



الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

جامعة دمشق

كلية الزراعة

قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة

دراسة بعض عناصر البيئة الذاتية للصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. والسنديان

العادي *Quercus calliprinos* Webb. والقطلب *Arbutus andrachne* L.

A Study of some Autecology Elements of *Pinus brutia* Ten.,

***Quercus calliprinos* Webb., and *Arbutus andrachne* L.**

رسالة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في علم البيئة - قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة

إعداد

ميس محمد تمام المعاز

إشراف

د. أحمد الحاج أحمد (مشرفاً علمياً)

أستاذ مساعد في قسم الموارد الطبيعية

المتجددة والبيئة

كلية الزراعة- جامعة دمشق

د. ثروات ابراهيم (مشرفاً مشاركاً)

دكتور مدرس في قسم الموارد الطبيعية

المتجددة والبيئة

كلية الزراعة- جامعة دمشق

2019 - 1440

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في علم البيئة، قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. وأجيزت من قبل السادة أعضاء لجنة الحكم.

This thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirement for
Doctorate Degree in Ecology, Department of Renewable Natural Resources and
the Environment, Faculty of Agriculture, University of Damascus

لجنة الحكم

د. أكرم الخوري

أستاذ في قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. عضواً

د. هيثم أحمد

أستاذ في قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة البعث. عضواً

د. وسيم الحكيم

الأستاذ المساعد في قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. عضواً

د. عبد الله الرفاعي

الأستاذ المساعد في قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. عضواً

د. أحمد الحاج أحمد

الأستاذ المساعد في قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. عضواً مشرفاً

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة "دراسة بعض عناصر البيئة الذاتية للصنوبر البروتي *brutia* *Pinus* Ten. والسنديان العادي *Quercus calliprinos* Webb. والقطلب *Arbutus* *andrachne* L." هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة ميس المعاز تحت إشراف الدكتور أحمد الحاج أحمد والدكتور ثروات ابراهيم في قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. وإن أية معلومات أو طرائق أو نتائج أخرى ذكرت في الأطروحة قد نُسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع .

المشرف الرئيس

المشرف المشارك

المرشحة

د. أحمد الحاج أحمد

د. ثروات ابراهيم

ميس المعاز

Certificate

It is hereby certificated that the work described in this thesis "**A Study of some Autecology Elements for *Pinus brutia* Ten., *Quercus calliprinos* Webb., and *Arbutus andrachne* L.**" is the result of the scientific research done by candidate Mays Al Maaz under the supervision of Dr. **Ahmad Elhaj Ahmad** and Dr. **Tharawat Ibrahim** from the department of renewable natural resources and environment, Faculty of Agriculture, Damascus University. And any references to other research work have been duly acknowledged in the text.

Candidate:

Co- supervisor

supervisor

Mays Al Maaz

Dr. Tharawat Ibrahim

Dr. Ahmad Alhaj Ahmad.

تصريح

أصرح بأن هذا البحث

"دراسة بعض عناصر البيئة الذاتية للصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. والسنديان العادي *Quercus calliprinos* Webb. والقطلب *Arbutus andrachne* L."

لم يسبق أن قُبل لأي شهادة، وهو غير مقدم حالياً للحصول على أية شهادة أخرى.

المرشحة:

ميس المعاز

Declaration

I declare that the work described in this thesis "**A Study of some Autecology Elements for *Pinus brutia* Ten., *Quercus calliprinos* Webb., and *Arbutus andrachne* L.**" has not already been accepted for any degree, and it is not being submitted concurrently for any other degree.

Candidate:

Mays Al Maaz

كلمة شكر

أَتَقَدِّمُ بالشكر أولاً وأخيراً لله سبحانه وتعالى الذي يَسِّرُ لي العسير وذَلَّلَ كل الصعوبات، كما أوجّه الشكر الجزيل مع محبة وامتنان كبيرين لكل من كان سبباً في بلوغ هذا العمل الهدف المرجو منه.

أوجه الشكر والعرفان للدكتور أحمد الحاج أحمد والدكتور ثروات ابراهيم لتفضلهما بالإشراف على هذه الرسالة وتقديم كل النصائح والإرشادات الإدارية والعلمية القيمة، واللذين لم يبخلوا عليّ بأي جهد، وكان لنصائهما وإرشاداتهما الأثر الكبير في إتمام هذا العمل.

وكل الشكر والتقدير للسادة أعضاء لجنة الحكم المحترمين الذين أسهموا بنقدتهم البناء في رفع قيمة هذا البحث.

الفهرس	رقم الصفحة
الملخص	1
Abstract	5
الفصل الأول	10
المقدمة	10
أهمية ومبررات البحث	13
أهداف البحث	13
الفصل الثاني	15
الدراسة المرجعية	15
الفصل الثالث	46
مواد البحث و طرائقه	46
المؤشرات المدروسة	56
التحليل الإحصائي	63
الفصل الرابع	64
النتائج والمناقشة	64
الفصل الخامس	156
الاستنتاجات	156
المقترحات	161
ملحق 1: ملحق الصور	162
ملحق 2: ملحق المخططات	180
ملحق 3: جداول التحليل الإحصائي	194
ملحق 4: جداول مصفوفات الارتباط	211
المراجع	217

فهرس الأشكال

36	الشكل 1. تأثير الإجهاد المائي في تركيب التراكيديات عند المخروطيات
37	الشكل 2. تشريح خشب السنديان <i>Q. petraea</i>
37	الشكل 3. تشريح خشب القطلب <i>A. unedo</i>
38	الشكل 4. تأثير الظل في نمو التراكيديات في النوع <i>P. sylvestris</i>
39	الشكل 5. تأثير انخفاض الاضاءة في خصائص تشريح الخشب في <i>F. excelsior</i>
40	الشكل 6. تأثير انخفاض الاضاءة الأفرع الجانبية للأشجار لنوعي <i>P. cembra</i> و <i>F. Sylvatica</i>
40	الشكل 7. تأثير نقص المياه في الخصائص التشريحية لخشب <i>Alnus incana</i>
47	الشكل 8. موقع منطقة الدراسة (شنشار) في محافظة حمص.
47	الشكل 9. مخطط غوسان المناخي لمحطة حمص.
50	الشكل 10. مراحل انشاء البيوت البلاستيكية وفق المعاملات الضوئية المدروسة
53	الشكل 11. يوضح منحنى معايرة جهاز TDR
53	الشكل 12. جهاز تقدير الرطوبة الحجمية (TDR)
55	الشكل 13. مخطط زراعة الأنواع الثلاثة
55	الشكل 14. مخطط وتصميم التجربة في البيوت البلاستيكية
57	الشكل 15. قياس بعض مؤشرات النمو باستخدام البياكوليس الالكتروني
60	الشكل 16. جهاز CCM- 200 لتحديد محتوى اليخضور
61	الشكل 17. تحضير المستخلصات السكرية وتقدير السكريات الذوابة بطريقة فهلنغ
63	الشكل 18. دراسة المقاطع الخشبية باستخدام المجهر الالكتروني والضوئي
117	الشكل 19 تداعي جدران التراكيديات نتيجة ظروف الإجهاد الشديد (25% من السعة الحقلية والشدة الضوئية 100%)
117	الشكل 20 مقطع عرضي في ساق الصنوبر توضح التراكيديات والقنوات الراتنجية
117	الشكل 21 مقطع عرضي في ساق السنديان توضح الأوعية الناقلة مأخوذة بالمجهر الالكتروني
117	الشكل 22 مقطع عرضي في ساق السنديان مأخوذة بالمجهر الضوئي
118	الشكل 23 مقطع عرضي في ساق القطلب توضح الأوعية الناقلة مأخوذة بالمجهر الالكتروني

118	الشكل 24 مقطع عرضي في ساق القطلب مأخوذة بالمجهر الضوئي
162	الشكل 25 بذار السنديان العادي والقطلب
162	الشكل 26 شكل التجربة ضمن المعاملة الضوئية الواحدة
163	الشكل 27 صور من مراحل انبات الأنواع
163	الشكل 28 السنديان في الشدة الضوئية 15%
164	الشكل 29 الصنوبر في الشدة الضوئية 50%
164	الشكل 30 الصنوبر والسنديان في الشدة الضوئية 15%
164	الشكل 40 القطلب في الشدة الضوئية 50%
165	الشكل 41 علامات الإجهاد في الصنوبر
165	الشكل 42 علامات الإجهاد في السنديان.
166	الشكل 43 علامات الإجهاد في القطلب وحدث التماوت
166	الشكل 44 الصنوبر في الشدة الضوئية 100% ظروف المروية (L1W4) والشدة الضوئية 15% والظروف مروية (L4W4)
167	الشكل 45 الفرق في وزن جذور الصنوبر.
167	الشكل 46 الفرق في وزن جذور السنديان.
167	الشكل 47 الفرق في وزن جذور القطلب
168	الشكل 48 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية الكاملة 100%
169	الشكل 49 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المتوسطة 50%
170	الشكل 50 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة 30%
171	الشكل 51 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة جداً 15 %
172	الشكل 52 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية الكاملة 100%
173	الشكل 53 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المتوسطة 50%
174	الشكل 54 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة 30%
175	الشكل 55 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة جداً 15 %
176	الشكل 56 مقاطع في ساق القطلب تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية الكاملة 100%

177	الشكل 57 مقاطع في ساق القطلب تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المتوسطة 50%
178	الشكل 58 مقاطع في ساق القطلب تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة 30%
179	الشكل 59 مقاطع في ساق القطلب تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة جداً 15 %

فهرس الجداول:

46	الجدول 1. الخصائص الكيميائية لتربة موقع التجربة (تربة منقولة).
49	الجدول 2. معاملات الشدة الضوئية المطبقة في الدراسة (% من الضوء الوارد)
52	الجدول 3. كمية مياه الري الموافقة لكل نسبة إجهاد
52	الجدول 4. رموز معاملات الإجهاد المطبقة ضمن المعاملات الضوئية
65	الجدول 5. نتائج اختبارات الانبات تحت تأثير المعاملات الضوئية
68	الجدول 6. تأثير الشدة الضوئية في المساحة الورقية (سم ²) وسماكة الورقة (مم).
71	الجدول 7. تأثير الشدة الضوئية في ارتفاع (سم) وأقطار النباتات (مم).
73	الجدول 8. تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي (غ)
75	الجدول 9. تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري (غ).
77	الجدول 10. تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للأوراق (غ).
78	الجدول 11. تأثير الشدة الضوئية في معدل النمو النسبي (غ/يوم)
80	الجدول 12. تأثير الشدة الضوئية في محتوى الماء النسبي والمطلق للأوراق (%).
82	الجدول 13. تأثير الشدة الضوئية في محتوى اليخضور في الأوراق (%)
83	الجدول 14. تأثير الشدة الضوئية في محتوى السكريات الذوابة في الأوراق (%)
84	الجدول 15. تأثير الشدة الضوئية في معدل التمثيل الضوئي (غ/م ² /يوم)
86	الجدول 16. نسبة فقد الأوراق وتماوت النباتات في معاملات الإجهاد المائي والشدة الضوئية (%).
87	الجدول 17. تأثير الإجهاد المائي في المساحة الورقية (سم ²)
89	الجدول 18. تأثير الإجهاد المائي في نسبة المساحة الورقية (سم ² /غ)
90	الجدول 19. تأثير الإجهاد المائي في سماكة الأوراق (مم)
91	الجدول 20. تأثير الإجهاد المائي في ارتفاع النبات (سم)
92	الجدول 21. تأثير الإجهاد المائي في قطر النبات (مم).
94	الجدول 22. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الهوائي (غ)
96	الجدول 23. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الهوائي (غ)
97	الجدول 24. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ)

99	الجدول 25. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ)
101	الجدول 26. تأثير الإجهاد في الوزن الرطب للأوراق (غ)
102	الجدول 27. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للأوراق (غ)
104	الجدول 28. تأثير الإجهاد المائي في معدل النمو النسبي (غ/يوم)
106	الجدول 29. تأثير الإجهاد المائي في محتوى الماء النسبي (%)
107	الجدول 30. تأثير الإجهاد المائي في محتوى الماء المطلق (%)
108	الجدول 31 تأثير الإجهاد المائي في الاستهلاك المائي للنبات (غ/سا).
110	الجدول 32. تأثير الإجهاد المائي في معدل النتح (غ/ سم ² / ساعة)
111	الجدول 33. تأثير الإجهاد المائي في محتوى اليخضور في الأوراق (%):
113	الجدول 34. تأثير الإجهاد المائي في محتوى السكريات في الأوراق (%)
115	الجدول 35. تأثير الإجهاد المائي في كفاءة التمثيل الضوئي (غ/م ² /يوم)
118	الجدول 36 تأثير الإجهاد المائي في كثافة الأوعية الناقلة (وعاء / المساحة)
119	الجدول 37 تأثير الإجهاد المائي في قطر الأوعية الناقلة (um).
124	الجدول 38 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المساحة الورقية (سم ²).
124	الجدول 39 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في سماكة الأوراق (مم).
128	الجدول 40 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للمجموع الهوائي (غ).
128	الجدول 41 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للمجموع الهوائي (غ).
132	الجدول 42 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ).
132	الجدول 43 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ).
137	الجدول 44 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للأوراق (غ).
137	الجدول 45 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للأوراق (غ).
137	الجدول 46 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النمو النسبي (غ/يوم).

140	الجدول 47 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء النسبي في الأوراق (%).
140	الجدول 48 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء المطلق في الأوراق (%).
145	الجدول 49 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الاستهلاك المائي للنبات (غ/سا).
145	الجدول 50 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النتج (غ/سم ² /سا).
150	الجدول 51 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى اليخضور في الأوراق (%).
150	الجدول 52 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى السكريات في الأوراق (%).
150	الجدول 53 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل التمثيل الضوئي (غ/سم ² /يوم).
155	الجدول 54 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في كثافة الأوعية الناقلة (وعاء/المساحة).
155	الجدول 55 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في أقطار الأوعية الناقلة (um).

الملخص

نفذ البحث في مشتل زراعي خاص في منطقة شنششار التابعة لمحافظة حمص (سورية) في الفترة بين 2015-2017 بهدف دراسة تأثير عاملي الشدة الضوئية والإجهاد المائي في غراس الصنوبر البروتي *Pinus brutia* والسنديان العادي *Quercus calliprinos* والقطلب *Arbutus andrachne*، إذ زرعت بذار الأنواع الثلاثة تحت 4 مستويات من الإضاءة (100، 50، 30 و15%) من الإشعاع الشمسي وتم تنفيذ التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة في ثلاثة مكررات. استمر تطبيق المعاملات الضوئية طول فترة البحث وتم تنفيذ دراسة تأثير الإجهاد المائي في السنة الثانية من البحث، إذ تم تطبيق 4 مستويات من الإجهاد المائي (25، 50، 75 و100%) من السعة الحقلية، ونفذت تجربة الإجهاد المائي في 25 تموز (2017) بالنسبة للصنوبر والسنديان على غراس بعمر سنتين و1 أيلول بالنسبة للقطلب على غراس بعمر سنة واستمرت مدة 36 يوماً. ونفذت التجارب المخبرية في مخابر كلية الزراعة وكلية العلوم في جامعة البعث.

- أظهرت النتائج ارتفاع نسبة وسرعة انبات الأنواع في معاملة الشاهد في الشدة الضوئية الكاملة بسبب ارتفاع درجات الحرارة فيها.

- كما أظهرت النتائج مرونة لدى الأنواع تجاه الشدات الضوئية المختلفة، إذ أن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% أدى إلى تحسين أداء الصنوبر إذ ارتفعت قيم مؤشرات المساحة الورقية، ارتفاع النبات، الوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي، معدل النمو النسبي، ومعدل التمثيل الضوئي، وأظهر الصنوبر مرونة فيزيولوجية، إذ ارتفع محتوى الماء النسبي والمطلق ومعدل التمثيل الضوئي عند انخفاض الإضاءة إلى 50 ، 30%. وانخفض أداء الصنوبر في الشدة الضوئية المنخفضة جداً (15%).

- أظهر السنديان مرونة فيزيولوجية ومورفولوجية عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 و50%، إذ ارتفعت قيم المؤشرات الفيزيولوجية عند هذه الشدات الضوئية، كما سُجلت أعلى القيم للمساحة الورقية وارتفاع النبات ووزن الأوراق الرطب والجاف ومعدل التمثيل الضوئي في الشدة الضوئية 30%، أما مؤشرات وزن النبات ومعدل النمو النسبي فكانت أعلى ما يمكن في الشدة الضوئية 50 %

- وفي القطلب ارتفعت قيم مؤشرات النمو والمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية في الشدات الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30 ، 15 %) ما يظهر قدرة القطلب على التكيف في بيئة الظل بصورة أفضل.

- وبالمقابل أظهرت نتائج تجربة الإجهاد المائي أن زيادة شدة الإجهاد المائي إلى 25 % من السعة الحقلية سبب تراجعاً في أداء النبات على مستوى مؤشرات النمو والمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية، كما أدى إلى تراجع الحالة المائية للنبات، كما سبب ارتفاعاً في معدل تراكم السكريات الذوابة في الأوراق وزيادة الكتلة الجذرية كوسيلة يلجأ لها النبات من أجل تكيفه مع ظروف الإجهاد الشديد. وعموماً حافظت النباتات على جهد مائي مناسب وضغط امتلاء جيد ضمن مستوى الإجهاد المنخفض (75 % من السعة الحقلية)، إذ ارتفعت قيم المؤشرات المدروسة عند هذا المستوى إضافةً إلى معاملة الشاهد أو الظروف المروية (100% من السعة الحقلية)

- ولدى دراسة التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدّة الضوئية تبين أن زيادة الشدة الضوئية أدت إلى تفاقم تأثير الإجهاد المائي، وعلى العكس أسهم تخفيف الشدة الضوئية في خفض التأثير السلبي للإجهاد المائي.

ففي الصنوبر أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 30، 15% إلى تحقيق أفضل القيم في المساحة الورقية ومعدل التمثيل الضوئي ومعدل النمو النسبي وقطر التراكيدات وذلك في مستوى الإجهاد 25، 50% من السعة الحقلية، وارتفعت القيم في الشدة الضوئية 50، 100% في مستوى الإجهاد المنخفض 75% والظروف المروية. وأدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 50 و 30 % إلى تخفيف تأثير الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية)، تمثل ذلك في ارتفاع وزن المجموع الهوائي الرطب والجاف ووزن الأوراق الرطب والجاف، وفي مستوى الإجهاد 75% والظروف المروية فإن أفضل وزن تحقق في الشدة الضوئية 50، 100%. كما ساهم انخفاض الشدة الضوئية بتحسين الحالة المائية للنبات وذلك من خلال زيادة محتوى الماء النسبي والمطلق عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 50 % وذلك في كل مستويات الإجهاد. وأدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 % في مستوى الإجهاد 25 % إلى ارتفاع محتوى اليخضور ومع انخفاض شدة الإجهاد المائي فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50 % فقط أدى إلى ارتفاع قيم اليخضور في أوراق الصنوبر.

وفي السنديان أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 30، 15% إلى تحقيق أفضل القيم في المساحة الورقية ومعدل التمثيل الضوئي ومعدل النمو النسبي وقطر الأوعية الناقلة وذلك في مستوى الإجهاد 25، 50% من السعة الحقلية، وارتفعت القيم في الشدة الضوئية 50، 100% في مستوى الإجهاد المنخفض 75% والظروف المروية، كما تحقق أفضل وزن للمجموع الهوائي وللأوراق وأعلى قيم للمحتوى المائي النسبي والمطلق مع انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% وذلك في كل مستويات الإجهاد. كما أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 15، 30% إلى زيادة محتوى اليخضور وذلك في جميع مستويات الإجهاد.

أما في القطلب أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% إلى تحقيق أفضل القيم في المساحة الورقية ومعدل التمثيل الضوئي ومعدل النمو النسبي وذلك في كل مستويات الإجهاد. كما تحقق أفضل وزن للمجموع الهوائي وللأوراق وزيادة محتوى الماء النسبي والمطلق مع انخفاض الشدة الضوئية إلى 15% وذلك في كل مستويات الإجهاد. كما أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 15، 30% إلى زيادة محتوى اليخضور وزيادة أقطار الأوعية الناقلة وكثافتها وذلك في جميع مستويات الإجهاد.

- أدت زيادة شدة الإجهاد المائي إضافةً إلى زيادة الشدة الضوئية إلى استجابة النبات بصورة تكيفية تمثلت بارتفاع تراكم السكريات في الأوراق، وارتفاع وزن المجموع الجذري .

- انخفض معدل النتج والاستهلاك المائي في النباتات عند زيادة شدة الإجهاد المائي والشدة الضوئية، وإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% أدت إلى ازدياد القيم، وبالتالي انخفض تأثير الإجهاد المائي الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية) مع انخفاض الشدة الضوئية، ومن جهة أخرى ارتفعت قيم معدل النتج والاستهلاك المائي عند انخفاض شدة الإجهاد المائي إلى 75% من السعة الحقلية وفي الظروف المروية تحت ظروف الشدات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100، 50%) مع العلم أن انخفاض الإضاءة إلى الشدة الضوئية المنخفضة جداً (15%) أدى إلى انخفاض قيم معدل النتج والاستهلاك المائي من قبل النبات وذلك في جميع مستويات الإجهاد.

- يعد الصنوبر من الأنواع أليفة الضوء لكن أثبت البحث أن بادرات النوع استطاعت أن تحقق أفضل نمو تحت نسبة إضاءة تقل إلى 50% مما يدل على قدرته في تحمل انخفاض الشدة الضوئية إلى حد معين، ولاسيما في حال تعرض الغراس لإجهاد مائي فإن انخفاض الشدة الضوئية يساهم في تحسين الحالة المائية فيه، ولاسيما على مستوى مؤشرات المحتوى المائي النسبي والمطلق ووزن النبات والأوراق.

- كما تشير استجابة السنديان العادي للشدة الضوئية المتوسطة والمنخفضة (30-50%) إلى مرونة نوعية، وتشير استجابة القطلب للشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30 - 15%) إلى مرونة نوعية عالية يمكن استثمارها عملياً في أعمال التشجير وفي انتخاب الأنواع المحتملة للظل واستبعاد الأنواع الحساسة في الغابات المختلطة، ولأسيما لدى تعرض الغراس للإجهاد المائي فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى هذه النسبة يسهم في تحقيق أفضل القيم في مؤشرات نموه.

Abstract

The research was carried out in a special agricultural nursery in Shinshar area of Homs Governorate (Syria) between 2015–2017 with the aim of studying the effect of light intensity and water stress for *Pinus brutia* Ten. *Quercus calliprinos* Webb. and *Arbutus andrachne* L. The seeds of the three species were planted under 4 levels of light stress (100, 50, 30 and 15%) of the solar radiation. The experiment was carried out according to the design of the complete random sectors in three replicates. The effect of water stress was applied during the second year of the study. Four levels of water stress (25, 50, 75% and 100%) of field capacity were applied. The water stress experiment was carried out on July 25 for two years old seedling of *P. brutia* and *Q. calliprinos* and on 1st September for one year old seedling of *A. andrachne* and lasted for 36 days. Laboratory experiments were carried out in the laboratories of the Faculty of Agriculture and the Faculty of Science at Al-Baath University.

- The results showed a high rate and speed of germination in control treatment in full light intensity because of increasing temperature.
- The results showed that species had elasticity towards the different light intensities. The reduction of the light intensity to 50% improved the performance of the *P. brutia*. The values of leaf area, plant height, wet and dry shoot weight, relative growth rate, photosynthesis rate, *P. brutia* showed physiological elasticity, the relative and absolute water content and photosynthesis rate increased when the light intensity decreased to 50, 30%. *P. brutia* performance decreased at very low light intensity (15%).

In *Q. calliprinos*, physiological and morphological elasticity was achieved when light intensity decreased to 30 and 50%. Physiological indices increased at these light intensities. The highest values were recorded for leaf area, plant height, wet and dry leaves weight and photosynthesis rate at 30%. Plant weight and relative growth rate was the highest in the light intensity 50%.

– In *A. andrachne*, the values of growth indices and morphological and physiological indices increased in low and very low light intensities (30, 15%), showing the ability of *A. andrachne* to adapt in shade environment.

In contrast, the results showed that the increase in water stress to 25% of the field capacity caused a decline in the performance of the plant at the level of growth indices and morphological and physiological indices, and led to a decline of the water status of the plant, and caused an increase in the rate of accumulation of soluble sugars in the leaves and root mass as a means in order to adapt to extreme stress conditions. In general, the plants maintained adequate water pressure and good turgor pressure at the low stress level (75% of the field capacity), as the values of the studied traits increased at this level, in addition to the control treatment or irrigated conditions (100% of the field capacity).

In the study of the combined effect of water stress and light intensity, it was found that the increasing in light intensity aggravated the impact of water stress and, conversely, reducing the light intensity contributed to reduce the negative impact of water stress,

For *Pinus brutia* the decrease in light intensity to 30 – 15% led to achieve the best values in the leaf area, photosynthesis rate, relative growth rate and

trachied diameters at the level of water stress 25, 50% of the field capacity, and values increased in light intensity 50– 100% in the level of low water stress 75% and in the irrigated conditions. The decrease in light intensity to 50– 30% reduced the effect of severe and moderate water stress (25, 50% of field capacity) represented in increasing in wet and dry shoot, leaves mass, and in water stress level 75% and irrigated conditions the best values were achieved in the light intensity 50, 100%. The reduction of light intensity contributed to improving the water status of the plant by increasing the relative and absolute water content with increasing intensity to 50%. The reduction in light intensity to 30% in the 25% stress level led to increasing in chlorophyll content. In decreasing water stress intensity, the reduction of light intensity to 50% led to higher values of chlorophyll.

For *Q. calliprinos* the decrease in light intensity to 30 – 15% led to achieve the best values in the leaf area, photosynthesis rate, relative growth rate and vessels diameters at the level of water stress 25, 50% of the field capacity, and values increased in light intensity 50– 100% in the level of low water stress 75% and in the irrigated conditions. The best weight of shoot and leaves and the highest relative and absolute water content achieved in low light intensity 30% at all water stress levels. The reduction in light intensity to 15–30% Increased chlorophyll content at all levels of stress.

While for *A. andrachne* the reduction in light intensity to 30% achieved the highest values in the leaf area, photosynthesis rate, relative growth rate at all water stress levels. The best weight shoot, leaves and the highest relative and absolute water content achieved in low light intensity 15% at all water Stress

levels. The reduction in light intensity to 15–30% increased chlorophyll content and vessels diameters at all levels of stress.

– Plants responded to the increasing in water stress and in light intensity, and showed adaption represented in high sugars accumulation in the leaves and high total root weight.

The increase in water stress intensity reduced the transpiration rate and water consumption in the plant in the full and medium light intensities (100, 50%) and the reduction of light intensity to 30% increased values. Therefore, the reduction of light intensity contributed to reducing the impact of water stress at the level of stress (25% and 50% of the field capacity). On the other hand, the values of the transpiration rate and water consumption increased when the water stress intensity decreased to 75% of the field capacity and in the irrigated conditions in the full and medium light intensities (100% and 50%), while the values were decreased at low light intensities 30%, so decreasing water stress level led to improved plant performance. The very low light intensity (15%) reduced transpiration rate and water consumption by the plant at all stress levels.

P. brutia is considered a light species, but the research proved that the seedling was able to achieve the best growth with reducing light intensity to 50%, indicating its ability to withstand the reducing light intensity to a certain extent, especially if the plant exposure to water stress, the reducing light intensity contributes to improving water status, especially at the level of relative and absolute water content and plant weight and leaves.

Q. calliprinos response to medium and low light intensity (50–30%) indicates a specific elasticity. *A. andrachne* response to the low and very low light intensity (30–15%) indicates a high quality elasticity that can be effectively invested in afforestation and in selecting potential shade species and excluding sensitive species. In mixed forests, especially when the plant is exposed to water stress, the reduction of light intensity to this ratio contributes to achieving the best values in its growth indicators.

الفصل الأول

المقدمة

تُعدّ الغابات من أكثر النظم البيئية تدهوراً خلال التاريخ، إذ قام الإنسان بإزالتها والتعدي عليها منذ القدم ما أدى إلى تقلص مساحتها في العالم بشكل خطير. وتشكّل الغابات المتوسطة نسبة بسيطةً من مساحة الغابات على سطح الأرض، ومع ذلك فإن خصائصها تجعل منها إراثاً طبيعياً فريداً، إذ تتميز البلدان التي توجد فيها هذه الغابات بتنوع حيوي استثنائي في الظروف البيئية.

لقد خضعت منطقة شرقي المتوسط بشكل خاص ومنها سورية، إلى ضغط بشري كبير على الغابة، إذ تعرض الغطاء النباتي فيها منذ القدم للاستغلال الجائر، الأمر الذي أدى إلى اختفاء العديد من الأنواع، وانحسار كبير للغطاء النباتي، كما أن طبيعة العديد من المناطق السورية ذات الظروف القاسية بالنسبة للنباتات جعلت أنظمتها البيئية هشة وغير قادرة على مقاومة التعديات البشرية (Nahal، 1996).

إن معرفة أشكال توزع النبت الطبيعي وتركيب المجتمعات النباتية تفيد في جهود إعادة تأهيل الغابات المتدهورة بشكل فعال، كما تشكل مؤشراً فعالاً على جودة الموقع وبالتالي على إنتاجية الأشجار الحراجية في المواقع المختلفة وذلك بفضل العلاقة الوثيقة التي يملكها هذا النبت مع الخصائص البيئية للموقع.

إن التدخل في بنية المجموعة الحرجية هو وسيلة لزيادة التنوع النباتي فيها. وتتركز الأبحاث الحالية في هذا المجال حول البحث عن المعاملات التربوية التي تقود المجموعة الحرجية باتجاه بنية ملائمة لتنوع حيوي مرتفع، وتتعلق هذه الأبحاث بشكل خاص باختلاط الأنواع الحراجية.

يُعد تنوع المجتمعات الحراجية مهماً جداً، لأن الاختلاف الفيزيولوجي والكيميائي والبنوي بين هذه الأنواع يسهم في توازن المناخ، وفي تحقيق التنمية المستدامة على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية.

في الحقيقة، إن المشاجر ذات النوع الحراجي الوحيد معروفة غالباً بفقرها النوعي بالفلورا والفونا مهما كان مصدر النوع الحراجي محلياً أو مدخلاً، فضلاً عن ذلك فقد تم الاعتراف وعلى نطاق واسع بالمزايا التي تقدمها عملية خلط الأنواع على مستوى التنوع الحيوي للمجموعة الحرجية، وهناك تشجيع واسع النطاق لهذا الخلط النباتي، فالخلط بين أنواع مختلفة يعد عاملاً مفيداً في الحصول على تنوع حيوي مرتفع على مستوى المساحات الصغيرة على الأقل (Fuller، 1995).

تجدر الإشارة إلى أنه انطلاقاً من فكرة خلق حالة مختلطة و بنية غير متجانسة والحفاظ عليها يتحدث البعض حالياً عن ما يدعى بتربية الغابات القريبة من الطبيعة والتي تمثل صدئاً لنقاش حماسي قديم حول هذا الموضوع (Touzet وآخرون، 1996). كل ذلك يشير إلى ضرورة إعادة توجيه ممارسات إدارة الغابات نحو تحويل جزء من المجتمعات النقية والمنتظمة إلى مجتمعات مختلطة ترتكز إدارتها بشكل رئيس على عملية التجدد الطبيعي (Natural Regeneration)، وهذا المفهوم يتناسب مع فرضية عدم وجود انتظام للمجتمعات الحراجية، إذ تنمو أنواع في ظل أشجار أنواع لمجتمعات أخرى. وبناءً على ذلك بدأت تظهر وتنتشر مصطلحات وأفكار واهتمامات جديدة في هذا المجال بشكل تطبيقات عملية أو مقالات علمية .

(Schutz، 2001؛ Willoughby، 1999؛ Malcolm وآخرون، 2001؛ Gamborg و Larsen، 2003؛ Balandier وآخرون 2009؛ Heinrichs و Schmidt، 2009؛ Löff وآخرون، 2010)

إن التوجه الحالي في عمليات تجديد الغابات يركز على تشكيل مجتمعات حراجية مختلطة متعددة الأنواع، بهدف تحسين استقرارية (Stability) هذه المجتمعات النباتية تجاه المتغيرات المختلفة إضافة للفوائد الاقتصادية الجمة التي يمكن أن تحققها هذه المجتمعات (الفاو، 1998). فعلى سبيل المثال تمثل المجتمعات الغابوية المختلطة نحو 50 % من الغابات الفرنسية (Morneau وآخرون، 2008) ويمثلها بشكل رئيس خليط من عريضات الأوراق والمخروطيات، مع ملاحظة سيطرة أنواع من السنديان كالسنديان اللاطي *Quercus petraea* Liebl. والصنوبر كالصنوبر الحرجي *Pinus sylvestris* L. في هذا الخليط.

إن تحديد طريقة التدخل في إدارة المجتمعات الحراجية يعترضها بعض المشاكل أولها يرتبط بمشكلة خصائص النمو المتباينة والمتطلبات المختلفة للأنواع المشكلة لهذه المجتمعات، وبالتالي صعوبة الحفاظ على هذا الخليط مع الزمن، ولاسيما ما يتعلق بعامل الإضاءة، أما المشكلة الثانية فتربط بإمكانية تأمين النجاح لغراس هذه الأنواع في ظروف إضاءة منخفضة بحيث تستطيع هذه البادرات الصغيرة البقاء حية والنمو في مثل هكذا ظروف. (Davis وآخرون، 1999؛ Frochot وآخرون، 2002؛ Adams وآخرون، 2003؛ Balandier وآخرون، 2006).

يرتكز هذا النوع من الإدارة على تعديل الغطاء النباتي عبر فتح مساحات في هذا الغطاء (الأشجار البالغة)، بغية السماح بوصول الإضاءة المناسبة والكافية لنمو وتطور الغراس في الطبقات الأدنى (Lieffers وآخرون، 1999) وهذا الأمر يملك أهمية خاصة بالنسبة للأنواع أليفة الضوء.

تتأثر ديناميكية اختلاط الأنواع في المجتمعات الغابوية بالعوامل البيئية المختلفة، وعلى وجه الخصوص عامل الإضاءة، الذي يمثل العامل الأكثر تغيراً خلال نمو وتطور الأنواع الحراجية، إذ تخضع هذه الأنواع خلال حياتها إلى بعض المتغيرات والضغوط التي تؤدي إلى خلل في متطلبات النمو كالضوء، والماء والغذاء... الخ، ما ينتج عنه ردود أفعال عند هذه النباتات، قد تظهر بشكل تغيرات مورفولوجية أو تشريحية أو فيزيولوجية...، وبالتالي فإن الباحثين مطالبون بالبحث الجدي لمعرفة وفهم هذه التأثيرات المختلفة (العودات وآخرون، 1985). لذلك فإن دراسة المتطلبات البيئية من إضاءة و حرارة، وأمطار، تعد ذات أولوية وأهمية خاصة وذلك نظراً لأهمية القطاع الحراجي في سورية وما أولته الحكومة من اهتمام بتحسين ظروف النمو المحيطة بمشاريع التحريج الاصطناعي، ولقد تناولت العديد من الأبحاث علاقة الحراج بالهطولات والحرارة (الفاو، 1994)، وأهم إلى حد ما عامل الإضاءة على الرغم من أهميته الحيوية والفيزيولوجية للنبات الحراجي، وهذا ما يدخل ضمن أهداف علم البيئة الذاتية (Autecology) الذي يهتم بدراسة العلاقة بين فرد أو نوع معين ووسطه المحيط.

لقد بذلت الدولة السورية خلال السنوات الماضية جهوداً كبيرة لوقف تدهور الغطاء النباتي الطبيعي الذي كان وما يزال بحاجة إلى نظرة أكثر شمولية تأخذ بعين الاعتبار الخصائص البيئية مجتمعة. ومن جهة أخرى كان التفكير بإعادة الغابة إلى وضعها وبأي ثمن وبأي أنواع شجرية من أهم مواطن الخطأ في خطط التشجير وتأهيل الغابات التي استمرت عقوداً من الزمن. لقد غضت الجهات المنفذة للتشجير النظر عن الغطاء النباتي الطبيعي في كل منطقة يراد تنمية غطاءها النباتي فكان تشجير موقع ما يشكل تغيراً في الغطاء النباتي لهذا الموقع وتغيراً في استعمالات أراضيه ومنه الاستبدال أي إحلال غطاء نباتي مكان آخر وما يرافق ذلك من مشاكل لاحقة.

أهمية ومبررات البحث:

تتبع الأهمية التطبيقية للبحث من أهمية عمليات التجدد الطبيعي للغابة وما يرتبط به من منافسة بين الأنواع الحراجية التي تنتشر في موقع ما على مصادر الوسط، الأمر الذي يتطلب دراسة العديد من العوامل البيئية المحيطة والمؤثرة في إنبات البذور ونمو الغراس واستمراريتها...، ما يحقق استقرار المجتمعات الغابوية المختلطة، ولاسيما بالنسبة للأنواع المنتشرة طبيعياً، وهذا يعتمد بدوره على اختيار أنواع محددة ومناسبة لعمليات التحريج الاصطناعي دون أخرى. لذلك يتوجب فهم وتحديد العلاقة مع عناصر الوسط المحيط (الضوء، الماء، العناصر المعدنية)، والتغيرات التي تطرأ على شروط المناخ الموضعي (Micro climate) في علاقتها مع مختلف مكونات النظام الغابوي، ولاسيما بين الأشجار البالغة والغراس الفتية (التجدد الطبيعي)، أي النباتات النامية تحت الغطاء الشجري. ولأهمية الأمر فإن كثير من الدراسات الحالية تركز على العلاقات بين الأنواع الحراجية والضوء والمصادر المائية.

إن دراسة تأثير الشروط البيئية، ولاسيما الإضاءة وتوفر المياه في نمو وتطور غراس بعض الأنواع الحراجية الطبيعية في سورية تملك أهمية بالغة نظراً لاختلاف حساسيتها وسلوكها تجاه هذه العوامل، لذلك سيتم دراسة تأثير مستويات مختلفة من الإضاءة في غراس ثلاثة أنواع حراجية (مخروطيات وعريضة أوراق) تشغل مكانة بيئية واقتصادية في الغابات الطبيعية السورية، إضافة إلى تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد المائي في هذه الغراس النامية تحت مستويات إضاءة مختلفة.

أهداف البحث:

تتمحور الأهداف الرئيسة للبحث حول معرفة سلوك وأداء غراس بعض الأنواع الحراجية في السنوات الأولى من عمرها؛ إذ يعد ذلك أحد المفاتيح الأساسية في ديناميكية المجتمعات الغابية، وإن معرفة أثر الظروف البيئية المحيطة بها (Micro climate) تملك أهمية فائقة في هذه المرحلة من عمر النبات وتساعد على فهم وإدارة التجدد الطبيعي لهذه الأنواع.

يهدف البحث إلى دراسة بعض عناصر البيئة الذاتية (Autecology) لبعض الأنواع الحراجية: الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. والسنديان العادي *Quercus calliprinos* Webb. والقطلب *Arbutus andrachne* L. بدءاً من طور البادرة حتى عمر سنتين، من خلال إجراء محاكاة للغابة قدر الإمكان بهدف معرفة سلوك هذه الأنواع، وماهي الظروف التي تؤخر أو تتناسب نموها أو تجعله متزايداً،

وهل تملك هذه الغراس مرونة نوعية في مستوى سلوكها المورفولوجي والفيزيولوجي في رد فعل غراسها الفنية على شروط الإضاءة المختلفة (مناخات ضوئية موضعية)، ومحاولة ربط هذه المرونة إن وجدت ببعض الخصائص التشريحية للجهاز الناقل الخشبي، كل ذلك بهدف الإدارة السليمة للغابات، من خلال توفير الشروط الملائمة لنمو بادرار هذه الأنواع ضمن ظروف الغابة عند تجددتها الطبيعي أو عند إجراء عمليات التشجير وإعادة تأهيل الغابات، وللدرد على التساؤلات السابقة سيتم تنفيذ سلسلة من التجارب على مدار 2 إلى 3 سنوات تشمل:

- دراسة تأثير أربعة مستويات من الإضاءة في بعض المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والتشريحية لغراس الصنوبر البروتي والسنديان العادي والقطلب.
- تقييم أداء غراس هذه الأنواع ضمن ظروف العجز المائي (الإجهاد)، اعتماداً على بعض الصفات الشكلية، والفيزيولوجية والتشريحية المرتبطة وراثياً بتحمل الإجهاد المائي، من خلال تطبيق أربعة مستويات من الإجهاد المائي على غراس الأنواع آنفة الذكر والنامية تحت ظروف إضاءة مختلفة.

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

أولاً- أثر عامل الإضاءة في حياة النباتات:

تتعرض النباتات أثناء نموها للعديد من الإجهادات البيئية تنقسم هذه الإجهادات إلى إجهادات إحيائية مثل الحشرات والأمراض وأخرى غير إحيائية مثل الحرارة والإضاءة والمواد الكيميائية. وتختلف استجابة الأنواع لهذه الإجهادات، فإما أن تقاوم الإجهاد ثم تتأقلم معه ومن ثم تستطيع أن تتابع النمو والبقاء، أو أنها تتأثر بالإجهاد مباشرة وتتعرض للشيخوخة المبكرة ومن ثم الموت، أو أنها تتمكن من تجنب وتحاشي هذا الإجهاد، وبالتالي تستطيع الاستمرار بالحياة (Ordog و Molnár، 2011)

كما يتأثر نمو وسلوك وتوزيع النباتات ومنها النبات الحراجي بعوامل بيئية عدة مرتبطة مع بعضها البعض (Bastien و Gauberville، 2011)، وتنقسم هذه العوامل إلى خارجية مثل كمية الأمطار وتوزيعها، والإشعاع الشمسي، والخصائص الطبوغرافية للموقع، والصخرة الأم المكونة للتربة...، وعوامل داخلية أو ذاتية يمكن التحكم بها من خلال عمليات إدارة الغابة. وذكر Milios وآخرون (2008) أن أهم العوامل المؤثرة في وسط النمو هي توفر المياه والإضاءة المناسبة. كما أنها من المصادر الأساسية التي تؤثر في صفات الورقة ونمو النبات وبقائه وتحدد انتشار وتوزيع النباتات (Quero وآخرون، 2006)

يعد الإشعاع الشمسي من أهم العوامل المناخية ذات التأثير المباشر والفعال في نمو وتطور النباتات عامةً. فهو مصدر الطاقة للعديد من الأحياء، ويملك الضوء عدة أشكال من التأثير في النباتات: تأثير حراري عن طريق تأثيره في درجة حرارة الهواء والتربة ورطوبتهما وتأثيره في عملية النتح، وتأثير مغذي يرتبط بعملية التمثيل الضوئي، ويتعلق أساساً بكمية الفوتونات الواصلة إلى مستوى الأوراق. وتأثير مورفولوجي يتمثل بالتغيرات في مستوى بناء وهيكلية النبات (أي توزيع الأغصان الرئيسية والجانبية). إذ أن كمية ونوعية الإشعاع المتلقى من الغطاء النباتي تتعلق بتركيبه، إذ تعد الأوراق الخضراء المستقبل الأساس للضوء، وترتبط قدرة المسطح الورقي لغطاء نباتي ما على استقبال الضوء بالمساحة الورقية الكلية للغطاء، ويتوضع هذا المسطح الورقي واتجاه أوراقه (Jarvis و Davis، 1998).

ويتألف الطيف الشمسي من مجموع الأشعة الشمسية ذات الأطوال والألوان المختلفة والتي تستقبلها الأرض وهي:

• الأشعة فوق البنفسجية (أشعة غير مرئية) ويتراوح طول موجتها بين 10 و 390 مليميكرون وهي المسؤولة جزئياً عن ظاهرة الانتحاء الضوئي كما أنها تحد من نشاط هرمونات النمو مما يسبب قصر السيقان، ويعزو الباحثون قصر النباتات التي تعيش في المناطق الألبية المرتفعة وشكلها الوسادي جزئياً إلى تأثير الضوء الساطع وغناه بالأشعة البنفسجية والزرقاء .

• الأشعة تحت الحمراء (أشعة غير مرئية) طول موجتها أكثر من 760 مليميكرون وهي المصدر الرئيسي للطاقة التي ترفع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض ولا يزيد طول موجة الأشعة تحت الحمراء التي تستقبلها الأرض من الشمس عن 3000 مليميكرون وتسمى بالأشعة تحت الحمراء القريبة، ويقوم سطح الأرض الذي يمتص الاشعاع الشمسي برد جزء منه على هيئة أشعة تحت الحمراء طول موجتها أكثر من 3000 مليميكرون وتسمى بالاشعاع الأرضي.

الأشعة المرئية: وتمتد الأشعة المرئية من البنفسجي إلى الأحمر ويتراوح طول موجتها بين 390 و 760 مليميكرون، وهو يكوّن جزءاً صغيراً من طيف الطاقة الاشعاعية وينقل 46% تقريباً من الطاقة الشمسية. وتمتص صبغة اليخضور وغيرها من الأصباغ موجات الضوء المرئي وبها تتمكن النباتات من صنع الغذاء وتنمو النباتات نمواً طبيعياً عندما تتلقى كامل موجات الضوء المرئي، ويختلف امتصاص النباتات الخضر لموجات الضوء المرئي حسب طولها وأقل الأشعة امتصاصاً هي الصفراء والخضراء وأكثرها امتصاصاً الأشعة الأرجوانية والحمراء والأشعة البنفسجية والزرقاء (العودات وآخرون، 1995).

يتحكم الضوء مع عاملي الحرارة والرطوبة بغالبية العمليات الفيزيولوجية والحيوية وتأثيراتها المورفولوجية في النبات (Kozlowski وآخرون، 1991). ويشغل عامل الإضاءة مكانةً مهمةً في تربية وإدارة الغابات، ولاسيما فيما يخص عملية تجدد وتطور المجتمعات الحراجية وصولاً لمرحلة الاستثمار. وترتكز القاعدة الأساسية في المجتمعات الغابوية على البحث عن التوازن المطلوب بين مختلف الطبقات (Stratification) المشكلة لهذه المجتمعات، وبالتالي فإن إمكانية الحصول على الضوء المناسب للنمو تعد العامل الأساس والمفتاح لاستقرارية هذه المجتمعات التي ترتكز أساساً على ديناميكية التجدد الطبيعي التي يتحكم بها مجموعة من العوامل البيئية أهمها توفر الإضاءة المناسبة (Williams، 1996).

استُخدم مصطلح " التحمل للظل أو الإلفة للظل" من قبل الحراجيين، للدلالة على مقدرة النوع الحراجي في مرحلة معينة من العمر على العيش والاستمرار تحت غطاء كثيف من نباتات أخرى أي في ظروف إضاءة منخفضة، فهناك أنواع تستطيع العيش لمدة طويلة في ظروف إضاءة منخفضة مقارنة بأنواع

أخرى، وبالتالي قُسمت النباتات، ومنها الحراجية إلى مجموعات تبعاً لدرجة تحملها للظل إلى أنواع غير متحملة للظل أو محبة للضوء، وأنواع متوسطة التحمل للظل، وأنواع متحملة للظل أو أليفة للظل (Franklin وآخرون، 1973). إن مفهوم التحمل ينطبق فقط على الأشجار عندما تكون في حالة بادرات، أما الأشجار البالغة فإنها تحتاج إلى ضوء شديد حتى تنمو بصورة طبيعية وتزهر وتثمر سواء كانت أليفة الضوء أو أليفة الظل، تستطيع أشجار الظل أن تتحمل الغطاء الحراجي بدرجات مختلفة حسب الأنواع عندما تكون في حالة بادرات، كما أن حمايتها من الأشعة الشمسية الشديدة يمكن أن تفيد في هذه المرحلة، غير أنها تحتاج إلى المزيد من الضوء كلما تقدمت في العمر حتى تنمو نمواً طبيعياً (علماً أنها تستطيع أن تقوم بالبناء الضوئي بوجود ضوء خفيف، وهذا ما يسمح لها بالبقاء حية في مثل هذه الشروط). أما أشجار الضوء فإنها لا تستطيع أن تتحمل الغطاء حتى عندما تكون في حالة بادرات، إذ أنها لا تستطيع أن تقوم بعملية البناء الضوئي بصورة طبيعية في مثل هذه الظروف، فتذبل وتموت مع الزمن (نحال، 2002).

إضافة إلى المرحلة العمرية فإن الاختلافات في درجة التحمل للظل بين المجموعات السابقة تتعلق بالنوع النباتي والبيئة والموقع. كما وتختلف استراتيجية استجابة النباتات للظل، وتقسّم إلى أشجار تتجنب الظل وأشجار تتحمل الظل. عندما تتعرض النباتات للظل فإنها تعمل على زيادة النمو الطولي، وذلك كي تتجنب المنافسة القوية على الضوء، وتزيد تعرضها للإضاءة في المستقبل. وتعد استراتيجية تجنب الظل وسيلة تكيفية في المراحل الأولى من التعاقب، ولكن هذا التكيف لا ينفع في حال الإضاءة المنخفضة جداً. ويلاحظ في النباتات التي تتبع استراتيجية تجنب الظل غالباً انخفاضاً في امتداد الأفرع الأفقية والكتلة الحية للأوراق وانخفاضاً في نواتج التمثيل الضوئي في الظروف المظلمة، بالمقابل فإن النباتات المتحملة للظل تنشر أوراقها بشكل أفقي لتخفيف التظليل الذاتي، وهذا يزيد من كفاءة النقاط الإضاءة في الظروف المظلمة (الاستفادة من الإضاءة الواسلة). وتميل الأنواع المتحملة للظل إلى زيادة نمو الأفرع الجانبية إضافة إلى النمو الطولي وذلك لزيادة الاستقرار الميكانيكية لتثبيت الساق تحت المظلة الغابية، ولكن هناك تداخل بين الأنواع المتحملة والمتجنبة للظل، أو من الممكن أن تظهر كلتا المجموعتين الاستراتيجيتين معاً أي تحمل وتجنب الضوء (Henry و Aarssen، 1997). إذ تعد صفة تحمل نوع ما للظل وسيلة للاستفادة من الموارد المحدودة من الإضاءة بشكل فعال، وبالتالي تزيد من توازن الكربون في النبات ضمن الظروف المظلمة، ويعود السبب في ذلك إلى التأقلم المورفولوجي، وزيادة كفاءة استخدام

الإضاءة، وانخفاض نقطة التعويض الضوئي، وانخفاض معدل النتج تحت ظروف الظل (Walters وآخرون، 1993).

تمثل مادة اليخضور Chlorophyll حلقة الاتصال الأساسية بين جميع الكائنات الحية وبين الطاقة الشمسية من خلال مقدرتها على امتصاص الطاقة من ضوء الشمس ونثيبتها في صورة طاقة كيميائية مخزنة في المواد السكرية الأولية. وللضوء تأثيرات مهمة أخرى في النباتات، ولاسيما ما يتعلق بتمايز الأنسجة والأعضاء وطريقة تركيبها. والحقيقة أن الماء قد يكون هو العامل الوحيد الذي ينافس الضوء في مدى تأثيره في التركيبات الشكلية والتشريحية للنباتات (شلتوت، 2002)

وأوضح Poorter و Oberbauer (1993) أن صبغة التركيب الضوئي هي جزيئات عضوية ذات تركيب كيميائي محدد تتناوب فيه غالباً الروابط المضاعفة مع الروابط البسيطة، مما يكسب هذه الجزيئات خواص لونية تمكنها من امتصاص أمواج ضوئية محددة، والاستفادة منها في تفاعلات التركيب الضوئي. وتقسّم الأصبغة اليخضورية إلى عدة أنماط من أهمها:

- اليخضور (أ) Chlorophyll a، الذي يعد أهم أصبغة التركيب الضوئي على الإطلاق ، ويوجد في جميع النباتات التي تقوم بالتمثيل الضوئي، عدا الجراثيم ذات التركيب الضوئي، إذ يحل بدلاً منه اليخضور آ الجرثومي Bacterio Chlorophyll II a.

- اليخضور (ب) Chlorophyll b، الذي يوجد مرافقاً لليخضور (أ) ومساعداً له، لكن كميته أقل من اليخضور (أ) (Savitch وآخرون، 2000).

يؤثر طول موجة الضوء في عملية التمثيل الضوئي؛ إذ يكون أعلى معدل للتمثيل الضوئي عند الأطوال الموجية في المناطق الحمراء والزرقاء من الضوء المرئي، وأقل معدل له عند الأطوال الموجية في المنطقة الخضراء (صهيوني، 2003). كما تؤثر شدة الضوء في عملية التمثيل الضوئي؛ إذ تبدأ عملية التركيب الضوئي عند شدة ضوئية منخفضة بحيث لا يستطيع النبات تثبيت كامل كمية CO_2 الناتجة عن عملية التنفس، وفي هذه الحالة تطلق النباتات CO_2 إلى الجو عوضاً عن امتصاصه، وبازدياد الشدة الضوئية تصبح النباتات أكثر قدرة على تثبيت CO_2 . وتعرف النقطة التي تثبت فيها النباتات كامل كمية CO_2 الناتجة عن تنفسها بنقطة التعويض الضوئي (Light Compensation Point)، وعندها ينعدم التبادل الغازي بين النبات والجو، وتكون كمية الأوكسجين المحررة من الأشجار مساوية

لكمية ثاني أكسيد الكربون المثبتة فيها. وتهدم النباتات في هذه الحالة ما تصنعه من غذاء في عملية التنفس (عبيدو، 2000). وعند ارتفاع الشدة الضوئية إلى مستويات مرتفعة جداً يبدأ معدل التمثيل الضوئي بالانخفاض بسبب التأثيرات الضارة لشدة الإضاءة العالية التي تشمل تأثيرات عديدة، أهمها الأكسدة الضوئية للكلوروفيل، والتي تتضمن إثارة عدد هائل من جزيئات اليخضور وأكسدتها في وجود الأوكسجين (صهيوني، 2003). وتم اعتماد وحدة قياس لشدة الإشعاع الضوئي وهي اللوكس Lux أو شمعة/متر (نصير، 1982).

كما أن انخفاض الشدة الضوئية يؤثر في التركيب الضوئي، فانخفاضها بشكل كبير يؤدي إلى شحوب الأوراق واصفرارها (Yamashita وآخرون، 2000 و Valio، 2001)، كما هو الحال عند النباتات أليفة الضوء التي تتعرض للظل الشديد تحت الغابات الكثيفة (كحال غراس الصنوبر الحلبي والبروتي على سبيل المثال).

ودلت دراسات Chalabi (1980) على أن الجرعة المنخفضة من الإشعاع تسبب تأخيراً في عملية الانقسام الخلوي. غير أن الخلايا سرعان ما ترجع لحالتها الطبيعية بعد زوال المؤثر، أما الجرعة العالية من الإشعاع فإنها تؤدي إلى إيقاف عملية الانقسام الخلوي بصورة تامة تقريباً ولا تسترجع الخلايا حيويتها بعد إزالة التعرض. وبالنسبة لظروف النمو تسبب زيادة الأشعة فوق البنفسجية تقزم النباتات وهذا يلاحظ في النباتات النامية في المرتفعات وقمم الجبال.

ثانياً - دور الشدة الضوئية في المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية للأنواع الحراجية:

أجريت العديد من الدراسات التي تتناول البيئة الذاتية للنوع بهدف معرفة استجاباتها تجاه مستويات عديدة من الإضاءة أو الرطوبة أو التربة، ولاسيما الأبحاث التي تعنى بدراسة التجدد الطبيعي للأنواع لمحاولة فهم البيئة الذاتية للأنواع والإدارة السليمة للغابات. إن قدرة غراس نوع حراجي ما على تحمل الظل تملك أهمية كبيرة في عملية نجاح التجدد الطبيعي للغابات (Welden وآخرون، 1991 و Messier، 1999)، وهو ما ركز عليه Sterck (1997) في دراسته على استجابة عدة أنواع حراجية لشدات ضوئية مختلفة.

وبينت دراسة Ruano وآخرون (2009) أن للضوء تأثيراً أكبر من توفر المياه في انبات البذور خلال الأشهر الأولى للصنوبر البحري *P. pinaster*، إذ درست نسبة انبات وبقاء البادرات في مستويين من

الإضاءة (مواقع تعرضت للقطع تمثل الشدة الضوئية المرتفعة، ومواقع تعرضت للقطع بنسبة 50%) وسجلت أعلى نسبة انبات ونسبة بقاء بادرات عند الشدة الضوئية المرتفعة في المواقع المعرضة للقطع، وتم تسجيل أفضل النتائج للوزن الجاف للمجموع الهوائي والجذري في المواقع المعرضة للقطع، علماً أنه لم يكن هناك فرق معنوي مع المواقع ذات نسبة قطع 50%، كما أن زيادة الشدة الضوئية أدت إلى انخفاض نسبة الارتفاع إلى القطر، وزادت من قطر الجذور. كما بين Zhang وآخرون (2012) أن نحو 80% من بذور النوع *P. koraiensis* أنبتت في الإضاءة المرتفعة وذلك لدى البذور غير المغطاة بالفرشة الغابية؛ كما أكدوا أن انخفاض نسبة الانبات في الغابة يعود إلى ارتفاع درجة الظل من 55% إلى 95% خلال موسم النمو، ووجد Castro وآخرون (2005) أن إنبات بذور الصنوبر الحرجي *P. sylvestris* كان مرتفعاً بنسبة 95% في المواقع غير المظللة، حيث تتوفر درجة الحرارة المرتفعة، وانخفضت إلى 62% في المواقع ذات التغطية التاجية المرتفعة لأشجار الصنوبر *P. sylvestris* والعرعر *Juniperus communis* و *Juniperus sabina* حيث درجات الحرارة المنخفضة.

وأظهرت الدراسات أن قطر الساق ووزن المجموع الهوائي ووزن الجذور لدى بادرات نوعي الصنوبر *P. palustris* و *P. taeda* كان مرتفعاً في ظروف الإشعاع الشمسي الكامل مقارنة بمعاملات الظل وكان تركيز اليخضور أعلى في ظروف الإضاءة المنخفضة (Barnett، 1989).

وبين Khan وآخرون (2000) أنه وعلى الرغم من أن ارتفاع النبات كان أعلى في نسبة الظل 75% عند بعض أنواع المخروطيات ومن بينها *P. ponderosa* وأقل ما يمكن عند انعدام الظل إلا أن الكتلة الحية كانت منخفضة في معاملة الظل، وكانت نسبة ارتفاع الساق إلى الجذر مرتفعة في الظل، كما أن بادرات النوع *P. sylvestris* النامية تحت الضوء الكامل امتلكت وزناً جافاً أعلى مقارنة بتلك النامية في الظل (Zelawski و Kinelska 1967). كما بين Kozlowski (1949) أن انخفاض الشدة الضوئية أدى إلى انخفاض وزن الجذور لدى النوع *P. taeda*.

ويلاحظ غالباً فشل بادرات الصنوبر بالبقاء تحت المظلة الغابية، وذلك يعود إلى ارتفاع متطلباتها للضوء، ومن المفترض أن بادرات الصنوبر غير قادرة على القيام بالتمثيل الضوئي بسرعة كافية للحفاظ على بقائها (Kramer و Decker، 1944)، كما ويختلف معدل التمثيل الضوئي في الصنوبريات حسب عدد الأوراق الابرية في الحزمة الواحدة إذ أن معدل التمثيل الضوئي ينخفض مع ازدياد الأوراق الابرية (كثافة التاج)، لأن الأوراق الابرية تظل بعضها البعض (Kramer و Clark، 1946).

أجريت دراسة على النوع *Quercus crispula* ، زُرعت بذوره ضمن ظروف إضاءة مختلفة (2 و 10 و 100% من الضوء الوارد) في غابة استوائية مطيرة، وأظهرت النتائج أن إنبات البذور في المعاملة 100% كان أبكر من المعاملتين 10 و 2% ، كذلك كان معدل نسبة الإنبات في المعاملة 100% أعلى أيضاً، كما سجلت نسبة الموت الأعلى لدى المعاملة 2%، أما المعاملة 10% فكان الإنبات فيها متأخراً عن 100% ، وأبكر من المعاملة 2%، وبمعدل إنبات أقل من المعاملة 100%، وأعلى من 2% (Yamashita وآخرون، 2000) .

كما وجد Yong وآخرون (2011) في دراستهم على إنبات النوع *Quercus liaotungensis* تحت تأثير عدة مستويات من الإضاءة (0.3، 0.5، 2.2، 5.5، 18.9، 55.4)% أن معدل إنبات البذور كان الأعلى في نسبة الإضاءة 55.4% مقارنة بباقي الشدات الضوئية ، وانخفضت قيمته مع انخفاض الشدة الضوئية وصولاً للشدة الضوئية 0.3%. كما أظهر النوع مرونةً مورفولوجيةً كبيرةً تحت مستويات التظليل التي أعطت دعماً كبيراً لتأقلم البادرات في البيئات المختلفة للضوء، وذلك بالنسبة للمساحة الورقية، وارتفاع الساق، ومحتوى اليخضور، الكلي إذ سجلت هذه المؤشرات أعلى القيم في مستوى الإضاءة 0.5%، بينما أدت الإضاءة المرتفعة إلى زيادة قطر الساق الرئيس، ونمو المجموع الجذري للغراس.

وبين Guo وآخرون (2007) أن طول الورقة وعرضها يتأثر بالنسبة لغراس النوع *Q. acutissima*، كما تصبح الورقة أضيق في الضوء وأوسع في الظل، وقد وجد Long وآخرون (1994) أن أوراق النوع *Quercus crispula* تكون أكثر ثخناً في الأنواع المحبة للضوء، وحجم الصانعات يكون أكبر عند أوراق الظل. وتتميز أوراق نباتات الضوء بأن الصانعات الخضراء تكون غزيرة وعددها في الخلية الواحدة كبير وحجمها صغير ولونها قليل الخضرة وهذا يعود إلى أن محتواها من اليخضور قليل بالمقارنة بالصانعات الخضراء في أوراق نباتات الظل، أما أوراق نباتات الظل فتتميز بأن عدد الصانعات الخضراء فيها قليل وحجمها كبير ولونها داكن الخضرة. وتترتب الصانعات الخضراء الموجودة بغزارة في خلايا أوراق نباتات الضوء في صفوف موازية لأشعة الشمس وممتدة في نفس اتجاهها وعلى ذلك تعمل كل صانعة كستار يحمي ما تحته من التعرض للتأثير الكامل للطاقة الشمسية، وفي الظل حيث يقل الخطر الناشئ عن فقد الماء، تترتب الصانعات الخضراء الكبيرة الحجم والقليلة العدد بحيث تستقبل أكبر كمية من الضوء، كما أن التركيب الدقيق للصانعات الخضراء يختلف في نباتات الضوء عنه في نباتات الظل،

إذ أن الأقراص أو الصفائح في الجرانا Grana تكون أكثر كثافة وتراصاً في صانعات نباتات الظل منها في نباتات الضوء ، ومن المعلوم أن اليخضور يوجد في هذه الأقراص (العودات وآخرون، 1995).

أظهرت الدراسات التي أجريت على غراس بعض الأنواع الحراجية الأوروبية أن النمو القطري يتزايد مع زيادة الإضاءة وصولاً لنسبة قدرها 100 % من الإضاءة الكلية على عكس النمو الطولي الذي يزداد مع انخفاض الإضاءة (Aussenac وآخرون، 1975).

في دراسة أجريت في فرنسا على غراس السنديان اللاطئ *Quercus petraea* بينت أن الإضاءة الجيدة تؤدي إلى رد فعل مورفولوجي مميز لدى الغراس يتمثل في زيادة النمو الطولي وزيادة في نسبة المجموع الخضري (Chaar وآخرون، 1997). بالمقابل فإن الدراسات أظهرت أن الإضاءة المنخفضة (الظل الشديد) تؤدي إلى تغيرات مورفولوجية وفسولوجية في مستوى الأوراق، مثل انخفاض الكثافة المسامية (Givnish، 1988).

وأظهرت نتائج دراسة Matsuki وآخرون (2003) على غراس النوع *Q. crispula* التي نمت تحت ظروف اضاءة (2، 10، 100) %، أن نسبة 100% من الضوء الساقط (المتلقى) ساعدت على النمو الجيد لجذور الغراس، وبالتالي كانت أكثر مقاومةً للجفاف، بالمقابل أظهرت شتول المعاملتين 2 و 10% فروقاً في كفاءة التمثيل الضوئي، كما لوحظ زيادةً في معدل النتج لدى شتول المعاملة 100% مقارنةً بالمعاملة 10% والمعاملة 2%، وتأقلم لدى شتول المعاملات 10% و 2% وكانت نسبة تشكل اليخضور أعلى.

وأوضح Tilki و Guner (2007) أن أعلى معدل انبات في بذور القطلب *Arbutus unedo* تم تسجيله تحت شروط الإضاءة في الظروف المخبرية. أما Bertsouklis وآخرون (2003) فقد وجدوا أن نسبة الانبات كانت متشابهة سواء عند تعرضها لـ 16 ساعة اضاءة أو ظلام مستمر في الظروف المخبرية.

وأجريت دراسة تأثير الإضاءة على ثمانية أنواع خشبية ومن بينها *Arbutus unedo* ، إذ تم وضعها تحت عدة مستويات من الإضاءة (1، 6، 20، 100) %، وذلك في الصيف الجاف، كانت نسبة بقاء البادرات منخفضة في نسبة الإضاءة 1% لدى النوعين *Arbutus unedo* و *Pistacia terebinthus*

بينما كانت مرتفعة في أنواع السنديان المدروسة *Q. robur* و *Q. coccifera* والتي تعد أكثر تحملاً للظل، و *Q. Faginea* و *Q. ilex* التي تعد الأقل تحملاً للظل، وأما في ظروف الإضاءة المرتفعة فأبدى النوع *A. unedo* نسبة بقاء مماثلة لـ *Q. ilex*، إذ استمرت أنواع السنديان المدروسة بتحقيق أعلى نسبة بقاء في الإضاءة المرتفعة، وقد ازدادت الكتلة الحية لدى *A. unedo* وباقي الأنواع بزيادة الشدة الضوئية 100 % (Gomez – Sanchez وآخرون، 2006). كما انخفضت قيمة التمثيل الضوئي والناقلية المسامية في الأوراق المظللة مقارنة بالأوراق المعرضة للشمس لدى النوع *Q. ilex* و *P. halepensis*، وأما بالنسبة للنوع *A. unedo* فقد انخفضت قيمة التمثيل الضوئي في الأوراق المظللة بينما تساوت قيم الناقلية المسامية (gs) بين الأوراق المظللة، والمعرضة للشمس، بينما ارتفعت قيمة التمثيل الضوئي والناقلية المسامية في الأوراق المظللة مقارنة بالأوراق المعرضة للشمس لدى النوع *Q. pubescens* (Sperlich وآخرون، 2015)

ويعمل القطلب *A. unedo* على زيادة مساحته الورقية كآلية لزيادة قدرته على اعتراض الضوء (Gratani و Ghia، 2002). وتستطيع بادراته التواجد في مواقع ذات غطاء نباتي كثيف وطويل إلا أن العجرم *Erica arborea* يتطلب الإضاءة أكثر من القطلب، ولم يكن هناك تأثير للإضاءة على توقيت الانبات لدى القطلب والعجرم (Mesleard و Lepart، 1991)

وأظهرت الدراسات أن التعرض للإضاءة المنخفضة أدت إلى استطالة الساق وزيادة تشكيل البراعم الإبطية في بادرات *A. unedo* عند الزراعة في الظروف المخبرية (Giordani وآخرون، 2005).

وفي دراسة أجريت لمعرفة تأثير مدى حساسية بذور *Alnus rubra* للإضاءة، إذ زرعت البذور تحت أربعة أنواع من الأغشية الطبيعية (غطاء دائم الخضرة من المخروطيات (*Pseudotsug menziesii*) وآخر من عريصات الأوراق (النغت *Alnus rubra*) والثالث فرشاة غابية بعمق 1 سم والرابع بدون غطاء، فتبين أن الانبات كان أعلى ما يمكن بنسبة 68.6% في البذور غير المغطاة وكان الانبات متوسطاً في موقع (*Pseudotsug menziesii*) (47.4%) ومنخفضاً في موقع النغت (11.7%) (Haeussler و Tappeiner، 1992).

أظهرت نتائج دراسات Ibrahim (2006) والتي نفذت في فرنسا على غراس عدد من الأنواع الحراجية الأوروبية عريضة الأوراق (*Quercus sp.*، *Acer sp.*، *Fraxinus sp.*، *Fagus sp.*، *Betula*

(sp.)، (بعمر 2 إلى 3 سنوات) والمزروعة تحت ظروف إضاءة مختلفة (100%، 45، 20، 5) من الضوء الوارد وجود فروقات جوهرية بين الأنواع المدروسة، وكذلك بين المعاملات المختلفة إذ أعطت النباتات المزروعة في ظروف إضاءة جيدة قيمة أكبر (القطر ، الوزن)، مقارنة بالنباتات المزروعة في الظل، وذلك لمختلف الأنواع المدروسة.

ثالثاً - مشكلة الجفاف وتأثير الإجهاد المائي في النباتات:

من جهة أخرى يمثل الماء المركب الأساس الضروري لكل الكائنات الحية ومنها النباتات، وغالبيتها يتعرض للموت عندما ينخفض محتواها من الماء عن الحد الحرج. بالنسبة للأنواع الحراجية فإن كمية وتوزع الهطولات تشكل العامل المهم -إضافة للضوء والحرارة- الذي ينظم وجود وتوزع الغابات في العالم. لذلك يعدّ الجفاف عاملاً مهماً ومحدّداً في توزيع الأنواع (Bray، 1997)

تعدّ مشكلة الجفاف من أبرز المشاكل التي يعاني منها الوطن العربي، ولاسيما سورية التي تقع من الناحية الجغرافية والبيئية في المنطقة الجافة وشبه الجافة من العالم. وقد ازداد خطر الجفاف بشكلٍ لافت خلال العقدين الأخيرين، إذ تتعرض الغابات لظروف متجددة ناتجة عن التغيرات المناخية المتمثلة بالجفاف الشديد، إذ تنتبأ السيناريوهات المناخية في منطقة حوض المتوسط بأن شدة وتكرار الجفاف ستزداد في المستقبل (IPCC، 2013) ما يجعل معرفة وفهم استجابة الأنواع للتغيرات البيئية أمراً حاسماً للتنبؤ بالظروف البيئية للمواقع الغابوية، وبالتالي معرفة تأثير هذه التغيرات في التجدد الطبيعي للأنواع في المستقبل (Amissah وآخرون، 2015)؛ إذ إن التغير المناخي يجعل النظم البيئية المتوسطة ضعيفةً أكثر تجاه الإجهادات المختلفة (Gorissen وآخرون، 2004).

يتحدد إنتاج الكتلة الحيوية للغابات في معظم البيئات بالإجهاد المائي والإجهاد الناتج عن نقص العناصر الغذائية في التربة، وتلك هي التي تحد من تطور الغطاء الشجري و تقلل من كفاءة تثبيت الكربون (Cannell، 1988)

ويقصد بالجفاف (Drought) الفترة التي يتراجع فيها محتوى التربة المائي في منطقة انتشار الجذور إلى الحد الذي تعاني فيه النباتات من نقص الماء اللازم لنموها وتطورها، مما يقلل من فرق التدرج في الجهد المائي بين التربة وخلايا المجموعة الجذرية، فتتراجع كمية الماء الممتصة، فيحصل اختلال في

توازن محتوى الماء في النبات، وتدين في وتيرة عملية انقسام واستطالة الخلايا النباتية، ثم تراجع نمو وتمدد الأوراق (Retta وآخرون، 1996).

ويعرف الجهد المائي (Water potential) لنظام ما بقدرة الماء الموجود في هذا النظام على الانتقال من نقطة أخرى داخل النظام أو خارجه وهو يعتمد على تركيز الماء. ولكي يتضح مفهوم الجهد المائي على أساس هذا التعريف نعلم أن الماء يتحرك مثلاً في أنبوبة تحت تأثير ضغط ما إما بالسحب أو بالدفع وعندما يتعرض النظام لضغط زائد يميل الماء إلى الاندفاع خارجاً من ذلك النظام ولهذا تؤثر زيادة الضغط إيجابياً على الجهد المائي لنظام ما. كما يتحرك أيضاً في محلول ملحي من نقطة تحتوي على تركيز منخفض من الملح إلى نقطة أخرى أعلى تركيزاً (أو بالنسبة للماء من نقطة تحتوي على تركيز أعلى من الماء إلى نقطة أخرى أقل تركيزاً) وهذا ما يسمى بالضغط الأسموزي للنظام. وبزيادة تركيز المواد المذابة في نظام ما أو رفع درجة حرارته أو كليهما يزداد ضغطه الأسموزي. ولما كانت زيادة الضغط الأسموزي تحد من حرية حركة الماء إذ تصبح جزيئات الماء مقيدة بجزيئات الملح فإن زيادة الضغط الأسموزي لنظام ما تؤثر سلباً على جهده المائي (أبو جاد الله، 2010).

يوصف الجهد المائي لخلية ما (Ψ_{cell}) بالمعادلة :

$$\Psi_{cell} = (-)\Psi_s + (+)\Psi_p + (-)\Psi_m$$

حيث أن :

Ψ_s = الجهد الأسموزي (Osmotic potential) وهو جهد سلبي متعلق بوجود المادة المنحلة وهو يقل من قيمة Ψ ، ينشأ الجهد الأسموزي من وجود دقائق المادة المنحلة في الماء ويخفض جهد الماء بنسبة تركيز المادة المنحلة. كذلك يتأثر جهد الماء بالضغط المسلط على الجملة

Ψ_p هي جهد الضغط (Pressure potential) وهي غالباً موجبة (في الخلايا الممتلئة) وأحياناً تكون سالبة أو مساوية للصفر (في الخلايا المبلزمة)

Ψ_m جهد الامتصاص (Matric potential) ويمثل وجود المواد المحبة للماء والسطوح التي تدمص الماء وهذه المواد تجذب جزيئات الماء وهي بالتالي تخفض جهد الماء ويمكن أن نهمل قيمة Ψ_m في الخلايا المشبعة بالماء (صهيوني، 2003)

وينتقل الماء من خلية لأخرى في النبات حسب كل من الضغط الأسموزي وضغط الامتلاء للخلايا، إذ يمكن لخلية ما أن تمتص الماء إذا كان جهدها المائي أكثر سالبية (أي أقل) من الوسط المحيط بها (أو الخلايا المجاورة لها) يستمر امتصاص الماء حتى تبلغ الخلية أقصى حجم ممكن. عندئذ يتوقف جدار الخلية عن التمدد بسبب امتصاص الماء ويقاوم بالتالي عملية انتقال الماء لداخل الخلية حتى لو كان الضغط الأسموزي للخلية يسمح بامتصاص مزيد من الماء، إلا أن مقاومة الجدار للتمدد (ضغط الامتلاء) تعادل قوة الضغط الأسموزي وبالتالي يتوقف امتصاص الماء (أبو جاد الله، 2010).

