مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (37) العدد (3) 2015
TishreenUniversity Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

معايرة معادلات مؤشر جودة الموقع لماكي السنديان العادي *Quercus calliprinos*Webb. على السفوح الشرقية للجبال الساحلية في سورية.

الدكتور وائل علي*
الدكتور سليم زهوة**
الدكتور زهير الشاطر***
فادي المحمود****

(تاريخ الإيداع 10 / 3 / 2015. قبل للنشر في 18/ 5 / 2015)

ملخّص

هدف هذا البحث إلى تقدير مؤشر جودة الموقع لماكي السنديان العادي على السفوح الشرقية للجبال الساحلية في سورية من خلال معايرة بعض المعادلات الرياضية المستخدمة عالمياً في هذا المجال،م ما يساعد الحراجيين في تربية هذه المجموعات الحرجية، وإدارتها بشكل مستدام.

تم قياس العمر، والارتفاع الكلي لـ 287 فرعاً (خلفةً) من الأفرع الأضخم قطراً متوزعة على 102 موقعاً حراجياً، يسود فيها السنديان العادي بشكل ماكي،وتتباين في ظروفها البيئية (ارتفاع عن سطح البحر، وانحدار، ومعرض)، وفي كثافتها وأعمارها. تم استخدام 214 خلفة (75% من الأخلاف) من أجل معايرة ثوابت المعادلة المستخدمة (معادلة Chapman–Richards)بالاعتماد على مبدأ مجموع المربعات الصغرى لأخطاء الموديل (**O**rdinary **L**east **S**quares, OLS) باستخدام الحالل Solver في البرنامج Excel بينما تم استخدامبقية الأخلاف (25% من الأخلاف) لإجراء عدد من الاختبارات الإحصائية لجودة المعادلات المستخدمة.تم تقدير ثوابت المعادلة المستخدمة لثلاثة صفوف إنتاجية (3، 4، 5م)، وقد تم اعتماد الارتفاع السائد للأخلاف عند العمر المرجعي 40 عاماً.

تراوحت قيم معامل التحديد Coefficient of Determination (R^2) بين 0.65 لصف الإنتاجية الأول (SI 3) و0.88 لصف الإنتاجية الثالث(SI 5).وتباينت قيم مؤشر جودة الموقع لدى ماكي السنديان على السفح الشرقي للجبال الساحلية من سورية بين 3 – 5 مترعند عمر 40 عاماً وهي مشابهة لقيم هذا المؤشر للنوع نفسه على السفح الغربي للجبال الساحلية. أظهرت الاختبارات الإحصائية الحسابية والبيانية لجودة الموديل نتائج مقنعة لتقدير مؤشر جودة الموقع لماكي السنديان العادي في منطقة الدراسة بمعايرة معادلة Chapman–Richards.

تشكلالمعادلات التي تمت معايرتها لصفوف الإنتاجية الثلاثةلماكي السنديان العادي أداةً مهمة لتربية ماكي السنديان العادي وإدارتها على السفوح الشرقية للجبال الساحلية في سورية.

الكلمات المفتاحية:ماكي السنديان العادي – مؤشر جودة الموقع–الارتفاع السائد – السفح الشرقي للجبال الساحلية

* **مدرس – قسم الحراج و البيئة – كلية الزراعة – جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.**
** **مساعد ممثل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)– دمشق– سورية.**
*** **أستاذ – قسم الحراج و البيئة – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**
**** **طالب دراسات عليا (دكتوراه) – قسم الحراج والبيئة– كلية الزراعة –جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (37) العدد (3) 2015
TishreenUniversity Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (37) No. (3) 2015

Calibration of Site Index Equations of Palestine Oak Maquis "*Quercuscalliprinos*Webb.", Grown on the eastern Versants of Coastal Mountains-Syria

Dr. Wael Ali[*]
Dr.SalimZahoueh[**]
Dr.Zuheirshater[***]
Fadi Al-Mahmoud[****]

(Received 10 / 3 / 2015. Accepted 18 / 5 /2015)

□ABSTRACT□

This study aimed to calculate the site index of Palestine Oak grown on eastern versants of coastal mountains of Syriathrough calibration of some equations used in this field of study what helps foresters in the management of this type of vegetation.

Age and top height of 287 dominant shoots from 102 sites of *Quercuscalliprinos*Maquis, distributed over the eastern versants of coastal mountains in Syria, have been measured. The sampled Maquis vary in their environmental conditions (altitude, slope, and aspect), their density, heights and ages as well.214 shoots (75% of dataset) were used for calibratingmodel constants (Chapman-Richards equation);the sum of least squares method (**O**rdinary **L**east **S**quares, OLS) was used to achieve that inExcel Solver. The remaining shoots (25% of dataset) were used for model statistical tests. The dominant tree height at age 40 years has been adopted as a reference. Model constants were estimated for three site classes (3, 4 and 5m).

Values of R^2 were ranged between0.65 for the class (SI3) and 0.88 for the class (SI5). Values of Site index ranged between 3 and 5 m at the age of 40 years. These values are similar to that obtained for the same species at the western versants of the same mountains. Statistical tests of the model showed convincing results for Oak Maquis site index in the study area by calibrating Chapman-Richards equation.The calibrated equations for the three productivity classes of oak Maquisprovide an important tool for oak Maquis managers at the eastern versants of coastal mountains of Syria.

