مجلة جامعة الملك سعود، م١٠، العلوم الزراعية (٢)، ص ص ٢٣٥-٢٥٢، الرياض (١٤١٨هـ/١٩٩٨م)

علاقة الخصائص التشريحية للأخشاب بكثافتها

تاج الدين حسين نصرون[١] وثبيت سفر سعيد الشهراني[٢]
(١) مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، الإدارة العامة لبرامج المنح
و(٢) قسم الإنتاج النباتي، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود

(قدم للنشر في ٢٦/ ٤/١٤١٧هـ؛ وقبل للنشر في ٣/٧/ ١٤١٨هـ)

ملخص البحث. يعزى التباين الذي يميز خصائص الأخشاب إلى الاختلاف في بنيتها التشريحية. لذلك أجريت هذه الدراسة كجزء من برنامج طويل يهدف إلى إيجاد علاقات تربط الخصائص التشريحية للأخشاب بخصائصها الأخرى واستعمال هذه العلاقات في المستقبل للتنبؤ بالخصائص الأخرى للأخشاب باستخدام خصائصها التشريحية. واستخدمت الوسائل الاستريولوجية لتحليل البنية التشريحية لخمسة أنواع من الأخشاب وتم تقدير كثافة هذه الأخشاب. ثم أجري تحليل التباين وتحليل أقل فرق معنوي على هذه البيانات. كما أجري تحليل الانحدار الخطي بين الكثافة كمتغير تابع والخصائص التشريحية كمتغيرات مستقلة واستخلص النموذج الرياضي الناتج عن هذا التحليل والذي يربط الكثافة بأهم الخصائص التشريحية التي تؤثر عليها، كما أجري تحليل الترابط. واشتملت أنواع الأخشاب التي تمت دراستها على الآتي: الكازورينا والكافور واللبخ والأثل والسمر. وقد أظهرت النتائج تبايناً واضحاً في الغالبية العظمى من الخصائص بين أنواع الأخشاب المختلفة. كما أظهرت علاقات موجبة وعلاقات سالبة بين هذه الخصائص مثل العلاقة الموجبة بين الكثافة من ناحية وسمك الجدار الخلوي ونسبة رانكل ومعامل قساوة الألياف وطول الألياف من ناحية أخرى. وقد ظهر من نتائج تحليل الانحدار الخطي أن أهم الخصائص التشريحية المؤثرة على الكثافة كانت سمك الجدار الخلوي للألياف وقطر الخلايا البرانشيمية ونسبة الفراغات الخلوية.

مقدمة

الخشب مادة طبيعية من أصل بيولوجي متباينة الخصائص. ويعزى هذا التباين لاختلاف البنية التشريحية للأخشاب والتي أجريت عليها دراسات عديدة، ولكن كان

معظمها تحليلات نوعية وصفية وتضاءلت محاولات التحليل الكمي لخصائص الأخشاب التشريحية في الماضي بالرغم من فوائدها في إيجاد علاقات بين الخصائص التشريحية والخصائص الأخرى للأخشاب. وتأتي هذه الدراسة للتوسع في مجال التحليلات الكمية للبنية التشريحية للأخشاب وربطها مع بقية الخصائص. واستعمال الوسائل الاستريولوجية في هذه التحليلات يمكننا من الحصول على أرقام تمثل الخصائص التشريحية والتي تيسر عمل تحليلات إحصائية تقود إلى إيجاد علاقات وثيقة في شكل نماذج رياضية أو معادلات يمكن على ضوئها تقدير أي خصائص أخرى من القياسات الأستريولوجية للبنية التشريحية للأخشاب [٢،١] واستخدمت الوسائل الأستريولوجية لتجنب العيوب المتصلة بالطرق التقليدية لتحليل البنيات التشريحية للأخشاب والتي يمكن تلخيصها في الوقت الطويل والجهد الذي تتطلبه هذه الطرق مما يضطر الباحث لتقليل حجم العينات التي يمكن قياسها وبالتالي يمكن أن تؤثر على درجة انضباط القياسات، خاصة وأن التباين الشديد في خصائص الأخشاب بما فيها الخصائص التشريحية يتطلب قياس عينات كبيرة. وهذا يمكن تحقيقه بالوسائل الأستريولوجية السريعة. وسرعة هذه الوسائل ناتجة من أنها تعتمد على عمليات عد للنقاط والمكونات بدلاً من القياسات المباشرة للمكونات الخشبية. هذا بالإضافة إلى أن التحليلات الأستريولوجية ملائمة للتحويل إلى نظم آلية وأوتوماتيكية نحصل منها على نتائج فورية في ثوان معدودة. للحصول على معلومات أكثر عن القواعد الأستريولوجية راجع [٢-٥]. والصفة الطبيعية التي تمت مقارنتها بالخصائص التشريحية في هذه الدراسة هي كثافة الأخشاب. وتعد كثافة الأخشاب من أهم المؤشرات الدالة على الخصائص الأخرى للأخشاب[٦ ص٢٢٠]. وكانت هي المؤشر الوحيد المستعمل قبل التطورات التي طرأت على التحليلات التشريحية وظهور هذه الوسائل الحديثة للتحليل الكمي للبنية التشريحية للأخشاب والتي ساعدت على إجراء دراسات عديدة لربط الخصائص التشريحية للأخشاب بخصائصها الأخرى [٧، ٨]. وتهدف الدراسة كجزء من برنامج طويل يرمي إلى إيجاد علاقات ثابتة بين البنية التشريحية والخصائص

