# تأثير بعض المعاملات الحراريّة في نموّ وتطوّر بادرات الخرنوب *Ceratonia siliqua* L.

# Effect of Some Thermal Treatments in the Growth and Development of Seedlings Carob (*Ceratonia siliqua* L.)


م. سامر ناصر[1] د. طلال أمين[1] د. حافظ محفوض[2]

Samer Nasser[1] Dr.Talal Ameen[1] Dr. Hafez Mahfoud[2]

talal.amin1@gmail.com

(1) قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(1) Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia , Syria.

(2) قسم التقانات الحيوية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، اللاذقية، سورية.

(2) Department of Biotechnology, General Commission for Scientific Agriculture Research (GCSAR), Lattakia, Syria.



## الملخص

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية / سورية، خلال النصف الأول من عام 2015 م، بهدف زيادة المعرفة حول تأثير عدة معاملات حراريّة في بعض المؤشرات الكميّة والنوعيّة لنموّ الجهاز الجذري والهوائي لبادرات الخرنوب *Ceratonia siliqua* L.

تمّ اختيار 3 أماكن ذات درجات حرارية مختلفة؛ الأول (المخبر L الحرارة = 25 ± 0.5 °م)، والثاني (صالة النمو R الحرارة = 20.66±0.5 °م)، والثالث (الحقل المكشوف F الحرارة = 17.3 ± 0.5 °م)، وتمّ استخدام أوعية زراعية خاصة ( ميني ريزوترونات) لمتابعة نمو جذور بادرات الخرنوب.

أظهرت النتائج تفوّق معاملة المخبر (L) على معاملتي صالة النمو (R) والحقل (F) في المعدلات الكمية لنمو المجموعين الجذري والهوائي، وكانت المنحنيات الخاصة بقيم سرعات نموّ الجذر الرئيس والساق الرئيسة للمعاملات الثلاث متراكبة على بعضها البعض إلى حدٍّ كبير وذات مسارات متشابهة عموماً. بالإضافة إلى وجود توافق واضح نوعاً بين نموّ الجذر الرئيس وارتفاع وانخفاض الحرارة على عكس نموّ وتطوّر الساق الرئيسة.

وكان المسار العام لمعدّل نموّ الجذر الرئيس والساق الرئيسة هو نفسه للمعاملات الثلاث، ولم يتأثر بتأثير درجة الحرارة، وهذا يقود لاعتبارها صفة وراثيّة تابعة لنوع الخرنوب ولا تتأثر بالعامل البيئيّ المدروس.



**الكلمات المفتاحية:** الخرنوب، الميني ريزوترون، درجة الحرارة، الجهاز الجذري والهوائي.



©2020 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.


**ISSN:2305 - 5243 ; AIF-181 (p:62 - 72)**

## Abstract

This research was conducted at the Scientific Agricultural Research Center (Lattakia/Syria), during the first half of 2015 In order to increase knowledge about the impact of several thermal treatments on some qualitative and quantitative indicators for the growth of shoot and root system of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seedlings. three places were selected with different temperatures degree. The first (Lab, 25±0.5°C ) the second ( Room growth, 20.66±0.5°C ) the third (Open Field, 17.3±0.5°C ). And a private agricultural vessels (Minirhizotron) were used to follow the growth of seedlings roots. The results showed a superiority of Laboratory treatment at the Room growth and Field treatments in the quantity rates for the growth of root and shoot system and the curves for three treatments specialized of taproot and stem growth's speeds was coincident on each other to a large and generally with somewhat similar paths.

In addition to a clear consensus somewhat between the taproot growth and high and low temperature unlike the growth and development of the main stem.

The general track of the growth's rate of the taproot and stem is the same for the three treatments and was not affected by the influence of temperature and this leads us to mind genetic characteristics belonging to the type of the carob that isn't affected by the environmental studied factor.



**Keywords:** Carob (*Ceratonia siliqua* L.) , Minirhizotron , Temperature, Root and shoot system.


## المقدمة

تعدُّ الحرارة من العوامل البيئيّة المهمّة التي تؤدي دوراً إيجابياً في العمليات الفيزيولوجية والأيضية في النبات، إلا أنّ الحرارة قد تكون عاملاً مجهداً للنبات، كارتفاعها الزائد، أو انخفاضها المتطرف كالبرودة والتجمد والصقيع (Rasul وزملاؤه، 2008) .

عموماً، تحتاج النباتات إلى فصل نمو دافئ يتراوح معدل درجات الحرارة فيه بين 21 و25°م، وتحدث أضرار للنباتات إذا تعرضت لدرجات الحرارة المنخفضة أثناء نموّها، وكذلك إذا بقيت الحرارة على درجة 36 °م لمدة طويلة، أو إذا ارتفعت الحرارة عن 36 °م (Repo وزملاؤه، 2004).

تتغيّر درجة حرارة النبات مع تبدل الحرارة المحيطة به، وتعتمد درجة حرارة النبات على التوازن بين كمية الحرارة الممتصة وكمية الحرارة المفقودة ، فزيادة الطاقة الممتصة عن الطاقة المفقودة تسبب تسخين النبات، والعكس يؤدي إلى تبريده (Rasul ، 2009).

يلاحظ أنّ درجة حرارة نموّ الجذور عادةً ما تكون أقلّ من المجموع الهوائي، لهذا السبب تستطيع الجذور أن تنمو في الخريف عندما تكون الأجزاء الخضرية ساكنة (Pregitzer وKing ، 2005)، وعموماً تنمو الجذور في أوساط حرارية أدنى من تلك التي ينمو فيها الساق والأوراق، كما أنّ الحرارة المنخفضة تؤدي إلى تثبيط كثير من العمليات الكيميائية، أو إلى تخريب النظام الأنزيمي للجذر، وقد تؤدي إلى تقطع الجذور (Brown وزملاؤه ، 2000).

هذه المعطيات تدفع للتساؤل عن المتطلبات الحراريّة لغراس الخرنوب .*Ceratonia siliqua* L، وعن سلوكها تجاه تبدلات درجة الحرارة، كما يحصل في حالة الانتقال من فصل الشتاء إلى فصل الربيع على سبيل المثال. إنّ الإجابة عن هذه التساؤلات قد تُسهم في كشف أسباب صعوبة استعادة غراس الخرنوب المشجرة حديثاً لنموّها في الأرض الدائمة، فضلاً عن إمكانية معرفة أسباب موت معظم النموّات الحديثة لهذه الغراس عند حلول فصل الصيف، حيث الجفاف وارتفاع درجة الحرارة.

**هدف البحث:**

تكمن أهمية البحث في معرفة المتطلبات الحرارية المناسبة لنموّ وتطوّر نبات الخرنوب، وتوظيف المعلومات لفهم سلوك الغراس المشجرة حديثاً تجاه تبدلات درجة الحرارة في فصل الشتاء والربيع.

تمت دراسة تأثير عدة معاملات حراريّة في بعض المؤشرات الكميّة والنوعيّة لنموّ الجهاز الجذري والهوائي لبادرات الخرنوب بهدف الإسهام في تحسين نسبة نجاح الغراس المشجرة حديثاً، من خلال تحديد بعض أساليب الخدمة المناسبة لتلك الغراس.

