الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق–كلية الزراعة
قسم المحاصيل الحقلية

تقييم الاختلافات الوراثية في بعض الصفات الفيزيولوجية والإنتاجية المرتبطة بتحمل الجفاف بين طرز من العدس (*Lens esculenta* L.)

Evaluation Genetic Variability of Some Physiological and Productivity Traits Associated with Drought Tolerance Among Lentil (*Lens esculenta* L.) Genotypes

رسالة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في علوم المحاصيل الحقلية

(قسم المحاصيل الحقلية)

إعــداد

م. عبير علي عيسى

إشــراف

أ.د. حسن عزام
أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية
كلية الزراعة – جامعة دمشق
(مشرفاً)

د. حسين المحاسنة
أستاذ مساعد في قسم المحاصيل الحقلية
كلية الزراعة – جامعة دمشق
(مشرفاً مشاركاً)

دمشق 2016 م
1438 هـ

قُدِمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في علوم المحاصيل الحقلية

كلية الزراعة ـ جامعة دمشق

This thesis has been submitted as a partial fulfilment of the requirements for Ph. D Degree in Field Crops Sciences.

Faculty of Agriculture, Damascus University.

لجنة الحكم:

الأستاذ الدكتور: حسن عزام، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً ومشرفاً)

الأستاذ الدكتور: محمود صبوح، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

الأستاذ الدكتور: أيمن الشحاذة العودة، قسم المحاصيل، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

الأستاذ الدكتور: مأمون خيتي، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

الدكتورة: رُلى يعقوب، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

نُوقِشت وأُجيزت هذه الرسالة بتاريخ: 20- 12- 2016

شهادة

نشهد بأنَّ العمل الموصوف في هذه الأطروحة، نتيجة بحث علمي قامت به **المُرشحة عبير علي عيسى**، بإشراف الأستاذ الدكتور حسن عزام، الأستاذ في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، والدكتور حسين المحاسنة، الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، وإنَّ أيّة مراجع أُخرى بُحِثت في هذه الرسالة موثقّة في النص.

المرشحة	المشرف المشارك	المشرف العلمي
المهندسة عبير علي عيسى	الدكتور حسين المحاسنة	الدكتور حسن عزام

Certificate

We herby certify that the work described in this thesis is the result of a scientific research performed by the researcher Abeer Issa under the supervision of Dr. Hasan Azaam, Professor, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University and Dr. Hussain Almahasneh, Associate Professor Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University. All reference books resorted by the researcher has been checked by the text.

Candidate: Abeer Ali Issa

Chairman: Dr. Hasan Azaam

Co-Chairman: Dr. Hussain Almahasneh

تصريح

أُصَرِح بأنَّ البحث الموصوف في هذه الأطروحة تحت عنوان **تقييم الاختلافات الوراثية في بعض الصفات الفيزيولوجية والإنتاجية المرتبطة بتحمل الجفاف بين طرز من العدس (*Lens esculenta* L.)**. لم يسبقْ أن قُدِم للحصول على أيَّة درجة جامعية أُخرى، وغير مُقَدم حالياً لذلك، وأنَّ كافة الأعمال، والنتائج المذكورة هي نتاج جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرف العلمي والمشرف المشارك، وأيَّة معلومات أو نتائج أُخرى ذُكِرت في الأطروحة قد نُسِبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص، وفي قائمة المراجع.

المُرَشحة

عبير علي عيسى

Declaration

To whom it may concern, I declare that the present research work entitled; **"Evaluation Genetic Variability of Some Physiological and Productivity Traits Associated with Drought Tolerance Among Lentil (*Lens esculenta* L.) Genotypes"** is a new research work, and that has never been studied by any other researchers for any other degree, and currently it is not submitted by any one for any degree. All the mentioned results are my own efforts, and done by the direct supervision of my guides, Dr. Hasan Azzam and Dr. Hussain Almahasneh. All the referred literature are cited, and well-documented in the list of references.

Candidate

Abeer Ali Issa

كلمة الشكر ACKNOWLEDGMENT

بدايةً أتوجه بالشكر للدكتور حسن عزام الذي تفضّل بالإشراف على هذا العمل حتى رأى النور، وتتسابق الكلمات وتتزاحم العبارات لتنظم عقداً من الشكر الموصول أيضاً للدكتور حسين المحاسنة المشرف المشارك، الذي لم يألُ جهداً في سبيل إتمام هذا العمل.

عظيم الثناء والتقدير إلى كلية الزراعة– جامعة دمشق، ممثَلةً بعميد كلية الزراعة الأستاذ الدكتور عبد الوهاب مرعي، والأستاذ الدكتور عماد عيسى نائب العميد للشؤون العلمية، والأستاذ الدكتور أمير عريشة نائب العميد للشؤون الإدارية والطلاب، وجميع أعضاء الهيئة التعليمية والفنية في قسم المحاصيل الحقلية، وأخصّ بالشكر الأستاذ الدكتور أيمن الشحاذة العودة رئيس القسم، على كل ما قدموه من دعم وتسهيلات لإتمام هذا العمل.

بطاقة شكرٍ متواضعة إلى الهيئة العامة للتقانة الحيوية في كلية الزراعة بجامعة دمشق ممثلةً بمديرها العام الأستاذ الدكتور عصام قاسم، وجميع العاملين في مخابرها على كل ما قدموه من خدمات خلال سير العمل.

وأتقدم بالشكر الجزيل إلى الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية ممثلةً بمديرها العام الدكتور حسين الزعبي، وجميع العاملين فيها على كافة الخدمات التي قدموها لإنجاز هذا العمل.

عبير علي عيسى

2016

(قُل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون) صدق الله العلي العظيم

أضحى التنائي بديلاً من تدانينا ونأب عن طيب لقيانا تجافينا

حالت لفقدكم أيامنا، فغدت سوداً، وكانت بكم بيضاً لياليناً... جدي- جدتي-خالي- خالتي

تبقى أنت نبراسا لنا.... تعلمنا وترشدنا.... علمت العطاء كيف يكون العطاء ..بلا فتور أو كلل.. شكراً بدمع الحب والإخلاص لعلّي أفي الأبوة حقها وإنْ كانت لا توفى بكيلٍ ولا وزن... أبي إذا ما قلتها فكأنني أنادي وأدعو يا بلادي ويا رُكني ..... أبي

أمي لو ولن أنسَ.. ما زال من دمعتك الماء ينهمر....ولازلت طفلةً صغيرةً، ويدي جدباء تبكي وتستجدي وتعتذر....خذيني إذا عُدت يوماً وشاحاً لصدرك...وخطي عظامي بعشبٍ تعمدّ من طُهر كعبك.. صباح الخير يا حلوة صباح الخير يا قديستي ....أنتِ وأيلول وقصوتي ...إليكِ أُهدي هذه الرسالة..... أمي

سقائي بعد الله ...وأنتم المطر.... يا عزي وعزوتي (يا ضحكتي وبكائي) نور القمر.... بوجودكم يحلو السمر وتزهر حدائق الأمل....إليكم خبأت الحب بل أكثر...دمتم وعائلاتكم سالمين.. أخوتي نضال- يوسف- وسيم- حسام

مكانك بين الحنايا وبين الشغاف ... ليلكة أزهارٍ من ماء اللجين مروية ...عيونٌ ريمية قد فاضت حسناً لا أحلى..لم تترك للحور بقية..فعيونك بعضٌ من ذاتي..وعيونك أحلى أمنية... رفيقة الروح...يحمي الباري عائلتك هنا

إلى كل من شاركني بشعاع..لشمع صغيرة من نورٍ... وأخصها لمن مكانه في قلبي والروح خالي... أقاربي

سكن البحر، ليسمع ما تقولون.. وطال الكلام.. والزمن يمضي..والشمس سربلت في المغيب..فهل أُسر لبداية سطرٍ جديد..أم أحزن على لحظات كانت لعمري معكم الروض الجميل..لست أعلم؟ أمسكت يراعي فسالت على القرطاس مدامعي.. أصدقائي

بعد حين قد تذكرني لأطفالك..... لا أعلم حتى هذه اللحظة إلى أيّ أم سينتمون.....أخبرهم.... تلك المجنونة أحبتني كثيراً....دخلت الشغاف كغيمة... وخلفت وراءها الكثير من المطر.... ***

إلى من وسعهم قلبي ولم تسعهم صفحاتي ....

غداً يدعني الناس وحيدةً.. عندي ثوب أبيض ناصع...أنا وحدي المسؤولة عن نظافته

عبير

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
الملخص العربي	5 – 1
المقدمة وأهداف البحث	16 – 6
الدراسة المرجعية	66 – 17
مواد البحث وطرائقه	86 – 67
النتائج والمناقشة	178 – 87
الاستنتاجات	181 – 179
التوصيات والمقترحات	183 – 182
المراجع العربية والإنكليزية	210 – 184
الملخص باللغة الانكليزية	215 – 211
الملحقات	220 – 216

فهرس الجداول

رقم الجدول	الموضوع	الصفحة
1	توصيف لبعض الصفات للطرز الوراثية موضوع الدراسة.	67
2	خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة في مزرعة أبي جرش–كلية الزراعة.	68
3	متوسط درجات الحرارة والهطول المطري خلال موسمي الزراعة 2011–2012م، 2012–2013م في مزرعة أبي جرش–كلية الزراعة – دمشق.	68
4	تأثير مستويات حلولية مميتة مختلفة في نمو بادرات العدس.	88
5	تأثير مستويات حلولية محرّضة مختلفة في نمو بادرات العدس.	90
6	التباين الوراثي في استجابة طرز العدس للإجهاد الحلولي.	93
7	أهمية التحريض الحلولي في تحسين تحمل بادرات العدس للمستوى المميت من الإجهاد الحلولي.	96
8	المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي (LAD)، كمية المياه المنتوحة التراكمية (CWT) (كغ.أصيص$^{-1}$)، ومعدل فقد المياه بالنتح (MTR) (غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) لدى بعض طرز العدس.	101
9	كمية المادة الجافة (غ. نبات$^{-1}$)، وكفاءة استعمال المياه (غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء) لدى	104
10	الوزن الجاف للمجموعة الهوائية وللمجموعة الجذرية (غ)، ونسبة المجموعة الجذرية إلى الهوائية لدى بعض طرز العدس.	108
11	قيم معامل الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة في نباتات العدس المزروعة في أصص زراعية.	110

12	الفروقات بين طرز العدس الوراثية من حيث تفوقها في الصفات المدروسة.	110
13	ارتفاع النبات (سم) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	113
14	دليل المساحة الورقية لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	117
15	الوزن الجاف للنبات عند الإزهار (غ) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	120
16	محتوى الماء النسبي في الأوراق (%) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	125
17	محتوى الأوراق من الكلوروفيل a (مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	128
18	محتوى الأوراق من الكلوروفيل b (مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	131
19	نسبة تسرب الذائبات (%) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	136
20	محتوى البرولين في الأوراق (ميكروغرام/غ وزن رطب) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	140
21	عدد الأفرع الأولية على النبات لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	142
22	عدد الأفرع الثانوية على النبات لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	145
23	عدد القرون في النبات (قرن.نبات$^{-1}$) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	149
24	عدد البذور في النبات لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	152

25	وزن البذور في النبات (غ) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	155
26	وزن الـ100 بذرة (غ) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	159
27	الغلة من البذور (كغ.هكتار$^{-1}$) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	162
28	الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	165
29	دليل الحصاد (%) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.	169
30	الفروقات بين الطرز الوراثية من حيث تفوقها في الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية.	170
31	علاقات الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة في نباتات العدس للموسمين الزراعيين المدروسين في ظروف الزراعة المطرية.	177
32	علاقات الارتباط بين الغلة الحبية ومؤشرات الدراسة المخبرية في طرز العدس المدروسة تحت ظروف إجهاد نقص الماء.	178

فهرس الأشكال

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
1	معدل الهطول المطري خلال موسمي الزراعة.	69
2	تقانة التحريض المطبقة على طرز العدس المدروسة.	73
3	المخطط التجريبي للتجربة في الحقل.	81
4	(4a): توزع طرز العدس حسب استجابتها للإجهاد الحلولي حسب التحليل الإحصائي Z-distribution analysis.(نسبة الانخفاض % في طول البادرات). (4b): توزع طرز العدس حسب استجابتها للإجهاد الحلولي حسب التحليل الإحصائيZ-distribution analysis. (نسبة الانخفاض % في طول الجذور).	94

فهرس الملحقات

رقم الملحق	الموضوع	الصفحة
1	جدول (1): مساحة وإنتاج وغلة محصول العدس في سورية خلال الفترة (2005–2014).	216
2	جدول (2): مساحة وإنتاج وغلة محصول العدس حسب المحافظات في سورية لعام 2014.	217
3	صورة (1): تقييم التباين الوراثي في صفة كفاء استعمال الماء (WUE) في النباتات المزروعة في أصص زراعية (الطريقة الوزنية).	218
4	صورة (2): تقييم التباين الوراثي في صفة كفاء استعمال الماء (WUE) في النباتات المزروعة في أصص زراعية (الطريقة الوزنية).	218
5	صورة (3): جهاز البلانيمتر المستخدم في قياس المساحة الورقية للنبات.	219
6	صورة (4): تقييم التباين الوراثي في استجابة بعض طرز محصول العدس لتحمل الإجهاد الحلولي باستعمال سكر البولي ايثلين جلايكول (PEG–6000).	219
7	صورة (5): نباتات العدس في ظروف التجربة الحقلية.	220
8	صورة (6): نباتات العدس في ظروف التجربة الحقلية.	220

قائمة الاختصارات العلمية Abbreviations

الاختصار	المرادف الإنكليزي	المرادف العربي
A	Assimilation rate	معدل التمثيل الضوئي
ABA	Abscisic acid	حمض الأبسيسك
BY	Biological yield	الغلة الحيوية
CGR	Crop growth rate	معدل نمو المحصول
Ci	Intercellular CO_2 concentration	تركيز غاز الفحم الداخلي
DM	Dry matter	المادة الجافة
DW	Dry weight	الوزن الجاف
E	Evaporation	التبخر
FW	Fresh Weight	الوزن الرطب
g_m	Mesophyll cell efficiency	كفاءة خلايا النسيج المتوسط التمثيلية
g_s	Stomatal conductance	الناقلية المسامية
HI	Harvest index	دليل الحصاد
I	Intercepted light energy	الطاقة الضوئية المُعترضة
LAD	Leaf area duration	المساحة الورقية الفعالة
LAI	Leaf Area Index	دليل المساحة الورقية

M	**Cell wall extensibility**	**مرونة جدران الخلايا النباتية**
MSI	**Membrane stability index**	**دليل استقرار الغشاء الخلوي**
N	**Nitrogen**	**الآزوت**
NAR	**Net assimilation rate**	**معدل صافي التمثيل الضوئي**
PAR	**Photosynthetically active radiation**	**الأشعة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي**
P_i	**Intercellular CO_2 concentration**	**تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون الداخلي**
PWP	**Permanent wilting point**	**نقطة الذبول الدائم**
ψ_p	**Turgor potential**	**جهد الامتلاء**
R	**Respiration**	**التنفس**
RGR	**Relative growth rate**	**معدل النمو النسبي**
RL	**Root length**	**طول الجذور**
r_s	**Stomatal resistance**	**المقاومة المسامية**
RuBiSCO	**Ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase enzyme**	**الأنزيم روبيسكو المثبت للكربون في حلقة إرجاع الكربون الثلاثية**
RUE	**Radiation use efficiency**	**كفاءة استعمال الضوء**
%RWC	**Relative water content**	**محتوى الماء النسبي**
SY	**Seed yield**	**غلة البذور**

الجهد الحلولي	Solute potential	ψ_s
النتح	Transpiration	T
التبخر–نتح	Evapo-transpiration	T_E
الوزن الرطب المشبع	Turgid weight	TW
فرق التدرج في ضغط بخار الماء بين الأوراق والوسط المحيط	Vapor pressure difference	VPD
كفاءة استعمال الماء	Water use efficiency	WUE
الجهد المائي	Water potential	ψ_w

الملخص

نُفِذت الدراسة في مخابر قسم المحاصيل الحقلية، ومزرعة أبي جرش في كلية الزراعة بجامعة دمشق، حيث نُفذت تجربة مخبرية خلال عام 2011 بهدف تقييم استجابة عشرة طرز من محصول العدس للإجهاد الحلولي Osmotic sterss عند مستوى البادرة الفتية باستخدام تقانة الاستجابة للتحريض الحلولي، ودراسة أهمية التحريض في زيادة كفاءة بادرات العدس على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي. ونُفِذت تجربة أصص زراعية على مستوى النبات الكامل خلال الموسم 2011، لتقييم أداء الطرز الوراثية المدروسة بالاعتماد على صفة كفاءة استعمال المياه (WUE) بالطريقة الوزنية، كما نُفِذت تجربة حقلية خلال الموسمين الزراعيين 2011–2012 و2012–2013 لتقييم الاختلافات الوراثية لطرز العدس المدروسة في البيئات المجهدة مائياً (ظروف الزراعة المطرية)، بالاعتماد على بعض الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية والإنتاجية المرتبطة بتحسين تحمل الجفاف مع مراعاة المحافظة على كفاءة المحصول الإنتاجية.

