

LẬP BIỂU CẤP NĂNG SUẤT RỪNG TRỒNG KEO TAI TƯỢNG (*Accacia mangium*) BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG CONG ĐỊNH HƯỚNG (Guide Curve)

Phan Minh Sáng

Viện Nghiên cứu Lâm sinh - Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Phương pháp đường cong định hướng (guide curve) dựa trên số liệu từ các ô tiêu chuẩn tạm thời là một trong ba phương pháp phân chia cấp năng suất theo chiều cao của lâm phần rừng trồng thuần loại đều tuổi. Từ số liệu điều tra rừng trồng Keo tai tượng (*Accacia mangium*) trên toàn quốc, đã thử nghiệm phương pháp đường cong định hướng vào phân chia cấp năng suất cho loài này. Kết quả cho thấy, phương pháp này phù hợp để lập biểu cấp năng suất cho rừng trồng thuần loại, đều tuổi. Ở giai đoạn phát triển đầu của rừng trồng, phương pháp đường cong định hướng còn tỏ ra phù hợp với đặc điểm của rừng hơn so với phương pháp lập biểu cấp năng suất từ số liệu cây giải tích.

Từ khóa: Cấp năng suất, đường cong định hướng, Keo tai tượng, ô tiêu chuẩn tạm thời

Guide curve site model for *Acacia mangium* plantation

Guide curve based on height - age data of temporary plots is one of three approaches to model site classes of monoculture even age plantations. In this study, the guide curve is used to estimate site productivity of *Accacia mangium* plantations in Vietnam. The results reveal that, this method is reliable and acceptable to use for site class modeling for monoculture even age plantation. The guide curve appears more suitable with stand height growth characteristic at initial development stage of plantation than site class method based on stem analysis data.

Keywords: Model site, guide curve, *Accacia mangium*, temporary plots

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấp năng suất là nhân tố biểu thị sức sản xuất của lâm phần. Theo Vanclay (1998), Skovsgaard và Vanclay (2008) cấp năng suất của lập địa có thể được đánh giá bằng các phương pháp: 1) Dựa vào các nhân tố

lập địa; 2) Dựa vào các yếu tố thực bì (*thực vật*) và 3) Dựa vào các *yếu tố trung gian* (Skovsgaard & Vanclay, 2008; Vanclay, 1998). Bảng 1 dưới đây mô tả tóm tắt các phương pháp này:

Bảng 1. Các phương pháp đánh giá năng suất lập địa

Phương pháp	Lập địa	Trung gian	Thực vật	Đo đếm thực vật
Trực tiếp	Kết cấu đất Độ ẩm và dinh dưỡng đất Quang hợp			Tiết diện ngang Thể tích/trữ lượng
Trung gian	Đá mẹ	Độ sâu tầng canh tác Dạng mùn	Thực bì (tầng dưới tán)	
Không trực tiếp	Khí hậu Địa sinh học Tọa độ địa lý		Đặc điểm quần thể thực vật	Sinh trưởng chiều cao

Bổ sung từ Skovsgaard và Vanclay (2008).

Các phương pháp nêu trên đều đã được nhiều tác giả trên thế giới và ở Việt Nam nghiên cứu và cho kết quả tốt. Mặc dù vậy, phương pháp phân chia cấp năng suất truyền thống, đạt độ tin cậy và dễ áp dụng trong sản lượng rừng vẫn là sử dụng sinh trưởng chiều cao theo thời gian làm chỉ tiêu phân chia cấp đất (Burkhart & Tomes, 2012; Weiskittel et al., 2011). Để lập biểu cấp năng suất theo chiều cao lâm phần, có ba dạng số liệu được sử dụng: số liệu đo đếm định kỳ trong nhiều năm từ ô tiêu chuẩn định vị, đo đếm từ ô tiêu chuẩn tạm thời và số liệu cây giải tích trực tiếp.