Key Words: Palestine Oak Maquis–Site Index – Dominant height – eastern Versant of Coastal Mountainsof Syria

[*]**Assistant Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tishreen, Lattakia, Syria**
[**]**Assistant FAO Representative, FAO Representation, Syria**
[***]**Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tishreen, Lattakia, Syria**
[****]**Postgraduate student, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, University of Tishreen, Lattakia, Syria**

مقدمة:

يعتمد نمو الأشجار الحراجية على تفاعل معقد بين العوامل البيئية الحيوية وغير الحيوية،من أهمها المناخ، والطبوغرافيا، والتربة، ويستخدم مصطلح الموقع للتعبير عن المجموع الكلي لهذه العوامل. تؤثر نوعية الموقع،إذاً،بشكل مباشر في نمو المجموعات الحرجية وإنتاجيتها، ومن ثَمّ فإن تحديد جودة الموقع من الأمور المهمة جداً، والأساسية في تنظيم الغابات، وتربيتها، وإدارتها(Geyer & Lynch, 1987).

يتم تقييم نوعية الموقع باستخدام ثلاث طرائق مختلفة، تستند الطريقة الأولى منها على الخصائص البيومتريةالقابلة للقياس للمجموعة الحرجية، من خلال قياس بعض البارامترات المرتبطة بالنمو والإنتاجية، وتستند الطريقة الثانية على العوامل البيئية، في حين تستند الطريقة الثالثة على التركيب النبتي للمجموعة الحرجية(Carvalho&Parresol, 2005).ينتمي مؤشر جودة الموقع (Site Index)إلى المجموعة الأولى من هذه الطرائق، ويعرّف بأنه مقياس للإنتاجية الخشبية المحتملة لموقع ما عند عمر مرجعي معين، أو هو قدرة بقعة معينة من الأرض على تنمية أشجار من نوع حراجي معين (Yancey, 2014).

يرتكز هذا القياس للانتاجية على ارتفاع المجموعة الحرجية، وهو عامل سهل القياس، ومرتبط بشدة بحجم المجموعة الحرجية، كما أنه مستقل نسبياً عن كثافة المخزون الخشبي. يسمح مؤشر جودة الموقع بإجراء مقارنات معيارية للقدرة الإنتاجية بين المواقع عبر طيف واسع من ظروف المجموعة الحرجية الموجودة (FSBC, 1999). ومن ميزات هذا القياس أنه يعبّر عن التأثير الإجمالي لمجموعة من العوامل، كالتربة، والمناخ في النمو،والإنتاجية لنوع حراجي معين (Van Laar&Akca, 2007). يناسب هذا المؤشر المجموعات الحرجية المتساوية والمعروفة الأعمار،لكن عدداً كبيراً من الموديلات الرياضية التي تستخدم Site Index لتقدير الإنتاجية تم اقتراحها للغابات غير المتساويةالأعمار(Chaghui, 1999).

يستخدم مؤشر جودة الموقع بشكل تطبيقي في مجال الجرد الحراجي بوصفه موصّفاً أساسياً لنوعية المواقع الحراجية، ولتقييم الجرد الحراجي من أجل الحفاظ على تقديرات مألوفة للارتفاع والحجم،ويستخدم كذلك في تربية الغابات حيث إن التقديرات الدقيقة لمؤشر جودة الموقع مطلوبة من أجل وصف نوعية الموقع بشكل مقنع، ولصياغة توصيات مناسبة، وجدولة المعالجات التربوية بحسب الأولويات، وللتنبؤ بنمو المجموعة الحرجية وإنتاجيتها. وفي كثير من الحالات يعدّ مؤشر جودة الموقع العامل الأكثر أهميةً، والوحيد لتحديد النمو والإنتاجية. يستخدم كذلك مؤشر جودة الموقع في تحليل المخزون الخشبي(FSBC, 1999).

يختلف العمر المرجعي باختلاف النوع الحراجي، ونظام التربية، وعادةً ما يكون خمسين سنة للمخروطيات السريعة النمو، ومائة سنة لعريضات الأوراق في نظام الغابة العالية (Monserud, 1984)، ولكنه يمكن أن ينخفض إلى 50 سنة في بعض أنواع السنديان ، فقد تم اعتماد العمر المرجعي 50 عاماً لأحد أنواع السنديان المسمى *Quercus pagoda* في الولايات المتحدة الأمريكية في أثناء عملية تقدير صفوف الإنتاجية لهذا النوع (Frederick *et al.,* 2012)، كما يمكن أن ينخفض إلى 20–30 سنة في الغابات ذات الأنواع سريعة النمو من الصنوبر (Coble & Lee, 2006)أو في غابات السنديان المرباة بنظام المنسغة (Adame*et al.,* 2006) وحتى 10 أو حتى 8 سنوات في المشاجر سريعة النمو من بعض أنواعالأوكالبتوس(Van Laar&Akca, 2007).

تعدّ الدارساتالتيتناولتتقديرجودةالموقعفيسوريةاعتماداًعلىالارتفاعالسائدقليلةجداً،فقد بدأت أولى المحاولات لوضع صفوف للإنتاجية للصنوبر البروتي *Pinusbrutia* (نحال، 1982) بالاعتماد على الارتفاع المتوسط الذي يتأثر

بالعمليات الحراجية،الأمر الذيخفف من إمكانية استخدام نتائجها على نطاق واسع. قام حديثاً de Miguelوآخرون (2010)بتصنيف مواقع الصنوبرالبروتيفيالساحل السوريإلى مواقع منخفضة الإنتاجية (ارتفاع سائدحوالي 10 معندعمر 50عاماً)، وصولاًإلىمواقععاليةالإنتاجية (ارتفاعسائدحوالي 25 م بعمر 50عاماً) باستخداممعادلة Chapman–Richards. كما قام سليمان (2013) بتقدير مؤشرجودة الموقع للصنوبر البروتي في موقع ربيعة في محافظة اللاذقية فكانت قيمته حوالي 20 متراً للأشجار السائدة. حديثاً،قام (علي وشاطر، 2015) بتصنيف مواقع ماكي السنديان العادي على السفح الغربي للجبال الساحلية في سورية باستخداممعادلة Chapman–Richards إلى 3 صفوف إنتاجية (3،4،5 م على عمر مرجعي 40 سنة).

