

Ứng dụng công nghệ sóng ứng suất để dự đoán chất lượng gỗ Trai lý (*Garcinia fagraeoides*) tại huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên

Dương Văn Đoàn^{1*}, Ngô Thị Hiền¹, Phạm Thu Hà¹, Lê Sỹ Hồng¹, Nguyễn Văn Tuyền²

¹Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên

²Ban quản lý rừng đặc dụng, phòng hộ tỉnh Thái Nguyên

Application of stress wave technology for predicting quality of *Garcinia fagraeoides* wood in Vo Nhai district, Thai Nguyen province

Duong Van Doan^{1*}, Ngo Thi Hien¹, Pham Thu Ha¹, Le Sy Hong¹, Nguyen Van Tuyen²

¹Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry

²Management Board of Special-Use and Protection Forests of Thai Nguyen province

*Corresponding author: duongvandoan@tuaf.edu.vn

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.13.2.2024.104-111>

TÓM TẮT

Đây là nghiên cứu đầu tiên ở Việt Nam khi ứng dụng công nghệ sóng ứng suất (phương pháp không phá hủy) để dự đoán tính chất gỗ cho loài Trai lý (*Garcinia fagraeoides*) có phân bố tự nhiên tại huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên. Giá trị vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV) được đo trên thân mỗi cây đứng và giá trị khối lượng riêng cơ bản (KLR) cũng được xác định từ các mẫu gỗ được lấy bằng phương pháp khoan tăng trưởng. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng SWV có tương quan nghịch ($P < 0,05$) với các chỉ số đường kính ngang ngực và chiều cao vút ngọn cây Trai lý, trong khi đó không có mối liên hệ có ý nghĩa thống kê được tìm thấy ($P > 0,05$) giữa SWV và KLR. Mô đun đàn hồi uốn tĩnh (E) gỗ Trai lý có tương quan rất cao ($r = 0,93$, $P < 0,001$) với giá trị SWV. Kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa thực tiễn quan trọng khi các nhà lâm sinh có thể sử dụng công nghệ sóng ứng suất để dự đoán nhanh được chỉ số E cho từng cây Trai lý, từ đó có thể lựa chọn được những cây Trai lý có tính chất gỗ cao kết hợp với các chỉ số sinh trưởng để làm cây mẹ trong quá trình chọn lọc và nhân giống nguồn gen Trai lý tại huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên.

ABSTRACT

This is the first study in Vietnam applying stress wave technology (non-destructive method) to predict wood properties for *Garcinia fagraeoides*, naturally distributed in Vo Nhai district, Thai Nguyen province. The value of stress wave velocity (SWV) was measured on the stem of each standing tree and the basic density (KLR) was also determined from wood samples taken by the growth drilling method. Research results showed that SWV has a negative correlation ($P < 0.05$) with both of diameter at breast height and height of *Garcinia fagraeoides* trees, while there was no statistically significant relationship ($P > 0.05$) between SWV and KLR. Modulus of elasticity (E) of *Garcinia fagraeoides* wood has a very high correlation ($r = 0.93$, $P < 0.001$) with SWV value. The results of this research have important practical significance as silviculturists can use stress wave technology to quickly predict the E index for each *Garcinia fagraeoides* tree, from which it is possible to select trees that have high wood properties combined with growth indicators to serve as mother tree in the process of selecting and breeding *Garcinia fagraeoides* genetic resources in Vo Nhai district, Thai Nguyen province.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 20/02/2024

Ngày phản biện: 22/03/2024

Ngày quyết định đăng: 05/04/2024

Từ khóa:

khối lượng riêng, mô đun đàn hồi uốn tĩnh, sóng ứng suất, Trai lý.

Keywords:

