

Estimating the wood volume and aboveground biomass of *Pinus brutia* Ten. in Kfardabeel afforestation site, Jableh region

Dr.Ali Thabt*
Dr. Wael Ali**
Dr.Ilene Mahfoud***
Hanan Khnaisih****

(Received 9 / 11 / 2021. Accepted 5 / 6 / 2022)

□ ABSTRACT □

This study aimed at estimating the wet above-ground biomass and wood volume of *Pinus brutia* Ten. in planted forest of Kfardabeel, Jableh region, for obtaining a database that is used as a basis for site management plans by finding a mathematical model that allows estimating these parameters based on the diameter of the tree.

In the summer of 2019, 20 square samples were taken, with an area of 3600 m² each, distributed randomly over the entire site, which has an area of 114 h. The diameter at breast height (dbh) for all trees in the studied samples were measured, the measured trees were distributed in the appropriate diameter classes. Ten trees were chosen (covering all diameter classes), cut and weighed in order to estimate the biomass, woody volume and form factor of these trees and then used to form the mathematical models needed to estimate the biomass and wood volume at the sample level.

The biomass estimation results showed high values of the coefficient of determination for the selected exponential models, where its value was $R^2=0.99$, the average value of the above-ground biomass for Brutia pine was 224.6 ton/h, the value of the average wood volume of trees stems was 179.1 m³/h and the basal area was 26.5 m²/h, The value of mean annual increment was 4 m³/h/year, and the average value of the form factor was 0.49, at an age of 45 years and a tree density of 1232 tree/h.

Exponential mathematical models can be used to estimate the aboveground biomass of Brutia pine at the studied site. The use of these models helps to reduce time, effort, and cost, and to adopt the results in the forest management plans.

Key words: Brutia pine (*Pinus brutia* Ten.), Above-ground Biomass, Wood Volume, Kfardabeel afforestation site.

* Professor, Departement of renewable natural resources and ecology, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Syria. alithabt@yahoo.fr

** Associate Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria. waelali15@hotmail.com

*** Associate Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.. mahfoudilene@gmail.com

**** Postgraduate Student (Master), Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria. hanankhnaisih@gmail.com

تقدير المخزون الخشبي والكتلة الحيوية فوق الأرضية للسنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* في موقع تحريج كفردبيل، منطقة جبلة

د.علي ثابت*

د.وائل علي**

د.ايلين محفوظ***

حنان خنيسة****

(تاريخ الإيداع 9 / 11 / 2021. قبل للنشر في 5 / 6 / 2022)

□ ملخص □

هدفت هذه الدراسة إلى تقدير الكتلة الحيوية فوق الأرضية الرطبة والمخزون الخشبي لأشجار السنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* في موقع تحريج كفردبيل في منطقة جبلة، من أجل الحصول على قاعدة بيانات تستخدم كأساس لخطط تنظيم وإدارة الموقع وذلك من خلال إيجاد نموذج رياضي يسمح بتقدير تلك البارامترات بالاعتماد على قطر الشجرة.

في صيف عام 2019 أخذت 20 عينة مربعة الشكل بمساحة 3600 م² لكل منها موزعة على كامل الموقع بشكل عشوائي والذي تبلغ مساحته 114 هكتار. تم قياس القطر على ارتفاع الصدر (dbh) لجميع الأشجار في العينات المدروسة، تم توزيع الأشجار المقاسة في صفوف الأقطار المناسبة. كما تم اختيار 10 أشجار (ممثلة لجميع صفوف الأقطار) وقطعها ووزنها من أجل تقدير الكتلة الحيوية والمخزون الخشبي ومعامل الشكل لهذه الأشجار ومن ثم استخدامها لتشكيل النماذج الرياضية اللازمة لتقدير الكتلة الحيوية والمخزون الخشبي على مستوى العينات.

أظهرت نتائج تقدير الكتلة الحيوية قيماً عالية لمعامل التحديد للنماذج الأسية المختارة حيث بلغت قيمته $R^2=0.99$ وبلغت قيمة متوسط الكتلة الحيوية فوق الأرضية للسنوبر البروتي 224.6 طن/هـ وكانت قيمة متوسط المخزون الخشبي لجذوع الأشجار 179.1 م³/هـ والمساحة القاعدية 26.5 م²/هـ ومعدل النمو السنوي 4 م³/هـ/سنة ومتوسط قيمة معامل الشكل 0.49 وذلك بعمر 45 سنة وبكثافة شجرية 1232 شجرة/هـ.

يمكن استخدام النماذج الرياضية الأسية لتقدير الكتلة الحيوية فوق الأرضية لأشجار السنوبر البروتي في الموقع المدروس. يساعد استخدام هذه النماذج على اختصار الوقت والجهد والتكلفة واعتماد النتائج في خطط تنظيم وإدارة الغابات.

الكلمات المفتاحية: السنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.*، الكتلة الحيوية فوق الأرضية، المخزون الخشبي، موقع تحريج كفردبيل.

* أستاذ، قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، سورية. alithabt@yahoo.fr

** أستاذ مساعد، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. waelali15@hotmail.com

*** أستاذ مساعد، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. mahfoudilene@gmail.com

**** طالبة دراسات عليا (ماجستير)، قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

hanankhnaiseh@gmail.com

مقدمة:

تُعرف الكتلة الحيوية الخشبية (woody biomass) بأنها الأشجار والنباتات الخشبية بأجزائها المختلفة (متضمنة الجذور والأغصان والأوراق...) التي تنمو في الغابات والأراضي الحراجية والمراعي وتلك التي تنتج عن إدارة الغابة (USFS, 2008).

يعد تقدير الكتلة الحيوية أمراً ضرورياً جداً لأنه يسمح بتقدير إنتاجية النظام البيئي الحراجي، تحديد ميزان الكربون، ويدعم الدراسات التي تتناول دور الغابات في دورة الكربون العالمية (Zianis and Mencuccini., 2004; Somogyi *et al.*, 2006; Hall *et al.*, 2006). حيث تقوم الغابات بحجز الكربون من الغلاف الجوي في الكتلة الحيوية من خلال عملية التمثيل الضوئي وتبلغ كمية الكربون المحجوزة في الغابات 47.5-50% من الكتلة الحيوية الجافة للغابات (Cairns *et al.*, 2003; De Gier, 2003). كما تلعب الكتلة الحيوية دوراً هاماً في موضوع الطاقة المتجددة (Kumar *et al.*, 2015)، وتعد مراقبتها ضرورية لتحقيق الإدارة المستدامة والفعالة للغابات (Joshi *et al.*, 2014)، كما أصبح موضوع حرائق الغابات يشكل أهمية كبيرة في إدارة الغابات، حيث تعتبر الكتلة الحيوية للغابات وخاصة الكتلة الحيوية للتاج والبقايا الجافة عوامل مهمة في أي نموذج للتنبؤ بحرائق الغابات.

ونظراً لأن الكتلة الحيوية تتغير بسبب الحرائق، قطع الأشجار، العواصف، وتغير استعمالات الأراضي، ... يستدعي ذلك مراقبتها وقياسها باستمرار وعدم الاكتفاء بقياسها مرة واحدة فقط (Kumar and Mutanga, 2017).

