hàm | R ² | ±Se | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|------|------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,66 | 17,3 | 11,9 | 5,3 | 9.926,6 |
| 2.16 | 99,56 | 19,9 | 13,6 | 7,0 | 12652,3 |

29.3. Những hàm $B_C = f(V)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.15 | $B_C = 176,646 * V^{0,86493}$ |
| 2.16 | $B_C = V^2 / (-0.0000360 + 0.004897 * V + 0.000723 * V^2)$ |

| Hàm | R ² | ±Se | MAE | MAPE | SSR |
|------|----------------|-----|-----|------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,72 | 5,0 | 3,6 | 5,3 | 825,2 |
| 2.16 | 99,67 | 5,5 | 3,7 | 6,4 | 967,5 |

29.4. Những hàm $B_L = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|--|----------|-----|------|------|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.15 | $B_L = 24,1928 * V^{1,08280}$ | | | | |
| 2.16 | $B_L = V^2 / (0.000345123 + 0.0442287 * V - 0.00290909 * V^2)$ | | | | |
| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,49 | 1,1 | 0,9 | 9,2 | 37,2 |
| 2.16 | 99,49 | 1,0 | 0,7 | 9,6 | 3,2 |

29.5. Những hàm $B_{CL} = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---|----------|-----|------|--------|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.15 | $B_{CL} = 201,023 * V^{0,89003}$ | | | | |
| 2.16 | $B_{CL} = V^2 / (-0.0001359 + 0.004863 * V + 0.000279 * V^2)$ | | | | |
| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.15 | 99,74 | 5,5 | 3,7 | 4,1 | 1036,7 |
| 2.16 | 98,01 | 15,6 | 8,8 | 64,4 | 7874,6 |

Phụ lục 30. Phân tích những hàm $BEF_i = f(D)$ đối với cây gỗ ở Rtr.

30.1. Những hàm ước lượng $BEF_{T_0} = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|--|----------|-------|------|--------|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_{T_0} = (0.789223 + 3.92412/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_{T_0} = 3,98667 * D^{-0,452887}$ | | | | |
| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 96,91 | 0,04 | 0,04 | 4,0 | 0,065 |
| 2.20 | 99,98 | 0,003 | 0,002 | 0,18 | 0,0003 |

30.2. Những hàm ước lượng $BEF_T = f(D)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|------------------------------------|----------|-------|------|--------|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_T = (0.668725 + 3.83544/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_T = 3,5747 * D^{-0,505579}$ | | | | |
| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 97,2 | 0,04 | 0,03 | 4,3 | 0,044 |
| 2.20 | 99,98 | 0,002 | 0,001 | 0,19 | 0,0002 |

30.3. Những hàm ước lượng $BEF_C = f(D)$.

| Hàm | | Phương trình | | | |
|------|------------------------------------|--------------|-----|-----|-----|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | $BEF_C = (0.385633 + 1.47184/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_C = 0,662015 * D^{-0,365971}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 96,50 | 0,008 | 0,007 | 3,4 | 0,0021 |
| 2.20 | 99,97 | 0,0007 | 0,0005 | 0,22 | 0,00002 |

30.4. Những hàm ước lượng $BEF_{CL} = f(D)$.

| Hàm | | Phương trình | | | |
|------|---------------------------------------|--------------|-----|-----|-----|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | $BEF_{CL} = (0.41879 + 1.25173/D)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_{CL} = 0,588873 * D^{-0,297814}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|--------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 96,03 | 0,007 | 0,006 | 2,8 | 0,0019 |
| 2.20 | 99,97 | 0,0007 | 0,0004 | 0,18 | 0,00001 |

Phụ lục 31. Phân tích những hàm $BEF_i = f(V)$ đối với cây gỗ ở Rtr.