basic density, *Garcinia fagraeoides*, modulus of elasticity, stress wave.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trai lý (*Garcinia fagraeoides* A.Chev) thuộc họ Măng cụt (*Clusiaceae*), họ này có 35 chi, 800 loài phân bố chủ yếu ở vùng nhiệt đới, ở Việt Nam 7 chi với 50 loài [1]. Trai lý là cây gỗ lớn thường xanh, đường kính thân 0,7 - 0,8 m, cao trên 20 m, là loài cây sinh trưởng chậm, ưa sáng, thường mọc trên núi đá vôi, rễ phát triển ăn sâu vào các hốc và khe đá. Mùa ra hoa tháng 3-4, quả chín tháng 8-9, tái sinh rất kém, phân bố trên các dãy núi ở Miền Bắc và miền Trung: Bắc Kạn (Ba Bể), Lạng Sơn (Bắc Sơn, Mỏ Dẻ, Hữu Lũng, Hữu Liên), Nghệ An (Quỳ Châu), Ninh Bình, Hòa Bình, và Thái Nguyên. Trai lý là loài gỗ quý hiếm, gỗ rắn, nặng, không bị mối mọt, dùng làm nhà, bắc cầu, đóng đồ mỹ nghệ, nội thất [2]. Theo phân hạng Danh lục Sách Đỏ Việt Nam, cây Trai lý được phân hạng EN A1c,d (nguy cấp do suy giảm quần thể dưới hình thức suy giảm nơi cư trú, phân bố hoặc chất lượng nơi sinh cư và mức độ khai thác ngoài tự nhiên) [3]. Theo Nghị định 06/2019/NĐ-CP ngày 22/01/2019 của Chính phủ về quản lý thực vật rừng, động vật rừng nguy cấp, quý, hiếm và thực thi Công ước về buôn bán quốc tế các loài động vật, thực vật hoang dã nguy cấp thì cây Trai lý được xếp vào nhóm IIA (Nhóm có nguy cơ bị đe dọa tuyệt chủng) [4].

Các nghiên cứu về bảo tồn gen các cây gỗ quý ở Việt Nam hiện nay thì công việc lựa chọn cây trội để làm cây mẹ phục vụ cho công tác nhân giống chỉ tập trung dựa trên các yếu tố sinh trưởng như đường kính, chiều cao, hình dạng thân...[5]. Các cây trội được lựa chọn hoàn toàn không dựa trên chất lượng gỗ. Nguyên nhân chính là do để đánh giá được các tính chất gỗ, thì phương pháp truyền thống là phải cắt cây, tạo mẫu và đo theo tiêu chuẩn [6]. Nhưng trong nghiên cứu bảo tồn gen thì không thể cắt cây gỗ được. Do đó, các tính chất gỗ của cây mẹ hoàn toàn không được xác định. Điều

này ảnh hưởng rất lớn đến công tác chọn giống, bởi vì gỗ là một vật liệu sinh học do đó có sự biến động giữa các cây ngay trong một loài [7]. Bên cạnh đó, khả năng sinh trưởng tốt của mỗi cây không đồng nghĩa với chất lượng gỗ cũng tốt, thậm chí nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng sinh trưởng tỷ lệ nghịch với chất lượng gỗ. Đặc biệt, Trai lý là cây lấy gỗ nên chất lượng gỗ của cây mẹ phải được đánh giá. Vì vậy, cần có những nghiên cứu đánh giá chất lượng gỗ bằng công nghệ không phá hủy (không cần chặt hạ cây) trong các đề tài bảo tồn nguồn gen loài cây lâm nghiệp lấy gỗ nhằm lựa chọn được các cây mẹ không chỉ có sinh trưởng tốt mà còn có chất lượng gỗ cao để phục vụ nhân giống.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này nhằm ứng dụng công nghệ sóng siêu âm để dự đoán nhanh được tính chất gỗ Trai lý tại tỉnh Thái Nguyên. Kết quả của nghiên cứu sẽ có ý nghĩa quan trọng trong việc xác định nhanh được cây Trai lý nào có tính chất gỗ tốt, từ đó có thể được lựa chọn để làm cây mẹ phục vụ cho quá trình nhân giống.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