سيتم في هذه الدراسة الاستعاضة عن مصطلح مؤشر جودة الموقع بشكل متكرر بمصطلح صفوف الإنتاجية.

أهمية البحث وأهدافه:

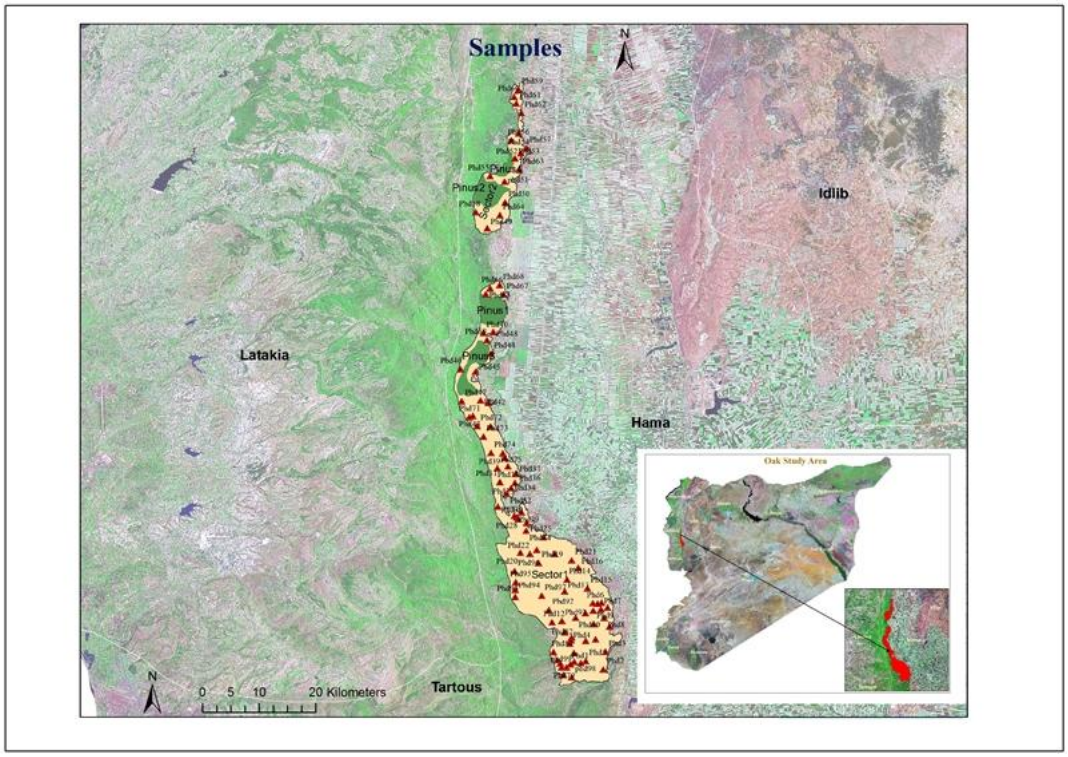
على الرغم من الأهمية الكبيرة التي يحتلها تقدير مؤشر جودة الموقع في عملياتتربية الغابات و إدارتها، فإن هذا النوع من الدراسات غائب تماماً في غابات السنديان العادي، خاصةً الموجودةمنها بشكل ماكيعلى السفح الشرقي للجبال الساحلية في سورية،مع أهمية هذه التكوينات النبتية،وهذا ما يشكل ثغرة كبيرة في إدارتها بشكل مستدام.

يهدف هذا البحث إلى معايرة بعض المعادلات المستخدمة في حساب مؤشر جودة الموقع في ماكي السنديان العادي على السفوح الشرقية للجبال الساحلية في سورية أول مرة، وذلك لوضعها في متناول الحراجيين المسؤولين عن تربية هذه التكوينات وإدارتها.

طرائق البحث وموادّه:

مواقع الدراسة

تم اختيار 102 موقعاً من السنديان العادي تتوزع ضمن كتل حراجية رئيسة من هذا النوع متوزعة على السفح الشرقي للجبال الساحلية (شكل1).

