

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

NGUYỄN ĐỨC MẠNH

NGHIÊN CỨU SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT
RỪNG TRỒNG THÔNG BA LÁ (*PINUS KEYSIA*)
Ở ĐƠN DƯƠNG TỈNH LÂM ĐỒNG

Luận văn tốt nghiệp cuối khóa chuyên ngành lâm nghiệp

Tp. Hồ Chí Minh, 2009

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

LUẬN VĂN TỐT NGHIỆP

NGHIÊN CỨU SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT
RỪNG TRỒNG THÔNG BA LÁ (*PINUS KEYSIA*)
Ở ĐƠN DƯỞNG TỈNH LÂM ĐỒNG

NGƯỜI HƯỚNG DẪN
PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm

Sinh viên thực hiện
Nguyễn Đức Mạnh

Tp. Hồ Chí Minh, 2009

LỜI CẢM ƠN

Luận văn này được hoàn thành theo chương trình đào tạo kỹ sư lâm nghiệp, hệ vừa học vừa làm, khóa 2004-2009 của Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.

Trong quá trình thực hiện luận văn, tác giả đã nhận được sự quan tâm, giúp đỡ và tạo những điều kiện thuận lợi của Ban Giám Hiệu và Thầy – Cô Khoa lâm nghiệp – Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh; Ban Giám Hiệu và Thầy – Cô Trung Tâm Đào Tạo Tại Chức tỉnh Lâm Đồng; Ban giám đốc Công Ty Lâm Nghiệp Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng. Nhân dịp này tác giả bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc trước những sự quan tâm, giúp đỡ quý báu đó.

Luận văn này được thực hiện dưới sự chỉ dẫn của PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm – Trưởng Bộ môn Lâm sinh – Khoa lâm nghiệp - Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh. Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đối với sự chỉ dẫn chân tình của thầy hướng dẫn.

Trong quá trình làm luận văn, tác giả còn nhận được sự giúp đỡ và cổ vũ nhiệt tình của Bố - Mẹ, vợ và các con, các anh chị em trong gia đình, các bạn đồng nghiệp cùng cơ quan và khóa học. Tác giả xin chân thành cảm ơn và ghi nhớ sự giúp đỡ và cổ vũ vô tư đó.

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 10 tháng 06 năm 2009

Nguyễn Đức Mạnh

Công Ty Lâm Nghiệp Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng

TÓM TẮT

Đề tài “NGHIÊN CỨU SINH TRƯỞNG VÀ NĂNG SUẤT RỪNG TRỒNG THÔNG BA LÁ (*PINUS KEYSIA*) Ở ĐƠN DƯƠNG TỈNH LÂM ĐỒNG” được thực hiện tại Công Ty Lâm Nghiệp huyện Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng từ tháng 01/2009 đến tháng 06/ 2009.

Mục tiêu của đề tài là xây dựng những mô hình dự đoán quá trình sinh trưởng đường kính thân cây, chiều cao thân cây và trữ lượng của rừng Thông ba lá trong giai đoạn 20 tuổi để làm căn cứ khoa học cho việc đánh giá sự thích nghi của Thông ba lá với lập địa ở Đơn Dương và tính và chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế.

Sinh trưởng của Thông ba lá được nghiên cứu theo phương pháp giải tích thân cây cá thể và lâm phần. Chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế được xác định theo nguyên lý lợi nhuận tối đa.

Kết quả nghiên cứu cho thấy:

(1) Đường kính bình quân lâm phần Thông ba lá sinh trưởng khá nhanh trong khoảng 7 năm đầu sau khi trồng; trong đó lượng tăng trưởng hàng năm đạt 1,60 cm/năm ở tuổi 2 và 1,04 cm/năm ở tuổi 7, còn lượng tăng trưởng bình quân năm là 1,62 cm ở tuổi 2 và 1,37 cm/năm ở tuổi 7. Từ tuổi 8 – 20 năm, lượng tăng trưởng hàng năm giảm từ 0,98 cm/năm ở tuổi 8 đến 0,61 cm/năm ở tuổi 20. Lượng tăng trưởng bình quân năm từ tuổi 8 – 20 năm giảm từ 1,33 cm/năm ở tuổi 8 đến 0,99 cm/năm ở tuổi 20. Suất tăng trưởng về đường kính ở tuổi 2 là 48,9%, sau đó giảm còn 7,1% ở tuổi 10, 4,4% ở tuổi 15 và 3,1% ở tuổi 20 năm.

(2) Thông ba lá sinh trưởng khá nhanh trong 10 năm đầu sau khi trồng; trong đó lượng tăng trưởng hàng năm về chiều cao ở tuổi 2 là 1,14 m/năm, ở tuổi 10 là 0,63 m/năm, lượng tăng trưởng trung bình sau 10 năm là 0,89 m/năm. Từ tuổi 11 – 20 năm, lượng tăng trưởng hàng năm về chiều cao ở tuổi 11 là 0,60 m/năm, còn ở tuổi 20 năm là 0,43 m/năm. Giá trị lượng tăng trưởng trung bình về chiều cao ở tuổi 11 là 0,87 m, còn chỉ tiêu tương ứng ở tuổi 20 là 0,70 m/năm. Suất tăng

trưởng về chiều cao ở tuổi 2 là 48,6%, giảm nhanh còn 7,1% ở tuổi 10 và 3,1% ở tuổi 20 năm.

(3) Trữ lượng rừng Thông ba lá ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm có thể đạt tương ứng 19,5; 72,2; 143,1 và 225,1 m³/ha. Năng suất gỗ trung bình ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm tương ứng là 3,9; 7,2; 9,5 và 11,3 m³/ha/năm. Suất tăng trưởng về trữ lượng ở tuổi 2 là 121,2%, giảm nhanh còn 40,4% ở tuổi 5; 17,6% ở tuổi 10 năm, 10,8% ở tuổi 15 năm và 7,6% ở tuổi 20 năm.

(4) Lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm tương ứng là 5,9; 9,5; 11,6 và 12,9 m³/ha/năm. Dự đoán lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm đến tuổi 25 là 13,8 m³/ha/năm. Suất tăng trưởng trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá ở tuổi 5 là 40,4%/năm; sau đó giảm nhanh còn 17,6%/năm ở tuổi 10, 18,8% ở tuổi 15 và 7,6%/năm ở tuổi 20 năm. Dự đoán suất tăng trưởng trữ lượng gỗ sản phẩm ở tuổi 25 năm là 5,9%/năm.

(5) Khi giả định mức lãi suất vay vốn trồng rừng là 10% so với tổng giá trị của rừng đến kỳ khai thác chính, thì tuổi khai thác tối ưu về kinh tế đối với rừng trồng Thông ba lá ở Đơn Dương là 16 năm.

MỤC LỤC

Lời cảm tạ	
Tóm tắt	ii
Mục lục.....	iv
Danh sách các bảng.....	v
Danh sách các hình.....	v
Danh sách các phụ lục.....	vi
Danh sách những chữ viết tắt.....	vii
Chương 1. MỞ ĐẦU	1
Chương 2. ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN KHU VỰC NGHIÊN CỨU..	3
Chương 3. ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	4
Chương 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU..	9
4.1. Sinh trưởng đường kính thân cây Thông ba lá	9
4.2. Sinh trưởng chiều cao thân cây Thông ba lá.....	10
4.3. Sinh trưởng trữ lượng rừng Thông ba lá.....	10
4.4. Chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế	10
4.5. Một số đề xuất.....	41
Chương 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	43
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	45
PHỤ LỤC.....	46

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 4.1. Sinh trưởng đường kính thân cây của rừng Thông ba lá 20 tuổi.....	
Bảng 4.2. Quá trình sinh trưởng đường của rừng Thông ba lá 20 tuổi.....	
Bảng 4.3. Nhịp điệu sinh trưởng đường kính của rừng Thông ba lá	
Bảng 4.4. Sinh trưởng chiều cao của rừng Thông ba lá 20 tuổi	
Bảng 4.5. Quá trình sinh trưởng chiều cao của rừng Thông ba lá 20 tuổi.....	
Bảng 4.6. Nhịp điệu sinh trưởng H (m) của Thông ba lá 20 tuổi	
Bảng 4.7. Sinh trưởng trữ lượng trung bình của rừng Thông ba lá 20 tuổi	
Bảng 4.8. Quá trình sinh trưởng trữ lượng của rừng Thông ba lá 20 tuổi	
Bảng 4.9. Dự đoán trữ lượng gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá	
Bảng 4.10. Dự đoán tổng giá trị và tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm của 1 ha rừng Thông ba lá.....	
Bảng 4.11. Dự đoán tuổi khai thác tối ưu về kinh tế đối với rừng Thông ba lá tùy theo mức lãi suất vay vốn trồng rừng	

DANH SÁCH CÁC HÌNH

Hình 4.1. Quan hệ giữa đường kính với tuổi cây	
Hình 4.2. Sinh trưởng đường kính thân cây của rừng Thông ba lá 20 tuổi	
Hình 4.3. Lượng tăng trưởng $D_{1.3}$ của rừng Thông ba lá 20 tuổi.....	
Hình 4.4. Nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây của rừng Thông ba lá	
Hình 4.5. Quan hệ giữa chiều cao với tuổi lâm phần Thông ba lá.....	
Hình 4.6. Sinh trưởng chiều cao của rừng Thông ba lá 20 tuổi	
Hình 4.7. Lượng tăng trưởng của rừng Thông ba lá 20 tuổi	
Hình 4.8. Nhịp điệu sinh trưởng chiều cao của rừng Thông ba lá 20 tuổi.....	
Hình 4.9. Quan hệ giữa trữ lượng gỗ với tuổi rừng Thông ba lá	
Hình 4.10. Sinh trưởng trữ lượng của rừng Thông ba lá 20 tuổi	

Hình 4.11. Lượng tăng trưởng trữ lượng của rừng Thông ba lá 20 tuổi.....	
Hình 4.12. Dự đoán trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá	
Hình 4.13. Dự đoán tổng giá trị (S_A , đồng/ha) và tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm ($\Delta S_A/S_A$) của 1 ha rừng Thông ba lá.....	
Hình 4.14. Đồ thị xác định tuổi khai thác tối ưu về kinh tế đối với rừng Thông ba lá.....	
Hình 4.15. Đồ thị mô tả mối quan hệ giữa ($\Delta S_A/S_A$) với A (năm)	
Hình 4.16. Tuổi khai thác A_{kt} (năm) rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế thay đổi tùy theo mức lãi suất vay vốn trồng rừng.....	

DANH SÁCH PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Hồi quy tương quan $\ln D = \ln(m) + b/A^{0.2}$	
Phụ lục 2. Hồi quy tương quan $K_d = a + b/A$	
Phụ lục 3. Hồi quy tương quan $\ln(H) = \ln(m) + b/A^{0.2}$	
Phụ lục 4. Hồi quy tương quan $K_h = a + b/A$	
Phụ lục 5. Hồi quy tương quan giữa $M - A$	
Phụ lục 6. Dự đoán trữ lượng rừng Thông ba lá từ 4 – 25 tuổi.....	
Phụ lục 7. Dự đoán tỷ lệ gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá	

NHỮNG CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Tên gọi đầy đủ
A hoặc T (năm)	Tuổi cây và lâm phần
$D_{1.3}$ (cm)	Đường kính thân cây ngang ngực
D_{bq} (cm)	Đường kính thân cây ngang ngực bình quân
H (m)	Chiều cao toàn thân cây
H_{bq} (m)	Chiều cao toàn thân cây bình quân
G (m ² /ha)	Tiết diện ngang lâm phần
M (m ³ /ha)	Trữ lượng gỗ của lâm phần
N (cây/ha)	Số cây hay mật độ quần thụ
$F_{(tn)}$	Tần số cây thực nghiệm
$F_{(lt)}$	Tần số cây lý thuyết
$F_{(tl)}$	Tần số cây lý thuyết tích lũy
$f(x)$	Xác suất số cây lý thuyết theo cấp $D_{1.3}$ và H
$F(x)$	Xác suất tích lũy số cây lý thuyết theo cấp $D_{1.3}$ và H
$f_{(tl)}$	Tần số số cây thực nghiệm theo cấp $D_{1.3}$ và H
$P(x)$	Tần suất cây thực nghiệm
$P_{(tl)}$	Tần suất cây thực nghiệm tích lũy
$N - D_{1.3}$	Phân bố đường kính thân cây
$N - H$	Phân bố chiều cao thân cây
S_k	Độ lệch của đỉnh phân bố
Ku	Độ nhọn của đỉnh phân bố

Chương I

MỞ ĐẦU

Thông ba lá (*Pinus keysia*) là loài cây mọc tự nhiên ở Lâm Đồng. Thông ba lá cho gỗ có chất lượng tốt và giá trị thương phẩm cao, nhu cầu thị trường lớn, đồng thời nó là loài cây dễ trồng và thích nghi với nhiều lập địa khác nhau, nên hiện nay Thông ba lá đã được trồng rộng rãi các tỉnh Tây Nguyên [1]¹.

Tại Lâm Đồng, Thông ba lá đã được trồng thành rừng thuần loài đồng tuổi ở các huyện Bảo Lộc, Di Linh, Đức Trọng, Đơn Dương và thành phố Đà Lạt. Mục tiêu chính của kinh doanh rừng trồng Thông ba lá là sản xuất gỗ với năng suất cao và chất lượng tốt để đáp ứng nhu cầu về gỗ xây dựng, đồ mộc, gỗ giấy sợi, kết hợp bảo vệ môi trường và thăm quan du lịch...