أظهرت نتائج التجربة المخبرية أنَّ معاملة المستوى الحلولي المميت (2.0 MPa−) كانت بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل، والمعاملة (0.2 MPa−) بمنزلة المستوى الحلولي المحرّض الأمثل. وكان متوسط طول الجذور والبادرات الأعلى معنوياً في البادرات المحرَّضة (2.27، 6.80 سم على التوالي)، في حين كان متوسط طول الجذور والبادرات الأدنى معنوياً في البادرات غير المحرَّضة، التي نُقلت مباشرةً إلى المستوى الحلولي المميت (0.92، 5.43 سم على التوالي). وتبين استناداً إلى صفتي طول الجذور والبادرات ونسبة الانخفاض فيهما أنّ الطرازين الوراثيين إدلب4، وإيبلا يُصنفّان كطرزٍ عالية التحمل للإجهاد الحلولي، لأنَّهما أبديا أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور والبادرات، في حين صُنِّف الطرازان الوراثيان L-55118، L-55001 كطرزٍ وراثية متوسطة التحمل للإجهاد الحلولي، وصُنِّفت الطرز الوراثية كردي، إدلب2، L–55051، وL–55017 كطرزٍ حسّاسة للإجهاد الحلولي، لأنّها أبدت أعلى نسبة انخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات.

بيَّنت نتائج التحليل الإحصائي في تجربة تقييم أداء الأنماط الوراثية المدروسة بالاعتماد على صفة كفاءة استعمال المياه بالطريقة الوزنية (الأصص الزراعية)، وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) بين طرز العدس المدروسة، حيث كان متوسط كمية المياه المنتوحة التراكمية الأعلى معنوياً لدى

الطرز كردي، L-55118، حوراني، إدلب4 (5.52، 3.79، 3.62، 3.60 كغ.أصيص$^{-1}$) على التوالي وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55051، L-55001، L-55017 (1.83، 2.48، 2.51 كغ.أصيص$^{-1}$) على التوالي. وكان متوسط كمية المادة الجافة الكلية الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، L–55051، حوراني، وإيبلا (4.65، 4.12، 3.84، 3.75 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) بدون فروقاتٍ معنوية بينها، وكان متوسط معدل فقد المياه بالنتح في وحدة المساحة الورقية الأعلى معنوياً لدى الطرز إدلب4، L-55118، حوراني، L-55001 (1.62، 1.33، 0.93 ، 0.88 غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) على التوالي، وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55051 ، L-55017، إيبلا (0.36، 0.53، 0.56 غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) على التوالي وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، وكان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى الطرز L–55051، إيبلا، وL–55017 (2.26، 1.19، 1.06 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز إدلب4، L–55001، كردي، وL–55118 (0.42، 0.59، 0.85، 0.94 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وكان متوسط نسبة المجموعة الجذرية إلى المجموعة الهوائية الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين L–55001، L–55017 (15.62، 10.22% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرازين إدلب3، وحوراني (5.53، 6.01%)، وبدون فروقاتِ معنوية بينهما، حيث تُعد صفة المقدرة على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب بمنزلة خط الدفاع المورفولوجي الأول، خاصةً في البيئات المجهدة مائياً. ولُوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين كمية المياه المنتوحة التراكمية، وكل من المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وكمية المادة الجافة الكلية المتشكلة ($r = 0.75^{*}$، $r = 0.83^{*}$ على التوالي)، وكذلك لُوحِظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وكمية المادة الجافة الكلية المصنعّة ($r = 0.88^{**}$)، وعلاقة ارتباط سلبية ومعنوية بين كفاءة استعمال المياه، وكمية المياه المنتوحة التراكمية ($r = - 0.85^{*}$)، ولُوحِظ وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين معدل فقد المياه بالنتح وكفاءة استعمال المياه (r=-0.74*).

لُوحِظ تحت ظروف الزراعة الحقلية وجود تباين وراثي معنوي في استجابة طرز العدس المدروسة لظروف الإجهاد المائي، حيث كان أداء الطرز الوراثية الأفضل خلال الموسم الزراعي

الأول 2012/2011 الأكثر هطولاً (167.4 ملم) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني 2013/2012 الأقل هطولاً (115.6 ملم)، ولُوحِظ أنَّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطرازين كردي، وإيبلا (31.10، 29.57 سم)، بينما سجَّل الطراز الوراثي L–55001 بالمتوسط أدنى ارتفاع نبات (15.22 سم). وكان متوسط عدد الأفرع الأولية على النبات الأعلى معنوياً لدى الطرز L-55118، كردي، إيبلا، إدلب4 (6.58، 6.25، 5.83، 5.75 فرعاً على التوالي)، وسجلت الطرز إدلب4، و-L 55051، وإيبلا، وحوراني معنوياً أعلى عدد أفرع ثانوية على النبات (16.42، 14.25، 14.00، 13.92فرعاً على التوالي). وكان متوسط دليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً لدى الأصناف المعتمدة في حين كان الأدنى معنوياً لدى السلالات المحلية المدروسة. وأشارت النتائج إلى وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين دليل المساحة الورقية ووزن المائة بذرة 100-seed weight (r = 0. 582*). كما ارتبط دليل المساحة الورقية بشكلٍ موجب ومعنوي مع كلٍ من عدد القرون وعدد البذور ووزن البذور في النبات (r = 0.701*، r = 0.656* ، r = 0.507* على التوالي)، ولُوحظ أيضاً وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين دليل المساحة الورقية وغلة البذور (r = 0. 839**). تُشير هذه النتائج إلى المسطح الورقي الأخضر، وفعّالية الأجهزة التمثيلية لزيادة كمية المادة الجافة المُصنَّعة والمُسخَّرة لمرحلة النمو الثمري، لزيادة غلة المحصول الاقتصادية.

أظهرت النتائج أنَّ متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق كان الأعلى معنوياً لدى النباتات المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية بالمقارنة مع النباتات المُجهدة مائياً، ولُوحظ أنّ الطرز التي أبدت تفوقاً في صفة محتوى الماء النسبي قد امتلكت دليل مساحة ورقية معنوياً أعلى، ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين هاتين الصفتين (r = 0.539*)، ما يُشير إلى أهمية المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلية النباتية لضمان استمرار استطالتها ونموها. ولُوحِظ أنَّ معظم الطرز الوراثية التي كان لديها محتوى الماء النسبي مرتفع، كانت نسبة تسرب الذائبات فيها الأدنى معنوياً، مثل الطرز إدلب3، وإدلب4، وإيبلا ما يُؤكد على أهمية المحافظة على محتوى الخلايا النباتية المائي لضمان استقرار الأغشية السيتوبلاسمية وسلامتها. وسجل الطرازان كردي، وإيبلا معنوياً أعلى محتوى للأوراق من الكلوروفيل a (1.97،1.60 ، 1.60 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب لكل منها) وبدون فروقات معنوية بينهما، بينما سجل الطرازان L–55001 و L-55051 بالمتوسط أدنى محتوى الأوراق من الكلوروفيل a (1.17، 1.24 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وسجلت الطرز L– 55017، وإيبلا، وإدلب4، وكردي معنوياً أعلى محتوى الأوراق من الكلوروفيل b بالمقارنة مع باقي

الطرز المدروسة (2.62، 2.44، 2.17، 2.16 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطرازان الوراثيان L–55001 و L-55051 بالمتوسط أدنى محتوى الأوراق من الكلوروفيل b، يُعد التغير في محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية أحد الوسائل كرد فعل من النبات تحت ظروف الإجهاد المائي.

لُوحِظ أنَّ متوسط محتوى الأوراق من البرولين كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول (الأكثر هطولاً) (9.21 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (8.81 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب). وتبيّن أنَّ الأصناف والسلالات التي حافظت على قيمٍ مرتفعةٍ من محتوى الماء النسبي في الأوراق، مثل (كردي، إيبلا، إدلب 3، إدلب 4) قد تمكّنت من تصنيع وتجميع كمية أعلى معنوياً من البرولين في الأوراق. ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين محتوى الأوراق من البرولين ومحتوى الماء النسبي ($r = 0.684^{*}$). ما يُشير إلى أهمية المقدرة على التعديل الحلولي (تراكم البرولين)، حيث يُسهم تراكم الذائبات العضوية التوافقية كالبرولين في المحافظة على ترطيب البروتوبلاسم، وبالتالي المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية، ومن ثمَّ حياة الخلية النباتية. وقد لُوحظ أيضاً أنَّ بعض الطرز الوراثية التي حافظت على سلامة أغشيتها السيتوبلاسمية، مثل (إدلب3، إيبلا) كان لديها معدل تراكم البرولين الأعلى معنوياً، ما يُشير إلى أهميته في المحافظة على استقرار الأغشية الخلوية.

بيَّنت نتائج التحليل الإحصائي أنَّ الطرز الوراثية إدلب2، إدلب4، إدلب3، وإيبلا قد سجّلت معنوياً أعلى متوسط عدد قرون في النبات (30.89، 29.25، 25.53، 24.81 قرن.نبات$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطرازان الوراثيان L–55001، و L–55017 بالمتوسط أدنى عدد القرون في النبات (17.25، 19.78 قرناً. نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. ولُوحِظ أنّ الطرز الوراثية إدلب2، إدلب3، إدلب4، كردي، إيبلا التي شكلت معنوياً عدداً أكبر من القرون، استطاعت تشكيل عدداً أكبر من البذور في النبات. وكان متوسط وزن البذور في النبات ومتوسط وزن المائة بذرة، ومتوسط الغلة البذرية، ومتوسط دليل الحصاد الأعلى معنوياً لدى الأصناف بالمقارنة مع السلالات. إضافةً إلى أنَّها كانت الأعلى خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً. ولُوحِظ أنَّ الطرز التي حققت غلة بذرية أعلى معنوياً اتسمت جميعها بكفاءة عالية في المحافظة على محتوى الماء النسبي في الأوراق (إيبلا، كردي، إدلب2، إدلب3) وتميزت بكفاءتها في المحافظة على سلامة

الأغشية الخلوية، والمحافظة على قيمٍ مرتفعةٍ من دليل المساحة الورقية، ما يُشير إلى أهمية تلك الصفات في تحسين تحمل الجفاف مع المحافظة على الكفاءة الإنتاجية.

تتناسب قيمة دليل الحصاد طرداً مع غلّة البذور وعكساً مع الغلة البيولوجية. ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين عدد البذور في النبات وكلٍ من وزن البذور في النبات، وعدد القرون في النبات، والغّلة من البذور، ودليل الحصاد ($r= 0.909^{**}$، $r= 0.848^{**}$، $r = 0.901^{**}$، $r= 0.662^{**}$ على التوالي). ويُلاحظ من هذه النتائج أنّ قيمة دليل الحصاد وغلّة البذور في محصول العدس تتحدد بدرجةٍ أكبر بوزن البذور وعدد البذور في النبات، لذلك تُساعد عملية تحسين صفة متوسط وزن البذرة الواحدة من خلال تحسين معدل نمو البذور وطول فترة نموها (حجم المصب)، ومعدل نقل نواتج التمثيل الضوئي Translocation efficiency وطول فترة امتلاء البذور Seed filling period في تحسين غلَّة المحصول الاقتصادية، ما يُشير إلى أهمية الانتخاب لصفة زيادة عدد البذور في النبات ووحدة المساحة من الأرض لتحسين الغلّة البذرية النهائية، إذْ تُعد كل من صفة عدد البذور ومتوسط وزن البذور من أهم مكونات الغلة البذرية.

لُوحِظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين طول الجذور في البادرة الفتية تحت ظروف الإجهاد الحلولي والغلة البذرية (زراعة حقلية) (r=0.762**)، وعلاقة ارتباط معنوية وموجبة بين طول البادرات في الإجهاد الحلولي والغلة من البذور (r=0.643*) عند مقارنة أداء طرز العدس المدروسة خلال مرحلة البادرة الفتية ومرحلة النبات الكامل، ما يُشير إلى أنَّ تقانة الغربلة للإجهاد المائي عند مستوى البادرة الفتية فعّالة جداً في غربلة طرز العدس المدروسة لتحمل الإجهاد المائي.

يُمكن الاستفادة من الأصناف كردي، إيبلا، وإدلب2، إدلب3، إدلب4 كآباء في برامج تربية وتحسين غلة محصول العدس وتحمله للإجهاد المائي، كما يمكن الاستفادة من السلالات (L-55118، L-55051، L-55001) لنقل بعض الصفات المرتبطة بتحمل الإجهاد المائي.

المقدمة Introduction

تحتل البقوليات Legumes المرتبة الثانية بعد الحبوب Cereals من حيث المساهمة في تحقيق الأمن الغذائي، وتُصنّف بأنّها من أكثر المحاصيل الغذائية الزراعية أهميةً للإنسان، حيث تُزرع على نطاقٍ واسعٍ من الأنواع المختلفة للتربة، وتنجح زراعتها في جميع المناطق المناخية تقريباً (Akibode and Maredia, 2011). وتُعد البقوليات المحصول النقدي الرئيس لأكثر من 700 مليون مزارعاً من أصحاب الحيازات الصغيرة في البلدان النامية، وتُقَدر قيمتها بنحو 31 مليار دولاراً سنوياً، وتبرز أهمية تشجيع زراعة البقوليات في البلدان النامية على اعتبارها نهج فعّال لتحقيق الأهداف الإنمائية في الحدِّ من الفقر، والجوع، وتحسين الصحة، والمحافظة على البيئة المستدامة (Abate *et al.*, 2012). تُعَد البقوليات مصدراً مهماً للنتروجين (N)، ولها آثار إيجابية في المحصول عندما تُزرَع بالتناوب أو كمحاصيل تغطية مع الحبوب، حيث لُوحِظت زيادة في نسبة الكربون (C) ومحتوى الآزوت (N) في التربة المزروعة بمحصول بقوليّ، إضافةً إلى دورها في تحسين مقاومة التربة للتعرية Soil erosion، والحدّ من انتشار بعض مسببات أمراض التربة (Bagayoko *et al*., 2000)، و(Sainju *et al* ., 2005). كما يُعزز استخدام البقوليات كسماد في الزراعة من مسامية التربة Soil prosity، ويُقلل من كثافتها الكلية (Sultani *et al*., 2007).

يُعَد محصول العدس Lentil (*Lens esculenta L*.) من المحاصيل الواعدة في الأسواق الدولية، ومن المتوقع أن تتطور هذه الزراعة في المستقبل المنظور في الدول المتقدمة نظراً للتوجه العالمي نحو إتباع نظام غذائي صحي، وزيادة الطلب العالمي عليه بهدف التخفيف من المخاطر الصحية الناجمة عن تناول البروتينات الحيوانية مقارنةً بالبقوليات الغنية بالبروتينات والألياف القابلة للذوبان، حيث بيّنت العديد من البحوث الارتباط الإيجابي الكبير عند التناول المتكرر للبقوليات مع

الانخفاض في خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية والسكري، وأمراض الجهاز الهضمي والسُمنة (Duranti *et al* ., 2006)، وكنتيجةٍ لذلك ارتفع إنتاج البقوليات العالمي من 150 مليون طناً في عام 1980 إلى 300 مليون طناً في عام 2000، وكانت الجمعية العامة للأمم المتحدة قد أعلنت في دورتها 68 أنّ عام 2016 سنة دولية للبقوليات تحت شعار "بذور مغذية لمستقبل مستدام"، حيث تهدف إلى رفع الوعي العام بفوائد التغذية على البقوليات كجزء من الإنتاج المستدام للأغذية الهادف إلى تحقيق الأمن الغذائي Food security.

يُعتبر محصول العدس من المحاصيل البقولية الغذائية المهمة التي تُستعمل في تغذية الإنسان في الكثير من دول العالم، لاسيّما الفقيرة منها لاحتوائه على كميةٍ مرتفعةٍ من البروتين (22-34.5%)، ونسبةٍ مرتفعةٍ من الكربوهيدرات (السكريات) (65%) (Muehlbauer *et al.*, 1985; Yadav *et al.*, 2007). يُوفر العدس نظاماً غذائياً متوازناً جداً، حيثُ يتم في بعض الدول المتطورة إدخاله في خلطة طحين الخبز لدعمه بالبروتين النباتي وجعله أكثر فائدةً من حيث القيمة الغذائية وتعويضاً عن البروتين الحيواني (Abu-Shakra and Tannous, 1981; Muehlbauer *et al.*, 1995). ويُستخدم العدس كبديل للحم فهو يُعادل اللحم في قيمته الغذائية فيمّا لو أُضيف إليه الخبز (Duke، 1981). وقد قّدر أحد العلماء بأنَّ وزناً واحداً من العدس + وزناً واحداً من الخبز يساوي وزناً واحداً من اللحم، هذا بالإضافة لاحتوائه على بعض العناصر المعدنية كالحديد (Fe^{++}) والنحاس (Cu^{++})، وعلى بعض العناصر اللامعدنية كالفوسفور (P) والكالسيوم (Ca^{++})، والعديد من الفيتامينات وخاصةً فيتامين B1.

يُستخدم العدس في تغذية الإنسان على شكل حبوب كاملة مطبوخة مع الرز Rice (*Oryza sativa* L.) أو البرغل (المجدرة)، أو مجروشة يُجهز منها الحساء (الشوربة)، وغيرها من الأطباق. ويُستخدم في الكعك والخبز وبعض أغذية الأطفال (Kay, 1979; Muehlbauer *et al.*, 1995)

كما يُستعمل طبياً ملیناً لعلاج الإمساك (Duke, 1981). ويحتوي على العديد من المضادات مثل مثبطات التربسين، هيماغلوتينين، ويغوساكاريدس التي تسبب انتفاخ البطن (Jambunathan *et al.*, 1994).

