

# ĐÁNH GIÁ TÍNH CHẤT CƠ HỌC GỖ KEO TAI TƯỢNG (*Acacia mangium*) BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHÔNG PHÁ HỦY

Dương Văn Đoàn<sup>1\*</sup>, Hà Thị Quỳnh Lưu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên

## TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, các tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng được đánh giá bằng cả phương pháp phá hủy truyền thống và phương pháp không phá hủy. Các mẫu gỗ có kích thước 20 (xuyên tâm) × 20 (tiếp tuyến) × 300 (đọc thớ) mm được cắt từ 0,5 đến 1,5 m tính từ mặt đất của 5 cây mẫu thu thập tại một rừng trồng thí nghiệm. Công nghệ sóng ứng suất lần đầu tiên được sử dụng để đo vận tốc truyền sóng (SWV) cho các mẫu gỗ nhỏ, không chứa khuyết tật theo chiều dọc thớ gỗ Keo tai tượng trồng tại Việt Nam. Giá trị trung bình SWV, khối lượng thể tích (AD), mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (DMOE), mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE), và độ bền uốn tĩnh (MOR) của gỗ Keo tai tượng ở độ ẩm khoảng 12% trong nghiên cứu này lần lượt là 4320 m/s, 0,46 g/cm<sup>3</sup>, 8,63 GPa, 7,77 GPa, và 78,39 MPa. Đã có sự khác biệt rõ ràng vận tốc truyền sóng và các tính chất gỗ giữa vị trí gần tâm và gần vỏ với giá trị thấp ở gần tâm và giá trị cao hơn ở gần vỏ. Có một mối tương quan rõ ràng giữa SWV và MOE ( $r = 0,35; p < 0,05$ ), tuy nhiên không có mối liên hệ có ý nghĩa thống kê được tìm thấy giữa SWV và MOR. AD là một chỉ số tốt để dự đoán tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng thông qua hệ số tương quan rất cao với cả MOE ( $r = 0,82; p < 0,001$ ) và MOR ( $r = 0,71; p < 0,001$ ). Một kết quả tốt hơn để dự đoán MOE đã được tìm thấy khi SWV và AD được sử dụng cùng nhau thông qua việc tính toán DMOE. Hệ số tương quan giữa DMOE và MOE là rất cao ( $r = 0,90; p < 0,001$ ).

**Từ khóa:** Keo tai tượng, phương pháp không phá hủy, tính chất cơ học, vận tốc truyền sóng.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Keo tai tượng (*Acacia mangium* Willd) bắt đầu xuất hiện ở Việt Nam vào những năm 1980. Loài này đã dần được trồng phổ biến đặc biệt ở các tỉnh phía Bắc Việt Nam bởi vì khả năng thích ứng rộng với các điều kiện tự nhiên khác nhau (Nghĩa, 2003; Hai et al., 2015). Ngoài ra Keo tai tượng còn có nhiều ưu điểm khác như thân cây thẳng đẹp, sinh trưởng nhanh... Gỗ Keo tai tượng có khối lượng thể tích 0,45 - 0,50, ở giai đoạn sau 12 tuổi có thể đạt 0,59, thích hợp cho sản xuất gỗ lớn, gỗ dán, ván dăm, và làm giấy (Hà và Hải, 2016). Tuy nhiên, những nghiên cứu hiện nay về Keo tai tượng tập trung chủ yếu vào đánh giá khả năng sinh trưởng, chọn giống, chống chịu sâu bệnh cũng như sản lượng gỗ. Những nghiên cứu liên quan đến chất lượng gỗ Keo tai tượng trồng ở Việt Nam hiện nay còn hạn chế.

Giống là một trong những khâu quan trọng nhất của trồng rừng, đặc biệt là trồng rừng sản xuất. Công tác nghiên cứu cải thiện giống cây lâm nghiệp ở nước ta mới chỉ được bắt đầu từ những năm 1980 và thực sự được chú trọng từ những năm 1990. Từ năm 2000 trở lại đây,

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

Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã có đầu tư lớn thông qua các đề tài và dự án giống nhằm đẩy mạnh chương trình nghiên cứu cải thiện và phát triển giống cây lâm nghiệp của nước ta có trình độ tiên tiến sánh với nhiều nước trong khu vực (Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, 2019). Tuy nhiên, một trong những hạn chế chính trong các chương trình chọn giống nước ta là thiếu các thông số di truyền dựa trên các tính chất gỗ. Nhiều chương trình chọn giống không bao gồm chất lượng gỗ, mặc dù gỗ là sản phẩm mong muốn cuối cùng. Ngoài ra một số nghiên cứu chỉ ra rằng ở một số loài cây tốc độ sinh trưởng không có tương quan thậm chí tương quan nghịch với các đặc tính quan trọng của gỗ như khối lượng thể tích và các tính chất cơ học (Makino et al., 2012; Wahyudi et al., 2015). Do đó cần phải đưa các đặc điểm, tính chất gỗ vào các chương trình chọn giống để đảm bảo cung cấp nguồn nguyên liệu gỗ trong tương lai có các tính chất phù hợp với mục đích sản xuất cuối cùng.