تعتمد الطرائق التقليدية لتقدير الكتلة الحيوية إما: على العينات الحقلية، حيث يتم الحصاد الكامل لهذه العينات وتقدير الكتلة الحيوية عن طريق وزن ما تم حصاده مباشرة والاستقراء اللاحق إلى وحدة المساحة (الهكتار). أو: على استخدام المعادلات الألوومترية لتقدير الكتلة الحيوية التي تُستخدم لإنشاء علاقات كمية تربط بين بعض خصائص الشجرة الرئيسية مثل القطر على ارتفاع الصدر (dbh)، ارتفاع الشجرة، ... الخ (من السهل قياسها) وخصائص أخرى مثل الكتلة الحيوية، المخزون الخشبي (التي يصعب تقييمها) (Murali *et al.*, 2005).

لقد استخدمت المعادلات الألوومترية لتقدير الكتلة الحيوية لأنواع متعددة من الأشجار والشكل الأكثر استخداماً لهذه المعادلات هي المعادلات من الشكل الآسي (Ali, 2005).

تمثل الكتلة الحيوية للغابات والأراضي الحراجية المتوسطة جزءاً صغيراً من الكتلة الحيوية للغطاء النباتي في العالم رغم أنها تشكل مخازن كربونية هامة (Galidaki *et al.*, 2017). وتشكل غابات السنوبر البروتي المكون الأساسي للمنظر الطبيعي في منطقة شرق المتوسط، وتلعب دوراً بيئياً واقتصادياً واجتماعياً رئيساً (de-Miguel *et al.*, 2014). كما يعد السنوبر البروتي نوعاً مهماً يستخدم في مشاريع التحريج الاصطناعي خارج نطاق توزيعه الطبيعي نظراً لمرونته البيئية العالية (نحال، 2012). من الدراسات التي اهتمت بتقدير الكتلة الحيوية والمخزون الخشبي باستخدام النمذجة الرياضية في شرق المتوسط وفي سوريا نذكر ما يلي:

قام Durkaya وزملاؤه (2009) بتقدير الكتلة الحيوية الجافة للسنوبر البروتي في تركيا باستخدام المعادلات الألوومترية، وقد أشارت النتائج إلى أن المعادلة الآسية كانت الأفضل لتقدير الكتلة الحيوية والتي قدرت 500 طن/هـ. كما قام Zianis وزملاؤه (2011) في اليونان بتقدير الكتلة الحيوية لأفرع وأغصان السنوبر البروتي بالاعتماد على قطر هذه الأفرع، حيث استخدم المعادلة الألوومترية من نوع قوة $y=ax^b$.

قام أيضاً de-Miguel وزملاؤه (2014) بدراسة لتقدير الكتلة الحيوية الجافة للصنوبر البروتي في شرقي المتوسط حيث تم تجريب العديد من المعادلات الألوومترية واعتماد معادلة تسمح بتقدير الكتلة الحيوية الكلية لشجرة الصنوبر البروتي في مناطق مختلفة من شرقي المتوسط ومنها سورية بدلالة القطر على ارتفاع الصدر (dbh) وكفاءة عالية. في سورية، قام سليمان (2013) بتقدير الكتلة الحيوية الجافة للصنوبر البروتي في منطقة ربيعة عن طريق معادلة أسية معتمداً على القطر على ارتفاع الصدر (dbh)، حيث بلغت قيمة الكتلة الحيوية 579.6 طن/هـ، وبلغ معامل التحديد 0.945 ويشير إلى كفاءة ممتازة وكان متوسط المخزون الخشبي 610.99 م³/هـ. كما توصل برهوم (2014) أيضاً إلى تقدير الكتلة الحيوية الرطبة للصنوبر البروتي في عدة مواقع في منطقة الغاب (حنجور والكركات والمروج) وبلغت على التوالي 37.3 - 44.64 - 78.98 طن/هـ، وذلك باستخدام معادلة أسية بالاعتماد على القطر على ارتفاع الصدر (dbh)، وبلغت قيمة معامل التحديد 0.965 ويشير إلى كفاءة ممتازة أيضاً، بالنسبة للمخزون الخشبي امتلك موقع المروج أكبر مخزون خشبي 59.6 م³/هـ، يليه موقع حنجور 25.4 م³/هـ، وأخيراً موقع الكركات الذي امتلك أقل مخزون خشبي 8.9 م³/هـ وذلك نتيجة للكثافة الشجرية العالية. في دراسة للمحمود وآخرون (2018) تم التوصل لبناء موديل رياضي لتقدير الكتلة الحيوية الجافة للسنديان العادي الموجود على صورة ماكي على السفح الشرقي للجبال الساحلية في سورية يسمح بحساب الكتلة الحيوية للسنديان العادي في المنطقة المدروسة بدلالة القطر والارتفاع بدرجة ممتازة من الجودة. وفي دراسة قام بها أيضاً ثابت (2019) لتقدير المخزون الخشبي والكتلة الحيوية للصنوبر البروتي في منطقة الكنائس على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية السورية، أعطى النموذج من الشكل قوة نتائج جيدة لتقدير الكتلة الحيوية فوق الأرضية وبلغ معامل التحديد 90.1 وكانت قيمة متوسط المخزون الخشبي 232.84 م³/هـ ومتوسط الكتلة الحيوية 430.43 طن/هـ بكثافة 775 شجرة/هـ.

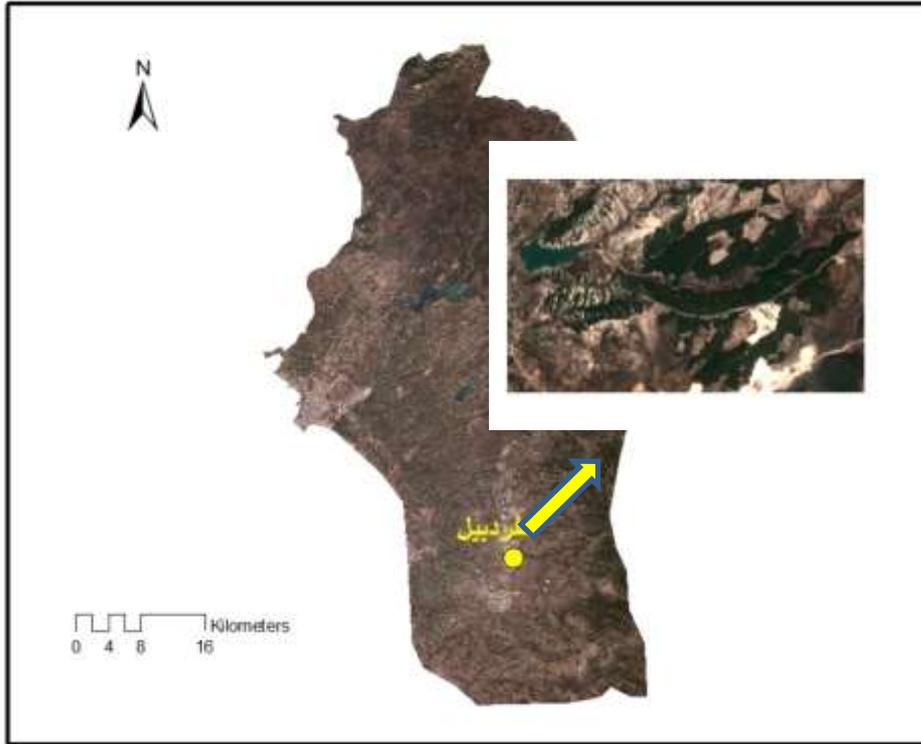
أهمية البحث وأهدافه:

تفتقر المناطق الحراجية في سوريا لخطط الإدارة والتنظيم وذلك لصعوبة الحصول على البيانات والمعلومات التي تحتاجها خطة الإدارة مثل الكتلة الحيوية، المخزون الخشبي، التنوع الحيوي، الحياة البرية...، حيث يشكل ذلك عقبة أمام وضع هذه الخطط وبالتالي عدم القدرة على الاستفادة من موارد هذه الغابات بشكل مستدام. يعد تقدير الكتلة الحيوية للصنوبر البروتي في منطقة جيلة أمراً ضرورياً جداً لأنه يسمح بمراقبة تغيرات الكتلة الحيوية لهذا النوع والتي تنتج عن الحرائق وتغير استعمال الأراضي والتعديلات البشرية وهذا يستدعي مراقبتها وقياسها باستمرار وعدم الاكتفاء بقياسها مرة واحدة فقط. كما يساهم تقديرها في معرفة كميات الكربون التي تستطيع غاباتها تثبيتها من الغلاف الجوي. ونظراً لعدم وجود تقديرات للكتلة الحيوية في منطقة جيلة (حيث تحتوي على كتل حراجية مهمة) فإن تقديرها في موقع كبردبيل يساعد أيضاً على تقديرها في بقية مواقع الصنوبر البروتي في جيلة (بشيلي، بشراعي، بتماننا، الدالية، البودي) بسبب التشابه بالأعمار والكثافات. لذلك فإن هذا البحث يهدف إلى تقدير الكتلة الحيوية والمخزون الخشبي لأشجار الصنوبر البروتي في موقع تحريج كبردبيل باستخدام النمذجة الرياضية من خلال إيجاد نموذج رياضي يسمح بتقديرها بالاعتماد على قطر الشجرة وهو ما يوفر الكثير من الوقت والجهد والتكلفة، واعتماد هذه النتائج كأساس لخطط إدارة وتنظيم الغابات.

طرائق البحث ومواده:

موقع الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في منطقة جبلة - محافظة اللاذقية في موقع تحريج كفرديبل وهو مشجر بالسنوبر البروتي في عام 1974، يقع على ارتفاع 240-300 م عن سطح البحر، تتراوح الانحدارات فيه من 5-45%، يتخلل الموقع سفوح متباينة، بكثافة شجرية 1232 شجرة/هـ، وتغطية تفوق 90%، يتبع للطابق النباتي المتوسطي الحراري والطابق البيومناخي شبه الرطب الحار بمساحة تبلغ 114 هكتار (الشكل 1).



(الشكل 1): صورة فضائية لمحافظة اللاذقية توضح مكان موقع الدراسة (صورة Sentinel-2A وبرنامج ArcGis)

طرائق الدراسة:

1. طريقة أخذ العينات:

أخذت 20 عينة مربعة الشكل بأبعاد (60م*60م) بمساحة 3600 م² لكل عينة موزعة على كامل المنطقة المدروسة بشكل عشوائي بحيث تغطي جميع التباينات ضمن الموقع من حيث الكثافة الشجرية، الارتفاع عن سطح البحر، المعرض، الانحدار، وغطت مساحة 7.2 هكتار من الموقع المدروس (الشكل 2).



(الشكل 2): صورة فضائية (Sentinel-2A 2019) لموقع تحريج كفرديبيل توضح أماكن أخذ العينات المدروسة

2. تقدير الارتفاع والقطر:

تم قياس القطر على ارتفاع الصدر لجميع الأشجار ضمن العينات المدروسة من قطر 7 سم وما فوق باستخدام شريط قياس متري قماشى، نُظمت الأقطار المقاسة ضمن صفوف أقطار. استخدم جهاز بلوم ليس لقياس ارتفاع 30 شجرة تمثل جميع صفوف الأقطار الموجودة في الموقع. ثم استخدمت هذه الارتفاعات لمعايرة منحنى الارتفاع في الموقع المدروس بالعلاقة مع القطر على ارتفاع الصدر، حيث اختير نموذج (Parabel) لتقدير ارتفاع الأشجار في العينات المدروسة:

$$Height = a0 + a1 * dbh + a3 * dbh^2$$

وكان هذا النموذج هو الأفضل لتقدير ارتفاع أشجار الصنوبر البروتي بعد معايرة مجموعة من معادلات الارتفاع لنفس الموقع (شاطر وآخرون، 2016؛ الكنج، 2017).

كما حُسب المتوسط الحسابي للقطر في العينات المدروسة باستخدام العلاقة:

$$\overline{dbh} = \frac{\sum dbhi}{n}$$

حيث $\sum dbhi$: مجموع أقطار الأشجار على ارتفاع الصدر (سم)، n: عدد الأشجار في العينة (شجرة).

3. تقدير المساحة القاعدية ومعامل الشكل والمخزون الخشبي:

اختيرت 10 أشجار من الصنوبر البروتي من الموقع (شجرة واحدة ممثلة لكل صف قطر) وتم إسقاطها بعد قياس قطرها على ارتفاع الصدر (dbh). استخدمت طريقة التكعيب الجزئي لحساب الحجم الحقيقي باستخدام علاقة

Smalian (1994; Avery and Burkhart., 1994; Briggs., 1994; Wenger., 1984)، قُطعت الجذوع إلى أجزاء متساوية بطول 1 متر وتم قياس أقطار هذه الأجزاء في قاعدة وقمة كل جزء وحساب الحجم الحقيقي لكل قطعة بالعلاقة:

$$V = \frac{g_b + g_t}{2} * L$$

حيث: V: حجم القطعة الخشبية (م³)، g_b: المساحة القاعدية في قاعدة القطعة (م²)، g_t: المساحة القاعدية في قمة القطعة (م²)، L: طول القطعة الخشبية (1 م).

وبالتالي ينتج الحجم الحقيقي لكل شجرة بجمع أحجام الأجزاء المكونة لها. تُدر حجم الاسطوانة المكافئة لكل شجرة أو ما يعرف بالحجم الوهمي V' من أجل حساب معامل الشكل لكل شجرة من خلال العلاقة:

$$F = V/V'$$

حيث: F: معامل الشكل، V: الحجم الحقيقي للشجرة (م³)، V': حجم الاسطوانة المكافئة أو الحجم الوهمي (م³). نُظمت البيانات في جداول EXCEL من أجل الاعتماد عليها في تصميم نموذج رياضي يسمح بتقدير المخزون الخشبي الحقيقي في الموقع بدلالة أقطار الأشجار وذلك انطلاقاً من الأشجار العشرة المقطوعة المعروفة الأقطار والمخزون الخشبي الحقيقي. اعتمد النموذج الأسّي لتقدير المخزون الخشبي على مستوى العينات وبالهيكتار:

$$Volume = a * dbh^b$$

حُسب معدل النمو السنوي الحجمي (م³/ه/سنة) للسنوبر البروتي في العينات المدروسة من خلال العلاقة التالية:

$$\text{معدل النمو السنوي الحجمي} = \frac{\text{الحجم الخشبي بالهيكتار}}{\text{العمر}}$$

كما حُسب معدل النمو السنوي الوزني (طن/ه/سنة) للسنوبر البروتي في العينات المدروسة من خلال العلاقة:

$$\text{معدل النمو السنوي الوزني} = \frac{\text{الكتلة الحيوية بالهيكتار}}{\text{العمر}}$$

وكذلك حُسبت المساحة القاعدية في العينات المدروسة باستخدام العلاقة التالية (Pretzsch, 2009):

$$g = \pi * dbh^2 / 4 * 10000$$

حيث: g: المساحة القاعدية (م²)، dbh: القطر على ارتفاع الصدر (سم).