Để đạt được mục tiêu đề ra, nhận thấy bên cạnh việc chọn lựa lập địa thích hợp, rừng Thông ba lá cần phải được nuôi dưỡng theo một chương trình lâm sinh chân chính. Nhưng muốn xây dựng được một chương trình lâm sinh chân chính kinh doanh rừng Thông ba lá, ngành lâm nghiệp Lâm Đồng cần phải có những hiểu biết tốt không chỉ về kết cấu và cấu trúc lâm phần, mà còn về sinh trưởng và năng suất của rừng Thông ba lá.

Một vấn đề khác cũng đang thu hút sự chú ý của ngành lâm nghiệp Lâm Đồng, đó là phân tích hiệu quả kinh doanh và thị trường buôn bán gỗ Thông ba lá... Tuy vậy, cho đến nay ở Lâm Đồng vẫn chưa có công trình nào nghiên cứu đầy đủ về những đặc điểm sinh trưởng và chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế. Theo Nguyễn Ngọc Lung (1988)[1], hiện nay vẫn còn thiếu những kiến thức về tăng trưởng, sản lượng và năng suất rừng trồng Thông ba lá ở những khu vực khác nhau của Lâm Đồng. Xuất phát từ đó, đề tài “Nghiên cứu sinh trưởng, năng suất và chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng” đã được đặt ra.

¹ Số thứ tự tài liệu tham khảo

1.2. MỤC ĐÍCH VÀ MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Mục đích của đề tài là xây dựng cơ sở dữ liệu về những đặc trưng sinh trưởng đường kính, chiều cao và trữ lượng của rừng Thông ba lá để làm căn cứ đánh giá sự thích nghi của Thông ba lá với lập địa và xác định chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng.

Để đạt được mục đích trên đây, mục tiêu nghiên cứu của đề tài là xây dựng những mô hình dự đoán quá trình sinh trưởng đường kính thân cây, chiều cao thân cây và trữ lượng của rừng Thông ba lá trong giai đoạn 20 tuổi để làm căn cứ khoa học cho việc đánh giá sự thích nghi của Thông ba lá với lập địa ở Đơn Dương và tính và chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế.

1.3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Phạm vi nghiên cứu của đề tài là những đặc điểm sinh trưởng đường kính thân cây, chiều cao thân cây và trữ lượng của rừng Thông ba lá trong giai đoạn 20 tuổi tại khu vực Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng. Nội dung nghiên cứu chỉ tập trung vào những vấn đề có liên quan đến sinh trưởng và năng suất rừng Thông ba lá trong giai đoạn 20 tuổi. Từ những kết quả nghiên cứu, đề xuất những mô hình dự đoán sinh trưởng đường kính thân cây, chiều cao thân cây, trữ lượng của rừng Thông ba lá và chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế.

1.4. Ý NGHĨA CỦA ĐỀ TÀI

(1) Về lý luận, đề tài cung cấp cơ sở dữ liệu để đánh giá sinh trưởng, năng suất và sự thích nghi của rừng Thông ba lá với lập địa ở Đơn Dương.

(2) Về thực tiễn, những kết quả nghiên cứu của đề tài là căn cứ khoa học cho việc chọn lựa và áp dụng những phương thức trồng rừng, nuôi dưỡng và khai thác rừng Thông ba lá trồng, đồng thời dự đoán chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế.

2. ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN KHU VỰC NGHIÊN CỨU

2.1. Vị trí địa lý

Khu vực nghiên cứu nằm trên địa bàn huyện Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng. Vị trí địa lý:

+ Từ $11^{\circ} 13'30''$ đến $11^{\circ} 29'30''$ vĩ độ bắc

+ Từ $107^{\circ} 58'00''$ đến $108^{\circ} 10' 5''$ kinh độ đông.

Ranh giới:

+ Phía Bắc giáp Tân Thượng

+ Phía Nam giáp tỉnh Bình Thuận

+ Phía Đông giáp Bảo Thuận.

+ Phía Tây giáp Ban quản lý rừng Hòa Bắc – Hòa Nam.

2.2. Điều kiện tự nhiên

Khu vực nghiên cứu thuộc cao nguyên Đơn Dương, độ cao trung bình 1.500 m, độ dốc $10-20^{\circ}$.

Khí hậu nhiệt đới núi vừa. Nhiệt độ trung bình năm là $21,5^{\circ}\text{C}$. Lượng mưa trung bình năm là 2.037 mm.. Mưa phân thành hai mùa khô và mưa. Mùa mưa bắt đầu từ tháng 4 đến tháng 11, mùa khô bắt đầu từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau. Độ ẩm không khí về mùa mưa đạt trên 85%, mùa khô độ ẩm đạt dưới 80%.

Rừng Thông ba lá phát triển trên đất bazan nâu đỏ. Đất thông thoáng trong mùa mưa, khô hạn trong mùa khô.

3. ĐỐI TƯỢNG, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu là những lâm phần Thông ba lá trồng thuần loài đồng tuổi nằm trong giai đoạn từ 4-20 tuổi. Những lâm phần Thông ba lá được sử dụng để nghiên cứu là những lâm phần sinh trưởng và phát triển bình thường, mọc trên đất feralit nâu đỏ phát triển từ đá bazan và granit; rừng phân bố ở địa hình bị chia cắt mạnh, độ cao từ 1.000 m đến 1.600 m và độ dốc 20 - 30⁰. Rừng được trồng từ những cây con 1 năm tuổi. Mật độ trồng rừng ban đầu là 2.200 cây/ha. Sau khi trồng, rừng Thông ba lá đã được tỉa thưa 1-2 lần. Những lâm phần Thông ba lá đưa vào nghiên cứu có đặc trưng như bảng dưới đây:

Đặc điểm lâm phần Thông ba lá trồng từ 4 – 20 tuổi

A (năm)	N (cây/ha)	D _{1.3bq} (cm)	H _{bq} (m)	G (m ² /ha)	M (m ³ /ha)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
4	1.716	6,5	3,5	5,5	10,2
6	1.650	8,5	7,5	8,9	32,1
8	1.540	10,5	8,5	13,6	56,4
10	1.498	12,0	9,0	16,9	77,1
12	1.320	13,5	10,5	19,2	98,7
14	1.210	15,5	11,0	22,2	123,4
16	1.100	17,0	11,5	25,5	149,4
18	1.056	19,5	12,5	30,6	183,1
20	960	20,5	13,5	31,7	218,5

Thời gian nghiên cứu bắt đầu từ tháng 01/2009 và kết thúc vào tháng 5 năm 2009.

3.2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Nội dung nghiên cứu bao gồm những vấn đề sau đây:

1. Sinh trưởng đường kính thân cây Thông ba lá
2. Sinh trưởng chiều cao thân cây Thông ba lá
3. Sinh trưởng trữ lượng rừng Thông ba lá
4. Chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế
5. Một số đề xuất

3.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.3.1. Cơ sở phương pháp luận

Cơ sở khoa học của phương pháp luận là dựa trên những quan niệm cho rằng, sinh trưởng và năng suất rừng Thông ba lá được ấn định không chỉ bởi khí hậu, địa hình - đất, sinh vật, con người, mà còn bởi tuổi quần thụ. Do đó, những đặc trưng sinh trưởng của quần thụ cần phải được xem xét theo thời gian hay tuổi quần thụ.

3.3.2. Phương pháp thu thập số liệu

3.3.2.1. Thu thập những số về sinh trưởng lâm phần

Mục tiêu của đề tài là xây dựng những mô hình dự đoán quá trình sinh trưởng đường kính thân cây, chiều cao thân cây và trữ lượng của rừng Thông ba lá trong giai đoạn 20 tuổi để làm căn cứ khoa học cho việc đánh giá sự thích nghi của Thông ba lá với lập địa ở Đơn Dương và tính và chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế.

Để đạt được mục tiêu đặt ra, đã sử dụng phương pháp giải tích thân cây. Cây giải tích là cây có đường kính ($D_{1.3}$, cm) và chiều cao (H , mm) bình quân lâm phần; sinh trưởng và phát triển bình thường; không bị sâu hại hay cụt ngọn; thân thẳng và tròn đều; tán lá cân đối và tròn đều; không bị chèn ép... Cây giải tích được chọn từ lâm phần Thông ba lá 20 tuổi. Tổng cộng đã giải tích 9 cây bình quân lâm phần. Sau khi chặt hạ, những cây giải tích được đo đặc chiều cao vút ngọn (H , m) và chiều cao dưới cành lớn nhất còn sống (H_{dc} , m) bằng thước dây với độ chính xác 0,01 m. Kế đến, phân chia thân cây ngả thành những phân đoạn có chiều dài 1 m; riêng đoạn gốc là 2,6 m. Sau đó cưa thớt giải tích ở các vị trí 0,0 m; 1,3 m; 2,6 m;

3,6 m; 4,6 m...cho đến đoạn ngọn còn khoảng 1,0 – 1,2 m. Những thót giải tích được tập hợp theo từng cây giải tích; sau đó ghi chú thứ tự cây, vị trí thót, hướng dốc ở mặt thót hướng về phía ngọn cây.

3.3.2.2. Thu thập những số về trữ lượng lâm phần

Trữ lượng lâm phần Thông ba lá ở tuổi 4-20 năm (M , m^3/ha) được thống kê trên những ô tiêu chuẩn $2.000 m^2$ ($50 \times 40 m$). Trong mỗi lâm phần Thông ba lá ở tuổi 4-20 năm đã đo đạc điển hình 3 ô tiêu chuẩn. Tổng số 9 lâm phần là 27 ô tiêu chuẩn.

Nội dung đo đếm trong ô tiêu chuẩn bao gồm mật độ lâm phần (N , cây), $D_{1.3}$ (cm) và H (m) của từng cây. Chỉ tiêu $D_{1.3}$ (cm) của tất cả những cây trong ô tiêu chuẩn được đo đạc bằng thước dây với độ chính xác 0,1 cm. Chỉ tiêu H (m) được đo đạc bằng cây sào với độ chính xác 0,1 m. Tất cả những chỉ tiêu đo đếm trong ô tiêu chuẩn được tập hợp thành bảng biểu lập sẵn.

3.3.2.3. Thu thập những số liệu khác

Những số liệu khác cần thu thập bao gồm số liệu về khí hậu - thủy văn và những hoạt động lâm sinh sau khi trồng rừng Thông ba lá.

3.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

(1) Xác định quá trình sinh trưởng $D_{1.3}$ và H bình quân lâm phần

Thủ tục tính toán như sau:

(a) Trước kết, từ tập hợp toàn bộ số liệu cây giải tích, đã tính những đặc trưng thống kê thực nghiệm và làm phù hợp số liệu thực nghiệm với mô hình sinh trưởng thường được nhiều tác giả sử dụng – đó là hàm Schumacher. Hàm Schumacher có dạng:

$$Y = m \cdot \exp(-b/A^c) \quad (3.1)$$

trong đó Y là biến số $D_{1.3}$ và H ; A là tuổi cây; $\exp$ là cơ số Neper ($\exp = 2,7182$); m , b và c là những tham số của mô hình; ở đây $c = 0,2$. Những tham số này được xác định bằng thủ tục hồi quy tuyến tính.

(b) Kế đến, giải tích các mô hình biểu thị quan hệ giữa $D_{1.3} - A$ và $H - A$ để làm rõ quá trình sinh trưởng và tăng trưởng $D_{1.3}$ và H lâm phần ở những tuổi khác nhau.

(c) Để dự đoán tuổi ngừng sinh trưởng $D_{1.3}$ và H thân cây, đã xây dựng mô hình biểu thị quan hệ giữa nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây (K_d) và chiều cao thân cây (K_h) với tuổi cây (A , năm). Ở đây K_d và K_h được tính theo công thức:

$$K_d = \frac{D_{A-1}}{D_A} \text{ và } K_h = \frac{H_{A-1}}{H_A} \quad (3.2)$$

trong đó D_A và D_{A-1} , H_A và H_{A-1} tương ứng là đường kính và chiều cao thân cây ở tuổi A năm và $A-1$ năm về trước. Giá trị K_d và $K_h \leq 1,0$. Tuổi cây ứng với $K_d = 1$ và $K_h = 1$ cho biết thời điểm ngừng sinh trưởng đường kính và chiều cao thân cây.

(2) *Xác định quá trình sinh trưởng M bình quân lâm phần*

Thủ tục tính toán như sau:

(a) Trước kết, từ tập hợp toàn bộ các ô tiêu chuẩn 2.000 m^2 , đã tính những trữ lượng lâm phần theo công thức $V = g \cdot H \cdot f$ với $f = 0,5$.

(b) Tiếp theo làm phù hợp số liệu thực nghiệm với mô hình sinh Schumacher dưới dạng:

$$Y = m \cdot \exp(-b/A^c) \quad (3.3)$$

trong đó Y là biến số M lâm phần; A là tuổi cây; $\exp$ là cơ số Neper ($\exp = 2,7182$); m , b và c là những tham số của mô hình; ở đây $c = 0,2$. Những tham số này được xác định bằng thủ tục hồi quy tuyến tính.

(c) Kế đến, giải tích các mô hình biểu thị quan hệ giữa $M - A$ để làm rõ quá trình sinh trưởng và tăng trưởng trữ lượng lâm phần ở những tuổi khác nhau.

(d) Cuối cùng, tập hợp kết quả tính toán thành bảng và biểu đồ để phân tích quá trình sinh trưởng và tăng trưởng đường kính thân cây, chiều cao thân cây và trữ lượng của rừng Thông ba lá trong giai đoạn 20 tuổi.

