

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

TRẦN THỊ NGOAN

**ƯỚC LƯỢNG SINH KHỐI VÀ DỰ TRỮ CARBON TRÊN
MẶT ĐẤT ĐỐI VỚI RỪNG TRỒNG KEO LAI (*Acacia
auriculiformis x Acacia mangium*) Ở TỈNH ĐỒNG NAI**

Chuyên ngành: Lâm sinh.

Mã số: 9 62 02 05.

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Thành phố Hồ Chí Minh, 2019

Công trình được hoàn thành tại:
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

Người hướng dẫn: TS. Lê Bá Toàn và TS. Nguyễn Tấn Chung.

Phản biện 1:

.....

Phản biện 2:

.....

Phản biện 3:

.....

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp
Trường tại Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.

Vào hồi... giờ... ngày... tháng... năm 2019.

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia.
- Thư viện Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.

MỞ ĐẦU

Đặt vấn đề

Ước lượng chính xác sinh khối của cây gỗ và rừng có ý nghĩa quan trọng trong đánh giá chu trình carbon toàn cầu, phân tích chu trình chuyển hóa vật chất và năng lượng, quản lý rừng, lập kế hoạch và sử dụng rừng, sử dụng năng lượng trong sinh khối của rừng (Kimmins, 1998; Brown, 2002; Chave và ctv, 2005; Zianis và ctv, 2005; Korner, 2005).

Hiện nay tổng diện tích rừng trồng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai là 23.111 ha (Chi cục kiểm lâm Đồng Nai, 2016). Bởi vì sinh khối và dự trữ carbon không chỉ thay đổi theo kiểu rừng, loài cây, tuổi cây và quần thụ, mà còn theo điều kiện môi trường (lập địa) và những phương thức lâm sinh. Vì thế, những nghiên cứu về biến động sinh khối và dự trữ carbon của rừng trồng Keo lai ở mức địa phương và điều kiện lập địa khác nhau vẫn cần phải được đặt ra.

Xuất phát từ những vấn đề nêu trên, nghiên cứu này tập trung trả lời những câu hỏi chính sau đây: (1) Rừng trồng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai có thể được phân chia thành bao nhiêu cấp đất? (2) Sinh trưởng của cây bình quân và quần thụ Keo lai có những đặc trưng gì? (3) Nếu xây dựng những hàm sinh khối với những biến dự đoán khác nhau, thì kết quả ước lượng sinh khối của rừng trồng Keo lai trên những cấp đất khác nhau có sai lệch như thế nào? (4) Sinh khối và dự trữ carbon ở mức cây bình quân và quần thụ Keo lai trên những cấp đất khác nhau có những đặc trưng gì? Những thông tin này không chỉ là cơ sở cho việc phân tích sinh khối và dự trữ carbon của rừng trồng Keo lai ở mức địa phương, vùng và toàn quốc, mà còn xác định chu trình chuyển hóa năng lượng và vật chất, sản lượng khai thác và tính toán chi trả dịch vụ môi trường rừng.

Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu tổng quát

Xác định sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất của rừng trồng Keo lai trên những cấp đất khác nhau.

Mục tiêu cụ thể

- (1) Phân chia cấp đất đối với rừng trồng Keo lai.
- (2) Xây dựng những hàm sinh khối đối với cây bình quân và quần thụ Keo lai dựa trên những biến dự đoán thích hợp.
- (3) Xây dựng những hàm sinh trưởng đối với rừng trồng Keo lai
- (4) Phân tích những đặc trưng sinh khối và dự trữ carbon của rừng trồng Keo lai trên những cấp đất khác nhau.

Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là rừng trồng Keo lai từ 2 - 10 tuổi trên những cấp đất khác nhau tại tỉnh Đồng Nai. Keo lai được sử dụng để trồng rừng là hỗn tạp của các dòng Keo lai thường dùng trong sản xuất như BV32, BV 10, AH7, AH1... Rừng Keo lai được trồng với mật độ ban đầu là 2200 cây/ha (3x1,5 m). Tọa độ địa lý: $10^{\circ} 30' 03''$ - $11^{\circ} 34' 57''$ vĩ độ Bắc; $106^{\circ} 45' 30''$ - $107^{\circ} 35' 00''$ kinh độ Đông. Khí hậu nhiệt đới gió mùa. Nhiệt độ không khí dao động cao từ 23,9 - 29,0°C. Lượng mưa dao động từ 2.400 - 2.800mm/năm. Độ ẩm không khí trung bình 80%. Độ cao dao động từ 20 - 700 m so với mặt nước biển. Đất bao gồm 8 nhóm: đất đá bọt, đất đen, đất đỏ, đất xám, đất nâu xám, đất loang lổ, đất phù sa, đất cát.

Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu của đề tài là sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với cây bình quân và quần thụ Keo lai ở những tuổi và cấp đất khác nhau. Luận án này tập trung giải quyết bốn vấn đề chính. Một là phân chia cấp đất đối với rừng trồng Keo lai. Hai là xây dựng những hàm sinh trưởng đường kính (D, cm), chiều cao (H, m), thể tích thân (V, m^3) cây bình quân và trữ lượng (M, m^3/ha) quần thụ. Ba là xây dựng những hàm sinh khối (B) ở mức cây bình quân và quần thụ. Bốn là phân tích quá trình sinh trưởng (D, H, V, M, B) của cây bình quân và quần thụ Keo lai. Địa điểm nghiên cứu được thực hiện tại tỉnh Đồng Nai. Thời gian nghiên cứu từ 2015 - 2018.

Ý nghĩa của đề tài

Về lý luận, nghiên cứu này cung cấp những thông tin để phân tích biến động sinh khối và chu trình chuyển hóa vật chất và năng lượng đối với rừng trồng Keo lai trên những cấp đất khác nhau. Về thực tiễn, nghiên cứu này cung cấp những hàm sinh khối để lập biểu sinh khối và thống kê sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai ở những tuổi và cấp đất khác nhau. Ngoài ra, nghiên cứu này còn cung cấp những thông tin để xây dựng những biện pháp quản lý rừng, các phương thức lâm sinh và tính toán chi trả dịch vụ môi trường rừng ở tỉnh Đồng Nai.

Những kết quả mới của luận án

Luận án đã phân chia rừng trồng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai thành ba cấp đất dựa theo chiều cao của những cây trội tại tuổi 8. Chỉ số lập địa đối với cấp đất tốt (I), cấp đất trung bình (II) và cấp đất xấu (III) tại tuổi 8 tương ứng là 24 m, 20 m và 16 m.

Luận án đã xây dựng ba phương pháp ước lượng sinh khối ở mức cây bình quân của rừng Keo lai trên ba cấp đất. Phương pháp thứ nhất là hàm sinh khối (B_i) với ba biến dự đoán (Tuổi = A, năm; đường kính = D, cm; D và chiều cao = H, m). Phương pháp thứ hai là hàm ước lượng hệ số điều chỉnh sinh khối (BEF_i) với hai biến dự đoán ($BEF = f(A)$ và $BEF = f(D)$). Phương pháp thứ ba là hàm ước lượng tỷ lệ sinh khối (R_i) với hai biến dự đoán ($R_i = f(A)$ và $R_i = f(D)$). Luận án đã xây dựng 20 hàm sinh khối của các thành phần trên mặt đất ở mức quần thụ. Từ đó xác định tổng sinh khối trung bình trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai ở tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 13,0; 55,3; 122,7; 190,1 và 241,7 tấn/ha. Tổng khối lượng carbon trung bình trong sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 6,1; 26,0; 57,7; 89,3 và 113,6 tấn/ha.

Bố cục của luận án bao gồm phần mở đầu, 3 chương và phần kết luận. Chương 1: Tổng quan. Chương 2: Nội dung và phương pháp nghiên cứu. Chương 3: Kết quả nghiên cứu và thảo luận. Kết luận và đề nghị. Luận án bao gồm 140 trang; 122 bảng; 7 hình và đồ thị; 82 phụ lục. Luận án tham khảo 108 tài liệu trong nước và ngoài nước.

Chương 1 TỔNG QUAN

Đề tài này đã tổng quan về ý nghĩa thống kê sinh khối và dự trữ carbon của rừng; những phương pháp ước lượng sinh khối và dự trữ carbon của rừng; những nghiên cứu về sinh khối và dự trữ carbon đối với rừng ở Việt Nam; những hàm sinh trưởng và sản lượng rừng trồng. Tổng quan này được tóm tắt từ 108 tài liệu tham khảo. Dưới đây là những thảo luận chung.

