تباين طول الألياف والثقل النوعي في خشب شجرة السرو *Cupressus sempervirens* L. النامية بمنطقة الوسيطة بالجبل الأخضر.

* حميدة عبدالنبي يوسف فراج * رحاب جاب الله الغماري

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم خشب أشجار السرو *Cupressus sempervirens* L. النامية في منطقة الجبل الأخضر ، وقد تمت الدراسة على شجرة واحدة عمرها 45 سنة نامية بمنطقة الوسيطة، الشجرة المختارة أسقطت بالقرب من سطح الأرض ، وأخذت عينات منها على ارتفاعات مختلفة من القاعدة إلى القمة ، وذلك لدراسة نمط التباين في طول الألياف Fiber length والثقل النوعي Specific gravity في المسافة من النخاع إلى القلف ، ومن أسفل إلى أعلي ، باستخدام علاقة الانحدار الخطي البسيط، وقد بيّنت النتائج أن قيم الثقل النوعي للخشب تراوحت بين 0.558-0.811 ، وبدراسة العلاقة بين هذه القيم والعمر الكامبيومي ، أظهر الاتجاه العام أن العلاقة كانت سلبية ، أي إن قيمة الثقل النوعي تتناقص مع زيادة العمر الكامبيومي (كلما ابتعدنا من النخاع إلى الخارج)، في حين ، لم يكن هناك نمط واضح في العلاقة بين الثقل النوعي والارتفاع داخل الشجرة ، فكانت قيم معامل التحديد (R^2) صغيرة ، تراوحت من 0.3 %- 5.7 % ، وبدراسة العلاقة بين طول الألياف والعمر ،كان هناك تأثير إيجابي ، حيث إن متوسط طول الألياف يزداد كلما ابتعدنا عن النخاع ، أي بزيادة عمر الكامبيوم.

الكلمات المفتاحية : الثقل النوعي ، طول الألياف ،*Cupressus sempervirens* L. ، الجبل الأخضر.

مقدمة

تُعد أشجار السرو *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae) من ضمن الغابات الطبيعية في منطقة الجبل الأخضر ، كما تعد عنصرًا مهما للغطاء النباتي بها ، وهي شجرةٌ محليةٌ دائمةُ الخضرة ، مستوطنة في منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط وأمريكا الشمالية وآسيا شبة الاستوائية على ارتفاعات مختلفة ، وهي شجرةٌ متوسطة الحجم تنمو حتى ارتفاع 30 م بمتوسط 5 م، زُرعت على نطاق واسع كأشجار زينة لآلاف السنين بعيدًا عن نطاقها الأصلي ، ولا سيما في أنحاء منطقة البحر المتوسط الوسطى والغربية ، وتنمو في مناطق أخرى مشابهة ذات صيفٍ حارٍّ جافٍّ معتدلٍ وممطرٍ شتاءً (Khan, 2017)، وتنمو الشجرة في منطقة الجبل الأخضر تحت أمطار سنوية 300-1400ملم/سنة وتتحمل درجات حرارة منخفضة حتى -15 تحت الصفر(الزني and بيومي، 2006) ، وتستخدم الشجرة كمصدات للرياح وعلى جوانب الطرق ، كما إن لديها مقاومة عالية للرعي ؛ لقدرتها على استعادة نمو البراعم بسرعة ، كما تتحمل مدى واسعًا من أنواع الترب وتقاوم الجفاف والرياح ، وفي الظروف شبه الجافة تكون الغابات منها غير كثيفة تتشكل في صورة أشجار متباعدة. وتُعد أشجار *C. sempirverns* L. في منطقة الجبل نوعًا رئيسًا للأوج النباتي ، ويمتاز خشب السرو بصفات ميكانيكية ممتازة تزيد من قيمته الاقتصادية ، حيث ينتج

* قسم الغابات والمراعي ،كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة ، جامعة عمر المختار /البيضاء
* قسم الغابات والمراعي ،كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة ، جامعة عمر المختار /البيضاء

خشبًا ذا نوعٍ جيّد جدا (Hashemi and Kord, 2011)، وخشب السرو يستخدم على نطاق واسع في النجارة والدعائم وبناء السفن وإنشاء المباني ، حيث يتم استخدامه بشكل رئيس كأعمدة تسقيف (Paraskevopoulou, 1991) .