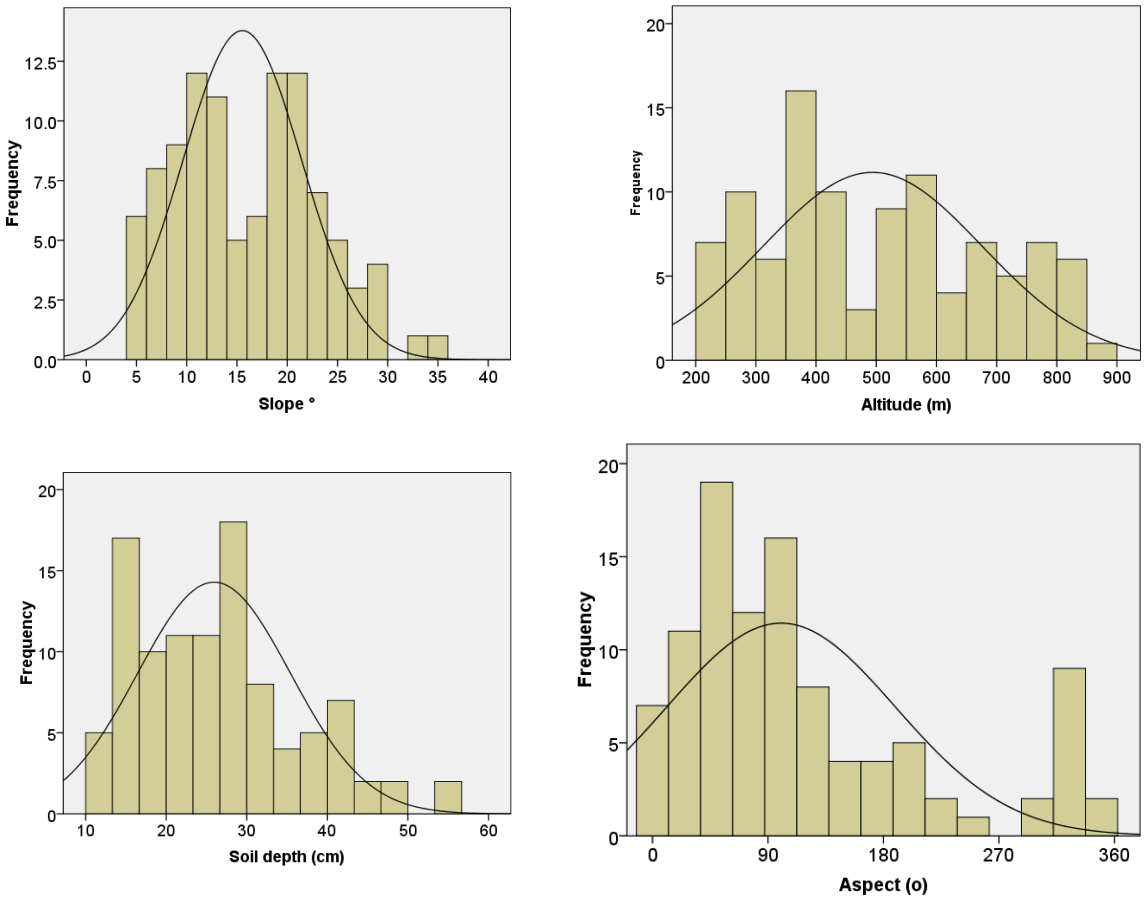


الشكل (1) : موقع الدراسة .

تم اختيار المواقع بحيث تغطي التباين في الكثافة الحراجية للأرومات والأخلاف (مواقع كثيفة، ومتوسطة، وضعيفة الكثافة)، وفي خصوبة المواقع (مواقع خصبة، ومتوسطة، وضعيفة الخصوبة)، وفي العمر، إضافةً إلى تباين في الظروف البيئية من حيث الارتفاع عن سطح البحر، والمعرض، والانحدار. يلخص الجدول (1)، والشكل (2) أهم الخصائص البيئية، والحراجية للمواقع المختارة.

الجدول1: ملخص للخصائص الحراجية للأخلاف والمجموعات الحرجية.

المتغير	القيمة الأدنى	المتوسط ± الانحراف المعياري	القيمة الأعلى
الارتفاع (م)	1.5	1 ±3	7
العمر (سنة)	8	8.4 ±19.9	51
كثافة الأرومات /هـ	814	1763 ± 3891	10357
كثافة الأفرع / هـ	1515	9426 ± 17648	48055
متوسط عدد الأفرع على الأرومة	1.5	1.3 ± 4.5	8.8



الشكل2: الارتفاع عن سطح البحر (Altitude) ، والانحدار (Slope)، والمعرض (Aspect)، وعمق التربة(Soil depth) للمواقع المدروسة.

العمل الحقلي

تم في كل موقع اختيار 2-3 فروع (أخلاف) سائدة من أرومات مختلفة ممثلةلنمو المجموعة الحرجية الموجودة. تم قياس العمر من خلال قطع الفرع، وعد حلقات النمو، كما تم قياس الارتفاع الكلي للأفرع بعد قطعها مباشرة بوساطة شريط متري عادي. بلغ المجموع الكلّي للأفرع المقاسة 287 فرعاً.

العمل المكتبي.

تم تقسيم البيانات إلى قسمين:شمل القسم الأول حوالي 75 % من الأخلاف المقاسة (214 خلفة)،تم استخدامها لمعايرةثوابت مؤشر جودة الموقع (صفوف الإنتاجية)باستخداممعادلة Chapman–Richards (Richards, 1959) التي تم اختيارها في هذه الدراسة وصيغتها الرياضية:

$$Y = a_1 * (1 - \exp(-a_2 * T))\wedge a_3$$

إذْ إن a1, a2, a3, ثوابت المعادلة ،وY : ارتفاع للأخلاف السائدة ، وT: عمر الأخلاف السائدة. وقد تمت معايرة الثوابت لثلاثة صفوف إنتاجية (SI 3,SI 4,SI 5).

تم في هذه الدراسة اعتماد الارتفاع السائد للأخلاف عند العمر المرجعي 40 عاماً؛ أي أن صف الإنتاجية (SI 3 جدول2)، مثلاً، يعني أن قيمة متوسط ارتفاع الأشجار السائدة (بالمتر) عند العمر 40 عاماً. وقد تم اختيار هذا العمر، لكون الماكي أقرب إلى المنسغة البسيطة منه إلى الغابة العالية الناضجة، على االرغم من عدم وجود دورة

قطع معتمدة في هذه النظم، ومن ثَمّ فإن إدارة هذه التكوينات وتنظيمها في المستقبل يمكن أن تأخذ بعين الاعتبار قربها من نظام المنسغة البسيطة.

أجريت عملية معايرة الثوابت بالاعتماد على مبدأ مجموع المربعات الصغرى لأخطاء الموديل (**O**rdinary **L**east **S**quares, OLS) باستخدام الحالل Solver في البرنامج Excel.

تراوح ارتفاع الأخلاف السائدة بين 1.60–5.5 متراً (جدول 2)، كما تباينت أعمار الأخلاف بين 8 – 48 عاماً لصفوف الإنتاجية المختلفة، في حين تراوحت أعداد الأخلافالمستخدمة في معايرة الثوابت متقاربة في صفوف الإنتاجية المختلفة بين 51– 92 خلفةً. يعزى عدم التساوي في أعداد الأخلاف بين الصفوف إلى كثرة المواقع ذات الإنتاجية المتوسطة، أصلاً، مقارنة مع المواقع ذات الإنتاجية العالية والضعيفة.