(1) Phương pháp xác định sinh khối. Sinh khối của cây gỗ và rừng có thể được xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau; trong đó ba phương pháp phổ biến là cân đo trực tiếp sinh khối trên cây mẫu hoặc ô mẫu, hàm sinh khối và sử dụng những số liệu điều tra rừng cùng với hệ số điều chỉnh sinh khối (BEF_i) hoặc tỷ lệ sinh khối (R_i). Trong nghiên cứu này, sinh khối và dự trữ carbon đối với rừng trồng Keo lai đã được ước lượng bằng phương pháp hàm sinh khối và phương pháp dựa trên những số liệu điều tra rừng cùng với BEF_i và R_i . Các hàm sinh khối được xây dựng dựa trên số liệu cân

đo sinh khối trực tiếp tại rừng sau đó lấy mẫu trong phòng thí nghiệm xác định tỷ lệ Bk/Bt, các thành phần sinh khối khô được sử dụng để xây dựng những hàm sinh khối ở mức cây bình quân.

Hiện nay có 2 phương pháp chọn cây tiêu chuẩn để xây dựng hàm sinh khối. Một là phương pháp cây mẫu điển hình theo cấp kính. Hai là phương pháp chọn những cây bình quân lâm phần hoặc những cây bình quân theo cấp D và cấp tuổi (A, năm). Trong nghiên cứu này, giả định phân bố N/D, N/H, N/V và N/B của rừng trồng Keo lai là tiệm cận phân bố chuẩn, các cây mẫu đã được thu thập từ những cây bình quân lâm phần. Ưu điểm của phương pháp này là ở chỗ, trữ lượng gỗ (M) và B_i của các thành phần ($i =$ thân, cành, lá...) ở mức quần thụ có thể được ước lượng dựa theo mối quan hệ $Y_A = N_A * V_A$ và $Y_A = f(B_{iA})$; trong đó $Y_A =$ trữ lượng gỗ và sinh khối quần thụ ở tuổi A năm, $N_A =$ mật độ quần thụ ở tuổi A năm, $V_A =$ thể tích cây bình quân ở tuổi A năm, $B_{iA} =$ sinh khối của các thành phần ở mức cây bình quân tại tuổi A năm. Theo phương pháp này, đề tài xây dựng những hàm ước lượng M và B_i đối với rừng trồng Keo lai.

Sinh khối của các thành phần ở mức cây bình quân và quần thụ còn có thể ước lượng bằng các hệ số BEF_i và R_i . Ưu điểm của hệ số BEF_i là B_i ở mức cây cá thể có thể ước lượng từ biểu thể tích lập sẵn. Ưu điểm của hệ số R_i là ở chỗ, khi biết sinh khối thân (B_T) (xác định từ biểu thể tích và tỷ trọng gỗ) và các hệ số R_i , thì việc ước lượng các thành phần sinh khối khó đo đạc (cành, lá, rễ...) ở mức cây bình quân và quần thụ sẽ trở lên dễ dàng hơn.

(2) Xây dựng và đánh giá độ tin cậy của các hàm sinh trưởng. Về lý thuyết, các hàm sinh trưởng phải thỏa mãn ba điều kiện: $f(A) = 0$; 1 tiệm cận tại $f(A) = Y_{Max}$ tại tuổi thành thực và hai điểm uốn. Trong nghiên cứu này, các hàm chỉ số SI được xây dựng bằng hàm Schumacher. Các hàm sinh khối ở mức cây bình quân với biến dự đoán A và D được kiểm định theo 5 hàm: Korf, Korsun-Strand, Drakin-Vuevski và lũy thừa. Các hàm sinh khối ở quần thụ với biến dự đoán A đã được kiểm định theo 2 hàm: Gompertz và Korf. Sở dĩ sử dụng những hàm này là vì chúng thỏa mãn ba điều kiện: $f(A) = 0$; 1 tiệm cận tại $f(A) = Y_{Max}$ và hai điểm uốn. Các hàm sinh khối với hai biến dự đoán D và H được kiểm định bằng 5 hàm khác nhau.

Các hàm sinh khối được xây dựng dựa trên số liệu cân đo sinh khối trực tiếp tại rừng. Các hệ số của các hàm sinh khối được ước lượng bằng phương pháp phân tích hồi quy và tương quan phi tuyến. Các hàm sinh khối thích hợp được kiểm định theo 6 tiêu chuẩn: hệ số xác định (r^2), sai lệch chuẩn của ước lượng (S), sai số hệ thống (ME), sai số tuyệt đối trung bình (MAE), sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE) và tổng sai lệch bình phương (SSR). Mục đích của việc xây dựng các hàm sinh khối là sử dụng chúng để

ước lượng sinh khối với sai lệch nhỏ nhất. Vì thế, các hàm sinh khối thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

Chương 2 NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

1. Phân chia cấp đất đối với rừng trồng Keo lai.
2. Sinh trưởng của rừng trồng Keo lai trên những cấp đất khác nhau.
3. Xây dựng những hàm sinh khối đối với cây bình quân của rừng Keo lai.
4. Xây dựng những hàm sinh khối đối với rừng trồng Keo lai.
5. Sinh khối của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất khác nhau.
6. Sự tích lũy carbon và hấp thụ dioxit carbon đối với rừng trồng Keo lai.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp luận

Phương pháp luận của đề tài dựa trên ba quan điểm cơ bản. Một là sinh khối và tỷ lệ carbon trong những thành phần của cây các thể và quần thụ thuần loài đồng tuổi thay đổi theo tuổi và cấp đất. Hai là phương pháp hàm sinh khối là phương pháp thích hợp để ước lượng những thành phần sinh khối (B_i , $i =$ tổng số, thân, cành, lá...) ở mức cây bình quân và quần thụ. Ba là sinh khối rừng trồng thuần loài đồng tuổi có thể được ước lượng bằng cách cộng dồn sinh khối của từng cây trong ô mẫu hoặc nhân mật độ quần thụ với sinh khối cây bình quân. Trong đề tài này, các hàm sinh khối ở mức cây bình quân được xây dựng theo ba biến dự đoán A, D và tổ hợp của hai biến D và H. Các hàm $B_i = f(A)$ được sử dụng để ước lượng sinh khối và phân tích quá trình biến đổi sinh khối theo cấp A. Các hàm $B_i = f(D)$, $B_i = f(D, H)$, $BEF_i = f(A, D)$ và $R_i = f(A, D)$ được sử dụng để ước lượng sinh khối cây cá thể và quần thụ ở những cấp A khác nhau. Sinh khối quần thụ trên mỗi cấp đất được xác định bằng cách phối hợp các hàm sinh khối với các hàm mật độ quần thụ ($N = f(A)$).

Từ những quan điểm trên đây, cách tiếp cận của đề tài bắt đầu từ phân chia rừng trồng Keo lai theo những tuổi và cấp đất khác nhau. Kế đến xây dựng những hàm sinh khối ở mức cây bình quân và quần thụ đối với từng cấp đất dựa theo số liệu sinh khối cây bình quân được cân đo trực tiếp tại rừng sau đó lấy mẫu trong phòng thí nghiệm, tính tỷ lệ B_k/B_t . các thành phần sinh

khối khô được sử dụng để xây dựng những hàm sinh khối ở mức cây bình quân. Sau đó sử dụng những hàm sinh khối thích hợp để ước lượng sinh khối và dự trữ carbon trong sinh khối ở mức cây bình quân và quần thụ.

2.2.2. Những giả thuyết nghiên cứu

(1) Sinh trưởng và năng suất gỗ của rừng trồng Keo lai thay đổi tùy theo tuổi và cấp đất. Giả thuyết này được kiểm định bằng phương pháp so sánh sinh trưởng và năng suất gỗ của rừng trồng Keo lai ở những cấp tuổi và cấp đất khác nhau.

(2) Những hàm sinh khối với những biến dự đoán khác nhau cho kết quả tương tự như nhau. Giả thuyết này được kiểm định bằng phương pháp so sánh sai lệch của các hàm sinh khối với những biến dự đoán khác nhau.