الأخرى للأخشاب بغرض تقدير أو حساب أي من هذه الخصائص الأخرى في المستقبل من الخصائص التشريحية للأخشاب. وفي إطار الهدف العام يركز البحث على الأهداف المحددة التالية:

١- تطبيق الوسائل الاستريولوجية في تحليل البنية التشريحية لبعض الأخشاب المحلية لتحليلها تحليلا كمياً.

٢- تقدير كثافة أنواع الأخشاب تحت الدراسة.

٣- إيجاد علاقة رياضية بين الكثافة كمتغير تابع والخصائص التشريحية كمتغيرات مستقلة. ومحاولة معرفة أكثر الخصائص التشريحية تأثيراً على الكثافة.

مواد وطرق البحث

مواد البحث

أجريت هذه الدراسة على خمسة أنواع من الأخشاب الصلدة المنتجة من أشجار نامية تحت ظروف منطقة الرياض. نوعان منها مستوطنان هما:

١- الأثل *Tamarix aphylla* (L.) Karst

٢- السمر *Acacia tortilis* (Forssk) Hane subsp. tortilis

وثلاثة أنواع مستجلبة هي:

٣- الكازورينا *Casuarina glauca* Sieb.

٤- الكافور *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.var. obtusa

٥- اللبخ *Albizia lebbeck* (L.) Benth.

طرق البحث

نشرت جذوع الأشجار المقطوعة من كل نوع من أنواع الأخشاب الخمسة إلى عينات رباعية المقطع صغيرة وأخذت منها عينات عشوائية لإجراء تحليلات البنية التشريحية وعينات أخرى لإيجاد الكثافة. تم اختيار عينات التشريح من ارتفاع

مستوى الصدر (١,٣م من سطح رض) وأعيد نشر بعضها إلى مكعبات صغيرة (١ سم^3) لإعداد شرائح مجهرية للمقاطع العرضية للخشب وقطع بعضها إلى حبيبات أو شظايا صغيرة لتحليلها وتفكيكها إلى مكوناتها الأساسية خاصة الألياف ومنها يتم تقدير متوسط طول الألياف.

تقدير طول الألياف

تمت عملية الفصل بين الألياف لعزلها عن بعضها البعض بوضع الشظايا الخشبية في أنابيب زجاجية وغمرها بخليط من ثاني أكسيد الأيدروجين (٣٠٪) وحامض الخليك الثلجي بنسبة ١:١ ووضعت الأنابيب في الفرن على درجة حرارة ٦٠°م لمدة ٤٨ ساعة. وتم تغيير المحلول في نصف المدة أي بعد ٢٤ ساعة. وتم ترشيح المحلول بعد نهاية المدة (٤٨ ساعة) وغسلت الألياف بالماء المقطر للتأكد من خلوها من محلول الهضم. ورجت الألياف مع كمية معقولة من الماء لتحريرها عن بعضها. ثم صبغت الألياف بنقعها في صبغة الصفرانين (١٪) لمدة ٢٤ ساعة غسلت بعدها العينات بالماء المقطر وأعدت شرائح من هذه الألياف بمعدل ١٠ شرائح لكل نوع. وتمت عملية العد الاستريولوجي باستعمال المجهر العاكس الذي يعكس الشرائح على شبكة مربعة طول ضلعها ٢٧ سم تتقاطع فيها ٤ خطوط أفقية مع ٤ خطوط عمودية. وشمل العد ما يلي:

١- عدد نقاط تقاطع خطوط الاختبار الأفقية مع حدود الألياف (P) في عدد من الحقول. ومن هذه النقاط تم حساب عدد نقاط التقاطع للمليمتر الواحد (PL) وذلك بقسمة عدد نقاط التقاطع على طول خط الاختبار (L). وطول خط الاختبار يساوي الطول الحقيقي للخط الأفقي الواحد (طول ضلع الشبكة بالمليمتر) مقسوما على درجة التكبير (١٠٠ في هذه الحالة) والحاصل يضرب في عدد الخطوط الأفقية كما في المعادلة التالية:

$$L = \frac{270}{100} \times 4 = 10.8\ mm$$

ثم يحسب متوسط عدد نقاط التقاطع للمليمتر الواحد ($\overline{PL}$) لجميع الحقول التي تم عدها.