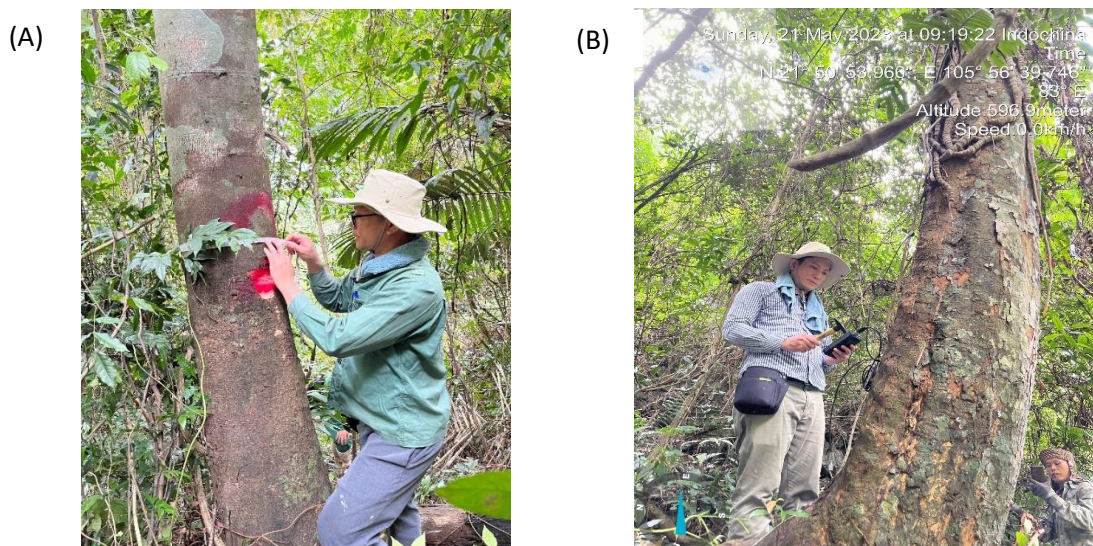
2.1. Vật liệu nghiên cứu

Các cây gỗ Trai lý phân bố tự nhiên tại 3 xã Sảng Mộc, Nghinh Tường và Thượng Nung thuộc huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên. Đây là các xã có rừng tự nhiên được quản lý bởi Ban quản lý rừng phòng hộ, đặc dụng tỉnh Thái Nguyên. Sau khi tham vấn từ cán bộ kiểm lâm của Ban quản lý, chúng tôi thực hiện điều tra sự phân bố cây Trai lý theo tuyến tại mỗi xã (mỗi xã 1 tuyến). Tại mỗi tuyến điều tra, các cá thể Trai lý được đo các chỉ tiêu sinh trưởng là đường kính ngang ngực - DBH (đường kính được đo tại vị trí cao 1,3 m tính từ mặt đất) (Hình 1A) và chiều cao vút ngọn. Các cây Trai lý được lựa chọn trong nghiên cứu này là những cây có đường kính ngang ngực từ 15 cm trở lên.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sau khi đo chỉ tiêu sinh trưởng, vận tốc truyền sóng ứng suất được đo trên thân cây cho mỗi cá thể Trai lý bằng thiết bị Fakopp (Fakopp Microsecond Timer, Fakopp Enterprise) theo phương pháp trong nghiên cứu của Van Duong và cộng sự [8] (Hình 1B). Cảm biến truyền và nhận được gắn lên thân cây

lần lượt ở vị trí 0,5 m và 1,5 m tính từ mặt đất. Thời gian truyền sóng được đo 5 lần bằng cách tác động lực lên cảm biến truyền. Vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV) được tính bằng khoảng cách truyền (1 m) chia cho giá trị trung bình thời gian của 5 lần đo.



Hình 1. Đo đường kính ngang ngực (A) và vận tốc truyền sóng ứng suất trên cây Trai lý (B)

Để xác định được giá trị khối lượng riêng cơ bản của mỗi cây Trai lý, dùng khoan tăng trưởng (Haglof, Thụy Điển) khoan vào thân cây tại vị trí cao 1,3 m theo hướng Bắc - Nam với độ sâu 10 cm (Hình 2A). Khi khoan chú ý hướng vào tâm cây, giữ mũi khoan thẳng. Sau khi rút mũi khoan ra khỏi cây, nhẹ nhàng lấy phần gỗ khoan được ra, sau đó gói vào giấy thiếc, ghi ký hiệu, xếp cẩn thận trong hộp đựng mẫu, tránh làm gãy mẫu rồi chuyển ngay tới phòng thí nghiệm trong vòng 24 giờ. Tiến hành đo thể tích mỗi mẫu bằng thiết bị MD-300S (Hình 2B). Sau đó tiến hành sấy mẫu trong tủ sấy với nhiệt độ $100 \pm 3^\circ\text{C}$ trong 24 giờ cho đến khi đạt khối lượng không đổi. Giá trị khối lượng riêng cơ bản (KLR) của mỗi mẫu được tính bằng công thức:

$$KLR = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Trong đó:

KLR là khối lượng riêng cơ bản (g/cm^3);

M là khối lượng mẫu gỗ ở trạng thái khô kiệt (g);
V là thể tích mẫu gỗ ở trạng thái tươi (cm^3).

Giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh (E) đo bằng phương pháp không phá hủy (công nghệ sóng ứng suất) được xác định theo công thức trong nghiên cứu của Van Duong và cộng sự (2018) [9]:

$$E = KLR \times SWV^2 \quad (2)$$

Trong đó:

E là mô đun đàn hồi uốn tĩnh xác định bằng công nghệ sóng ứng suất (GPa);

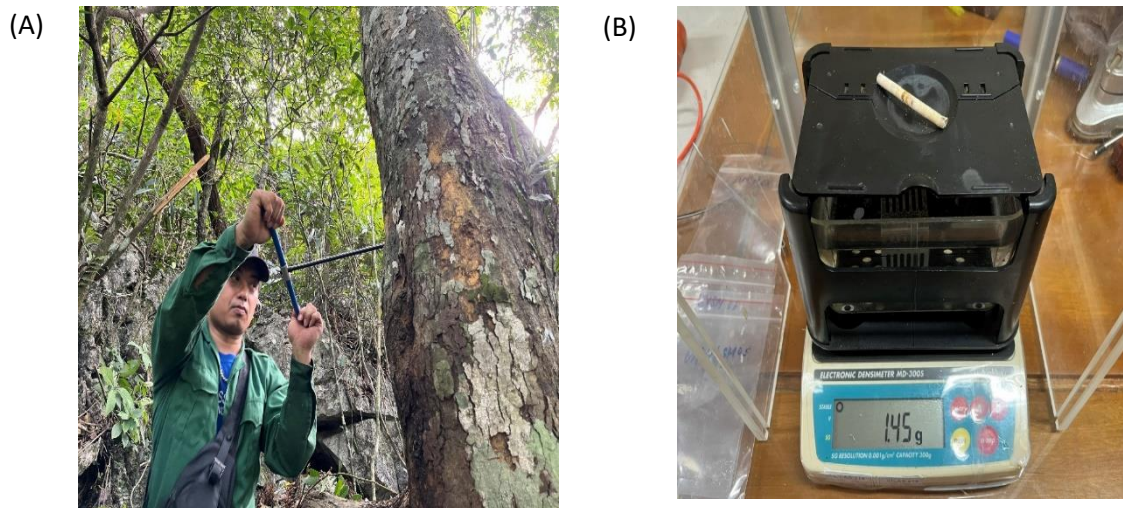
KLR: Khối lượng riêng cơ bản gỗ Trai lý (g/cm^3);

SWV: Vận tốc truyền sóng ứng suất đo trên thân đứng (m/s).

Các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn trong nghiên cứu này được tính toán bởi phần mềm R (Phiên bản 3.2.4). Phân tích phương sai ANOVA được sử dụng để kiểm tra liệu có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê của các thông số

SWV, KLR, E giữa ba địa điểm nghiên cứu. Dựa trên các dữ liệu thí nghiệm, mô hình hồi quy tuyến tính đơn giản (Linear regression analysis) được xây dựng giữa hai biến liên tục bằng

phương pháp bình quân nhỏ nhất. Hệ số tương quan (Pearson) được sử dụng để đánh giá mức độ tương quan giữa hai biến sử dụng trong mỗi mô hình.



Hình 2. Khoan lấy mẫu gỗ (A) và đo thể tích mỗi mẫu bằng thiết bị MD-300S (B)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Dưới sự hỗ trợ của cán bộ Ban quản lý rừng đặc dụng, phòng hộ tỉnh Thái Nguyên và người dân địa phương, nhóm tác giả đã điều tra được 07 cây Trai lý tại xã Sảng Mộc, 15 cây tại xã Nghinh Tường và 10 cây tại xã Thượng Nung (đây là những cây có đường kính ngang ngực lớn hơn 15 cm, thân thẳng, không phân cành và không có các biểu hiện sâu bệnh, khuyết tật). Bảng 1 trình bày kết quả trung bình chỉ số sinh trưởng cơ bản (đường kính ngang ngực và

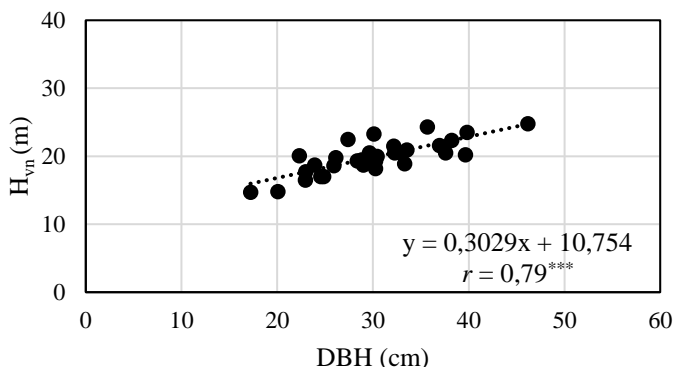
chiều cao vút ngọn) đo trên cây Trai lý ở mỗi xã cũng như giá trị trung bình trên cả 3 xã. Giá trị trung bình đường kính ngang ngực Trai lý ở cả ba xã trong nghiên cứu này là 30,10 cm trong đó ở xã Sảng Mộc là 26,26 cm, xã Nghinh Tường là 28,37 cm và ở xã Thượng Nung là 35,12 cm. Trong khi đó, giá trị trung bình chiều cao vút ngọn Trai lý ở cả ba xã là 19,87 m, thấp nhất ở xã Sảng Mộc là 17,99 m và cao nhất ở xã Thượng Nung là 21,87 m.

