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

3.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu là những lâm phần tếch trồng ở tuổi 1 (2 ha), 4 (6 ha), 6 (6 ha), 10 (35 ha), 12 (20 ha), 16 (25 ha) và 18 (8 ha); tổng cộng 100 ha. Những lâm phần tếch được trồng trên đất đã mất rừng tự nhiên từ 5 – 10 năm. Đất trồng rừng tếch là đất feralit xám phát triển từ đá phiến sét. Địa hình gợn sóng nhẹ, độ cao từ 100 – 300 m so với mặt biển; độ dốc từ 7 - 15^0. Trước khi trồng rừng, lập địa được xử lý bằng cách cày theo đường đồng mức. Hố trồng cây có kích thước 60*60*50 cm. Cây con đem trồng là cây con thân cụt (stumps) 1 năm tuổi. Mật độ trồng rừng ban đầu là 1.111 cây/ha (3*3 m). Những lâm phần tếch đưa vào nghiên cứu sinh trưởng và phát triển bình thường và chưa qua tỉa thưa. Thời gian nghiên cứu từ tháng 8/2005 đến tháng 12 năm 2007.

3.2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

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

(1) Đặc điểm chung của rừng tếch trồng ở Kampong Cham

(2) Cấu trúc của rừng tếch trồng ở Kampong Cham

+ Phân bố đường kính thân cây

+ Phân bố chiều cao thân cây

+ Phân bố đường kính tán cây

(3) Sinh trưởng và năng suất của rừng tếch trồng ở Kampong Cham

+ Sinh trưởng đường kính thân cây và nhân tố ảnh hưởng

+ Sinh trưởng chiều cao thân cây và nhân tố ảnh hưởng

+ Năng suất của rừng tếch và nhân tố ảnh hưởng

+ Đánh giá sự thích nghi của tếch với lập địa ở Kampong Cham

(4) Phân hoá và tỉa thưa tự nhiên của rừng tếch trồng ở Kampong Cham

+ Xây dựng hàm phân loại cấp sinh trưởng

+ Phân hóa và tỉa thưa của rừng tếch

(5) Đặc điểm đất dưới rừng tếch trồng ở Kampong Cham

(6) Chu kỳ khai thác rừng tếch tối ưu về kinh tế

(7) 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 sau đây:

Trước hết, rừng tếch trồng là một hệ sinh thái nhân tạo. Trong hệ thống này, giữa quần thụ tếch và những thành phần cấu thành môi trường sống của chúng (khí hậu, địa hình - đất, sinh vật và hoạt động của con người) có sự tương tác và phụ thuộc qua lại chặt chẽ với nhau. Nói cách khác, kết cấu và sinh trưởng của quần thụ tếch được xác định bởi các yếu tố khí hậu, địa hình - đất, sinh vật, con người. Khí hậu, địa hình và đất là nền tảng ban đầu cho sự sống của quần thụ. Những yếu tố sinh vật và những hoạt động của con người (hoạt động lâm sinh) cũng tham gia vào quá trình làm thay đổi quần thụ và môi trường sống của quần thụ. Sự thích nghi của quần thụ với môi trường sống vô cơ (khí hậu, địa hình - đất) được biểu hiện thông qua những thay đổi về sức sống, cấu trúc, sinh trưởng, năng suất, sự phân hoá và tỉa thưa tự nhiên của quần thụ. Một chỉ tiêu tổng hợp phản ánh sự thích nghi của quần thụ với môi trường sống là cấp đất. Khi môi trường sống thích hợp thì quần thụ sinh trưởng mạnh hay cấp đất tốt. Ngược lại, khi môi trường sống kém thích hợp thì quần thụ sinh trưởng kém hay cấp đất xấu. Mặt khác, trong quá trình sống quần thụ cũng tác động ngược trở lại môi trường sống và làm cho môi trường sống cũng thay đổi. Đến lượt mình, sự thay đổi của môi trường sống dưới ảnh hưởng của quần thụ lại tác động đến quần thụ. Nói khác đi, quần thụ luôn bị kiểm soát bởi điều kiện lập địa, đồng thời chính quần thụ cũng ảnh hưởng đến những yếu tố cấu thành lập địa. Vì thế, phân tích mối quan hệ qua lại giữa quần thụ tếch với những yếu tố môi trường cho phép giải thích rõ đặc trưng cấu trúc, sinh trưởng và năng suất rừng tếch.

Hai là, quần thụ tếch là một hiện tượng động, nghĩa là chúng luôn thay đổi theo thời gian. Vì thế, những đặc trưng về cấu trúc, tăng trưởng và năng suất, sự phân hóa và tỉa thưa tự nhiên của quần thụ đều phải được xem xét theo thời gian hay tuổi quần thụ và theo cấp đất. Để ghi nhận chính xác những thay đổi của quần thụ và môi trường sống của chúng theo thời gian, đòi hỏi phải có những nghiên cứu định vị. Nhưng những nghiên cứu định vị đòi hỏi những chi phí lớn về thời gian, nhân lực và kinh phí. Điều đó vượt ra ngoài khả năng của đề tài này. Để khắc phục những khó khăn này nhưng vẫn đảm bảo thu thập được những dữ liệu tốt, tác giả đã sử dụng phương pháp nghiên cứu trên những ô tiêu chuẩn điển hình tạm thời và lấy không gian thay thế thời gian (tuổi rừng). Cách thức nghiên cứu này dựa trên quan điểm cho rằng, tất cả những thay đổi của quần thụ và môi trường sống của chúng diễn ra hàng năm đều được quần thụ "ghi lại" thông qua những biến đổi về hình thái và cấu trúc thân cây. Do đó, để thấy rõ những thay đổi của quần thụ trong quá khứ, tác giả đã sử dụng phương pháp phân tích quần thụ và những cá thể hình thành quần thụ ở những giai đoạn tuổi khác nhau. Tuy vậy, khi nghiên cứu trên những ô ô tiêu chuẩn điển hình tạm thời, tác giả đã tuân thủ nguyên tắc: "Khi xem xét ảnh hưởng riêng biệt của một nhân tố sinh thái đến quần thụ, thì những nhân tố sinh thái khác phải được cố định". Chẳng hạn, khi xem xét khuynh hướng sinh trưởng của rừng tếch theo những giai đoạn tuổi khác nhau, tác giả đã sử dụng những vòng năm trên những cây cá thể cùng sống trong môi trường vật lý (khí hậu, địa hình - đất) nhất định.

