

KHẢ NĂNG DI TRUYỀN VỀ SINH TRƯỞNG VÀ CHẤT LƯỢNG THÂN CÂY KEO TAI TƯỢNG SAU TỈA THƯA TRONG KHẢO NGHIỆM HẬU THẾ THẾ HỆ 2 TẠI ĐỒNG NAI

Đỗ Hữu Sơn, Dương Hồng Quân, Ngô Văn Chính, Lã Trường Giang,
Trần Quý Vương, Đỗ Thị Minh Hiền, Lê Thị Thu Nga

Viện Nghiên cứu Giống và Công nghệ sinh học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Keo tai tượng là một trong những loài cây trồng lâm nghiệp chính phục vụ cho trồng rừng gỗ lớn tại Việt Nam. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm đánh giá được biến dị, khả năng di truyền về sinh trưởng, chất lượng thân cây giữa các gia đình Keo tai tượng sau tỉa thưa ở giai đoạn 4,0 đến 10,5 tuổi trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 tại Đồng Nai. Kết quả đánh giá cho thấy, có sự sai khác rõ rệt về sinh trưởng ($D_{1,3}$, H_{vn} , V) và chất lượng thân cây (Dtt , Dnc , Sk , Icl) của các gia đình Keo tai tượng tham gia khảo nghiệm. Các gia đình mang số hiệu 42, 45, 59, 71, 74 là các gia đình có sinh trưởng nhanh, chất lượng thân cây tốt và ổn định qua các năm. Khả năng di truyền về các tính trạng sinh trưởng và chất lượng của các gia đình Keo tai tượng ở mức thấp đến cao, với $h^2 = 0,10$ đến $0,61$; $CV_a = 3,69$ đến $8,89\%$. Hệ số di truyền theo nghĩa hẹp (h^2) của các tính trạng sinh trưởng cũng như chất lượng thân cây đều có xu hướng tăng từ 4 đến 10,5 tuổi, trong khi hệ số di truyền lũy tích (CV_a) lại có xu hướng giảm theo tuổi. Tăng thu di truyền lý thuyết với tỷ lệ chọn lọc 5% đạt từ 1,27 đến 10,01% đối với các chỉ tiêu sinh trưởng và đạt 0,54 đến 6,33% đối với các chỉ tiêu chất lượng thân cây. Khi tỷ lệ chọn lọc từ 5 lên 30% thì tăng thu di truyền lý thuyết của các chỉ tiêu sinh trưởng cũng như chất lượng thân cây đều giảm dần.

Từ khóa: Hệ số di truyền, Keo tai tượng, sinh trưởng, thế hệ 2.

HEREDITABILITY GROWTH AND STEM FORM OF *Acacia mangium* AFTER THINNING IN THE SECOND GENERATION PROGENY TRIAL IN DONG NAI PROVINCE

Do Huu Son, Duong Hong Quan, Ngo Van Chinh, La Truong Giang,
Tran Quy Vuong, Do Thi Minh Hien, Le Thi Thu Nga

Institute of Forest Tree Improvement and Biotechnology

ABSTRACT

Acacia mangium is one of the main forestry species used for large timber plantations in Vietnam. The objective of the study was to evaluate the variation and heritability of growth and stem quality between *Acacia mangium* families after thinning in a second - generation progeny trial at ages 4.0 to 10.5 years in Dong Nai province. The evaluation results showed that there were significant differences in growth parameters ($D_{1,3}$, H_{vn} , V) and stem quality (Dtt , Dnc , Sk , Icl) of the *Acacia mangium* families in the trial. Families numbered 42, 45, 59, 71, and 74 were identified as fast-growing families, good and stable stem quality over the years. Heritability of growth traits and stem quality traits between *Acacia mangium* families ranged from low to high, with narrow - sense heritability (h^2) from 0.10 to 0.62, and cumulative coefficient of genetic variation (CV_a) from 3.69 to 8.89%. Narrow - sense heritability (h^2) of growth and stem quality traits tended to increase from ages 4 to 10.5 years, whereas cumulative coefficients of additive genetic variation (CV_a) tended to decrease with age. The theoretical genetic gain with a selection rate of 5% was from 1.27 to 10.01% for growth traits and from 0.54 to 6.33% for stem quality traits. When the selection rate was increased from 5% to 30%, the theoretical genetic gain of growth and stem quality traits gradually decreased.

Keywords: *Acacia mangium*, growth, heritability, second generation.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Keo tai tượng (*Acacia mangium* Wild) được xác định là một trong những loài cây trồng rừng chủ lực chính, có diện tích gây trồng tương đối lớn trong các chương trình trồng rừng và thích nghi với nhiều điều kiện đất đai, khí hậu ở Việt Nam. Hiện nay, đã có gần 20 triệu ha rừng trồng Keo tai tượng trên nhiều lập địa khác nhau và chiếm tới gần 50% diện tích rừng trồng tại Việt Nam (Phí Hồng Hải và La Ánh Dương, 2025).

Keo tai tượng được sử dụng rộng rãi để trồng rừng cung cấp gỗ lớn, nguyên liệu giấy và nguyên liệu đầu vào cho ngành công nghệ chế biến gỗ ở Việt Nam. Keo tai tượng có nguồn gốc từ Australia và được nhập nội vào Việt Nam từ những năm 1980, sau đó được gây trồng ở nhiều nơi trong cả nước (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2003). Đến năm 1982 thì các chương trình cải thiện giống Keo tai tượng đã được Trung tâm Nghiên cứu Giống cây rừng (nay là Viện Nghiên cứu Giống và Công nghệ sinh học Lâm nghiệp) tiến hành. Đến nay, nhiều khảo nghiệm xuất xứ, khảo nghiệm tăng thu di truyền và khảo nghiệm hậu thế thế hệ 1 đến thế hệ 3 đã được Viện xây dựng trên nhiều vùng sinh thái chính trong cả nước. Đến nay, đã có 14 giống Keo tai tượng mới được công nhận và gần 120 ha vườn giống đã được xây dựng, có khả năng cung cấp trên 300 kg hạt giống Keo tai tượng chất lượng cao cho trồng rừng sản xuất (Phí Hồng Hải và La Ánh Dương, 2025).

Trong giai đoạn 2008 - 2015, Viện Nghiên cứu Giống và Công nghệ sinh học Lâm nghiệp, đã tiến hành xây dựng các khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 kết hợp làm vườn giống cung cấp hạt giống từ 150 lô hạt Keo tai tượng được thu hái của 10 xuất xứ có triển vọng trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 1 tại Ba Vì, Hà Nội (trồng 1997) và Chơn Thành, Bình Phước (trồng 1996); và 100 lô hạt Keo tai tượng thu hái tại vườn giống vô tính tại Bàu Bàng, Bình Dương (trồng 2001).

