معادلات تقدير المساحة القاعدية والحجم لمشاجر الحور الأسود في منطقة زاخو

مـزاحم سعيد يونس البك محمد عاصم سعيد العلي
كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل

الخلاصــة

استخدمت دوال النمو المختلفة في تقدير المساحة القاعدية والحجم لمشاجر الحور الأسود في زاخو ، معتمـدين علـى (٤٥) عينـة عشـوائية تمثـل معـدلات النمـو الحاصـل لوحـدة المسـاحة لمختلـف الأعمـار والكثافات ، أما مساحة العينة الواحدة فكانت (٠.١)هكتار ولأجل المفاضلة بين المعادلات واختيار أفضلها ،أخذ كل من معامل التحديد (R^2)والنسبة المئوية للخطأ القياسي المنسوب للمعدل(S.E%) . تم الحصول على أربعة معادلات رياضية تربط بين المساحة القاعدية وكل من عدد الأشجار لوحدة المساحة ومتوسط الارتفاع السائد ،وعند المفاضلة بينها وقع الاختيار على المعادلة التالية:

$G = -1.597 + 3.395(H) - 80.72(1000/N)$

حيث كان معامل التحديد(٠.٨٦) لها والنسبة المئوية الخطأ القياسي المنسوب للمعدل (٣.١٨) من خلالها هذين المقياسين ، تم التأكد من جودة ودقة المعادلة في تقدير المساحة القاعدية لوحدة المساحة،لذا فقد تم اعتمادها في إعداد جدول يبين العلاقة بين المساحة القاعدية لوحدة المساحة وعدد الأشجار والارتفاع السائد ،ولتقدير الحجم لوحدة المساحة استخدمت المعادلة أعلاه كأساس في حساب الحجم ، وذلك من خلال اخذ تكامل طرفي معادلة المساحة القاعدية ، وبذلك توصلنا إلى معادلة الحجم التالية:

$V = 148.045 - 1.59(1000/N) + 3.394(H)\ (1000/N) - 40.36(1000/N)^2$

وباعتماد نموذج الحجم ، اعد جدول الحجم الذي من خلاله نستطيع تقدير الحجم لوحدة المساحة من معرفة عدد الأشجار ومتوسط الارتفاع السائد .

المقدمـة

يعد تخمين المساحة القاعدية أحد أهم المتغيرات التي تستخدم في قياس مستوى الخزين النامي، والذي يوضح مدى استيعاب وحدة المساحة لعدد معين الأشجار، ونرى أن هنالك تطور في المساحة القاعدية عند مختلف الأعمار للمشاجر، ففي المراحل الأولى لأعمار المشاجر نرى

أن هنالك زيادة واضحة في النمو، في حين تكون الزيادة في المساحة القاعدية الكلية للمشجر ضئيلة عند بلوغها مرحلة الشابات والنضج ، وعليه فان النمو في الحجم في مثل هذه المشاجر سيكون مرتبط بدرجة كبيرة مع النمو في الارتفاع.ومن معرفة المساحة القاعدية لوحدة المساحة لمشجر ما، يمكننا تقدير الإنتاج لذلك المشجر وذلك من أخذ تكامل معادلة المساحة القاعدية لذلك المشجر، ونظراً لأهمية هذا الموضوع، فأن هنالك الكثير من الباحثين ممن قاموا بدراساتهم وأبحاثهم حوله ومنهم Michael , Murphy (١٩٩٦) اللذان قاما بدراسة النمو في المساحة القاعدية لمشاجر الصنوبر من نوع Loblloly pine في منطقة لواسيانا مستخدمين النموذج الآتي:

$$\Delta B = \{b_1[1-\exp(b_2 B_t)]\}/\{1+\exp[c_1 B_1 + c_2 B_s + c_3 D_q]\}$$

في حين درس Chikumbo و آخرون(١٩٩٩) المساحة القاعدية لستة عشر بقعة مختلفة الكثافة لمشاجر صنوبر *Pinus patula* في جنوب أفريقيا بالاعتماد على النموذج :