Một trong những tiêu chí quan trọng nhất để đánh giá chất lượng nguồn nguyên liệu gỗ lớn cho sản xuất các sản phẩm cấu trúc và đồ mộc

xuất khẩu là độ bền cơ học. Độ bền cơ học thường được đánh giá qua hai chỉ tiêu là mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền uốn tĩnh (MOR). Ở Việt Nam, thì phương pháp phổ biến nhất để đánh giá MOE và MOR hiện nay là phương pháp phá hủy (phương pháp truyền thống): chặt cây, tạo mẫu, xử lý mẫu và đo theo Tiêu chuẩn Việt Nam. Phương pháp này yêu cầu các mẫu gỗ phải được chuẩn bị, kiểm tra cẩn thận và nhược điểm lớn là sau khi đo các mẫu gỗ sẽ bị phá hủy không sử dụng lại được. Bên cạnh đó, phương pháp này chỉ đo được số lượng mẫu hạn chế dựa trên những cây đã được chặt. Chính vì vậy việc tìm ra những phương pháp mới để đánh giá và phân loại tính chất cơ học của gỗ nhanh, có tính công nghiệp hoá cao, không phá hủy mẫu và đo được số lượng mẫu lớn là cần thiết.

Phương pháp sử dụng sóng ứng suất để đánh giá và phân loại gỗ đã được sử dụng ở các nước phát triển như Mỹ (Wang et al., 2001), Nhật Bản (Ishiguri et al., 2008), Anh (Ridley-Ellis et al., 2016). Tuy nhiên gỗ là một vật liệu có nguồn gốc sinh học và tính chất không đồng nhất (Zobel và Van Buijtenen, 1989). Tính chất của gỗ bao gồm cả các tính chất vật lý, cơ học là khác nhau giữa các loài. Trong cùng một loài, tính chất của gỗ cũng có thể biến đổi từ tâm ra vỏ, từ gốc đến ngọn, giữa các cây và giữa các vị trí trồng khác nhau. Sự biến đổi của tính chất gỗ gây ra những khó khăn rất lớn trong chế biến và sử dụng lâm sản (Koga và Zhang, 2004). Vì vậy việc nghiên cứu đặc tính truyền sóng trong gỗ của từng loài ở Việt Nam để kiểm tra khả năng áp dụng công nghệ sóng ứng suất trong việc đánh giá và phân loại gỗ cũng rất cần thiết.

Do vậy, nghiên cứu này chúng tôi sẽ tập trung vào đánh giá các tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng bằng cả phương pháp sóng ứng suất và phương pháp phá hủy truyền thống. Dựa trên kết quả đạt được, mối tương quan giá trị cơ học được đo bởi hai phương pháp sẽ được nghiên cứu để kiểm tra mức độ hiệu quả của phương pháp đánh giá không phá hủy đối với gỗ Keo tai tượng trồng tại Việt Nam.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Vật liệu 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 tháng 12 năm 2014). Địa điểm của rừng thí nghiệm: Trung tâm Khoa học Lâm nghiệp Bắc Trung Bộ, xã Cam Hiếu, huyện Cam Lộ, tỉnh Quảng Trị có vị trí địa lý (kinh độ, vĩ độ): 1855270 N, 715780 E. Đây là khu vực nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới có nhiệt độ trung bình năm là 27°C 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.

Trong chương trình khảo nghiệm giống, nhiều nguồn giống Keo tai tượng khác nhau như: hạt đại trà sản xuất, hạt xuất xứ Balimo, hạt vườn giống cây ghép Ba Vi... đã được trồng khảo nghiệm. Nghiên cứu này sẽ tập trung đánh giá chất lượng gỗ Keo tai tượng từ nguồn gốc hạt đại trà sản xuất. Đầu năm 2020, 05 cây gỗ Keo tai tượng (5 tuổi) từ nguồn gốc hạt đại trà sản xuất được lựa chọn dựa vào một số tiêu chí như thân thẳng, không có biểu hiện về khuyết tật và sâu bệnh. Đường kính tại 1,3 m tính từ mặt đất của mỗi cây mẫu được đo và đánh dấu hướng Bắc – Nam trước khi chặt. Sau khi chặt, chiều cao của mỗi cây mẫu được đo từ gốc đến đỉnh sinh trưởng. 01 khúc gỗ có chiều dài 1 m được cắt từ 0,5 đến 1,5 m chiều cao tính từ mặt đất và được để khô tự nhiên trong khoảng 3 tháng. Các mẫu gỗ nhỏ có kích thước 20 (xuyên tâm) × 20 (tiếp tuyến) × 300 (đọc thứ) mm được cắt ở hai vị trí gần tâm và gần vỏ (tương ứng với 10 và 90% chiều dài bán kính theo hướng từ tâm ra vỏ) theo 4 hướng Bắc, Nam, Đông, Tây. Quá trình cắt được tiến hành cẩn thận để tránh các khuyết tật (mấu, mắt). Tổng số mẫu nhỏ cắt được từ 5 cây là 80 mẫu. Các mẫu gỗ được đặt trong phòng thí nghiệm tiêu chuẩn ở nhiệt độ 20°C và độ ẩm 60% đến khi đạt khối lượng không đổi.