يُعد تقدير الثقل النوعيSpecific gravity للخشب من أفضل المؤشرات للتنبؤ بالخواص الميكانيكية و الفيزيائية والاستعمالات المتعددة للأخشاب(Hernandez *et al.*, 2007)(El-Ghemari, 2011)، (Bastin et al., 2015) ، وكقاعدة عامة أيضا ، لأن الأخشاب ذات قيم الثقل النوعي العالي ، تكون أكثر ملاءمة للاستخدام ، فالقوة مهمة جدا ، وداخل الشجرة يمكن أن يربط الاختلاف في الثقل النوعي بمعدل النمو والعمر(Jozsa and Brix, 1989) (Cave and Walker, 1994).

تشكل القصيبات Trachiedsالنسبة الكبرى من النسيج الخشبي في الأخشاب المخروطية – التي يعبر عنها بالألياف– ويتراوح طول القصيبات بين 3–5 ملم ، وتُعد الأخشاب المخروطية ذات القصيبات الأقل من 3 ملم أخشاباً قصيرة الألياف ، بينما الأخشاب التي تزيد عن 5 ملم ، تُعد أخشاباً مخروطية طويلة الألياف ، لذا فإن طول الألياف وعرض الألياف وسماكة جدار الخلية ، هي المحددات الرئيسة للخصائص وجودة المنتجات الورقية النهائية(Zubizarreta Gerendiain *et al.*, 2008) ، كما يُعتمد عليها في الكثير من الصناعات الخشبية ، مثل ألواح الخشب المعاكس Plywood ، ومتانة الأخشاب الليفية Fiber boards(Molteberg and Høibø, 2006)، من كل ما سبق نذكر أن الهدف من هذا البحث كان لدراسة أنماط التباين داخل الشجرة ، في طول الألياف والثقل النوعي لخشب أشجار السرو *C. sempirverns* L في منطقة الجبل الأخضر.

المواد وطرق البحث:

في هذه الدراسة تم اختيار شجرة سرو (*C. sempervirens* L.) عشوائيًّا بمنطقة الوسيطة بالجبل الأخضر، وكان للشجرة المختارة جذع مستقيم ، وارتفاع 8.9م ، وكان قطرها عند ارتفاع الصدر (dbh) 18سم، و بعمر45 سنة ، أسقطت الشجرة المختارة على مقربة من مستوى الأرض قدر الإمكان، وبعد ذلك قُسّم الجذع إلى 5 أجزاء متساوية الطول من القاعدة إلى القمة، وقبل قطع الشجرة وضعت علامة على اتجاه (على سبيل المثال الشمال والجنوب) ومن تم نقل علامة الاتجاه إلى كل قرص ، وتسجيل الارتفاع الذي يتم فيه أخذ كل قرص ، ولتقدير الثقل النوعيSpecific gravity وطول القصيبات Tracheids

أخذتُ شريحةً نصف قطرية بسمك 8سم من كل قرص في اتجاه الشمال من النخاع إلى القلف، قُسمت إلى عدة أجزاء حسب الفئات العمرية(5 سنوات لكل فئة عمرية) ، و قسم طول الشريحة إلى قسمين الأول : بسمك 2سم لتقدير الثقل النوعي ، و الثاني : بسمك 6 سم لقياس طول الألياف.

قدر الثقل النوعي لكل فئة عمرية عند كل مستوى بعدد إجمالي 31 عينة تبعًا لطريقة(Smith, 1954) من خلال المعادلة التالية :

$$S.G = 1/[(Mm - Mo) / Mo] + 1 / Gso)$$

حيث إن :**S.G** = الثقل النوعي ، **Mm** = وزن عينة الخشب المشبع بالماء (جرام) ،**Mo** = وزن عينة الخشب المجففة بالفرن (جرام) ،**Gso** = كثافة مادة الجدار الخلوي = 1.53جم/سم^3.