31.1. Những hàm ước lượng $BEF_{T_0} = f(V)$.

| Hàm | | Phương trình | | | |
|------|--|--------------|-----|-----|-----|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | $BEF_{T_0} = (0.92046 + 0.00613631/V)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_{T_0} = 0,778104 * V^{-0,166735}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|-------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 78,0 | 0,11 | 0,09 | 9,9 | 0,4185 |
| 2.20 | 99,98 | 0,002 | 0,001 | 0,15 | 0,00023 |

31.2. Những hàm ước lượng $BEF_T = f(V)$.

| Hàm | | Phương trình | | | |
|------|---------------------------------------|--------------|-----|-----|-----|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | $BEF_T = (0.795214 + 0.00606378/V)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_T = 0,576873 * V^{-0,186159}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|-------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 80,6 | 0,09 | 0,08 | 11,0 | 0,299 |
| 2.20 | 99,99 | 0,002 | 0,001 | 0,16 | 0,00015 |

31.3. Những hàm ước lượng $BEF_C = f(V)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_C = (0.433846 + 0.00233687/V)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_C = 0,176799*V^{-0,134731}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|-------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 79,0 | 0,02 | 0,02 | 8,0 | 0,0131 |
| 2.20 | 99,97 | 0,007 | 0,005 | 0,20 | 0,00014 |

31.4. Những hàm ước lượng $BEF_{CL} = f(V)$.

| Hàm | Hàm | | | | |
|------|--|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.19 | $BEF_{CL} = (0.459671 + 0.00199107/V)^2$ | | | | |
| 2.20 | $BEF_{CL} = 0,201092*V^{-0,109643}$ | | | | |

| Hàm | R^2 | $\pm Se$ | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|----------|-------|------|---------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.19 | 78,00 | 0,018 | 0,015 | 6,5 | 0,0107 |
| 2.20 | 99,97 | 0,006 | 0,004 | 0,17 | 0,00001 |

Phụ lục 32. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo G của Rtr.

32.1. Những hàm ước lượng $B_{T_0} = f(G)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.26 | $B_{T_0} = \sqrt{-180.334 + 46.0128*G^2}$ | | | | |
| 2.27 | $B_{T_0} = 5.72228*G^{1.05738}$ | | | | |
| 2.28 | $B_{T_0} = G^2/(-0.015164 + 0.163613*G - 0.000802*G^2)$ | | | | |

32.2. Kiểm định những hàm $B_{T_0} = f(G)$.

| Hàm | R^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 99,8 | 1,7 | 1,1 | 1,4 | 41,4 |
| 2.27 | 99,9 | 1,3 | 0,9 | 1,2 | 23,6 |
| 2.28 | 99,9 | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 18,3 |

32.3. Những hàm ước lượng $B_T = f(G)$.

| Hàm | Phương trình | | | | |
|------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| (1) | (2) | | | | |
| 2.26 | $B_T = \sqrt{-82.6296 + 25.9289*G^2}$ | | | | |
| 2.27 | $B_T = 4.44704*G^{1.04564}$ | | | | |

$$2.28 \quad B_T = G^2/(-0.015068 + 0.213354 * G - 0.000842 * G^2)$$

32.4. Kiểm định những hàm ước lượng $B_T = f(G)$.

| Hàm | R^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 99,9 | 1,0 | 0,6 | 1,1 | 14,7 |
| 2.27 | 99,9 | 0,8 | 0,5 | 1,0 | 8,5 |
| 2.28 | 99,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 6,6 |

32.5. Những hàm ước lượng $B_{CL} = f(G)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_{CL} = \sqrt{-17.2622 + 2.85333 * G^2}$ |
| 2.27 | $B_{CL} = 1.28359 * G^{1.09276}$ |
| 2.28 | $B_{CL} = G^2/(-0.067551 + 0.691491 * G - 0.005003 * G^2)$ |

32.6. Kiểm định những hàm ước lượng $B_{CL} = f(G)$.

| Hàm | R^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|-----|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 99,6 | 0,7 | 0,4 | 2,4 | 6,5 |
| 2.27 | 99,8 | 0,5 | 0,4 | 2,1 | 3,7 |
| 2.28 | 99,8 | 0,5 | 0,3 | 1,9 | 3,0 |

Phụ lục 33. Những hàm sinh khối trên mặt đất dựa theo M của Rtr.

