THE RELATIONSHIPS BETWEEN GROWTH CHARACTERISTICS AND SOME WOOD PROPERTIES OF *ACACIA MANGIUM* PLANTED IN QUANG TRI, VIETNAM

Duong Van Doan*, Ho Ngoc Son, Nguyen Thi Thu Hoan, Nguyen Cong Hoan, La Thu Phuong
TNU - University of Agriculture and Forestry

ARTICLE INFO

Received: 22/11/2021
Revised: 27/4/2022
Published: 28/4/2022

KEYWORDS

Acacia mangium
Height
Diameter at breast height
Wood density
Mechanical properties

ABSTRACT

The relationships between growth characteristics and wood quality has always been of interest to forest growers as well as wood processors, especially in fast-growing species. This study was conducted to examine the correlation between growth indexes and some wood properties in *Acacia mangium* including air-dry density (AD), modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), and compressive strength (CS). The results of the present study showed that diameter at breast height had a high positive significant correlation (r = 0.99; P < 0.001) with stem volume. In contrast, no significant relationship was found between tree height and stem volume. Weak cofficients of corrleration and no statistic significance (P > 0.05) were found between growth indexes with AD, MOR, MOE, and CS. The results suggests that *Acacia mangium* trees with faster gowth characteristics do not always produce wood of lower quality.

TƯƠNG QUAN GIỮA SINH TRƯỞNG VÀ MỘT SỐ TÍNH CHẤT GỖ KEO TAI TƯỢNG (*Acacia mangium*) TRỒNG TẠI TỈNH QUẢNG TRỊ, VIỆT NAM

Dương Văn Đoàn*, Hồ Ngọc Sơn, Nguyễn Thị Thu Hoàn, Nguyễn Công Hoan, La Thu Phương
Trường Đại học Nông Lâm - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 22/11/2021
Ngày hoàn thiện: 27/4/2022
Ngày đăng: 28/4/2022

TỪ KHÓA

Keo tai tượng
Chiều cao
Đường kính ngang ngực
Khối lượng thể tích
Tính chất cơ học

TÓM TẮT

Mối liên quan giữa sinh trưởng và chất lượng gỗ luôn được người trồng rừng cũng như các nhà chế biến gỗ quan tâm, đặc biệt ở các loài sinh trưởng nhanh. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục tiêu kiểm tra tương quan giữa các chỉ số sinh trưởng và một số tính chất gỗ chủ yếu ở Keo tai tượng, bao gồm: khối lượng thể tích (AD), độ bền uốn tĩnh (MOR), mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE), và độ bền nén dọc thớ (CS). Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, đường kính ngang ngực có tương quan thuận rất cao với thể tích gỗ (r = 0,99; P < 0,001), trong khi đó chiều cao cây không có tương quan rõ ràng với thể tích thân cây. Hệ số tương quan rất thấp và không có ý nghĩa thống kê (P > 0,05) được tìm thấy giữa các chỉ số sinh trưởng với AD, MOR, MOE và CS. Kết quả nghiên cứu này gợi ý rằng việc cải thiện sinh trưởng có thể không làm giảm chất lượng gỗ ở Keo tai tượng.

DOI: https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5278

* Corresponding author. *Email: duongvandoan@tuaf.edu.vn*

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, ngành công nghiệp sản xuất đồ gỗ Việt Nam đã có những bước tăng trưởng đáng kể. Theo báo cáo của Hiệp hội gỗ và lâm sản Việt Nam, năm 2020 mặc dù bị ảnh hưởng của đại dịch Covid-19 nhưng giá trị xuất khẩu gỗ và sản phẩm gỗ của Việt Nam đạt 12,01 tỷ USD, tăng 16,3% so với năm 2019 [1]. Các mặt hàng xuất khẩu chính của Việt Nam hiện nay là đồ gỗ nội thất, dăm gỗ, viên nén, ván bóc, ván sợi và ván ghép. Tăng trưởng của ngành năm 2020 đưa ra tín hiệu rõ ràng đà tăng trưởng sẽ tiếp tục được duy trì trong năm 2021 và các năm tiếp theo. Tuy nhiên, để đà tăng trưởng trở thành bền vững, ngành cần phải giải quyết một số rủi ro, đặc biệt trong khâu gỗ nguyên liệu. Hiện nay, để đáp ứng nhu cầu sản xuất, bên cạnh việc sử dụng nguồn nguyên liệu từ gỗ rừng trồng trong nước, Việt Nam đã phải nhập khẩu nguồn nguyên liệu lớn từ nước ngoài [1]. Để giải quyết bài toán về nguồn nguyên liệu, thì việc nghiên cứu khoa học để đánh giá được sản lượng và chất lượng gỗ rừng trồng trong nước cũng như để đảm bảo tính minh bạch và sử dụng bền vững nguồn tài nguyên gỗ là yêu cầu cấp thiết.