تقدير الكتلة الحيوية:

استخدمت الأشجار العشرة المقطوعة والمستخدمة سابقاً في تقدير المخزون الخشبي ومعامل الشكل في تقدير الكتلة الحيوية فوق الأرضية أيضاً، حيث تم وزن كل من الجذع والتاج (أفرع وأغصان وأوراق) بشكل منفصل من أجل تقدير الكتلة الحيوية للجذع والتاج ومن ثم تقدير الكتلة الحيوية الكلية (الكتلة الحيوية للجذع + الكتلة الحيوية للأفرع والأغصان والأوراق).

نُظمت البيانات في جداول EXCEL من أجل الاعتماد عليها في تصميم نماذج تسمح بتقدير الكتلة الحيوية في الموقع بدلالة أقطار الأشجار، اعتمد النموذج الأسّي من الشكل:

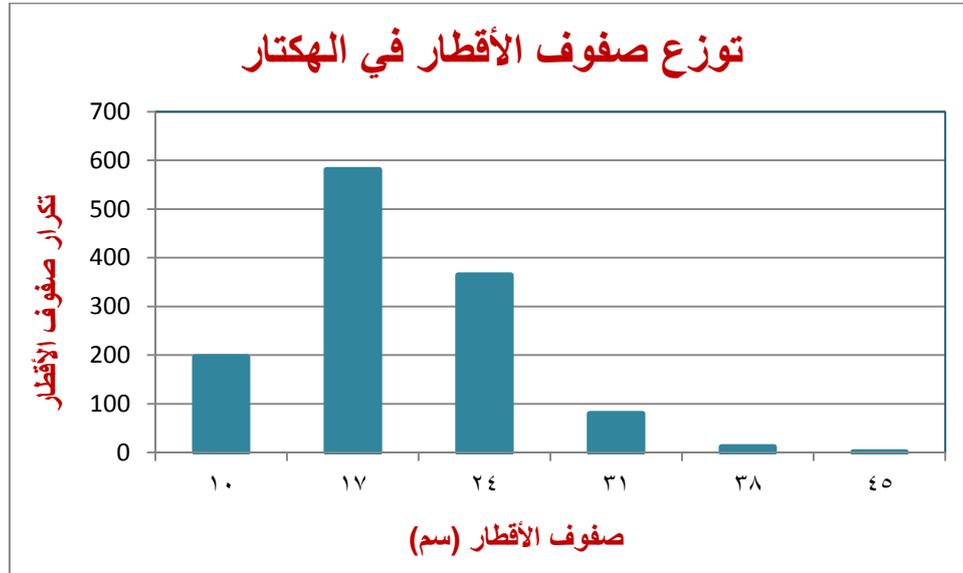
$$Biomass = a * dbh^b$$

من أجل تقدير كل من الكتلة الحيوية للجذع والتاج والكتلة الحيوية الكلية على مستوى العينات ومن ثم حسابها بوحدة المساحة الهكتار.

النتائج والمناقشة:

1. توزيع صفوف الأقطار في العينات المدروسة:

بلغ العدد الكلي للأشجار في العينات العشرين المدروسة 8871 شجرة وسجل أكبر قطر 45 سم، توزعت هذه الأشجار في ستة صفوف أقطار بمدى 7 سم بين الصفوف، حيث امتلك صف القطر 17 سم العدد الأكبر من الأشجار (581 شجرة/هـ)، في حين امتلك صف القطر 45 سم العدد الأقل من الأشجار (1 شجرة/هـ) (الشكل 3).



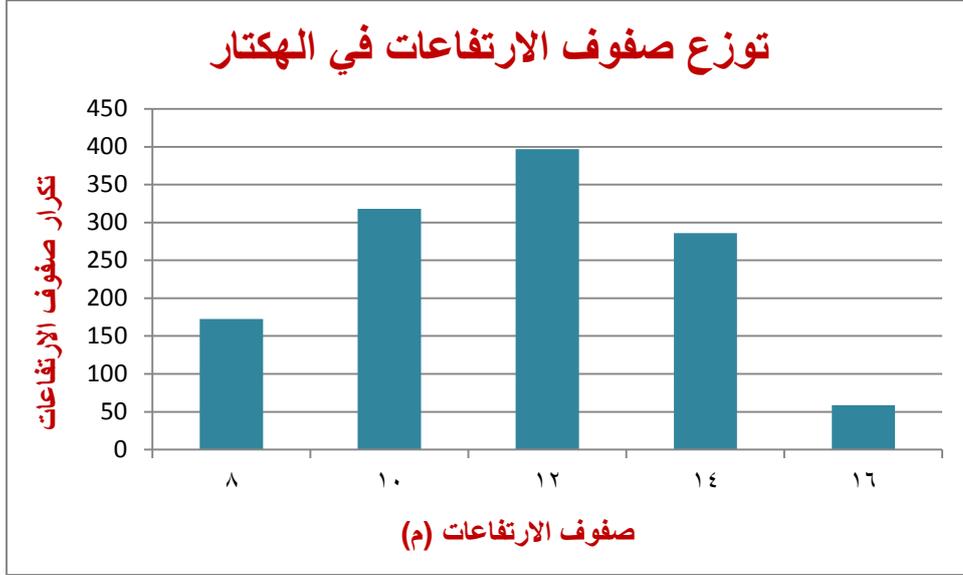
(الشكل 3): توزيع صفوف أقطار أشجار الصنوبر البروتي في الهكتار

2. توزيع صفوف الارتفاعات في العينات المدروسة:

قُدِّر ارتفاع الأشجار في العينات المدروسة باستخدام نموذج متعدد الحدود Parabel

$$Height = 1.9291 + 0.7253 dbh - 0.0099 dbh^2, R^2=0.762$$

توزعت ارتفاعات الأشجار في خمسة صفوف للارتفاع بمدى 2 سم بين هذه الصفوف، امتلك صف الارتفاع 12 م أكبر عدد من الأشجار (397 شجرة/هـ)، بينما امتلك صف الارتفاع 16 م أقل عدد من الأشجار (59 شجرة/هـ) (الشكل 4).