Trong đó có khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 được xây dựng tại Tân An, Vĩnh Cửu, Đồng Nai vào tháng 08/2014, tía thừa kiểu hình vào tháng 08/2018 và tía thừa di truyền vào 02/2020. Khảo nghiệm đã được Trần Hữu Biển và đồng tác giả (2017) đánh giá về biến dị sinh trưởng và chất lượng thân cây trước khi tía thừa ở giai đoạn 20 tháng tuổi. Việc tiếp tục nghiên cứu biến dị và khả năng di truyền về sinh trưởng và chất lượng thân cây của khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 này sau tía thừa là hết sức cần thiết và qua đó tiếp tục xác định các gia đình/cá thể có sinh trưởng nhanh và chất lượng thân cây tốt đưa vào nhân giống phục vụ các chương trình rừng gỗ lớn và các chương trình cải thiện giống Keo tai tượng tiếp theo.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và địa điểm nghiên cứu

Khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 Keo tai tượng được xây dựng vào tháng 08 năm 2014 tại xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai (nay là xã Tân An, tỉnh Đồng Nai) trên diện tích 2,0 ha. Khảo nghiệm được xây dựng từ 64 gia đình cây trội Keo tai tượng tốt nhất được chọn từ vườn giống vô tính Keo tai tượng trồng năm 2001 tại xã Lai Uyên, huyện Bàu Bàng, tỉnh Bình Dương (nay là xã Bàu Bàng, thành phố Hồ Chí Minh) thuộc 8 xuất xứ nguyên sản là (R) Seed orchard QLD, Bimadebun WP PNG, Claudie river QLD, Derideri east Morehead PNG, Gubam northeast morehead PNG, Kini WP PNG, Oriomo sawmill WP PNG, Wipim district WP PNG; 17 gia đình cây trội Keo tai tượng tốt nhất được chọn từ vườn giống hữu tính thế hệ 1 Keo tai tượng trồng năm 1997 tại xã Cẩm Lĩnh, huyện Ba Vì, thành phố Hà Nội (nay là xã Bát Bạt, thành phố Hà Nội) thuộc 6 xuất xứ nguyên sản là Bensbach WP PNG, Bimadebun WP PNG, Claudie river QLD, Gubam northeast morehead PNG, Kini WP PNG, Wipim district WP PNG;

19 cây trội thuộc 3 xuất xứ là nguyên sản là SPA PNG Malaysia, SSO Luasong Malaysia và SSO Lannercost FN QLD.

thành 1 hàng, phần mềm Cycdesign 2.0. Khảo nghiệm được trồng với mật độ 1.666 cây/ha, cự ly trồng khảo nghiệm là 3×2 m.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp thiết kế khảo nghiệm

Khảo nghiệm được thiết kế theo kiểu hàng cột, 100 gia đình, 8 lần lặp lại, 3 cây/ô/lặp, trồng

2.2.2. Các biện pháp kỹ thuật lâm sinh đã áp dụng

Các biện pháp lâm sinh đã áp dụng trong khảo nghiệm từ lúc trồng đến lúc công nhận vườn giống được tổng hợp tại bảng 1.

Bảng 1. Các biện pháp đã áp dụng trong xây dựng vườn giống

Biện pháp tác động	Nội dung	Mục đích
Xử lý thực bì, làm đất, bón lót (tháng 06 đến 08/2014)	Phát dọn thực bì thủ công, rà rễ, đánh gốc, làm đất toàn diện. Đào hố thủ công với kích thước $40 \times 40 \times 40$ cm. Bón lót: Sau khi đào hố tiến hành bón lót phân hữu cơ (4,0 kg/hố), phân NPK 16:16:8 (0,2 kg/hố).	Tạo điều kiện ban đầu đảm bảo cho cây trồng có tỷ lệ sống cao, sinh trưởng và phát triển tốt.
Chăm sóc (tháng 08/2014 đến tháng 12/2016)	Năm thứ nhất: Phát dọn thực bì, xới vun gốc và bón thúc năm thứ nhất: 0,2 kg NPK 16:16:8/cây. Năm thứ 2 và 3: Phát dọn thực bì, vun gốc 2 lần/năm và bón thúc 0,2 kg NPK 16:16:8/cây.	Tạo điều kiện đảm bảo cho cây trồng sinh trưởng phát triển tốt.
Tỉa thưa kiểu hình (tháng 08/2018)	Tỉa thưa loại bỏ 2 cây xấu nhất/ô, để lại 1 cây có sinh trưởng tốt nhất và cành nhánh đẹp. Mật độ còn lại sau khi tỉa thưa là 400 cây/ha.	Mở tán tạo điều kiện cho các cây để lại sinh trưởng phát triển tốt.
Tỉa thưa di truyền (tháng 02/2020)	Tỉa bỏ những cây cá thể và gia đình có sinh trưởng kém. Mật độ còn lại sau khi tỉa thưa là 227 cây/ha.	Loại bỏ các cá thể và 15% số gia đình có sinh trưởng kém để nâng cao chất lượng di truyền của vườn giống. Mở rộng không gian dinh dưỡng cho các cây để lại phát triển tốt, ra hoa kết quả nhiều.

2.2.3. Phương pháp thu thập số liệu

Thu thập số liệu toàn bộ các cây có trong khảo nghiệm. Các chỉ tiêu sinh trưởng thu thập gồm đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$), chiều cao vút ngọn (H_{vn}). Phương pháp đo đếm các chỉ tiêu này được thực hiện theo tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8761-1:2017. Đo đường kính ngang ngực ở độ cao 1,3 m bằng thước kẹp hoặc đo chu vi bằng thước dây có độ chính xác 0,1 cm. Đo chiều cao vút ngọn từ gốc tới đỉnh ngọn bằng thước đo cao có độ chính xác 0,5 m.

Các chỉ tiêu về chất lượng thân cây như độ thẳng thân (D_{tt} , điểm), độ nhỏ cành (D_{nc} , điểm) và sức khỏe (Sk , điểm) được xác định bằng phương pháp cho điểm theo TCVN 8755:2017.

Do khảo nghiệm đã được tỉa thưa kiểu hình vào 08/2018 chỉ còn 1 cây/gia đình/lặp nên chỉ đánh giá sinh trưởng và chất lượng thân cây ở tuổi 4 (sau tỉa thưa kiểu hình), đến 8,5 tuổi và 10,5 tuổi (sau tỉa thưa di truyền) mà không tiến hành đánh giá tỷ lệ sống, hệ số biến động và năng suất của khảo nghiệm.