Keo tai tượng (*Acacia mangium* Wild.) là một trong những loài cây sinh trưởng nhanh được trồng phổ biến nhất ở Việt Nam hiện nay [2]. Đã có nhiều nghiên cứu khảo nghiệm xuất xứ và chất lượng gỗ Keo tai tượng trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Cụ thể, trong giai đoạn 1990 – 2000, các nghiên cứu cải thiện giống đã tập trung vào việc tìm ra những xuất xứ có năng suất cao. Các khảo nghiệm chỉ ra rằng các xuất xứ Keo tai tượng có nguồn gốc từ PNG (Papua New Guinea) có sinh trưởng nhanh hơn so với các xuất xứ có nguồn gốc từ Qld (Queensland) và NT (North Teritory) [3]. Giai đoạn 2000 đến nay, các nghiên biến dị di truyền ở mức độ gia đình mới bắt đầu được chú trọng nhằm cải thiện các tính trạng sinh trưởng, chất lượng thân cây và tỷ trọng gỗ. Nhìn chung, tương quan di truyền giữa sinh trưởng và chất lượng thân cây là tương quan dương [4], tức là cải thiện sinh trưởng cũng đồng thời cải thiện chất lượng thân cây. Nhiều nghiên cứu liên quan đến đánh giá chất lượng gỗ Keo tai tượng cũng đã được báo cáo [5]-[7]. Tuy nhiên, hầu hết các nghiên cứu đánh giá độc lập, hoặc là nghiên cứu lựa chọn các nguồn giống Keo tai tượng có khả năng sinh trưởng, chất lượng thân, chống chịu sâu bệnh tốt, hoặc là nghiên cứu lựa chọn các nguồn giống Keo tai tượng có chất lượng gỗ cao. Trong khi đó, nhiều báo cáo ở một số loài khác đã chỉ ra rằng không phải lúc nào sinh trưởng nhanh cũng tỷ lệ thuận với chất lượng gỗ tốt. Người trồng rừng luôn mong muốn trồng các nguồn giống Keo tai tượng có sinh trưởng nhanh, trong khi đó nhà chế biến lại mong muốn có chất lượng gỗ tốt. Do đó, các nghiên cứu đánh giá tương quan giữa sinh trưởng và chất lượng gỗ cho mỗi loài cụ thể là cần được thực hiện.

Trong các nghiên cứu trước [5], [8] chúng tôi đã đánh giá chất lượng của gỗ từ 6 nguồn giống Keo tai tượng khác nhau thông qua các chỉ số tính chất cơ học. Mục tiêu chính của nghiên cứu này là phân tích tương quan giữa các chỉ số sinh trưởng (đường kính và chiều cao) với thể tích thân cây và một số tính chất gỗ (khối lượng thể tích và một số tính chất cơ học chủ yếu) để kiểm tra khi sinh trưởng của Keo tai tượng càng nhanh thì xu hướng các tính chất gỗ sẽ biến đổi như thế nào. Kết quả của nghiên cứu bước đầu sẽ cung cấp những thông tin hữu ích cho người trồng rừng liên quan đến chỉ số sinh trưởng và chất lượng gỗ Keo tai tượng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Các cây mẫu sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập từ một rừng thí nghiệm thuộc chương trình khảo nghiệm giống Keo tai tượng của Viện khoa học Lâm Nghiệp Việt Nam trồng năm 2014 tại Trung tâm Khoa học Lâm Nghiệp Bắc Trung Bộ, xã Cam Lộ, huyện Đông Hà, tỉnh Quảng Trị. Địa điểm của rừng thí nghiệm: vị trí địa lý (kinh độ, vĩ độ): 1855270 N, 715901 E. Đây là khu vực nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới có nhiệt độ trung bình năm là 27℃ và lượng mưa trung bình năm là 2.325 mm. Đất trong khu vực thí nghiệm thuộc nhóm đất đỏ vàng phát triển trên đá sét (Fs), thảm thực vật tự nhiên đã bị thay thế bằng rừng trồng nhiều luân kỳ nên đất đã suy thoái mạnh, chua và nghèo dinh dưỡng [5].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