يُستعمل العدس وكذلك تبنه في تغذية الحيوانات (الأغنام والماعز)، حيث يحتوي التبن على 14% بروتين، ونسبةٍ مرتفعةٍ من الألياف Fibers (Kay, 1979)، ويُعرف باسم (التبن الأحمر)، ويُعادل كل 100 كغ منه 32 وحدة علفية، وهو يوازي الشعير Barley والفصة في القيمة العلفية، مع الإشارة إلى أنّ سعر تبن العدس أعلى من سعر تبن النجيليات، كما تُستخدم عروشه الخضراء علفاً للأبقار الحلوب. يُعد هذا المحصول من المحاصيل البقولية المُخصبة للتربة، حيث يُستخدم في تسميد الأراضي الفقيرة بالمواد العضوية كسمادٍ أخضر Green manure، بسبب مقدرة العقد البكتيرية Nodules المتعايشة مع جذوره على تثبيت الآزوت الجوي Atmospheric nitrogen fixation من خلال العلاقة التكافلية مع بكتيريا الرايزوبيا Rhizobium leguminosarum (Islam, 1981)، وتُعد عملية تثبيت الآزوت الجوي في البقوليات أمراً غاية الأهمية لما لها من دورٍ وتأثيرٍ كبير في المحافظة على خصوبة التربة Soil fertility، والإنتاجية في النظم البيئية الزراعية (Karim Mojein *et al*., 2003 ؛ Azam and Farooq,2003). حيث يُمكن للمحاصيل البقولية تثبيت بين 72 و 350 كيلوغراماً من الآزوت لكل هكتار سنوياً. ويُعتبر العدس مصدراً للدخل والعمل لعددٍ من المزارعين، ومصدراً مهماً للنقد الأجنبي وذلك من خلال تصدير الفائض منه إلى الأسواق الخارجية، كما يُعد من المحاصيل المهمة في الدورة الزراعية Crop rotation حيث يُقلب المحصول في التربة عندما يكون النبات بمرحلة الإزهار، ما يُحسّن من خواصها الفيزيائية والكيميائية والزراعية.

عموماً، يُعتبر محصول العدس من أوائل النباتات الغذائية المزروعة، حيث زُرِع لأول مرة مُنذ نحو 8000 عام قبل الميلاد، وعُرفت أول أشكاله المزروعة قبل الميلاد بنحو 7000 عام في الشرق

الأقصى، وامتد بعدها إلى جنوب غرب آسيا (الهند) وشمال أفريقيا (أثيوبيا) حتى وصل إلى حوض البحر المتوسط وأواسط أوروبا والصين، ومن ثمّ انتشر إلى أمريكا الجنوبية (الأرجنتين وتشيلي)، في حين يعتقد البعض الآخر أنّ زراعته تعود إلى عام 2200 ق.م، وقد جاء ذكره في القرآن الكريم في سياق مجادلة بني إسرائيل مع موسى عليه السلام يسألونه طعاماً أكثر وأغزر فيقول الله سبحانه وتعالى: ﴿ وَإِذْ قُلْتُمْ يَا مُوسَى لَن نَّصْبِرَ عَلَىَ طَعَامٍ وَاحِدٍ فَادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُخْرِجْ لَنَا مِمَّا تُنبِتُ الأَرْضُ مِن بَقْلِهَا وَقِثَّآئِهَا وَفُومِهَا وَعَدَسِهَا وَبَصَلِهَا﴾ (سورة البقرة، 61) صدق الله العظيم. ويُعتقد أنّ إيطاليا هي منطقة أخرى من مناطق نشوء العدس، حيث زُرِع فيها، كما زُرع في فرنسا، وإسبانيا، ورومانيا. ويعتقد العالم الروسي Vavilov (1951) أنّ مناطق شرق أفغانستان وشمال غرب الهند وإيران هي المناطق الأصلية لنشوء العدس ذو البذور صغيرة الحجم، حيث عُرِف في الهند وزُرِع فيها بمساحات واسعة منذ آلاف السنين، أمّا مناطق نشوء العدس ذو البذور كبيرة الحجم فهي شرق حوض البحر الأبيض المتوسط. وقد عرفه الفراعنة وذلك ما دلّت عليه الرسومات على جدران المعابد ومقابر الفراعنة، فقد تمّ العثور على العدس المطبوخ منذ نحو ما يقرب 4400 سنة في عهد الأسرة الثانية عشرة في القبور المصرية (Webb and Hawtin, 1981)، وقد وُجِدت آثار لوجود العدس في حدائق بابل في القرن الثامن عشر قبل الميلاد.

يُعد العدس من المحاصيل البقولية الغذائية المُهمة في الوطن العربي، وتُعتبر منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط (سورية، قبرص، فلسطين، جزيرة كريت) الموطن الأصلي للعدس. وهو معروف في سورية منذ القدم، حيث تُعتبر أحد مواطن زراعته، وقد تمَّ توثيق أول نبات بقولي في التاريخ في تلّ مربط شمال سورية ويعود تاريخه إلى تسعة آلاف سنة قبل الميلاد وعُرف في فلسطين منذ القدم، وهناك العديد من الأصناف المحلية المزروعة في الوطن العربي التي تُميز تِبعاً للون

البذرة، ومن أهمها العدس الأحمر والعدس الأبيض، ويضم العدس كذلك النوع البري *L. ervoides* والأنواع البرية *L. orientalis* و *L. odemensis* وموطنها الأصليّ سورية وفلسطين.

يحتل محصول العدس المرتبة الرابعة ضمن عائلة المحاصيل البقولية Leguminaceae (Fabaceae) في العالم، وتُعد الهند والصين وسورية وإيران وبنغلاديش من الدول الكبرى المنتجة للعدس في آسيا، وتأتي أهميته بسبب قابليته للتكيف مع قلة سقوط الأمطار، وإجهاد الجفاف في المناطق الجافة وشبه الجافة (Sarker *et al*., 2003)، إضافةً إلى كونه محصول شتوي يتمتع بفترة نمو أقصر مقارنةً بغيره، حيث يمكن اعتباره محصول مثاليّ في المناطق القاحلة وشبه القاحلة Arid and Semi arid zones، وذلك بسبب انخفاض فترة تعرضه للإجهاد المائي. عموماً، يُعد العدس من المحاصيل المتحملة للجفاف، حيث يُزرع في دورة زراعية ثنائية مع القمح في المناطق شبه الجافة من العالم، والتي يتراوح معدل الهطول المطري فيها بين 300–350 مم.سنة$^{-1}$.

يُزرع العدس في أوروبا، وفي الهند، وفي منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، وتُشير إحصائيات الفاو للعام 2013 إلى أنّ المساحة المزروعة بالعدس عالمياً بلغت 448 ألف هكتاراً، وبلغ الإنتاج 4.976 مليون طناً وبمتوسط إنتاجية قدرها 970 كغ. هكتار$^{-1}$، وتحتل كندا المركز الأول بإنتاج يُقدر بنحو 1880 ألف طناً، أيّ نحو 22% من الإنتاج العالمي، تليها الهند، حيث بلغ إنتاجها من العدس 1134 ألف طناً، أيّ نحو 25% من الإنتاج العالمي من العدس، ومن ثمّ تركيا 417 ألف طناً نحو 16%، في حين تحتل سورية المركز التاسع عالمياً من حيث الإنتاج (109 ألف طناً).

بلغت المساحة المزروعة على صعيد الوطن العربي عام 2013 نحو 204.33 ألف هكتاراً، وبلغ الإنتاج قرابة 188.92 ألف طناً من البذور بمردود وسطي ضعيف قدره 930 كغ.هكتار$^{-1}$، وتأتي سورية في المركز الأول من حيث المساحة المزروعة (156 ألف هكتاراً)، (نحو 70% من

إجمالي المساحة المزروعة بالعدس في الدول العربية)، تليها المغرب ثمّ اليمن، كما تحتل سورية المركز الأول من حيث الإنتاج أيضاً حيث تنتج نحو 70% من إنتاج العدس في الدول العربية، ومن بين الدول العربية نجد أن القطر العربي السوري هو الوحيد الذي يحقق إكتفاءً ذاتياً من محصول العدس، ويصدّر أحياناً بعضاً من إنتاجه إلى الدول الشقيقة والصديقة حسب السنين والإنتاج، (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2013).

إنَّ معظم المساحة المزروعة بمحصول العدس في سورية بعلية، وتُقَدر تقريباً بنحو 111 ألف هكتاراً، ويُزرع بشكلٍ أساسي في كلٍ من المحافظات التالية: حلب، إدلب، الحسكة، حيث يُمثل إنتاج هذه المحافظات نحو 95% من الإنتاج الكلي في سورية، وبلغ الإنتاج خلال العام 2014 نحو 74806 طناً بانتاجية قدرها 657 كغ.هكتار$^{-1}$ (إحصائيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2014)، (ملحق، جدول1،2) وهي في تزايدٍ مستمر عاماً بعد آخر، في حين تُعاني المساحة المروية من تذبذبٍ مستمر عبر السنين في ظل نُظم الريّ السائدة في أغلب مناطق الزراعة في سورية، فعادةً ما يحصل المزارعون على مياه الريّ على أساس الدور الذي تُنظمه الجمعيات الفلاحيّة في كل قرية، ما قد يؤدي إلى تأخُر عملية الري في بعض الحقول، وقد يطول هذا التأخير حتى أسبوعين، ما قد يعرض المحصول للإجهاد المائي Water stress. يتضح مما سبق، إمكانية تعرض العدس خلال موسم النمو لأكثر من مرة للإجهاد المائي ضمن دورة حياة المحصول، ما قد يؤثر سلباً في غلة المحصول الاقتصادية Economic yield، وخاصةً إذا ما تزامن ذلك النقص مع المراحل الحرجة لشح المياه Critical stages، الأمر الذي يستدعي التخطيط الناجح لاستعمال المياه بالشكل الأفضل عن طريق زراعة الأصناف ذات الكفاءة العالية في استعمال المياه، والأكثر تحملاً لظروف الإجهاد المائي، التي تتمتع بكفاءةٍ إنتاجيةٍ عاليةٍ، وهو ما يُعد أحد الأهداف الأساسية لمربيّ العدس في برامج التربية والتحسين الوراثي.

يتم إنبات بذور العدس Germination خلال فترة تتراوح بين 7–30 يوماً عندما تتوافر الرطوبة الكافية في التربة بنسبة 85% من الوزن الجاف للحبة الصغيرة، و100% من الوزن الجاف للحبة الكبيرة، ودرجة حرارة مناسبة (8–10 درجات مئوية) علماً بأنّ الدفء يُساعد على سرعة النمو وظهور البادرات فوق سطح التربة Seedling establishment . ويترواح عمر النبات حتى النضج Days to maturity بين 100–145 يوماً يتم خلالها الإنبات، والنمو الخضري والنمو الثمري والنضج، ولقد قُدِرت هذه الفترات كما يلي: فترة الإنبات بـ7–25 يوم، فترة النمو الخضري بـ35–55 يوماً، فترة النمو الثمري بـ30–50 يوماً، وفترة النضج بـ25–40 يوماً، وهذه الفترات متداخلة فيما بينها، ولايمكن فصلها عن بعضها البعض.

يحتاج محصول العدس إلى أرضٍ صفراء متوسطة الخصوبة تحتوي على نسبةٍ كافيةٍ من الكلس، كما تنجح زراعته في الأرض الطينية الخفيفة جيدة الصرف ولا تناسبه الأرض التي تحتفظ برطوبتها فترة طويلة مهما كانت درجة خصوبتها، كما أنّ الزيادة في خصوبة التربة وافي كميات الأسمدة الآزوتية تسبب زيادة في النمو الخضري، الأمر الذي يجعله قليل المردود، وتدخل زراعة العدس في دورة ثلاثية بالتناوب مع المحاصيل النجيلية الشتوية والمحاصيل الصيفية كالشوندر السكري (*Beta vulgaris L.*) Sugar beet والقطن (*Gossypium spp*) Cotton أو في الزراعة المروية، كما تدخل زراعته في دورة ثنائية متبادلاً مع المحاصيل النجيلية الشتوية في الزراعة البعلية، وكذلك تدخل في دورة ثلاثية مع النجيليات الشتوية والبور Fallow.

يؤدي توافر العناصر الغذائية الأساسية والثانوية في التربة إلى غلة وافرة من محصول العدس، وفيما يخص احتياجاته من الآزوت فهو يأخذها من الآزوت الجوي ويُخزنها في عقده الجذرية عن طريق بكتريا التأزت، وتُقدر كميته بنحو 85% من احتياجات العدس، أمَّا الباقي فيحصل عليه من الآزوت الموجود في التربة، حيث أنّ إضافة كمية قليلة من الآزوت إلى التربة قبل الزراعة تعمل على

تنشيط النمو الجذري خلال الفترة الأولى من حياة النبات، وتُساعد على النمو الخضري إلى حين تشكل العقد البكتيرية على الجذور.

غالباً ما يُزرع العدس تحت ظروف الزراعة البعلية في المناطق التي يتراوح معدل أمطارها بين 300-350ملم، وفي حال تمّت زراعته بشكلٍ مرويّ فإنَّه يحتاج إلى 3-4 ريات حسب ظروف المنطقة ونوعية التربة، والمرحلة من حياة النبات. وتُوزَع الريّات كالتالي: الريّة الأولى ريّة الزراعة، والريّة الثانية بعد الإنبات بمدة 20-25 يوماً من تاريخ الزراعة، والثالثة قبل الإزهار، والرابعة بعد العقد بنحو 10 أيام، أو أنّها تكون قبل الحصاد بنحو 30 يوماً، ومن الأهمية مراعاة عدم التأخير في عملية الحصاد كي لا تنفرط القرون وتتساقط البذور على الأرض، وتزداد حساسية البذور للإنشطار Splitting نتيجة الجفاف الزائد أثناء عملية الدراس، ما يزيد من الفاقد في الغلة البذرية.

يُساعد توافر الأمطار على نمو العدس وتزيد من مردوديته، وخاصةً أنّ هذا المحصول يُزرع عادةً بعلاً في المناطق ذات معدلات هطول مطري 300–350 ملم.سنة$^{-1}$ شريطة توزعها الجيد خلال موسم النمو، ولُوحظ أنّ الجفاف يُقلل من نسبة الحمل والعقد، مع أنّ العدس يتحمل ظروف نقص المياه بدرجةٍ جيدة، حيث سُجِلت حالات تحمل للجفاف أكثر من القمح Wheat (*Triticum aestivum*)، والشعير Barley (*Hordeum vulgare ssp.*) والفصة الحولية Alfalfa (*Medcago sativa*)، ويتوقف ذلك على الصنف المزروع والظروف الجوية السائدة (Karim Mojein *et al*,. 2003). عموماً، يتم إنتاج أكثر من 60% من المحاصيل الغذائية في العالم من خلال الزراعة المطرية والتي تغطي 80% من الأراضي الزراعية في العالم، وأنّ نحو 95% من هذه المحاصيل تأتي من الزراعات البعلية في منطقة جنوب آسيا، حيث الملايين من صغار المزارعين يعتمدون على الزراعة المروية، سيما أنّ تغير المناخ يُؤثر بشكلٍ كبير في منسوب المياه الجوفية، التي تُعد العمود الفقري للريّ والاقتصاد الريفيّ (Nellemann *et al.*, 2009)

يُعد الجفاف Drought سبباً رئيساً لنقص إنتاجية المحاصيل (Du *et al.*, 1996)، وتؤدي التغيرات المناخية Climatic changes وزيادة درجات الحرارة، بالإضافة إلى الزيادة في مستويات CO_2 في الغلاف الجوي، إلى زيادة تكرار دورات الجفاف (Tolbert and Zelitch, 1983; Christensen *et al.*, 2007). كما يُسبّب الإجهاد المائي حتى ولو حدث لفترةٍ زمنيةٍ قصيرة خلال المراحل الحرجة من حياة النبات انخفاضاً ملحوظاً في الغلة (Araus *et al.*, 2002)، وقد يؤدي إذا طالت مدته إلى فشل المحصول بشكلٍ كامل Crop failure.

يُعد الجفاف من الإجهادات اللاأحيائية Abiotic stresses التي تَحُد من إنتاجية العديد من المحاصيل في بيئات حوض البحر الأبيض المتوسط (Acevedo *et al.*, 1999; Araus, 2002). ويتوقع بحلول عام 2050 أنْ يُؤثر نقص المياه بسبب الجفاف سلباً في قرابة 67% من سكان العالم (Ceccarelli *et al.*, 2004)، لذلك تُعد عملية التربية لتحمل الجفاف في العديد من الأنواع المحصولية من أفضل السبل، وأقصرها، وأرخصها لتوفير المياه (Ceccarelli and Grando, 2002).

تُعتبر مسألة تطوير طرز وراثية ذات غلة مرتفعة، ومتكيفة مع ظروف الجفاف عملية صعبة، وذلك بسبب المشكلة المتمثلة في فهم الطريقة التي تُسهم من خلالها الصفات المرتبطة بتحمل الجفاف في تطوير الغلة خلال حياة المحصول (Ludlow and Muchaw, 1990). وحتى تكون صفة ما مهمة في برامج التربية والتحسين الوراثي يجب أن تكون سهلة القياس (لا تحتاج إلى أجهزة معقدة)، وذات قابلية توريث عالية High heritability، وذات تأثر قليل بالعوامل والتغيرات البيئية، وذات طبيعة تكاملية، بهدف سهولة نقلها من الآباء إلى الأجيال الناتجة (Ceccarelli and Grando, 2002; Lafitte *et al.*, 2006; Richards, 2008).