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu sau khi thu thập ngoài thực địa sẽ được chỉnh lý và xử lý số liệu theo các phương pháp của Williams và đồng tác giả (2002) sử dụng các phần mềm thống kê thông dụng trong cải thiện giống bao gồm DATAPLUS 3.0 và Genstat 12.0 (VSN International).

Mô hình xử lý thống kê:

$$Y = \mu + m + a + \varepsilon$$

Trong đó: Y là giá trị quan sát; μ là trung bình chung toàn thí nghiệm; m là ảnh hưởng của khối và ô thí nghiệm; a là ảnh hưởng của công thức thí nghiệm (dòng); ε là sai số của các ảnh hưởng công thức thí nghiệm.

So sánh sai dị giữa các trung bình mẫu được tiến hành theo tiêu chuẩn Fisher (tiêu chuẩn F):

Nếu F_{pr} (xác suất tính được) $< 0,05$ thì sự sai khác giữa các trung bình mẫu là hết sức rõ rệt với mức độ tin cậy tương ứng là 95,0%.

Nếu F_{pr} (xác suất tính được) $> 0,05$ thì sự sai khác giữa các trung bình mẫu là không rõ rệt với mức độ tin cậy tương ứng là 95,0%.

Sau khi xác định được mức độ sai khác giữa các công thức thí nghiệm, nghiên cứu sử dụng khoảng sai dị đảm bảo tối thiểu (Least Significant Difference - Lsd) giữa các công thức thí nghiệm bằng công thức:

$$Lsd = Sed \times t_{0.05}(k)$$

Trong đó: Lsd là khoảng sai dị có ý nghĩa giữa các trung bình mẫu; Sed (Standard error difference) là sai tiêu chuẩn của các trung bình mẫu; $t_{0.05}(k)$ là giá trị t tra bảng ở mức xác suất có ý nghĩa 0,05 với bậc tự do k ($k = n - a$).

Thể tích thân cây được tính toán với giả định hình số thân cây của các loài keo là 0,5 (TCVN 8761-1:2017) được tính bằng công thức:

$$V = \frac{\pi}{4} D_{1,3}^2 \times H_{vn} \times f$$

Trong đó: $D_{1,3}$ là đường kính ngang ngực (cm); H_{vn} là chiều cao vút ngọn (m); f là hình số giả định và bằng 0,5 đối với keo.

Chỉ tiêu chất lượng tổng hợp Icl (điểm) theo Lê Đình Khả (2003), được tính bằng giá trị trung bình của các chỉ tiêu độ thẳng thân (Dtt), độ nhỏ cành (Dnc), sức khỏe (Sk, điểm) theo công thức:

$$Icl = \frac{Dtt + Dnc + Sk}{3} \text{ hoặc } Icl = \frac{Dtt + Dnc}{2}$$

Hệ số di truyền theo nghĩa hẹp (h^2) được tính theo công thức của Falconer và Mackay (1996):

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2} = \frac{\sigma_f^2/r}{\sigma_f^2 + \sigma_m^2 + \sigma_e^2}$$

Đánh giá hệ số di truyền trong các khoảng tương đối theo Hallauer (1981).

$0 < h^2 \leq 0,3$: Hệ số di truyền thấp

$0,3 < h^2 \leq 0,5$: Hệ số di truyền trung bình

$0,5 < h^2 \leq 0,7$: Hệ số di truyền cao

$0,7 < h^2 \leq 1,0$: Hệ số di truyền rất cao

Hệ số biến động di truyền lũy tích:

$$CV_a = \frac{100\sigma_a^2}{\bar{X}} \text{ với } \sigma_a^2 = \frac{\sigma_f^2}{r}$$

Trong đó: σ_a^2 là phương sai lũy tích, σ_p^2 là phương sai kiểu hình, σ_f^2 là phương sai giữa các gia đình, σ_m^2 là phương sai của ô trong lặp, σ_e^2 là phương sai ngẫu nhiên, r hệ số tương quan di truyền giữa các cá thể trong cùng một gia đình.

Xác định tăng thu di truyền lý thuyết theo phương pháp của Mullin và Park (1992):

$$R_y = i_{n,N} \times h_y^2 \times \sigma_{p_y}$$

Trong đó: R_y : là tăng thu di truyền lý thuyết;

$i_{n,N}$: là cường độ chọn lọc dựa trên việc chọn lọc n gia đình từ N gia đình tham gia vào khảo nghiệm (giá trị $i_{n,N}$ được lấy từ bảng quy đổi tỷ lệ chọn lọc);

h_y^2 : là hệ số di truyền của tính trạng Y ;

σ_{p_y} : là phương sai kiểu hình của tính trạng Y .

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến dị về sinh trưởng và chất lượng thân cây giữa các gia đình trong khảo nghiệm

Kết quả đánh giá sinh trưởng của các gia đình Keo tai tượng trong khảo nghiệm hậu thế hệ

2 tại xã Tân An, tỉnh Đồng Nai từ 4 tuổi (số liệu tháng 02 năm 2023) và 10,5 tuổi (số liệu đo tháng 08 năm 2018) đến 8,5 tuổi (số liệu đo tháng 02 năm 2025) được tổng hợp tại bảng 2.

Bảng 2. Sinh trưởng của các gia đình Keo tai tượng trong khảo nghiệm hậu thế thể hệ 2 tại Đồng Nai ở giai đoạn từ 4 đến 10,5 tuổi

Tuổi	XH	D _{1,3} (cm)		H _{vn} (m)		V (dm ³ /cây)	
		Gia đình	TB	Gia đình	TB	Gia đình	TB
4,0 tuổi	1	83	17,41	59	15,37	59	180,80
	2	59	17,26	42	15,21	83	179,80
	3	45	16,70	68	15,13	45	160,70
	4	71	16,52	66	15,08	42	158,00
	5	25	16,41	74	15,07	71	157,40
	6	52	16,38	83	15,02	24	157,10
	7	24	16,28	89	15,00	67	156,60
	8	41	16,28	90	14,95	52	156,50
	9	67	16,26	78	14,92	74	155,90
	10	49	16,24	24	14,89	41	155,50
							