(3) Quá trình biến đổi sinh khối của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất là khác nhau. Giả thuyết này được kiểm định bằng phương pháp so sánh quá trình biến đổi sinh khối của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất khác nhau.

2.2.3. Phương pháp thu thập số liệu

Cấp đất được xác định từ 36 ô tiêu chuẩn tại tuổi 10; trong đó phân chia trên 4 khu vực (Vĩnh Cửu, Long Thành, Xuân Lộc và Định Quán), mỗi khu vực 9 ô tiêu chuẩn. Đặc trưng của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi được phân tích từ 81 ô tiêu chuẩn; trong đó phân chia trên 3 cấp đất, mỗi cấp đất 27 ô tiêu chuẩn, mỗi tuổi trên 1 cấp đất 3 ô tiêu chuẩn. Trên mỗi cấp đất, các ô tiêu chuẩn được chọn điển hình theo tuổi và cấp đất.

Tổng số cây giải tích để phân chia cấp đất là 111 cây; trong đó 108 cây được sử dụng để xây dựng các hàm chỉ số lập địa (SI), mỗi cấp SI là 36 cây, còn 3 cây để kiểm tra khả năng ứng dụng của các hàm SI.

Sinh trưởng (D, H và V) của cây bình quân trên ba cấp đất được phân tích từ 54 cây giải tích tại tuổi 10; trong đó mỗi cấp đất 18 cây; mỗi tuổi trên một cấp đất 6 cây. Sinh khối cây bình quân từ 2 đến 10 tuổi trên ba cấp đất được thu thập từ 162 cây; trong đó mỗi cấp đất 54 cây, mỗi tuổi trên một cấp đất 6 cây. Ngoài ra, sử dụng 15 cây ở 5 cấp A (2, 4, 6, 8 và 10) không tham gia xây dựng hàm sinh khối để kiểm tra khả năng ứng dụng của hàm sinh khối cây bình quân. Tổng số cây bình quân được cân đo sinh khối là 177 cây.

Điều kiện khí hậu được thu thập từ những trạm khí tượng trong khu vực nghiên cứu. Địa hình được xác định dựa theo bản đồ địa hình với tỷ lệ 1/50.000 và máy GPS. Đất được xác định dựa theo bản đồ đất với tỷ lệ 1/100.000. Hiện trạng rừng Keo lai được thu thập từ số liệu của các Ban quản lý rừng và Chi cục kiểm lâm tỉnh Đồng Nai.

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

(1) Phân chia cấp đất đối với rừng trồng Keo lai

Trong đề tài này, hàm $H_0 = f(A)$ thích hợp được chọn ở dạng hàm Schumacher (1939) (Hàm 2.1). Hàm chỉ số SI tại tuổi A_0 hay H_0 tại tuổi A_0 có dạng hàm 2.2.

$$H_0 = m \cdot \exp(-b/A^c) \quad (2.1)$$

$$SI = \exp(\ln(H_0) - b_1(1/A^c - 1/A_0^c)) \quad (2.2)$$

Tuổi cơ sở thích hợp được chọn tại thời điểm mà hàm chỉ số SI được sử dụng để chuyển H_0 tại A_0 về H_0 tại tuổi A (năm) với tổng sai lệch bình phương nhỏ nhất (SSR_{\min}). Số lượng chỉ số SI là 3 cấp; trong đó mỗi cấp chỉ số SI kế cận cách nhau 4,0 m.

(2) Xây dựng những hàm sinh trưởng đối với cây bình quân

Các hàm thích hợp được kiểm định từ hai hàm Korf (2.3) và Gompertz (2.4); trong đó $Y = D$, H và V , còn $A =$ tuổi cây hoặc quần thụ. Các hàm ước lượng D , H và V phù hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

$$Y = m \cdot \exp(-b \cdot A^{-c}) \quad (2.3)$$

$$Y = m \cdot \exp(-b \cdot \exp(-c \cdot A)) \quad (2.4)$$

(3) Xây dựng những hàm sinh trưởng đối với quần thụ Keo lai

Trữ lượng (M , m^3/ha) của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất đã được xác định theo công thức (2.5). Ở công thức (2.5), N và V tương ứng là mật độ quần thụ và thể tích thân cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên ba cấp đất. Thể tích thân cây bình quân trên ba cấp đất được xác định từ những hàm $V = f(A)$ thích hợp nhất. Mật độ của rừng trồng Keo lai được xác định theo hàm 2.6; trong đó m , b và k là những tham số.

$$M = N \cdot V \quad (2.5)$$

$$N = m \cdot \exp(-b \cdot A) + k \quad (2.6)$$

Sau đó xây dựng hàm ước lượng $M = f(A)$ đối với ba cấp đất bằng hai hàm (2.3) và hàm (2.4). Hàm $M = f(A)$ thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

(4) Xây dựng những hàm sinh khối cây bình quân

Những hàm ước lượng $B_i = f(A)$ và $B_i = f(D)$ được kiểm định theo 4 hàm 2.7 – 2.10. Sau đó chọn hàm thích hợp theo tiêu chuẩn SSR_{\min}

$$\text{Hàm Korf: } Y = m \cdot \exp(-b \cdot X^{-c}) \quad (2.7)$$

$$\text{Hàm Korsun - Strand: } Y = X^2 / (a + b \cdot X + c \cdot X^2) \quad (2.8)$$

$$\text{Hàm lũy thừa: } Y = a \cdot X^b \quad (2.9)$$

$$\text{Hàm Drakin - Vuevski: } Y = a \cdot (1 - \exp(-b \cdot X))^c \quad (2.10)$$

Những hàm $B_i = f(D, H)$ ở mức cây bình quân trên ba cấp đất đã được kiểm định theo 5 hàm 2.11 – 2.15. Hàm sinh khối thích hợp nhất được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

$$B = a * D^b * H^c \quad (2.11)$$

$$B = a + b * D^2 + c * D^3 + d * (D^3/H) \quad (2.12)$$

$$B = a + b * D^2 + c * (D^2/H) \quad (2.13)$$

$$B = a * (D^2 * H)^b \quad (2.14)$$

$$B = a * (D * H)^b \quad (2.15)$$

Những hàm $BEF_i = f(A)$ và $BEF_i = f(D)$ thích hợp được kiểm định theo hàm đa bậc (Hàm 2.16). Hàm BEF_i thích hợp nhất được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} . Sau đó khảo sát hàm (2.16) để xác định khuynh hướng biến đổi của các hệ số BEF_i theo cấp A và cấp D

$$BEF_i = a + bX + \dots + d * X^k \quad (2.16)$$

Những hàm $R_{To} = f(X)$ và $R_{CL} = f(X)$ thích hợp được kiểm định theo hàm đa bậc (Hàm 2.17). Hàm R_i thích hợp nhất được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} . Sau đó khảo sát hàm (2.17) để xác định khuynh hướng biến đổi của các R_i theo cấp A và cấp D.

$$R_i = a + bX + \dots + d * X^k \quad (2.17)$$

Sau đó so sánh sai lệch của 5 hàm: $B_i = f(A)$; $B_i = f(D)$; $B_i = f(D, H)$; $B_i = V_T * BEF_i$ và $B_i = B_T * R_i$. Từ đó chọn những hàm sinh khối thích hợp theo tiêu chuẩn SSR_{\min} .

(5) Xây dựng hàm sinh khối đối với rừng trồng Keo lai

Các hàm sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai ở những tuổi khác nhau trên ba cấp đất được xây dựng bằng Korf (Hàm 2.18) và hàm Gompertz (Hàm 2.19). Hàm B_i thích hợp được chọn theo tiêu chuẩn SSR_{\min} . Sau đó khảo sát hàm B_i để xác định những đặc trưng sinh khối của rừng trồng Keo lai.

$$\text{Korf: } B_i = m * \exp(-b * A^c) \quad (2.18)$$

$$\text{Gompertz: } B_i = m * \exp(-b * \exp(-c * A)) \quad (2.19)$$

Dự trữ carbon trên mặt đất (C , tấn) đối với 1 ha rừng trồng Keo lai (M_C , tấn/ha) ở những tuổi và cấp đất khác nhau được xác định bằng cách nhân sinh khối 1 ha (B_i , tấn) với tỷ lệ carbon (P_C) trong những thành phần sinh khối ($P_i = 0,47$). Khối lượng CO_2 (M_{CO_2} , tấn/ha) mà 1 ha rừng trồng Keo lai đã hấp thu được xác định bằng cách nhân khối lượng C (tấn/ha) với hệ số chuyển đổi từ CO_2 thành C , nghĩa là $CO_2 = C * 3,67$ ($3,67 = 44/12$).