30 cây mẫu từ 06 nguồn giống (5 cây/mỗi nguồn giống) được lựa chọn từ những cây khỏe mạnh, thân thẳng, không có các biểu hiện khuyết tật, sâu bệnh. Trước khi tiến hành chặt cây mẫu, vị trí Bắc - Nam, Đông - Tây được đánh dấu trên thân cây và đường kính ngang ngực (DBH – diameter at breast height, đường kính tại 1,3 m tính từ mặt đất) được đo cho mỗi cây mẫu. Sau khi chặt hạ, chiều cao của cây (H – height) được tính bằng cách đo chiều dài của mỗi cây từ gốc đến đỉnh sinh trưởng (Hình 1).

Hình 1. *Quá trình thực hiện đo đường kính tại 1,3 m và chiều cao cây mẫu*

Thể tích thân cây được xác định bởi công thức như trong nghiên cứu của Monteuuis và cộng sự [9] như sau:

$$V = =((\pi \times \left(\frac{DBH}{2}\right)^2 \times 1.3\right) + (\pi \times (\frac{DHB}{2})^2 \times (H - 1.30))/3/10000)/1000$$

Trong đó: V là thể tích thân cây (m^3); DBH là đường kính ngang ngực (cm); H chiều cao vút ngọn (m).

Từ mỗi cây mẫu, một khúc gỗ dài 1 m được cắt từ vị trí 0,5 đến 1,5 m tính từ mặt đất, sau đó các mẫu nhỏ không chứa khuyết tật có kích thước 20 (xuyên tâm) × 20 (tiếp tuyến) × 300 (dọc thớ) mm được cắt từ các khúc và được đặt trong phòng thí nghiệm ở nhiệt độ 20°C và độ ẩm 60% đến khi đạt được khối lượng không đổi. Khối lượng thể tích (AD – air-dry density) và các tính chất cơ học gỗ của từng nguồn giống bao gồm: độ bền uốn tĩnh (MOR – modulus of rupture), mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE – modulus of elasticity), và độ bền nén dọc thớ (CS – compressive strength) được tính toán như đã báo cáo trong các nghiên cứu trước của chúng tôi [5], [8]. Các dữ liệu được trích xuất để tính toán giá trị trung bình AD, MOR, MOE và CS cho từng cây mẫu trong nghiên cứu này.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Trong nghiên cứu này tương quan giữa các chỉ số sinh trưởng và tính chất gỗ được phân tích cho sự kết hợp của 6 nguồn giống Keo tai tượng mà không phân tích cho từng nguồn giống riêng rẽ. Các phân tích thống kê (giá trị trung bình và tương quan) trong nghiên cứu này được thực hiện bằng phần mềm R (phiên bản 3.2.4.).