٢- بعد ذلك تعد الألياف الواقعة داخل الشبكة المربعة (N) ومنها يحسب عدد الألياف للمليمتر المربع (NA) وذلك بقسمة (N) على مساحة الشبكة التي يقع عليها الحقل المعكوس (A) وتحسب هذه المساحة بالطريقة نفسها التي تم بها حساب طول خط الاختبار كما في المعادلة التالية:

$$A = (\frac{270}{100})^2 = 2.29 mm^2$$

ثم يحسب متوسط عدد الألياف للمليمتر المربع لجميع الحقول التي تم عدها ($\overline{NA}$) ثم تستبدل هذه القيم في المعادلة الاستريولوجية لحساب متوسط طول الألياف ($\overline{L}$) كإحدى الخصائص التشريحية الهامة للأخشاب وذلك من المعادلة التالية:

$$\overline{L} = \frac{\pi PL}{2NA}$$

قياسات المقطع العرضي

تم غلي المكعبات التي سبق ذكرها في الماء لتليينها وتسهيل عملية قطع شرائح المقطع العرضي منها. وقد أعدت القطاعات العرضية باستعمال الميكروتوم المتزلق وصبغت القطاعات بنقعها في صبغة الصفرانين لمدة ٤٨ ساعة غسلت بعدها القطاعات بالماء المقطر، ثم وضعت في تركيزات تصاعدية من الكحول (٣٠، ٥٠، ٧٠، ٩٠، ١٠٠٪) ثم صبغت القطاعات في صبغة الأخضر السريع لفترة قصيرة ثم غسلت بكحول ١٠٠٪ ونقلت إلى محلول زايلول (٥٠٪) في كحول مطلق، ثم وضعت في زايلول نقي استعداداً لتحميلها.

حملت القطاعات على شرائح نظيفة بمعدل ١٠ شرائح للنوع الواحد. بعد ذلك أجريت عملية العد على حقول تم اختيارها عشوائياً بمعدل حقلين من كل شريحة وذلك بعكسها من المجهر على شبكة مربعة طول ضلعها ٢٨سم في هذه الحالة تتقاطع فيها ٥ خطوط أفقية مع ٥ خطوط أخرى عمودية مكونة بذلك ٢٥ نقطة تقاطع والتي تعرف بنقاط الاختبار والتي سيرد ذكرها في حساب نسب مكونات الخشب. أما خط الاختبار (L) ومساحة الاختبار (A) فقد تم حسابها بالطريقة

السابقة نفسها وفي هذه الحالة كان طول ضلع الشبكة ٢٨سم ودرجة التكبير (X٥٠٠) وعليه فإن قيمة خط الاختبار (L) هي :

$$(L) = \frac{280}{500} \times 5 = 2.8 \text{ mm}$$

وكذلك تم حساب مساحة الاختبار (A) من:

$$(A) = (\frac{280}{500})^2 = 0.3136 \text{ mm}^2$$

ثم أجريت عملية العد على أنواع الخلايا والأنسجة المختلفة في المقطع العرضي للأخشاب. شملت البيانات الاستريولوجية المتحصل عليها من عمليات العد ($\bar{P}L$) و ($\bar{N}A$) كما ورد في حالة طول الألياف أعلاه بالإضافة إلى ($\bar{P}p$) وهي عبارة عن نسبة النقاط الواقعة على كل مكون. ويتم إيجادها بعد نقاط الاختبار الواقعة على المكون المعني، ثم يقسم هذا العدد على عدد نقاط الاختبار (٢٥ في هذه الحالة). ونسبة النقاط هذه (Pp) تعد تقديرا لنسبة مساحة المكون (A_A) أو نسبة حجمه (V_V) في المجسم. وتم الحصول على هذه البيانات لكل نوع من أنواع الخلايا وامتدت نسبة النقاط (Pp) لتشمل أيضا الجدر الخلوية والفراغات الخلوية والأشعة الخشبية. واستخدمت هذه البيانات لحساب الخصائص التشريحية التالية:

١- نسبة أنواع الأنسجة والخلايا المختلفة ($\bar{P}p$)

٢- أقطار أنواع الخلايا المختلفة إذ يساوي متوسط قطر الخلية $(\bar{d}) = \frac{\bar{P}L}{2\ \bar{N}A}$

٣- متوسط قطر الفراغ الخلوي للألياف $((\bar{L}d)) = \sqrt{\frac{4\bar{P}P(\text{Lumen})}{\pi \bar{N}A}}$

إذ $Pp(Lumen)$ = نسبة مساحة الفراغات الخلوية.

٤- ضعف سمك الجدار الخلوي للألياف (DCWT) = متوسط قطر الألياف - متوسط قطر الفراغ الخلوي.

كما تم حساب بعض النسب الهامة من هذه الأبعاد. مثل:

٥- نسبة رانكل = $\frac{DCWT}{LD}$

٦- معامل قساوة الألياف $\frac{DCWT}{2\bar{d}}$

٧- مؤشر كثافة الألياف = $\frac{\bar{P}P(CellWall)}{\bar{P}P(Lumen)}$

إذ P_P (cell wall) = نسبة مساحة الجدر الخلوية

P_P (Lumen) = نسبة مساحة الفراغات الخلوية

قياس كثافة الأخشاب

تم إيجاد كثافة الأنواع المختلفة من الأخشاب حسب الطريقة القياسية الأمريكية لاختبار المواد ASTM وذلك بعد اختيار ١٥ عينة خشبية من كل نوع. وفي هذه الطريقة تم قياس حجم العينات الجافة هوائيا عن طريق الإزاحة.