Ở Việt Nam, vì nhiều nguyên nhân khách quan và chủ quan, số liệu đo đếm định kỳ từ ô tiêu chuẩn định vị trên rừng trồng còn rất hạn chế và không hệ thống cho bất cứ loài cây trồng nào. Do vậy, lập biểu cấp năng suất từ số liệu sinh trưởng xác định được từ cây giải tích là phương pháp được sử dụng trong lĩnh vực nghiên cứu về sản lượng rừng. Phương pháp lập biểu cấp năng suất dựa trên số liệu sinh trưởng

chiều cao cây giải tích lâm phần đã được giới thiệu khá đầy đủ trong các giáo trình sản lượng rừng ở Việt Nam, trên cơ sở các kết quả nghiên cứu của các tác giả trong nước khi lập biểu cấp năng suất cho rừng trồng thuần loài, đều tuổi của nhiều loài cây ở Việt Nam (Nguyễn Ngọc Lung & Đào Công Khanh, 1999; Vũ Tiến Hình & Trần Văn Con, 2012).

Phương pháp đường cong định hướng (tạm dịch từ tiếng Anh: Guide curve) là một trong những phương pháp lập biểu cấp năng suất lâu đời nhất. Với cơ sở là dựa trên số liệu các cặp số liệu H/A (chiều cao/tuổi) của các ô tiêu chuẩn tạm thời (không có cây giải tích). Mặc dù có những hạn chế, cũng như ngày càng có nhiều nghiên cứu có số liệu thu thập được từ ô tiêu chuẩn định vị có độ chính xác cao, phương pháp này vẫn còn đang được áp dụng trong nghiên cứu sinh trưởng, sản lượng rừng ngày nay (Burkhart & Tomé, 2012; Shater et al., 2011).

Trong khuôn khổ bài báo, tác giả sẽ trình bày kết quả thử nghiệm áp dụng phương pháp đường cong định hướng vào lập biểu cấp năng suất cho rừng trồng Keo tai tượng (*Accacia mangium*) thuần loại, đều tuổi ở Việt Nam. Kết quả xác lập đường cong cấp đất bằng số liệu cây giải tích được sử dụng để so sánh.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Số liệu nghiên cứu

Số liệu nghiên cứu được thu thập từ 397 lâm phần rừng trồng Keo tai tượng thuần loài, đều tuổi trên toàn quốc. Trong đó, có 70 lâm phần có giải tích cây tiêu chuẩn với 200 cây giải tích sinh trưởng. Phương pháp lập, đo đếm ô tiêu chuẩn và giải tích cây tuân theo quy trình điều tra rừng trồng đã được chuẩn hóa cho nghiên cứu sinh trưởng và sản lượng rừng trồng của Viện Nghiên cứu Lâm sinh - Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam. Cây giải tích được chọn rải đều ở hầu hết các lâm phần bao gồm 03 cây trung bình tầng trội (20% số cây có đường kính lớn nhất lâm phần). Số liệu trung bình của 03 cây giải tích tầng trội ở mỗi ô tiêu chuẩn được coi là mẫu đại diện cho sinh trưởng chiều cao trung bình tầng trội của lâm phần.

2.2. Phương pháp đường cong định hướng dựa vào số liệu ô tạm thời

Phương pháp đường cong định hướng (guide curve) sử dụng số liệu đo đếm ô tiêu chuẩn tạm thời (không có cây giải tích) để xây dựng phương trình cấp đất (Burkhardt & Tomé, 2012). Phương trình sinh trưởng chiều cao chung được xây dựng từ các cặp số liệu H/A (chiều cao - tuổi), của các lâm phần thu thập được. Sau khi xác định được phương trình lý thuyết H/A, phân chia cấp năng suất theo phương pháp đường cong

định hướng cũng giống như các phương pháp lập biểu cấp năng suất khác bao gồm (i) xác định chỉ số cấp đất cho từng cấp năng suất; (ii) xác định phương trình cụ thể cho từng cấp đất theo chỉ số cấp năng suất.

2.3. So sánh với phương pháp lập biểu cấp năng suất bằng cây giải tích

Để có cơ sở so sánh khả năng sử dụng phương pháp đường cong định hướng vào lập biểu cấp năng suất cho rừng trồng ở Việt Nam, ngoài cách kiểm tra biểu thông thường, phương pháp lập biểu cấp năng suất bằng số liệu cây giải tích được sử dụng làm cơ sở so sánh.