$$BA_{(t+1)} = a(X_{(t)} BA_{(t)} + b(X_t))$$

كذلك درس Corona وآخرون (٢٠٠٢) هجائن الحور في ايطاليا، لأشتقاق نموذج رياضي لحساب النمو في الساحة القاعدية بالاعتماد على عمر المشجر والمساحة القاعدية الحالية ودرجة الموقع كمتغيرات مستقلة. كذلك قام كل من Andreassen وTomter (٢٠٠٣) بأعداد نماذج لحساب النمو في المساحة القاعدية، فوق القشرة لخمس سنوات لأشجار ألـ (Spruce) في النرويج. أماMailly و آخرون (٢٠٠٣) فقد قاموا بأجراء دراسة على مشاجر *Picea mariana* غير المتساوية في العمر، في شمال شرق كندا، لإعداد نماذج تقدير النمو في المساحة القاعدية بالاعتماد على كل من العمر و درجة الموقع كمتغيرات مستقلة.

بحث مستل من رسالة الماجستير للباحث الثاني ٢٠٠٥.

تاريخ تسلم البحث ٢٠٠٦/١٠/٥ وقبوله ٢٠٠٧/١/١١

حيث يزرع في الوديان وعلى مساحات كبيرة من قبل الفلاحين للاستفادة من خشبه في استخدامات متعددة واهمها في البناء. ولأهمية تقدير المساحة القاعدية والحجم لوحدة المساحة بالنسبة للإداري ألغاباتي أجريت هذه الدراسة لتحسين البرامج الإدارية والخطط التي تعتمد بشكل أساسي على دوال المساحة القاعدية.

مواد البحث وطرائقه

أجريت هذه الدراسة في مشاجر الحور الأسود*Populus nigra* الواقعة على ضفاف نهر فيشخابور، وعلى مساحة مقدارها ٥٨٢ هكتار. قمنا بأجراء عملية مسح شامل لمنطقة زاخو في شمال العراق، والتي أتضح من خلالها بان هذه المشاجر مكونة من قطع منفصلة عن بعضها البعض وبمساحآت تعتمد على أمكانية الفلاحين الحيزين لتلك الأراضي وأعمار وكثافات مختلفة ، لذلك قمنا بأخذ عينات هي عبارة عن قطع معاينة مؤقتة والتي تستخدم لأغراض تقدير المساحة القاعدية Schroder و آخرون (٢٠٠٢).ولتحديد عدد العينات الفعلية للدراسة Husch و آخرون (١٩٧٢) أخذت عينات تمهيدية من المشاجر المحددة للدراسة، مستخدمين العلاقات الرياضية الآتية :

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} X_i / n$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2 / n - 1$$

$$n = (Nt^2 S^2) / \{N (AE)^2 + t^2 S^2\}$$

حيث أن:

n = عدد وحدات المعاينة القياسية، N = العدد الكلي لوحدات المعاينة في الغابة Xi = متغير ما (قطر ،ارتفاع ،...) عند أي وحدة معاينة $\overline{X}$ = متوسط متغير ما لوحدة المعاينة الواحدة، S^2 = الانحراف المعياري للعينة ، t = قيمة تؤخذ من توزيع استيودنت بدرجات حرية مقدارها (n-1) AE = الخطأ القياسي المسموح به لوحدات x عند مستوى معنوي(0.05)

وعند تطبيق العينة التجريبية، تم تحديد عدد العينات وكانت (٤٥) عينة. ولعدم تجانس التركيب والخزين النامي و درجة الموقع للمشاجر، فقد تم تجزئتها إلى وحدات صغيرة هي (n) والتي تكون فيها الفرصة متساوية لكافة الوحدات، حيث ينظر إلى مساحة المشاجر كمجتمع إحصائي واحد وأن مجموع العينات للمجتمع (n) يمكن تسميتها (N). ومنها تم اختيار (٤٥) عينة عشوائيا وبمساحة (٠.٠١هكتار).