Ba là, một phương thức nuôi rừng chân chính phải cân nhắc đầy đủ những yêu cầu của cả lâm sinh lẫn kinh tế - xã hội và công nghệ chế biến gỗ. Theo quan niệm này, khi đề xuất những biện pháp nuôi rừng, tác giả đã cân nhắc kỹ những nhu cầu lâm sinh, kinh tế - xã hội và và công nghệ chế biến gỗ. Về mặt lâm sinh, tác giả cho rằng việc quyết định chọn lựa phương thức chặt nuôi rừng không chỉ căn cứ vào tình trạng lâm phần, mà còn vào mục tiêu tạo rừng. Về khía cạnh kinh tế, tác giả cho rằng việc quyết định chặt nuôi rừng hay không chặt nuôi rừng phải dựa trên những tính toán về chu kỳ khai thác và hiệu quả kinh doanh rừng. Tuy vậy, do những khó khăn về nguồn số liệu, nên đề tài không hướng vào tính toán

hiệu quả kinh doanh, mà chỉ làm rõ thời điểm hay chu kỳ khai thác rừng tếch có lợi nhất hay tối ưu về kinh tế. Bởi vì, thời điểm khai thác rừng tếch có lợi nhất về kinh tế có ý nghĩa quyết định chương trình chặt nuôi rừng như thời điểm bắt đầu và kết thúc chặt nuôi rừng (chặt tỉa thưa, tỉa cành…), số lần và kỳ dãn cách giữa hai lần chặt nuôi rừng liên tiếp…Về mặt công nghệ chế biến gỗ, việc quyết định thời điểm chặt nuôi rừng lần đầu và khai thác chính phải được xác định trên cơ sở sản phẩm của rừng (ở đây là gỗ) đã đáp ứng tốt nhu cầu về quy cách kích thước và chất lượng sản phẩm.

3.3.2. Phương pháp thu thập số liệu

3.3.2.1. Những chỉ tiêu nghiên cứu

+ Đối với quần thụ tếch, đề tài nghiên cứu 21 chỉ tiêu sau đây: (1) mật độ lâm phần (N, cây/ha), (2) đường kính thân cây ngang ngực ($D_{1.3}$, cm), (3) chiều cao toàn thân cây (H, m), (4) chiều cao dưới cành lớn nhất còn sống (H_{dc}, m), (5) đường kính tán cây ở vị trí rộng nhất (D_t, m), (6) chiều dài tán cây (L_t, m), (7) diện tích hình chiếu vuông góc của tán cây (S_t, m), (8) tiết diện ngang thân cây (g, m^2), (9) tiết diện ngang lâm phần (G, m^2/ha), (10) thể tích thân cây (V, m^3), (11) trữ lượng gỗ của lâm phần (M, m^3/ha), (12) lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm về đường kính thân cây (ZD, cm/năm), (13) lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm về chiều cao thân cây (ZH, m/năm), (14) lượng tăng trưởng thường xuyên hàng năm về trữ lượng rừng (ZM, m^3/ha/năm), (15) lượng tăng trưởng bình quân năm về đường kính thân cây (ΔD, cm/năm), (16) lượng tăng trưởng bình quân năm về chiều cao thân cây (ΔH, m/năm), (17) lượng tăng trưởng bình quân năm về trữ lượng rừng (ΔM, m^3/ha/năm), (18) suất tăng trưởng đường kính thân cây (Pd,%), (19) suất tăng trưởng chiều cao thân cây (Ph,%), (20) suất tăng trưởng trữ lượng rừng (PM,%), (21) sự phân hóa và tỉa thưa tự nhiên của lâm phần...

+ Đối với đất dưới rừng tếch, đề tài nghiên cứu 12 chỉ tiêu sau đây: (1) độ dày tầng đất, (2) tỷ trọng, (3) dung trọng, (4) thành phần cơ giới, (5) $pH_{H2O,}$ (6) $pH_{KCL)}$, (7) N tổng số, (8) P_2O_5 tổng số, (9) K_2O tổng số, (10) Ca^{2+}, (11) Mg^{2+}, (12) độ no bazơ.

+ Những chỉ tiêu về kinh tế, đề tài nghiên cứu 5 chỉ tiêu sau đây: (1) đơn giá 1 đơn vị gỗ sản phẩm (P, USD/m^3); (2) tổng giá trị gỗ sản phẩm của rừng (S_A, USD/ha); (3) lượng gia tăng giá trị gỗ sản phẩm hàng năm (ΔS_A, USD/năm); (4) lãi suất vay vốn trồng rừng (I% so với tổng giá trị gỗ sản phẩm của rừng đến kỳ thu hoạch chính); (5) chi phí cơ hội của vốn (I*S_A, USD).

3.3.2.2. Thu thập dữ liệu về những đặc trưng của quần thụ tếch

(a) Phân chia đối tượng nghiên cứu. Đối tượng thu thập dữ liệu là những lâm phần tếch ở vào thời kỳ bắt đầu giao tán trở đi. Theo đó, đối tượng thu thập dữ liệu là những lâm phần tếch ở tuổi 4 (6 ha), 6 (6 ha), 10 (35 ha), 12 (20 ha), 16 (25 ha) và 18 (8 ha); tổng cộng 100 ha. Để thuận tiện cho việc thu thập dữ liệu, trước hết các lâm phần tếch được nhận biết và phân chia ranh giới theo tuổi rừng dựa trên lý lịch rừng và điều tra thực địa. Kế đến, mỗi lâm phần tương ứng với một cỡ tuổi lại được phân chia theo cấp đất và dạng địa hình (1/3 sườn dưới, 1/3 sườn giữa và 1/3 sườn đỉnh). Việc phân chia những lâm phần tếch theo cấp đất và dạng địa hình là nhằm mục đích tạo thuận lợi cho việc xác định đối tượng thu thập dữ liệu, phân tích những nhân tố ảnh hưởng đến sinh trưởng lâm phần và ứng dụng trong kinh doanh rừng. Vì điều kiện khí hậu và địa hình – đất ở Kampong Cham (Campuchia) tương tự như khu vực Đông Nam Bộ và Tây Nguyên của Việt Nam, nên cấp đất đối với những lâm phần tếch trồng ở Kampong Cham được phân chia gần đúng dựa theo "*Biểu cấp đất rừng trồng tếch ở khu vực Tây Nguyên và Đông Nam Bộ của Việt Nam"*[32]. Cấp đất của những lâm phần tếch ở Kampong Cham được xác định theo chiều cao bình quân của 20% số cây ưu thế hay có chiều cao lớn nhất trong những lâm phần ở tuổi 6, 12 và 18 năm. Theo đó, những lâm phần tếch ở Kampong Cham thuộc hai cấp đất I và II; trong đó cấp đất I tương ứng với những lâm phần phân bố ở 1/3 sườn giữa, còn cấp đất II tương ứng với những lâm phần phân bố ở 1/3 sườn dưới và 1/3 sườn đỉnh (Phụ lục 1).