Muốn lập biểu cấp năng suất bằng phương pháp đường cong định hướng, cần phải có số liệu từ số lượng đủ lớn các lâm phần. Chính vì vậy, số liệu từ tất cả các lâm phần đã điều tra được đưa vào sử dụng để xây dựng cấp đất theo phương pháp đường cong định hướng.

Để đảm bảo hai phương pháp có thể so sánh được với nhau, cần phải đảm bảo số liệu cây giải tích và các cặp số liệu H/A của các ô tạm thời là được rút từ một tập hợp chung. Vì vậy, cần phải xác định được xem có sự sai khác giữa giữa sinh trưởng chiều cao của các ô tiêu chuẩn tạm thời và cây giải tích ở từng cấp tuổi nhất định. Tiêu chuẩn t của student dùng để kiểm tra sự khác biệt giữa trung bình hai mẫu (H/A ô tạm thời và H/A cây giải tích) được sử dụng ở đây.

Mặt khác, để sử dụng được tiêu chuẩn t, mẫu cần thỏa mãn 02 điều kiện: (i) hai mẫu đều tuân theo phân bố chuẩn; (ii) phương sai của hai mẫu bằng nhau. Vì vậy, trước khi kiểm tra sai dị giữa trung bình hai mẫu theo tiêu chuẩn t, cần kiểm tra hai mẫu có tuân theo luật phân bố chuẩn hay không

theo tiêu chuẩn Shapiro - Wilk, phương sai hai mẫu bằng nhau hay không theo tiêu chuẩn F (Nguyễn Văn Tuấn, 2006).

2.4. Xác định đường cong các cấp năng suất từ phương trình sinh trưởng chiều cao tầng trội bằng 2 nguồn tài liệu H/A của ô tiêu chuẩn tạm thời và H/A của những cây giải tích

Để minh họa cách xác định phương trình sinh trưởng chiều cao chung, phương trình cho các cấp năng suất, sử dụng hàm Chapman - Richards làm ví dụ, hàm nguyên thủy có dạng:

$$h_{dom} = b_0 (1 - e^{-b_1 t})^{b_2} \quad (1)$$

Trong đó: h_{dom} là chiều cao tầng trội, t là tuổi, b_0, b_1, b_2 là các tham số của phương trình.

Gọi S là chỉ số cấp đất - chiều cao trung bình tầng trội tại tuổi t_b , thay S vào phương trình trên sẽ được:

$$S = b_0(1 - e^{-b_1 t_b})^{b_2},$$

$$\text{từ đó ta tính được } b_0 = S/(1 - e^{-b_1 t_b})^{b_2}$$

Thay b_0 vào phương trình trên ta sẽ được phương trình cấp năng suất (H/A) như sau:

$$h_{dom} = S \left[\frac{1 - e^{-b_1 t}}{1 - e^{-b_1 t_b}} \right]^{b_2} \quad (2)$$

Bảng 2. Kết quả kiểm tra thuần nhất sinh trưởng chiều cao tầng trội trung bình của các ô tiêu chuẩn tạm thời và của các cây giải tích

Tuổi	Dạng số liệu chiều cao	Dung lượng mẫu	H ₀ trung bình	Hmax	Hmin	Sig (2 - tailed)	Kết luận
3	Cây giải tích trung bình	64	10.91	15.70	3.20	0.052 *	Không sai khác
	Ôtc tạm thời	42	11.88	14.40	6.05		
4	Cây giải tích trung bình	64	11.14	16.10	4.30	0.000	Có sai khác
	Ôtc tạm thời	156	13.99	16.20	4.10		
5	Cây giải tích trung bình	60	14.83	18.20	8.10	0.971 *	Không sai khác
	Ôtc tạm thời	44	14.82	18.10	9.10		
6	Cây giải tích trung bình	55	15.67	18.80	8.20	0.787 *	Không sai khác
	Ôtc tạm thời	35	15.72	18.50	8.10		

* Mẫu kiểm tra tuân theo luật phân bố chuẩn, có phương sai bằng nhau.

Đối với các dạng hàm sinh trưởng khác, cách tính phương trình sinh trưởng H/A cũng theo phương pháp tương tự làm cho hàm Chapman - Richards ở trên.