جدول (2): خصائص الأخلاف السائدة المستخدمة في معايرة المعادلة المختبرةلصفوف الإنتاجية المختلفة.

مؤشر جودة الموقع	الارتفاع الأدنى للأخلاف السائدة [m]	الارتفاع الأعظمي للأخلاف السائدة [m]	متوسط الارتفاع للأخلاف السائدة [m]	عدد الأخلاف	مجال الأعمار
SI 5	2.25	5.5	0.67 ± 3.35	51	47–8
SI 4	2.1	4.6	0.51 ±2.90	92	48–11
SI 3	1.60	3.49	0.40 ± 2.27	71	45–10

تم استخدام القسم الباقي من البيانات العائدة إلى 73 خلفة (أي 25% من الأخلاف المقاسة لكل صف انتاجية)،لاختبار جودة عملية المعايرة،وتم تلخيص خصائصها في الجدول (3).

جدول (3) خصائصالأخلاف السائدة المستخدمة في اختبارات جودة معادلة ريتشاردس.

مؤشر جودة الموقع	الارتفاع الأدنى لـ Hdom [m]	الارتفاع الأعظمي لـ Hdom [m]	متوسط الارتفاع لـ Hdom [m]	عدد الأخلاف	مجال الأعمار
SI 5	2.5	5.5	0.89 ±3.65	17	45–8
SI 4	2.18	4.52	0.55 ± 3.05	31	45–11
SI 3	1.65	3.56	0.43 ± 2.24	25	41–11

تم اختبار جودة عملية المعايرة باستخدام العديد من المعايير، والطرائق الإحصائية المأ خوذه عن بريتش (Pretzsch. 2001)لإجراء بعض الاختبارات الإحصائية كما يأتي:

Model Bias($\bar{e}$)، و هو المتوسط المطلق لخطأ الموديل:

$$\bar{e} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - Y_i).$$

Model Bias% ($\bar{e}$ %)،و هو المتوسط النسبي لخطأ الموديل:

$$\bar{e}\% = \frac{\bar{e} * 100}{\bar{Y}} .$$

Model Precision (S_e)، و هو الانحراف المعياري المطلق لمتوسط خطأ الموديل:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(e_i - \bar{e})^2}{n-1}} .$$

Model Precision% (S_e %)، و هو الانحراف المعياري النسبي لمتوسط خطأ الموديل:

$$S_e\% = \frac{S_e * 100}{\bar{Y}} .$$

Model Accuracy (m_x)، وهي دقة الموديل:

$$m_x = \sqrt{S_e^2 + \bar{e}^2} .$$

Model Accuracy% (m_x %)، و هي النسبة المئوية لدقة الموديل:

$$m_x\% = \frac{m_x * 100}{\bar{Y}} .$$

إذْ إنّ: n هي عدد القيم الفعلية، و Y_i هي القيمة الفعلية للارتفاع السائد للخلفة التي ترتيبها (i)، و $\hat{Y}_i$ القيمة المحسوبة أو المقدرة من خلال المعادلةللارتفاع السائد للخلفة التي ترتيبها (i)، و $\bar{Y}_i$ المتوسط الحسابي للقيم الحقيقية i = 1 ..... n .

إضافةً إلى ذلك تم الاختبار البياني لأخطاء الموديل، وعلاقتها بالارتفاع السائد للأخلاف، كما تم إجراء الاختبار البياني لزوج المتحولات: القيم المقاسة، والقيم المحسوبة للوقوف على مدى التطابق أو التقارب بين القيم المحسوبة على وفق المعادلات، والقيم المقاسة حقلياً. تم استخدام برنامج إكسل في إجراء المعايرة، واختبارات الجودة.

النتائج والمناقشة:

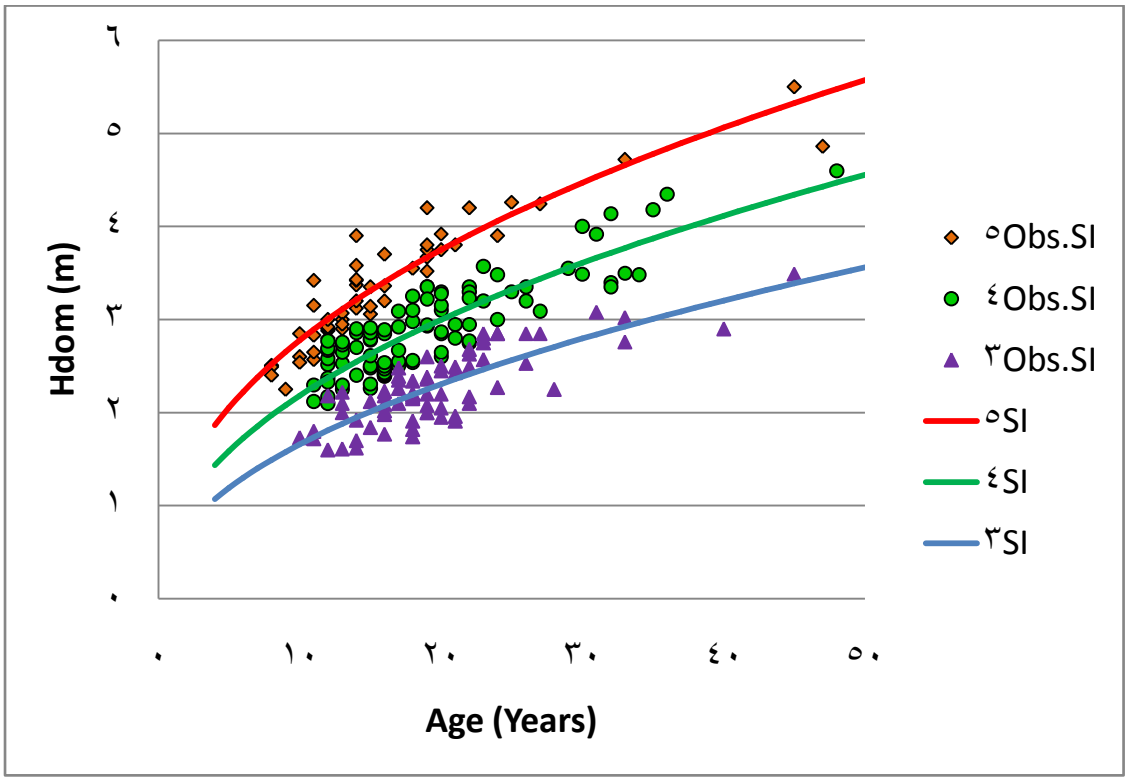
معايرة الموديلModel Calibration

تراوحت قيم معامل التحديد Coefficient of Determination (R^2) بين 0.65 لصف الإنتاجية (SI 3) و 0.88لصف الإنتاجية (SI 4) (جدول 4) وهذا يعني أن المعادلة المختبرة (معادلة Chapman–Richards) تستطيع تفسير 65–88% من التباين الإحصائي الموجود في القيم الحقيقية للأخلاف السائدة، ويبين الجدول (4) قيم ثوابت المعادلة في المعادلات المستخدمة لكل صف من صفوف الإنتاجية.

جدول (4) قيم ثوابت معادلة Chapman–Richards مع قيم معامل التحديد R^2 لصفوف الإنتاجية المختلفة

مؤشر جودةالموقع	a1	a2	a3	R^2
SI 5	34.018	0.0003−	0.435	0.88
SI 4	31.706	0.0003−	0.459	0.75
SI 3	27.113	0.0003−	0.476	0.65

يُظهر الشكل (3) التمثيل البياني للمعادلة التي تمت معايرتها باستخدام الثوابت المحسوبة لكل صف من صفوف الإنتاجية؛ إذْ أمكن تمييز ثلاثة منحنيات تعبر عن صفوف الإنتاجية على أساس العمر،وتبعد هذه المنحنيات عن بعضها مسافات متساوية تقريباً،كما تتوزع النقاط التي تعبر عن القيم المقاسة بشكل منتظم ومتجانس حول المنحنيات الممثلة لها.



شكل (3) مؤشر جودة الموقع لماكي السنديان العادي في السفح الشرقي للجبال الساحلية من سورية.

اختبارات التحقق من جودة الموديل Model Validation.

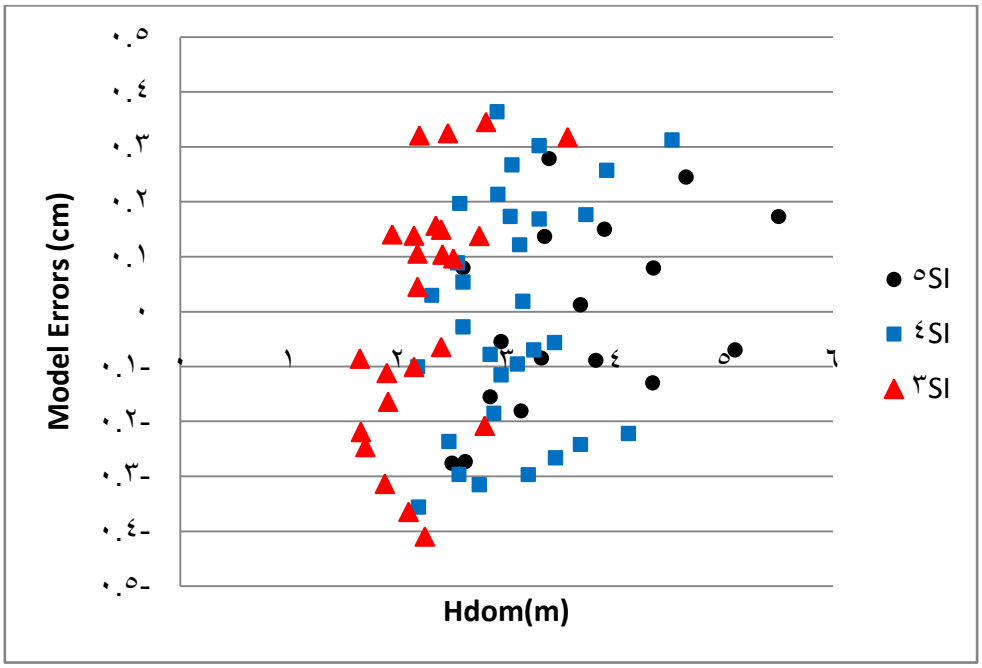
تراوحت قيم المتوسط المطلق لخطأ الموديل ($\overline{e}$) بين − 0.006 و− 0.02 أما قيم المتوسط النسبي لخطأ الموديل ($\overline{e}$ %) فقد تباينت بين − 0.22 و− 0.72 (جدول 5)،وهذا يعني أن الموديل ينحرف عن الحقيقة بشكل عام بمقدار يتراوح بين 0.22 − 0.72 % . ويعدّ هذا الانحراف انحرافاً صغيراً نسبياً. من ناحية أخرى، تراوح الانحراف المعياري المطلق لمتوسط خطأ الموديل (Se) بين 0.17 و 0.24، وتراوح الانحراف المعياري النسبي لمتوسط خطأ الموديل (Se%) بين 4.68 − 10.9 % ، بينما تباينت دقة الموديل (m_x %) بين 4.69 و 10.9 %

(جدول 5).ومن ثَمّ،على فرض كارتوزع خطأ الموديل توزعاً طبيعياً، فإن 95 % من القيم المقدرة لن ينحرف أكثر من 4.69 إلى 10.9 % عن القيم الحقيقية (أو المقاسة)، و من ثَمّ فإن دقة المعادلة المستخدمة في هذه الدراسة تعدّ جيدة على وفق معايير(Pretzsch, 2001).

