DỰ ĐOÁN KHỐI LƯỢNG RIÊNG VÀ MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ HỌC CHỦ YẾU GỖ KEO LÁ TRÀM (*Acacia auriculiformis*) BẰNG CÔNG NGHỆ SÓNG ỨNG SUẤT

Dương Văn Đoàn[1*], Vàng A Chua[1]
[1]*Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên*

TÓM TẮT

Ứng dụng các công nghệ không phá hủy để dự đoán nhanh các tính chất gỗ đã được quan tâm trong những năm gần đây. Nghiên cứu này tiến hành kiểm tra khả năng dự đoán khối lượng riêng và các tính chất cơ học của gỗ Keo lá tràm 5 tuổi trồng tại tỉnh Quảng Trị, Việt Nam bằng công nghệ sóng ứng suất. Giá trị trung bình khối lượng riêng (AD), mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE), và độ bền uốn tĩnh (MOR) lần lượt là 0,57 g/cm^3, 7,39 GPa, và 84,30 MPa. Kết quả của nghiên cứu đã chỉ ra rằng vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV) có tương quan nghịch với giá trị AD của gỗ Keo lá tràm. SWV có một tương quan thuận nhưng thấp với giá trị MOE (r = 0,32, P < 0,05) và không có tương quan có ý nghĩa thống kê với giá trị MOR. Do đó nếu chỉ sử dụng giá trị SWV sẽ là không hiệu quả khi dự đoán các tính chất cơ học gỗ Keo lá tràm. Mức độ chính xác đã tăng lên đáng kể khi kết hợp hai giá trị SWV và AD để dự đoán MOE với hệ số tương quan giữa mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (MOE_d) và MOE là 0,87 (P < 0,001).

Từ khóa: Keo lá tràm, khối lượng riêng, MOE, MOR, sóng ứng suất.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đánh giá các tính chất vật lý và cơ học của vật liệu bằng công nghệ không phá hủy là một phương pháp hiện đại và nhận được sự quan tâm của các nhà khoa học trên thế giới trong những năm gần đây. Trong lĩnh vực khoa học gỗ, đã có rất nhiều các phương pháp đánh giá không phá hủy được nghiên cứu như phương pháp sử dụng sóng ứng suất (stress wave), sóng siêu âm (ultrasonic wave), phương pháp quang phổ cận hồng ngoại (near infrared spectroscopy) (Schimleck et al., 2006; Hasegawa et al., 2015; Duong and Ridley-Ellis, 2021). Các phương pháp này có thể áp dụng trên cây đứng, khúc gỗ hoặc thanh gỗ xẻ để dự đoán nhanh các tính chất gỗ. So với phương pháp truyền thống, thì các phương pháp không phá hủy có nhiều ưu điểm như thời gian đánh giá nhanh, mẫu không bị phá hủy sau khi đánh giá, đặc biệt có thể áp dụng lên nhiều loại mẫu có kích thước khác nhau. Tuy nhiên, gỗ là một loại vật liệu sinh học nên có sự biến đổi các tính chất giữa các loài cũng như ở các điều kiện môi trường sống khác nhau. Do đó cần có các nghiên cứu về khả năng ứng dụng các công nghệ không phá hủy cho từng loài cụ thể.

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

Keo lá tràm (*Acacia auriculiformis*) là một loài cây thuộc nhóm sinh trưởng nhanh, có đường kính thân ở mức nhỏ - trung bình, chiều cao từ 8 – 20 m. Tuy nhiên, ở những nơi có điều kiện môi trường phù hợp, cây Keo lá tràm có thể đạt chiều cao tới 30 m và đường kính thân 80 cm (Pinyopusarerk, 1990). Keo lá tràm có khối lượng riêng cơ bản từ 0,5 – 0,8 g/cm^3, sợi gỗ có chiều dài khoảng 1,1 mm và đường kính khoảng 20,6 µm. Giá trị độ bền uốn tĩnh và mô đun đàn hồi uốn tĩnh của Keo lá tràm có thể so sánh với gỗ Tếch (*Tectona grandis*) (Hai, 2009). Do đó gỗ Keo lá tràm có tiềm năng rất lớn sử dụng trong các sản phẩm cho mục đích cấu trúc.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ sóng ứng suất để dự đoán nhanh giá trị khối lượng riêng và các tính chất cơ học (MOE và MOR) của gỗ Keo lá tràm. Kết quả của nghiên cứu này sẽ làm cơ sở khoa học tham khảo để xem xét khả năng ứng dụng công nghệ không phá hủy vào đánh giá các tính chất cơ học gỗ ở Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