## مواد البحث وطرائقه

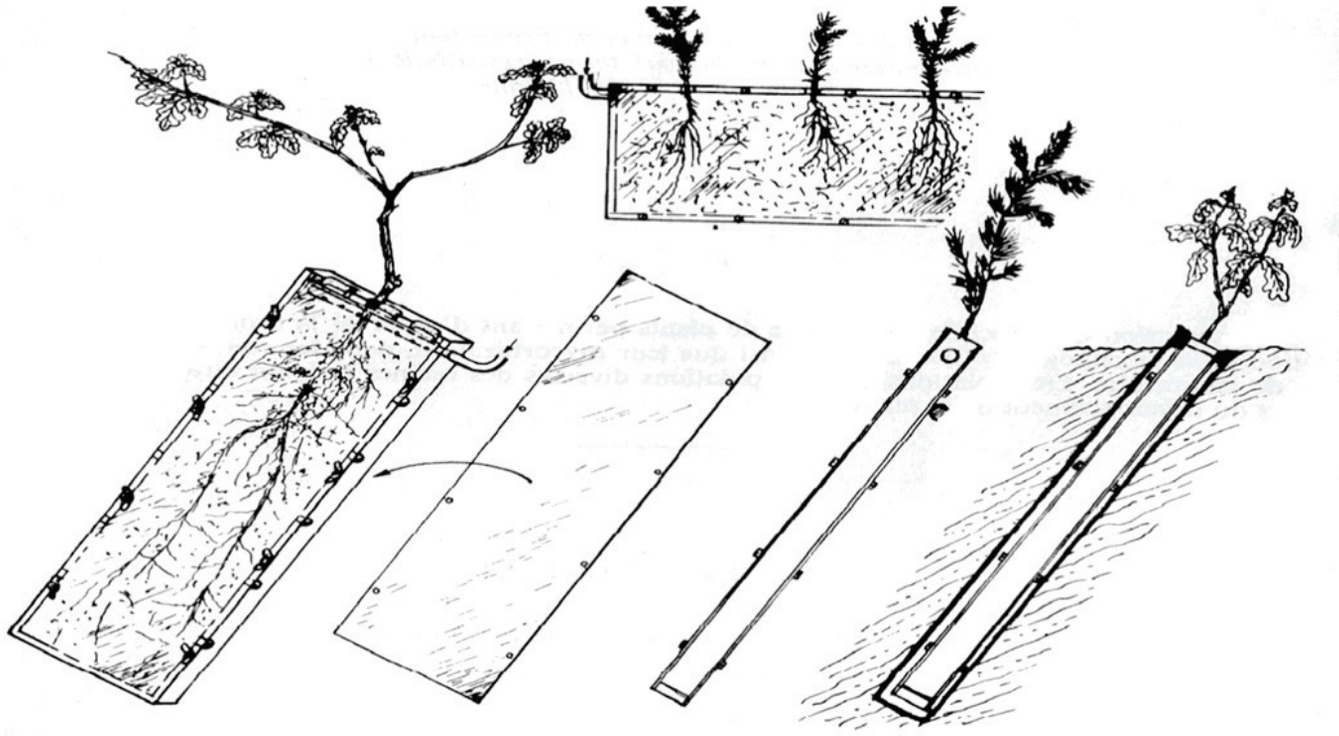
**1 - المادة النباتية:**

استُخدم في البحث بادرات الخرنوب بعمر 7 إلى 10 أيام بعد إنباتها، وبطول وسطي للجذر الرئيس بلغ 5 سم. جُمعت البذور من شجرة خرنوب نامية في موقع وادي قنديل في محافظة اللاذقية /سورية (وهي منطقة انتشار طبيعي للخرنوب) في خريف عام 2014، واستخرجت

البذور، وخزّنت في أوعية مغلقة ضمن جوّ جافّ وبارد حتى موعد الزراعة في الربيع التالي. بعد ذلك كُسر طور السكون الغلافي للبذور عن طريق نقعها بالماء الساخن على درجة حرارة 80 °م مع التحريك المستمر لمدة عشر دقائق، واستمرت عملية النقع لمدة 72 ساعة (عفيفة وغندور، 2011)، ومن ثمّ زُرعت في أوعية إنبات خاصّة تحوي التورف الرطب والمعقم كوسط إنبات للحصول على البادرات المطلوبة. كانت البادرات المستخدمة في البحث بطول ساق يبلغ نحو 3 سم ذات ورقتين فلقيتين، وجذرها الرئيس خالٍ من الجذور الثانوية من الدرجة الأولى، إذ يتكون المجموع الجذري للبادرات من جذر رئيس ينتج من نموّ وتطوّر الجذير ومن جذور ثانوية من الدرجة الأولى المنبثقة من الجذر الرئيس.

**2 - أوعية الزراعة وتحضيرها:**

استخدمت أوعية الميني ريزوترونات (Minirhizotron) المُصنعة عادةً من مواد بلاستيكية، وتأخذ شكل متوازي مستطيلات بأبعاد : 100×30×5 سم، ويكون وجهها العلوي شفافاً قابلاً للفك والتركيب (Riedacker، 1974)، وذلك لدراسة الجهاز الجذري لبادرات الخرنوب (الشكل 1).



**الشكل 1. وعاء الميني ريزوترون (Minirhizotron) بأوضاع تجريبية مختلفة.**

استُخدم التورف المنقوع بالماء لحدود السعة الحقلية وسطاً زراعيّاً، تمّ توزيعه داخل كل وعاء وضغطه جيداً لتفادي تشكل الفراغات الهوائية والكتل الكبيرة في الوسط الزراعي، والتي تسبب أضراراً في نموّ وتطوّر الجهاز الجذري.

ومن المهم الإشارة إلى أنّ عدد الأوعية في المعاملة الواحدة بلغ 12 وعاءً (= 24 بادرة) ، وبعد تجهيز الأوعية وإحكام عملية إغلاقها تمّت تغطيتها بالنايلون الأسود لضمان نموّ الجذور بالجوّ المظلم، وحُفظت بزاوية مائلة بدرجة 45° عن الشاقول، بحيث يكون وجهها العلوي نحو الجاذبية الأرضية، ثمّ وُضعت في غرفة النموّ التابعة لمركز البحوث العلميّة الزراعيّة في اللاذقية.

تمّ تسجيل القراءات على ورقة بلاستيكيّة شفّافة مثبتة على الوجه العلويّ للوعاء، إذ رُصد من خلالها نموّ الجذور بأقلام فلورماستر ملوّنة غير قابلة للمحي على فترات زمنيّة محدّدة منتظمة ودوريّة، وبمعدّل قراءة كلّ ثلاثة أيّام، ولمدة ثلاثة أشهر اعتباراً من تاريخ 2015/2/16 .

**3 - الزراعة وشروطها:**

تمّ اختيار ثلاثة أماكن تجريبية ذات درجات حرارة مختلفة لدراسة أثر الحرارة في نموّ وتطوّر بادرات الخرنوب، إلا أنّ إضاءتها كانت واحدة وهي ضوء النهار. المكان الأول هو المخبر (L)، الذي يتمتع بظروف حراريةّ مُسيطر عليها، إذ تمّ ضبط الحرارة على درجة ثابتة ليلاً نهاراً قدرها (25 ± 0.5 °م ) طيلة مدة التجربة، والمكان الثاني هو صالة النمو (R)، وتتمتع بظروف حرارية عادية، أما المكان الثالث فكان

حقلاً مكشوفاً (F) بجانب المركز، إذ تمّ حفر خندق في الأرض بطول 2 م وعمق 1 م وعرض 0.5 م تقريباً، ووضعت أوعية الميني ريزوترونات داخله بهدف محاكاة ظروف الطبيعة الخاصة بنمو الجذور ضمن التربة، وسُجّلت درجات الحرارة على فترات محددة ومنتظمة في المكانين الثاني والثالث كون حرارتهما غير مُسيطر عليها.