(3). *Xác định chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế*

Theo Thái Anh Hòa (1999)[3], chu kỳ kinh tế hay tuổi thành thực về kinh tế của rừng là thời điểm khai thác rừng có lợi nhất về mặt kinh tế. Nguyên lý xác định chu kỳ khai thác rừng tối ưu về kinh tế theo quan điểm lợi nhuận tối đa cho rằng, chủ rừng cần phải xem xét mức thu nhập tăng lên hàng năm hay thu nhập cận biên (kí hiệu ΔS_A , đồng /ha) và những chi phí phải gánh chịu hàng năm (chi phí cận biên hay chi phí cơ hội của vốn $= I \cdot S_A$, với I là mức lãi suất vay vốn trồng rừng, S_A (đồng /ha) là giá trị sản phẩm của rừng ở tuổi A năm) nếu tiếp tục nuôi rừng thêm

một năm. Nói theo cách khác, để xác định được tuổi khai thác rừng tối ưu về kinh tế, chủ rừng cần phải so sánh giữa lợi ích thu được từ vốn rừng gia tăng hàng năm (ΔS_A , đồng/ha) với chi phí cơ hội của vốn phải chịu thêm hàng năm ($I \cdot S_A$, đồng/ha). Chi phí phải chịu thêm hàng năm chính là khoản tiền mà chủ rừng có thể nhận được khi việc khai thác rừng được thực hiện sớm hơn và đầu tư thu nhập do khai thác rừng vào những hoạt động kinh doanh khác mang lại mức lãi suất hiện hành ($I, \%$).

Tóm lại, để đạt được lợi nhuận tối đa, chủ rừng chỉ nên tiếp tục nuôi rừng khi tỷ lệ gia tăng giá trị thu nhập hàng năm ($\Delta S_A/S_A$) vẫn cao hơn mức lãi suất hàng năm ($I\%$) hay $\Delta S_A > i \cdot S_A$. Ngược lại, khi $(\Delta S_A/S_A) = I$ hay $\Delta S_A = I \cdot S_A$, thì chủ rừng cần phải thu hoạch sản phẩm của rừng. Bởi vì, sau tuổi có sự cân bằng giữa $(\Delta S_A/S_A)$ với I hay $\Delta S_A = i \cdot S_A$, thì tỷ lệ $(\Delta S_A/S_A) < I$ hay $\Delta S_A - I \cdot S_A$ sẽ tiến đến zero và sau đó nhận giá trị âm, nghĩa là chi phí cơ hội của vốn lớn hơn giá trị gỗ sản phẩm tăng lên hàng năm. Khi điều đó xảy ra, việc trì hoãn thu hoạch rừng sẽ dẫn đến những thiệt hại về kinh tế. Vì thế, tuổi thành thực về kinh tế của rừng là thời điểm mà tại đó $(\Delta S_A/S_A) = I$ hay $\Delta S_A = I \cdot S_A$.

Từ nguyên lý xác định chu kỳ khai thác rừng tối ưu về kinh tế, đã giả định như sau: (a) Lợi ích duy nhất của rừng Thông ba lá chỉ được đánh giá thông qua trữ lượng gỗ sản phẩm trên thân cây; (b) Khi đến tuổi khai thác, rừng Thông ba lá được đưa vào khai thác trắng sau một lần chặt; (c) Giá trị 1 đơn vị gỗ Thông ba lá (P , ĐỒNG) không thay đổi theo tuổi rừng và bằng 550.000 đồng/m³; (d) Lãi suất vay vốn trồng rừng ($I\%$) bằng lãi suất trung bình của Ngân Hàng vào năm 2008-2009; trung bình là 10,0% tổng giá trị của rừng đến kỳ khai thác.

Từ những giả định trên đây, việc xác định chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế được thực hiện theo những bước sau đây:

(a) Tính trữ lượng gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá (M_{sp} , m³/ha) tương ứng với tuổi rừng (A , năm). Trữ lượng gỗ sản phẩm bằng trữ lượng gỗ cây đứng nhân với tỷ lệ thu hoạch (lợi dụng hay kinh tế), nghĩa là:

$$M_{spA} = M_A \cdot K \quad (3.4)$$

trong đó M_A là trữ lượng gỗ cây đứng ở tuổi A năm; M_{spA} (m³/ha) là trữ lượng gỗ sản phẩm ở tuổi A năm; K là tỷ lệ gỗ sản phẩm hay tỷ lệ lợi dụng. Trị số này thu

thập từ tài liệu thiết kế khai thác rừng. Nói chung, Giá trị K bằng 75% so với trữ lượng gỗ cây đứng.

(b) Tính tổng giá trị gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá (S_A , ĐỒNG/ha).

Chỉ tiêu này được tính theo công thức:

$$S_A = M_{spA} * P \quad (3.5)$$

Ở đây P (đồng) là đơn giá 1 đơn vị gỗ sản phẩm.

(c) Tính lượng gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm của 1 ha rừng Thông ba lá (ΔS_A , đồng/ha/năm). Chỉ tiêu này được tính theo công thức:

$$\Delta S_A = S_A - S_{(A-1)} \quad (3.6)$$

trong đó S_A và S_{A-1} tương ứng là tổng giá trị gỗ sản phẩm ở tuổi A và A-1 năm về trước.

(d) Tính tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm ($\Delta S_A/S_A$). Chỉ tiêu này được tính theo công thức:

$$\frac{\Delta S_A}{S_A} = \frac{(S_A - S_{A-1})}{S_A} \quad (3.7)$$

(e) Tính chi phí cơ hội của vốn (CP, đồng). Chỉ tiêu này được tính theo công thức: $CP = I * S_A$ (3.8).

(f) Xác định tuổi khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế (A_{kt} , năm). Theo nguyên lý lợi nhuận tối đa, giá trị A_{kt} (năm) chính là thời điểm tương ứng với $(\Delta S_A/S_A) = I\%$ hay $\Delta S_A = I * S_A$. Thời điểm này được xác định theo 3 phương pháp – đó là bảng biểu, đồ thị và mô hình tương quan giữa $(\Delta S_A/S_A)$ với A.

+ *Phương pháp đồ thị.* Trước hết, lập đồ thị biểu diễn quan hệ giữa $(\Delta S_A/S_A)$ - A. Kế đến, đưa giá trị lãi suất ngân hàng (I%) vào đồ thị biểu diễn quan hệ giữa $(\Delta S_A/S_A)$ - A. Sau đó, xác định A_{kt} (năm) bằng cách chiếu vuông góc xuống trục hoành từ điểm giao nhau giữa đường biểu diễn $(\Delta S_A/S_A)$ theo A (năm) và mức lãi suất vay vốn trồng rừng (I%).

+ *Phương pháp bảng biểu.* Theo phương pháp này, đã tính và lập bảng thống kê những chỉ tiêu S_A (đồng/ha), ΔS_A (đồng /ha/năm), $\Delta S_A/S_A$, $I * S_A$ (đồng /ha) và $\Delta S_A - I * S_A$ (đồng /ha). Sau đó, xác định A_{kt} (năm) tại thời điểm mà $\Delta S_A = I * S_A$.

+ *Phương pháp tương quan.* Để dự đoán A_{kt} (năm) tương ứng với những mức lãi suất vay vốn trồng rừng khác nhau, đã xây dựng mô hình biểu thị mối quan hệ giữa $(\Delta S_a/S_a)$ với A (năm) theo dạng:

$$Y = a \cdot A^b \text{ hay } \ln(\Delta S_A/S_A) = \ln(a) + b \ln(A) \quad (3.9)$$

trong đó $Y = (\Delta S_A/S_A)$ là tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm; A là tuổi rừng; a và b là hai hệ số của mô hình.

Từ mô hình 3.9, suy ra:

$$A_{kt} \text{ (năm)} = \exp[\ln((\Delta S_A/S_A) - \ln(a))/b] \quad (3.10)$$

Cuối cùng, tuổi khai thác rừng tối ưu về kinh tế (A_{kt} , năm) được xác định bằng cách thay thế giá trị $(\Delta S_A/S_A)\% = I\%$ vào mô hình 3.13.

Tất cả những cách thức xử lý số liệu ở mục 3.3.3 được thực hiện theo chỉ dẫn của các tài liệu số [1], [2], [7]. Công cụ tính toán là phần mềm Excel, Statgraphics Plus Version 3.0&5.1 và SPSS² 10.0.

² Statistical Products for Social Services

Chương IV

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. SINH TRƯỞNG ĐƯỜNG KÍNH THÂN CÂY THÔNG BA LÁ

Sinh trưởng đường kính thân cây ($D_{1.3}$, cm) Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng được dẫn ra ở bảng 4.1. Số liệu ở bảng 4.1 là giá trị đường kính trung bình của 9 cây giải tích bình quân lâm phần. Để mô tả quá trình sinh trưởng đường kính thân cây, đã xây dựng mô hình mô tả sự biến đổi đường kính thân cây theo tuổi (A, năm) bằng mô hình Schumacher. Sau đó giải tích mô hình Schumacher để xác định lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (ZD, cm/năm), lượng tăng trưởng bình quân năm (ΔD , cm/năm) và suất tăng trưởng hàng năm (Pd, %).

Bảng 4.1. Sinh trưởng đường kính thân cây trung bình của rừng Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương - Lâm Đồng

A (năm)	$D_{1.3}$ (cm)	ZD (cm/năm)	ΔD (cm/năm)	Pd, %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4	6,4	1,60	1,60	25,0
6	8,3	0,95	1,38	11,4
8	10,6	1,15	1,33	10,8
10	12,0	0,70	1,20	5,8
12	13,6	0,80	1,13	5,9
14	15,3	0,85	1,09	5,6
16	17,2	0,95	1,08	5,5
18	19,2	1,00	1,07	5,2

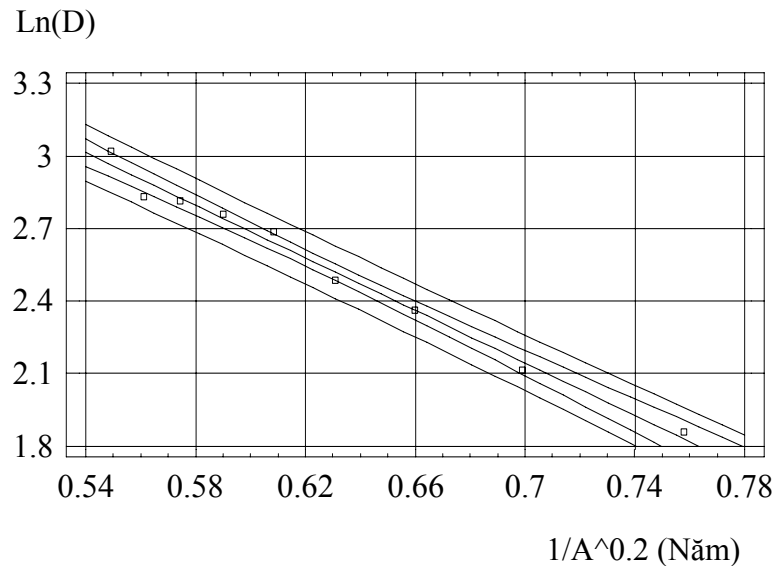
20	20,5	0,65	1,03	3,2
----	------	------	------	-----

Kết quả nghiên cứu cho thấy, giữa $D_{1.3}$ (cm) với tuổi lâm phần (A, năm) tồn tại mối liên hệ chặt chẽ theo mô hình $\ln(D) = \ln(m) + b/A^{0,2}$. Mô hình mối liên hệ có dạng (Hình 4.1 và Phụ lục 1):

$$\ln(D_{1.3}) = 6,0675 - 5,6180/A^{0,2} \quad (4.1)$$

với $R = -0,9961$ và $S_e = \pm 0,0368$

$$\text{Hay } D_{1.3} = 431,5 * \exp(-5,6180/A^{0,2}) \quad (4.2)$$



Hình 4.1. Quan hệ giữa đường kính với tuổi cây theo mô hình:

$$\ln(D) = \ln(m) + b/A^{0,2}$$

Khi giải tích mô hình 4.2, có thể xác định được ZD (cm/năm), ΔD (cm/năm) và Pd (%) của rừng Thông ba lá từ 2-20 tuổi theo những mô hình sau đây:

$$ZD = 484,83 * (A^{(-1,2)}) * 2,7182^{(-5,618 * A^{(-0,2)})} \quad (4.3)$$

$$\Delta D = (431,5 * 2,7182^{(-5,618/A^{0,2})})/A \quad (4.4)$$

$$Pd (\%) = 112,4 * A^{(-1,2)} \quad (4.5)$$

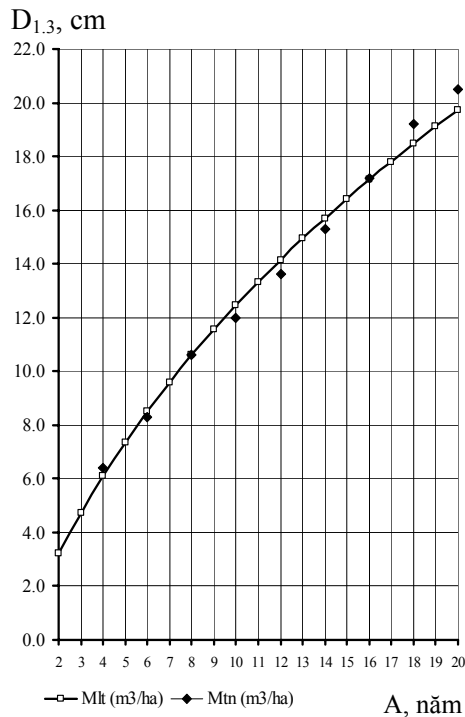
Khi giải tích mô hình 4.2 – 4.5, có thể xác định được sự biến đổi đường kính lâm phần Thông ba lá 20 tuổi (Bảng 4.2; Hình 4.2 và 4.3). Từ số liệu ở bảng 4.2

cho thấy, đường kính bình quân lâm phần Thông ba lá sinh trưởng khá nhanh trong khoảng 7 năm đầu sau khi trồng; trong đó lượng tăng trưởng hàng năm (ZD, cm) đạt 1,60 cm/năm ở tuổi 2 và 1,04 cm/năm ở tuổi 7, còn lượng tăng trưởng bình quân năm (ΔD , cm) là 1,62 cm ở tuổi 2 và 1,37 cm/năm ở tuổi 7.