بعد ذلك أجري تحليل التباين على جميع البيانات المتحصلة (التشريحية والكثافة) للبحث عن أي فروق معنوية في هذه القياسات بين الأنواع وتبعه تحليل أقل فرق معنوي عند مستوى ٥٪ لتحديد توجهات الفروق إن وجدت. بعد ذلك أجري تحليل الانحدار الخطي المتعدد بين الكثافة كمتغير تابع والخصائص التشريحية كمتغيرات مستقلة واستخلص النموذج الرياضي الناتج عن هذه التحليلات [٥، ٧]. كما تم تقدير معامل الارتباط بين الخصائص المدروسة.

النتائج

الخصائص التشريحية والكثافة

يوضح الجدولان رقما (١و٢) متوسط نسب مساحة أنواع الخلايا والأنسجة المختلفة لأنواع الأخشاب المختلفة كنسب مئوية من مساحة المقطع العرضي للأخشاب. ويحتوي الجدول رقم (١) على متوسط نسب الفراغات الخلوية ونسب الجدر الخلوية لأنواع الأخشاب المختلفة (الأوعية والألياف والبرانشيما) بالإضافة إلى نتائج التحليلات الإحصائية. وقد أوضح تحليل التباين وجود فروق معنوية في نسب الفراغات الخلوية للأوعية والألياف والخلايا البرانشيمية و لم تكن هناك فروق معنوية بين الأنواع في نسب الجدر الخلوية للأوعية وكانت P=0.0001 في جميع الحالات التي أظهرت فروقا معنوية ما عدا نسب مساحة الجدر الخلوية للخلايا البرانشيمية إذ كانت P=0.009. وأظهر تحليل أقل فارق معنوي (LSD) عند مستوى ٥٪ أن أعلى نسبة للفراغات الخلوية للأوعية كانت للأثل يليه الكافور بدون فارق معنوي بينهما، ثم الكازورينا بفارق معنوي عن الأثل وبدون فارق معنوي عن الكافور، وأخيرا السمر واللبخ. أما نسب الفراغات الخلوية في الألياف فقد كان أعلاها في الكافور يليه اللبخ والكازورينا بدون فارق معنوي بين الثلاثة ثم الأثل بفرق معنوي عن الكافور فقط، وأخيرا السمر. وكانت أعلى نسبة للفراغات الخلوية للخلايا البرانشيمية للسمر يليه اللبخ والأثل والكازورينا بفارق معنوي ويأتي الكافور في المؤخرة بفارق معنوي عن البقية.

وباستعراض نسب الجدر الخلوية لأنواع الخلايا المختلفة ونتائج تحليل أقل فارق معنوي الجدول رقم (١) ذكرنا عدم وجود فروق معنوية في نسب الجدر الخلوية للأوعية، بينما كانت هناك فروق معنوية في نسب الجدر الخلوية للألياف والبرانشيما. وأظهر تحليل أقل فارق معنوي لنسب الجدر الخلوية للألياف أن أعلى النسب كانت للبخ يليه الكافور والكازورينا بدون فارق معنوي، ثم السمر بفارق معنوي عن اللبخ وبدون فارق معنوي من الكافور والكازورينا وأخيرا الأثل وبفارق معنوي عن الجميع.

الجدول رقم (١). متوسط نسب مساحة الفراغات الخلوية والجدر الخلوية لأنواع الخلايا المختلفة (٪) ونتائج التحليلات الإحصائية.

النوع	الفراغات الخلوية للأوعية	الجدر الخلوية للأوعية	الفراغات الخلوية للألياف	الجدر الخلوية للألياف	الفراغات الخلوية للبرانشيما	الجدر الخلوية للبرانشيما
الكازورينا	١٢ر٠ bc	٣ر٢	١٠ر٠ ab	٤٢ر٠ ab	٧ر٢ b	٦ر٠ a
الكافور	١٥ر٤ ab	٤ر٠	١٣ر٠ a	٤٤ر٤ ab	٢ر٢ c	٢ر٦ b
اللبخ	٨ر٢ c	٢ر٦	١١ر٦ ab	٤٩ر٨ a	٩ر٢ b	٤ر٢ ab
الأثل	١٨ر٤ a	٢ر٦	٨ر٨ b	١٩ر٤ c	٨ر٨ b	٣ر٠ b
السمر	١٠ر٢ c	١ر٢	٣ر٨ c	٤١ر٤ b	٢٠ر٨ a	٦ر٢ a
أ.ف.م. +	٤ر٣	١ر٨	٣ر٨	٧ر٧	٤ر٦	٢ر٤
مستوى المعنوية	٠ر٠٠٠١	*	٠ر٠٠٠١	٠ر٠٠٠١	٠ر٠٠٠١	٠ر٠٠٩

+ أقل فرق معنوي

- المتوسطات التي يقابلها الحرف نفسه في كل عمود لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى معنوية ٠ر٠٥

* لم تكن هناك فروق معنوية بين الأنواع.