33.1. Những hàm ước lượng $B_{T_0} = f(M)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|--|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_{T_0} = \sqrt{-121.061 + 0.804284 * M^2}$ |
| 2.27 | $B_{T_0} = 0.836362 * M^{1.01288}$ |
| 2.28 | $B_{T_0} = M^2/(14.629 + 0.793641 * M + 0.001549 * M^2)$ |

33.2. Kiểm định những hàm $B_{T_0} = f(M)$.

| Hàm | R^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 98,2 | 5,7 | 4,3 | 9,8 | 459,8 |
| 2.27 | 98,2 | 5,8 | 4,2 | 9,6 | 470,8 |
| 2.28 | 98,4 | 5,5 | 4,0 | 9,8 | 403,8 |

33.3. Những hàm ước lượng $B_T = f(M)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|---|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_T = \sqrt{-47.6727 + 0.45293 * M^2}$ |
| 2.27 | $B_T = 0.663079 * M^{1.0019}$ |

$$2.28 \quad B_T = M^2 / (19.5576 + 1.02961 * M + 0.002252 * M^2)$$

33.4. Kiểm định những hàm $B_T = f(M)$.

| Hàm | R^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 98,1 | 4,3 | 3,3 | 9,7 | 269,2 |
| 2.27 | 98,1 | 4,4 | 3,2 | 9,5 | 273,0 |
| 2.28 | 98,4 | 4,1 | 3,0 | 9,7 | 230,6 |

33.5. Những hàm ước lượng $B_{CL} = f(M)$.

| Hàm | Phương trình |
|------|---|
| (1) | (2) |
| 2.26 | $B_{CL} = \sqrt{-13.9023 + 0.049945 * M^2}$ |
| 2.27 | $B_{CL} = 0.176861 * M^{1.04572}$ |
| 2.28 | $B_{CL} = M^2 / (60.6301 + 3.38047 * M + 0.00479844 * M^2)$ |

33.6. Kiểm định những hàm $B_{CL} = f(M)$.

| Hàm | R^2 | S_e | MAE | MAPE | SSR |
|------|-------|-------|-----|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 2.26 | 98,3 | 1,4 | 1,0 | 10,4 | 27,2 |
| 2.27 | 98,3 | 1,4 | 1,0 | 10,1 | 28,1 |
| 2.28 | 98,5 | 1,3 | 0,9 | 10,1 | 25,0 |

Phụ lục 34. Ước lượng sinh khối cây gỗ thuộc Rkx theo 6 phương pháp.

34.1. Ước lượng tổng sinh khối

| D (cm) | Tổng sinh khối (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 10 | 29,4 | 34,4 | 138,3 | 28,7 | 26,2 | 29,3 |
| 16 | 92,8 | 94,2 | 100,3 | 92,5 | 86,4 | 92,8 |
| 22 | 202,5 | 200,4 | 202,3 | 205,7 | 198,9 | 202,6 |
| 28 | 365,5 | 360,3 | 362,0 | 372,7 | 370,0 | 365,6 |
| 34 | 588,1 | 579,9 | 583,1 | 597,5 | 604,7 | 588,2 |
| 40 | 875,6 | 865,6 | 873,5 | 887,3 | 910,9 | 875,7 |
| 46 | 1232,9 | 1220,7 | 1231,5 | 1238,5 | 1285,5 | 1232,9 |
| 52 | 1664,7 | 1649,7 | 1661,3 | 1653,6 | 1731,5 | 1664,4 |
| 58 | 2175,1 | 2157,7 | 2171,6 | 2139,0 | 2255,6 | 2174,4 |
| 64 | 2768,1 | 2748,2 | 2766,0 | 2695,3 | 2858,8 | 2766,8 |
| 70 | 3447,5 | 3424,4 | 3447,5 | 3322,4 | 3541,1 | 3445,2 |
| 76 | 4216,7 | 4185,1 | 4201,6 | 4003,4 | 4284,7 | 4213,2 |
| 82 | 5079,1 | 5039,4 | 5060,1 | 4763,9 | 5116,9 | 5074,1 |
| 88 | 6038,1 | 5990,9 | 6032,7 | 5607,8 | 6042,0 | 6031,1 |
| 94 | 7096,7 | 7031,8 | 7076,5 | 6492,7 | 7014,4 | 7087,3 |

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T.bình | 2391,5 | 2372,2 | 2393,9 | 2273,4 | 2421,9 | 2389,6 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

34.2. Ước lượng sinh khối thân.