Công cụ tính toán là bảng tính Excel, phần mềm thống kê Statgraphics Plus version 15.0 và SPSS 22.0.

Chương 3

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân chia cấp đất đối với rừng trồng Keo lai

Những phân tích thống kê cho thấy hàm ước lượng $H_0 = f(A)$ đối với rừng trồng Keo lai từ ở khu vực nghiên cứu phù hợp với hàm Schumacher (Hàm 3.1).

$$H_0 = \exp(3,65344 - 2,76734/A^{0,707464}) \quad (3.1)$$

$$r^2 = 83,3\%; S = \pm 2,8; MAE = 2,2; MAPE = 16,1\%.$$

Ba hàm SI được chọn với độ dốc (b_1) bằng nhau. Tuổi 8 là tuổi cơ sở thích hợp để phân chia cấp đất đối với rừng trồng Keo lai. Theo định nghĩa chỉ số SI, xác định được các hàm SI ở giữa (SI_G) và các hàm SI ở giới hạn (SI_{GH}) giữa các cấp lập địa I – III (Bảng 3.1).

Bảng 3.1. Các hàm chỉ số SI đối với rừng trồng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai.

Cấp đất	Hàm chỉ số SI:	
(1)	(2)	
$I_{(Trên)}$	$SI = \exp((\ln(26) - 2,76734*(1/A^{0,707464} - 0,22967)))$	(3.2)
I	$SI = \exp((\ln(24) - 2,76734*(1/A^{0,707464} - 0,22967)))$	(3.3)
I-II	$SI = \exp((\ln(22) - 2,76734*(1/A^{0,707464} - 0,22967)))$	(3.4)
II	$SI = \exp((\ln(20) - 2,76734*(1/A^{0,707464} - 0,22967)))$	(3.5)
II-III	$SI = \exp((\ln(18) - 2,76734*(1/A^{0,707464} - 0,22967)))$	(3.6)
III	$SI = \exp((\ln(16) - 2,76734*(1/A^{0,707464} - 0,22967)))$	(3.7)
$III_{(Dưới)}$	$SI = \exp((\ln(14) - 2,76734*(1/A^{0,707464} - 0,22967)))$	(3.8)

3.2. Sinh trưởng của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất khác nhau

3.2.1. Xây dựng các hàm sinh trưởng ở mức cây bình quân

Những phân tích thống kê cho thấy hàm Korf là hàm thích hợp để xây dựng hàm ước lượng $D = f(A)$, $H = f(A)$ và $V = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I – III (Bảng 3.2 - 3.7). Các hàm này có $r^2 > 97,0\%$ và SSR_{Min} .

Bảng 3.2. Những hàm ước lượng $D = f(A)$ thích hợp đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên 4 cấp đất I – III.

Cấp đất	Phương trình $D = f(A)$	
(1)	(2)	
I	$D = 31,2808*\exp(-2,73731*A^{-0,735119})$	(3.9)
II	$D = 25,0532*\exp(-2,83963*A^{-0,794667})$	(3.10)
III	$D = 24,7709*\exp(-2,94157*A^{-0,676557})$	(3.11)
Bình quân	$D = 26,9723*\exp(-2,83635*A^{-0,737503})$	(3.12)

Bảng 3.3. Những hàm ước lượng $H = f(A)$ thích hợp đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I – III.

Cấp đất	Phương trình $H = f(A)$:	
(1)	(2)	
I	$H = 39,0314 \cdot \exp(-2,73395 \cdot A^{-0,703197})$	(3.13)
II	$H = 30,8288 \cdot \exp(-2,80994 \cdot A^{-0,771698})$	(3.14)
III	$H = 30,7331 \cdot \exp(-2,94927 \cdot A^{-0,650567})$	(3.15)
Bình quân	$H = 32,7685 \cdot \exp(-2,80662 \cdot A^{-0,722334})$	(3.16)

Bảng 3.4. Những hàm ước lượng $V = f(A)$ thích hợp đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I – III.

Cấp đất	Phương trình $V = f(A)$	
(1)	(2)	
I	$V = 1,70141 \cdot \exp(-8,06496 \cdot A^{-0,689754})$	(3.17)
II	$V = 0,920076 \cdot \exp(-8,15145 \cdot A^{-0,720512})$	(3.18)
III	$V = 2,0023 \cdot \exp(-9,11306 \cdot A^{-0,507079})$	(3.19)
Bình quân	$V = 1,63871 \cdot \exp(-8,05432 \cdot A^{-0,597368})$	(3.20)

3.2.2. Xây dựng các hàm sinh trưởng đối với rừng trồng Keo lai

(1) Những hàm mật độ đối với rừng trồng Keo lai Keo lai

Hàm ước lượng $N = f(A)$ đối với 1 ha rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, II và III tương ứng có dạng như hàm 3.21 – 3.24. Bốn mô hình này đều có $r^2 > 99,0\%$ và SSR_{Min} .

$$N_{(I)} = 1756,6 \cdot \exp(-0,08971 \cdot A) + 569 \quad (3.21)$$

$$r^2 = 99,6\%; S = 19,8; MAE = 11,6; MAPE = 0,62\%.$$

$$N_{(II)} = 2945,8 \cdot \exp(-0,03919 \cdot A) - 634 \quad (3.22)$$

$$r^2 = 99,7\%; S = 15,4; MAE = 9,5; MAPE = 0,53\%.$$

$$N_{(III)} = 3999,9 \cdot \exp(-0,02428 \cdot A) - 1686 \quad (3.23)$$

$$r^2 = 99,2\%; S = 23,9; MAE = 17,7; MAPE = 0,96\%.$$

$$N_{(I-III)} = 3139,9 \cdot \exp(-0,035982 \cdot A) - 839 \quad (3.24)$$

$$r^2 = 99,8\%; S = 14,2; MAE = 8,7; MAPE = 0,47\%.$$

(2) Những hàm ước lượng trữ lượng gỗ của rừng trồng Keo lai

Những phân tích thông kê cho thấy hàm Korf là hàm thích hợp để xây dựng hàm ước lượng $M = f(A)$ đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III (Bảng 3.5). Những hàm này đều có $r^2 > 99,0\%$ và SSR_{Min} .

Bảng 3.5. Những hàm ước lượng $M = f(A)$ thích hợp đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I – III.

Cấp đất	Phương trình $M = f(A)$	
(1)	(2)	
I	$M = 840,237 \cdot \exp(-7,69321 \cdot A^{-1,05005})$	(3.25)
II	$M = 486,999 \cdot \exp(-8,34325 \cdot A^{-1,14191})$	(3.26)
III	$M = 603,1 \cdot \exp(-8,07009 \cdot A^{-0,807421})$	(3.27)
Bình quân	$M = 638,404 \cdot \exp(-7,52414 \cdot A^{-0,982493})$	(3.28)

(3) Sinh trưởng trữ lượng gỗ của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất

Khảo sát bốn hàm (3.25) – (3.28) cho thấy trữ lượng gỗ của rừng trồng Keo lai thay đổi rõ rệt theo tuổi và cấp đất. Sản lượng gỗ cây đứng đối với rừng trồng Keo lai 10 tuổi trên ba cấp đất I, II và III tương ứng là 423,3 m³/ha, 266,8 m³/ha và 171,5 m³/ha; trung bình là 291,7 m³/ha. Đại lượng ZM_{\max} giảm dần từ cấp đất I (65,5 m³/ha/năm) đến cấp đất II (42,7 m³/ha/năm) và cấp đất III (23,5 m³/ha/năm); trung bình 3 cấp đất là 43,4 m³/ha/năm. Thời điểm xuất hiện ZM_{\max} trên cấp đất I và II tại tuổi 4, còn cấp đất III ở sau tuổi 6; trung bình ba cấp đất tại tuổi 4. Tương tự, đại lượng ΔM_{\max} giảm dần từ cấp đất I (44,2 m³/ha/năm) đến cấp đất II (28,0 m³/ha/năm) và đến cấp đất III (17,2 m³/ha/năm); trung bình 3 cấp đất là 30,1 m³/ha/năm. Thời điểm xuất hiện ΔM_{\max} trên cấp đất I và II tại tuổi 8, còn cấp đất III ở sau tuổi 10; trung bình ba cấp đất tại tuổi 8.