3. Kết quả và bàn luận

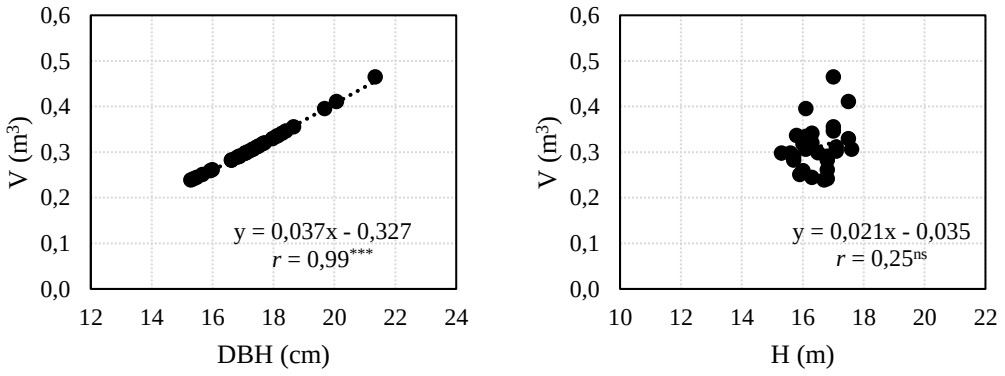
3.1. Tương quan giữa sinh trưởng và thể tích thân cây

Bảng 1 trình bày kết quả các giá trị đường kính ngang ngực (DBH), chiều cao vút ngọn (H), thể tích thân cây (V), khối lượng thể tích (AD) và một số tính chất cơ học chủ yếu cho từng cây mẫu trong nghiên cứu này. Giá trị trung bình H, DBH, V, AD, MOR, MOE, và CS của 30 cây mẫu từ 06 nguồn giống lần lượt là 16,48 m, 17,39 cm, 0,31 m^3, 0,47 g/cm^3, 76,89 MPa, 7,78 GPa, và 44,52 MPa. Các kết quả về tính chất gỗ là hoàn toàn phù hợp với kết quả của các nghiên cứu trước đó về gỗ Keo tai tượng và đã được chứng minh cụ thể trong các nghiên cứu trước của chúng tôi [5], [8].

Bảng 1. *Các chỉ số sinh trưởng và một số tính chất gỗ Keo tai tượng*

Cây	Nguồn giống	H (m)	DBH (cm)	V (m^3)	AD (g/cm^3)	MOR (MPa)	MOE (GPa)	CS (MPa)
1	Bàu Bàng	16,80	16,62	0,28	0,42	72,89	7,87	41,29
2		16,10	17,32	0,31	0,40	55,66	5,95	36,68
3		16,80	16,88	0,29	0,45	74,33	7,38	42,67
4		17,60	17,32	0,31	0,44	71,62	7,75	42,66
5		17,00	18,66	0,36	0,48	76,40	7,57	46,44
6	Ba Vì	16,20	17,52	0,31	0,51	81,98	9,03	49,86
7		17,50	20,06	0,41	0,49	87,64	8,22	48,33
8		15,30	17,07	0,30	0,48	73,92	7,73	41,90
9		16,50	17,10	0,30	0,40	55,88	6,46	36,05
10		16,10	19,68	0,40	0,50	86,75	8,48	46,73
11	Balimo	17,00	21,34	0,46	0,42	71,59	7,06	39,38
12		15,80	18,15	0,34	0,44	69,11	6,83	40,73
13		17,10	17,45	0,31	0,51	96,35	9,68	54,49
14		15,90	15,67	0,25	0,49	79,98	8,40	48,00
15		16,00	17,64	0,32	0,38	54,12	6,29	34,79
16	Hàm Yên	16,30	18,28	0,34	0,49	79,37	7,06	45,97
17		15,70	16,88	0,29	0,48	71,03	7,50	42,00
18		17,00	18,41	0,35	0,48	79,83	8,20	46,52
19		16,30	17,71	0,32	0,46	70,64	7,59	42,47
20		15,60	17,07	0,30	0,50	77,99	7,65	44,98
21	Long Thành	16,00	15,92	0,26	0,44	65,22	6,55	40,83
22		16,70	15,29	0,24	0,54	96,69	9,35	53,87
23		17,10	17,20	0,30	0,50	87,90	8,52	46,70
24		16,80	15,38	0,24	0,52	87,59	8,30	47,34
25		16,80	16,82	0,29	0,50	88,65	8,43	47,74
26	Đại trà sản xuất	17,50	17,96	0,33	0,50	84,07	7,86	48,11
27		15,70	16,62	0,28	0,47	85,17	8,48	47,52
28		16,10	18,09	0,33	0,46	72,15	7,84	43,08
29		16,80	15,99	0,26	0,44	72,46	7,20	42,91
30		16,30	15,48	0,24	0,47	79,76	8,06	45,56
	Trung bình	**16,48**	**17,39**	**0,31**	**0,47**	**76,89**	**7,78**	**44,52**