	91	92	13,87	117	13,34	92	105,10
	92	111	13,71	102	13,32	37	98,20
	93	51	13,65	97	13,25	102	97,10
	94	37	13,60	70	13,25	114	96,40
	95	102	13,55	92	13,23	70	96,20
	96	70	13,53	87	13,22	111	95,50
	97	61	13,48	61	13,08	87	94,70
	98	87	13,43	56	13,03	61	94,30
	99	21	13,08	111	12,80	21	91,50
	100	119	12,82	114	12,54	119	89,90
	TBKN		15,15		14,15		131,77
	F_{pr}		<0,001		<0,001		<0,001
	Lsd		2,34		1,61		45,12
8,5 tuổi	1	45	28,85	22	24,40	45	795,80
	2	59	28,10	45	24,02	59	722,20
	3	71	26,77	36	23,88	71	657,30
	4	67	26,23	108	23,69	67	640,80
	5	89	25,66	56	23,69	52	606,30
	6	117	25,63	52	23,39	22	603,90
	7	24	25,53	73	23,38	117	602,60
	8	52	25,50	67	23,36	42	599,80
	9	42	25,46	74	23,36	74	598,90
	10	43	25,35	42	23,30	24	592,90
							

Tuổi	XH	D _{1,3} (cm)		H _{vn} (m)		V (dm ³ /cây)	
		Gia đình	TB	Gia đình	TB	Gia đình	TB
	91	13	19,18	102	20,38	51	312,20
	92	51	19,05	19	20,37	54	292,80
	93	15	18,77	85	20,30	61	291,50
	94	54	18,55	106	20,25	15	290,00
	95	61	18,47	82	20,24	77	284,70
	96	110	17,96	111	20,20	14	277,20
	97	14	17,94	119	20,01	106	265,90
	98	106	17,92	21	19,87	119	250,10
	99	21	17,75	110	19,48	21	249,80
	100	119	17,64	77	19,04	110	233,30
	TBKN		22,44		22,09		457,00
	F _{pr}		<0,001		<0,001		<0,001
	Lsd		3,32		1,77		152,18
10,5 tuổi	1	45	34,23	56	25,61	45	1.179,70
	2	59	33,97	45	25,59	59	1.155,00
	3	117	32,92	67	25,37	67	1.083,60
	4	67	32,79	108	25,32	117	1.073,30
	5	71	32,43	59	25,28	71	1.046,30
	6	115	31,82	52	25,17	115	1.004,60
	7	74	31,46	71	25,16	74	978,00
	8	42	31,45	22	25,13	52	971,40
	9	20	31,34	24	25,11	42	971,10
	10	52	31,22	117	25,05	24	967,70
							
	76	2	26,93	73	23,14	85	666,70
	77	114	26,78	2	23,14	47	659,70
	78	47	26,53	60	23,11	105	648,90
	79	105	26,39	57	23,08	114	636,80
	80	75	26,11	37	23,02	109	633,70
	81	109	26,00	49	23,01	44	624,50
	82	72	25,82	58	22,86	81	623,20
	83	44	25,79	114	22,77	72	622,80
	84	81	25,75	75	22,74	75	615,30
	85	37	25,07	85	22,71	37	585,50
	TBKN		28,83		24,01		798,20
	F _{pr}		<0,001		<0,001		<0,001
	Lsd		3,87		1,62		269,72

Ghi chú: D_{1,3} = đường kính ngang ngực; F_{pr} = mức ý nghĩa thống kê; H_{vn} = chiều cao vút ngọn; Lsd = khoảng sai dị đảm bảo; V = thể tích thân cây; TB = trung bình; TBKN = trung bình khảo nghiệm; XH = xếp hạng.

Kết quả bảng 2 cho thấy, sinh trưởng về D_{1,3} 16,60 cm và dao động từ 12,82 đến 17,41 cm; trung bình giữa các gia đình Keo tai tượng tham gia khảo nghiệm đều có sự sai khác rõ rệt (F_{pr} < 0,001). Trong đó, lúc 4 tuổi D_{1,3} trung bình đạt 16,60 cm và dao động từ 12,82 đến 17,41 cm; đến 8,5 tuổi D_{1,3} trung bình đạt 22,44 cm và dao động từ 17,64 đến 28,85 cm; và đến 10,5 tuổi D_{1,3} trung bình đạt 28,83 cm, dao động từ 25,07

đến 34,23 cm. Ở các độ tuổi khác nhau thì các gia đình mang số hiệu là 45, 52, 59, 67 và 71 đều có $D_{1,3}$ trung bình nằm trong nhóm 10 gia đình có $D_{1,3}$ tốt nhất khảo nghiệm.

Tương tự như sinh trưởng về $D_{1,3}$ thì sinh trưởng về H_{vn} cũng có sự sai khác rõ rệt giữa các gia đình tham gia khảo nghiệm ($F_{pr} < 0,001$) từ 4 đến 10,5 tuổi. H_{vn} trung bình ở 4 tuổi đạt từ 12,54 đến 15,37 m; đến 8,5 tuổi đạt 19,04 đến 24,40 m và đến 10,5 tuổi đạt 22,71 đến 25,61 m; trung bình của các năm đạt từ 14,11 đến 24,01 m. Khác với sinh trưởng về $D_{1,3}$ thì không có gia đình nào có sinh trưởng về H_{vn} ổn định trong nhóm 10 gia đình có sinh trưởng về H_{vn} tốt nhất qua các năm.

Chỉ tiêu thể tích thân cây (V) cũng có sự sai khác rõ rệt giữa các gia đình tham gia khảo nghiệm ở giai đoạn từ 4 đến 10,5 tuổi ($F_{pr} < 0,001$). Tại tuổi 4, V trung bình của cả khảo nghiệm đạt 131,05 $dm^3/cây$, dao động từ 89,90 đến 180,80 $dm^3/cây$; đến 8,5 tuổi, V trung bình của cả khảo nghiệm đạt 451,45 $dm^3/cây$, dao động từ 233,30 đến 795,80 $dm^3/cây$; và đến 10,5

tuổi, V trung bình của cả khảo nghiệm đạt 798,2 $dm^3/cây$, dao động từ 585,50 đến 1.179,70 $dm^3/cây$. Các gia đình mang số hiệu là 24, 42, 45, 52, 59, 67, 71 và 74 là các gia đình có V trung bình ổn định và đều nằm trong nhóm 10 gia đình có sinh trưởng về thể tích thân cây tốt nhất qua các năm. Đặc biệt các gia đình mang số hiệu 42, 45, 59, 71, 74 cũng là các gia đình trong nhóm 10 gia đình có V trung bình cao nhất ở giai đoạn 20 tháng tuổi theo nghiên cứu của Trần Hữu Biển và đồng tác giả (2017).