Số liệu được phân tích bằng phần mềm thống kê Statistica và R.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kiểm tra thuần nhất các sinh trưởng chiều cao các tuổi

Các lâm phần rừng trồng Keo tai tượng đã điều tra có tuổi từ 2 cho đến 10. Tuy nhiên, một số lượng lớn lâm phần đo đếm là từ tuổi 2 đến tuổi 6. Mục đích kinh doanh của rừng trồng Keo tai tượng trên toàn quốc hiện nay nhằm lấy gỗ nhỏ làm dăm, giấy, có chu kỳ kinh doanh ngắn (từ 5 - 7 năm). Mặt khác, Keo tai tượng là loài sinh trưởng nhanh, rừng thường khép tán ngay từ tuổi 2 đến tuổi 3, sinh trưởng chiều cao đã tương đối ổn định từ tuổi 4 trở đi. Vì vậy, chỉ kiểm tra thuần nhất về sinh trưởng chiều cao giữa số liệu ô tiêu chuẩn tạm thời và cây giải tích từ tuổi 3 đến tuổi 6. Kết quả kiểm tra sự sai khác của trung bình hai mẫu theo tiêu chuẩn t của student cho ở biểu dưới đây:

Kết quả cho ở bảng 2 cho thấy, sinh trưởng chiều cao trung bình tầng trội của các ô tiêu chuẩn tạm thời khá đồng nhất với sinh trưởng chiều cao trung bình tầng trội xác định bằng cây giải tích. Chỉ riêng tuổi 4, giả thiết về sự khác biệt này được chấp nhận. Tuy nhiên, ở tuổi 4, có tới 156 lâm phần đo đếm ô tiêu chuẩn tạm thời, nhưng chỉ có 64 cặp H/A cây giải tích ở tuổi này. Vì vậy, có thể số lâm phần điều tra ô tiêu chuẩn tạm thời ở tuổi 4 rất lớn nên đã bao quát được phạm vi rộng hơn đặc điểm rừng trồng Keo tai tượng. Tuy nhiên do các tuổi còn lại có sự đồng nhất nên về cơ bản có thể chấp nhận giả thuyết, giá trị sinh trưởng chiều cao của hai mẫu số liệu cây giải tích và ô tiêu chuẩn tạm thời là được rút ra từ cùng một tổng thể.

3.2. Phương trình sinh trưởng chiều cao trung bình tầng trội và cấp đất

Ba mô hình sinh trưởng lý thuyết thông dụng nhất là Schumacher, Gompertz và Chapman - Richards đã được đưa vào thử nghiệm. Kết quả cho thấy, hàm Chapman - Richards là phù hợp nhất. Burkhart và Tomé (2012) cũng nhận định, đối với lập biểu cấp năng suất bằng phương pháp đường cong định hướng, hàm Chapman - Richards là một trong hai hàm phù hợp và thường được sử dụng nhất (Burkhart & Tomé, 2012).

Theo đó các tham số và thông số xác suất thống kê cơ bản của phương trình sinh trưởng chung theo hàm Chapman - Richards xác định được cho hai tập hợp số liệu ô tiêu chuẩn tạm thời và cây giải tích được cho ở bảng dưới đây:

Bảng 3. Tham số và thông số xác suất thống kê cơ bản của phương trình sinh trưởng chiều cao chung

Dạng số liệu chiều cao	b ₀	b ₁	b ₂	Hệ số tương quan (R ²)
Ô tiêu chuẩn tạm thời	22,6884	0,2239	1,0442	0,9663
	0,0000	0,0000	0,0000	
Cây giải tích	31,9952	0,0976	0,9299	0,9835
	0,0000	0,0004	0,0000	

Chú thích: hàng trên là tham số, hàng dưới là xác suất xác định sự tồn tại của tham số.

Với quan sát trên hiện trường nhận thấy Keo tai tượng là loài sinh trưởng nhanh, khép tán ngay từ tuổi 2 - 3, vì vậy đến tuổi từ 4 - 6, sinh trưởng chiều cao đã ổn định. Mặt khác, rừng trồng Keo tai tượng hiện nay chủ yếu để cung cấp gỗ dăm, giấy, có chu kỳ kinh doanh ngắn, chủ yếu từ 4 - 7 năm. Vì vậy, đã chọn tuổi 5 là tuổi cơ sở để phân chia cấp năng suất.