تمّ تنفيذ البحث في مخابر وحقول تابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية خلال النصف الأول من عام 2015 م، إذ تمت زراعة بذور الخرنوب بتاريخ 2015/2/1، وبعد مضي 12 إلى 15 يوماً تمّ نقل البادرات إلى أوعية الميني ريزوترونات، وذلك بمعدّل بادرتين في الوعاء الواحد.

**4 - القياسات المنفذّة:**

**- تسجيل الحرارة:**

تمّ تسجيل قيم الحرارة في أماكن الدراسة الثلاثة وبفترات زمنية منتظمة ومحددة طيلة مدة التجربة، إذ استخدمت موازين حرارية عادية ورقمية خاصة، وتزامنت قراءات درجات الحرارة مع القراءات الخاصة بمؤشرات نموّ الجهاز الجذري والهوائي على حدٍّ سواء.

**- قراءات المجموع الجذري:**

تمّت ملاحظة النموّ العمودي للجذر الرئيس نحو الأسفل باتجاه الجاذبية الأرضية، أما المؤشرات الكميّة التي تمّ قياسها فهي سرعة نمو الجذر الرئيس، وذلك بأخذ قراءات استطالته دوريّاً كلّ ثلاثة أيام حتى نهاية التجربة، وجرى حساب متوسط النمو الدوري، وأخيراً تمّ رصد طوله الكلي في نهاية التجربة لجميع البادرات، ثمّ جرى حساب المتوسط العام. أما بالنسبة للجذور الثانوية من الدرجة الأولى، والتي هي بالتعريف الجذور الجانبية التي تنبثق مباشرةً من الجذر الرئيس، ولها دور مهم في تحديد البنية العامة للجهاز الجذري للنبات مستقبلاً، فقد تمّ تقدير بعض المؤشرات الخاصة بها كطولها الكلّي (سم)، وعددها النهائي، وكثافتها في وحدة الطول (سم).

**- قراءات المجموع الهوائي:**

جرى قياس طول الساق الرئيسة (المجموع الهوائي) بدءاً من منطقة اتصال الساق بالجذر حتى قاعدة البرعم الطرفي للساق الرئيسة، بالإضافة إلى ذلك، تمّ قياس مؤشرات النموّ المتعلقة بعدد السلاميات، وعدد الأوراق المركبة.

**- قياسات الوزن الجاف:**

تمّ حساب الوزن الجافّ للمجموع الهوائي بالتزامن مع حسابه للمجموع الجذري، إذ أخرجت البادرات من أوعية الزراعة مع نهاية التجربة، وتمّ فصل المجموع الهوائي عن الجذري ومن ثمّ وُضع كل منهما على حدة ولكل معاملة داخل أكياس ورقية خاصة داخل الفرن على درجة حرارة 80 °م لمدة 24 ساعة، ليُصار بعد ذلك لحساب القيم الخاصة بالوزن الجافّ.

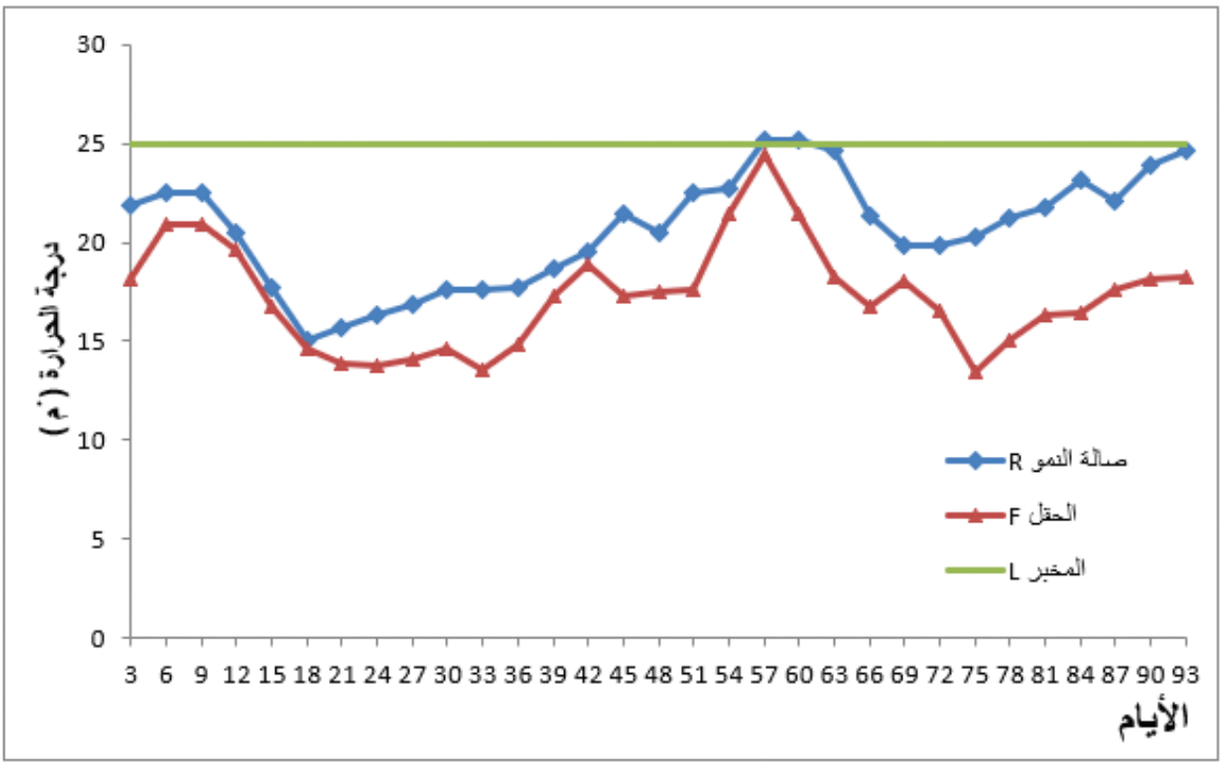
**5 - التحليل الاحصائي:**

وضعت التجربة وفق طريقة التصميم العشوائي الكامل، وعُولجت النتائج باستخدام البرنامج الإحصائي (GENSTAT 3.2)، وتمّ حساب المتوسطات وقيمة أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى المعنوية 5 % لتحديد الفروقات بين المعاملات لكل مؤشر على حدة، واستُخدم برنامج الـ EXCEL لإنشاء المخططات.