(b) Số lượng và kích thước ô tiêu chuẩn. Số lượng ô tiêu chuẩn phân bố vào những lâm phần tếch ở tuổi 4, 6, 10, 12, 16 và 18 năm tương ứng là 3, 9, 9, 6, 9, 9 ô tiêu chuẩn; tổng cộng 6 lâm phần là 45 ô tiêu chuẩn. Những đặc trưng lâm học của mỗi lâm phần tương ứng với mỗi cấp tuổi và cấp đất được nghiên cứu trên hai ô

tiêu chuẩn với kích thước 1.000 m^2 (25*40 m) và một ô tiêu chuẩn với kích thước 2.500 m^2 (50*50 m). Những ô tiêu chuẩn 1.000 m^2 được sử dụng để đo đạc và tính toán những biến động về mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng lâm phần tùy theo tuổi và cấp đất khác nhau. Do đó, nội dung đo đếm trong những ô tiêu chuẩn 1.000 m^2 chỉ bao gồm N (cây), $D_{1.3}$ (cm) và H (m) của từng cây. Những ô tiêu chuẩn 2.500 m^2 được sử dụng để nghiên cứu không chỉ những đặc trưng về mật độ, tiết diện ngang và trữ lượng lâm phần, mà còn về cấu trúc lâm phần, tăng trưởng, sự phân hóa và tỉa thưa tự nhiên của lâm phần và đặc tính đất dưới rừng tếch. Do đó, nội dung đo đếm trong những ô tiêu chuẩn 2.500 m^2 bao gồm N (cây), $D_{1.3}$ (cm), H (m), H_{dc} (m), D_t (m), L_t (m) của từng cây, giải tích tăng trưởng của cây cá thể bình quân và đặc tính của đất.

(c) Thu thập số liệu về hiện trạng và cấu trúc lâm phần. Hiện trạng lâm phần được thống kê bắt đầu từ tuổi 4. Chỉ tiêu nghiên cứu bao gồm những đặc trưng thống kê về mật độ, đường kính, chiều cao, tiết diện ngang và trữ lượng lâm phần. Cấu trúc lâm phần được giới hạn ở việc nghiên cứu phân bố đường kính thân cây (N – $D_{1.3}$), phân bố chiều cao thân cây (N - H) và phân bố đường kính tán cây (N – D_t) ở những lâm phần trước khi chặt nuôi rừng – đó là những lâm phần tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm. Để phân tích hiện trạng và cấu trúc lâm phần, trước hết xác định chính xác vị trí, ranh giới và diện tích rừng tếch ở từng cỡ tuổi tương ứng với hai cấp đất I và II. Kế đến, chọn lựa những quần thụ điển hình để lập những ô tiêu chuẩn với kích thước 1.000 m^2 và 2.500 m^2. Quần thụ điển hình thỏa mãn những tiêu chuẩn như phân bố trong cùng cấp tuổi và cấp đất, sinh trưởng và phát triển bình thường, mật độ và kết cấu bình thường…Sau đó, đã thực hiện đo đạc những đặc trưng của lâm phần trên từng ô tiêu chuẩn; trong đó những ô tiêu chuẩn 1.000 m^2 chỉ đo đạc mật độ lâm phần (N, cây), $D_{1.3}$ (cm) và H (m) của từng cây, còn những ô tiêu chuẩn 2.500 m^2 đo đạc N (cây), $D_{1.3}$ (cm), H (m), H_{dc} (m), D_t (m), L_t (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), H_{dc} (m) và D_t (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.

(d) Thu thập số liệu về phân hóa và tỉa thưa của quần thụ tếch. Đối tượng phân cấp sinh trưởng là các cá thể hình thành những lâm phần nằm trong giai đoạn nuôi dưỡng, tán lá đã khép kín và quá trình đào thải tự nhiên đang diễn ra. Theo đó, những lâm phần tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm thuộc cấp đất I và II đã được chọn để thu thập số liệu về sự phân hóa cây rừng. Việc phân cấp sinh trưởng của các cá thể hình thành những lâm phần tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm được thực hiện cùng với việc nghiên cứu cấu trúc lâm phần. Những chỉ tiêu được chọn để phân loại cấp sinh trưởng bao gồm 5 biến số định lượng (tuổi lâm phần (A, năm), $D_{1.3}$, H, H_{dc} và D_t của từng cây) và 1 biến số định tính (độ thẳng thân cây, kí hiệu CT). Tổng số hai cấp đất đã đo đạc 1.647 cây trên 9 ô tiêu chuẩn 2.500 m^2; trong đó 697 cây ở lâm phần 6 tuổi, 410 cây ở lâm phần 12 tuổi và 540 cây ở lâm phần 18 tuổi. Những chỉ tiêu phân loại cấp sinh trưởng ($D_{1.3}$, H, H_{dc}, D_t và A) của tất cả những cây trong ô tiêu chuẩn cũng được đo đạc phối hợp cùng với việc nghiên cứu cấu trúc lâm phần. Riêng độ thẳng thân cây được phân chia thành 3 cấp: thân rất cong, thân cong và thân thẳng – tương ứng mã hóa bằng số 1, 2 và 3. Cây có thân rất cong là cây có trục của nhiều đoạn thân cây không cùng nằm trên một hướng thẳng đứng. Cây có thân cong là cây có trục thân cây không cùng nằm trên một hướng thẳng đứng. Cây có thân thẳng là cây có trục thân cây cùng nằm trên một hướng thẳng đứng. Tất cả những chỉ tiêu đo đếm được tập hợp thành bảng biểu lập sẵn.