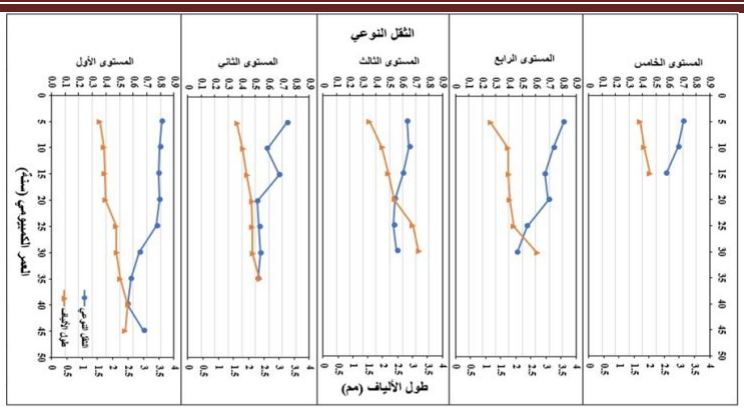
وتم قياس طول الألياف بعد عملية فصل الألياف باستخدام حامض الخليك الثلجيGlacial acetic acid ، وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 (30%) ، وصبغ الألياف بالسفرانين Safranine تبعا لطريقة (Franklin, 1946.)حيث تم قياس 15ليفة لكل عينة من الفئات العمرية عند كل مستوى ، بعدد إجمالي 465 ليفة ، مستخدمًا الميكروسكوب الضوئي.

التحليل الإحصائي:

استخدمتُ معادلات الانحدار الخطي البسيط (Simple regression) للتنبؤ بالعلاقة بين المتغيرات باستخدام البرنامج الإحصائيSPSS 16.0(Neter and Kutner., 1990) .

النتائج والمناقشة:

يوضح الشكل (1) التباين القطري لقيم الثقل النوعي وطول الألياف في المسافة من النخاع للقلف في خشب السرو الإيطالي بعمر 45 سنة ، وعند مستويات ارتفاع مختلفة ، حيث زادت قيم طول الألياف من النخاع إلى القلف بالنسبة لجميع مستويات ارتفاع الأشجار ، بينما حدث العكس لقيم الثقل النوعي.



شكل (1) يوضح سلوك كلا من الثقل النوعي وطول الألياف مع العمر الكامبيومي على مستويات مختلفة من ساق شجرة السرو .*Cupressus sempervirens* L.

عند قاعدة الشجرة (المستوى الأول) تناقصت قيم الثقل النوعي من النخاع إلى القلف ، ووصلت إلى أعلى قيمة لها (0.810) عند القلف ، ولوحظ التباين نفسه على جميع المستويات (ارتفاعات الشجرة المختلفة).

ويوضح الجدول (1) علاقة الانحدار البسيط بين الثقل النوعي والعمر الكامبيومي داخل كل مستوى من مستويات الشجرة المختلفة ،حيث أظهرت النتائج أن قيم معامل التحديد R^2 كانت عالية في كافة المستويات ، إذ تراوحت بين 61.7 %- 95.6% ، ويوضح الاتجاه العام أن العلاقة بين الثقل النوعي والعمر الكامبيومي كانت علاقة سلبية ، تتناقص مع زيادة العمر ، أي إن قيمة الثقل النوعي تنقص كلما ابتعدنا من النخاع إلى الخارج ، فكان هذا النمط من التباين في الثقل النوعي للخشب متفقًا مع (Sharma *et al.*, 2013)(Osazuwa-Peters *et al.*, 2014) ، وقد يرتبط ذلك بزيادة نسبة المستخلصات في خشب القلب ، مقارنة بالخشب العصاري في الخارج . وقد أوضحت دراسات أخرى زيادة الثقل النوعي من النخاع للقلف في بعض الأنواع النامية طبيعيًا بينما تغير نمط التباين مع عُمر الأنواع المستزرعة نفسها (Butterfield *et al.*, 1993) ، وكان التباين القطري في الثقل النوعي للخشب ، سمة مميزة للانتقال بين الخشب الناضج والحدث في خشب الجذوع الرئيس ،كما هو موجود في معظم الأنواع (Koubaa *et al.*, 2007)، وربما يرتبط معدل زيادة الكثافة (الثقل النوعي) من النخاع للقلف ، لتحسن ظروف النمو في مراحل لاحقة ، وزيادة النمو بالتعرض أكثر للشمس عمّا لو كانت صغيرة وفي مكان ظليل (Bastin *et al.*, 2015).

جدول (1) : علاقة الانحدار البسيط بين الثقل النوعي والعمر الكامبيومي لخشب ساق السرو *Cupressus sempervirens* L في منطقة الجبل الأخضر.

المستوى	معادلة الانحدار البسيط الثقل النوعي و العمر الكامبيومي ، سنة	معامل التحديد % R^2
الأول	$SG = 0.863 - 0.006\ A$	68.8

الثاني	$SG = 0.711 - 0.006\ A$	61.7
الثالث	$SG = 0.664 - 0.05\ A$	74.1
الرابع	$SG = 0.879 - 0.013\ A$	91.0
الخامس	$SG = 0.778 - 0.013\ A$	95.6

SG = الثقل النوعي ، A= العمر الكامبيومي.