وبلغت نسبة الجدر الخلوية للبرانشيما أعلاها في السمر والكازورينا يليهما اللبخ بدون فارق معنوي بينهما، ثم الأثل والكافور بفارق معنوي عن السمر والكازورينا وبدون فارق معنوي عن اللبخ. ويبين الجدول رقم (٢) متوسط نسب مساحة أنواع الخلايا والنسب الكلية للجدر والفراغات الخلوية والأشعة الخشبية بالإضافة إلى نتيجة التحليلات الإحصائية. ويتضح من هذا الجدول أن نسبة الأوعية بلغت أعلاها في الأثل يليه الكافور بدون فارق معنوي، بينهما ثم الكازورينا. وأخيرا السمر واللبخ وبفارق معنوي عن بقية الأنواع. أما نسبة الألياف فكانت أكثر في اللبخ عن بقية الأنواع يليه الكافور بدون فارق معنوي بينهما، ثم الكازورينا فالسمر بفارق معنوي عن كل ما سبقه، وأخيرا الأثل بفارق معنوي عن جميع الأنواع الأخرى. وكانت نسبة البرانشيما أعلاها في السمر يليه اللبخ والكازورينا والأثل بفارق معنوي عن السمر. وأخيرا الكافور بفارق معنوي عن بقية الأنواع. وبلغت النسبة الكلية للجدر الخلوية أعلى مستوى في اللبخ يليه الكافور والكازورينا والسمر بدون فارق معنوي بينها، وكان الأثل في المؤخرة بفارق معنوي عن البقية. أما النسب الكلية للفراغات الخلوية فلم تظهر فروقا معنوية بين الأنواع، بينما بلغت نسبة الأشعة الخشبية أعلى معدلاتها في الأثل يليه الكازورينا فالكافور والسمر بفارق معنوي عن الأثل، ويأتي اللبخ في المؤخرة لكن بدون فارق معنوي من الكافور والسمر.

ويتضمن الجدول رقم (٣) متوسط أبعاد أنواع الخلايا المختلفة ومكوناتها ونتيجة التحليلات الإحصائية. وكانت أطول أقطار الأوعية للأثل يليه اللبخ والسمر والكافور بدون فارق معنوي بين الأنواع الأربعة وتأتي الكازورينا في المؤخرة وبفارق معنوي عن البقية. ولم تظهر أي فروق معنوية في أقطار الألياف بين أنواع الأخشاب المختلفة. أما أقطار البرانشيما فقد بلغت أعلاها في اللبخ يليه السمر بدون فرق معنوي، بينهما ثم الأثل فالكافور وأخيرا الكازورينا. وكان قطر الفراغ الخلوي للألياف في الأثل هو الأكبر بين أنواع الأخشاب المختلفة يليه الكافور بفارق معنوي ثم اللبخ والكازورينا وأخيرا السمر وبفارق معنوي عن بقية الأنواع. وبلغ سمك الجدار الخلوي لألياف السمر أعلى معدل بين الأنواع، يليه الكازورينا بدون فارق معنوي ثم

الجدول رقم (٢). متوسط نسب مساحة أنواع الخلايا والنسب الكلية للجدر والفراغات الخلوية والأشعة الخشبية (٪) ونتائج التحليلات الإحصائية.

الأنواع	نسبة الأوعية	نسبة الأليف	نسبة البرانشيما	نسبة الجدر الخلوية	نسبة الفراغات الخلوية	نسبة الأشعة الخشبية
الكازورينا	١٥ر٢ bc	٥٢ر٢ bc	١٣ر٢ b	٥١ر٤ a	٢٩ر٢	١٩ر٤ b
الكافور	١٩ر٤ ab	٥٧ر٤ ab	٤ر٨ c	٥١ر٠ a	٣٠ر٦	١٨ر٤ bc
اللبخ	١٠ر٨ c	٦١ر٤ a	١٣ر٤ b	٥٦ر٦ a	٢٩ر٠	١٤ر٤ c
الأثل	٢١ر٠ a	٢٨ر٢ d	١١ر٨ b	٢٥ر٠ b	٣٦ر٠	٣٩ر٠ a
السمر	١٢ر٤ c	٤٥ر٢ c	٢٧ر٠ a	٤٩ر٨ a	٣٤ر٨	١٥ر٤ cb
أ.ف.م +	٤ر٩	٧ر٣	٥ر٨	١٩ر٠	٧ر٥	٤ر٥
مستوى المعنوية	٠ر٠٠٠٢	٠ر٠٠٠١	٠ر٠٠٠١	٠ر٠٠٠١	*	٠ر٠٠٠١

* الرموز كما في الجدول رقم (١).

اللبخ بفارق معنوي عن الكازورينا يليه الكافور وبفارق معنوي عن جميع ما سبق وأخيرا الأثل بفارق معنوي عن جميع الأنواع.

الجدول رقم (٣). متوسط أبعاد الخلايا المختلفة ومكوناتها (ميكرون) ونتائج التحليلات الإحصائية.