## النتائج والمناقشة

**1 - درجة الحرارة:** من خلال تصميم التجربة والمعاملات المحددة ثُبتت درجة الحرارة في المكان الأول (مخبر النمو L) على الدرجة 25 °م طيلة مدة التجربة، في حين تمّ تسجيل قيم الحرارة الخاصة بالمكانين الثاني والثالث (صالة النمو R، والحقل F على التوالي) من خلال وضع موازين حرارية عادية ورقمية. بلغ المتوسط العام لدرجة الحرارة خلال فترة التجربة 20.66 °م في صالة النمو، و 17.3 °م في الحقل. كما رُصدت تبدلات درجات الحرارة من خلال تسجيل قيم درجات الحرارة خلال مدة التجربة، الأمر الذي سمح برسم مخطط بياني عام يمثل تلك التغيرات في مكاني الدراسة التابعين لصالة النمو والحقل المكشوف (الشكل 2).

باستثناء مخطط درجات حرارة غرفة المختبر، يلاحظ من الشكل 2 تبدلات واضحة في قيم متوسطات درجات الحرارة مع وجود نهايات عظمى وصغرى. لكن من المهم الإشارة إلى وجود تطابق عامّ في مسار مخططي درجات الحرارة لصالة النمو وللحقل المكشوف، ومع ذلك يُلاحظ تفوق بشكل عام بقيم درجات الحرارة داخل صالة النمو عن قيمها في الحقل. كما يُلاحظ ارتفاع قيم الحرارة في بداية التجربة ومن ثم انخفاضها لتعاود زيادتها تدريجياً لتبلغ أعلى قيمها خلال التجربة هذه، إذ بلغت القيمة 25.2 °م داخل صالة النمو، و24.4 °م في الحقل، ثمّ عاودت الانخفاض من جديد، وفي الفترة الأخيرة من التجربة بدأت الحرارة بالارتفاع تدريجياً من جديد.




**الشكل 2. متوسطات درجات الحرارة (م°) في أماكن الدراسة الثلاثة خلال مدة التجربة.**

**2 - تطوّر الجهاز الجذري:**

**- نمو الجذر الرئيس:**

دُرس تطوّر الجذر الرئيس للبادرات النامية في الأماكن الثلاثة، وأُخذت قراءات نموّه بمعدل قراءة واحدة كل ثلاثة أيام ولمدة ثلاثة أشهر. تمّ حساب متوسط الطول الكلي ومتوسط سرعة النمو اليومية للجذر الرئيس في نهاية التجربة (الجدول 1).

**الجدول 1. تبدلات متوسط الطول الكلي ومتوسط سرعة النمو الدوريّة للجذر الرئيس (سم) وفقاً للمعاملات الحرارية.**

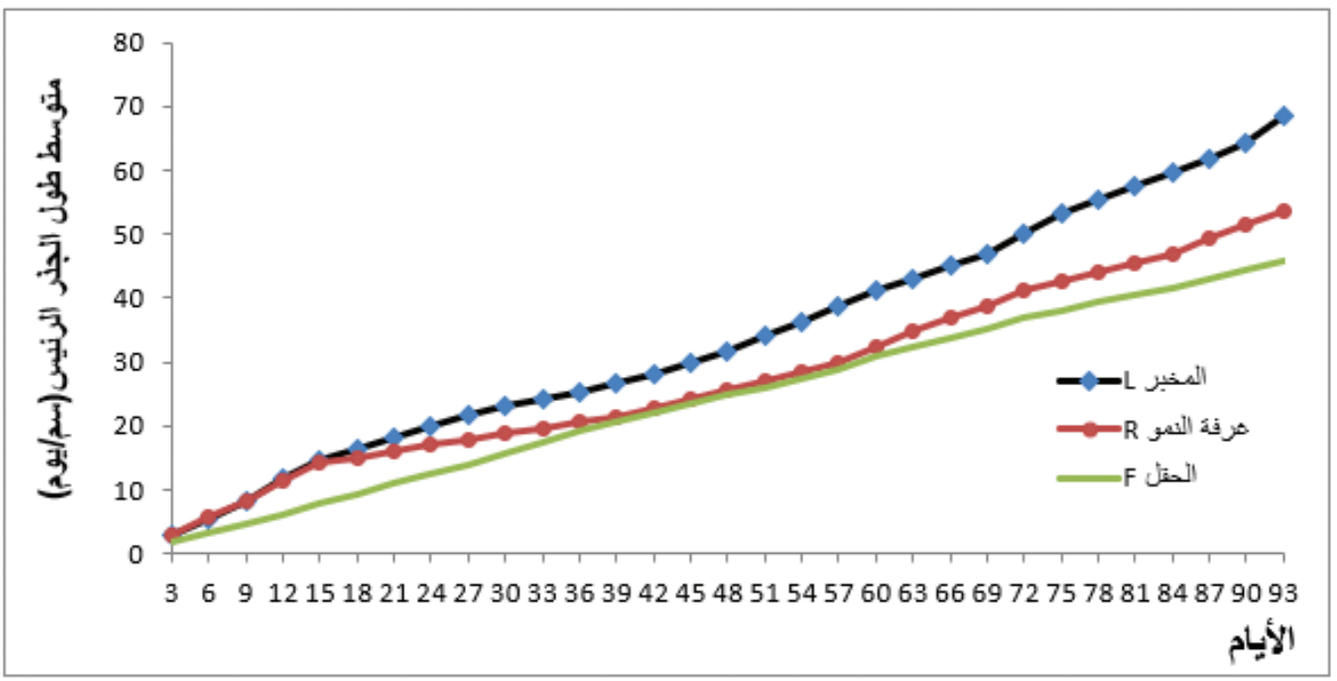
| المعاملة | | متوسط الطول الكلي (سم) | متوسط سرعة النمو ( سم/3 أيام ) |
|---|---|---|---|
| الموقع | متوسط درجة الحرارة (م°) | | |
| المخبر (L) | 0.5±25 | $68.51^{a}$ | $0.76^{a}$ |
| صالة النمو (R) | 0.5±20.66 | $53.66^{ab}$ | $0.596^{ab}$ |
| الحقل (F) | 0.5±17.3 | $45.89^{b}$ | $0.509^{b}$ |
| $L.S.D_{0.05}$ | | 18.32 | 0.2035 |

فيما يتعلق بمتوسط الطول الكلّي للجذر الرئيس، تشير نتائج الجدول السابق إلى تفوق الطول الكلّي للجذر الرئيس للبادرات النامية في درجة الحرارة 25 °م (معاملة المخبر L)، إذ بلغ 68.51 سم وبمعنويّة عالية على جذر البادرات النامية في الحقل المكشوف (معاملة F ) (45.89 سم)، كما كان التفوق أيضاً واضحاً على معاملة صالة النمو، وإن لم يكن بالقيمة المعنوية (53.66 سم)، وأخيراً يُلاحظ تفوق متوسط طول الجذر الرئيس لمعاملة صالة النمو (R) على معاملة الحقل المكشوف دون دلالة معنوية.

بالنسبة لمتوسط سرعة استطالة الجذر الرئيس، يُلاحظ تقاربٌ في معدل سرعة نمو الجذر الرئيس لمعاملتي صالة النمو والحقل (0.596 و 0.509 سم/3 أيام على التوالي). إلا أنّ معاملة المخبر (0.761 سم/3 أيام) تفوقت بمعنويّة عالية على معاملة الحقل (0.509 سم/3 أيام)، بينما لم يسجل تفوقها بدلالة معنوية على معاملة صالة النمو (0.596 سم/3 أيام).