يتأثر ارتفاع النبات سلباً بتراجع محتوى التربة المائي، ويُعزى ذلك إلى تراجع طول السلامة وتناقص الأوراق من بعضها بعضاً، ما يؤثر سلباً في توزيع الطاقة الضوئية بين أجزاء النبات الهوائية المختلفة، وتقل تبعاً لذلك كفاءة التمثيل الضوئي للأوراق السفلية، وتعدّ صفة استطالة خلايا الأوراق من أكثر العمليات الفيزيولوجية حساسيةً لظروف الإجهاد المائي (Cossgrove، 1989)، إذ تُساعد في الحدّ من فقد المياه بالنتح من خلال تقليص مساحة المسطح الورقي الأخضر. ويؤدي الإجهاد المائي إلى تقليل الناقلية المسامية (gs) (درجة انفتاح المسامات)، أو زيادة المقاومة المسامية (rs) (درجة انغلاق المسامات)، الأمر الذي يُقلل من معدل فقد المياه بالنتح عن طريق المسامات أثناء عملية التبادل الغازي، ويؤثر سلباً في معدل انتشار غاز CO_2 ، فيتراجع تركيزه ضمن مراكز التثبيت في الصّانعات الخضراء، ما يؤدي إلى تراجع معدل التمثيل الضوئي، وبالتالي قلة كمية المادة الجافة المتاحة لنمو النبات (Pliakoni و Nanos 2011).

تتباين استجابة الثغور للإجهاد المائي من نبات لآخر وكذلك حسب ظروف نمو النبات. فالنباتات المتحملة للظل تضيق ثغورها بسرعة عند التعرض لعجز مائي طفيف، بينما النباتات المحبة (الأليفة) للضوء التي نمت في ضوء أشد فلا تتأثر نفاذية ثغورها بمستويات مماثلة من العجز المائي بل تحتاج لعجز أكبر لكي تستجيب، وتتنخفض نفاذية الثغور لبخار الماء بسبب فقد الامتلاء في خلايا الورقة وكذلك استجابة لحمض الأبسيسيك القادم من الجذور، فمجرد تعرض الجذور لتربة ذات إجهاد مائي منخفض يدفعها لتخليق حمض الأبسيسيك ونقله سريعاً عبر الخشب إلى الأوراق (أبو جاد الله، 2010)

يختلف تأثير شدة الإجهاد في النباتات، إذ يعد ثاني أكسيد الكربون العامل المحدد للبناء الضوئي أثناء الإجهاد المائي الطفيف، أي يتوقف معدل البناء الضوئي على تركيز ثاني أكسيد الكربون في أنسجة الورقة وليس على نشاط أنزيمات البناء الضوئي و خصوصاً الروبيسكو (Rubisco: Ribulose

1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase) وعند انخفاض نفاذية الثغور (بسبب الإجهاد المائي الطفيف) ينخفض تركيز ثاني أكسيد الكربون في الورقة ينخفض معدل البناء الضوئي (Kaiser, 1987). أما أثناء الإجهاد المائي الشديد فيتأثر معدل البناء الضوئي سلباً بسبب انخفاض نشاط أنزيمات البناء الضوئي، ربما نظراً لنقص المحتوى المائي للورقة وزيادة تركيز الأيونات. ويصبح النشاط الأنزيمي عاملاً محدداً أيضاً وأكثر أهمية أحياناً من تركيز ثاني أكسيد الكربون في الخلايا، ولا يقتصر أثر الإجهاد المائي الشديد في أنزيم الروبسكو على خفض نشاطه بل يؤدي أيضاً إلى نقص كميته، وانخفاض معدل البناء الضوئي حتماً يؤثر في معدل نمو النبات ليس فقط من خلال تعثر عملية تكوين المركبات الكربونية التي تدخل في تكوين الكتلة الحية للنبات، بل أيضاً من خلال الشح في الطاقة المتاحة للنبات والتي تكون ضرورية لمعالجة الآثار السلبية للإجهاد (أبو جاد الله، 2010)

تشير الدراسات إلى أن الإجهاد البيئي لا يؤدي إلى تغيرات في النباتات إلا إذا استمر لفترة طويلة من الزمن؛ إذ أن مدة الإجهاد قد تملك أهمية أكبر من شدته وهذا يؤثر في أنواع معينة، وتغير من ديناميكية الأنواع في النظم البيئية، ومن هنا يأتي دور التظليل للتخفيف من حدة الجفاف في حال استمراره لفترة طويلة (Alexou، 2013).

وعندما تزداد درجة الإجهاد المائي عن حدود تحمل النبات فإنها تتعرض للإجهاد التأكسدي وهو من الأعراض الجانبية للإجهاد المائي، إذ يحدث زيادة في تكوين جذور الأكسجين الفعالة (Ros: Reactive oxidative species) (Mittler وآخرون، 2001). وإن شقائق الأوكسجين الفعالة من الممكن أن تعمل كإشارة ثانوية للإجهاد إذا تكونت بتركيز قليلة في الخلايا فتحفز النبات على مقاومة الإجهاد (Vranova وآخرون، 2002)، ولكن إذا فقد النبات السيطرة على تراكيز هذه الجذور بحيث تتراكم داخل الخلية بتركيز مرتفعة فإنها تعرض النبات للإجهاد التأكسدي الذي يؤدي إلى أضرار بالغة وتعمل على اضطراب العمليات الاستقلابية في النبات وتسبب الضرر بالليبيدات والبروتينات والأحماض النووية وبالأصبغة النباتية (Liu وآخرون، 2011). ويتم التغلب على هذه الجذور الحرة بواسطة مضادات الأكسدة كالأنزيمات التي تقوم بمعادلة الجذور الحرة في الخلايا والأنسجة النباتية (أبو جاد الله، 2010).

وقد طورت نباتات حوض المتوسط وسائل عديدة للتأقلم مع الجفاف لتغطية احتياجات النبات للنتح وذلك عن طريق امتداد الجذور بشكل أفقي أو عمودي (David وآخرون، 2007). و قد بين Lawlor

(2013) أن النباتات تختلف في استجابتها للإجهاد المائي، فالنباتات تلجأ إلى أحد أو كل الاستراتيجيات التالية وذلك حسب درجة تحملها فهي إما أن تتهرب من الجفاف و ذلك من خلال تقليص النشاط البيولوجي في النبات، أو تتجنب الجفاف وذلك من خلال التعديل الحولي إذ يراكم النبات المواد الذوابة في خلاياه كالكسكريات والأحماض الأمينية والتي تزيد من ضغط امتلاء الخلايا مما يزيد من قدرة الخلايا على امتصاص الماء (Abdalla و El-khoshiban، 2007)، أو تتحمل الجفاف إذ تستطيع النباتات المتحملة للجفاف أن تمنع ضرر الخلايا من خلال تكوين البروتينات الحامية التي تزيد من قدرة النبات على إنتاج البروتينات والأنزيمات ذات الصلة بتحمل الإجهاد مثل الأنزيمات المضادة للأكسدة.

رابعاً- تأثير الإجهاد المائي في المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية للأنواع الحراجية:

يُعدّ المجموع الخضري للنبات مقياساً لتقييم الجفاف والتنبؤ به (Cattivelli وآخرون، 2008)، إذ يقلل الإجهاد المائي بشكل أساسي من حجم المجموع الخضري، كما أن الاختلاف في سلوكية الأنواع النباتية واختلاف ردود فعلها تجاه الإجهاد المائي يعود أيضاً لاختلاف تراكيبها الوراثية (Jefferies، 1987).

كما يسبب الجفاف تثبيطاً للنمو والذي يؤدي إلى انخفاض في مرونة الجدار الخلوي و يسبب تدمير للهياكل الخلوية (Nonami و boyer، 1990). ووجد Dalla Costa وآخرون (1997) ارتباطاً بين انخفاض معدل التركيب الضوئي وعمليات الري المتبّعة، إذ حدث أعلى مستوى لعملية البناء الضوئي عند ري النباتات بشكل جيد.

ويعد الهطول المطري ورطوبة التربة من العوامل المحددة لعملية النتج لدى الأشجار في المناطق شبه الجافة. ويعد الصنوبر البروتي *P. brutia* من الأنواع المتطلبة للضوء و سريعة النمو ومقاوم للجفاف مع مجموع جذري عميق ما يسمح بتشكيل أنماط بيئية مقاومة للجفاف بإمكانها النمو في مناطق ذات هطول مطري منخفض بحدود 350 mm (Boydak، 2004).

دُرس تأثير الإجهاد المائي في أربعة أنواع من الصنوبر *P. pinea*، *P. canariensis*، *P.*، *P. halepensis* و *P. pinaster* لمعرفة مدى مرونتها في تحملها للجفاف في اسبانيا، فوجد أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض قيم الوزن الجاف للجذور والساق والأوراق إضافة إلى انخفاض قيم أقطار وأطوال البادرات في المعاملات المجعدة مقارنة مع المعاملات المروية (Chambel وآخرون، 2006).

كما انخفضت الناقلية المسامية (gs) لدى النوع *P. sylvestris* عند تعرضها للجفاف (Aguade وآخرون، 2015).

كما سبب العجز المائي انخفاضاً في الناقلية المسامية، الأمر الذي أدى إلى انخفاض النتج والتمثيل الضوئي في بادرات الصنوبر الحلبي *P. halepensis* ونوعي السنديان *Q. ilex*، *Q. coccifera*. ووجد انخفاض في المحتوى المائي في كل من الجذور والأوراق والساق في ظروف الإجهاد، كما انخفضت المساحة الورقية وارتفاع النبات، وطول الجذور، وقطر النبات، وحدث انخفاضاً حاداً في الكتلة الحية للنبات في البادرات المعرضة للإجهاد مقارنة بالبادرات المروية (Baquedano و Castillo، 2006).

ويتبع الصنوبر الحلبي استراتيجية الحفاظ على المياه (Tognetti وآخرون، 1997). والتي تمنع تضرر النبات وذلك بانغلاق المسام قبل حدوث التغير الكبير في المحتوى المائي للأوراق، ولذلك تنخفض الناقلية المسامية خلال موسم الصيف الجاف في منطقة حوض المتوسط، وبالتالي يؤدي إلى تثبيط تمثيل الكربون في النبات بشكل شبه كامل (Martinez – ferri وآخرون، 2000).

أجريت دراسة على بادرات الصنوبر الحلبي بعمر 3 أشهر وعمر سنة لمعرفة تأثير الإجهاد المائي الذي استمر خلال التجربة لمدة 39 يوماً، وقد أدى ذلك إلى انخفاض كل من التمثيل الضوئي والنتج، وامتلكت البادرات الصغيرة معدل انخفاض أكثر مقارنة بالبادرات الأكبر، ولوحظ وجود ارتباط بين التمثيل الضوئي والناقلية المسامية، وكان التبادل الغازي منخفضاً بسبب الإجهاد المائي ومرتافقاً مع زيادة كمية السكريات الذوابة في الأوراق، وكان هناك ارتباطاً سلبياً بين التمثيل الضوئي و كمية السكريات في النبات وبدا الأمر ملحوظاً أكثر مع زيادة شدة الإجهاد. ويعد الصنوبر الحلبي *P. halepensis* نوعاً رائداً في تحمله للجفاف، ولكن على الرغم من تحمله للجفاف إلا أنه وفي المراحل المبكرة من عمر النبات يشكل الإجهاد المائي خطراً كبيراً وجدياً على نموه (Alexou، 2013).

كما تمت دراسة تأثير الإجهاد في بادرات الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* بعمر 24 أسبوع وبعد أسبوع واحد من تطبيق الإجهاد، إذ أبدت البادرات تعديلاً حلوياً كاستجابة للإجهاد المائي، ولوحظ أن المحتوى المائي في النبات انخفض مع زيادة الإجهاد (Calamassi وآخرون، 2001). وانخفض النتج مع زيادة شدة الإجهاد المائي، كما انخفضت كمية السكريات المنحلة في كل من الساق والجذور، وذلك

في معاملة الإجهاد المائي الشديد لدى بادرات الصنوبر الحلبي بعمر سنة (Villar – Salvador وآخرون، 1999).

وبين شاهين (2017) أن بادرات الصنوبر الثمري بعمر 1 سنة لم تستطع البقاء على قيد الحياة في أشهر الصيف كنتيجة لانخفاض رطوبة التربة إلى 2.3 % ، بينما استطاعت الغراس بعمر 2 سنة البقاء على قيد الحياة بنسب 90، 93، 95% لكل من الغراس المزروعة في المناطق المكشوفة وتلك المزروعة بجوار الأشجار الكبيرة، وتحت الأشجار على التوالي، ولم تكن الفروق معنوية بينها. الأمر الذي يوحي بضرورة توفر ظروف مناخية مناسبة (رطوبة) لعامين متتاليين لكي يحدث التجدد الطبيعي في هذه الغابة وتفريد الأشجار.

أظهرت الدراسات أن أغلب أنواع البلوط في الشمال الأمريكي *Quercus sp.* تأقلمت مع الجفاف من خلال تجنبه أو تحمله أو من خلال الأمرين معاً، فهي تمتلك مجموعاً جذرياً متعمقاً وتمتلك أوراقاً سميكة، والبعض منها يملك مساماتٍ صغيرةً نسبياً، وهذه الخصائص تمكن النبات من استخدام المياه بكفاءة عالية، وبعض أنواع السنديان تظهر تجعد في الأوراق كما تتساقط الأوراق أثناء الجفاف (Abrams، 1990).

تمت دراسة تأثير الإجهاد المائي في بادرات *Q. branti* بعمر سنة، حيث تعرضت النباتات لمستويات من الإجهاد 40 % و 20 % من السعة الحقلية، بالإضافة إلى الشاهد 100 %، وأدى الإجهاد المائي الشديد إلى انخفاض كل من القطر والارتفاع والكتلة الحية والتمثيل الضوئي، والتبادل الغازي لدى البادرات، كما ارتفعت كمية السكريات المنحلة كاستجابة لظروف الإجهاد (Jafarnia وآخرون، 2017)

وتم تعريض بادرات النوع *Q. variabilis* بعمر 3 أشهر إلى 4 مستويات من الإجهاد الجفافي (80 و 60 و 40 و 20 %) من السعة الحقلية ولعدة فترات (30 ، 60 ، 90 و 120 يوماً) وحققت البادرات أفضل ارتفاع وقطر ومحتوى مائي للأوراق في المعاملة 80 %، وانخفضت قيم هذه المؤشرات مع زيادة شدة الإجهاد. ولوحظ زيادة قيم هذين المؤشرين مع استمرار فترة الجفاف؛ إذ حصل زيادة سريعة في الارتفاع والقطر في المعاملتين 80 % و 60 % ، بينما حدثت زيادةً بطيئةً وذلك بالمعاملة 40 % مع استمرار الجفاف، وأما في المعاملة 20 % فقد حصل ثبات في قيمة الارتفاع والقطر وذلك بعد 60 يوماً من تطبيق الإجهاد، ولوحظ أن محتوى الماء النسبي للأوراق كان مرتفعاً في المعاملتين 80 و 60 % من السعة الحقلية طول فترة الإجهاد مقارنة بالمعاملتين 40 و 20 %، واستمر في الانخفاض مع

استمرار الجفاف لـ 120 يوماً، ولكن الانخفاض كان حاداً عند زيادة شدة الإجهاد ومدته أي في المعاملتين 40 و 20 % وبعد 60 يوماً من تطبيقه، إذ يعد الماء النسبي دليلاً دقيقاً لمعرفة الحالة المائية للنبات، ويؤدي انخفاض قيمته في الجفاف الشديد إلى شيخوخة الأوراق. ازدادت قيم طول الجذور وقطرها في المعاملة 60 % مقارنة بالمعاملة 80 %، وانخفضت هذه القيم في المعاملتين 40 و 20 % بعد 120 يوماً من تطبيق الإجهاد، وارتفعت نسبة طول الجذر إلى ارتفاع النبات مع زيادة شدة الجفاف، وارتفع محتوى الكلورفيل الكلي في المعاملتين 80 و 60 % واستمر بالارتفاع مع استمرار الإجهاد بينما انخفض في المعاملتين 40 و 20 %، واستمر بالانخفاض مع استمرار الجفاف لـ 120 يوماً. وبعد انخفاض محتوى الكلورفيل والأصبغة الأخرى في النبات كنتيجة لبطء عمليات التمثيل في النبات أو بسبب سرعة عمليات الهدم، وهذا يعد من الأعراض المثالية لإجهاد الأكسدة. كما ازداد تراكم السكريات في المعاملات 60 ، 40 ، 20 % مقارنة بالمعاملة 80 % ولكن لوحظ انخفاض تراكم السكريات في المعاملة 40 % بعد 90 يوماً، وفي المعاملة 20 % بعد 60 يوماً، وهذا يشير إلى أن الجفاف لفترة طويلة يمكن أن يعرض النبات لحظر إجهاد الأكسدة، وبالتالي انخفاض تراكم السكريات، أما في المعاملتين 80 و 60 % فإن استمرار الجفاف أدى إلى زيادة تراكم السكريات في النبات، علماً أن استمرار الجفاف لـ 120 يوماً أدى إلى زيادة تراكم السكريات بصورة طفيفة في المعاملة 80 %، وبصورة ملحوظة في المعاملة 60 % (Wu وآخرون، 2013)

وأدى تعرض غراس *Q. ilex* للإجهاد المائي إلى انخفاض في جهد الماء في الخلايا، وحصول مستويات عالية من الانسداد بفقااعات الهواء (Embolism) في الخشب في ظروف الجفاف الشديد (Aguade وآخرون، 2015)، وانخفض معدل النتح في وحدة المساحة الورقية مع انخفاض مستوى الماء في التربة إلى 30 و 10 % في بادرات *Q. robur* (Welander و Ottosson ، 2000).

كذلك درس تأثير الإجهاد المائي في بادرات القطلب *A. unedo* بهدف معرفة مدى مرونة هذا النوع تجاه الإجهاد في ظل التغيرات المناخية، ومعرفة أكثر المواقع التي تمتاز فيها تجمعات القطلب بمرونة عالية ضمن سبع مناطق في العالم؛ إذ تم ري بادرات القطلب بعمر سنة وفق معاملتين: المعاملة الأولى السقاية كل يومين، والمعاملة الثانية السقاية كل 10 أيام. حيث لوحظ ارتفاع قيمة الكلورفيل في بادرات القطلب *A. unedo* في ظروف الإجهاد المائي، كما انخفض كل من التمثيل الضوئي والناقلية المسامية والنتح وانخفضت المؤشرات المورفولوجية كوزن الجذر ووزن الساق في ظروف الإجهاد. وبيّنت

الدراسة أنه وعلى الرغم من أن المناطق التي تم جمع بذار القطلب فيها كانت متباعدة عن بعضها جغرافياً وتختلف في ظروفها البيئية إلا أن النباتات أبدت مستويات متقاربة جداً من المرونة البيئية وإن نباتات القطلب على اختلاف مصادرها اتبعت السلوك نفسه في استجابتها للجفاف (Carral، 2015).

كما دُرِس تأثير الإجهاد المائي على 9 أنواع متوسطة من الصنوبر والقطلب والسنديان وتبين حدوث انخفاض في مؤشرات النمو، ومحتوى اليخضور، ومعدل التمثيل الضوئي في معاملة الإجهاد، وأبدت الأنواع *P. sylvestris* و *P. Pinaster* و *A. unedo* معدل مساحة ورقية مرتفع ونسبة (ساق / جذر) مرتفعة مقارنة بباقي الأنواع فكان لها قدرة على تحمل الجفاف بصورة أكبر من الأنواع الأخرى (Valladares و Sanchez-Gomez، 2006).

خامساً - دور تداخل تأثير كل من عاملي الإضاءة والإجهاد المائي في المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية للأنواع الحراجية:

بالمقابل أثبتت الدراسات وجود تداخل في تأثير العوامل البيئية، حيث إن عاملاً ما قد يظهر ويعزز أثر عامل آخر. وقد يعوض وجود عاملٍ النقص في عاملٍ آخر، إذ أن متطلبات نمو البادرات تشمل تفاعلاً معقداً بين الظروف البيئية.

ويفترض البعض أن الظل يفاقم تأثير الجفاف بسبب الاستجابة التي يقوم بها النبات بالظل من حيث طول الساق والمساحة الورقية على حساب نمو الجذور وبالتالي تناقص القدرة على امتصاص المياه (Smith و Huaton، 1989)، إذ وجدت بعض الدراسات أن التأثير الأكبر للإجهاد المائي كان ملحوظاً في النباتات المعرضة للظل (Valladares و Percy، 2002). إذ أن انخفاض قدرة البادرات على القيام بتطوير آليات فيزيولوجية لمقاومة الإجهاد المائي في الظل (مثل التعديل الحلولي أو التحكم بفقد المياه) سوف يهدد بقاء البادرات النامية في الظل الشديد، وفي ظروف محدودية المياه لفترة طويلة (Delperee وآخرون، 2003)، إذ أن تطوير الآليات الفيزيولوجية التي تساعد النبات على تخفيف متطلباته من الإضاءة و المياه من شأنها أن تؤدي دوراً مهماً في التأقلم البيئي تجاه الجفاف و الظل (Sack وآخرون، 2003)، ويوجد رأي آخر يقول أنه لا يوجد تداخل بين تأثير الظل وقلة المياه، وتأثير أحدهما مستقل عن الآخر (sack، 2004)، ويفترض البعض أن الجفاف سيزداد ضرره في الظروف المظلمة إلا أن محدودية الإضاءة في هذه الحالة يكون لها تأثير إيجابي في تحسين الحالة المائية للنبات

(Callaway, 1995)، كما يعدّ تخفيف تأثير الجفاف من خلال التظيل أمراً ملحوظاً في الغابات المتوسطة (Castro وآخرون 2004)، وفي الظروف المظلمة ينخفض التبخر - نتح وبالتالي يكون انخفاض رطوبة التربة أقل، وهذا يقلل من التأثير السلبي للجفاف (Maranon وآخرون، 2004).

تملك الإضاءة المناسبة أهمية كبيرة للنبات تختلف بين الأنواع تبعاً لتحملها للظل. وقد أجريت العديد من الدراسات حول تأقلم الشتول مع شروط الإضاءة المنخفضة كدراسة Bauer و Oberhuber (1991) التي أظهرت أنه في ظروف الإضاءة العالية المترافقة مع زيادة في الجفاف (إجهاد مائي للشتول) تنخفض كفاءة التمثيل الضوئي.

وفي دراسة تأثير التفاعل بين الفصول وشدة الإضاءة في الصنوبر *P. massoniana*، دُرِس تأثير أربع شدات ضوئية 100، 55، 33، 18 % تحاكي إلى حد ما الفجوات وقطع الأشجار في الغابة، وتبين أن معدلات النمو النسبي لمساحة الورقة والارتفاع أبدت تفاعلاً بين الفصل وبيئة الضوء، إذ كانت معدلات النمو النسبية أعلى في الصيف في البيئات المظلمة، وأعلى في الخريف في البيئات المعرضة للضوء. واستطاع الصنوبر أن يحقق نمواً بصورة خفيفة في الشتاء (Cornelissen، 1996).

وبينت دراسة Borja وآخرين (2014) أن نسبة بقاء بادرات الصنوبر الأسود *P. nigra* كان أعلى في السنوات الرطبة مترافقةً مع مستويات مرتفعة من الإضاءة مقارنة بالسنوات الجافة، وذلك بهدف معرفة العوامل المؤثرة في تراجع التجدد الطبيعي للصنوبر الأسود في جبال Cuenca في إسبانيا.

وفي دراسة Quero وآخرين (2006) لمعرفة تداخل تأثير ثلاثة مستويات من الإضاءة (3، 27، 100%) ضمن ظروف الإجهاد المائي والظروف المروية في بادرات السنديان *Q. suber*. وجد أن تأثير الجفاف في معدل التمثيل الضوئي في بادرات السنديان كان أقوى وذلك بوجود الإضاءة العالية. كما كانت قيمة المساحة الورقية مرتفعةً في الإضاءة المتوسطة (27%)، يليه الإضاءة المرتفعة (100%)، ومن ثم الإضاءة المنخفضة (3%)، وانخفضت قيمة المساحة الورقية في الظروف المجهدة في كل المعاملات الضوئية باستثناء المعاملة المتوسطة، فقد ارتفعت فيها قيمة المساحة الورقية وكانت أعلى قيمة لها في هذه المعاملة في الظروف المجهدة. وكانت قيمة معدل التمثيل الضوئي مرتفعة في الإضاءة المرتفعة، وتلتها الإضاءة المتوسطة، ومن ثم المنخفضة، وكانت الناقلية المسامية مرتفعة في الإضاءة المتوسطة، وتلتها الإضاءة المرتفعة، ومن ثم المنخفضة وذلك في الظروف المروية، إلا أنه

وفي الظروف المجهدة سجلت أعلى قيمة لمعدل التمثيل الضوئي والناقلية المسامية في الإضاءة المنخفضة، إذ انخفضت قيم هذين المؤشرين في الظروف المجهدة وكان الانخفاض حاداً في الإضاءة المرتفعة والمتوسطة.

ولدى تطبيق مستويين من الشدة الضوئية (2، 50%) في ظروف إجهاد مائي (50% من السعة الحقلية) وظروف مروية أيضاً على بادرات السنديان *Q. suber*، وكانت قيم الناقلية المسامية لبخار الماء والتمثيل الضوئي في المعاملة الضوئية 50 % أعلى منها في المعاملة 2%، وانخفضت قيم هذين المؤشرين في الظروف المجهدة وكانت هناك علاقة ارتباط بين الناقلية المسامية وقيم التمثيل الضوئي، ولم يكن هناك تأثير معنوي للجفاف في محتوى الكلورفيل في الأوراق بين البادرات المروية والمجهدة (Aranda وآخرون، 2005).

أظهرت دراسة Berman وآخرون (2011) العلاقة المعقدة بين الظل الناتج عن المظلة الغابية لأشجار الصنوبر وبادرات السنديان العادي النامية بصورة عفوية تحتها، وأوضحت أن وجود المظلة الغابية لها تأثير إيجابي في تخفيف الجفاف، ولكن الإضاءة كانت أكثر أهمية من أجل تطور النبات، فقد وجد أن وجود فجوات تسمح بنفاذ الإضاءة يقوي نمو بادرات السنديان العادي بسبب تعرضها للإشعاع الشمسي مقارنةً بالبادرات النامية تحت المظلة الغابية، والتي كان نموها أضعف أيضاً من نمو البادرات الموجودة في القطع التجريبية المظللة صناعياً وكان معدل التركيب الضوئي مرتفعاً في النباتات النامية تحت الفجوات والظل الصناعي.

وفي دراسة Sanchez – Gomez وآخرون (2006) التي ذكرت سابقاً، لمعرفة تأثير 4 مستويات من الشدة الضوئية في نمو ثمانية أنواع خشبية في فصل الصيف الجاف، وجد أن تأثير الجفاف في بقاء البادرات ومعدل النمو النسبي كان أعلى في الإضاءة المرتفعة مقارنة بالظل الشديد، وبالتالي كانت قيمة معدل النمو النسبي للأنواع المدروسة في المعاملة الضوئية 100 % ضمن الظروف المروية أعلى مقارنة بالظروف المجهدة ولكن هذا الأمر لم يلاحظ عند الشدة الضوئية 6 %، إذ يتم الحد من نمو النبات بشكل كبير بسبب محدودية الإضاءة، وبالتالي لم يلاحظ تأثير للإجهاد في هذه المعاملة الضوئية في معدل النمو النسبي. وكان تأثير الإجهاد المائي في بقاء البادرات أعلى في الشدة الضوئية 1 % مقارنة بالشدة 6 %، وكانت قيمة الكتلة الحية في القطب *A.unedo* عند الشدة الضوئية 6 % (1.08 غ)، بينما انخفضت إلى (1.03 غ) في ظروف الإجهاد المائي، كما بلغت قيمة الكتلة الحية عند الشدة

الضوئية 100 % (4.09 غ)، بينما انخفضت إلى (1.37 غ) في الظروف المجهدة. وبين Sperlich وآخرون (2015) أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض النمو النسبي للقطر في القطلب *A. unedo* و السنديان *Q. rebur* في المعاملة الضوئية 100%. كما أدى الإجهاد المائي الشديد إلى سرعة شيخوخة الأوراق في *A. unedo* و *Q. pubescen* ولوحظ أن تظليل الأوراق خفف التأثير السلبي للإجهاد.

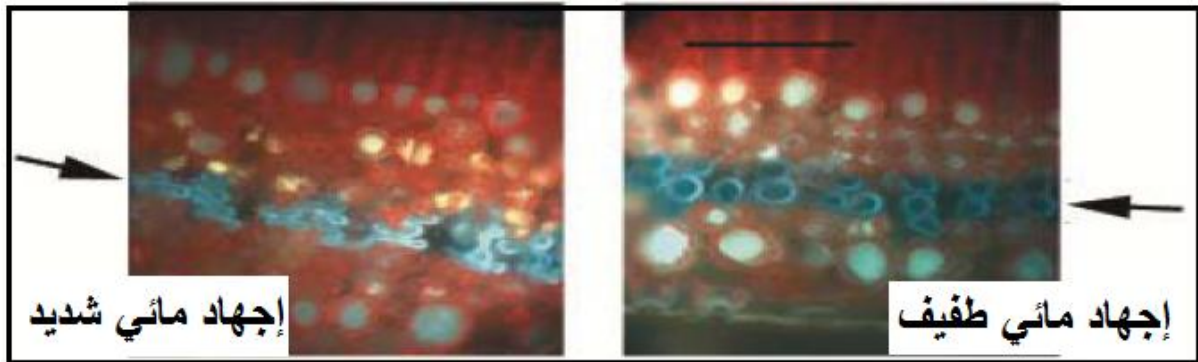
أجريت دراسة بهدف معرفة تأثير الجفاف الشديد في نمو ونسبة بقاء البادرات النامية في طبقة تحت الغابة في بنما، ومدى فعالية عملية الري، وماهي العوامل التي تتداخل مع عامل رطوبة التربة، فوجد أن تأثير الجفاف الشديد يزداد مع العوامل التي تقاوم محدودية رطوبة التربة، فقد أدت عمليات الري إلى زيادة نمو وبقاء بادرات نباتات طبقة تحت الغابة وذلك في القطع التجريبية التي تتوفر فيها الإضاءة أكثر منها في القطع التجريبية ذات الإضاءة المنخفضة، ما يدل على أن رطوبة التربة تصبح عاملاً محدداً لنمو النبات بشكل أكبر ما يمكن في حال ظروف الإضاءة المرتفعة، كما أوضحت الدراسة أن نمو البادرات في الفصل الجاف ازداد مع زيادة الإضاءة في معاملة الري المرتفع، بينما ازداد نمو البادرات في الفصل الرطب مع زيادة الإضاءة ولكن في معاملة الري المنخفض. وأنه في حالة الإضاءة المنخفضة لم يكن الفرق كبيراً في نسبة موت البادرات بين الموسم الجاف والرطب، بينما في حالة الإضاءة المرتفعة كانت نسبة موت البادرات في الموسم الجاف، أعلى من الرطب وخُلصت الدراسة إلى أن رطوبة التربة لاتعدّ عاملاً محدداً لنمو البادرات في البيئة المظلمة لطبقة تحت الغابة، بينما تصبح عاملاً محدداً لنمو النبات في ظروف الإضاءة المرتفعة (Bunker وآخرون، 2005).

أخيراً أظهرت نتائج Ibrahim (2006) في فرنسا جود اختلافات في مستوى الوظيفة المائية (الناقلية المسامية، النتج، ضياع الناقلية المائية والانسداد...) لغراس عدد من الأنواع الحراجية الأوروبية عريضة الأوراق والمرباة تحت شروط إضاءة مختلفة (أربعة مستويات من الإضاءة) والمطبق عليها جفاف اصطناعي في غرفة متحكم بها. وترجم ذلك من خلال ردود فعل مختلفة للأنواع المدروسة في المعاملات المختلفة تجاه ظروف الجفاف المطبقة.

سادساً- تأثير الشدة الضوئية والإجهاد المائي في كل من الأوعية الناقلة والتراكيدات

(القصبيات): ومن جهة أخرى تعمل الأوعية الخشبية كمر للماء من التربة إلى المجموع الخضري ومنه إلى الهواء، وعند انخفاض الجهد المائي للتربة وانغلاق الثغور يقل معدل سريان الماء في النبات، وهو ما يعبر عنه بالنفاذية الهيدروليكية (الناقلية المائية) للنبات، أثناء الإجهاد. ويزداد الضغط السالب (الناشئ

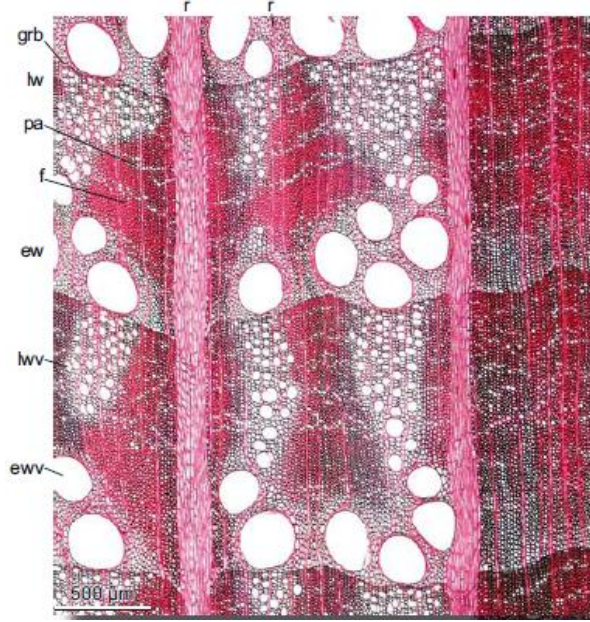
عن تبخر الماء من الورقة إلى الهواء) داخل الأنسجة الوعائية للخشب لدرجة قد تؤدي إلى تداعي جدرانها (أبو جاد الله، 2010). تتحدد الناقلية المائية في الخشب بتركيب وحجم الأوعية (Schultz و Matthews، 1993) وبكفاءة هذه الأوعية التي قد تتعرض للانسداد بسبب الإجهاد المائي (Lovisolo و Schubert، 1998). إذ يكون الماء ضمن الخشب عادة معرض للشد (tension) وهذا الشد يزداد في حال انخفاض رطوبة التربة أو زيادة معدل النتح. وإذا أصبحت قوة الشد كبيرة في عمود الماء فهذا سيؤدي إلى الانسداد (Embolism) أي دخول فقاعات الهواء وحدوث التجويف (Cavitation) أي انقطاع عمود الماء، مما يعرض القناة الناقلة إلى خلل وظيفي بشكل دائم أو مؤقت (Tyree و Dixon، 1983). وبالإضافة إلى الخلل الوظيفي ربما يؤدي الإجهاد المائي إلى خلل في تركيب الوعاء إذ تظهر تراكيدات (قصيبات) الخشب في المخروطيات أثناء الإجهاد المائي الطفيف مستديرة بينما تنفطح وتلتصق جدرانها في حالة الإجهاد الشديد وتستعيد القصيبات شكلها الطبيعي بعد أسبوع من زوال الإجهاد (الشكل 1). (أبو جاد الله، 2010)



الشكل 1. تأثير الإجهاد المائي في تركيب التراكيدات عند المخروطيات

تمتلك عاريات البذور (المخروطيات) التراكيدات فقط لنقل المياه ضمن الخشب، أما مغلفات البذور فهي تمتلك الأوعية والتراكيدات وتعتمد على الأوعية في نقل المياه (Doccia وآخرون، 2005). ويمتلك السنديان تشريحاً خشبياً يحتوي على الأوعية الحزمية (Ring Porous) ما يسمح بحركة سريعة للنسغ في أوعية الخشب الأولي (الخشب الربيعي) ذات القطر الكبير عندما تكون مياه التربة متوفرة، وتكون حركة النسغ بطيئة وذلك في أوعية الخشب النهائي (الخشب الصيفي) ذات القطر الصغير والتي تكون أكثر مقاومةً لحدوث انقطاع عمود الماء فيها (Cavitation) أثناء الإجهاد المائي (Abrams، 1990) (الشكل 2). ويمتلك القطلب أوعية من النوع المنتشر (Diffuse Porous) إذ تنتشر الأوعية دون تمييز

وجود حدود واضحة بين الخشب الأولي والنهائي، وتكون أوعية الخشب الأولي ذات قطر كبير مقارنة بأوعية الخشب النهائي في القطب (Copenheaver وآخرون، 2010). وتكون أوعية الخشب النهائي (خشب الصيف) أقل تكراراً (DeMicco وآخرون، 2016). (الشكل 3).



الشكل 2 تشريح خشب السنديان *Q. petraea* (Schweingruber وآخرون، 2006)

ewv: الوعاء الناقل في الخشب الأولي، lwv: الوعاء الناقل في الخشب النهائي، ew: الخشب الأولي، f: الألياف، pa: البرانشيم، lw: الخشب النهائي، grb: حدود حلقة النمو، r: الأشعة.

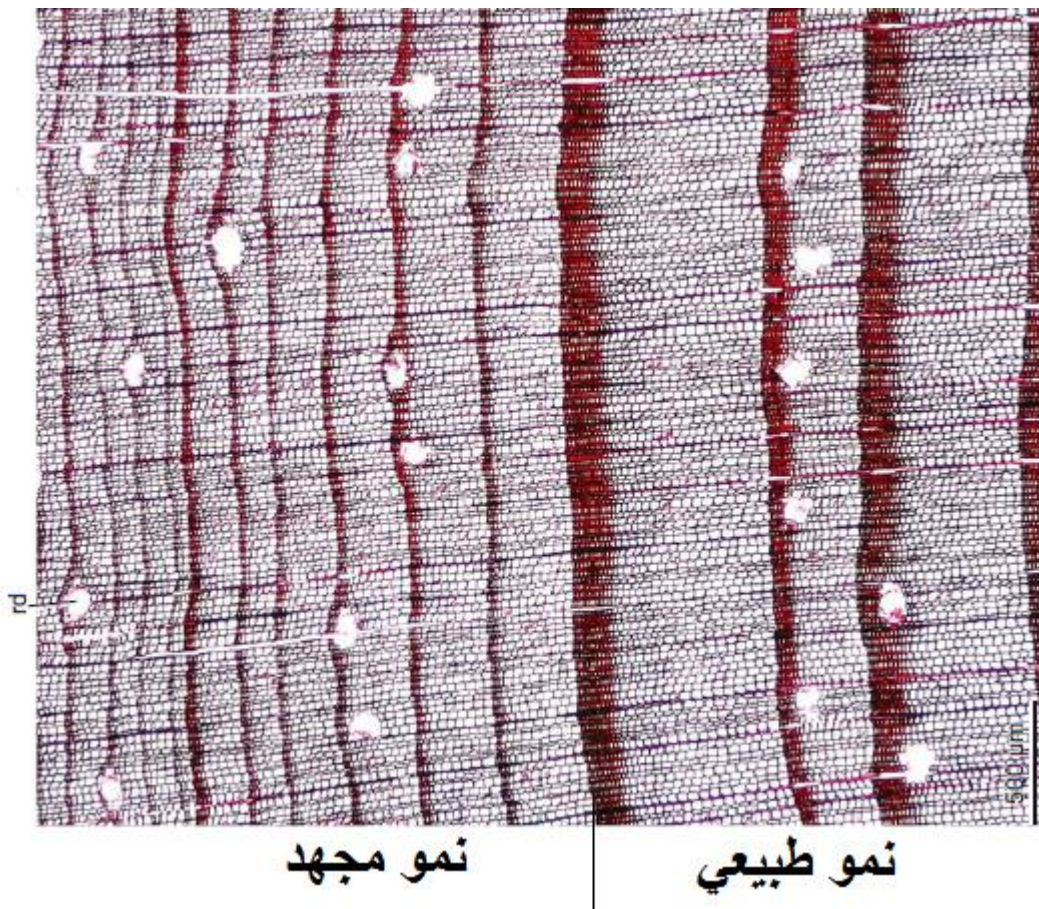


الشكل 3 تشريح خشب القطب *A. unedo* (Battipaglia وآخرون، 2010)

تتعرض الأوعية الناقلة كبيرة القطر إلى انقطاع عمود الماء فيها عند قوة شد منخفضة، وذلك يعود إلى أغشية النقر (Pits) التي تكون ذات نفاذية أكثر في الأوعية الكبيرة (Sperry و Tyree، 1990)، أو يعود إلى أن الأوعية الضيقة لها القدرة على تحمل الضغط السالب الناتج عن قوة شد المياه ضمن الوعاء

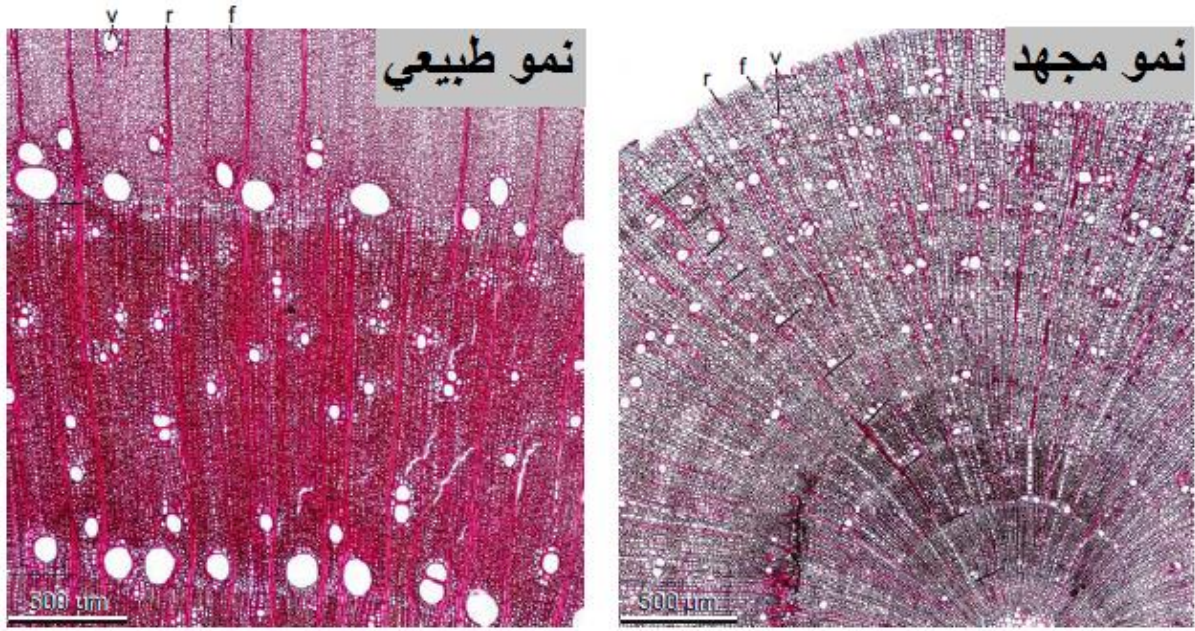
الناقل، وبالتالي فإن الأنواع ذات أوعية بقطر صغير تكون أكثر تحملاً للجفاف (Lovisolo و schubert، 1998). وعموماً يكون معدل نقل الماء داخل التراكيدات أبطأ منه في الأوعية الناقلة (vessels) بسبب صغر القطر لدى الأولى وكبره في الثانية (Docolal وآخرون، 2005).

أظهرت الدراسات أن نمو أشجار *P. sylvestris* ذات تاج صغير والتي تنافس أشجار *Fagus sylvatica*، أدى إلى تعرض أشجار *P. sylvestris* للإضاءة المنخفضة، مما أدى إلى تغير تشريحي على مستوى الخشب الناقل إذ تشكلت حلقات نمو ضيقة جداً في الخشب الصيفي المتأخر (الشكل 4) (Schweingruber وآخرون، 2006).



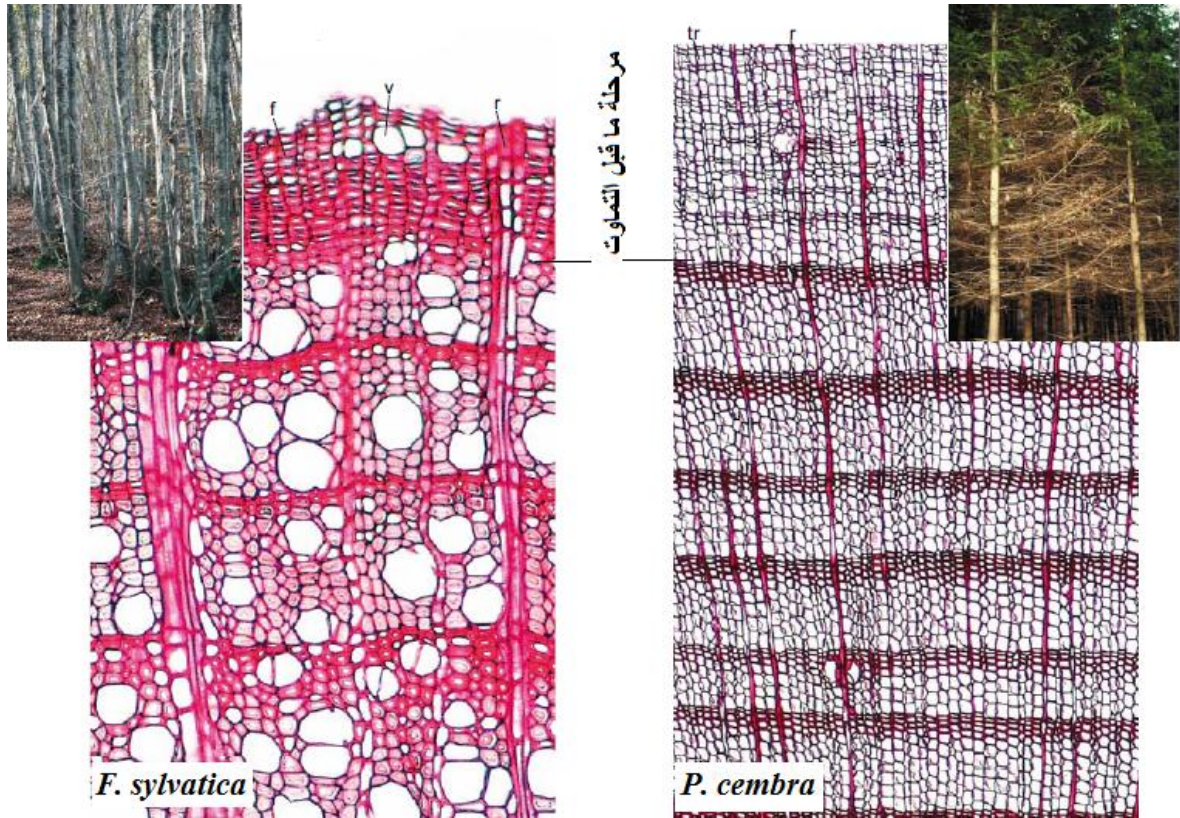
الشكل 4 تأثير الظل في نمو التراكيدات في النوع *P. sylvestris* . rd : قناة راتنجية

وفي ظروف الإضاءة العادية تشكلت حلقات نمو عريضة ذات أوعية كبيرة ضمن خشب الربيع (الأولي) لدى *Fraxinus excelsior*، بينما تغير تشريح الخشب تحت الظل الكثيف فكانت الأوعية قليلة وصغيرة القطر وموجودة ضمن النسيج البرانشيمي والألياف (الشكل 5).



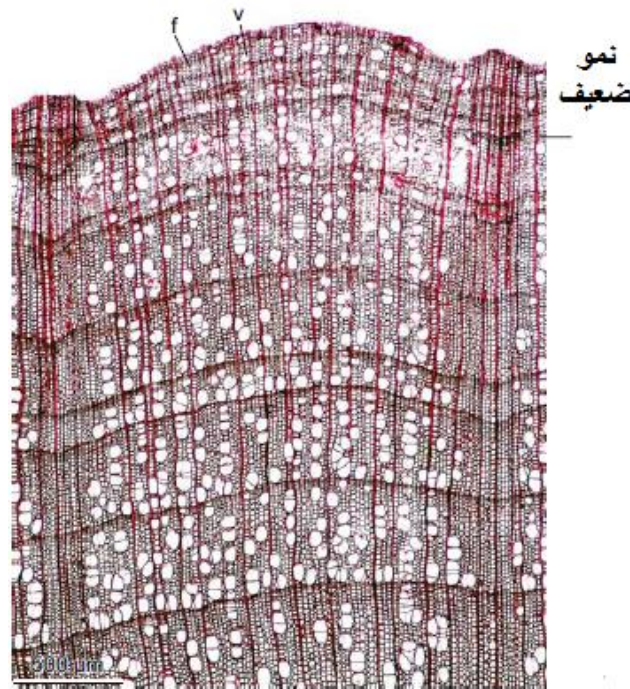
الشكل 5 تأثير انخفاض الاضاءة في خصائص تشريح الخشب في *F. excelsior*. r: الأشعة، f: الألياف، v: الوعاء الناقل

كما لوحظ لدى تماوت بعض الأفرع الناتج من الظل الشديد وحدوث تقليم ذاتي للأشجار فإن عدد الأوعية الناقلة يكون قليل جداً في *F. sylvatica* بينما تكون حلقات النمو ضيقة مع غياب الخشب النهائي لدى *P. cembra* (الشكل 6) (Schweingruber وآخرون، 2006). كما تؤثر بداية وشدة الجفاف في خصائص تشريح الخشب، إذ يؤدي نقص المياه إلى تشكيل حلقات نمو ضيقة ذات أوعية ناقلة صغيرة كما في *Alnus incana* (الشكل 7) (Schweingruber وآخرون، 2006).



الشكل 6 تأثير انخفاض الاضاءة الأفرع الجانبية للأشجار لنوعي *F. sylvatica* و *P. cembra*

tr: التراكيدات ، f: الألياف، v: الوعاء الناقل، r: الأشعة



الشكل 7 تأثير نقص المياه في الخصائص التشريحية لخشب *Alnus incana*

وفي دراسة لمعرفة أثر الإجهاد المائي في الخصائص التشريحية لخشب العنب *Vitis Vinifera* كان فقد الماء ضمن النبات عن طريق النتج منخفضاً في الظروف المجهدة؛ وانخفضت الناقلية المائية في الساق نتيجة انقطاع عمود الماء في الخشب بسبب الانسداد بفقاعات الهواء أو بسبب التعديلات التي تطرأ على حجم الوعاء الناقل؛ إذ انخفضت أقطار الأوعية الناقلة في النباتات المجهدة ما يفسر ضعف الناقلية المائية في الساق علماً أنه لم يحدث انسداد في الأوعية وذلك في ظروف الإجهاد الخفيف أما في ظروف الإجهاد الشديد فكان ضعف الناقلية المائية بسبب انسداد الأوعية الناقلة. وتراوح أقطار الأوعية بين 60 - 80 ميكرونًا وكانت أكبر من 80 μ موجودة في النباتات المروية (Lovisolo و Schubert 1998). وكان قطر الأوعية الناقلة لدى *zinnia elegans* أصغر في النباتات المجهدة ولم يلحظ اختلاف في عدد الأوعية بين الظروف المروية والمجهدة (Twumasi وآخرون، 2005)

أظهرت نتائج دراسات Ibrahim (2006) والتي نفذت في فرنسا على غراس عدد من الأنواع الحراجية الأوروبية عريضة الأوراق (بعمر 2 إلى 3 سنوات) والمزروعة تحت ظروف إضاءة مختلفة (100%، 45، 5.20) من الضوء الوارد وجود فروقات جوهرية بين الأنواع المدروسة، وكذلك بين المعاملات المختلفة. حيث لوحظ وجود تدرج في قيم ضياع الناقلية المائية (%) في مستوى الأغصان المدروسة، وأظهرت نباتات الظل قيم ضياع ناقلية كبيرة مقارنة مع نباتات الضوء، وأظهرت البتولا *Betula pendula* وهو نوع محب للإضاءة قيم ضياع ناقلية مرتفعة مقارنة بالأنواع الأخرى. أما فيما يتعلق بالجهاز الناقل للماء فقد لوحظ وجود تغيرات تشريحية فيما يتعلق بقطر الأوعية الناقلة، ومساحتها وكثافتها (عدد الأوعية الناقلة / وحدة المساحة)، وأظهرت النتائج أن النباتات المرباة في الظل تملك أوعية ناقلة صغيرة الأقطار، وقليلة الكثافة في وحدة المساحة مع ملاحظة أن السنديان بنوعيه (*Quercus petraea*، *Q. robur*) أظهر أوعية ناقلة أكبر وبكثافة أقل في وحدة المساحة مقارنة بالأنواع الأخرى.

وفي دراسة لمقارنة مقاومة الانسداد بين المصادر الوراثية للأنواع وجد (Lopez وآخرون، 2003) أن *P. canariensis* كان أكثر أنواع الصنوبريات التي تمتلك تبايناً وراثياً في مقاومة الانسداد. كما بين Klein وآخرون (2013) أن المصادر الوراثية لـ *P. halepensis* تختلف فيما بينها بالناقلية المائية ويعود هذا الاختلاف إلى التباين في تركيب الخشب، إذ يرتبط الأمر بالخصائص التشريحية للنقر (Pits) الموجودة على التراكييدات (حجم فتحات النقر وسماكة الأغشية المحيطية بها) (Hacke و

Jasen, 2009). إذ يؤدي الإجهاد المائي إلى انخفاض قدرة مقاومة عناصر الخشب، ولاسيما أغشية النقر لنفاذ الغازات خلاله (Sperry و Tyree ، 1988)، إذ تحتوي جدران الأوعية على النقر، وهي عبارة عن مناطق رقيقة تحوي جدرًا أولية، ولا تمتلك جدرًا ثانوية وتنتقل الغازات عبرها بشكل عرضي بين الخلايا (Docola وآخرون، 2005).

سابعاً - أهمية دراسة البيئة الذاتية للأنواع النباتية وأهمية الأنواع الحراجية المدروسة:

تشير الدراسات السابقة إلى أهمية دراسة البيئة الذاتية للأنواع النباتية في الغابات بشكل عام، إذ يُعدّ قطاع الغابات من القطاعات المهمة اقتصادياً في دول العالم التي تشغل أراضيها مساحات كبيرة من الأنواع، ولاسيما التجارية منها؛ كما أن للغابات في الدول التي تقع في نطاق المناطق الجافة وشبه الجافة ومنها سورية أهمية بيئية واجتماعية لا يستهان بها. وتعاني الغابات في كثير من المناطق من ضغوطات طبيعية واصطناعية نجم عنها تراجعاً ملحوظاً في مساحة الغابات وتركيب أنواعها، وديناميكية الغطاء النباتي فيها.

يتطلب وضع الحراج في سورية حماية الغابات الطبيعية بما تمثله من نظم بيئية وذخيرة وراثية متنوعة ذات قيمة بيئية واقتصادية عالية، كما يتطلب القيام بالعديد من الدراسات التي تتناول بيئة الأنواع الذاتية كي لا يحدث خسارة لهذه الأنواع إما بسبب التغيرات المناخية؛ إذ من الممكن أن تستجيب بعض الأنواع للتغيرات المناخية من خلال تراجع سيادة نوع معين في أحد المواقع وفرض سيطرته في موقع آخر أكثر ملاءمة من الناحية المناخية، وبالتالي يمكن أن تنتقل من طابق نباتي إلى آخر، وقد يحدث انقراض بعض الأنواع وفقدانها، وإما بسبب الممارسات البشرية الخاطئة تجاه الغابات، أو تعرضها للحرائق... .

تتميز الغابات السورية بشكل عام بغناها النوعي نظراً لتنوع المناخ، مما يسمح بانتشار الأنواع النباتية وتأقلمها مع البيئة المحيطة، إذ تتألف من الغابات المخروطية وعريضات الأوراق، ومنها ما ينتشر ضمن الطابق النباتي الحقيقي مثل السنديان العادي *Quercus caliprinos* ، والصنوبر البروتي *Pinus brutia* والقطلب *Arbutus andrachne* ومنها ما ينتشر ضمن الطابق المتوسطي العلوي كالسنديان البلوطي *Q. infectoria* ، ومنها ما ينتشر ضمن الطابق الجبلي مثل الشوح *Abies cilicica* والأرز *Cedrus libani*، ونظراً للانتشار الطبيعي لهذه الأنواع في سورية كان لابد من التركيز على

دراسة بيئتها الذاتية، ومعرفة تأثير العوامل البيئية في نموها وتجدها في أرض الغابة، وتأثير تغيرات العوامل البيئية في سيادة الأنواع وتركيبها.

استخدم مصطلح البيئة الذاتية (Autecology) للمرة الأولى من قبل عالم النبات النمساوي Haberlandt (1884) لتعريف ذاك الفرع من علم البيئة الذي يهتم بدراسة العلاقة بين نوع معين ووسطه المحيط، ويهتم بمعرفة مدى تأثير المتغيرات البيئية التي تسمح للنوع بالبقاء أو تسمح له بالوصول إلى أقصى درجة من التطور (Hutchinson وآخرون 1949) كما عرفها Delpech وآخرون (1985) بأنها فرع من علم البيئة الذي يدرس العلاقات بين المجتمعات أو الأفراد (باعتبارها معزولة) مع بيئتها. أو هو دراسة تأثير مجموعة من العوامل البيئية في نوع معين (Jongman وآخرون، 1995)، وأخيراً عرفها Bastien و Gauberville (2011) بأنها دراسة تأثير الوسط في الصفات الشكلية والمورفولوجية وفي سلوك نوع معين.

لقد أولت الحكومة في القطر العربي السوري أهمية كبيرةً لعمليات التحريج الاصطناعي منذ زمن طويل نسبياً، إذ تم تشجير مساحات واسعة بأنواع مختلفة على مدى عدة عقود، وقد انطلق مؤخراً عدداً لا بأس به من الدراسات لتقييم هذه العمليات سواء من ناحية إنتاجيتها أو من حيث تأثيراتها البيئية، حيث حاز التنوع الحيوي على الجزء الأكبر من هذه الدراسات.

تعدّ الغابات الصنوبرية من الأنظمة البيئية الأساسية في منطقة شرق المتوسط، وتضم العديد من الأنواع المتكيفة مع هذه المنطقة، ومنها ما يتواجد بصورة طبيعية ومنها ما تم التشجير به، ويعدّ الصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* في سورية من أبرز الأنواع المنتشرة على نطاق واسع بسبب مرونته البيئية العالية، إذ يتميز بكونه شجرة شرق أوسطية بامتياز (Tilev، 1977)، ويعد من الأنواع أليفة النور النموذجية، والتي لا تتحمل الغطاء، إذ أن بذوره تحتاج إلى نور كامل حتى تنمو بصورة جيدة وهو يتحمل البرودة، ويعيش على مختلف أنواع الأتربة وحتى الأراضي السطحية جداً الفقيرة والصخرية إلا أنه يخشى الأتربة الملحية والكتيمة ذات النفوذ الضعيفة، وينتمي إلى الطابق النباتي المتوسطي الحقيقي (نحال وآخرون، 1995). وهو يتواجد في مناطق تتلقى أمطاراً سنوية تتراوح بين 350 - 1200 مم مما أدى إلى تشكل أنماط بيئية متحملة للجفاف في المناطق الأكثر جفافاً (نحال، 1982)

تعدّ غابات الصنوبر البروتي مثلاً للغابات متعددة الوظائف (Panetsos, 1985)، فهي تقوم بوظيفة اقتصادية مهمة من خلال كونها المصدر الرئيس للخشب بأشكاله المختلفة وللعديد من المنتجات غير الخشبية (Fady وآخرون، 2003 ; Tolunay وآخرون، 2008).

من ناحية أخرى، فإن مرونة الصنوبر البروتي، من خلال قدرته على تحمل ظروف بيئية متنوعة سواء الظروف المناخية أو الأرضية، وقدرته العالية على التجدد الطبيعي جعلت منه نوعاً مهماً في التشجير الحراجي الاصطناعي في تلك المنطقة (Panetsos, 1986).

تشكل دراسة ومعرفة النبت الطبيعي في غابات الصنوبر البروتي في سورية وتحديد العوامل المؤثرة في تنوعه وتوزعه، الخطوة الأولى نحو إدارة هذا النبت بشكل فعال يسمح بالاستفادة المثلى من الخدمات المباشرة وغير المباشرة التي يقدمها لإدارة الغابات ولل سكان المحليين من جهة وللنظام البيئي من جهة أخرى، ويسمح في الوقت ذاته بالحفاظ على هذا النبت، ولاسيما المهدد منه، من خلال إدراجه كهدف أساس في خطط تنظيم وإدارة غابات الصنوبر البروتي في سورية والإسهام في تحويلها إلى إدارة مستدامة (Nahal و Zahoui, 2005).

بالمقابل يعد السنديان *Quercus sp.* من أكثر الأجناس غنىً في نصف الكرة الشمالي وهو يحتل مساحة واسعة في حوض المتوسط وقسم من أوروبا، ويضم من 300 إلى 500 نوعاً (Manos وآخرون، 1999) وتعد أنواعه سائدة في عديد من النظم البيئية (Axelord, 1983). ويتمثل جنس السنديان في سورية بثمانية أنواع ذات أوراق متساقطة وأخرى مستديمة الأوراق. ومن أهم أنواع هذا الجنس السنديان العادي *Quercus calliprinos* الذي يتواجد بصورة طبيعية في القسم الشرقي من منطقة البحر الأبيض المتوسط ومنه سورية، ويعد السنديان العادي من أكثر الأنواع انتشاراً في سورية (غزال، 1994). وهو من الأنواع البطيئة النمو، ويعيش على أنواع مختلفة من الترب حتى السطحية والفقيرة منها، كما أنه يقاوم البرودة، كما يُعد من المكونات الأساسية للطابق النباتي المتوسطي الحقيقي. (نحال وآخرون 1995).

أما القطلب *Arbutus andrachne* فهو نوع متوسطي شرقي يعيش طبيعياً داخل الغابات السنديانية والصنوبرية، وينتشر من منطقة البلقان وصولاً إلى منطقة حوض المتوسط (Davis, 1978)، وينتشر في الشرق الأوسط وجنوبي غربي آسيا، وهو متوسط التطلب للإضاءة، ويعد من الأنواع الواجب حمايتها

وذلك حسب القائمة الحمراء لجورجيا (Shakarishvili وآخرون، 2013)، وتعد ثماره صالحة للأكل (نحال وآخرون، 1995) ويعرف كشجيرة تزيينية، ويستخدم في إعادة التحريج لأنه من الأنواع التي تتجدد بسرعة بعد الحرائق، لذلك لابد من إعطائه الاهتمام اللازم (Bertsouklis و Papafoliou، 2010)

الفصل الثالث

مواد البحث وطرائقه

مكان تنفيذ البحث:

تم تنفيذ الجانب الحقل من الدراسة في مشتل زراعي خاص في منطقة شنشار التابعة لمدينة حمص (الشكل 8)، وتقع منطقة الدراسة ضمن الطابق البيومناخي نصف الجاف ذو الشتاء العذب، إذ يبلغ المعامل الرطوبي الحراري (Q) 44.34، يبلغ متوسط سرعة الرياح 3 م/ثا، والرياح السائدة هي الغربية والغربية الجنوبية الغربية. ويبلغ متوسط درجات الحرارة الدنيا لأبرد شهر في السنة (كانون الثاني) 2.68°م، وتبلغ الفترة الجافة 6 أشهر ونصف، وتتميز بمتوسط هطول سنوي قدره 390 ملم/سنة، ومتوسط درجة حرارة 17.12°م (المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2010). ويبين الشكل 9 مخطط غوسان المناخ لمحطة حمص.

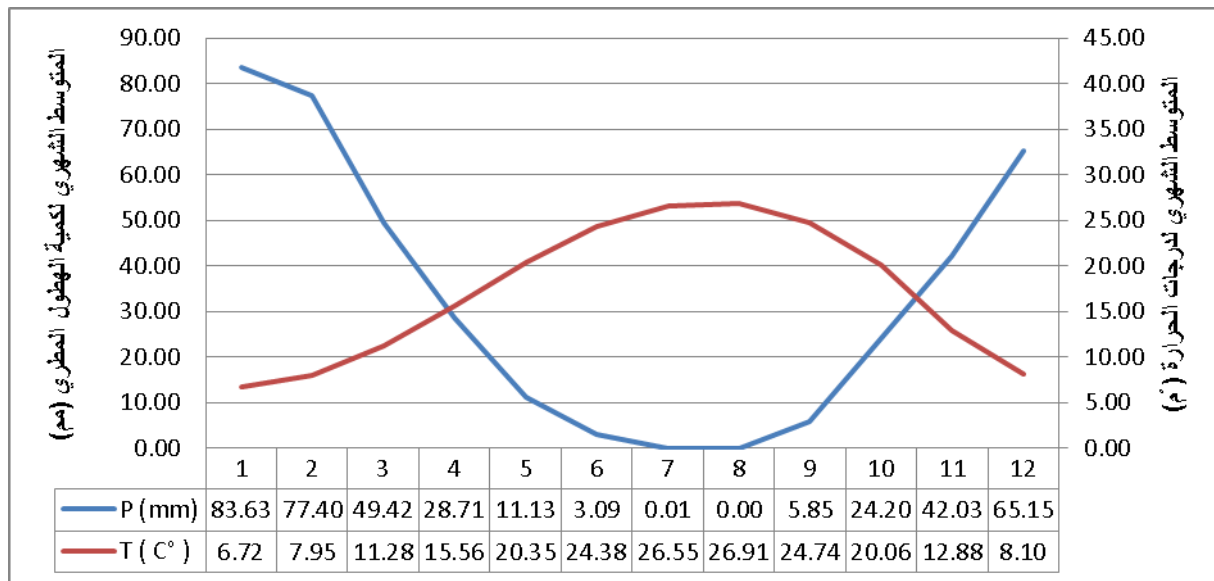
تتمتع المنطقة بطبوغرافية منبسطة، الصخرة الأم كلسية ترتبها بيضاء ينجم عنها كتل صخرية بأحجام مختلفة ناشئة عن أعمال التنقيب، لذلك يتم استجرار تربة حمراء قاتمة إلى حمراء بنية بعمق 25 إلى 30 سم من منطقة كفرعايا المجاورة، وذلك لتتم الزراعة فيها، وتُعد من أراضي السهول المرتفعة ذات قوام متوسط إلى ثقيل وعميقة تتميز بكونها تربة خفيفة القلوية غير مالحة، فقيرة بكميات الكالسيوم ومتوسطة المحتوى بالمادة العضوية، وغنية بالبوتاسيوم والفوسفور والآزوت. ويظهر الجدول 1. الموصفات الكيميائية لتربة المنقولة إلى موقع الدراسة (مديرية الموارد الطبيعية، 2010)، وبالمقابل فقد تم تنفيذ الأعمال المخبرية في مخابر كلية الزراعة وكلية العلوم في جامعة البعث.

الجدول 1. الخصائص الكيميائية لتربة موقع التجربة (تربة منقولة).

الموقع	العمق (سم)	pH	EC (مليموز/سم)	كربونات الكالسيوم الكلية (%)	المادة العضوية (%)	الفوسفور القابل للافادة (مغ/كغ)	البوتاسيوم الكلية (مغ/كغ)	الآزوت (مغ/كغ)
كفرعايا	25 - 30	7.7	0.4	2.3	3.7	29.9	193	32



الشكل 8 موقع منطقة الدراسة (شنشار) في محافظة حمص.



الشكل 9 مخطط غوسان المناخ لمحطة حمص.

مواد البحث:

المادة النباتية وتجهيز الغراس:

تم جمع بذور الأنواع المدروسة من أماكن انتشارها ضمن محافظة حمص وذلك كالتالي:

- الصنوبر البروتي: جُمعت من منطقة شنشار التي تقع 15 كم جنوبي حمص على طريق حمص دمشق الدولي (36 43' 28" E، 34 34' 49" N)، ترتفع 639م عن سطح البحر.
- السنديان العادي: جُمعت من منطقة قرب علي (36 17' 19" E، 34 49' 34" N) التابعة لمنطقة الناصرة التي تقع غربي حمص، وتتميز بمعدل هطول مطري قدره 929 ملم (مديرية الموارد الطبيعية، 2010). وترتفع 700م عن سطح البحر.
- القطلب: جُمعت من منطقة حرف الهوا- أكم- القصير (36 20' 40" E، 34 30' 54" N) الواقعة جنوب غربي حمص على الحدود اللبنانية، وتتميز بمعدل هطول مطري قدره 590 ملم (مديرية الموارد الطبيعية، 2010). وترتفع 1240م عن سطح البحر.

موعد الزراعة

- زُرعت بذور الصنوبر والسنديان في نهاية خريف 2015 بعد إجراء اختبار الطفو قبل زراعتها.

- زُرعت بذور القطلب في نهاية خريف 2015 بعد استخلاصها من الثمار، وتمت تنمية البادرات، إلا أن فشل بقاء بادرات القطلب في العام الأول للزراعة وقبل انتهاء الموسم الأول، الأمر الذي أدى إلى القيام بتأمين البذور من المنطقة المذكورة نفسها، وإعادة الزراعة في خريف عام 2016 ، وبعد الانبات تمّ بتعريض البادرات لأشعة الشمس بشكل بسيط بهدف القيام بعملية تقسية في المراحل الأولى فقط من النمو.

وتمت الزراعة للأنواع الثلاثة في أكياس بولي إيثيلين بقطر 10سم وارتفاع 25 سم تحوي خليطاً مشابهاً لخلطة المشاتل من التربة والسماذ البلدي ورمل المزار بنسبة (2:1:2)، (وزن موحد من الخلطة في الأصص كافة)، أجريت الاختبارات، وقيست المؤشرات على غراس بعمر سنة وستين بالنسبة للصنوبر والسنديان، وبعمر سنة للقطلب.

المعاملات المطبقة:

المعاملات الضوئية (تجهيز البيوت البلاستيكية):

تم انشاء أربعة بيوت بلاستيكية بأبعاد (15 م * 2 م * 1.5م) كل منها مخصص لمعاملة ضوئية، وذلك بهدف التحكم بالمعاملات المطلوب إجراؤها ودراسة تأثير هذه المعاملات في سلوك الغراس خلال مدة البحث. الشكل 10.

عامل الإضاءة: تم تطبيق دراسة تأثير عامل الإضاءة من خلال أربع معاملات (أربعة مستويات من الشدة الضوئية الواردة)، وذلك بتغطية كل بيت بلاستيكي بغطاء خاص مثقب يستخدم للتظليل يسمح بمرور نسبة محددة من الضوء الوارد (وهذه النسبة مقاسة أساساً من قبل الشركة المصنعة للغطاء) وذلك لحجب الإضاءة بنسبة معينة، وتسمح هذه الظلائل المثقبة بالحصول على مستويات مختلفة من الشدة الضوئية الواردة (الإشعاع الشمسي الواصل) موضحة في الجدول 2.

الجدول 2. معاملات الشدة الضوئية المطبقة في الدراسة (% من الضوء الوارد)

L1	100% شاهد	
L2	50%	شدة ضوئية متوسطة
L3	30%	شدة ضوئية منخفضة
L4	15%	شدة ضوئية منخفضة جداً

ويجب التنويه هنا أن هذه الظلائل تسمح بتغيير شدة الإضاءة دون التأثير في الخصائص النوعية للإشعاع الشمسي. تم إجراء القياسات المطلوبة لمعرفة تأثير اختلاف الشدة الضوئية في مؤشرات نمو الصنوبر والسنديان المختلفة في نهاية الموسم الأول، وفي نهاية الموسم الثاني بالنسبة للقطب نظراً لفشل بقاء بادراته بالكامل خلال الموسم الأول



الشكل 10 مراحل انشاء البيوت البلاستيكية وفق المعاملات الضوئية المدروسة

عامل الإجهاد المائي: تم تطبيق أربعة مستويات من الإجهاد المائي ضمن كل معاملة ضوئية وذلك باتباع المراحل التالية:

- تم تقدير رطوبة التربة بالطريقة الوزنية من خلال ري التربة حتى الإشباع، وتركها لفترة 24-48 ساعة حتى ترشح المياه، ثم تم أخذ عينات من هذه التربة ووزنت للحصول على الوزن الرطب للتربة، ثم جففت بفرن التجفيف على درجة حرارة 105°م حتى ثبات الوزن وتم حساب الرطوبة الوزنية المقابلة للسعة الحقلية من المعادلة الآتية (أبو نقطة، 2004):

$$\text{السعة الحقلية (\%)} = (\text{وزن التربة الرطبة} - \text{وزن التربة الجافة}) \div \text{وزن التربة الجافة} \times 100$$

وبلغت قيمة المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية 20.98%، و تم حساب المحتوى الرطوبي الكلي ضمن الخلطة عند السعة الحقلية 100 فكان 420 مل في كامل الأصيلص (وزنه 2000غ)، وشملت معاملة الإجهاد المائي (العجز المائي) المستويات التالية:

- 100% من السعة الحقلية (شاهد).

- 75 % من السعة الحقلية.

- 50 % من السعة الحقلية.

- 25 % من السعة الحقلية.

ولحساب كمية المياه الواجب اضافتها في كل رية تم تحديد رطوبة التربة الحالية باستخدام جهاز TDR (Time Domain Reflectometer) وهو جهاز يقيس المحتوى الرطوبي الحجمي في التربة (الشكل 11) لمعرفة كمية ماء الري الواجب إضافتها لرفع الرطوبة إلى الحد المطلوب عند كل مستوى من مستويات الإجهاد الأربعة وفق القوانين التالية: (الخضر وآخرون، 1996).