Chú thích: H - Chiều cao cây, DBH – Đường kính ngang ngực, V – Thể tích thân gỗ, AD – Khối lượng thể tích, MOR – Độ bền uốn tĩnh, MOE – Mô đun đàn hồi uốn tĩnh, CS – Độ bền nén dọc thớ



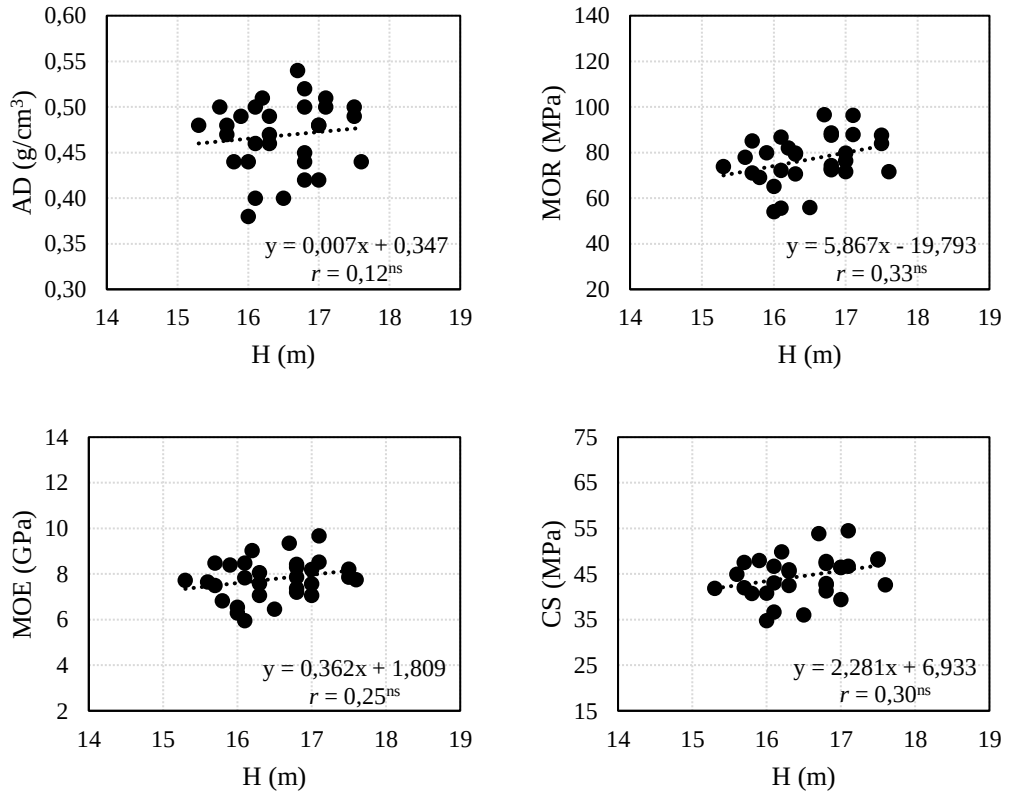
Hình 2. *Tương quan giữa các chỉ số sinh trưởng và thể tích thân cây*

Hình 2 trình bày tương quan giữa các chỉ số sinh trưởng bao gồm đường kính và chiều cao vút ngọn với thể tích gỗ. Đường kính ngang ngực có tỉ lệ tương quan thuận rất cao với thể tích thân

cây. Điều này gợi ý rằng, thể tích gỗ thân cây Keo tai tượng có thể được dự đoán với độ chính xác rất cao bởi thông số đường kính ngang ngực thông qua phương trình tương quan: y = 0,037x – 0,327, trong đó y là thể tích gỗ và x là giá trị đường kính ngang ngực cây Keo tai tượng. Trái lại, chiều cao cây có tương quan rất thấp và không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$) với thể tích thân cây. Đối chiếu với các công trình nghiên cứu trước đây cho thấy đến nay chưa có nghiên cứu nào ở Việt Nam điều tra về mối liên hệ giữa các đặc tính sinh trưởng và tính chất gỗ ở loài Keo tai tượng. Trên thế giới, Ishiguri và cộng sự [10] đã báo cáo một hệ số tương quan rất cao (r = 0,97) giữa chỉ số đường kính ngang ngực và thể tích thân cây ở loài *Dysosylum mollissimum* một loài cây sinh trưởng nhanh trồng tại Bengkulu, Indonesia.