| D (cm) | Sinh khối thân (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 10 | 24,1 | 22,4 | 16,4 | 23,4 | 21,2 | 24,2 |
| 16 | 74,7 | 71,5 | 60,5 | 73,7 | 68,0 | 74,7 |
| 22 | 160,7 | 156,5 | 143,4 | 161,8 | 155,4 | 160,6 |
| 28 | 286,9 | 282,0 | 269,8 | 290,8 | 288,1 | 286,8 |
| 34 | 457,6 | 452,2 | 443,5 | 463,7 | 470,2 | 457,4 |
| 40 | 676,3 | 671,1 | 670,5 | 686,1 | 707,9 | 676,2 |
| 46 | 946,4 | 940,9 | 948,5 | 954,9 | 998,6 | 946,3 |
| 52 | 1270,8 | 1264,7 | 1279,8 | 1272,2 | 1344,7 | 1270,9 |
| 58 | 1652,3 | 1645,4 | 1669,5 | 1642,7 | 1751,4 | 1652,7 |
| 64 | 2093,4 | 2085,4 | 2118,4 | 2067,0 | 2219,5 | 2094,3 |
| 70 | 2596,7 | 2586,7 | 2626,4 | 2544,8 | 2748,9 | 2598,2 |
| 76 | 3164,3 | 3149,0 | 3180,5 | 3063,3 | 3326,0 | 3166,7 |
| 82 | 3798,5 | 3777,4 | 3800,9 | 3642,1 | 3971,8 | 3802,1 |
| 88 | 4501,3 | 4474,3 | 4491,0 | 4284,0 | 4689,6 | 4506,3 |
| 94 | 5274,8 | 5235,5 | 5216,7 | 4956,7 | 5444,2 | 5281,5 |

34.3. Ước lượng sinh khối cành.

| D (cm) | Sinh khối cành (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 10 | 8,5 | 5,4 | 8,2 | 8,3 | 7,5 | 4,5 |
| 16 | 23,2 | 19,5 | 19,2 | 23,8 | 21,2 | 16,3 |
| 22 | 46,9 | 43,2 | 42,3 | 49,6 | 46,3 | 38,4 |
| 28 | 81,4 | 78,5 | 77,9 | 86,3 | 84,4 | 73,2 |
| 34 | 128,6 | 127,4 | 127,3 | 134,7 | 136,5 | 122,7 |
| 40 | 190,8 | 191,7 | 192,9 | 196,2 | 204,6 | 188,6 |
| 46 | 270,2 | 273,6 | 274,7 | 269,9 | 287,8 | 272,7 |
| 52 | 369,5 | 375,0 | 374,5 | 356,2 | 386,9 | 376,5 |
| 58 | 491,2 | 497,6 | 495,3 | 456,5 | 503,4 | 501,5 |
| 64 | 637,7 | 643,6 | 639,1 | 570,9 | 637,4 | 649,0 |
| 70 | 811,1 | 814,8 | 808,4 | 699,3 | 789,0 | 820,5 |
| 76 | 1012,6 | 1013,9 | 1001,5 | 838,1 | 954,2 | 1017,0 |
| 82 | 1242,8 | 1241,9 | 1228,9 | 992,7 | 1139,1 | 1240,0 |
| 88 | 1500,5 | 1500,5 | 1497,0 | 1163,9 | 1344,6 | 1490,5 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 94 | 1783,2 | 1793,7 | 1797,9 | 1342,8 | 1560,7 | 1769,6 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

34.4. Ước lượng sinh khối cành và lá.