Chiều cao các cây tầng trội giải tích và của các ô tiêu chuẩn tạm thời ở tuổi 5 chủ yếu nằm trong khoảng từ 7 - 21m. Vì vậy, đã phân chia rừng Keo tai tượng thành 05 cấp đất với chỉ số các cấp đất (S) tại tuổi 5 lần lượt là cấp năng suất 1: 20m, cấp năng suất 2: 17m, cấp năng suất 3: 14m, cấp năng suất 4: 11m và cấp năng suất 5: 8m.

Từ chỉ số cấp năng suất, thay vào phương trình (2) với các tham số phương trình xác

định được ở bảng 3, đã tính được giá trị cho từng cấp năng suất theo thời gian của rừng trồng loài Keo tai tượng theo hai

phương pháp. Kết quả được trình bày ở bảng 4 và 5.

Bảng 4. Cấp năng suất lập theo số liệu chiều cao trung bình tầng trội các ô tiêu chuẩn tạm thời theo phương pháp đường cong định hướng

Tuổi	Hcd5	Hcd4	Hcd3	Hcd2	Hcd1
2	4,2	5,7	7,3	8,9	10,4
3	5,7	7,9	10,0	12,2	14,3
4	7,0	9,6	12,2	14,8	17,5
5	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0
6	8,8	12,1	15,4	18,7	22,0
7	9,5	13,0	16,6	20,1	23,7
8	10,0	13,7	17,5	21,2	25,0
9	10,4	14,3	18,2	22,1	26,0
10	10,7	14,8	18,8	22,8	26,9

Bảng 5. Cấp năng suất lập theo chiều cao trung bình tầng trội lập từ số liệu cây giải tích

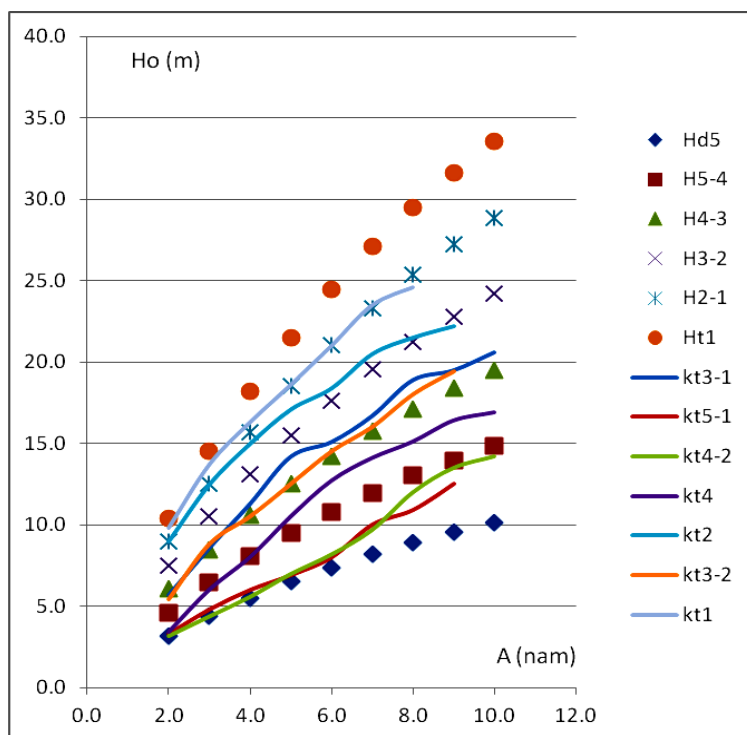
Tuổi	Hcd1	Hcd2	Hcd3	Hcd4	Hcd5
2	3,9	5,3	6,8	8,2	9,7
3	5,4	7,4	9,5	11,5	13,5
4	6,8	9,3	11,9	14,4	17,0
5	8,0	11,0	14,0	17,0	20,0
6	9,1	12,5	15,9	19,3	22,7
7	10,1	13,9	17,6	21,4	25,2
8	11,0	15,1	19,2	23,3	27,4
9	11,8	16,2	20,6	25,0	29,4
10	12,5	17,2	21,8	26,5	31,2