النوع	أقطار الأوعية	أقطار الألياف	أقطار البرانشيما	قطر الفراغ الخلوي للألياف	سمك الجدار الخلوي للألياف
الكازورينا	٧٠ر٣ b	١١ر٦	١٤ر٧ d	٥ر٤ bc	٦ر١ ab
الكافور	١١٠ر٤ a	١٠ر٤	١٧ر٥ cd	٥ر٩ b	٤ر٤ c
اللبخ	١٣٨ر٧ a	١١ر٩	٢٧ر٠ a	٥ر٨ bc	٦ر٠ bc
الأثل	١٤٢ر١ a	١١ر٩	٢٠ر٨ bc	٩ر١ a	٢ر٧ d
السمر	١٣٥ر٣ a	١١ر٥	٢٤ر٣ ab	٣ر٧ c	٧ر٧ a
أ.ف.م +	٣٦	١ر٧	٤ر٧	٢ر٢	١ر٧
مستوى المعنوية	٠ر٠٠٣٩	*	٠ر٠٠٠٤	٠ر٠٠١٨	٠ر٠٠٠٢

الرموز كما في الجدول رقم (١).

ويوضح الجدول رقم (٤) متوسط طول الألياف للأنواع المختلفة ونسب أبعادها في المقطع العرضي والكثافة بالإضافة إلى نتيجة التحليلات الإحصائية وكانت ألياف السمر هي الأطول بين الأنواع يليه اللبخ والكازورينا بفارق معنوي عن السمر ثم الأثل، وأخيرا الكافور بدون فارق معنوي عن الأثل. وبلغت نسبة رانكل أعلاها مع السمر أيضا يليه اللبخ والكازورينا بدون فارق معنوي بينهما ولكن بفارق معنوي عن السمر، ثم الكافور وأخيرا الأثل. أما معامل قساوة الألياف فكانت أعلى في السمر يليه الكازورينا بدون فارق معنوي عن السمر، ثم اللبخ والكافور بدون فارق معنوي بينهما وبين الكازورينا، ولكن بفارق معنوي عن السمر وأخيرا الأثل بفارق معنوي عن الجميع. وبلغ مؤشر كثافة الألياف أعلى نسبة في اللبخ والكازورينا والكافور بدون فارق معنوي بينهما يليها السمر بدون فارق معنوي. وأخيرا الأثل بدون فارق معنوي عن السمر ولكن بفارق معنوي عن بقية الأنواع. أما كثافة الأخشاب الموضحة في العمودين

الأخيرين فقد بلغت أعلى معدلاتها مع السمر والكازورينا بدون فارق معنوي بينهما يليهما اللبخ بفارق معنوي، ثم الأثل والكافور بفارق معنوي عن اللبخ.

الجدول رقم (٤). متوسط طول الألياف (مم) ونسب أبعادها في المقطع العرضي والكثافة (جم/سم٣) ونتائج التحليلات الإحصائية.

الأنواع	طول الألياف (مم)	نسبة رانكل	معامل قساوة الألياف	مؤشر كثافة الألياف	الكثافة (جم/سم٣)
الكازورينا	١ر٧٥ b	١ر١٩ b	٠ر٢٧ ab	١ر٩١ a	٠ر٧٦ a
الكافور	١ر٤٧ c	٠ر٧٧ bc	٠ر٢١ b	١ر٧٥ a	٠ر٦٤ c
اللبخ	١ر٨٦ b	١ر٠٤ b	٠ر٢٥ b	٢ر٠٢ a	٠ر٦٩ b
الأثل	١ر٦٥ bc	٠ر٣٥ c	٠ر١٢ c	٠ر٧١ b	٠ر٦٦ c
السمر	٢ر١٤ a	٢ر٣٠ a	٠ر٣٤ a	١ر٤٩ ab	٠ر٧٨ a
أ.ف.م +	٠ر٢٢	٠ر٦٢	٠ر٠٨	٠ر٨٠	٠ر٠٢٥
مستوى المعنوية	٠ر٠٠١٤	٠ر٠٠٠١	٠ر٠٠٠٣	٠ر٠٢٣٣	٠ر٠٠٠١

الرموز كما في الجدول رقم (١).

علاقة الخصائص التشريحية ببعضها

أوضح تحليل الارتباط وجود علاقات قوية بين بعض الخصائص التشريحية، منها العلاقة السالبة بين نسبة الألياف ونسبة الأوعية (معامل ارتباط (م ر)= -٠,٥٠٢)، والعلاقة السالبة بين نسبة الفراغات الخلوية وكل من نسبة الألياف (م ر = -٠,٧٢٣)، ونسبة الجدر الخلوية (م ر =-٠,٨٧٠)، والعلاقة الموجبة بين نسبة الجدر الخلوية ونسبة الألياف (م ر =٠,٩٤٧). كذلك أظهر تحليل الارتباط العلاقة الموجبة بين نسبة الأشعة ونسبة الأوعية (م ر =٠,٦٩٦)، والعلاقة السالبة بين نسبة الأشعة وكل من نسبة الألياف (م ر =-٠,٧٤٣)، ونسبة الجدر الخلوية (م ر =-٠,٨٧٠).