كمية الماء الواجب إضافتها في كل رية = الرطوبة عند مستوى الإجهاد المطلوب - الرطوبة الحالية.

كمية ماء الري عند المستوى (75%) من السعة الحقلية = كمية ماء الري عند السعة الحقلية × 0.75.

كمية ماء الري عند المستوى (50%) من السعة الحقلية = كمية ماء الري عند السعة الحقلية × 0.50.

كمية ماء الري عند المستوى (25%) من السعة الحقلية = كمية الري عند السعة الحقلية × 0.25.

وكانت كمية المياه الواجب إضافتها لرفع الرطوبة إلى الحد المطلوب عند كل مستوى من مستويات الإجهاد متغيرة وذلك حسب محتوى الرطوبة الحالية للتربة. (الجدول 3)، ويبين الجدول 4 رموز معاملات الإجهاد المطبقة ضمن المعاملات الضوئية

الجدول 3. كمية مياه الري الموافقة لكل نسبة إجهاد

رمز المعاملة	مستوى الإجهاد	صفة الإجهاد	كمية مياه الري الموافقة (مل/ كيس زراعة)
W1	25% من السعة الحقلية	إجهاد شديد	105
W2	50% من السعة الحقلية	إجهاد متوسط	210
W3	75% من السعة الحقلية	إجهاد منخفض	315
W4	100% من السعة الحقلية	شاهد	420

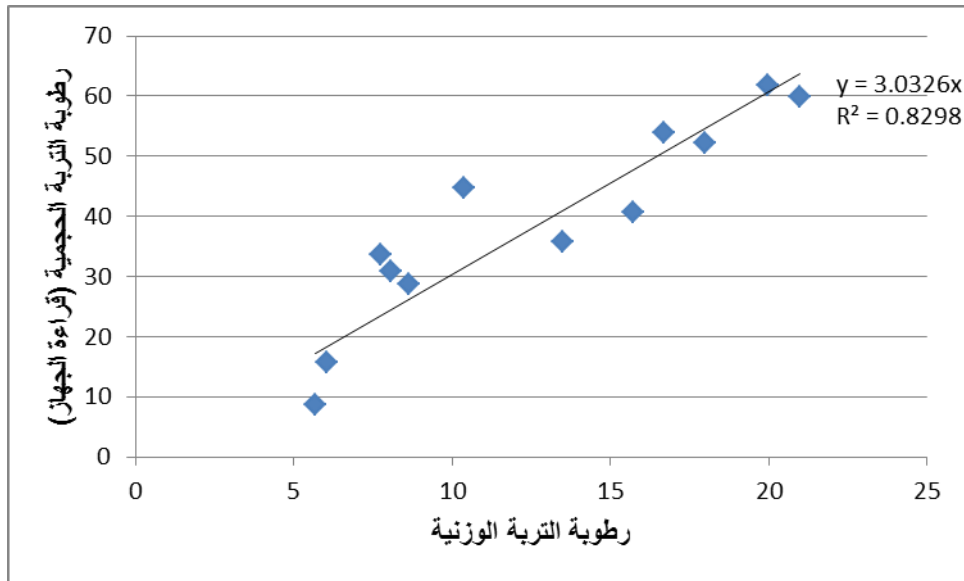
الجدول 4. رموز معاملات الإجهاد المطبقة ضمن المعاملات الضوئية

L1W1	الشدة الضوئية 100%، الإجهاد المائي 25%	L3W1	الشدة الضوئية 30%، الإجهاد المائي 25%
L1W2	الشدة الضوئية 100%، الإجهاد المائي 50%	L3W2	الشدة الضوئية 30%، الإجهاد المائي 50%
L1W3	الشدة الضوئية 100%، الإجهاد المائي 75%	L3W3	الشدة الضوئية 30%، الإجهاد المائي 75%
L1W4	الشدة الضوئية 100%، الإجهاد المائي 100%	L3W4	الشدة الضوئية 30%، الإجهاد المائي 100%
L2W1	الشدة الضوئية 50%، الإجهاد المائي 25%	L4W1	الشدة الضوئية 15%، الإجهاد المائي 25%
L2W2	الشدة الضوئية 50%، الإجهاد المائي 50%	L4W2	الشدة الضوئية 15%، الإجهاد المائي 50%
L2W3	الشدة الضوئية 50%، الإجهاد المائي 75%	L4W3	الشدة الضوئية 15%، الإجهاد المائي 75%
L2W4	الشدة الضوئية 50%، الإجهاد المائي 100%	L4W4	الشدة الضوئية 15%، الإجهاد المائي 100%

وتمت إجراء معايرة لجهاز TDR، إذ تم تحديد الرطوبة لعينات التربة بالطريقتين الوزنية والحجمية في الوقت نفسه، وهذه المعايرة خاصة بالخلطة المستخدمة بالتجربة، بحيث تم الحصول على علاقة تربط بين رطوبة التربة الحجمية (قراءة الجهاز) ورطوبة التربة الوزنية (الطريقة المخبرية). (الشكل 12)



الشكل 11. جهاز تقدير الرطوبة الحجمية (TDR)



الشكل 12. يوضح منحنى معايرة جهاز TDR

نفذت تجربة الإجهاد في 25 تموز وحتى 29 آب عام 2017 بالنسبة للصنوبر البروتي والسنديان العادي، أما بالنسبة للقطلب فقد نفذت تجربة الإجهاد المائي في شهر أيلول كون البادرات كانت صغيرة جداً في فصل الصيف، وحرصاً على عدم فقدانها مرة أخرى تم تأخير تنفيذ تجربة الإجهاد حتى شهر

أيلول واستمرت لـ 36 يوماً، وتمت السقاية الأولى لكل النباتات في اليوم 25 تموز للصنوبر والسنديان، و1 أيلول للقطلب، وذلك حسب نسب الإجهاد المائي المحددة، ثم تمت مراقبة رطوبة التربة باستخدام جهاز TDR في معاملة الإجهاد الشديد (25%)، وعند انخفاض قراءة الجهاز لـ 5 إلى 8% تمت السقاية الثانية (مع مراعاة كمية المياه الواجب إضافتها بالنسبة لمعاملات الإجهاد الأخرى)، علماً أن موعد ري النباتات كان موحداً ضمن المعاملة الضوئية الواحدة (ضمن البيت البلاستيكي الواحد)، ومختلفاً بين المعاملات الضوئية، وذلك تبعاً لمحتوى الرطوبة الحجمية في التربة في معاملة الإجهاد الشديد، أي تم اعتماد هذا المعيار لتحديد موعد السقاية في كل بيت بلاستيكي (معاملة ضوئية). إذ بلغ عدد مرات السقاية للصنوبر والسنديان خلال 36 يوماً 7 مرات في المعاملة الضوئية 100% و 50% بفارق 5 إلى 7 أيام و 3 إلى 7 أيام على التوالي، و 6 مرات في المعاملة الضوئية 30% بفارق 5 إلى 12 يوم، و 3 مرات فقط في المعاملة الضوئية 15% بفارق 12 يوماً بين الريات. وبلغت عدد مرات السقاية للقطلب 5 مرات في المعاملة الضوئية 100% و 50% بفارق 6-7 أيام، و 3 مرات في المعاملة الضوئية 30% بفارق 10 أيام، ومرتين فقط في المعاملة الضوئية 15%، ويعود سبب انخفاض عدد مرات السقاية في القطلب إلى صغر حجم النبات من جهة والشهر من السنة الذي نفذ فيه الإجهاد، إذ تنخفض فيه درجات الحرارة نسبياً مقارنة بالفترة التي نُفذت فيها التجربة على الصنوبر والسنديان

المكررات:

تمت الزراعة بواقع ثلاثة مكررات لكل نوع موزعة على أربعة بيوت بلاستيكية كما يلي:

$$4 \text{ (مستويات إضاءة) } * 4 \text{ (إجهاد) } * 3 \text{ (مكرر) } * 3 \text{ (نوع) } = 144 \text{ وحدة تجريبية.}$$

مواصفات الوحدة التجريبية: تتألف من 20 كيس زراعة بقطر 10 سم. ويبين الشكل 13. مخطط زراعة الأنواع الثلاثة في كل معاملة ضوئية، ومعاملات الإجهاد المطبقة. كما يبين الشكل 14. مخطط وتصميم التجربة.

معاملات الري	مكرر 1	مكرر 2	مكرر 3	مكرر 1	مكرر 2	مكرر 3	مكرر 1	مكرر 2	مكرر 3
%100									
%75									
ممر خنمة									
%50									
%25									
	الصنوبر البروتي <i>P. brutia</i>			السنديان العادي <i>Q. calliprinos</i>			القنطرب <i>A. andrachne</i>		

الشكل 13 مخطط زراعة الأنواع الثلاثة

%25																																																																																																																																																																																																																																																																
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

المؤشرات المدروسة:

أولاً- نسبة الانبات وسرعته وحسبت بتطبيق المعادلة:

$$1- \text{نسبة الانبات الحقلية}(\%) = (\text{عدد البذور النابتة} / \text{عدد البذور الكلية المزروعة}) \times 100$$

$$2- \text{سرعة الانبات (يوم/بذرة)} = NT / \sum N$$

حيث N عدد البذور النابتة في ترتيب اليوم T الذي نبتت به البذور (Harrington، 1962).

ثانياً- المؤشرات المورفولوجية: تم اجراء القياسات في نهاية الموسم الأول لدراسة تأثير الإضاءة في الصنوبر والسنديان، وفي نهاية الموسم الثاني لدراسة تأثير الإضاءة في القطلب، ولدراسة تأثير الإجهاد المائي على الأنواع المدروسة.

1- الصفات الشكلية: تمت دراسة بعض الصفات الشكلية الخاصة بأوراق الأنواع المدروسة في مختلف المعاملات من حيث اللون والوبر وتفرع الساق.

2- المساحة الورقية: تم حساب المساحة الورقية للأنواع النباتية من خلال أخذ ثلاث أوراق من ثلاثة نباتات لكل نوع ومعاملة كالتالي:

• المساحة الورقية لغراس الصنوبر (سم²): تم بحساب المساحة الورقية للأوراق الابرية للصنوبر حسب Gatherum وآخرين (1963).

$$\text{المحيط} = 2r + \left(\frac{2\pi r}{5}\right)$$

المساحة الورقية= المحيط * الطول

• المساحة الورقية لغراس السنديان والقطلب (سم²): وتم حسابها وفق معادلة Bueno و Athink (1981)

المساحة الورقية= طول الورقة * عرض الورقة * معامل التصحيح (معامل التصحيح: 0.66 للسنديان، 0.76 للقطلب، وتم حساب معامل التصحيح من نسبة المساحة الورقية الفعلية (والتي قيست باستخدام الورق المليمترى) إلى المساحة الورقية النظرية (عن طريق جداء طول الورقة بالعرض)

3- نسبة المساحة الورقية (سم².غ⁻¹) (LAR) Leaf Area Ratio :

تمثل النسبة ما بين المساحة الورقية إلى وزن النبات الجاف عند زمن معين. وتعطى بالمعادلة الرياضية الآتية: عن (حسن، 1995) .

$$LAR = \frac{L}{W}$$

حيث:

L : المساحة الورقية (سم²).

W: الوزن الجاف الكلي للنبات (غ).

وتحسب الزيادة في نسبة المساحة الورقية خلال فترة زمنية محددة وفق العلاقة الرياضية التالية:

$$LAR = \frac{(L_2 - L_1)(\log_e W_2 - \log_e W_1)}{(W_2 - W_1)(\log_e L_2 - \log_e L_1)}$$

حيث: L_1 و L_2 هما مساحة الأوراق، في بداية ونهاية فترة الاجهاد على الترتيب.

و W_1 و W_2 هما وزن النبات الجاف في بداية ونهاية فترة الاجهاد.

ويعبر عنها سم²/غ من المادة الجافة باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر

4- سماكة الورقة (مم): تم قياسها بواسطة جهاز البياكوليس الالكتروني. بمعدل ثلاثة قراءات لثلاثة

نباتات لكل نوع ومعاملة.

5- ارتفاع النبات (سم): تم قياس ارتفاع 15 نباتاً اختيرت عشوائياً من كل من الصنوبر

والسنديان، و6 نباتات من القطب عند كل معاملة ضوئية، أما تجربة الإجهاد فتم قياس ارتفاع

10 نباتات عشوائياً لكل من الصنوبر والسنديان و6 نباتات للقطب.

6- قطر الغراس (مم): تم قياس قطر 15 نباتاً اختيرت عشوائياً من كل من الصنوبر

والسنديان، و6 نباتات من القطب عند كل معاملة ضوئية، أما تجربة الإجهاد فتم قياس قطر

10 نباتات لكل من الصنوبر والسنديان، و6 نباتات للقطب، وذلك عند مستوى سطح التربة

باستخدام البياكوليس. (الشكل 15)



الشكل 15. قياس بعض مؤشرات النمو باستخدام البياكوليس الالكتروني

7- الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري والجذري والأوراق (غ): بعد انتهاء التجربة تم قطع النموات الهوائية، والجذور بمعدل 6 نباتات (المعاملات الضوئية) و 3 نباتات (معاملة الإجهاد المائي) ونقطيعها لأجزاء صغيرة، والأوراق بمعدل ورقتين كاملتين من كل نبات، وتم وزنها مباشرة بوساطة ميزان حساس، وسجل الوزن الرطب للنبات، ووضعت في أكياس من الورق في فرن مسخن بشكل مسبق على درجة حرارة 105°م مدة 48 ساعة لحين ثبات الوزن (الوزن الجاف الثابت).

8- معدل النمو النسبي للنبات (RGR) **Relative Growth Rate**: وهو مقدار الزيادة في الوزن الجاف لكل وحدة من الوزن الأصلي للنبات خلال وحدة الزمن، ويحسب وفق المعادلة الرياضية التالية (Fisher، 1921)

$$RGR = \frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{t_2 - t_1}$$

و W_1 و W_2 هما وزن النبات الجاف في بداية ونهاية التجربة

t_1 و t_2 فترة التجربة

ويعبر عن معدل النمو النسبي غ من المادة الجافة باليوم أو الأسبوع، أو الشهر

ثالثاً- المؤشرات الفيزيولوجية :

1- المحتوى المائي النسبي (RWC%) **Relative Water Content**:

يعد تقدير المحتوى المائي النسبي للأوراق واحداً من أكثر المؤشرات المستخدمة على نطاق واسع لتعريف النباتات الحساسة و / أو المتحملة للإجهاد المائي، وهو المحتوى المائي كنسبة مئوية للأنسجة النباتية مقارنةً بمحتواها المائي عند الامتلاء التام.

أخذت من قمة النبات في كل معاملة (3مكررات)، ورقتين كاملتي الاستطالة (Fully expanded leaves)، وقطعت إلى أجزاء صغيرة، وخلطت معاً، حتى تم الحصول على عينة متجانسة. أخذ منها 100 ملغ وزن رطب (W_f)، وتركت في طبق بتري يحوي ماءً مقطراً، مع مراعاة غمس الأجزاء بالماء. مدة ثلاث ساعات، ثم رفعت الأجزاء الورقية المشبعة من الماء، وجففت بلطف دون ضغط بورق نشاف، وسجل الوزن عند الانتباج (W_s) بالاستعانة بميزان كهربائي حساس. وضعت الأجزاء الورقية في أكياس ورق ضمن مجفف سخن مسبقاً على درجة حرارة 105°م وسجل بعدها الوزن الجاف الثابت (W_d) لكل عينة ويحسب من العلاقة (Barrs و Weatherley، 1962).

$$RWC\% = \frac{W_f - W_d}{W_s - W_d} \times 100$$

2- محتوى الماء المطلق (AWC%) :Absolute Water Content

ويحسب من العلاقة:

$$AWC\% = \frac{Wf - Wd}{Wd} \times 100$$

حيث Wf : الوزن الرطب للأوراق، Wd : الوزن الجاف للأوراق

3- الاستهلاك المائي للنبات : تم تقدير الاستهلاك اليومي للنبات من الماء عن طريق الوزن وذلك خلال أيام مشمسة ، حيث تم وزن النباتات الخاضعة للإجهاد عبر اختيار 3 نباتات / نوع / معاملة، وبمساعدة ميزان خاص يزن بدقة (1 غ) وتم الوزن أول مرة في وقت الظهيرة وبعد 24 ساعة تم الوزن مرة ثانية. مع ملاحظة استخدام أوراق من الكرتون المسلفن دائرية الشكل خاصة لتغطية تربة النباتات وذلك للحد من تبخر التربة.

4- تقدير كمية النتح Transpiration: تم تقدير النتح من النباتات. بعد ري النباتات بالمقننات المائية المطلوبة التي تحقق نسب الإجهاد المائي، وتم وزن 5 نباتات في كل معاملة، وبعد مضي ثلاث ساعات تمت إعادة الوزن مرة ثانية لمعرفة الانخفاض بالوزن الذي يمثل كمية المياه المفقودة بسبب النتح خلال ثلاث ساعات، مع ملاحظة استخدام أوراق من الكرتون المسلفن دائرية الشكل خاصة لتغطية تربة النباتات وذلك للحد من تبخر التربة. وتم حساب النتح (غ/سم²/ساعة) من المعادلة (الوهيبي والقريني، 2004).

$$T = W / (L * t)$$

W : النقص في الوزن خلال فترة التجربة (غ)

L : المساحة الورقية (سم²)

t : مدة التجربة (ساعة)

5- قياس محتوى الأوراق من اليخضور Leaves Chlorophyll Contents: وذلك باستخدام جهاز CCM-200 Chlorophyll Content Meter الذي يقيس كمية اليخضور الكلي (%). (الشكل 16)

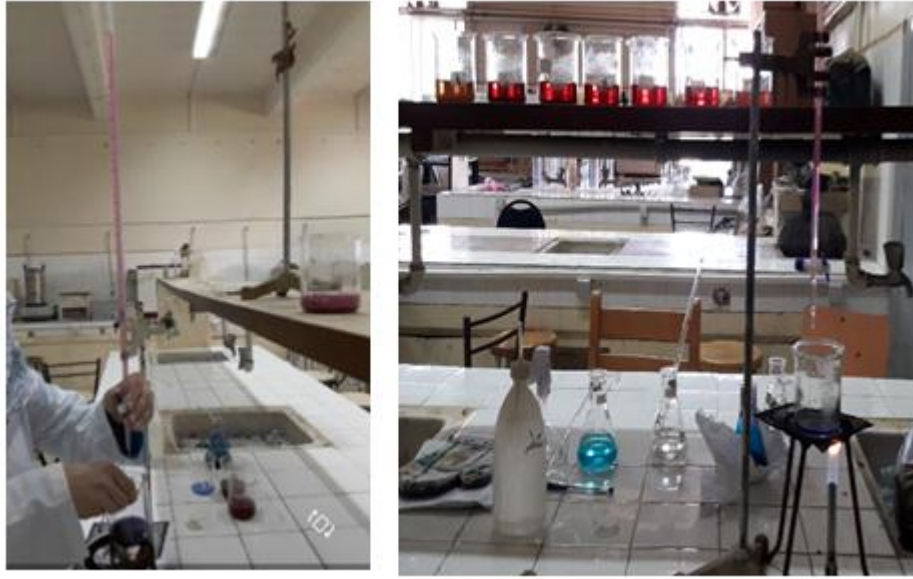


الشكل 16. جهاز CCM- 200 لتحديد محتوى اليخضور

6- تقدير محتوى السكريات الذوابة في الأوراق:

يؤخذ 5 غ من العينة الورقية الرطبة، وتسحق جيداً، ثم تتقل كميّاً بالماء المقطر إلى دورق سعة 100 مل، ويكمل الحجم حتى 100 مل بالماء المقطر. يحرك المزيج مدة 10 دقائق بالرجاج وترشح العينة بعد ذلك بوساطة قمع بوخزر. يؤخذ 50 مل من العينة ويوضع في دورق عياري سعة 100 مل، ويضاف كمية كافية من حمض كلور الماء (7 مل) وتترك مدة 24 ساعة. في اليوم التالي يضاف كاشف فينول فتالين ويعاير المحلول بماءات الصوديوم NaOH 20%، حتى ظهور اللون الوردي الخفيف، ويكمل الحجم حتى 100 مل بالماء المقطر.

وضع 5 مل من محلول فهلنغ A + 5 مل من محلول فهلنغ B في بيشر وأضيف له 5 مل محلول سكري قياسي، وتم التسخين على النار، وعند بدء الغليان أضيفت 3 قطرات من أزرق الميتيل وتمت المعايرة قرب اللهب، ثم بدأت الإضافة ببطء من المحلول السكري المستخلص من العينة والموضوع في السحاحة حتى زوال اللون الأزرق، وظهور اللون الأحمر (لون أوكسيد النحاسي) حيث تنتهي عملية المعايرة. وتم تسجيل الكمية المستهلكة من السكر المرجع القياسي. وتم حساب النسبة المئوية للسكريات الذوابة في العينة من خلال سلسلة من الحسابات المعتمدة لدى مركز البحوث العلمية الزراعية في محافظة حمص (الشكل 17)



الشكل 17. تحضير المستخلصات السكرية وتقدير السكريات الذوابة بطريقة فهلنغ

7- كفاءة أو معدل صافي التمثيل الضوئي (NAR) Net Assimilation Rate:

هو مقدار الزيادة في الوزن الجاف للنبات، في وحدة المساحة الورقية، والتي هي محصلة الفرق بين التمثيل الضوئي الإجمالي والتنفس. ويعبر صافي التمثيل الضوئي عن كفاءة النبات في زيادة الوزن الجاف من خلال زيادة كفاءة المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي، أي يعبر بشكل عام عن كفاءة النبات التمثيلية، وعادة ما يستعمل لتحليل استجابة نمو النبات للظروف البيئية السائدة. ويحسب وفق المعادلة الرياضية التالية (Gregory, 1917):

$$NAR = \frac{\Delta W}{L \times t}$$

$$NAR = \frac{(\log_e L_2 - \log_e L_1)(W_2 - W_1)}{(t_2 - t_1)(L_2 - L_1)} \quad \text{حيث:}$$

وتمثل L_2, L_1 : المساحة الورقية للنبات (m^2)، عند الزمنين t_2, t_1 (بداية ونهاية فترة الإجهاد) على التوالي.

W_2, W_1 : الوزن الجاف للأوراق (غ)، عند الزمنين t_2, t_1 (بداية ونهاية فترة الإجهاد) على التوالي. وكانت الفترة الزمنية 7 أشهر في المعاملات الضوئية (الموسم الأول)، و 36 يوماً في تجربة الإجهاد المائي. ويعبر عن كفاءة التمثيل الضوئي بـ غ/ m^2 من المساحة الورقية /اليوم، أو الأسبوع، أو الشهر. رابعاً- دراسة الخصائص التشريحية للجهاز الناقل للماء (Xylem): لدراسة تأثير الإجهاد المائي في الخصائص التشريحية للجهاز الناقل (التراكيدات والأوعية الخشبية) تم أخذ مقاطع عرضية من قاعدة

النبات بسماكات رقيقة جداً باستخدام شفرات حادة جداً، ثم تم دراسة هذه المقاطع باستخدام مجهر إلكتروني ماسح

(SEM، MEB) Scanning electron microscopy وعلى عدة تكبيرات، وبدون معاملة المقاطع بأي مواد كيميائية (الشكل 18) كما تم فحص العينات على المجهر الضوئي بعد تلوينها بطريقة التلوين المضاعف للتعرف على تشريح خشب الأنواع المدروسة.

تم تنفيذ نوعين من القياسات على هذه المقاطع المحضرة (2 مقطع / نوع / معاملة)، إذ تم اعتماد برنامج ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/index.html>) لتحليل صور المقاطع المأخوذة بالمجهر الإلكتروني وذلك من خلال:

- قياس أقطار التراكيدات في عينات الصنوبر والأوعية الناقلة الخشبية في عينات السنديان والقطلب، وتم اعتماد التكبير 200 بالنسبة لمقاطع الصنوبر والقطلب، والتكبير 100 لمقاطع السنديان نظراً لكبر الأوعية الناقلة نسبياً وسهولة تمييزها ضمن العينة.
- قياس كثافة التراكيدات والأوعية الناقلة أي عددها في وحدة المساحة، إذ تم تحديد عدد التراكيدات في الصنوبر والأوعية الناقلة الخشبية في القطلب في مساحة 0.36 مم²، نظراً لصغر العينات، وتم تحديد عدد الأوعية الناقلة الخشبية في السنديان في مساحة 1 مم². علماً أنه تم حساب عدد الأوعية ذات المساحة الأكبر من 8 مكرون مربع.



الشكل 18. دراسة المقاطع الخشبية باستخدام المجهر الإلكتروني والضوئي

التحليل الاحصائي:

وضعت التجربة وفق تصميم القطع العشوائية الكاملة، وهي تجربة عاملية، وتم تحليل النتائج وفق برنامج (SPSS 23 (Statistica Package for Social Sciences) إذ تم اختبار تحليل التباين الأحادي (One Way Anova) لتحديد معنوية الفروق، وتم اختبار تحليل التباين الثنائي (Two Way Anova) لبيان الأثر المشترك للعاملين المدروسين، كما تم حساب أقل فرق معنوي (Least Significant Difference) بين قيم المؤشرات المدروسة عند مستوى معنوية 0.05 و 0.01، وكما درست معاملات الارتباط بين المؤشرات المدروسة.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

أولاً- دراسة تأثير الشدة الضوئية في الإنبات والمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية:

1- تأثير الشدة الضوئية في نسبة الإنبات وسرعته: يبين الجدول 5 متوسطات قيم نسبة الإنبات (%)، وسرعته (يوم/بذرة) في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (1) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع الثلاثة المدروسة.

ففي الصنوبر تفوقت نسبة وسرعة الانبات لدى المعاملة L1 (55.67، 10.92) على التوالي، وبفرق معنوي مع باقي المعاملات تلتها المعاملة L2 (48.33، 16.51) دون فرق معنوي مع L3 وبفرق معنوي مع L4، وتلتها المعاملة L3 (43، 18.12) التي تفوقت بصورة معنوية على L4 (36.33، 23.4).

وفي السنديان سُجلت نسبة وسرعة الانبات الأعلى لدى المعاملة L1 (71.33، 16.56) على التوالي، وبفرق معنوي عن باقي المعاملات، تلتها المعاملة L2 (51.33، 27.47) وبفرق معنوي مع L3 و L4، ثم المعاملة L3 (44، 30.78) والتي تفوقت على المعاملة L4 (42.67، 32.38) دون فرق معنوي.

ولوحظ في القطلب تفوق نسبة الانبات في المعاملة L1 (76) التي تفوقت بصورة معنوية على L3، L4، تلتها المعاملة L2 (62)، والتي تفوقت بصورة غير معنوية على L3، L4، ثم L3 (46.66) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (44.66). أما بالنسبة لسرعة الانبات فقد تفوقت أيضاً المعاملة L1 (10.37) التي تفوقت على باقي المعاملات بصورة معنوية، ويليه المعاملة L2 (16.64) التي تفوقت بصورة معنوية على L4، ثم L3 (18.59) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (23.34).

وتتفق هذه النتائج مع نتائج كل من Ruano وآخرين (2009) و Zhang وآخرين (2012) و Castro وآخرين (2005) و Haeussler و Tappeiner (1992) و Yamashita وآخرين (2000) و Yong وآخرين (2011)

ويعود السبب في تفوق معاملة الشاهد إلى توفر درجات الحرارة المناسبة للإنبات؛ إذ إن للأشعة تحت الحمراء تأثيراً في الهرمونات التي تتحكم في الإنبات إضافةً إلى تأثيرها الحراري (Wassink and

(Stolwijk 1956). كما أن البذار وتحت شدات ضوئية محددة تستطيع أن تشكل الأنزيمات والأصبغة اللازمة للإنبات بسرعة أكثر، ومن بينها صبغة الفيتوكروم (Savitch وآخرون، 2000)، كما يتحكم في عملية استجابة إنبات البذور للضوء أصباغ حساسة للأشعة الحمراء (Daubenmire 1974)

الجدول 5. نسبة الانبات (%) وسرعته (يوم/بذرة) للأنواع المدروسة.

النوع	الشدة الضوئية المؤشرات	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.05}
الصنوبر البروتي	نسبة الانبات (%)	55.67 ^a	48.33 ^b	43 ^b	36.33 ^c	6.02
	سرعة الانبات (يوم/بذرة)	10.92 ^a	16.51 ^b	18.12 ^{bc}	23.4 ^d	1.76
السنديان العادي	نسبة الانبات (%)	71.33 ^a	51.33 ^b	44 ^c	42.67 ^{cd}	5.95
	سرعة الانبات (يوم/بذرة)	16.56 ^a	27.47 ^b	30.78 ^c	32.38 ^{cd}	1.98
القطلب	نسبة الانبات (%)	76 ^a	62 ^{ab}	46.66 ^b	44.66 ^b	22.17
	سرعة الانبات (يوم/بذرة)	10.37 ^a	16.64 ^b	18.59 ^{bc}	23.34 ^c	5.26

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

2- دراسة تأثير الشدة الضوئية في المؤشرات المورفولوجية:

2-1- تأثير الشدة الضوئية في الصفات الشكلية:

تباينت درجة لون الأوراق الابرية للصنوبر، إذ كان لون الأوراق أخضرًا في المعاملة الضوئية L1 (معاملة الشاهد) و L2 (الشدة الضوئية المتوسطة 50%)، ولكن أقل اخضراراً منه في الشدة الضوئية المنخفضة L3 (30%) والمنخفضة جداً L4 (15%) حيث كان اللون أخضر داكن، وكان ملمس الأوراق قاسياً سميكاً في معاملي الشاهد و L2 وكان أرق في المعاملة L3 ورقيقاً جداً في المعاملة L4. وكانت سوق الغراس ذات محور خشبي وذات تفرع جانبي كثيف في الشاهد وانخفض معدل التفرع

الجانبى فى المعاملتين L2, L3، بينما انخفض بشكل كبير (شبه معدوم) فى المعاملة L4، وازدادت نسبة التفرع فى السنة الثانية من عمر النبات فى المعاملات.

وفى السنديان كان نصل الورقة بسيطاً ومحاطاً بأشواك، وكانت حافة الورقة شوكية وقمة الورقة حادة مدببة شوكية وتوضعت الأوراق بشكل متبادل وكان لون الأوراق فى معاملة الشاهد وL2 (الشدة الضوئية المتوسطة 50%) أخضراً بينما تحول إلى الاخضر الداكن فى الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30 و 15%)، وكان ملمس الأوراق جليداً سميكاً فى معاملي الشاهد والشدة المتوسطة، بينما كان رقيقاً ناعماً فى الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30 و 15%)، ولاسيما فى L4 حيث الشدة الضوئية منخفضة جداً، وتباينت درجة تفرع الساق بين المعاملات الضوئية، فكان التفرع كثيفاً فى معاملة الشاهد و L2 (الشدة الضوئية المتوسطة 50%)، بينما كان متوسطاً فى المعاملة L3 (الشدة الضوئية المنخفضة 30%)، وخفيفاً فى المعاملة L4 (الشدة الضوئية المنخفضة جداً 15%)

وبالنسبة للقطب كان نصل الورقة بسيطاً ومغطى بأوبار كثيفة، ولاسيما فى المراحل الأولى من النمو وأطراف الأوراق مسننة تسنناً بسيطاً وتزداد درجة التسنين بالقرب من قمة الورقة، وتفاوتت الأوراق فى درجة اللون، إذ كان اللون أخضراً ويميل فى بعض الأحيان إلى الحمرة فى معاملة الشاهد وL2، بينما كان اللون أخضراً داكناً فى المعاملتين L3, L4، كما اختلفت الأوراق فى ملمسها حيث كان الملمس رقيقاً فى المعاملتين L3, L4 وأسمك قليلاً فى معاملي الشاهد وL2، أما بالنسبة لساق النباتات فكان الساق ذو محور خشبي بلون اخضر مائل للحمرة فى بعض الاحيان لدى معاملي الشاهد وL2، ولم تلاحظ تفرعات فى الساق فى المعاملات الضوئية الأربع فى نباتات القطب بعمر سنة.

2-2- تأثير الشدة الضوئية فى المساحة الورقية (سم²): تبين معطيات الجدول 6 متوسطات قيم المساحة الورقية للأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (2) وجود فروق معنوية بين المعاملات فى هذه الأنواع، ففي الصنوبر تفوقت المساحة الورقية فى المعاملة L2 (0.74) على باقى المعاملات وبصورة معنوية، ثم المعاملة L1 (0.55) وبشكل معنوي على L3 وL4، فى حين تفوقت L3 (0.37) وبصورة معنوية على L4 (0.11).

وفى السنديان لوحظ تفوق المعاملة L3 (8.13) على باقى المعاملات وبصورة معنوية تلتها المعاملة L4 (6.39) وبشكل معنوي على L1 وغير معنوي على المعاملة L2، كما تفوقت L2 (5.13) وبصورة معنوية على L1 (2.84).

وفي القُطب تفوقت المعاملة L3 (2.16) وبشكل معنوي على L1, L2، تلتها المعاملة L4 (1.93) التي تفوقت بشكل معنوي على L1, L2، ثم المعاملة L2 (1.49) التي تفوقت بشكل غير معنوي على L1 (1.35).

لوحظ أن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 و 15% سبب انخفاضاً معنوياً في متوسط المساحة الورقية في الصنوبر؛ ولكن استطاعت البادرات أن تحقق مساحة ورقية مرتفعة في المعاملات الضوئية المتوسطة والمرتفعة مع وجود علاقة ارتباط موجبة بين المساحة الورقية ومحتوى الماء النسبي ومحتوى الماء المطلق (0.66، 0.54) (الملحق 4) ما يفسر قدرة غراس الصنوبر على المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية ضمن الشدات الضوئية المتوسطة والمرتفعة.

بالمقابل فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 و 15% سبب زيادة في المساحة الورقية في السندبان والقُطب وهذا يتفق مع Guo وآخرين (2007)، إذ تصبح الورقة أضيق في الضوء وأوسع في الظل، والجدير بالذكر وجود علاقة ارتباط موجبة (ملحق 4) بين المساحة الورقية ومحتوى الماء النسبي ومحتوى الماء المطلق (0.65، 0.83) في السنديان، و (0.84، 0.56) في القُطب، هذا ما يفسر قدرة غراس السنديان والقُطب في المعاملات الضوئية المنخفضة على المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، وبالتالي لم تستطع الأوراق تحت ظروف الإضاءة الكاملة الاستطالة، إذ تراجع جهد الامتلاء (الماء النسبي والماء المطلق)، وازداد من عجز الإشباع المائي داخل الخلايا النباتية، مما يؤدي لتثبيط استطالة الخلايا النباتية لأن جهد الامتلاء يعد بمنزلة القوة الفيزيائية التي تدفع بجدر الخلايا النباتية على الاستطالة (López- Barrera وآخرون، 2006)، وهذا ما يفسر أن الغراس في المعاملات الضوئية المنخفضة حافظت على محتوى ماء نسبي ومطلق أعلى داخل خلايا النباتية، وبالتالي شكلت مساحة ورقية معنوياً أكبر، أما في المعاملات الأخرى كان ميزان العلاقات المائية خاسراً، بحيث لم تتمكن من المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، وفي المحافظة على استطالة الأوراق تحت ظروف الإجهاد الضوئي.

2-3- تأثير الشدة الضوئية في سماكة الورقة (مم): تبين بيانات الجدول 6 قيم متوسطات سماكة الأوراق في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (3) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، ففي الصنوبر، فقد تفوقت سماكة أوراق في المعاملة L1 (0.7) وبشكل معنوي على L3 و L4 وبشكل غير معنوي على L2 (0.65)، تلاها L2 التي تفوقت بدورها على L4 وعلى L3 بشكل معنوي، ثم L3 (0.5) التي تفوقت بصورة معنوية على L4 (0.27) وفي السنديان تفوقت المعاملة L1 (0.552) وبشكل معنوي على L3 و L4 وبشكل غير معنوي على L2، كما تفوقت L2 (0.537) على L4 بشكل معنوي وعلى L3 بشكل غير معنوي، تلتها L3 (0.512) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (0.495)

وفي القطب لوحظ تفوق المعاملة L1 (0.3) وبشكل معنوي على L3 و L4، تلتها المعاملة L2 (0.27) التي تفوقت بشكل معنوي على L3 و L4، ثم المعاملة L3 (0.24) التي تفوقت بشكل غير معنوي على L4 (0.22)

تتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه Sprugel وآخرون (1996) الذين بينوا أن سماكة الأوراق الابرية المعرضة للإضاءة لدى نوع الشوح *Abies amabilis* كانت أعلى بمقدار 2.5 مرة مقارنة بالأوراق الابرية المظللة. كما يتوافق مع ما أشار إليه Long وآخرون (1994) إلى أن الأوراق تكون أكثر ثخناً في الأنواع المحبة للضوء، وبين Poorter و Oberbauer (1993) أن سماكة الورقة ازدادت مع زيادة الضوء الوارد. إذ ينقسم النسيج الوسطي في الورقة إلى نسيج حباكي Tissu palissadique وآخر فراغي (اسفنجي) Tissu spongieux ويختلفان عن بعضهما في ترتيب الحبيبات الخضراء (الكلوروبلاست) الحاوية على اليخضور. وتزداد كمية النسيج الحباكي في الأوراق المعرضة للضوء والتي تكون أكثر سمكاً، بينما تزداد كمية النسيج الفراغي في الأوراق المظللة والتي تكون عادةً أرق (نحال، 2002).

الجدول 6. تأثير الشدة الضوئية في المساحة الورقية (سم²) وسماكة الورقة (مم).

النوع	المعاملات / المؤشرات	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.05}
الصنوبر	المساحة الورقية	0.55 ^b	0.74 ^a	0.37 ^c	0.11 ^d	0.08
	سماكة الورقة	0.7 ^a	0.65 ^a	0.5 ^b	0.27 ^c	0.06
السنديان	المساحة الورقية	2.84 ^d	5.13 ^{bc}	8.13 ^a	6.39 ^b	1.29
	سماكة الورقة	0.552 ^a	0.537 ^{ab}	0.512 ^{bc}	0.495 ^{cd}	0.034
القطب	المساحة الورقية	1.35 ^{bc}	1.49 ^b	2.16 ^a	1.93 ^a	0.42
	سماكة الورقة	0.30 ^a	0.27 ^a	0.24 ^b	0.22 ^{bc}	0.036

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

2-4- تأثير الشدة الضوئية في ارتفاع النبات (سم): تبين بيانات الجدول 7 قيم متوسطات ارتفاع النباتات في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (4) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، إذ سُجل الارتفاع الأعلى لغراس الصنوبر لدى المعاملة L2 (31.29) على باقي المعاملات وبفارق معنوي، تلتها المعاملة L3 (25.82) التي تفوقت وبصورة معنوية على المعاملتين L1 و L4، وتلتها المعاملة L4 (21.05) والتي تفوقت بدورها بصورة غير معنوية على معاملة الشاهد L1 (20.94) .

وفي السنديان تفوق ارتفاع الغراس لدى المعاملة L3 (54.35) على باقي المعاملات وبفارق معنوي تلتها المعاملة L2 (45.47) التي تفوقت وبصورة معنوية على المعاملتين L1 و L4 وتلتها المعاملة L4 (38.47) والتي تفوقت بدورها بصورة معنوية على معاملة الشاهد L1 (27.94).

وفي القطلب لوحظ تفوق المعاملة الضوئية L4 (11.43) على باقي المعاملات وبصورة معنوية يليه المعاملة الضوئية L3 (8.28) وبصورة معنوية على L1, L2، ويليه لوحظ تفوق المعاملة L2 (6.3) بصورة غير معنوية على L1 (5.73)

وعموماً يؤدي انخفاض الشدة الضوئية إلى تقليل انخفاض الجهد المائي في التربة مما يزيد من كفاءة النبات في امتصاص الماء فتحافظ الخلايا النباتية على جهد امتلاء جيد مما يساعد على انقسام واستطالة خلايا أنسجة الساق النباتية، وهذا ما يفسر الازدياد الحاصل في ارتفاع النبات، ويؤكد كفاءة الصنوبر عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% و 30% علاقة الارتباط الموجبة بين نسبة الماء النسبي، والماء المطلق، وارتفاع النبات (0.95 ، 0.90)، وعلاقة الارتباط الموجبة بين ارتفاع النبات والوزن الجاف (0.62) ، ويؤكد كفاءة السنديان عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% علاقة الارتباط الموجبة بين نسبة الماء النسبي والماء المطلق ، وارتفاع النبات (0.93 ، 0.99)، وعلاقة الارتباط الموجبة بين ارتفاع النبات والوزن الجاف (0.53) (ملحق 4) أي أن ارتفاع النبات له صلة وثيقة بالكتلة الحية للنبات، وهذا يتفق مع نتائج Poorter و Oberbauer (1993)، كما يتوافق مع نتائج Khan وآخرين (2000) و Yong وآخرين (2011) الذين وجدوا أن انخفاض الشدة الضوئية أدى إلى زيادة ارتفاع الساق في النوعين *P. ponderosa* و *Q. Liaotungensis*. كما ويؤكد كفاءة القطلب عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 15% وجود علاقة ارتباط موجبة بين ارتفاع النبات ومحتوى المائي النسبي والمطلق (0.92 ، 0.98) (ملحق 4)

2-5- تأثير الشدة الضوئية في قطر الغراس (مم): تبين بيانات الجدول 7 قيم متوسطات أقطار النباتات في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (5) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، فقد تفوق قطر الغراس في الصنوبر لدى المعاملة L1 (5.69) على L2 وبفرق غير معنوي وعلى L3 و L4 بفرق معنوي، تلتها المعاملة L2 (5.66) التي تفوقت وبصورة معنوية على المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (4.59) والتي تفوقت بدورها بصورة معنوية على معاملة L4 (2.76). وازدادت نسبة (القطر/الارتفاع) مع زيادة الشدة الضوئية فبلغت 0.13 في المعاملة الضوئية 15%، بينما ارتفعت إلى 0.27 في معاملة الشاهد.

وفي السنديان تفوق قطر الغراس لدى المعاملة L1 (6.8) على باقي المعاملات وبفرق معنوي تلتها المعاملة L2 (5.55) التي تفوقت وبصورة معنوية على المعاملتين L3 و L4، وتلتها المعاملة L3 (4.45) والتي تفوقت بدورها بصورة معنوية على معاملة L4 (3.66). وازدادت نسبة (القطر/الارتفاع) مع زيادة الشدة الضوئية فبلغت 0.09 في المعاملة الضوئية 15%، بينما ارتفعت إلى 0.24 في معاملة الشاهد.

وفي القطلب تفوق متوسط القطر في المعاملة الضوئية L1 (1.12) بصورة غير معنوية على المعاملة L2 وبصورة معنوية على المعاملتين L3 و L4، وتلتها المعاملة L2 (1.05) التي تفوقت بصورة معنوية على المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (0.91) التي تفوقت بصورة معنوية على المعاملة L4 (0.89)، وازدادت نسبة (القطر / الارتفاع) مع زيادة الشدة الضوئية فبلغت (0.07) في المعاملة الضوئية 15% بينما ارتفعت إلى (0.19) في معاملة الشاهد

يعد قطر الساق من الصفات الوراثية التي تتأثر بالبيئة بشكل كبير وذات قوة توريث ضعيفة، وهذا ما يشير إلى مرونة لدى النوع في الطابع الظاهري تحت تأثير عوامل الوسط (Franklin و Dyrness ، 1973)، وهذا يتوافق مع نتائج Barnett (1989) و Broncano وآخرين (1998) و Ruano وآخرين (2009) و Aussenac وآخرين (1975) الذين وجدوا أن زيادة الشدة الضوئية أدت إلى انخفاض نسبة الارتفاع إلى القطر.

الجدول 7. تأثير الشدة الضوئية في ارتفاع (سم) وأقطار النباتات (مم).

النوع	المعاملات / المؤشرات	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.05}
الصنوبر	ارتفاع الغراس	20.94 ^{cd}	31.29 ^a	25.82 ^b	21.05 ^c	3.44
	قطر الغراس	5.69 ^a	5.66 ^a	4.59 ^b	2.76 ^c	0.89
السنديان	ارتفاع الغراس	27.94 ^d	45.47 ^b	54.35 ^a	38.47 ^c	6.28
	قطر الغراس	6.8 ^a	5.55 ^b	4.45 ^c	3.66 ^d	0.45
القطلب	ارتفاع الغراس	5.73 ^c	6.3 ^c	8.28 ^b	11.43 ^a	1.27
	قطر الغراس	1.12 ^a	1.05 ^a	0.91 ^b	0.89 ^c	0.1

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

2-6- تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي (غ): تبين بيانات الجدول 8 قيم متوسطات الوزن الرطب للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (6) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، فقد تفوق متوسط الوزن الرطب الهوائي لغراس الصنوبر في المعاملة L2 (11.64) وبفرق معنوي على باقي المعاملات تلتها المعاملة L1 (10.16) وبفرق معنوي مع المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (7.15) التي تفوقت وبفرق معنوي على L4 (5.69). وفي السنديان لوحظ تفوق متوسط الوزن الرطب الهوائي لغراس المعاملة L2 (10.84) وبفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L3 (8.13) وبفرق معنوي مع المعاملتين L1 و L4، ثم المعاملة L1 (5.32) التي تفوقت على L4 (4.24) دون فرق معنوي وفي القطلب تفوقت المعاملة L3 (3.75) بصورة معنوية على جميع المعاملات، وتلتها المعاملة L4 (2.93) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1, L2 و يليه المعاملة L2 (2.38) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1 (2.36).

إن انخفاض الشدة الضوئية بمعدل 50% أدى إلى زيادة في الوزن الرطب في الصنوبر والسنديان، بينما انخفاض الشدة الضوئية بمعدل إلى 30% و 15% أدى إلى زيادة في الوزن الرطب في القطلب، على

ضوء ما تقدم تؤكد النتائج كفاءة الأنواع في المحافظة على جهد امتلاء داخل الخلايا النباتية، ومن ثم المحافظة على استمرار استطالة الخلايا النباتية، واستمرار انفتاح المسامات، وانتثار غاز الفحم اللازم لتثبيت الكربون خلال عملية التمثيل الضوئي في الشدة الضوئية المتوسطة بالنسبة للصنوبر والسنديان، والشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً بالنسبة للقطب، وتؤكد هذه النتائج علاقة الارتباط الموجبة والمعنوية بين كل من الوزن الرطب للصنوبر والسنديان والقطب ومحتوى الماء النسبي (0.51 ، 0.84 ، 0.64) على التوالي. (ملحق 4)

تبين بيانات الجدول 8 قيم متوسطات الوزن الجاف للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (6) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، فقد تفوق متوسط الوزن الجاف الهوائي لغراس الصنوبر في المعاملة L2 (4.89) وبفرق غير معنوي على L1، وبفرق معنوي على L3 و L4، تلتها المعاملة L1 (4.25) وبفرق معنوي مع المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (3.23) التي تفوقت وبفرق معنوي على L4 (2.15).

وفي السنديان تفوق متوسط الوزن الجاف الهوائي لغراس المعاملة L2 (5.86) وبفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L3 (4.12) وبفرق معنوي مع المعاملتين L1 و L4، ثم المعاملة L1 (2.99) التي تفوقت على L4 (2.29) دون فرق معنوي.

وفي القطب تفوقت المعاملة L3 (2.55) بصورة معنوية على جميع المعاملات، تلتها المعاملة L4 (1.83)، التي تفوقت بصورة معنوية على L1، تلتها المعاملة L2 (1.53) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1 (1.16)

وهذا يتوافق مع نتائج Ruano وآخرين (2009)، إذ تم تسجيل أفضل النتائج في بادرات *P. pinaster* للوزن الجاف للمجموع الهوائي في المواقع المعرضة للقطع حيث تتوفر الإضاءة المرتفعة، علماً أنه لم يكن هناك فرق معنوي مع المواقع ذات نسبة قطع 50%.

ويفسر هذه النتائج علاقة الارتباط الموجبة بين الوزن الجاف للمجموع الهوائي للصنوبر والسنديان والقطب مع محتوى الماء النسبي (0.60 ، 0.78 ، 0.71) على التوالي (ملحق 4)

الجدول 8. تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي (غ)

النوع	المعاملات المؤشرات	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.01}
الصنوبر	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	10.16 ^b	11.64 ^a	7.15 ^c	5.69 ^d	1.11
	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	4.25 ^{ab}	4.89 ^a	3.23 ^c	2.15 ^d	0.86
السنديان	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	5.32 ^c	10.84 ^a	8.13 ^b	4.24 ^{cd}	1.42
	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	2.99 ^c	5.86 ^a	4.12 ^b	2.29 ^c	0.78
القطلب	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	2.36 ^b	2.38 ^b	3.75 ^a	2.93 ^b	0.79
	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	1.16 ^{bc}	1.53 ^b	2.55 ^a	1.83 ^b	0.56

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-7- تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري (غ): تبين بيانات الجدول 9 قيم متوسطات الوزن الرطب للمجموع الجذري في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (7) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، إذ تفوق متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري لغراس الصنوبر في المعاملة L1 (7.29) ويفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L2 (4.9) ويفرق معنوي مع المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (3.04) التي تفوقت بفرق غير معنوي على L4 (2.15). وتفوق متوسط وزن الجذور في معاملة الشاهد بمقدار 2.39، 3.39 مرة مقارنة بالمعاملة الضوئية 30% و 15% على التوالي

وفي السنديان لوحظ تفوق متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري لغراس المعاملة L1 (12.38) ويفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L2 (9.38) ويفرق معنوي مع المعاملتين L3 و L4، وتلتها المعاملة L3 (4.45) التي تفوقت بفرق معنوي على L4 (2.56). وتفوق متوسط وزن الجذور في معاملة الشاهد بمقدار 2.78، 4.83 مرة مقارنة بالمعاملة الضوئية 30% و 15% على التوالي.

وفي القطلب لوحظ تفوق المعاملة L1 (3.36) بشكل معنوي على باقي المعاملات، وتلتها المعاملة L2 (2.47) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L3، L4، ويليه المعاملة L3 (2.24) التي تفوقت بصورة

غير معنوية على L4 (1.77)، وتفق متوسط وزن الجذور في معاملة الشاهد بمقدار 1.5، 1.89 مرة مقارنة بالمعاملة الضوئية 30% و 15% على التوالي.

أظهرت الغراس ردود فعل مورفولوجية تمثلت بتراجع معنوي لوزن الجذور في الشدات الضوئية المنخفضة مقارنة بالشاهد (100%) وهذا يتوافق مع Pammenter و vander (1998)، وبالتالي فإن الناقلية المائية كانت أقل عند جذور الغراس النامية في الظل (Tyree *et al.*, 1998). ويوجد علاقة ترابط بين نمو الساق والجذور بعدة طرائق؛ إذ أن نمو الجذور يعتمد على الساق في الحصول على الكربوهيدرات اللازمة لنمو الجذور، لذلك فإن بعض العوامل التي تخفف من التمثيل الضوئي مثل الاضاءة المنخفضة، وانخفاض المساحة الورقية يؤدي الى انخفاض وزن الجذور (Fasehun, 1975)

وتوافقت هذه النتائج مع نتائج Ruano وآخرين (2009) و Broncano وآخرين (1998) الذين وجدوا أن زيادة الشدة الضوئية أدت إلى زيادة حجم الجذور.

تبين بيانات الجدول 9 قيم متوسطات الوزن الجاف للمجموع الجذري في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (7) وجود فروق معنوية بين المعاملات في الصنوبر والسنديان وعدم وجود فروق معنوية بين المعاملات في القطلب، فقد تفوق متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لغراس الصنوبر المعاملة L1 (4.59) وبفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L2 (3.22) وبفرق معنوي مع المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (1.78) التي تفوقت بفرق غير معنوي على L4 (1.35). وفي السنديان لوحظ تفوق متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري لغراس المعاملة L1 (7.36) وبفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L2 (6.15) وبفرق معنوي مع المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (3.36) التي تفوقت بفرق معنوي على L4 (1.87).

وفي القطلب لوحظ تفوق المعاملة L1 (2.18) على باقي المعاملات وبصورة غير معنوية (عدا المعاملة L4) ويليه المعاملة L2 (1.77) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L3 و L4، ثم المعاملة L3 (1.71) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (1.15)

وتوافقت النتائج مع نتائج (Khan وآخرون، 2000؛ Yong وآخرون، 2011)، إن زيادة نمو الكتلة الجذرية في النباتات النامية في الضوء المرتفع تعوض بعض الخسائر الناتجة عن النتج العالي، ويزيد من القدرة على امتصاص الماء (Bongers و Popma، 1990). إذ يساعد تشكيل مجموع جذري متمتع

ومتشعب على الوصول إلى طبقات التربة العميقة الرطبة، مما يسمح بامتصاص كمية من الماء كافية لتعويض الماء المفقود بالتبخر-نتح (حسن، 1995)

الجدول 9. تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري (غ).

النوع	المعاملات المؤشرات	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.01}
الصنوبر	الوزن الرطب للمجموع الجذري	7.29 ^a	4.9 ^b	3.04 ^c	2.15 ^{cd}	1.18
	الوزن الجاف للمجموع الجذري	4.59 ^a	3.22 ^b	1.78 ^c	1.35 ^{cd}	1.12
السنديان	الوزن الرطب للمجموع الجذري	12.38 ^a	9.38 ^b	4.45 ^c	2.56 ^d	1.38
	الوزن الجاف للمجموع الجذري	7.36 ^a	6.15 ^b	3.36 ^c	1.87 ^d	1.12
القطلب	الوزن الرطب للمجموع الجذري	3.36 ^a	2.47 ^b	2.24 ^b	1.77 ^b	0.82
	الوزن الجاف للمجموع الجذري	2.18 ^a	1.77 ^{ab}	1.71 ^{ab}	1.15 ^b	0.94

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-8- تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للأوراق (غ): تبين بيانات الجدول 10 قيم متوسطات الوزن الرطب للأوراق في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (8) وجود فروق معنوية بين المعاملات في الأنواع المدروسة، فقد تفوق متوسط الوزن الرطب لأوراق الصنوبر في المعاملة L2 (0.237) وبفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L1 (0.167) وبفرق معنوي مع المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (0.137) التي تفوقت بفرق معنوي على L4 (0.117)؛ كما لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين الوزن الرطب للأوراق ومعدل الماء النسبي والمطلق (0.67)، (0.54) كما وجدت علاقة ارتباط موجبة بين وزن الورقة الرطب مع المساحة الورقية (0.94) (ملحق 4) وفي السنديان تفوق متوسط الوزن الرطب لأوراق المعاملة L3 (0.479) وبفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L2 (0.348) وبفرق معنوي مع المعاملتين L1 و L4، ثم المعاملة L4 (0.228) التي تفوقت بفرق معنوي على L1 (0.157)؛ كما لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين وزن الأوراق الرطب ومحتوى الماء النسبي والمطلق (0.96، 0.96)؛ كما وجد علاقة ارتباط موجبة بين وزن الأوراق الرطب مع المساحة الورقية (0.81)

وفي القطلب تفوق وزن الأوراق الرطب لدى المعاملة L4 (0.409) وبصورة معنوية على L1, L2 ويليه المعاملة L3 (0.387) التي تفوقت بصورة معنوية على L1, L2، ثم المعاملة L2 (0.186) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1 (0.093)، كما لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين الوزن الرطب للأوراق ومحتوى المائي النسبي والمطلق (0.97 ، 0.79)، كما وجدت علاقة ارتباط موجبة بين وزن الأوراق الرطب مع المساحة الورقية (0.94) (ملحق 4)

تبين بيانات الجدول 10 قيم متوسطات الوزن الجاف للأوراق في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (8) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، فقد تفوق متوسط الوزن الجاف لأوراق الصنوبر في المعاملة L2 (0.104) وبفرق معنوي على باقي المعاملات، تلتها المعاملة L1 (0.074) وبفرق معنوي على L4، وغير معنوي على L3 وتلتها المعاملة L3 (0.068) دون فرق معنوي مع المعاملة L4 (0.053).

وفي السنديان لوحظ تفوق متوسط الوزن الجاف لأوراق المعاملة L3 (0.199) بفرق معنوي على المعاملتين L1 و L4، ودون فرق معنوي على L2، تلتها المعاملة L2 (0.165) وبفرق معنوي على L1 و L4، وتلتها المعاملة L4 (0.097) ودون فرق معنوي مع المعاملة L1 (0.055).

وفي القطلب تفوق الوزن الجاف للأوراق في المعاملة الضوئية L4 (0.218) وبصورة معنوية على المعاملة L1 و L2، تلتها المعاملة L3 (0.215) التي تفوقت بصورة معنوية على L1 و L2، ثم المعاملة L2 (0.063) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1 (0.056).

تبين أن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% و 30% و 15% أدى إلى ارتفاع الوزن الجاف للأوراق، وهذا ما يتوافق مع ما توصل إليه Osunkoya وآخرون (1994)، إذ بينوا أن الأمر يعود إلى انخفاض معدل النتج في الغراس، وبالتالي انخفاض خسائر الورقة من المادة الجافة فيها. وهذا يتفق مع Sprugel وآخرين (1996)، الذين وجدوا أن معدل (الكتلة/ المساحة) للأوراق الابرية في الشوح المتواجدة في الضوء أعلى بمقدار 3-4 مرات مقارنة بالأوراق الابرية المظللة. ويؤكد هذه النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة بين الوزن الجاف للأوراق في الصنوبر ومحتوى الماء النسبي والمطلق (0.77، 0.65) ووجدت علاقة ارتباط موجبة بين الوزن الجاف للأوراق في الصنوبر مع المساحة الورقية (0.95). كما لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين الوزن الجاف للأوراق في السنديان ومعدل الماء النسبي والمطلق (0.98، 0.99). كما وجدت علاقة ارتباط موجبة بين الوزن الجاف للأوراق في السنديان مع المساحة الورقية (0.78). وفي القطلب لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين الوزن الجاف للأوراق ومحتوى المائي

النسبي والمطلق (0.90 ، 0.75) كما وجدت علاقة ارتباط بين الوزن الجاف للأوراق والمساحة الورقية (0.95) (ملحق 4)
الجدول 10. تأثير الشدة الضوئية في الوزن الرطب والجاف للأوراق (غ).

النوع	المعاملات المؤشرات	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.01}
الصنوبر	الوزن الرطب للأوراق	0.167 ^b	0.237 ^a	0.137 ^c	0.117 ^d	0.02
	الوزن الجاف للأوراق	0.074 ^b	0.104 ^a	0.068 ^{bc}	0.053 ^{cd}	0.01
السنديان	الوزن الرطب للأوراق	0.157 ^d	0.348 ^b	0.479 ^a	0.228 ^c	0.05
	الوزن الجاف للأوراق	0.055 ^{cd}	0.165 ^{ab}	0.199 ^a	0.097 ^c	0.06
القطب	الوزن الرطب للأوراق	0.093 ^{bc}	0.186 ^b	0.387 ^a	0.409 ^a	0.096
	الوزن الجاف للأوراق	0.056 ^{bc}	0.063 ^b	0.215 ^a	0.218 ^a	0.038

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-9- تأثير الشدة الضوئية في معدل النمو النسبي للغراس (غ/يوم): تبين بيانات الجدول 11 قيم متوسطات معدل النمو النسبي في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (9) وجود فروق معنوية بين المعاملات في الصنوبر والسنديان وعدم وجود فروق معنوية بين المعاملات في القطب، فقد تفوق معدل النمو النسبي لدى غراس الصنوبر في المعاملة L2 (0.0019) بصورة غير معنوية على المعاملة L1 و L3، وبصورة معنوية على L4، وتلتها المعاملة L1 (0.0016) وبصورة غير معنوية على L3 و L4، ثم المعاملة L3 (0.0014) وبصورة غير معنوية أيضاً على L4 (0.0012). وفي السنديان تفوق متوسط معدل النمو النسبي لدى غراس المعاملة L2 (0.0024) على باقي المعاملات وبصورة معنوية على المعاملتين L1 و L4 فقط، وتلتها المعاملة L3 (0.0017) وبفروق غير معنوية على L1 و L4، ثم المعاملة L1 (0.0016) وبفروق غير معنوية أيضاً على L4 (0.0015).

وفي القطلب تفوقت المعاملة L3 (0.0091) بصورة غير معنوية على باقي المعاملات ويليه المعاملة L4 (0.0063) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L2, L1، ثم L2 (0.0056) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1 (0.0007)

أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% إلى زيادة معدل النمو النسبي في الصنوبر، وهذا ما تفسره علاقة الارتباط الموجبة (0.67، 0.54) بين معدل النمو النسبي ومحتوى الماء النسبي والمطلق. وعلاقة الارتباط الموجبة بين معدل النمو النسبي والوزن الجاف (0.98)، وهذا يتفق مع نتائج Carus وآخرين (2009) الذين وجدوا أن معدل النمو النسبي للصنوبر البروتي كان أعلى في المواقع المعرضة لقطع شديد (35-40% قطع) مقارنة بالمواقع المعرضة لقطع متوسط (15-20% قطع)؛ إذ أوضحوا أنه يتم اللجوء للقطع والتخفيف وذلك لتقليل المنافسة على الاضاءة والرطوبة والعناصر الغذائية ضمن الغابة. وإن انخفاض الشدة الضوئية كان سبباً في زيادة معنوية في قيمة معدل النمو النسبي لغراس السنديان في الشدة الضوئية 50% هذا ما تفسره علاقة الارتباط الموجبة (0.50) بين معدل النمو النسبي ومعدل الماء النسبي. ويمكن أن تعزى هذه الزيادة إلى ما توصلنا إليه سابقاً من ازدياد محتوى الماء النسبي، والوزن الجاف، ما يعني زيادة في عملية التمثيل الضوئي وتصنيع مادة جافة أكثر، وهذا ما تفسره علاقة الارتباط الموجبة بين معدل النمو النسبي والوزن الجاف (0.91). وأدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% إلى زيادة معدل النمو النسبي في القطلب ويفسر هذه النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة بين معدل النمو النسبي من جهة ومحتوى الماء النسبي والوزن الجاف من جهة أخرى (0.81، 0.93) على التوالي. (ملحق 4)

الجدول 11. تأثير الشدة الضوئية في معدل النمو النسبي (غ/يوم)

المعاملات النوع	L1	L2	L3	L4	LSD _{0.01}
	(%100)	(%50)	(%30)	(%15)	
الصنوبر	0.0016 ^a	0.0019 ^a	0.0014 ^a	0.0012 ^b	0.0007
السنديان	0.0016 ^b	0.0024 ^a	0.0017 ^a	0.0015 ^{bc}	0.0007
القطلب	0.0007	0.0056	0.0091	0.0063	0.0085

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

3- دراسة تأثير الشدة الضوئية في المؤشرات الفيزيولوجية:

3-1- تأثير الشدة الضوئية في محتوى الماء النسبي (%): تبين بيانات الجدول 12 قيم متوسطات محتوى الماء النسبي في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (10) وجود فروق معنوية بين المعاملات في الصنوبر والسنديان وعدم وجود فروق معنوية بين المعاملات في القطلب، فقد تفوق محتوى الماء النسبي في أوراق الصنوبر في المعاملة L2 (85.93) على باقي المعاملات لكن بصورة معنوية فقط على L1 و L4، وتلتها المعاملة L3 (79.43) والتي تفوقت على المعاملتين L1 و L4 وبصورة معنوية، ثم المعاملة L1 (59.78) والتي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (54.79)

وفي السنديان لوحظ تفوق محتوى الماء النسبي في المعاملة L3 (49.41) على باقي المعاملات بفروق معنوية فقط على L1 و L4، وتلتها المعاملة L2 (46.81) والتي تفوقت على المعاملتين L1 و L4 بفروق معنوية على المعاملة L1 فقط، ثم المعاملة L4 (35.75) والتي تفوقت بفروق غير معنوية على L1 (34.12).

وفي القطلب تفوق محتوى الماء النسبي في الأوراق لدى المعاملة L4 (67.33) ولكن بصورة غير معنوية على باقي المعاملات ويليه المعاملة L3 (63.5) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1, L2، ثم المعاملة L2 (58.8)، التي تفوقت بصورة غير معنوية على L1 (52.38).

واستطاعت نباتات الصنوبر والسنديان أن تظهر كفاءةً في المحافظة على محتوى ماء نسبي في الأوراق عند المستوى الضوئي 50% و 30%، بينما استطاعت نباتات القطلب أن تظهر كفاءة في المحافظة على محتوى ماء نسبي في الأوراق عند المستوى الضوئي 15% و 30%، وبالتالي حافظت على ضغط امتلاء في الخلايا النباتية، وانخفضت قيمة محتوى الماء النسبي في نباتات الشاهد، ولم تستطع المحافظة على ضغط الامتلاء ضمن الخلايا بسبب تعرضها للإشعاع الكامل مما يعرضها لدرجات الحرارة المرتفعة نسبياً ويزيد من عملية التبخر - نتح ، إذ أن محدودية الإضاءة قد يكون له تأثير إيجابي في تحسين الحالة المائية للنبات (Callaway, 1995).

3-2- تأثير الشدة الضوئية في محتوى الماء المطلق (%): تبين بيانات الجدول 12 قيم متوسطات محتوى الماء المطلق في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (10) وجود فروق معنوية بين المعاملات في الصنوبر والسنديان، وعدم وجود فروق معنوية بين المعاملات في القطلب، فقد تفوق محتوى الماء المطلق في أوراق الصنوبر في المعاملة L2 (262.64) على باقي المعاملات ولكن

بصورة معنوية فقط على L1 و L4، وتلتها المعاملة L3 (256.34) والتي تفوقت على المعاملتين L1 و L4 وبصورة معنوية، ثم المعاملة L1 (96) والتي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (80.68).

وفي السنديان لوحظ تفوق محتوى الماء المطلق لدى المعاملة L3 (58.34) على باقي المعاملات، ولكن بفروق معنوية فقط على L1، وتلتها المعاملة L2 (51.78) التي تفوقت على المعاملتين L1 و L4 بفروق معنوية على المعاملة L1، ثم المعاملة L4 (39.01) التي تفوقت بفروق غير معنوية على المعاملة L1 (24.29).

وفي القطلب تفوق محتوى الماء المطلق في الأوراق لدى المعاملة L4 (126.49) على باقي المعاملات لكن بصورة غير معنوية، وتلتها المعاملة L3 (99.09) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L2، L1، ثم المعاملة L2 (94.88) التي تفوقت بصورة غير معنوية أيضا على L1 (87.52).

وتؤكد هذه النتائج مجدداً على كفاءة هذه الأنواع بالمحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية ويمكن أن يتحقق ذلك عن طريق التعديل الحلولي من خلال تصنيع كمية أكبر من الذائبات العضوية الحلولية وتجميعها ضمن السيتوبلازم لخفض الجهد المائي وخلق تدرج في الجهد المائي يسمح باستمرار انتقال الماء من التربة إلى الغراس بما يضمن المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا (Ogawa و Lwabuchi، 2001).

الجدول 12. تأثير الشدة الضوئية في محتوى الماء النسبي والمطلق للأوراق (%).

النوع	المعاملات المؤشرات	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.01}
الصنوبر	محتوى الماء النسبي	59.78 ^c	85.93 ^a	79.43 ^{ab}	54.79 ^{cd}	10.67
	محتوى الماء المطلق	96 ^c	262.64 ^a	256.34 ^{ab}	80.68 ^{cd}	137.61
السنديان	محتوى الماء النسبي	34.12 ^{cd}	46.81 ^{ab}	49.41 ^a	35.75 ^{bc}	11.42
	محتوى الماء المطلق	24.29 ^{cd}	51.78 ^{ab}	58.34 ^a	39.01 ^{bc}	20.09
القطلب	محتوى الماء النسبي	52.38	58.8	63.5	67.33	15.63

93.52	126.49	99.09	94.88	87.52	محتوى الماء المطلق	
-------	--------	-------	-------	-------	--------------------	--

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

3-3- تأثير الشدة الضوئية في محتوى اليخضور الكلي (%): تبين بيانات الجدول 13 قيم متوسطات محتوى اليخضور في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (11) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، فقد تفوق محتوى اليخضور في أوراق الصنوبر في المعاملة L2 (9.24) على باقي المعاملات بصورة معنوية، تلتها المعاملة L1 (7.33) التي تفوقت على المعاملة L3 و L4 وبصورة معنوية، ثم المعاملة L3 (6.14) التي تفوقت بصورة معنوية على المعاملة L4 (3.69)، وفي السنديان لوحظ تفوق المعاملة L3 (17.4) على باقي المعاملات بفروق معنوية، تلتها المعاملة L4 (14.28) التي تفوقت على المعاملة L1 بفروق معنوية وعلى المعاملة L2 بفروق غير معنوية، ثم المعاملة L2 (13.41) التي تفوقت بفروق معنوية على المعاملة L1 (9.98). وفي القطب تفوقت المعاملة الضوئية L3 (12.13) وبصورة معنوية على المعاملتين L2, L1، تلتها L4 (11.19) التي تفوقت بصورة معنوية على المعاملتين L2, L1، ثم المعاملة L2 (9.08) والتي تفوقت بدورها بصورة معنوية على المعاملة L1 (7.36)

وهذا يتفق مع ما أشار إليه Long وآخرون (1994) من أن حجم الصانعات الخضراء يكون أكبر عند أوراق الظل، وبنسب متقاربة عند الشدات المتوسطة (25 إلى 100%). وكان تركيز اليخضور أعلى في الاضاءة المنخفضة لدى بادرات *P. palustris* و *P. taeda* (Barnett, 1989)، كما يتوافق مع دراسة Valio (2001) على *Quercus crispula* حيث كانت نسبة اليخضور في شتول المعاملة 10% أعلى من المعاملة 100% خلال موسم النمو. وذلك بسبب أن أوراق الظل تتميز بعدد صانعات قليل وحجمها كبير ولونها داكن الخضرة وتتميز أوراق الضوء بأن الصانعات الخضراء تكون غزيرة وحجمها صغير ولونها قليل الخضرة وهذا يعود إلى أن محتواها من اليخضور قليل بالمقارنة بالصانعات الخضراء في أوراق الظل.

الجدول 13. تأثير الشدة الضوئية في محتوى اليخضور في الأوراق (%)

المعاملات الأنواع	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.01}
الصنوبر	7.33 ^b	9.24 ^a	6.14 ^c	3.69 ^d	0.74
السنديان	9.98 ^d	13.41 ^{bc}	17.4 ^a	14.28 ^b	1.44
القطلب	7.36 ^c	9.08 ^b	12.13 ^a	11.19 ^a	1.27

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

3-4- تأثير الشدة الضوئية في محتوى السكريات الذوابة (%): تبين بيانات الجدول 14 قيم متوسطات محتوى السكريات الذوابة في الأوراق في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (12) وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، إذ تفوق محتوى السكريات الذوابة في أوراق الصنوبر المعاملة L2 (4.46) على باقي المعاملات وبشكل معنوي، وتلتها المعاملة L1 (3.69) التي تفوقت بشكل معنوي على L3 و L4، وتلتها المعاملة L3 (3.19) التي تفوقت بشكل معنوي على المعاملة L4 (2.79).

وفي السنديان لوحظ تفوق المعاملة L3 (3.28) على باقي المعاملات وبشكل معنوي على المعاملة L1 و L4، وتلتها المعاملة L2 (3.23) التي تفوقت بشكل معنوي على L1 و L4، وتلتها المعاملة L1 (2.84) التي تفوقت بشكل غير معنوي على المعاملة L4 (2.65).

وفي القطلب لوحظ تفوق المعاملة L3 (2.91) على باقي المعاملات وبصورة معنوية على المعاملتين L1 و L4، وتلتها المعاملة L2 (2.79) التي تفوقت بصورة معنوية على المعاملتين L1 و L4، ثم المعاملة L1 (2.52) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (2.5).

تمكنت غراس الصنوبر عند الشدة الضوئية 50%، والسنديان والقطلب عند الشدة الضوئية 30% أن تراكم السكريات في أوراقها ولوحظ وجود علاقة ارتباط بين محتوى الأوراق من اليخضور مع محتوى السكريات الكلية (0.97، 0.49، 0.46) في الصنوبر والسنديان والقطلب على التوالي. (ملحق 4)

الجدول 14. تأثير الشدة الضوئية في محتوى السكريات الذوابة في الأوراق (%)

LSD _{0.01}	L4 (%15)	L3 (%30)	L2 (%50)	L1 (%100)	المعاملات الأنواع
0.31	2.79 ^d	3.19 ^c	4.46 ^a	3.69 ^b	الصنوبر
0.26	2.65 ^b	3.28 ^a	3.23 ^a	2.84 ^b	السنديان
0.15	2.5 ^b	2.91 ^a	2.79 ^a	2.52 ^b	القطب

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

3-5- تأثير الشدة الضوئية في معدل التمثيل الضوئي (غ/م²/يوم): تبين بيانات الجدول 15 قيم متوسطات معدل التمثيل الضوئي في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (13) عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات للأنواع المدروسة، إذ تفوق قيمة معدل التمثيل الضوئي في غراس الصنوبر في المعاملة L2 (3.31) على باقي المعاملات ولكن بصورة غير معنوية، تلتها المعاملة L1 (2.96) التي تفوقت بصورة غير معنوية على المعاملتين L3 و L4، ثم المعاملة L3 (2.63) التي تفوقت بصورة غير معنوية على L4 (1.92). وفي السنديان تفوقت المعاملة L3 (0.37) على المعاملتين L2 و L4 وبدون فرق معنوي وعلى المعاملة L1 بفرق معنوي، تلتها المعاملة L2 (0.31) وبدون فرق معنوي على L1 و L4، ويليه المعاملة L4 (0.19) والتي تفوقت على L1 (0.16) بدون فرق معنوي. وفي القطب تفوقت المعاملة L3 (2.64) وبشكل غير معنوي على باقي المعاملات ويليه المعاملة L4 (2.44) التي تفوقت بشكل غير معنوي على L2، L1 و L4 (1.92) التي تفوقت بشكل غير معنوي على L1 (1.57).