05 cây mẫu Keo lá tràm sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập tại Trung tâm Khoa học Lâm nghiệp vùng Bắc Trung Bộ, tỉnh Quảng Trị. Nguồn gốc của các cây Keo lá

tràm trong thí nghiệm này là từ dòng Clt43 và được trồng từ tháng 12/2015 với mật độ 1.100 cây/ha. Các cây mẫu được thu thập vào tháng 12/2020 dựa trên một số đặc điểm như thân thẳng, không có các biểu hiện sâu bệnh, khuyết tật. Đường kính tại 1,3m tính từ mặt đất (đường kính ngang ngực) và chiều cao vút ngọn được đo cho mỗi cây như trình bày trong Bảng 1. Một khúc gỗ dài 1m (từ 0,5 đến 1,5 m) tính từ mặt đất được cắt từ mỗi cây mẫu. Sau khi để khô, các mẫu gỗ có kích thước 20 (Xuyên tâm) × 20 (Tiếp tuyến) × 300 (Dọc thớ) mm^3 từ mỗi khúc gỗ và được để trong phòng giữ mẫu ở nhiệt độ 20^oC và độ ẩm 60% đến khi đạt được khối lượng không đổi.

Bảng 1. Thông tin đường kính ngang ngực và chiều cao các cây mẫu

Cây	$D_{1,3}$ (cm)	Chiều cao (m)
1	10,48	13,05
2	11,62	13,22
3	12,23	13,70
4	12,71	13,87
5	11,34	12,15

Khối lượng riêng (AD) của mỗi mẫu được xác định theo phương pháp cân (cân OHaus SPX222) và đo thể tích (thước cặp Panme). Thời gian truyền sóng ứng suất theo hướng dọc thớ ở mỗi mẫu được đo bằng thiết bị Fakopp (Fakopp Microsecond Timer, Fakopp Enterprise). 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 (Hình 1). Mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (MOE_d) được tính bởi công thức:

$$MOE_d = AD \times SWV^2 \quad (1)$$

Trong đó MOE_d là mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (GPa); AD là khối lượng riêng gỗ (kg/m^3); và SWV vận tốc sóng ứng suất (m/s).

Hình 1. Quá trình đo vận tốc sóng ứng suất tại Viện Nghiên cứu và Phát triển Lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên

Sau khi đo sóng ứng suất, giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh (MOE) và độ bền uốn tĩnh (MOR) của mỗi mẫu gỗ được đo bằng thiết bị Autograph AG-G (Shimazu, Kyoto, Japan) tại Đại học Kyushu, Nhật Bản theo tiêu chuẩn JIS Z2101-1994 (2000). Khoảng cách giữa hai gối đỡ khi đo là 260 mm với lực tác dụng vào mẫu gỗ theo chiều tiếp tuyến một giá trị vận tốc không đổi (5 mm/phút). Một số mẫu được lựa chọn ngẫu nhiên để kiểm tra độ ẩm bằng phương pháp cân – sấy. Giá trị trung bình của các mẫu được đo có độ ẩm sấp xỉ 12%.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Vận tốc truyền sóng ứng suất và các tính chất gỗ Keo lá tràm

Bảng 2 trình bày giá trị trung bình vận tốc truyền sóng ứng suất, khối lượng riêng, các tính chất cơ học và các phân tích thống kê liên quan. Giá trị trung bình của vận tốc sóng ứng suất trong nghiên cứu này là 4075 m/s với hệ số biến thiên là 4,80%. So với kết quả nghiên cứu của Dương và Hà (2020) về giá trị trung bình vận tốc truyền sóng ứng suất ở gỗ Keo tai tượng 5 tuổi là 4320 m/s thì giá trị trung bình của vận tốc sóng ứng suất truyền theo hướng dọc thớ trong mẫu gỗ nhỏ, không chứa khuyết tật ở độ ẩm khoảng 12% ở gỗ Keo lá tràm trong nghiên cứu này là thấp hơn.

Bảng 2. Vận tốc sóng ứng suất, khối lượng riêng và tính chất cơ học của Keo lá tràm

Tính chất	Giá trị				
	Trung bình	Minimum	Maximun	SD	CV (%)
SWV (m/s)	4075	3726	4462	196	4,80
AD (g/cm^3)	0,57	0,39	0,68	0,07	12,28
MOE_d (GPa)	9,40	6,57	11,13	1,10	11,70
MOE (GPa)	7,39	5,13	8,98	0,94	12,72
MOR (MPa)	84,30	49,89	109,43	13,13	15,58

Chú thích: Minimum là giá trị nhỏ nhất; Maximum là giá trị lớn nhất; SD là độ lệch chuẩn; CV là hệ số biến thiên.