3.3. Kiểm nghiệm biểu cấp năng suất đã xây dựng

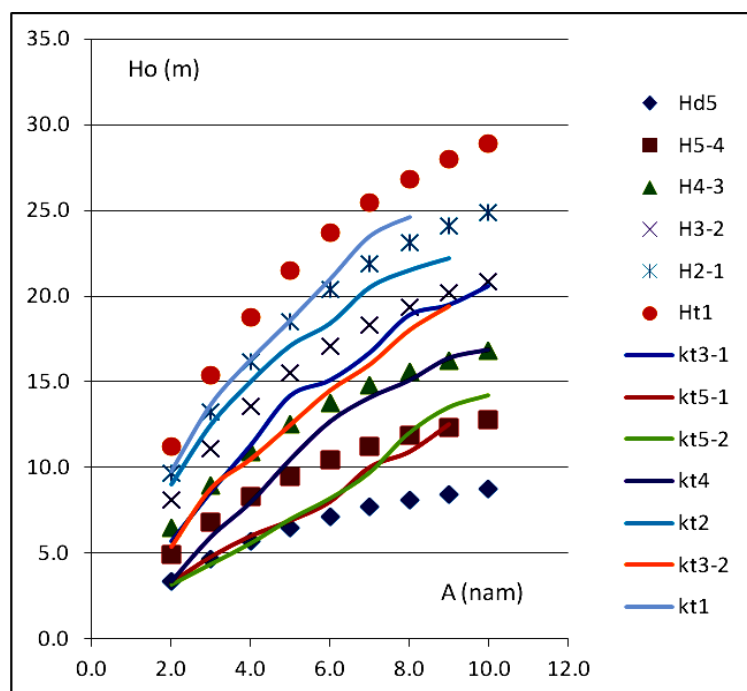
Do số lượng lâm phần đã điều tra có tuổi lớn (thích hợp để dùng kiểm tra biểu) và có cây giải tích hạn chế, nên chỉ chọn ngẫu nhiên được 06 lâm phần có tuổi tương đối lớn, phân bố ở các cấp năng suất khác nhau

để tiến hành kiểm nghiệm. Phương pháp kiểm tra bằng biểu đồ trực quan được sử dụng ở đây.

Kết quả vẽ đường cong sinh trưởng chiều cao bình quân tầng trội các lâm phần trên lên biểu đồ cấp đất cho ở hình 1 và hình 2 dưới đây:



Hình 1. Kiểm nghiệm biểu cấp đất lập bằng số liệu cây giải tích



Hình 2. Kiểm nghiệm biểu cấp đất lập bằng số liệu ô tiêu chuẩn tạm thời

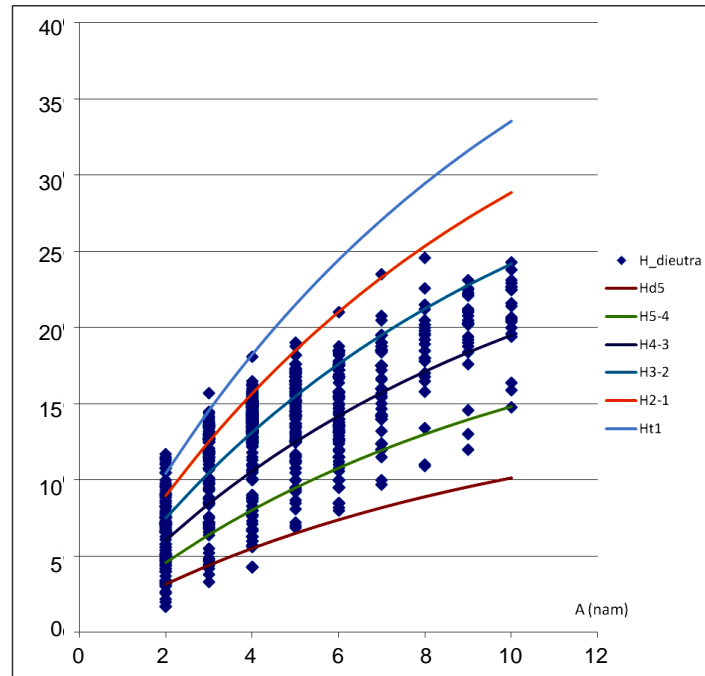
Từ hai hình trên cho thấy, mặc dù một số đường sinh trưởng chiều cao bình quân tầng trụi thực nghiệm cắt với đường cong cấp năng suất, nhưng về cơ bản, biểu đã lập được bằng cả hai phương pháp nêu trên là phù hợp với sinh trưởng chiều cao tầng trụi của rừng trồng loài Keo tai tượng. Tính từ tuổi cơ sở (tuổi 5) các đường sinh trưởng chiều cao thực nghiệm về cơ bản nằm gọn trong giới hạn của cấp đất. Tuy nhiên, đối với biểu lập bằng số liệu cây giải tích, các cây kiểm tra cấp đất 1 và cấp đất 2 có xu hướng chuyển xuống cấp đất thấp hơn.