كما يوضح جدول (2) علاقة الانحدار البسيط بين الثقل النوعي و الارتفاع في الشجرة وذلك بربط الفئات العمرية المشتركة مع مستويات الشجرة ، حيث بدأت الفئات العمرية المشتركة من عمر 30–45 سنة ، وكانت كل فئة تمثل 5 سنوات ، بينت النتائج أنه لا توجد علاقة واضحة بين الثقل النوعي والارتفاع داخل الشجرة في كافة الفئات العمرية المشتركة ، وكانت قيم معامل التحديد R^2 صغيرة تراوحت من 0.3–5.7%، أي لم يكن هناك تأثير واضح للارتفاع على قيم الثقل النوعي، وذلك ربما يرجع إلى طبيعة نمو الأشجار الخشبية ، حيث تكونت كل فئة عمرية تحت ظروف النمو نفسه في الشجرة نفسها في كافة المستويات ، كما أكد كل من (Wiemann and Williamson, 2014) في دراستهم للتباين في قيم الثقل النوعي داخل الشجرة ؛ أنه لم يكن هناك نمط ثابت لتأثير الارتفاع على قيم الثقل النوعي بين الأنواع المدروسة ، واختلف التأثير باختلاف طبيعة النمو (سريعة النمو وبطيئة النمو) .

جدول(2) : علاقة الانحدار البسيط بين الثقل النوعي و الارتفاع لخشب السرو في منطقة الجبل الأخضر.

المستوى	معادلة الانحدار البسيط الثقل النوعي و العمر الكامبيومي ، سنة	معامل التحديد R^2 %
45-40	$SG = 0.5543 - 0.00432\ H$	5.7
40-35	$SG = 0.5755 + 0.00191\ H$	0.6
35-30	$SG = 0.6405 + 0.00196\ H$	0.3

***SG* = الثقل النوعي ، *H*= ارتفاع الشجرة.**

تتفق هذه النتائج مع ما تحصل عليه(McGinnes and Dingeldein, 1969) حيث ذكرا أن الثقل النوعي يتأثر بدرجة كبيرة بالعمر الكامبيومي ، بينما كانت علاقتها بالارتفاع غير واضحة ، من ناحية أخرى فإن كثافة الخشب في أغلب الأخشاب المخروطية تتناقص بابتعاد رقم الحلقة عن النخاع (Mitchell and Denne, 1997)، (DeBell *et al.*, 2004) .

كما أوضحت نتائج طول الألياف Fiber length أن طول القصيبات لخشب السرو تراوحت بين 1.6–3ملم ، وبدراسة العلاقة بين طول الألياف من ناحية ، و العمر الكامبيومي والارتفاع داخل الشجرة من ناحية أخرى ؛ يوضح جدول (3) علاقة الانحدار البسيط بين طول الألياف و العمر الكامبيومي في المستويات المختلفة من خشب شجرة السرو، حيث إن متوسط طول

الألياف زاد من النخاع إلى القلف لجميع ارتفاعات العينات، أي بزيادة عمر الكامبيوم ، و تبين الدراسات السابقة أن طول الألياف يكون أقصر عند اللب، ويزيد بشدة إلى الخارج ثم يصبح مستقرا (Sharma *et al.*, 2013) ،كما اتفقت مع دراسة (Koubaa *et al.*, 2007) الذي أكد فيها أن المصدر الرئيسي للاختلاف هو وضع الحلقات السنوية من النخاع ، والتي تمثل حوالي 80% من التباين الكلي ، وكان من الملاحظ أن قيم معامل التحديد R^2 مرتفعة في كافة المستويات، مما يظهر التأثير الواضح لعمر الشجرة على طول الألياف، وهو الاتجاه الذي تم وصفه في معظم الأنواع والأجناس وكان يُعد المصدر الرئيسي للاختلاف داخل الشجرة (Ohshima *et al.*, 2003)(Carrillo *et al.*, 2015)

جدول(3): علاقة الانحدار البسيط بين طول الألياف والعمر الكامبيومي لخشب ساق السرو في منطقة الجبل الأخضر.