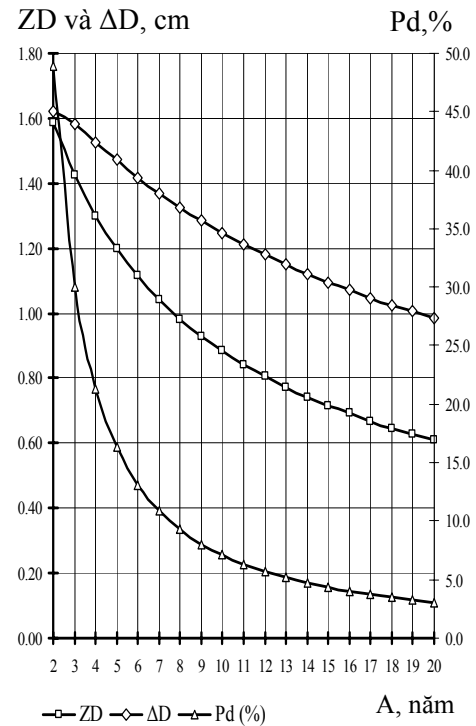
Bảng 4.2. Quá trình sinh trưởng đường kính thân cây của rừng
Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương - Lâm Đồng

A, năm	Đường kính thân cây ($D_{1.3}$, cm):			
	Cả thời kỳ	ZD, cm/năm	ΔD , cm/năm	Pd, %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	3,2	1,59	1,62	48,9
3	4,7	1,43	1,58	30,1
4	6,1	1,30	1,53	21,3
5	7,4	1,20	1,47	16,3
6	8,5	1,11	1,42	13,1
7	9,6	1,04	1,37	10,9
8	10,6	0,98	1,33	9,3
9	11,6	0,93	1,28	8,0
10	12,5	0,88	1,25	7,1
11	13,3	0,84	1,21	6,3
12	14,1	0,81	1,18	5,7
13	14,9	0,77	1,15	5,2
14	15,7	0,74	1,12	4,7
15	16,4	0,72	1,09	4,4
16	17,1	0,69	1,07	4,0
17	17,8	0,67	1,05	3,8
18	18,5	0,65	1,03	3,5
19	19,1	0,63	1,01	3,3
20	19,7	0,61	0,99	3,1

Từ tuổi 8 – 20 năm, lượng tăng trưởng hàng năm giảm từ 0,98 cm/năm ở tuổi 8 đến 0,61 cm/năm ở tuổi 20. Lượng tăng trưởng bình quân năm từ tuổi 8 – 20 năm giảm từ 1,33 cm/năm ở tuổi 8 đến 0,99 cm/năm ở tuổi 20. Lượng tăng trưởng hàng năm lớn nhất về đường kính ($ZD_{\max}$, m) là 1,78 cm/năm, còn lượng tăng trưởng trung bình năm cao nhất về đường kính ($\Delta D_{\max}$, cm) là 1,62 cm/năm. Thời điểm đạt được $ZD_{\max}$ ở tuổi 1, còn $\Delta D_{\max}$ rơi vào tuổi 2. Suất tăng trưởng về đường kính ở tuổi 2 là 48,9%, sau đó giảm còn 7,1% ở tuổi 10, 4,4% ở tuổi 15 và 3,1% ở tuổi 20 năm. Dự đoán suất tăng trưởng về đường kính từ tuổi 21 trở đi giảm xuống dưới 3%/năm.



Hình 4.2. Sinh trưởng đường kính thân cây của rừng Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương – Lâm Đồng.



Hình 4.3. Lượng tăng trưởng và suất tăng trưởng $D_{1.3}$ của rừng Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương – Lâm Đồng.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, giữa nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây (Kd) và tuổi lâm phần (A, năm) tồn tại mối quan hệ chặt chẽ theo mô hình nghịch đảo của tuổi. Mô hình mối liên hệ có dạng (Phụ lục 2):

$$K_d = 1,0277 - 1,0326/A \quad (4.6)$$

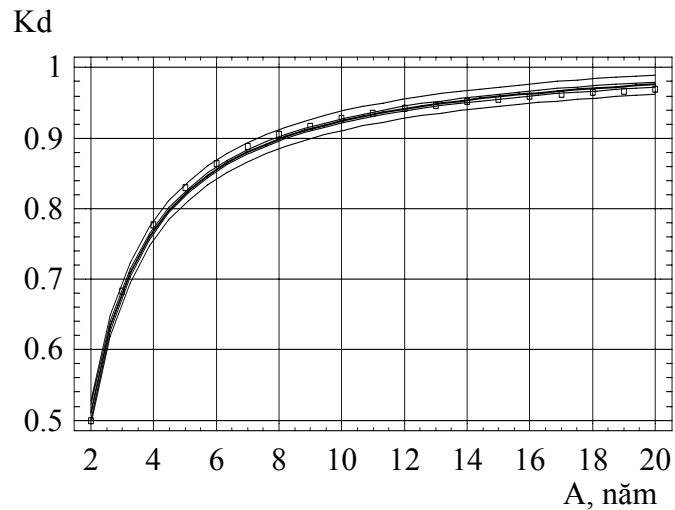
với $r = -0,9987$; $S_e = \pm 0,0062$

Khi khai triển mô hình 4.6 có thể nhận thấy (Bảng 4.3 và Hình 4.4), nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây chỉ gia tăng nhanh từ tuổi 2 ($K_d = 0,5114$) đến tuổi 8 ($K_d = 0,8986$). Sau đó, nhịp điệu sinh trưởng đường kính giảm rất nhanh từ tuổi 10 năm ($K_d = 0,9244$) đến tuổi 20 năm ($K_d = 0,9761$). Phân tích mô hình 4.6 cũng nhận thấy rằng, nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây từ tuổi 25 năm trở đi sẽ biến đổi rất chậm ($K_d > 0,9864$).

Bảng 4.3. Nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây
của rừng Thông ba lá ở Đơn Dương - Lâm Đồng

A (Năm)	$D_{1.3}$ (cm)	ZD, cm/năm	ΔD , cm/năm	K_d
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	3,2	1,59	1,62	0,5114
3	4,7	1,43	1,58	0,6835
4	6,1	1,30	1,53	0,7696
5	7,4	1,20	1,47	0,8212
6	8,5	1,11	1,42	0,8556
7	9,6	1,04	1,37	0,8802
8	10,6	0,98	1,33	0,8986
9	11,6	0,93	1,28	0,9130
10	12,5	0,88	1,25	0,9244
11	13,3	0,84	1,21	0,9338
12	14,1	0,81	1,18	0,9417
13	14,9	0,77	1,15	0,9483
14	15,7	0,74	1,12	0,9539
15	16,4	0,72	1,09	0,9589
16	17,1	0,69	1,07	0,9632
17	17,8	0,67	1,05	0,9670
18	18,5	0,65	1,03	0,9703
19	19,1	0,63	1,01	0,9734

20	19,7	0,61	0,99	0,9761
----	------	------	------	--------



Hình 4.4. Nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây của rừng Thông ba lá ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng

4.2. SINH TRƯỞNG CHIỀU CAO THÂN CÂY THÔNG BA LÁ

Đặc trưng sinh trưởng chiều cao thân cây trung bình (H , m) của những lâm phần Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương được dẫn ra ở bảng 4.4.

Bảng 4.4. Sinh trưởng chiều cao thân cây trung bình của những lâm phần Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương

A (năm)	H (m)	ZH (m/năm)	ΔH (m/năm)	Ph (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4	3,7	0,93	0,93	25,0
6	7,2	1,75	1,20	24,3
8	8,3	0,55	1,04	6,6
10	9,1	0,40	0,91	4,4
12	10,3	0,60	0,86	5,8
14	11,1	0,40	0,79	3,6

16	11,7	0,30	0,73	2,6
18	12,5	0,40	0,69	3,2
20	13,8	0,65	0,69	4,7

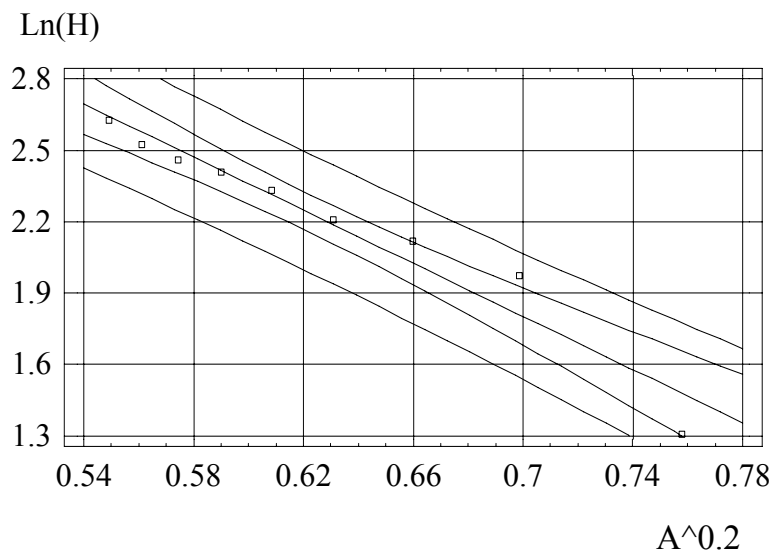
Để làm rõ quá trình sinh trưởng H (m), trước hết đã xây dựng mô hình biểu diễn mối quan hệ giữa H (m) bình quân lâm phần với tuổi (A , năm). Sau đó giải tích mô hình để dự đoán lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (ZH , m/năm), lượng tăng trưởng bình quân năm (ΔH , m/năm) và suất tăng trưởng hàng năm (Ph , %).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, giữa chiều cao (H , m) với tuổi cây (A , năm) tồn tại mối quan hệ chặt chẽ ($R^2 = -0.9785$) theo mô hình $\ln(H) = \ln(m) + b/A^{0,2}$. Mô hình mối liên hệ có dạng (Hình 4.5 và Phụ lục 3):

$$\ln(H) = 5,71261 - 5,58709/A^{0,2} \quad (4.7)$$

$$\text{với } R^2 = -0,9717; Se = \pm 0,1002$$

$$\text{Hay } H = 302,6 * \exp(-5,58709/A^{0,2}) \quad (4.8)$$



Hình 4.5. Quan hệ giữa chiều cao với tuổi lâm phần

Thông ba lá theo mô hình: $\ln H = \ln(m) + b/A^{0.2}$

Khi giải tích mô hình 4.8, có thể xác định được những đại lượng sau đây:

$$ZH \text{ (m)} = 338,13 * (A^{(-1,2)}) * 2,7182^{(-5,58709 * A^{(-0,2)})} \quad (4.9)$$

$$\Delta H \text{ (m)} = (302,6 * 2,7182^{(-5,58709/A^{0.2})})/A \quad (4.10)$$

$$Ph (\%) = 111,7 \cdot A^{(-1,2)} \quad (4.11)$$

Khi giải tích mô hình 4.8 – 4.11, có thể xác định được sự biến đổi đường kính lâm phần Thông ba lá 20 tuổi (Bảng 4.5; Hình 4.6 và 4.7).

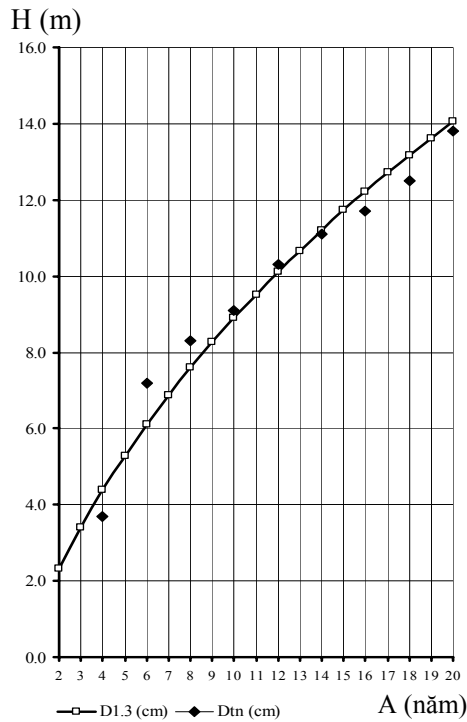
Bảng 4.5. Quá trình sinh trưởng chiều cao của Thông ba lá 20 tuổi ở khu vực Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng

A (năm)	Sinh trưởng chiều cao thân cây (H, m) theo tuổi lâm phần:			
	Cả thời kỳ	ZH (m/năm)	ΔH (m/năm)	Ph (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	2,3	1,14	1,17	48,6
3	3,4	1,02	1,14	29,9
4	4,4	0,93	1,10	21,2
5	5,3	0,85	1,06	16,2
6	6,1	0,79	1,02	13,0
7	6,9	0,74	0,98	10,8
8	7,6	0,70	0,95	9,2
9	8,3	0,66	0,92	8,0
10	8,9	0,63	0,89	7,1
11	9,5	0,60	0,87	6,3
12	10,1	0,57	0,84	5,7
13	10,7	0,55	0,82	5,1
14	11,2	0,53	0,80	4,7
15	11,7	0,51	0,78	4,3
16	12,2	0,49	0,76	4,0
17	12,7	0,47	0,75	3,7
18	13,2	0,46	0,73	3,5
19	13,6	0,44	0,72	3,3
20	14,1	0,43	0,70	3,1

Từ số liệu ở bảng 4.5 cho thấy, giá trị ZH (m/năm) trong 10 năm đầu sau khi trồng đạt tương ứng 1,14 m/năm ở tuổi 2 và 0,63 m/năm ở tuổi 10, còn giá trị ΔH (m/năm) đạt 1,17 m/năm ở tuổi 2 và 0,89 m/năm ở tuổi 10. Từ tuổi 11 – 20 năm,

giá trị ZH (m/năm) giảm từ 0,60 m/năm ở tuổi 11 đến 0,43 m/năm ở tuổi 20, còn ΔH (m/năm) giảm từ 0,87 m ở tuổi 11 đến 0,70 m/năm ở tuổi 20.