جدول (5) النتائج الحسابية لاختبارات جودة الموديل لصفوف الإنتاجية المختلفة.

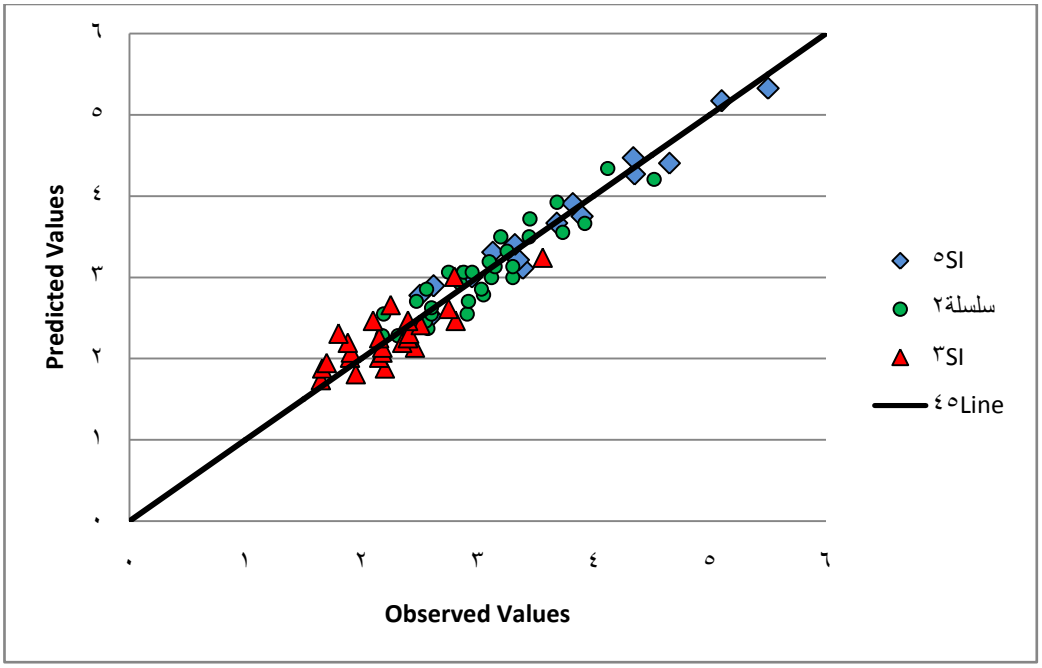
Accuracy %	Accuracy	Precision %	Precision	Bias %	Bias	مؤشر جودة الموقع
4.69	0.17	4.68	0.17	0.24-	0.01-	SI 5
7.17	0.22	7.17	0.22	0.22-	0.006-	SI 4
10.9	0.24	10.9	0.24	0.72-	0.02-	SI 3

من ناحية أخرى، تتوزع أخطاء الموديل بشكل متجانس ومنتظم تقريباً حول المحور (X) (شكل 4).حيث كان عدد النقاط التي تقع فوق المحور (القيم الموجبة)أعلى بقليلمن عدد تلك الواقعة تحت المحور (القيم السالبة)، كما أن تلك الواقعة أعلى المحور تبعد عن المحور بأبعاد تساوي تقريباً أبعاد النقاط الواقعة أدناه.وتبدو قيم أخطاء الموديل لصف الإنتاجية (SI3)الأفضل توزعاً، يليها (SI4)، ثم (SI3)، كما يبدو أن قيم الأخطاء لا تبتعد أكثر من 0.4 بالاتجاهين وهذا يعدّ جيداً بالنسبة إلى الموديل.



شكل (4) أخطاء الموديل، و علاقتها مع الارتفاع السائد للأخلاف.

يظهر توزع القيم الحقيقية، والقيم المقدرة باستخدام المعادلة التي تمت معايرتها تقارباً كبيراً؛ إذْ تتوزع بشكل قريب جداً من الخط 45°،بل إن العديد من النقاط وقع على الخط تماماً (شكل 5)،وهذا يعني أن القيم المقدرة على وفق الموديل تتساوى تماماً مع القيم الحقيقية المقابلة لها في هذه الحالة،الأمر الذي يؤكد الجودة الكبيرة للموديلات المستخدمة في تقدير صفوف الإنتاجية.



شكل (5) القيم المقدرة يقابلها القيم الحقيقية لصفوف الإنتاجية وفق معادلة Chapman–Richards.

يمكن القول،إذاً،بكفاءة معادلة Chapman–Richards في تقدير مؤشر جودة الموقع بعد معايرتها؛ إذْ أمكن لأول مرة تحديد ثلاثة صفوف إنتاجية لماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية، إذ تراوحت قيم مؤشر جودة الموقع بين 3 – 5 أمتارعند عمر 40 عاماً.

تتطابق هذه النتائج بشكل كبير مع ما توصل إليه (علي وشاطر، 2015) للتكوينات النباتية نفسها (ماكي السنديان العادي) الواقعة على السفح الغربي للجبال الساحلية في سورية، الامر الذي يمكّن من اقتراح خطط مشابهة لإدارة هذه التكوينات على السفحين. في حين تبدوهذه القيم منخفضة نسبياً مقارنة مع قيم هذا المؤشر لدى الأنواع الحراجية الأخرى الموجودة في الجبال الساحلية في سورية، حيث تراوح متوسط الارتفاعالسائد (بعمر مرجعي 50 عاماً)بين 10 – 25 م لدى الصنوبر البروتي (de Miguel, 2010)،وهذا أمر طبيعي نظراً لوجود الصنوبر في نظم حراجية ناضجة، وهو نوع سريع النمو بينما يعدّ السنديان العادي من الأنواع البطيئة النمو،وكذلك فإن العمر المرجعي للصنوبر البروتي هو 50 عاماً، في حين أنه قد تم اعتماد عمر 40 عاماً، بوصفه عمراً مرجعياً لماكي السنديان العادي في هذا البحث.