3.2. Tương quan giữa sinh trưởng và một số tính chất gỗ

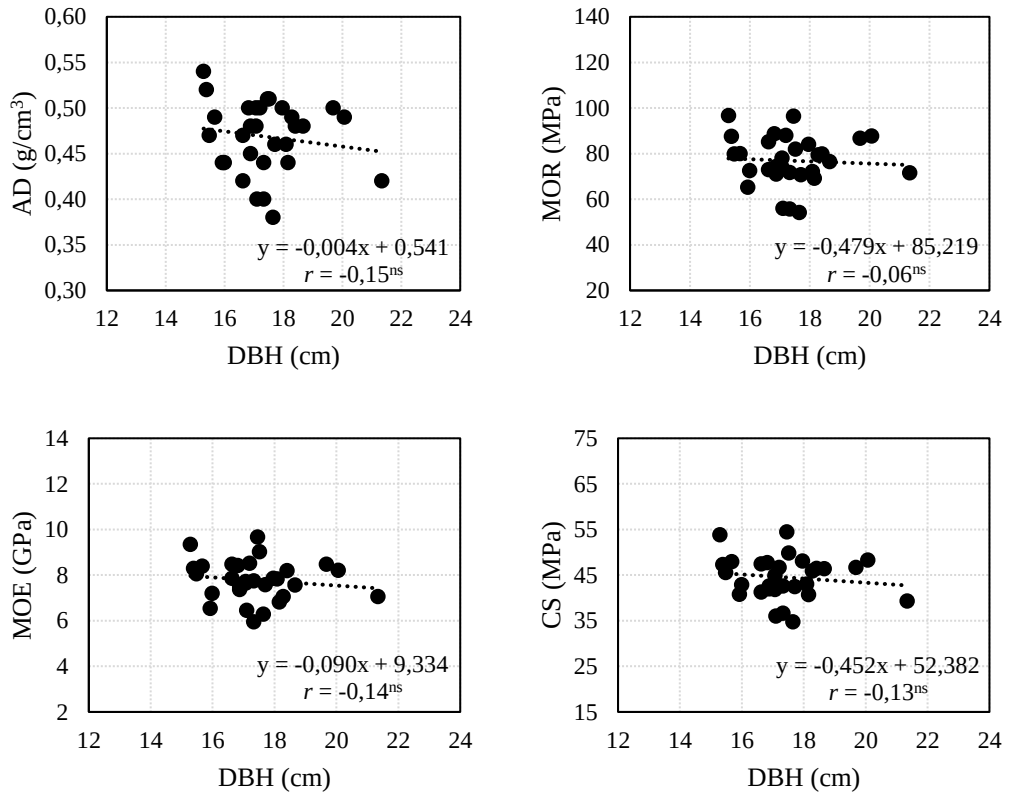
Hình 3 trình bày tương quan giữa chiều cao vút ngọn (H) với khối lượng thể tích (AD) và một số tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng khi chiều cao cây tăng lên thì khối lượng thể tích và các tính chất cơ học gỗ cũng có xu hướng tăng lên. Tuy nhiên, phân tích thống kê tìm thấy các hệ số tương quan giữa H với AD, MOR, MOE và CS là tương đối thấp và không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$) (Hình 3). Miranda và cộng sự [11] cũng đã báo cáo không có tương quan được tìm thấy giữa chiều cao vút ngọn và khối lượng thể tích ở loài Bạch đàn (*Eucalyptus globulus*).