Giá trị trung bình khối lượng riêng của gỗ Keo lá tràm trong nghiên cứu này là 0,57 g/cm^3, biến động từ 0,39 đến 0,68 g/cm^3. Kết quả này là phù hợp với các báo cáo trước đó về khối lượng riêng của gỗ Keo lá tràm, khi đều nằm trong khoảng biến động của nghiên cứu này, cụ thể: Lê et al. (2011) đã báo cáo giá trị khối lượng riêng của Keo lá tràm là 0,59 g/cm^3. Tonouewa et al. (2020) chỉ ra giá trị khối lượng riêng của gỗ Keo lá tràm 6 tuổi trồng ở Đông Phi là 0,61 g/cm^3.

Giá trị trung bình MOE và MOR của gỗ Keo lá tràm trong nghiên cứu này lần lượt là 7,39 GPa và 84,30 MPa. Kết quả này là thấp hơn so với kết quả đạt được của Tonouewa et al. (2020) khi tác giả chỉ ra giá trị MOE và MOR của gỗ Keo lá tràm lần lượt là 11,48 GPa và 109 MPa. Sự biến động các tính chất gỗ trong cùng một loài có thể được đóng góp bởi các yếu tố điều kiện sinh thái nơi loài đó được trồng.

Giá trị trung bình mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học (MOE_d) được xác định dựa trên vận tốc truyền sóng ứng suất và khối lượng riêng (công thức 1) của gỗ Keo lá tràm là 9,40 GPa biến động từ 6,57 GPa đến 11,13 GPa. Trong nghiên cứu này, giá trị MOE_d cao hơn giá trị MOE là 21,38%. Kết quả nghiên cứu này là phù hợp với các nghiên cứu trên thế giới khi chỉ ra rằng giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học luôn cao hơn giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh đo bằng phương pháp phá hủy truyền thống. Duong and Ridley-Ellis (2021) đã báo cáo rằng giá trị MOE_d cao hơn MOE khoảng 15% ở gỗ Xoan ta (*Melia azedarach*). Tương tự vậy, Wang et al. (2001) đã chỉ ra giá trị MOE_d cao hơn MOE 20,74% ở loài *Western hemlock* và 28,78% ở loài *Sitka spruce*. Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng này là trong các phương pháp đo phá hủy thì có chứa lực trượt khi đo, trong khi đó các phương pháp không phá hủy không chịu ảnh hưởng của lực này.

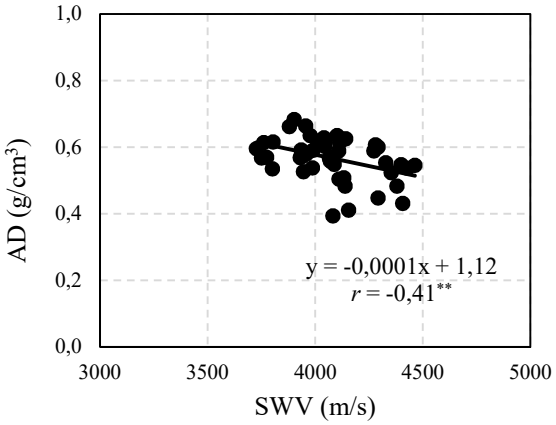
3.2. Tương quan giữa các tính chất

Bảng 3 trình bày hệ số tương quan và cấp độ ý nghĩa thống kê giữa vận tốc truyền sóng ứng suất và các tính chất gỗ Keo lá tràm được kiểm tra trong nghiên cứu này. Hệ số tương quan giữa SWV và AD là – 0,41 ($P < 0,01$). Kết quả nghiên cứu này chỉ ra rằng giá trị SWV sẽ có xu hướng tăng lên khi giá trị khối lượng riêng của Keo lá tràm giảm xuống (Hình 2).