| D (cm) | Sinh khối cành và lá (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 10 | 9,1 | 6,0 | 27,5 | 8,8 | 8,0 | 5,2 |
| 16 | 24,8 | 21,2 | 22,8 | 25,2 | 22,5 | 18,1 |
| 22 | 50,0 | 46,5 | 46,4 | 52,4 | 49,0 | 41,9 |
| 28 | 86,5 | 83,9 | 83,4 | 91,3 | 89,2 | 78,7 |
| 34 | 136,2 | 135,3 | 134,9 | 142,4 | 144,3 | 130,6 |
| 40 | 201,4 | 202,5 | 203,1 | 207,4 | 216,2 | 199,4 |
| 46 | 284,3 | 287,7 | 288,2 | 285,2 | 304,2 | 286,5 |
| 52 | 387,4 | 392,7 | 391,8 | 376,3 | 408,9 | 393,6 |
| 58 | 513,2 | 519,4 | 516,8 | 482,3 | 532,0 | 522,1 |
| 64 | 664,0 | 669,5 | 665,4 | 603,0 | 673,6 | 673,3 |
| 70 | 841,8 | 845,2 | 839,7 | 738,6 | 833,8 | 848,5 |
| 76 | 1047,9 | 1049,2 | 1037,6 | 885,1 | 1008,4 | 1048,8 |
| 82 | 1282,7 | 1282,2 | 1269,9 | 1048,3 | 1203,8 | 1275,6 |
| 88 | 1545,6 | 1546,0 | 1542,2 | 1229,0 | 1421,0 | 1529,8 |
| 94 | 1834,2 | 1844,6 | 1846,1 | 1417,9 | 1649,3 | 1812,5 |

Phụ lục 35. Ước lượng sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rtr theo 6 phương pháp khác nhau.

35.1. Ước lượng tổng sinh khối

| D (cm) | Tổng sinh khối (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 8 | 24,5 | 9,8 | 24,6 | 24,6 | 24,5 | 24,6 |
| 12 | 61,3 | 58,3 | 61,3 | 61,3 | 61,3 | 61,5 |
| 16 | 117,5 | 122,1 | 117,7 | 117,7 | 117,6 | 117,9 |
| 20 | 194,8 | 202,4 | 194,9 | 194,9 | 194,9 | 195,1 |
| 24 | 294,3 | 300,8 | 294,5 | 294,5 | 294,5 | 294,7 |
| 28 | 417,2 | 419,9 | 417,4 | 417,5 | 417,4 | 417,4 |
| 32 | 564,4 | 562,3 | 564,6 | 564,8 | 564,7 | 564,5 |
| 36 | 736,9 | 731,1 | 737,0 | 737,3 | 737,2 | 736,7 |
| 40 | 935,4 | 929,5 | 935,4 | 935,9 | 935,8 | 934,8 |
| 44 | 1160,6 | 1161,0 | 1160,6 | 1161,3 | 1161,1 | 1159,3 |
| 48 | 1413,3 | 1429,2 | 1413,2 | 1414,1 | 1413,9 | 1411,3 |

35.2. Ước lượng sinh khối thân.

| D (cm) | Sinh khối thân (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 8 | 19,7 | 8,0 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 |
| 12 | 48,2 | 45,4 | 48,3 | 48,2 | 48,2 | 48,2 |
| 16 | 91,1 | 94,1 | 91,2 | 91,2 | 91,1 | 91,1 |
| 20 | 149,1 | 154,6 | 149,3 | 149,3 | 149,2 | 149,1 |
| 24 | 223,2 | 228,1 | 223,3 | 223,4 | 223,3 | 223,2 |
| 28 | 313,8 | 316,1 | 313,9 | 314,0 | 314,0 | 313,8 |
| 32 | 421,6 | 420,4 | 421,7 | 421,9 | 421,8 | 421,6 |
| 36 | 547,0 | 543,1 | 547,1 | 547,4 | 547,3 | 547 |
| 40 | 690,5 | 686,5 | 690,5 | 691,0 | 690,8 | 690,5 |
| 44 | 852,4 | 852,9 | 852,4 | 853,0 | 852,8 | 852,4 |
| 48 | 1033,2 | 1044,8 | 1033,2 | 1034,0 | 1033,8 | 1033,2 |

35.3. Ước lượng sinh khối cành.

| D (cm) | Sinh khối cành (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 8 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 |
| 12 | 12,6 | 12,7 | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,6 |
| 16 | 24,8 | 24,9 | 24,9 | 24,9 | 24,9 | 24,8 |
| 20 | 41,9 | 42,0 | 42,0 | 42,0 | 42,0 | 41,9 |
| 24 | 64,4 | 64,5 | 64,4 | 64,5 | 64,5 | 64,4 |
| 28 | 92,5 | 92,6 | 92,5 | 92,6 | 92,6 | 92,5 |
| 32 | 126,6 | 126,7 | 126,7 | 126,8 | 126,7 | 126,6 |
| 36 | 167,0 | 167,0 | 167,0 | 167,2 | 167,2 | 167,0 |
| 40 | 213,9 | 213,9 | 213,9 | 214,2 | 214,1 | 213,9 |
| 44 | 267,6 | 267,6 | 267,6 | 267,9 | 267,9 | 267,6 |
| 48 | 328,3 | 328,2 | 328,4 | 328,8 | 328,7 | 328,4 |