**Bảng 1. Thông tin cơ bản của các cây mẫu Keo tai tượng**

Cây	D <sub>1,3</sub> (cm)	H <sub>vn</sub> (m)
1	17,96	17,50
2	16,62	15,70
3	18,09	16,10
4	15,99	16,80
5	15,48	16,30

Trong đó:

D<sub>1,3</sub> – Đường kính cây tại chiều cao 1,3 m tính từ mặt đất;

H<sub>vn</sub> – Chiều cao cây tính từ mặt đất đến điểm sinh trưởng cao nhất của cây.

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

*a. Khối lượng thể tích (AD – Air-dry density)*

Trước khi đo tính chất cơ học, các mẫu gỗ được sử dụng để đo AD. Sau khi các mẫu gỗ đặt trong điều kiện tiêu chuẩn đạt khối lượng không đổi, khối lượng và thể tích của từng mẫu được cân và đo. AD được tính toán theo công thức (TCVN 8048-2:2009):

$$AD = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Trong đó:

AD: khối lượng thể tích của gỗ (g/cm<sup>3</sup>);

m: khối lượng mẫu gỗ (g);

V: thể tích của mẫu gỗ (cm<sup>3</sup>).

*b. Xác định mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (DMOE – Dynamic modulus of elasticity)*

Phương pháp đo DMOE được sử dụng như

mô tả trong bài báo của Duong và Matsumura (2018). DMOE được đo bằng phương pháp sóng ứng suất sử dụng thiết bị FAKOPP (Sản xuất tại Hungary) tại Viện Nghiên cứu và Phát triển Lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên (Hình 1). Thiết bị này đo thời gian truyền sóng trong từng mẫu gỗ theo hướng dọc thớ. Tín hiệu truyền được tạo ra bằng cách sử dụng búa để tác dụng một lực vào đầu truyền. Thời gian truyền sóng sẽ được hiển thị trên thiết bị đo. Vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV – stress wave velocity) được tính bằng tỷ số giữa chiều dài mẫu gỗ đo và thời gian truyền sóng. DMOE sẽ được tính bằng công thức:

$$DMOE = AD \cdot SWV^2 \quad (2)$$

Trong đó:

DMOE: Mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (Pa);

AD: Khối lượng thể tích gỗ (kg/m<sup>3</sup>);

SWV: Vận tốc truyền sóng ứng suất (m/s).



**Hình 1. Chuẩn bị thí nghiệm đo thời gian truyền sóng ứng suất**

*c. Xác định độ bền uốn tĩnh (MOR - modulus of rupture) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE - modulus of elasticity)*

MOR được xác định theo tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8048-3:2009 (ISO 3133:1975) về Gỗ - Phương pháp thử cơ lý - Phần 3: Xác định độ

bền uốn tĩnh.

MOE được xác định theo tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8048-4:2009 (ISO 3349:1975) về Gỗ - Phương pháp thử cơ lý - Phần 4: Xác định mô đun đàn hồi uốn tĩnh.

MOR và MOE được đo cho từng mẫu bằng

máy thử tính chất cơ lý gỗ và vật liệu gỗ QTEST/25 tại phòng thí nghiệm Viện Công nghiệp gỗ và Nội thất, Trường Đại học Lâm nghiệp. Khoảng cách giữa hai gôi đỡ khi đo là 260 mm với lực tác dụng vào mẫu gỗ theo chiều tiếp tuyến. Một số mẫu được chọn ngẫu nhiên để đo độ ẩm bằng phương pháp cân sấy sau khi đo tính chất cơ học. Giá trị trung bình của độ ẩm xấp xỉ là 12%.

### 2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Những phân tích thống kê trong nghiên cứu này như: giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, sự khác biệt giữa hai vị trí bán kính (phương pháp t-test), mối tương quan giữa các tính chất được phân tích bằng phần mềm R, phiên bản 4.0.2 (R Core Team, 2020). Các biểu đồ tương quan

được thể hiện bởi ggplot2.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Vận tốc truyền sóng ứng suất và các tính chất gỗ Keo tai tượng

Vận tốc truyền sóng ứng suất và các tính chất gỗ Keo tai tượng được trình bày ở Bảng 2. Giá trị trung bình của SWV theo chiều dọc thớ gỗ là 4320 m/s, biến đổi từ 4265 (gần tâm) tới 4375 m/s (gần vỏ) ở độ ẩm gỗ xấp xỉ 12%. Trong nghiên cứu của Duong và Matsumura (2018) đã báo cáo SWV trong các mẫu gỗ nhỏ Xoan ta trồng tại Việt Nam biến đổi từ 3900 đến 4200 m/s ở điều kiện khô tự nhiên. Ruy et al. (2018) cũng báo cáo SWV trong các dòng gỗ Bạch đàn *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus cloeziana* và *Eucalyptus saligna* lần lượt là 4600, 4500, và 4100 m/s.