في أواخر عام ٢٠٠٣ تم جمع البيانات الحقلية لعينات الدراسة وبأبعاد (١٠×١٠) م، ومن كل عينة من عينات الدراسة أخذت القياسات الحقلية الآتية:

١- متوسط ارتفاع العينة: لتحديد المسافة المستقيمة لساق الشجرة بين مستوى سطح الأرض وقمة الشجرة، تم استخدام جهاز الهاكا، وذلك لتقدير ارتفاعات الأشجار في العينة الواحدة، وبما انه من الضروري استعمال قيمة منفردة لوصف ارتفاع المشجر، فقد تم الاستفادة من طريقة لوري Lorey's) (mean height لإيجاد متوسط الارتفاع للمشجر، مستفيدين من العلاقة

$$H_L = (n_1g_1h_1 + n_2g_2h_2 + n_3g_3h_3 \ldots\ldots\ldots\ldots n_ng_nh_n) / G$$

٢-المساحة القاعدية: يطلق على مساحة المستوي، الذي يمر ويقطع ساق الشجرة، بزاوية قائمة مع محاوره الطولية، بالمقطع العرضي وعادة يكون قريباً إلى الشكل الدائري. وعندما يكون هذا المقطع عند ارتفاع الصدر فيطلق عليه المساحة القاعدية للشجرة، ولهذا فان مجموع المساحة القاعدية لكافة الأشجار في وحدة المساحة والمتمثلة في الهكتار الواحد هي إحدى الصفات المميزة في تقدير الحجم في المشاجر ولإيجاد المساحة القاعدية لعينات الدراسة فقد تم استخدام طريقة جدول المشجر لتقدير المساحة القاعدية الكلية لوحدة المساحة.

٣-عدد الأشجار لوحدة المساحة: في المشاجر المتساوية العمر التي تم دراستها، يمكن الاستفادة من عدد الأشجار لوحدة المساحة كمقياس مفيد لدراسة النمو لهذه المشاجر عند مراحل النمو المختلفة، وبما أن هناك مدى واسعاً من إعداد الأشجار لوحدة المساحة عند أي عمر من الأعمار، لهذا فان تحديد عدد الأشجار عند عمر معين له دور كبير في تحديد سرعة النمو.

٤- تقدير العمر: يقدر عمر الشجرة بطول الفترة الزمنية، ما بين إنبات الشجرة إلى موعد زمني معلوم فمشاجر الحور الأسود تتصف بان لها عمراً محدداً وان حجم الشجرة هو دليل على طول الفترة الزمنية التي نمت خلاله الشجرة، ولذا تم استخدام مثقاب النمو لتحديد عمر الأشجار للعينة الواحدة.

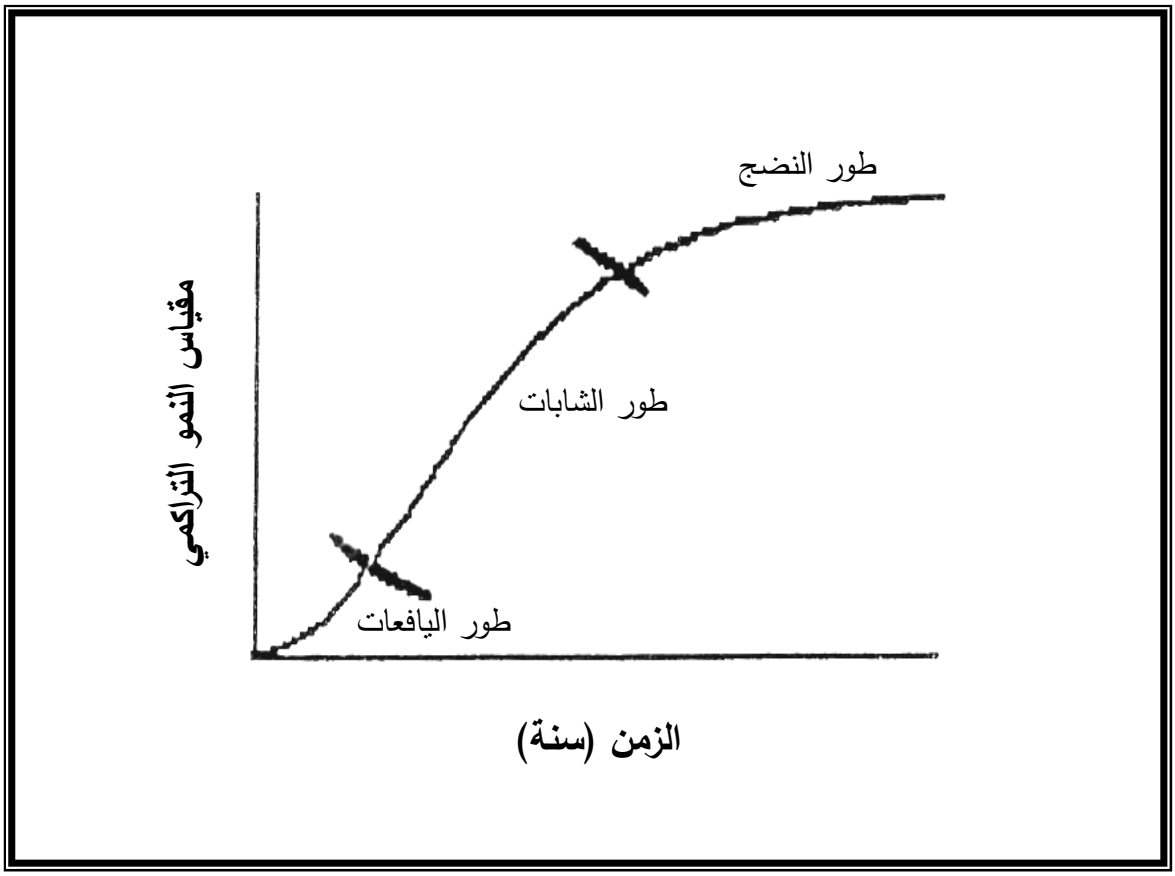
٥- **المسافات بين الأشجار**: من الصعوبة جدا تقدير المجال الفعلي الذي تشغله جذور وتيجان الأشجار ولكن من الممكن تقدير العلاقة بين حجم التاج والمجال الذي تشغله الشجرة، و قطرها، و ارتفاعها، و عدد الأشجار، والمساحة القاعدية وان هذه المعلومات لها أهمية كبيرة في تقدير النمو الحاصل لوحدة المساحة وعليه فقد تم إيجاد المتوسط الحسابي للمسافات بين الأشجار لعينات الدراسة. وبعد إجراء القياسات اللازمة، استخدامت طرق الانحدار المختلفة لإيجاد علاقات رياضية بين المساحة القاعدية لوحدة المساحة ومتغيرات المشجر الأخرى، ومنها حصلنا على عدد من المعادلات الرياضية، التي تم إخضاعها إلى بعض الاختبارات مستخدمين المقاييس الإحصائية، وذلك من اجل الحصول على أفضل معادلة رياضية لتقدير المساحة القاعدية لمشاجر الحور الأسود في زاخو..