3.3. Xây dựng hàm sinh khối đối với cây bình quân của rừng Keo lai

3.3.1. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo tuổi cây

Những phân tích hồi quy và tương quan cho thấy những hàm sinh khối thích hợp đối với cây bình quân trên cấp đất I, II và III có dạng hàm Korsun-Strand (Bảng 3.6 - 3.9). Các hàm này đều có $r^2 > 96\%$ và SSR_{\min} .

Bảng 3.6. Những hàm ước lượng $B_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(A)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{T0} = A^2 / (0,719514 - 0,0800942 \cdot A + 0,0048293 \cdot A^2)$	(3.29)
Thân	$B_T = A^2 / (1,01967 - 0,132002 \cdot A + 0,00763764 \cdot A^2)$	(3.30)
Cành	$B_C = A^2 / (4,52559 - 0,333908 \cdot A + 0,0282014 \cdot A^2)$	(3.31)
Lá	$B_L = A^2 / (1,72822 + 0,717259 \cdot A + 0,0385407 \cdot A^2)$	(3.32)
Cành và lá	$B_{CL} = A^2 / (2,0333 - 0,00815287 \cdot A + 0,0109929 \cdot A^2)$	(3.33)

Bảng 3.7. Những hàm ước lượng $B_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II.

Thành phần (1)	Phương trình $B_i = f(A)$: (2)	
Tổng số	$B_{To} = A^2 / (0,844007 - 0,115889 * A + 0,00892793 * A^2)$	(3.34)
Thân	$B_T = A^2 / (1,19609 - 0,182665 * A + 0,0128251 * A^2)$	(3.35)
Cành	$B_C = 16,3975 * (1 - \exp(-0,361053 * A))^{5,05592}$	(3.36)
Lá	$B_L = A^2 / (0,702055 + 1,36534 * A + 0,0634652 * A^2)$	(3.37)
Cành và lá	$B_{CL} = A^2 / (2,54095 - 0,212801 * A + 0,0480839 * A^2)$	(3.38)

Bảng 3.8. Những hàm ước lượng $B_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III.

Thành phần (1)	Phương trình $B_i = f(A)$: (2)	
Tổng số	$B_{To} = A^2 / (0,718016 - 0,0359518 * A + 0,00537707 * A^2)$	(3.39)
Thân	$B_T = A^2 / (1,0225 - 0,0706006 * A + 0,00750078 * A^2)$	(3.40)
Cành	$B_C = 87,8279 * \exp(-7,27037 * A^{-0,591869})$	(3.41)
Lá	$B_L = 4,75613 * (1 - \exp(-0,294258 * A))^{2,17472}$	(3.42)
Cành và lá	$B_{CL} = 26,4894 * (1 - \exp(-0,189098 * A))^{2,4416}$	(3.43)

3.3.2. Hàm ước lượng sinh khối dựa theo đường kính

Những phân tích hồi quy và tương quan cho thấy những hàm sinh khối thích hợp đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, II và III được ghi lại ở Bảng 3.10 - 3.13. Những hàm này đều nhận $r^2 > 95\%$ và SSR_{Min} .

Bảng 3.9. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo D đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên cấp đất I.

Thành phần (1)	Phương trình $B_i = f(D)$: (2)	
Tổng số	$B_{To} = D^2 / (18,3085 - 1,63124 * D + 0,0391146 * D^2)$	(3.44)
Thân	$B_T = D^2 / (19,3004 - 1,62895 * D + 0,036785 * D^2)$	(3.45)
Cành	$B_C = D^2 / (79,2933 - 5,28174 * D + 0,0976582 * D^2)$	(3.46)
Lá	$B_L = D^2 / (3,49641 + 5,41053 * D - 0,168648 * D^2)$	(3.47)
Cành và lá	$B_{CL} = D^2 / (28,8586 - 0,867796 * D - 0,00431437 * D^2)$	(3.48)

Bảng 3.10. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo D đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên cấp đất II.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(D)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{T0} = D^2 / (14,0055 - 1,54495 * D + 0,0475874 * D^2)$	(3.49)
Thân	$B_T = D^2 / (14,761 - 1,55215 * D + 0,0457073 * D^2)$	(3.50)
Cành	$B_C = D^2 / (74,1223 - 7,92078 * D + 0,275313 * D^2)$	(3.51)
Lá	$B_L = D^2 / (-7,17882 + 7,27588 * D - 0,221596 * D^2)$	(3.52)
Cành và lá	$B_{CL} = D^2 / (25,1995 - 1,6582 * D + 0,056493 * D^2)$	(3.53)

Bảng 3.11. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo D đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên cấp đất III.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(D)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{T0} = D^2 / (3,83716 - 0,180974 * D + 0,000826636 * D^2)$	(3.54)
Thân	$B_T = D^2 / (5,81635 - 0,37969 * D + 0,00627051 * D^2)$	(3.55)
Cành	$B_C = D^2 / (22,0386 - 0,598269 * D - 0,00659913 * D^2)$	(3.56)
Lá	$B_L = 165953 * \exp(-14,3356 * D^{-0,118005})$	(3.57)
Cành và lá	$B_{CL} = D^2 / (10,4457 + 0,119627 * D - 0,0120215 * D^2)$	(3.58)

3.3.3. Hàm ước lượng sinh khối dựa theo đường kính và chiều cao

Những phân tích hồi quy và tương quan cho thấy những hàm sinh khối thích hợp đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III được ghi lại ở Bảng 3.14 - 3.17. Các hàm này đều nhận $r^2 > 90\%$ và SSR_{Min} .

Bảng 3.12. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo D, H đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên cấp đất I.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(D, H)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{T0} = 0,000432425 * (D * H)^{2,18642}$	(3.59)
Thân	$B_T = 0,000182313 * (D * H)^{2,30637}$	(3.60)
Cành	$B_C = 0,280466 + 1,35807 * D^2 + 0,00535292 * D^3 - 1,66869 * (D^3 / H)$	(3.61)
Lá	$B_L = 0,66254 + 0,138472 * D^2 + 0,000315877 * D^3 - 0,14927 * (D^3 / H)$	(3.62)
Cành - lá	$B_{CL} = 0,923128 + 1,54223 * D^2 + 0,0056336 * D^3 - 1,87191 * (D^3 / H)$	(3.63)

Bảng 3.13. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo D và H đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên cấp đất II.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(D, H)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{To} = 11,2536 - 13,5705 \cdot D^2 + 0,0746476 \cdot D^3 + 15,7165 \cdot (D^3/H)$	(3.64)
Thân	$B_T = 11,5688 - 13,8775 \cdot D^2 + 0,074065 \cdot D^3 + 16,0032 \cdot (D^3/H)$	(3.65)
Cành	$B_C = 0,291246 + 0,0785646 \cdot D^2 - 0,407334 \cdot (D^2/H)$	(3.66)
Lá	$B_L = 0,746681 - 0,246676 \cdot D^2 + 0,00016696 \cdot D^3 + 0,313515 \cdot (D^3/H)$	(3.67)
Cành+lá	$B_{CL} = 0,820314 + 0,0935367 \cdot D^2 - 0,37298 \cdot (D^2/H)$	(3.68)

Bảng 3.14. Những hàm ước lượng sinh khối dựa theo D và H đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên cấp đất III.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(D, H)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{To} = 3,94837 + 0,774607 \cdot D^2 + 0,0505276 \cdot D^3 - 1,00299 \cdot (D^3/H)$	(3.69)
Thân	$B_T = 3,82785 + 0,54583 \cdot D^2 + 0,0490942 \cdot D^3 - 0,826605 \cdot (D^3/H)$	(3.70)
Cành	$B_C = -0,129934 + 0,134749 \cdot D^2 + 0,003051 \cdot D^3 - 0,116792 \cdot (D^3/H)$	(3.71)
Lá	$B_L = 0,250444 + 0,0940304 \cdot D^2 - 0,001618 \cdot D^3 - 0,0595974 \cdot (D^3/H)$	(3.72)
Cành và lá	$B_{CL} = 0,120511 + 0,228778 \cdot D^2 + 0,001433 \cdot D^3 - 0,176388 \cdot (D^3/H)$	(3.73)

3.3.4. Xây dựng những hệ số điều chỉnh sinh khối đối với cây bình quân

3.3.4.1. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(A)$

Những kiểm định thống kê cho thấy các hàm $BEF_i = f(A)$ thích hợp có dạng hàm bậc 4 (Bảng 3.18 – 3.21). Các hàm này đều nhận $r^2 > 90\%$ và $MAPE < 5\%$.