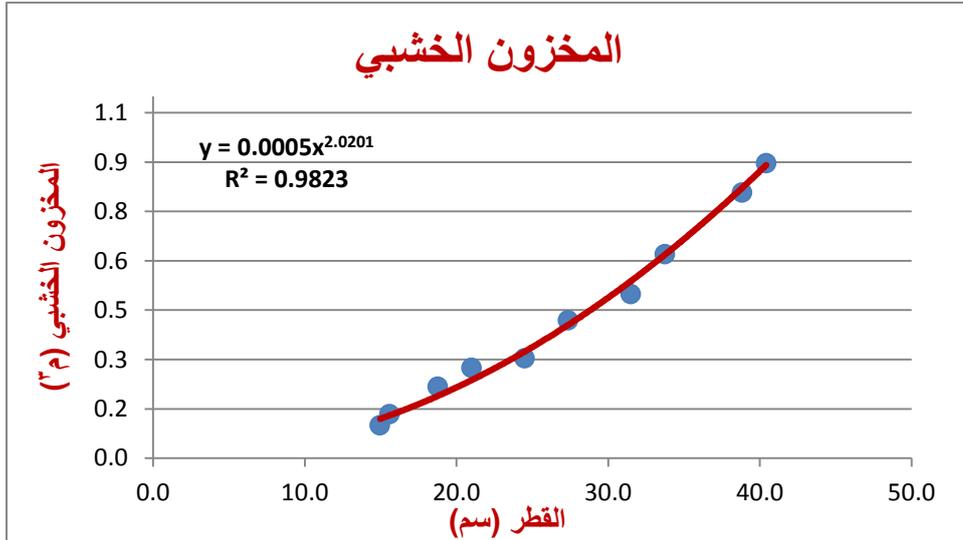
(الشكل 4): توزع ارتفاعات أشجار الصنوبر البروتي في الهكتار

3. تصميم نموذج المخزون الخشبي:

اختير النموذج من الشكل الأسّي لتقدير المخزون الخشبي لأشجار الصنوبر البروتي في الموقع المدروس بدلالة القطر على ارتفاع الصدر في الموقع المدروس. حيث بلغت قيمة معامل التحديد $R^2 = 0.982$ وكانت قيمة ثابت النموذج $a = 0.0005$ و $b = 2.0201$ ، وبالتالي أخذ النموذج الشكل التالي:

$$Volume = 0.0005 * dbh^{2.0201}$$

تستطيع المعادلة تفسير حوالي 98% من التباينات الموجودة في القيم الحقيقية للمخزون الخشبي للصنوبر البروتي في الموقع المدروس. تعد هذه القيمة ممتازة حيث نلاحظ التقارب الموجود بين النقاط التي تمثل قيم المخزون الخشبي المقاسة حقلياً وبين المنحني البياني الذي يمثل المعادلة الأسية المستخدمة لتقدير المخزون الخشبي (الشكل 5).

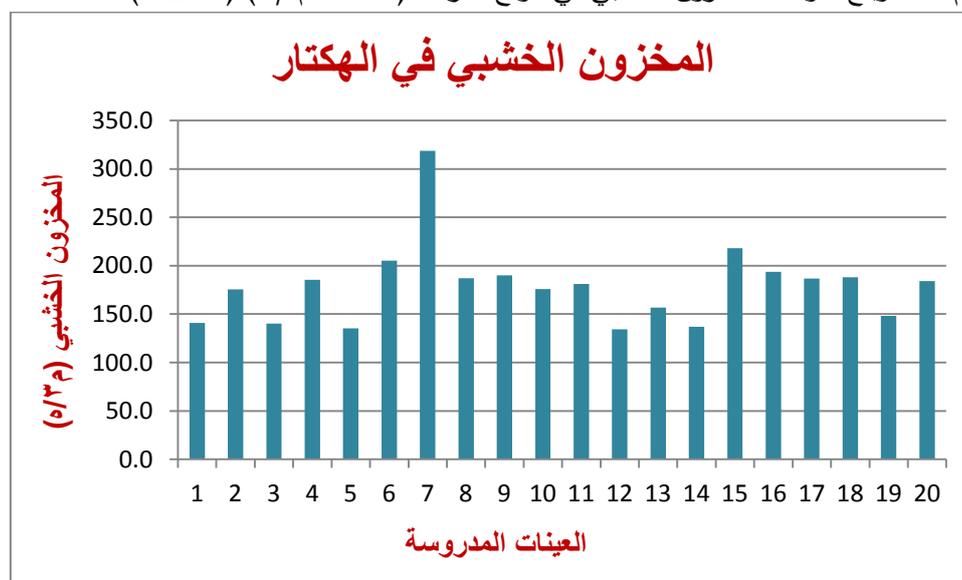


(الشكل 5): منحني المخزون الخشبي لأشجار الصنوبر البروتي بدلالة القطر على ارتفاع الصدر وفق النموذج الأسّي، (تمثل النقط القيم الحقيقية المقاسة ويمثل المنحني القيم المحسوبة باستخدام الموديل)

4. تقدير المخزون الخشبي في الموقع المدروس:

استخدمت المعادلة الأسية لتقدير المخزون الخشبي للأشجار المفردة، فُدر بعد ذلك المخزون الخشبي لأشجار كل عينة على حدى ومن ثم على مستوى الموقع المدروس.

بلغت أعلى قيمة للمخزون الخشبي في العينة رقم 7 (318.5 م³/هـ)، في حين بلغت أدنى قيمة (134.4 م³/هـ) وذلك في العينة رقم 12، وبلغ متوسط المخزون الخشبي في موقع الدراسة (179.1 م³/هـ) (الشكل 6).

(الشكل 6): المخزون الخشبي في الهكتار (م³/هـ)

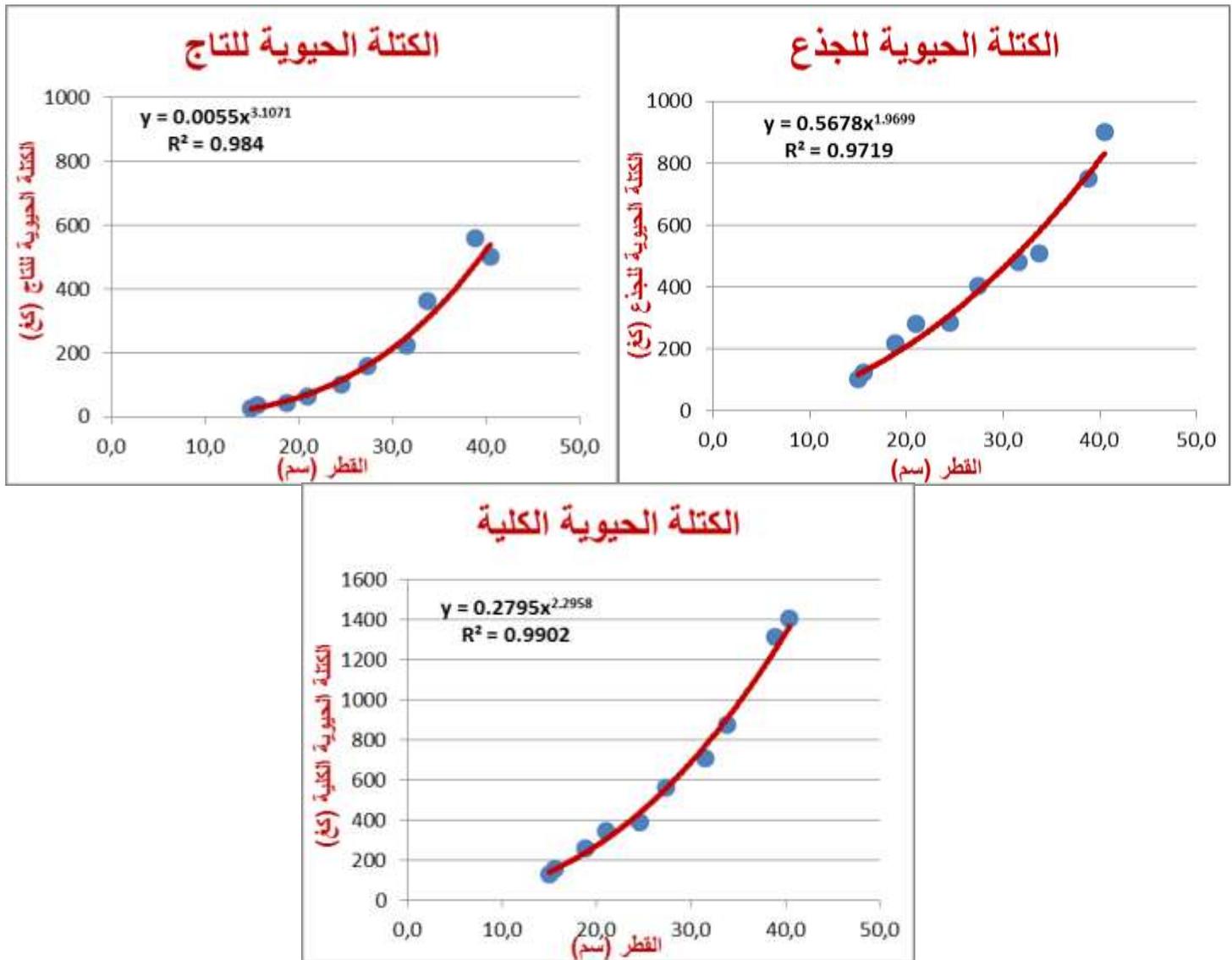
5. تصميم نماذج الكتلة الحيوية فوق الأرضية الرطبة:

اختيرت النماذج من الشكل الأسّي لتقدير الكتلة الحيوية فوق الأرضية (للجذع والتاج والكلية) لأشجار الصنوبر البروتي في العينات المدروسة بدلالة القطر على ارتفاع الصدر في الموقع المدروس (الجدول 1). ويوضح الجدول التالي قيم الثوابت للنماذج المختارة وقيم معامل التحديد R^2 لكل نموذج منها.

(الجدول 1): ثوابت نماذج الكتلة الحيوية فوق الأرضية ومعامل التحديد للمعادلات المختبرة في الموقع المدروس.

معادلة الكتلة الحيوية الرطبة	R^2	ثوابت المعادلة	
		a	b
$Stem\ Biomass = 0.5678 * dbh^{1.9699}$	0.972	0.5678	1.9699
$Crown\ Wood\ Biomass = 0.0055 * dbh^{3.1071}$	0.984	0.0055	3.1071
$Tree\ Biomass = 0.2795 * dbh^{2.2958}$	0.990	0.2795	2.2958

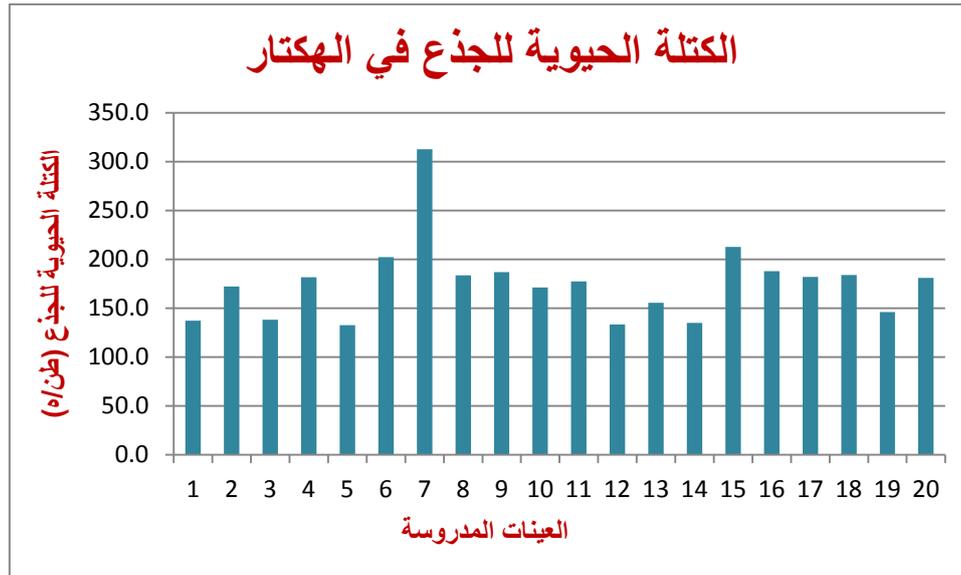
يستطيع النموذج الأسّي للكتلة الحيوية للجذع (Stem Biomass) تفسير 97.2% من التغيرات الموجودة في قيم الكتلة الحيوية الحقيقية للجذع، وتفسير 98.4% من التغيرات الموجودة في قيم الكتلة الحيوية الحقيقية للتاج (Crown Wood Biomass)، وأخيراً تفسير 99% من التغيرات الموجودة في قيم الكتلة الحيوية الحقيقية الكلية (Tree Biomass) (الشكل 7).



(الشكل 7): منحنيات الكتلة الحيوية (للجذع والتاج والكلية) وفق النموذج الأسّي

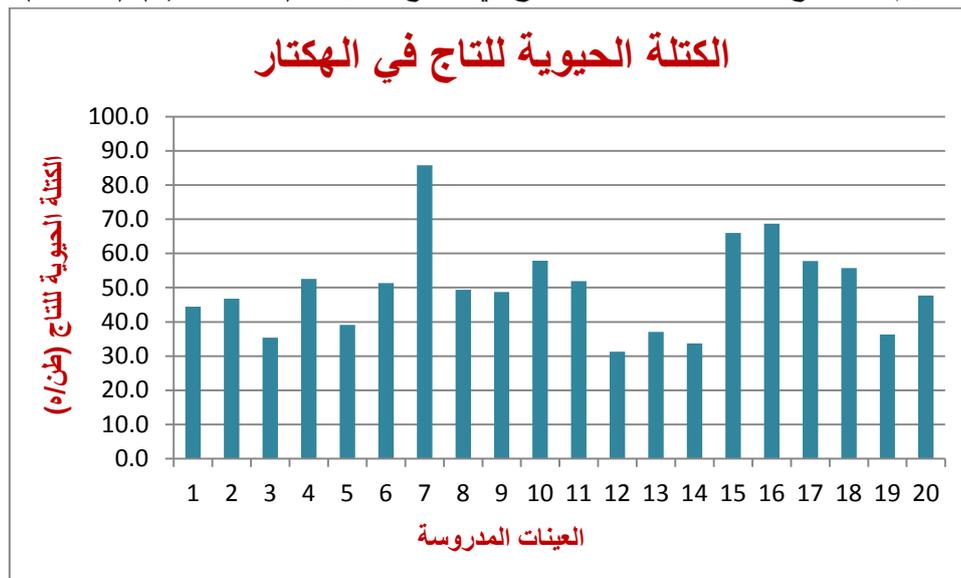
6. تقدير الكتلة الحيوية في الموقع المدروس:

استخدمت المعادلة الأسية لتقدير الكتلة الحيوية فوق الأرضية للأشجار المفردة، قُدرت بعد ذلك الكتلة الحيوية فوق الأرضية لأشجار كل عينة على حدى ومن ثم على مستوى الموقع المدروس. بلغت أعلى قيمة للكتلة الحيوية للجذع في العينة رقم 7 (312.8 طن/هـ)، في حين بلغت أدنى قيمة (132.5 طن/هـ) وذلك في العينة رقم 5، وبلغ متوسط الكتلة الحيوية للجذع في الموقع المدروس (175.7 طن/هـ) (الشكل 8).