35.4. Ước lượng sinh khối cành và lá.

| D (cm) | Sinh khối cành và lá (kg) theo 6 phương pháp khác nhau: | | | | | |
|--------|---|------------|----------|-------------|-------------|-----------|
| | B = f(D) | B = f(D,H) | B = f(V) | B = (BEF-D) | B = (BEF-V) | B = (R-D) |
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 8 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| 12 | 13,3 | 13,4 | 13,3 | 13,3 | 13,3 | 13,3 |
| 16 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 26,7 |
| 20 | 45,8 | 45,8 | 45,8 | 45,8 | 45,8 | 45,8 |
| 24 | 71,2 | 71,2 | 71,2 | 71,2 | 71,2 | 71,2 |
| 28 | 103,3 | 103,3 | 103,4 | 103,4 | 103,4 | 103,3 |
| 32 | 142,7 | 142,5 | 142,7 | 142,8 | 142,8 | 142,7 |
| 36 | 189,7 | 189,4 | 189,8 | 189,9 | 189,8 | 189,7 |
| 40 | 244,8 | 244,3 | 244,8 | 245,0 | 244,9 | 244,8 |
| 44 | 308,2 | 307,5 | 308,3 | 308,5 | 308,4 | 308,3 |
| 48 | 380,4 | 379,4 | 380,5 | 380,7 | 380,7 | 380,5 |

Phụ lục 36. So sánh 6 phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ ở Rkx.

36.1. Tổng sinh khối

ANOVA Table for BTo by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 200353. | 5 | 40070.6 | 0.01 | 1.0000 |
| Within groups | 4.32998E8 | 84 | 5.15474E6 | | |
| Total (Corr.) | 4.33199E8 | 89 | | | |

36.2. Sinh khối thân

ANOVA Table for BT by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 150212. | 5 | 30042.4 | 0.01 | 1.0000 |
| Within groups | 2.45567E8 | 84 | 2.92342E6 | | |
| Total (Corr.) | 2.45717E8 | 89 | | | |

36.3. Sinh khối cành

ANOVA Table for BT by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 108114. | 5 | 21622.7 | 0.07 | 0.9961 |
| Within groups | 2.49809E7 | 84 | 297392. | | |
| Total (Corr.) | 2.5089E7 | 89 | | | |

36.4. Sinh khối cành và lá

ANOVA Table for BT by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 92336.2 | 5 | 18467.2 | 0.06 | 0.9977 |
| Within groups | 2.67206E7 | 84 | 318103. | | |
| Total (Corr.) | 2.6813E7 | 89 | | | |

Phụ lục 37. So sánh 6 phương pháp xác định sinh khối đối với cây gỗ thuộc Rtr.

37.1. Tổng sinh khối

ANOVA Table for B by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 1238.3 | 5 | 247.661 | 0.00 | 1.0000 |
| Within groups | 1.06566E7 | 54 | 197344. | | |
| Total (Corr.) | 1.06578E7 | 59 | | | |

37.2. Sinh khối thân

ANOVA Table for B by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 1811.84 | 5 | 362.368 | 0.00 | 1.0000 |
| Within groups | 5.60087E6 | 54 | 103720. | | |
| Total (Corr.) | 5.60268E6 | 59 | | | |

37.3. Sinh khối cành

ANOVA Table for B by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 37.1815 | 5 | 7.4363 | 0.00 | 1.0000 |
| Within groups | 563241. | 54 | 10430.4 | | |
| Total (Corr.) | 563278. | 59 | | | |

37.4. Sinh khối cành và lá

ANOVA Table for B by Phương pháp

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Between groups | 37.1815 | 5 | 7.4363 | 0.00 | 1.0000 |
| Within groups | 563241. | 54 | 10430.4 | | |
| Total (Corr.) | 563278. | 59 | | | |