Giá trị $ZH_{\max}$ (m) đạt 1,29 m/năm; thời điểm đạt $ZH_{\max}$ là tuổi 1. Giá trị $\Delta H_{\max}$ (m) là 1,17 m/năm; thời điểm đạt $\Delta H_{\max}$ là tuổi 2. Suất tăng trưởng về chiều cao ở tuổi 2 là 48,6%, giảm nhanh còn 7,1% ở tuổi 10 và 3,1% ở tuổi 20 năm.



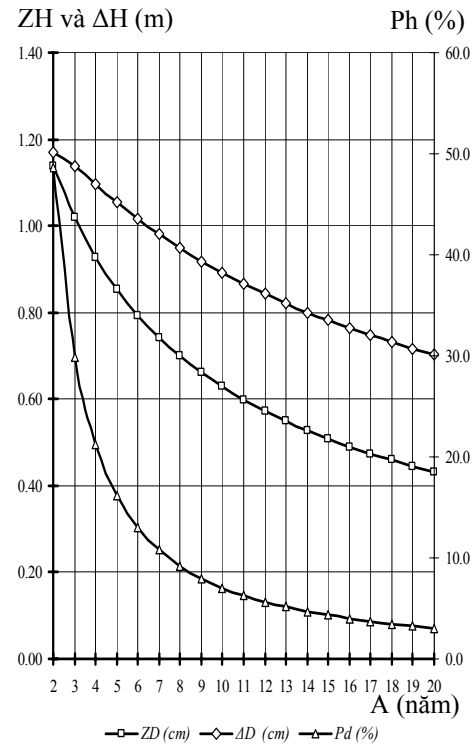
Hình 4.6. Sinh trưởng chiều cao của rừng Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương.

Kết quả nghiên cứu cũng nhận thấy rằng, giữa nhịp điệu sinh trưởng chiều cao (Kh) và tuổi cây (A , năm) tồn tại mối quan hệ chặt chẽ theo mô hình nghịch đảo của tuổi (Phụ lục 4):

$$Kh = 1,02802 - 1,03141/A \quad (4.12)$$

với $r = -0,9986$; $S_e = \pm 0,0064$

Khi khai triển mô hình 4.12 cho thấy (Bảng 4.6 và Hình 4.8), nhịp điệu sinh trưởng chiều cao gia tăng nhanh từ tuổi 2 ($Kh = 0,500$) đến tuổi 8 ($Kh = 0,905$). Sau đó nhịp điệu sinh trưởng chiều cao giảm rất nhanh từ tuổi 11 ($Kh = 0,936$) đến tuổi 20 năm ($Kh = 0,978$). Từ mô hình 4.12, có thể dự đoán nhịp điệu sinh trưởng

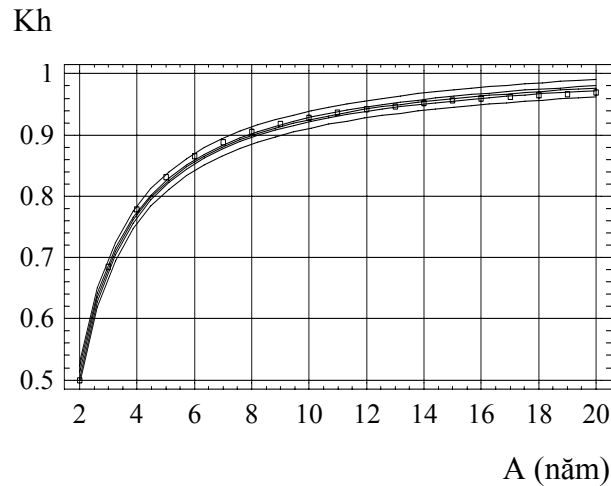


Hình 4.7. Lượng tăng trưởng và suất tăng trưởng chiều cao của rừng Thông ba lá 20 tuổi.

chiều cao thân cây Thông ba lá ở Đồn Dương có khuynh hướng biến đổi rất chậm từ tuổi 21 năm trở đi ($ZH < 0,42 \text{ m/năm}$).

Bảng 4.6. Nhịp điệu sinh trưởng H (m) của Thông ba lá 20 tuổi ở Đồn Dương

A (Năm)	H (m)	Kh_{tn}	Kh_{lt}
(1)	(2)	(3)	(4)
2	2,3	0,500	0,519
3	3,4	0,685	0,689
4	4,4	0,778	0,774
5	5,3	0,831	0,825
6	6,1	0,865	0,859
7	6,9	0,888	0,883
8	7,6	0,905	0,901
9	8,3	0,918	0,915
10	8,9	0,928	0,927
11	9,5	0,936	0,936
12	10,1	0,942	0,944
13	10,7	0,947	0,950
14	11,2	0,952	0,956
15	11,7	0,956	0,961
16	12,2	0,959	0,965
17	12,7	0,962	0,969
18	13,2	0,965	0,972
19	13,6	0,967	0,975
20	14,1	0,969	0,978



Hình 4.8. Nhịp điệu sinh trưởng chiều cao lâm phần Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng.

4.3. SINH TRƯỞNG TRỮ LƯỢNG RỪNG TRỒNG THÔNG BA LÁ

Đặc trưng sinh trưởng trữ lượng trung bình (M , m^3/ha) của những lâm phần Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương được dẫn ra ở bảng 4.7.

Bảng 4.7. Sinh trưởng trữ lượng trung bình của những lâm phần Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương

A (năm)	M (m^3/ha)	ZM ($m^3/ha/năm$)	ΔM ($m^3/ha/năm$)	PM (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4	10,2	2,55	2,55	25,0
6	32,1	10,96	5,35	34,1
8	56,4	12,13	7,05	21,5
10	77,1	10,34	7,71	13,4
12	98,7	10,83	8,23	11,0

14	123,4	12,35	8,81	10,0
16	149,9	13,24	9,37	8,8
18	183,1	16,61	10,17	9,1
20	218,5	17,70	10,93	8,1

Để làm rõ quá trình sinh trưởng M (m^3/ha), trước hết đã xây dựng mô hình biểu diễn mối quan hệ giữa M (m^3/ha) bình quân lâm phần với tuổi (A , năm). Sau đó giải tích mô hình để dự đoán lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm (ZM , $m^3/ha/năm$), lượng tăng trưởng bình quân năm (ΔM , $m^3/ha/năm$) và suất tăng trưởng hàng năm (PM , %).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, giữa M (m^3/ha) với tuổi cây (A , năm) tồn tại mối quan hệ chặt chẽ theo mô hình $\ln(M) = \ln(m) + b/A^{0,2}$. Mô hình mối liên hệ có dạng (Hình 4.9 và Phụ lục 5):

$$\ln(M) = 13,0658 - 13,926/A^{0,2} \quad (4.13)$$

$$\text{với } R^2 = -0,9940; Se = \pm 0,1128$$

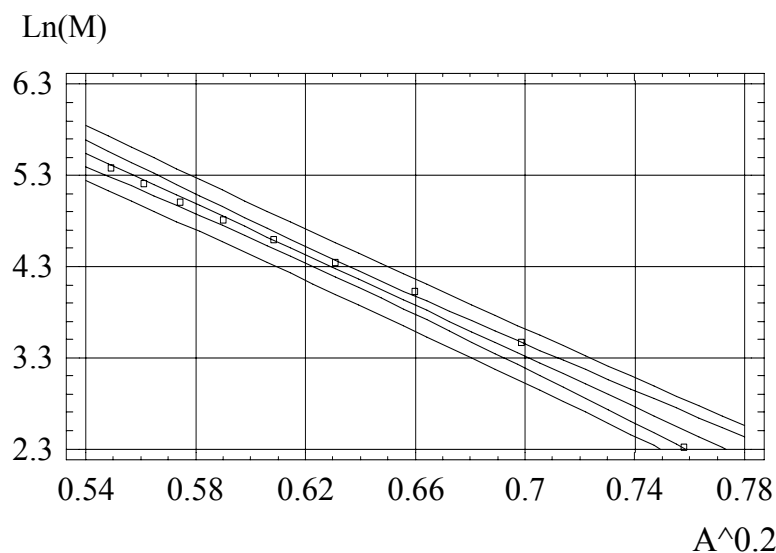
$$\text{Hay } M = 472.317,5 * \exp(-13,926/A^{0,2}) \quad (4.14)$$

Khi giải tích mô hình 4.14, có thể xác định được những đại lượng sau đây:

$$ZM (m^3) = 1.315.498,7 * (A^{(-1,2)}) * 2,7182^{(-13,926 * A^{(-0,2)})} \quad (4.15)$$

$$\Delta M (m^3) = (472.317,5 * 2,7182^{(-13,926/A^{0,2})})/A \quad (4.16)$$

$$PM (\%) = 278,52 * A^{(-1,2)} \quad (4.17)$$



Hướng dẫn: PGS. TS Nguyễn Văn Mạnh

Hình 4.9. Quan hệ giữa trữ lượng gỗ với tuổi lâm phần

Thông ba lá theo mô hình: $\ln M = \ln(m) + b/A^{0.2}$

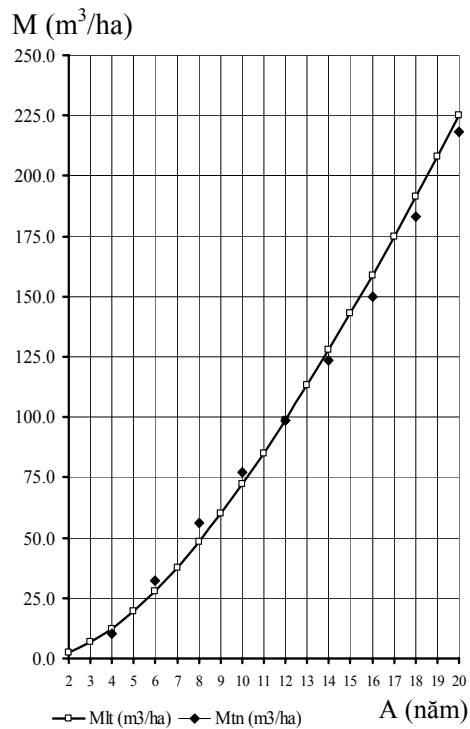
Khi giải tích mô hình 4.14 – 4.17, có thể xác định được sự biến đổi trữ lượng lâm phần Thông ba lá 20 tuổi (Bảng 4.8; Hình 4.10 và 4.11).

Phân tích số liệu ở bảng 4.8 cho thấy, trữ lượng rừng Thông ba lá ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm có thể đạt tương ứng 19,5; 72,2; 143,1 và 225,1 m³/ha. Năng suất (hay giá trị ZM, m³/ha/năm) ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm có thể đạt tương ứng 7,9; 12,7; 15,5 và 17,2 m³/ha/năm.

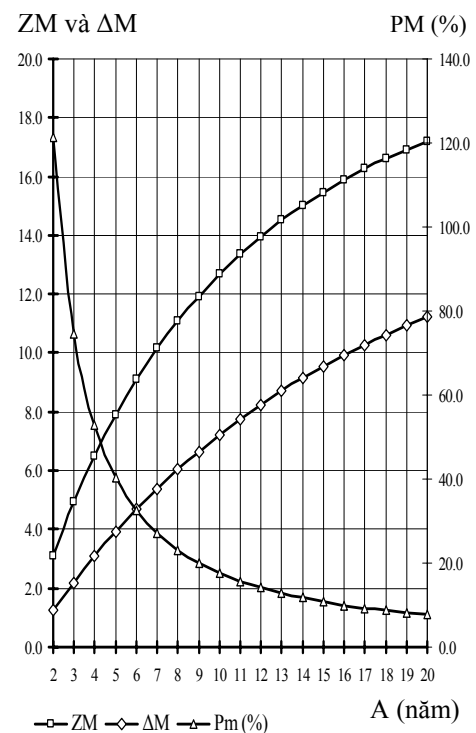
Bảng 4.8. Quá trình sinh trưởng trữ lượng của rừng Thông ba lá 20 tuổi ở khu vực Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng

A (năm)	Sinh trưởng trữ lượng lâm phần theo tuổi:			
	Cả thời kỳ	ZM (m ³ /ha/năm)	ΔM (m ³ /ha/năm)	PM (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	2,6	3,1	1,3	121,2
3	6,6	4,9	2,2	74,5
4	12,3	6,5	3,1	52,8
5	19,5	7,9	3,9	40,4
6	28,0	9,1	4,7	32,4
7	37,7	10,2	5,4	27,0
8	48,3	11,1	6,0	23,0
9	59,9	11,9	6,7	19,9
10	72,2	12,7	7,2	17,6
11	85,2	13,4	7,7	15,7
12	98,8	14,0	8,2	14,1
13	113,1	14,5	8,7	12,8
14	127,8	15,0	9,1	11,7
15	143,1	15,5	9,5	10,8
16	158,7	15,9	9,9	10,0
17	174,8	16,3	10,3	9,3

18	191,2	16,6	10,6	8,7
19	208,0	16,9	10,9	8,1
20	225,1	17,2	11,3	7,6



Hình 4.10. Sinh trưởng trữ lượng của rừng Thông ba lá 20 tuổi ở Đơn Dương.