**Bảng 2. Vận tốc truyền sóng và các tính chất gỗ Keo tai tượng ở gần tâm và gần vỏ**

Tính chất	Vị trí bán kính				Trung bình	p-value (t-test)
	R1		R2			
	n	TB ± SD	n	TB ± SD		
SWV (m/s)	40	4265 ± 124	40	4375 ± 86	4320 ± 120	***
AD (g/cm <sup>3</sup> )	40	0,44 ± 0,03	40	0,49 ± 0,03	0,46 ± 0,04	***
DMOE (GPa)	40	7,93 ± 0,69	40	9,32 ± 0,61	8,63 ± 0,95	***
MOR (MPa)	40	75,34 ± 11,28	40	81,44 ± 10,21	78,39 ± 11,13	*
MOE (GPa)	40	7,12 ± 0,83	40	8,42 ± 0,59	7,77 ± 0,97	***

Chú ý: n - số lượng mẫu gỗ; TB- trung bình; SD – độ lệch chuẩn; R1 - vị trí gần tâm; R2 - vị trí gần vỏ; \*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

Khối lượng thể tích trung bình của gỗ Keo tai tượng trong nghiên cứu này là 0,46 g/cm<sup>3</sup> biến đổi từ 0,44 (gần tâm) đến 0,49 g/cm<sup>3</sup> (gần vỏ). Makino et al. (2012) đã báo cáo giá trị trung bình gỗ Keo tai tượng (5 – 7 tuổi) trồng tại Indonesia biến đổi từ 0,42 – 0,45 g/cm<sup>3</sup>.

Giá trị trung bình MOE và MOR của gỗ Keo tai tượng trong nghiên cứu này lần lượt là 7,77 GPa và 78,39 MPa. Sahri et al. (1998) đã nghiên cứu tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng được trồng từ các vị trí địa lý khác nhau. Kết quả nghiên cứu đã báo cáo rằng giá trị MOE của gỗ Keo tai tượng trồng tại Indonesia, Malaysia, và Thái Lan lần lượt là 6,73, 6,29, và 6,17 GPa, trong khi đó giá trị MOR lần lượt là 75,02, 68,15, và 80,54 MPa. Trong cùng một loài, có hai yếu tố chính ảnh hưởng đến sự biến đổi tính chất của gỗ là nguồn giống và điều kiện môi trường sống. Do đó các nghiên cứu tiếp theo cần được tiến hành kiểm tra trên các nguồn giống Keo tai tượng khác để so sánh với Keo tai tượng có nguồn gốc từ hạt đại trà trong nghiên cứu

này.

Mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (DMOE) được đo bằng công nghệ sóng ứng suất trong nghiên cứu này có giá trị trung bình là 8,63 GPa biến đổi từ 7,93 GPa (gần tâm) đến 9,32 GPa (gần vỏ) (Bảng 2). Theo tìm hiểu của chúng tôi, cho đến nay ở Việt Nam chưa có một nghiên cứu nào ứng dụng công nghệ sóng ứng suất để đo mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học trên các mẫu gỗ nhỏ, không chứa khuyết tật ở độ ẩm khoảng 12%. Do vậy nghiên cứu này được xem như là nghiên cứu đầu tiên ứng dụng công nghệ sóng ứng suất để đánh giá tính chất cơ học gỗ Keo tai tượng trồng tại Việt Nam trên các mẫu gỗ nhỏ. Hai et al. (2015) đã sử dụng công nghệ sóng ứng suất để đo DMOE trên cây đứng Keo tai tượng trồng tại Tuyên Quang. Giá trị DMOE biến đổi từ 15,7 đến 18,8 GPa. Wang et al. (2001) đã báo cáo rằng giá trị SWV đo trên cây còn sống là cao hơn trên mẫu gỗ khô. Cụ thể, ở loài *Tsuga heterophylla* và *Picea sitchensis*, giá trị trung bình SWV khi đo trên

cây đứng lần lượt là 3373 m/s và 3528 m/s trong khi đó giá trị tương ứng trên mẫu gỗ ở độ ẩm 12% lần lượt là 3292 m/s và 3486 m/s. Ngoài ra, giá trị khối lượng thể tích được đo khi cây còn sống là ở trạng thái tươi ướt nên cao hơn nhiều khi gỗ ở trạng thái khô. DMOE là sự kết hợp của vận tốc truyền sóng và khối lượng thể tích gỗ (công thức 2), do vậy mà giá trị DMOE đo cho cây đứng trong nghiên cứu của Hai et al. (2015) là cao hơn DMOE cho mẫu gỗ Keo tai tượng khô trong nghiên cứu này. Duong và Matsumura (2018) cũng đã sử dụng công nghệ này để đánh giá tính chất cơ học gỗ Xoan ta (*Melia azedarach*). Các tác giả đã báo cáo giá trị trung bình DMOE của gỗ Xoan ta ở độ ẩm 12% là 10,93 GPa.