Bảng 1. Thông số cơ bản của Trai lý tại mỗi địa điểm nghiên cứu

Địa điểm	Số cây	DBH (cm)	H _{vn} (m)
Sảng Mộc	07	26,63 ± 5,34	17,99 ± 2,18
Nghinh Tường	15	28,37 ± 5,60	19,47 ± 2,07
Thượng Nung	10	35,12 ± 5,40	21,78 ± 1,87
Tổng	32	30,10 ± 6,36	19,87 ± 2,44

Tương quan giữa giá trị đường kính ngang ngực và chiều cao vút ngọn của các cá thể Trai lý trong nghiên cứu này cũng được phân tích như ở Hình 2. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng đường kính ngang ngực Trai lý có tương quan

dương với chiều cao vút ngọn với hệ số tương quan là $r = 0,79$. Kết quả nghiên cứu này là phù hợp với các nghiên cứu ở các loài phân bố tự nhiên, khi đường kính thân cây càng lớn thì có chiều cao vút ngọn cũng càng cao.



Hình 2. Tương quan giữa đường kính ngang ngực và chiều cao vút ngọn Trai lý
 (***: Có ý nghĩa thống kê với $P < 0,001$)

Bảng 2 trình bày giá trị vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV), khối lượng riêng (KLR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (E) đo trên cây Trai lý tại ba xã Sảng Mộc, Nghinh Tường và Thượng Nung thuộc huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên. Giá trị trung bình chung của các chỉ số SWV, KLR, và E ở ba xã thuộc huyện Võ Nhai lần lượt là 3696 m/s, 0,83 g/cm³, và 11,40 GPa. Đây là lần đầu tiên ở Việt Nam công nghệ sóng ứng suất được sử dụng để dự đoán chất lượng gỗ

cho loài Trai lý phân bố tự nhiên tại huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên. Công nghệ này đã được ứng dụng trên các loài cây rừng trồng ở Việt Nam. Cụ thể, giá trị trung bình SWV khi đo trên cây đứng Keo lá tràm là 3417 m/s [8], trên cây đứng Bạch đàn lai là 3341 m/s [10]. Như vậy giá trị SWV khi đo trên thân cây Trai lý tự nhiên là cao hơn so với đo trên loài Keo lá tràm và Bạch đàn lai rừng trồng.

Bảng 2. Thông số vận tốc truyền sóng (SWV), khối lượng riêng (KLR) và mô đun đàn hồi uốn tĩnh (E) đo trên cây Trai lý

Địa điểm	Số cây	SWV (m/s)	KLR (g/cm ³)	E (GPa)
Sảng Mộc	07	3750 ^a ± 205	0,85 ^a ± 0,04	12,05 ^a ± 1,59
Nghinh Tường	15	3707 ^a ± 142	0,82 ^a ± 0,03	11,28 ^a ± 1,00
Thượng Nung	10	3643 ^a ± 221	0,84 ^a ± 0,02	11,12 ^a ± 1,24
Tổng	32	3696 ± 182	0,83 ± 0,03	11,40 ± 1,23

Giá trị trung bình khối lượng riêng cơ bản (KLR) của cả ba xã trong nghiên cứu này (0,83 g/cm³) cao hơn rất nhiều so với các loài gỗ rừng trồng như Keo lá tràm (0,54 g/cm³) [8], Keo tai tượng (0,47 g/cm³) [11], hay Bạch đàn lai (0,52 g/cm³) [10]. Điều này là hoàn toàn phù hợp vì Trai lý là loài gỗ quý thuộc nhóm II, cùng nhóm với một số loài như Táu mật, Nghiến, Săng đào... [12].