بالنسبة لمنحنيات النموّ الطولي للجذر الرئيس وتطوّره مع الزمن لدى المعاملات الثلاث، يُلاحظ من الشكل 3 وجود تشابه عام في مساراتها،

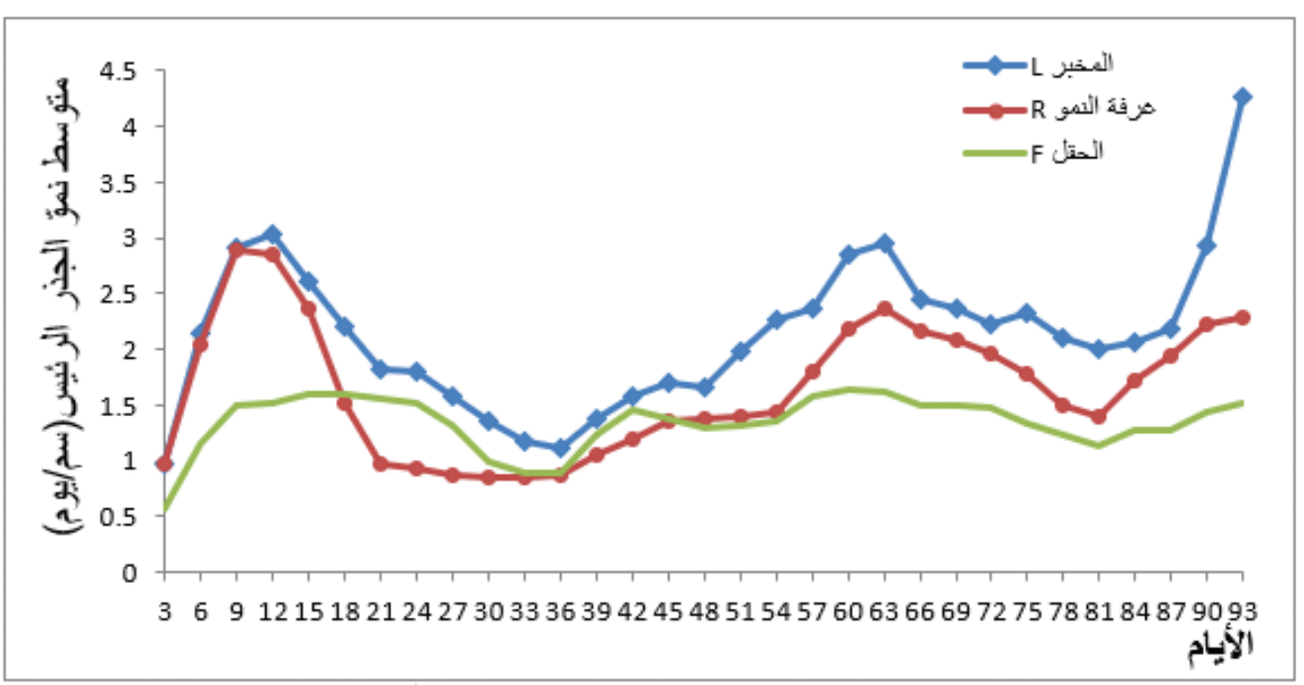
وإن اختلفت قيم المنحنيات عن بعضها. وتبيّن قراءة المنحنيات وجود تقارب عام في قيم نموّ الجذر الرئيس للمعاملات الحرارية الثلاث خلال الشهر الأول من التجربة، لكن مع استمرار نموّ الجذر الرئيس يُلاحظ تمايز هذا النموّ عند معاملة المخبر عن معاملتي صالة النموّ والحقل المكشوف، ويستمرّ ذلك حتى نهاية التجربة، في حين يبقى منحنيا نموّ الجذر لمعاملتي صالة النمو والحقل المكشوف متقاربين بشكلٍ عامّ.




**الشكل 3. تطوّر نموّ الجذر الرئيس لبادرات الخرنوب وفقاً لتأثير المعاملات الحراريّة الثلاث.**

**- أثر الحرارة في الاستطالة الدوريّة للجذر الرئيس:**

تم تتبع نموّ الجذر الرئيس للبادرات النامية في أوعية الميني ريزوترونات والبالغ عددها 24 نباتاً لكل معاملة حراريّة وبشكلٍ منتظم طيلة فترة التجربة، كما تمّت مراقبة سرعة نمو الجذر الرئيس، وتسجيل قيم استطالته دورياً كل ثلاثة أيام. وبعد الإنتهاء من التجربة، رُفعت أوراق النايلون، وحُسبَ متوسط سرعة النمو الدورية للجذر الرئيس للبادرات وفقاً للمعاملات التجريبية الثلاث ( الشكل 4).




**الشكل 4. تبدلات الاستطالة الدوريّة للجذر الرئيس لبادرات الخرنوب وفقاً للمعاملات الحرارية.**

تظهر المنحنيات البيانية تبدلات واضحة في متوسط الاستطالة الدوريّة للجذر الرئيس للبادرات النامية في أوعية الميني ريزوترونات ووفقاً للمعاملات الحراريّة الثلاث.

يُلاحظ من الشكل 5 أنّ منحنيات متوسطات قيم سرعات النموّ الدورية للجذر الرئيس في المعاملات الحرارية الثلاث متراكبةً على بعضها البعض ولها بالتالي مسارات متشابهة عموماً. وإن اختلفت قيم متوسطات هذه السرعة، وتشير مقارنة مسارات هذه المنحنيات بالمنحني البياني الخاص بدرجات الحرارة (الشكل 2) إلى وجود توافق واضح في النهايات العظمى والصغرى لمنحنيات نموّ الجذر الرئيس مع تلك المتعلقة بمنحنيات تطوّر درجة الحرارة خلال فترة التجربة. ومن المهمّ الإشارة إلى أنّ منحى الحرارة في معاملة المخبر ظلّ مستقيماً على درجة حرارة ثابتة 25 °م طيلة التجربة، ومع ذلك تشاهد تبدلات واضحة في معدلات الاستطالة الدورية للجذر الرئيس وتفوق واضح في قيمة استطالته على بقية المعاملات. وتدلّ هذه النتيجة على أنّ الحرارة المحيطة بالجذر لا تؤثر في طبيعة نموّ وتطوّر الجذر الرئيس، بل تؤثر فقط في معدلات نموه واستطالته.

يُلاحظ من المنحنيات زيادة معدل سرعة نمو الجذر في الفترة الأولى مع ارتفاع الحرارة، وإن كان هناك فرقٌ بالقيم، إذ تفوقت معاملتي المخبر وصالة النمو على معاملة الحقل وبشكلٍ واضح. وبعد مضي أسبوعين تقريباً ومع انخفاض الحرارة يُلاحظ انخفاض أيضاً في قيم سرعة نمو الجذر الرئيس.

يُلاحظ مع الارتفاع التدريجي لدرجة الحرارة زيادة معدل سرعة نمو الجذر الرئيس للمعاملات الثلاث مع استمرار تفوق معاملة المخبر على المعاملتين الأخريين اللتين تداخلت منحنياتهما البيانية مع بعضها نوعاً ما خلال هذه الفترة، ليكون التفوق واضحاً لمعاملة صالة النمو على معاملة الحقل في نهاية هذه التجربة. ومع الدخول في الفترة الأخيرة من التجربة استمر توافق منحني متوسط سرعة نمو الجذر الرئيس وللمعاملات الثلاث مع منحني الحرارة، إذ لوحظ انخفاض القيم، ومن ثمّ عاود الجذر الرئيس نشاطه ونموّه الجيّد مع ارتفاع الحرارة حتى نهاية التجربة .