وفي دراسة على السنديان (*Q. faginea*) في أسبانيا،قام (Lopez–Senespled *et al.*, 2014) بتصنيف المواقع بحسب إنتاجيتها إلى خمسة صفوف انتاجية (4، 6، 8، 10 ،12م) على عمر مرجعي 50 عاماً، وهي تظهر تبايناً أكبر في خصوبة المواقع، وإنتاجيتها، مقارنةً بمواقع السنديان العادي في شرقي المتوسط،وهذا ما يسوّغ الاهتمام بإدارة الماكي على أسس مستدامة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- أعطت معايرة معادلة Chapman–Richards نتائج جيدة لتقدير مؤشر جودة الموقع لماكي السنديان العادي في منطقة الدراسة؛ إذْ سمحتبتصنيف ماكي السنديان العادي الموجود بشكل طبيعي على السفح الشرقي للجبال الساحلية السورية في ثلاثة صفوف إنتاجيةمماثلة لتلك التي تم تصنيفها على السفح الغربي للجبال الساحلية.
- تسمح نتائج هذه الدراسة بتحديد إنتاجية مواقع ماكي السنديان العادي على السفح الشرقي للجبال الساحلية في سورية،و كذلك بمقارنة المواقع المختلفة مما يساعد مربو الغابات وإداريوها في إدارتهم لهذه الثروة الحراجية.
- يوصى بإجراء معايرة لثوابت المعادلة المستخدمة في هذه الدراسة،لاختبار إمكانية وضع معادلة واحدة لماكي السنديان العادي على الجبال الساحلية في سورية كلها.

المراجع:

1. سليمان، تمام. نمذجة مؤشر جودة الموقع و تقدير الكتلة الحيوية لغابات الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في منطقة ربيعة – اللاذقية. رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2013، 62 ص.

2. علي، وائل و شاطر، زهير. معايرة معادلات مؤشر جودة الموقع لماكي السنديان العادي *Quercus calliprinos* Webb. على السفوح الغربية للجبال الساحلية في سورية. المجلة العربية للبيئات الجافة، 2014، (قيد النشر).

3. نحال، ابراهيم. الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. وغاباته في سورية وبلاد شرقي المتوسط، منشورات جامعة حلب، 1982، 228ص.

4. ADAME, P., I. CANELLAS, S. ROIG, M. DEL RIO. *Modelling dominant height growth and site index curves for robollo oak (Quercus pyrenaica Willd.).* Ann. For. Sci., 63, 2006, 929-940.

6- CARVALHO J.P. PARRESOL B.R.*Asite model for Pyrenean oak (Quercus pyrenaica) stands using a dynamic algebraic difference equation*. Can. J. For. Res., 35, 2005, 93-99.

7- CHANGHUI, P. *Growth and yield models for uneven aged stands: past, present and future*. Forest Ecology and Management, 132, 1999, 259-279.

8- COBLE D.W. & LEE Y.J. *Use of a generalized sigmoid growth function to predict site index for unmanaged loblolly and Slash pine plantations in east texas.* In: Proceedings of the 13th biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS–92. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. Connor, Kristina F., ed. 2006.640 p.

9- de-MIGUEL, S. T. PUKKALA, Z. SHATER, N. ASSAF.*Models for simulating the development of even-aged Pinus brutia stands in Middle East*. Forest Systems, Vol 19, No 3, 2010, 449-457

10- FREDERICK, C. GLENN, V. MUELLER, J. ROBISON, D. MYERS, R. . Early tree growth, crop yields and estimated returns for an agroforestry trial in Goldsboro, North Carolina. Agroforestry Systems, ISSN 0167-4366. 2012.

5. FSBC (Forest Service British Columbia). *How to Determine Site Index in Silviculture, Participant's Workbook*.Ministry of Forests, Forest Practices Branch, 1999, 78p.

11- GEYER W.A., LYNCH K.D. *Use of site index as a forestry management too*l. Transactions of the Kansas Academy of Science, 901 (1-2), 1987, 46-51.

6. LOPEZ-SENESPLEDA E., BRAVO-OVIEDO A., ALONSO R. AND G. MONTERO. *Resource Communication. Modeling dominant height growth including site attributes in the GADA approach for Quercus faginea Lam. in Spain.* Forest Systems,(3), 2014, 494-499.

12- MONSERUD, R. *Height growth and site index curves for inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type*. *Forest Sc.* ;30, 1984, 943–65.

13- PRETZSCH, H. Modellierung des Waldwachstums. Parey Buchverlag Berlin, 2001, 341 pp.

14- RICHARDS, F.J. *A flexible growth function for empirical use.Journal of Experimental Botany.* 10, 1959, 290-300.

15- VAN LAAR A., AKCA A. *Managing Forest Ecosystems, Forest Mensurat*ion. Springer Publisher, 2007, 381pp.

16- VANCLAY, J. K. *Modelling Forest Growth and Yield, Applications to Mixed Tropical Forests*, 1994, 329 pp.

17- WEISBERG, S. *Applied Linear Regression,* Third Edition. Wiley Inter science.2005, 310 pp.

18- YANCEY M. *Measuring Site Index.* Virginia State University, 2014, 4pp.