(e) Thu thập số liệu về sinh trưởng của quần thụ tếch. Để phân tích, so sánh và giải thích sự khác biệt về động thái sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm) và H (m) cây cá thể và trữ lượng gỗ của lâm phần tếch (M, m^3/ha) tùy theo tuổi và cấp đất khác nhau, đã sử dụng phương pháp giải tích thân cây. Đối tượng giải tích là những cây có đường kính và chiều cao bình quân của những lâm phần 18 tuổi trên ô tiêu chuẩn 2.500 m^3; 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... Tổng số cây giải tích là 9 cây; trong đó cấp đất I là 3 cây, còn cấp đất II là 6 cây. Sau khi chặt hạ, những cây giải tích được đo đạc 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 thớt giải tích được tập hợp theo từng cây giải tích; sau đó ghi chú thứ tự cây, vị trí thớt, hướng dốc ở mặt thớt hướng về phía ngọn cây. Động thái sinh trưởng trữ lượng gỗ được phân tích từ trữ lượng gỗ trung bình của 39 ô tiêu chuẩn đại diện cho những lâm phần tếch từ tuổi 4 – 18 năm; trong đó 15 ô tiêu chuẩn thuộc cấp đất I, 24 ô tiêu chuẩn thuộc lấp đất II.

3.3.2.3. Thu thập số liệu về đất dưới rừng tếch

Để đánh giá những thay đổi về đặc tính của đất dưới ảnh hưởng của rừng tếch, đã thu thập mẫu đất dưới tán rừng tếch ở tuổi 1, 6, 10, 16 và 18 năm. Phẫu diện đất được chọn ở trung tâm những ô tiêu chuẩn 2.500 m^2. Ở mỗi lâm phần trên ô tiêu chuẩn tương ứng với một tuổi và một dạng địa hình đã đào 3 phẫu diện đất; tổng cộng 5 lâm phần là 15 phẫu diện đất. Phẫu diện đất được đào với kích thước chiều dài 1,5 m, chiều rộng 0,6-0,8 m và chiều sâu 1,2 m cách mặt đất. Nhận thấy những khác biệt rõ rệt nhất của đất thường xuất hiện ở tầng đất nằm trong vùng phân bố rễ cây từ 0-60 cm, nên những mẫu đất ở ba cấp độ sâu từ 0-15 cm, 15 – 40 cm và 40 – 60 cm đã được lấy mẫu 2 kg đất để phân tích những đặc tính vật lý và hóa học đất. Thời gian thu thập mẫu đất được thực hiện vào tháng 10 năm 2007.

3.3.2.4. Thu thập số liệu để xác định tuổi khai thác tối ưu về kinh tế

Dựa theo nguyên lý xác định chu kỳ hay tuổi khai thác rừng tối ưu về kinh tế (Phụ lục 30; dẫn theo [12]), đã thu thập những số liệu sau đây:

(a) Trữ lượng gỗ cây đứng (M, m^3/ha) của rừng tếch từ tuổi 4 – 18 năm. Nguồn số liệu này được tổng hợp từ số liệu thống kê đặc trưng trữ lượng lâm phần tếch từ tuổi 4 – 18 năm.

(b) Trữ lượng gỗ sản phẩm (M_{sp}, m^3/ha) của rừng tếch từ tuổi 4 – 18 năm. Chỉ tiêu này được xác định gần đúng từ tỷ lệ gỗ sản phẩm trên cây giải tích. Gỗ sản phẩm được quy ước theo đường kính thân cây đầu nhỏ từ 6 cm trở lên. Nguồn số liệu M_{sp} (m^3/ha) cũng được thu thập cùng với việc thống kê những đặc trưng lâm phần tếch.

(c) Đơn giá trung bình của 1 đơn vị gỗ sản phẩm (P, USD/m^3). Chỉ tiêu này được giả định là 300 USD/m^3.

(d) Lãi suất vay vốn trồng rừng. Chỉ tiêu này được thu thập từ lãi suất cho vay hàng năm của Ngân Hàng Hoàng Gia Campuchia vào thời điểm năm 2007 – 2008; trung bình là 7,5%.

3.3.2.5. Thu thập số liệu về khí hậu - thủy văn

Số liệu về khí hậu - thủy văn được thu thập từ đài khí tượng thủy văn và cơ quan lâm nghiệp ở Kampong Cham. Chỉ tiêu nghiên cứu bao gồm các giá trị trung bình về nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm không khí và gió của các tháng trong năm từ 1998-2002.

3.3.2.6. Thu thập số liệu về hoạt động lâm sinh

Những số liệu về hoạt động lâm sinh được thu thập bao gồm diện tích rừng, phương thức xử lý đất, cây con đem trồng, thời vụ trồng rừng, mật độ trồng rừng và những biện pháp xử lý rừng sau khi trồng rừng.

3.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

3.3.3.1. Tính những đặc trưng thống kê mô tả lâm phần

Để thu được những thống kê mô tả đặc trưng chung của rừng tếch, trước hết đã tập hợp số liệu về mật độ (N, cây), đường kính ($D_{1.3}$, cm), chiều cao thân cây (H, m), tiết diện ngang (g, m^2) và thể tích thân cây cá thể (V, m^3) trên các ô tiêu chuẩn đại diện cho những lâm phần ở các tuổi và cấp đất khác nhau. Kế đến, tính những thống kê mô tả về N (cây), $D_{1.3}$ (cm), H (m), g (m^2) và V (m^3) trong ô tiêu chuẩn và quy đổi ra đơn vị 1 ha rừng. Ở đây thể tích thân cây cá thể được tính gần đúng theo công thức V = g*H*f với f = 0,5. Những thống kê mô tả được tính toán bao gồm giá trị trung bình (X_{bq}), giá trị lớn nhất (Max), giá trị nhỏ nhất (Min), phương sai (S^2), sai tiêu chuẩn (S_x) và hệ số biến động (V%).