Ngoài các chỉ tiêu sinh trưởng thì các chỉ tiêu chất lượng thân cây như độ thẳng thân, độ nhỏ cành,... cũng có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong chọn giống và ảnh hưởng trực tiếp đến tỷ lệ lợi dụng gỗ và mẫu mắt trong công nghiệp chế biến gỗ. Thân càng thẳng càng tròn thì tỷ lệ lợi dụng gỗ càng cao, cành nhánh càng nhỏ thì mẫu mắt càng nhỏ và ít ảnh hưởng đến chất lượng gỗ. Kết quả đánh giá các chỉ tiêu chất lượng thân cây của các gia đình Keo tai tượng trong khảo nghiệm hậu thế thể hệ 2 tại xã Tân An, tỉnh Đồng Nai được tổng hợp tại bảng 3.

Bảng 3. Các chỉ tiêu chất lượng thân cây của của các gia đình Keo tai tượng trong khảo nghiệm hậu thế ở giai đoạn 4,0 đến 10,5 tuổi tại Đồng Nai

Tuổi	XH theo lcl	Gia đình	V ($dm^3/cây$)	Dtt (điểm)	Dnc (điểm)	Sk (điểm)	lcl (điểm)
4,0 tuổi	1	67	156,60	4,58	5,00		4,79
	2	56	114,10	4,44	4,75		4,60
	3	33	144,00	4,42	4,70		4,56
	4	18	133,10	4,59	4,54		4,56
	5	74	155,90	4,50	4,63		4,56
	6	41	155,50	4,47	4,65		4,56
	7	24	157,10	4,72	4,38		4,55
	8	52	156,50	4,44	4,65		4,54
	9	59	180,80	4,63	4,42		4,53
	10	39	144,70	4,63	4,38		4,50
							
	91	81	112,30	3,38	4,00		3,69
	92	78	147,30	4,08	3,24		3,66
	93	118	150,00	3,71	3,57		3,64
	94	62	138,40	3,80	3,48		3,64

Tuổi	XH theo lcl	Gia đình	V (dm ³ /cây)	Dtt (điểm)	Dnc (điểm)	Sk (điểm)	lcl (điểm)
	95	72	140,90	3,58	3,42		3,50
	96	119	89,90	3,28	3,60		3,44
	97	19	130,60	3,25	3,63		3,44
	98	14	139,20	3,49	3,16		3,32
	99	117	116,90	2,73	3,73		3,23
	100	110	127,50	3,18	3,03		3,11
	TBKN		131,77	4,03	4,09		4,06
	F_{pr}		<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
	Lsd		45,12	0,82	0,87		0,66
8,5 tuổi	1	59	722,20	4,45	4,36	4,65	4,49
	2	13	323,70	4,20	4,76	4,26	4,40
	3	24	592,90	4,37	4,36	4,39	4,37
	4	73	484,80	3,99	4,61	4,51	4,37
	5	52	606,30	4,00	4,68	4,40	4,36
	6	71	657,30	4,40	4,20	4,41	4,34
	7	41	541,70	4,43	4,16	4,25	4,28
	8	45	795,80	3,81	4,44	4,44	4,23
	9	67	640,80	4,15	4,37	4,14	4,22
	10	74	598,90	3,93	4,43	4,23	4,20
							
	91	14	277,20	3,38	3,71	3,31	3,46
	92	86	500,80	3,21	3,26	3,76	3,41
	93	77	284,70	3,38	3,42	3,36	3,39
	94	101	487,10	3,45	3,04	3,65	3,38
	95	23	418,50	3,57	3,04	3,50	3,37
	96	94	475,30	3,41	3,13	3,41	3,31
	97	82	374,70	3,18	2,91	3,69	3,26
	98	100	506,00	3,18	3,13	3,34	3,21
	99	114	382,00	2,94	3,16	3,36	3,15
	100	110	233,30	3,19	2,95	2,96	3,02
	TBKN		457,00	3,76	3,81	3,91	3,82
	F_{pr}		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Lsd		152,18	0,61	0,67	0,64	0,51
10,5 tuổi	1	84	881,40	4,74	4,80	4,72	4,75
	2	52	971,40	4,61	4,63	4,96	4,73
	3	59	1155,00	4,61	4,76	4,60	4,69
	4	24	967,70	4,61	4,76	4,59	4,65
	5	6	775,00	4,59	4,57	4,77	4,64
	6	67	1083,60	4,59	4,59	4,72	4,63
	7	42	971,10	4,52	4,46	4,91	4,63
	8	18	832,20	4,76	4,58	4,54	4,63
	9	11	711,80	4,44	4,62	4,81	4,62

Tuổi	XH theo Icl	Gia đình	V (dm ³ /cây)	Dtt (điểm)	Dnc (điểm)	Sk (điểm)	Icl (điểm)
	10	74	978,00	4,59	4,47	4,80	4,62
							
	76	60	774,10	4,00	3,83	3,77	3,87
	77	50	767,00	4,00	4,03	3,57	3,87
	78	43	776,30	3,88	4,09	3,59	3,86
	79	82	836,80	3,60	3,58	4,38	3,85
	80	81	623,20	3,69	3,72	3,81	3,74
	81	2	670,80	3,84	3,40	3,82	3,69
	82	105	648,90	3,50	3,69	3,70	3,63
	83	92	672,90	3,68	3,93	3,27	3,63
	84	49	720,00	3,65	3,91	2,74	3,43
	85	86	719,40	3,42	3,75	3,02	3,40
	TBKN		798,20	4,19	4,20	4,29	4,23
	F_{pr}		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Lsd		269,72	0,58	0,56	0,77	0,53

Ghi chú: Dnc = độ nhỏ cành; Dtt = độ thẳng thân; Fpr = mức ý nghĩa thống kê; Icl = chất lượng tổng hợp; Lsd = khoảng sai dị đảm bảo; Sk = sức khỏe; TBKN = trung bình khảo nghiệm; XH = xếp hạng; V = thể tích thân cây.