لقد سبب انخفاض الشدة الضوئية زيادة غير معنوية في معدل التمثيل الضوئي، وعموماً يرتبط معدل التمثيل الضوئي بمحتوى الأوراق المائي، إذ يتراجع معدل صافي التمثيل الضوئي (NAR) بتراجع محتوى الأوراق المائي في معاملة الشاهد (Osunkoya وآخرون، 1994). كما يعزى التراجع الحاصل في معدل التمثيل الضوئي في الشدات الضوئية المرتفعة لتأثيرها السلبي في معدل انقسام واستطالة الأوراق، وتراجع حجم المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي، ما ينعكس سلباً على

كمية الطاقة الضوئية الممتصة (Intercepted Light energy) والمحولة إلى طاقة كيميائية مخزونة في المركبات المصنعة، بالإضافة إلى زيادة معدلات التنفس وأكسدة المادة الجافة، مما يؤثر سلباً في معدل صافي التمثيل الضوئي (NAR). (Papatheohari, Karamanos, 1999). هذا ويتفق النتائج مع دراسة zelawski و Kinelska (1967) الذين وجدوا أن معدل التمثيل الضوئي المعبر عنه بـ غ من الوزن الجاف للأوراق الابرية لنبات *P. sylvestris* النامية تحت الظل كان مرتفعاً مقارنة بتلك النامية في الضوء الكامل. ولكن انخفاض الشدة الضوئية بشكل كبير يخفض من فعالية التمثيل الضوئي، واقتناص الكربون والنمو بشكل عام لدى المخروطيات (Dunlap وآخرون، 1983) ويتفق مع ما توصل إليه Yamashita وآخرون (2000)، إذ وجدوا أن القيم المثالية للكلوروفيل ومعدل التمثيل الضوئي كانت في الشدة الضوئية المنخفضة؛ ويؤكد تلك النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة بين معدل التمثيل الضوئي في غراس الصنوبر ومحتوى الماء النسبي والمطلق (0.68، 0.57)؛ كما وجدت علاقة ارتباط موجبة بين معدل التمثيل الضوئي في الصنوبر والوزن الجاف للأوراق والمساحة الورقية (0.94، 0.99)، ووجدت علاقة الارتباط الموجبة والمعنوية جداً بين معدل التمثيل الضوئي في السنديان ومحتوى الماء النسبي والمطلق (0.99، 0.96). وبين معدل التمثيل الضوئي والمساحة الورقية (0.72)، كما بلغت علاقة الارتباط الموجبة بين معدل التمثيل الضوئي في القطلب ومحتوى الماء النسبي والمطلق (0.91، 0.63)، وبين معدل التمثيل الضوئي والمساحة الورقية (0.99). (ملحق 4)

الجدول 15. تأثير الشدة الضوئية في معدل التمثيل الضوئي (غ/م²/يوم)

المعاملات الأنواع	L1 (%100)	L2 (%50)	L3 (%30)	L4 (%15)	LSD _{0.01}
الصنوبر	2.96	3.31	2.63	1.92	1.76
السنديان	0.16	0.31	0.37	0.19	0.20
القطلب	1.57	1.92	2.64	2.44	2.88

* تدل الأحرف المختلفة على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

ثانياً- دراسة تأثير الاجهاد المائي في المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والخصائص التشريحية:

1- تأثير الاجهاد المائي في المؤشرات المورفولوجية:

1-1- تأثير الاجهاد المائي في الصفات الشكلية:

اختلفت المواصفات الشكلية بين النباتات حسب مستوى الاجهاد المائي المعرضة له، وكان الاختلاف متعلقاً بشكل اساسي بلون الأوراق، حيث كان اللون أخضرًا باهتاً مائلاً للأصفر في **الصنوبر**، وكان ذلك ملحوظاً في المعاملة الضوئية L1 (معاملة الشاهد) في مستويات الاجهاد الأربعة، ولاسيما عند مستوى الاجهاد W2, W1، إذ تضافرت عوامل الشدة الضوئية المرتفعة مع الاجهاد المائي مما أدى الى حدوث عدم توازن بين انتاج اليخضور وتحلله، إذ غالباً في مثل هذه الظروف يتحلل اليخضور بمعدل أكبر من معدل تكوينه فيبدو هذا التأثير بالدرجة الأولى على لون الأوراق وما يتبعه من تأثيرات أخرى على مستوى النمو والمستوى التشريحي في النبات عند استمرار هذه الظروف. إضافةً إلى أن الصانعات الخضراء في أوراق الضوء تكون غزيرة وعددها في الخلية الواحدة كبير وحجمها صغير ولونها قليل الخضرة وهذا يعود إلى أن محتواها من اليخضور قليل بالمقارنة بالصانعات الخضراء في أوراق الظل (العودات، 1995).

أدى استمرار الشدة الضوئية المرتفعة والاجهاد المائي الشديد إلى حصول تراجع في حيوية الأوراق ما أدى إلى تماوتها وتساقطها، ومن ثم تماوت النبات ككل، وتفاوتت نسبة فقد الأوراق من النبات حسب درجة الاجهاد المائي والشدة الضوئية كما اختلفت نسبة بقاء النباتات بعد تعرضها للإجهاد المائي.

وفي **السنديان** لوحظ حدوث تراجع في مساحة المسطح الورقي الأخضر، إذ حصل احتراق للأوراق بدءاً من الحواف باتجاه المركز، وازدادت نسبة احتراق وشيخوخة الأوراق مع ازدياد شدة الاجهاد والشدة الضوئية بسبب ارتفاع حرارتها الذي ينشأ عن توقف النتج فيها، كما ازدادت نسبة فقد الأوراق وتماوت النباتات مع زيادة الشدة الضوئية وشدة الاجهاد المائي.

وفي **القطلب** لوحظ حدوث شحوب في لون الأوراق كرد فعل اول تجاه الاجهاد واحتراق الحواف مع زيادة الشدة الضوئية وزيادة الاجهاد المائي.

وعموماً تشير هذه الاختلافات إلى تحور الصفات المورفولوجية تحت تأثير عوامل الوسط (الشدة الضوئية والإجهاد المائي) والذي يدل على استجابة الأنواع المدروسة لهذه الظروف ولا بد من الإشارة إلى أن

الاختلاف في الطابع الظاهري للأفراد يعود الى الطابع الوراثي في جزء منه والى عوامل الوسط في جزء آخر (Franklin، 1973). ويبين الجدول 16 نسبة النباتات التي فقدت اوراقها ونسبة النباتات التي حصل فيها تماوت بسبب الاجهاد المائي؛ إذ يلاحظ أن نسبة فقد الأوراق كانت الأعلى لدى السنديان (0.6) ويليهما الصنوبر (0.5)، ثم القطلب (0.35)، أما نسبة تماوت النباتات فكانت أعلى عند الصنوبر (0.35) يليه السنديان (0.3) يليه القطلب (0.15).

الجدول 16. نسبة فقد الأوراق وتماوت النباتات في معاملات الإجهاد المائي والشدة الضوئية (%).

الأنواع	المعاملات المؤشر	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4
الصنوبر	نسبة فقد الأوراق	0.5	0.45	0.4	0.4	0.35	0.1	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-
	نسبة تماوت النباتات	0.35	0.3	0.25	0.25	0.15	0.05	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-
السنديان	نسبة فقد الأوراق	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.05	0.05	0.15	0.15	-	-	-	-	-	-
	نسبة تماوت النباتات	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0	0	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-
القطلب	نسبة فقد الأوراق	0.35	0.25	0.2	0.2	0.15	0.1	0.05	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	نسبة تماوت النباتات	0.15	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1-2- تأثير الإجهاد المائي في المساحة الورقية (سم²):

تبين بيانات الجدول 17 قيم متوسطات المساحة الورقية في الأنواع المدروسة. ويبين جدول تحليل التباين (14) عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد المائي في المعاملات الضوئية الأربعة L1,L2,L3,L4 في الصنوبر، ولوحظ تفوق المساحة الورقية عند مستوى الإجهاد W4 ويليه مستوى الإجهاد W3، ثم مستوى الإجهاد W2 ويليه مستوى الإجهاد W1 في المعاملات الضوئية.

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (14) وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L2، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملات L4,L3,L1، ولوحظ تفوق المساحة الورقية عند مستوى الإجهاد W4 (8.56)، ويليه مستوى الإجهاد W3 (7.97)، ثم مستوى الإجهاد W2 (7.44)، ويليه مستوى الإجهاد W1 (6.17) في المعاملة الضوئية L2.

وفي **القطب** يبين جدول تحليل التباين (14) وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L2، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملات L4, L3, L1، ولوحظ تفوق المساحة الورقية عند مستوى الإجهاد W4 (1.49)، يليه مستوى الإجهاد W3 (1.41)، ثم مستوى الإجهاد W2 (1.24)، يليه مستوى الإجهاد W1 (1.16) في المعاملة الضوئية L2.

تعد المساحة الورقية حساسة للإجهاد المائي بسبب تثبيط استطالة وانقسام الخلايا النباتية للورقة، وقد يعزى ذلك نتيجة الدور الذي يؤديه جهد الامتلاء في استطالة الخلايا النباتية، وبسبب التفاف الورقة والشيخوخة المبكرة أيضاً مما يخفض من معدل تثبيت الكربون وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات (Wu وآخرون، 2013؛ Sperlich وآخرون، 2015)، حيث يؤدي الإجهاد المائي إلى تراجع المساحة الورقية، إذ انخفضت قيم المساحة الورقية مع زيادة شدة الإجهاد المائي في الأنواع المدروسة، وتعد صفة المساحة الورقية من أهم المؤشرات التي تعكس قدرة النبات على امتصاص الماء بصورة جيدة والاستفادة من المياه المتوفرة حول الجذور، وتعكس قدرة النبات على القيام بعملية التمثيل الضوئي (Gates وآخرون، 1993)، ويفسر هذه النتائج وجود علاقة الارتباط الموجبة بين المساحة الورقية من جهة ومحتوى الماء النسبي والمطلق من جهة أخرى في الصنوبر (0.84 ، 0.85) وفي السنديان (0.8 ، 0.62) وفي القطب (0.81 ، 0.69). (ملحق 4) والجدير بالذكر أن عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4, L3 يدل على تأثير انخفاض الشدة الضوئية (التظليل) في التقليل من تأثير الإجهاد المائي وهذا ما سيتم توضيحه بالتفصيل لاحقاً في التأثير المشترك لعامل الإجهاد المائي والشدة الضوئية. كما يمكن أن يعزى سبب عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة جداً (15%) إلى تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودة الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير للإجهاد المائي فيها، ولا سيما في الصنوبر والسنديان.

الجدول 17. تأثير الإجهاد المائي في المساحة الورقية (سم²)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
1.52	1.83	1.16 ^{bc}	1.06	7.43	8.62	6.17 ^c	3.34	0.96	0.95	0.92	0.658 ^{bc}	W1
1.74	1.95	1.24 ^d	1.21	7.94	9.09	7.44 ^d	3.84	0.97	1.01	0.99	0.793 ^b	W2

1.85	2.02	1.41 ^{ab}	1.29	8.58	9.81	7.97 ^a	4.58	0.97	1.05	1.14	1.088 ^a	W3
1.93	2.16	1.49 ^a	1.35	7.94	10.30	8.56 ^a	5.10	0.96	1.06	1.16	1.115 ^a	W4
.45	.40	.22	.24	1.08	1.91	.80	1.71	.25	.24	.24	0.251	LSD _{0.05}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

1-3- تأثير الاجهاد المائي في نسبة المساحة الورقية : (سم² / غ)

تبين بيانات الجدول 18 قيم متوسطات نسبة المساحة الورقية في الأنواع المدروسة ويبين جدول تحليل التباين (15) وجود تأثير معنوي للاجهاد المائي في نسبة المساحة الورقية لدى الصنوبر وذلك في المعاملة الضوئية L1 فقط، ولم يكن هناك فروق معنوية في نسبة المساحة الورقية في باقي المعاملات. ولوحظ تفوق نسبة المساحة الورقية عند مستوى الاجهاد W4 (0.101) وبلييه مستوى الاجهاد W3 (0.099) وبلييه مستوى الاجهاد W2 (0.072)، وأخيراً مستوى الاجهاد W1 (0.065)

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (15) عدم وجود تأثير معنوي للاجهاد المائي في نسبة المساحة الورقية في المعاملات الضوئية الاربع. وتبين ارتفاع قيم نسبة المساحة الورقية عند مستوى الاجهاد W4، وبلييه مستوى الاجهاد W3، وبلييه W2، وأخيراً W1.

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (15) أيضاً عدم وجود تأثير معنوي للاجهاد المائي في نسبة المساحة الورقية في كل المعاملات الضوئية، وتبين ارتفاع قيمة نسبة المساحة الورقية عند مستوى الاجهاد W4، وبلييه W3، وبلييه W2، وأخيراً W1.

تشير النتائج الى انخفاض نسبة المساحة الورقية مع ازدياد شدة الاجهاد المائي، ويعود السبب في ذلك نتيجة تراجع المساحة الورقية وتوقف استطالة خلايا الاوراق بسبب تراجع جهد الامتلاء لتراجع محتوى التربة المائي، وكمية الماء الحر المتاح في منطقة انتشار الجذور، مما يؤثر سلباً في معدل نمو الأوراق نظراً لأهمية جهد الامتلاء في دفع جدران خلايا الاوراق على الاستطالة (Cossgrave ، 1989)، وتعد صفة استطالة خلايا الاوراق من أكثر الصفات الفيزيولوجية حساسية لظروف الاجهاد المائي (Taiz، Zeiger، 2006)، إذ يعد تقليل مساحة المسطح الورقي الأخضر من خلال تقليل عدد الاوراق المتشكلة او تقليل معدل استطالة الاوراق أو التخلي عن بعض الأوراق المتشكلة بمنزلة خط الدفاع الاول لتجنب الجفاف بهدف المحافظة على محتوى الخلايا النباتية المائي وكمية المياه المتاحة في التربة لفترة زمنية أطول كما هو الحال عند النوع *Betula verrecosa* (Ibrahim، 2006)

الجدول 18. تأثير الاجهاد المائي في نسبة المساحة الورقية (سم²/غ)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
0.567	0.598	0.492	0.392	0.773	0.862	0.733	0.546	.085	.088	.074	0.065 ^{bc}	W1
0.612	0.652	0.514	0.476	0.808	0.934	0.772	0.588	.087	.097	.084	0.072 ^b	W2
0.638	0.662	0.524	0.496	0.902	0.994	0.797	0.628	.089	.098	.105	0.099 ^a	W3
0.662	0.766	0.572	0.515	0.947	1.119	0.850	0.683	.092	.099	.123	0.101 ^a	W4
.430	.450	1.119	.473	.145	.213	.211	.156	.008	.015	.029	0.015	LSD _{0.05}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

1-4- تأثير الاجهاد المائي في سماكة الاوراق (مم): تبين بيانات الجدول 19 قيم متوسطات سماكة الأوراق في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (16) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في سماكة أوراق الصنوبر في المعاملات L1, L3, L4، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة L2، فقد لوحظ تفوق سماكة الأوراق عند مستوى الاجهاد W4 (0.76)، ويليه مستوى الاجهاد W3 (0.74)، ثم W2 (0.56)، ويليه W1 (0.41) وذلك في المعاملة الضوئية L1، وفي المعاملة الضوئية L3 تفوقت قيم سماكة الاوراق عند مستوى الاجهاد W2 (0.57)، ويليه W3 (0.56)، ويليه W4 (0.54)، ثم W1 (0.47)، وفي المعاملة الضوئية L4 لوحظ تفوق مستوى الاجهاد W3 (0.42) و يليه W2 (0.37)، ثم W4 (0.35) ويليه W1 (0.34)

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (16) وجود تأثير معنوي للاجهاد المائي في سماكة الاوراق في كل المعاملات الضوئية، فقد تفوقت قيمة سماكة الاوراق عند مستوى الاجهاد w3 (0.7)، (0.64، 0.56) وذلك في المعاملات L3, L2, L1 على التوالي، ويليه مستوى الاجهاد W4 (0.68، 0.58)، (0.55)، ثم مستوى الاجهاد W2 (0.5، 0.56، 0.53) ويليه مستوى الاجهاد W1 (0.41، 0.5، 0.5) وذلك في المعاملات L3, L2, L1 على التوالي، أما في المعاملة L4 فقد تفوقت قيمة سماكة الأوراق عند مستوى الاجهاد W3 (0.57) يليه مستوى الاجهاد W2 (0.55) ويليه مستوى الاجهاد W4 (0.54) ويليه مستوى الاجهاد W1 (0.48).

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (16) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي على سماكة الأوراق في جميع المعاملات الضوئية، ففي المعاملة L1 كانت أعلى قيمة لمتوسط سماكة الأوراق عند مستوى الإجهاد W1 (0.32) وفي المعاملة L4,L2 كانت أعلى قيمة عند مستوى الإجهاد W2 (0.29)، 0.25) على التوالي وفي المعاملة L3 كانت أعلى قيمة عند مستوى الإجهاد W3 (0.26)

تبين مما سبق اختلاف سماكة الأوراق لدى الأنواع المدروسة، فقد لوحظ انخفاض سماكة الأوراق مع زيادة شدة الإجهاد، ولاسيما عند مستوى الإجهاد (25% من السعة الحقلية) في الصنوبر والسنديان، ولكن لم يلاحظ هذا الأمر عند القطلب، إذ لوحظ عدم وجود سلوك واضح لمؤشر سماكة الأوراق في القطلب في استجابتها للإجهاد.

الجدول 19. تأثير الإجهاد المائي في سماكة الأوراق (مم)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
0.23	0.24	0.28	0.32	0.48 ^c	0.50 ^c	0.50 ^d	0.41 ^c	0.34	0.47	0.68	0.41	W1
0.25	0.25	0.29	0.31	0.549 ^a	0.53 ^b	0.56 ^c	0.50 ^b	0.37	0.57	0.6	0.56	W2
0.23	0.26	0.26	0.32	0.57 ^a	0.56 ^a	0.64 ^a	0.70 ^a	0.42	0.56	0.71	0.74	W3
0.22	0.24	0.27	0.30	0.54 ^b	0.55 ^a	0.58 ^b	0.68 ^a	0.35	0.54	0.70	0.76	W4
0.0250	0.0250	0.0370	0.0520	0.0250	0.0250	0.031	0.0400	0.02	0.04	0.03	0.05	LSD _{0.05}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

1-5- تأثير الإجهاد المائي في ارتفاع النبات (سم):

تبين بيانات الجدول 20 قيم متوسطات ارتفاع النبات للأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (17) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في ارتفاع غراس الصنوبر المعرضة لمستويات الإجهاد في المعاملة الضوئية L1، بينما لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في ارتفاع النبات في المعاملات الضوئية L4,L3,L2، إذ كانت أعلى قيمة لارتفاع النبات في معاملة الإجهاد W3 (50.1)، وتلتها المعاملة W4 (44.5)، ثم المعاملة W2 (44)، و W1 (40.2) وذلك في المعاملة الضوئية L1.

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (17) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في ارتفاع النبات، وسُجلت أعلى قيمة للارتفاع (57.9، 47.6) في مستوى الإجهاد (W3,W1) على التوالي وذلك في المعاملتين الضوئيتين L1,L2، أما في المعاملتين L4,L3 فكانت أعلى قيمة للارتفاع (68.6 ، 71.1) في مستوى الإجهاد (W2,W1) على التوالي

وفي القطب يبين جدول تحليل التباين (17) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي، وسُجلت أعلى قيمة للارتفاع في مستوى الإجهاد W4 (5.7) في المعاملة الضوئية L1، وكانت أعلى قيمة في مستوى الإجهاد W1 (6.8) في المعاملة الضوئية L2، كما كانت أعلى قيمة في مستوى الإجهاد W3 (8.8) ، (11.5) وذلك في المعاملتين الضوئيتين L4,L3 على التوالي .

ويعزى قدرة النبات على المحافظة على ارتفاع جيد في كل مستويات الإجهاد تقريباً الى أن طول فترة الإجهاد المطبقة على النبات ربما لم تكن كافية ليظهر تأثير الارتفاع بالإجهاد المائي وعموماً يزداد ارتفاع النبات كلما زادت كمية المياه المتاحة للنبات وبالتالي يستطيع المحافظة على جهد الامتلاء داخل خلايا الساق والمحافظة على استطالة الخلايا النباتية (Cossgrove، 1989)

الجدول 20. تأثير الإجهاد المائي في ارتفاع النبات (سم)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
11.43	8.53	6.80	5.47	61.80	68.60	57.90	43.00	51.10	56.90	54.10	40.2 ^b	W1
11.05	8.08	6.12	4.82	71.10	61.00	48.30	39.00	43.80	49.80	56.00	44 ^b	W2
11.58	8.83	6.65	5.33	66.70	62.30	56.20	47.60	47.20	52.20	52.80	50.1 ^a	W3
11.43	8.28	6.30	5.73	62.70	58.30	45.00	47.30	45.00	52.40	64.40	44.5 ^b	W4
1.30	1.50	1.25	1.12	11.69	9.40	11.49	9.15	8.24	7.86	10.37	5.42	LSD _{0.05}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

1-6- تأثير الإجهاد المائي في قطر النبات (مم):

تبين بيانات الجدول 21 قيم متوسطات أقطار النباتات في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (18) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في أقطار النباتات في الأنواع المدروسة، وذلك في كل المعاملات الضوئية. ففي الصنوبر بلغت أعلى قيمة لمتوسطات الاقطار في مستوى الإجهاد W4 (7.84) في المعاملة الضوئية L1، كما بلغت أعلى قيمة لمتوسطات الاقطار في مستوى الإجهاد W3 (6.94 ، 5.74) وذلك في المعاملة الضوئية L2 ، L3 على التوالي، كما بلغت أعلى قيمة لمتوسطات الاقطار في مستوى الإجهاد W2 (3.49) وذلك في المعاملة الضوئية L4.

وفي السنديان سجلت أعلى قيمة لمتوسطات الاقطار في مستوى الإجهاد المائي W3 (7.67) في المعاملة الضوئية L1، وأعلى قيمة في المعاملة الضوئية L2 كانت في مستوى الإجهاد W4 (7.51)، كما سُجلت أعلى قيمة في المعاملة الضوئية L3 كانت في مستوى الإجهاد W3 (6.21)، أما في المعاملة الضوئية L4 فكانت اعلى قيمة لمتوسط الاقطار في مستوى الإجهاد W2 (4.36)

وفي القطلب بلغت أعلى قيمة لمتوسط اقطار النباتات في مستوى الإجهاد W4 (1.12 ، 1.05) في المعاملة الضوئية L1,L2 على التوالي، وسُجلت اعلى قيمة في مستوى الإجهاد W1 و W2 و W3 (0.93) في المعاملة الضوئية L3، واعلى قيمة في مستوى الإجهاد W4 (0.89) في المعاملة الضوئية L4. لوحظ مما سبق عدم تأثر صفة القطر بالإجهاد المائي خلال الفترة المدروسة وربما يعود سبب كون صفة القطر من المؤشرات التي تحتاج وقتاً أطول كي تتأثر بالإجهاد المائي .

الجدول 21. تأثير الإجهاد المائي في قطر النبات (مم).

القطلب				السنديان				الصنوبر				قطر النبات
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	الشدة الضوئية الإجهاد المائي
0.86	0.93	1.03	1.06	3.84	5.84	6.84	6.83	3.22	5.32	6.38	6.87	W1
0.85	0.93	1.02	1.09	4.36	5.49	7.23	7.52	3.49	5.68	6.86	7.74	W2
0.87	0.93	1.04	1.08	4.17	6.21	7.07	7.67	3.31	5.74	6.94	7.46	W3
0.89	0.91	1.05	1.12	4.29	5.20	7.51	7.65	3.44	5.09	6.43	7.84	W4

0.08	0.10	0.14	0.11	0.61	0.93	1.13	1.08	0.49	0.63	0.79	1.10	LSD _{0.05}
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---------------------

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

1-7- تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الهوائي (غ):

تبين بيانات الجدول 22 قيم متوسطات الوزن الرطب للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (19) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الهوائي في الصنوبر والسنديان في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4. ففي الصنوبر لوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الهوائي عند مستوى الإجهاد W4 (25.06، 30.66، 21.07) في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (22.4، 26.16، 17.88) ويليه مستوى الإجهاد W2 (8.85، 19.12، 16.82) ويليه مستوى الإجهاد W1 (7.09، 14.49، 14.3) في المعاملات L3,L2,L1 على التوالي.

وفي السنديان لوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الهوائي عن مستوى الإجهاد W4 (11.72، 17.67، 13.98) في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (10.58، 14.89، 13.16) ويليه مستوى الإجهاد W2 (5.82، 10.87، 12.15) ويليه مستوى الإجهاد W1 (5.06، 6.76، 9.62) في المعاملات L3,L2,L1 على التوالي.

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (19) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الهوائي في المعاملات الضوئية L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4,L3، وقد لوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الهوائي عند مستوى الإجهاد W4 (2.36، 2.38) في المعاملتين L2,L1 على التوالي ويليه مستوى الإجهاد W3 (2.07، 2.26) ويليه مستوى الإجهاد W2 (1.53، 1.66) ويليه مستوى الإجهاد W1 (1.25، 1.41) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي.

ويعزى ذلك إلى تراجع استطالة الأوراق (Munns، 2000) في ظروف الإجهاد المائي وعدم قدرة النباتات على المحافظة على جهد امتلاء داخل الخلايا النباتية والمحافظة على استمرار استطالة الخلايا. وتتفق النتائج السابقة مع نتائج (Carral، 2015). ولوحظ وجود علاقة ارتباط بين الوزن الرطب للنبات من جهة ومحتوى الماء النسبي والمطلق من جهة أخرى في الصنوبر (0.84، 0.94) وفي السنديان

(0.75، 0.75) وفي القطب (0.71، 0.53)، كما وجدت علاقة ارتباط مع المساحة الورقية والتمثيل الضوئي فقد بلغت قيمة معامل الارتباط في الصنوبر (0.86، 0.68) على التوالي وفي السنديان (0.54، 0.71) وفي القطب (0.94، 0.83). (ملحق 4)

والجدير بالذكر أن عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4 في الصنوبر والسنديان والمعاملتين L3، L4 في القطب يدل على دور انخفاض الشدة الضوئية (التظليل) في التقليل من تأثير الإجهاد المائي وهذا ما سيتم توضيحه لاحقاً في التأثير المشترك لعامل الإجهاد المائي والشدة الضوئية، كما يمكن أن يعزى سبب عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة جداً (15%) إلى تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودة الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير للإجهاد المائي فيها لاسيما في الصنوبر والسنديان.

الجدول 22. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الهوائي (غ)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
2.93	3.80	1.41 ^{bc}	1.25 ^{bc}	7.35	9.62 ^c	6.76 ^d	5.06 ^{bc}	10.66	14.3 ^c	14.49 ^d	7.09 ^d	W1
2.80	4.06	1.66 ^b	1.53 ^b	7.25	12.15 ^b	10.87 ^c	5.82 ^b	10.94	16.82 ^b	19.12 ^c	8.85 ^c	W2
3.15	3.98	2.26 ^a	2.07 ^a	7.22	13.16 ^a	14.89 ^b	10.58 ^a	10.97	17.88 ^b	26.16 ^b	22.40 ^b	W3
2.93	3.75	2.38 ^a	2.36 ^a	7.92	13.98 ^a	17.67 ^a	11.72 ^a	11.37	21.07 ^a	30.66 ^a	25.06 ^a	W4
1.41	1.34	0.62	0.37	2.30	1.68	1.65	2.65	2.09	2.27	4.38	1.66	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

1-8- تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الهوائي (غ)

تبين بيانات الجدول 23 قيم متوسطات الوزن الجاف للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة يبين جدول تحليل التباين (20) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الهوائي في الصنوبر والسنديان في المعاملات الضوئية L3، L2، L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4. ففي الصنوبر لوحظ تفوق الوزن الجاف للمجموع الهوائي عند مستوى الإجهاد W4

(14.83، 19.19، 13.32) وذلك في المعاملات L3,L2,L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (14.11، 18.7، 12.12) ويليه مستوى الإجهاد W2 (7.03، 15.99، 11.47) ويليه مستوى الإجهاد W1 (4.87، 9.75، 8.97)

وفي السنديان لوحظ تفوق الوزن الجاف للمجموع الهوائي عند مستوى الإجهاد W4 (8.62، 13.57، 9.84) وذلك في المعاملات L3,L2,L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (7.77، 11.05، 9.71) ويليه مستوى الإجهاد W2 (4.68، 7.15، 8.42) ويليه مستوى الإجهاد W1 (4.28، 4.91، 6.99) في المعاملات L3,L2,L1 على التوالي.

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (20) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الهوائي وذلك في المعاملتين الضوئيتين L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4,L3، وقد لوحظ تفوق الوزن الجاف للمجموع الهوائي عند مستوى الإجهاد W4 (1.16، 1.53) في المعاملتين L2,L1 على التوالي ويليه مستوى الإجهاد W3 (1.01، 1.17) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.77، 0.81) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.74، 0.73) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي.

وبالتالي فإن زيادة شدة الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض في الوزن الجاف وهذا يتفق مع (Chambel وآخرون، 2006) ويعزى تراجع الوزن الجاف إلى تراجع المساحة الورقية مما يؤثر سلباً في حجم المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي تتراجع كفاءة النبات التمثيلية أو كفاءة استخدام الضوء، ويفسر هذه النتائج وجود علاقة ارتباط بين الوزن الجاف للنبات من جهة ومحتوى الماء النسبي والمطلق من جهة أخرى في الصنوبر (0.89، 0.92) وفي السنديان (0.71، 0.76) وفي القطلب (0.71، 0.53)، كما وجدت علاقة ارتباط مع المساحة الورقية والتمثيل الضوئي فقد بلغت قيمة معامل الارتباط في الصنوبر (0.85، 0.64) على التوالي وفي السنديان (0.54، 0.74) وفي القطلب (0.95، 0.79). (ملحق 4). والجدير بالذكر أن عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4 في الصنوبر والسنديان والمعاملتين L4,L3 في القطلب يدل على دور انخفاض الشدة الضوئية (التظليل) في التقليل من تأثير الإجهاد المائي وهذا ما سيتم توضيحه لاحقاً في التأثير المشترك لعاملي الإجهاد المائي والشدة الضوئية، كما يمكن أن يعزى سبب عدم وجود تأثير

معنوي للإجهاد المائي ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة جداً (15%) إلى تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودة الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير للإجهاد المائي فيها لاسيما في الصنوبر والسنديان.

الجدول 23. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الهوائي (غ)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
1.88	2.39	0.73 ^{cd}	0.74 ^{bc}	6.19	6.99 ^c	4.91 ^{cd}	4.28 ^{bc}	7.98	8.97 ^c	9.75 ^b	4.87 ^c	W1
1.78	2.70	0.81 ^c	0.77 ^b	6.78	8.42 ^b	7.15 ^c	4.68 ^b	8.88	11.47 ^b	15.99 ^a	7.03 ^b	W2
2.14	2.69	1.17 ^b	1.01 ^a	6.01	9.71 ^a	11.05 ^b	7.77 ^a	8.66	12.12 ^a	18.70 ^a	14.11 ^a	W3
1.83	2.56	1.53 ^a	1.16 ^a	6.30	9.84 ^a	13.57 ^a	8.62 ^a	8.56	13.32 ^a	19.19 ^a	14.83 ^a	W4
1.57	1.25	0.35	0.34	2.11	1.06	2.39	2.10	1.96	1.69	4.58	1.37	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

1-9- تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ)

تبين بيانات الجدول 24 قيم متوسطات الوزن الرطب للمجموع الجذري في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (21) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الجذري في الصنوبر والسنديان في المعاملات الضوئية L3, L2, L1، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4. ففي الصنوبر لوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W2 (16.87) وذلك في المعاملة L1 ويليه مستوى الإجهاد W3 (16.33) ويليه مستوى الإجهاد W4 (14.65) ويليه مستوى الإجهاد W1 (12.31)، بينما لوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد w1 (12.58، 7.17) وذلك في المعاملتين L3, L2 على التوالي ويليه مستوى الإجهاد W2 (10.78، 6.2) ويليه مستوى الإجهاد W3 (7.9، 5.3) ويليه مستوى الإجهاد W4 (7.4، 3.8) في المعاملتين L3, L2 على التوالي.

وفي السنديان لوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W2 (19.44) ويليه مستوى الإجهاد W3 (18.19) ويليه مستوى الإجهاد W4 (18.08) ويليه مستوى الإجهاد W1 (15.39)، بينما لوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W1 (16.04)، (13.66) في المعاملتين L3, L2 على التوالي ويليه مستوى الإجهاد W2 (14.8، 12.23) ويليه مستوى الإجهاد W3 (13.28، 12.18) ويليه مستوى الإجهاد W4 (13.13، 11.15) وذلك في المعاملتين L3, L2 على التوالي.

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (21) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الجذري وذلك في المعاملتين L2, L1، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4, L3، ولوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W2 (3.84) في المعاملة L1 ويليه مستوى الإجهاد W3 (3.49) ويليه مستوى الإجهاد W4 (3.36) ويليه مستوى الإجهاد W1 (1.4)، ولوحظ تفوق الوزن الرطب للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W1 (4.46) وفي المعاملة L2 ويليه مستوى الإجهاد W2 (3.07) ويليه مستوى الإجهاد W3 (2.55) ويليه مستوى الإجهاد W4 (2.47).

الجدول 24. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
1.98	2.80	4.46 ^a	1.4 ^b	6.85	13.66 ^a	16.04 ^a	15.39 ^b	2.67	7.17 ^a	12.58 ^a	12.31 ^b	W1
1.95	2.64	3.07 ^b	3.84 ^a	7.60	12.23 ^a	14.8 ^a	19.44 ^a	2.12	6.26 ^a	10.78 ^a	16.87 ^a	W2
1.80	2.45	2.55 ^b	3.49 ^a	6.33	12.18 ^b	13.28 ^b	18.19 ^a	2.05	5.34 ^b	7.92 ^b	16.33 ^a	W3
1.77	2.24	2.47 ^b	3.36 ^a	6.16	11.15 ^{bc}	13.13 ^{bc}	18.08 ^a	1.68	3.89 ^{bc}	7.46 ^{bc}	14.65 ^a	W4
1.17	0.83	1.38	0.88	2.03	1.44	1.66	1.81	1.22	1.16	2.13	2.38	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

10-1- تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ):

تبين بيانات الجدول 25 قيم متوسطات الوزن الجاف للمجموع الجذري في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (22) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الجذري في الصنوبر والسنديان في المعاملات الضوئية L3,L2,L1، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4. ففي الصنوبر تفوق الوزن الجاف للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W2 (13.93) وذلك في المعاملة الضوئية L1، ويليه مستوى الإجهاد W3 (13.23) ويليه مستوى الإجهاد W4 (12.36) ويليه مستوى الإجهاد W1 (9.4). بينما تفوق الوزن الجاف للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W1 (10.16 ، 5.94) في المعاملتين L3,L2 على التوالي ويليه مستوى الإجهاد W2 (8.9 ، 5.03) ويليه مستوى الإجهاد W3 (6.08 ، 4.66) ويليه مستوى الإجهاد W4 (5.61 ، 3.26) وذلك في المعاملتين L3,L2 على التوالي.

وفي السنديان لوحظ تفوق الوزن الجاف للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W2 (13.14) وذلك في المعاملة L1، ويليه مستوى الإجهاد W3 (12.32) ويليه مستوى الإجهاد W4 (11.94) ويليه مستوى الإجهاد W1 (10.38)، بينما تفوق الوزن الجاف للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W1 (13.07)، (10.58) في المعاملتين L3,L2 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W2 (12.05، 8.22) ويليه مستوى الإجهاد W3 (9.94 ، 8.17) ويليه مستوى الإجهاد W4 (9.73 ، 8.14) وذلك في المعاملتين L3,L2 على التوالي.

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (22) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الجذري وذلك في المعاملتين L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4,L3، ولوحظ تفوق الوزن الجاف للمجموع الجذري عند مستوى الإجهاد W2 (2.48) في المعاملة L1، ويليه مستوى الإجهاد W3 (2.36) ويليه مستوى الإجهاد W4 (2.18) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.8)، بينما تفوق الوزن الجاف عند مستوى الإجهاد W1 (3.19) في المعاملة L2 ويليه مستوى الإجهاد W2 (2.38) ويليه مستوى الإجهاد W3 (1.88) ويليه مستوى الإجهاد W4 (1.77).

تبين النتائج أن وزن الجذور الرطب والجاف انخفض مع زيادة شدة الإجهاد المائي إلى 25% وذلك في المعاملة الضوئية 100% في الصنوبر والسنديان والقطلب، ويمكن أن يعزى ذلك إلى تراجع استطالة

الاوراق أو نتيجة لبعض الافرازات الهرمونية التي يفرزها المجموع الجذري نتيجة للإجهاد المائي، وبسبب ضعف نمو النبات بشكل عام (Munns، 2000)، وهذا يتوافق مع (Carra، 2015) واستطاعت النباتات أن تحقق أعلى نمو للمجموع الجذري عند المستوى 50 % من الإجهاد المائي مما يدل على قدرة هذه الأنواع على تكيف جذورها وقدرتها على النمو والوصول لطبقات عميقة في ظروف الإجهاد المتوسط بينما انخفض وزن الجذور في ظروف الإجهاد المنخفض والشاهد أي مع انخفاض شدة الإجهاد انخفض وزن الجذور الرطب وذلك في المعاملات L3,L2,L1 بالنسبة للصنوبر والسنديان وفي المعاملتين L2,L1 في القطلب.

ومما سبق نجد أن وزن الجذور ازداد مع زيادة شدة الإجهاد في المعاملات الضوئية L4,L3,L2 مما يدل على قدرة الأنواع على ان تعمق جذورها من خلال انتشار وتعمق الجذور افقياً وعمودياً الذي يزداد بشكل كبير في حالة العجز المائي وخصوصاً في النباتات المتحملة للجفاف (Bouraus، 2001)، إذ غالباً ما تقوم النباتات بتسخير جزء من المادة المصنعة بالتمثيل الضوئي إلى الجذور وبالتالي تأمين سرعة نموها في اختراق التربة لاستخلاص الماء الضروري لتعويض الفاقد بالنتح (Morgan و Condon، 1986). والجدير بالذكر أن عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4 في الصنوبر والسنديان والمعاملتين L4,L3 في القطلب يدل على دور انخفاض الشدة الضوئية (التظليل) في التقليل من تأثير الإجهاد المائي وهذا ما سيتم توضيحه لاحقاً في التأثير المشترك لعاملي الإجهاد المائي والشدة الضوئية، كما يمكن أن يعزى سبب عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة جداً (15%) إلى تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودة الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير للإجهاد المائي فيها لاسيما في الصنوبر والسنديان.

الجدول 25. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للمجموع الجذري(غ)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
1.01	1.85	3.19 ^a	0.80	5.06	10.58 ^a	13.07 ^a	10.38 ^b	2.00	5.94 ^a	10.16 ^a	9.40 ^b	W1
1.05	1.92	2.38 ^a	2.48	5.82	8.22 ^b	12.05 ^a	13.14 ^a	1.68	5.03 ^a	8.90 ^a	13.93 ^a	W2

1.00	1.85	1.88 ^b	2.36	4.79	8.17 ^b	9.94 ^b	12.32 ^a	1.66	4.66 ^a	6.08 ^b	13.23 ^a	W3
1.15	1.71	1.77 ^b	2.18	4.95	8.14 ^b	9.73 ^{bc}	11.94 ^a	1.46	3.26 ^b	5.61 ^{bc}	12.36 ^a	W4
0.83	0.54	0.82	1.32	1.62	1.46	1.96	1.92	1.07	1.5	2.74	2.55	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

11-1- تأثير الإجهاد المائي في وزن الأوراق الرطب (غ):

تبين بيانات الجدول 26 قيم متوسطات الوزن الرطب للأوراق في الأنواع المدروسة وبين جدول تحليل التباين (23) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب لأوراق الصنوبر وذلك في المعاملة الضوئية L1 فقط، بينما لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في باقي المعاملات، فقد بلغت أعلى قيمة لوزن الأوراق الرطب عند مستوى الإجهاد W4 (0.79) ويليه مستوى الإجهاد W3 (0.77) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.61) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.59) وذلك في المعاملة الضوئية L1.

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (23) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب للأوراق في المعاملات الضوئية L3, L2, L1، بينما لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4 وقد تفوقت قيمة وزن الأوراق الرطب عند مستوى الإجهاد W4 (0.83، 0.97، 1.15) في المعاملات L3, L2, L1 على التوالي، يليه مستوى الإجهاد W3 (0.68، 0.86، 1.03) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.53، 0.82، 0.89) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.09، 0.32، 0.6) في المعاملات الضوئية L3, L2, L1 على التوالي.

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (23) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الرطب للأوراق وذلك في كل المعاملات الضوئية وقد تفوقت قيمة وزن الأوراق الرطبة عند مستوى الإجهاد W4 (0.093، 0.186، 0.387، 0.409) في المعاملات الضوئية L4, L3, L2, L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (0.073، 0.171، 0.348، 0.372) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.061، 0.083، 0.243، 0.294) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.026، 0.081، 0.143، 0.154) وذلك في المعاملات الضوئية L4, L3, L2, L1 على التوالي.

ومما سبق نجد أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض الوزن الرطب للأوراق ولوحظ زيادة الوزن مع انخفاض شدة الإجهاد المائي وهذا يتوافق مع (Chambel وآخرون، 2006). حيث وجدت علاقة ارتباط موجبة بين وزن الأوراق الرطب من جهة وبين محتوى الماء المطلق والنسبي من جهة أخرى في الصنوبر (0.93، 0.82) وفي السنديان (0.92، 0.91) وفي القطلب (0.90، 0.85). كما وجدت علاقة ارتباط موجبة بين وزن الأوراق الرطب من جهة و المساحة الورقية والتمثيل الضوئي من جهة أخرى فقد بلغت قيمة معامل الارتباط في الصنوبر (0.78، 0.49) على التوالي وفي السنديان (0.74، 0.88) وفي القطلب (0.9، 0.75). (ملحق 4)

الجدول 26. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للأوراق (غ)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
0.154 ^c	0.143 ^b	0.071 ^{bc}	0.026 ^c	0.57	0.60 ^c	0.32 ^c	0.09 ^c	0.68	0.71	0.84	0.59 ^{bc}	W1
0.294 ^b	0.243 ^a	0.083 ^b	0.061 ^b	0.71	0.89 ^b	0.82 ^b	0.53 ^b	0.70	0.72	0.85	0.60 ^b	W2
0.372 ^a	0.348 ^a	0.171 ^a	0.073 ^a	0.74	1.03 ^a	0.86 ^a	0.68 ^a	0.706	0.74	0.90	0.77 ^a	W3
0.409 ^a	0.387 ^a	0.186 ^a	0.093 ^a	0.87	1.15 ^a	0.97 ^a	0.83 ^a	0.71	0.75	0.91	0.79 ^a	W4
0.102	0.169	0.027	0.024	0.42	0.33	0.24	0.37	0.15	0.1	0.1	0.12	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

1-12- تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للأوراق (غ)

تبين بيانات الجدول 27 قيم متوسطات الوزن الجاف للأوراق في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (24) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الجاف لأوراق الصنوبر وذلك في جميع المعاملات الضوئية، وكانت أعلى قيمة عند مستوى الإجهاد W4 (0.67، 0.69، 0.65، 0.6) في المعاملات الضوئية L4, L3, L2, L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 ويليه مستوى الإجهاد W2 ويليه W1 ولكن دون وجود فروقات معنوية.

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (24) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الجاف للأوراق وذلك في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4، وقد بلغت أعلى قيمة لوزن الأوراق الجاف عند مستوى الإجهاد W4 (0.71)، 0.86، 0.92) في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (0.55)، 0.76، 0.85) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.43، 0.65، 0.71) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.08، 0.23، 0.53) في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي.

وفي القطب يبين جدول تحليل التباين (24) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في الوزن الجاف للأوراق وذلك في المعاملات الضوئية L4,L3,L1، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L2، وقد بلغت أعلى قيمة للوزن الجاف للأوراق عند مستوى الإجهاد W4 (0.215، 0.056)، 0.218) في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (0.048)، 0.203، 0.209) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.041، 0.184، 0.205) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.017، 0.046، 0.086) في المعاملات الضوئية L4,L3,L1 على التوالي.

ومما سبق نجد أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض الوزن الجاف للأوراق ولوحظ زيادة الوزن مع انخفاض شدة الإجهاد المائي، علماً أنه وجدت علاقة ارتباط موجبة بين وزن الأوراق الجاف من جهة وبين محتوى الماء النسبي والمطلق من جهة أخرى، ففي الصنوبر (0.93، 0.87) وفي السنديان (0.89، 0.92) وفي القطب (0.80، 0.77). كما وجدت علاقة ارتباط موجبة بين وزن الأوراق الجاف من جهة و المساحة الورقية والتمثيل الضوئي من جهة أخرى فقد بلغت قيمة معامل الارتباط في الصنوبر (0.92، 0.66) على التوالي وفي السنديان (0.73، 0.87) وفي القطب (0.87، 0.67). (ملحق 4)

الجدول 27. تأثير الإجهاد المائي في الوزن الجاف للأوراق (غ)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
0.086 ^b	0.046 ^b	0.045	0.017 ^b	0.43	0.53 ^{bc}	0.23 ^c	0.08 ^c	0.596	0.608	0.651	0.505	W1

0.205 ^a	0.184 ^a	0.051	0.041 ^a	0.63	0.71 ^b	0.65 ^b	0.43 ^b	0.591	0.615	0.666	0.537	W2
0.209 ^a	0.203 ^a	0.053	0.048 ^a	0.66	0.85 ^a	0.76 ^a	0.55 ^a	0.595	0.646	0.697	0.663	W3
0.218 ^a	0.215 ^a	0.063	0.056 ^a	0.77	0.92 ^a	0.86 ^a	0.71 ^a	0.609	0.658	0.690	0.672	W4
0.055	0.123	0.019	0.017	0.49	0.39	0.23	0.34	0.190	0.060	0.110	0.160	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

1-13- تأثير الإجهاد المائي في معدل النمو النسبي (RGR) (غ/يوم):

تبين بيانات الجدول 28 قيم متوسطات معدل النمو النسبي في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (25) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في معدل النمو النسبي في الصنوبر والسنديان في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 بينما لم تكن الفروق معنوية في المعاملة L4، ففي الصنوبر تفوقت قيم معدل النمو النسبي عند مستوى الإجهاد W4 (0.0029، 0.003، 0.0028) في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي و يليه مستوى الإجهاد W3 (0.0016، 0.0022، 0.0002)، و يليه مستوى الإجهاد W2 (-0.0177، -0.0018، -0.0012) و يليه مستوى الإجهاد W1 (-0.028، -0.0156، -0.0081) وذلك في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي.

وفي السنديان تفوقت قيم معدل النمو النسبي عند مستوى الإجهاد W4 (0.0016، 0.00621، 0.0043) في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي، و يليه مستوى الإجهاد W3 (-0.0157، 0.0005، 0.0039) و يليه مستوى الإجهاد W2 (-0.0157، -0.0114، 0.0001) و يليه مستوى الإجهاد W1 (-0.0181، -0.0219، -0.0051) وذلك في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 على التوالي.

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (25) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في معدل النمو النسبي وذلك في المعاملتين L2,L1، ولم يكن هناك تأثير معنوي في المعاملتين L4,L3 وكانت اعلى قيمة لمعدل النمو النسبي عند مستوى الإجهاد W4 (0.0007، 0.005) في المعاملتين L2,L1 على التوالي، و يليه مستوى الإجهاد W3 (-0.0032، -0.0017) و يليه مستوى الإجهاد W2 (0.0108، -0.012) و يليه مستوى الإجهاد W1 (-0.0117، -0.0152) في المعاملتين L2,L1 على التوالي.

مما سبق نجد حدوث تراجع في معدل النمو النسبي مع ازدياد شدة الإجهاد وازداد مقدار الانخفاض في معدل النمو النسبي كلما زادت شدة الإجهاد وذلك في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 بالنسبة للصنوبر والسنديان، وفي المعاملتين L2,L1 في القطلب، ويعود ذلك إلى انخفاض تراكم المادة الجافة في النبات تحت الظروف المجهدة. إذ في الظروف المثالية تزداد الكتلة الحية للنبات مع الزمن ولكن في وجود درجات متفاوتة من الإجهاد يبدأ معدل النمو بالتناقص بحيث يكون هذا التناقص قليلاً أثناء الإجهاد المنخفض أما في حالة وجود الإجهاد الشديد يتوقف النمو ويصبح هدف النبات تحت هذه الظروف هو البقاء حياً فحسب، عندئذ يميل النبات إلى خفض معدلات العمليات الحيوية إلى مستوى ممكن والبقاء على هذه الحال حتى زوال الإجهاد (Netting، 2000)، أما إذا استمر الإجهاد الشديد أو أصبح أشد فيتناقص وزن النبات نتيجة الشيخوخة المبكرة للأوراق أو تساقطها مما يؤدي أخيراً إلى موت النبات (ONeill، 1983). تؤكد هذه النتائج أيضاً وجود علاقة ارتباط موجبة بين معدل النمو النسبي من جهة ومحتوى الماء النسبي والمطلق من جهة ثانية فقد بلغت قيمة معامل الارتباط في الصنوبر (0.62، 0.59) على التوالي وفي السنديان (0.75، 0.77) وفي القطلب (0.85، 0.72) (ملحق 4). والجدير بالذكر أن عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4 في الصنوبر والسنديان والمعاملتين L4,L3 في القطلب يدل على دور انخفاض الشدة الضوئية (التظليل) في التقليل من تأثير الإجهاد المائي وهذا ما سيتم توضيحه لاحقاً في التأثير المشترك لعامل الإجهاد المائي والشدة الضوئية، كما يمكن أن يعزى سبب عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة جداً (15%) إلى تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودة الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير للإجهاد المائي فيها لاسيما في الصنوبر والسنديان.

الجدول 28. تأثير الإجهاد المائي في معدل النمو النسبي (غ/يوم)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
0.0060	0.0067	-0.0152 ^{bc}	-0.01170 ^{bc}	.0009	-0.0051 ^c	-0.0219 ^c	-0.0181 ^{bc}	-.0001	-0.0081 ^c	-0.0156 ^b	-0.028 ^d	W1
0.0046	0.0103	-0.0120 ^{ab}	-0.0108 ^{ab}	.0036	0.0001 ^b	-0.0114 ^b	-0.0157 ^b	.0028	-0.0012 ^b	-0.0018 ^a	-0.0177 ^c	W2
0.0100	0.0104	-0.0017 ^{ab}	-0.0032 ^{ab}	.0003	0.0039 ^a	0.0005 ^a	-0.0012 ^a	.0021	0.0002 ^a	0.0022 ^a	0.0016 ^b	W3

0.0063	0.0091	0.0056 ^a	0.0007 ^a	0.0015	0.0043 ^a	0.0062 ^a	0.0016 ^a	0.0017	0.0028 ^a	0.0031 ^a	0.0029 ^a	W4
0.0225	0.0136	0.0107	0.0106	0.0095	0.0034	0.0058	0.0129	0.0062	0.0038	0.0072	0.0052	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2- تأثير الإجهاد المائي في المؤشرات الفيزيولوجية

2-1- تأثير الإجهاد المائي في محتوى الماء النسبي في الأوراق (%):

تبين بيانات الجدول 29 قيم متوسطات محتوى الماء النسبي في الأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (26) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في محتوى الماء النسبي للأوراق في **الصنوبر** وذلك في المعاملات الضوئية الأربعة، علماً أن أعلى قيمة لمحتوى الماء النسبي كانت في المعاملة المروية (الشاهد) وذلك في كل المعاملات الضوئية وتلتها المعاملة W3 ثم المعاملة W2 ومن ثم W1 دون فروق معنوية .

وفي **السنديان** يبين جدول تحليل التباين (26) وجود تأثير معنوي للإجهاد في محتوى الماء النسبي وذلك في المعاملة الضوئية L3,L1 وكانت أعلى قيمة لمحتوى الماء النسبي في معاملة الإجهاد W4 (45.84، 74.97) في المعاملتين L3,L1 على التوالي وتلتها المعاملة W3 (47.03، 62) وتلتها المعاملة W2 (30.58، 58.45) وتلتها المعاملة W1 (22.71، 45.67)، بينما لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد في المعاملتين L4,L2، علماً أن قيمة محتوى الماء النسبي انخفضت مع زيادة شدة الإجهاد. وفي **القطب** يبين جدول تحليل التباين (25) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في محتوى الماء النسبي للأوراق وذلك في المعاملات الضوئية L3,L2,L1 حيث بلغت أعلى قيمة لمحتوى الماء النسبي في معاملة الإجهاد W4 (52.38، 58.8، 63.5) ويليه المعاملة W3 (48.84، 52.9، 62.44) ويليه المعاملة W2 (37.27، 41.29، 53.38) ويليه المعاملة W1 (30.38، 39.44، 46.56) وذلك في المعاملات L3,L2,L1 على التوالي، بينما لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4.

الجدول 29. تأثير الإجهاد المائي في محتوى الماء النسبي (%)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
52.88	46.56 ^b	39.44 ^b	30.38 ^b	37.61	45.67 ^b	24.20	22.71 ^{bc}	58.82	62.28	73.50	41.09	W1
54.51	53.38 ^a	41.28 ^b	37.26 ^b	39.34	58.45 ^a	45.00	30.58 ^{ab}	60.32	67.12	78.81	58.83	W2
64.68	62.44 ^a	52.90 ^a	48.84 ^a	43.97	62 ^a	46.14	41.03 ^a	63.59	67.73	78.89	69.01	W3
67.34	63.50 ^a	58.80 ^a	52.38 ^a	46.70	74.97 ^a	53.66	45.84 ^a	66.65	68.25	83.98	75.17	W4
29.45	13.22	14.18	9.33	23.81	17.96	28.30	11.51	12.66	8.90	18.48	35.81	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-2- تأثير الإجهاد المائي في محتوى الماء المطلق في الأوراق (%):

تبين بيانات الجدول 30 قيم متوسطات محتوى الماء المطلق في الأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (27) عدم وجود فروق معنوية في المحتوى المائي المطلق لأوراق الصنوبر الخاضعة لمستويات الإجهاد ضمن المعاملات الضوئية الأربعة، علماً أن أعلى قيمة لمحتوى الماء المطلق كانت في المعاملة المروية (الشاهد) وذلك في كل المعاملات الضوئية وتلتها المعاملة W3 ثم المعاملة W2 ومن ثم W1 دون فروق معنوية. وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (27) وجود تأثير معنوي للإجهاد في المعاملات الضوئية L2, L1 حيث كانت أعلى قيمة لمحتوى الماء المطلق في معاملة الإجهاد W4 (107.64، 138.46) وتلتها المعاملة W3 (75.38، 183.98) وتلتها المعاملة W2 (78.48، 63.31) وتلتها المعاملة W1 (26.67، 27.19) وذلك في المعاملتين L2, L1 على التوالي، بينما لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4, L3، علماً أن محتوى الماء المطلق فيها انخفض مع ازدياد شدة الإجهاد.

وفي القطب يبين جدول تحليل التباين (27) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في محتوى الماء المطلق للأوراق في المعاملات الضوئية الأربعة علماً أن أعلى قيمة لمحتوى الماء المطلق كانت في المعاملة المروية (الشاهد) وذلك في كل المعاملات الضوئية وتلتها المعاملة W3 ثم المعاملة W2 ومن ثم W1 دون فروق معنوية.

لوحظ مما سبق ان قيمة محتوى الماء النسبي والمطلق في الأوراق انخفضت مع زيادة شدة الإجهاد بسبب تراجع كمية الماء الممتصة من قبل الجذور وهذا يتوافق مع (Calamassi وآخرون، 2001)، واستطاعت النباتات عند معاملات الإجهاد المتوسط أن تحافظ على جهد مائي جيد في الخلايا النباتية علماً أن الانخفاض بالمحتوى المائي للأوراق في حالة الإجهاد الشديد تؤدي الى شيخوخة الأوراق واحتراق حوافها (Wu وآخرون، 2013)

ويعود تراجع محتوى الماء النسبي والمطلق في الأوراق إلى انخفاض الجهد المائي في الخلايا فالجهد المائي ينخفض بشكل واضح عند فقد الماء بسبب فقد الامتلاء من جهة وزيادة تركيز المواد المذابة في العصير الخلوي من جهة أخرى (ابو جاد الله، 2010)، كما ان انخفاض الجهد المائي في محلول التربة يؤدي إلى تراجع معدل تدفق الماء وامتصاصه من قبل الجذور، إذ يعد فرق التدرج في الجهد المائي بمنزلة القوة المحركة لانتقال الماء وتصبح تبعا لذلك كمية الماء الممتصة قليلة (البشارة وآخرون، 2013). إذ تستطيع الجذور سحب الماء من التربة طالما كان الجهد المائي لخلاياها أكثر سلبية من الجهد المائي لمحلول التربة.

الجدول 30. تأثير الإجهاد المائي في محتوى الماء المطلق (%)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
90.42	71.66	62.62	52.10	56.55	75.92	27.47 ^b	26.67 ^{bc}	373.86	379.10	500.65	329.29	W1
100.42	81.52	72.08	60.16	76.56	89.60	78.48 ^a	63.31 ^b	430.21	498.72	521.69	390.48	W2
107.04	85.72	82.57	75.81	79.36	107.66	83.98 ^a	75.38 ^a	441.85	608.90	764.20	652.16	W3
126.49	99.09	94.88	87.52	113.23	161.09	138.46 ^a	109.64 ^a	522.89	636.16	811.50	656.89	W4
124.79	55.27	63.47	48.96	87.88	96.46	76.85	43.70	257.05	244.21	576.98	340.08	0.01LSD

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-3- تأثير الإجهاد المائي في الاستهلاك المائي للنبات (غ/سا): تبين بيانات الجدول 31 قيم متوسطات الاستهلاك المائي للنبات في الأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (28) وجود تأثير

معنوي للإجهاد المائي في الاستهلاك المائي للنبات في الأنواع الثلاثة وذلك في المعاملة الضوئية L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4,L3. ففي الصنوبر لوحظ تفوق الاستهلاك المائي عند مستوى الإجهاد W4 (0.129، 0.104) في المعاملتين L2,L1 على التوالي ويليه مستوى الإجهاد W3 (0.1، 0.095) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.058، 0.07) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.041، 0.054) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي.

وفي السنديان لوحظ تفوق الاستهلاك المائي عند مستوى الإجهاد W4 (0.133، 0.12) في المعاملتين L2,L1 على التوالي، ويليه مستوى الإجهاد W3 (0.125، 0.112) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.079، 0.091) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.062، 0.07) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي.

وفي القطلب لوحظ تفوق الاستهلاك المائي للنبات عند مستوى الإجهاد W4 (0.082، 0.072) في المعاملتين L2,L1 على التوالي ويليه مستوى الإجهاد W3 (0.073، 0.064) ويليه مستوى الإجهاد W2 (0.035، 0.044) ويليه مستوى الإجهاد W1 (0.027، 0.035) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي.

نجد مما سبق انخفاض قيم الاستهلاك المائي من قبل النبات مع زيادة شدة الإجهاد المائي لاسيما في المعاملتين الضوئيتين L2,L1 مما يدل على خفض العمليات الفيزيولوجية داخل النبات إلى الحد الأدنى في مستوى الإجهاد الشديد أو المتوسط (25،50% من السعة الحقلية) بما يضمن بقاء النبات، ويفسر هذه النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة بين الاستهلاك المائي من قبل النبات ومعدل التمثيل الضوئي (0.19، 0.34، 0.58) في الصنوبر والسنديان والقطلب على التوالي (ملحق 4).

الجدول 31 تأثير الإجهاد المائي في الاستهلاك المائي للنبات (غ/سا).

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
0.012	0.043	0.035 ^{bc}	0.027 ^{bc}	0.025	0.087	0.07 ^{bc}	0.062 ^{bc}	0.037	0.066	0.054 ^{bc}	0.041 ^d	W1

0.025	0.051	0.044 ^b	0.035 ^b	0.043	0.1	0.091 ^b	0.079 ^b	0.033	0.075	0.07 ^b	0.058 ^c	W2
0.029	0.055	0.064 ^a	0.073 ^a	0.066	0.104	0.112 ^a	0.125 ^a	0.05	0.083	0.095 ^a	0.1 ^b	W3
0.02	0.06	0.072 ^a	0.082 ^a	0.029	0.116	0.12 ^a	0.133 ^a	0.045	0.087	0.104 ^a	0.129 ^a	W4
0.021	0.022	0.021	0.015	0.029	0.031	0.020	0.019	0.027	0.024	0.021	0.010	LSD _{0.05}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

2-4- تأثير الإجهاد المائي في معدل النتج (غ/ سم²/ ساعة)

تبين بيانات الجدول 32 قيم متوسطات معدل النتج في الأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (29) ووجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في معدل النتج في الأنواع الثلاثة وذلك في المعاملة الضوئية L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4,L3، ففي الصنوبر لوحظ تفوق قيم معدل النتج عند مستوى الإجهاد W4 (0.42، 0.48) ويليهِ مستوى الإجهاد W3 (0.37، 0.43) ويليهِ مستوى الإجهاد W2 (0.29، 0.31) ويليهِ مستوى الإجهاد W1 (0.24، 0.27) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي .

وفي السنديان لوحظ تفوق قيم معدل النتج عند مستوى الإجهاد W4 (0.26، 0.29) ويليهِ مستوى الإجهاد W3 (0.23، 0.27) ويليهِ مستوى الإجهاد W2 (0.14، 0.18) ويليهِ مستوى الإجهاد W1 (0.12، 0.15) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي .

وفي القطلب لوحظ تفوق قيم معدل النتج عند مستوى الإجهاد W4 (0.27، 0.31) ويليهِ مستوى الإجهاد W3 (0.25، 0.29) ويليهِ مستوى الإجهاد W2 (0.16، 0.20) ويليهِ مستوى الإجهاد W1 (0.10، 0.18) وذلك في المعاملتين L2,L1 على التوالي .

مما سبق نجد انخفاض قيم معدل النتج مع ازدياد شدة الإجهاد المائي وهذا يتوافق مع (Alexou، 2013 ؛ Villar-Salvador وآخرون ، 1999؛ Baquedano و Castillo، 2006)، ويعود السبب في ذلك إلى استجابة النباتات للإجهاد المائي عن طريق غلق الثغور استجابة لحمض الابسيسيك الذي ينقل إليها من الجذور عند استشعارها لانخفاض رطوبة التربة وذلك بهدف الحد من فقد الماء، إذ تعمل الثغور كممر لبخار الماء والأوكسجين وثنائي أكسيد الكربون وتتأثر بالعوامل البيئية التي تؤثر في الحالة المائية للنبات، وإن انغلاق الثغور يسبب نقص ثاني أكسيد الكربون، وإن نقص ثاني أكسيد الكربون ربما

يدفع الثغور إلى البقاء مفتوحة ولو بشكل جزئي للإبقاء على حد أدنى من البناء الضوئي، مما يحتم فقد الماء بالنتج ويؤثر في الحالة المائية (أبو جاد الله ، 2010 ؛ Pliakoni و Nanos، 2011)، ويؤكد هذه النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة بين معدل النتج ومعدل التمثيل الضوئي (0.65، 0.70، 0.42) في الصنوبر والسنديان والقلب على التوالي (ملحق 4).

الجدول 32. تأثير الإجهاد المائي في معدل النتج (غ / سم² / ساعة)

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
0.1	0.21	0.18 ^{bc}	0.11 ^{bc}	0.09	0.18	0.15 ^{bc}	0.12 ^{bc}	0.22	0.28	0.27 ^{bc}	0.24 ^{bc}	W1
0.15	0.22	0.20 ^b	0.16 ^b	0.11	0.19	0.18 ^b	0.14 ^b	0.25	0.32	0.31 ^b	0.29 ^b	W2
0.18	0.244	0.25 ^a	0.29 ^a	0.15	0.21	0.23 ^a	0.27 ^a	0.29	0.35	0.37 ^a	0.43 ^a	W3
0.2	0.246	0.27 ^a	0.31 ^a	0.17	0.42	0.26 ^a	0.29 ^a	0.24	0.4	0.42 ^a	0.48 ^a	W4
0.08	0.07	0.05	0.07	0.03	0.04	0.05	0.06	0.16	0.14	0.1	0.08	LSD _{0.05}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

2-5- تأثير الإجهاد المائي في محتوى اليخضور في الأوراق (%):

تبين بيانات الجدول 33 قيم متوسطات محتوى اليخضور في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (30) وجود فروقات معنوية بين متوسطات قيم محتوى اليخضور في أوراق الصنوبر وذلك في المعاملتين الضوئيتين L2, L1، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد وذلك في المعاملتين L4, L3، فقد لوحظ تفوق قيم اليخضور عند مستوى الإجهاد W4 (8.23، 10.81) و يليه مستوى الإجهاد W2 (7.31، 8.6) و يليه مستوى الإجهاد W2 (3.98، 6.98) و يليه مستوى الإجهاد W1 (3.04، 5.6) وذلك في المعاملتين L2, L1 على التوالي .

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (30) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي على محتوى اليخضور في الأوراق في المعاملات الضوئية L3, L2, L1، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4 وكانت أعلى قيمة لليخضور في مستوى الإجهاد W4 (10.5، 13.75، 18.35) و يليه

مستوى الإجهاد W3 (9.71، 13.7، 17.17) ويليهِ مستوى الإجهاد W2 (4.45، 11.44، 16.05) ويليهِ مستوى الإجهاد W1 (3.96، 10.17، 15.2)

وفي القطب يبين جدول تحليل التباين (30) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي وذلك في المعاملة الضوئية L2,L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي في المعاملة الضوئية L4,L3 وقد تفوقت قيم اليخضور عند مستوى الإجهاد W4 (7.36) على باقي مستويات الإجهاد في المعاملة الضوئية L1 ويليهِ مستوى الإجهاد W3 (6.11)، وكذلك الامر في المعاملة الضوئية L2 تفوقت قيم اليخضور عند مستوى الإجهاد W4 (9.08) يليهِ مستوى الإجهاد W3 (8.23) ويليهِ مستوى الإجهاد W2 (7.01) ويليهِ مستوى الإجهاد W1 (5.86)

لوحظ مما سبق انخفاض محتوى اليخضور مع زيادة شدة الإجهاد المائي وهذا يتفق مع دراسة (Valladares و Sanchez- gome، 2006) ويعود السبب في ذلك الى ان انزيمات هدم اليخضور تنشط تحت ظروف الإجهاد ويحدث تحور وتشوه في حجم البلاستيدات الخضراء و تشكلها، ونقص واضح في محتوى الكاروتين الذي له دور كبير في حماية اليخضور من الهدم تحت ظروف الإجهاد (صقر، 2010). والجدير بالذكر أن عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4,L3 في الصنوبر والقطب، وفي المعاملة الضوئية L4 في السنديان يدل على دور انخفاض الشدة الضوئية (التظليل) في التقليل من تأثير الإجهاد المائي وهذا ما سيتم توضيحه لاحقاً في التأثير المشترك لعاملَي الإجهاد المائي والشدة الضوئية. كما يمكن أن يعزى سبب عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة جداً (15%) إلى تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودية الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير للإجهاد المائي فيها لاسيما في الصنوبر والسنديان.

الجدول 33. تأثير الإجهاد المائي في محتوى اليخضور في الأوراق (%):

القطب				السنديان				الصنوبر				اليخضور
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	الشدة الضوئية الإجهاد المائي
11.17	12.06	5.86 ^c	2.86 ^d	14.44	15.20 ^{bc}	10.17 ^{bc}	3.96 ^{bc}	4.25	6.60	5.68 ^{bc}	3.04 ^{bc}	W1
11.21	12.31	7.01 ^b	3.94 ^c	15.42	16.05 ^b	11.44 ^b	4.45 ^b	4.45	6.85	6.98 ^b	3.98 ^b	W2
11.30	12.08	8.23 ^a	6.11 ^b	14.54	17.17 ^a	13.7 ^a	9.71 ^a	4.20	7.09	8.96 ^a	7.31 ^a	W3

11.20	12.13	9.08 ^a	7.36 ^a	15.14	18.35 ^a	13.75 ^a	10.50 ^a	4.00	7.50	10.81 ^a	8.23 ^a	W4
1.38	1.53	1.13	0.99	1.02	1.46	1.04	1.14	1.05	1.26	1.45	1.04	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-6- تأثير الإجهاد المائي في محتوى السكريات في الأوراق (%):

تبين بيانات الجدول 34 قيم متوسطات محتوى السكريات في الأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (31) وجود فروق معنوية بين قيم محتوى السكريات الذوابة في أوراق الصنوبر والسنديان في المعاملات الضوئية L1, L2, L3، ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد ضمن المعاملة الضوئية L4، ففي الصنوبر تفوق محتوى السكريات في مستوى الإجهاد W1 (4.47، 4.72، 5.02) ويليه W2 (4.56، 4.47، 4.19) و W3 (3.11، 4.19، 3.03) التي بدورها تفوقت على W4 (3.01، 4.05) وذلك في المعاملات الضوئية الثلاثة (L3, L2, L1) على التوالي.

وفي السنديان تفوقت قيمة السكريات الذوابة في مستوى الإجهاد W1 (3.92، 3.47، 3.33)، ويليه W2 (3.66، 3.34، 3.2)، ويليه W3 (2.74، 2.97، 3.05)، ويليه W4 (2.68، 2.85) وذلك في المعاملات الضوئية L1, L2, L3 على التوالي.

وفي القطب يبين جدول تحليل التباين (31) وجود فروق معنوية بين قيم محتوى السكريات في المعاملات الضوئية L1, L2، ولوحظ تفوق قيم محتوى السكريات في معاملة الإجهاد W1 (3.98، 3.71) على باقي المعاملات وتلتها المعاملة W2 (3.77، 3.2) وذلك في المعاملتين الضوئيتين L2, L1 على التوالي. بينما لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد في المعاملتين L4, L3 مع العلم أنه في المعاملة L3 تفوقت معاملة الإجهاد W1 (3.08) على باقي المعاملات أما في المعاملة L4 تفوقت معاملة الإجهاد W2 (2.53) على باقي المعاملات وبصورة غير معنوية.

ويعود سبب ارتفاع نسبة السكريات الذوابة في الأوراق في معاملة الإجهاد الشديد (25%) الى قيام النبات بتوليد آليات كوسيلة لتحمل الجفاف مثل زيادة تركيز بعض المركبات الذائبة والاحماض الامينية التي تزيد من ضغط امتلاء الخلايا (Abdalla و El-Khashiban، 2007)، حيث ترتبط القدرة على التعديل الحولي والفجوات بشكل كبير بزيادة كفاءة النبات على استخلاص كمية أكبر من مياه التربة (Morgan)

و (Condon، 1986). وتتفق هذه النتائج مع نتائج (Villar-Salvador وآخرون، 1999) و (Alexou، 2013) و (Jafarnia وآخرون، 2017) و (Wu وآخرون، 2013).

لاحظ (Bensari وآخرون، 1990) أن تحمل الجفاف قد يعود للاستعمال التدريجي للمدخرات النشوية؛ وأشار الكثير من الباحثين إلى الدور الوقائي الذي تلعبه السكريات الذائبة على مستوى الأنظمة الغشائية بصفة عامة والأغشية الميتوكوندرية بصفة خاصة، بالإضافة إلى ذلك فإن السكريات الذائبة تساهم في حماية التفاعلات المؤدية إلى تركيب الأنزيمات الشيء الذي يسمح للنبات بتحمل أفضل لتأثيرات الجفاف (Bamoun، 1997)، كما يختلف تركيز السكريات في الخلايا عند التعرض للإجهاد، إذ يتم تقييد التركيب الضوئي وخفض مستوياته وبالتالي خفض تركيز السكريات إلى حد معين ممكن أن يصل إلى مستوى منخفض جداً في الأنواع الحساسة للإجهاد، ولكن عند حدوث الإجهاد فإن الأنواع النباتية التي تبدي نوعاً من التأقلم يحدث فيها تحول النشاء إلى سكريات مما يؤدي إلى زيادة تراكم السكريات في الخلايا (Pattanagul و Thitisaksakul، 2008)، (Thitisaksakul وآخرون، 2017)، كما يعمل الجفاف على تنشيط أنزيمات تحلل النشاء مما يؤدي إلى زيادة السكريات (Dong و Beckles، 2019).

علماً أن عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية L4 في الصنوبر والسنديان والمعاملتين L3, L4 في القطلب يدل على دور انخفاض الشدة الضوئية (التظليل) في التقليل من تأثير الإجهاد المائي وهذا ما سيتم توضيحه لاحقاً في التأثير المشترك لعامل الإجهاد المائي والشدة الضوئية. كما يمكن أن يعزى سبب عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة جداً (15%) إلى تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودة الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير للإجهاد المائي فيها لاسيما في الصنوبر والسنديان.

الجدول 34. تأثير الإجهاد المائي في محتوى السكريات في الأوراق (%)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
2.53	3.08	3.71 ^a	3.98 ^a	2.50	3.33 ^a	3.47 ^a	3.92 ^a	2.91	3.67 ^a	4.72 ^a	5.02 ^a	W1

2.53	3.03	3.20 ^b	3.77 ^a	2.49	3.20 ^a	3.34 ^a	3.66 ^a	2.92	3.21 ^b	4.47 ^a	4.56 ^b	W2
2.5	2.98	2.90 ^b	2.71 ^b	2.56	3.05 ^b	2.97 ^b	2.74 ^b	2.88	3.03 ^b	4.19 ^b	3.11 ^c	W3
2.5	2.9	2.79 ^{bc}	2.52 ^b	2.51	3.00 ^{bc}	2.85 ^b	2.68 ^b	2.89	3.01 ^b	4.05 ^{bc}	3.01 ^c	W4
0.11	0.18	0.36	0.27	0.18	0.16	0.19	0.34	0.19	0.2	0.28	0.36	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-7- تأثير الاجهاد المائي في معدل التمثيل الضوئي (غ/م²/يوم) :

تبين بيانات الجدول 35 قيم متوسطات معدل التمثيل الضوئي في الأنواع المدروسة، يبين جدول تحليل التباين (32) وجود تأثير معنوي للاجهاد المائي في كفاءة التمثيل الضوئي لدى الصنوبر وذلك في المعاملات الضوئية L3, L2, L1 ولم يكن هناك فروق معنوية في المعاملة L4، فقد لوحظ تفوق قيم كفاءة التمثيل الضوئي عند مستوى الاجهاد W4 (7.95، 9.8، 6.34) ذلك في المعاملات L3, L2, L1 على التوالي ويليه مستوى الاجهاد W3 (6.05، 8.16، 4.53) ويليه مستوى الاجهاد W2 (-10.12، -7.17، -4.55) ويليه مستوى الاجهاد W1 (-12.07، -10.09، -6.73) وذلك في المعاملات L3, L2, L1 على التوالي

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (32) وجود تأثير معنوي للاجهاد المائي في كفاءة التمثيل الضوئي وذلك في المعاملة الضوئية L3 فقط ولم يكن هناك فروق معنوية في باقي المعاملات وقد بلغت اعلى قيمة لكفاءة التمثيل الضوئي في المعاملة الضوئية L3 عند مستوى الاجهاد W4 (2.99) ويليه W3 (1.99) ويليه مستوى الاجهاد W2 (1.39) ويليه W1 (-0.5).