3.3.3.2. Tính những đặc trưng cấu trúc lâm phần

Nội dung này chỉ giới hạn ở việc xem xét những đặc trưng phân bố đường kính thân cây (N – $D_{1.3}$), phân bố chiều cao thân cây (N - H) và phân bố đường kính tán cây (N – D_t) của những lâm phần tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm. Trình tự tính toán những đặc trưng phân bố như sau:

+ Trước hết, tập hợp số liệu $D_{1.3}$ (cm), H (m) và D_t (m) của những cây trong các ô tiêu chuẩn 2.500 m^2 đại diện cho những lâm phần tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm thuộc hai cấp đất I và II.

+ Kế đến, tính những đặc trưng thống kê mô tả phân bố N-$D_{1.3}$, N-H và N-D_t. Những thống kê mô tả cần tính toán bao gồm giá trị trung bình (X_{bq}) và khoảng tin cậy 95%, mốt (M_0), trung vị (M_e), phương sai (S^2), sai tiêu chuẩn (S_x), sai số chuẩn (S_e), giá trị lớn nhất (Max) và nhỏ nhất (Min), độ lệch (S_k), độ nhọn (K_u), hệ số biến động (V%) và các phân vị (Percentiles).

+ Tiếp đến, những phân bố thực nghiệm (N – $D_{1.3}$, N – H và N – D_t) được làm phù hợp với những phân bố lý thuyết. Những dạng phân bố lý thuyết được chọn lựa trên cơ sở biểu đồ phân bố thực nghiêm và lý thuyết về các kiểu phân bố N – $D_{1.3}$, N – H và N – D_t của rừng thuần loài đồng tuổi. Theo đó, số liệu thực nghiệm đã được làm phù hợp với 4 dạng phân bố lý thuyết thường gặp – đó là phân bố chuẩn (normal), phân bố lognormal, phân bố Weibull và phân bố Gamma. Sự phù hợp của số liệu thực nghiệm với những phân bố lý thuyết được đánh giá theo kiểm định Chi-square (χ^2). Khi làm phù hợp số liệu thực nghiệm với các phân bố lý thuyết, thì cự ly mỗi cấp và số cấp được quy định như sau: (1) $D_{1.3}$ (cm) được phân chia mỗi cấp thay đổi từ 1,0 cm (đối với lâm phần tếch 6 tuổi) đến 2,0 cm (đối với lâm phần tếch 12 và 18 tuổi), còn số cấp nằm trong giới hạn từ 6 – 12 cấp; (2) H (m) được phân chia với mỗi cấp là 1,5 m, còn số cấp nằm trong giới hạn từ 6 – 12 cấp; (3) D_t (m) được phân chia với mỗi cấp là 0,5 m, còn số cấp nằm trong giới hạn từ 6 – 12 cấp.

+ Tiếp theo, từ những phân bố phù hợp chọn ra một dạng phân bố phù hợp nhất với số liệu thực nghiệm dựa theo tiêu chuẩn "Tổng sai lệch bình phương nhỏ nhất", nghĩa là Min $\Sigma(F_{lt}-F_{tn})^2$, với F_{tn} và F_{lt} tương ứng là trị số thực nghiệm và trị số lý thuyết. Phân bố phù hợp nhất với số liệu thực nghiệm được sử dụng để tính tần suất (P_x), tần suất dồn hay tích lũy (F_x), tần số lý thuyết (F_{lt}), tần số dồn hay tích lũy (F_{tl}), tỷ lệ dồn (%), tần số cây phân bố trong cấp ($D_{1.3}$, H, D_t) bình quân, tần số cây nằm trong khoảng $X_{bq} \pm S_x$ và $X_{bq} \pm 2*S_x$…

+ Cuối cùng, tập hợp kết quả thành bảng và biểu đồ để phân tích và so sánh sự khác biệt giữa các đặc trưng phân bố tùy theo tuổi và cấp đất.

3.3.3.3. Tính toán sinh trưởng và năng suất của các lâm phần tếch

Để thu được những đặc trưng sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm), H (m) cây cá thể và trữ lượng lâm phần (M, m^3/ha) tùy theo tuổi và cấp đất, trình tự các bước xử lý số liệu như sau:

(a) Xử lý và đo đạc các vòng năm. Trước hết, tất cả các thớt trên cây giải tích được xử lý bằng cách bào nhẵn một mặt theo phía hướng về gốc cây. Kế đến, đếm chính xác số vòng năm trên mỗi thớt giải tích. Công việc này nhằm xác định tuổi và sự giảm vòng năm và vị trí kết thúc của chúng; từ đó xác định chiều cao của cây tương ứng với các tuổi. Tiếp đến, xác định chính xác số vòng năm ở thớt 1,3 m và đo đạc đường kính từng vòng năm theo hai hướng vuông góc bằng kính lúp với độ chính xác 0,1mm. Chiều cao thân cây tương ứng với các tuổi trên cây giải tích được dò tìm theo phương pháp biểu đồ. Để xác định quá trình sinh trưởng và tăng trưởng trữ lượng gỗ của lâm phần, đã sử dụng số liệu trữ lượng gỗ (M, m^3/ha) của 39 ô tiêu chuẩn 1000 m^2 và 2.500 m^2 đại diện cho những lâm phần tếch ở những tuổi và cấp đất khác nhau.

(b) Xác định quá trình sinh trưởng $D_{1.3}$, H và M lâm phần. Trình tự tính toán như sau:

+ Trước hết, từ số liệu về $D_{1.3}$, H và M tương ứng với các tuổi (A, năm) và cấp đất khác nhau, xây dựng những mô hình biểu diễn mối quan hệ $D_{1.3}$ – A, H – A và M – A theo hàm Schumacher có dạng:

$$Y = b_0 * \exp(-b_1/A^c) \qquad (3.1)$$

trong đó Y là biến số $D_{1.3}$, H và M; A là tuổi cây; exp là cơ số Neper (exp = 2,7182); b_0, b_1 và c là những tham số của mô hình. Những tham số b_0, b_1 và c của mô hình (3.1) được xác định bằng phương pháp hồi quy phi tuyến[1] theo tiêu chuẩn "Tổng sai lệch bình phương nhỏ nhất, nghĩa là Min $\Sigma(Y_{lt}-Y_{tn})^2$, với Y_{tn} và Y_{lt} tương ứng là giá trị thực nghiệm và giá trị lý thuyết".