المستوى	معادلة الانحدار البسيط الثقل النوعي و العمر الكامبيومي ، سنة	معامل التحديد % R^2
الأول	$FL = 1.433 + 0.023\ A$	93.4
الثاني	$FL = 1.579 + 0.022\ A$	93.1
الثالث	$FL = 1.225 + 0.066\ A$	94.4
الرابع	$FL = 1.018 + 0.048\ A$	80.1
الخامس	$FL = 1.524 + 0.032\ A$	99.6

***FL*: طول الالياف ، *A*: العمر الكامبيومي .**

كما يوضح جدول (4) العلاقة بين طول الألياف وارتفاع الشجرة حيث بينت النتائج أنه لا توجد علاقة واضحة بين طول الألياف والارتفاع داخل الشجرة في كافة الفئات العمرية المشتركة ، وكانت قيم معامل التحديد R^2 متباينة تراوحت بين 2.2%- 61.3 %، أي لم يكن هناك تأثير واضح للارتفاع داخل الساق على طول الألياف، وذلك ربما يرجع إلى طبيعة نمو الأشجار الخشبية ، حيث تكونت كل فئة عمرية تحت نفس ظروف النمو في الشجرة نفسها في كافة المستويات (Carrillo *et al.*, 2015).

جدول(4): علاقة الانحدار البسيط بين طول الألياف والارتفاع لخشب السرو النامي في منطقة الجبل الأخضر.

المستوى	معادلة الانحدار البسيط الثقل النوعي و العمر الكامبيومي، سنة	معامل التحديد % R^2
45-40	$FL = 2.622 - 0.002\ H$	2.2
40-35	$FL = 2.585 + 0.008\ H$	25.6
35-30	$FL = 2.352 + 0.008\ H$	61.3

***FL*: طول الألياف ، *H*: ارتفاع الشجرة .**

شكر وتقدير

في نهاية البحث لا يسعنا إلا أن نشكر الداعم الأكاديمي والمعنوي لنا الأستاذ الدكتور د. عمر رمضان الساعدي كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة ، لمساعدته لنا في جمع العينات ، والتحضير للبحث ، كما نتقدم بجزيل الشكر أ. د. محمد على موسى آدم بقسم الوقاية ، كلية الزراعة ، جامعة عمر المختار لمساعدته لنا في توفير آليه لقياس طول الألياف .

Variation of Fiber Length and Specific Gravity in Wood of *Cupressus sempervirens L* Grown in AL-Wosaita *(* AL-Jabal AL- Akhdar) Region

Hameda A. y. Faraj Rehab G. El-Ghemari

[*]*Department of Forestry and Range Sciences, University of Omar Al Mukhtar, Libya*

Abstract: This study aimed to evaluate the Italian cypress *Cupressus sempervirens* L wood grown in El-Jabel El-Akhdar region.The study carried out on one tree, 45 years old, growing in Al-Wasita region the selected tree was fell as close to ground. Sampled at different height from the base - top to study the pattern of radial variation in the fibers length and specific gravity in the distance from pith to bark and the base to top, data were analyzed using simple regression technique, Results indicated that the specific gravity values ranged between 0.558-0.811. When studying the relationship between specific gravity and cambial age, the general trend showed that the relationship was negative, that is, the value of the specific gravity decreases with the increase of the cambial age (pith to bark).While there was no clear pattern in the relationship between specific gravity and height, with small values of R^2 ranged from 0.3 to 5.7 %. When examining the relationship between fiber length and the cambial age, there was a positive effect, fiber length increased radically from pith to bark.

المراجع :

1. **الزني**، ا. ع **و بيومي**، م. ع. (**2006**). الأشجار والشجيرات الهامة المحلية والمستوردة بالجبل الأخضر . ليبيا.، الدار الأكاديمية للطباعة والتأليف والترجمة والنشر.طرابلس .ليبيا.270 صفحة.

2. bastin, J.-F., Fayolle, A., Tarelkin, Y., Van Den Bulcke, J., De Haulleville, T., Mortier, F., Beeckman, H., Van Acker, J., Serckx, A. & Bogaert, J. (2015). Wood specific gravity variations and biomass of central African tree species: The simple choice of the outer wood. Plos One, 10, E0142146.

3. Butterfield, R. P., Crook, R., Adams, R. & Morris, R. (1993). Radial variation in wood specific gravity, fibre length and vessel area for two central American hardwoods: Hyeronima alchorneoidesand Vochysia guatemalensis: natural and plantation-grown trees. Iawa Journal, 14, 153-161.