مبررات البحث Research justification

يُعاني القطر العربي السوري من تقلبات حادة في المناخ تتمثل في ارتفاع ملحوظ في درجات حرارة الهواء، وتراجع معدل الهطول المطري وسوء توزعها، وهذا يؤدي إلى زيادة معدلات النتح Transpiration (T) من النبات والتبخر Evaporation (E) من التربة، واستنزاف المياه الجوفية، وقلة الموارد المائية المتاحة، وكمية المياه العذبة اللازمة لري المحاصيل، ما يفرض على العاملين في الزراعة والمراكز العلمية البحثية مواجهة التحديات المستقبلية المتمثلة بندرة المياه، وتعاظم ظاهرة الاحتباس الحراري، وما ينجم عنها من ارتفاع في معدلات حرارة الجو العالمي، وانخفاض إنتاجية محاصيل الحبوب والبقوليات، وبخاصةٍ تحت ظروف الزراعة المطرية Rainfed conditions.

تتماشى هذه الدراسة مع سياق التوجه العام الداعي إلى تحقيق التنمية الزراعية المستدامة من خلال المحافظة على المياه كأحد أهم الموارد الطبيعية من خلال استنباط وتطوير أصناف ذات مقدرة تكيفية عالية مع المحافظة على طاقتها الإنتاجية، وذلك بالاعتماد على بعض المؤشرات الشكلية، والفيزيولوجية، والبيوكيميائية التي تسمح بتحديد العوامل المسؤولة عن ثبات الغلة تحت ظروف العجز المائي. وتُعد الأصول الوراثية البرية والمدخلة من المصادر الوراثية المهمة لمثل هذه الصفات، إلى جانب السلالات المحلية المزروعة بهدف تحديد تلك الصفات، والاستفادة منها كآباء في برامج التربية والتحسين الوراثي التقليدية لتطوير أصناف جديدة ذات كفاءة إنتاجية عالية ضمن الظروف البيئية المجهدة، ومن هنا تأتي أهمية تطوير وتقييم طرز وراثية جديدة من العدس ذات مقدرة على تحمل الجفاف والإجهادات اللاأحيائية الأخرى في ظل ظروف الزراعة المطرية، والتي تُعد أحد الأهداف الأساسية لمربيّ العدس في برامج التربية.

أهداف البحث: Research objectives

1- تطوير تقانة غربلة مخبرية سريعة وفعّالة لسبر التباين الوراثي في استجابة طرز العدس المدروسة للإجهاد الحلولي Osmotic stress عند مستوى البادرة الفتية.

2- تقييم أهمية التحريض في زيادة كفاءة بادرات العدس على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي.

3- تقييم التباين الوراثي في صفة كفاءة استعمال المياه وصفات الجذور بين طرز العدس المدروسة.

4- تقييم التباين الوراثي بين طرز العدس في البيئات الحقلية المجهدة مائياً اعتماداً على بعض الصفات الشكلية والفيزيولوجية والبيوكيميائية.

5- دراسة علاقات الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة وغلة البذور لطرز العدس تحت ظروف الإجهاد المائي.

الدراسة المرجعية Review of literatures

في ظلِّ ازدياد التعداد السكاني في معظم الدول العربية بمعدلاتٍ كبيرةٍ تتجاوز قرابة 2-3% سنوياً، ارتفع الطلب على المنتجات الغذائية، ونظراً لمحدودية الطاقة الإنتاجية للأراضي الزراعية، والموارد الوراثية Genetic resources، وفي ظلِّ التغير المناخي Climate change، فقد باتَ من الصعوبة تحقيق زيادة في الإنتاج الزراعي تتلائم مع الزيادة في معدلات النمو السكاني، وضمن كل هذه المتغيرات يمكن تطبيق العديد من التقانات والممارسات الزراعية لزيادة الإنتاج، وتحسين كفاءة استعمال المياه، والاستفادة من كل قطرة ماء في إنتاج المحصول "More crop per drop"، من خلال تحسين خصوبة التربة Soil fertility، وقوامها لزيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء Water retention capacity، ومكافحة الأعشاب الضارة Weed control، وضبط الكثافة النباتية للمحصول الاقتصادي لتثبيط نمو الأعشاب الضارة حيث أنّ زيادة الكثافة النباتية تؤدي إلى زيادة المنافسة بين نباتات المحصول الاقتصادي نفسه على جميع متطلبات النمو الأرضية والجوية، وتؤدي تحت ظروف الزراعة المطرية إلى استنفاد محتوى التربة المائي المتاح بشكلٍ محدود خلال المراحل المبكرة من حياة النبات- كل نبات عبارة عن مضخة مياه- مايؤدي إلى تعريض النباتات إلى مستويات متطرفة Exterme levels من الإجهاد المائي المتزامن مع الحرارة المرتفعة خلل المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات (الإزهار وامتلاء البذور)، وتغيير نظام الفلاحة (الفلاحة المخففة Reduced tillage، أو بدون فلاحة No-tillage)، وتغطية سطح التربة بشكلٍ مبكر لتقليل مساحة السطح المعرض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس للحد من فقد الماء بالتبخر وبالتالي تحسين كفاءة استعمال المياه، وزراعة الأصناف التي تتسم بمعدلات نمو أولية سريعة Early seedling vigor وذات متطلبات مائية أقل، ودراسة طبيعة استجابة نباتات المحصول لظروف نقص المياه خلال كل مرحلة من دورة حياته، من خلال تقويم التراجع الحاصل في الغلة الاقتصادية ومكوناتها لتحديد

المراحل الحرجة Critical stages من حياة النبات لنقص المياه، والمراحل غير الحرجة، التي لا يؤدي غياب المياه خلالها إلى نقصٍ كبيرٍ في غلة المحصول الاقتصادية.

يُقلّل نقص المياه Water deficiency من كفاءة النباتات في التعبير عن طاقتها البيئية– الفسيولوجية، الأمر الذي ينعكس سلباً على الصفات الشكلية والفسيولوجية والبيوكيميائية، ويقلل من كفاءة النباتات في التعبير عن طاقتها البيئية– الفيسولوجية، ويؤدي على المدى البعيد إلى تراجع غلة المحصول نتيجة نقص معدل تثبيت الكربون CO_2-fixation rate وتصنيع وتجميع المادة الجافة (de Souze and Cardoso, 2003; Pimentel, 2004). ويؤدي الإجهاد المائي Water stress خلال كل مرحلة من مراحل النمو إلى تخفيض الغلة الاقتصادية، ولكن تختلف نسبة الانخفاض في غلة المحصول باختلاف المرحلة من حياة النبات التي تتعرض فيها النباتات للجفاف. بشكلٍ عام، لُوحِظ في معظم مناطق زراعة العدس في العالم أنّ مرحلة الإزهار وتشكل القرون تعدان من المراحل الحرجة لظروف نقص المياه في التربة (Blum, 2005).

أولاً– تأثير الإجهاد الحلولي في نمو البادرات الفتية وتطورها:

تُعَد عملية الانتخاب Selection لظروف الجفاف في المحاصيل أمراً بالغ الأهمية في البيئات الجافة (Ashraf *et al.*, 1992; Tuberosa and Salvi, 2006)، ويعكس التقدم البطيء في تطوير أصناف مقاومة للجفاف عدم وجود طريقة محددة لاختبار أعداد كبيرة من التراكيب الوراثية المطلوبة في التربية لتحمل الجفاف (Zeigler and Puckridge, 1995)، وعليه تمّ تطبيق الطرق المخبرية لغربلة الطرز الوراثية تحت ظروف الإجهاد الحلولي المصطنع باستعمال سكر البولي ايثيلين غلايكول–6000 لتحديد الطرز المتباينة الاستجابة عند مسنوى البادرة الفتية، واختصار عدد المدخلات أثناء عملية التقييم على مستوى النبات الكامل تحت ظروف الزراعة الحقلية، حيث اقترح Richards (1978) اعتماد الإنبات كمعيار مفيد في الانتخاب لتحمل الإجهاد المائي.

عادةً، لا تتعرض نباتات المحصول مباشرةً لمستوى مميت من الإجهاد اللاأحيائي Abiotic stress، وإنّما تتعرض أولاً لمستوى غير مميت Sub-lethal level من الإجهاد، واذا ما استمرت الظروف البيئية غير المواتية من جفاف، وحرارة مرتفعة أو منخفضة، وملوحة، عندها قد يتعرض النبات إلى مستوى مميت Lethal level من الإجهاد اللاأحيائي. يُعد تعرّض النباتات لمستوى مُحرِّض بمنزلة إشارة تحذير Warning signal تنبّه النبات إلى ضرورة تشكيل وسائل دفاعية تمكنّه من تحمل المستوى المميت من الإجهاد (العودة وزملاؤه، 2005). وبشكلٍ عام، إنَّ الأنماط الوراثية ذات الكفاءة على تهيئة وسائل دفاعية ستكون أقدر على البقاء على قيد الحياة عند التعرض إلى المستوى المميت من الإجهاد، وبالتالي ستتمكن من استعادة نموها بشكلٍ أفضل بعد زوال العامل البيئي المحدد للنمو (العودة وزملاؤه، 2006).

تُعد عملية إنبات البذور عملية أساسية للحصول على أفضل عدد بادرات وإنتاجية مرتفعة من المحصول في وحدة المساحة، حيث تؤثر في عملية الإنبات ونمو البادرات العديد من العوامل البيئية، مثل إجهادي الملوحة والجفاف، اللذان يُعدان من أكثر الإجهادات اللاأحيائية التي تحد Limit من نمو البادرات (طول البادرات وطول الجذور) وعددها في وحدة المساحة من الأرض، الأمر الذي يؤثر سلباً في الكثافة النباتية المُثلى (Atak *et al.*, 2006; Kaya; *et* Almansouri, *et al.*, 2001 .(*al.*, 2006

تُعتبر دراسة تأثير الجفاف باستخدام التجارب المخبرية تحت ظروف الاجهاد الحلولي إحدى الطرق الفعّالة في تقييم أداء الطرز الوراثية استجابةً لظروف الجفاف خلال مرحلة الإنبات، وقد تمّ استخدام سكر بولي إيثلين جلايكول$_{6000}$ (PEG-6000) بفعّاليةٍ عن طريق اخضاع النبات خلال مرحلة الإنبات واسترساء البادرات لمستويات متباينة من الإجهاد في المختبر ودراسة مدى كفاءتها على تحمل ظروف الجفاف (الإجهاد الحلولي) (Hohl and Schopfer., 1991).

أظهرت العديد من الدراسات أنّ استخدام تراكيز مرتفعة من محلول سكر البولي ايثيلين جلايكول6000 (PEG-6000) أدَّت إلى انخفاض نسبة الإنبات النهائية في محصول العدس (Jamaati et al., 2011, Siahsar *et al*., 2010). أوضح Aniat UlHag وزملاؤه (2010) في دراسة حول تأثير الإجهاد الحلولي في الإنبات ونمو البادرات وبقاءها حيَّة باستعمال عدة مستويات من الإجهاد الحلولي باستعمال سكر البولي ايتيلين غليكول، أنّ إضافة السكر قد أدَّت إلى تخفيض نسبة الإنبات، مع بقاء البادرات حية، واستمرار نمو البادرات، ولُوحظ وجود تأثيراً ضعيفاً عند التعرض للإجهاد الحلولي عند المستوى (0.40- MPa)، وكان الانخفاض الأعظمي في المؤشرات السابقة عند المستوى الحلولي (1.75- MPa).

أُجريت دراسة بهدف تقييم تأثير الإجهاد الحلولي باستخدام سكر بولي إيثلين غليكول في إنبات البذور على أربعة طرز من العدس، حيث عُرِضت البذور إلى خمسة مستويات (0، 10، 15، 18، و 21٪) من البولي ايثيلين غليكول (PEG-6000). وتمّ تقييم نسبة الإنبات، وطول الجذور والمحتوى المائي للأنسجة، وقد أدّى الإجهاد المائي إلى تخفيض كل من نسبة إنبات البذور، طول الجذر، وطول البادرات في جميع الطرز، ولُوحظ انخفاض نشاط الأنزيمات المهمة في عملية الإنبات، مثل α-أميلاز وα-جلوكوزيد سلباً تحت الإجهاد الحلولي المطبق لدى جميع الطرز المدروسة (Adele Muscolo *et al*., 2014). بيّن (Khakwani) وزملاؤه (2011) في تجربة مخبرية أنّ أصناف القمح التي أبدت تحملاً للإجهاد الحلولي قد أظهرت أيضاً تحملاً لظروف الإجهاد المائي تحت ظروف الزراعة الحقلية، وأكدّ هذه النتيجة أيضاً Agili، وزملاؤه (2012) في تجربة أجريت على البطاطا الحلوة Sweet potato (*Ipomoea batatas*).

في دراسة هدفت إلى إيجاد تقانة غربلة مخبرية سريعة وفعّالة في سبر التباين الوراثي لاستجابة بعض أصناف الشعير السورية للإجهاد الحلولي باستخدام سكر بولي إيثلين جلايكول6000 في مرحلة النمو الأولي، وتقييم أهمية التعريض المسبق لمستوياتٍ غير مميتة (محرِّضة) في تحسين

التحمل للمستوى المميت من الإجهاد الحلولي، تبين وجود فروقاتٍ معنوية في استجابة أصناف الشعير المدروسة للإجهاد الحلولي، وتباينت مقدرة الأصناف على تحمل الإجهاد الحلولي، حيث أبدت الطرز المحرضة أقل نسبة انخفاض في طول الجذور والبادرات بالمقارنة مع بقية الأصناف، وكانت القدرة على استعادة النمو أعلى في النباتات المحرَّضة بالمقارنة مع النباتات غير المحرَّضة لدى جميع الطرز الوراثية المدروسة (العودة وزملاؤه، 2006).

في دراسة قامت بها جنود (2007) لسبر التباين الوراثي لاستجابة أربعة وعشرين طرازاً وراثياً من القمح للإجهاد الحلولي المصطنع باستعمال سكر بولي إيثلين جلايكول (PEG_{6000})، باعتماد تقانة غربلة مخبرية سريعة وفعّالة. بيّنت النتائج وجود فروقاتٍ معنوية في استجابة طرز القمح للإجهاد الحلولي، حيث أبدت الطرز المتحملة للإجهاد الحلولي تراجعاً أقل في معدل النمو خلال فترة الإجهاد الحلولي، ومقدرةً أكبر على استعادة النمو في نهاية فترة استعادة النمو بالمقارنة مع الطرز الحساسة للإجهاد الحلولي، ولُوحظ أيضاً أنَّ البادرات المحرَّضة قد أبدت مقدرةً أكبر على استعادة النمو بالمقارنة مع البادرات غير المحرَّضة، ما يؤكد على أهمية التحريض Induction في تحسين تحمل البادرات للمستويات المميتة من الإجهاد الحلولي.

أُجريت تجربة لتقييم استجابة بعض طرز القمح الطري السورية (شام$_6$، شام$_4$، دوما$_2$، بحوث$_{208}$)، والليبية (صفيت$_1$، صفيت$_7$)، وبعض طرز القمح القاسي السورية (شام$_3$، شام$_5$، أكساد$_{65}$) والطرز الليبية (بركة، كريم) للإجهاد الحلولي باستعمال سكر بولي إيثلين جلايكول$_{6000}$ عند مستوى البادرة الفتية باستعمال تقانة الغربلة المخبرية السريعة، بالاعتماد على تقانة الاستجابة للتحريض الحلولي، ودراسة أهمية التحريض في تحسين تحمل البادرات للمستويات المميتة من الإجهاد الحلولي. بيّنت النتائج أنَّ المستوى الحلولي (-1.6Mpa) هو المستوى المميت الأمثل، والمستوى (-0.4Mpa) هو المستوى المحرِّض الأمثل، وقد لُوحظ أنَّ نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات كانت الأدنى معنوياً في البادرات المُحرَّضة، في حين كانت الأعلى معنوياً لدى البادرات غير

المُحرَّضة التي نُقلت مباشرةً إلى المستوى الحلولي المميت، ما يُشير إلى أهمية التحريض في تحسين كفاءة البادرات على تحمّل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي. وقد صُنّفت الأصناف المدروسة استناداً إلى استجابتها للإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية إلى أربع مجموعات تتضمن المجموعة الأولى أصناف القمح الطري شام6، وشام4، ودوما2 كأصناف عالية التحمل للإجهاد الحلولي، لأنَّها أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور والبادرات، في حين تضمنت المجموعة الثانية صنف القمح الطري صفيت1 وأصناف القمح القاسي بركة، وكريم كأصناف عالية الحساسية للإجهاد الحلولي. وتضمنت المجموعة الثالثة صنف القمح القاسي أكساد65، وصنفي القمح الطري بحوث208، وصفيت7 كأصنافٍ متوسطة التحمل، وتضمنت المجموعة الرابعة الأصناف شام3، وشام5، والمختار كأصنافٍ متوسطة الحساسية للإجهاد الحلولي استناداً إلى نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات (التومي، 2012).

أظهرت نتائج تجربة مخبرية أُقيمت بهدف تقييم استجابة بعض أنماط الشعير للإجهاد الحلولي Osmotic stress عند مستوى البادرة الفتية باستعمال تقانة الغربلة المخبرية السريعة، بالاعتماد على تقانة الاستجابة للتحريض الحلولي، ودراسة أهمية التحريض في تحسين تحمل البادرات للمستويات المميتة من الإجهاد الحلولي وزيادة كفاءة بادرات الشعير على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي. لوحظ أنَّ متوسط طول الجذور والبادرات كان الأعلى معنوياً في البادرات المحرَّضة بالمقارنة مع البادرات غير المحرضة، ما يُشير إلى أهمية التحريض في تحسين كفاءة البادرات على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي (التمو، 2013).