[1] Nonlinear Regression

+ Sau cùng, giải tích các mô hình biểu thị quan hệ giữa $D_{1.3}$ – A, H – A và M – A để làm rõ quá trình sinh trưởng và tăng trưởng $D_{1.3}$, H và M lâm phần ở những tuổi và cấp đất khác nhau.

(c) Dự đoán tuổi ngừng sinh trưởng đường kính và chiều cao thân cây. Để làm rõ vấn đề đặt ra, đã xây dựng mô hình biểu thị quan hệ giữa nhịp điệu sinh trưởng đường kính thân cây (Kd) và chiều cao thân cây (Kh) với tuổi cây (A, năm). Ở đây Kd và Kh được tính theo công thức:

$$Kd = \frac{D_{A-1}}{D_A} \text{ Và } Kh = \frac{H_{A-1}}{H_A} \qquad (3.2)$$

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 $Kd \leq 1,0$ và $Kh \leq 1,0$. Tuổi cây ứng với Kd = 1 và Kh = 1 cho biết thời điểm cây ngừng sinh trưởng đường kính và chiều cao thân cây.

(d) Xác định ảnh hưởng của cấp đất đến sinh trưởng của lâm phần tếch. Để làm rõ ảnh hưởng của cấp đất và dự đoán quá trình biến đổi $D_{1.3}$ (cm) và H (m) bình quân của cây cá thể theo tuổi, trước hết từ số liệu $D_{1.3}$ (cm) và H (m) của 9 cây giải tích ở tuổi 18 năm mọc trên hai cấp đất I và II, đã xây dựng mô hình biểu diễn quá trình sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm) và H (m) của tếch với 2 biến dự đoán là tuổi cây (A, năm) và cấp đất (Z = biến giả). Mô hình so sánh có dạng chung như sau:

$$Y = b_0 + b_1*A + b_2*Z + b_3*AZ \qquad (3.3)$$

Ở mô hình (3.3), thành phần $Y = b_0 + b_1*A$ là biến đổi tuyến tính từ mô hình Schumacher ($Y' = b_0'*\exp(-b_1'/A^c)$); trong đó $Y = \ln(Y')$ với $Y' = D_{1.3}$ và H, $b_0 = \ln(b_0')$, $b_1 = b_1'$, $A = 1/A^c$ với c = 0,2. Vì cấp đất được phân chia thành hai cấp I và II, nên mô hình 3.3 đã sử dụng một biến giả Z nhận hai giá trị 0 và 1 để biểu thị tương ứng cấp đất II và I. Khi biến đổi mô hình 3.3, có thể nhận được hai mô hình tuyến tính biểu thị quá trình biến đổi $D_{1.3}$ và H của cây cá thể tương ứng với hai cấp đất như sau:

+ Đối với những lâm phần tếch trên cấp đất II:

$$Y_{(II)} = b_0 + b_1A \qquad (3.4)$$

+ Đối với những lâm phần tếch trên cấp đất I:

$$Y_{(I)} = (b_0 + b_2) + (b_1 + b_3)A \quad (3.5)$$

Sự khác biệt về khuynh hướng sinh trưởng $D_{1.3}$ và H của cây cá thể theo hai cấp đất khác nhau được làm rõ thông qua so sánh hai độ dốc (b_1 và $b_1 + b_3$) của hai mô hình 3.4 – 3.5 bằng thống kê F. Khi độ dốc của hai mô hình 3.4 – 3.5 khác nhau ($P < 0,05$ hoặc 0,01), thì cấp đất có ảnh hưởng khác nhau đến sinh trưởng $D_{1.3}$ và H của tếch. Ngược lại, khi độ dốc của hai mô hình 3.4 – 3.5 không có khác biệt rõ rệt ở ngưỡng xác suất $P > 0,05$, thì cấp đất không có ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng $D_{1.3}$ và H của tếch.

Sau cùng, sử dụng phương pháp hồi quy phi tuyến để xác định chính xác các tham số của các mô hình 3.4 – 3.5 theo tiêu chuẩn "Tổng sai lệch bình phương nhỏ nhất" và giải tích các mô hình để xác định những đặc trưng sinh trưởng $D_{1.3}$ và H của cây bình quân ở hai cấp đất khác nhau.

(e) Xác định ảnh hưởng của tuổi đến sinh trưởng của lâm phần tếch. Để làm rõ vấn đề đặt ra, trước hết lập bảng và đồ thị mô tả quá trình sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm) và H (m) bình quân của 9 cây giải tích ở tuổi 18 năm. Kế đến, quan sát trên đồ thị để phân chia khuynh hướng biến đổi $D_{1.3}$ (cm) và H (m) bình quân của tếch theo những giai đoạn tuổi khác nhau. Sau đó, ở mỗi giai đoạn tuổi đã xây dựng mô hình tuyến tính để biểu thị quá trình sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm) và H (m) bình quân của tếch theo tuổi. Sau cùng, kiểm định độ dốc của các đường hồi quy bằng thống kê F để xác định sự khác biệt trong khuynh hướng sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm) và H (m) của tếch theo các giai đoạn tuổi. Khi độ dốc của các mô hình có sự khác biệt rõ rệt ở ngưỡng xác suất $P < 0,05$ hoặc 0,01, thì tuổi có ảnh hưởng khác nhau đến sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm) và H (m) của tếch. Ngược lại, khi độ dốc của các mô hình không có sự khác biệt rõ rệt về mặt thống kê ($P > 0,05$), thì khuynh hướng sinh trưởng $D_{1.3}$ (cm) và H (m) bình quân của tếch theo các giai đoạn tuổi là giống nhau.