4. Carrillo, I., Aguayo, M. G., Valenzuela, S., Mendonca, R. T. & Elissetche, J. P. (2015). Variations in wood anatomy and fiber biometry of Eucalyptus globulus genotypes with different wood density. Wood Research, 60, 1-10.

5. 5Cave, I. & Walker, J. (1994). Stiffness of wood in fast-grown plantation softwoods: the influence of microfibril angle. Forest Products Journal, 44, 43.

6. Debell, D. S., Singleton, R., Gartner, B. L. & Marshall, D. D. (2004). Wood density of young-growth western hemlock: relation to ring age, radial growth, stand density, and site quality. Canadian Journal of Forest Research, 34, 2433-2442.

7. El-Ghemari, R. G. (2011). Growth analysis, fiber length and specific gravity of baldcypress (Taxodium distichum (l.) rich) grown in noubaria region. master of science, Alexandria University.103Pp

8. Franklin, G. L. (1946)A rapid method of softening wood from microtome sectioning . trop. woods, Trop. Woods, Yale Univ., Sch. For. 88: 35-36.

9. Hashemi, S. K. H. & Kord, B. 2011. Variation Of Within-Stem Biometrical And Physical Property Indices Of Wood From Cupressus Sempervirens L. Bioresources, 6, 1843-1857.

10. Hernandez, R. E., Koubaa, A., Beaudoin, M. & Fortin, Y. (2007). Selected mechanical properties of fast-growing poplar hybrid clones. Wood And Fiber Science, 30, 138-147.

11. Jozsa, L. & Brix, H. (1989). The effects of fertilization and thinning on wood quality of a 24-year-old douglas-fir stand. Canadian Journal of Forest Research, 19, 1137-1145.

12. Khan, M. F. (2017). Biomedicinal and chemical profile of cupressus sempervirens: A mini review. Archivos De Medicina, 2, 16.

13. Koubaa, A., Hernández, R. E., Beaudoin, M. & Poliquin, J. (2007). Interclonal, intraclonal, and within-tree variation in fiber length of Poplar hybrid clones. Wood And Fiber Science, 30, 40-47.

14. Mcginnes, E. A. & Dingeldein, T. (1969). Selected wood properties of eastern redcedar (Juniperus virginiana, l.) grown in missouri. University of Missouri-Columbia College of Agriculture Agricultural Experiment Station

15. Mitchell, M. & Denne, M. (1997). Variation in density of Picea sitchensis in relation to within-tree trends in tracheid diameter and wall thickness. Forestry: An International Journal of Forest Research, 70, 47-60.

16. Molteberg, D. & Høibø, O. (2006). Development and variation of wood density, kraft pulp yield and fibre dimensions in young norway spruce (Picea abies). Wood Science and Technology, 40, 173-189.

17. Neter, J. W., W. & Kutner., M. H. (1990).Applied linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs,, 3rd Ed. Rd Irwin Press, Homewood, Il-Linois.

18. Ohshima, J., Yokota, S., Yoshizawa, N. & Ona, T. (2003). Within-tree variation of detailed fibre morphology and the position representing the whole-tree value in Eucalyptus camaldulensis and E. globulus. Appita Journal, 56, 476-482.

19. Osazuwa- Peters, O. L., Wright, S. J. & Zanne, A. E. (2014). Radial variation in wood specific gravity of tropical tree species differing in growth–mortality strategies. American Journal of Botany, 101, 803-811.

20. Paraskevopoulou, A. (1991). Variation of wood structure and properties of Cupressus sempervirens var. horizontalis in natural populations in Greece. Iawa Journal, 12, 195-204.

21. Sharma, C., Sharma, M. & Carter, M. J. (2013). Radial variation in fibre length and wood density of melanorrhoea usitata wall.The Indian Journal of Forestry, 139, 518-520.

22. Smith, D. M. (1954). Maximum Moisture Content Methods For Determining Specific Gravity of Small Wood Samples., Usda Forest Prod. Lab., Madison Wisconsin Rep.2014,8 Pp.

23. Wiemann, M. C. & Williamson, G. B. (2014). Wood specific gravity variation with height and its implications for biomass estimation. usda forest service, Forest products laboratory, Research Paper, Fpl-Rp-677, 2014; 12 P., 677, 1-12.

24. Zubizarreta Gerendiain, A., Peltola, H., Pulkkinen, P., Jaatinen, R. & Pappinen, A. (2008). Differences in fibre properties in cloned norway spruce (Picea abies). Canadian Journal of Forest Research, 38, 1071-1082.