Kết quả bảng 3 cho thấy, ở các tuổi khác nhau đều có sự sai khác rõ rệt về các chỉ tiêu chất lượng thân cây giữa các gia đình Keo tai tượng tham gia khảo nghiệm ($F_{pr} < 0,001$). Các chỉ tiêu chất lượng thân cây trung bình đều trên 4 điểm. Chỉ tiêu chất lượng tổng hợp (Icl) là trung bình cộng của các chỉ tiêu đơn lẻ cho thấy giá trị Icl trung bình của các dòng là 13,1, dao động từ 3,42 đến 4,79 điểm ở giai đoạn 4 tuổi, đạt từ 3,85 đến 4,49 điểm ở giai đoạn 8,5 tuổi và đạt từ 3,40 đến 4,75 điểm ở giai đoạn 10,5 tuổi. Dựa vào khoảng sai dị đảm bảo Lsd của chỉ tiêu chất lượng tổng hợp cho thấy ở giai đoạn tuổi 4 đã có 46 gia đình trong nhóm những gia đình có Icl cao nhất khảo nghiệm và đạt từ 4,13 đến 4,79 điểm và 10 gia đình có sinh trưởng tốt nhất ở giai đoạn này cũng ở trong nhóm này, đặc biệt có 6/10 dòng có sinh trưởng tốt nhất là 67, 74, 41, 24, 52 và 59 cũng nằm trong nhóm 10 dòng có chỉ tiêu Icl là cao nhất. Đến giai đoạn 8,5 tuổi có 36 gia đình trong nhóm các gia đình có Icl cao nhất với Icl đạt từ 3,99 đến 4,49 điểm và cũng đã có 7/10 gia đình là 59, 24, 52, 71, 45, 67 và 74 trong top 10 gia

đình sinh trưởng tốt nhất cũng trong top 10 gia đình có chỉ tiêu Icl tốt nhất. Tương tự ở giai đoạn 10,5 tuổi có 45 gia đình có Icl cao nhất với Icl đạt từ 4,22 đến 4,75 điểm và có 6/10 gia đình vừa sinh trưởng tốt nhất, cũng có chất lượng thân cây tốt nhất là 52, 59, 24, 67, 42 và 74. Các gia đình 24, 52, 59, 67 và 74 là 5 gia đình vừa có sinh trưởng nhanh và chất lượng thân cây tốt và ổn định từ 4 đến 10,5 tuổi.

3.2. Khả năng di truyền về sinh trưởng và chất lượng thân cây trong khảo nghiệm

Trong nghiên cứu cải thiện giống thì việc dự đoán hệ số di truyền và biến động di truyền lũy tích của các tính trạng sinh trưởng và chất lượng thân cây là hết sức quan trọng. Một tính trạng có hệ số di truyền cao thì ở đời bố mẹ tính trạng đó có khả năng di truyền cho thế hệ sau càng cao. Kết quả xác định hệ số di truyền theo nghĩa hẹp (h^2) và hệ số biến động di truyền lũy tích (CV_a) về các tính trạng sinh trưởng và các chỉ tiêu chất lượng thân cây của các gia đình Keo tai tượng trong khảo nghiệm hậu thế hệ 2 tại xã Tân

An, tỉnh Đồng Nai ở giai đoạn 4 đến 10,5 tuổi được tổng hợp tại bảng 4 dưới đây.

Bảng 4. Hệ số di truyền và hệ số di truyền lũy tích của các tính trạng sinh trưởng và chất lượng thân cây của các gia đình Keo tai tượng tại Đồng Nai

Chỉ tiêu	Tuổi	Đơn vị tính	TBKN	h^2	CV_a (%)
$D_{1,3}$	4,0	cm	15,15	$0,10 \pm 0,06$	6,23
	8,5	cm	22,44	$0,55 \pm 0,12$	8,89
	10,5	cm	28,83	$0,61 \pm 0,13$	7,59
H_{vn}	4,0	m	14,15	$0,16 \pm 0,05$	3,94
	8,5	m	22,09	$0,18 \pm 0,06$	4,20
	10,5	m	23,01	$0,22 \pm 0,06$	3,69
Dtt	4,0	điểm	4,03	$0,00 \pm 0,00$	0,00
	8,5	điểm	3,78	$0,31 \pm 0,04$	8,44
	10,5	điểm	4,19	$0,41 \pm 0,04$	7,07
Dnc	4,0	điểm	4,09	$0,00 \pm 0,00$	0,00
	8,5	điểm	3,86	$0,20 \pm 0,04$	8,47
	10,5	điểm	4,20	$0,37 \pm 0,06$	7,26

Ghi chú: $D_{1,3}$ = đường kính ngang ngực; Dnc = độ nhỏ cành; Dtt = độ thẳng thân; H_{vn} = chiều cao vút ngọn.

Kết quả tại bảng 4 cho thấy hệ số di truyền theo nghĩa hẹp và hệ số di truyền lũy tích ở các tuổi khác nhau của đường kính ngang ngực luôn cao hơn các tính trạng về độ thẳng thân, độ nhỏ cành và chỉ tiêu chất lượng tổng hợp, trong khi của chiều cao vút ngọn lại thấp hơn. Hệ số di truyền theo nghĩa hẹp (h^2) của các tính trạng sinh trưởng cũng như chất lượng thân cây đạt mức thấp đến cao với h^2 đạt từ 0,10 đến 0,61 và đều có xu hướng tăng dần từ 4 đến 10,5 tuổi, trong khi hệ số di truyền lũy tích (CV_a) lại có xu hướng giảm theo 8,5 đến 10,5 tuổi. Xu hướng biến đổi hệ số di truyền tăng theo tuổi cũng đã được ghi nhận trong các nghiên cứu về Keo tai tượng của Đoàn Ngọc Dao (2012) trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 1 tại Ba Vì, Hà Nội; nghiên cứu của La Ánh Dương (2019) trong các khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 tại Ba Vì, Hà Nội ở tuổi 5, tuổi 7 và tuổi 9, tại Quỳnh Hợp, Nghệ An ở tuổi 5, tuổi 9 và tại Bàu Bàng, Bình Dương ở tuổi 6 và tuổi 8.

Ngoài ra, xu hướng biến đổi hệ số di truyền theo tuổi cũng đã được ghi nhận trên các loài keo khác như trong nghiên cứu của của Phí Hồng Hải

(2008) trên các dòng vô tính Keo lá tràm; của Dương Hồng Quân và đồng tác giả (2023) cho các gia đình Keo lá tràm trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 tại Quảng Trị; của Nguyễn Văn Đăng và đồng tác giả (2023) cho các gia đình Keo lá tràm trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 tại Bình Phước; của Phạm Xuân Đình (2015) trên các gia đình Keo lá liềm trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 1 tại Quảng Trị và Huế; của Lê Xuân Toàn (2021) cho các gia đình Keo lá liềm trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 tại Nghệ An, Quảng Trị và Bình Thuận; của Đỗ Hữu Sơn (2017) cho các dòng vô tính keo lai tại Bắc Giang, Hà Nội, Quảng Trị và Bình Dương.