3.3.3.4. Đánh giá sự thích nghi của tếch với lập địa ở Kampong Cham

Vấn đề này được đánh giá trên cơ sở so sánh số liệu về sinh trưởng và năng suất của rừng tếch trồng ở Kampong Cham với những vùng khác ở khu vực châu Á như India, Thailand, Indonesia, Laos, China và Việt Nam. Những số liệu về sinh

trưởng và năng suất của rừng tếch trồng ở khu vực châu Á được trích dẫn từ những tài liệu tham khảo số [2], [47], [62], [63], [69], [75], [86] và [87].

3.3.3.5. Xác định sự phân hóa và tỉa thưa của rừng tếch

Trình tự tính toán bao gồm hai bước. Bước 1 là xây dựng những hàm phân loại hay lập nhóm tuyến tính Fisher[2] từ những biến hữu ích nhất để phân loại những cá thể hình thành rừng tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm vào 5 cấp sinh trưởng từ tốt nhất (cấp I) đến xấu nhất (cấp V). Bước 2 là ứng dụng hàm lập nhóm để phân loại những cá thể hình thành rừng tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm thành 5 cấp sinh trưởng từ I – V.

(a) Xây dựng hàm phân loại tuyến tính Fisher. Trình tự xử lý bao gồm ba bước sau đây:

Bước 1. Xác định những biến dự đoán hữu ích nhất cho mục đích phân cấp sinh trưởng của những cá thể hình thành rừng tếch. Những biến dự đoán hữu ích nhất là những biến có ý nghĩa phân loại tốt nhất hay chúng có sai lệch rõ rệt nhất giữa các cấp sinh trưởng. Để xác định những biến dự đoán hữu ích nhất, trước hết tập hợp 6 biến số ($D_{1.3}$, H, H_{dc}, D_t, A và CT) của 1.647 cây trên 9 ô tiêu chuẩn 2.500 m^2; trong đó 697 cây ở tuổi 6, 410 cây ở tuổi 12 và 540 cây ở tuổi 18 năm. Kế đến, xác định những biến dự đoán hữu ích nhất cho mục đích phân loại bằng phương pháp chọn biến từng bước[3]. Những biến phân loại hữu ích là những biến có thống kê F > 3,84.

Bước 2. Phân loại sơ bộ 5 cấp sinh trưởng. Trên cơ sở số liệu đo đếm thực nghiệm, đã phân chia sơ bộ những cá thể hình thành mỗi lâm phần tếch ở tuổi 6, 12 và 18 năm thành 5 cấp sinh trưởng theo phương pháp hệ số đường kính (Kd) của Zunkin. Những cây thuộc 5 cấp sinh trưởng từ I đến V có hệ số Kd như sau: $Kd_{(I)} \geq 1,31$; $Kd_{(II)} = 1,1 \div 1,3$; $Kd_{(III)} = 0,9 \div 1,1$; $Kd_{(IV)} = 0,7 \div 0,9$ và $Kd_{(V)} \leq 0,7$. Để để dàng xử lý bằng toán học, các cấp sinh trưởng từ I – V được mã hóa bằng các số từ 1 – 5.

[2] Fisher's Linear Discriminant Functions
[3] Stepwise method

Bước 3**.** Xây dựng hàm phân loại tuyến tính Fisher. Từ những biến hữu ích nhất đã được xác định ở bước 1, xây dựng hàm phân loại theo dạng:

$$F^{(k)} = a_0 + a*X^{(k)} + b*Y^{(k)} + c*Z^{(k)} \qquad (3.6)$$

trong đó $X^{(k)}$, $Y^{(k)}$ và $Z^{(k)}$… tương ứng là những biến dự đoán của hàm phân loại thứ k hay cấp sinh trưởng thứ k (k = 1 - 5), còn a_0, a, b và c là những hệ số của hàm phân loại. Các hệ số của hàm phân loại (3.6) được xác định theo phương pháp lập nhóm.

(b) Ứng dụng hàm phân loại cấp sinh trưởng. Sau khi đã xây dựng được 5 hàm tuyến tính Fisher, đã sử dụng chúng để phân loại và thống kê những cá thể hình thành rừng tếch từ 6 – 18 tuổi vào 5 cấp sinh trưởng từ I – V.

3.3.3.6. Phân tích đất

Chỉ tiêu phân tích đất bao gồm thành phần cơ giới, $pH_{KCL,}$ pH_{H2O}, N tổng số, P_2O_5 tổng số, K_2O tổng số; Ca^{2+}, Mg^{2+} và độ no bazơ. Những đặc tính của đất được phân tích tại phòng thí nghiệm phân tích đất thuộc Phân Viện Khoa Học Lâm Nghiệp Nam Bộ (Việt Nam). Phương pháp phân tích đất dựa theo chỉ dẫn của FAO-ISRIC[4] (1995), những tài liệu tham khảo số [1], [3], [6], [14] và Viện Thổ Nhưỡng Nông Hóa Việt Nam (1998). Phương pháp phân tích một số chỉ tiêu chính được tóm tắt như sau:

Chỉ tiêu pH_{KCl} được xác định bằng pH-meter. Thành phần sét và thịt được xác định bằng phương pháp pippét, còn cát được tách bằng rây khô. Đạm tổng số (N%) được phân tích theo phương pháp Kjeldahl. Hàm lượng lân tổng số (P_2O_5) được phân tích bằng phương pháp quang phổ kế (Spectrophotometer). Hàm lượng K_2O tổng số được phân tích bằng phương pháp quang kế ngọn lửa (Flamephotometer). Các cation Ca^{2+}và Mg^{2+} được chuẩn độ bằng Trilon B. Dung trọng được xác định bằng cách sấy khô một phần đất không bị tác động với một thể tích xác định; sau đó mẫu đất được sấy ở 105^0C đến trọng lượng không đổi để xác định trọng lượng khô. Tỷ trọng được xác định bằng bình thể tích (picromet).

3.3.3.7. Xác định chu kỳ khai thác rừng tếch tối ưu về kinh tế

[4] ISRIC = International of Soil Reference Information Central

Từ nguyên lý xác định chu kỳ khai thác rừng tối ưu về kinh tế (Phụ lục 30 [12]), đã giả định như sau: (a) Lợi ích duy nhất của rừng tếch chỉ được đánh giá thông qua trữ lượng gỗ sản phẩm trên thân cây; (b) Khi đến tuổi khai thác, rừng tếch được đưa vào khai thác trắng sau một lần chặt; (c) Giá trị 1 đơn vị gỗ tếch (P, USD) không thay đổi theo tuổi rừng và bằng 300 USD/m^3; (d) Lãi suất vay vốn trồng rừng (I%) bằng lãi suất trung bình của Ngân Hàng Hoàng Gia Campuchia vào năm 2007-2008; trung bình là 7,5% tổng giá trị của rừng đến kỳ khai thác.