ثانياً- كفاءة استعمال المياه Water Use Efficiency (WUE):

غالباً ما تستخدم الطريقة الوزنية لتقدير قيمة كفاءة استعمال المياه بهدف انتخاب الطرز التي تتسم بقيم مرتفعة لكفاءة استعمال المياه، نظراً لأهمية هذه الصفة في تحسن تحمل الإجهاد المائي مع المحافظة على طاقة المحصول الإنتاجية، وتنفذ هذه التجارب عادة في أصص زراعية كبيرة أكثر من

18 – 20 كغ (Al-ouda, 1999). تتحدد غلة المحصول تحت ظروف الزراعة المطرية بكمية المياه المتوافرة والمنتوحة من قبل النباتات، وكفاءة تحويل المياه المنتوحة إلى كتلة حية Biomass، أو ما يُعرف اصطلاحاً بكفاءة استعمال المياه Water Use Efficiency (WUE)، وهي تُعد صفةً مهمةً جداً كمعيار انتخاب لتحسين الغلة من البذور تحت ظروف الجفاف (Rebetzke *et al.*, 2002, Condon and Richard, 1992)، ودليل الحصاد Harvest index (Passioura, 1983) في ظل التغيرات المناخية المتمثلة بتراجع معدل الهطول المطري السنوي أصبح من الضروري العمل على اختيار نظام الزراعة الملائم لإنتاج محاصيل متكيفة بشكلٍ أكبر للتغيرات البيئية، وذات متطلبات محدودة للمياه أو أكثر كفاءة في استعمال المياه (Brown and Funk, 2008; Cominelli *et al*,. 2009).

يُمكن أن تحقق النباتات كفاءةً عاليةً في استعمال المياه من خلال زيادة معدل التمثيل الضوئي Assimilation rate (A`)، أو من خلال تقليل معدل فقد المياه بالنتح Transpiration (T) أو كلاهما معاً (Farquhar *et al.*, 1982). وتؤدي عملية تحسين كفاءة استعمال المياه في المحاصيل الزراعية إلى زيادة إنتاجية المياه Water productivity، وزيادة كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور (Parry *et al*., 2005). ويُمكن أن تزداد كفاءة استعمال المياه من خلال زيادة كفاءة النتح Transpiration efficiency (T_E)، التي تُعرّف بأنَّها كمية المادة الجافة Dry matter الكلية المُصنَّعة لكل وحدة واحدة من كمية المياه المنتوحة على مستوى النبات الكامل، وتُحسب عند مستوى الورقة الواحدة من خلال النسبة بين معدل التمثيل الضوئي (A`)، والناقلية المسامية stomatal conductance(g_s)، أي (A/ g_s) (Condon *et al*., 2002).

وبما أنَّ تركيز CO_2 الداخلي Intercellular CO_2 Concentration (C_i) يتحدد بكلٍ من معدل التمثيل الضوئي Assimilation rate (A`) (معدل استهلاك$CO_2$)، والناقلية المسامية ($g_s$)، لذلك فإنَّ نسبة (A`)إلى (g_s) تُعد بمنزلة مرآة جيدة لقيمة كفاءة استعمال المياه (WUE). وبالرغم

من حقيقة أنَّ ازدياد الناقلية المسامية يؤدي إلى زيادة معدل انتشار CO_2، إلاَّ أنَّه يؤدي بالمقابل إلى زيادة معدل فقد المياه بالنتح Transpiration (T)، ما يؤدي إلى تقليل كفاءة استعمال المياه، ويمكن القول: إنّه عند أي مستوى من الناقلية المسامية (معدل النتح) فإنَّ زيادة معدل التمثيل الضوئي نتيجة زيادة كفاءة خلايا النسيج المتوسط Mesophyll cell efficiency (g_m) ستقلل من P_i، وبالتالي ستكون قيمة كفاءة استعمال المياه أعلى (Farquhar *et al*., 1989)، لذلك فإنَّ التباين في P_i ومن ثمَّ WUE يتحدد بكلٍ من الناقلية المسامية (g_s) وكفاءة خلايا النسيج المتوسط التمثيلية (g_m).

يؤدي اختلال التوازن بين كمية المياه الممتصة (أقل) وكمية المياه المنتوحة (أكبر) إلى تراجع جهد الامتلاء Turgor potential (Ψ_p) داخل خلايا الأوراق النباتية، ما يؤدي إلى تعرضها للعجز المائي Water deficit فتظهر على النباتات أعراض الذبول (Roger, 2004). وعادةً ما تعمد النباتات عند تعرضها إلى فتراتٍ قصيرة أو طويلة من الجفاف إلى تقليل الناقلية المسامية (g_s) Stomatal conductance، أو إغلاق المسامات بشكلٍ كامل للحد من فقد الماء بالنتح أثناء عملية التبادل الغازي عبر المسامات بهدف المحافظة على محتوى الأوراق المائي، وتقليل معدل استهلاك مياه التربة بما يضمن المحافظة على محتوى التربة المائي لأطول فترةٍ ممكنة، وإتاحة الماء للنباتات خلال مختلف مراحل النمو، وخاصةً المراحل الحرجة من حياة النبات. ولكن يؤثر بالمقابل انغلاق المسامات Stomatal closure سلباً في امتصاص العناصر المعدنية المغذية Nutrients، وفي معدل الانتشار الصافي لغاز الفحم (CO_2)، مما يسبب تراجعاً في معدل تثبيت الكربون CO_2- fixation rate وتصنيع وتجميع المادة الجافة Dry matter accumulation (Jones, 1998). ويؤثر الجفاف سلباً بدرجةٍ أكبر في معدل نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب بالمقارنة مع معدل تصنيع المركبات العضوية ، بالإضافة إلى تعطيل التأثير المبرد لعملية النتح Cooling effect ومن ثم المحافظة على استدامة اخضرار الأوراق Stay green.

يُقلل بالمقابل تراجع الناقلية المسامية من معدل انتثار الفحم عبر المسامات الأمر الذي يؤثر سلباً في معدل التمثيل الضوئي، وتصنيع المادة الجافة (Araus *et al.*, 2007). وتبعاً لذلك، في الأنواع التي تتحدد فيها قيمة كفاءة استعمال المياه (WUE) بالناقلية المسامية، عادةً ما يكون معدل فقد المياه بالنتح في وحدة المساحة الورقية منخفضاً، وكذلك فإنَّ معدل صافي التمثيل الضوئي Net rate assimilation (NAR) يكون منخفضاً، بسبب وجود علاقة ارتباط موجبة بين معدل النتح الكلي، وكمية المادة الجافة الكلية Total dry matter، وبالتالي فإنَّ الانتخاب لقيم مرتفعة لصفة كفاءة استعمال المياه في مثل تلك الطرز الوراثية سيؤدي إلى الحصول على إنتاجية متدنية في الغلتين البذرية والحيوية. ويؤدي الانتخاب لقيم مرتفعة لصفة كفاءة استعمال المياه في الأنماط الوراثية الكفوءة Capacity types، التي تتحدد فيها قيمة WUE بكفاءة خلايا النسيج المتوسط التمثيلية، إلى إنتاج أنماط وراثية ذات معدلات نمو عالية، ومستوياتٍ مرتفعة من الغلتين البذرية والحيوية. عادةً، تعمد النباتات تحت ظروف الاجهاد المائي إلى آلية الانغلاق الجزئي للمسامات للحدِّ من فقد المياه، ما يؤدي إلى تراجع تركيز CO_2 الداخلي (C_i)، وتثبيط نشاط أنزيم (ribulose 1, 5–bisphosphate carboxylase/oxygenase)، وأنزيم (ATP–synthase)، ما يؤدي إلى انخفاض معدل صافي التمثيل الضوئي تحت ظروف الجفاف (Dulais *et al.*, 2006).

عموماً، تُستخدم التغيرات الشكلية والفسيولوجية استجابةً للإجهاد المائي في تحديد الصفات المرتبطة بتحسين تحمل الجفاف مع المحافظة على الكفاءة الانتاجية، وفي إنتاج أصناف جديدة ذات طاقة إنتاجية أعلى تحت ظروف الإجهاد المائي (Nam *et al.*, 2001)، وتشمل هذه التغيرات تراجع محتوى الماء النسبي reduction of water content (RWC)، والجهد المائي water potential (Ψ_w)، وتراجع ضغط الامتلاء، وإغلاق المسامات ما يؤدي إلى تراجع معدل نمو النبات والتأثير السلبي في عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis، والتنفس Respiration (R)، ودليل استقرار

الغشاء الخلوي Membrane Stability Index (MSI)، (Jaleel *et al*., 2008)، ومعدل التمثيل الضوئي Assimilation rate (A)، وكفاءة استعمال المياه، والنتح Transpiration (T) وهو ما لُوحظ في نبات الفول Faba (*Visia faba* L.) (Ahmed *et al*., 2002).

يمكن تحسين كفاءة استعمال المياه من خلال زيادة كفاءة النتح في الأنماط الوراثية، وذلك عن طريق تقليل نسبة الماء المفقود بالتبخر – نتح Evapo-transpiration (T_E)عن طريق تخفيض قيمة الفرق في ضغط بخار الماء Vapor pressure difference (VPD) بين الأجزاء الهوائية للنبات والوسط المحيط، أو باعتماد الممارسات الزراعية التي تُقلّل فقد المياه من التربة بالتبخر Evaporation (E). مثل، التبكير بالزراعة، حيث تُعد الزراعة المبكرة مفيدة لأنَّها تقلل من فقد المياه عن طريق التربة، من خلال زيادة طول موسم النمو، والاستفادة من مخزون التربة المائي والأمطار الهاطلة ... إلخ، وبالتالي زيادة الغلة الاقتصادية النهائية، وكفاءة استعمال مياه الأمطار (Riffkin *et al*.,2003; Asseng *et al*., 2001*a*)، حيث أنّ التبكير في الزراعة يساعد في تغطية سطح التربة، ويحد من فقد المياه بالتبخر المباشر من سطح التربة Evaporation، ويزيد من كمية المياه المتاحة لنباتات المحصول، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة استعمال المياه، وبالتالي غلة المحصول من البذور، مع الانتباه لعدم تعرض النباتات لخطر الصقيع خلال مرحلة الإزهار (Eastham and Gregory, 2000)، كما أنّ النبات قد يتعرض للجفاف خلال فترة امتلاء البذور نتيجة زيادة المسطح الورقي وزيادة استعمال المياه خلال المراحل الأولى من النمو لغاية فترة الإزهار، الأمر الذي يؤثر سلباً في امتلاء البذور والغلة النهائية (Riffkin *et al*., 2003). كما يُساعد ضبط استعمال الأسمدة المعدنية، من خلال تقليل معدّل التسميد الآزوتي، وزيادة معدل الأسمدة الفوسفورية، حيث يُسهم ذلك في تقليل معّدل النمو الخضري، وزيادة معدل نمو الجذور، ومن ثمَّ زيادة نسبة الأجزاء الأرضية إلى الأجزاء الهوائية، ما يؤدي إلى زيادة غلة المحصول، وزيادة كفاءة استعمال المياه (WUE) (Asseng *et al*., 2001).

عموماً، يعمد النبات لمقاومة ظروف نقص الماء إلى إحدى الطريقتين التاليتين إمّا الهروب من الجفاف Drought escape: التي تعرف بقدرة النبات على إكمال دورة حياته سريعاً وذلك عن طريق تقصير المراحل الفينولوجية للنبات (Laing and Fischer, 1977)، أو من خلال تجنب الجفاف Drought avoidance بالمحافظة على جهد مائي عالٍ للأوراق (Levitt, 1972;1980) وعليه يمكن تمييز نوعين من استجابات المحاصيل البقولية للإجهاد المائي: تجنب الجفاف Drought avoidance عبر كفاءة تنظيم الناقلية المسامية، وتحمل الجفاف Drought tolerance عن طريق آلية التعديل الحلولي Osmotic adjustment (Chaves *et al*., 2002 ؛ Vadez *et al*., 2008). تمتلك بعض البقوليات مثل الفول Faba (*Visia faba* L.)، اللوبيا Cowpea (*Vigna unguiculata* L.)، والترمس Lupine (*Lupinus*) القدرة على الحفاظ على محتوى مائي عالٍ في الأوراق، وتجنب جفاف الأنسجة في حالة التعرض للإجهاد المائي الخفيف الشدة عن طريق تقليل الناقلية المسامية (Campos *et al*., 1999 ؛ Pinheiro and Chaves., 2000)، حيث عادةً، ما تستجيب المسامات للتبدلات في العلاقات المائية بالانغلاق، وبما أنّ المسامات هي المعابر التي يدخل من خلالها غاز الفحم إلى داخل الأوراق، فإنّ إغلاق المسامات Stomatal closure يؤدي إلى انخفاض في تركيز CO_2 الداخلي، الأمر الذي يحدّ من عملية التمثيل الضوئي، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة Dry matter الكلية المُصنَّعة والمتاحة لنمو أجزاء النبات المختلفة وتطورها وانتاجيتها (Chapin, 1991).

عموماً، تعتمد استجابة المحصول للإجهاد المائي على النوع المحصولي Crop species، وتتحدد كمية الغلة بكمية المياه التي يمكن أنْ تُفقد عن طريق النبات أثناء عملية التبادل الغازي وهذا ما يسمى اصطلاحاً بكفاءة النتح Transpiration efficiency (كفاءة استعمال المياه). لذلك تتحدد إنتاجية المياه Water productivity بكمية المياه المستهلكة من قبل النبات بفضل عملية النتح Transpiration نسبةً إلى كمية المياه الكلية المتاحة للنبات.

بيّنت نتائج تجربة تقييم أداء أنماط وراثية من الشعير بالاعتماد على صفة كفاءة استعمال المياه بالطريقة الوزنية، أنّ متوسط كمية المياه المنتوحة التراكمية كانت الأعلى معنوياً لدى الصنف أكساد176، والأصول البرية عمان، والسويداء، ودرعا (4.42، 4.06، 3.95، 3.87 كغ. أصيص$^{-1}$ على التوالي)، وكان متوسط كمية المادة الجافة الكلية الأعلى معنوياً لدى الصنف أكساد176، والأصول البرية عمان، والسويداء، ودرعا. وكان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى السلالة أكساد1420، والصنف أكساد60 (2.67، 2.15غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، ولُوحِظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وكمية المادة الجافة وعلاقة ارتباط عكسية معنوية بين معدّل فقد المياه بالنتح وكفاءة استعمال المياه (التمو، 2013)، وفي تجربة لتقييم صنفين من الشعير (أكساد176، Rum)، بالإضافة إلى صنف محلي لصفة كفاءة استعمال المياه تحت ظروف الزراعة المائية Hydroponic conditions، بيّنت النتائج أنَّ كفاءة استعمال المياه كانت الأعلى معنوياً لدى الصنف المحلي بالمقارنة مع الصنفين أكساد176، وRum (1.48، 1.76، 1.87م^3. طن $^{-1}$ على التوالي) (Al-Karaki and Al-Momani, 2011).

أُجريت تجربة أصص زراعية لدراسة تأثير حجم الوعاء في مختلف الصفات المتعلقة بالتمثيل الضوئي لنباتات محصول فول الصويا Soybean (*Glycine max L.*) وأظهرت النتائج زيادة نشاط أنزيم Rubisco ونسبة البروتين الكلي في الأوراق، أيّ زيادة معدل التمثيل الضوئي. ولُوحظ انخفاض في محتوى النشاء وزيادة في معدل نمو النبات، وقد تبيّن وجود علاقة سلبية بين محتوى الورقة من النشاء ومعدل التمثيل الضوئي، حيث أنّ تراكم النشاء في الورقة يقلل من معدل انتشار CO_2 داخل الورقة (Minobu Kasai *et al.*, 2012). وفي دراسة تناولت استعمال المياه وكفاءة استعمال المياه على الحمص والعدس في ثلاثة تجارب أُجريت على مدى 12 موسماً من عام 1986 إلى 1998 في شمال سورية، وُجِد أنَّ أكثر العوامل المحددة لغلة البذور من الحمص والعدس وكفاءة استعمال المياه

تحت ظروف الزراعة المطرية هو كمية الهطول المطري وطبيعة توزيعها، حيث أدت التقلبات الموسمية الكبيرة في الطقس والمناخ إلى تراجع كفاءة استعمال المياه ومعدل فقد الماء بالتبخر نتح، وبالتالي إنتاجية هذه المحاصيل البقولية (Zhang *et al.*, 2000).

معدل صافي التمَّثيل الضوئي Net Assimilation Rate (NAR)، ومعدل نمو المحصول Crop Growth Rate (CGR):

من المعروف أنَّ نمو النبات يتحدد بكمية الأشعة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة، التي تتوقف بدورها على مساحة المسطح الورقي الأخضر، كما يتحدد أيضاً نمو النبات بكمية نواتج التمثيل الضوئي المُصنَّعة، وتتحدد الأخيرة بكفاءة استعمال الضوء Radiation Use Efficiency (RUE)، أو كفاءة النبات في تحويل الطاقة الضوئية الممتصة إلى طاقة كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المُصنّعة (السكريات) (Smith *et al.*, 1988).

أبدت بعض الطرز الوراثية من العدس والجلبان Lathyrus (*Lathyrus sativus*) في دراسة أُجريت في الهند تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد المائي(خفيف، معتدل، وشديد) انخفاضاً ملحوظاً في معدل صافي التمثيل الضوئي Net Photosynthetic Rate في كلا المحصولين مع زيادة فترة الإجهاد المائي، ولكن كانت نسبة الانخفاض أكبر في العدس بالمقارنة مع الجلبان (Dibyendu, 2013).