تدلّ النتيجة على وجود تواتر دوري في سرعة نموّ الجذر الرئيس لبادرات الخرنوب ولكل المعاملات المدروسة، إذ يُلاحظ نهايات عظمى يعقبها نهايات صغرى لهذه المنحنيات بشكلٍ متتال ومتطابق مع تطوّر نمو الجذر الرئيس للنباتات. ويُستنتج أنّ حالة التواتر الدوري والمتطابق في معدلات نمو هذا الجذر تعبّر عن صفة وراثيّة يتميّز بها نمو وتطوّر الجذر الرئيس لنبات الخرنوب وذلك بمعزل عن العامل البيئي المدروس (درجة الحرارة ).

يشير تفوّق قيم نموّ وتطوّر الجذر الرئيس للبادرات النامية بالمخبر على درجة حرارة ثابتة 25 °م على بقية المعاملات الحراريّة إلى كون هذه الدرجة مثالية (مناسبة) بشكلٍ أو بآخر لنمو الجذر. فقد أشار Lahti وزملاؤه (2004) إلى تأقلم بادرات التنوب الشوحي (*Picea abies*) للنمو تحت تأثير درجة حرارة 22 إلى 27 °م، وبمعدلات أفضل من البادرات الخاضعة لدرجات حرارة منخفضة ( 9 °م ).

وكذلك لاحظ Repo وزملاؤه (2004) انخفاض نمو الجذور بالتوافق مع انخفاض درجات الحرارة المطبقة على بادرات التنوب الشوحي، إذ كان أفضل نموّ لجذور هذه البادرات عند الحرارة 26 °م، لكنه انخفض تدريجياً عند الحرارة 21 °م، وسجّل أقل القيم عند درجة الحرارة 16 °م.

**- نموّ الجذور الثانوية من الدرجة الأولى:**

حسبت أهمية الجذور الثانوية من الدرجة الأولى، ودُرست عدة معايير كميّة لهذه الجذور، كالعدد الكلّي، والطول الكلّي، والوزن الجاف (الجدول 2).

**الجدول 2. أثر درجة الحرارة في تطور وإنتاج الجذور الثانوية من الدرجة الأولى لبادرات الخرنوب.**

| المعاملة | | الجذور الثانوية من الدرجة الأولى | | | متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ) |
|---|---|---|---|---|---|
| المعاملة | متوسط درجة الحرارة (°م) | متوسط العدد الكلي (نبات) | متوسط الطول الكلي/ نبات (سم) | متوسط عدد الجذور بوحدة الطول( سم) | |
| المخبر (L) | 0.5±25 | 15 | 6.3841[a] | 0.252253 | 0.07118[a] |
| صالة النمو (R) | 0.5±20.66 | 12.2 | 5.5855[ab] | 0.282792 | 0.06745[ab] |
| الحقل (F) | 0.5±17.3 | 9.4 | 3.3941[c] | 0.186532 | 0.04058[c] |
| $L.S.D_{0.05}$ | | 7.12 | 2.033 | 0.1398 | 0.02513 |

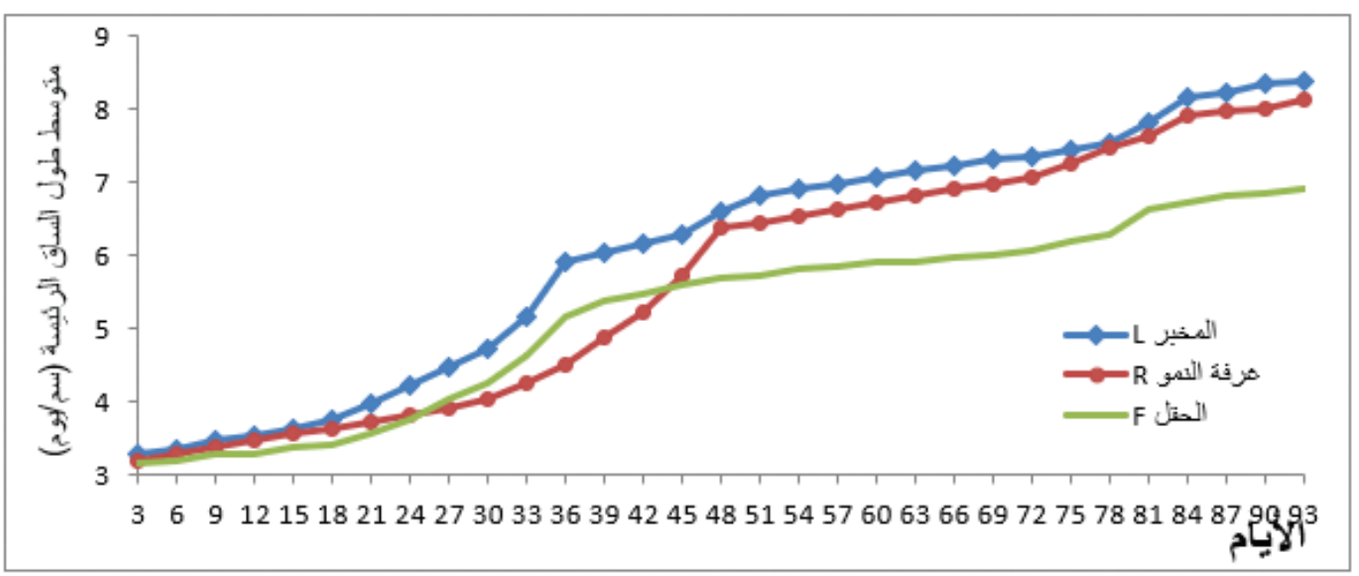
يشير الجدول 2 إلى تفوّق متوسط العدد الكلّي للجذور الثانوية، ومتوسط طولها للمعاملة الحرارية (L- المخبر) على درجة حرارة ثابتة على المعاملتين الحراريتين الباقيتين. أما كثافة هذه الجذور في وحدة الطول فقد سجلت أعلى القيم عند درجة حرارة 20.66 °م، تلتها درجة حرارة 25 °م، وسجلت أقلّ القيم لمعاملة الحقل المكشوف على درجة حرارة 17.3 °م، إلا أنّ هذه الفروقات ليس لها دلالة معنوية بين المعاملات الثلاث ، وبالنسبة لمتوسط

وزن المادة الجافة للمجموع الجذري، فقد لوحظ تفوق معنوي واضح لمعاملتي المخبر وصالة النمو على معاملة الحقل، في حين كان التفوق بينهما لصالح معاملة المخبر دون فروق معنوية أيضاً. وعليه يُلاحظ أنّ الحرارة على الدرجة 25 °م كان لها أثرٌ إيجابيٌ في تأمين ظروف نموّ مثالية وبمعدلات نموّ أكثر من بقية المعاملات التي انخفضت فيها درجة الحرارة، إذ أشار Lambers وزملاؤه (1998) إلى وجود تفوق واضح في معدل نمو الجذور مع درجات حرارة تتراوح بين 22 إلى 27 °م، وإن لم يكن الفرق بمستوى معنوي كبير.