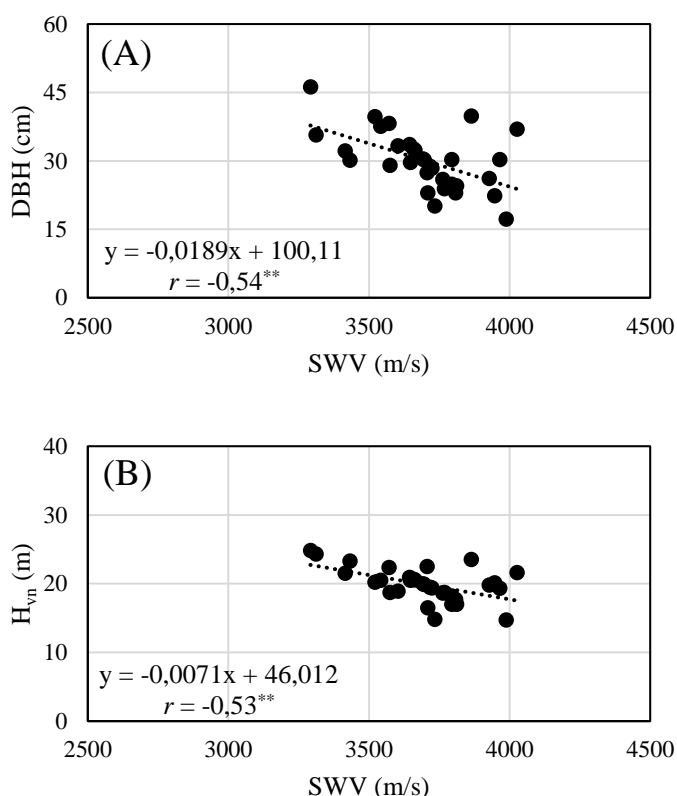
Kết quả phân tích phương sai ANOVA đã chỉ ra rằng không có sự khác biệt ($P > 0,05$) có ý nghĩa thống kê giá trị SWV, KLR và E của gỗ Trai lý đo tại ba xã Sảng Mộc, Nghinh Tường và Thượng Nung. Các tính chất gỗ của cùng loài mà khác nhau thì thường được giải thích bởi ảnh hưởng của điều kiện môi trường sống. Trong nghiên cứu này không có sự khác biệt các

tính chất gỗ Trai lý phân bố ở ba xã có thể được giải thích do ba xã Sảng Mộc, Nghinh Tường và Thượng Nung gần nhau và cùng thuộc huyện Võ Nhai, do đó không có sự khác biệt lớn về điều kiện khí hậu và môi trường sống.

Mối liên hệ giữa vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV) với chỉ số đường kính ngang ngực (DBH) và chiều cao vút ngọn (H_{vn}) cho các cây Trai lý được điều tra trong nghiên cứu này cũng được kiểm tra. Kết quả phân tích thống kê đã chỉ ra rằng vận tốc truyền sóng ứng suất có tương quan nghịch với cả đường kính ngang ngực và chiều cao vút ngọn. Cụ thể, hệ số tương quan giữa SWV và DBH là -0,54 (Hình 3A), trong khi đó hệ số tương quan giữa SWV và H_{vn} là -0,53 (Hình 3B). Kết quả này cho thấy rằng khi giá trị đường kính ngang ngực hoặc chiều cao

vút ngọn của cây Trai lý phân bố tại huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên càng lớn thì vận tốc

truyền sóng ứng suất đo trên thân cây Trai lý càng giảm.

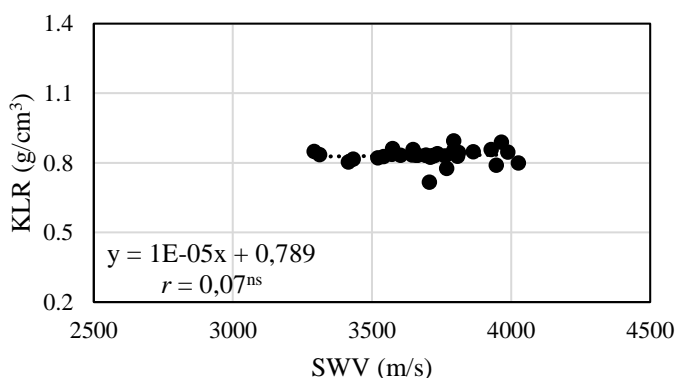


Hình 3. Tương quan giữa vận tốc truyền sóng ứng suất với đường kính ngang ngực (A) và chiều cao vút ngọn (B)

(**): Có ý nghĩa thống kê với $P < 0,01$

Khối lượng riêng (KLR) là một trong những chỉ số quan trọng nhất phản ánh chất lượng gỗ. KLR cũng là một chỉ số dễ đo đếm (là tỷ số khối lượng mẫu trên thể tích mẫu tương ứng) và thường có mối liên hệ mật thiết với nhiều tính chất vật lý và cơ học khác. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả cũng thực hiện kiểm tra mối liên hệ giữa vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV) với

giá trị khối lượng riêng cơ bản (KLR) (Hình 4). Tuy nhiên, không có mối liên hệ có ý nghĩa thống kê được tìm thấy giữa SWV và KLR ở các cây Trai lý được điều tra trong nghiên cứu này. Điều này chỉ ra rằng KLR của gỗ Trai lý không thể được dự đoán từ giá trị vận tốc truyền sóng ứng suất đo trên thân cây.