Bảng 3. Phân tích tương quan giữa các giá trị vận tốc truyền sóng và tính chất gỗ

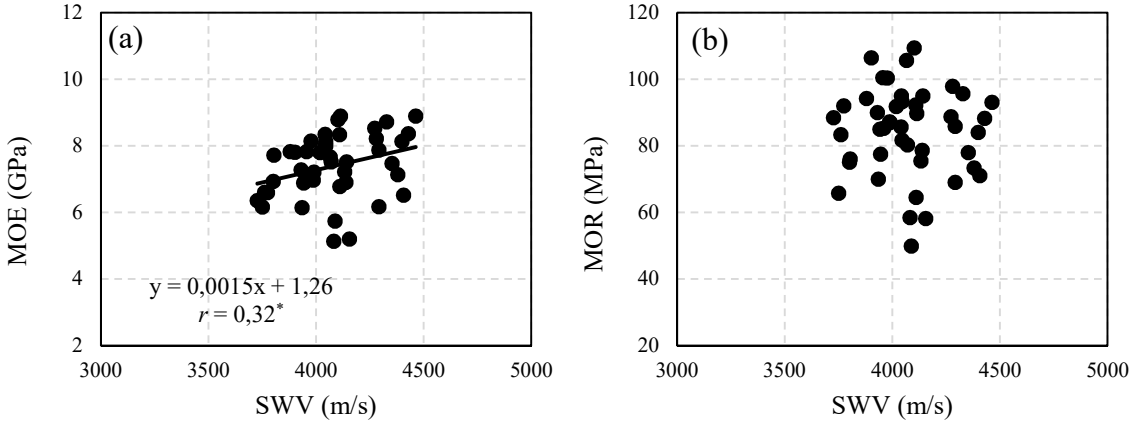
Tính chất	AD	SWV	MOE_d	MOE
SWV	$-0,41^{**}$			
MOE_d	$0,66^{***}$	$0,41^{*}$		
MOE	$0,60^{***}$	$0,32^{*}$	$0,87^{***}$	
MOR	$0,71^{***}$	$-0,05^{ns}$	$0,67^{***}$	$0,76^{***}$

Chú ý: $^{*}P < 0,05$; $^{**}P < 0,01$; $^{***}P < 0,001$; ^{ns}Không có ý nghĩa thống kê.



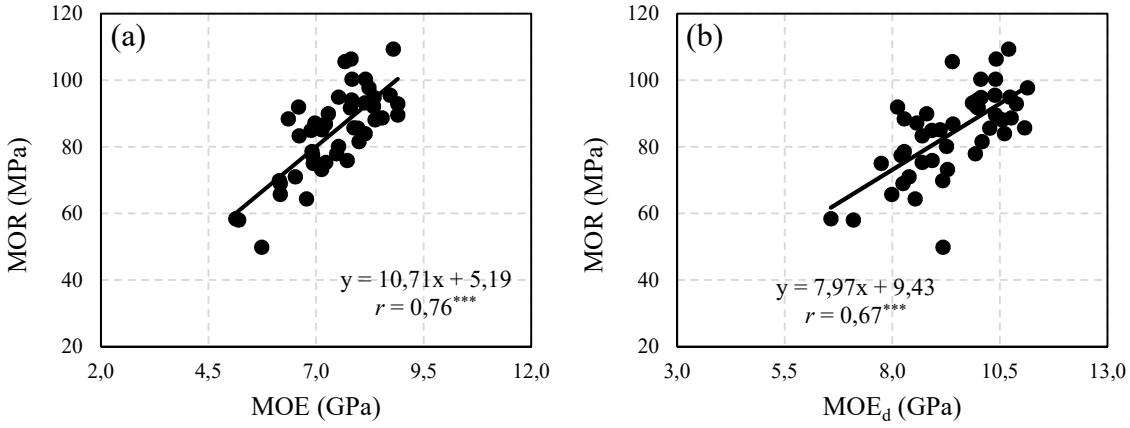
Hình 2. Tương quan giữa vận tốc sóng ứng suất và giá trị khối lượng riêng

Dự đoán nhanh được các tính chất cơ học mà không phá hủy mẫu sau khi đo luôn được các nhà khoa học quan tâm và nghiên cứu. Kết quả của nghiên cứu này đã chỉ ra rằng vận tốc truyền sóng ứng suất dọc thớ gỗ Keo lá tràm có tương quan dương với giá trị MOE, tuy nhiên mức độ tương quan là thấp ($r = 0,32$, $P < 0,05$) (Hình 3a). Không có mối liên hệ có ý nghĩa thống kê được tìm thấy giữa giá trị vận tốc sóng ứng suất và độ bền uốn tĩnh của gỗ Keo lá tràm (Bảng 2 và Hình 3b). Kết quả nghiên cứu này đã chỉ ra rằng nếu chỉ sử dụng giá trị vận tốc truyền sóng ứng suất thì khả năng dự đoán nhanh được tính chất cơ học của gỗ Keo lá tràm là thấp.