Hình 4.11. Lượng tăng trưởng và suất tăng trưởng trữ lượng của rừng Thông ba lá 20 tuổi.

Phân tích số liệu ở bảng 4.8 cũng cho thấy, giá trị ΔM ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{năm}$) hay năng suất gỗ trung bình trong 10 năm đầu sau khi trồng đạt tương ứng $1,3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ ở tuổi 2; $3,9 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ ở tuổi 5 và $7,2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ ở tuổi 10. Từ tuổi 11 – 20 năm, năng suất gỗ trung bình (ΔM , $\text{m}^3/\text{ha}/\text{năm}$) thay đổi từ $7,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ ở tuổi 11 đến $9,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ ở tuổi 15 và $11,3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ ở tuổi 20.

Suất tăng trưởng về trữ lượng ở tuổi 2 là 121,2%, giảm nhanh còn 40,4% ở tuổi 5; 17,6% ở tuổi 10 và 7,6% ở tuổi 20 năm.

4.4. CHU KỲ KHAI THÁC RỪNG THÔNG BA LÁ TỐI ƯU VỀ KINH TẾ

4.4.1. Trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tỷ lệ gỗ sản phẩm trung bình ($\Phi_{\text{đầu nhỏ}} \geq 6 \text{ cm}$) của rừng Thông ba lá từ 4 đến 20 tuổi là 75% so với trữ lượng gỗ thân cây đứng. Khi tỷ lệ gỗ sản phẩm là 75%, thì từ mô hình 4.14 có thể biến đổi thành mô hình biểu thị trữ lượng gỗ sản phẩm (M_{sp} , m^3/ha) của 1 ha rừng Thông ba lá như sau:

$$M_{\text{sp}} = 354.238,1 * \exp(-13,926/A^{0,2}) \quad (4.18)$$

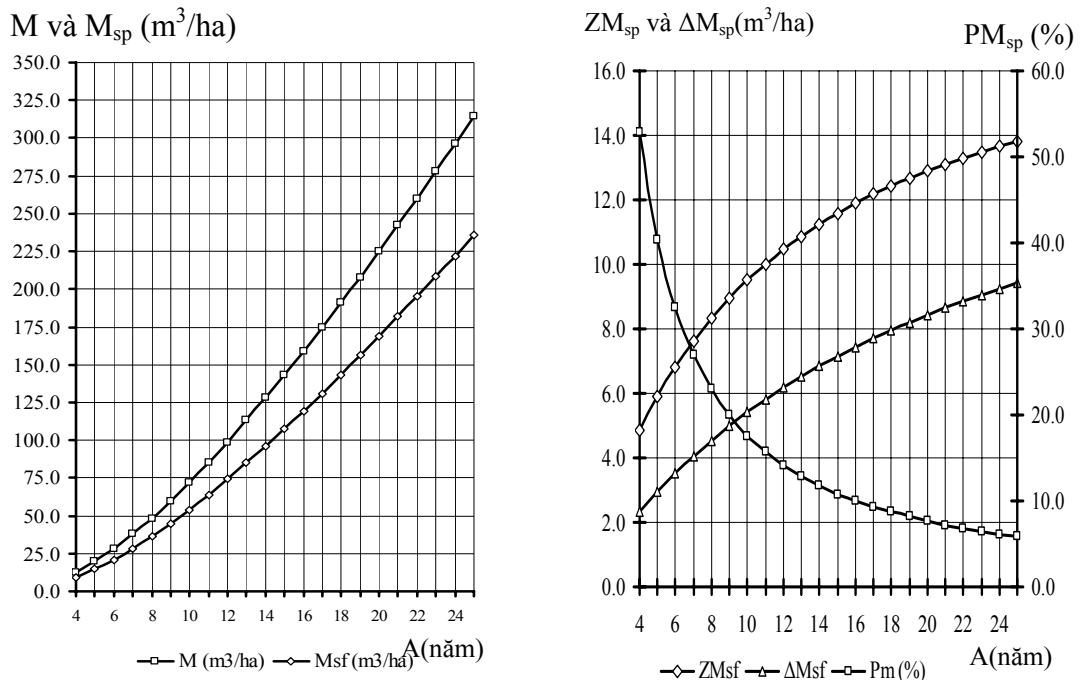
Bằng cách giải tích mô hình 4.18, có thể dự đoán được trữ lượng gỗ sản phẩm, lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm (ZM_{sp} , $\text{m}^3/\text{ha}/\text{năm}$), lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm bình quân năm (ΔM_{sp} , $\text{m}^3/\text{ha}/\text{năm}$) và suất tăng trưởng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm (PM_{sp} , %) của 1 ha rừng Thông ba lá (Bảng 4.9; Phụ lục 6 và Hình 4.12).

Bảng 4.9. Dự đoán trữ lượng và lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá từ 4 – 25 tuổi ở Đơn Dương

A (năm)	M(m^3/ha)	M_{sp} (m^3/ha)	ZM_{sp} (m^3/ha)	ΔM_{sp} (m^3/ha)	PM_{sp} (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
4	12,3	9,2	4,9	2,3	52,8
5	19,5	14,7	5,9	2,9	40,4
6	28,0	21,0	6,8	3,5	32,4
8	48,3	36,2	8,3	4,5	23,0
10	72,2	54,1	9,5	5,4	17,6
12	98,8	74,1	10,5	6,2	14,1
14	127,8	95,9	11,3	6,8	11,7
15	143,1	107,3	11,6	7,2	10,8
16	158,7	119,1	11,9	7,4	10,0
18	191,2	143,4	12,4	8,0	8,7

20	225,1	168,8	12,9	8,4	7,6
22	260,0	195,0	13,3	8,9	6,8
24	296,0	222,0	13,6	9,2	6,1
25	314,3	235,7	13,8	9,4	5,9

(*) Trữ lượng gỗ sản phẩm từ tuổi 21 – 25 là giá trị dự đoán



Hình 4.12. Dự đoán trữ lượng và lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá ở Đơn Dương Lâm Đồng.

Phân tích số liệu của bảng 4.9 cho thấy, trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá trồng ở tuổi 5, 10, 15, 20 năm đạt tương ứng 14,7, 54,1, 107,3 và 168,8 m^3/ha . Dự đoán trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá đến tuổi 25 năm là 235,7 m^3/ha .

Từ số liệu của bảng 4.9 cũng cho thấy, lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm tương ứng là 5,9; 9,5; 11,6 và 12,9 $m^3/ha/năm$. Dự đoán lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm đến tuổi 25 là 13,8 $m^3/ha/năm$. Năng suất gỗ sản phẩm trung bình ở tuổi 5, 10 và 20 năm đạt

tương ứng 2,9; 5,4 và 8,4 m³/ha/năm. Dự đoán năng suất gỗ sản phẩm trung bình ở tuổi 25 năm là 9,4 m³/ha/năm. Suất tăng trưởng trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá ở tuổi 5 là 40,4%/năm; sau đó giảm nhanh còn 17,6%/năm ở tuổi 10 và 7,6%/năm ở tuổi 20 năm. Dự đoán suất tăng trưởng trữ lượng gỗ sản phẩm ở tuổi 25 năm là 5,9%/năm.

4.4.2. Xác định tuổi khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế

Áp dụng nguyên lý tính tuổi thành thực về kinh tế của rừng trồng thuần loài đồng tuổi vào đối tượng rừng Thông ba lá trồng ở Đơn Dương, ở bảng 4.10 và hình 4.13 dẫn kết quả tính toán và dự đoán tổng giá trị gỗ sản phẩm (S_A , đồng/ha), tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm ($\Delta S_A/S_A$) tính theo phần trăm, lãi suất vay vốn trồng rừng ($I\%$) và chi phí cơ hội của vốn ($I \cdot S_A$) theo tuổi rừng. Khi tính toán tổng giá trị của rừng Thông ba lá, đã giả định giá trị 1 m³ gỗ sản phẩm trung bình là 550.000 đồng; chi phí cơ hội của vốn được tính theo lãi suất ($I\%$) vay vốn trồng rừng cao nhất là 10% so với tổng giá trị của rừng đến kỳ khai thác chính.

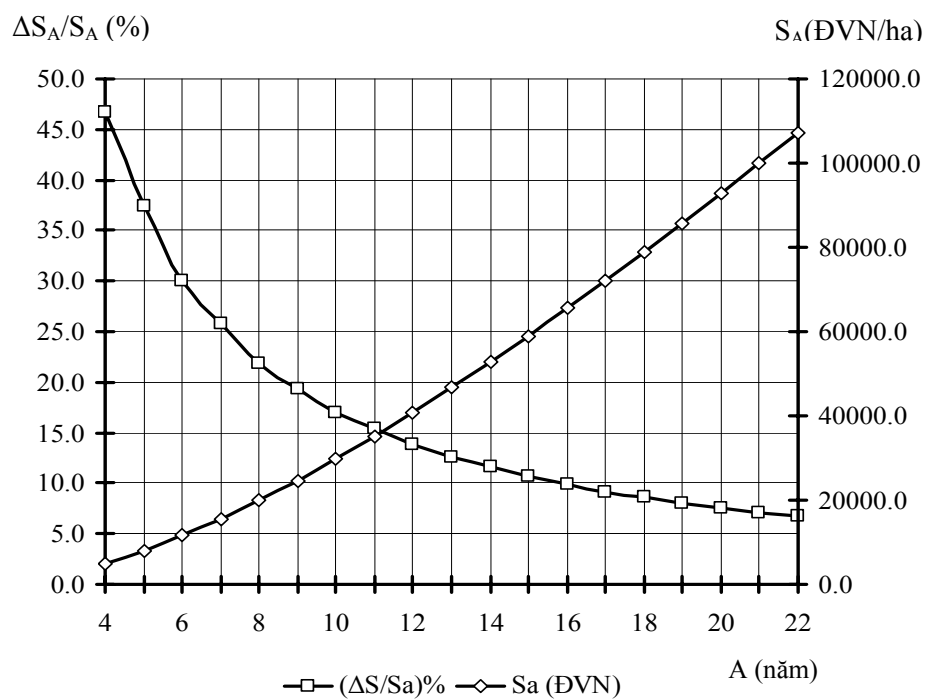
Phân tích số liệu của bảng 4.10 cho thấy, khi tuổi rừng Thông ba lá tăng lên từ 4 - 20 năm, thì tổng giá trị gỗ sản phẩm cũng tăng lên từ 5.060.000 đồng/ha đến 92.840.000 đồng/ha. Dự đoán tổng giá trị gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá đến tuổi 22 là 107.250.000 đồng/ha. Trái lại, khi tuổi rừng Thông ba lá tăng lên từ 4 - 20 năm, thì tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm lại giảm tương ứng từ 46,7%/năm ở tuổi 4, 19,4%/năm ở tuổi 10 và 7,6%/năm ở tuổi 20. Dự đoán tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm ở tuổi 22 là 6,8%/năm.

Khi giả định mức lãi suất vay vốn trồng rừng là 10%/năm so với tổng giá trị gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá đến kỳ khai thác chính, thì giá trị ($\Delta S_A/S_A$) cân bằng với lãi suất vay vốn trồng rừng ($I\%$) hay giá trị ($\Delta S_A - I \cdot S_A$) sẽ tiến đến zero ở tuổi 15-16 năm (Bảng 4.10; Hình 4.14).

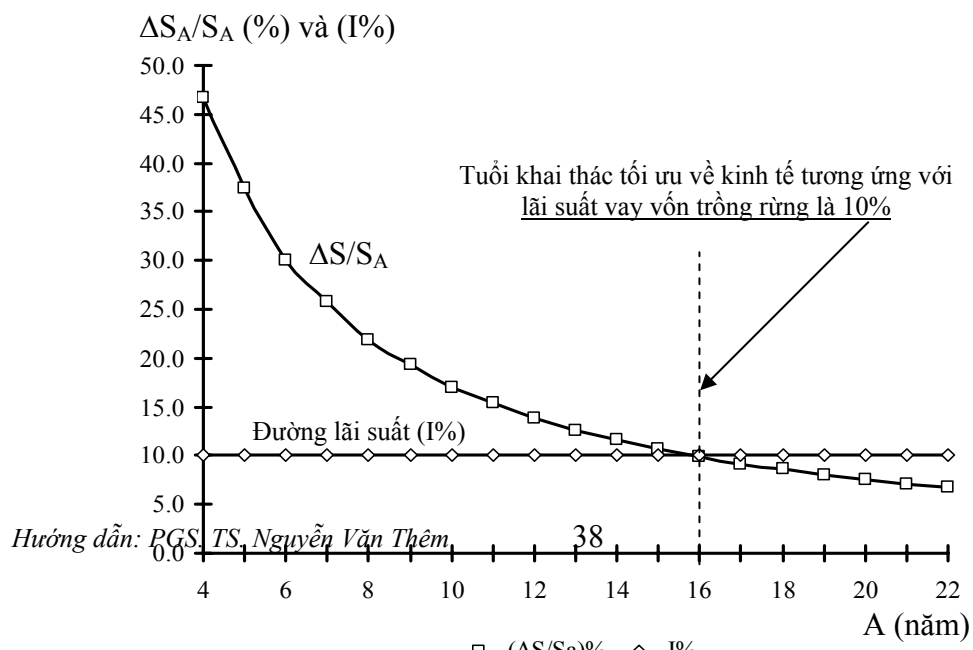
Bảng 4.10. Dự đoán tổng giá trị và tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm
hàng năm của 1 ha rừng Thông ba lá ở Đơn Dương