**3 - تطور المجموع الهوائي:**

**- النمو الطوليّ للساق الرئيسة:**

تمّ تسجيل بيانات نموّ وتطوّر الساق الرئيسة للبادرات النامية بالتزامن مع رصد القراءات الدورية للجذر الرئيس ولكل معاملة من المعاملات المدروسة، إذ دُرس متوسط النمو الطولي للساق الرئيسة بشكلٍ تراكمي مع تطوّر بادرات الخرنوب (الشكل 5) .

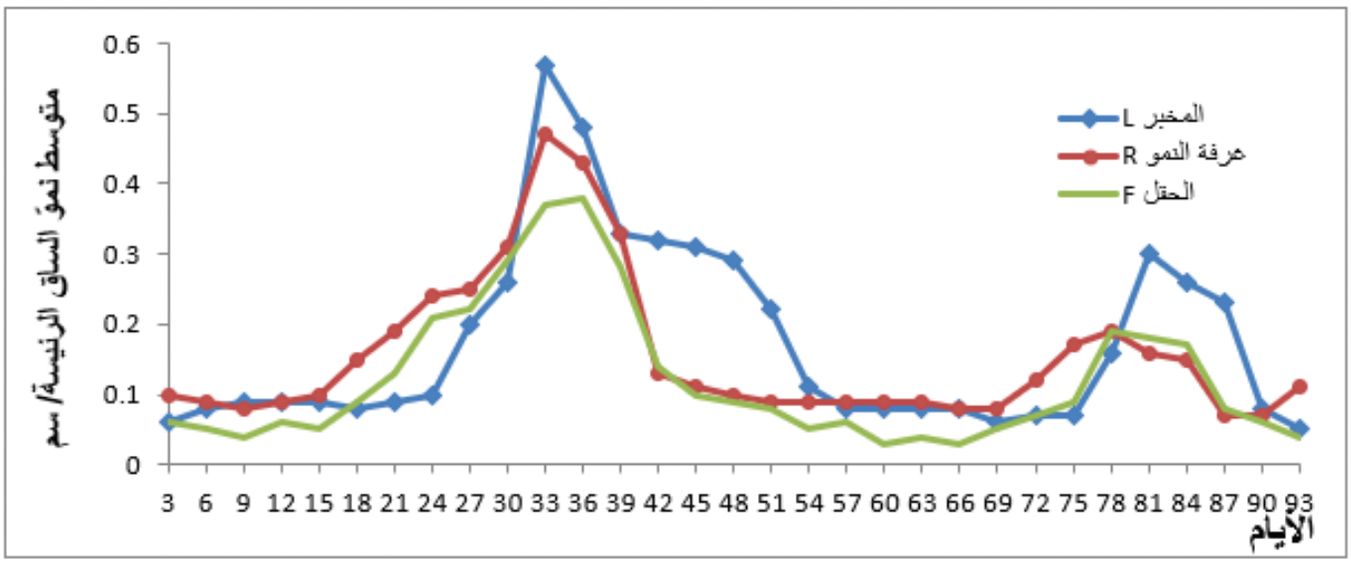



**الشكل 5. منحني متوسط نمو الساق الرئيسة لبادرات الخرنوب وفقاً للمعاملات الحراريّة.**

عموماً، تشير المنحنيات البيانية لتطور الساق إلى التفوق الواضح لمعاملة المخبر على معاملتي صالة النموّ والحقل طيلة مدة التجربة. يُلاحظ من المنحنيات تقارباً في قيم النموّ وتداخلاً في المنحنيات للمعاملات الثلاث خلال النصف الأول من التجربة، لكن خلال النصف الثاني وحتى نهاية التجربة تغيرت مسارات المنحنيات ليصبح مسار منحني نموّ الجذر في معاملة الحقل المكشوف أقل، ولكن في كل الأحوال يُلاحظ تطابق عام في مسارات منحنيات نموّ الساق الرئيسة في المعاملات التجريبية الثلاث، وهذا يتوافق مع ما وجده Lahti وزملائه (2002)، إذ أشاروا إلى تحسن مؤشرات النمو الخضري والجذري لبادرات التنوب الألبي (*Picea alpestris*) مع ارتفاع درجات الحرارة تدريجياً من 9 °م إلى 25 °م ، مروراً بالمعاملتين 16 °م و 22 °م، إذ أكدوا على تحسن نمو جذور التنوب، وقطر النبتة مترافقاً مع ارتفاع معدلات امتصاص الماء وتحركه ضمن النبات، وحركة ثغور البادرات أيضاً.

**- تبدلات الاستطالة الدورية للساق الرئيسة:**

وبالانتقال إلى المنحني البياني للساق الرئيسة لبادرات الخرنوب وفق المعاملات المذكورة، يُلاحظ في بداية التجربة تداخل واضح لمتوسط نمو الساق الرئيسة (الشكل 6). ومع بداية الشهر الثاني بلغ نمو الساق الرئيسة ذروته ولكامل المعاملات، وإن كانت القيمة الأكبر لمعاملة المخبر تلتها معاملة صالة النمو وأخيراً معاملة الحقل. ومن ثم يلاحظ انخفاض النمو لتسود حالة من الاستقرار حتى نهاية الشهر الثاني، وتستمر مع بداية الشهر الثالث، وفي منتصف الشهر الثالث تعاود القيم الارتفاع لكن بمعدل أقل من الذروة السابقة، ومع نهاية الشهر الثالث انخفضت القيم من جديد. ومن المهم هنا إلى التأكيد أيضاً على حالة التواتر الدوري في سرعة نمو الساق الرئيسة معبرةً بذلك عن الصفة الوراثية المميزة لنبات الخرنوب بمعزل عن تأثير العامل البيئي الممثل بدرجة الحرارة.




**الشكل 6. تبدلات استطالة الساق الرئيسة للمعاملات الثلاث.**

**- تطوّر الأوراق وقطر الساق وسلامياتها:**

انطلاقاً من العلاقة القوية بين المجموع الجذري والهوائي تمت متابعة دراسة تأثير المعاملات الحرارية وإجراء القياسات على تطور قطر قاعدة الساق وعدد سلامياتها، وكذلك عدد الأوراق التي يحملها الساق (الجدول 3)

**الجدول 3. متوسط قطر الساق وعدد سلامياتها وأوراقها وفقاً للمعاملات الحرارية.**

| المعاملة | | الساق | | متوسط عدد الوريقات | متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ) |
|---|---|---|---|---|---|
| المعاملة | متوسط درجة الحرارة (مْ) | متوسط القطر (مم) | متوسط عدد السلاميات | | |
| المخبر (L) | 0.5±25 | $1.51^{a}$ | $4.1^{a}$ | $9.5^{a}$ | $0.491^{a}$ |
| صالة النمو (R) | 0.5±20.66 | $1.403^{b}$ | $3.8^{ab}$ | $8.7^{ab}$ | $0.371^{b}$ |
| الحقل (F) | 0.5±17.3 | $1.38^{bc}$ | $3.7^{b}$ | $8.3^{b}$ | $0.295^{bc}$ |
| $L.S.D_{0.05}$ | | 0.0784 | 0.4363 | 1.214 | 0.0927 |