وفي القطلب يبين جدول تحليل التباين (32) وجود تأثير معنوي للاجهاد المائي في كفاءة التمثيل الضوئي في المعاملة L1، ولم يكن هناك فروق معنوية في باقي المعاملات حيث تفوقت قيم كفاءة التمثيل الضوئي في المعاملة L1 عند مستوى الاجهاد W4 (1.57) ويليه مستوى الاجهاد W3 (-2.11) ويليه مستوى الاجهاد W3 (-4.44) ويليه مستوى الاجهاد W1 (-8.78).

لوحظ مما سبق انخفاض قيمة معدل التمثيل الضوئي مع ازدياد شدة الاجهاد المائي حيث يعبر مؤشر كفاءة التمثيل الضوئي عن مقدار الزيادة في المادة الجافة لكل وحدة مساحة من المسطح الورقي في وحدة الزمن ويتعلق نمو وتطور النبات بشكل كامل بمحصلة عملية التمثيل الضوئي لذلك فان انتاجية

النبات يعبر عنها بغلة التمثيل الكلية للنبات مطروحا منها الفاقد في عملية التنفس (Sharma – Natu، Ghildiyal، 2005). ويعزى انخفاض قيمة هذا المؤشر في ظروف الاجهاد المائي الى انخفاض معدل نمو النبات وانغلاق المسام ما يرفع من درجة حرارة النبات وقلة التبادل الغازي وبالتالي انخفاض كمية غاز CO₂ اللازمة لانتاج المادة الجافة (Nanos، Pliakoni، 2011). ولوحظ أن تأثير الإجهاد في المعاملات الضوئية المنخفضة يكون ضعيفاً بسبب حدوث تثبيط أو بطء في النمو النباتات بسبب محدودية الإضاءة (Sanchez- Gomes وآخرون، 2006). ووجدت علاقة ارتباط بين التمثيل الضوئي من جهة والمساحة الورقية ومعدل النمو النسبي من جهة أخرى حيث بلغت قيمة معامل الارتباط في الصنوبر (0.84، 0.85) على التوالي. وفي السنديان بلغت قيمة معامل الارتباط (0.71، 0.83) وفي القطلب (0.82، 0.92) (ملحق 4). وعموماً ممكن أن يعزى التراجع في المؤشرات المختلفة للنباتات تحت ظروف الاجهاد المائي الى الاشارات التي تقوم الجذور بإرسالها وهي اشارات هيدروليكية تتمثل بانخفاض ضغط عصارة الخشب نتيجة عجز الجذور عن امتصاص الماء من التربة مما يؤدي الى نقص كمية الماء المتاح للورقة من أوعية الخشب واشارات حيوية تتمثل ببعض الهرمونات النباتية واهمها حمض الابسيسيك الذي يرسله الجذر ايضا خلال الخشب الى الاوراق مما يؤدي الى العديد من الاستجابات في الاوراق (أبو جاد الله، 2010)، حيث تعد المنطقة الميرستيمية للجذور مصدر العديد من منظمات النمو في النبات ولذلك فان الاشارات الهرمونية المرسله من قبل الجذور تكون قادرة على تقليل النمو قبل ظهور الأذى المرئي الذي يسببه الإجهاد (Gowing وآخرون، 1993).

الجدول 35. تأثير الاجهاد المائي في كفاءة التمثيل الضوئي (غ/م²/يوم)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
1.64	1.44	-5.79	-8.78 ^{bc}	1.03	-0.51	-1.10	-3.42	-1.10	-6.73 ^{bc}	-10.09 ^{bc}	-12.07 ^{bc}	W1
1.67	1.85	-3.51	-4.44 ^b	1.21	1.39	-0.83	-1.08	2.99	-4.55 ^b	-7.17 ^b	-10.12 ^b	W2
2.01	2.14	-0.16	-2.11 ^a	1.59	2.10	1.96	0.99	3.00	4.53 ^a	8.16 ^a	6.05 ^a	W3
2.44	2.65	1.92	1.57 ^a	1.97	5.85	3.76	1.22	3.01	6.34 ^a	9.89 ^a	7.95 ^a	W4
2.50	2.40	7.29	4.47	2.49	3.40	3.76	5.81	4.76	4.34	6.84	10.95	LSD _{0.01}

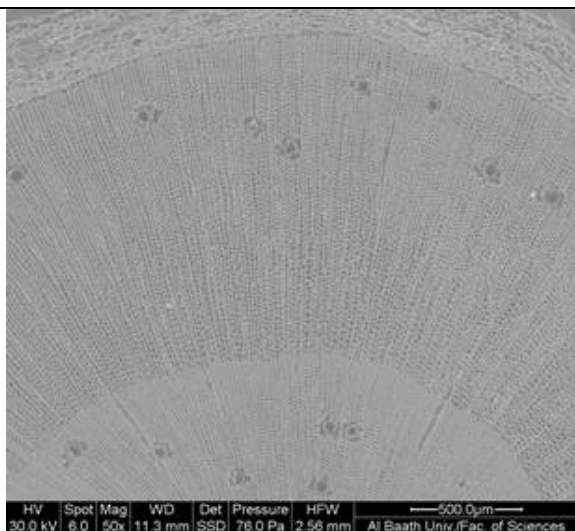
3- تأثير الإجهاد المائي في الخصائص التشريحية للنبات:

3-1- تأثير الإجهاد المائي في كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة (وعاء / المساحة)

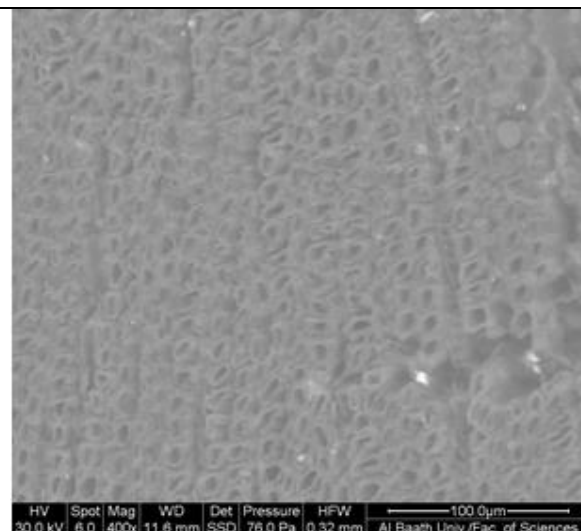
تبين بيانات الجدول 36 قيم متوسطات كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة في الأنواع المدروسة، ويبين جدول تحليل التباين (33) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة في الأنواع الثلاثة، ففي الصنوبر بلغت أعلى قيمة لكثافة التراكيدات في المعاملة L1W2 (91.5) وذلك في المعاملة الضوئية L1 وأعلى قيمة في المعاملة L2W4 (95) في المعاملة الضوئية L2، كما أن أعلى قيمة لكثافة التراكيدات سجلت في المعاملة L3W1 (87.5) في المعاملة الضوئية L3 وأعلى قيمة كانت في المعاملة L4W1 (85.5) في المعاملة الضوئية L4.

وفي السنديان سجلت أعلى قيمة لكثافة الأوعية في المعاملة L1W4 (55.5) في المعاملة الضوئية L1، وأعلى قيمة في المعاملة الضوئية L2 كانت في المعاملة L2W4 (51.5) كما إن أعلى قيمة في المعاملة الضوئية L3 كانت في المعاملة L3W1 (39) وكانت أعلى قيمة في المعاملة الضوئية L4 في المعاملة L4W4 (33)

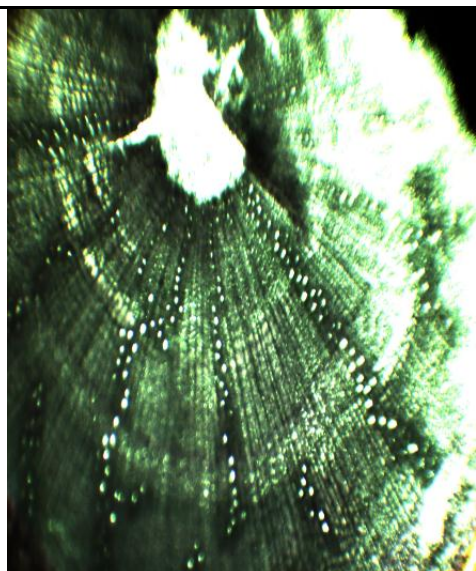
وفي القطلب بلغت أعلى قيمة لكثافة الأوعية في المعاملة الضوئية L1 في المعاملة L1W4 (66.5) وأعلى قيمة في المعاملة الضوئية L2 كانت في المعاملة L2W3 (65.5) وأعلى قيمة في المعاملة الضوئية L3 كانت في المعاملة L3W3 (75.5) وأعلى قيمة في المعاملة الضوئية L4 كانت في المعاملة L4W4 (90.5). نجد مما سبق تفاوت استجابة مؤشر كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة تجاه الإجهاد المائي ولم يكن هناك فروق جوهرية في كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة بين النباتات تحت مستويات الإجهاد المختلفة في الأنواع المدروسة وتبين عموماً انخفاض كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة في مستوى الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية) في الشدة الضوئية الكاملة والمتوسطة (100، 50%)، وربما يعود ذلك إلى أن انخفاض رطوبة التربة بسبب الإجهاد المائي تؤدي إلى خلل في تركيب الوعاء الناقل يؤثر على جدرانها وانكماشها وعدم قدرتها على القيام بوظيفتها، أو ربما يعود سبب الاختلاف في عدد التراكيدات/الأوعية إلى أسباب وراثية تتعلق بالفرد. ويبين الشكل 19 تداعي جدران التراكيدات بسبب شدة الإجهاد المائي في الشدة الضوئية الكاملة. وتبين الأشكال 20، 21، 22، 23، 24 مقاطع عرضية للصنوبر والسنديان والقطلب مأخوذة بالمجهر الإلكتروني والضوئي.



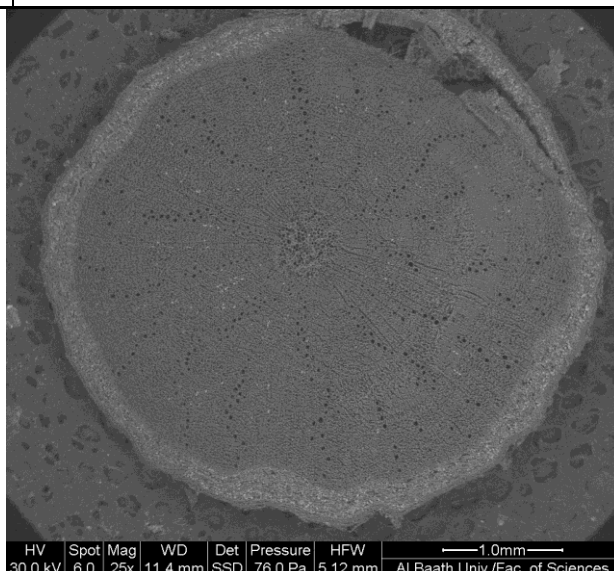
الشكل 20 مقطع عرضي في ساق الصنوبر توضح التراكيبات والقنوات الراتنجية (تكبير 50)



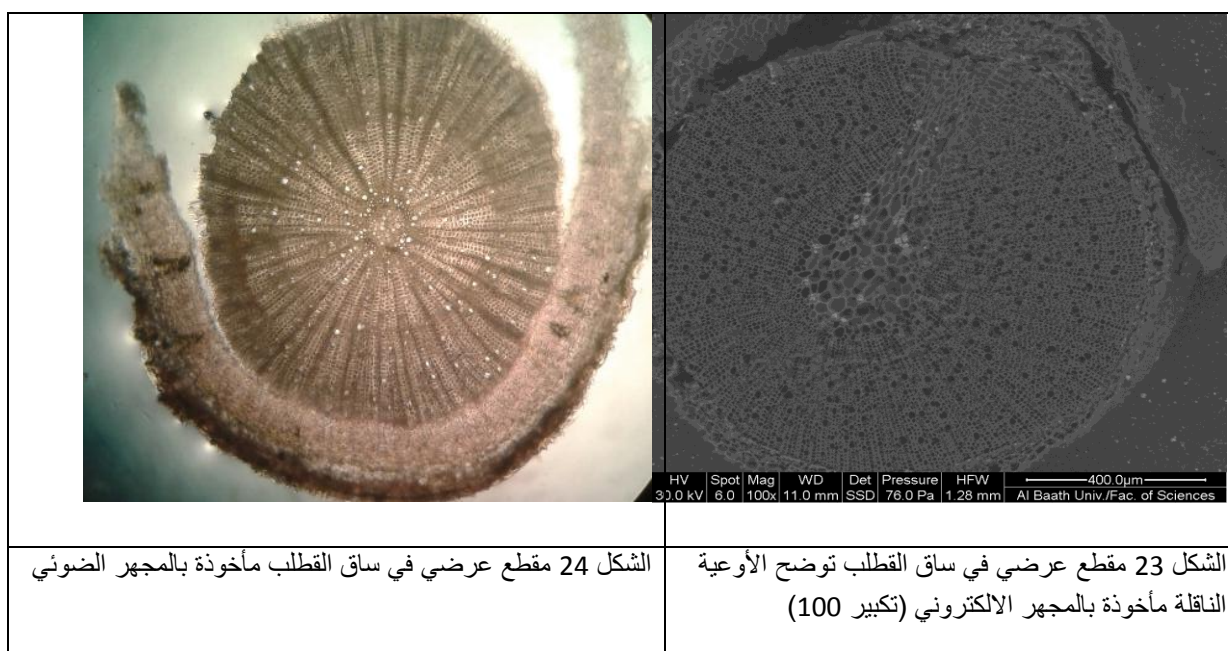
الشكل 19 تداعي جدران التراكيبات نتيجة ظروف الإجهاد الشديد (25% من السعة الحقلية والشدة الضوئية 100%) (تكبير 400)



الشكل 22 مقطع عرضي في ساق السنديان مأخوذة بالمجهر الضوئي



الشكل 21 مقطع عرضي في ساق السنديان توضح الأوعية الناقلة مأخوذة بالمجهر الالكتروني (تكبير 25)



الشكل 24 مقطع عرضي في ساق القطلب مأخوذة بالمجهر الضوئي

الشكل 23 مقطع عرضي في ساق القطلب توضح الأوعية الناقلة مأخوذة بالمجهر الإلكتروني (تكبير 100)

الجدول 36 تأثير الإجهاد المائي في كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة (وعاء / المساحة)

القطلب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
85.5	65	51	50	25	39	41	53	85.5	87.5	85	82.5	W1
89.5	63.5	58	51.5	29	30.5	46.5	52.5	83.5	84.5	91.5	91.5	W2
88	75.5	65.5	64	22.5	32.5	42.5	51	82	84	93.5	89	W3
90.5	74.5	63	66.5	33	27	51.5	55.5	83	85	95	91	W4
13.71	14.46	12.28	14.37	9.35	10.54	11.15	19.39	15.78	19.12	21.47	14.74	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

3-2- تأثير الإجهاد المائي في قطر التراكيدات/الأوعية الناقلة (um):

تبين بيانات الجدول 37 قيم متوسطات أقطار التراكيدات/الأوعية الناقلة في الأنواع المدروسة وبين جدول تحليل التباين (34) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في أقطار التراكيدات في الصنوبر وذلك في المعاملتين L2, L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملتين L4, L3، وقد لوحظ تفوق أقطار التراكيدات عند مستوى الإجهاد W4 (24.56، 21.29) وذلك في المعاملتين L2, L1 على

التوالي ويليه مستوى الإجهاد W3 (19.94، 18.23) ويليه مستوى الإجهاد W2 (12.31، 13.15) ويليه مستوى الإجهاد W1 (7.73، 10.59) وذلك في المعاملتين L2, L1 على التوالي.

وفي السنديان يبين جدول تحليل التباين (34) وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي أقطار الأوعية الناقلة في المعاملة الضوئية L1 ولم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد المائي في المعاملات L4, L3, L2، وقد لوحظ تفوق أقطار الأوعية الناقلة عند مستوى الإجهاد W4 (31.86) في المعاملة الضوئية L1، ويليه مستوى الإجهاد W3 (27.21) ويليه مستوى الإجهاد W2 (22.93) ويليه مستوى الإجهاد W1 (19.79). وفي المعاملة الضوئية L2 لوحظ أيضاً تفوق قيم أقطار الأوعية الناقلة في مستوى الإجهاد W4 (27.72) وكانت أدنى قيمة في W1 (21.19)

وفي القطب يبين جدول تحليل التباين (34) عدم وجود تأثير معنوي للإجهاد المائي في أقطار الأوعية الناقلة في المعاملات الضوئية الأربعة، وعموماً كانت أعلى القيم في مستوى الإجهاد W4 (8.84، 10.31) وأدنى القيم في مستوى الإجهاد W1 (6.16، 7.84) وذلك في المعاملتين L2, L1 على التوالي.

نجد مما سبق أن زيادة شدة الإجهاد المائي أدت إلى انخفاض أقطار التراكيدات / الأوعية الناقلة وهذا يتوافق مع (Schweingruber وآخرون، 2006؛ Twumasi وآخرون، 2005)، إذ أن تعرض النباتات للإجهاد المائي يسبب انخفاض في قطر الوعاء الناقل مما يضعف الناقلية المائية ضمن خشب الساق إضافة إلى تعرض الوعاء الناقل إلى الانسداد (Embolism) بسبب دخول فقاعات الهواء وحدوث انقطاع عمود الماء فيها مما يعرض القناة الناقلة إلى خلل وظيفي بشكل دائم أو مؤقت (Tyree و Dixon، 1983)

الجدول 37 تأثير الإجهاد المائي في قطر التراكيدات/ الأوعية الناقلة (um).

القطب				السنديان				الصنوبر				الشدة الضوئية الإجهاد المائي
L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	L4	L3	L2	L1	
12.34	11.17	7.84	6.16	24.04	23.06	21.19	19.79 ^{cd}	13.05	13.07	10.59 ^{bc}	7.73 ^{bc}	W1

12.98	12.1	8.93	7.66	25.16	25.3	23.64	22.93 ^c	13.79	14.04	13.15 ^b	12.31 ^b	W2
11.33	10.8	9.8	8.17	22.51	25.32	27	27.21 ^b	11.69	15.07	18.23 ^a	19.94 ^a	W3
12.79	12.37	10.31	8.84	24.46	24.84	27.72	31.86 ^a	12.42	13.52	21.29 ^a	24.56 ^a	W4
4.88	4.4	2.93	3.63	7.91	8.29	6.55	4.13	3.53	3.03	4.35	5.14	LSD _{0.01}

* تدل الأحرف المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

ثالثاً- دراسة التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والخصائص التشريحية:

1- دراسة التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المؤشرات المورفولوجية

1-1- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المساحة الورقية (سم²):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المساحة الورقية (0.05 > sig.)، ويبين الجدول 38 قيم متوسطات المساحة الورقية، ويبين جدول تحليل التباين (35) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة.

وقد تراوحت القيم في الصنوبر بين (0.65) في المعاملة L1W1 و (1.16) في المعاملة L2W4. ولوحظ أن أعلى القيم للمساحة الورقية في مستوى الإجهاد W1 سجلت في المعاملة L4W1 (0.96) وأدنى قيمة في L1W1 (0.65)، كما أن أعلى قيمة للمساحة الورقية في مستوى الإجهاد W2 كانت في المعاملة L3W2 (1.01) وأدنى قيمة في L1W1 (0.79)، أما في باقي مستويات الإجهاد فقد تحققت أعلى قيمة للمساحة الورقية في المعاملة الضوئية L3 وأدنى القيم في المعاملة الضوئية L4.

وفي السنديان تراوحت القيم بين (3.34) في المعاملة L1W1 و (10.3) في المعاملة L3W4 وسجلت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L3 عند جميع مستويات الإجهاد L3W4 (10.3)، L3W3 (9.81)، L3W2 (9.09) و L3W1 (8.62)، أما أدنى القيم فكانت في المعاملة الضوئية L1 وعند جميع مستويات الإجهاد.

وفي القطلب تراوحت القيم بين (1.06) في المعاملة L1W1 و (2.16) في المعاملة L3W4 وسجلت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L3 عند جميع مستويات الإجهاد. L3W4 (2.16)، L3W3 (2.02)،

L3W2 (1.95)، L3W1 (1.83). بينما تم تسجيل أدنى القيم في المعاملة الضوئية L1 وعند جميع مستويات الإجهاد.

ومما سبق نجد أن تخفيف الشدة الضوئية إلى (15%) ساهم برفع قيمة المساحة الورقية عند مستوى الإجهاد الشديد (25 % من السعة الحقلية) في الصنوبر، أما عند مستوى الإجهاد (50% من السعة الحقلية) فإن تخفيف الشدة الضوئية إلى (30%) ساهم بتحقيق أعلى قيمة. أما في مستوى الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية فكان تخفيف الإضاءة إلى 50 % كافياً لتحقيق أعلى القيم في المساحة الورقية في الصنوبر. أما في السنديان والقطلب فإن تخفيف الشدة الضوئية إلى (30%) ساهم في تحقيق أعلى القيم للمساحة الورقية وذلك في جميع مستويات الإجهاد. وبالتالي فإن التظليل ساهم بتخفيف الأثر السلبي للإجهاد وهذا يتوافق مع (Sperlich وآخرون، 2015)

1-2- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في نسبة المساحة الورقية (سم²/ غ).

بين تحليل التباين الثنائي عدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في نسبة المساحة الورقية في الأنواع الثلاثة. ففي الصنوبر تراوحت نسبة المساحة الورقية بين (0.06) في المعاملة L1W1 و (0.12) في المعاملة L2W4. وفي السنديان تراوحت القيم بين (0.45) في المعاملة L1W1 و (1.11) في المعاملة L3W4. وفي القطلب تراوحت القيم بين (0.39) في المعاملة L1W1 و (0.76) في المعاملة L3W4.

لوحظ مما سبق أن أدنى قيمة لنسبة المساحة الورقية كانت في ظروف الإضاءة الكاملة والإجهاد المائي الشديد (25% من السعة الحقلية) حيث ساهم ارتفاع الشدة الضوئية بشكل أو بآخر في زيادة أثر الجفاف

1-3- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في سماكة الأوراق (مم):

بين تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في سماكة الأوراق ($0.01 > \text{sig.}$) في الصنوبر والسنديان، وعدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في القطلب ($0.01 < \text{sig.}$)، ويبين الجدول 39 قيم متوسطات سماكة الأوراق، ويبين جدول تحليل التباين (36) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة في الصنوبر والسنديان.

تراوحت القيم في الصنوبر بين (0.34) في المعاملة L4W1 و(0.76) في المعاملة L1W4، وكانت أعلى قيمة عند مستوى الإجهاد W2,W1 في المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملات L2W1 (0.68)، L2W2 (0.6). أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فكانت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W3 (0.74) و L1W4 (0.76) وكانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L4 وذلك في كل مستويات الإجهاد.

وفي السنديان تراوحت القيم بين (0.41) في المعاملة L1W1 و(0.7) في المعاملة L1W، وكانت أعلى قيمة عند مستوى الإجهاد W2,W1 في المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملات L2W1 (0.52) و L2W2 (0.56) وكانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W1 (0.41) و L1W2 (0.5). أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فكانت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W3 (0.7) و L1W4 (0.68) و يليه المعاملة L2 أي في المعاملات L2W3 (0.64) و L2W4 (0.58).

أما في القطلب بين التحليل الإحصائي عدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في سماكة الأوراق ($0.01 < \text{sig.}$)، وقد تراوحت القيم بين (0.22) في المعاملة L4W4 و (0.32) في المعاملة L1W1.

نستنتج مما سبق أن الشدة الضوئية الكاملة ساهمت بزيادة تأثير الإجهاد وتراجع وتدهور نمو النبات بشكل عام وبالتالي تراجع سماكة الورقة فيه وذلك في الصنوبر والسنديان وذلك في مستوى الإجهاد الشديد و المتوسط (25، 50% من السعة الحقلية)، بينما انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% ساهم بزيادة سماكة الأوراق من خلال تخفيف تأثير الإجهاد في نفس ظروف الإجهاد، أما في معاملات الإجهاد المنخفض والمعاملات المروية ف لوحظ ارتفاع سماكة الأوراق وذلك في المعاملات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100، 50%). أما في القطلب فلم يلحظ تأثير واضح للتفاعل المشترك بين الإجهاد المائي والشدة الضوئية.

1-4- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في ارتفاع النبات (سم):

بيّن تحليل التباين الثنائي عدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في مؤشر ارتفاع النبات ($0.05 < \text{sig.}$) وعموماً تراوحت قيم ارتفاع نباتات الصنوبر بين (40.2) في المعاملة L1W1

و(64.4) في المعاملة L2W4، وفي السنديان تراوحت القيم بين (39) في المعاملة L1W2 وبين (71.1) في المعاملة L4W2، وفي القطب تراوحت قيم الارتفاع بين (11.58) في المعاملة L4W3 و(4.8) في المعاملة L1W2.

1-5- التأثير المشترك الإجهاد المائي والشدة الضوئية في قطر النبات (مم):

بيّن تحليل التباين الثنائي عدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في مؤشر قطر النبات ($0.05 < \text{sig.}$). وقد تراوحت قيم أقطار نباتات الصنوبر بين (3.21) في المعاملة L4W1 و(7.84) في المعاملة L1W4. وفي السنديان تراوحت قيم أقطار النباتات بين (3.84) في المعاملة L4W1 و(7.67) في المعاملة L1W3. وفي القطب تراوحت قيم أقطار النباتات بين (0.85) في المعاملة L4W2 و(1.12) في المعاملة L1W4.

الجدول 38 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المساحة الورقية (سم²).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	0.65 ^b	0.79 ^b	1.08 ^a	1.11 ^a	0.92 ^a	0.99 ^a	1.14 ^a	1.16 ^a	0.95 ^a	1.010 ^a	1.05 ^a	1.06 ^a	0.96 ^a	0.97 ^a	0.97 ^a	0.96 ^a	0.218
السنديان	3.34 ^{gh}	3.84 ^g	4.58 ^g	5.10 ^{ef}	6.17 ^{de}	7.44 ^d	7.97 ^c	8.56 ^b	8.62 ^b	9.09 ^a	9.81 ^a	10.30 ^a	7.43 ^d	7.94 ^c	8.58 ^b	7.94 ^c	1.280
القطلب	1.06 ^{de}	1.21 ^c	1.29 ^c	1.35 ^c	1.16 ^{cd}	1.24 ^c	1.41 ^c	1.49 ^c	1.83 ^a	1.95 ^a	2.02 ^a	2.16 ^a	1.52 ^{bc}	1.74 ^b	1.85 ^a	1.93 ^a	0.302

* تدل الأحرف المختلفة في السطر الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

الجدول 39 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في سماكة الأوراق (مم).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.05}
الصنوبر	0.41 ^e	0.56 ^c	0.74 ^a	0.76 ^a	0.68 ^b	0.6 ^b	0.71 ^b	0.70 ^b	0.47 ^d	0.57 ^c	0.56 ^c	0.54 ^c	0.34 ^f	0.37 ^e	0.42 ^e	0.35 ^f	0.044
السنديان	0.41 ^e	0.50 ^d	0.70 ^a	0.68 ^a	0.52 ^d	0.56 ^c	0.64 ^b	0.58 ^c	0.50 ^d	0.53 ^d	0.56 ^c	0.55 ^c	0.48 ^d	0.54 ^c	0.57 ^c	0.54 ^{cd}	0.028
القطلب	0.32	0.31	0.32	0.30	0.28	0.29	0.26	0.27	0.24	0.25	0.26	0.24	0.23	0.25	0.23	0.22	0.0360

* تدل الأحرف المختلفة في السطر الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

1-6- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للمجموع الهوائي (غ):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المجموع الرطب للمجموع الهوائي ($0.01 > \text{sig.}$) في الصنوبر والسنديان بينما لم يكن هناك تأثير تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المجموع الرطب للمجموع الهوائي في القطلب. ويبين الجدول 40 قيم متوسطات الوزن الرطب للمجموع الهوائي ويبين جدول تحليل التباين (37) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة في الصنوبر والسنديان.

ففي الصنوبر تراوحت القيم بين (7.09) في المعاملة L1W1 و(30.66) في المعاملة L2W4. وسجلت أعلى القيم في المعاملة L2W4 (30.66) ويليه المعاملة L2W3 (26.12) ويليه المعاملة L1W4 (25.06) ويليه المعاملة L1W3 (22.4) ولدى مقارنة القيم في مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية الأربعة فقد تفوقت المعاملة L2W1 (14.49) ويليه المعاملة L3W1 (14.3) ويليه المعاملة L4W1 (10.66) ويليه المعاملة L1W1 (7.09). ولدى مقارنة القيم في مستوى الإجهاد W2 بين المعاملات الضوئية الأربعة كانت أعلى قيمة L2W2 (19.12) وأدنى قيمة L1W2 (8.85)، وبالتالي استطاع الصنوبر تحمل ظروف الإجهاد المائي الشديد والمتوسط (25%، 50% من السعة الحقلية) ضمن ظروف الإضاءة المتوسطة (50% من الإشعاع الشمسي). أما في مستوى الإجهاد W3 فكان أعلى وزن في المعاملة L2W3 (26.16) ويليه L1W3 (22.04). وفي مستوى الإجهاد W4 فكان أعلى وزن في المعاملة L2W4 (26.16) ويليه L1W4 (22.04) وكانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L4 وذلك في مستويي الإجهاد W3, W4.

وفي السنديان تراوحت قيم الوزن الرطب للمجموع الهوائي بين (5.06) في المعاملة L1W1 و(17.67) في المعاملة L2W4 وسجلت أعلى القيم في المعاملات L2W4 (17.67) و L2W3 (14.89) و L3W4 (13.98) و L3W3 (13.16). ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية الأربعة كانت أعلى قيمة في المعاملة L3W1 (9.62) وأدنى قيمة في المعاملة L1W1 (5.06). وعند مستوى الإجهاد W2 فكانت أعلى قيمة في المعاملة L3W2 (12.15) وأدنى قيمة في المعاملة L1W2 (5.82) وبالتالي استطاع السنديان تحمل ظروف الإجهاد الشديد والمتوسط (25%، 50% من السعة الحقلية) ضمن ظروف الإضاءة المنخفضة (30%). أما في مستوى الإجهاد W3 فكان أعلى وزن في المعاملة L2W3 (14.89) ويليه L3W3 (13.16). وفي مستوى الإجهاد W4

فكان أعلى وزن في المعاملة L2W4 (17.67) ويليه L3W4 (13.98) وكانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L4 وذلك في مستويي الإجهاد W3,W4.

وفي القطلب تراوحت قيم الوزن الرطب للمجموع الهوائي بين (4.06) في المعاملة L3W2 و(1.25) في المعاملة L1W1 وسجلت أعلى القيم في المعاملة L3W2 (4.06) و L3W3 (3.98) والمعاملة L3W4 (3.75)

بينت النتائج السابقة أن زيادة الشدة الضوئية وزيادة شدة الاجهاد المائي (25% من السعة الحقلية) أدت إلى انخفاض الوزن الرطب للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة بينما ساعد تخفيف الشدة الضوئية إلى (50% في الصنوبر و30% في السنديان) إلى ارتفاع الوزن الرطب في مستوى الإجهاد الشديد والمتوسط (25%، 50% من السعة الحقلية)، مما خفف من تأثير الإجهاد. أما في ظروف الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية فإن تخفيف الشدة الضوئية إلى 50% ساهم في زيادة الوزن في الصنوبر ويليه الشدة الضوئية الكاملة. وفي السنديان فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% و30% ساهم في زيادة الوزن الرطب للمجموع الهوائي.

1-7- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للمجموع الهوائي (غ):

بين تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المجموع الجاف للمجموع الهوائي ($0.01 > \text{sig.}$) في الصنوبر والسنديان، بينما لم يكن هناك تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المجموع الرطب للمجموع الهوائي في القطلب. ويبين الجدول 41 قيم متوسطات الوزن الجاف للمجموع الهوائي ويبين جدول تحليل التباين (37) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة في الصنوبر والسنديان.

ففي الصنوبر تراوحت القيم بين (4.87) في المعاملة L1W1 و(19.19) في المعاملة L2W4 وسجلت أعلى القيم في المعاملة L2W4 (19.19) و L2W3 (18.7) و L1W4 (14.83) و L1W3 (14.11). وعند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 كانت أعلى قيمة في المعاملة L2W1 (9.75) أدنى قيمة في المعاملة L1W1 (4.87)، ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W2 كانت أعلى قيمة في المعاملة L2W2 (15.99) وأدنى قيمة في المعاملة L1W2 (7.03). وبالتالي استطاع الصنوبر تحمل ظروف الإجهاد المائي الشديد والمتوسط (25%، 50% من السعة الحقلية) ضمن ظروف

الإضاءة المتوسطة (50% من الإشعاع الشمسي). أما في مستوى الإجهاد W3 فكان أعلى وزن في المعاملة L2W3 (18.7) ويليه L1W3 (14.11). وفي مستوى الإجهاد W4 فكان أعلى وزن في المعاملة L2W4 (19.19) ويليه L1W4 (14.83) وكانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L4 وذلك في مستويي الإجهاد W3,W4.

وفي السنديان تراوحت القيم بين المعادلة L1W1 (4.28) والمعاملة L2W4 (13.57) وقد سجلت أعلى القيم في المعاملة L3W4 (13.57) والمعاملة L2W3 (11.05) والمعاملة L3W4 (9.84) والمعاملة L3W3 (9.71) ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 في المعاملات الضوئية تبين أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L3W1 (6.22) وأدنى قيمة L1W1 (4.28). وكذلك الأمر عند مستوى الإجهاد W2 فقد سجلت أعلى قيمة عند المعاملة L3W2 (8.42) وأدنى قيمة L1W2 (4.68) وهنا استطاع السنديان تحمل ظروف الإجهاد الشديد والمتوسط (25%، 50% من السعة الحقلية) في ظروف الإضاءة المنخفضة (30%)، أما في مستوى الإجهاد W3 فكان أعلى وزن في المعاملة L2W3 (11.05) ويليه L3W3 (9.71). وفي مستوى الإجهاد W4 فكان أعلى وزن في المعاملة L2W4 (13.57) ويليه L3W4 (9.84) وكانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L4 وذلك في مستويي الإجهاد W3,W4.

وفي القطب قد تراوحت القيم بين (0.77) في المعاملة L1W2 و(2.7) في المعاملة L3W2. وسجلت أعلى القيم في المعاملة L3W2 (2.7) والمعاملة L3W3 (2.69) و L3W4 (2.56).

بينت النتائج السابقة أن زيادة الشدة الضوئية وزيادة شدة الاجهاد المائي (25% من السعة الحقلية) أدت إلى انخفاض الوزن الرطب للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة بينما ساعد تخفيف الشدة الضوئية إلى (50% في الصنوبر و30% في السنديان) إلى ارتفاع الوزن الرطب في مستوى الإجهاد الشديد والمتوسط (25%، 50% من السعة الحقلية) أما في ظروف الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية فإن تخفيف الشدة الضوئية إلى 50% ساهم في زيادة الوزن في الصنوبر ويليه الشدة الضوئية الكاملة. وفي السنديان فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% 30% ساهم في زيادة الوزن الرطب للمجموع الهوائي.

الجدول 40 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للمجموع الهوائي (غ).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	7.09 ^h	8.85 ^h	22.40 ^c	25.06 ^b	14.49 ^f	19.12 ^{cd}	26.16 ^b	30.66 ^a	14.3 ^f	16.82 ^{de}	17.88 ^{de}	21.07 ^c	10.66 ^g	10.94 ^g	10.97 ^g	11.37 ^g	2.29
السنديان	5.06 ^h	5.82 ^h	10.58 ^{cd}	11.72 ^c	6.76 ^g	10.87 ^{cd}	14.89 ^b	17.67 ^a	9.62 ^{de}	12.15 ^c	13.16 ^b	13.98 ^b	7.35 ^g	7.25 ^g	7.22 ^g	7.92 ^{ef}	1.72
القطلب	1.25	1.53	2.07	2.36	1.41	1.66	2.26	2.38	3.80	4.06	3.98	3.75	2.93	2.80	3.15	2.93	0.85

الجدول 41 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للمجموع الهوائي (غ).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	4.87 ^h	7.03 ^{gh}	14.11 ^b	14.83 ^b	9.75 ^{ef}	15.99 ^b	18.70 ^a	19.19 ^a	8.97 ^g	11.47 ^{de}	12.12 ^{cd}	13.32 ^{bc}	7.98 ^g	8.88 ^g	8.66 ^g	8.56 ^g	2.22
السنديان	4.28 ^g	4.68 ^{ef}	7.77 ^{cd}	8.62 ^c	4.91 ^{ef}	7.15 ^{cd}	11.05 ^b	13.57 ^a	6.99 ^{cd}	8.42 ^c	9.71 ^b	9.84 ^b	6.19 ^{de}	6.78 ^{cd}	6.01 ^{de}	6.3 ^{de}	1.61
القطلب	0.74	0.77	1.01	1.16	.73	0.81	1.17	1.53	2.39	2.70	2.69	2.56	1.88	1.78	2.14	1.83	0.84

* تدل الأحرف المختلفة في الصف الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

1-8- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للجذور ($0.01 > \text{sig.}$). ويبين الجدول 42 قيم متوسطات الوزن الرطب للجذور، ويبين جدول تحليل التباين (38) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة.

فقد تراوحت القيم في الصنوبر بين (1.68) في المعاملة L4W4 و(16.87) في المعاملة L1W2، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W2 (16.87) والمعاملة L1W3 (16.33) و L1W4 (14.65) والمعاملة L2W1 (12.58) ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية لوحظ أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L2W2 (12.58) ويليه L1W1 (12.31)، حيث تراجع نمو الجذور مع زيادة الشدة الضوئية بسبب تراجع نمو النبات بشكل عام في مستوى الإجهاد الشديد والشدة الضوئية الكاملة. وكانت أدنى قيمة في المعاملة L4W1 (2.67) والمعاملة L3W1 (7.17) أما في مستوى الإجهاد W2 فكانت أعلى قيمة L1W2 (16.37) ويليه المعاملة L2W2 (10.78).

وفي السنديان تراوحت القيم بين (6.16) في المعاملة L4W4 و (19.44) في المعاملة L1W2، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W2 (19.44) ويليه المعاملة L1W3 (18.19) و L1W4 (18.08). ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 وبين المعاملات الضوئية لوحظ أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L2W1 (16.04) ويليه المعاملة L1W1 (15.39) حيث تراجع نمو الجذور بسبب تراجع نمو النبات بشكل عام في هذه المستوى من الإجهاد والشدة الضوئية، وكانت أدنى قيمة في المعاملة L3W1 (13.66) و L4W1 (6.84) أما في مستوى الإجهاد W2 فكانت أعلى قيمة في L1W2 (19.44) ويليه المعاملة L2W2 (14.8).

وفي القطلب تراوحت القيم بين (1.4) في المعاملة L1W1 و (4.46) في المعاملة L2W1 وسجلت أعلى القيم في المعاملة L2W1 (4.46) والمعاملة L1W2 (3.84) و L1W3 (3.84) وعند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 لوحظ أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L1W2 (4.46) وأدنى قيمة كانت في المعاملة L1W1 (1.4) بسبب تراجع نمو النبات بشكل عام في هذا المستوى من الإجهاد والشدة الضوئية. بينما كانت أعلى قيمة في مستوى الإجهاد W2 كانت أعلى قيمة في المعاملة L2W1 (3.84) وأدنى قيمة في المعاملة L4W1 (1.98)

1-9- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للجذور ($0.01 > \text{sig.}$). ويبين الجدول 43 قيم متوسطات الوزن الجاف للجذور، ويبين جدول تحليل التباين (38) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة.

تراوحت القيم في الصنوبر بين (1.46) في المعاملة L4W4 و(13.93) في المعاملة L1W2، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W2 (13.93) والمعاملة L1W3 (13.23) و L1W4 (12.36) والمعاملة L2W1 (10.16). ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية لوحظ أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L2W2 (10.16) ويليه L1W1 (9.4)، حيث تراجع نمو الجذور مع زيادة الشدة الضوئية بسبب تراجع نمو النبات بشكل عام في مستوى الإجهاد الشديد والشدة الضوئية الكاملة. وكانت أدنى قيمة في المعاملة L4W1 (2.08) والمعاملة L3W1 (5.94)، أما في مستوى الإجهاد W2 فكانت أعلى قيمة L1W2 (13.93) ويليه المعاملة L2W2 (8.9).

وفي السنديان تراوحت القيم بين (4.79) في المعاملة L4W3 و (13.14) في المعاملة L1W2، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W2 (13.14) ويليه المعاملة L2W1 (13.07) و L1W3 (12.32). ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 وبين المعاملات الضوئية لوحظ أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L2W1 (13.07) ويليه المعاملة L1W1 (10.38)، حيث تراجع نمو الجذور بسبب تراجع نمو النبات بشكل عام في هذه المستوى من الإجهاد والشدة الضوئية، وكانت أدنى قيمة في المعاملة L3W1 (10.58) و L4W1 (5.06) أما في مستوى الإجهاد W2 فكانت أعلى قيمة في L1W2 (13.14) ويليه المعاملة L2W2 (12.05).

وفي القطلب تراوحت القيم بين (0.8) في المعاملة L1W1 و(3.19) في المعاملة L2W1 وسجلت أعلى القيم في المعاملة L2W1 (3.19) والمعاملة L1W2 (2.48) و L1W3 (2.38)، وعند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 لوحظ أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L1W2 (3.19) وأدنى قيمة كانت في المعاملة L1W1 (0.8) بسبب تراجع نمو النبات بشكل عام في هذا المستوى من الإجهاد والشدة الضوئية. بينما كانت أعلى قيمة في مستوى الإجهاد W2 كانت أعلى قيمة في المعاملة L2W1 (2.48) وأدنى قيمة في المعاملة L4W1 (1.05).

نجد مما سبق أن وزن الجذور الرطب والجاف ازداد مع زيادة الشدة الضوئية والإجهاد المائي، إذ أن زيادة الكتلة الجذرية في مثل هذه الظروف تعوض الخسائر الناتجة عن النتج العالي ويزيد من القدرة على امتصاص الماء (Popma ،Bongers ،1990)، علماً أنه حصل تراجع في وزن الجذور في ظروف الإجهاد المائي الشديد (25% من السعة الحقلية) والشدة الضوئية الكاملة، بسبب تراجع نمو النبات بشكل عام وهذا يتوافق مع (CarraI ،2015). وبالمقابل تم تسجيل أخفض قيم لوزن الجذور في المعاملة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30%، 15%)، إذ أن الظل ساهم في تحسين الحالة المائية للنبات وبالتالي عدم حاجته لتعمق جذوره بشكل كبير وعدم الزيادة في كتلته.

الجدول 42 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	12.31 ^c	16.87 ^a	16.33 ^a	14.65 ^b	12.58 ^c	10.78 ^{cd}	7.92 ^e	7.46 ^e	7.17 ^e	6.26 ^{ef}	5.34 ^g	3.89 ^g	2.67 ^{gh}	2.12 ⁱ	2.046 ⁱ	1.68 ⁱ	1.54
السنديان	15.39 ^b	19.44 ^a	18.19 ^a	18.08 ^a	16.04 ^b	14.8 ^b	13.28 ^c	13.13 ^d	13.66 ^c	12.23 ^d	12.18 ^d	11.15 ^{de}	6.84 ^f	7.6 ^f	6.33 ^f	6.16 ^f	1.43
القطلب	1.4 ^c	3.84 ^a	3.49 ^a	3.36 ^a	4.46 ^a	3.07 ^a	2.55 ^c	2.47 ^c	2.8a ^b	2.64 ^d	2.45 ^d	2.24 ^d	1.98 ^e	1.95 ^e	1.8 ^e	1.77 ^e	0.89

الجدول 43 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	9.40 ^b	13.93 ^a	13.23 ^a	12.36 ^a	10.16 ^b	8.90 ^b	6.08 ^c	5.61 ^c	5.94 ^c	5.03 ^c	4.66 ^c	3.26 ^{cd}	2.00 ^e	1.68 ^e	1.66 ^e	1.46 ^e	1.70
السنديان	10.38 ^c	13.14 ^a	12.32 ^a	11.94 ^a	13.07 ^a	12.05 ^a	9.94 ^c	9.73 ^c	10.58 ^{ab}	8.22 ^d	8.17 ^d	8.14 ^d	5.06 ^e	5.82 ^e	4.79 ^e	4.95 ^e	1.43
القطلب	0.80 ^g	2.48 ^a	2.36 ^b	2.18 ^b	3.19 ^a	2.38 ^b	1.88 ^c	1.77 ^{cd}	1.85 ^c	1.92 ^c	1.85 ^{cd}	1.71 ^{de}	1.01 ^f	1.05 ^f	1.00 ^f	1.15 ^f	0.75

* تدل الأحرف المختلفة في الصف الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

10-1- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للأوراق (غ):

بين تحليل التباين الثنائي عدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للأوراق في الصنوبر ($0.01 < \text{sig.}$)، بينما تبين وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في وزن الأوراق الرطب في السنديان و القطلب ($0.01 > \text{sig.}$)، ويبين الجدول 44 قيم متوسطات وزن الأوراق الرطب ويبين جدول تحليل التباين (39) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة، وبدون فروق معنوية في الصنوبر.

وعموماً تراوحت القيم في الصنوبر بين (0.59) في المعاملة L1W1 (0.91) في المعاملة L2W4. وتراوحت القيم في السنديان بين (0.09) في المعاملة L1W1 و(1.15) في المعاملة L3W4. وسجلت أعلى القيم في المعاملة L3W4 (1.15) ويليه المعاملة L3W3 (1.03) ويليه المعاملة L2W4 (0.97) ويليه المعاملة L3W2 (0.89). كما لوحظ ارتفاع القيم في المعاملة الضوئية L3 عند كل مستويات الإجهاد وأدنى قيمة كانت في المعاملة الضوئية L1 عند كل مستويات الإجهاد.

وفي القطلب تراوحت القيم بين (0.026) في المعاملة L1W1 (0.409) في المعاملة L4W4 وسجلت أعلى القيم في المعاملة L4W4 (0.409) و L3W4 (0.387) و L4W3 (0.372) و L3W3 (0.348). كما لوحظ ارتفاع القيم في المعاملة الضوئية L4 عند كل مستويات الإجهاد وأدنى القيم كانت في المعاملة L1 عند كل مستويات الإجهاد.

11-1- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للأوراق (غ):

بين تحليل التباين الثنائي عدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للأوراق في الصنوبر ($0.01 < \text{sig.}$)، بينما تبين وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في وزن الأوراق الجاف في السنديان والقطلب ($0.01 > \text{sig.}$). ويبين الجدول 45 قيم وزن الأوراق الرطب ويبين جدول تحليل التباين (39) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة، وبدون فروق معنوية في الصنوبر.

وعموماً تراوحت القيم في الصنوبر بين (0.505) في المعاملة L1W1 (0.69) في المعاملة L2W3.

وفي السنديان بين التحليل الإحصائي وجود فني السنديان تراوحت القيم بين (0.08) في المعاملة L1W1 و (0.92) في المعاملة L3W4. وسجلت أعلى القيم في المعاملة L3W4 (0.92) ويليه المعاملة L2W4 (0.862) ويليه المعاملة L3W3 (0.85) ويليه المعاملة L4W4 (0.77)، كما لوحظ ارتفاع القيم في المعاملة الضوئية L3 عند كل مستويات الإجهاد وأدنى قيمة كانت في المعاملة الضوئية L1 عند كل مستويات الإجهاد .

وفي القطلب تراوحت القيم بين (0.017) في المعاملة L1W1 (0.218) في المعاملة L4W4 وسجلت أعلى القيم في المعاملة L4W4 (0.218) و L3W4 (0.215) و L4W3 (0.209) و L4W2 (0.205). كما لوحظ ارتفاع القيم في المعاملة الضوئية L4 عند كل مستويات الإجهاد وأدنى القيم كانت في المعاملة L1 عند كل مستويات الإجهاد.

ومما سبق نجد أن الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30%، 15%) أدت إلى تقليل تأثير الجفاف في السنديان والقطلب وذلك في جميع مستويات الإجهاد وعلى العكس فإن الشدة الضوئية الكاملة والمتوسطة (50%، 100%) عملت على زيادة تأثير الجفاف وتمثل ذلك بانخفاض وزن الأوراق في الشدات الضوئية الكاملة والمتوسطة ضمن ظروف الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية) وهذا يتوافق مع دراسة (Bunker وآخرون، 2005)

12-1- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النمو النسبي (غ/يوم):

بين تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النمو النسبي ($0.01 > \text{sig.}$) في الصنوبر والسنديان وعدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في القطلب ($0.01 < \text{sig.}$). ويبين الجدول 46 قيم متوسطات معدل الماء النسبي ويبين جدول تحليل التباين (40) وجود فروق معنوية بين هذه القيم في المعاملات المطبقة في الصنوبر والسنديان.

ففي الصنوبر تراوحت قيم معدل النمو النسبي بين (-0.028) في المعاملة L1W1 و (0.0031) في المعاملة L2W4، وسجلت أعلى المعدلات في المعاملات L2W4 (0.0031) ويليه L1W4 (0.0029) و L4W2 (0.0028)

ووجد أن أعلى قيمة لمعدل النمو النسبي في مستوى الإجهاد W1 كان في الشدة الضوئية L4 (-0.001) وأدنى قيمة كان في الشدة الضوئية L1 أي في المعاملة L1W1 (-0.028). أما في

مستوى الإجهاد W2 فقد تحققت أعلى قيمة في الشدة الضوئية L2 (0.0028) وأدنى قيمة كانت في الشدة الضوئية L1 أي في المعاملة L1W2 (-0.0177)، أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فقد ارتفعت قيمة معدل النمو النسبي في الشدة الضوئية L2 أي في المعاملات L2W3 (0.0022) والمعاملة L2W4 (0.0031) ويليه الشدة الضوئية L2 أي في المعاملات L1W3 (0.0016) والمعاملة L1W4 (0.0029)

وفي السنديان تراوحت القيم بين (-0.0219) في المعاملة L2W1 و(0.0062) في المعاملة L2W4 وسجلت أعلى المعدلات في المعاملات L2W4 (0.0062) و L3W4 (0.0043) و L3W3 (0.0039). وتبين أن أعلى قيمة لمعدل النمو النسبي في مستوى الإجهاد W1 تحققت في الشدة الضوئية L4 (0.0009) وأدنى قيمة في الشدة الضوئية L1 (-0.0219)

وكذلك الأمر تحقق أعلى معدل عند مستوى الإجهاد W2 في الشدة الضوئية L4 (0.0036) وأدنى قيمة في الشدة الضوئية L1 أي في المعادلة L1W2 (-0.015). أما في مستوى الإجهاد W3 فكان أعلى معدل في الشدة الضوئية L3 أي في المعاملة L3W3 (0.0039) ويليه الشدة الضوئية L2 أي في المعاملة L2W3 (0.0005) وفي الظروف المروية كانت أعلى قيمة لمعدل النمو النسبي في الشدة الضوئية L2 (0.0062) ويليه الشدة الضوئية L3 (0.0043).

أما في القطلب وقد تراوحت القيم بين (-0.0152) في المعاملة L2W1 و(0.0103) في المعاملة L3W3.

مما سبق نجد أن زيادة الشدة الضوئية أدى إلى تفاقم تأثير الإجهاد المائي وأدى تخفيف الإضاءة إلى (30 %، 15 %) إلى حدوث زيادة في معدلات النمو النسبي وخاصة في مستويات الإجهاد الشديد والمتوسط (25 %، 50 % من السعة الحقلية). أما في الظروف المروية وظروف الإجهاد المنخفض (75 % من السعة الحقلية) نجد أن الصنوبر استطاع أن يحقق أعلى معدل نمو نسبي في الشدات الضوئية المتوسطة (50 %) والكاملة (100 %). أما في السنديان فقد استطاع أن يحقق أعلى معدل نمو نسبي في الشدة الضوئية المنخفضة (30 %) وفي ظروف الإجهاد المنخفض (75 % من السعة الحقلية)، واستطاع أن يحقق أعلى نمو في الشدة الضوئية المتوسطة (50 %) في الظروف المروية. وفي القطلب لوحظ أن انخفاض الشدة الضوئية ساهم أيضاً في تخفيف تأثير الإجهاد المائي إذ كانت أعلى المعدلات

في الشدات الضوئية المنخفضة المنخفضة جداً (30%، 15%) وذلك في جميع مستويات الإجهاد. وبالتالي نجد أن تأثير الإجهاد في معدل النمو النسبي كان أعلى في الإضاءة المرتفعة مقارنة بالظل وهذا يتوافق مع (Sanchez – Gomez وآخرون 2006).

الجدول 44 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الرطب للأوراق (غ).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	0.590	0.600	0.770	0.790	0.840	0.850	0.900	0.910	0.710	0.720	0.740	0.750	0.680	0.700	0.706	0.710	0.099
السنديان	0.090 ^k	0.53 ^{gh}	0.68 ^{ef}	0.83 ^d	0.32 ^l	0.82 ^d	0.86 ^d	0.97 ^b	0.60 ^{ef}	0.89 ^b	1.03 ^a	1.15 ^a	0.57 ^{fg}	0.71 ^{de}	0.740 ^{de}	0.87 ^c	0.140
القطلب	0.026 ^h	0.061 ^{gh}	0.073 ^{fg}	0.093 ^e	0.071 ^{fg}	0.083 ^e	0.171 ^d	0.186 ^d	0.143 ^e	0.243 ^{bc}	0.348 ^a	0.387 ^a	0.154 ^e	0.294 ^b	0.372 ^a	0.409 ^a	0.082

الجدول 45 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الوزن الجاف للأوراق (غ).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	.5050	.5370	.6630	.6720	.6510	.6660	.6970	.6903	.6080	.6153	.6460	.6580	.5960	.5910	.5950	.6090	0.1100
السنديان	0.08 ^g	0.430 ^f	0.55 ^d	0.71 ^b	0.23 ^g	0.65 ^{bc}	0.760 ^a	0.86 ^a	0.53 ^e	0.71 ^b	0.85 ^a	0.92 ^a	0.43 ^f	0.63 ^{bc}	0.66 ^{bc}	0.77 ^a	0.1500
القطلب	0.017 ^{bc}	0.041 ^b	0.048 ^b	0.056 ^b	0.045 ^b	0.051 ^b	0.053 ^b	0.063 ^b	0.046 ^b	0.184 ^a	0.203 ^a	0.215 ^a	0.086 ^b	0.205 ^a	0.209 ^a	0.218 ^a	0.0560

الجدول 46 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النمو النسبي (غ/يوم).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	-0.0280 ^d	-0.0177 ^c	0.0016 ^a	0.0029 ^a	-0.0156 ^c	-0.0018 ^a	0.0022 ^a	0.0031 ^a	-0.0081 ^b	-0.0012 ^a	0.0002 ^a	0.0028 ^a	-0.0001 ^a	0.0028 ^a	0.0021 ^a	0.0017 ^a	0.0047
السنديان	-0.0181 ^d	-0.0157 ^d	-0.0012 ^a	0.0016 ^a	-0.0219 ^{de}	-0.0114 ^{bc}	0.0005 ^a	0.0062 ^a	-0.0051 ^b	0.0001 ^a	0.0039 ^a	0.0043 ^a	0.0009 ^a	0.0036 ^a	0.0003 ^a	0.0015 ^a	0.0071
القطلب	-0.0117	-0.0108	-0.0032	0.0007	-0.0152	-0.0120	-0.0017	0.0056	0.0067	0.01023	0.0104	0.0091	0.0060	0.0046	0.0100	0.0063	0.0124

2- دراسة التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في المؤشرات الفيزيولوجية:

2-1- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء النسبي في الأوراق (%):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء النسبي في الأوراق ($0.01 > \text{sig.}$) في الصنوبر والسنديان، وعدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في القطلب ($0.01 < \text{sig.}$)، ويبين الجدول 47 قيم متوسطات محتوى الماء النسبي ويبين جدول تحليل التباين (41) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة في الصنوبر والسنديان.

ففي الصنوبر تراوحت القيم بين (41.09) في المعاملة L1W1 و (83.98) في المعاملة L2W4. وعند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W2, W1 بين المعاملات الضوئية المطبقة لوحظ أن محتوى الماء النسبي كان مرتفعاً في المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملة L2W1 (73.5) و L2W2 (78.81) بينما انخفض محتوى الماء النسبي في المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W1 (41.09) و L1W2 (58.83). أما في مستوى الإجهاد W4, W3 لوحظ أن محتوى الماء النسبي كان مرتفعاً في المعاملة L2 أي في المعاملات L2W3 (78.89) و L2W4 (83.98) ويليه المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W3 (69.01) والمعاملة L1W4 (75.17)

وفي السنديان تراوحت القيم بين (22.71) في المعاملة L1W1 و (74.97) في المعاملة L3W4 ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 سجلت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L3 في مستوى الإجهاد W2, W1 أي في المعاملات L3W1 (45.67) و L3W2 (58.45) ويليه المعاملة الضوئية L4 أي في المعاملات L4W1 (37.91) و L4W2 (39.34). أما في مستوى الإجهاد W4, W3 فسجلت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L3 أي في المعاملات L3W3 (62) و L3W4 (74.97) ويليه المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملات L2W3 (46.14) و L2W4 (53.66) بينما سجلت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L1 وذلك في جميع مستويات الإجهاد .

وفي القطلب تراوحت القيم بين (30.38) في المعاملة L1W1 و (67.34) في المعاملة L4W4.

2-2- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء المطلق في الأوراق :

تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء المطلق في الأوراق ($0.01 > \text{sig.}$) في الصنوبر والسنديان، وعدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية

في القطب ($0.01 < \text{sig.}$)، ويبين الجدول 48 قيم متوسطات محتوى الماء المطلق ويبين جدول تحليل التباين (41) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة في الصنوبر والسنديان.

ففي الصنوبر تراوحت القيم بين (329.29) في المعاملة L1W1 و(811.5) في المعاملة L2W4، وعند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W2,W1 بين المعاملات الضوئية المطبقة لوحظ أن محتوى الماء المطلق كان مرتفعاً في المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملة L2W1 (500.65) و L2W2 (521.69) بينما انخفض محتوى الماء المطلق في المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W1 (329.29) و L1W2 (390.48). أما في مستوى الإجهاد W4,W3 لوحظ أن محتوى الماء المطلق كان مرتفعاً في المعاملة L2 أي في المعاملات L2W3 (764.2) و L2W4 (811.5) ويليه المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W3 (652.16) والمعاملة L1W4 (656.8)

وفي السنديان تراوحت القيم بين (26.67) في المعاملة L1W1 و(161.09) في المعاملة L3W4 ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 سجلت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L3 في مستوى الإجهاد W2,W1 أي في المعاملات L3W1 (75.92) و L3W2 (89.6) ويليه المعاملة الضوئية L4 أي في المعاملات L4W1 (56.55) و L4W2 (76.56). أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فسجلت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L3 أي في المعاملات L3W3 (107.66) و L3W4 (74.97) ويليه المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملات L2W3 (83.98) و L2W4 (138.46)، بينما سجلت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L1 وذلك في جميع مستويات الإجهاد .

وفي القطب تراوحت القيم بين (52.1) في المعاملة L1W1 و (126.49) في المعاملة L4W4.

مما سبق نجد أن الشدة الضوئية المرتفعة أدت إلى انخفاض محتوى الماء النسبي والمطلق في كل الأنواع، ولكن استطاع الصنوبر أن يحقق أعلى محتوى للماء النسبي والمطلق في المعاملة الضوئية المتوسطة (50 %) وذلك في كل مستويات الإجهاد. أما السنديان فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% أدى إلى ارتفاع محتوى الماء النسبي والمطلق وذلك في جميع مستويات الإجهاد. وفي القطب فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 15% أدى إلى ارتفاع محتوى الماء النسبي والمطلق في جميع مستويات الإجهاد. وعموماً فإن انخفاض الشدة الضوئية يؤدي إلى تحسين الحالة المائية في النباتات وهذا يتوافق مع (Callaway، 1995)

الجدول 47 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء النسبي في الأوراق (%).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	41.09 ^c	58.83 ^b	69.01 ^a	75.17 ^a	73.5 ^a	78.81 ^a	78.89 ^a	83.98 ^a	62.28 ^b	67.12 ^a	67.73 ^a	68.25 ^a	58.82 ^b	60.32 ^b	63.59 ^b	66.65 ^a	17.4500
السنديان	22.71 ^f	30.58 ^e	41.03 ^c	45.84 ^b	24.2 ^f	45 ^b	46.14 ^b	53.66 ^b	45.67 ^b	58.45 ^a	62 ^a	74.97 ^a	37.61 ^d	39.34 ^c	43.97 ^b	46.7 ^b	34.8500
القطلب	30.38	37.26	48.84	52.38	39.44	41.28	52.9	58.8	46.56	53.38	62.44	63.5	52.88	54.51	64.68	67.34	14.9000

الجدول 48 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى الماء المطلق في الأوراق (%).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	329.29 ^c	390.48 ^c	652.16 ^a	656.89 ^a	500.65 ^a	521.69 ^a	764.2 ^a	811.5 ^a	379.1 ^c	498.72 ^a	608.9 ^a	636.16 ^a	373.86 ^c	430.21 ^b	441.85 ^b	522.89 ^a	309.24
السنديان	26.67 ^d	63.3 ^c	75.38 ^b	109.64 ^a	27.47 ^d	78.48 ^b	83.98 ^b	138.46 ^a	75.92 ^b	89.6 ^b	107.66 ^a	161.09 ^a	56.55 ^c	76.56 ^b	79.36 ^b	113.23 ^a	64.32
القطلب	52.10	60.16	75.81	87.52	62.62	72.08	82.57	94.88	71.66	81.52	85.72	99.09	90.42	100.42	107.04	126.49	64.59

* تدل الأحرف المختلفة في الصف الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

2-3- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الاستهلاك المائي للنبات (غ/سا):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الاستهلاك المائي للنبات ($0.01 > \text{sig.}$) ويبين الجدول 49 قيم متوسطات الاستهلاك المائي في ويبين جدول تحليل التباين (42) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة.

ففي **الصنوبر** تراوحت القيم بين (0.033) في المعاملة L4W2 و (0.129) في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (0.129)، L2W4 (0.104) و L1W3 (0.1) و L2W3 (0.095)، ولوحظ أن أعلى قيمة للاستهلاك المائي عند مستوى الإجهاد W1 كانت في المعاملة L3W1 (0.066) ويليه L2W1 (0.054) ويليه L1W1 (0.041) ويليه L4W1 (0.037). وفي مستوى الإجهاد W2 كانت أعلى القيم في المعاملة L3W2 (0.75) ويليه L2W2 (0.7) ويليه L2W1 (0.058) ويليه L4W2 (0.033)، أما في مستوى الإجهاد W4, W3 فكانت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L2, L1 وأدنى القيم في المعاملة L4, L3.

وفي **السنديان** تراوحت القيم بين (0.025) في المعاملة L4W1 و (0.133) في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (0.133) و L1W3 (0.125) و L2W4 (0.12) و L3W4 (0.116)، ولوحظ أن أعلى قيمة للاستهلاك المائي عند مستوى الإجهاد W1 كانت في المعاملة L3W1 (0.087) ويليه L2W1 (0.07) ويليه L1W1 (0.062) ويليه L4W1 (0.025). وفي مستوى الإجهاد W2 لوحظ تفوق المعاملة L3W2 (0.1) يليه المعاملة L2W2 (0.091) ويليه المعاملة L1W2 (0.079) ويليه المعاملة L4W2 (0.043)، أما في مستوى الإجهاد W2, W1 فلوحظ أن أعلى القيم كانت في المعاملة الضوئية L2, L1 وأدنى القيم في المعاملة الضوئية L4, L3.

وفي **القطلب** تراوحت القيم بين (0.012) في المعاملة L4W1 و (0.082) في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (0.082) و L1W4 (0.073) و L2W4 (0.072) و L2W3 (0.064)، ولوحظ أن أعلى قيمة عند مستوى الإجهاد المائي W1 كانت في المعاملة L3W1 (0.043) ويليه L2W1 (0.035) ويليه L1W1 (0.027) ويليه L4W1 (0.012)، وفي مستوى الإجهاد W2 لوحظ أن أعلى قيمة كانت في المعاملة L3W2 (0.051) ويليه L2W2 (0.044) ويليه

L1W2 (0.035) ويلييه L4W2 (0.025)، أما في المستويات W4,W3 ف لوحظ أن أعلى القيم كانت في المعاملة الضوئية L2,L1 وأدنى القيم في المعاملة L4,L3.

نجد مما سبق أن زيادة الشدة الضوئية أدت إلى انخفاض استهلاك الماء من قبل النبات مع زيادة الإجهاد المائي (25، 50% من السعة الحقلية) بينما أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى الشدة الضوئية المنخفضة (30%) إلى زيادة الاستهلاك المائي عند نفس مستوى الإجهاد.

وعند انخفاض شدة الإجهاد المائي إلى المستوى المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية فإن استهلاك المياه ازداد في ظروف الإضاءة الكاملة والمتوسطة (50%) وانخفضت في ظروف الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30، 15%) علماً أنه في الشدة الضوئية المنخفضة جداً (15%) تراجعت قيم الاستهلاك المائي إذ سجلت أدنى القيم في هذه الظروف من الشدة الضوئية ويعود السبب في ذلك إلى انخفاض معدل النتج والاستهلاك المائي للنبات وعموماً ارتبط الاستهلاك المائي للنبات بمعدل النتج ارتباطاً موجباً ومعنوياً فبلغت قيمة معامل الارتباط في الصنوبر (0.97) وفي السنديان (0.77) وفي القطلب (0.92) (ملحق 4).

2-4- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النتج (غ/سم²/ساعة).

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النتج ($0.01 > \text{sig.}$) ويبين الجدول 50 قيم متوسطات معدل النتج ويبين جدول تحليل التباين (43) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة.

ففي الصنوبر تراوحت القيم بين (0.22) في المعاملة L4W1 و(0.48) في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (0.48)، L1W3 (0.43)، L2W4 (0.42)، L3W4 (0.40)، ولوحظ أن أعلى قيمة لمعدل النتج عند مستوى الإجهاد W1 كانت في المعاملة L3W1 (0.28) ويلييه المعاملة L2W1 (0.27) ويلييه L1W1 (0.24) ويلييه L4W1 (0.22)، كما لوحظ أن أعلى قيمة لمعدل النتج عند مستوى الإجهاد W2 كانت في المعاملة L3W2 (0.32) يليه L2W2 (0.31) ويلييه L1W2 (0.29) ويلييه L4W2 (0.25)، أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فكانت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L1 ويلييه L2.

وفي السنديان تراوحت القيم بين (0.09) في المعاملة L4W1 و(0.29) في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (0.29) و L1W3 (0.27) و L2W4 (0.26) و L3W4 (0.24)، ولوحظ أن أعلى معدل نتح عند مستوى الإجهاد W1 كان في المعاملة L3W1 (0.18) ويليه L2W1 (0.15) ويليه L1W1 (0.12) ويليه L4W1 (0.09)، كما لوحظ أن أعلى قيمة لمعدل النتح عند مستوى الإجهاد W2 كان في المعاملة L3W2 (0.19) يليه L2W2 (0.18) ويليه L1W2 (0.14) ويليه L4W2 (0.11)، أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فكانت أعلى القيم في المعاملات الضوئية L2,L1.

وفي القطلب تراوحت القيم بين (0.10) في المعاملة L4W1 و (0.31) في المعاملة L1W4 وسجلت أعلى القيم لمعدل النتح في المعاملات L1W4 (0.31) و L1W3 (0.29) و L2W4 (0.27) و L2W3 (0.25)، ولوحظ أن أعلى قيمة لمعدل النتح عند مستوى الإجهاد W1 كانت في المعاملة L3W1 (0.21) ويليه المعاملة L2W1 (0.18) ويليه L1W1 (0.11) ويليه L4W1 (0.10)، وفي مستوى الإجهاد W2 كانت أعلى قيمة في المعاملة L3W2 (0.22) ويليه L2W2 (0.2) ويليه L1W2 (0.16) ويليه L4W2 (0.15)، أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فكانت أعلى القيم في المعاملات الضوئية L2,L1.

نجد مما سبق أن زيادة الشدة الضوئية أدى إلى زيادة تأثير الجفاف مما أدى إلى استجابة النباتات عن طريق غلق ثغورها وانخفاض معدل النتح (علماً أنه يحدث أحياناً فقد للمياه عن طريق التبخر المباشر من الأوراق أو النتح الأدمي) وبالمقابل فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% أدى إلى زيادة معدل النتح بسبب تخفيف شدة الإجهاد إذ انخفض معدل النتح في ظروف الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية) والشدة الضوئية الكاملة والمتوسطة 50%، وبالمقابل فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% أدى إلى زيادة معدل النتح وذلك في ظروف الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية)، مع العلم أن انخفاض الإضاءة إلى الشدة الضوئية المنخفضة جداً (15%) أدى ذلك إلى تراجع معدل النتح فيها في جميع مستويات الإجهاد وذلك بسبب توفر بيئة الظل وبالتالي ارتفاع رطوبة الهواء وانخفاض درجة الحرارة نسبياً مما يؤدي إلى انخفاض معدل النتح في مثل هذه الظروف (صهيوني 2003).

كما أدى تراجع الإجهاد المائي عند مستوى الإجهاد المنخفض (75 % من السعة الحقلية) والظروف المروية إلى زيادة معدل النتج مع زيادة الشدة الضوئية إلى 50 % والشدة الضوئية الكاملة وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة نسبياً وبالتالي ارتفاع معدل النتج. ويتأثر النتج عموماً بالأشعة الشمسية فهي الدافع والمحرك الرئيسي لفتح وغلق المسامات، كما يتأثر بالرطوبة أي رطوبة كل من التربة والهواء والتوازن القائم بينهما. وتلعب درجة حرارة الوسط دوراً مميزاً في عملية النتج إذ بارتفاعها تنخفض نسبة الرطوبة في الجو فيزداد النتج من النبات وهذه الزيادة قد تؤدي إلى ذبول النبات ومن ثم موته في حال عدم وجود محتوى أرضي كافٍ من الماء (نصير، 1982)

وتتفق النتائج السابقة مع Aranda وآخرين (2005) الذين وجدوا أن الناقلية المسامية كانت مرتفعة في المعاملة الضوئية 50% مقارنة بالمعاملة 2% في الظروف المروية وانخفضت القيم في الظروف المجهدة، وتتفق مع دراسة Quero وآخرين (2006) الذين وجدوا أن قيم الناقلية المسامية كانت مرتفعة في الإضاءة المرتفعة وتليها الإضاءة المتوسطة ومن ثم المنخفضة وذلك في الظروف المروية، ولكن في الظروف المجهدة أدى انخفاض الإضاءة إلى (3%) إلى ارتفاع قيم الناقلية المسامية وهذا لا يتفق مع ما تم التوصل إليه في هذه الدراسة فيما يتعلق بالشدة الضوئية المنخفضة جداً (15%).

الجدول 49 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الاستهلاك المائي للنبات (غ/ سا).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.05}
الصنوبر	0.041 ^h	0.058 ^e	0.1 ^b	0.129 ^a	0.054 ^e	0.070 ^d	0.095 ^b	0.104 ^b	0.066 ^d	0.075 ^{bc}	0.083 ^b	0.087 ^b	0.037 ^h	0.033 ⁱ	0.05 ^f	0.045 ^{fg}	0.021
السنديان	0.062 ^g	0.079 ^e	0.125 ^a	0.133 ^a	0.070 ^{ef}	0.091 ^c	0.112 ^a	0.120 ^a	0.087 ^d	0.1 ^b	0.104 ^b	0.116 ^a	0.024 ⁱ	0.043 ^{gh}	0.066 ^{ef}	0.029 ⁱ	0.024
القطلب	0.027 ^g	0.035 ^e	0.073 ^a	0.0825 ^a	0.035 ^{ef}	0.044 ^c	0.064 ^a	0.072 ^a	0.043 ^c	0.051 ^b	0.055 ^b	0.060 ^a	0.012 ^h	0.025 ^h	0.029 ^g	0.020 ^h	0.019

الجدول 50 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل النتج (غ/سم²/ سا).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.05}
الصنوبر	0.24 ^e	0.29 ^c	0.43 ^a	0.48 ^a	0.27 ^d	0.31 ^b	0.37 ^a	0.42 ^a	0.28 ^d	0.32 ^b	0.35 ^a	0.40 ^a	0.22 ^f	0.25 ^e	0.29 ^c	0.24 ^e	0.13
السنديان	0.12 ^f	0.14 ^e	0.27 ^a	0.29 ^a	0.15 ^e	0.18 ^c	0.23 ^a	0.26 ^a	0.18 ^c	0.19 ^b	0.21 ^b	0.24 ^a	0.09 ^h	0.11 ^g	0.15 ^e	0.17 ^d	0.05
القطلب	0.10 ^f	0.16 ^e	0.29 ^a	0.31 ^a	0.18 ^d	0.20 ^c	0.25 ^a	0.27 ^a	0.21 ^b	0.22 ^b	0.24 ^a	0.24 ^a	0.11 ^{fg}	0.15 ^e	0.18 ^d	0.2 ^c	0.07

* تدل الأحرف المختلفة في الصف الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.05.