Có một sự khác biệt rõ ràng có ý nghĩa thống kê giữa hai vị trí đo (gần tâm và gần vỏ) ở vận tốc truyền sóng và tất cả các tính chất gỗ được đo trong nghiên cứu này. Giá trị SWV, AD, DMOE, MOE, và MOR đều có xu hướng thấp ở vị trí gần tâm và cao hơn ở vị trí gần vỏ. Sự tăng lên của AD và các tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng theo hướng từ tâm ra vỏ có thể được giải thích một phần bởi chiều dày vách tế bào sợi gỗ. Nugroho et al. (2012) đã báo cáo rằng có sự tăng lên rõ ràng của chiều dày vách

tế bào sợi gỗ theo hướng từ tâm ra vỏ của gỗ Keo tai tượng trồng tại Indonesia.

### 3.2. Mô hình dự đoán tính chất cơ học gỗ Keo tai tượng

Mô hình dự đoán các tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng và hệ số tương quan của các tính chất cơ học (MOE, MOR) với AD, SWV và DMOE được trình bày ở bảng 3 và hình 2, 3 và 4. Cả MOR và MOE đều có mối tương quan tuyến tính dương với AD (0,82 với MOE, 0,71 với MOR) khi kết hợp mẫu ở cả vị trí gần tâm và gần vỏ (Bảng 3 và Hình 2). Điều này gợi ý rằng AD là một chỉ số tốt để dự đoán tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng. Kết quả nghiên cứu này là trùng hợp với các kết quả nghiên cứu trước đó khi chỉ ra rằng AD là một chỉ số quan trọng để dự đoán các tính chất cơ học của gỗ (Machado và cộng sự, 2014; Igartua và cộng sự, 2015).

Vận tốc truyền sóng ứng suất có mối tương quan tuyến tính dương với MOE ( $r = 0,47$ ) khi có sự kết hợp mẫu ở cả hai vị trí gần tâm và gần vỏ (Bảng 3 và Hình 3A), tuy nhiên không có mối tương quan nào được tìm thấy giữa vận tốc truyền sóng ứng suất và giá trị MOR (Bảng 3 và Hình 3B). Điều này gợi ý rằng sẽ không thể sử dụng vận tốc sóng ứng suất để dự đoán tính chất MOR của gỗ Keo tai tượng.

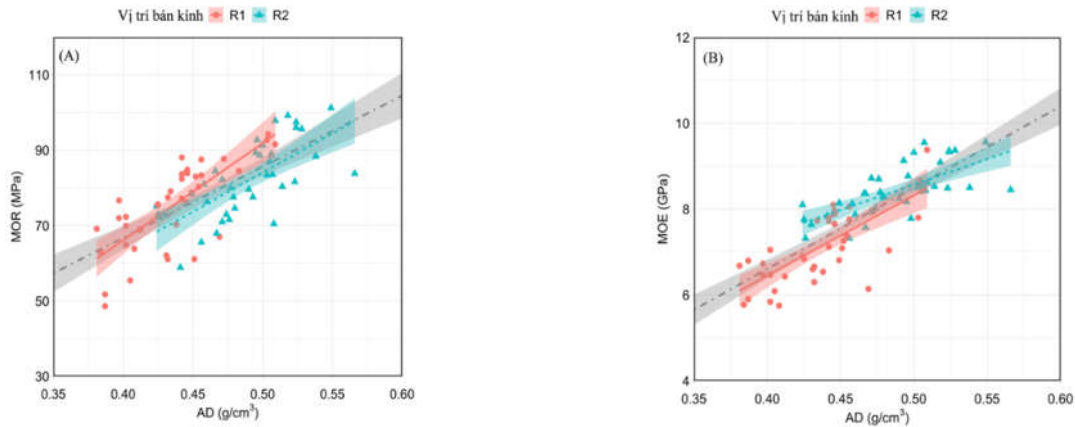
**Bảng 3. Mô hình dự đoán tính chất cơ học (MOE, MOR) cho mẫu gỗ Keo tai tượng**