بيّنت نتائج تقييم أداء أربعة وعشرون طرازاً وراثياً من القمح، تحت ظروف الزراعة المطرية في محافظة السويداء، تراجعاً في معدل صافي التمثيل الضوئي، ومعدل نمو المحصول. وقد أبدت الطرز الوراثية تبايناً معنوياً في هاتين الصفتين استجابةً لظروف شح المياه، حيث كان معدل نمو المحصول معنوياً أعلى لدى الطرز شهباء، وحوراني أيوبية، ورزي (0.0675، 0.0675،0.0645 غ. أسبوع$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان متوسط معدل نمو المحصول معنوياً أدنى لدى السلالة أقباش (0.0203غ. أسبوع$^{-1}$). وكانت نسبة الانخفاض في معدل صافي التمثيل الضوئي الأعلى

معنوياً لدى الطرز أقباش وحوراني-B، وسوادي وكحلاء هدباء (76.81، 61.99، 59.30، 57.54 % على التوالي)، في حين كانت الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية قوقو، ورزي، ومسكلاوي، وحماري عادي (12.84، 18.61، 21.49، 22.68 % على التوالي). ولُوحظ أنَّ ظروف الإجهاد المائي دفعت النباتات إلى إنهاء دورة حياتها بشكلٍ مبكر للهروب من الجفاف خلال المراحل المتقدمة من حياتها (جنود، 2007).

صفات الجذور Root traits:

تتمتع البقوليات بميزةٍ فريدةٍ بين كل المحاصيل المزروعة في قدرتها على مواجهة التغيرات المناخية التي يتعرض لها الإنتاج الزراعي، وذلك بسبب قدرتها على تثبيت الآزوت الجوي/N/ Atmospheric nitrogen fixation من خلال البكتريا المتعايشة على الجذور (الرايزوبيا) (Lodeiro *et al*., 2000 ؛ Antolin *et al*., 1995 ؛ Nôsberger *et al*. 2000)، وبيّنت العديد من الأبحاث أنّ التباين الوراثي بين أنواع تلك البكتريا قد تكون هي المسؤولة عن الاختلاف في مدى المقاومة والاستجابة لظروف الإجهاد المائي (Smith *et al*., 1988؛ De Vries *et al*., 1989).

عادةً، يقل في المناطق شبه الجافة من منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط خلال مواسم الجفاف محتوى التربة المائي Water Content(WC) في الطبقة السطحية بشكلٍ كبير، ويصل أحياناً إلى أقل من 1%، وهي قريبة جداً من نقطة الذبول الدائم (Munodawafa, 2012 ؛ Padilla and Pugnaire, 2007 ؛Larcher, 1995)، وتُعد القدرة على تطوير مجموع جذريّ متعمق ومتشعب ذات دور كبير في تحسين تحمل الجفاف، وتمتلك صفة طول الجذور أهمية خاصة في اختيار الأصناف الأكثر تحملاً للجفاف في برامج التربية والتحسين االوراثي (Tuner, 1997; Abd Allah *et al*., 2010). عموماً، تتكيف نباتات البيئات الجافة وشبه الجافة مع ظروف نقص

المياه من خلال زيادة قدرتها على تحمل الجفاف، وزيادة كفاءة استعمال المياه (WUE)، عبر استخدام آلية تجنب الجفاف وذلك بتوجيه كميةٍ أكبر من نواتج التمثيل الضوئي إلى المجموع الجذري، فتزداد بذلك سرعة ووتيرة نموه (Dwyer and Stewart, 1985) للوصول إلى طبقات التربة العميقة الرطبة، حيث يؤدي الجفاف إلى تشجيع تشكل واستطالة الجذور الجانبية (Jupp and Newman, 1987)، حيث لُوحظ أنّ أصناف من فول الصويا الحديثة تمتلك قدرة أكبر على تحمل الإجهاد المائي باستخدامها لآلية تجنب الجفاف، والذي عُزي إلى التحسين الوراثي في المجموع الجذري (Boyer *et al.*, 1980).

أظهرت العديد من البحوث أهمية تعمق المجموع الجذري للوصول إلى طبقات التربة العميقة تحت ظروف الإجهاد المائي (Ludlow and Muchow, 1990; Saxena and Johansen, 1990; Turner *et al*., 2001). وبيّنت دراسات أجراها (Turner *et al*., 2001) على المحاصيل البقولية أنّ لكثافة النظام الجذري دوراً كبيراً في امتصاص الماء من الطبقات السطحية، بينما كان لطول الجذور الدور الأكبر في امتصاص الماء من الطبقات العميقة للتربة، ما أسهم في المحافظة على ثباتية الغلة تحت ظروف الجفاف (Mambani and Lal, 1983)، وأشارت العديد من الدراسات إلى أهمية وجود مجموع جذري متعمق ومتشعب في تحقيق عائد/غلة أعلى لدى كل من محصول الفول (Habib *et al*., 2007)، وفول الصويا (Sadok and Sinclair, 2001)، والحمص (Varshney *et al*., 2011).

عموماً، إنّ الدراسات المتاحة حول المجموع الجذري غير كافية مقارنةً بالمعلومات المتوافرة حول المجموع الهوائي، ويعود ذلك لصعوبة أخذ القياسات وتقديرها ضمن ظروف الزراعة الحقلية (Kashiwagi *et al*., 2006)، (Richards, 2008). وتتميز الطريقة الوزنية بالقدرة على تجاوز تلك الصعوبات والعوائق التي تحد من عملية قياس الجذور، حيث تسمح بمعرفة كمية المياه التي

يحتاجها كل نبات وقياس كفاءة استعمال المياه، وتقدير كفاءة الجذور على اختراق التربة للوصول إلى الرطوبة في الطبقات العميقة (Cairns *et al*., 2004; Nhan *et al*., 2006; Acuna *et al*., 2007).

أُجريت دراسة على عشرة أصناف مختلفة من محصول العدس لتحديد الاختلافات في الصفات الوراثية للجذور، الذي ينمو في كثير من الأحيان في الترب الفقيرة في العديد من البلدان النامية، والتي تحوي بشكلٍ عام على نسبةٍ ضئيلةٍ من العناصر المغذية وحتى عدم تواجدها أحياناً وقد تمّ تقييم عدداً من صفات الجذور: (طول الجذور root length (RL)، الشعيرات الجذرية Root hair، حموضة الجذور بفعل أنزيمات الفوسفاتيز، وعلاقتها بامتصاص العناصر المعدنية (K, Ca, P, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo and Co)، وقد لُوحِظ من النتائج وجود علاقة ارتباط بين كلٍ من حجم المجموع الجذري في العدس، والقدرة على تشكيل الجذور بالمقدرة على امتصاص المواد الغذائية من التربة، إضافةً إلى دور كثافة الشعيرات الجذرية وغزارتها، ولم تُظهر الدراسة اختلاف في نشاط أنزيمات ريزوسفير فوسفاتيز، ما يدل على أنّ الاختلاف الملحوظ في امتصاص الفوسفور في الأصناف قد لا يكون راجعاً إلى كمية الفوسفور العضوية المتوافرة في التربة (Sarker *et al*., 2005).

أُجريت تجربة أصص زراعية على عشر طرز وراثية من العدس في بنغلادش بهدف تحسين إنتاجية العدس في البيئات الفقيرة بالمواد الغذائية، حيث أظهرت النتائج إمكانية إنتاج أصناف وتراكيب وراثية من العدس متفوقة ومتحملة للجفاف بالاعتماد على الصفات الشكلية للجذور مثل، طول الجذور، وعدد الشعيرات الجذرية، وتثبيت الآزوت الجوي، والأحماض العضوية، وفطر الـ mycorrhizae، وتقييم دورها في امتصاص العناصر الغذائية والحفاظ على الإنتاجية في الترب الفقيرة بالمغذيات، وبيّنت أنّه يمكن للمجموع الجذري الأطول أن يكون الأفضل في تحسين قدرة النبات

على امتصاص الرطوبة والعناصر الغذائية المهمة من التربة، وأكدت الدراسة أنَّ المعلومات حول التنوع الوراثي في حجم الجذور وما إذا كان لهذا التنوع في طول جذر العدس صلة أساسية بامتصاص المواد الغذائية من التربة بدائية حتى أنها نادرة (Tara Singh Gahoonia *et al*., 2006).

تُعد زيادة طول الجذور، وكثافتها Density، وكتلتها الحية، من الصفات التكيفية الأولية لتجنب الجفاف وتسمح هذه الآلية باستخلاص Extraction كميةٍ أكبر من المياه في طبقات التربة العميقة تحت ظروف الإجهاد المائي كالنظام الجذري لدى الذرة البيضاء sorghum (*Sorgum vulgare*)، والحمص chickpea (*Cicer arietinum*. L)، (Serraj *et al*., 2004; Mahajan and Tuteja 2005; Kashiwagi *et al*., 2006; Kashiwagi *et al*. 2008; Khan, *et al.*, 2009). أظهرت نتائج تجربة لتقييم تحمل محصول الفول لظروف شح المياه تبايناً وراثياً وتراجعاً في صفة نسبة الوزن الجاف للمجموع الهوائي إلى المجموع الجذري، والناقلية المسامية، وزادت درجة حرارة الأوراق، وكفاءة النتح، ومحتوى الماء النسبي (Habib ur Rahman Khan *et al*,. 2007).

وفي تجربة بيوت زجاجية أُجريت على عشرين صنفاً من محصول الحمص لدراسة صفات الجذور وعلاقتها بالأجزاء الهوائية تمت دراسة كل من أطوال الجذور (RL)، وعدد الجذور الجانبية Number of lateral roots (NLR)، ومساحة الجذور Root area (RA)، ونسبة الوزن الجاف للجذور (RDW) إلى حجم الجذور Root Volume (RV)، ونسبة المساحة الورقية Leaf Area (LA) إلى مساحة الجذور (RA) ولُوحظ وجود اختلافات بين صفات الجذور خلال كلٍ من مرحلة البادرة Seedling stage، ومرحلة الإزهار Flowering، وتشكل القرون، وامتلاء البذور، ووجد ارتباط كبير بين كلٍ من طول الجذور ومساحة الجذور وبين طول الجذور وحجمها، وأيضاً بين طول الجذور وعدد الجذور الجانبية Number of Lateral Roots (NLR)، وكان هناك ارتباط بين الوزن الجاف للجذور وحجمها خلال مرحلتي الإزهار وامتلاء القرون. ولُوحظ أنّ إجراء القياس

والانتخاب يكون أفضل خلال مرحلة الإنبات، حيث أنّ قياس صفات الجذور أسهل (Ganjeali *et al.*, 2007).

ثالثاً- تأثير الإجهاد المائي في نمو النباتات وتطورها تحت ظروف الزراعة الحقلية:

عموماً، تُستعمل المياه في قطاع الزراعة لأغراض السقاية Irrigation، لتأمين كامل الاحتياجات المائية لنباتات المحصول المزروع، لذلك لابدّ من ري نباتات المحصول خلال كامل مراحل النمو بما يضمن الحصول على غلة اقتصادية أكبر، وري مساحاتٍ زراعية أكبر، ولكن أصبحت عملية الري مكلفة خاصةً في ظل ارتفاع أسعار الوقود، والتراجع في منسوب المياه الجوفيّ، إضافةً إلى اتباع طرق الري التقليدية التي تفتقد إلى الكفاءة (الري بالغمر) والتغيرات المناخية العالمية (Taylor and Penner, 1994). وانطلاقاً مما تقدم، انبثقت ضرورة ترشيد استهلاك المياه وتحسين كفاءة استعمال المياه (WUE)، وزيادة إنتاجية المياه Water productivity المتاحة بكمياتٍ محدودة.

تُعد المراحل الأولى من حياة النبات الأكثر تطلباً للرطوبة، كما تعتبر مرحلة الإزهار وتشكل الأجزاء الثمرية أكثر المراحل حساسية لنقص الماء، ويؤدي نقص المياه خلال هاتين المرحلتين إلى تراجع غلة المحصول وذلك بسبب انخفاض نسبة الإنبات، وارتفاع نسبة الأزهار المجهضة Aborted flowers والقرون الصغيرة المتساقطة، حيث يتحدد عدد الأزهار الخصبة المتشكلة ومن ثمّ عدد الثمار المتطورة بشكلٍ كامل بحجم المصدر (كمية نواتج التمثيل الضوئي المصنّعة)، وكفاءة النبات في تسخير كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي Partitioning efficiency خلال مرحلة النمو الثمري، بالإضافة إلى كفاءة النبات في نقل Translocation efficiency نواتج التمثيل الضوئي من المصدر Source إلى المصب Sink، ويتحدد الأخير بكمية المياه المتاحة خلال المراحل الحرجة من حياة النبات.

بشكلٍ عام، يُشكل مخزون المياه في التربة عقبةً رئيسةً أمام إنتاج المحاصيل البقولية وبشكلٍ خاص لكلٍ من محصولي الحمص والعدس اللذين يزرعان في مناخ بيئة البحر الأبيض المتوسط، ويعد الإجهاد المائي أحد أهم العوامل اللاأحيائية التي تؤثر اقتصادياً في الإنتاج العالمي الزراعي لهما (Araus *et al*., 2002; Boyer, 1982). يعمد مربو النبات إلى تحسين الغلة من البذور عن طريق الانتخاب لصفاتٍ ثانوية مرتبطة بتحمل الجفاف، كالصفات الشكلية والفسيولوجية المرتبطة وراثياً بالغلة البذرية، مثل الهندسة الورقية وزيادة نسبة المجموعة الجذرية إلى المجموعة الهوائية Root/Shoot ratio (Price *et al*., 2002)، وكفاءة استعمال المياه، والمحافظة على استدامة اخضرار الأوراق Stay green (Reynolds *et al*., 2005). ومن الصفات الأُخرى التي تمتلك درجة توريث عالية ومرتبطة وراثياً بتحسين التحمل للإجهاد المائي، الناقلية المسامية (g_s) (Rebetzke *et al*., 2003) والقدرة على التعديل الحلولي (Moinuddin *et al*., 2005)، ومحتوى الماء النسبي في الورقة (Schonfeld *et al*., 1988).

ومع التوقعات في زيادة عدد سكان العالم بنسبة 40% بحلول عام 2050، يواجه القطاع الزراعي تحدياً قوياً لزيادة الإنتاج الغذائي بنسبة 70%، وقد تصل إلى 100% (Price and Howitt, 2014)، ويتفاقم هذا التحدي جرّاء المنافسة الشديدة على الأراضي والمياه من قبل قطاع الصناعة والاستعمالات المنزلية (Postel, 2000). إنَّ اشتداد حدّة هذه المنافسة دفعت إلى امتداد الأراضي الزراعية باتجاه المناطق الهامشية، حيث غالباً ما تقيد محدودية إتاحة المياه من إنتاجية المحاصيل، إلى جانب التقلب الكبير والمستمر للأحوال الجوية من عامٍ إلى أخر في هذه المناطق، كل هذه المتغيرات وفي ظل نظم الزراعة البعلية سيكون لها تأثيراً كبيراً في الأمن الغذائي، فعلى سبيل المثال، يختلف العائد من محصول الفول السوداني في الهند بين 550 و 1100 كغ. هكتار$^{-1}$ ويعود ذلك أساساً إلى التقلبات في هطول الأمطار السنوي (Reddy *et al*., 1993).

يُسبب العجز المائي Water deficit آثاراً سلبية على مستوى الخلية، تتمثل بتخريب البروتينات Denaturation of proteins، تهدم الأغشية السيتوبلاسمية Distruption of memberance integrity، تراكم جذور الأوكسجين الحرة النشطة Accumulation of reactive Oxygen species (ROS)، والتغير في تركيز الذائبات Changes in solute concentration، ما يؤدي إلى التراجع في ضغط الامتلاء Turger pressure والذي ينعكس بدوره سلباً على الغلة الحيوية مثل تقصير عدد أيام كل مرحلة تطورية، وتراجع في معدل النمو، والنشاط التمثيلي، وتغير في معدَّل تصنيع الذائبات العضوية التوافقية، ما يؤدي إلى انخفاض الغلة النهائية (Mahajan and Tutejia 2005; Farooq *et al*, 2009). يؤدي الجفاف إلى تراجع الغلة بنحو يصل حتى 50% وذلك حسب النوع المحصولي المزروع، والمرحلة من نمو المحصول (Wood، 2005). فمثلاً يُعد محصول الذرة الصفراء، والرز من المحاصيل الحساسّة جداً للإجهاد المائي، حيث يصل التراجع في الغلة إلى نحو 80%، وحتى في اللوبياء Cowpea التي تُعد من المحاصيل المتحملة للجفاف قد يصل نقص الغلة عند تعريضها لظروف نقص المياه إلى قرابة 50% (Sangakkara, 2001).

عموماً، لا يعرف إلا القليل عن الخصائص الشكلية والفسيولوجية والبيوكيميائية حول محصول العدس التي تشرح أسباب العائد المنخفض من العدس في منطقة آسيا تحت ظروف الزراعة المطرية (Dutta and Mondal, 1998; Samad *et al*., 2007; Mondal *et al*., 2012)، وقد وُجِد من الأبحاث السابقة أنّ الغلة في محصول العدس تعتمد بشكلٍ أساسي على بعض الصفات الفيزيولوجية ومن أهم هذه الصفات الفيزيولوجية المدروسة دليل المساحة الورقية LAI، ومعدل نمو المحصول CGR، ومعدل التمثيل الضوئي NAR. ولُوحظ أنّ النباتات ذات معدل التمثيل الضوئي المرتفع، التي تمتلك دليل مساحة ورقية مناسب أعطت غلة حيوية عالية (Mondal *et al*., 2012). ووجد أنّ أعلى تراكم للمادة الجافة كان عندما وصل دليل مساحة الورقة إلى قيمته العظمى في أقصر وقتٍ ممكن (Mondal *et al*., 2011).