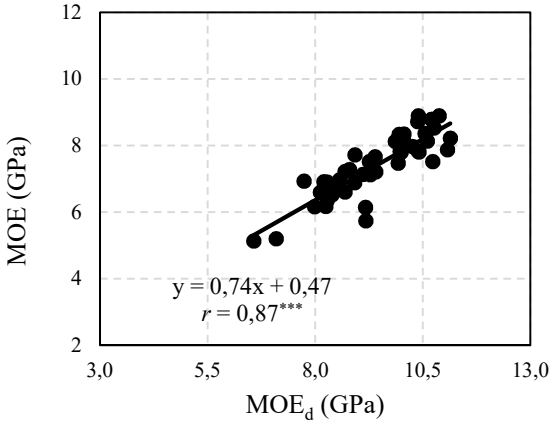
Hình 3. Tương quan giữa vận tốc sóng ứng suất và các tính chất cơ học (MOE và MOR)

Cùng với AD thì MOE được xem là một trong các chỉ số quan trọng nhất để dự đoán giá trị MOR. Nghiên cứu này đã chỉ ra MOE có một mối tương quan dương khá cao với MOR ở gỗ Keo lá tràm với hệ số tương quan là 0,76 ($P < 0,001$) (Hình 4a). MOR cũng có một mối tương quan dương với giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh động lực học ($r = 0,67$, $P < 0,001$) (Hình 4b). Kết quả của nghiên cứu này là thống nhất với các kết quả nghiên cứu trước đó về mối liên hệ giữa mô đun đàn hồi uốn tĩnh và độ bền uốn tĩnh. Duong và Matsumura (2018) đã báo cáo hệ số tương quan giữa MOR với MOE; MOR với MOE_d lần lượt là 0,81 và 0,84.



Hình 4. Tương quan giữa giá trị MOR với MOE và MOE_d

Các nghiên cứu trên thế giới liên quan đến sử dụng công nghệ không phá hủy đã chỉ ra rằng khi giá trị vận tốc truyền sóng kết hợp với giá trị khối lượng riêng (công thức 1) thì có khả năng dự đoán tốt giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh (Wang et at., 2001; Hassan et al., 2013; Baar et al., 2015). Kết quả nghiên cứu này là phù hợp với các nghiên cứu trước đó khi chỉ ra rằng giá trị MOE_d có hệ số tương quan dương mạnh với giá trị MOE đo bằng phương pháp phá hủy truyền thống. Hệ số tương quan giữa MOE_d và MOE được tìm thấy trong nghiên cứu này cho gỗ Keo lá tràm là 0,87 ($P < 0,001$) (Hình 5). Duong và Ha (2020) đã chỉ ra hệ số tương quan giữa MOE và MOE_d là 0,90 ở gỗ Keo tai tượng. Posta et al. (2016) cũng đã báo cáo hệ số tương quan rất cao giữa giá trị MOE và MOE_d ($r = 0,95$) ở loài *Picea abies*. Mức độ tương quan giữa giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh đo bằng phương pháp không phá hủy và phương pháp truyền thống là phụ thuộc vào loài. Trong nghiên cứu này, mức độ chính xác để dự đoán giá trị MOE của gỗ Keo lá tràm khi có sự kết hợp giá trị SWV và AD là cao hơn hẳn so với khi chỉ sử dụng mỗi AD. Hệ số tương quan giữa AD và MOE chỉ là 0,60 ($P < 0,001$). Kết quả nghiên cứu này đã chỉ ra rằng nếu biết khối lượng riêng thì công nghệ sóng ứng suất sẽ có khả năng dự đoán tốt giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh của gỗ Keo lá tràm.