Bảng 3.15. Những hàm $BEF_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I.

Tham số	BEF_i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành-lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Hằng số	1,51183	1,09056	0,22778	0,33656	0,45933
A	-0,74691	-0,53243	-0,11364	-0,18273	-0,23279
A ²	0,1757	0,12472	0,02643	0,04053	0,05313
A ³	-0,01635	-0,01114	-0,00255	-0,00394	-0,00519
A ⁴	0,00055	0,00036	0,00009	0,00014	0,00018
	(3.74)	(3.75)	(3.76)	(3.77)	(3.78)

Bảng 3.16. Những hàm $BEF_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II.

T ham số	BEF_i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Hằng số	2,48167	1,82433	0,07716	0,6065	0,72672
A	-1,27949	-0,94778	0,00631	-0,35131	-0,36925
A ²	0,31000	0,23143	-0,00068	0,07953	0,08415
A ³	-0,03023	-0,02205		-0,00783	-0,00836
A ⁴	0,00104	0,00074		0,00028	0,00030
	(3.79)	(3.80)	(3.81)	(3.82)	(3.83)

Bảng 3.17. Những hàm $BEF_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III.

Tham số	BEF_i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành-lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Hằng số	4,50039	3,24906	0,32944	0,74239	1,2
A	-2,12759	-1,5305	-0,08009	-0,38279	-0,55854
A ²	0,47819	0,34807	0,01351	0,08223	0,12002
A ³	-0,04659	-0,03393	-0,00112	-0,00789	-0,01156
A ⁴	0,00165	0,00120	0,00004	0,00028	0,00041
	(3.84)	(3.85)	(3.86)	(3.87)	(3.88)

Bảng 3.18. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I - III.

Tham số	BEF_i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành-lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Hằng số	1,80333	1,31244	0,01967	0,41594	0,47928
A	-0,83796	-0,61276	0,03877	-0,22362	-0,21231
A ²	0,20071	0,14854	-0,00856	0,04941	0,04706
A ³	-0,01924	-0,01391	0,00082	-0,00480	-0,00458
A ⁴	0,00066	0,00046	-0,00003	0,00017	0,00016
	(3.89)	(3.90)	(3.91)	(3.92)	(3.93)

Khảo sát 5 hàm (3.104) – (3.108) cho thấy 5 hệ số (BEF_{To} , BEF_T , BEF_C , BEF_L và BEF_{CL}) đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ tuổi 2 đến tuổi 10 trên ba cấp đất tương ứng là 0,742; 0,603; 0,088; 0,055 và 0,137 (tấn/m³)

3.3.4.2. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$

Những kiểm định thống kê cho thấy hàm bậc 3 là hàm thích hợp để xây dựng các hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với rừng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III (Bảng 3.22 – 3.25). Các hàm này đều nhận $r^2 > 90\%$ và $MAPE < 5\%$.

Bảng 3.19. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I.

Tham số	BEF_i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành-lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Hằng số	1,47675	1,0968	0,22286	0,31345	0,43354
D	-0,22084	-0,16541	-0,03427	-0,05132	-0,06607
D ²	0,01385	0,01033	0,00222	0,00315	0,00416
D ³	-0,00022	-0,00015	-0,00004	-0,00007	-0,00008
	(3.94)	(3.95)	(3.96)	(3.97)	(3.98)

Bảng 3.20. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II.

Tham số	BEF_i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành-lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Hằng số	2,62223	2,04892	0,10774	0,53082	0,66646
D	-0,54703	-0,44794	-0,00969	-0,10967	-0,12291
D ²	0,04818	0,04043	0,00139	0,00816	0,00961
D ³	-0,00130	-0,00108	-0,00006	-0,00020	-0,00026
	(3.99)	(3.100)	(3.101)	(3.102)	(3.103)

Bảng 3.21. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III.

Tham số	BEF_i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành-lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Hằng số	4,07593	2,97766	0,29829	0,63745	1,05523
D	-0,85166	-0,62678	-0,02648	-0,14109	-0,21005
D ²	0,07979	0,06001	0,00147	0,01199	0,01815
D ³	-0,00252	-0,00190	-0,00004	-0,00036	-0,00056
	(3.104)	(3.105)	(3.106)	(3.107)	(3.108)

Bảng 3.22. Những hàm ước lượng $BEF_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I - III.

Tham số	BEF _i (tấn/m ³) đối với những thành phần:				
	Tổng số	Thân	Cành	Lá	Cành-lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Hằng số	1,81945	1,38838	0,033098	0,37385	0,44556
D	-0,32822	-0,26209	0,01016	-0,07223	-0,07101
D ²	0,02749	0,02257	-0,0006	0,00530	0,00535
D ³	-0,00068	-0,00055	0,00001	-0,00013	-0,00014
	(3.109)	(3.110)	(3.111)	(3.112)	(3.113)

Khảo sát 5 hàm (3.124) – (3.128) cho thấy giá trị trung bình của 5 hệ số (BEF_{T_0} , BEF_T , BEF_C , BEF_L và BEF_{CL}) đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất từ cấp D = 4 cm đến cấp D = 16 cm tương ứng là 0,725; 0,575; 0,079; 0,068 và 0,149 (tấn/m³).

3.3.5. Những hàm ước lượng tỷ lệ sinh khối đối với cây bình quân

Những kiểm định thống kê cho thấy hàm bậc 4 là hàm thích hợp để xây dựng các hàm ước lượng $R_i = f(A)$ đối với rừng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III (Bảng 3.26 – 3.29). Các hàm này đều có $r^2 > 99,0\%$ và SSR_{Min} .

Bảng 3.23. Những hàm ước lượng $R_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,40998	0,22660	0,49311	0,50389
A	-0,01731	-0,01344	-0,17720	-0,06616
A ²	-0,00488	-0,00060	0,02870	0,00195
A ³	0,000406	0,00008	-0,00224	0,00022
A ⁴			0,00007	-0,00001
	(3.114)	(3.115)	(3.116)	(3.117)

Bảng 3.24. Những hàm ước lượng $R_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,38028	-0,18989	0,631	0,47306
A	0,01611	0,26316	-0,28940	-0,03056
A ²	-0,01604	-0,06432	0,05564	-0,01058
A ³	0,00164	0,00620	-0,004901	0,00170
A ⁴	-0,00004	-0,00021	0,000163	-0,00007
	(3.118)	(3.119)	(3.120)	(3.121)

Bảng 3.25. Những hàm ước lượng $R_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,41894	-0,04406	0,30042	0,36822
A	-0,02138	0,1738	-0,07034	0,01824
A ²	-0,00382	-0,04348	0,00699	-0,01461
A ³	0,000556	0,00433	-0,00025	0,00178
A ⁴	-0,00002	-0,00015		-0,00007
	(3.122)	(3.123)	(3.124)	(3.125)

Bảng 3.26. Những hàm ước lượng $R_i = f(A)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I - III.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,40789	-0,19933	0,51906	0,37983
A	-0,00611	0,26456	-0,20936	0,02081
A ²	-0,00978	-0,06407	0,03783	-0,01950
A ³	0,001096	0,00623	-0,00324	0,00245
A ⁴	-0,00003	-0,00022	0,00011	-0,00009
	(3.126)	(3.127)	(3.128)	(3.129)

Khảo sát 4 hàm (3.141) – (3.144) cho thấy, so với B_T , tỷ lệ hai thành phần B_C và B_L trên ba cấp đất I - III giảm dần từ 36,2% ở tuổi 2 đến 21,0% ở tuổi 6 và 15,0% ở tuổi 10; trung bình là 23,2%.

Những phân tích hồi quy và tương quan cho thấy hàm bậc 4 là hàm thích hợp để xây dựng hàm ước lượng $R_i = f(D)$ (Bảng 3.30 – 3.33). Các hàm này đều có $r^2 > 99,0\%$ và SSR_{Min} .