Hình 4. Tương quan giữa vận tốc truyền sóng ứng suất và khối lượng riêng gỗ Trai lý
(ns: Không có ý nghĩa thống kê, $P > 0,05$)

Trong nghiên cứu này giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh của gỗ Trai lý (E) được xác định bằng phương pháp không phá hủy (công nghệ sóng ứng suất) và được tính toán từ các chỉ số KLR và SWV như trình bày trong phần phương pháp ở công thức (2). Phân tích thống kê đã chỉ ra rằng cả KLR và SWV đều có tương quan thuận và có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) với giá trị E, tuy nhiên mức độ tương quan là khác nhau. Cụ thể, hệ số tương quan giữa E và KLR là 0,44 ($P < 0,01$) (Hình 5A), trong khi đó hệ số tương quan giữa E và SWV là 0,93 ($P < 0,001$) (Hình 5B). Kết quả này chỉ ra rằng chỉ số SWV có ảnh hưởng đến giá trị E lớn hơn rất nhiều so với chỉ số KLR. Do đó, chúng ta có thể sử dụng chỉ số SWV để dự đoán nhanh được giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh của gỗ Trai lý thông qua phương trình tương quan:

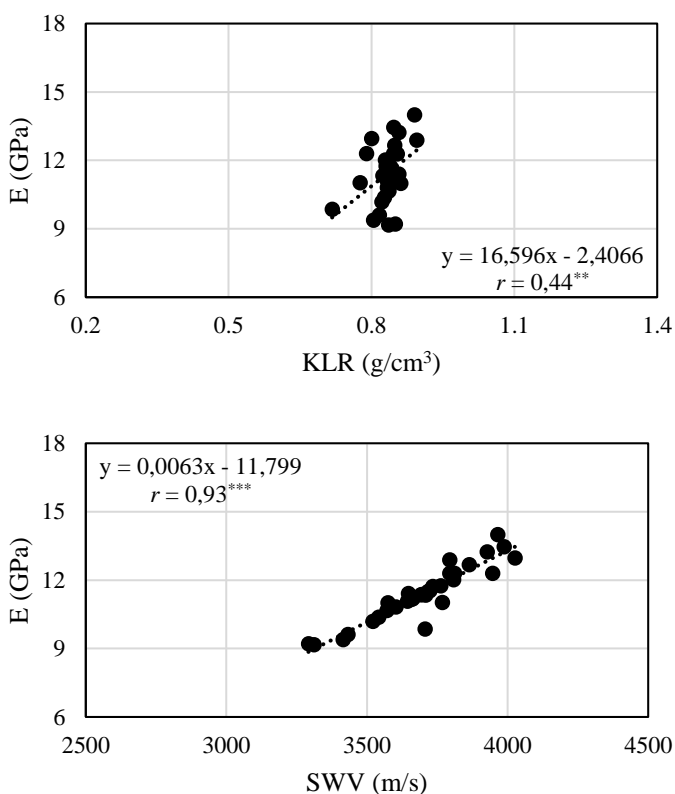
$$y = 0,0063x - 11,799.$$

Trong đó:

y là giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh (E);

x là giá trị vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV) đo trên thân cây Trai lý.

Trong một số nghiên cứu trước đó đối với các loài gỗ rừng trồng, nhóm tác giả cũng tìm thấy rằng vận tốc truyền sóng ứng suất có ảnh hưởng rõ ràng đến các tính chất cơ học của gỗ. Cụ thể, ở loài Keo lá tràm thì hệ số tương quan giữa vận tốc sóng ứng suất đo trên thân cây đứng với giá trị mô đun đàn hồi uốn tĩnh là 0,83 [7], trong khi đó hệ số tương quan này ở Bạch đàn là 0,61 [9]. Kết quả nghiên cứu này có ý nghĩa thực tiễn quan trọng khi các nhà lâm sinh có thể sử dụng công nghệ sóng ứng suất để dự đoán nhanh được chỉ số E cho từng cây Trai lý, từ đó có thể lựa chọn được những cây Trai lý có tính chất gỗ cao kết hợp với các chỉ số sinh trưởng để làm cây mẹ trong quá trình chọn lọc và nhân giống nguồn gen Trai lý tại huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên.