النتائج و المناقشة

لغرض تحديد النموذج الرياضي المساحة القاعدية والحجم، لأشجار الحور الأسود *Populus nigra* في زاخو.استخدمت البيانات التي تم جمعها من عينات الدراسة لأغرض التحليل، وقبل البدء بعملية التحليل وإيجاد الدوال الرياضية، قمنا بدراسة هذه البيانات، وذلك من خلال مصفوفة الارتباط(Correlation matrix)والتي توضح الارتباط بين مختلف المتغيرات، ومن خلالها وجدنا انه هنالك علاقة طر دية بين المساحة القاعدية ومتغيرات المشجر الأخرى، وكانت أقوى علاقة ما بين العمر والمساحة القاعدية لوحدة المساحة.

إن النمو في المساحة القاعدية لمعظم الأنواع الغابية، يمكننا تمثيله بيانيا من خلال رسم العلاقة بين النمو في المساحة القاعدية، ومتغيرات المشجر (عدد الأشجار لوحدة المساحة، متوسط الارتفاع، العمر) ، فالمنحنيات التي نقوم بأعدادها لأي من هذه العلاقات، يمكن تقسيمها إلى ثلاث مناطق رئيسة، في المنطقة الأولى من المنحنى يظهر النمو في المساحة القاعدية بشكل حاد نحو الأعلى، مع ملاحظة اختلافات كبيرة بين الكثافات المختلفة، وأن هذا الجزء من المنحني يصعب تمثيله برابط الانحدار البسيط Lessard و آخرون ، (٢٠٠١) وبخاصة لبعض الأنواع السريعة النمو، حيث يظهر هذا الجزء في الأعمار المبكرة من عمر المشجر، لذا يستخدم الانحدار المتعدد وغير الخطي لأعداد مثل هذه النماذج الرياضية. أما الموقع الثاني ، فنرى انخفاض في معدل النمو للمساحة القاعدية مع الزمن، مع بقاء الاختلافات في الكثافات واضحة ، وتمثل هذه بمختلف طرق الانحدار الخطية وغير الخطية وبشكل واضح . وكذلك الموقع الثالث تتلاشى الاختلافات عند الكثافات المختلفة وتكون قريبة من بعضها البعض، وتمثل المساحة القاعدية في الموقع معدلات قليلة ، وكما في الشكل (١) .