2-5- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في اليخضور (%):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى اليخضور ($0.01 > \text{sig.}$) ويبين الجدول 51 قيم متوسطات محتوى اليخضور، ويبين جدول تحليل التباين (44) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة.

ففي الصنوبر تراوحت القيم بين (3.04) في المعاملة L1W1 و(10.81) في المعاملة L2W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملة L2W4 (10.81)، L2W3 (8.96)، L1W4 (8.23)، ولوحظ أن أعلى قيمة لليخضور في مستوى الإجهاد W1 كانت في المعاملة L3W1 (6.6) وأدنى قيمة في المعاملة L1W1 (3.04)، بينما كانت أعلى قيمة لليخضور في مستوى الإجهاد W2 كانت في المعاملة L2W2 (6.98) وأدنى قيمة في L1W2 (3.98)، أما في باقي مستويات الإجهاد فكانت أعلى قيمة لليخضور في المعاملة الضوئية L2 ويليه المعاملة الضوئية L1 بينما كانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L4.

وفي السنديان تراوحت القيم بين (3.96) في المعاملة L1W1 و(18.35) في المعاملة L3W4. وسجلت أعلى القيم في المعاملة L3W4 (18.35) و L3W3 (17.17) و L3W2 (16.05). ولوحظ أن أعلى القيم سجلت في المعاملة الضوئية L3 بينما أدنى القيم كانت في المعاملة الضوئية L1 وذلك في جميع مستويات الإجهاد.

وفي القطلب تراوحت القيم بين (2.86) في المعاملة L1W1 و(12.31) في المعاملة L3W2، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L3W2 (12.31)، L3W4 (12.13)، L3W3 (12.07) ولوحظ أن أعلى القيم لليخضور سجلت في المعاملة الضوئية L3 و أدنى القيم في المعاملة الضوئية L1 وذلك في جميع مستويات الإجهاد.

مما سبق نجد أن انخفاض الشدة الضوئية إلى (30%) أدى إلى زيادة اليخضور في الصنوبر وذلك عند مستوى الإجهاد (25% من السعة الحقلية) بينما انخفاض الشدة الضوئية إلى (50%) كان كافياً لزيادة اليخضور عند مستوى الإجهاد (50% من السعة الحقلية). أما في ظروف الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية فكانت الشدة الضوئية (50%) والشدة الضوئية الكاملة مناسبة لتحقيق أعلى قيمة لليخضور في النبات .

أما في السنديان والقطب ف لوحظ أن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 % و 15 % أدى إلى تحقيق أفضل القيم لليخضور وذلك في جميع مستويات الإجهاد. وبالتالي ساهم انخفاض الشدة الضوئية في تخفيف تأثير الإجهاد المائي.

2-6- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى السكريات (%):

بين تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى السكريات ($0.01 > \text{sig.}$)، ويبين الجدول 52 قيم متوسطات محتوى السكريات، ويبين جدول تحليل التباين (45) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة.

ففي الصنوبر تراوحت قيم محتوى السكريات بين (2.88) في المعاملة L4W3 و (5.02) في المعاملة L1W1، وقد سجلت أعلى القيم في المعاملة L1W1 (5.02) يليه المعاملة L2W2 (4.47)، ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 تبين تفوق المعاملة L1W1 (5.02) يليه المعاملة L2W1 (4.72) يليه المعاملة L3W1 (3.67) يليه المعاملة L4W1 (2.91)، وكذلك الامر عند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W2 تبين تفوق المعاملات L1W2 و L2W2 (4.56، 4.47).

وفي السنديان تراوحت قيم محتوى السكريات بين (2.49) في المعاملة L4W2 و (3.92) في المعاملة L1W1، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W1 (3.92) يليه المعاملة L1W2 (3.66) يليه المعاملة L2W1 (3.47) يليه المعاملة L2W2 (3.34)، ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية تبين تفوق المعاملة L1W1 (3.92) يليه المعاملة L2W1 (3.47) يليه المعاملة L3W1 (3.33) يليه المعاملة L4W1 (2.5)، وكذلك الامر عند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W2 تبين تفوق المعاملات L1W2 و L2W2 (3.66، 3.34).

وفي القطب تراوحت القيم بين (2.5) في المعاملة L4W4 و (3.98) في المعاملة L1W1، وسجلت أعلى القيم في المعاملة L1W1 (3.98) يليه المعاملة L1W2 (3.77) يليه المعاملة L2W1 (3.71) يليه المعاملة L2W2 (3.2) ولدى مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية تبين تفوق المعاملة L1W1 (3.98) يليه المعاملة L2W1 (3.71) يليه المعاملة L3W1 (3.08) يليه المعاملة L4W1 (2.53)، وكذلك الامر عند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W2 تبين تفوق المعاملات L1W2 و L2W2 (3.77، 3.2).

تبين مما سبق ارتفاع قيم السكريات في معاملات الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية) المطبقة في ظروف الاضاءة الكاملة والمتوسطة (100، 50%)، مما يدل على تأثير الشدة الضوئية المرتفعة في زيادة أثر الجفاف وعلى العكس انخفضت هذه القيم في المعاملات الضوئية المنخفضة (30%) والمنخفضة جدا (15%) عند مستوى الإجهاد الشديد والمتوسط وذلك لعدم حاجة النباتات للقيام بالتعديل الحولي، وبالتالي لم يحدث تراكم للسكريات داخل خلاياها وذلك يدل على ان انخفاض الشدة الضوئية يخفف من تأثير الجفاف، بينما اختلف سلوك تراكم السكريات في مستوى الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية حيث لم يؤد هذا المستوى من الإجهاد الى تراكم السكريات في الشدات الضوئية المرتفعة في السنديان والقطلب.

2-7- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل التمثيل الضوئي (غ/م²/يوم)

بين تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل التمثيل الضوئي ($0.01 > \text{sig.}$)، ويبين الجدول 53 قيم متوسطات محتوى معدل التمثيل الضوئي، ويبين جدول تحليل التباين (46) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة.

ففي الصنوبر تراوحت القيم بين (-12.07) في المعاملة L1W1 و (9.89) في المعاملة L2W2، وسجلت أعلى القيم في المعاملة L2W4 (9.89) ويليه المعاملة L2W3 (8.16) ويليه المعاملة L1W4 (7.95) ويليه المعاملة L1W3 (6.05)، ولدى مقارنة قيم التمثيل الضوئي في مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية الاربعة كان أعلى قيمة في معدل التمثيل الضوئي في المعاملة L4W1 (-1.10) ويليه المعاملة L3W1 (-6.73) ويليه L2W1 (-10.09) ويليه L1W1 (-12.07)، أما في مستوى الإجهاد W2 تبين تفوق المعاملة L4W2 (2.99) يليه المعاملة L3W2 (-4.55) ويليه المعاملة L2W2 (-7.17) ويليه المعاملة L1W2 (-10.12)، أما في مستوى الإجهاد W3, W4 فقد ارتفعت قيمة معدل التمثيل الضوئي في المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملات L2W3 (8.16)، L1W4 (9.89) ويليه المعاملة الضوئية L1 أي في المعاملات L1W3 (6.05) و L1W4 (7.95)

وفي السنديان تراوحت القيم بين (-3.42) في المعاملة L1W1 و (5.85) في المعاملة L3W4، ولدى مقارنة قيم التمثيل الضوئي في مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية الاربعة تبين تفوق المعاملة L4W1 (1.03) ويليه المعاملة L3W1 (-0.51) ويليه المعاملة L2W1 (-1.1) ويليه المعاملة

L1W1 (-3.42). وعند مقارنة القيم عند مستوى الإجهاد W2 في المعاملات الضوئية الاربعة تبين تفوق المعاملة L3W2 (1.39) يليه المعاملة L4W2 (1.21) يليه المعاملة L2W2 (-0.83) ويليه المعاملة L1W2 (-1.08)، وسجلت أعلى القيم في المعاملة L3W4 (5.85) ويليه المعاملة L2W4 (3.76) ويليه المعاملة L3W3 (2.1). وفي مستوى الإجهاد W4,W3 فكانت أعلى القيم في المعاملة الضوئية L3 أي في المعاملات L3W3 (2.1) و L3W4 (5.85) ويليه المعاملة الضوئية L2 أي في المعاملات L2W3 (1.96) و L2W4 (3.76).

وفي القطب تراوحت قيم معدل التمثيل الضوئي ما بين (-8.78) في المعاملة L1W1 و (2.65) في المعاملة L3W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملة L3W4 (2.65) ويليه المعاملة L4W4 (2.44)، ولدى مقارنة قيم التمثيل الضوئي في مستوى الإجهاد W1 بين المعاملات الضوئية الاربعة تبين تفوق المعاملة L4W1 (1.64) ويليه المعاملة L3W1 (1.44) ويليه المعاملة L2W1 (-5.79) ويليه المعاملة L1W1 (-8.78)، أما في مستوى الإجهاد W2 تبين تفوق المعاملة L3W2 (1.85) ويليه المعاملة L4W2 (1.67) ويليه المعاملة L2W2 (-3.51) ويليه المعاملة L1W2 (-4.44). أما في مستوى الإجهاد W4,W3 فلوحظ ارتفاع قيم معدل التمثيل الضوئي في المعاملة الضوئية L3 أي في المعاملات L3W3 (2.14) و L3W4 (2.65) ويليه المعاملة الضوئية L4 أي في المعاملات L4W3 (2.01) و L4W4 (2.44)

تبين النتائج السابقة حدوث تراجع في معدل التمثيل الضوئي، إذ زاد التراجع في الظروف المجهدة ولكن بتخفيف الشدة الضوئية أدى ذلك الى تحسين الحالة المائية للنبات عند نفس مستوى الإجهاد الشديد والمتوسط (25%، 50% من السعة الحقلية) مما أدى إلى ازدياد معدل التمثيل الضوئي وبالتالي كان لتوفر الظل تأثيراً ايجابياً، اما في ظروف الإجهاد المنخفض (75 % من السعة الحقلية) والظروف المروية لم يكن هناك تأثيراً كبيراً للظل في تحسين الحالة المائية للنبات وهذا يتوافق مع (Quero وآخرون، 2006)، إذ تمكنت نباتات الصنوبر أن تحقق أعلى معدل للتمثيل الضوئي في الشدات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100، 50%) وفي السنديان فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى (30، 50%) أدى إلى ارتفاع معدل التمثيل الضوئي في ظروف الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية، وفي القطب فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى (30، 15%) ساهم في زيادة معدل التمثيل الضوئي وذلك في الظروف المروية والإجهاد المائي المنخفض (75% من السعة الحقلية).

الجدول 51 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى اليخضور في الأوراق (%).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	3.04 ^{fg}	3.98 ^{fg}	7.31 ^c	8.23 ^b	5.68 ^{de}	6.98 ^c	8.96 ^b	10.81 ^a	6.6 ^{cd}	6.85 ^{cd}	7.09 ^c	7.5 ^c	4.25 ^f	4.45 ^f	4.20 ^f	4.00 ^f	1.16
السنديان	3.96 ^h	4.45 ^h	9.71 ^g	10.50 ^f	10.17 ^g	11.44 ^f	13.7 ^e	13.75 ^e	15.20 ^c	16.05 ^b	17.17 ^b	18.35 ^a	14.44 ^{cd}	15.42 ^c	14.54 ^{cd}	15.14 ^c	1.13
القطلب	2.86 ^f	3.94 ^f	6.11 ^{cd}	7.36 ^c	5.86 ^{de}	7.01 ^c	8.23 ^b	9.08 ^b	12.06 ^a	12.31 ^a	12.08 ^a	12.13 ^a	11.17 ^a	11.21 ^a	11.30 ^a	11.20 ^a	1.22

الجدول 52 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في محتوى السكريات في الأوراق (%).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	5.02 ^a	4.56 ^b	3.11 ^f	3.01 ^f	4.72 ^b	4.47 ^{bc}	4.19 ^d	4.05 ^d	3.67 ^e	3.21 ^f	3.03 ^f	3.01 ^f	2.91 ^{fg}	2.92 ^{fg}	2.88 ^{fg}	2.89 ^{fg}	0.22
السنديان	3.92 ^a	3.66 ^b	2.74 ^g	2.68 ^g	3.47 ^b	3.34 ^c	2.97 ^f	2.85 ^f	3.33 ^c	3.20 ^{cd}	3.05 ^{de}	3.00 ^f	2.5 ⁱ	2.49 ⁱ	2.55 ^{gh}	2.51 ⁱ	0.19
القطلب	3.98 ^a	3.77 ^b	2.71 ^f	2.52 ^{fg}	3.71 ^b	3.20 ^c	2.90 ^{cd}	2.79 ^{de}	3.08 ^c	3.03 ^c	2.98 ^{cd}	2.90 ^{cd}	2.53 ^{fg}	2.53 ^{fg}	2.50 ^{fg}	2.50 ^{fg}	0.2

الجدول 53 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في معدل التمثيل الضوئي (غ/م²/يوم).

المعاملات	L1w1	L1W2	L1W3	L1W4	L2w1	L2W2	L2W3	L2W4	L3w1	L3W2	L3W3	L3W4	L4w1	L4W2	L4W3	L4W4	LSD _{0.01}
الصنوبر	-12.07 ^{ef}	-10.12 ^e	6.05 ^a	7.95 ^a	-10.09 ^e	-7.17 ^d	8.16 ^a	9.89 ^a	-6.73 ^d	-4.55 ^d	4.53 ^a	6.34 ^a	-1.1 ^{bc}	2.99 ^b	3.00 ^b	3.017 ^b	5.89
السنديان	-3.42 ^d	-1.08 ^{bc}	0.99 ^b	1.22 ^b	-1.10 ^{bc}	-0.83 ^{bc}	1.96 ^a	3.76 ^a	-0.51 ^b	1.39 ^b	2.10 ^a	5.85 ^a	1.03 ^b	1.21 ^b	1.59 ^b	1.97 ^a	3.75
القطلب	-8.78 ^e	-4.44 ^{cd}	-2.11 ^b	1.57 ^a	-5.79 ^{cd}	-3.51 ^{bc}	-0.16 ^a	1.92 ^a	1.44 ^a	1.85 ^a	2.14 ^a	2.65 ^a	1.64 ^a	1.67 ^a	2.01 ^a	2.44 ^a	3.76

* تدل الأحرف المختلفة في الصف الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

3- دراسة التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في الخصائص التشريحية:

3-1- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة (وعاء/المساحة):

بيّن تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في كثافة الأوعية الناقلة في السنديان والقطلب ($0.01 > \text{sig.}$) وعدم وجود تأثير مشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في كثافة التراكيدات في الصنوبر، ويبين الجدول 54 قيم متوسطات كثافة الأوعية الناقلة، ويبين جدول تحليل التباين (47) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة وبدون فروق معنوية في الصنوبر، وعموماً تراوحت القيم في الصنوبر بين (8.2) في المعاملة L4W3 و(9.5) في المعاملة L2W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L2W4 (95)، L2W3 (93) و L2W2 (91) و L1W2 (91.5).

وفي السنديان تراوحت القيم بين (22.5) في المعاملة L4W3 و(55.5) في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (55.5) و L1W (53) و L1W (52) و L2W4 (51.5).

وفي القطلب تراوحت القيم بين (50) في المعاملة الضوئية L1W1 و(90.5) في المعاملة L4W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L4W4 (90.5) و L4W2 (89.5) و L4W3 (88) و L4W1 (85.5).

نجد مما سبق أن كثافة التراكيدات/الأوعية الناقلة للأنواع لم تظهر استجابة محددة تجاه الإجهاد المائي والشدة الضوئية، ولكن تبين ارتفاع قيم التراكيدات/كثافة الأوعية الناقلة في المعاملات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100 ، 50%) مقارنة بالمعاملات الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30، 15%) وذلك في النوعين الصنوبر والسنديان وهذا يتوافق مع نتائج (Schweingruber وآخرون، 2006؛ Ibrahim، 2006) الذين وجدوا أن النباتات النامية في الظل تظهر رد فعل يتمثل بانخفاض كثافة الأوعية الناقلة في وحدة المساحة. أما في القطلب فقد تبين العكس، إذ أن النباتات النامية في الظل أبدت ارتفاع كثافة أوعيتها الناقلة في وحدة المساحة وانخفضت هذه الكثافة في الشدات الضوئية المرتفعة وهذا يثبت تكيف القطلب مع بيئة الظل وارتفاع قيم مؤشراته المدروسة في الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30، 15%)

3-2- التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في قطر التراكيدات/الأوعية الناقلة (um):

يُبين تحليل التباين الثنائي وجود تأثير مشترك بين الإجهاد المائي والشدة الضوئية في قطر التراكيدات/الأوعية الناقلة، ويبين الجدول 55 قيم متوسطات أقطار التراكيدات/الأوعية الناقلة ويبين جدول تحليل التباين (47) الفروق المعنوية بينها في المعاملات المطبقة.

ففي **الصنوبر** تراوحت القيم بين 7.73 في المعاملة L1W1 و 24.36 في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (24.56) و L2W4 (21.29) و L1W3 (19.94) و L2W3 (18.23)، ولوحظ أن أعلى قيمة لأقطار التراكيدات عند مستوى الإجهاد المائي W1 كانت في المعاملة L3W1 (13.05) وأدنى قيمة كانت في المعاملة L1W1 (7.73)، وفي مستوى الإجهاد W2 كانت أعلى قيمة في المعاملة L3W2 (13.79) وأدنى قيمة كانت في المعاملة L1W2 (12.31)، أما في مستوى الإجهاد W4, W3 فكانت أعلى القيم في المعاملات الضوئية L2, L1 أي L1W3 (19.94)، L1W4 (24.56) و L2W3 (18.23) و L2W4 (121.29) وكانت أدنى القيم في المعاملة الضوئية L4, L2، وتبين الأشكال 48، 49، 50، 51 في الملحق (1) مقاطع عرضية في ساق الصنوبر توضح التراكيدات في المعاملات المطبقة من الإجهاد المائي و الشدة الضوئية.

وفي **السنديان** تراوحت القيم بين (19.79) في المعاملة L1W1 و (31.86) في المعاملة L1W4، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L1W4 (31.86) و L2W4 (27.72) و L1W3 (27.21) و L2W3 (27)، وفي مستوى الإجهاد W1 لوحظ تفوق قيم الأقطار في المعاملة L4W1 (24.04) وكانت أدنى قيمة (19.79) في المعاملة L1W1 وفي مستوى الإجهاد W2 تفوقت المعاملة L3W2 (25.3) وكانت أدنى قيمة في المعاملة L1W2 (22.93)، أما في مستوى الإجهاد W4, W3 فكانت أعلى القيم في المعاملات الضوئية L2, L1 أي في المعاملات L1W3 (27.21)، L1W4 (31.86) و L2W3 (27) و L2W1 (27.72) وكانت أدنى القيم في المعاملات الضوئية L4, L3، وتبين الأشكال 52، 53، 54، 55 في الملحق (1) مقاطع عرضية في ساق السنديان توضح اختلاف أقطار الأوعية الناقلة في المعاملات المطبقة من الإجهاد المائي والشدة الضوئية.

وفي **القطلب** تراوحت القيم بين (6.16) في المعاملة L1W1 و (12.89) في المعاملة L4W2، وسجلت أعلى القيم في المعاملات L4W2 (12.89) و L4W4 (12.79) و L3W4 (12.37) و L4W1 (12.34)، وعند مستوى الإجهاد W1 لوحظ تفوق المعاملة L4W1 (12.34) وكانت أدنى قيمة في

المعاملة L1W1 (6.16)، وفي مستوى الإجهاد W2 تفوقت المعاملة L4W2 (12.98) وأدنى قيمة كانت في المعاملة L1W2 (7.66)، أما في مستوى الإجهاد W4, W3 فكانت أعلى القيم في المعاملات الضوئية L4, L3 أي في المعاملات L3W3 (10.8) و L3W4 (12.39) و L4W3 (11.33) و L4W4 (12.79) وكانت أدنى القيم في المعاملات الضوئية L2, L1، وتبين الأشكال 56، 57، 58، 59 في الملحق (1) مقاطع عرضية في ساق القطلب توضح اختلاف الأوعية الناقلة في المعاملات المطبقة من الإجهاد المائي والشدة الضوئية.

نجد مما سبق أن زيادة الشدة الضوئية أدى إلى زيادة تأثير الإجهاد المائي في الأنواع المدروسة، إذ انخفضت قيم أقطار التراكيدات/الأوعية الناقلة في ظروف الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية) مع زيادة شدة الإضاءة أي ظروف الإضاءة الكاملة والمتوسطة (100، 50%) وذلك بسبب زيادة شدة الإجهاد مما أدى إلى رد فعل النبات بانخفاض قطر التراكيدات/الأوعية الناقلة، وبالمقابل فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 % و 15 % أدى إلى زيادة قطر الوعاء الناقل في نفس مستوى الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50 % من السعة الحقلية)

أما في مستوى الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية لوحظ ارتفاع قيم أقطار التراكيدات في الصنوبر والأوعية الناقلة في السنديان وذلك في الشدات الضوئية المرتفعة الكاملة والمتوسطة (100، 50%) بينما انخفضت في الشدات الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30، 15%) وهذا يتوافق مع (Schweingruber وآخرون، 2006؛ Ibrahim، 2006) اللذين بينوا أن وجود النباتات في الظل يؤدي إلى ردود أفعال تتمثل بانخفاض قطر الوعاء الناقل مقارنة بالنباتات النامية في الضوء، وبالتالي نجد أن نباتات الصنوبر والسنديان استطاعت أن تحقق أعلى قطر في الشدات الضوئية المرتفعة وذلك في ظروف عدم محدودية رطوبة التربة.

أما في القطلب وفي ظروف الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية فقد لوحظ ارتفاع أقطار الأوعية الناقلة في الشدات الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30، 15%) وانخفضت القيم في الشدات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100، 50%) في ظروف عدم محدودية الإضاءة. وبالتالي نجد أن الناقلة المائية ضمن خشب نباتات القطلب كانت مرتفعة في ظروف الظل مقارنة مع ظروف الإضاءة المرتفعة وهذا ما يفسر قدرة القطلب على تحقيق أفضل نمو في الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً في معظم المؤشرات المدروسة. إذ بلغت قيمة معامل الارتباط بين قطر

الأوعية الناقلة في القطب من جهة ومعدل التمثيل الضوئي (0.87) والمساحة الورقية (0.86) والوزن الرطب للأوراق (0.82) ومعدل النمو النسبي (0.84) ومحتوى اليخضور في الأوراق (0.94) من جهة أخرى. (ملحق 4)

الجدول 54 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في كثافة التراكيدات / الأوعية الناقلة (وعاء/ المساحة).

LSD _{0.01}	L4W4	L4W3	L4W2	L4w1	L3W4	L3W3	L3W2	L3w1	L2W4	L2W3	L2W2	L2w1	L1W4	L1W3	L1W2	L1w1	
11.4	83	82	83.5	85.5	85	84	84.5	87.5	95	93.5	91.5	85	91	89	91.5	82.5	الصنوبر
8.38	33d	22.5g	29f	25f	27f	32.5d	30.5de	39c	51.5a	42.5b	46.5a	41c	55.5a	51a	52.5a	53a	السنديان
8.71	90.5a	88a	89.5a	85.5a	74.5b	75.5b	63.5d	65d	63d	65.5c	58d	51e	66.5b	64d	51.5e	50e	القطلب

الجدول 55 التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية في أقطار التراكيدات / الأوعية الناقلة (um).

LSD _{0.01}	L4W4	L4W3	L4W2	L4w1	L3W4	L3W3	L3W2	L3w1	L2W4	L2W3	L2W2	L2w1	L1W4	L1W3	L1W2	L1w1	
2.59	12.42d	11.69de	13.79d	13.05d	13.52d	15.07d	14.04d	13.07d	21.29b	18.23c	13.15d	10.59f	24.56a	19.94b	12.31d	7.73g	الصنوبر
4.38	24.46b	22.51bc	25.16b	24.04b	24.84b	25.32b	25.30b	23.06b	27.72a	27.00b	23.64b	21.19cd	31.86a	27.21b	22.93b	19.79e	السنديان
2.55	12.79a	11.33a	12.89a	12.34a	12.37a	10.80a	12.10a	11.17a	10.31a	9.80b	8.93c	7.84e	8.84c	8.17cd	7.66e	6.16ef	القطلب

* تدل الأحرف المختلفة في الصف الواحد على وجود فروق معنوية عند مستوى 0.01.

الفصل الخامس

الاستنتاجات

1- تأثير الشدة الضوئية:

- أثرت الشدة الضوئية الكاملة بشكل ايجابي في انبات بذور الأنواع المدروسة كما أدت إلى زيادة سرعة الإنبات، وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة في الشدات الضوئية المرتفعة

- اختلفت النباتات من الناحية الشكلية حسب الشدة الضوئية فالنباتات النامية في الشدات الضوئية المرتفعة والمتوسطة (100 ، 50 %) تميزت بتفرع كثيف وأوراق أسمك وأعمق لوناً مقارنة بالنباتات النامية في ظروف الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً وذلك لدى الأنواع المدروسة وهو نوع من ردود الأفعال التي تبديها الأنواع تجاه بيئة الضوء .

- إن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% أدى إلى تحسين أداء الصنوبر وإظهار قدرته التكيفية عند هذا المستوى من الإضاءة حيث ارتفعت قيم مؤشرات المساحة الورقية، ارتفاع النبات، الوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي والأوراق، معدل النمو النسبي، باستثناء قطر النبات ووزن الجذور اللذين حققا أعلى القيم في الشدة الضوئية الكاملة (100%). كما أظهر الصنوبر مرونة فيزيولوجية تمثلت بارتفاع محتوى الماء النسبي والمطلق ومعدل التمثيل الضوئي في الأوراق عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% و30%، كما استطاع أن يحقق أعلى محتوى من اليخضور والسكريات في الشدة الضوئية المتوسطة 50%، وبالمقابل انخفض أداء الصنوبر في الشدة الضوئية المنخفضة جداً (15 %)

- استطاع السنديان أن يحقق مرونة في مستوى مؤشرات النمو والمؤشرات المورفولوجية عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% حيث ارتفعت قيم المساحة الورقية وارتفاع النبات ووزن الأوراق الرطب والجاف. أما وزن النبات الرطب والجاف ومعدل النمو النسبي فكان أعلى ما يمكن مع انخفاض الشدة الضوئية إلى 50%. وحققت المؤشرات الفيزيولوجية أعلى القيم في الشدة الضوئية 30 ، 50% الأمر الذي أثبت مرونة السنديان تجاه الشدات الضوئية المنخفضة والمتوسطة.

- استطاع القطلب أن يظهر مرونة على مستوى بعض مؤشرات النمو والمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية تجاه بيئة الضوء حيث تحققت أعلى القيم للمساحة الورقية والوزن الرطب والجاف للمجموع

الهوائي ومعدل النمو النسبي ومعدل التمثيل الضوئي اليخضور ومحتوى السكريات في الشدات الضوئية المنخفضة (30 %) ويليها المنخفضة جداً (15%)، كما أبدى تكيفاً كبيراً في الشدة الضوئية المنخفضة جداً (15%) وذلك من خلال ارتفاع قيم ارتفاع النبات والمحتوى المائي النسبي والمطلق، كما أظهر القطلب قدرة على التكيف مع بيئة الظل بصورة أفضل من الشدات الضوئية المرتفعة حيث ارتفعت قيم جميع المؤشرات في الشدات الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30، 15%)، باستثناء قطر الساق ووزن المجموع الجذري وسماكة الورقة التي زادت قيمتها في الشدات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100 ، 50%) والتي يلجأ النبات من خلالها إلى تحمل ارتفاع الشدة الضوئية والتكيف مع بيئة الضوء المرتفع .

2- تأثير الإجهاد المائي :

- أدى الإجهاد المائي إلى إحداث تغير في لون الأوراق إذ أصبح اللون أخضراً باهتاً مائلاً للون الأصفر ثم أدى إلى تراجع المساحة الورقية الفعالة واحتراق حوافها وفقدان حيويتها بالتدرج مع استمرار شدة الإجهاد المائي .

- أدى الإجهاد المائي إلى زيادة الكتلة الجذرية في الأنواع، إذ ازداد وزن الجذور مع زيادة الإجهاد المائي. مع العلم أنه حدث انخفاض في وزن الجذور في معاملة الإجهاد الشديد 25% والشدة الضوئية الكاملة بسبب ضعف نمو النبات ككل، كما أدى الإجهاد المائي إلى ارتفاع محتوى السكريات الذوابة في الأوراق، إذ زاد تراكم السكريات مع زيادة شدة الإجهاد مما ساعد الأنواع المدروسة في أن تظهر صفة تكيفية لتستطيع تحمل الإجهاد المائي وذلك من خلال زيادة حجم المجموع الجذري حتى تتمكن من تعميق جذورها في طبقات التربة للوصول إلى الرطوبة اللازمة ومن خلال التعديل الحلوي في الخلايا من خلال زيادة تركيز العصير الخلوي بزيادة تراكم السكريات في الخلايا .

- أدى الإجهاد المائي إلى تراجع أداء النباتات على مستوى مؤشرات النمو والمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية ومع العلم أنه لم يظهر تأثير كبير للإجهاد المائي في المعاملة الضوئية المنخفضة جداً (15% من الإشعاع الشمسي) وذلك بسبب تثبيط أو تأخير نمو النباتات في ظروف محدودية الإضاءة لذلك لا يظهر تأثير الإجهاد المائي فيها.

- أدى الإجهاد المائي الشديد بنسبة 25% من السعة الحقلية تراجعاً في المؤشرات المدروسة للأنواع بشكل أكبر من الإجهاد المائي المتوسط (50% من السعة الحقلية) وبالتالي استطاعت النباتات أن تحقق نمو أفضل في مستوى الإجهاد المتوسط. وبالمقابل حقق مستوى الإجهاد المائي المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية أفضل النتائج في المؤشرات المدروسة.

- أدى الإجهاد المائي الشديد والمتوسط (25 و 50% من السعة الحقلية) إلى انخفاض أقطار الأوعية الناقلة والتراكيدات، ولم يكن هناك تأثير للإجهاد المائي في كثافة الأوعية الناقلة والتراكيدات في الأنواع المدروسة.

3- التأثير المشترك لعاملي الإجهاد المائي والشدة الضوئية:

- ولدى دراسة التأثير المشترك للإجهاد المائي والشدة الضوئية تبين أن زيادة الشدة الضوئية أدت إلى تفاقم تأثير الإجهاد المائي وعلى العكس فإن تخفيف الشدة الضوئية ساهم في خفض التأثير السلبي للإجهاد المائي، إذ أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 30، 15% إلى تحقيق أفضل القيم في المساحة الورقية ومعدل التمثيل الضوئي ومعدل النمو النسبي في مستوى الإجهاد 25، 50% من السعة الحقلية وارتفعت القيم في الشدة الضوئية 50، 100% في مستوى الإجهاد المنخفض 75% والظروف المروية في الصنوبر والسنديان، أما في القطلب فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% أدى إلى تحقيق أعلى القيم في المؤشرات السابقة.

- أدت زيادة شدة الإجهاد المائي إضافة إلى زيادة الشدة الضوئية إلى استجابة النبات بصورة تكيفية تمثلت بارتفاع تراكم السكريات في الأوراق وارتفاع وزن المجموع الجذري .

- أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 50 و 30 % إلى تخفيف تأثير الإجهاد الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية) تمثل ذلك في ارتفاع وزن المجموع الهوائي الرطب والجاف ووزن الأوراق الرطب والجاف في الصنوبر، وفي مستوى الإجهاد 75% والظروف المروية فإن أفضل وزن تحقق في الشدة الضوئية 50، 100%، أما في السنديان فإن أفضل وزن للمجموع الهوائي وللأوراق تحقق مع انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% وذلك في كل مستويات الإجهاد، وفي القطلب فإن أفضل وزن للمجموع الهوائي تحقق مع انخفاض الشدة الضوئية إلى 15 % وذلك في كل مستويات الإجهاد.

- ساهم انخفاض الشدة الضوئية بتحسين الحالة المائية للنبات وذلك من خلال زيادة محتوى الماء النسبي والمطلق عند انخفاض الشدة الضوئية إلى 50 % في الصنوبر و 30 % في السنديان و 15 % في القطلب وذلك في كل مستويات الإجهاد.

- أدى انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 % في مستوى الإجهاد 25 % إلى ارتفاع محتوى اليخضور ومع انخفاض شدة الإجهاد المائي فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50 % أدى إلى ارتفاع قيم اليخضور في أوراق الصنوبر، أما في السنديان والقطلب فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 15، 30 % أدى إلى زيادة محتوى اليخضور وذلك في جميع مستويات الإجهاد.

- أظهر الصنوبر قدرة على تحمل الإجهاد (25 ، 50 % من السعة الحقلية) بصورة أفضل من السنديان والقطلب إذ تمكن من المحافظة على محتوى ماء نسبي ومطلق وتمكن من تحقيق أعلى وزن للمجموع الهوائي والأوراق في ظروف الإضاءة المتوسطة 50%، أي أن انخفاض الشدة الضوئية إلى 50% كان كافياً في تحقيق أفضل القيم في هذه المؤشرات، أما السنديان فاستطاع المحافظة على محتوى الماء النسبي والمطلق وتحقيق أعلى وزن للمجموع الهوائي والأوراق في ظروف الإضاءة المنخفضة 30%، وفي ظروف الإضاءة المنخفضة جداً 15 % في القطلب.

- أدت زيادة شدة الإجهاد المائي إلى انخفاض معدل النتح والاستهلاك المائي في النبات في الشدات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100 ، 50%) وإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30% أدت إلى ازدياد القيم، وبالتالي فإن انخفاض الشدة الضوئية ساهم في تخفيف تأثير الإجهاد وذلك في مستوى الإجهاد الشديد والمتوسط (25 ، 50% من السعة الحقلية)، ومن جهة أخرى ارتفعت قيم معدل النتح والاستهلاك المائي عند انخفاض شدة الإجهاد المائي إلى 75 % من السعة الحقلية وفي الظروف المروية وذلك في الشدات الضوئية الكاملة والمتوسطة (100، 50%) بينما انخفضت القيم في المعاملة الضوئية المتوسطة 30%، وبالتالي فإن انخفاض مستوى الإجهاد المائي أدى إلى تحسين أداء النبات. مع العلم أن انخفاض الإضاءة إلى الشدة الضوئية المنخفضة جداً (15%) أدى إلى انخفاض قيم معدل النتح والاستهلاك المائي من قبل النبات وذلك في جميع مستويات الإجهاد.

- أدى ارتفاع الشدة الضوئية وزيادة شدة الإجهاد المائي إلى انخفاض أقطار الأوعية الناقلة في مستوى الإجهاد المائي الشديد والمتوسط (25، 50% من السعة الحقلية)، وبالمقابل فإن انخفاض الشدة الضوئية

ساهم في ازدياد قطر الأوعية الناقلة والتراكيدات في الأنواع المدروسة عند نفس مستويات الإجهاد وبالتالي فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى 30 و 15% ساهم في تخفيف التأثير السلبي للإجهاد، بينما ازداد قطر الأوعية وكثافتها في الشدة الضوئية الكاملة والمتوسطة (100 و 50%) في الصنوبر والسنديان وذلك في ظروف عدم محدودية رطوبة التربة أي في مستوى الإجهاد المنخفض (75% من السعة الحقلية) والظروف المروية، أما في القطلب فقد ازداد قطر الأوعية وكثافتها في الشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30 و 15%) في ظروف عدم محدودية رطوبة التربة.

- يعد الصنوبر من الأنواع أليفة الضوء لكن أثبت البحث أن بادرات النوع استطاعت أن تحقق أفضل نمو تحت نسبة إضاءة تقل إلى 50 % مما يدل على قدرته في تحمل انخفاض الشدة الضوئية إلى حد معين، لاسيما في حال تعرض الغراس لإجهاد مائي فإن انخفاض الشدة الضوئية يسهم في تحسين الحالة المائية فيه، لاسيما على مستوى مؤشرات المحتوى المائي النسبي والمطلق ووزن النبات والأوراق.

- تشير استجابة السنديان العادي للشدة الضوئية المتوسطة والمنخفضة (30-50%) إلى مرونة نوعية كما تشير استجابة القطلب للشدة الضوئية المنخفضة والمنخفضة جداً (30 - 15%) إلى مرونة نوعية عالية يمكن استثمارها عملياً في أعمال التشجير وفي انتخاب الأنواع المحتملة للظل واستبعاد الأنواع الحساسة في الغابات المختلطة، لاسيما لدى تعرض الغراس للإجهاد المائي فإن انخفاض الشدة الضوئية إلى هذه النسبة يساهم في تحقيق أفضل القيم في مؤشرات نموه.

- لابد من الإشارة إلى أن نتائج هذه الدراسة تمت في ظروف متحكم بها من حيث شدة الإضاءة ومستويات رطوبة التربة ضمن بيوت بلاستيكية في ظروف تحاكي ظروف الغابة قدر الإمكان، إلا أنها تختلف عن دراسة نمو البادرات الفتية داخل الغابة، حيث تكون البادرات في الغابة ضمن الظروف الطبيعية أكثر تأثراً بالظروف البيئية والعوامل المحيطة المتغيرة لذا يجب دراسة تأثير هذين العاملين ضمن ظروف الغابة ومقارنة النتائج مع نتائج هذه الدراسة الأمر الذي يساهم في زيادة فهم واستيعاب تأثير اختلاف العوامل البيئية وتداخلها في نمو الغراس الفتية.

المقترحات

1. يراعى عند التجدد الطبيعي في الغابة عمل فجوات ضوئية تسمح بتأمين الإضاءة الكافية لتسريع الإنبات وارتفاع نسبته.
2. تربية غراس الصنوبر البروتي ضمن ظروف تماثل متطلباتها البيئية من الإضاءة الكاملة وحتى نسبة 50% من الشدة الضوئية.
3. تربية غراس السنديان العادي ضمن الظروف الضوئية المثلّى لنموها (50، 30 %) من الإشعاع الشمسي وذلك لتأسيس الغراس بشكل ملائم لضمان نجاح واستمرارية الغراس في عملية التشجير.
4. تربية غراس القطلب ضمن الظروف التي تلائم متطلباتها البيئية من حيث تأمين التظليل لغراس هذا النوع بحيث تكون نسبة الإضاءة بحدود (30 - 15 %) من الإشعاع الشمسي لضمان استمرارية الغراس.
5. تأمين السقاية اللازمة للغراس في المراحل الأولى من عمرها (في السننتين الأوليتين) وعدم تعريضها للإجهاد المائي لضمان استمرارية نموها بصورة جيدة .
6. يمكن إعطاء مقنن مائي للغراس بحيث لا ينخفض مستوى الرطوبة في التربة عن 75% من السعة الحقلية.
7. نظراً للتفاوت بين الأنواع في قدرتها على تحمل الإضاءة ينصح بزراعة هذه الأنواع في عمليات التحريج الصناعي في الغابات المختلطة وتسهم في تنوع المجتمعات الحراجية واستدامتها.
8. ينصح في حال تمت زراعة الغراس بظروف إجهاد مائي شديد ومتوسط 25 ، 50% من السعة الحقلية بأن يتم تغطية الغراس لتخفيف الشدة الضوئية بحدود 50 إلى 30% بالنسبة للصنوبر والسنديان و15 إلى 30% للقطلب، إذ أن انخفاض الشدة الضوئية يساهم في تخفيف التأثير السلبي للإجهاد المائي، من خلال تحسين الحالة المائية للنبات وبالتالي يزيد من معدل النتح وانفتاح الثغور مما يزيد من التبادل الغازي والقيام بعملية التركيب الضوئي بشكل أفضل.
9. إمكانية دراسة تضافر العوامل البيئية ودراسة البيئة الذاتية للأنواع ذات الأهمية البيئية والاقتصادية لضمان استمرار النظم البيئية ونجاح عمليات التشجير الاصطناعي في ظل التحديات المختلفة والمتغيرات المناخية والتنبؤ بالظروف البيئية للمواقع البيئية بالمستقبل.

الملحق (1) ملحق الصور



الشكل 25 بذار السنديان العادي والقطلب



الشكل 26 شكل التجربة ضمن المعاملة الضوئية الواحدة



الشكل 27 صور من مراحل انبات الأنواع



الشكل 28 السنديان في الشدة الضوئية 15%



الشكل 30 الصنوبر والسنديان في الشدة الضوئية 15%



الشكل 29 الصنوبر في الشدة الضوئية 50%



الشكل 40 القطلب في الشدة الضوئية 50%



الشكل 41 علامات الإجهاد في الصنوبر



الشكل 42 علامات الإجهاد في السنديان. L1W1: الشدة الضوئية 100% مستوى الإجهاد 25%. L3W1: الشدة الضوئية 30% ومستوى الإجهاد 25%.



الشكل 43 علامات الإجهاد في القطلب وحدوث التماوت



الشكل 44 الصنوبر في الشدة الضوئية 100% ظروف المروية (L1W4) والشدة الضوئية 15% والظروف مروية (L4W4)



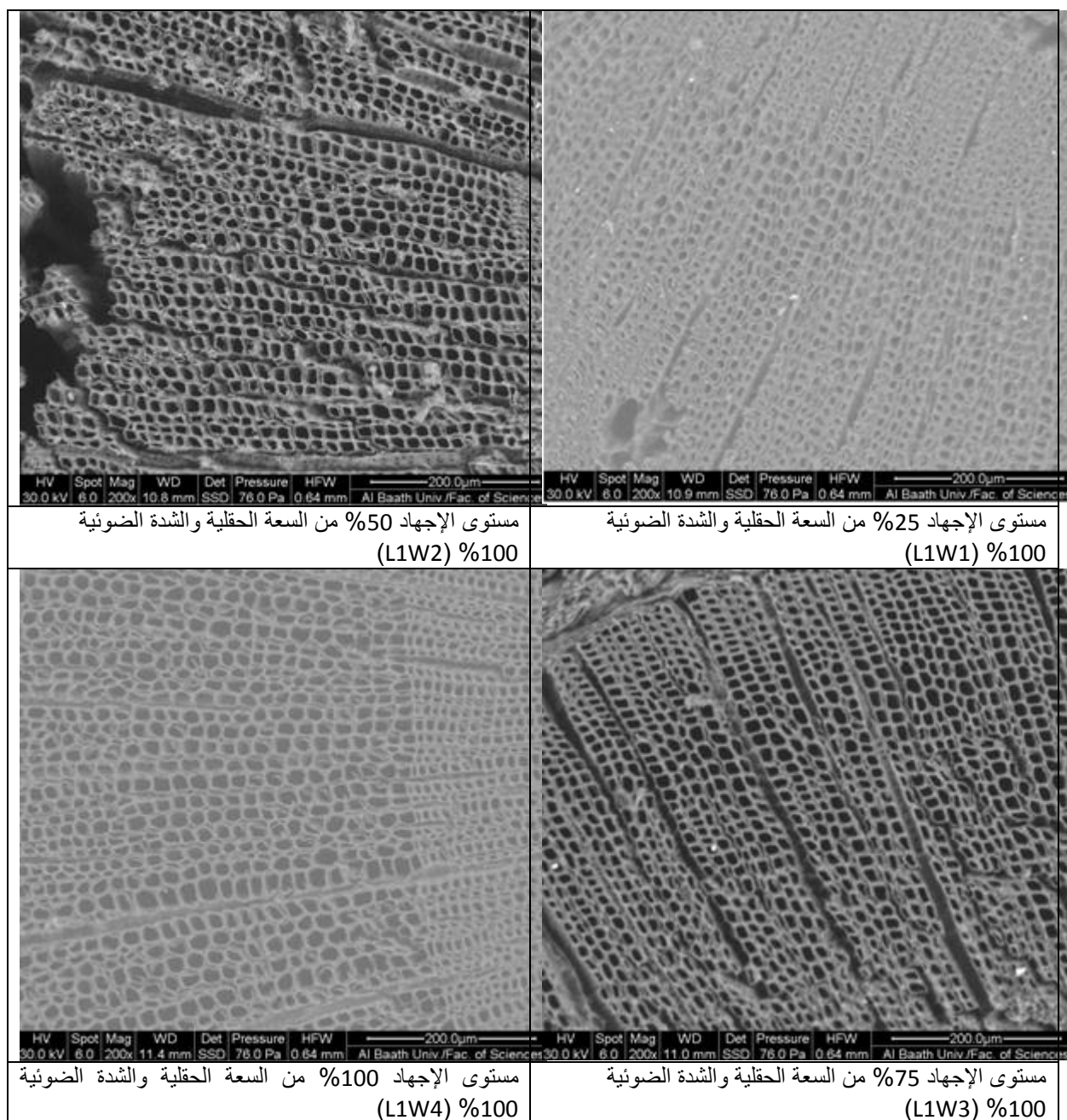
الشكل 46 الفرق في وزن جذور السنديان. L1W1: الشدة الضوئية 100% ومستوى الإجهاد 25%. L4W4: الشدة الضوئية 15% والظروف المروية



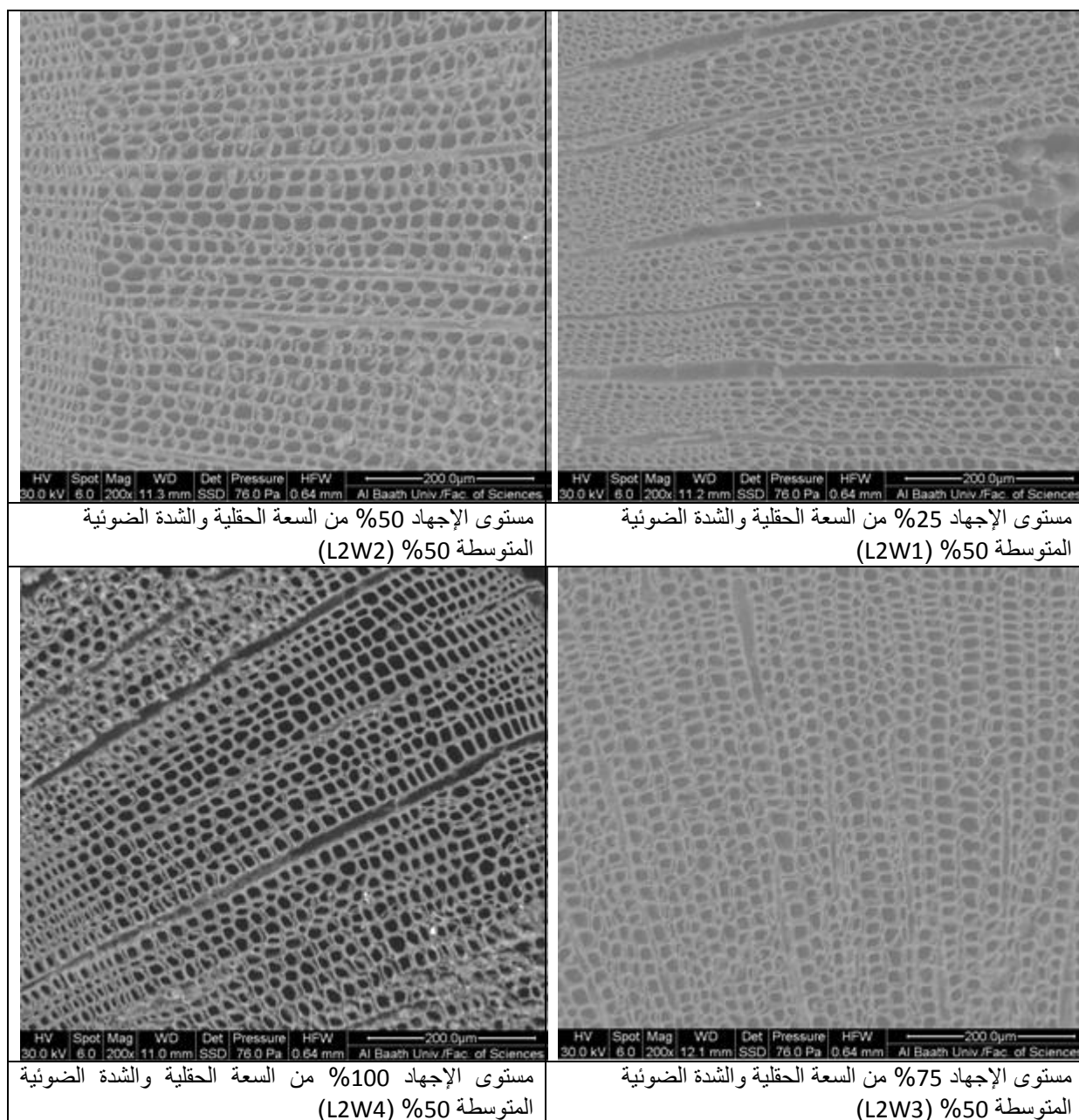
الشكل 45 الفرق في وزن جذور الصنوبر. L1W1: الشدة الضوئية 100% ومستوى الإجهاد 25%. L4W4: الشدة الضوئية 15% والظروف المروية



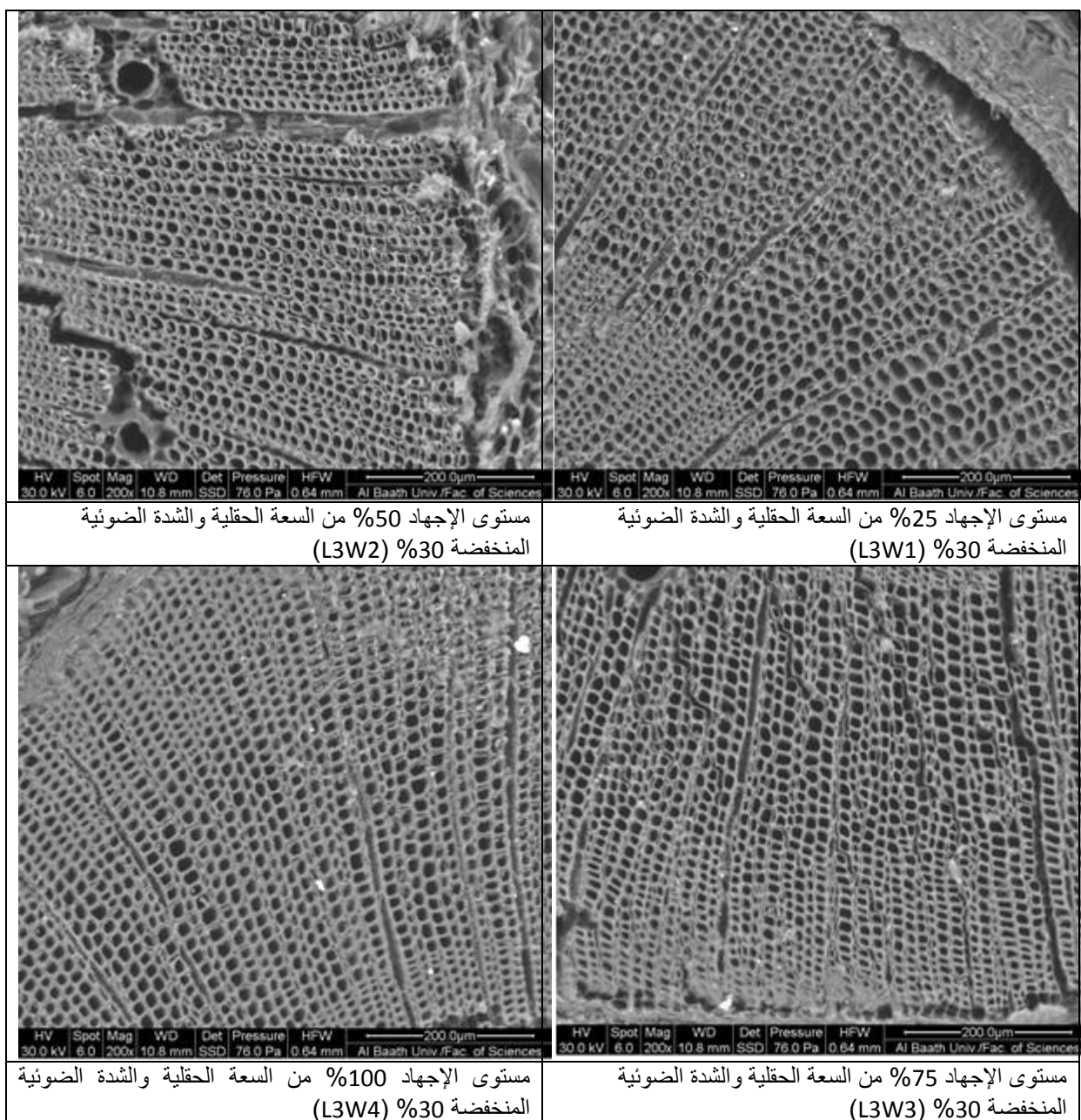
الشكل 47 الفرق في وزن جذور القطلب. L1W1: الشدة الضوئية 100% والإجهاد 25%. L4W4: الشدة الضوئية 15% والظروف المروية



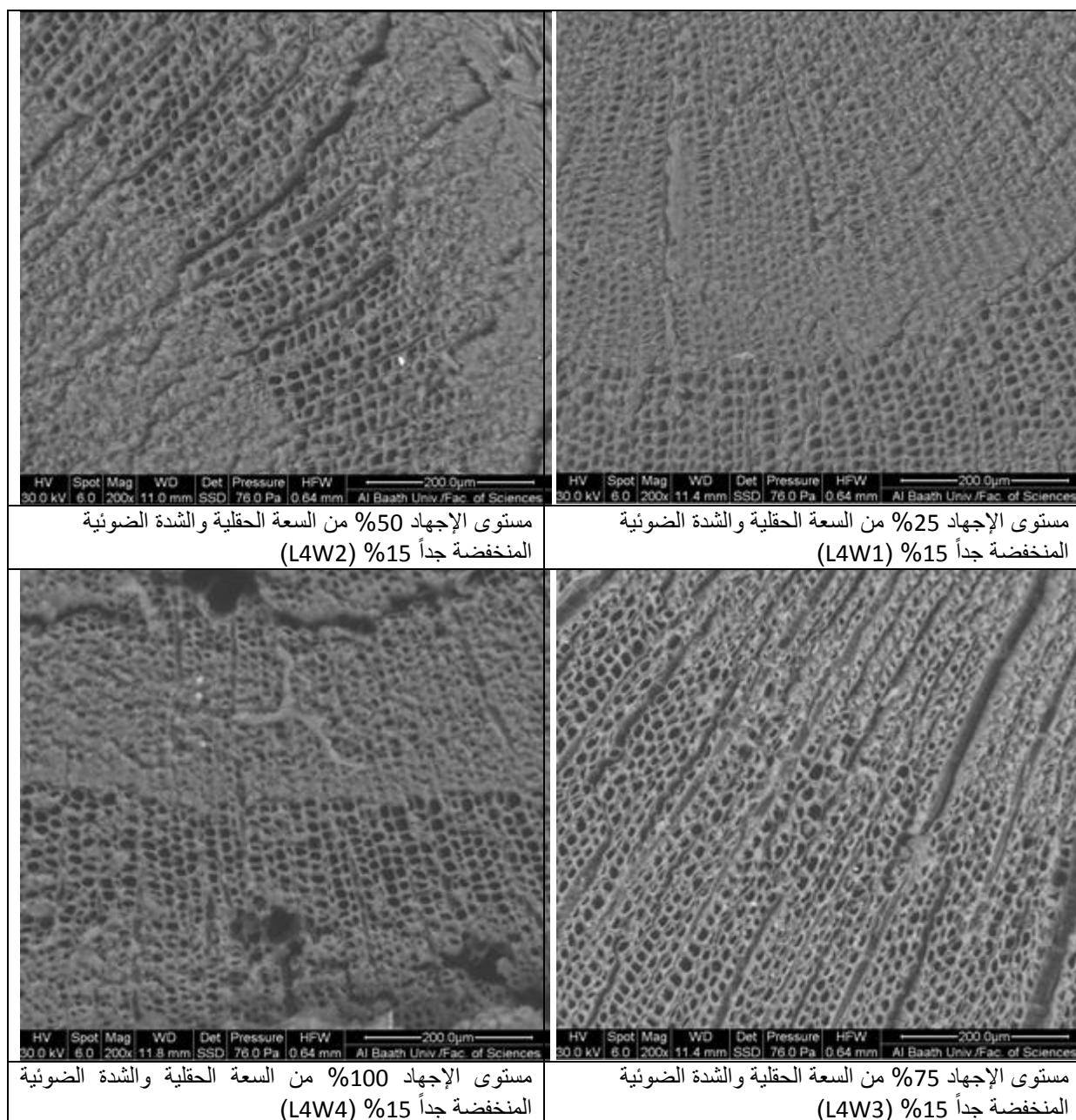
الشكل 48 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية الكاملة
%100



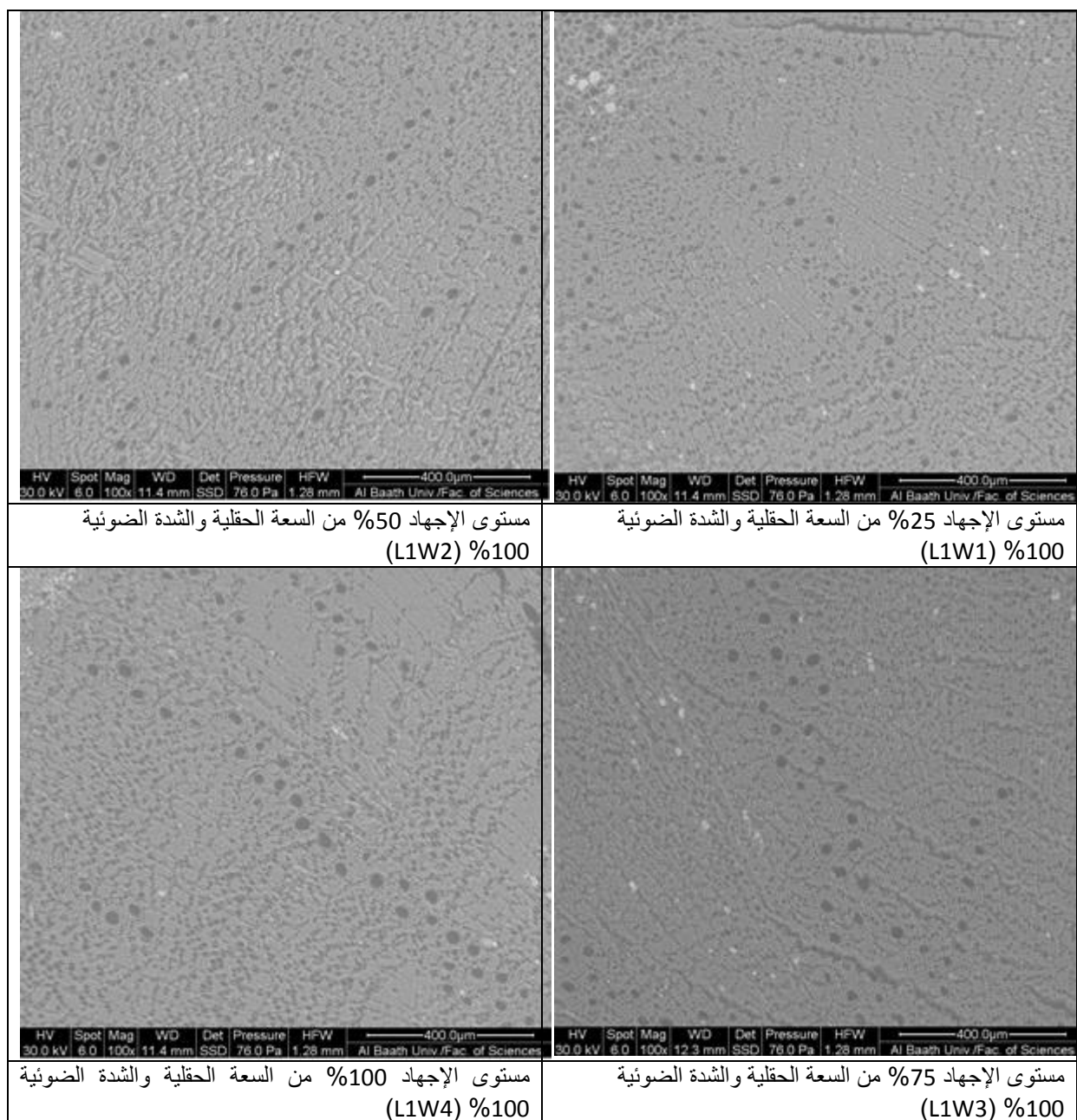
الشكل 49 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المتوسطة 50%



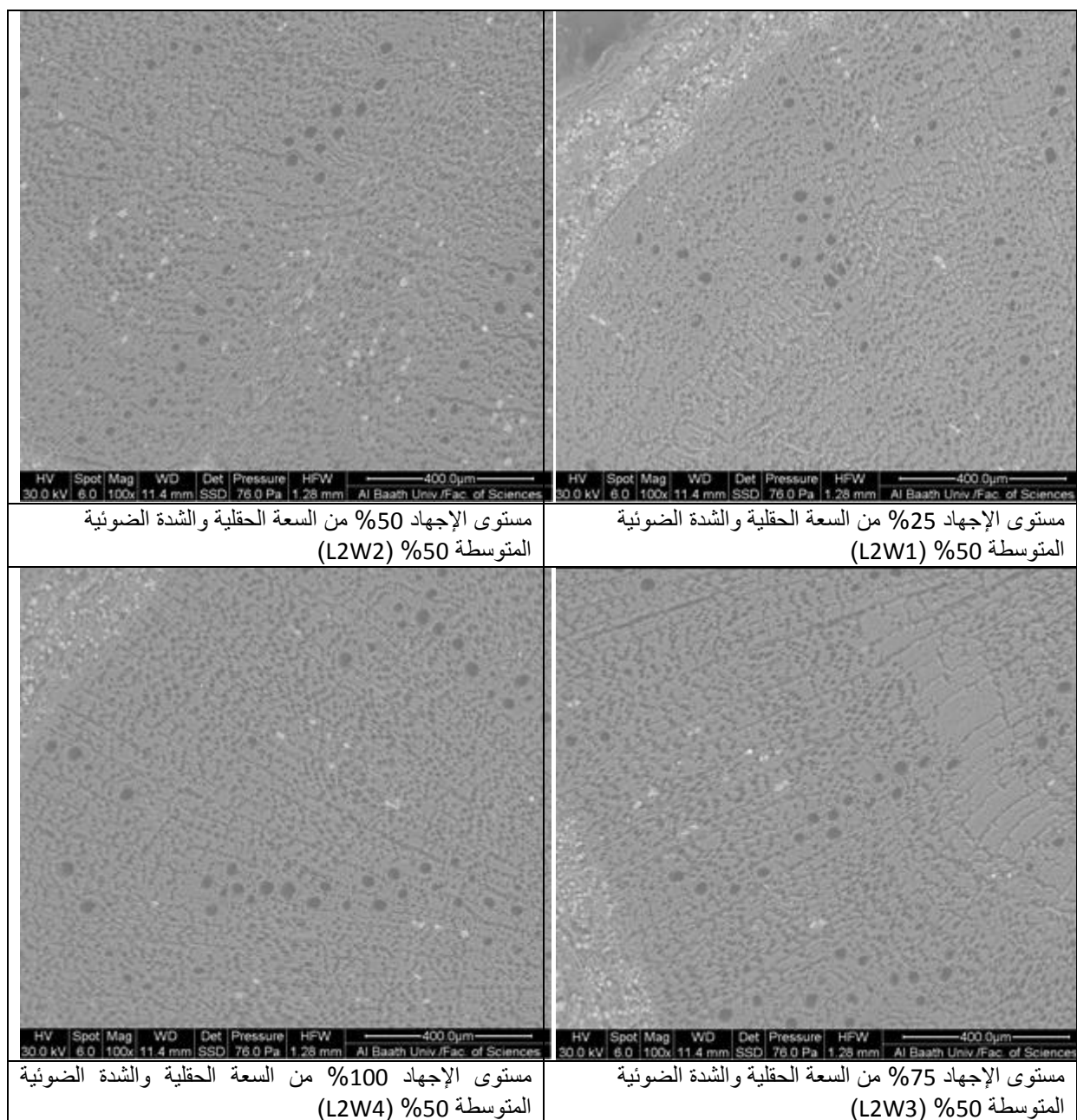
الشكل 50 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة 30% ويلاحظ صغر قطر التراكيدات نسبياً.



الشكل 51 مقاطع في ساق الصنوبر تبين كثافة وأقطار التراكيدات في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة جداً 15% ويلاحظ صغر قطر التراكيدات نسبياً.

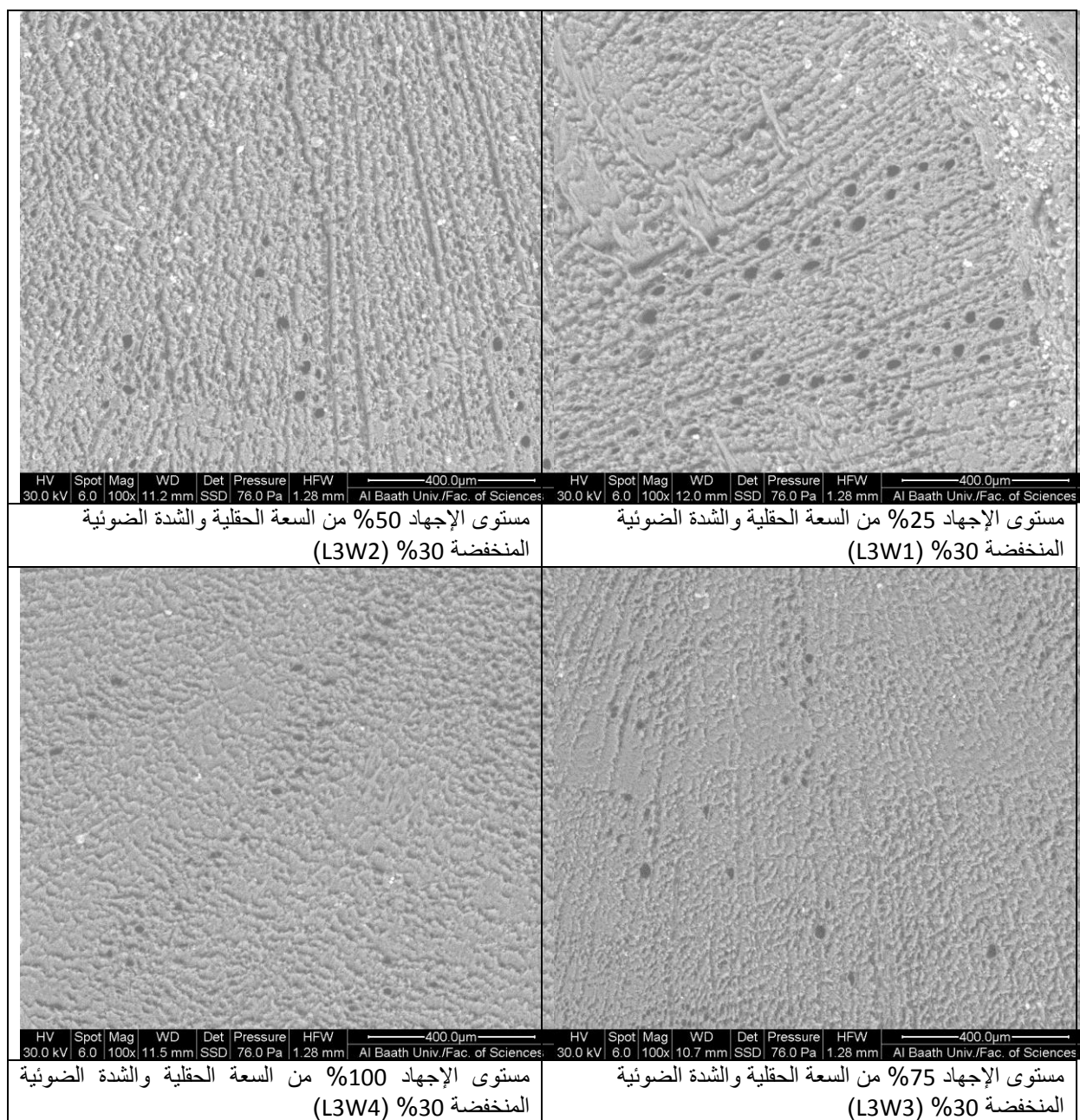


الشكل 52 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية الكاملة
%100

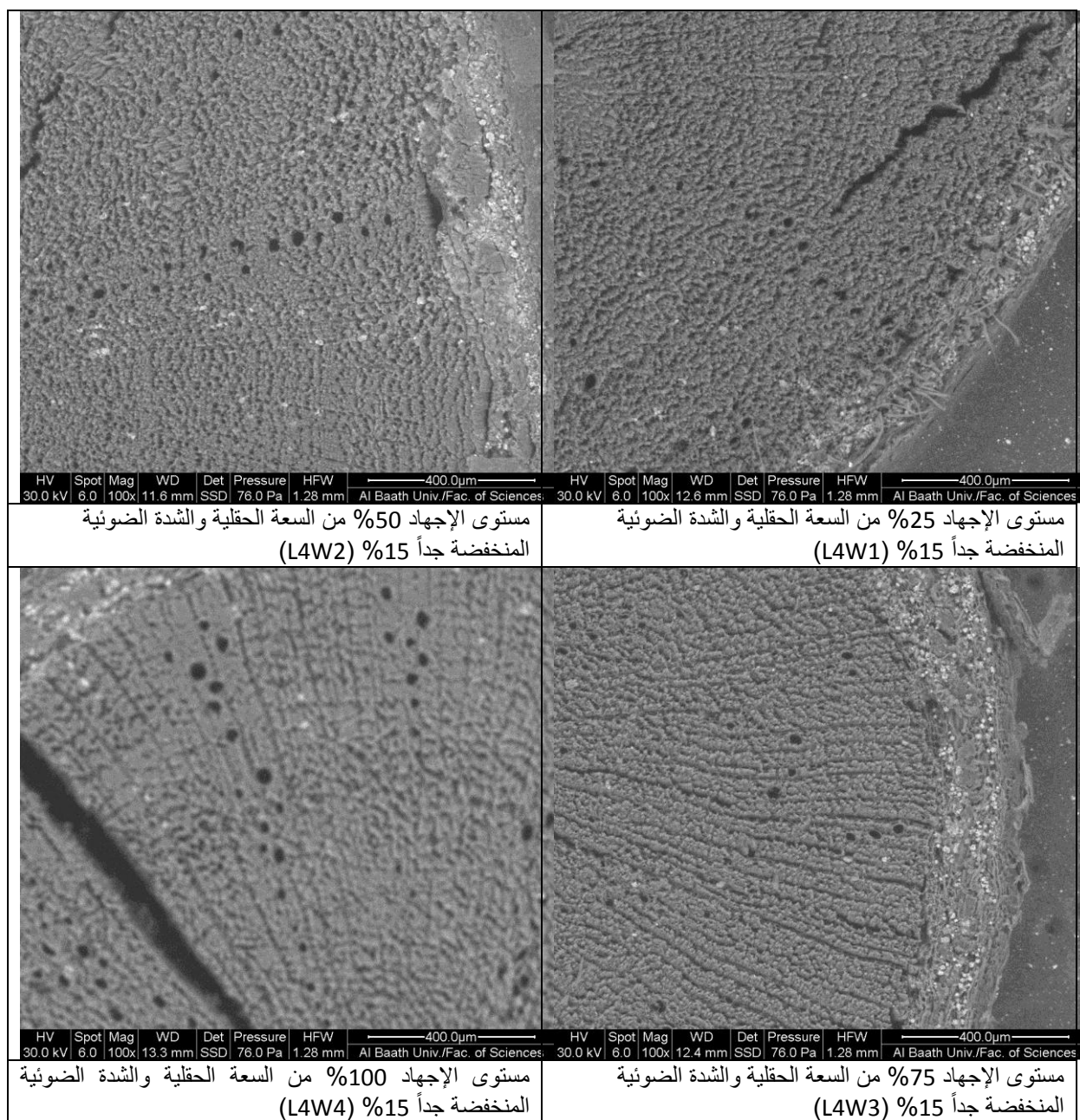


الشكل 53 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المتوسطة

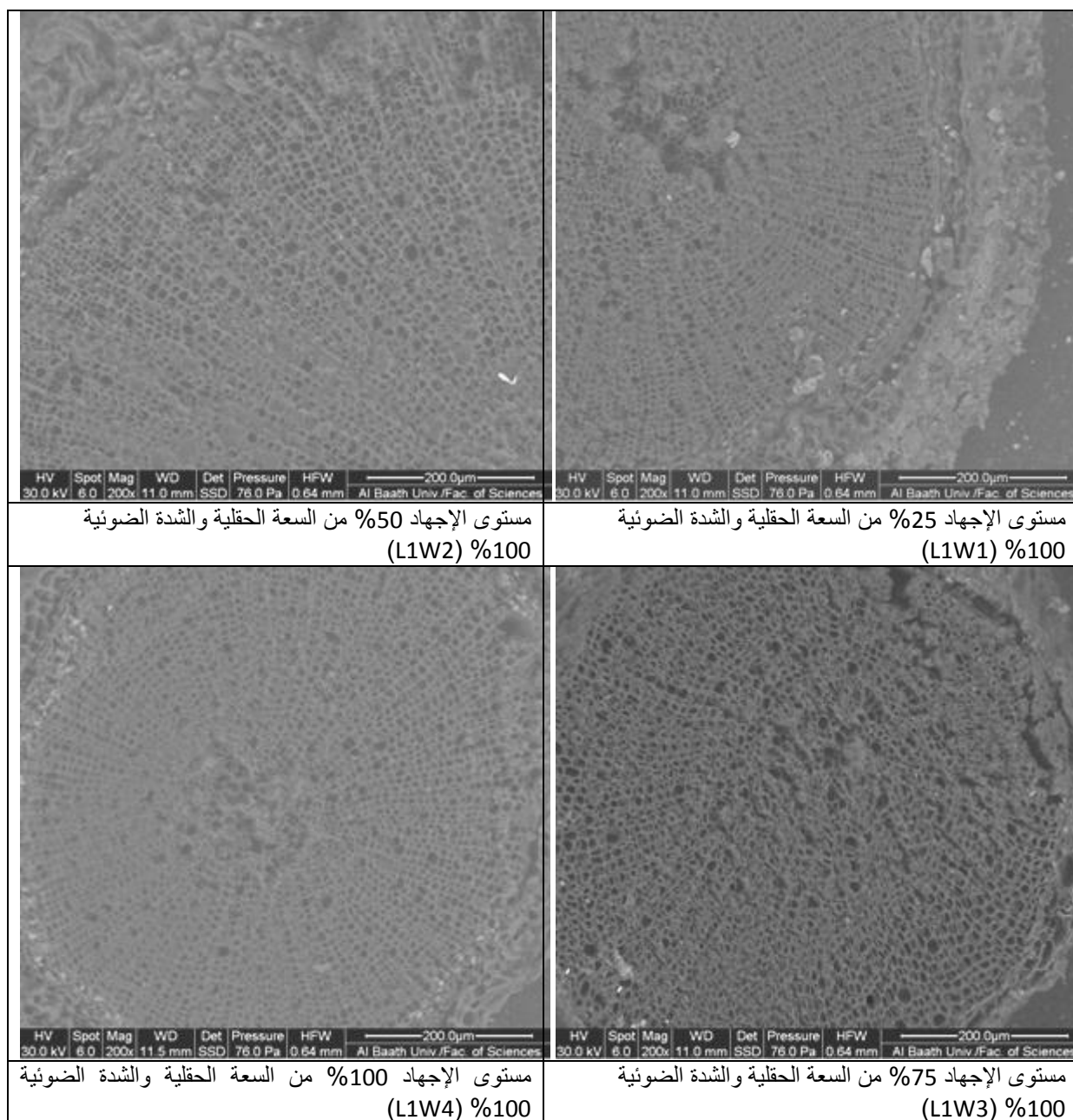
50%



الشكل 54 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة 30% ويلاحظ صغر قطر الأوعية الناقلة نسبياً.