Bảng 3.27. Những hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,66961	0,28317	0,40215	0,52807
D	-0,11679	-0,02978	-0,02991	-0,04087
D ²	0,01628	0,00393	0,000322	0,00439
D ³	-0,00104	-0,00026	0,000012	-0,00032
D ⁴	0,00002	0,000006		0,000008
	(3.130)	(3.131)	(3.132)	(3.133)

Bảng 3.28. Những hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,75113	0,05114	0,50297	0,49623
D	-0,18297	-0,00978	-0,06790	-0,04051
D ²	0,03149	0,00924	0,00306	0,00621
D ³	-0,00244	-0,00099	-0,00004	-0,00065
D ⁴	0,00006	0,00003		0,00002
	(3.134)	(3.135)	(3.136)	(3.137)

Bảng 3.29. Những hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,36121	-0,03441	0,25899	0,32636
D	0,01302	0,07958	-0,01764	0,02486
D ²	-0,00359	-0,00862	-0,00043	-0,00487
D ³	0,00012	0,00028	0,00004	0,00017
	(3.138)	(3.139)	(3.140)	(3.141)

Bảng 3.30. Những hàm ước lượng $R_i = f(D)$ đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I - III.

Tham số	Giá trị R_i đối với những thành phần:			
	Tổng số	Cành	Lá	Cành - lá
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Hằng số	1,65722	-0,09381	0,49615	0,37804
D	-0,12976	0,05355	-0,08108	-0,00279
D ²	0,02128	-0,00087	0,006911	0,00096
D ³	-0,00163	-0,00031	-0,000358	-0,00028
D ⁴	0,00004	0,00001	0,000008	0,00001
	(3.142)	(3.143)	(3.144)	(3.145)

3.3.6. Phân tích sai lệch và chọn những hàm sinh khối thích hợp

Những kiểm định thống kê cho thấy hàm ước lượng ở cấp đất I hàm ước lượng $B_{T0} = f(A)$ nhận giá trị giá trị SSR (4469,9) nhỏ hơn so với hàm ước lượng $B_{T0} = f(D)$ (SSR = 4970,2) và $B_{T0} = f(D,H)$ (SSR = 5265,8). Hàm

$B_T = f(A)$ nhận giá trị SSR (4177) nhỏ hơn so với hàm $B_T = f(D,H)$ (SSR = 4721), cao hơn không đáng kể so với $B = f(D)$ (SSR = 4148). Tương tự đối với cấp II và III, nhìn chung giá trị SSR dựa theo biến dự đoán A nhỏ hơn D, D và H. So với những hàm ước lượng B_{CL} dựa theo biến dự đoán A, giá trị SSR của các hàm dự đoán $B_{CL} = f(D)$ lớn hơn 5,9% đối với cấp đất I đến 1,7% đối với cấp đất II và 1,3% đối với cấp đất III. Tương tự, giá trị SSR của các hàm dự đoán $B_{CL} = f(D,H)$ lớn hơn 5% so với biến dự đoán A đối với cấp đất II, còn lại đối với cấp đất I và III giá trị này nhỏ hơn không đáng kể.

So với B_i thực nghiệm trên ba cấp đất I, II và III, ba thành phần sinh khối ($B_i = B_{T_0}, B_T$ và B_{CL}) được ước lượng theo quan hệ $B_i = V * BEF_i$ với $BEF_i = f(A)$ không có sai lệch rõ rệt ($P \gg 0,10$ đối với cả điểm chặn và độ dốc). So với B_i thực nghiệm, ba thành phần sinh khối ($B_i = B_{T_0}, B_T$ và B_{CL}) được ước lượng theo quan hệ $B_i = V * BEF_i$ với $BEF_i = f(D)$ cũng không có sai lệch rõ rệt ($P \gg 0,10$ đối với cả điểm chặn và độ dốc). Ba thành phần sinh khối (tổng số, cành và lá) được ước lượng theo quan hệ $B_i = B_T * R_i$ với $R_i = f(D)$ cũng không có sai lệch rõ rệt ($P \gg 0,10$ đối với cả điểm chặn và độ dốc) so với B_i thực nghiệm. Điều đó chứng tỏ những hàm ước lượng $BEF_i = f(A)$ và $BEF_i = f(D)$ có thể được sử dụng để điều chỉnh V thành các thành phần sinh khối trên mặt đất đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I – III.

3.4. Xây dựng những hàm sinh khối đối với rừng trồng Keo lai

Những hàm thích hợp để ước lượng sinh khối của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất được dẫn ra ở Bảng 3.34 – 3.37. Các hàm này đều có $r^2 > 99,0\%$ và SSR_{Min} .

Bảng 3.31. Những hàm sinh khối đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất I.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(A)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{T_0} = 520,264 * \exp(-5,89022 * \exp(-0,250127 * A))$	(3.146)
Thân	$B_T = 457,819 * \exp(-6,36463 * \exp(-0,255255 * A))$	(3.147)
Cành	$B_C = 45,8515 * \exp(-5,13556 * \exp(-0,266618 * A))$	(3.148)
Lá	$B_L = 18,777 * \exp(-3,4403 * A^{-0,750618})$	(3.149)
Cành và lá	$B_{CL} = 56,9071 * \exp(-4,18758 * \exp(-0,263338 * A))$	(3.150)

Bảng 3.32. Những hàm sinh khối đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất II.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(A)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{T_0} = 286,645 * \exp(-6,70592 * \exp(-0,35881 * A))$	(3.151)
Thân	$B_T = 258,568 * \exp(-7,42147 * \exp(-0,361862 * A))$	(3.152)
Cành	$B_C = 20,3102 * \exp(-8,99548 * \exp(-0,565996 * A))$	(3.153)
Lá	$B_L = 6,89178 * \exp(-2,39157 * \exp(-0,391635 * A))$	(3.154)

Cành và lá	$B_{CL} = 27,4064 \cdot \exp(-5,78861 \cdot \exp(-0,495981 \cdot A))$	(3.155)
------------	-----------------------------------------------------------------------	---------

Bảng 3.33. Những hàm sinh khối đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất III.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(A)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{To} = 205,285 \cdot \exp(-5,03379 \cdot \exp(-0,305881 \cdot A))$	(3.156)
Thân	$B_T = 178,218 \cdot \exp(-5,2794 \cdot \exp(-0,298033 \cdot A))$	(3.157)
Cành	$B_C = 41,5902 \cdot \exp(-6,6972 \cdot A^{-0,960101})$	(3.158)
Lá	$B_L = 6,34374 \cdot \exp(-4,30279 \cdot \exp(-0,583056 \cdot A))$	(3.159)
Cành và lá	$B_{CL} = 28,2726 \cdot \exp(-4,5651 \cdot \exp(-0,391236 \cdot A))$	(3.160)

Bảng 3.34. Những hàm sinh khối đối với rừng Keo lai trên ba cấp đất I-III.

Thành phần	Phương trình $B_i = f(A)$:	
(1)	(2)	
Tổng số	$B_{To} = 323,978 \cdot \exp(-5,86208 \cdot \exp(-0,299642 \cdot A))$	(3.161)
Thân	$B_T = 287,398 \cdot \exp(-6,35147 \cdot \exp(-0,3013 \cdot A))$	(3.162)
Cành	$B_C = 44,0513 \cdot \exp(-8,59061 \cdot A^{-1,15145})$	(3.163)
Lá	$B_L = 7,97612 \cdot \exp(-3,03716 \cdot \exp(-0,430412 \cdot A))$	(3.164)
Cành và lá	$B_{CL} = 34,9158 \cdot \exp(-4,88586 \cdot \exp(-0,380288 \cdot A))$	(3.165)

3.5. Sinh khối đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất khác nhau

3.5.1. Sinh khối trên mặt đất của cây bình quân trên ba cấp đất

Tổng sinh khối trên mặt đất ở mức cây bình quân trên cấp đất I tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 6,9; 33,6; 87,2; 165,0 và 249,1 kg/cây. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với cây bình quân trên cấp đất II tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 6,2; 30,6; 76,6; 131,1 và 173,0 kg/cây. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với cây bình quân trên cấp đất III tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 6,0; 24,2; 51,7; 82,6 và 111,6 kg/cây. Tổng sinh khối trung bình trên mặt đất đối với cây bình quân trên ba cấp đất I - III tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 6,4; 29,5; 71,8; 126,2 và 177,9 kg/cây.