1- تأثير الإجهاد المائي في الصفات الشكلية Marphological traits:

يتحرك الماء الى الأعلى من الجذر إلى الأوراق مع المواد الغذائية من أملاح ذائبة وسكريات عبر الممر الرئيس الساق (ارتفاع النبات) وتختلف سرعة صعود الماء الى الأعلى باختلاف الصنف، فصل النمو، والظروف البيئية المحيطة، وتأتي أهمية دراسة هذه الصفة في عمليات التربية لتحسين أصناف العدس التي ينخفض فيها ارتفاع النبات تحت ظروف الإجهاد المائي، لأهميته في زيادة الكتلة الحية الكلية عند النضج كمصدر علفي مهم (التبن الأحمر) إلى جانب الغلة من البذور كما يمكن استعمال مخزونات الساق في امتلاء البذور، حيث أنَّ المادة الجافة المخزونة في الساق في وقت الإزهار يُمكن أن تُسهم في امتلاء البذور تحت ظروف الجفاف، لأنَّ عملية نقل نواتج التمثيل الضوئي من الساق إلى البذور أكثر تحملاً للجفاف من عملية نقل نواتج التمثيل الضوئي من الأوراق إلى البذور (Reynolds *et al.*, 2005)، الأمر الذي يُسهم في زيادة الغلة الكلية (Shearman *et al.*, 2005).

في دراسةٍ لتقييم أداء بعض طرز القمح القاسي والطري السورية والليبية، وذلك لموسمين زراعيين متتاليين تحت ظروف الزراعتين البعلية والمروية. بيّنت النتائج أنَّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (79.86 سم) بالمقارنة مع الزراعة المطرية (66.61 سم)، وكان متوسط ارتفاع النبات الأعلى معنوياً لدى الأصناف شام5، وصفيت7، وأكساد65 (89.00، 86.77، 85.18 سم على التوالي) خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً. (التومي، 2012).

أُجريت دراسة بهدف تقييم استجابة بعض أنماط الشعير لظروف الإجهاد المائي تحت ظروف الزراعة الحقلية على مدى موسمين 2010/2009 و2011/2010، ولُوحظ وجود تباين وراثي معنوي في استجابة الطرز الوراثية المدروسة لظروف الإجهاد المائي، حيث كان أداء الطرز الوراثية خلال الموسم الزراعي الثاني (الأكثر هطولاً: 327.9 مم. سنة-1) أفضل بالمقارنة مع الموسم الزراعي

الأول (الأقل هطولاً: 299.3 مم. سنة−1). ولُوحظ أنَّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً لدى الأصول البرية الحسكة، ودرعا، والسويداء (132.56، 124.25، 122.83 سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الأصناف أكساد60، وأكساد176 (96.06، 99.61 سم على التوالي). (التمو، 2013).

نُفِذت دراسة حقلية في محطة بحوث حوط_السويداء، لتقييم استجابة أربعة أصناف من فول الصويا (Sb_{44}، Sb_{49}، Sb_{314}، Sb_{273}) لظروف الإجهاد المائي المطبق خلال مراحل النمو المختلفة من حياة المحصول، ولوحظ تراجع متوسط ارتفاع النبات عند تعريض النباتات للإجهاد المائي وخاصةً خلال مرحلة الإزهار، ومن ثمّ مرحلة النمو الخضري الثانية والأولى وكان متوسط ارتفاع النبات الأعلى معنوياً لدى نباتات الصنفين Sb_{314} وSb_{273} وبدون فروقات معنوية بينهما (44.24 ، 43.24 سم على التوالي) بالمقارنة مع باقي الأصناف. وعُزِيت كفاءة الأصناف في المحافظة على متوسط ارتفاع النبات ضمن الحدود المثلى تحت ظروف الجفاف إمّا إلى التباين في كفاءتها في المحافظة على جهد الامتلاء من خلال امتصاص كمية أكبر من الماء بفضل امتلاك مجموع جذري متعمق ومتشعب، أو امتلاك آلية التعديل الحلولي، أو من خلال ضبط الناقلية المسامية والحد من فقد الماء بالتبخر النتح، أو نتيجة التباين في الفواقد النتحية الناجمة بشكلٍ رئيس عن التباين في حجم المسطح الورقي الأخضر المعّرض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس (عيسى، 2009).

أُجريت تجربة على عدة طرز من محصول العدس في إيران بهدف تقييم تأثير إجهاد الجفاف في الصفات الزراعية الشكلية، وبينت النتائج عند تعرض النباتات للإجهاد تراجعاً في كلٍ من وزن القرون في النبات، والغلة البذرية Seed yield، وعدد القرون في النبات (54%، 45.3%، 42.2% على التوالي)، وكانت علاقات الارتباط موجبة ومعنوية بين العائد البيولوجي، عدد القرون في النبات، وزن القرون في النبات ودليل الحصاد مع غلة البذور. وكانت أعلى قيم لقابلية التوريث للغلة ووزن القرون وعدد القرون (Rahim *et al.*, 2016).

وفي دراسة أُجريت على 16 طرازاً من محصول العدس في إيران تحت ظروف الإجهاد المائي، خلال الموسمين 2009/2008 و2010/2009، بيّنت النتائج وجود تبايناً وراثياً وتراجعاً في صفة ارتفاع النبات تحت ظروف الجفاف (Moslem Abchpur *et al*., 2011). وتأثر عدد الأفرع الأولية والثانوية في محصول العدس بكلٍ من النمط الوراثي، والكثافة النباتية والظروف البيئية، وأظهرت نتائج تجربة أجريت في الهند لتقييم الصفات المورفوفسيولوجية والبيوكيميائية لنوعين من البقوليات، العدس (*Lens culinaris* Medik)، والجلبان (*Lathyrus sativus* L.)، تحت تأثير مستوياتٍ مختلفة من الإجهاد المائي (خفيف، معتدل، وشديد) تراجعاً في عدد الأفرع عند تعرض نباتات العدس للإجهاد المائي بشكلٍ أكبر بالمقارنة مع الجلبان (Dibyendu, 2013).

يُعبّر مؤشر دليل المساحة الورقية عن درجة توريق المحصول، أيّ مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمّثيل الضوئي في وحدة المساحة من الأرض(م^2) (Watson، 1947). حيث تتناسب كمية الطاقة الضوئية الممتصة، والمادة الجافة المصنّعة طرداً مع زيادة دليل المساحة الورقية (LAI) حتى حدٍ معين. وقد أثبتت الدراسات وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين المساحة الورقية Leaf Area (LA)، وكفاءة النبات التمثيلية Assimilation rate (A`)، ما يُشير إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر واستدامة اخضرار الأوراق تحت ظروف العجز المائي للمحافظة على كفاءة النبات التمثيلية (Stockman *et al*., 1983). ولكن لا تُفضل بشكلٍ دائم الأنماط الوراثية التي تُشكل الجزء الأكبر من دليل المساحة الورقية خلال المراحل المبكرة من حياة النبات، حيث قد يؤدي ذلك إلى زيادة مساحة المسطح الورقي القابل للنتح، ما يؤدي إلى استهلاك كمياتٍ كبيرة من المياه المتاحة بشكلٍ محدود في التربة، وإلى استنفاد محتوى التربة المائي خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات (الإزهار، وامتلاء البذور)، والفشل في إعطاء غلة من البذور جيدة، حيث الماء هو الناقل الوحيد لنواتج عملية التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب.

تؤدي زيادة الكتلة الحية عند النضج إلى زيادة حجم المصدر Source size خلال مرحلة الطلب الأعظمي على نواتج التمثيل الضوئي (Reynolds *et al.*, 2004)، حيث يؤدي ذلك إلى زيادة كمية الطاقة الضوئية الممتصة، فتزداد بذلك كفاءة النبات التمثيلية، ومن ثمَّ كمية المادة الجافة المصنّعة والمتاحة خلال تلك المرحلة الحرجة من دورة حياة المحصول.

يؤدي تراجع محتوى التربة المائي نتيجة قلَّة معدل الهطول المطري وارتفاع معدل فقد الماء بالتبخر– النتح Evapo-transpiration إلى تراجع فرق التدرج في الجهد المائي بين حبيبات التربة وخلايا المجموعة الجذرية، ما يؤدي إلى تراجع معدل امتصاص الماء، حيث يُعد فرق التدرج في الجهد المائي بمنزلة القوة المحركة لانتقال الماء، فتصبح تبعاً لذلك كمية المياه الممتصة عن طريق المجموعة الجذرية غير كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح، ويتراجع جهد الامتلاء (Ψ_p) داخل خلايا الأوراق، ما يؤثر سلباً في معدل نمو الأوراق، نظراً لأهمية جهد الامتلاء في دفع جدران خلايا الأوراق على الاستطالة (Cossgrove, 1989). سيما أنَّ صفة استطالة خلايا الأوراق تُعد من أكثر الصفات الفسيولوجية حساسيةً لظروف الإجهاد المائي (Chaves *et al.*, 2003). ويُعد ذلك مهماً من الناحية التكيفية لأهميته في الحد من فقد الماء بالنتح. وتبعاً لذلك يُعد تراجع نمو الأوراق تحت ظروف شحّ المياه من الاستجابات التكيفية التي تقلل من مساحة المسطح الأخضر المعرَّض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، ما يقلل من معدل فقد الماء بالنتح، ويُساعد في المحافظة على محتوى التربة المائي لفترةٍ زمنيةٍ أطول، الأمر الذي يُمَكِّنْ النبات من إتمام دورة حياته (Blum, 1988; Passioura *et al.*, 1993).

بيّنت نتائج تجربة تقييم أداء بعض التراكيب الوراثية (أصول برية، وسلالات محلية، وأصناف) من الشعير تحت ظروف الزراعة المطرية، في منطقتين متباينتين بيئياً في محافظتي درعا والسويداء. أنَّ متوسط مساحة الورقة العلمية وما دون العلمية وحجم المسطح الورقي الأخضر كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الأصول البرية بالمقارنة مع الأصناف والسلالات المحلية. وقد لُوحظ وجود توافق في

كفاءة الطرز الوراثية في تشكيل مساحة ورقة علمية وما دون ورقة علمية. وكان متوسط دليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً لدى السلالة السويداء$_1$ (0.48)، في حين أبدى الأصل البري عمان$_1$ معنوياً أدنى دليل مساحة ورقية (0.049) (التمو، 2007).

أُجريت دراسة على أربعة أصناف من فول الصويا لتقييم استجابتها لظروف الإجهاد المائي المطبق خلال مراحل النمو المختلفة، وبينت النتائج أنَّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى النباتات غير المجهدة مائياً، وعُزي تراجع دليل المساحة الورقية لدى جميع نباتات الأصناف خلال مرحلة النمو الخضري النشط إلى تراجع محتوى التربة المائي، ما أثر سلباً في معدل استطالة خلايا الأوراق، بسبب تراجع جهد الامتلاء الضروري لدفع جدران الخلايا النباتية على الاستطالة. ويُعزى تفوق الصنف Sb_{49} في متوسط المساحة الورقية ودليل المساحة الورقية إلى كفاءته في المحافظة على مرونة جدران الخلايا واستطالة الأوراق تحت ظروف الزراعتين المروية والبعلية بالمقارنة مع باقي الأصناف المدروسة (عيسى، 2009). أكدّ Hebblethwaite (1982)، و Zain (1984) أنّ نمو محصول العدس والعائد العالي من الغلة ارتبط ايجابياً مع صفة طول فترة نموالمساحة الورقية (LAD)، وقد تبيّن أيضاً أن الإجهاد المائي أدّى إلى انخفاض في معدل ظهور الأوراق في الفول (Farah, 1981)، وانخفاض عدد الأوراق ودليل المساحة الورقية في العدس (Saxena and Hawtin, 1981).

2- تأثير الإجهاد المائي في الصفات الفيزيولوجية

تُساعد عملية المحافظة على مستويات مرتفعة من محتوى الماء النسبي (جهد الامتلاء) في الأوراق (LRWC%) تحت ظروف الإجهاد المائي على استمرار استطالة خلايا الأوراق، ومن ثمَّ استمرار نمو الأوراق، حيث يُعَد جهد الامتلاء (ψ_p) بمنزلة القوة الفيزيائية التي تدفع جدر الخلايا النباتية على الاستطالة (Bressan *et al.*,1990)، وتُساعد أيضاً عملية المحافظة على ميزان العلاقات المائية داخل خلايا أوراق النباتات في استمرار انفتاح المسامات، ومن ثمَّ استمرار تفعيل

التأثير المبرِّد لعملية فقد المياه بالنتح Transpirational cooling، ما يُسهِم في المحافظة على درجة حرارة الأوراق ضمن المُعَدل الطبيعي، في حين أنَّ النباتات التي تفشل تحت ظروف الجفاف في امتصاص كميةٍ من المياه تكفي لتعويض الماء المفقود بالنتح، فإنَّها ستلجأ إلى تقليل الناقلية المسامية(gs) للحدّ من معدل فقد المياه بالنتح، ويمكن أن تنغلق المسامات بشكلٍ كامل، ما يؤدي إلى توقف عملية فقد المياه بالنتح وتعطيل التأثير المبرد لعملية النتح، ما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأوراق بشكلٍ تدريجي، وحدوث التحميل الحراري الزائد Heat overloading، الأمر الذي يؤدي إلى احتراق الأوراق، وزيادة نسبة شيخوختها، وتراجع كفاءة استعمال المياه وكفاءة النبات التمثيلية (العودة وزملاؤه، 2015).

عادةً، تستجيب المسامات عند تعرض النباتات للإجهاد المائي بانغلاقها، نتيجة تراجع الجهد المائي، وتتوقف درجة حساسية المسامات على النوع النباتي، لا سيما وأنّ المسامات Stomata هي الممر/المعبر الذي يدخل من خلالها غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 إلى الأوراق، وتُعد قدرة النبات على تبريد الأجزاء الهوائية، والحيلولة دون ارتفاع درجة حرارة الأوراق من أهم الصفات الفيزيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف عبر الحد من فقد الماء بالتبخر– النتح من خلال المسامات عن طريق إغلاقها، لضمان تأمين كمية كافية من الماء خلال المراحل التطورية الحرجة من حياة النبات، مثل مرحلة الإزهار والعقد Setting، وخلال مرحلة امتلاء البذور، وذلك لما للماء من أهميةٍ في نقل نواتج التمثيل الضوئي إلى البذور. تُعد صفتي تراجع الناقلية المسامية، والمحافظة على درجة حرارة الورقة كصفتين فعَّالتين في عملية الانتخاب لتحمل الإجهاد المائي في الترمس Lupin (James *et al* ., 2008a) والعديد من البقوليات كالعدس (Shrestha *et al*., 2006)، والفول Faba bean (Khan *et al*., 2007)، والعديد من الأنواع البقولية الأُخرى (Cruz de Carvalho *et al*., 1998).

في دراسة هدفت إلى تقييم استجابة مدخلات مختلفة من الترمس (Lupinus mutabilis Sweet ؛ Lupinus albo-coccineus Hort) لظروف الإجهاد المائي، أظهرت أنَّ بعض

الأصناف من الترمس قادرة على تجنب الجفاف من خلال بعض الصفات المسامية Stomatal traits مثل تقليل الناقلية المسامية (g_s)، وتراجع الجهد المائي، وبعض صفات الجذور مثل، زيادة طولها، ووزنها الجاف، بينما كان بعضها الآخر قادر على تحمل الجفاف من خلال تراكم المواد الفعالة في آلية التعديل الحلولي Accumulation of osmotically active substances (Clara Lizarazo *et al*,. 2010).

يُعبر مؤشر محتوى الماء النسبي في الأوراق (LRWC%) في الأوراق عن كفاءة النباتات في المحافظة على جهد الامتلاء داخل خلايا الأوراق الضروري لاستطالتها، ويُستعمل بشكلٍ غير مباشر للدلالة عن حجم المجموعة الجذرية، أو القدرة على التعديل الحلولي حيث تُساعد هاتين الآليتين في استخلاص وامتصاص كمية أكبر من الماء من التربة لتعويض الماء المفقود بالنتح، ما يُساعد في المحافظة على محتوى الأوراق المائي (Reynolds *et al*., 2005). ويُعد محتوى الماء النسبي في الأوراق المؤشر المناسب الذي يعكس حالة النبات المائية (Sinclair and Ludlow, 1985). حيث بيّنت التجارب وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين المقدرة على التعديل الحلولي، ومحتوى الماء النسبي في الأوراق تحت ظروف الإجهاد المائي (Subbarao *et al*., 2000).

بيّنت نتائج تجربة أُجريت في الهند بهدف تقييم استجابة نوعين من البقوليات، العدس والجلبان، تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد المائي(خفيف، معتدل، وشديد) انخفاضاً كبيراً لدى كلا النوعين في محتوى الماء النسبي (Dibyendu، 2013)، وأظهرت نتائج تجربة أجريت في محطة حوط في السويداء على أربعة أصناف من فول الصويا التأثير السلبي في معدَّل استطالة خلايا الأوراق بسبب تراجع جهد الامتلاء الضروري لدفع جدران الخلايا النباتية على الاستطالة وانخفاض محتوى الماء النسبي خلال مرحلة تشكل القرون بشكلٍ كبير (عيسى، 2009).