Hình 5. Tương quan giữa giá trị MOE và MOE_d

4. KẾT LUẬN

Giá trị trung bình AD, MOE, MOR được đo bằng phương pháp truyền thống của gỗ Keo lá tràm 5 tuổi trồng tại Quảng Trị, Việt Nam lần lượt là 0,57 g/cm^3, 7,39 GPa, 84,30 MPa. Giá trị SWV và MOE_d trong nghiên cứu này lần lượt là 4075 m/s và 9,40 GPa. Mô đun đàn hồi uốn tĩnh đo bằng phương pháp sóng ứng suất cao hơn 21,38% so với giá trị đo bằng phương pháp truyền thống. Nếu chỉ sử dụng sóng ứng suất thì khả năng dự đoán các tính chất cơ học gỗ Keo lá tràm là thấp. Một hệ số tương quan mạnh được tìm thấy giữa MOE_d và MOE ($r = 0,87$, $P < 0,001$) gợi ý rằng công nghệ sóng ứng suất có tiềm năng để dự đoán giá trị MOE của gỗ Keo lá tràm khi có sự kết hợp với khối lượng riêng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong Đề tài mã số 106.06-2019.319 và Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên trong Đề tài mã số SV2021-60. Chúng tôi chân thành cảm ơn 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

1. Baar J, Tippner J, Rademacher P (2015) Prediction of mechanical properties – modulus of rupture and modulus of elasticity – of five tropical species by nondestructive methods. Maderas Cienc Tecnol 17(2): 239-252.

2. Duong DV, Ridley-Ellis D (2021) Estimating mechanical properties of clear wood from ten-year-old *Melia azedarach* trees using the stress wave method. Eur J Wood Wood Prod 79(4): 941-949.

3. Dương DV, Hà TQL (2020) Đánh giá tính chất cơ học gỗ Keo tai tượng (*Acacia mangium*) bằng phương pháp không phá hủy. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp 5: 126-133.

4. Duong DV, Matsumura J (2018) Within-stem variations in mechanical properties of *Melia azedarach* planted in northern Vietnam. J Wood Sci 64:329-337.

5. Hai PH (2009) Genetic improvement of plantation-grown *Acacia auriculiformis* for sawn timber production. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Swedish.

6. Hasegawa M, Mori M, Matsumura J (2015) Relations of fiber length to within-tree variation of ultrasonic wave velocity in fast-growing trees. Wood Fiber Sci 47(3): 313-318.

7. Hassan KTS, Horacek P, Tippner (2013) Evaluation of stiffness and strength of Scots Pine wood using resonance frequency and ultrasonic techniques. Bioresources 8(2): 1634-1645.

8. Lê TH, Đỗ VB, Nguyễn TK (2011) Tính chất vật lý, cơ học và hướng sử dụng gỗ của một số loài cây cho trồng rừng sản xuất vùng Đông Nam Bộ. Báo cáo tổng kết. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.

9. Pinyopusarerk K (1990) *Acacia auriculiformis:* an annotated bibliography. Bangkok, Thailand: Winrock International-F/FRED and ACIAR, 154p.

10. 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 Res 61(1):129-140.

11. Schimleck LR., Downes GM, Evans R (2006) Estimation of *Eucalyptus nitens* wood properties by near infrared spectroscopy. Appita J 59: 136-141.

12. Tonouewa JFMF, Langbour P, Biaou SSH, Assede ESP, Guibal D, Kouchade CA, Kounouhewa BB (2020) Anatomical and physico-mechanical properties of *Acacia auriculiformis* wood in relation to age and soil in Benin, West Africa. Eur J Wood Wood Prod 78: 745-756.

13. 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(4): 522-533.

ESTIMATING WOOD DENSITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF *Acacia auriculiformis* USING STRESS WAVE METHOD

Duong Van Doan[1*], Vang A Chua[1]

[1]*Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry*

SUMMARY

Using nondestructive evaluation technology to rapidly estimate wood properties is a strong interest in near the years. This study was conducted to exam the possibility of using the stress wave method for estimating wood density and mechanical properties of 5-year-old *Acacia auriculiformis* planted in Quang Tri, Vietnam. The mean values of wood density (AD), modulus of elasticity (MOE), and modulus of rupture (MOR) were 0.57 g/cm^3, 7.39 GPa, and 84.30 MPa, respectively. The results of this study showed that stress wave velocity (SWV) had a negative correlation with AD of *A. auriculiformis* wood. SWV had a positive statistically significant ($P < 0.05$), but weak ($r = 0.32$) correlation with MOE, and no correlation with MOR. Therefore, it would not be possible to effectively assess the mechanical properties of *A. auriculiformis* wood by using only the stress wave velocity. The possibility of prediction MOE increased considerably when SWV and AD were used together through calculation dynamic modulus of elasticity (MOE_d) with a correlation coefficient between MOE_d and MOE was 0.87 ($P < 0.001$).

Keywords: *Acacia auriculiformis*, MOE, MOR, stress wave, wood density.

Ngày nhận bài : 15/8/2021
Ngày phản biện : 16/9/2021
Ngày quyết định đăng : 06/10/2021