Mô hình	Vị trí	Công thức	Hệ số tương quan
MOE (GPa) (~AD)	Gần tâm (R1)	$MOE = 18,69 \times AD - 1,03$	0,73***
	Gần vỏ (R2)	$MOE = 11,86 \times AD + 2,64$	0,70***
	<b>Trung bình</b>	<b><math>MOE = 18,95 \times AD - 0,98</math></b>	<b>0,82***</b>
MOE (GPa) (~SWV)	Gần tâm (R1)	$MOE = 0,0024 \times SWV - 2,98$	0,35*
	Gần vỏ (R2)	$MOE = -0,00003 \times SWV + 8,54$	-0,004 <sup>ns</sup>
	<b>Trung bình</b>	<b><math>MOE = 0,0038 \times SWV - 8,62</math></b>	<b>0,47***</b>
MOE (GPa) (~DMOE)	Gần tâm (R1)	$MOE = 1,02 \times DMOE - 0,95$	0,84***
	Gần vỏ (R2)	$MOE = 0,72 \times DMOE + 1,68$	0,75***
	<b>Trung bình</b>	<b><math>MOE = 0,91 \times DMOE - 0,12</math></b>	<b>0,90***</b>
MOR (MPa) (~AD)	Gần tâm (R1)	$MOR = 257,48 \times AD - 836,88$	0,74***
	Gần vỏ (R2)	$MOR = 207,40 \times AD - 19,60$	0,70***
	<b>Trung bình</b>	<b><math>MOR = 188,56 \times AD - 8,65</math></b>	<b>0,71***</b>
MOR (MPa) (~SWV)	Gần tâm (R1)	$MOR = 0,019 \times SWV - 3,77$	0,20 <sup>ns</sup>
	Gần vỏ (R2)	$MOR = -0,033 \times SWV + 224,51$	-0,27 <sup>ns</sup>
	<b>Trung bình</b>	<b><math>MOR = 0,013 \times SWV + 20,09</math></b>	<b>0,14<sup>ns</sup></b>
MOR (MPa) (~DMOE)	Gần tâm (R1)	$MOR = 12,18 \times DMOE - 21,27$	0,75***
	Gần vỏ (R2)	$MOR = 9,89 \times DMOE - 10,71$	0,59***
	<b>Trung bình</b>	<b><math>MOR = 7,53 \times DMOE + 13,48</math></b>	<b>0,65***</b>

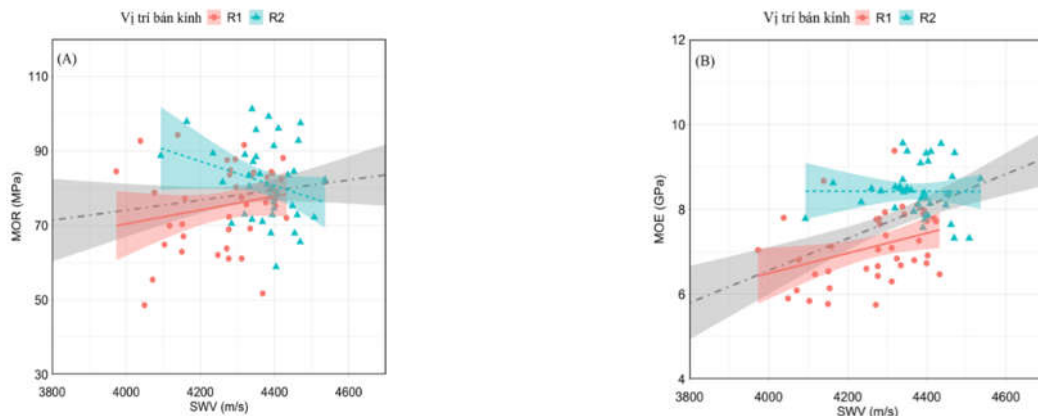
Chú ý: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; ns: không tương quan.

Có một hệ số tương quan rất cao ( $r = 0,90$ ) được tìm thấy giữa giá trị MOE và DMOE của gỗ Keo tai tượng (Bảng 3 và Hình 4B). Điều này gợi ý rằng giá trị DMOE được tạo ra bởi sự kết hợp giữa AD và SWV (công thức 2) ở độ ẩm khoảng 12% là một chỉ số rất tốt để dự đoán MOE cho gỗ Keo tai tượng. Các kết quả nghiên cứu trước đó trên thế giới cũng báo cáo những kết quả tương tự. Posta et al. (2016) đã báo cáo