Đơn vị tính: 1000 đồng

A(năm)	M _{sp} (m ³ /ha)	S _A (ĐVN)	ΔS _A (ĐVN)	ΔS _A /S _A (%)	I(%)	I*S _A (ĐVN)	ΔS _A -I*S _A
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
4	9,2	5.060,0	2.365,0	46,7	10	506,0	1.859,0
5	14,7	8.085,0	3.025,0	37,4	10	808,5	2.216,5
6	21,0	11.550,0	3.465,0	30,0	10	1.155,0	2.310,0
7	28,3	15.565,0	4.015,0	25,8	10	1.556,5	2.458,5
8	36,2	19.910,0	4.345,0	21,8	10	1.991,0	2.354,0
9	44,9	24.695,0	4.785,0	19,4	10	2.469,5	2.315,5
10	54,1	29.755,0	5.060,0	17,0	10	2.975,5	2.084,5
11	63,9	35.145,0	5.390,0	15,3	10	3.514,5	1.875,5
12	74,1	40.755,0	5.610,0	13,8	10	4.075,5	1.534,5
13	84,8	46.640,0	5.885,0	12,6	10	4.664,0	1.221,0
14	95,9	52.745,0	6.105,0	11,6	10	5.274,5	830,5
15	107,3	59.015,0	6.270,0	10,6	10	5.901,5	368,5
16	119,1	65.505,0	6.490,0	9,9	10	6.550,5	-60,5
17	131,1	72.105,0	6.600,0	9,2	10	7.210,5	-610,5
18	143,4	78.870,0	6.765,0	8,6	10	7.887,0	-1.122,0
19	156,0	85.800,0	6.930,0	8,1	10	8.580,0	-1.650,0
20	168,8	92.840,0	7.040,0	7,6	10	9.284,0	-2.244,0
21	181,8	99.990,0	7.150,0	7,2	10	9.999,0	-2.849,0
22	195,0	107.250,0	7.260,0	6,8	10	10.725,0	-3.465,0



Hình 4.13. Dự đoán tổng giá trị (S_A , đồng/ha) và tỷ lệ gia tăng giá trị gỗ sản phẩm ($\Delta S_A/S_A$) của 1 ha rừng Thông ba lá.



Như vậy, nếu mức lãi suất vay vốn trồng rừng hàng năm là 10% so với tổng giá trị của rừng đến kỳ khai thác chính, thì lượng gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm ở tuổi 15 năm (6.270.000 đồng/ha) vẫn còn lớn hơn chi phí cơ hội của vốn (5.901.500 đồng/ha) là 368.500 đồng/ha.

Nếu khai thác rừng Thông ba lá ở vào tuổi 16 năm, thì lượng gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm (6.490.000 đồng/ha) sẽ thấp hơn chi phí cơ hội của vốn (6.550.500 đồng/ha) là 60.000 đồng/năm. Nếu tiếp tục nuôi rừng Thông ba lá cao hơn tuổi 16 năm, thì sự chênh lệch âm giữa ΔS_A và $I \cdot S_A$ sẽ càng gia tăng. Do đó, khi mức lãi suất vay vốn trồng rừng là 10% so với tổng giá trị của rừng đến kỳ khai thác chính, thì việc tiếp tục nuôi rừng Thông ba lá sau tuổi 16 năm là không có lợi về mặt kinh tế. Ngược lại, vì ΔS_A từ tuổi 15 năm trở về trước luôn cao hơn $I \cdot S_A$, nên việc quyết định tiếp tục nuôi rừng Thông ba lá cho đến tuổi 15 năm là có lợi về mặt kinh tế.

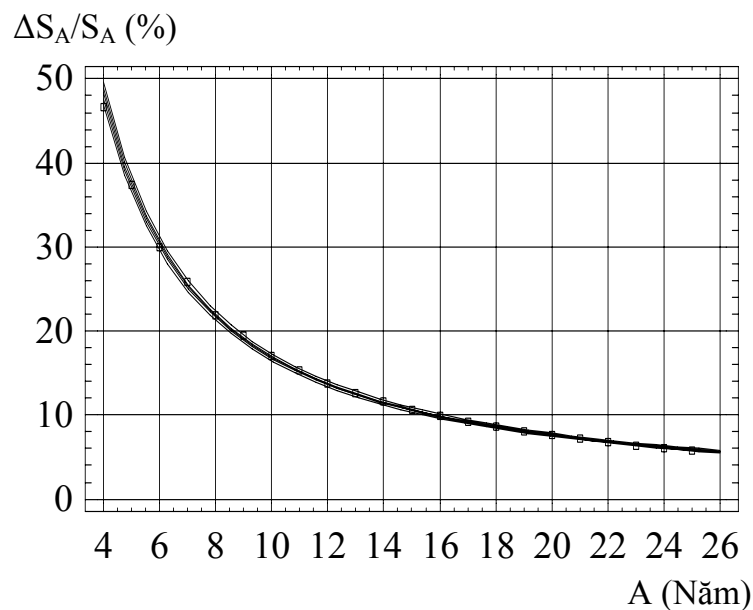
Từ những tính toán trên đây cho thấy, nếu giả định mức lãi suất vay vốn trồng rừng là 10%, thì để nhận được lợi nhuận tối đa chủ rừng cần phải thu hoạch sản phẩm gỗ của rừng Thông ba lá ở tuổi 16 năm. Nói khác đi, khi mức lãi suất vay vốn trồng rừng là 10%, thì chu kỳ hay tuổi khai thác tối ưu về kinh tế (A_{kt} , năm) theo quan điểm lợi nhuận tối đa đối với rừng Thông ba lá trồng ở Đơn Dương là 16 năm.

Để dự đoán nhanh chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế tương ứng với những mức lãi suất vay vốn trồng rừng khác nhau, đã xây dựng mô hình biểu thị mối quan hệ giữa ($\Delta S_A/S_A$) với tuổi lâm phần Thông ba lá (A , năm). Từ số liệu ở bảng 4.10, thông qua thuật toán thống kê (Phụ lục 7; Hình 4.15), đã nhận được dưới dạng:

$$\ln(\Delta S_A/S_A) = 5,46774 + 1,1474 \cdot \ln(A) \quad (4.19)$$

với $R = -0,9998$; $S_e = \pm 0,0122$

$$\text{hay } (\Delta S_A/S_A)\% = 236,924 \cdot A^{-1,1474} \quad (4.20)$$



Hình 4.15. Đồ thị mô tả mối quan hệ giữa $(\Delta S_A/S_A)$ với A (năm)

Bằng cách biến đổi mô hình 4.20, có thể xác định được tuổi khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế (A_{kt} , năm) theo công thức:

$$A_{kt} = 2,7182^{\left(\frac{\ln(236,924) - \ln(\Delta S_A/S_A)}{1,1474}\right)} \quad (4.21)$$

Khi thay thế $(\Delta S_A/S_A)$ hoặc mức lãi suất vay vốn trồng rừng ($I\%$) bằng 10% vào mô hình 4.21, thì tuổi khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế (A_{kt} , năm) là 15,8 năm hay lấy tròn là 16 năm ($16 \text{ năm} = A_{kt} = 2,7182^{\left(\frac{\ln(236,924) - \ln(10)}{1,1474}\right)}$).

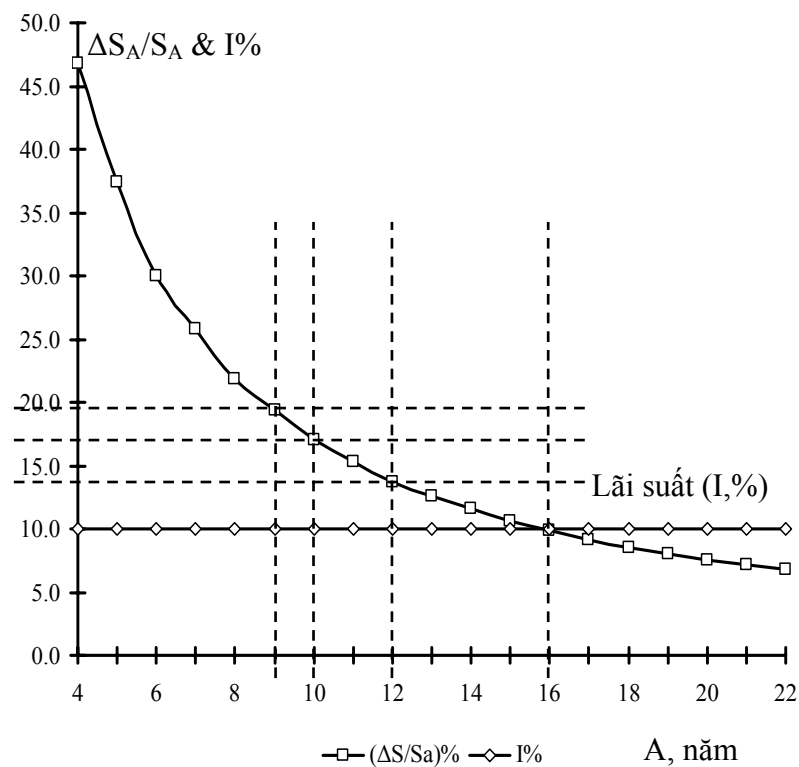
Đối chiếu tuổi khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế được xác định theo quan hệ $(\Delta S_A/S_A) = I$ hay $\Delta S_A = I \cdot S_A$ (Bảng 4.10) với kết quả tính theo mô

hình 4.21 cho thấy hai cách tính đều nhận được kết quả tương tự nhau. Do đó, tùy theo mức thay đổi lãi suất vay vốn trồng rừng, trong thực tế chủ rừng có thể áp dụng mô hình 4.21 để dự đoán tuổi khai thác tối ưu về kinh tế cho rừng Thông ba lá trồng ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng.

Nhận thấy rằng, trong thực tế lãi suất vay vốn trồng rừng có thể thay đổi theo thời gian. Vì thế, ở bảng 4.11 và hình 4.16 ghi lại tuổi khai thác tối ưu về kinh tế đối với rừng Thông ba lá trồng tùy theo sự thay đổi mức lãi suất vay vốn trồng rừng hàng năm. Từ số liệu của bảng 4.11, chủ rừng có thể chủ động dự đoán và ra quyết định thời điểm khai thác rừng Thông ba lá.

Bảng 4.11. Dự đoán tuổi khai thác tối ưu về kinh tế đối với rừng Thông ba lá
tùy theo mức lãi suất vay vốn trồng rừng

Lãi suất (I%)	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
A_{kt} (năm)	35	29	25	22	19	17	16	15	13
Lãi suất (I%)	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0
A_{kt} (năm)	13	12	11	10	10	9	9	9	8



Hình 4.16. Tuổi khai thác A_{kt} (năm) rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế thay đổi tùy theo mức lãi suất vay vốn trồng rừng.

4.5. MỘT SỐ ĐỀ XUẤT

4.5.1. Dự đoán đường kính bình quân rừng Thông ba lá

Để dự đoán quá trình biến đổi $D_{1,3}$ (cm) theo tuổi lâm phần rừng Thông ba lá ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng, tác giả đề xuất sử dụng 6 mô hình sau đây:

TT	Mô hình dự đoán	Công thức
1	$\ln(D_{1,3}) = 6,0675 - 5,6180/A^{0,2}$	(4.1)
2	Hay $D_{1,3} = 431,5 * \exp(-5,6180/A^{0,2})$	(4.2)
3	$ZD = 484,83 * (A^{(-1,2)}) * 2,7182^{(-5,618 * A^{(-0,2)})}$	(4.3)
4	$\Delta D = (431,5 * 2,7182^{(-5,618/A^{0,2})})/A$	(4.4)
5	$Pd (\%) = 112,4 * A^{(-1,2)}$	(4.5)
6	$Kd = 1,0277 - 1,0326/A$	(4.6)

Khi giải tích 6 mô hình này, có thể xác định được giá trị trung bình và các loại lượng tăng trưởng $D_{1,3}$ (cm) của rừng Thông ba lá tùy theo tuổi lâm phần.

4.5.2. Dự đoán chiều cao bình quân rừng Thông ba lá

Để dự đoán quá trình biến đổi H (m) theo tuổi lâm phần Thông ba lá ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng, tác giả đề xuất sử dụng 6 mô hình sau đây:

TT	Mô hình dự đoán	Công thức
1	$\ln(H) = 5,71261 - 5,58709/A^{0,2}$	(4.7)
2	Hay $H = 302,6 * \exp(-5,58709/A^{0,2})$	(4.8)
3	$ZH (m) = 338,13 * (A^{(-1,2)}) * 2,7182^{(-5,58709 * A^{(-0,2)})}$	(4.9)
4	$\Delta H (m) = (302,6 * 2,7182^{(-5,58709/A^{0,2})})/A$	(4.10)
5	$Ph (\%) = 111,7 * A^{(-1,2)}$	(4.11)

6	$Kh = 1,02802 - 1,03141/A$	(4.12)
---	----------------------------	--------

Khi giải tích 6 mô hình này, có thể xác định được giá trị trung bình và các loại lượng tăng trưởng H (m) của rừng Thông ba lá tùy theo tuổi lâm phần.

4.5.3. Dự đoán trữ lượng bình quân lâm phần Thông ba lá

Để dự đoán quá trình biến đổi trữ lượng bình quân lâm phần Thông ba lá (M , m³/ha) ở Đơn Dương tỉnh Lâm Đồng, tác giả đề xuất sử dụng 6 mô hình sau đây:

TT	Mô hình dự đoán	Công thức
1	$\ln(M) = 13,0658 - 13,926/A^{0,2}$	(4.13)
2	Hay $M = 472.317,5 * \exp(-13,926/A^{0,2})$	(4.14)
3	$ZM (m^3) = 1.315.498,7 * (A^{(-1,2)}) * 2,7182^{(-13,926 * A^{(-0,2)})}$	(4.15)
4	$\Delta M (m^3) = (472317,5 * 2,7182^{(-13,926/A^{0,2})})/A$	(4.16)
5	$PM (\%) = 278,52 * A^{(-1,2)}$	(4.17)
6	$M_{sp} = 354238,1 * \exp(-13,926/A^{0,2})$	(4.18)

Khi giải tích 6 mô hình này, có thể xác định được giá trị trung bình và các loại lượng tăng trưởng M (m³/ha) của rừng Thông ba lá tùy theo tuổi.