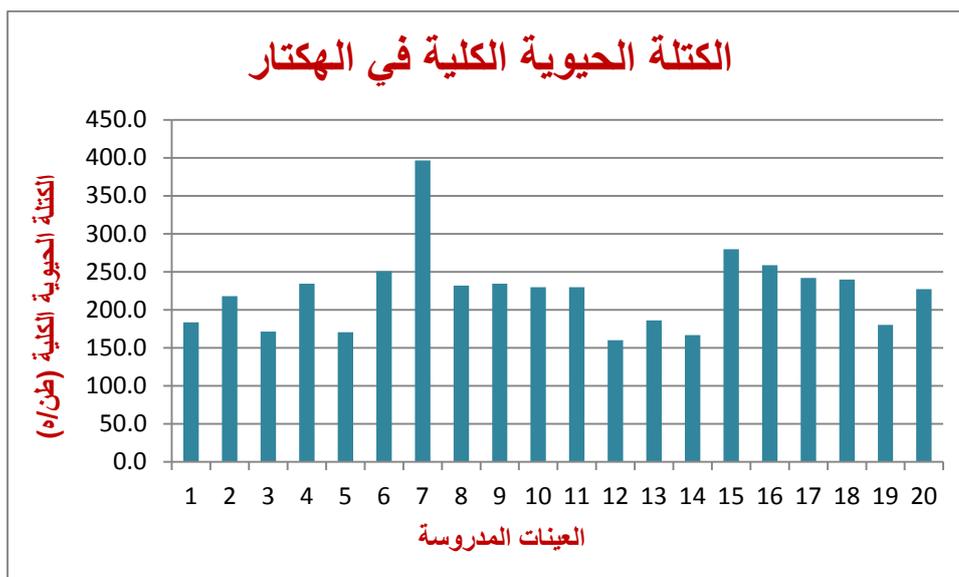
(الشكل 8): الكتلة الحيوية للجذع في الهكتار

بلغت أعلى قيمة للكتلة الحيوية للتاج في العينة رقم 7 (85.8 طن/هـ)، في حين بلغت أدنى قيمة (31.3 طن/هـ) وذلك في العينة رقم 12، وبلغ متوسط الكتلة الحيوية للتاج في الموقع المدروس (49.9 طن/هـ) (الشكل 9).



(الشكل 9): الكتلة الحيوية للتاج في الهكتار

بلغت أعلى قيمة للكتلة الحيوية فوق الأرضية الكلية في العينة رقم 7 (396.8 طن/هـ)، في حين بلغت أدنى قيمة (159.9 طن/هـ) وذلك في العينة رقم 12، وبلغ متوسط الكتلة الحيوية الكلية في الموقع المدروس (224.6 طن/هـ) (الشكل 10).



(الشكل 10): الكتلة الحيوية فوق الأرضية الكلية في الهكتار

لقد تم في هذه الدراسة إذاً تقدير كل من المخزون الخشبي والكتلة الحيوية فوق الأرضية في موقع كفرديبل بعد أن تم التوصل إلى نماذج رياضية من الشكل الأسّي ذات درجة عالية من الدقة تعتمد على قطر الشجرة على ارتفاع الصدر في حساب تلك البارامترات. وبالمقارنة مع دراسات أخرى لتقدير الكتلة الحيوية للسنوبر البروتي كانت القيمة في هذه الدراسة (224.6 طن/هـ) (الجدول 2) أعلى من نتائج برهوم (2014) الذي قَدَّر الكتلة الحيوية في عدة مواقع في منطقة الغاب (حنجور والكركات والمروج) حيث بلغت على التوالي 37.3 - 44.64 - 78.98 طن/هـ بكثافة 520-1983 شجرة/هـ ويعمر 16-17-18 سنة على التوالي. وكانت أقل من نتائج ثابت (2019) في منطقة الكنائس على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية السورية بمتوسط للكتلة الحيوية بلغ 430.43 طن/هـ بكثافة 775 شجرة/هـ ويعمر 73 سنة، وأقل من نتائج سليمان (2013) في موقع ربيعة بقيمة 579.6 طن/هـ وبكثافة 1503 شجرة/هـ. (الجدول 2): جدول يبين القيم المتوسطة والعظمى والدنيا والانحراف المعياري للبارامترات الحرجية في العينات المدروسة:

معدل النمو الحجمي (م ³ /هـ/سنة)	معدل النمو الوزني (طن/هـ/سنة)	الكتلة الحيوية الكلية (طن/هـ)	الكتلة الحيوية للناتج (طن/هـ)	الكتلة الحيوية للذرع (طن/هـ)	المخزون الخشبي (م ³ /هـ)	المساحة القاعدية (م ² /هـ)	الكثافة بالهكتار	الكثافة بالعينة	
4	5	224.6	49.9	175.7	179.1	26.5	1232	444	المتوسط
7.1	8.8	396.8	85.8	312.8	318.5	47.2	2208	795	القيمة العظمى
3	3.6	159.9	31.3	132.5	134.4	20	636	229	القيمة الدنيا
0.9	1.2	53.2	13.4	40.3	41.3	6.1	374.6	134.9	الانحراف المعياري

الاستنتاجات والتوصيات:

- ❖ أظهرت نتائج هذه الدراسة أن المخزون الخشبي لموقع تحريج كفرنديل بلغ حوالي 179.1 م³/هـ، كما بلغ معدل النمو السنوي الحجمي 4 م³/هـ/سنة.
- ❖ بلغت الكتلة الحيوية الرطبة الكلية للسنوبر البروتي 224.6 طن/هـ، وذلك عند عمر 45 سنة و كثافة قدرها 1232 شجرة/هـ.
- ❖ أظهرت نتائج هذه الدراسة أيضاً الحصول على قيم عالية لمعامل التحديد للنماذج الأسية المختارة، حيث بلغ معامل التحديد R² للنموذج الخاص بتقدير المخزون الخشبي 0.98، وبلغت قيمته للنماذج المستخدمة لتقدير الكتلة الحيوية للذرع والتاج والشجرة ككل على التوالي 0.97 و 0.98 و 0.99.
- ❖ يمكن استخدام النماذج الأسية التي تم التوصل إليها لتقدير الكتلة الحيوية فوق الأرضية الرطبة والمخزون الخشبي في الموقع المدروس، الأمر الذي يساعد على اختصار الوقت والجهد والتكلفة واعتماد النتائج كأساس لخطط إدارة وتنظيم الغابات.
- ❖ ينصح بإعداد قواعد بيانات للمخزون الخشبي والكتلة الحيوية لبقية المواقع الحراجية للسنوبر البروتي في منطقة جبلة لما لها من أهمية في إدارة هذه الغابات والاستفادة من مواردها بشكل مستدام.