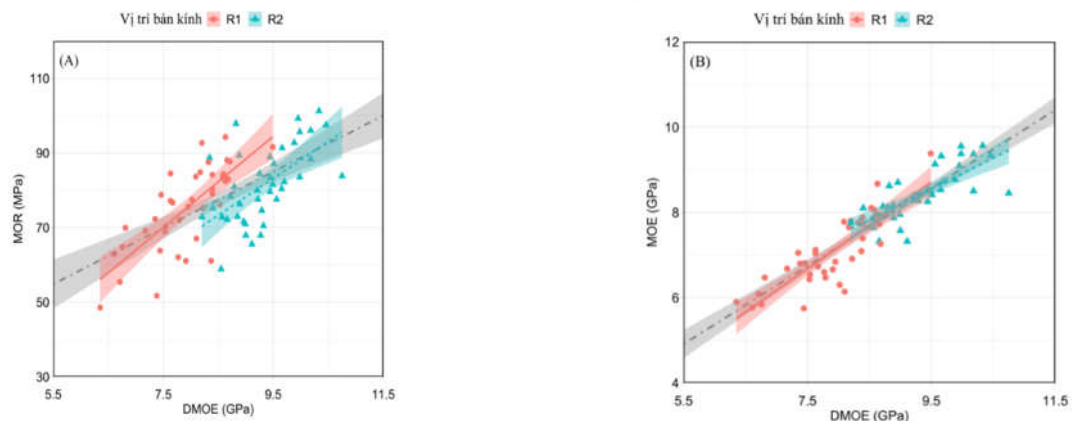
hệ số tương quan giữa MOE và DMOE ở gỗ Vân sam Nauy là 0,81. Duong và Matsumura (2018) cũng chỉ ra hệ số tương quan giữa MOE và DMOE ở gỗ Xoan ta ở Việt Nam là 0,84. DMOE cũng là một chỉ số tốt để dự đoán giá trị MOR của gỗ Keo tai tượng khi có hệ số tương quan được tìm thấy giữa chúng là 0,65 (Bảng 2 và Hình 4A).



Hình 2. Tương quan giữa khối lượng thể tích (AD) và các tính chất cơ học của gỗ ở cả hai vị trí gần tâm (R1) và gần vỏ (R2)



Hình 3. Tương quan giữa vận tốc truyền sóng (SWV) và các tính chất cơ học của gỗ ở cả hai vị trí gần tâm (R1) và gần vỏ (R2)



Hình 4. Tương quan giữa mô đun đàn hồi động lực học (DMOE) và các tính chất cơ học của gỗ ở cả hai vị trí gần tâm (R1) và gần vỏ (R2)

#### 4. KẾT LUẬN

Các tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng (xuất xứ từ lô hạt đại trà tại sản xuất) tại một rừng trồng thí nghiệm ở Cam Lộ, Quảng Trị được đánh giá bằng phương pháp sóng ứng suất và phương pháp phá hủy truyền thống. Đã có sự khác biệt rõ ràng vận tốc truyền sóng và các tính chất gỗ giữa vị trí gần tâm và gần vỏ với giá trị thấp ở gần tâm và giá trị cao hơn ở gần vỏ. SWV có một tương quan rõ ràng nhưng thấp với MOE, trong khi đó không có mối liên hệ nào được tìm thấy giữa SWV và MOR. Hệ số tương quan giữa AD với MOR và MOE là cao. Sự kết hợp giữa AD và SWV thông qua giá trị DMOE có mối liên hệ chặt chẽ với MOE khi hệ số tương quan là 0,9. Điều này gợi ý rằng công nghệ sóng ứng suất sẽ là rất hữu hiệu để dự đoán tính chất cơ học của gỗ Keo tai tượng khi biết giá trị khối lượng thể tích.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Duong DV, Matsumura J (2018) Within-stem variations in mechanical properties of *Melia azedarach* planted in Northern Vietnam. *Journal of Wood Science* 64:329-337.
2. Hà TTT, Hải PH (2016) Nghiên cứu nhân giống invitro các gia đình ưu việt Keo tai tượng (*Acacia mangium* Willd.) phục vụ trồng rừng dòng vô tính theo gia đình. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* 247-254.
3. Hai PH, Duong LA, Toan NQ, Hà TTT (2015) Genetic variation in growth, stem straightness, pilodyn and dynamic module of elasticity in second-generation progeny tests of *Acacia mangium* at three sites in Vietnam. *New Forests* 46:577-591.
4. Igartua DV, Moreno K, Piter JC, Monteoliva S (2015) Density and mechanical properties of Argentinean *Acacia melanoxylon* (in Spanish). *Maderas. Ciencia y tecnologia* 17(4):809-820.
5. Ishiguri F, Matsui R, Iizuka K, Yokota S, Yoshizawa N (2008) Prediction of the mechanical properties of lumber by stress-wave velocity and Pilodyn penetration of 36-year-old Japanese larch trees. *Holz Roh Werkst* 66:275-280.
6. Koga S, Zhang SY (2004) Inter-tree and intra-tree variations in ring width and wood density components in balsam fir (*Abies balsamea*). *Wood Science and Technology* 38:149-162.
7. Machado JS, Louzada JL, Santos AJA, Nunes L, Anjos O, Rodrigues J, Simoes RMS, Pereira H (2014) Variation of wood density and mechanical properties of blackwood (*Acacia melanoxylon* R. Br.). *Materials and Design* 56:975-980.