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

(a) Tính trữ lượng gỗ sản phẩm của 1 ha rừng tếch (M_{sp}, m^3/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:

$$M_{spA} = M_A * K \qquad (3.7)$$

trong đó M_A là trữ lượng gỗ cây đứng ở tuổi A năm; M_{spA} (m^3/ha) là trữ lượng gỗ sản phẩm ở tuổi A năm; K là tỷ lệ lợi dụng và bằng 75%.

(b) Tính tổng giá trị gỗ sản phẩm của 1 ha rừng tếch (S_A, USD/ha). Chỉ tiêu này được tính theo công thức:

$$S_A = M_{spA} * P \qquad (3.8)$$

Ở đây P (USD) 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 tếch (ΔS_A, USD/ha/năm). Chỉ tiêu này được tính theo công thức:

$$\Delta S_A = S_A - S_{(A-1)} \qquad (3.9)$$

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:

$$\frac{\Delta S_A}{S_A} = \frac{(S_A - S_{A-1})}{S_A} \qquad (3.10)$$

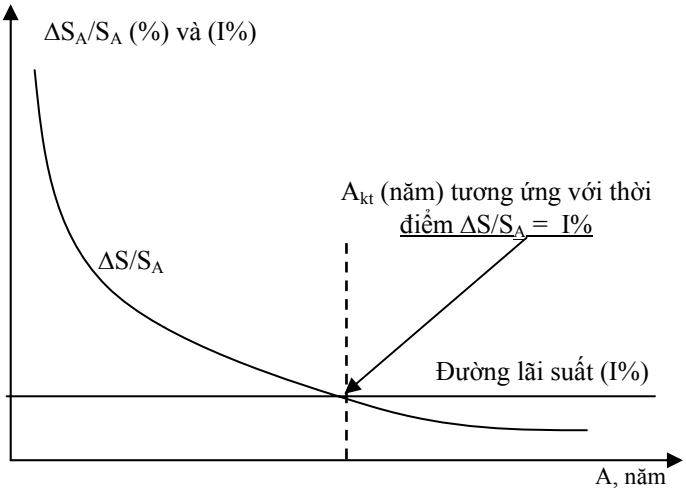
(e) Tính chi phí cơ hội của vốn (CP, (USD). Chỉ tiêu này được tính theo công thức:

$CP = I*S_A$ (3.11).

(f) Xác định tuổi khai thác rừng tếch 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* (Hình 3.1). 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%).

Tuổi khai thác rừng tối ưu về kinh tế cũng có thể xác định theo quan hệ $\Delta S_A = I*S_A$. Theo đó, từ đồ thị biểu diễn hai đường ΔS_A và $I*S_A$ (Hình 3.2), đã tìm A_{kt} (năm) bằng cách dóng vuông góc điểm giao nhau giữa ΔS_A và $I*S_A$ xuống trục hoành. Rõ ràng là, nếu khai thác rừng vào thời điểm mà $(\Delta S_A/S_A) = I$, thì lợi nhuận đạt được tối đa. Nếu khai thác rừng trước hoặc sau tuổi thành thục kinh tế, thì giá trị thu nhập từ rừng sẽ thấp.



Hình 3.1. Đồ thị xác định tuổi khai thác rừng tối ưu về kinh tế theo quan hệ $(\Delta S_A/S_A)\% = I\%$.

+ *Phương pháp bảng biểu.* Theo phương pháp này, đã tính và lập bảng thống kê những chỉ tiêu S_A (USD/ha), ΔS_A (USD/ha/năm), $\Delta S_A/S_A$, $I*S_A$ (USD/ha) và ΔS_A-$I*S_A$ (USD/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 (ΔS_a/Sa) với A (năm) theo dạng:

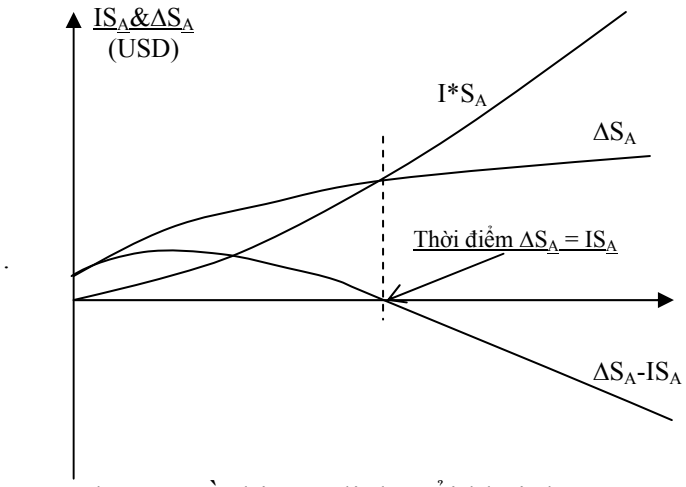
$$Y = a*A^b \text{ hay } \ln(\Delta S_A/S_A) = \ln(a) + b\ln(A) \qquad (3.12)$$

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 3.12, suy ra:

$$A_{kt} \text{ (năm)} = \exp[\ln((\Delta S_A/S_A) - \ln(a))/b] \qquad (3.13)$$

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.



Hình 3.2. Đồ thị xác định tuổi khai thác rừng tối ưu về kinh tế theo quan hệ $\Delta S_A = I*S_A$

Tất cả những cách thức xử lý số liệu ở mục 3.3.3 được thực hiện theo những chỉ dẫn của các tài liệu số [8], [9], [12], [17], [18], [25], [26], [31]. Sau cùng tập hợp những kết quả tính toán thành bảng và biểu đồ. Công cụ tính toán là phần mềm Excel, Statgraphics Plus Version 3.0&5.1 và SPSS[5] 10.0.

[5] Statistical Products for Social Services