4.5.4. Dự đoán chu kỳ khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế

Để dự đoán tuổi khai thác rừng Thông ba lá tối ưu về kinh tế (A_{kt} , năm), tác giả đề xuất sử dụng mô hình 4.21 sau đây:

$$A_{kt} = 2,7182^{((\ln(236,924) - \ln(\Delta S_A/S_A))/1,1474)} \quad (4.21)$$

Trình tự dự đoán tuổi khai thác rừng trồng Thông ba lá tối ưu về kinh tế (A_{kt} , năm) có thể thực hiện theo ba bước.

Bước 1, dự đoán mức lãi suất vay vốn trồng rừng hàng năm ($I\%$) và tỷ lệ gia tăng giá trị hàng năm ($\Delta S_A/S_A$) của rừng trồng Thông ba lá.

Bước 2, thay thế $(\Delta S_A/S_A) = I\%$ vào mô hình 4.21 và giải mô hình 4.21 để tìm A_{kt} (năm) tương ứng với mức lãi suất vay vốn trồng rừng hàng năm ($I\%$).

Chương V

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu có thể đi đến những kết luận sau đây:

(1) Đường kính bình quân lâm phần Thông ba lá sinh trưởng khá nhanh trong khoảng 7 năm đầu sau khi trồng; trong đó lượng tăng trưởng hàng năm đạt 1,60 cm/năm ở tuổi 2 và 1,04 cm/năm ở tuổi 7, còn lượng tăng trưởng bình quân năm là 1,62 cm ở tuổi 2 và 1,37 cm/năm ở tuổi 7. Từ tuổi 8 – 20 năm, lượng tăng trưởng hàng năm giảm từ 0,98 cm/năm ở tuổi 8 đến 0,61 cm/năm ở tuổi 20. Lượng tăng trưởng bình quân năm từ tuổi 8 – 20 năm giảm từ 1,33 cm/năm ở tuổi 8 đến 0,99 cm/năm ở tuổi 20. Suất tăng trưởng về đường kính ở tuổi 2 là 48,9%, sau đó giảm còn 7,1% ở tuổi 10, 4,4% ở tuổi 15 và 3,1% ở tuổi 20 năm.

(2) Thông ba lá sinh trưởng khá nhanh trong 10 năm đầu sau khi trồng; trong đó lượng tăng trưởng hàng năm về chiều cao ở tuổi 2 là 1,14 m/năm, ở tuổi 10 là 0,63 m/năm, lượng tăng trưởng trung bình sau 10 năm là 0,89 m/năm. Từ tuổi 11 – 20 năm, lượng tăng trưởng hàng năm về chiều cao ở tuổi 11 là 0,60 m/năm, còn ở tuổi 20 năm là 0,43 m/năm. Giá trị lượng tăng trưởng trung bình về chiều cao ở tuổi 11 là 0,87 m, còn chỉ tiêu tương ứng ở tuổi 20 là 0,70 m/năm. Suất tăng

trưởng về chiều cao ở tuổi 2 là 48,6%, giảm nhanh còn 7,1% ở tuổi 10 và 3,1% ở tuổi 20 năm.

(3) Trữ lượng rừng Thông ba lá ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm có thể đạt tương ứng 19,5; 72,2; 143,1 và 225,1 m³/ha. Năng suất gỗ trung bình ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm tương ứng là 3,9; 7,2; 9,5 và 11,3 m³/ha/năm. Suất tăng trưởng về trữ lượng ở tuổi 2 là 121,2%, giảm nhanh còn 40,4% ở tuổi 5; 17,6% ở tuổi 10 năm, 10,8% ở tuổi 15 năm và 7,6% ở tuổi 20 năm.

(4) Lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm ở tuổi 5, 10, 15 và 20 năm tương ứng là 5,9; 9,5; 11,6 và 12,9 m³/ha/năm. Dự đoán lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm hàng năm đến tuổi 25 là 13,8 m³/ha/năm. Suất tăng trưởng trữ lượng gỗ sản phẩm của rừng Thông ba lá ở tuổi 5 là 40,4%/năm; sau đó giảm nhanh còn 17,6%/năm ở tuổi 10, 18,8% ở tuổi 15 và 7,6%/năm ở tuổi 20 năm. Dự đoán suất tăng trưởng trữ lượng gỗ sản phẩm ở tuổi 25 năm là 5,9%/năm.

(5) Khi giả định mức lãi suất vay vốn trồng rừng là 10% so với tổng giá trị của rừng đến kỳ khai thác chính, thì tuổi khai thác tối ưu về kinh tế đối với rừng trồng Thông ba lá ở Đơn Dương là 16 năm.

5.2. KIẾN NGHỊ

Đề tài này đã làm rõ những đặc trưng sinh trưởng đường kính, chiều cao và trữ lượng lâm phần Thông ba lá trong giai đoạn 20 tuổi. Nhận thấy rằng, để xây dựng cơ sở khoa học cho kinh doanh bền vững rừng Thông ba lá, tác giả kiến nghị những ai quan tâm đến rừng Thông ba lá trồng ở Đơn Dương cần tiếp tục nghiên cứu làm rõ những vấn đề sau đây:

- (1) Kết cấu và cấu trúc của rừng Thông ba lá.
- (2) Ảnh hưởng của môi trường và biện pháp kinh doanh đến sinh trưởng của Thông ba lá.
- (3) Đặc tính đất dưới rừng Thông ba lá.
- (4) Phân hóa và tia thừa rừng.
- (5) Hiệu quả kinh tế của kinh doanh rừng Thông ba lá.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. **Nguyễn Ngọc Lung (1988)**, *Nghiên cứu cơ sở khoa học kỹ thuật để kinh doanh tổng hợp rừng Thông ba lá Tây Nguyên*. Viện Khoa Học Lâm Nghiệp Việt Nam.
2. **Vũ Tiến Hình và các tác giả khác (1992)**, *Điều tra rừng*, Trường Đại Học Lâm Nghiệp, Hà Nội.
3. **Thái Anh Hòa (1999)**, *Kinh tế nông lâm*, Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.
4. **Thái Văn Trùng (1978)**, *Thảm thực vật rừng Việt Nam trên quan điểm hệ sinh thái*, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
5. **Nguyễn Văn Thêm (2002)**, *Sinh thái rừng*, Nxb “Nông nghiệp”, Chi nhánh TP Hồ Chí Minh.
6. **Nguyễn Văn Thêm (2004)**, *Lâm sinh học*, Nxb “Nông nghiệp”, Chi nhánh TP Hồ Chí Minh.
7. **Nguyễn Văn Thêm (2004)**, *Hướng dẫn sử dụng Statgraphics Plus Version 3.0 & 5.1 để xử lý thông tin trong lâm học*, Nxb “Nông nghiệp”, Chi nhánh TP Hồ Chí Minh.
8. **Tiêu chuẩn ngành 04-TCN-66-2003 (2003)**, *Biểu điều tra kinh doanh rừng trồng của 14 loài cây chủ yếu*, Nxb Nông Nghiệp, Hà Nội.

9. **Ngô Đình Quế (1983)**, *Đất rừng Thông ba lá Lâm Đồng*, Viện Khoa Học Lâm Nghiệp Việt Nam, Hà Nội.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Hồi quy tương quan $\ln D = \ln(m) + b/A^{0.2}$

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

Dependent variable: LnD

Independent variable: A0 $A_0 = 1/A^{0.2}$

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	6.06749	0.118471	51.215	0.0000
Slope	-5.61802	0.188356	-29.8266	0.0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	1.20725	1	1.20725	889.62	0.0000
Residual	0.00949921	7	0.00135703		
Total (Corr.)	1.21674	8			

Correlation Coefficient = -0.996089

R-squared = 99.2193 percent

Standard Error of Est. = 0.0368379

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a linear model to describe the relationship between LnD and A0. The equation of the fitted model is

$$\text{LnD} = 6.06749 - 5.61802 \cdot A_0$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between LnD and A0 at the 99% confidence level.

Phụ lục 2. Hồi quy tương quan $K_d = a + b/A$

Regression Analysis - Reciprocal-X model: $Y = a + b/X$

Dependent variable: KD
Independent variable: A

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	1.0277	0.00225154	456.443	0.0000
Slope	-1.03255	0.0127108	-81.2338	0.0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.256936	1	0.256936	6598.93	0.0000
Residual	0.000661911	17	0.000038936		
Total (Corr.)	0.257598	18			

Correlation Coefficient = -0.998714
R-squared = 99.743 percent
Standard Error of Est. = 0.00623987

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between KD and A. The equation of the fitted model is

$$KD = 1.0277 - 1.03255/A$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between KD and A at the 99% confidence level.

Phụ lục 3. Hồi quy tương quan $\ln(H) = \ln(m) + b/A^{0.2}$

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

Dependent variable: LnH

Independent variable: A

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	5.71261	0.322523	17.7123	0.0000
Slope	-5.58709	0.512765	-10.896	0.0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	1.19422	1	1.19422	118.72	0.0000
Residual	0.0704122	7	0.0100589		
Total (Corr.)	1.26463	8			

Correlation Coefficient = -0.971762

R-squared = 94.4322 percent

Standard Error of Est. = 0.100294

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a linear model to describe the relationship between LnH and A. The equation of the fitted model is

$$\text{LnH} = 5.71261 - 5.58709 \cdot A$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between LnH and A at the 99% confidence level.

Phụ lục 4. Hồi quy tương quan $K_h = a + b/A$

Regression Analysis - Reciprocal-X model: $Y = a + b/X$

Dependent variable: Kh
Independent variable: A

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	1.02802	0.00231955	443.197	0.0000
Slope	-1.03141	0.0130948	-78.7649	0.0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	0.256367	1	0.256367	6203.91	0.0000
Residual	0.0007025	17	0.0000413236		
Total (Corr.)	0.25707	18			

Correlation Coefficient = -0.998633
R-squared = 99.7267 percent
Standard Error of Est. = 0.00642834

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between Kh and A. The equation of the fitted model is

$$Kh = 1.02802 - 1.03141/A$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between Kh and A at the 99% confidence level.

Phụ lục 5. Hồi quy tương quan giữa M – A

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

Dependent variable: LnM

Independent variable: A

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	13.0658	0.363002	35.9938	0.0000
Slope	-13.926	0.577121	-24.1302	0.0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	7.41939	1	7.41939	582.26	0.0000
Residual	0.089196	7	0.0127423		
Total (Corr.)	7.50858	8			

Correlation Coefficient = -0.994043

R-squared = 98.8121 percent

Standard Error of Est. = 0.112882

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a linear model to describe the relationship between LnM and A. The equation of the fitted model is

$$\text{LnM} = 13.0658 - 13.926 \cdot A$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between LnM and A at the 99% confidence level.

Phụ lục 6. Dự đoán trữ lượng và lượng gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá từ 4 – 25 tuổi ở Đơn Dương

A (năm)	M (m ³ /ha)	M _{sp} (m ³ /ha)	ZM _{sp} (m ³ /ha)	ΔM _{sp} (m ³ /ha)	PM _{sp} (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
4	12,3	9,2	4,9	2,3	52,8
5	19,5	14,7	5,9	2,9	40,4
6	28,0	21,0	6,8	3,5	32,4
7	37,7	28,3	7,6	4,0	27,0
8	48,3	36,2	8,3	4,5	23,0
9	59,9	44,9	9,0	5,0	19,9
10	72,2	54,1	9,5	5,4	17,6
11	85,2	63,9	10,0	5,8	15,7
12	98,8	74,1	10,5	6,2	14,1
13	113,1	84,8	10,9	6,5	12,8
14	127,8	95,9	11,3	6,8	11,7
15	143,1	107,3	11,6	7,2	10,8
16	158,7	119,1	11,9	7,4	10,0
17	174,8	131,1	12,2	7,7	9,3
18	191,2	143,4	12,4	8,0	8,7
19	208,0	156,0	12,7	8,2	8,1
20	225,1	168,8	12,9	8,4	7,6
21	242,4	181,8	13,1	8,7	7,2
22	260,0	195,0	13,3	8,9	6,8
23	277,9	208,4	13,5	9,1	6,5
24	296,0	222,0	13,6	9,2	6,1
25	314,3	235,7	13,8	9,4	5,9

(*) Trữ lượng gỗ sản phẩm từ tuổi 21 – 25 là giá trị dự đoán

Phụ lục 7. Dự đoán tỷ lệ gia tăng trữ lượng gỗ sản phẩm của 1 ha rừng Thông ba lá

Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = a \cdot X^b$

Dependent variable: Y

Independent variable: A

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	5.46774	0.0130189	419.984	0.0000
Slope	-1.14741	0.00499264	-229.82	0.0000

NOTE: intercept = $\ln(a)$

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	7.85652	1	7.85652	52817.07	0.0000
Residual	0.00297499	20	0.00014875		
Total (Corr.)	7.85949	21			

Correlation Coefficient = -0.999811

R-squared = 99.9621 percent

Standard Error of Est. = 0.0121963

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a multiplicative model to describe the relationship between Y and A. The equation of the fitted model is

$$Y = 236.924 \cdot A^{-1.14741}$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between Y and A at the 99% confidence level.