Hình 3. *Tương quan giữa chiều cao cây với các tính chất gỗ Keo tai tượng*

Hình 4 là kết quả trình bày mối liên hệ giữa chỉ số đường kính ngang ngực (DBH) với các giá trị khối lượng thể tích (AD), độ bền uốn tĩnh (MOR), mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền nén dọc thớ (CS). Kết quả phân bố dữ liệu chỉ ra xu hướng các tính chất gỗ giảm xuống khi chỉ số đường kính ngang ngực tăng lên. Tuy nhiên, cũng giống như chỉ số chiều cao, tương quan giữa chỉ số đường kính ngang ngực với khối lượng thể tích và các tính chất cơ học gỗ là rất thấp

và không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$). Kết quả nghiên cứu này gợi ý rằng, sự tăng lên của đường kính ngang ngực không làm giảm đáng kể (có ý nghĩa thống kê) giá trị khối lượng thể tích và các tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng. Kết quả nghiên cứu này là phù hợp với kết quả nghiên cứu của Ishiguri và cộng sự [12] ở loài Bạch đàn (*Eucalyptus camaldulensis*) và Ishiguri và cộng sự [10] ở loài *Dysosylum mollissimum.*



Hình 4. *Tương quan giữa đường kính ngang ngực với các tính chất gỗ Keo tai tượng*

Trong cuốn sách rất nổi tiếng về khoa học gỗ, Zobel và van Buijtenen [13] đã báo cáo rằng ở các loài gỗ lá rộng sinh trưởng nhanh (ring-porous – gỗ sớm, gỗ muộn phân biệt) sẽ dẫn tới tăng về khối lượng thể tích và các tính chất cơ học gỗ, trong khi đó ở các loài có gỗ sớm – gỗ muộn không phân biệt (diffuse-porous) thì tỷ lệ sinh trưởng có rất ít ảnh hưởng đến giá trị khối lượng thể tích. Lý thuyết này là hoàn toàn phù hợp với kết quả đạt được trong nghiên cứu này. Vũ Huy Đại và cộng sự [14] đã nghiên cứu cấu tạo giải phẫu gỗ Keo tai tượng và báo cáo rằng gỗ Keo tai tượng có vòng năm không rõ, gỗ sớm – gỗ muộn không phân biệt. Kết quả của nghiên cứu này đã chỉ ra rằng, tỷ lệ sinh trưởng bao gồm chỉ số chiều cao vút ngọn và đường kính ngang ngực có ảnh hưởng rất ít đến giá trị khối lượng thể tích và các tính chất cơ học gỗ Keo tai tượng. Điều này gợi ý rằng cải thiện sinh trưởng ở Keo tai tượng có thể không dẫn đến chất lượng gỗ giảm xuống. Sinh trưởng của cây có thể được cải thiện thông qua các biện pháp chọn giống hoặc kỹ thuật lâm sinh như tỉa thưa, bón phân,.... Do đó những cây trội Keo tai tượng (đường kính ngang ngực và chiều cao lớn) có thể được lựa chọn sử dụng trong các sản phẩm yêu cầu có tính chịu lực. Các nghiên cứu tiếp theo cần được thực hiện để đánh giá tương quan giữa sinh trưởng và các tính chất gỗ trong từng nguồn giống Keo tai tượng.

4. Kết luận

Mối liên hệ giữa các chỉ số sinh trưởng (DBH và H) với thể tích thân cây (V) và một số tính chất gỗ (AD, MOR, MOE, và CS) đã được điều tra ở 06 nguồn giống Keo tai tượng khác nhau

trồng tại tỉnh Quảng Trị. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng: Chỉ số đường kính ngang ngực có tương quan thuận rất cao (r = 0,99) với thể thể tích thân cây Keo tai tượng, do đó có thể được sử dụng như một chỉ số để dự đoán thể tích gỗ phần thân cây. Không có tương quan rõ ràng (có ý nghĩa thống kê) giữa các chỉ số sinh trưởng (đường kính ngang ngực và chiều cao vút ngọn) với khối lượng thể tích, độ bền uốn tĩnh, mô đun đàn hồi uốn tĩnh, và độ bền nén dọc thớ ở gỗ Keo tai tượng. Kết quả nghiên cứu đã gợi ý rằng cải thiện sinh trưởng Keo tai tượng không dẫn đến chất lượng gỗ giảm xuống và các cây trội Keo tai tượng có thể được sử dụng trong các sản phẩm yêu cầu có tính chịu lực.