Ở giai đoạn 4 tuổi, hệ số di truyền của các tính trạng sinh trưởng đạt mức thấp và chỉ đạt 0,10 với đường kính ngang ngực và 0,16 đối với chiều cao vút ngọn còn các chỉ tiêu chất lượng thân cây không có hệ số di truyền. Kết quả trên có thể được giải thích là do giai đoạn này khảo nghiệm được tia thưa kiểu hình, sẽ loại bỏ 2 cây xấu nhất/ô/lấp, để lại 1 cây có sinh trưởng tốt nhất và cành nhánh đẹp nên mức độ phân hóa về đường kính ngang ngực và chiều

cao vút ngọn là không lớn dẫn đến hệ số di truyền của các tính trạng này sẽ thấp. Mặt khác, các cây để lại là các cây có cành nhánh đẹp, thân thẳng nên hầu như không có sự phân hóa về các chỉ tiêu chất lượng thân cây nên hệ số di truyền bằng 0. Sau khi tía thừa di truyền vào tháng 02/2020 đến 10,5 tuổi (02/2025) thì các gia đình bắt đầu ổn định sinh trưởng nên hệ số di truyền bắt đầu ổn định và tăng dần từ 8,5 đến 10,5 tuổi.

3.3. Tăng thu di truyền lý thuyết

Ngoài biến dị và khả năng di truyền của các tính trạng sinh, chất lượng thân cây thì nghiên cứu về tăng thu di truyền của các tính trạng này

cũng được các nhà nghiên cứu về chọn giống hết sức quan tâm. Giá trị tăng thu di truyền của các quần thể thí nghiệm là khác nhau và phụ thuộc mức độ biến dị di truyền, cường độ và tỷ lệ chọn lọc. Tăng thu di truyền nhận được từ việc chọn cây trội có thể đạt 5 đến 15% (Becker, 1992) và tăng thu di truyền về thể tích từ vườn giống được chọn lọc có thể đạt giá trị là 6,0 đến 6,5% (Zobel và Talbert, 1984). Khảo nghiệm hậu thế thể hệ 2 ở Đồng Nai có các tính trạng sinh trưởng và chất lượng thân cây đều được nghiên cứu tới 10,5 tuổi nên hoàn toàn có thể ước lượng tăng thu di truyền mong đợi sát hơn cho rừng trồng khi sử dụng nguồn hạt giống từ các khảo nghiệm hậu thế này.

Bảng 5. Tăng thu di truyền lý thuyết của các tính trạng sinh trưởng và chất lượng thân cây chọn lọc ở các tuổi theo các tỷ lệ và cường độ chọn lọc khác nhau

Tuổi	Tỷ lệ chọn lọc (%)	Cường độ chọn lọc (i)	Tăng thu di truyền lý thuyết (%)			
			D _{1,3}	H _{vn}	D _{tt}	D _{nc}
4 tuổi	5	2,06	1,27	1,30		
	10	1,76	1,08	1,10		
	30	1,16	0,71	0,73		
	50	0,80	0,49	0,50		
8,5 tuổi	5	2,06	10,01	1,54	5,47	3,54
	10	1,76	8,52	1,31	4,65	3,01
	30	1,16	5,63	0,87	3,07	1,99
	50	0,80	3,87	0,60	2,12	1,37
10,5 tuổi	5	2,06	9,62	1,68	5,84	5,49
	10	1,76	8,19	1,43	4,97	4,67
	30	1,16	5,41	0,95	3,28	3,08
	50	0,80	3,72	0,65	2,26	2,12

Ghi chú: D_{1,3} = đường kính ngang ngực; D_{nc} = độ nhỏ cành; D_{tt} = độ thẳng thân; H_{vn} = chiều cao vút ngọn.

Kết quả tại bảng 5 cho thấy, ở các tuổi khác nhau với tỷ lệ chọn lọc 5% luôn cho tăng thu di truyền về các tính trạng sinh trưởng cũng như chất lượng thân là lớn nhất. Giá trị tăng thu di truyền với tỷ lệ chọn lọc 5% đạt từ 1,27 đến 10,01% đối với đường kính ngang ngực; 1,30 đến 1,68% đối chỉ tiêu chiều cao vút ngọn; 5,47 đến 5,84% đối với chỉ tiêu độ thẳng thân và 5,47 đến 5,84% đối với chỉ tiêu độ nhỏ cành. Tỷ lệ chọn lọc tăng từ lên

30% thì tăng thu di truyền lý thuyết của các chỉ tiêu sinh trưởng và chất lượng thân cây sẽ giảm dần. Kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của La Ánh Dương (2019) trên các khảo nghiệm hậu thế thể hệ 2 tại Ba Vì, Hà Nội ở tuổi 5, tuổi 7 và tuổi 9; Quỳnh Hợp, Nghệ An ở tuổi 5 và tuổi 9; và Bàu Bàng, Bình Dương ở tuổi 6 và tuổi 8 cũng cho thấy với tỷ lệ chọn lọc 5% ở các tuổi khác nhau luôn cho tăng thu di truyền về các tính trạng

sinh trưởng cũng như chất lượng thân là lớn nhất và giá trị này giảm khi tỷ lệ chọn lọc tăng lên 10%. Trong đó, khảo nghiệm tại Ba Vì, Hà Nội với tỷ lệ chọn lọc 5% cho giá trị tăng thu di truyền lý thuyết về đường kính ngang ngực đạt 13,3 đến 17,4%, chiều cao vút ngọn đạt 5,2 đến 9,2% và độ thẳng thân đạt 0,5 đến 5,6%; giá trị này trong khảo nghiệm tại Quỳnh Hợp, Nghệ An tương ứng đạt 10,9 đến 13,9%, 7,1 đến 8,8% và 4,0 đến 6,7%; tại Bầu Bàng, Bình Dương giá trị tăng thu di truyền lý thuyết về đường kính ngang ngực, chiều cao vút ngọn và độ thẳng thân đạt được tương ứng là 12,3 đến 19,9%, 4,5 đến 4,6%, và 5,8 đến 16,5%.

Kết quả trong bài viết này cũng tương đồng với nghiên cứu của Đoàn Ngọc Dao (2012) khi dự đoán tăng thu di truyền lý thuyết cho khảo nghiệm hậu thế thế hệ 1 Keo tai tượng tại Ba Vì, Hà Nội nhận thấy rằng, với tỷ lệ chọn lọc là 10% thì tăng thu di truyền lý thuyết của đường kính ngang ngực là 7,9%, chiều cao vút ngọn là 3,82%, thể tích thân cây là 17,42%, độ thẳng thân là 4,84% và giá trị này của các chỉ tiêu sẽ giảm dần khi tỷ lệ chọn lọc tăng dần từ 10 đến 100%.

IV. KẾT LUẬN

Kết quả đánh giá khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 Keo tai tượng tại xã Tân An, tỉnh Đồng Nai ở giai đoạn 4 đến 10,5 tuổi cho thấy:

- Các tính trạng sinh trưởng ($D_{1,3}$, H_{vn} , V) và chất lượng thân cây (D_{tt} , D_{nc} , Sk , Icl) của các gia đình tham gia khảo nghiệm có sự sai khác rõ rệt. Sự sai khác giữa các gia đình về sinh trưởng

và chất lượng thân cây là cơ sở cho việc chọn lọc những gia đình tốt và loại bỏ những gia đình kém, giúp nâng cao chất lượng di truyền mong muốn trong khảo nghiệm.