أما فيما يختص بعلاقات أبعاد الخلايا فقد ظهر من تحليل الارتباط العلاقة الموجبة بين قطر الفراغ الخلوي للألياف وكل من نسبة الفراغات الخلوية (م ر =٠,٤٢٠)، ونسبة الأشعة (م ر =٠,٦٧٠)، والعلاقة السالبة بين قطر الفراغ الخلوي للألياف وكل من نسبة الألياف (م ر =-٠,٥٧٨)، ونسبة الجدر الخلوية (م ر =-٠,٧٣٨)،

بالإضافة إلى العلاقة الموجبة بين سمك الجدار الخلوي للألياف ونسبة الجدر الخلوية (م ر =٠,٦٠٠)، والعلاقة السالبة بين سمك الجدار الخلوي للألياف وكل من نسبة الأوعية (م ر =-٠,٧١٨) ونسبة الأشعة (م ر =-٠,٧١٧)، وقطر الفراغ الخلوي للألياف (م ر =-٠,٧٤٥). كذلك أظهر تحليل الارتباط العلاقة الموجبة بين نسبة رانكل وكل من نسبة الجدر الخلوية (م ر =٠,٥٠٦)، وسمك الجدار الخلوي (م ر =٠,٨٢٠). كما بين التحليل وجود علاقة سالبة بين نسبة رانكل وكل من نسبة الأوعية (م ر =-٠,٨٦٠)، ونسبة الأشعة (م ر =-٠,٥٨٨)، وقطر الفراغ الخلوي للألياف (م ر =-٠,٨٩٢). وبما أن التحليل أظهر أيضا علاقات موجبة بين نسبة رانكل من جهة وكل من معامل قساوة الألياف (م ر =٠,٩٣٤)، ومؤشر كثافة الألياف، فإن النسبتين الأخيرتين لهما علاقات مشابهة لعلاقة نسبة رانكل مع بقية الخصائص التشريحية. أما علاقة طول الألياف ببقية الخصائص التشريحية كما ظهر من تحليل الارتباط فقد كانت موجبة مع كل من سمك الجدار الخلوي (م ر =٠,٧٦٩)، ونسبة رانكل (م ر =٠,٦٧٩)، ومعامل قساوة الألياف (م ر =٠,٦٧٨)، وسالبة مع نسبة مساحة الأوعية (م ر =-٠,٦٣٧)، وقطر الفراغ الخلوي للألياف (م ر =-٠,٥١٥).

علاقة الكثافة بالخصائص التشريحية

أظهر تحليل الارتباط علاقة موجبة بين الكثافة من جهة وكل من معامل قساوة الألياف (م ر =٠,٧١٥)، وسمك الجدار الخلوي للألياف (م ر =٠,٧٨٢)، ونسبة رانكل (م ر =٠,٧١١)، وطول الألياف (م ر =٠,٧٣٣). كما بين تحليل الارتباط أيضا وجود علاقة سالبة بين الكثافة وكل من نسبة الأوعية (م ر =-٠,٥٠٨)، وقطر الفراغ الخلوي للألياف (م ر =-٠,٥٤٥)، ونسبة الأشعة (م ر =-٠,٥٢٩). وتبين من تحليل الانحدار الخطي أن أهم الخصائص التشريحية المؤثرة على الكثافة (MD) كانت متوسط سمك الجدار الخلوي للألياف (DCWT) وقطر البرانشيما (DP) ونسبة

الفراغات الخلوية (PPL) بالإضافة إلى بعض الخصائص التشريحية الأخرى، كما يبين النموذج الرياضي التالي:

$$MD= 0.49 + 0.30\ PPL - 3.72\ DP + 32.69\ DCWT$$

ويفسر هذا النموذج ٧٧٪ من التباين الموجود داخل الكثافة.

المناقشة

تعد علاقة الخصائص التشريحية بالخصائص الأخرى للأخشاب مجالا جديدا في تخصص خصائص وتكنولوجيا الأخشاب، وتزامن بدء مشوار البحث عن هذه العلاقات مع التطور الكبير الذي حدث في وسائل التحليلات الكمية للبنيات التشريحية للأخشاب. وبرزت الوسائل الاستريولوجية كطريقة سريعة وسهلة ومضبوطة وقياسية لإجراء هذه التحليلات تحليلا كميا وإيجاد علاقات تربطها مع خصائص الأخشاب الأخرى. وبالرغم من قلة الدراسات التشريحية للأخشاب الصلدة في المناطق المدارية إلا أنه يمكن استخلاص بعض المقارنات في هذا المجال وقد جاءت نتائج هذه الدراسة متوافقة مع نتائج بعض الدراسات السابقة [٣، ٨] .