Lời cám ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo Dục và Đào Tạo trong đề tài mã số B2020-TNA-05. Tác giả cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành đến TS. Trần Lâm Đồng (Viện Khoa học Lâm Nghiệp Việt Nam) đã hỗ trợ để thu thập cây mẫu trong nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

[1] Vietnam timber and forest product association, "Vietnam export and import of timber and wood products in 2020," *Go Viet*, no. 130, Jan 2021. [Online]. Available: https://goviet.org.vn/bai-viet/tinh-hinh-xuat-nhap-khau-go-va-san-pham-go-cua-viet-nam-nam-2020-9252. [Accessed Nov. 10, 2021].

[2] D. H. Vo and L. D. Tran *Eds.*, *Management of multi-cycle Acacia and Eucalyptus plantations for timber*. Agriculture Publisher (in Vietnamese), Hanoi, 2019.

[3] K. Awang and D. Taylor, *Acacia mangium: Growth and Utilization. MPTS Monograph Series No. 3*, Winrock International and FAO, Bangkok, Thailand, p. 280, 1993.

[4] R. Arnold and E. Cuevas, "Genetic variation in early growth, stem straightness and survival in *Acacia crassicarpa*, *A. mangium* and *Eucalyptus urophylla* in Bukidnon province, Philippines," *Journal of Tropical Forest Science*, vol. 15, no. 2, pp. 332-351, 2003.

[5] V. D. Duong and T. Q. L. Ha, "Evaluating mechanical properties of *Acacia mangium* wood non-destructive method," (in Vietnamese), *Journal of Forestry Science and Technology*, vol. 5, pp. 126-133, 2020.

[6] V. D. Duong and T. K. Nguyen, "Effect of wood density and fiber length on mechanical properties of *Acacia mangium* planted in Thai Nguyen province," (in Vietnamese), *Journal of Forestry Science and Technology*, vol. 4, pp. 144-150, 2020.

[7] V. D. Duong, V. T. Nguyen, and V. M. Khong, " Effect of age on variation in physical and mechanical properites of *Acacia mangium* planted in Thai Nguyen," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 226, no. 1, pp. 50-56, 2021.

[8] V. D. Duong and M. Hasegawa, "Predicting meachnical properties of clear wood from *Acacia mangium* provenances using ultrasound," *BioResources*, vol. 16, no. 4, pp. 8309-8310, 2021.

[9] O. Monteuuis and D. K. S Goh, "Genetic variation of growth and tree quality traits among 42 diverse genetic origins of *Tectona grandis* planted under humid tropical conditions in Sabah, East Malaysia," *Tree Genetics & Genomes*, vol. 7, pp. 1263-1275, 2011.

[10] F. Ishiguri and H. Aiso, "Effects of radial growth rate on anatomical characteristics and wood properties of 10-year-old *Dysosylum mollissimum* trees planted in Bengkulu, Indonesia," *Tropics*, vol. 25, no. 1, pp. 23-31, 2016.

[11] I. Miranda, M. H. Almeida, and H. Pereira, "Influence of provenance, subspecies, and site on wood density in *Eucalyptus globulus* Labill.," *Wood and Fiber Sciences*, vol. 33, pp. 9-15, 2001.

[12] F. Ishiguri, S. Diloksumpun, J. Tanabe, J. Ohshima, K. Iizuka, and S. Yokota, "Among-family variations of solid wood properties in 4-year-old *Eucalyptus camaldulensis* trees selected for pulpwood production in Thailand," *International Wood Products Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 36-40, 2017.

[13] B. J. Zobel and J. P. V. Buijtenen, *Wood variation, its causes and control*. Springer-Verlag, Heidelberg, 1989.

[14] H. D. Vu and T. P. H. Ta *Eds.*, *Wood science curriculum.* Agriculture Publisher (in Vietnamese), Hanoi, 2016.