لغرض تقدير المساحة القاعدية لوحدة المساحة، تم استخدام الصيغ الخطية وغير الخطية في إعداد المعادلات الرياضية. وباستخدام البيانات التي تم جمعها من مشاجر الحور الأسود في زاخو تم الحصول على المعادلات المدرجة في الجدول (١)التي تمثل العلاقة ما بين المساحة القاعدية ومتغيرات المشجر(عدد الأشجار لوحدة المساحة ومتوسط ارتفاع المشجر).

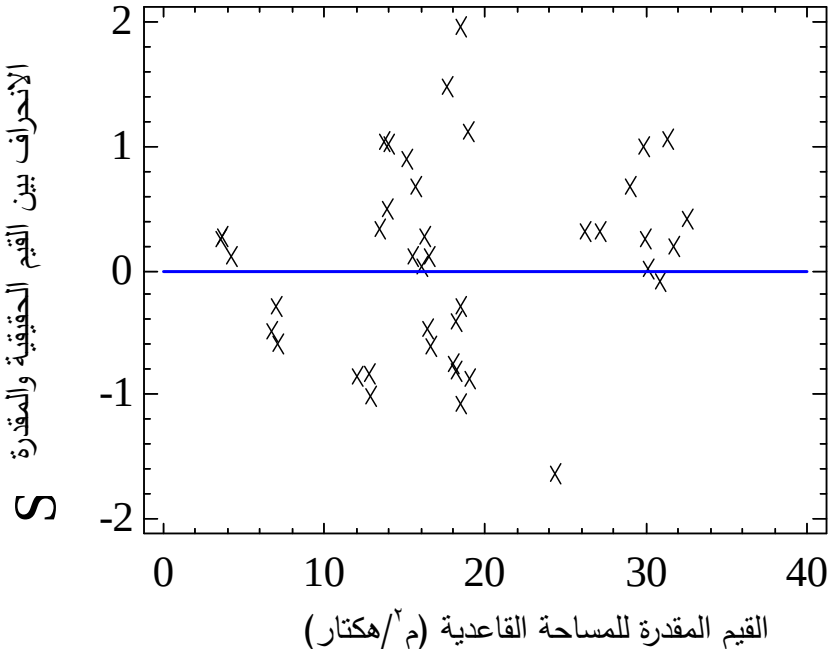


الشكل (١): منحنى العلاقة العامة بين النمو و العمر

الجدول (١): المعادلات الرياضية التي تربط بين المساحة القاعدية ومتغيرات المشجر لمشاجر الحور الأسود في زاخو

N0.	المعادلات	b_0	b_1	b_2	R^2	S.E
١	$G = -b_0 + b_1(H) - b_2(1000/N)$	١.٥٩٧	٣.٣٩٥	٨٠.٧٢	٠.٨٦٧	٣.١٨
٢	$G = -b_0 + b_1(H) - b_2(D)$	١.١٣٦	٤.١٣٠	٣.٤٩٠	٠.٥٩٦	٥.٥٠
٣	$G = -b_0 + b_1(H)^{0.2} - b_2 \exp(D)$	١٠٣.١	٨٢.٢٠	٠.٠١٠	٠.٦٩٤	٤.٨٠
٤	$G = -b_0 + b_1 Log(N) + b_2 (D)^{0.4}$	١٣٩.٢	٩.٩٧٠	٠.٨٣٤	٠.٨٣٤	٣.٥٠

من الجدول أعلاه نلاحظ أن قيمة معامل التحديد للمعادلات (١ ، ٤) كانت عالية، وفي الوقت نفسه قيمة الخطأ القياسي منخفضة مقارنة بالمعادلات المتنافسة، وهذا يدل على جودة المعادلتين ودقتهما في تقدير القيم، وبناء على ذلك تم استبعاد المعادلات (٢ و ٣) وحيث أن المعادلة (٤) تحوي على تحوير لوغاريتمي في حين كانت المعادلة (١) بدون أي تحوير لذا فقد تم إجراء تحليل البواقي للتأكد من توزيع الخطأ بصورة عشوائية ، وكما في الشكل (٣) لذا فقد وقع عليها الاختيار في إعداد الجدول (٣)