Hình 5. Tương quan giữa mô đun đàn hồi uốn tĩnh (E) với (A) khối lượng riêng (KLR) và (B) vận tốc truyền sóng ứng suất (SWV)

(**): Có ý nghĩa thống kê với $P < 0,01$; (***) : Có ý nghĩa thống kê với $P < 0,001$)

4. KẾT LUẬN

Một số kết quả chính đạt được từ nghiên cứu như sau:

- Giá trị trung bình chung của các chỉ số SWV, KLR, và E ở ba xã Sảng Mộc, Nghinh Tường và Thượng Nung thuộc huyện Võ Nhai, tỉnh Thái Nguyên lần lượt là 3696 m/s, 0,83 g/cm³, và 11,40 GPa. Kết quả phân tích phương sai ANOVA đã chỉ ra rằng không có sự khác biệt ($P > 0,05$) có ý nghĩa thống kê giá trị SWV, KLR và E của gỗ Trai lý giữa ba xã.

- SWV có tương quan nghịch ($P < 0,05$) với các chỉ số đường kính ngang ngực và chiều cao vút ngọn cây Trai lý, trong khi đó không có mối liên hệ có ý nghĩa thống kê được tìm thấy ($P > 0,05$) giữa SWV và KLR.

- SWV có ảnh hưởng rõ ràng đến giá trị E khi hệ số tương quan giữa SWV và E là 0,93 ($P < 0,001$). Điều này gợi ý rằng công nghệ sóng ứng suất có thể được sử dụng để dự đoán nhanh giá trị E của gỗ Trai lý nhằm phục vụ công tác chọn lọc được cây Trai lý có tính chất cơ học cao để nhân giống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Mộng Chân & Lê Thị Huyền (2000). Thực vật rừng. NXB Nông nghiệp.

[2]. Hà Văn Tiệp (2016). Nghiên cứu các biện pháp kỹ thuật gây trồng một số loài cây bản địa Trai Lý (*Garcinia fragraeoides* A.Chev), Vù Hương (*Cinnamomum balansae* Lec) và Sưa (*Dalbergia tonkinensis* Prain) nhằm phục hồi các trạng thái rừng nghèo kiệt tại Tây Bắc. Đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Bộ. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.

[3]. Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường (1996). Sách Đỏ Việt Nam. NXB Khoa học Kỹ thuật.

[4]. Chính phủ Việt Nam (2019). Nghị định về quản lý thực vật rừng, động vật rừng nguy cấp, quý, hiếm và thực thi công ước về buôn bán quốc tế các loài động vật, thực vật hoang dã nguy cấp. Nghị định số 06/2019/NĐ-CP ký ngày 22/01/2019, Hà Nội.

[5]. Vũ Văn Thông (2023). Bảo tồn nguồn gen cây Nghiến gân ba trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên. Báo cáo đề tài KHCN tỉnh Thái Nguyên.

[6]. Van Duong D., Hasegawa M. (2021). Predicting mechanical properties of clear wood from *Acacia mangium* provenances using ultrasound. *Bioresources*. 16(4): 8309-8319.

[7]. Zobel B.J. & Van Buijtenen J.P. (1989). Wood variation, its causes and control. Springer, Heidelberg.

[8]. Van Duong D., Schimleck L. R., Tran D. L., Vo H. D. (2022). Radial and among-clonal variations of stress-wave velocity, wood density, and mechanical properties in 5-year-old *Acacia auriculiformis* clones. *Bioresources*. 17(2): 2084-2096.

[9]. Van Duong D. & Matsumura J. (2018). Within-stem variations in mechanical properties of *Melia azedarach* planted in northern Vietnam. *Journal Wood Science*. 64: 329-337.

[10]. Van Duong D. & Schimleck L. (2022). Prediction of static bending properties of Eucalyptus clones using stress wave measurements on standing trees, logs and small clear specimens. *Forests*. 13: 1728.

[11]. Van Duong D., Schimleck L. R., Tran D. L. (2023). Variation in wood density and mechanical properties of *Acacia mangium* provenances planted in Vietnam. *Journal of Sustainable Forestry*. 42(5): 518-532.

[12]. Vũ Huy Đại, Tạ Thị Phương Hoa, Vũ Mạnh Tường, Đỗ Văn Bản & Nguyễn Tử Kim (2016). Giáo trình khoa học gỗ. NXB Nông nghiệp.