IV. THẢO LUẬN

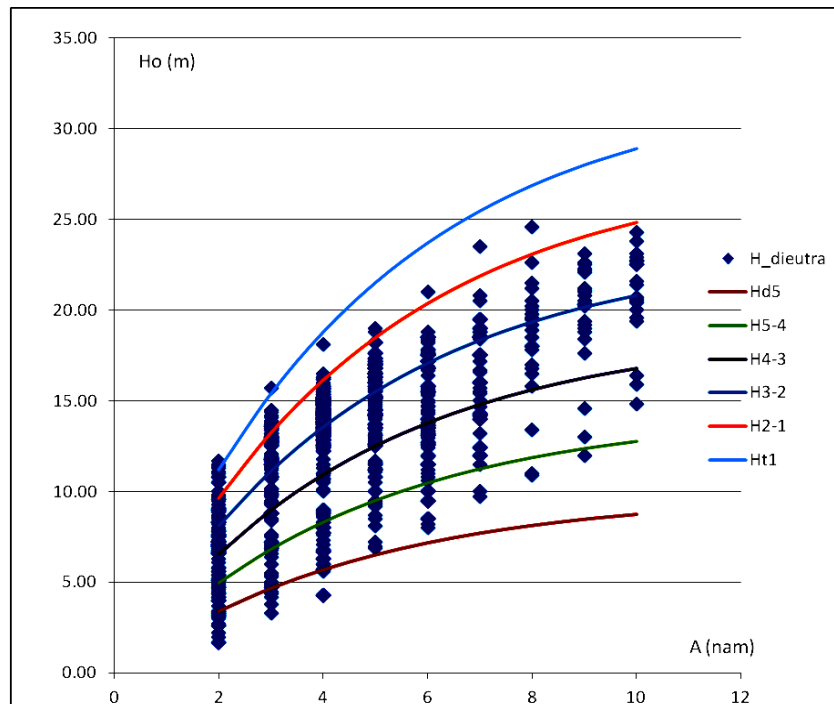
Theo Monserud (1985), và Milner và đồng sự (1992), sinh trưởng chiều cao theo cấp năng suất lập theo phương pháp đường

cong định hướng có xu thế tăng rất ít khi lâm phần đạt được một tuổi thành thực nhất định. Các tác giả nhận định, phương pháp này phù hợp hơn với phương pháp xác lập cấp năng suất bằng số liệu cây giải tích khi rừng còn ít tuổi (Milner, 1992; Monserud, 1985; Thrower & Goudie, 1992).

Vẽ toàn bộ các cặp H/A của cây giải tích trung bình tầng trụi và các lâm phần đo đếm tạm thời lên biểu đồ ranh giới cấp đất (hình 3 và hình 4), nhận thấy rằng phương pháp đường cong định hướng bao quát được tốt hơn các lâm phần điều tra (cây giải tích và cặp H/A của ô đo đếm tạm thời). Trong đó, các điểm H/A (chiều cao - tuổi) phân bố đồng đều hơn trên các cấp đất lập được theo phương pháp đường cong định hướng.