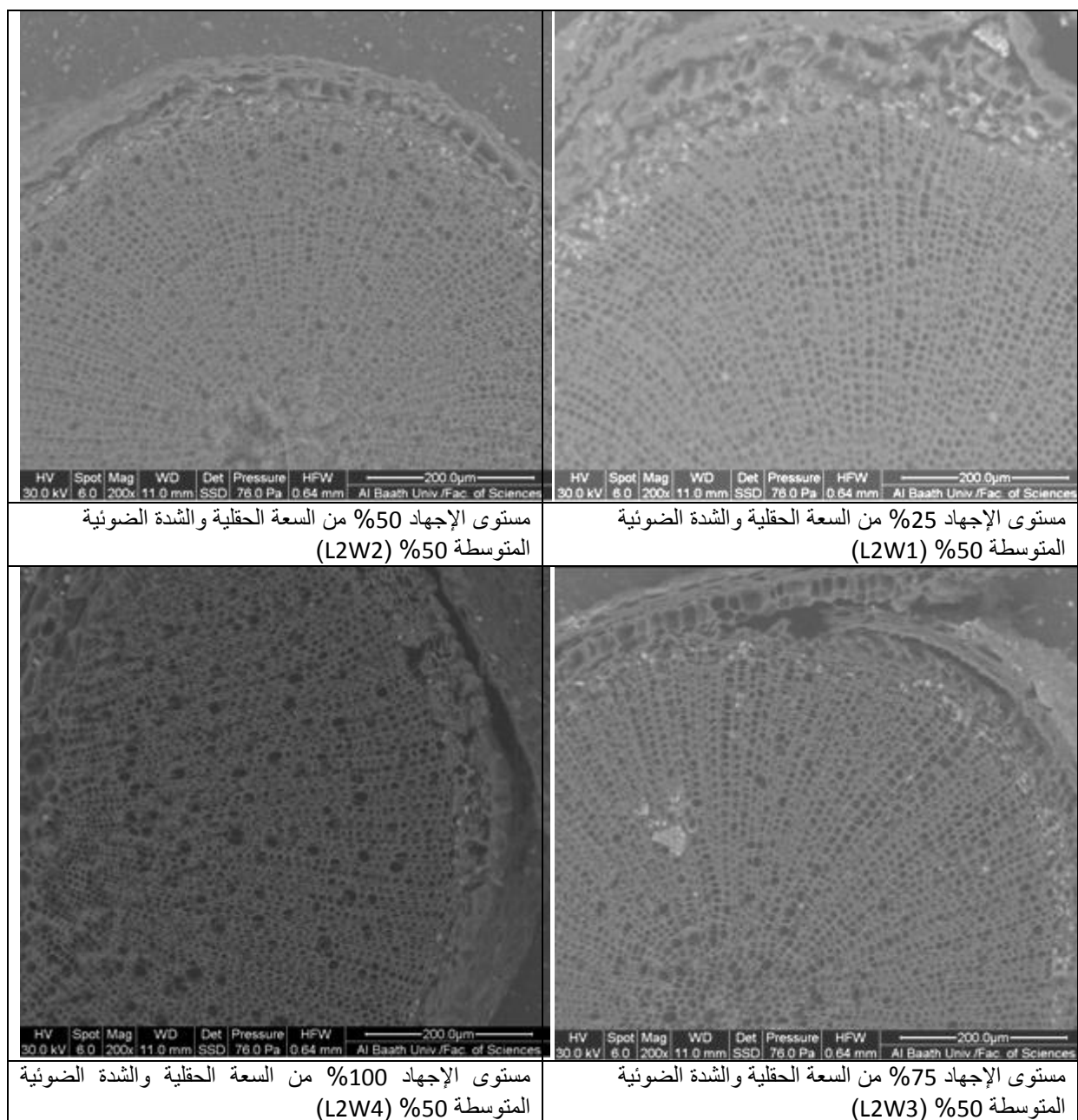


الشكل 55 مقاطع في ساق السنديان تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة جداً 15% ويلاحظ صغر قطر الأوعية الناقلة نسبياً.



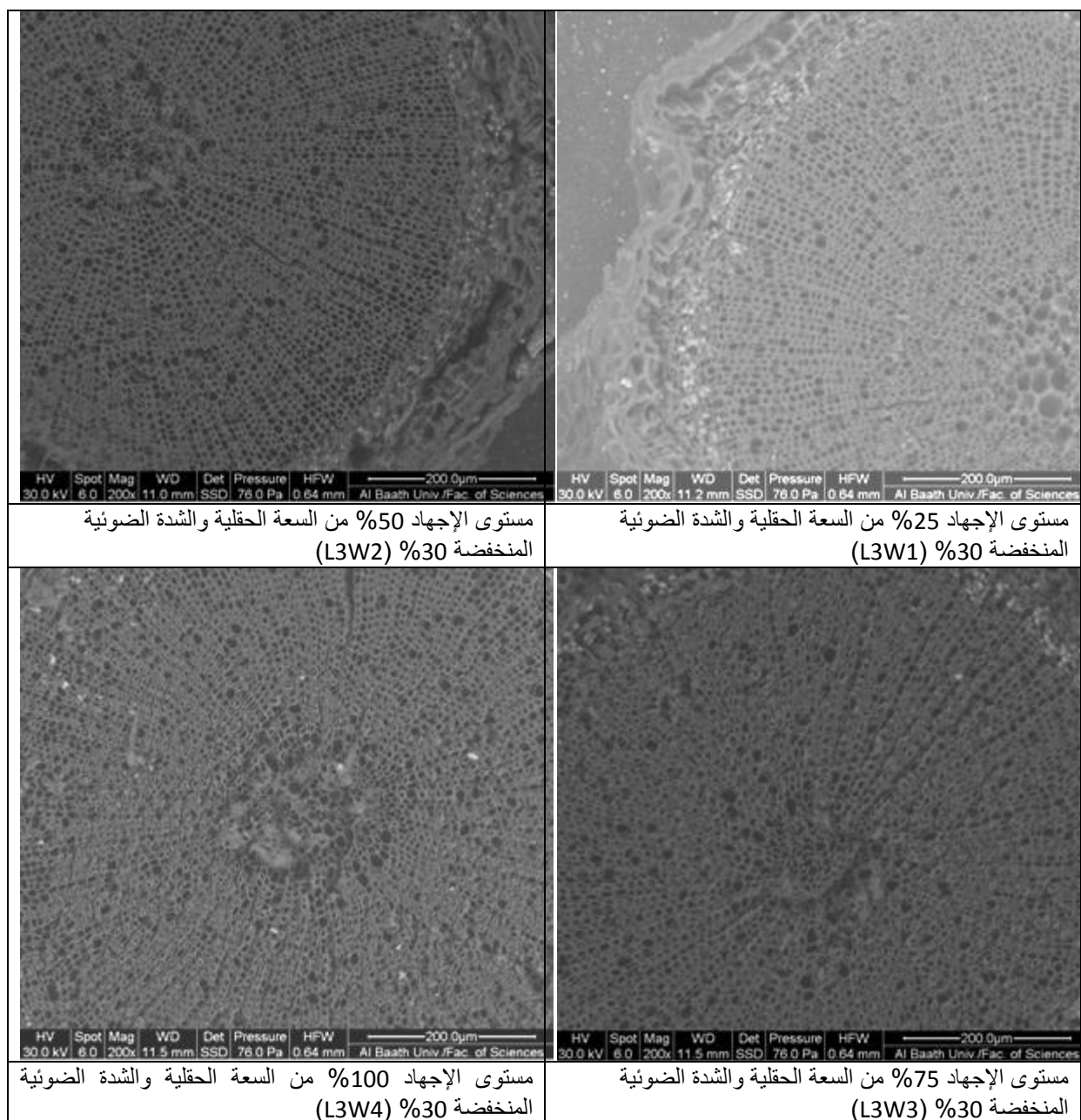
الشكل 56 مقاطع في ساق القطلب تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية الكاملة

%100

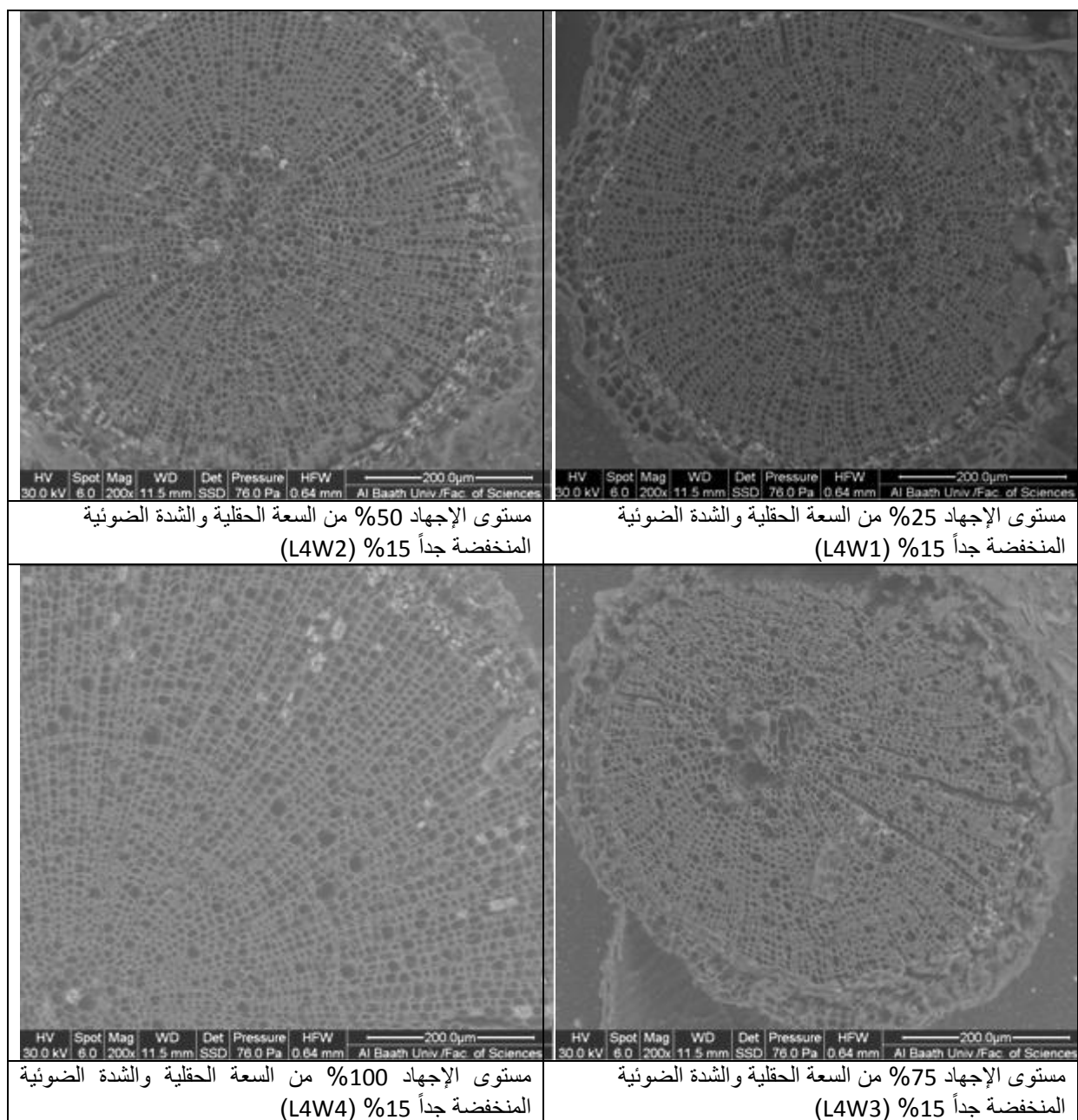


الشكل 57 مقاطع في ساق القطب تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المتوسطة

50%

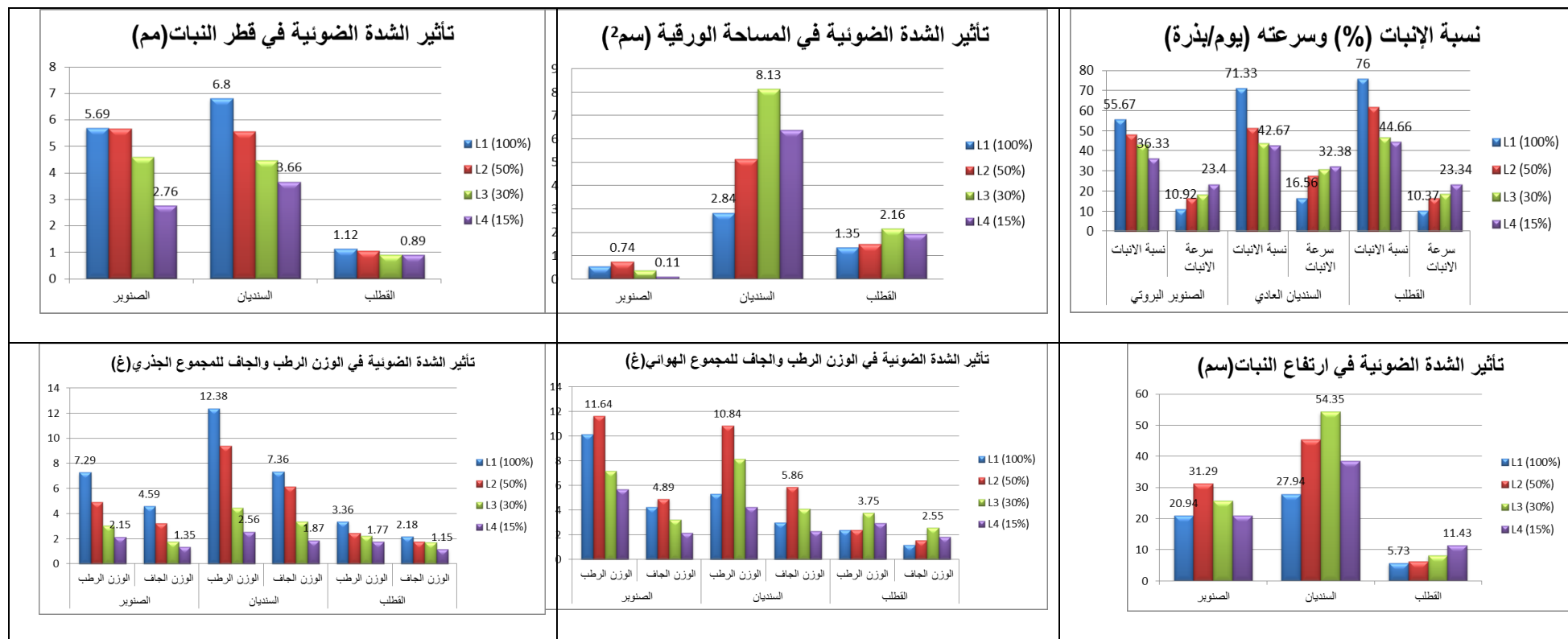


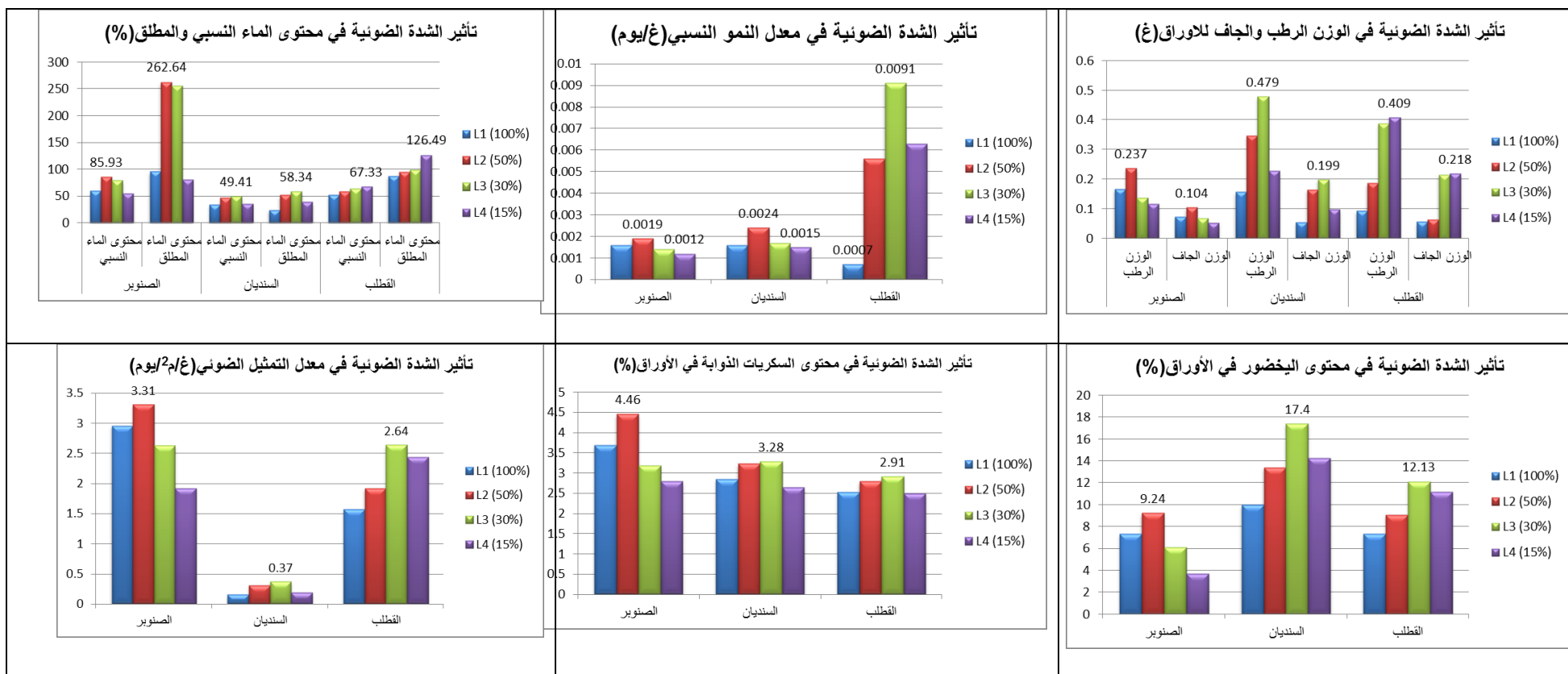
الشكل 58 مقاطع في ساق القطلب تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة 30% ويلاحظ كبر قطر الأوعية الناقلة نسبياً.



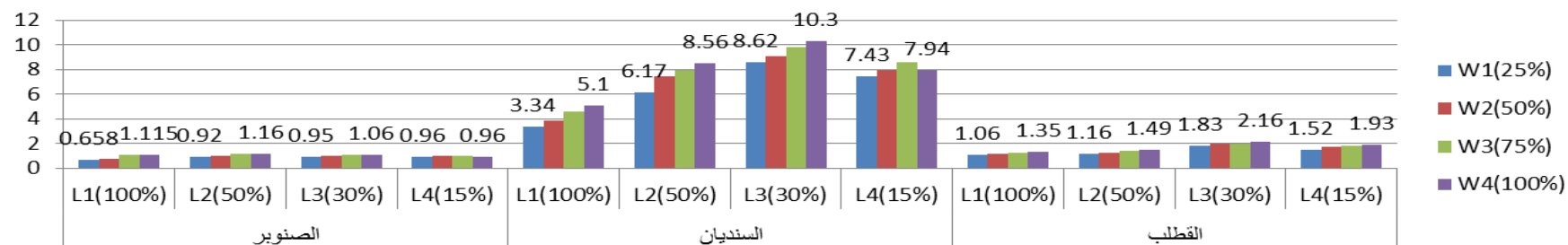
الشكل 59 مقاطع في ساق القطن تبين كثافة وأقطار الأوعية الناقلة في معاملات الإجهاد المطبقة ضمن الشدة الضوئية المنخفضة جداً 15 % ويلاحظ كبر قطر الأوعية الناقلة نسبياً.

الملحق 2: المخططات البيانية للمؤشرات المدروسة

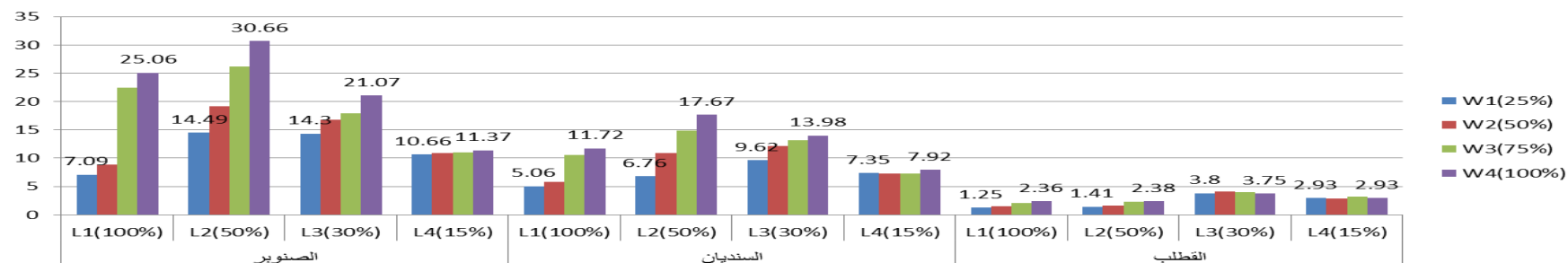




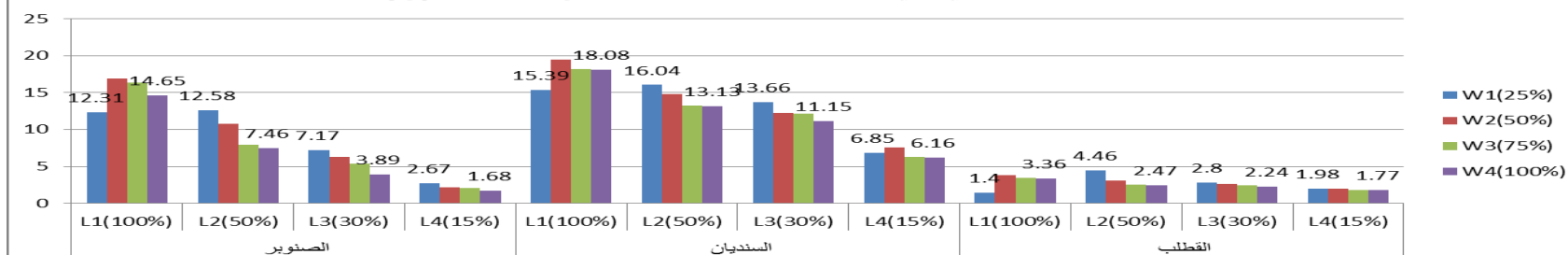
تأثير الإجهاد المائي في المساحة الورقية (سم²)



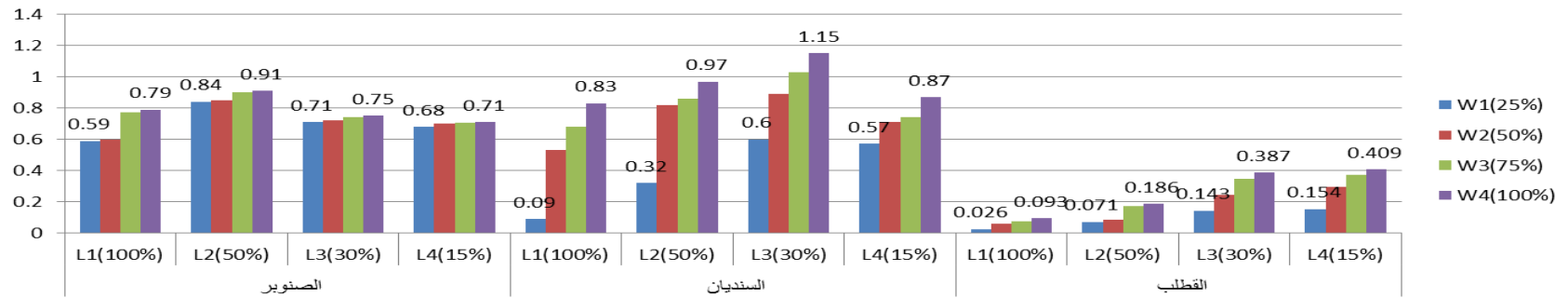
تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الهوائي (غ)



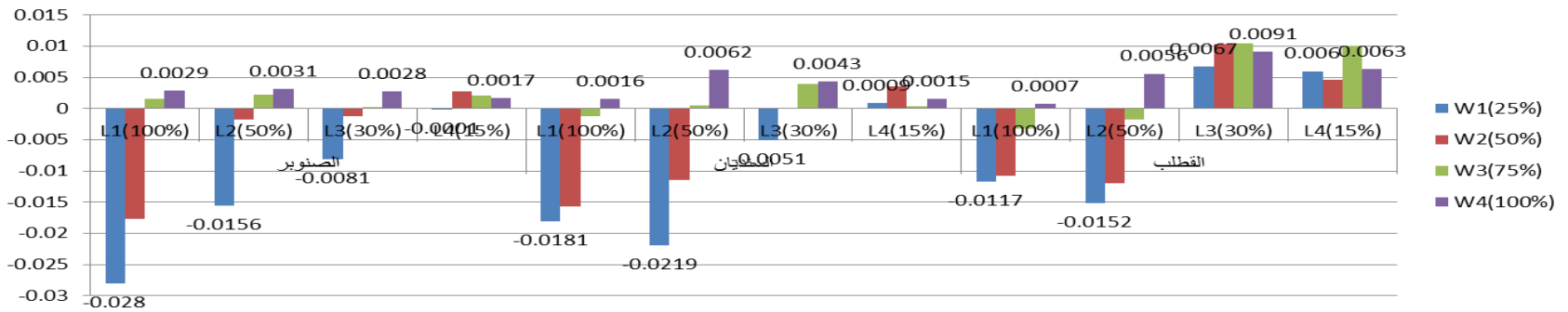
تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ)



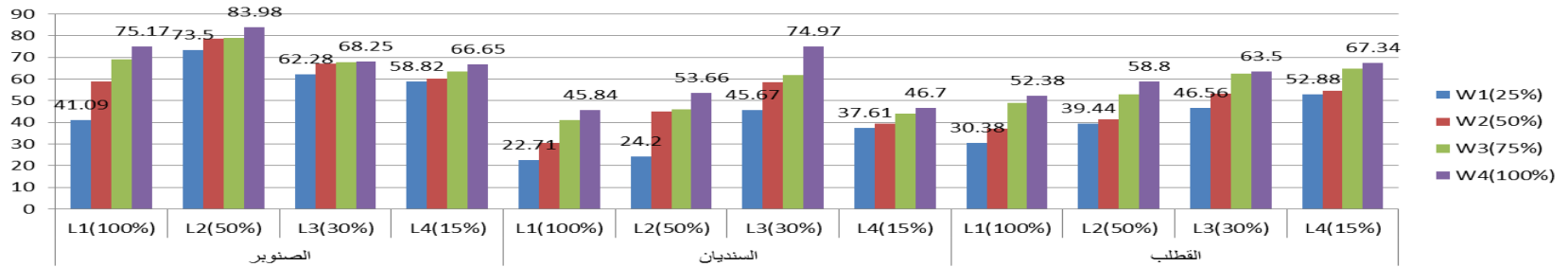
تأثير الإجهاد المائي في الوزن الرطب للأوراق (غ)



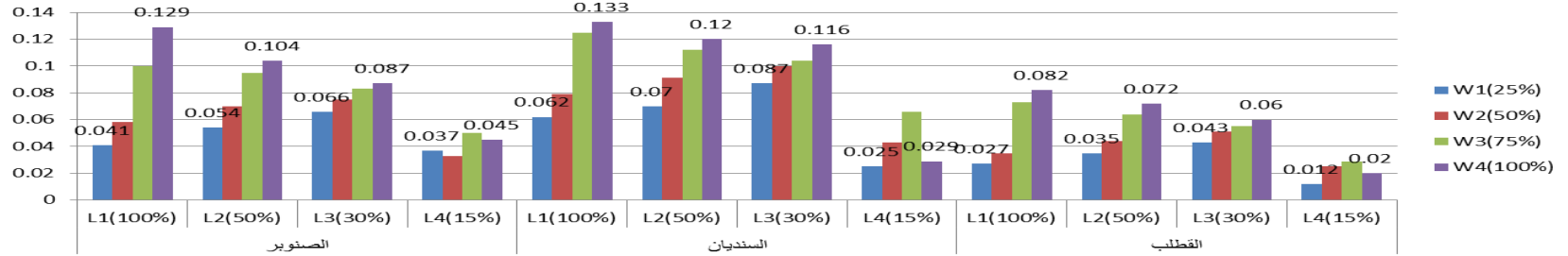
تأثير الإجهاد المائي في معدل النمو النسبي (غ/يوم)



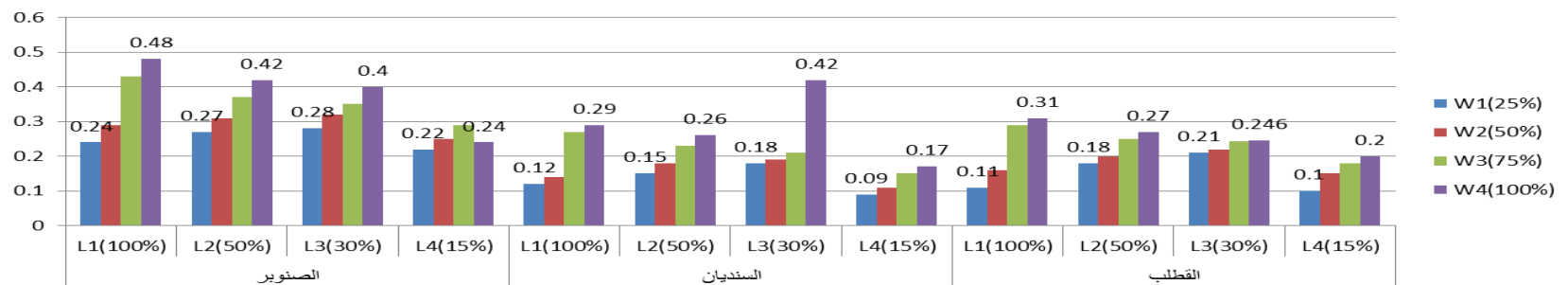
تأثير الإجهاد المائي في محتوى الماء النسبي (%)



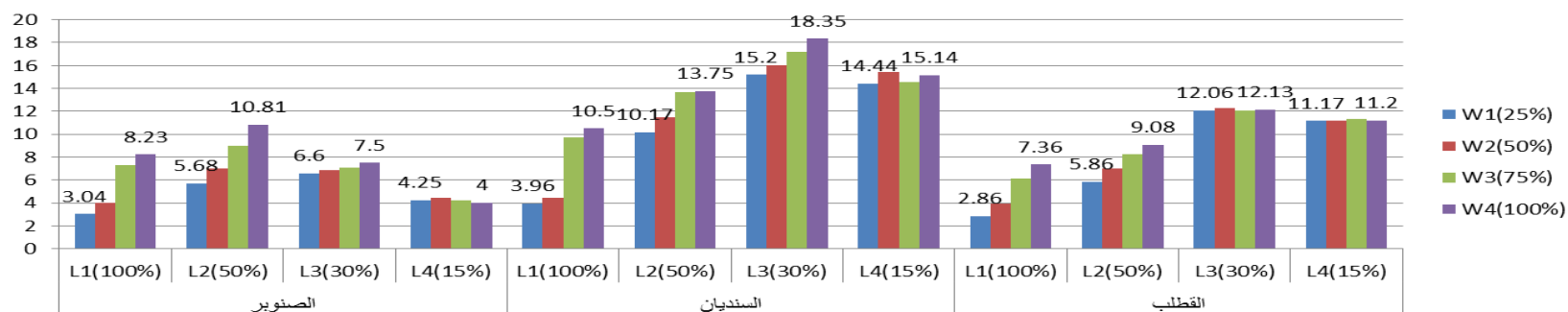
تأثير الإجهاد المائي في الاستهلاك المائي للنبات (غ/سا)



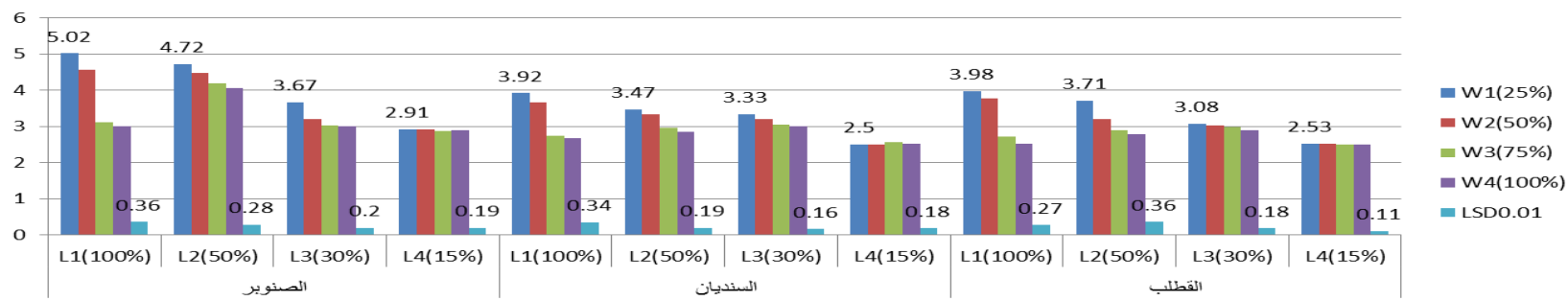
تأثير الإجهاد المائي في معدل النتج (غ/سم²/ساعة)



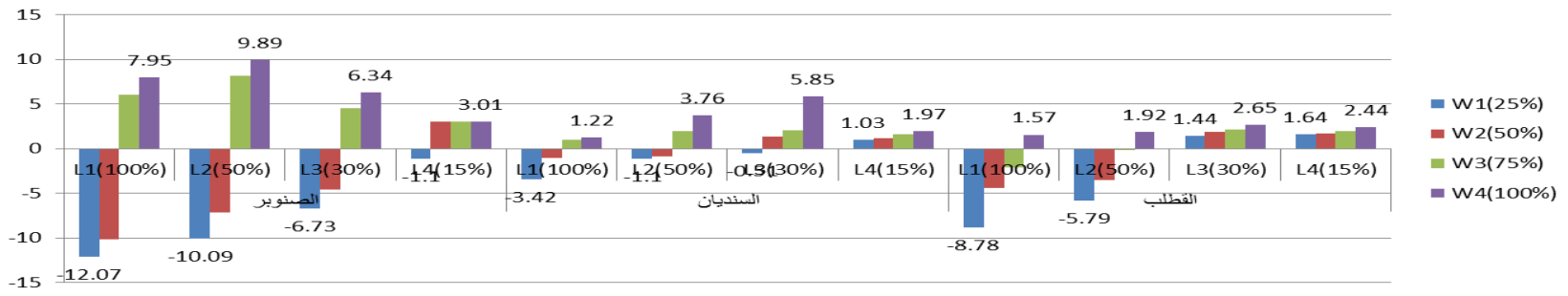
تأثير الإجهاد المائي في محتوى اليخضور (%)



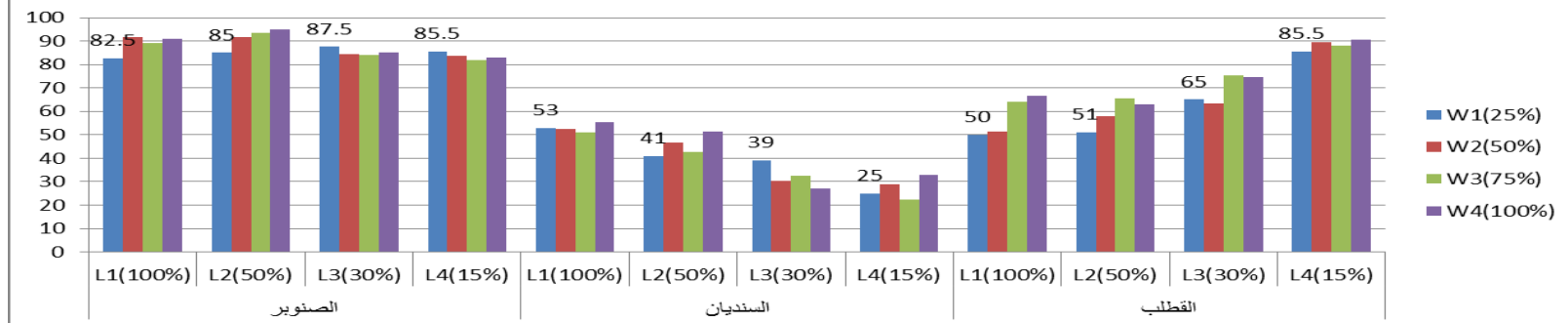
تأثير الإجهاد المائي في محتوى السكريات (%)



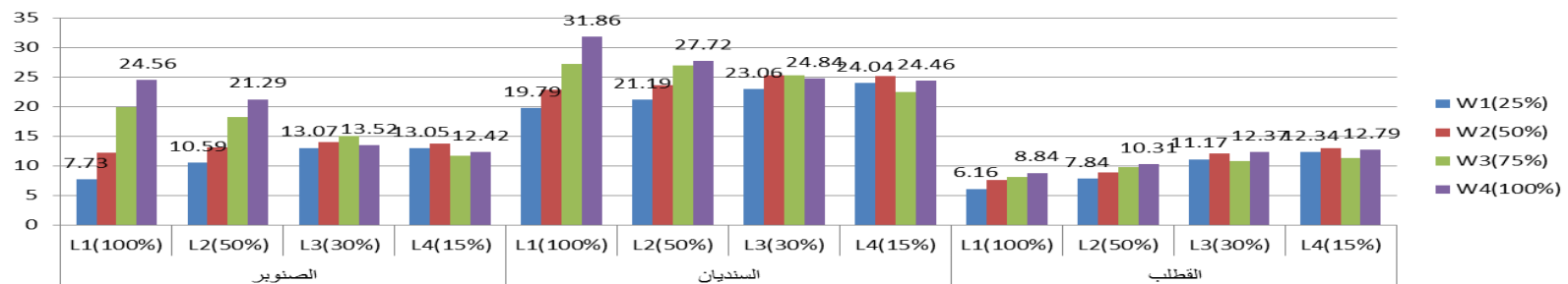
تأثير الإجهاد في معدل التمثيل الضوئي (غ/م²/يوم)



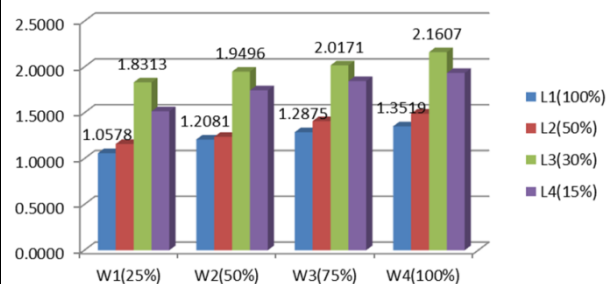
تأثير الإجهاد المائي في كثافة التراكمات - الأوعية الناقلة (تراكيد - وعاء/المساحة)



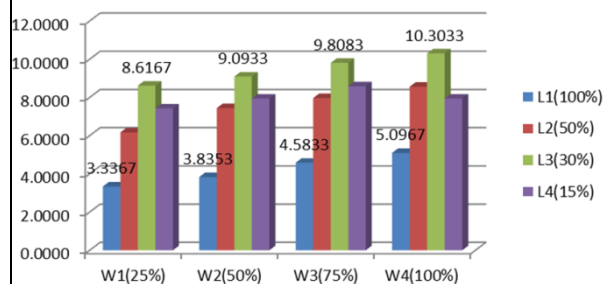
تأثير الإجهاد المائي في قطر التراكيدات - الأوعية الناقلة (μm)



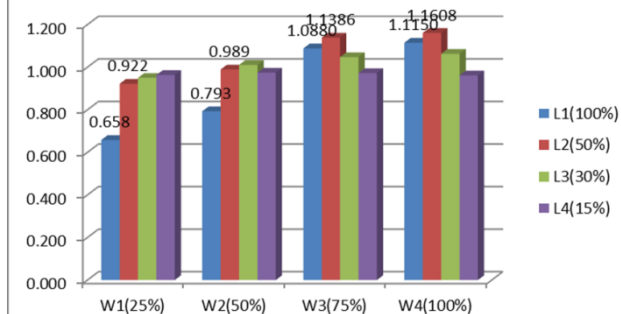
تأثير الإجهاد المائي والشدة الضوئية في المساحة الورقية في القطب (سم²)

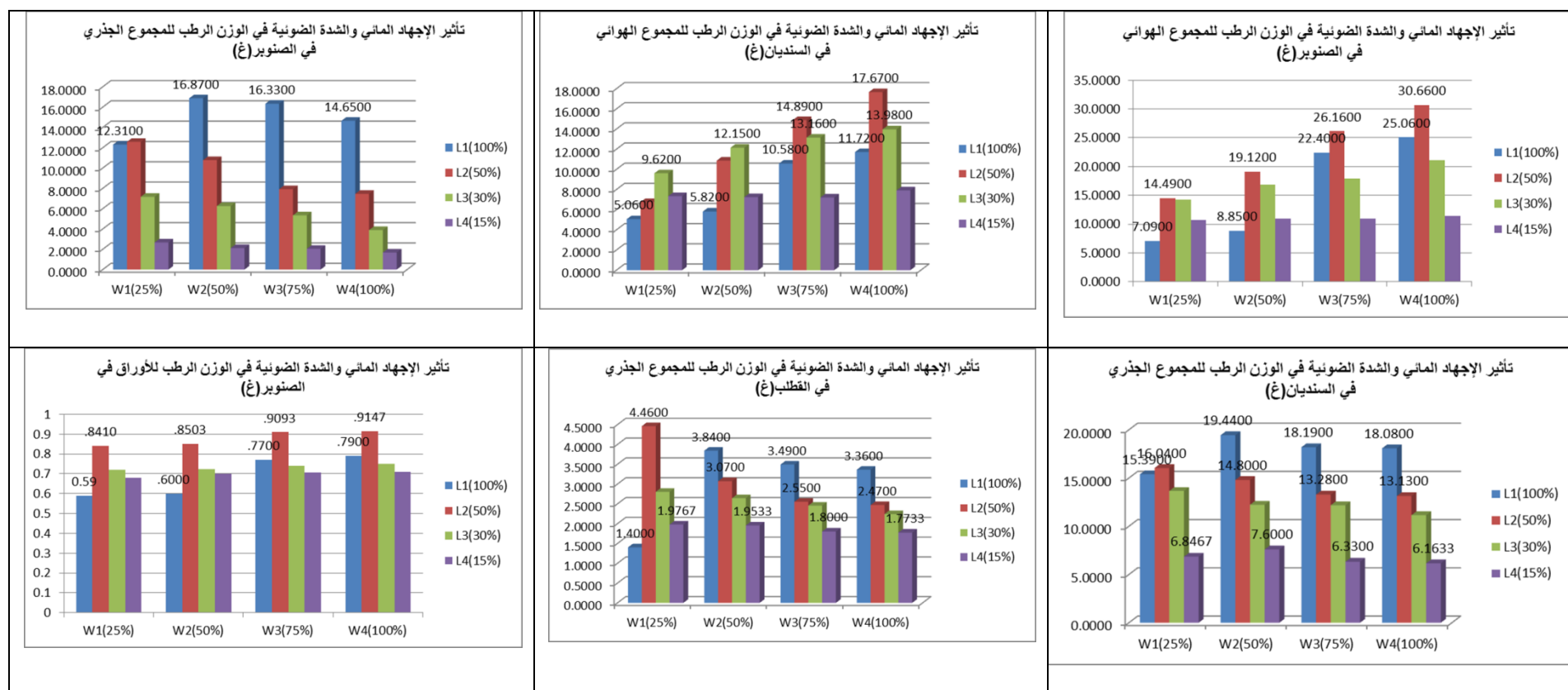


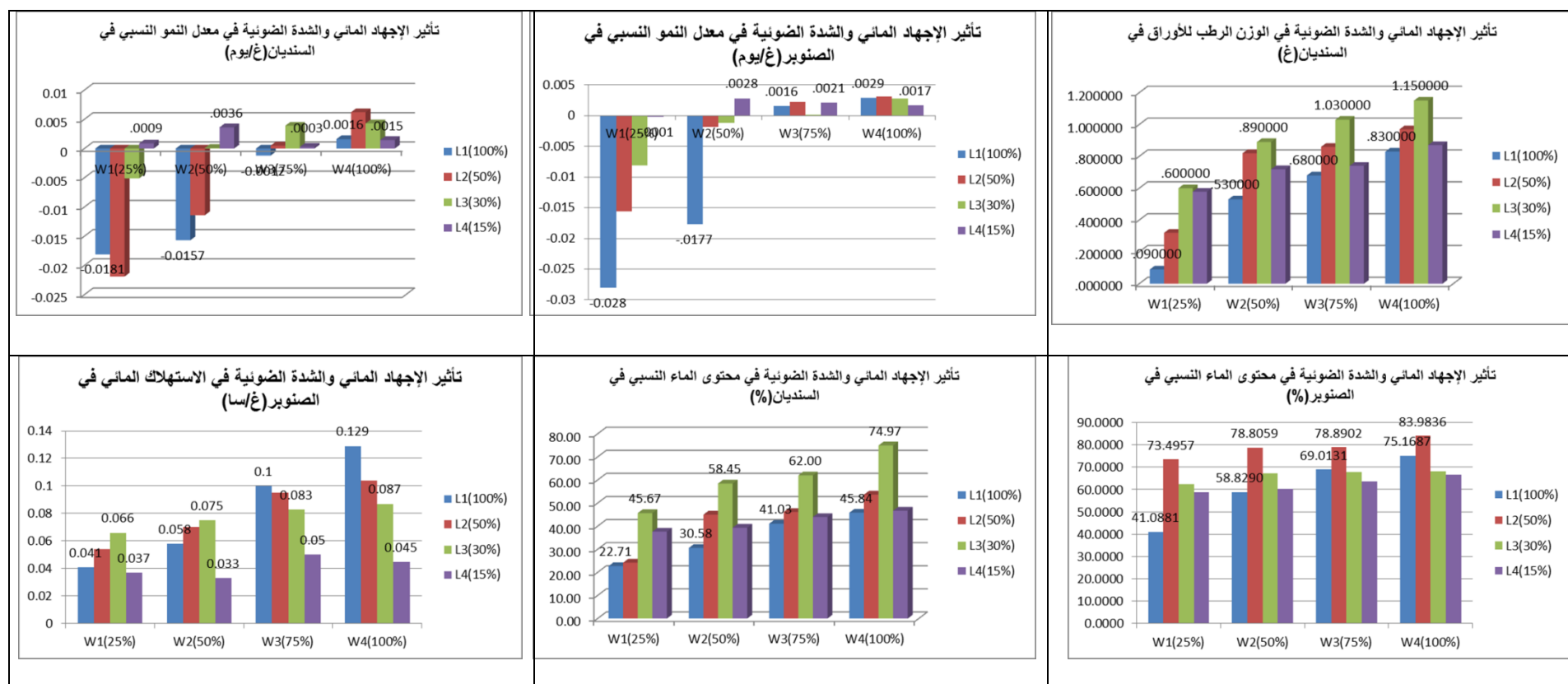
تأثير الإجهاد المائي والشدة الضوئية في المساحة الورقية في السنديان (سم²)

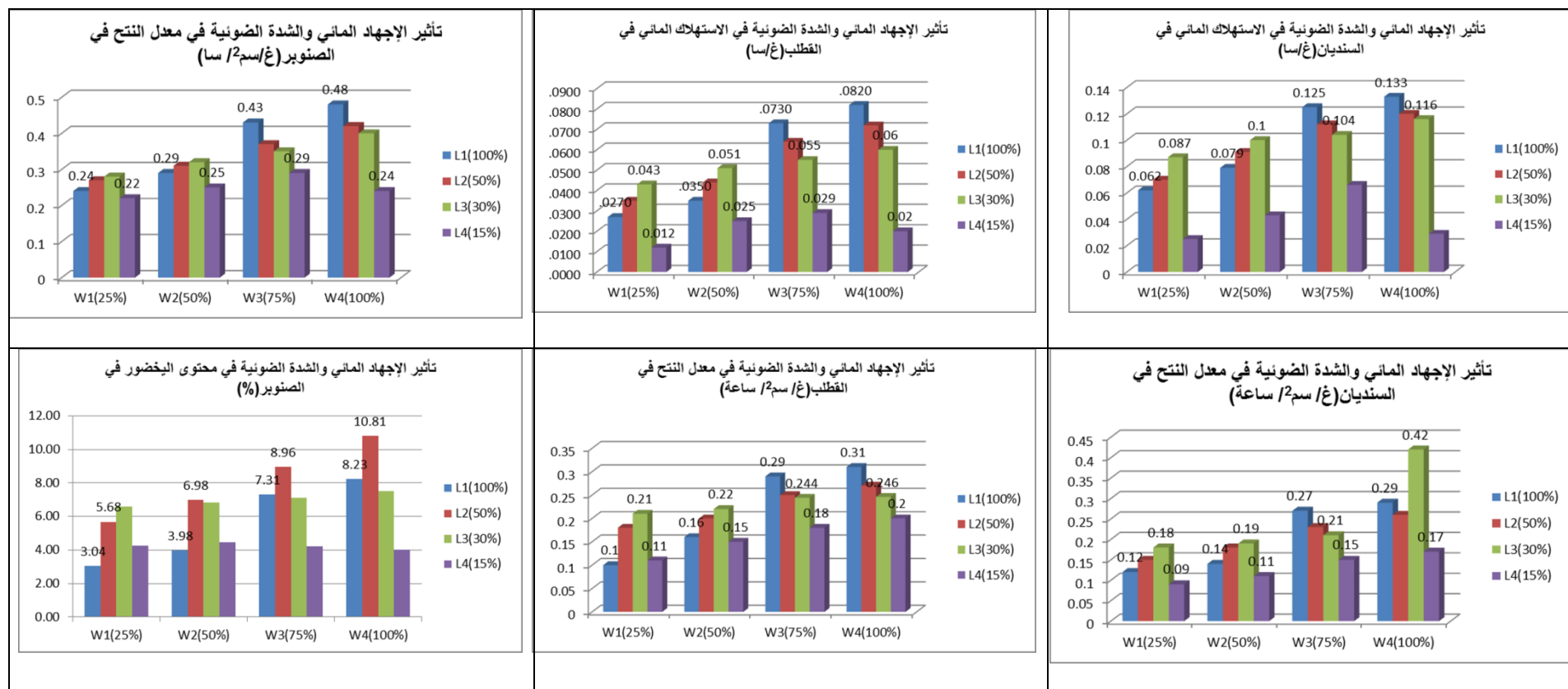


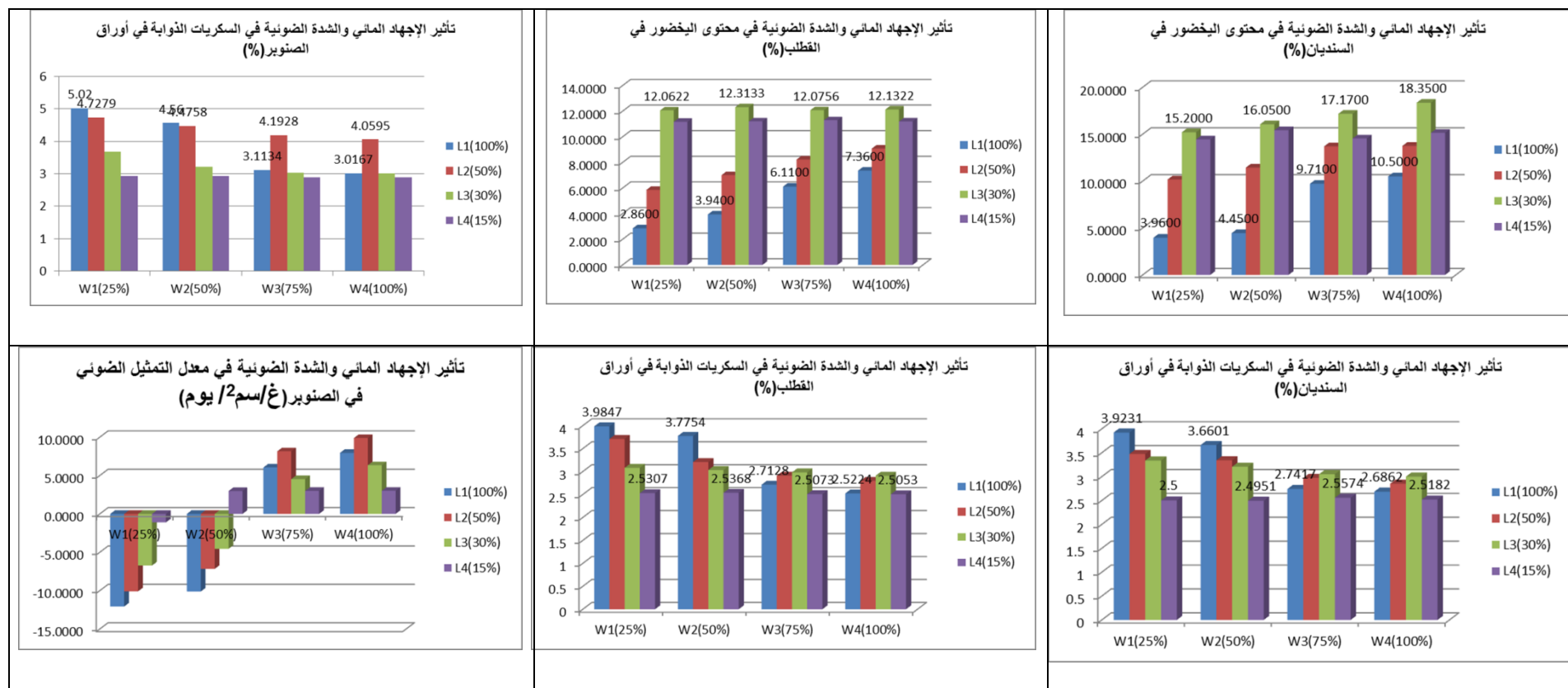
تأثير الإجهاد المائي والشدة الضوئية في المساحة الورقية في الصنوبر (سم²)

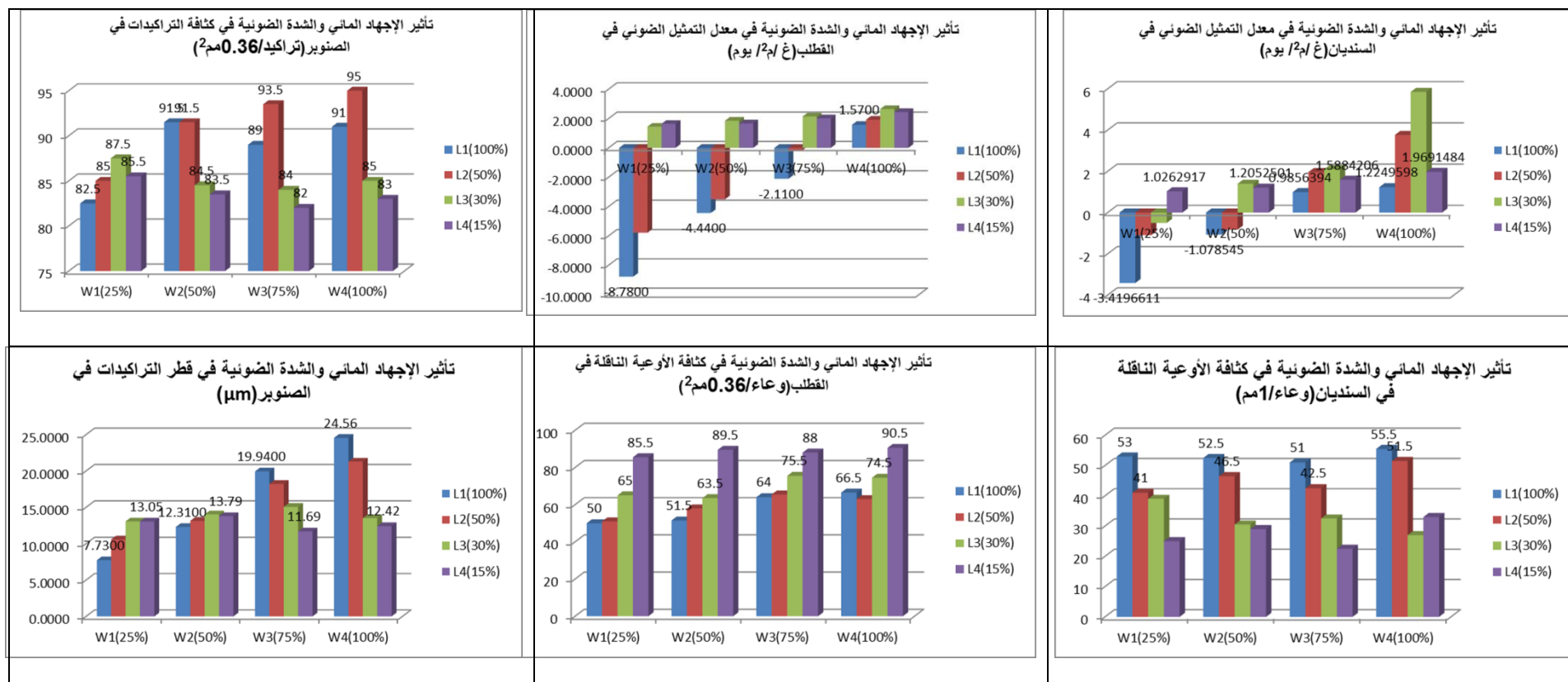




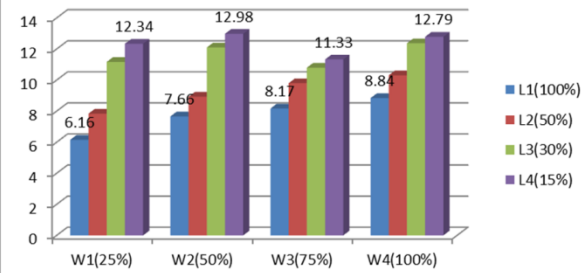




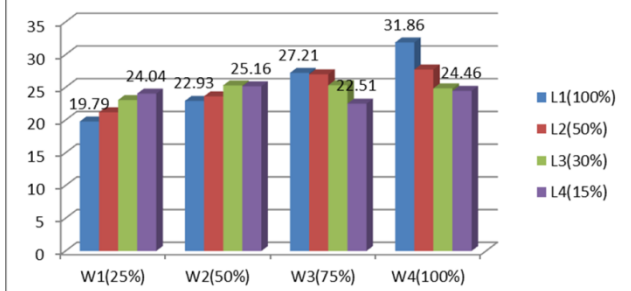




تأثير الإجهاد المائي والشدة الضوئية في قطر الأوعية الناقلة في القطب (μm)



تأثير الإجهاد المائي والشدة الضوئية في قطر الأوعية الناقلة في السنديان (μm)



ملحق 3: جداول التحليل الإحصائي

1- جداول تحليل التباين لتأثير الشدة الضوئية في مؤشرات الأنواع المدروسة

الجدول 1 تحليل التباين لنسبة وسرعة الانبات (مستوى المعنوية 0.05)													
Species		P. brutia				Q. calliprinos				A. andrachne			
	Source of Variance	Sum of Square	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	Df	Mean Squar	Sig.	Sum of Square	df	Mean Squar	Sig.
نسبة الانبات	Between groups	603.667	3	201.222	.000	1574.667	3	524.889	.000	1933.333	3	644.444	.037
	Within groups	82.000	8	10.250		80.000	8	10.000		1109.333	8	138.667	
	total	685.667	11			1654.667	11			3042.667	11		
سرعة الانبات	Between groups	237.125	3	79.042	.000	456.613	3	152.204	.000	259.592	3	86.531	.003
	Within groups	7.026	8	.878		8.924	8	1.115		62.578	8	7.822	
	total	244.151	11			465.537	11			322.170	11		

الجدول 2 تحليل التباين للمساحة الورقية (مستوى المعنوية 0.05)												
Species	P. brutia				Q. calliprinos				A. andrachne			
Source of Variance	Sum of Square	Df	Mean Squar	Sig.	Sum of Square	Df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	Df	Mean Square	Sig.
Between groups	4.818	3	1.60	.000	267.339	3	89.113	.000	1.283	3	.428	.007
Within groups	.388	20	.019		259.572	68	3.817		.405	8	.051	
Total	5.207	23			526.910	71			1.688	11		

الجدول 3 تحليل التباين لسماكة الأوراق (مستوى المعنوية 0.05)												
Species	<i>P. brutia</i>				<i>Q. calliprinos</i>				<i>A. andrachne</i>			
Source ofVariance	Sum of		Mean		Sum of		Mean		Sum of		Mean	
Between groups	Squares	df	Square	Sig.	Squares	df	Square	Sig.	Squares	df	Square	Sig.
Within groups	2.028	3	.676	.000	.033	3	.011	.007	.065	3	.022	.000
	.556	68	.008		.159	64	.002		.210	68	.003	
Total	2.584	71			.192	67			.275	71		

الجدول 4 تحليل التباين لارتفاع النباتات (مستوى المعنوية 0.05)												
Species	P. brutia				Q. calliprinos				A. andrachne			
Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	Df	Mean Square	Sig.
Between groups	1227.857	3	409.286	.000	6357.471	3	2119.157	.000	119.281	3	39.760	.000
Within groups	1620.315	64	25.317		5391.294	64	84.239		22.555	20	1.128	
Total	2848.172	67			11748.765	67			141.836	23		

الجدول 5 تحليل التباين لأقطار النباتات (مستوى المعنوية 0.05)												
Species	P. brutia				Q. calliprinos				A. andrachne			
Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
Between groups	95.909	3	31.970	.00	95.161	3	31.720	.000	.219	3	.073	.000
Within groups	109.266	64	1.707		32.114	64	.502		.144	20	.007	
Total	205.175	67			127.275	67			.362	23		

الجدول 6 تحليل التباين للوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي (مستوى المعنوية 0.01)													
species		<i>P. brutia</i>				<i>Q. calliprinos</i>				<i>A. andrachne</i>			
Source of Variance		Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
الوزن الرطب	Between groups	133.538	3	44.513	.000	158.198	3	52.733	.000	3.832	3	1.277	.001
	Within groups	9.250	20	.462		15.064	20	.753		.657	8	.082	
	total	142.788	23			173.262	23			4.489	11		
الوزن الجاف	Between groups	25.851	3	8.617	.000	43.557	3	14.519	.000	3.136	3	1.045	.000
	Within groups	5.524	20	.276		4.519	20	.226		.343	8	.043	
	total	31.375	23			48.076	23			3.479	11		

الجدول 7 تحليل التباين للوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري (مستوى المعنوية 0.01)

species		<i>P. brutia</i>				<i>Q. calliprinos</i>				<i>A. andrachne</i>			
	Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
الوزن الرطب	Between groups	92.905	3	30.968	.000	158.198	3	52.733	.000	3.990	3	1.330	.001
	Within groups	10.461	20	.523		15.064	20	.753		.727	8	.091	
	total	103.366	23			173.262	23			4.718	11		
الوزن الجاف	Between groups	39.100	3	13.033	.000	43.557	3	14.519	.000	1.603	3	.534	.039
	Within groups	9.380	20	.469		4.519	20	.226		.946	8	.118	
	Total	48.480	23			48.076	23			2.548	11		

الجدول 8 تحليل التباين للوزن الرطب والجاف للأوراق (مستوى المعنوية 0.01)

species		<i>P. brutia</i>				<i>Q. calliprinos</i>				<i>A. andrachne</i>			
	Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
الوزن الرطب	Between groups	.049	3	.016	.000	.360	3	.120	.000	.214	3	.071	.000
	Within groups	.006	20	.000		.022	20	.001		.010	8	.001	
	Total	.055	23			.381	23			.224	11		
الوزن الجاف	Between groups	.008	3	.003	.000	.078	3	.026	.000	.074	3	.025	.000
	Within groups	.003	20	.000		.031	20	.002		.002	8	.000	
	Total	.011	23			.109	23			.076	11		

الجدول 9 تحليل التباين لمعدل النمو النسبي (مستوى المعنوية 0.01)

species		<i>P. brutia</i>				<i>Q. calliprinos</i>				<i>A. andrachne</i>			
Source of Variance		Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
Between groups		.000	3	.000	.046	.000	3	.000	.013	.000	3	.000	.061
Within groups		.000	20	.000		.000	20	.000		.000	8	.000	
total		.000	23			.000	23			.000	11		

الجدول 10 تحليل التباين لمحتوى الماء النسبي والمطلق (مستوى المعنوية 0.01)													
species		P. brutia				Q. calliprinos				A. andrachne			
	Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
الماء النسبي	Between groups	4070.578	3	1356.859	.000	1070.367	3	356.789	.002	373.505	3	124.502	.057
	Within groups	844.264	20	42.213		967.532	20	48.377		260.670	8	32.584	
	Total	4914.842	23			2037.899	23			634.175	11		
الماء المطل	Between groups	176569.624	3	58856.541	.001	4076.245	3	1358.748	.001	2605.750	3	868.583	.555
	Within groups	140354.023	20	7017.701		2991.778	20	149.589		9322.594	8	1165.324	
	Total	316923.646	23			7068.023	23			11928.344	11		

الجدول 11 تحليل التباين لمحتوى اليخضور في الأوراق (مستوى المعنوية 0.01)												
species	P. brutia				Q. calliprinos				A. andrachne			
Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
Between groups	97.080	3	32.360	.000	167.519	3	55.840	.000	123.934	3	41.311	.000
Within groups	4.157	20	.208		15.449	20	.772		31.363	32	.980	
total	101.237	23			182.969	23			155.297	35		

الجدول 12 تحليل التباين لمحتوى السكريات في الأوراق (مستوى المعنوية 0.01)												
species	P. brutia				Q. calliprinos				A. andrachne			
Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
Between groups	9.304	3	3.101	.000	1.661	3	.554	.000	.365	3	.122	.000
Within groups	.738	20	.037		.534	20	.027		.024	8	.003	
total	10.043	23			2.195	23			.389	11		
الجدول 13 تحليل التباين لمعدل التمثيل الضوئي (مستوى المعنوية 0.01)												

الجدول 13 تحليل التباين لمعدل التمثيل الضوئي (مستوى المعنوية 0.01)

species	<i>P. brutia</i>				<i>Q. calliprinos</i>				<i>A. andrachne</i>			
Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.	Sum of Squares	df	Mean Square	Sig.
Between groups	6.277	3	2.092	.176	.170	3	.057	.027	2.130	3	.710	.610
Within groups	23.014	20	1.151		.301	20	.015		8.855	8	1.107	
Total	29.291	23			.472	23			10.984	11		

2- جداول تحليل التباين لتأثير الإجهاد المائي في مؤشرات الأنواع المدروسة

جدول 14 تحليل التباين للمساحة الورقية في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.05)									
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>			
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.		
L1	Between groups	.451	.07	5.486	.165	.145	.513		
	Within groups	.142		6.631		.464			
	total	.593		12.117		.608			
L2	Between groups	.120	.143	9.290	.001	.209	.268		
	Within groups	.134		1.446		.353			
	total	.254		10.735		.562			
L3	Between groups	.022	.722	5.034	.258	.170	.050		
	Within groups	.132		8.230		.111			
	total	.155		13.264		.281			
L4	Between groups	0.0	.999	2.013	.191	.292	.019		
	Within groups	.143		2.672		.130			
	total	.143		4.685		.423			

جدول 15 تحليل التباين نسبة المساحة الورقية في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.05)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Variance Source of	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	.003	.001	.031	.287	.026	.935
	Within groups	.001		.055		.506	
	total	.004		.086		.532	
L2	Between groups	.00	83.0	.022	.650	.010	.999
	Within groups	.002		.101		2.826	
	total	.006		.122		2.836	
L3	Between groups	.000	.376	.107	.111	.044	.853
	Within groups	.001		.103		.458	
	total	.001		.209		.503	
L4	Between groups	.000	.354	.059	.080	.015	.960
	Within groups	.000		.048		.417	
	total	.000		.107		.432	

جدول 16 تحليل التباين لسماكة الورقة في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.05)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Variance Source of	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	.904	.000	.931	.000	.005	.861
	Within groups	.171		.388		.427	
	total	1.074		1.319		.432	
L2	Between groups	.028	.092	.307	.000	.002	.920
	Within groups	.488		.445		.221	
	Total	.516		.751		.223	
L3	Between groups	.162	.000	.063	.000	.002	.678
	Within groups	.821		.280		.097	
	Total	.982		.343		.099	
L4	Between groups	.107	.000	.141	.000	.009	.102
	Within groups	.230		.290		.097	
	total	.338		.431		.107	

جدول 17 تحليل التباين لارتفاع الساق في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.05)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	499.400	.008	496.475	.263	2.668	.403
	Within groups	1289.000		4302.500		17.348	
	total	1788.400		4798.975		20.016	
L2	Between groups	816.875	.120	1150.500	.085	1.770	.657
	Within groups	4712.900		5780.600		21.663	
	total	5529.775		6931.100		23.433	
L3	Between groups	3.275	.336	571.300	.170	1.890	.781
	Within groups	2708.500		3872.600		34.783	
	total	2971.775		4443.900		36.673	
L4	Between groups	308.875	.308	543.075	.367	.935	.849
	Within groups	2976.100		5988.700		23.450	
	total	3284.975		6531.775		24.385	

جدول 18 تحليل التباين للقطر في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.05)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	5.697	.297	4.735	.364	.011	.738
	Within groups	53.55		51.943		.170	
	total	59.247		56.678		.181	
L2	Between groups	2.478	.375	2.379	.680	.004	.966
	Within groups	27.838		56.235		.294	
	total	30.316		58.614		.297	
L3	Between groups	2.854	.137	5.717	.162	.002	.974
	Within groups	17.455		37.853		.145	
	total	20.309		43.570		.146	
L4	Between groups	.463	.675	1.576	.343	.006	.747
	Within groups	10.804		16.469		.095	
	total	11.267		18.045		.101	

جدول 19 تحليل التباين للوزن الرطب للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
Species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	760.208	.000	100.647	.000	2.280	.000
	Within groups	2.939		7.497		.152	
	total	3.148		108.145		2.432	
L2	Between groups	466.306	.000	204.143	.000	1.960	.002
	Within groups	20.520		2.907		.414	
	total	486.826		207.050		2.374	
L3	Between groups	70.907	.000	32.124	.000	.196	.845
	Within groups	5.535		3.032		1.928	
	total	76.442		35.156		2.124	
L4	Between groups	.774	.731	.969	.720	.192	.867
	Within groups	4.689		5.654		2.141	
	total	5.463		6.623		2.333	

جدول 20 تحليل التباين للوزن الجاف للمجموع الهوائي في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
Species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	225.562	.000	42.645	.000	.364	.010
	Within groups	2.007		4.711		.129	
	total	227.569		47.356		.492	
L2	Between groups	169.424	.000	135.543	.000	1.226	.000
	Within groups	22.426		6.098		.134	
	total	191.851		141.642		1.360	
L3	Between groups	30.311	.000	15.925	.000	.197	.814
	Within groups	3.050		1.200		1.668	
	total	33.361		17.126		1.865	
L4	Between groups	1.332	.498	.981	.663	.238	.867
	Within groups	4.107		4.761		2.655	
	total	5.439		5.742		2.893	

جدول 21 تحليل التباين للوزن الرطب للمجموع الجذري في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
Species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	37.854	.001	26.158	.000	10.933	.000
	Within groups	6.058		3.516		.834	
	total	43.912		29.674		11.767	
L2	Between groups	53.008	.000	17.128	.001	7.630	.004
	Within groups	4.860		2.940		2.035	
	total	57.868		20.068		9.665	
L3	Between groups	17.585	.001	9.574	.003	.524	.211
	Within groups	2.784		2.233		.742	
	total	20.369		11.807		1.267	
L4	Between groups	1.505	.131	3.755	.157	.097	.910
	Within groups	1.588		4.411		1.482	
	total	3.093		8.165		1.579	

جدول 22 تحليل التباين للوزن الجاف للمجموع الجذري في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	35.659	.002	2.7	.008	5.442	.009
	Within groups	6.959		3.932		1.860	
	total	42.61		15.969		7.302	
L2	Between groups	43.484	.001	23.953	.001	3.786	.002
	Within groups	8.013		4.108		.722	
	total	51.497		28.062		4.508	
L3	Between groups	11.188	.002	13.006	.001	.070	.646
	Within groups	2.416		2.271		.321	
	total	13.604		15.277		.390	
L4	Between groups	.448	.449	1.882	.229	.045	.918
	Within groups	1.221		2.822		.739	
	total	1.669		4.704		.784	

جدول 23 تحليل التباين للوزن الرطب للأوراق في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	.100	.001	.934	.000	.007	.000
	Within groups	.016		.037		.001	
	total						

L2	Between groups	.115			.971			.008	
	Within groups	.013	.102		.736	.000		.031	.000
	total	.012			.016			.001	
L3	Between groups	.026			.752			.032	
	Within groups	.002	.689		.511	.000		.109	.005
	total	.011			.031			.031	
L4	Between groups	.013			.541			.139	
	Within groups	.002	.911		.130	.012		.114	.000
	total	.025			.049			.011	
		.026			.178			.125	

جدول 24 تحليل التباين للوزن الجاف للأوراق في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)									
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>			
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.		
L1	Between groups	.066	.017	.641	.000	.003	.000		
	Within groups	.028		.031		.000			
	total	.094		.672		.003			
L2	Between groups	.004	.575	.677	.000	.001	.072		
	Within groups	.015		.015		.000			
	total	.019		.692		.001			
L3	Between groups	.005	.114	.258	.001	.055	.006		
	Within groups	.005		.042		.016			
	total	.010		.300		.071			
L4	Between groups	.001	.991	.184	.010	.036	.000		
	Within groups	.042		.065		.003			
	total	.043		.249		.039			

جدول 25 تحليل التباين معدل النمو النسبي في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)									
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>			
Treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.		
L1	Between groups	.002	.000	.001	.002	.000	.012		
	Within groups	.000		.000		.000			
	total	.002		.001		.000			
L2	Between groups	.001	.000	.001	.000	.001	.001		
	Within groups	.000		.000		.000			
	total	.001		.001		.001			
L3	Between groups	.000	.000	.000	.000	.000	.786		
	Within groups	.000		.000		.000			
	total	.000		.000		.000			
L4	Between groups	.000	.471	.000	.677	.000	.865		
	Within groups	.000		.000		.001			

	total	.000		.000		.001	
--	-------	------	--	------	--	------	--

جدول 26 تحليل التباين لمحتوى الماء النسبي في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
Species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	1998.465	.052	973.318	.001	935.569	.000
	Within groups	1329.557		141.428		92.976	
	total	3328.022		1114.746		1028.546	
L2	Between groups	165.040	.368	1436.002	.040	777.154	.005
	Within groups	364.357		853.984		214.442	
	total	529.397		2289.987		991.596	
L3	Between groups	67 884	.173	1306.432	.004	578.563	.008
	Within groups	84.463		344.108		189.355	
	total	152.347		1650.540		767.918	
L4	Between groups	109.998	.241	156.772	.582	469.260	.324
	Within groups	170.915		604.387		924.760	
	total	280.912		761.159		1394.020	

جدول 27 تحليل التباين لمحتوى الماء المطلق في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
Species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	266088.237	.021	10549.807	.002	2259.387	.148
	Within groups	123277.239		2036.323		2555.555	
	Total	389365.476		12586.131		4814.942	
L2	Between groups	233667.938	.233	18531.618	.009	1732.166	.413
	Within groups	354827.633		6295.624		4294.030	
	Total	588495.570		24827.242		6026.196	
L3	Between groups	123733.117	.028	12553.206	.075	1164.795	.460
	Within groups	63567.838		9918.689		3256.696	
	Total	187300.955		22471.895		4421.491	
L4	Between groups	33975.292	.343	4975.180	.262	2084.721	.801
	Within groups	70426.188		8232.169		16600.270	
	Total	104401.480		13207.349		18684.990	

جدول 28 تحليل التباين للاستهلاك المائي للنبات في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.05)							
Species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
Treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.