يُلاحظ من معطيات الجدول السابق التفوق المعنوي لمعاملة المخبر وللمؤشرات المدروسة كافةً على معاملة الحقل، بينما كان التفوق معنوياً فقط في متوسط قطر الساق على معاملة صالة النمو. ومن جهة ثانية تمّ تسجيل تفوق معاملة صالة النمو على معاملة الحقل لكن مع غياب الدلالة المعنوية على هذا التفوق. وبما أن نوعية الغراس المرتبطة بالتوازن الجيد لمكوناتها من شروط نجاحها في مشاريع التشجير وهو دليل جودتها وصلاحية استخدامها (أمين وشحادة، 2000)، فقد أكّد Vapaavuori وزملاؤه (1992) على تطور النمو الخضري لبادرات أنواع صنوبرية مع ارتفاع درجة الحرارة من القيمة 21 °م حتى 27 °م. وهذا ما أكّده Domisch وزملاؤه (2002) حول زيادة كثافة وأعداد الجذور المتشكّلة على بادرات الصنوبر الحرجي (*Pinus sylvestris*) مترافقةً مع تطوّر النموّ الخضريّ وزيادة المحتوى من العناصر الغذائيّة، وذلك مع ارتفاع درجة الحرارة التي تتعرّض لها هذه البادرات، إذ طبقت عليها المعاملات والمستويات التالية من درجات الحرارة (9، 16، 21 و 25 °م).

وأخيراً، ومن ملاحظة دقيقة لتأثير الحرارة في نمو وتطوّر بادرات الخرنوب يمكن ملاحظة أنّه ومع وجود درجة حرارة ثابتة تقريباً طول مدة التجربة (معاملة المخبر)، فإنّ تغيرات ومعدلات نمو كلٍّ من الجذر والساق الرئيسين كانت واضحة (أي توجد نهايات عظمى وصغرى في منحنيات النمو)، والأمر سيّان في المعاملتين الباقيتين، ولكن كانت بمعدلات أقل من معدلات النمو في معاملة المخبر.

وعليه يمكن القول أنّ لنبات الخرنوب صفة وراثية خاصة به تمنحه نمط نمو خاص بمعزل عن تأثير الحرارة كعامل بيئي، والتي اقتصر دورها على التأثير الكمي، إذ ظهرت أعلى وأفضل معدلات نمو في ظروف الحرارة الثابتة (25 °م) (ناصر وزملاؤه، 2015) .

## الاستنتاجات:

1 - تفوقت معاملة المخبر (L) على معاملتي صالة النمو (R) والحقل (F) في المعدلات الكمية لنمو المجموعين الجذري والهوائي.

2 - كانت المنحنيات الخاصة بقيم سرعات نموّ الجذر الرئيس والساق الرئيسة للمعاملات الثلاث متراكبة على بعضها البعض إلى حدٍّ كبير وذات مسارات متشابهة عموماً.

3 - لوحظ وجود توافق واضح نوعاً ما بين نموّ الجذر الرئيس وارتفاع وانخفاض الحرارة، على عكس نموّ وتطوّر الساق الرئيسة.

4 - كان المنحى العام لمعدّل نموّ الجذر الرئيس والساق الرئيسة هو نفسه للمعاملات الثلاث، ولم يتأثر بدرجة الحرارة، وهذا يقودنا لاعتبارها صفة وراثيّة تابعة لنوع الخرنوب لا تتأثر بالعامل البيئيّ المدروس.

## المقترحات:

1. الاعتماد على زراعة الخرنوب في ظروف حرارية مداها 20.6 °م إلى 25 °م بهدف الحصول على قيم جيدة في معدلات النمو المقاسة.
2. إجراء المزيد من البحوث حول تأثير درجة الحرارة في نموّ بادرات الخرنوب، وإعطاء جهاز جيد قوي ومتشعب قادر على استغلال ظروف الموقع.
3. ضرورة التركيز على ظاهرة تضاد النمو ودورها في نجاح المعاملة المطلوبة للبادرات النامية في ظروف الجفاف السائدة.

## المراجع


- أمين، طلال؛ شحادة، غالب.2000. تأثير شكل الوعاء في نمو وتطور غراس الصنوبر الثمري *Pinus pinea* L. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. سلسلة العلوم الزراعية. المجلد 22، العدد 10: 113 - 125.
- عيسى، عفيفة، غندور، وفاء.2011 . تأثير بعض المعاملات والأوساط في تحسين نسبة الإنتاش وتطوّر البادرات عند نبات الخرنوب *Ceratonia siliqua* L. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، المجلد (33)، العدد (3).
- ناصر، سامر، أمين، طلال، محفوض، حافظ .2015. تأثير حجم البذور في بعض المؤشرات الكميّة لنمو وتطوّر بادرات الخرنوب *Ceratonia siliqua* L. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلميّة، سلسلة العلوم البيولوجية (ISSN:2079-3065). العدد (4)، مجلّد (37).
- Brown, SE., K.S. Pregitzer, D.D. Reed, and A.J. Burton. 2000. Predicting daily mean soil temperature from mean daily air temperature in northern hardwood forest ecosystems. Forest science 46: 1- 5.
- Domisch, T., L. Finér, T. Lehto and A. Smolander.2002. Effect of soil temperature on nutrient allocation and mycorrhizas in Scots pine seedlings. Plant Soil 239:173- 185.
- Lahti, M., P.J. Aphalo, L. Finér, T. Lehto, I. Leinonen, H. Mannerkoski and A. Ryyppö. 2002. Soil temperature, gas exchange and nitrogen status of 5-year-old Norway spruce seedlings. Tree Physiol.22:1311- 1316.
- Lahti, M., P. J. Aphalo, L. Finér, A. Ryyppö, T. Lehto, and H. Mannerkoski. 2004. Effects of soil temperature on shoot and root growth and nutrient uptake of 5-year-old Norway spruce seedlings. Heron Publishing-Victoria, Canada, Tree Physiology 25: 115- 122.
- Lambers, H., F.S. Chapin, and T.L. Pons. 1998. Plant physiological ecology. Springer-Verlag, New York. P,540.
- Pregitzer, K.S and J.S. King. 2005.Effect of soil temperature on nutrient uptake. In: Nutrient Acquisition by Plants, an Ecological Perspective. (Ed.): H. Bassiri Rad. Springer, Berlin, Germany : 277- 310.
- Rasul, G., Q. Dahe and Q,Z, Chaudhry. 2008. Global warming and melting glaciers along southern slopes of HKH ranges. Pakistan Journals of Meteorology, Vol.5, No.9 : 63- 76.
- Rasul, G. 2009. Performance Evaluation of Different Methods for Estimation of Evapotranspiration in Pakistan's Climate. Pakistan Journals of Meteorology, Vol.5, No.10, Jan-June: 25- 36.

- Repo, T., I. Leinonen, A. Ryyppö, and L. Finér. 2004. The effect of soil temperature on bud phenology, chlorophyll fluorescence, carbohydrate content and cold hardiness of Norway spruce seedlings.Physiol. Plant.121:93–100.
- Riedacker, A.1974. Un nouvel outil pour L'étude des racines et de la rhizosphère: Le Minirhizotron. Institute national de la recherche agronomique 149, rue de Grenelle, Paris : 129134-.
- Vapaavuori, E.M., R. Rikala, and A. Ryyppö. 1992. Effects of root temperature on growth and photosynthesis in conifer seedlings during shoot elongation. Tree Physiol. 10: 217–230.

**N° Ref: 743**