Hình 3. Đường ranh giới cấp năng suất lập từ số liệu cây giải tích và số liệu thực nghiệm



Hình 4. Đường ranh giới cấp năng suất lập theo phương pháp đường cong định hướng từ số liệu ô tiêu chuẩn tạm thời và số liệu thực nghiệm

Đối với cấp đất lập từ số liệu cây giải tích, đường ranh giới cấp đất không bao quát tốt các lâm phần có cấp sinh trưởng cao (cấp đất 1, cấp đất 2). Đặc biệt, khi tuổi lâm phần tăng, đường cong cấp đất lập theo cây giải tích vẫn tăng mạnh nên các cấp năng suất cao không bao hàm được các lâm phần trong thực tế.

Từ hình 3 và hình 4 cũng cho thấy, sinh trưởng chiều cao ở tuổi 2, 3 và 4 vẫn chưa thật sự ổn định, vì vậy, việc lựa chọn tuổi 5 làm tuổi cơ sở để phân chia cấp đất là phù hợp. Do đó, trong quá trình nghiên cứu lập biểu cấp năng suất cho bất kỳ một loài cây trồng nào cần phải chú ý đến việc xác định tuổi cơ sở khi phân chia các cấp. Tuổi cơ sở phải tối thiểu đảm bảo được 2 điều kiện:

1. Có số liệu thực nghiệm thu thập đủ lớn

và bao quát được các cấp năng suất dự kiến và; 2. Đã vào giai đoạn ổn định về sinh trưởng của nhân tố điều tra.

V. KẾT LUẬN

Kết quả trình bày ở trên cho thấy, có thể áp dụng phương pháp đường cong định hướng (guide curve) trong lập biểu cấp năng suất rừng trồng bằng số liệu từ các ô tiêu chuẩn tạm thời (không có cây giải tích), đặc biệt là khi không có số liệu đo đếm định kỳ ô tiêu chuẩn định vị, cây giải tích, hoặc đặc tính sinh học của loài cây không cho phép xác định chính xác quy luật vòng sinh trưởng của cây. Đứng trên góc độ thống kê sinh học, phương pháp này đảm bảo độ chính xác và không đòi hỏi quá cao về kỹ thuật cũng như thời gian

trong quá trình thu thập số liệu và xây dựng các mô hình lý thuyết. Tuy nhiên, đây mới chỉ dừng lại ở kết quả nghiên cứu cho một loài cây trồng phổ biến ở Việt

Nam, định hướng này cần được phát triển và nghiên cứu cho các loài khác nhằm đưa ra những kết luận khoa học chính xác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Burkhart, H.E., Tomé, M. (2012). Modeling Forest Trees and Stand. Springer Netherlands, Dordrecht.
2. Milner, K.S. (1992). Site index và height growth curves for ponderosa pine, western larch, lodgepole pine, và Douglas-fir in western Montana. Western Journal of Applied Forestry 7, 9-14.
3. Monserud, R.A. (1985). Comparison of Douglas-fir site index và height growth curves in the Pacific Northwest. Canadian Journal of Forest Research 15, 673-679.
4. Nguyễn Ngọc Lung, Đào Công Khanh (1999). Nghiên cứu tăng trưởng và sản lượng rừng trồng (áp dụng cho rừng Thông ba lá ở Việt Nam). Nhà xuất bản Nông nghiệp, TP. Hồ Chí Minh.
5. Nguyễn Văn Tuấn (2006). Phân tích dữ liệu và tạo biểu đồ bằng R. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
6. Shater, Z., De-Miguel, S., Kraid, B. (2011). A growth và yield model for even-aged Pinus brutia Ten. stväs in Syria. Annals of forest science 68, 149 - 157.
7. Skovsgaard, J.P., Vanclay, J.K. (2008). Forest site productivity: a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stväs. Forestry 81, 13-31.
8. Thrower, J.S., Goudie, J.W. (1992). Estimating dominant height và site index of even-aged interior Douglas-fir in British Columbia. Western Journal of Applied Forestry 7, 20-25.
9. Vanclay, J. (1998). Modelling forest growth và yield - Application to mixed tropical forests, Second. ed. CAB International.
10. Weiskittel, A.R., Hann, D.W., Kershaw Jr, J.A., Vanclay, J.K. (2011). Forest growth và yield modeling. Wiley.
11. Vũ Tiến Hinh, Trần Văn Con (2012). Sản lượng rừng (giáo trình dành cho cao học). Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.

Người thẩm định: TS. Đào Công Khanh