References:

1. الكنج، سامر. دراسة نمو وإنتاجية السنوبر البروتي *Pinus brutia Ten* وتأثير بعض العناصر المناخية في النمو لموقع تحريج كفرنديل- جبلة. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2017، 73ص.
- ALKINJ, SAMER. *Studying Growth and Productivity of Brutia Pine Pinus brutia Ten. and Investigating Effect of Climate Factors on Tree Growth in Kafrdabil stand (Jableh)-Lattakia*. Masrer thesis, Tishreen University, 2017, 73P.
2. المحمود، فادي. علي، وائل. زهوة، سليم. الشاطر، زهير. نمذجة الكتلة الحيوية الخشبية لماكي السنديان العادي *Quercus calliprinos Webb* على السفح الشرقي للجبال الساحلية في سورية، المجلة العربية للبيئات الجافة، 2018، 15ص.
- AL-MAHMOUD, FADI. ALI, WAEL. ZAHOUH, SALIM. SHATTER, ZUHEIR. *Modelling of the Woody Biomass of Quercus calliprinos Webb. Maquis in the Eastern Versant of the Syrian Coastal Mountains*, The Arab Journal for Arid Environments, 2018, 15P.
3. برهوم، أنس. تقييم نجاح بعض مواقع التحريج الاصطناعي في سهل الغاب في سورية. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2014، 78ص.
- BARHOUM, ANASS. *Evaluating the Success of Afforestation Activities of some Sites In Al Ghab plain-Syria*. Masrer thesis, Tishreen University, 2014, 78P.
4. ثابت، علي. تقدير المخزون الخشبي والكتلة الحيوية الكلية فوق الأرضية للسنوبر البروتي *Pinus brutia* على السفح الشرقي لسلسلة الجبال الساحلية في سورية، المجلة السورية للبحوث الزراعية، 2019، 12ص.
- THABEET, ALI. *Estimation of wooden Stock and total above-ground biomass of Calabrian pine (Pinus brutia) at the eastern Foothill of the coastal mountains in Syria*, Syrian Journal of Agricultural Research, 2019, 12P.
5. سليمان، تمام. نمذجة مؤشر جودة الموقع وتقدير الكتلة الحيوية لغابات السنوبر البروتي *Pinus brutia Ten*. في منطقة ربيعة- اللاذقية. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2013، 62 ص.

SULIMAN, TAMMAM. *Modeling the Site Index and Estimating the Standing Biomass of Pinus brutia Ten. Natural Forests in Rabiaa region - Lattakia, Syria*. Masrer thesis, Tishreen University, 2013, 62P.

6. شاطر، زهير. علي، وائل. نيسافي، ابراهيم. صالح، لانا. معايرة بعض الموديلات الرياضية لتقدير ارتفاع أشجار الصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* في موقع تحريج كفردبيل - جبلة، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 2016، 12ص.

SHATER, ZUHEIR. ALI, WAEL. NESAFI, IBRAHEM. SALEH, LANA. *Calibration Of some Mathematical Models To Estimate Tree Height Of Pinus brutia Ten. In Site Of Kfardabeel Stand- Jableh*, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, 2016, 12P.

7. نحال، ابراهيم. موسوعة الثروة الحراجية في سورية (ماضيها - حاضرها - آفاق مستقبلها)، FAO، دمشق، 2012، 480 ص.

1. ALI, W. *Assessment of Growth and Biomass Production in Short Rotation Stands of Poplar in Saxony*, M.Sc. thesis, TU Dresden, Tharandt, Institute of Forest Growth and Forest Computer Science, 2005.

2. AVERY, T. E., Burkhart, H. E. *Forest measurements*. 4th ed. McGraw-Hill, Boston, MA. 1994.

3. BRIGGS, D. G. *Forest products measurement and conversion factors: with special emphasis on the U.S. Pacific Northwest*. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, WA. 1994.

4 CAIRNS, M. A., OLMSTED, I., GRANADOS, J., ARGAEZ, J. *Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula*. Forest Ecology and Management, 2003, 186(1-3), 125-132.

5. DE GIER, A. *A new approach to woody biomass assessment in woodlands and shrublands*. Geoinformatics for Tropical Ecosystems, 2003, 161-198.

6. DE-MIGUEL, S., PUKKALA, T., ASSAF, N., SHATER, Z. *Intra-specific differences in allometric equations for aboveground biomass of eastern Mediterranean Pinus brutia*. Annals of Forest Science, 2014, (71)1: 101-112.

7. DURKAYA, A., DURKAYA, B., ÜNSAL, A. *Predicting the above-ground biomass of calabrian pine (Pinus brutia Ten.) stands in Turkey*. African Journal of Biotechnology, 2009, Vol. 8 (11), 2483-2488.

8. GALIDAKI, G., ZIANIS, D., GITAS, L., RADOGLU, K., KARATHANASSI, V., TSAKIRI-STRATI, M., WOODHOUSE, L., MALLINIS, G. *Vegetation biomass estimation with remote sensing: focus on forest and other wooded land over the Mediterranean ecosystem*. International Journal of Remote Sensing, 2017, Vol. 38, No. 7, 1940-1966.

9. HALL, R. J., SKAKUN, R. S., ARSENAULT, E. J., CASE, B. S. *Modeling forest stand structure attributes using Landsat ETM+ data: Application to mapping of aboveground biomass and stand volume*. Forest Ecology and Management, 2006, 225(1-3), 378-390.

10. JOSHI, H. G., GHOSE, M. *Community structure, species diversity, and aboveground biomass of the Sundarbans mangrove swamps*. Tropical Ecology, 2014, 55: 283-303.

11. KUMAR, L., MUTANGA, O. *Remote Sensing of Above-Ground Biomass*. remote sensing, 2017, 9, 935, 8P.

12. KUMAR, L., SINHA, P., TAYLOR, S., ALQURASHI, A. F. *Review of the use of remote sensing for biomass estimation to support renewable energy generation*. Journal of Applied Remote Sensing, 2015, Vol. 9.
13. MURALI, K. S., BHAT, D. M., RAVINDRANATH, N. H. *Biomass estimation equations for tropical deciduous and evergreen forests*. Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology, 2005, 4(1), 81–92.
14. PRETZSCH, H. *Forest dynamics, growth and yield, From Measurement to Model*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009, 671p
15. SOMOGYI, Z., CIENCIALA, E., MÄKIPÄÄ, R., MUUKKONEN, P., LEHTONEN, A., WEISS, P. *Indirect methods of large-scale forest biomass estimation*. Eur J Forest Res, 2006, 126(2), 197-207.
16. USFS. *Woody Biomass Utilization*, 2008.
17. WENGER, K. F. *Forestry handbook*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY. 1984.
18. ZIANIS, D., MENCUCCINI, M. *On simplifying allometric analyses of forest biomass*. Forest Ecology and Management, 2004, 187(2-3), 311-332.
19. ZIANIS, D., XANTHOPOULOS, G., KALABODIKIS, K., KAZAKIS, G., GHOSN, D., ROUSSOU, O. *Allometric equations for aboveground biomass estimation by size class for Pinus brutia Ten. trees growing in North and South Aegean Islands, Greece*. European Journal of Forest Research, 2011, 130: 145-160.