الشكل (٣) توزيع الانحرافات بصورة عشوائية حول القيم الحقيقية

الجدول (٣) :المساحة القاعدية للهكتار عند مختلف الارتفاعات والكثافات

الارتفاع	عدد الأشجار لوحدة المساحة							
	٣٠٠٠	٦٠٠٠	٩٠٠٠	١٢٠٠٠	١٥٠٠٠	١٨٠٠٠	٢١٠٠٠	٢٤٠٠٠
٣	-	-	-	١.٨٠	٣.٢٠	٤.١٠	٤.٧٤	٥.٢٢
٤	-	-	٣.٠١	٥.٢٥	٦.٦٠	٧.٤٩	٨.١٣	٨.٦١
٥	-	١.٩٢	٦.٤٠	٨.٦٥	٩.٩٩	١٠.٨٩	١١.٥٣	١٢.١
٦	-	٥.٣١	٩.٨٠	١٢.٠٤	١٣.٣٩	١٤.٢٨	١٤.٩٢	١٥.٤٠
٧	-	٨.٧١	١٣.٩٩	١٥.٤٤	١٦.٧٨	١٧.٦٨	١٨.٣٣	١٨.٨٠
٨	-	١٢.١٠	١٠.٥٩	١٨.٨٣	٢٠.١٨	٢١.٠٧	٢١.٧١	٢٢.٢٠
٩	٢.٠٤	١٥.٥٠	١٩.٩٨	٢٢.٢٣	٢٣.٥٧	٢٤.٤٧	٢٥.١١	٢٥.٥٩
١٠	٥.٤٤	١٨.٩٠	٢٣.٣٨	٢٥.٦٢	٢٦.٦٧	٢٧.٨٦	٢٥.٥١	٢٨.٩٩
١١	٨.٨٤	٢٢.٢٩	٢٦.٦٨	٢٩.٠٨	٣٠.٣٩	٣١.٢٦	٣١.٩٠	٣٢.٣٨
١٢	١٢.٢٣	١٥.٦٩	٣٠.١٧	٣٢.١٧	٣٣.٧٦	٣٤.٤٧	٣٥.٣٠	٣٥.٧٨
١٣	١٥.٦٣	٢٩.٠٨	٣٣.٥٧	٣٥.٨١	٣٧.٥٨	٣٨.٠٨	٣٨.٠٦	٣٩.١٧

المساحة القاعدية و الحجم: يقصد بالنمو في الحجم، بأنه الزيادة الحاصل في المادة الخشبية للجذع والأغصان. ويمكن اعتبار النمو في الحجم دالة للنمو القطري والنمو في الارتفاع، ولتحديد الحجم، تستخدم المساحة القاعدية لوحدة المساحة، ولمعرفة الحجم الكلي يمكن استخدام طريقة التكامل المحدود للمساحة القاعدية، وكما في النموذج الآتي:

$$\int_a^b G$$ (x) dx

$$= \int_a^b G$$

على افتراض أن X هي (1000 / N)
حيث أن:
G (x) = المساحة القاعدية (متر مربع)
d (x) = التغير في دالة الارتفاع
وعند أخذ تكامل النموذج الرياضي الذي تم استخدامه في تقدير المساحة القاعدية لوحدة المساحة، والذي هو:

$$G = -1.597 + 3.395(H) - 80.72(1000/N)$$

نحصل على:

$$= \int_a^b G \quad b0 \int_a^b + b_1H - b_2(1000/N)$$

وبالتالي الحصول على المعادلة الآتية:

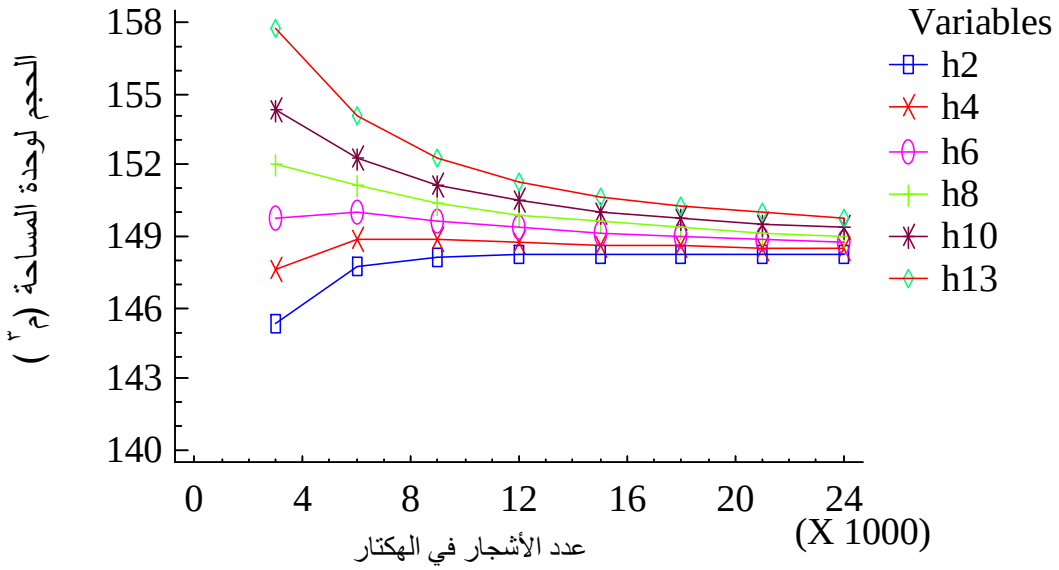
$$V = 148.045 - 1.59(1000/N) + 3.394(H)(1000/N) - 40.36(1000/N)^2$$

من المعادلة أعلاه تمكنا من الحصول على الجدول (٤).

الجدول (٤) :الحجم في الهكتار/م٣ لمشاجر الحور الأسود في زاخو

الارتفاع م.	عدد الأشجار لوحدة المساحة							
	٣٠٠٠	٦٠٠٠	٩٠٠٠	١٢٠٠٠	١٥٠٠٠	١٨٠٠٠	٢١٠٠٠	٢٤٠٠٠
٢	١٤٥.٢٩	١٤٧.٧٩	١٤٨.١٢	١٤٨.٢٠	١٤٨.٢٠	١٤٨.٢١	١٤٨.٢٠	١٤٨.١٩
٣	١٤٥.٤٢	١٤٨.٣٦	١٤٨.٥	١٤٨.٤٨	١٤٨.٤٤	١٤٨.٤٠	١٤٨.٣٦	١٤٨.٣٣
٤	١٤٧.٥٦	١٤٨.٩٢	١٤٨.٨٨	١٤٨.٧٦	١٤٨.٦٦	١٤٨.٥٩	١٤٨.٥٢	١٤٨.٤٧
٥	١٤٨.٦٩	١٤٩.٤٩	١٤٩.٢٦	١٤٩.٠٥	١٤٨.٩٨	١٤٨.٧٧	١٤٨.٦٩	١٤٨.٦٩
٦	١٤٩.٨٢	١٥٠.٠٥	١٤٩.٦٩	١٤٩.٣٣	١٤٩.١٢	١٤٩.٩٦	١٤٨.٨٥	١٤٨.٨١
٧	١٥٠.٩٥	١٥٠.٦٢	١٥٠.٠١	١٤٩.٥١	١٤٩.٣٩	١٤٩.١٥	١٤٩.٠١	١٤٨.٩٠
٨	١٥٢.٠٨	١٥١.١٨	١٥٠.٣٩	١٤٩.٥٧	١٤٩.٥٧	١٤٩.٣٨	١٤٩.١٧	١٤٩.٠٤
٩	١٥٣.٢١	١٥١.٧٥	١٥٠.٧٥	١٥٠.١٨	١٤٩.٨٠	١٤٩.٥٣	١٤٩.٣٣	١٤٩.١٨
١٠	١٥٤.٣٤	١٥٢.٣٢	١٥١.٨٠	١٥٠.٤٥	١٥٠.٠٢	١٤٩.٧٢	١٤٩.٤٣	١٤٩.٣٢
١١	١٥٥.٨	١٥٢.٨	١٥١.٥٢	١٥٠.٧٣	١٥٠.٢٥	١٤٩.٩١	١٤٩.٦٦	١٤٩.٤٦
١٢	١٥٦.٦١	١٥٣.٤٥	١٥١.٦٣	١٥١.٠٣	١٥٠.٤٧	١٥٠.٠٩	١٤٩.٨٢	١٤٩.٦١
١٣	١٥٧.٧٤	١٥٤.٧٢	١٥٢.٢٧	١٥١.٧٠	١٥٠.٧١	١٥٠.٢٨	١٤٩.٩٩	١٤٩.٧٥