وقد كشفت نتائج التحليلات المختلفة بما في ذلك تحليل الارتباط عن وجود علاقات مختلفة مثل العلاقة السالبة بين نسبة الأوعية ونسبة الألياف، وهي علاقة تكاملية بحيث ترتفع نسبة الأوعية مع انخفاض نسبة الألياف وبالعكس. وكذلك العلاقة الطردية بين نسبة الجدر الخلوية ونسبة الألياف، والعلاقة العكسية بين نسبة الجدر الخلوية ونسبة الأوعية، وهذا شئ متوقع نظرا لأن نسبة الجدر الخلوية في الألياف أعلى بكثير من نسبة الفراغات الخلوية فيها والعكس صحيح بالنسبة للأوعية. أما العلاقة السالبة بين نسبة الفراغات الخلوية وكل من نسبة الألياف ونسبة الجدر الخلوية فيمكن تفسيرها بالعلاقة العكسية بين الفراغات الخلوية والجدر الخلوية، ولأن للألياف نسبة عالية من الجدر الخلوية مقارنة مع الفراغات الخلوية كما أظهرت الدراسة علاقات عديدة أخرى منطقية بين الخصائص التشريحية المختلفة.

أما العلاقة السالبة بين الكثافة من ناحية ونسبة الأوعية ونسبة الأشعة وقطر الفراغ الخلوي للألياف من ناحية أخرى فتعود إلى النسبة المنخفضة للجدر الخلوية في الحالات الثلاث، لأن الجدر الخلوية تمثل المادة الخشبية الصلبة ولذلك تزداد الكثافة بزيادة نسبة الجدر الخلوية وللسبب نفسه كانت العلاقة موجبة بين الكثافة من جهة وكل من نسبة الجدر الخلوية ونسبة الألياف وسمك الجدار الخلوي ونسبة رانكل ومعامل قساوة الألياف وطول الألياف، إذ تزداد نسبة الجدر الخلوية، وهذا يتفق مع ما توصل إليه Quirk (1984) [٩] بوجود علاقة تربط الكثافة مع سمك الجدار الخلوي.

المراجـــع

[١] Steele, J.H.; Ifju, G.; and Jhonson, J.A. "Quantitative Characterization of Wood Microstructure." *J. Microscopy*, 107(3), (1976), 297-311.

[٢] Ifju, G. "Quantitative Wood Anatomy-Certian Geometrical Statistical Relationships." *Wood and Fiber Science*, 5(4), (1983), 326-337.

[٣] Nasroun, T.H. "Quantitative Microstructural Characteristics of Seven Tropical Hardwoods and their Relationships to Papermaking Properties." *Ph.D.thesis*, Verginia Polytechnic Institute and State University (Unpublished), (1978).

[٤] نصرون ، تاج الدين حسين. "استخدام الوسائل الاستريولوجية لدراسة تأثير عمر الأشجار ومستوى الارتفاع على البنية التشريحية للأخشاب". *مجلة الخليج العربي للبحوث العلميـــة*، م١٠(٢)، (١٩٩٦م)، ٥٢٥-٥٥٠.

[٥] الشهراني، ثبيت سفر . "علاقة التركيب التشريحي للأخشاب ببعض خواصها الطبيعية." *رسالة ماجستير، غير منشورة*. كلية الزراعة، *جامعة الملك سعود*. (١٩٩٥م).

[٦] Panshin, A. J. and Dezeeuw, C. T*extbook of Wood Technology*. 4th ed. Vol. 1. New York: McGraw-Hill Book Co., (1980).

[٧] Ifju, G; Chimelo, J.P.; and Nasroun, T. Structure-Property Relation for Wood and Wood Products. *Proceedings.*" *V. Inter-American Conference on Material Technology*, IPT, SPa Brazil, (1978), 252-260.

[٨] Nasroun,T.H. and Osman. T. Elzaki. The Relationship Between the Anatomical Structure and the Mechanical Properties of Wood. *Sudan Silva*, 2 (26), (1987), 88-99.

[٩] Quirk, T.J. Shrinkage and Related Properties of Douglas-fir Cell Walls. *Wood and Fiber Sci.*16(1),(1984), 115-133.

The Relationship between Anatomical Structure and Density of Wood

Tageldin H. Nasroun[1] and Thobayet S. Alshahrani[2]

(1) King Abdulaziz City for Science and Technology

(2)Plant Production Department, College of Agriculture, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia

(Received 26/4/1417; accepted for publication 3/7/1418)

Abstract. Wood, being a natural material is very variable. This variability is attributed mostly to variations in the anatomical structure of wood. This investigation was carried out as part of a long term program which aims at finding relationships between anatomical properties and other wood properties and use these relationships for predicting these properties from anatomical properties. Stereological techniques were used to characterize five wood species anatomically. The density of these five wood species was also estimated; and the two sets of data were analyzed statistically. Analysis of variance was carried out first followed by the test of Least Significant Difference (L.S.D) for significant differences between species and trends. Regression analysis was also carried out between density as the dependent variabale and the anatomical properties as the independent variabales. Mathematical models were established to relate density to anatomical properties. Correlation analysis was also carried out. The wood species used in this study included *:Tamarix aphylla, Acacia tortilis, Casuarina glauca, Eucalyptus camaldulensis* and *Albizia lebbeck.* The investigation revealed significant differences between wood species with respect to most of their anatomical properties. It also showed some high positive and negative correlations between various anatomical properties. It was also evident from the results of the regression analysis that the most important anatomical properties affecting wood density were: cell wall thickness, diameter of parenchyma cells and lumen fraction.