8. Makino K, Ishiguri F, Wahyudi I, Takashima Y, Iizuka K, Yokota S, Yoshizawa N (2012) Wood properties of young *Acacia mangium* trees planted in Indonesia. *Forest Product Journal* 62(2):102-106.
9. Nghĩa NH (2003) Phát triển các loài Keo (*Acacia*) ở Việt Nam. NXB Nông Nghiệp, Hà Nội.
10. Nugroho WD, Marsoem SN, Yasue K, Fujiwara T, Nakajima T, Hayakawa M, Nakaba S, Yamahishi Y, Jin HO, Kobo T, Funada R (2012) Radial variations in the anatomical characteristics and density of *Acacia mangium* of five different provenances in Indonesia. *Journal of Wood Science* 58:185-194.
11. Posta J, Ptacek P, Jara R, Terebesyova M, Kuklik P, Dolejs J (2016) Correlations and differences between methods for non-destructive evaluation of timber elements. *Wood Research* 61(1):129-140.
12. R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
13. Ridley-Ellis D, Stapel P, Baño V (2016) Strength grading of sawn timber in Europe: an explanation for engineers and researchers. *Eur J Wood Prod* 74:291-306.
14. Ruy M, Goncalves R, Pereira DM, Lorensani RGM, Bertoldo C (2018) Ultrasound grading of round Eucalyptus timber using the Brazilian standard. *European Journal of Wood and Wood Products* 76:889-898.
15. Sahri MH, Ashaari Z, Kader RA, Mohmod AL (1998) Physical and mechanical properties of *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis* from different provenances. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 21(2):73-81.
16. TCVN 8048-2 (2009) Gỗ - Phương pháp thử cơ lý - Phần 2: Xác định khối lượng thể tích cho các phép thử cơ lý. Tiêu chuẩn Quốc gia, Hà Nội, Việt Nam.
17. TCVN 8048-3 (2009) Gỗ - Phương pháp thử cơ lý - Phần 3: Xác định độ bền uốn tĩnh. Tiêu chuẩn Quốc gia, Hà Nội, Việt Nam.
18. TCVN 8048-4 (2009) Gỗ - Phương pháp thử cơ lý - Phần 4: Xác định mô đun đàn hồi uốn tĩnh. Tiêu chuẩn Quốc gia, Hà Nội, Việt Nam.
19. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam (2019) Đánh giá hiện trạng nghiên cứu và chuyển giao công nghệ trong phát triển giống cây trồng Lâm nghiệp. Tài liệu hội nghị giống cây trồng Lâm nghiệp (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn) tại Thái Nguyên tháng 4 năm 2019.
20. Wahyudi I, Ishiguri F, Makino K, Tanabe J, Tan L, Tuhumury A, Iizuka K, Yokota S (2015) Growth characteristics and wood properties of 26-year-old Eucalyptus alba planted in Indonesia. *International Wood Products Journal* 6(2): 84-88.
21. Wang X, Ross RJ, McClellan M, Barbour RJ, Erickson JR, Forsman JW, McGinnis GD (2001) Nondestructive evaluation of standing trees with a stress wave method. *Wood Fiber Sci* 33:522-533.
22. Zobel BJ, Van Buijtenen JP (1989) Wood variation, its causes and control. Springer, Heidelberg.

**Lời cảm ơn**

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong Đề tài mã số B2020-TNA-05 và Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên trong đề tài mã số SV2020-50.

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.

**EVALUATING MECHANICAL PROPERTIES OF *Acacia mangium* WOOD USING NONDESTRUCTIVE METHOD**

**Duong Van Doan<sup>1\*</sup>, Ha Thi Quynh Luu<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry*

**SUMMARY**

In this study, the mechanical properties of *Acacia mangium* wood were investigated by destructive and nondestructive methods. The samples with dimensions of 20 (radial) × 20 (tangential) × 300 (longitudinal) mm were cut from 0.5 to 1.5 m above the ground of 5 sample trees collected from an *A. mangium* forest trial. Stress wave technology was used for the first time to measure longitudinal stress wave velocity (SWV) for small, clear *A. mangium* wood in Vietnam. The mean value of SWV, air-dry density (AD), dynamic modulus of elasticity (DMOE), modulus of elasticity (MOE), and modulus of rupture (MOR) at a moisture content of 12% were 4320 m/s, 0.46 g/cm<sup>3</sup>, 8.63 GPa, 7.77 GPa, and 78.39 MPa. There was a significant difference in measured properties in this study between near the pith and near the bark with a gradually increasing trend from pith to bark. There was a significant positive linear correlation between the SWV and MOE ( $r = 0.35$ ;  $p < 0.05$ ) but no statistical correlation was found between the SWV and MOR. AD is a good indicator to predict the mechanical properties of *A. mangium* wood when it has high correlation with both MOR ( $r = 0.82$ ;  $p < 0.001$ ) and MOR ( $r = 0.71$ ;  $p < 0.001$ ). A much better result for the prediction of MOE was obtained when SWV and AD were used together through a calculation of DMOE. The coefficient of correlation between DMOE and MOE was really high ( $r = 0.90$ ;  $p < 0.001$ ).

**Keywords:** *Acacia mangium*, mechanical property, non-destructive method, stress wave velocity.

**Ngày nhận bài** : 07/10/2020  
**Ngày phản biện** : 26/11/2020  
**Ngày quyết định đăng** : 04/12/2020