لتمثيل القيم الخاصة بالحجم قمنا بتحويل الجدول إلى رسم بياني كما في الشكل (٤)، والذي نلاحظ من خلاله بأنه عندما يكون عدد الأشجار لوحدة المساحة ثابتاً فأن الحجم لوحدة المساحة يزداد مع زيادة متوسط ارتفاع المشجر، وتكون هذه الحالة أكثر وضوحاً في الكثافات الواطئة عنها في الكثافات العالية، التي يكون اختلاف الحجم لوحدة المساحة فيها ضئيل جداً مع تغير متوسط ارتفاع المشجر، ويعزى سبب ذلك إلى انه عندما تكون الكثافة عالية، فأن مقدار النمو في المساحة القاعدية يكون قليل جداً، وأن زيادة حجم المشجر يعود إلى زيادة النمو الطولي، Zeide و Zhang ،(٢٠٠٠) و Meredieu و آخرون ،(٢٠٠٢).



الشكل (٤): الحجم مقابل عدد الأشجار لوحدة المساحة عند ارتفاعات مختلفة (h_i)

ESTIMATED FOR BASAL AREA AND VOLUME OF *Populus nigra* STAND IN ZAKHO REGION

Muzaham Saeed Mohammed Asim
Forest Dept. College of Agri. and Univ. of Mosul-Iraq

ABSTRACT

Growth function were use for estimating the basal area and volume per hectare of *Populus nigra* stands Zakho Region, data have been collected from(45) random samples, each area of the sample was (0.1) per hectare. The characteristics of each sample were measured , the samples cover different ages and densities of *Populus nigra* stand . By using four mathematical models and

differentiation among them depending upon statistical measurements, we have got the following equation:

$G = -1.597 + 3.395(H) – 80.72(1000/N)$

The coefficient of determination was (0.86) and standard error percent of the mean (3.18). This equation was check for a good fitting of basal area per hectare for *Populus nigra* , and it was used for preparing a basal area table depending on height and number of trees. The integration of the equation of basal area are extremities which lead to the following:

$V = 148.045 – 1.59(1000/N) + 3.394(H)(1000/N) - 40.36(1000/N)^2$

A table was prepared form the equation to estimate production for unit area at specific density and height.

المصادر

Andreassen, K. and S.M. Tomter (2003). Basal area growth models for Individuals trees of Norway spruce, Scot pine, birch and other broad Leaves in Norway. For. Ecolo. and Mang. 180:11-24.

Chikumbo, O., M.Y. Mareels and B. J. Turner (1999). Predicting stands basal area in thinned stand using a dynamical model. For. Eco. and Mang. 116: 175-187.

Corona, P., A. M. Pasquale and S. Roberto (2002). Top – down growth modeling: a Prototype for poplar plantation in Italy. For. Eco. And Mang.161: 65-73

Husch, B., C. I. Miller and T.W. Beers (1972) Forest Mensuration. The Ronald press Company. New York.

Lessar, V.C., E. M. Ronald and R. H. Margret (2001) Diameter growth models Minnesota forest inventory and analysis data. For. Sci. 47:329-340.

Mailly, D., T. Sylvain and P. David (2003). Predicting basal area Increment in a spatially explicit, individual trees model: a test of Competition measures with black spruce. Ca. J. For. Res. 33:435- 443.

Meredieu, C., S. Perret and P. Dreyfus (2002). Modeling dominant height growth: effect of stand density. Reality models and parameter estimate the forestry Scenario 2-5, Sesimbra, Portugal.

Murphy, P. A. and G.S. Michael (1996). An individual tree basal Area growth model for loblolly pine stands. Ca. J. For.Res.26:327-331.

Schroder, J. R., S. Rodrigues and G. Alonso (2002). An age independent basal area increment model for pine tree in north wester Spain. Eco. and Mang. 157:55-64.

Zeide, B. and Y., Zhang (2000). Diameter variable in loblolly Ding Plantations. For. Eco. and Mang. 128:139-143.