L1	Between groups	.024	.000		.018	.000		.011	.000
	Within groups	.001			.003			.002	
	total	.025			.021			.013	
L2	Between groups	.008	.001		.008	.000		.005	.008
	Within groups	.004			.004			.004	
	total	.012			.011			.009	
L3	Between groups	.001	.332		.002	.314		.001	.503
	Within groups	.006			.009			.005	
	total	.007			.011			.005	
L4	Between groups	.001	.585		.005	.033		.001	.412
	Within groups	.007			.008			.004	
	total	.008			.013			.005	

species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	.265	.000	.158	.000	.152	.000
	Within groups	.155		.074		.045	
	total	.420		.232		.197	
L2	Between groups	.089	.039	.052	.002	.029	.007
	Within groups	.219		.063		.027	
	total	.308		.115		.057	
L3	Between groups	.052	.316	.011	.052	.002	.730
	Within groups	.275		.023		.012	
	total	.327		.034		.013	
L4	Between groups	.007	.11	.011	.062	.009	.152
	Within groups	.060		.003		.004	
	total	.067		.014		.012	

جدول 30 تحليل التباين لليخضور في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	171.355	.000	317.552	.000	112.248	.000
	Within groups	21.135		25.109		19.095	
	total	192.490		342.661		131.343	
L2	Between groups	136.69	.000	85.526	.000	53.603	.000
	Within groups	40.613		21.156		24.733	
	total	177.222		106.682		78.336	
L3	Between groups	3.973	.267	50.622	.000	.362	.967
	Within groups	30.753		41.440		45.043	

	total	34.726		92.062		45.404	
L4	Between groups	.886	.724	5.970	.039	.079	.995
	Within groups	21.375		20.360		36.710	
	total	22.261		26.330		36.789	

جدول 31 تحليل التباين لمحتوى السكريات في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
species		P. brutia		Q. calliprinos		A. andrachne	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	9.317	.000	3.592	.000	4.901	.000
	Within groups	.14		.128		.079	
	total	9.462		3.721		4.980	
L2	Between groups	.801	.000	.787	.000	1.498	.000
	Within groups	.089		.039		.141	
	total	.890		.826		1.639	
L3	Between groups	.863	.000	.210	.000	.048	.076
	Within groups	.043		.029		.038	
	total	.906		.239		.087	
L4	Between groups	.004	.842	.007	.689	.002	.735
	Within groups	.039		.038		.014	
	total	.043		.045		.017	

جدول 32 تحليل التباين لمعدل التمثيل الضوئي في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
species		P. brutia		Q. calliprinos		A. andrachne	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	994.914	.000	42.063	.088	169.503	.000
	Within groups	127.979		35.968		21.313	
	total	1122.89		78.031		190.816	
L2	Between groups	953.701	.000	48.988	.062	106.108	.031
	Within groups	49.96		35.363		56.694	
	total	1003.662		84.351		162.802	
L3	Between groups	380.429	.000	63.904	.002	2.309	.441
	Within groups	20.126		12.347		6.154	
	total	400.555		76.251		8.463	
L4	Between groups	37.884	.047	1.584	.612	1.271	.689
	Within groups	24.206		6.635		6.703	
	total	62.091		8.219		7.974	

جدول 33 تحليل التباين لكثافة الأوعية الناقلة في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	103. 00	.137	21.000	.765	429.000	.013
	Within groups	1.000		71.000		39.000	
	total	144.000		92.000		468.000	
L2	Between groups	116.500	.289	132.375	.040	245.375	.020
	Within groups	87.000		23.500		28.500	
	total	203.500		155.875		273.875	
L3	Between groups	14.500	.838	152.500	.026	234.375	.037
	Within groups	69.000		21.000		39.500	
	total	83.500		173.500		273.875	
L4	Between groups	13.000	.781	127.375	.024	28.375	.457
	Within groups	47.000		16.500		35.500	
	total	60.000		143.875		63.875	

جدول 34 تحليل التباين لأقطار الأوعية الناقلة في الأنواع المدروسة (مستوى المعنوية 0.01)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
treatment	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
L1	Between groups	341.166	.000	165.126	.001	7.807	.100
	Within groups	5.000		3.225		2.488	
	total	346.166		168.351		10.295	
L2	Between groups	140.418	.001	55.363	.029	7.078	.061
	Within groups	3.571		8.096		1.626	
	total	143.990		63.460		8.704	
L3	Between groups	4.426	.134	6.857	.597	3.301	.415
	Within groups	1.740		12.972		3.654	
	total	6.166		19.829		6.955	
L4	Between groups	4.823	.179	7.530	.534	3.046	.514
	Within groups	2.358		11.807		4.500	
	total	7.181		19.337		7.546	

3- جداول تحليل التباين للمؤشرات المدروسة ضمن معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي معاً

الجدول 35 تحليل التباين للمساحة الورقية (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.05)							
species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
Source of Variance		Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.

Between groups	.726	.007		198.009	.000		5.507	.000	
Within groups	.551			18.979			1.058		
total	1.277			216.98			6.565		

الجدول 36 تحليل التباين لسمكة الورقة (معاملات الشدة الضونية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.05)									
species	<i>P. brutia</i>			<i>Q. calliprinos</i>			<i>A. andrachne</i>		
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.		Sum of Squares	Sig.		Sum of Squares	Sig.	
Between groups	8.537	.000		1.922	.000		.292	.061	
Within groups	1.796			1.403			.842		
total	10.333			3.324			1.135		

الجدول 37 تحليل التباين للوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي (معاملات الشدة الضونية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)									
species	<i>P. brutia</i>			<i>Q. calliprinos</i>			<i>A. andrachne</i>		
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.		Sum of Square	Sig.		Sum of Squares	Sig.	
الوزن الرطب	Between groups	2126.050	.000	588.734	.000		39.202	.021	
	Within groups	33.683		19.090			4.634		
	total	2159.733		607.825			43.836		
الوزن الجاف	Between groups	786.581	.000	279.109	.000		24.086	.035	
	Within groups	31.591		16.771			4.602		
	total	818.172		295.879			28.688		

الجدول 38 تحليل التباين للوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري (معاملات الشدة الضونية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)									
species	<i>P. brutia</i>			<i>Q. calliprinos</i>			<i>A. andrachne</i>		
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.		Sum of Squares	Sig.		Sum of Squares	Sig.	
الوزن الرطب	Between groups	1216.780	.000	825.970	.000		31.118	.000	
	Within groups	15.289		13.100			5.094		
	total	1232.069		839.070			36.212		
الوزن الجاف	Between groups	816.03	.000	387.760	.000		19.429	.000	
	Within groups	18.608		13.133			3.642		
	total	835.111		400.893			23.071		

الجدول 39 تحليل التباين للوزن الرطب والجاف للأوراق (معاملات الشدة الضونية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)									
species	<i>P. brutia</i>			<i>Q. calliprinos</i>			<i>A. andrachne</i>		

	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.		Sum of Squares	Sig.		Sum of Squares	Sig.
الوزن الرطب	Between groups	.389	.012		3.204	.000		.763	.000
	Within groups	.064			.132			.043	
	total	.453			3.335			.806	
الوزن الجاف	Between groups	.127	.02		2.346	.000		.281	.000
	Within groups	.091			.152			.020	
	total	.218			2.499			.301	

الجدول 40 تحليل التباين لمعدل النمو النسبي (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)						
species	<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
Between groups	.004	.000	.003	.000	.004	.014
Within groups	.000		.000		.001	
total	.004		.004		.005	

الجدول 41 تحليل التباين لمحتوى الماء النسبي والمطلق (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)							
species		P. brutia		Q. calliprinos		A. andrachne	
	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
الماء النسبي	Between groups	4703.407	.000	80 5.956	.000	5064.471	.019
	Within groups	1949.291		1943.907		1421.533	
	total	6652.698		10009.862		6486.004	
الماء المطلق	Between groups	927325.221	.003	56692.728	.000	16258.517	.259
	Within groups	612098.897		26482.806		26706.551	
	Total	1539424.118		83175.534		42965.069	

الجدول 42 تحليل التباين للاستهلاك المائي للنبات (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.05)						
species	<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
Between groups	.057	.000	.086	.000	.033	.000
Within groups	.0 8		.024		.015	
total	. 74		.109		.047	

الجدول 43 تحليل التباين لمعدل النتج (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.05)			
species	<i>P. brutia</i>	<i>Q. calliprinos</i>	<i>A. andrachne</i>

Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
Between groups	.523	.000	.292	.000	.222	.000
Within groups	.709		.163		.088	
total	1.232		.455		.310	

الجدول 44 تحليل التباين لمحتوى اليخضور في الأوراق (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)

species	<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
Between groups	618.951	.000	23 7.484	.000	1331.814	.000
Within groups	113.875		108.065		125.581	
total	732.825		2425.549		1457.396	

الجدول 45 تحليل التباين لمحتوى السكريات في الأوراق (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)

species	<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
Between groups	26.694	.000	8.711	.000	10.234	.000
Within groups	.316		.234		.273	
total	27.010		8.946		10.507	

الجدول 46 تحليل التباين لمعدل التمثيل الضوئي (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)

species	<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
Between groups	2464.589	.000	2 6.166	.000	552.487	.000
Within groups	222.271		90.312		90.864	
total	2686.860		296.479		643.352	

الجدول 47 تحليل التباين لكثافة وأقطار الأوعية الناقلة (معاملات الشدة الضوئية والإجهاد المائي) (مستوى المعنوية 0.01)

species		<i>P. brutia</i>		<i>Q. calliprinos</i>		<i>A. andrachne</i>	
	Source of Variance	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.	Sum of Squares	Sig.
الكثافة	Between groups	531.500	.052	3764.000	.000	5651.719	.000
	Within groups	244.000		132.000		142.500	
	total	775.500		3896.000		5794.219	
القطر	Between groups	552.814	.000	243.033	.000	131.127	.000
	Within groups	12.670		36.101		12.267	
	total	565.484		279.134		143.395	

الملحق 4: جداول مصفوفات الارتباط

مصفوفة الارتباط بين المؤشرات المدروسة في الصنوبر (عامل شدة الاضاءة)

كفاءة التمثيل الضوئي	كمية السكريات	محتوى اليخضور	محتوى الماء المطلق	محتوى الماء النسبي	معدل النمو النسبي	الوزن الجاف للأوراق	الوزن الرطب للأوراق	الوزن الجاف للمجموع للجذور	الوزن الرطب للمجموع للجذور	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	قطر الغراس	ارتفاع الغراس	سمائة الورقة	المساحة الورقية
.994**	.975*	.998**	.540	.662	.985*	.949	.938	.737	.714	.997**	.979*	.944	.681	.918	1
.939	.819	.901	.334	.442	.844	.745	.733	.894	.894	.940	.907	.993**	.376	1	.918
.667	.741	.725	.899	.947	.737	.849	.791	.010	-.026	.619	.578	.473	1	.376	.681
.967*	.850	.934	.440	.542	.875	.796	.772	.838	.837	.957*	.915	1	.473	.993**	.944
.957*	.974*	.965*	.371	.514	.978*	.920	.938	.813	.784	.988*	.915	.915	.578	.907	.979*
.990**	.966*	.989*	.472	.600	.976*	.925	.921	.791	.769	1	.988*	.957*	.619	.940	.997**
.720	.623	.669	-.123	-.002	.641	.483	.524	.998**	1	.769	.784	.837	-.026	.894	.714
.736	.660	.692	-.117	.012	.675	.522	.568	.998**	1	.791	.813	.838	.010	.894	.737
.898	.991**	.940	.538	.672	.983*	.990*	1	.568	.524	.921	.938	.772	.791	.733	.938
.922	.984*	.959*	.649	.767	.982*	1	.990*	.522	.483	.925	.920	.796	.849	.745	.949
.962*	.999**	.984*	.535	.666	1	.982*	.983*	.675	.641	.976*	.978*	.875	.737	.844	.985*
.683	.654	.711	.986*	1	.666	.767	.672	.012	-.002	.600	.514	.542	.947	.442	.662
.573	.519	.595	1	.986*	.535	.649	.538	-.117	-.123	.472	.371	.440	.899	.334	.540
.994**	.974*	1	.595	.711	.984*	.959*	.940	.692	.669	.989*	.965*	.934	.725	.901	.998**
.946	1	.974*	.519	.654	.999**	.984*	.991**	.660	.623	.966*	.974*	.850	.741	.819	.975*
1	.946	.994**	.573	.683	.962*	.922	.898	.736	.720	.990**	.957*	.967*	.667	.939	.994**

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

مصفوفة الارتباط بين المؤشرات المدروسة في السنديان (عامل شدة الاضاءة)

كفاءة التمثيل الضوئي	كمية السكريات	محتوى اليخضور	محتوى الماء المطلق	محتوى الماء النسبي	معدل النمو النسبي	الوزن الجاف للأوراق	الوزن الرطب للجذور	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	قطر الغراس	ارتفاع الغراس	سماكة الورقة	المساحة الورقية		
.719	.376	.992**	.828	.648	-.168	.781	.814	-.813	-.864	.085	.177	-.844	.881	1	المساحة الورقية
-.191	.228	-.727	-.417	-.112	.416	-.306	-.319	.998**	.994**	.371	.307	.990*	-.805	1	سماكة الورقة
.958*	.757	.930	.989*	.930	.245	.983*	.982*	-.462	-.550	.534	.613	-.553	1	ارتفاع الغراس	ارتفاع الغراس
-.291	.123	-.776	-.522	-.222	.287	-.409	-.405	.983*	.991**	.238	.173	.990*	-.844	1	قطر الغراس
.770	.896	.283	.698	.839	.872	.743	.655	.331	.234	.995**	.173	.307	.177	1	الوزن الرطب للمجموع الهوائي
.702	.856	.191	.628	.781	.913	.674	.576	.398	.306	.995**	.238	.371	.085	1	الوزن الجاف للمجموع الهوائي
-.289	.128	-.796	-.500	-.209	.391	-.397	-.416	.995**	1	.306	.234	.994**	-.864	1	الوزن الرطب للمجموع للجذور
-.191	.227	-.734	-.408	-.108	.459	-.301	-.325	1	.995**	.398	.331	.998**	-.813	1	الوزن الجاف للمجموع للجذور
.986*	.844	.879	.961*	.960*	.245	.984*	1	-.325	-.416	.576	.655	-.405	.814	1	الوزن الرطب للأوراق
.989*	.855	.849	.989*	.980*	.391	1	.984*	-.301	-.397	.674	.743	.983*	.781	1	الوزن الجاف للأوراق
.391	.570	-.088	.379	.496	1	.391	.245	.459	.391	.872	.287	.245	-.168	1	معدل النمو النسبي
.993**	.939	.735	.946	1	.496	.980*	.960*	-.108	-.209	.781	.839	-.222	.648	1	محتوى الماء النسبي
.958*	.778	.882	1	.946	.379	.989*	.961*	-.408	-.500	.628	.698	-.522	.828	1	محتوى الماء المطلق
.799	.487	1	.882	.735	-.088	.849	.879	-.734	-.796	.191	.283	-.776	.992**	1	محتوى اليخضور
.912	1	.487	.778	.939	.570	.855	.844	.227	.128	.896	.896	.123	.376	1	كمية السكريات
1	.912	.799	.958*	.993**	.391	.989*	.986*	-.191	-.289	.702	.770	-.291	.719	1	كفاءة التمثيل الضوئي

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

مصفوفة الارتباط بين المؤشرات المدروسة في القطن (عامل شدة الاضاءة)

كفاءة التمثيل الضوئي	كمية السكريات	محتوى اليخضور	محتوى الماء المطلق	محتوى الماء النسبي	معدل النمو النسبي	الوزن الجاف للأوراق	الوزن الرطب للجذور	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	قطر الغراس	ارتفاع الغراس	سماعة الورقة	المساحة الورقية			
.987*	.425	.982*	.564	.844	.887	.957*	.948	-.636	-.764	.955*	.951*	-.942	.713	-.863	1	المساحة الورقية
-.918	-.127	-.914	-.880	-.998**	-.806	-.921	-.977*	.938	-.724	-.663	.981*	-.930	1	-.863	سماعة الورقة	
.754	-.241	.739	.976*	.917	.536	.871	.885	-.946	-.872	.487	.484	-.890	1	-.930	.713	ارتفاع الغراس
-.970*	-.217	-.965*	-.800	-.971*	-.848	-.972*	-1.0**	.858	.920	-.827	-.792	1	.981*	-.942	-.942	قطر الغراس
.897	.553	.892	.294	.636	.820	.851	.804	-.366	-.535	.970*	1	.484	-.663	-.951*	.951*	الوزن الرطب للمجموع الهوائي
.938	.670	.941	.324	.712	.932	.829	.835	-.447	-.648	1	.970*	.487	-.724	-.955*	.955*	الوزن الجاف للمجموع الهوائي
-.853	-.171	-.858	-.862	-.985*	-.810	-.808	-.913	.956*	1	-.648	-.535	.920	-.872	-.972*	-.764	الوزن الرطب للمجموع للجذور
-.725	.125	-.722	-.969*	-.946	-.608	-.762	-.848	1	.956*	-.447	-.366	.858	-.946	.938	-.636	الوزن الجاف للمجموع للجذور
.973*	.224	.968*	.790	.966*	.849	.975*	1	-.848	-.913	.835	.804	1.0**	-.885	-.977*	.948	الوزن الرطب للأوراق
.948	.148	.935	.747	.896	.765	1	.975*	-.762	-.808	.829	.851	-.972*	.871	-.921	.957*	الوزن الجاف للأوراق
.930	.689	.944	.437	.816	1	.765	.849	-.608	-.810	.932	.820	-.848	.536	-.806	.887	معدل النمو النسبي
.908	.146	.907	.877	.816	1	.896	.966*	-.946	-.985*	.712	.636	-.971*	.917	-.998**	.844	محتوى الماء النسبي
.631	-.343	.620	1	.877	.437	.747	.790	-.969*	-.862	.324	.294	-.800	.976*	-.880	.564	محتوى الماء المطلق
.999**	.459	1	.620	.907	.944	.935	.968*	-.722	-.858	.941	.892	-.965*	.739	-.914	.982*	محتوى اليخضور
.432	1	.459	-.343	.146	.689	.148	.224	.125	-.171	.670	.553	-.217	-.241	-.127	.425	كمية السكريات
1	.432	.999**	.631	.908	.930	.948	.973*	-.725	-.853	.938	.897	-.970*	.754	-.918	.987*	كفاءة التمثيل الضوئي

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

مصفوفة الارتباط بين المؤشرات المدروسة في الصنوبر (عامل الإجهاد المائي)

قطر التراكيدات	كثافة التراكيدات	معدل التمثيل الضوئي	محتوى السكريات	محتوى اليخضور	معدل النتج	الاستهلاك المائي للنبات	محتوى الماء المطلق	محتوى الماء النسبي	معدل النمو النسبي	الوزن الجاف للجذري	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	الوزن الرطب للجذري	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	قطر النبات	ارتفاع النبات	سماعة الأوراق	نسبة المساحة الورقية	المساحة الورقية	
.809**	.459	.844**	-.487	.834**	.720**	.718**	.848**	.840**	.877**	.916**	.778**	-.174	-.188	.031	.570*	.554*	.913**	1	المساحة الورقية
.791**	.460	.870**	-.441	.841**	.713**	.709**	.860**	.717**	.795**	.767**	.666**	-.242	-.244	.023	.563*	.462	.913**	1	نسبة المساحة الورقية
.705**	.713**	.299	.257	.779**	.826**	.859**	.738**	.700**	.145	.701**	.685**	.660**	.658**	.804**	.411	1	.462	.554*	سماعة الأوراق
.301	.502*	.226	.121	.728**	.306	.373	.515*	.692**	.325	.673**	.737**	-.106	-.098	.089	1	.411	.563*	.570*	ارتفاع النبات
.400	.655**	-.132	.597*	.440	.576*	.634**	.362	.258	-.351	.225	.266	.907**	.911**	1	.089	.804**	.023	.031	قطر النبات
.842**	.706**	.684**	-.061	.976**	.872**	.896**	.942**	.838**	.559*	.895**	.848**	.175	.177	.452	.452	.805**	.853**	.860**	الوزن الرطب للمجموع الهوائي
.763**	.735**	.643**	-.010	.937**	.773**	.800**	.918**	.890**	.598*	.910**	.898**	.115	.117	1	.405	.752**	.809**	.852**	الوزن الجاف للمجموع الهوائي
.251	.505*	-.319	.581*	.142	.379	.408	.085	.052	-.498*	.000	.036	.998**	1	.117	.911**	.658**	-.244	-.188	الوزن الرطب للمجموع الجذري
.262	.499*	-.311	.548*	.141	.391	.421	.082	.064	-.475	.010	.030	1	.998**	.115	.907**	.660**	-.242	-.174	الوزن الجاف للمجموع الجذري
.582*	.604*	.492	.100	.836**	.551*	.601*	.815**	.927**	.499*	.928**	1	.030	.036	.898**	.737**	.685**	.666**	.778**	الوزن الرطب للأوراق
.708**	.532*	.655**	-.189	.870**	.702**	.732**	.870**	.932**	.683**	1	.928**	.010	.000	.910**	.225	.701**	.767**	.916**	الوزن الجاف للأوراق
.613*	.164	.846**	-.766**	.512*	.456	.410	.590*	.617*	1	.683**	.499*	-.475	-.498*	.598*	-.351	.325	.795**	.877**	معدل النمو النسبي
.664**	.645**	.536*	-.057	.827**	.621*	.664**	.820**	1	.617*	.932**	.927**	.064	.052	.890**	.258	.692**	.717**	.840**	محتوى الماء النسبي
.783**	.598*	.779**	-.115	.887**	.822**	.819**	1	.820**	.590*	.870**	.815**	.082	.085	.918**	.362	.738**	.860**	.848**	محتوى الماء المطلق
.869**	.650**	.584*	-.094	.864**	.971**	1	.819**	.664**	.410	.732**	.601*	.421	.408	.800**	.634**	.859**	.709**	.718**	الاستهلاك المائي للنبات
.862**	.580*	.655**	-.171	.819**	1	.971**	.822**	.621*	.456	.702**	.551*	.391	.379	.773**	.872**	.826**	.713**	.720**	معدل النتج
.782**	.703**	.599*	-.021	1	.819**	.864**	.887**	.827**	.512*	.870**	.836**	.141	.142	.937**	.440	.779**	.841**	.834**	محتوى اليخضور
-.308	.360	-.625**	1	-.021	-.171	-.094	-.115	-.057	-.766**	-.189	.100	.548*	.581*	-.010	.597*	.257	-.441	-.487	محتوى السكريات
.748**	.254	1	-.625**	.599*	.655**	.584*	.779**	.536*	.846**	.655**	.492	-.311	-.319	.643**	.684**	.299	.870**	.844**	معدل التمثيل الضوئي
.662**	1	.662**	.748**	.360	.580*	.650**	.598*	.645**	.164	.532*	.604*	.499*	.505*	.735**	.706**	.713**	.460	.459	كثافة التراكيدات
1	.662**	.748**	-.308	.782**	.862**	.869**	.783**	.664**	.613*	.708**	.582*	.262	.251	.763**	.842**	.301	.791**	.809**	قطر التراكيدات

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

مصفوفة الارتباط بين المؤشرات المدروسة في السنديان (عامل الإجهاد المائي)

قطر الأوعية	كثافة الأوعية	معدل التمثيل	محتوى السكريات	محتوى اليخضور	معدل النتج	الاستهلاك المائي للنبات	محتوى الماء المطلق	محتوى الماء النسبي	معدل النمو النسبي	الوزن الجاف للأوراق	الوزن الجاف للجزري	الوزن الرطب للجزري	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	ارتفاع النبات	سماعة الأوراق	نسبة المساحة الورقية	المساحة الورقية			
.115	-.723**	.714**	-401	.953**	.297	.050	.620*	.796**	.644**	.734**	.742**	-.567*	-.632**	.543*	.542*	-.521*	.688**	.054	.951**	1	المساحة الورقية
.102	-.725**	.769**	-.388	.921**	.420	.051	.709**	.849**	.625**	.752**	.767**	-.575*	-.613*	.465	.480	-.545*	.636**	.049	1	.951**	نسبة المساحة الورقية
.834**	.223	.460	-.536*	.193	.565*	.646**	.449	.346	.513*	.568*	.549*	.170	.214	.545*	.551*	.346	-.104	1	.049	.054	سماعة الأوراق
-.134	-.855**	.280	-.485	.770**	-.195	-.419	.078	.280	.407	.256	.236	-.696**	-.758**	-.042	-.087	.346	.636**	-.104	.636**	.688**	ارتفاع النبات
.288	.913**	-.272	.521*	-.594*	.309	.707**	-.073	-.187	-.376	-.142	-.133	.916**	.926**	.241	.316	1	-.803**	.346	-.545*	-.521*	قطر النبات
.659**	.096	.705**	-.215	.501*	.719**	.741**	.750**	.751**	.613*	.767**	.771**	.082	.084	.978**	1	.316	-.087	.480	.480	.542*	الوزن الرطب للمجموع الهوائي
.682**	.060	.742**	-.320	.517*	.652**	.660**	.755**	.712**	.696**	.774**	.759**	-.029	-.013	1	.241	-.042	.545*	.465	.543*	.543*	الوزن الجاف للمجموع الهوائي
.166	.856**	-.399	.626**	-.674**	.252	.626**	-.213	-.271	-.519*	-.320	-.284	.968**	1	-.013	.084	-.758**	.214	.613*	-.613*	-.632**	الوزن الرطب للمجموع الجذري
.076	.828**	-.428	.656**	-.634**	.216	.573*	-.256	-.310	-.603*	-.344	-.307	.968**	1	-.029	.082	-.696**	.170	.575*	-.575*	-.567*	الوزن الجاف للمجموع الجذري
.619*	-.322	.879**	-.529*	.753**	.650**	.442	.912**	.922**	.807**	.988**	1	-.307	-.284	.759**	.771**	-.133	.236	.549*	.767**	.742**	الوزن الرطب للأوراق
.634**	-.302	.872**	-.566*	.745**	.618*	.421	.917**	.890**	.836**	1	.988**	-.344	-.320	.774**	.767**	-.142	.256	.568*	.752**	.734**	الوزن الجاف للأوراق
.666**	-.421	.832**	-.800**	.759**	.428	.214	.768**	.746**	1	.836**	.807**	-.519*	.696**	.613*	-.376	.513*	.407	.513*	.625**	.644**	معدل النمو النسبي
.453	-.394	.850**	-.344	.785**	.720**	.470	.893**	1	.746**	.890**	.922**	-.310	-.271	.712**	.751**	-.187	.280	.346	.849**	.796**	محتوى الماء النسبي
.599*	-.170	.894**	-.446	.626**	.774**	.465	1	.893**	.768**	.917**	.912**	-.256	-.213	.755**	.750**	-.073	.078	.449	.709**	.620*	محتوى الماء المطلق
.610*	.476	.338	.134	.021	.780**	1	.465	.470	.214	.421	.442	.573*	.626**	.660**	.741**	-.419	-.419	.646**	.051	.050	الاستهلاك المائي للنبات
.560*	.133	.699**	-.129	.318	1	.780**	.774**	.720**	.428	.618*	.650**	.216	.252	.652**	.719**	.309	-.195	.565*	.420	.297	معدل النتج
.265	-.756**	.757**	-.598*	1	.318	.021	.626**	.785**	.759**	.745**	.753**	-.634**	-.674**	.517*	.501*	-.594*	.770**	.193	.921**	.953**	محتوى اليخضور
-.552*	.475	-.622*	1	-.598*	-.129	.134	-.446	-.344	-.800**	-.566*	-.529*	.656**	-.320	-.215	.521*	-.485	-.536*	-.388	-.401	-.401	محتوى السكريات
.541*	-.426	1	-.622*	.757**	.699**	.338	.894**	.850**	.832**	.872**	.879**	-.428	-.399	.742**	.705**	-.272	.280	.460	.769**	.714**	معدل التمثيل الضوئي
.246	1	-.426	.475	-.756**	.133	.476	-.170	-.394	-.421	-.302	-.322	.828**	.856**	.060	.096	.913**	-.855**	.223	-.725**	-.723**	كثافة الأوعية الناقلة
1	.246	.541*	-.552*	.265	.560*	.610*	.599*	.453	.666**	.634**	.619*	.076	.166	.682**	.659**	.288	-.134	.834**	.102	.115	قطر الأوعية الناقلة

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

مصفوفة الارتباط بين المؤشرات المدروسة في القطلب (عامل الإجهاد المائي)

قطر الأوعية الناقلة	كثافة الأوعية الناقلة	معدل التمثيل الضوئي	محتوى السكريات	محتوى اليخضور	معدل النتج	الاستهلاك المائي للنبات	محتوى الماء المطلق	محتوى الماء النسبي	معدل النمو	الوزن الجاف للأوراق	الوزن الرطب للأوراق	الوزن الجاف للجذور	الوزن الرطب للجذور	الوزن الجاف للمجموع	الوزن الرطب للمجموع	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	ارتفاع النبات	سمكة الأوراق	نسبة المساحة الورقية	المساحة الورقية
.859**	.679**	.819**	-.531*	.922**	.184	-.037	.686**	.814**	.892**	.870**	.904**	-.366	-.452	.950**	.939**	-.759**	.678**	-.779**	.966**	1	المساحة الورقية
.870**	.675**	.829**	-.564*	.904**	.236	.006	.734**	.849**	.837**	.870**	.907**	-.260	-.357	.883**	.871**	-.732**	.651**	-.795**	1	.966**	نسبة المساحة الورقية
-.894**	-.758**	-.724**	.556*	-.888**	.138	.395	-.711**	-.714**	-.713**	-.699**	-.777**	.411	.459	-.743**	-.719**	-.884**	1	1	-.795**	-.779**	سمكة الأوراق
.840**	.908**	.625**	-.610*	.773**	-.342	-.596*	.739**	.657**	.669**	.744**	.754**	-.634**	-.596*	.638**	.598*	-.943**	1	.651**	.678**	ارتفاع النبات	ارتفاع النبات
-.867**	-.806**	-.587*	.478	-.824**	.381	.587*	-.612*	-.579*	-.675**	-.770**	-.751**	.584*	.586*	-.743**	-.693**	1	.886**	-.732**	-.759**	1	قطر النبات
.805**	.580*	.828**	-.525*	.931**	.230	.058	.526*	.713**	.920**	.714**	.733**	-.308	-.375	.987**	1	.598*	-.719**	.871**	.939**	الوزن الرطب للمجموع الهوائي	الوزن الرطب للمجموع الهوائي
.807**	.587*	.787**	-.468	.925**	.128	-.029	.527*	.708**	.917**	.756**	.772**	-.375	-.446	1	.987**	.638**	-.743**	.883**	.950**	الوزن الجاف للمجموع الهوائي	الوزن الجاف للمجموع الهوائي
-.494	-.604*	-.337	.349	-.428	.353	.379	-.504*	-.421	-.537*	-.494	-.547*	1	.964**	-.375	-.308	.584*	-.634**	.411	.459	-.357	الوزن الرطب للمجموع الجذري
-.466	-.642**	-.308	.374	-.366	.449	.474	-.482	-.356	-.504*	-.434	-.465	1	.964**	-.375	-.308	.584*	-.634**	.411	.459	-.357	الوزن الجاف للمجموع الجذري
.816**	.796**	.745**	-.576*	.806**	.102	-.152	.845**	.895**	.789**	.952**	1	-.465	-.547*	.772**	.733**	-.751**	.754**	-.777**	.907**	.904**	الوزن الرطب للأوراق
.790**	.769**	.667**	-.522*	.762**	.015	-.215	.765**	.798**	.733**	1	.952**	-.434	-.494	.756**	.714**	-.770**	.744**	-.699**	.870**	.870**	الوزن الجاف للأوراق
.844**	.738**	.922**	-.726**	.909**	.256	.076	.723**	.854**	1	.733**	.789**	-.504*	-.537*	.917**	.920**	-.675**	.669**	-.713**	.837**	.892**	معدل النمو النسبي
.797**	.808**	.897**	-.813**	.805**	.400	.130	.921**	1	.854**	.798**	.895**	-.356	-.421	.708**	.713**	-.579*	.657**	-.714**	.849**	.814**	محتوى الماء النسبي
.804**	.885**	.808**	-.841**	.704**	.210	-.087	.921**	1	.921**	.765**	.845**	-.482	-.504*	.527*	.526*	-.612*	.739**	-.711**	.734**	.686**	محتوى الماء المطلق
-.229	-.333	.185	-.148	-.077	.921**	1	-.087	.130	.076	-.215	-.152	.474	.379	-.029	.058	.587*	.395	.006	.006	-.037	الاستهلاك المائي للنبات
.013	-.068	.417	-.388	.152	1	.921**	.921**	.210	.400	.256	.102	.449	.353	.128	.230	.381	.138	.236	.184	معدل النتج	معدل النتج
.941**	.747**	.896**	-.676**	1	.152	-.077	.704**	.805**	.909**	.762**	.806**	-.366	-.428	.925**	.931**	-.824**	.773**	-.888**	.904**	.922**	محتوى اليخضور
-.722**	-.831**	-.854**	1	-.676**	-.388	-.148	-.841**	-.813**	-.726**	-.522*	-.576*	.374	.349	-.468	-.525*	.478	.556*	.564*	-.531*	1	محتوى السكريات
.872**	.758**	1	-.854**	.896**	.417	.185	.808**	.897**	.922**	.667**	.745**	-.308	-.337	.787**	.828**	-.587*	.625**	-.724**	.829**	.819**	معدل التمثيل الضوئي
.840**	1	.758**	-.831**	.747**	-.068	-.333	.885**	.808**	.738**	.769**	.796**	-.642**	-.604*	.587*	.580*	-.806**	.908**	-.758**	.675**	.679**	كثافة الأوعية الناقلة
1	.840**	.872**	-.722**	.941**	.013	-.229	.804**	.797**	.844**	.790**	.816**	-.466	-.494	.807**	.805**	-.867**	.840**	-.894**	.870**	.859**	قطر الأوعية الناقلة

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

المراجع

1. أبو نقطة فلاح. 2004. أساسيات في علم التربة. منشورات جامعة دمشق.
2. البشارة سوسن. حداد سهيل. لاوندو سلام. 2013. دراسة مدى تحمل بعض أصناف البطاطا المزروعة محلياً للإجهاد الملحي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية 29(3): 165-180.
3. الخضر أحمد، كنجو علي، هيفا سوسن. 1996. الري والصرف الزراعي. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية. جامعة تشرين. 499 ص.
4. العودات محمد عبدو، عبد السلام محمود عبد الله، عبد الله بن محمد الشيخ. 1985. الجغرافيا النباتية. عمادة شؤون المكتبات. مطابع جامعة الملك سعود.
5. العودات محمد عبدو، عبد السلام محمود عبد الله، عبد الله بن محمد الشيخ، عبد الله بن يحيى باصهي. 1995. علم البيئة النباتية. عمادة شؤون المكتبات. مطابع جامعة الملك سعود. 386 ص.
6. الفاو. 1994م. الإدارة المستدامة للغابات: ما هو مصير الغابات في العالم. روما.
7. الفاو/اليونيب. 1998م. تقرير الاجتماع المشترك بين منظمة الأغذية والزراعة وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة للمنسقين المحليين بشأن معايير ومؤشرات الإدارة الحرجية المستدامة في بلدان الشرق الأدنى. دمشق. سورية. 2-4 / 12 / 1998. ص 16.
8. المديرية العامة للأرصاد الجوية. 2010. مديرية المناخ. وزارة الدفاع. دمشق.
9. مديرية الموارد الطبيعية. 2010. مديرية الزراعة. حمص.
10. أبو جاد الله جابر مختار. 2010. فسيولوجيا و بيولوجيا النبات الجزيئية أثناء الإجهاد المائي. جامعة دمياط. مصر. 229 ص.
11. حسن، عبد المنعم أحمد (1995). الأساس الفيزيولوجي للتحسين الوراثي في النباتات (التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية). المكتبة الأكاديمية، جمهورية مصر العربية، القاهرة.
12. صقر محب. 2010. فيزيولوجيا النبات. كلية الزراعة. جامعة المنصورة.
13. عبيدو محمد سليمان. 2000. علم البيئة الحراجية. منشورات جامعة دمشق. كلية الزراعة. 364 ص.
14. غزال ، عبد الله . 1994 . البلوط الرومي *Quercus aegilops* . في سورية بيئته الذاتية والاجتماعية النباتية وحداته التصنيفية تحت النوعية وأهميته الغذائية كشجرة مثمرة .رسالة ماجستير - كلية الزراعة .جامعة حلب.
15. شاهين عمار. 2017. دراسة بعض العوامل المؤثرة في تجدد غابة الصنوبر الثمري في موقع تحريج - ضهر الخريبات - صنوبر جبلة - محافظة اللاذقية. رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية اختصاص (الحراج والبيئة). جامعة تشرين.
16. شلتوت كمال حسين. 2002. علم البيئة النباتية. المكتبة الأكاديمية. مصر.
17. صهيوني فهد. 2003. أساسيات فيزيولوجيا النبات. منشورات جامعة البعث. 352 ص.

18. نحال ابراهيم. 1982. الصنوبر البروتي *Pinus brutia Ten.* وغاباته في سورية وبلاد شرقي المتوسط. كلية الزراعة. منشورات جامعة حلب. 228 ص.
19. نحال ابراهيم، رحمة أديب، شلبي محمد نبيل. 1995. الحراج والمشاتل الحراجية. منشورات جامعة حلب.
20. نحال ابراهيم. 2002. علم البيئة الحراجية. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية. منشورات كلية الزراعة. جامعة حلب. 576 ص.
21. نصير سمير. 1982. البيئة النباتية. كلية الزراعة. جامعة تشرين. 242 ص.
22. الوهبي محمد حمد، القريني فهد حمد. 2004. العلاقات المائية في النبات العملي. جامعة الملك سعود. النشر العلمي والمطابع. 261 ص.
23. Abdalla MM. and El-Khoshiban NH. 2007. The Influence of Water Stress on Growth, Relative Water Content, Photosynthetic Pigments, Some Metabolic and Hormonal Contents of two *Triticum aestivum* cultivars. *Journal of Applied Sciences Research* 3(12): 2062–2074.
24. Adams PR., Beadle CL., Mendham NJ., Smethurst PJ. 2003. The impact of timing and duration of grass control on growth of a young *Eucalyptus globulus Labill.* plantation. *New Forests* 26 : 147–165.
25. Abrams MD. 1990. Adaptations and responses to drought in *Quercus* species of North America. *Tree Physiology* 7(1–2–3–4): 227–238.
26. Aguade D., Poyatos R., Rosas T., and Martínez-Vilalta J. 2015. Comparative Drought Responses of *Quercus ilex L.* and *Pinus sylvestris L.* in a Montane Forest Undergoing a Vegetation Shift. *Forests*, 6(12): 2505–2529.
27. Alexou M. 2013. Development-specific responses to drought stress in Aleppo pine (*Pinus halepensis Mill.*) seedlings. *Tree Physiology*, 33(10), 1030–1042.
28. Amissah L., Mohren GMJ., Kyereh B., Poorter L. 2015. The Effects of Drought and Shade on the Performance, Morphology and Physiology of Ghanaian Tree Species. *PLoS ONE* 10(4).
29. Aranda I., Castro L., Pardos M., Gil L., and Pardos J. A. 2005. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber L.*) seedlings. *Forest Ecology and Management*, 210(1–3): 117–129.

30. Aussenac G., Bouchon J., Ducrey M. 1975. La production photosynthétique forestière in: photosynthèse et production végétale, Ed. Gauthier– Villars.
31. Axelrod DI. 1983. Biogeography of oaks in the arcto–tertiary province. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 70: 629–657.
32. Balandier P., Collet C., Miller JH., Reynolds PE., Zedaker SM. 2006. Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry* 79: 3–27.
33. Balandier P., Marquier A., Gaudio N., Wehrle L., Casella E., Coll L., Kiewitt A., Harmer R. 2009. Methods for describing light capture by understorey weeds in temperate forests: consequences for tree regeneration. Proceedings de la conférence "Forest Vegetation Management – Towards Environmental Sustainability" (COST E47). Velje, Danemark, pp 73–75.
34. Bamoun A., (1997). Contribution à l'étude de quelques caractères morpho physiologiques, biochimiques et moléculaires chez des variétés de blé dur (*Triticum tirgidum* esp durum), pour l'étude de la tolérance a la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'ouest algérien. Thèse de magister, p: 1–33.
35. Barnett JP. 1989. Shading reduces growth of longleaf and loblolly pine seedlings in containers. *Tree Plant. Notes* 40(1): 23–26.
36. Barrs HD., and Weatherley PE. 1962. Are–examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 15:413–428
37. Bastien Y., Gauberville C. 2011. Vocabulaire forestier. Écologie, gestion et conservation des espaces boisés . Editeur Institut Pour Le Developpement Forestier.
38. Battipaglia G., De Micco V., Brand WA., Linke P., Aronne G., Saurer M., Cherubini P. 2010. Variations of vessel diameter and $\delta^{13}\text{C}$ in false rings of *Arbutus unedo* L. reflect different environmental conditions. *New Phytol.* 188(4):1099–1112.
39. Bauer H., and Oberhuber W. 1991. Photoinhibition of photosynthesis under natural conditions in ivy (*Hedera helix* L.) growing in an understory of deciduous trees. *Planta* 185: 545–553.

40. Baquedano FJ., and Castillo FJ. 2006. Comparative ecophysiological effects of drought on seedlings of the Mediterranean water-saver *Pinus halepensis* and water-spenders *Quercus coccifera* and *Quercus ilex*. *Trees* 20(6): 689–700.
41. Bensari M., Calme S.J, et Viala G., (1990). Répartition du carbone fixé par photosynthèse entre l'amidon et le saccharose dans la feuille de soja: Influence d'un déficit hydrique. *Plant. Physiol. Biochimie*. 28: 113–124.
42. Berman OR., Ben-Yair S., Shelef O., Rachmilevitch S., and Boeken B. 2011. Does pine canopy facilitate the transition to a mixed forest: the role of the forest structure in dry mediterranean environments?. 4th International Conference On Mediterranean Pines. (medpine4).
43. Bertsouklis, K., Papafotiou, M. and Chronopoulos, I. 2003. Studies on in vitro propagation of *Arbutus andrachne* L. Proc. Hel. Soc. Hort. Sci. 20th, Larnaka, Cyprus, 29 Oct – 1 Nov. 2001, 10:627–630 (in Greek).
44. Bertsouklis KF., and Papafotiou M. 2010. Effect of storage on *arbutus andrachne* L. Seed germination. *Acta Horticulturae* (885) 65–71.
45. Bouraus FZ. 2001. Effect du stress hydrique sur les composantes du rendement de quelques génotypes de blé dur (*Prunus dulcis* sp). 84: 15–23. Thèse de Magistère, INA. El Harrach.
46. Boydak M. 2004. Silvicultural characteristics and natural regeneration of *Pinus brutia* Ten.— A review. *Plant Ecol.*, 171, 153–163.
47. Broncano MJ., Riba M., and Retana J. 1998. Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (shape *Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (shape *Pinus halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach. *Plant Ecology* 138(1): 17– 26.
48. Bueno A., and Atkins R. E. 1981. Estimation of individual leaf area in grain sorghum. *Iowa state Journal of Research* 55:4,341–349.
49. Bongers F., and Popma J. 1990. Leaf dynamics of rainforest seedlings in relation to canopy gaps. *Oecologia* 13: 122–127.

50. Borja MEL., Candel-Pérez D., Morote FAG., Balandier P., Caballero EMR., Córdoba MIP., Carrasco JM., García EM., Dadi T., Abellán MA., and López-Serrano FR. 2014. *Pinus nigra* arn. *Ssp salzmannii* seedling recruitment is affected by stand basal area, shrub facilitation and climate interactions. Session stand dynamics and forest management. 5th International Conference on Mediterranean Pines (medpine5).
51. Bray EA. 1997. Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Sci.*, 2: 48–54.
52. Bunker DE., and Carson W. 2005. Drought stress and tropical forest woody seedlings: effect on community structure and composition. *Journal of Ecology* 93: 794–806.
53. Cattivelli L., Rizza F., Badeck FW., Mazzucotelli E., and Mastrangelo AM. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Res.*, 105: 1–14.
54. Callaway CM. 1995. Positive interactions among plants. *Botanical Review* 61: 306–349.
55. Calamassi R., Della Rocca G., Falusi M., Paolettiinstb E., and Strati S. 2001. Resistance to water stress in seedlings of eight European provenances of *Pinus halepensis* Mill. *Annals of Forest Science*, 58(6), 663–672.
56. Cannell MGR. 1988. The significant background. In: F C Hummel, W Palz and G Grassi (editors), Biomass Forestry in Euorope: A Strategy for the Future. Elsevier, London.
57. Carral XS. 2015. Genetic structure and geographic variation in ecophysiological traits of *Arbutus unedo* L. para optar ao Grao de Doutor en Bioloxia. Universidade de Santiago de Compostela.
58. Castro J., Zamora R., Hódar JA., Gómez JM. 2004. Seedling establishment of a boreal tree species *Pinus sylvestris* at its southernmost distribution limit: consequences of being in a marginal, Mediterranean habitat. *Journal of Ecology* 92: 266–277.

59. Castro J., R. Zamora, J. Hódar A. and J.M. Gómez. 2005. Ecology of seed germination of *Pinus sylvestris* L. at its southern, Mediterranean distribution range. *Invest Agrar: Sist Recur.* 14(2) : 143–152.
60. Carus S., and Çatal Y. 2009. Response to different thinning intensity in calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) Plantations in Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 3(3): 137–142.
61. Chaar H., Colin F., Leborgne G. 1997. Artificial defoliation, decapitation of the terminal bud and removal of the apical tip of the shoot in sessile oak seedlings and consequences on subsequent growth. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 1614–1621.
62. Chalabi, MN. 1980. Analyse Phytosociologique, dendrometrique et endroclimatologique des forets de *Quercus cerris* subsp. *Pseudocerris* et contribution a letude taxonomique du gen *Quercus* L. en Syrie. These de Doctorat es – Sciences, Universite d Aix–Marseille III 342p.+ annexes 171p.
63. Chambel MR., Climent J., Aliac R. 2006. Divergence among species and population of Mediterranean pines in biomass allocation of seedling grown under two watering regimes. *Ann.For.Sci.* 84: 87–97.
64. Copenheaver CA., Gartner H., Schafer I., Vaccari FP., Cherubini P. 2010. Drought – triggered false ring formation in Mediterranean Shrubs. *Botany* 88: 545–555
65. Cornelissen JHC. 1996. Interactive effects of season and light environment on growth and leaf dynamics of evergreen tree seedlings in the humid subtropics. *Canadian Journal of Botany*, 74(4), 589–598.
66. Cossgrave DJ. 1989. Characterization of long term extension of isolated cell walls from growing cucumber hypocotyls. *Planta*, (177):121.
67. Dalla costa L., delle vedove G., gianquinto G., giovanardi R., and peressotti A. 1997. Yield, water use efficiency and nitrogen uptake in potato: influence of drought stress. *Potato research* 40 19–34.
68. Daubenmire RF. 1974. Plants and environments. Wiley Eastern Private.

69. David TS., Henriques MO., Kurz-Besson C., Nunes J., Valente F., Vaz M., David JS. 2007. Water-use strategies in two co-occurring Mediterranean evergreen oaks: surviving the summer drought. *Tree Physiology*, 27(6), 793–803.
70. Davis MA., Wrage KJ., Reich PB., Tjoelker MG., Schaeffer T., Muermann C.1999. Survival, growth, and photosynthesis of tree seedlings competing with herbaceous vegetation along a water–light–nitrogen gradient. *Plant Ecology* 145: 341–350.
71. Davis PH. 1978. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. 6. Edinburgh, Edinburgh University Press.
72. Delpech R., Dume G., Galmich P. 1985. Typologie des Stations Forestiers.Vocabulaires.PP243.
73. DeMicco V., Battipaglia G., Balzano A., Cherubini P., and Aronne, G. 2016. Are wood fibres as sensitive to environmental conditions as vessels in tree rings with intra-annual density fluctuations (IADFs) in Mediterranean species? *Trees* 30: 971–983.
74. Delperee C., Kinet JM., Lutts S. 2003. Low irradiance modifies the effect of water stress on survival and growth-related parameters during the early developmental stages of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Physiol. Plantarum* 119, 211–220.
75. Docola J., Wild PM., Bristol EJ., Taylor C. 2005. Conifer vs. Hardwood Anatomy. A revolutionary Plant injection system. Arborjet Inc.
76. Dong S, Beckles DM, 2019. Dynamic changes in the starch–sugar interconversion within plant source and sink tissues promote a better abiotic stress response, *Journal of Plant Physiology*. P(80–93)
77. Dunlap JM., and Helms JA. 1983. First-year growth of planted Douglas–fir and white fir seedlings under different shelterwood regimes in California. *Forest Ecol.Manage.* 5: 255– 268.
78. Fady B., Semerci H., Vendramin GG. 2003. Euforgen Technical Guidelines for genetic conservation and use for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Brutia pine (*Pinus brutia*). International Plant Genetic Resources Institute. Rome. p.6.
79. Fasehun FE. 1975. Effect of light intensity on growth, photosynthesis and nitrate reductase in hybrid poplars. a dissertation submitted to the graduate faculty in partial

fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy. iowa state university.

80. Fisher. 1921 Principles and practices of Agronomy Crop Identification and Judging ,Kalyani Publishers, P:267–309 New Delhi
81. Franklin JF., and Dyrness CT. 1973. Natural vegetation of Oregon and Washington. USDA For. Serv Gen. Tech. Rep. PNW-8. Pac. Northwest For. and Range Expt. Sta., Portland, Oregon. 417 pp.
82. Frochot H., Armand G., Gama A., Nouveau M., Wehrlen L .2002. La gestion de la végétation accompagnatrice : état et perspective. Revue forestière française 6: 505–520.
83. Fuller RJ. 1995. Bird life of woodland and forest. Cambridge university press, Cambridge. 243p.
84. Gamborg C., Larsen JB. 2003. 'Back to nature' – a sustainable future for forestry. *Forest Ecology and Management* 179: 559–571.
85. Gates P., Bouthier A., Casablanca H .,and Deleens F. 1993. Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. .Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier (France) ,15–17 décembre 1992. Ed INRA Paris 1993 (colloques N0 64): 61–73.
86. Gatherum GE., McComb AL., and Loomis WE. 1963. Effects of Light and Soil Moisture on Forest Tree Seedling Establishment. Department of Forestry. Department of Botany and Plant Pathology. Agricultural and home economics experiment station. *Iowa state university of Science and Technology*: 776–792.
87. Giordani E., Benelli C., Perria R., Bellini E. 2005. In vitro germination of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) genotypes: establishment, proliferation, rooting and callus induction. *Advances in Horticultural Science* 19(4): 216–220.
88. Givnish TJ. 1988. Adaptation to sun and shade: a whole plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology* 15: 63–92.

89. Gowing DJ., Davies WJ., Trejo CL., and. Jones HG. 1993. Xylem– Transported Chemicals and The Regulation of Plant Growth and Physiology. *Philtrans Royal Soc.Lond.* 341: 41–47.
90. Gratani L., and Ghia E. 2002. Adaptive strategy at the leaf level of *Arbutus unedo* L. to cope with Mediterranean climate. *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 197(4), 275–284.
91. Gregory 1917. Principles and practices of Agronomy– Crop Identification and Judging. Kalyani Publishers, New Delhi.P: 267– 309.
92. Guo WH., Li B., Zhang XS., and Wang RQ. 2007. Architectural plasticity and growth responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* seedlings to simulated water stress. *Journal of Arid Environments* 69:385–399.
93. Gorissen A., Tietema A., Joosten NN., Estiarte M., Peñuelas J., Sowerby A., Emmett BA., Beier C. 2004. Climate change affects carbon allocation to the soil in shrublands. *Ecosystems* 7: 650–661.
94. Hacke UG., and Jansen S. 2009. Embolism resistance of three boreal conifer species varies with pits tructure. *New Phytol.* 182: 675–686.
95. Haberlandt G. 1884. Physiologische Pflanzenanatomie. Engelmann, Leipzig.
96. Haeussler S., Tappeiner J. 1992. Effect of the light environment on seed germination of red alder (*Alnus rubra*). *Can. J. For. Res.* 23: 1484–1491.
97. Harrington JF. 1962. The effect of temperature on the germination of several kinds of vegetable seed,XVITH;Inter,horticult;Cong, (bruxells 92–441).
98. Heinrichs S., Schmidt W. 2009. Short–term effects of selection and clear cutting on the shrub and herb layer vegetation during the conversion of even–aged Norway spruce stands into mixed stands. *Forest Ecology and Management* 258: 667–678.
99. Henry HAL., Aarssen LW. 1997. On the relationship between shade tolerance and shade avoidance strategies in woodland plants. *Oikos*, 80(3): 575–582
100. Hutchinson GE., and Deevey JR. 1949. Ecological Studies on Population. Chapter 11. Survey of Biological Progress, vol 1. academic press ink. USA.
101. IPCC. 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on

- climate change. In: (ed.T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley), p. 1535. Cambridge University Press, Cambridge, U.K./ New York, NY, USA.
102. Ibrahim T. 2006 Dendrologie et Fonctionnement hydrique de jeunes plants forestiers en relation avec la lumière et la sécheresse édaphique Thèse en Biologie forestière, Université Henri Poincaré– Nancy1, 187 pages + Annexes.
 103. Jarvis AG., Davis WJ. 1998. The coupled response of stomatal conductance to photosynthesis and transpiration. *J. Exp. Bot.* 49: 399–406.
 104. Jafarnia S., Akbarinia M., Hosseinpour B., Ali Mohammad S., Sanavi M., Salami S., 2017. Effect of drought stress on some growth, morphological, physiological, and biochemical parameters of two different populations of *Quercus brantii*. *Iforest* 11: 212–220.
 105. Jefferies TA. 1987. Ecology of the purple heath grass (*Molinia caerulea*). *Journal of Ecology* 3: 93–109.
 106. Jongman RHG., Ter Braak CJF., and van Tongeren OFR. 1995. Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Cambridge University press.
 107. Kaiser WM. 1987. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiologia Plantarum* 71: 142–149.
 108. Karamanos AJ., and Papatheohari AY. 1999. Assessment of drought resistance of crop genotypes by means of the water potential index. *Crop Sci.*, 39: 1792–1797 pp.
 109. Khan SR., Rose R., Haase DL., and Sabin T. 2000. Effects of shade on morphology, chlorophyll concentration, and chlorophyll fluorescence of four Pacific Northwest conifer species. *New Forests* 19: 171–186.
 110. Klein T., DiMatteo G., Rotenberg E., Cohen S., and Yakir D. 2013. Differential ecophysiological response of a major Mediterranean pine species across a climatic gradient. *Tree Physiol.* 33, 26–36.
 111. Kozlowski TT. 1949. Light and water in relation to growth and competition of Piedmont forest tree species. *Ecol. Mono.* 19: 207–231.
 112. Kozlowski TT., Kramer PJ., Pallardy SG. 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press, San Diego, 656p.

113. Kramer PJ., and Decker JP. 1944. Relation between light intensity and rate of photosynthesis of loblolly pine and certain hardwoods. *American Society of Plant Biologists*: 350–358.
114. Kramer PJ., and Clark WS. 1946. A comparison of photosynthesis in individual pine needles and entire seedlings at various light intensities. *American Society of Plant Biologists* 51–57.
115. Lawlor DW. 2013. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. *Journal of Experimental Botany*, 64, 83–108.
116. Lieffers VJ., Messier C., Stadt KJ., Gendron F., Comeau PG. 1999. Predicting and managing light in the understory of boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 796–811
117. Löf M., Bergquist J., Brunet J., Karlsson M., Welander T. 2010. Conversion of Norway spruce to broadleaves – regeneration systems, fencing and performance of planted seedlings. *Ecological Bulletins* 53, sous presse.
118. López-Barrera F., Manson Rh., González-Espinosa M., and Newton Ac. 2006. Effects of the type of montane forest edge on oak seedling establishment along forest–edge–exterior gradients. *Forest Ecology and Management* 225:234–244.
119. Long SP., Humphries S., and Falkowski PG. 1994. Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45:633–662.
120. Lopez R., López de Heredia U., Collada C., Cano FJ., Emerson BC., Cochard H. 2013. Vulnerability to cavitation, hydraulic efficiency, growth and survival in an insular pine (*Pinus canariensis*). *Ann. Bot.* 111, 1167–1179.
121. Lovisolo C., and Schubert A. 1998. Effects of water stress on vessel size and xylem hydraulic conductivity in *Vitis vinifera* L. *Journal of Experimental Botany*, 49(321): 693–700.
122. Liu C., Liu YG., Guo K., Fan DY., Li GQ., Zheng YR., Yu LF., and Yang R. 2011. Effect of Drought on Pigments, Osmotic Adjustment and Antioxidant Enzymes in Six Woody Plant Species in Karst Habitats of Southwestern China, *Environ. Exp. Bot.*, , vol. 71, pp. 174–183.

123. Malcolm DC., Mason WL., Clarke GC. 2001. The transformation of conifer forests in Britain – regeneration, gap size and silvicultural systems. *Forest Ecology and Management* 151: 7–23.
124. Matsuki S., Ogawa K., Tanaka A., and Hara T. 2003. Morphological and photosynthetic responses of *Quercus crispula* seedlings to high–light conditions. *Tree Physiology* 23(11): 769–775.
125. Martinez–Ferri E., Balaguer L., Valladares F., Chico JM., Manrique E. 2000. Energy dissipation in drought–avoiding and drought–tolerant tree species at midday during the Mediterranean summer. *Tree Physiol* 20:131–138.
126. Manos PS., Doyle JJ., and Nixon KC. 1999. Phylogeny, biogeography, and processes of molecular differentiation in *Quercus* subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Mol. Phylogenetics and Evol.* 12: 333–349.
127. Maranon T., Zamora R., Villar R., Zavala MA., Quero JL., Pérez–Ramos I., Mendoza I., Castro J. 2004. Regeneration of tree species and restoration under contrasted Mediterranean habitats: field and glasshouse experiments. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 30: 187–196.
128. Messier C., Doucet R., Ruel JC., Claveau Y., Kelly C., Lechowicz MJ. 1999. Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 812–823.
129. Mesleard F., and Lepart J. 1991. Germination and seedling dynamics of *Arbutus unedo* and *Erica arborea* on Corsica. *Journal of Vegetation Science*, 2(2), 155–164.
130. Milios E., and Papalexandris C. 2008. The Influence of Shade and Site Productivity on the Seedling Density in Low Elevation Stands of *Fagus Sylvatica* L. S.L. Located in North–Eastern Greece. *Lesnícky Časopis– Forestry Journal* 1: 13–20.
131. Mittler R., Merquiol E., Hallak–Herr E., Rachmilevitch S., Kaplan A., and Cohen M. 2001. Living under a 'dormant' canopy: a molecular acclimation mechanism of the desert plant *Retama raetam*. *The Plant Journal* 25: 407–416.
132. Morgan JM. and Condon AG. 1986. Water use, grain yield, and osmoregulation in wheat. *Australian J. of plant physiol.* 13: 523– 532.

133. Morneau F., Duprez C., Hervé JC. 2008. Les forêts mélangées en France métropolitaine. Caractérisation à partir des résultats de l'Inventaire Forestier National. *Revue forestière française* 2: 107–120.
134. Munns R. 2000. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239–250.
135. Nahal I. 1996. Deforestation r desertification en Syrie et dans les pays voisins. Agric. Sciences. *Series. R.J. of Aleppo Univ.*
136. Nahal I., and Zahoui S. 2005. Valuing Mediterranean Forests. Toward total economic value: Chapter 12, Syria. Edited by: M. Merlo and Croitourou, CABI International.
137. Netting AG. 2000. PH, abscisic acid and the integration of metabolism in plants under stressed and non-stressed conditions: cellular responses to stress and their implication for plant growth relations. *Journal of Experimental Botany* 51: 147–158.
138. Nonami H., and Boyer JS. 1990. Primary events regulating stem growth at low water potentials. *J. Plant Physiology* 94, 1601–1609.
139. Ogawa K., and Iwabuchi M. 2001. A mechanism for promoting the germination of *Zinnia elegans* seeds by hydrogen peroxide. *Plant Cell Physiol.* 42 :286–291.
140. ONeill SD. 1983. Role of osmotic potential gradients during water stress and leaf senescence in *Fragaria virginiana*. *Plant Physiology* 72: 931–937.
141. Osunkoya OO., Ash JE., Hopkins MS., and Graham AW. 1994. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in Northern Queensland. *Journal of Ecology* 13, 149–163.
142. Ordog V., Molnár Z. 2011. Plant Physiology. Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt
143. Panetsos KP. 1985. Genetics and breeding in the group halepensis. In: CIHEAM, Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne, Options Méditerranéennes. Série Etudes, Paris, 86(1): 81–88.
144. Panetsos KP. 1986. Genetics and breeding in the group halepensis. Foret Mediterraneene, Tome VIII, numero 1: 5–12

145. Pammenter NW., and Vander Willigen C. 1998. A mathematical and statistical analysis of the curves illustrating vulnerability of xylem to cavitation. *Tree Physiol.* 18:589–593.
146. Pattanagul, W., Thitisaksakul, M., 2008. Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. *Indian J Exp Biol.* 46(10), 736–742.
147. Pliakoni ED., and Nanos GD. 2011. Influence of deficit irrigation and reflective mulch on ‘Konservolea’ olive leaf physiology during the growing period. *Acta Hort.* 888: 199–204.
148. Poorter L. and Oberbauer SF. 1993. Photosynthetic induction responses of two rainforest tree species in relation to light environment. *Oecologia* 13: 193–199.
149. Quero JL., Villar R., Marañón T., and Zamora R. 2006. Interactions of drought and shade effects on seedlings of four *Quercus* species: physiological and structural leaf responses. *New Phytologist* 170(4), 819–834.
150. Retta A., Vanderlip RL., Higgiins RA., and Moshier LJ. 1996. Application of Sorkam to simulate shatter cane growth using forage *Sorghum*, *Agron. J.* 88: 569– 601.
151. Ruano I., Pando V., and Bravo F. 2009. How do light and water influence *Pinus pinaster* Ait. germination and early seedling development? *Forest Ecology and Management* 258: 2647–2653.
152. Sanchez-Gomez D., Valladares F., and Zavala MA. 2006. Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. *New Phytologist* 170(4): 795–806.
153. Sack L., Grubb PJ., Maranon T. 2003. The functional morphology of juvenile plants tolerant of strong summer drought in shaded forest understories in southern Spain. *Plant Ecol.* 168, 139–163.
154. Sack L. 2004. Responses of temperate woody seedlings to shade and drought: do trade-offs limit potential niche differentiation? *Oikos* 107: 110–127.

155. Savitch LV., Massacci A., Gray GR., and Huner NPA. 2000. Acclimation to low temperature or high light mitigates sensitivity to photoinhibition: roles of the Calvin cycle and the Mehler reaction. *Aust J Plant Physiol* 27: 253–264.
156. Schutz JP. 2001. Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management* 151: 87–94.
157. Schweingruber FH., Börner A., Schulze ED. 2006. Atlas of Woody Plant Stems: Evolution, Structure, and Environmental Modifications. Springer. Germany.
158. Schultz HR., Matthews MA. 1993. Xylem development and hydraulic conductance in sun and shade shoots of grapevine (*Vitis vinifera* L.): evidence that low light uncouples water transport capacity from leaf area. *Planta* 190, 393–406.
159. Sharma – Natu, P and Ghildiyal MC. 2005 .Potential targets for improving photosynthesis and crop yield. *India current science*. 88(12, 25): 1918–1928.
160. Sprugel DG., Brooks JR., and Hinckley TM. 1996. Effects of light on shoot geometry and needle morphology in *Abies amabilis*. *Tree Physiology* 16: 91–98
161. Sperry JS., and Tyree MT. 1988. Mechanism of water stress–induced xylem embolism. *Plant Physiology* 88: 581–587.
162. Sperry JS., Tyree MT. 1990. Water–stress–induced xylem embolism in three species of conifers. *Plant Cell Environ* 13: 427–436
163. Sperlich D., Chang C.T., Penuelas J., Gracia C., and Sabate S. 2015. Seasonal variability of foliar photosynthetic and morphological traits and drought impacts in a Mediterranean mixed forest. *Tree Physiology* 35(5): 501–520.
164. Smith T., Huston M. 1989. A theory of the spatial and temporal dynamics of plant communities. *Vegetatio* 83: 49–69.
165. Shakarishvili N., Asieshvili L., Eradze N., and Siradze M. 2013. Effect of Stratification on Seed Germination and Epicotyl Dormancy in *Arbutus andrachne* L. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences* 7 (1): 79–82.
166. Sterck FJ. 1997. Trees and light. Tree development and morphology in relation to light availability in a tropical rain forest in French Guiana. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, the Netherlands.

167. Taiz L., and Zeiger E. 2006. Plant Physiology, 4th Ed., Sinauer Associates Inc. Publishers. Massachusetts
168. Thitisaksakul, M., Arias, M.C., Dong, S.Y., Beckles, D.M., 2017. Overexpression of GSK3-like Kinase 5 (OsGSK5) in rice (*Oryza sativa*) enhances salinity tolerance in part via preferential carbon allocation to root starch. *Funct Plant Biol.* 44(7), 705–719.
169. Tilev G. 1977. A Forestation of Eroded Karst Terrain. *Gorsko Stopanst.*, 33(5): 30–34.
170. Tognetti R., Michelozzi M., Giovannelli A. 1997. Geographical variations in water relations, hydraulic architecture and terpene composition in Aleppo pine seedlings from Italian provenances. *Tree Physiol* 17:241–250.
171. Tilki F., and Guner S. 2007. Seed germination of three provenances of *A. andrachne* L. in response to different pretreatments, temperature and light. *Prop. of Ornam. Plants* 7(4):175–179.
172. Tolunay A., Akyol A., and Özcan M. 2008. Usage of trees and forest resources at household level: a case study of Açağı Yumrutaç Village from the West Mediterranean Region of Turkey. *Res. J. Forest* 2(1): 1–14.
173. Touzet MC., Peltier A., Armengaud C., Ponge JF. 1996. Establishment of *Fagus sylvatica* and *Fraxinus excelsior* in an old-growth beech forest. *Journal of Vegetation Science.* 8(1): 13–20.
174. Twumasi P., van Ieperen W., Woltering EJ., Emons AMC., Schel JHN., Snel JFH., van Marwijk D. 2005. Effects of water stress during growth on xylem anatomy, xylem functioning and vase life in three *zinnia elegans* cultivars. *Acta. Horticulturae* 669: 303–312.
175. Tyree MT., Dixon MA. 1983. Cavitation events in *Thuja occidentalis*. Ultrasonic acoustic emissions from the sapwood can be measures. *Plant Physiol* 72: 1094–1099.
176. Tyree MT., Velez V., and Dalling J.W. 1998. Growth dynamics of root and shoot hydraulic conducance in seedlings of five neotropical tree species: scaling to show possible adaptation to differing light regimes. *Oecologia* 114:293–298.

177. Valio IFM. 2001. Effects of shading and removal of plant parts on growth of *Trema micrantha* seedlings. *Tree Physiol.* 21: 65–70.
178. Valladares F., Pearcy RW. 2002. Drought can be more critical in the shade than in the sun: a field study of carbon gain and photo-inhibition in a Californian shrub during a dry El Niño year. *Plant, Cell & Environment* 25: 749–759.
179. Valladares F., and Sanchez–Gomez D. 2006. Ecophysiological Traits Associated with Drought in Mediterranean Tree Seedlings: Individual Responses versus Interspecific Trends in Eleven Species. *Plant Biology* 8(5): 688–697.
180. Villar–Salvador P., Ocaña L., Peñuelas J., and Carrasco I. 1999. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halepensis* Mill. (Aleppo pine) seedlings . *Annals of forest science* 56(6): 459–465.
181. Vranova E., Inzé D., and Van Breusegem F. 2002. Signal transduction during oxidative stress. *Journal of Experimental Botany* 53: 1227–1236.
182. Walters MB., Kruger EL., and Reich PB. 1993. Growth, biomass distribution and CO₂ exchange of northern hardwood seedlings in high and low light: Relationships with successional status and shade tolerance. *Oecologia* 94: 7–16.
183. Wassink EC., and Stolwijk AJ. 1956. Effect of light quality on plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 7.
184. Welden CW., Hewett SW., Hubbell SP., Foster RB. 1991. Sapling survival, growth and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest. *Ecology* 13: 35–50.
185. Williams M. 1996. A three-dimensional model of forest development and competition. *Ecology and Modélisation* 89: 73–98.
186. Willoughby I. 1999. Future alternatives to the use of herbicides in British forestry. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 866–874.
187. Welander NT., Ottosson B. 2000. The influence of low light, drought and fertilization on transpiration and growth in young seedlings of *Quercus robur* L. *Forest Ecology and Management* 127: 139–151

188. Wu M., Zhang WH., Ma C., and Zhou J. Y. 2013. Changes in Morphological, Physiological, and Biochemical Responses to Different Levels of Drought Stress in Chinese Cork Oak (*Quercus variabilis* Bl.) Seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology* 60(5): 681–692.
189. Yamashita N., Ishida A., Kushima H., and Tanaka N. 2000. Acclimation to sudden increase in light favoring an invasive over native trees in subtropical islands, Japan. *Oecologia* 125: 412–419.
190. Yong Y., Tai S., and Bao X. 2011. Effects of light intensity on *Quercus liaotungensis* seed germination and seedling growth. *applied ecology* 22(7):1682–8
191. Zelawski W., and Kinelska J. 1967. Photosynthesis and respiration of Scotch pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings of various provenance grown under different light conditions. *Acta Soc. Bot. Polon.* 36: 713–723.
192. Zhang M., Zhu J., and Yan Q. 2012. Seed germination of *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. in response to light regimes caused by shading and seed positions. *Forest Systems* 21(3): 426–438.

Syrian Arab Republic

Ministry of Higher Education

University of Damascus

Faculty of Agriculture

Department of Renewable Natural
Resources and the Environment



A Study of some Autecology Elements for *Pinus brutia* Ten., *Quercus calliprinos* Webb., and *Arbutus andrachne* L.

**Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the
degree of doctorate in Ecology (Department of Renewable Natural Resources
and the Environment)**

by

Mays Mohammad Tammam Al Maaz

Supervision

Dr. Tharawat Ibrahim

**Lecturer Doctor. in Department of
Renewable Natural Resources
and Environment**

**Agriculture Faculty, Damascus
University**

Dr. Ahmad Alhaj Ahmad

**Assist Prof. in Department of
Renewable Natural Resources
and Environment**

**Agriculture Faculty, Damascus
University**

2019