Thời điểm xuất hiện ΔB_{ToMax} và ΔB_{TMMax} trên cấp đất I tại tuổi 12, còn cấp đất II và III tương ứng tại tuổi 10 và 12, trung bình ba cấp đất tại tuổi 12, và 8. Như vậy, thời điểm xuất hiện ΔB_{ToMax} và ΔB_{TMMax} đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I và III tương tự như nhau, còn thời điểm này ở cấp đất II đến sớm hơn một cấp A (2 năm).

Thời điểm xuất hiện ZB_{CLMax} và ΔB_{CLMax} trên cấp đất I tương ứng tại tuổi 8 và 12; cấp đất II tương ứng tại tuổi 6; cấp đất III tương ứng tại tuổi 6 và 8. Nói chung, thời điểm xuất hiện ZB_{CLMax} và ΔB_{CLMax} trên cả ba cấp đất I –

III tương ứng tại tuổi 6 và 8. Như vậy, so với cây bình quân trên cấp đất I, thời điểm xuất hiện ZB_{CLMax} và ΔB_{CLMax} đối với cây bình quân trên cấp đất II và cấp đất III đến sớm hơn 1 – 3 tuổi.

3.5.2. Sinh khối trên mặt đất của rừng Keo lai trên ba cấp đất

Tổng sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất I tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 14,6; 59,7; 139,9; 234,6 và 321,0 tấn/ha. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất II tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 10,9; 58,1; 131,5; 196,0 và 238,1 tấn/ha. Tổng sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất III tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 13,4; 46,7; 91,9; 132,8 và 162,1 tấn/ha. Tổng sinh khối trung bình trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I - III tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 13,0; 55,3; 122,7; 190,1 và 241,7 tấn/ha.

Tăng trưởng sinh khối của rừng trồng Keo lai thay đổi rõ rệt theo tuổi và cấp đất. Thời điểm xuất hiện ZB_{ToMax} và ZB_{TMMax} trên cấp đất I tại tuổi 8, còn cấp đất II và III tại tuổi 6; trung bình ba cấp đất tại tuổi 6 và 8. Như vậy, so với rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, hai đại lượng ZB_{ToMax} và ZB_{TMMax} đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất II và III đến sớm hơn một cấp A (2 năm).

Thời điểm xuất hiện ΔB_{ToMax} và ΔB_{TMMax} trên cấp đất I tại tuổi 12, còn cấp đất II và III tương ứng tại tuổi 8; trung bình ba cấp đất tại tuổi 10. Như vậy, so với rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, hai đại lượng ΔB_{ToMax} và ΔB_{TMMax} đối với rừng trồng Keo lai trên cấp đất II và cấp đất III tương ứng đến sớm hơn hai cấp A (2 năm).

Thời điểm xuất hiện ZB_{CLMax} và ΔB_{CLMax} trên cấp đất I tương ứng tại tuổi 6 và 8; cấp đất II và III tương ứng tại tuổi 4 và 6. Nói chung, thời điểm xuất hiện ZB_{CLMax} và ΔB_{CLMax} trên cả ba cấp đất I – III tại tuổi 6. Như vậy, so với rừng trồng Keo lai trên cấp đất I, hai đại lượng ZB_{CLMax} và ΔB_{CLMax} trên cấp đất II và III tương ứng đến sớm hơn một cấp A (2 năm).

Tổng khối lượng carbon dự trữ trong B_{To} trên mặt đất của rừng trồng Keo lai trên cấp đất I gia tăng dần từ tuổi 2 (6,9 tấn/ha) đến tuổi 6 (65,8 tấn/ha) và tuổi 10 (150,9 tấn/ha). Tổng khối lượng carbon dự trữ trong B_{To} trên mặt đất của rừng trồng Keo lai trên cấp đất II gia tăng dần từ tuổi 2 (5,1 tấn/ha) đến tuổi 6 (61,8 tấn/ha) và tuổi 10 (111,9 tấn/ha). Tổng khối lượng carbon dự trữ trong B_{To} trên mặt đất của rừng trồng Keo lai trên cấp đất III gia tăng dần từ tuổi 2 (6,3 tấn/ha) đến tuổi 6 (43,2 tấn/ha) và tuổi 10 (76,2 tấn/ha).

Tổng khối lượng carbon trung bình trong sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 6,1; 26,0; 57,7; 89,3 và 113,6 tấn/ha.

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Kết luận

(1) Rừng trồng Keo lai tại tỉnh Đồng Nai có thể được phân chia thành ba cấp đất dựa theo chiều cao của những cây trội tại tuổi 8 năm. Chỉ số lập địa đối với cấp đất tốt (I), cấp đất trung bình (II) và cấp đất xấu (III) tại tuổi 8 tương ứng là 24 m, 20 m và 16 m.

(2) Mật độ của rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III suy giảm dần theo tuổi với tỷ lệ tương ứng là 9,0%, 3,9% và 2,4%; trung bình là 3,6%. Sản lượng gỗ cây đứng đối với rừng trồng Keo lai 10 tuổi trên ba cấp đất I, II và III tương ứng là 423,3 m³/ha, 266,8 m³/ha và 171,5 m³/ha; trung bình là 291,7 m³/ha.

(3) Những thành phần sinh khối trên mặt đất đối với cây bình quân của rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên ba cấp đất được ước lượng bằng các hàm sinh khối với biến dự đoán A (hàm 3.29 - 3.43), D (hàm 3.44 – 3.58), D và H (hàm 3.59 – 3.73) hoặc từ các hệ số BEF_i (hàm 3.74 – 3.113) và R_i (hàm 3.114 – 3.145) đều nhận kết quả tương tự như nhau. Những thành phần sinh khối trên mặt đất ở mức quần thụ được ước lượng bằng các hàm mật độ kết hợp với các hàm sinh khối ở mức cây bình quân nhận được kết quả với độ tin cậy cao.

(4) Sinh khối và dự trữ carbon trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai thay đổi theo tuổi và cấp đất. Tổng sinh khối trung bình trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 13,0; 55,3; 122,7; 190,1 và 241,7 tấn/ha. Tổng khối lượng carbon trung bình trong sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng Keo lai trên ba cấp đất I, II và III tại tuổi 2, 4, 6, 8 và 10 tương ứng là 6,1; 26,0; 57,7; 89,3 và 113,6 tấn/ha.

Đề nghị

Tác giả kiến nghị những nghiên cứu tiếp theo cần xác định rõ tỷ trọng gỗ thân và sinh khối dưới mặt đất của rừng trồng Keo lai. Phương pháp giải quyết hai vấn đề này được thực hiện theo chỉ dẫn chung trong nghiên cứu sinh khối. Khi biết sinh khối thân, thì sinh khối của các thành phần khác (cành, vỏ, lá, rễ) được ước lượng gần đúng bằng cách nhân sinh khối thân với tỷ lệ sinh khối tương ứng.

Tóm lại, đề tài này đã xây dựng những phương pháp đáng tin cậy để

điều tra và dự đoán sinh trưởng D, H, V và M, sinh khối và dự trữ carbon đối với rừng trồng Keo lai từ 2 – 10 tuổi trên ba cấp đất khác nhau. Vì thế, tác giả kiến nghị ngành lâm nghiệp tỉnh Đồng Nai có thể sử dụng các hàm chỉ số lập địa và các hàm sinh khối này để phân tích và đánh giá sinh trưởng và năng suất của rừng trồng Keo lai.

NHỮNG CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ VỀ LUẬN ÁN

1. Trần Thị Ngoan và Lê Bá Toàn, 2017. Chọn tuổi cơ sở thích hợp để ước lượng chỉ số lập địa đối với rừng trồng keo lai (*Acacia auriculiformis***mangium*) ở tỉnh Đồng Nai. Tạp chí KH&CN Lâm nghiệp (số 6): 51 -57.
2. Trần Thị Ngoan và Nguyễn Tấn Chung, 2018. Sinh khối trên mặt đất đối với rừng trồng keo lai (*Acacia auriculiformis***mangium*) ở tỉnh Đồng Nai. Tạp chí KH&CN Lâm nghiệp (số 6): 61 – 68.