- Các gia đình mang số hiệu 42, 45, 59, 71, 74 là các gia đình có sinh trưởng nhanh, chất lượng thân cây tốt và ổn định qua các năm.

- Khả năng cải thiện về các tính trạng sinh trưởng và chất lượng thân cây Keo tai tượng ở mức thấp đến cao với h^2 đạt 0,10 đến 0,61.

- Hệ số di truyền theo nghĩa hẹp (h^2) của các tính trạng sinh trưởng cũng như chất lượng thân cây Keo tai tượng đều có xu hướng tăng từ 4 đến 10,5 tuổi, trong khi hệ số di truyền lũy tích (CV_a) lại có xu hướng giảm theo tuổi. Hệ số di truyền của các tính trạng sẽ bị ảnh hưởng khi có tác động của tia thừa và các biện pháp kỹ thuật lâm sinh.

- Tăng thu di truyền lý thuyết với tỷ lệ chọn lọc 5% đạt từ 1,27 đến 10,01% đối với đường kính ngang ngực; 1,30 đến 1,68% đối với chiều cao vút ngọn và đạt 0,54 đến 6,33% đối với các chỉ tiêu chất lượng thân cây như độ thẳng thân, độ nhỏ cành. Khi tỷ lệ chọn lọc tăng từ 5 lên 30% thì tăng thu di truyền lý thuyết của các chỉ tiêu sinh trưởng cũng như chất lượng thân cây đều sẽ giảm dần.

LỜI CẢM ƠN: Bài viết này là một phần kết quả của dự án “Phát triển giống cây lâm nghiệp phục vụ trồng rừng kinh tế”. Xin chân thành cảm ơn Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã tài trợ kinh phí cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Becker W.A., 1992. Manual of quantitative genetics. Academic Enterprises, WA, U.S.A. 152 ps.
2. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2017. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8761-1:2017. Giống cây lâm nghiệp - Khảo nghiệm giá trị canh tác và giá trị sử dụng, phần 1 nhóm loài cây lấy gỗ.
3. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2017. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8755:2017. Giống cây lâm nghiệp - Cây trội.
4. Trần Hữu Biển, Nguyễn Hữu Sỹ, Lê Hồng Hậu, Nguyễn Hạnh Tâm, Lê Hồng Việt, 2017. Đặc điểm biến dị về sinh trưởng và chất lượng thân cây Keo tai tượng (*Acacia mangium* Willd.) tại khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số 3, trang 42 - 50.

5. Đoàn Ngọc Dao, 2012. Nghiên cứu biến dị và khả năng di truyền một số đặc điểm sinh trưởng và tính chất gỗ của Keo tai tượng làm cơ sở cho chọn giống. Luận án Tiến sỹ Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
6. La Ánh Dương, 2019. Nghiên cứu đặc điểm biến dị và khả năng di truyền về sinh trưởng và mục ruột của Keo tai tượng (*Acacia mangium* Willd.) trong các khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2. Luận án Tiến sỹ Lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
7. Nguyễn Văn Đăng, Vũ Đình Hường, Kiều Mạnh Hà, Hồ Tố Việt, Nguyễn Xuân Hải, Đỗ Hữu Sơn, Dương Hồng Quân, 2023. Biến dị di truyền về sinh trưởng, độ thẳng thân và cành nhỏ Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) trong khảo nghiệm hậu thế tại Đồng Phú, Bình Phước. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số 6, trang 3-11.
8. Phạm Xuân Đình, 2015. Nghiên cứu biến dị và khả năng di truyền một số tính trạng của Keo lá liềm (*Acacia crassiparva* A. Cunn. ex Benth.) tại các tỉnh miền Trung. Luận án Tiến sỹ lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
9. Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C., 1996. Introduction to quantitative genetics. Harlow, England: Pearson Education Limited, 480 p.
10. Hai, P.H., 2008. Genetic improvement of plantation-grown *Acacia auriculiformis* for sawn timber production. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
11. Phí Hồng Hải, La Ánh Dương, 2025. Chọn giống Keo tai tượng phục vụ trồng rừng gỗ xẻ. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội. 267 trang.
12. Hallauer, D.S. & Mackay, T.F.C., 1981. Introduction to quantitative genetics. Harlow, England: Pearson Education Limited, 480 p.
13. Lê Đình Khả, 2003. Chọn tạo và nhân giống cho một số loài cây trồng rừng chủ lực ở Việt Nam. NXB Nông nghiệp Hà Nội. 292 trang.
14. Mullin T.J., Park Y.S., 1992. Estimating genetic gains from alternative breeding strategies for clonal forestry. Can. J. For. Res. 22, p.14 - 23.
15. Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2003. Phát triển các loài keo *Acacia* ở Việt Nam. NXB Nông nghiệp Hà Nội. 132 trang.
16. Dương Hồng Quân, Phạm Xuân Đình, Vũ Đức Bình, Nguyễn Đức Kiên, Nguyễn Hữu Sỹ, Ngô Văn Chính, Đỗ Hữu Sơn, 2023. Biến dị, khả năng di truyền về sinh trưởng và chất lượng thân cây Keo lá tràm trong khảo nghiệm hậu thế thế hệ 2 tại Cam Lộ, Quảng Trị. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số chuyên san, trang 25-33.
17. Đỗ Hữu Sơn, 2017. Nghiên cứu ảnh hưởng của loài cây mẹ và biến dị, di truyền về sinh trưởng và tính chất gỗ trong chọn giống keo lai tự nhiên. Luận án Tiến sỹ lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
18. Lê Xuân Toàn, 2021. Nghiên cứu biến dị và khả năng di truyền tính trạng sinh trưởng và tính chất gỗ của Keo lá liềm (*Acacia crassiparva* A.Cunn. ex Benth.) trong một số khảo nghiệm hậu thế. Luận án Tiến sỹ lâm nghiệp, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
19. Williams, E.R., Matheson, A.C, and Harwood, C.E. 2002. Experimental design and analysis for use in tree improvement. CSIRO publication, 174 pp, ISBN: 0 643 06259 9.
20. Zobel, B., and Talbert, J. 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley and Sons. New York. 505 pp.

Email tác giả liên hệ: dohuuson@gmail.com

Ngày nhận bài: 28/07/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 13/08/2025; 14/08/2025

Ngày duyệt đăng: 15/08/2025