عادةً، يحدث الإجهاد المائي عندما يتراجع محتوى التربة المائي، وتعجز معه الجذور من امتصاص كميةٍ من الماء كافية لتلبية الفواقد النتحية Transpiration losses من الأوراق

(Batchelor, 1998). ويسبب الإجهاد المائي تراجعاً في معدل التمثيل الضوئي Assimilation rate بدرجاتٍ متفاوتة لدى جميع الأنواع المحصولية (Larcher, 1995; Chves *et al.*, 2002). ويعزى التراجع في معدل التمثيل الضوئي Photosynthetic rate تحت ظروف الإجهاد المائي إلى انغلاق المسامات Stomatal closure نتيجة تراجع جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، الأمر الذي يؤثر سلباً في معدل صافي انتشار الكربون CO_2-diffusion rate (Santos *et al.*, 2004, 2006). ويؤدي تراجع الناقلية المسامية (g_s) إلى تقليل تركيز غاز الفحم (CO_2) في مراكز التثبيت ضمن الصانعة الخضراء (Ci)، ما يؤثر سلباً في معدل تثبيت الكربون CO_2 fixation rate، ومن ثمَّ تراجع في معدّل تصنيع المادة الجافة (Jones, 1998; Cornic, 2000; Chaves *et al.*, 2002)، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع معدل نمو نباتات المحصول وتطورها وإنتاجيتها.

3- تأثير الإجهاد المائي في الصفات البيوكيمائية

3-1- آلية التعديل الحلولي ومحتوى الأوراق من البرولين Osmotic adjustment and Proline content: تُساعد آلية التعديل الحلولي في الحفاظ على محتوىً عالٍ من الماء النسبي في الورقة (LRWC%) تحت ظروف انخفاض الجهد المائي للورقة Leaf water potential (LWP)، وذلك من خلال الحفاظ على حالة الامتلاء ضمن الخلايا النباتية، وبالتالي العمليات الضرورية لاستمرار نمو النبات، وإعطاء غلة بذور جيدة تحت ظروف الإجهاد المائي المتوسط والشديد (Ali *et al*., 1999).

تُعد آلية التعديل الحلولي من أهم آليات تحمل الجفاف، وذلك عن طريق خفض الجهد الحلولي Solute potential (ψ_s) من خلال زيادة تركيز الذائبات، والمحافظة على حالة الامتلاء داخل الخلايا واستمرار العمليات الحيوية (Amede *et al*., 2003). وقد وُجِد أنّ آلية التعديل الحلولي أقل حدّة من حيث الآثار السلبية على الإنتاجية مقارنة بآلية تجنب الجفاف (Tuner *et al*.,

1986). حيث أنّ الذائبات المُصنَّعة تتكون في معظمها من المواد العضوية (السكريات والسكريات الكحولية والأحماض الأمينية، وخاصةً البرولين)، التي تُسهم في خفض الجهد الحلولي (Chaves *et al.*, 2003)، تسمح هذه الآلية للجذور باستمرار امتصاص المياه عند انخفاض الجهد المائي في التربة (Subbarao *et al.*, 2000) والحفاظ على امتلاء الخلايا ومحتوى النبات المائي (ضغط الامتلاء)، التي لُوحظت كسمة مهمة للعديد من البقوليات مثل الحمص، واللوبيا، والفاصولياء، والبسلة (Sinclair *et al.*, 1986 ؛ Amede *et al.*, 2003). عموماً، تُعد القدرة على التعديل الحلولي Osmotic adjustment (Moinuddin *et al.*, 2005)، والمحافظة على محتوى الماء النسبي في الورقة من الصفات الفيزيولوجية المرتبطة وراثياً بتحسين التحمل للإجهاد المائي وتمتلك درجة توريث عالية (Schonfeld *et al.*, 1988). إنّ انخفاض الجهد الحلولي في التربة يجعل من الضروري الحفاظ على ضغط حلولي أقل داخل الخلايا النباتية، وإلاَّ فإنَّ النباتات قد تواجه الجفاف الحلولي، لأنّ الماء سوف يتحرك من داخل الخلية إلى خارجها ما يؤدي إلى تراجع جهد الامتلاء وإغلاق المسامات للحد من النتح، وبالتالي تراجع عملية التمثيل الضوئي (Ashraf 1994, Agnihotri *et al.* 2007).

تُعَد آلية التعديل الحلولي من الآليات الأساسية الفيزيولوجية المرتبطة بدرجة التحمل للجفاف وتعود أهمية التنظيم الحلولي إلى كُونه يُساعد في العمليات الفيزيولوجية المختلفة ومنها استمرارية استطالة الخلايا وتنظيم عملية انفتاح المسامات وانغلاقها وبالتالي استمرار عملية التمثيل الضوئي، ومن الظواهر التأقلمية المعروفة في بعض النباتات التي تتعرض للإجهاد المائي، وقد لُوحظ تراكم البرولين لأول مرة في أنسجة النباتات الذابلة عام 1954م أثناء تجارب أُجريت على حشائش الشوفان، حيث وُجِدَ[أنَّ البرولين قد تراكم في الأنسجة الذابلة بكمياتٍ تفوق ما يمكن أن يكون ناتجاً عن التحلل البروتيني. ويُعد مصدر البرولين المتراكم أثناء الجفاف هو عملية التخليق من الحمض

الأمينـي الجلوتاميك (Glutamate)، أو قد ترجـع جزئياً إلى نقص أكسدتة نظراً لنقص نشاط الأنزيم المحفز لأكسدته، وهو(Proline dehydrogenase)، (Rayapati and Stewart ،1991).

يتضح من الأبحاث الكثيرة السابقة أهمية البرولين ودوره في تنظيم العلاقات المائية، حيث يعمل تراكم البرولين أثناء تعرض النبات للإجهاد كمادة مخفّضة للجهد الحلولي خاصةً في سيتوبلازم الخلية. ويُعد البرولين من الذائبات العضوية التوافقية Compatible organic solutes، التي تتراكم في سيتوبلازم الخلية النباتية (Serraj and Sinclair, 2002)، حيث يُؤدي دوراً مهماً في النباتات بخفض قيمة الجهد المائي داخلها، وتوليد تدرج في الجهد المائي بين الخلايا النباتية والوسط المحيط (التربة)، ما يسمح بانتقال الماء من التربة إلى داخل النبات (Bohnert and Jensen, 1996).

يتراكم البرولين بشكلٍ طبيعي تحت ظروف الإجهاد، ويختلف تركيزه حسب النوع النباتي ومقدرته على تحمّل الإجهاد، حيث يزداد تركيزه في الأنواع النباتية المتحملة للإجهاد بالمقارنة مع الأنواع الحسّاسة (Ozturk and Demir, 2002; Hsu *et al*., 2003; Kavi Kishore *et al*., 2005). ومن أهم الوظائف التي يؤديها تفاعله مع بروتينات الأغشية السيتوبلاسمية والمحافظة على تركيب وسلامة أغشية الخلية السيتوبلاسمية (Martinez *et al*., 2004)، إضافةً إلى دوره في الحد من الضرر الحاصل في عملية التمثيل الضوئي من خلال تقليل إنتاج جذر السوبر أوكسيد الحر $O_2^{\cdot -}$ في غشاء Thylakoid (Reddy *et al*., 2004).

يُعد البرولين واحداً من الذائبات العضوية المهمة التي تحافظ على محتوى الماء تحت ظروف الإجهادات البيئية في النباتات وله دور في تحقيق استقرار الغشاء السيتوبلاسمي (Kavi Kishor *et al.,* 2005)، حيث يتراكم في النباتات كوسيلة لتحسين تحمل الإجهاد، وهو ما يُسمى بالتعديل الحلولي حيث يعمل على المحافظة على امتلاء الخلية ويزيل الجذور الحرة (Ercan، 2008).

وجد الباحثون (Deora *et al.*,2001) تراكم لحمض البرولين في أوراق القمح المعرضة لإجهاد الجفاف بالمقارنة مع المروية وأرجعوا ذلك الى أنّ البرولين المتراكم يعتبر نوع من أنواع تحمل النبات للجفاف. كما بينّت الدراسات التي عُرِّض فيها نبات فول الصويا لإجهاد الجفاف تراكمُ مستويات مرتفعة من البرولين وحمض الأبسيسك، حيث وجد (Jakab *et al.*, 2005) أنّ تحمل إجهاد الجفاف يعتمد على تراكم حمض الأبسيسك (ABA) وهو دليل على أهمية حمض الأبسيسك في زيادة تراكم الأحماض الأمينية الحرة وخاصةً البرولين. ووجد Andy وLarry (2005) زيادةً في الأحماض الأمينية الحرة في أنسجة نبات فول الصويا عند نقص ماء التربة، كما بينَّت الدراسات التي عرِضّ فيها نبات الشعير لظروف نقص ماء التربة أنّ الحمض الأميني برولين كان الوحيد من بين الأحماض الأمينية الأُخرى التي تمَّ الكشف عنها والموجودة بصفةٍ دائمة وبكمياتٍ كبيرة في كل أعضاء النبات.

اقترح كل من (Barnett and Naylor، 1966)، و (Stewart *et al.*, 1966) أنَّ البرولين يعمل كمركب تخزين للطاقة والنيتروجين سهل الاستعمال الذي يمكن الاستفادة منه في تسريع وتيرة استعادة النمو بعد زوال الإجهاد، وفي دراسة أُجريت على نباتات البتونيا Petuniae hybridaeالحساسّة لإجهاد الجفاف فقد وجد عند نقل أنزيم AtP5CS and OsP5CS genes حدوث تراكم لحمض البرولين تحت إجهاد الجفاف وصل إلى 60% من محتوى الأحماض الأمينية الكلي دون أن تظهر عليها أيَّة أعراض للإجهاد، واستنتج من ذلك أنَّه يمكن إنتاج أصناف من البيتونيا تتحمل الجفاف من خلال إستعمال AtP5CS and OsP5CS genes وهو ما يُفسر دور البرولين المتراكم كمركب قوي في مقاومة الجفاف (Yoshiba, 2005).

أُجريت دراسة لمعرفة تأثير الإجهاد المائي في المحتوى من البرولين، والتمثيل الضوئي، والنتح، والناقلية المسامية، والصفات الإنتاجية لثلاثة أصناف من الحمص خلال مراحل النمو الخضري والإزهار، ووجد ازدياد معدل تراكم البرولين تحت ظروف الإجهاد المائي، وانخفاض الغلة

من البذور (Mafakheri *et al.*, 2010). تلجأ النباتات لتحمل الإجهاد خفيف الشدة إلى تصنيع وتجميع الذائبات العضوية التوافقية، ويؤدي البرولين دوراً مهماً في آليات التكيف لتحمل الجفاف (Verbruggen and Hermans, 2008)، حيث يُعد واحداً من أهمها فقد لوحظ ارتفاع محتوى البرولين تحت ظروف إجهاد الجفاف في نبات البازلاء (Sanchez *et al.*, 1998; Alexieva *et al.*, 2001).

أُجريت تجربة في الهند لتقييم الصفات المورفو- فسيولوجية والبيوكيميائية لنوعين من البقوليات العدس والجلبان تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد المائي (خفيف، معتدل، وشديد) التي غالباً ما تُعاني من ظروف الجفاف أثناء المراحل الحرجة من النمو، وأظهرت النتائج بالمقارنة مع الشاهد تأثر الصفات الشكلية والإنتاجية وانخفاض الغلة البذرية بشكلٍ ملحوظ في كلا المحصولين مع زيادة فترة الإجهاد المائي، ولكن كانت نسبة الانخفاض أكبر في العدس مقارنةً مع الجلبان، وانخفض بشكلٍ كبير في كلا النوعين محتوى الماء النسبي (RWC)، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل (a)، و(b) وتراجعت كلاً من الناقلية المسامية، ومعدل صافي التمثيل الضوئي في ظلّ شحّ المياه، وارتفع مستوى البرولين في المحصولين، ولكن لُوحظ انخفاض الأخير بشكل ملحوظ في العقد الجذرية Nodules في العدس وبقي دون تغيير في الجلبان (Dibyendu, 2013).

في دراسة أجراها Turner وزملاؤه (1996) بينَّت أنَّ العدس يُعد من المحاصيل المتحملة للجفاف من خلال آلية التعديل الحلولي التي تُعد من أهم وسائل زيادة القدرة على تحمل الجفاف عن طريق خفض الجهد الحلولي من خلال تصنيع وتجميع الذائبات والمحافظة على ضغط الامتلاء، ما يسمح باستمرار استطالة الخلايا وإبقاء المسامات مفتوحة وبالتالي استمرار عملية التمثيل الضوئي وإنتاج المادة الجافة، وتُعد السكريات والأحماض الأمينية وخاصةً البرولين من أهم الذائبات العضوية (Morgan, 1984).

3-2- سلامة الأغشية الخلوية Membrane integrity: يُعد الغشاء السيتوبلاسمي بمثابة الجسر الذي يربط داخل الخلية مع خارجها، وتتغير نفاذية الأغشية باختلاف الخلية النباتية وعمرها والظروف البيئية (الإجهادات) وتُحسب سلامة الأغشية الخلوية Membrane integrity استناداً إلى نسبة الذائبات المتسربة (Leopold, 1981).

تُعد عملية التعديل الحلولي مهمة في حماية الأغشية السيتوبلاسمية تحت ظروف الإجهاد المائي (Martinez *et al*., 2004)، بفضل تصنيع وتجميع الذائبات العضوية التوافقية في سيتوبلاسم الخلايا، والمحافظة على استمرار امتصاص الماء وحالة الامتلاء، لذلك تُعد عملية تطوير أنماط وراثية تمتاز بكفاءتها في المحافظة على استقرار الأغشية السيتوبلاسمية من أهم سبل تحسين التحمل للإجهادات اللاأحيائية المختلفة (Bandurska, 2000; Bajji *et al*., 2002).

تُعتبر عملية قياس الذائبات المتسربة من الأنسجة النباتية من الطرق المهمة في تحديد مقدار الضرر الحاصل في الأغشية السيتوبلاسمية استجابةً للإجهادات اللاأحيائية. وتُعد درجة ثبات أغشية الخلية النباتية السيتوبلاسمية أحد أهم المعايير الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف (Bandurska, 2000; Bajji *et al*., 2002)، فعادةً ما يؤدي الإجهاد المائي إلى تخريب الأغشية السيتوبلاسمية فتزيد نفاذيتها، وتفقد خاصيتها الاصطفائية ومن ثمَّ تسرب الذائبات المعدنية والعضوية المفيدة لحياة الخلية النباتية ما يؤدي إلى موتها، لذلك ترتبط حياة الخلية النباتية، ومن ثمَّ المقدرة على استعادة النمو Recovery growth بكفاءة النوع/النمط الوراثي في المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية، لذلك تُعد عملية تطوير أنماط وراثية تمتاز بكفاءتها في المحافظة على استقرار الأغشية السيتوبلاسمية من أهم سبل تحسين التحمل للإجهادات اللاأحيائية المختلفة (Vasquez-Tello، 1990)، (العودة وزملاؤه، 2015).

أظهرت نتائج دراسة لتقييم أداء بعض طرز القمح الطري السورية والليبية (شام$_6$، شام$_4$ دوما$_2$، بحوث$_{208}$، صفيت$_1$، صفيت$_7$)، وبعض طرز القمح القاسي السورية والليبية (شام$_3$، شام$_5$، أكساد$_{65}$ بركة، كريم) وذلك لموسمين زراعيين، وتحت ظروف الزراعتين البعلية والمروية. أنَّ متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق، ونسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية، كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر جفافاً بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأكثر رطوبة. وكان محتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً لدى الأصناف شام$_5$، والمختار، وشام$_3$ (91.57، 88.74، 86.80% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الصنف أكساد$_{65}$. وبيّنت التومي (2012) أنَّ نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية كانت الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً لدى الأصناف المختار، وشام$_4$ ودوما$_2$ (9.47، 9.48، 9.85% على التوالي)، في حين كانت الأعلى معنوياًخلال الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً لدى الأصناف أكساد$_{65}$، وشام$_5$، ودوما$_2$ (43.44، 42.36، 39.25 %على التوالي). تفقد الأغشية سلامتها وخاصيتها الاصطفائية كنتيجة لإزالة الماء من غشاء الخلية، وتخريب الطبقة الثنائية الدهون في الغشاء، ونزوح البروتينات من الغشاء تحت ظروف العجز المائي الشديد، وتتكمش الخلايا ويحدث الضغط الميكانيكي على الأغشية ما يؤدي إلى تعطل عملية نقل الأيونات والأنزيمات في الأغشية (Mahajan and Tuteja, 2005).

3-3- محتوى الأوراق من الكلورفيل Chlorophyll content: قدّر Hendry وزملاؤه (1987) أنّ نحو 10^4 طن من الكلوروفيل (اليخضور) يتحطم سنوياً على مستوى العالم، آخذين بعين الاعتبار تدهور الكلوروفيل الحاصل خلال فصل الخريف والتدهور الناجم من فعاليات الإنسان، والتغيرات اليومية في الأصبغة اليخضورية. عموماً، يسبب الإجهاد المائي تدهوراً في جزيئات الكلورفيل ويحدث تدهور الكلورفيل نتيجة زيادة نشاط الأنزيم المفكك لليخضور Chlorophyllase (Dubey, 1997)،

ويشمل تدهور الكلوروفيل بشكلٍ أساسي الكلوروفيل a عندما تزيد الطاقة الضوئية الممتصة من قبل الأصبغة اليخضورية عن كفاءة النبات على استخدام المركبات الغنية بالطاقة مثل NADPH، والـ ATP، عادةً، عندما يصبح النبات غير قادر على التخلص من الطاقة الضوئية الزائدة Energy disspation، غالباً ما يحدث تثبيط لعملية التمثيل الضوئي (التثبيط الضوئي Photoinhibtion)، وتبدأ الأصبغة اليخضورية بالتغيّر، وفي حال استمرت ظروف الإجهاد سيحدث تدمير لتلك الأصبغة نتيجة حدوث الأكسدة الضوئية Photo oxidation حيث يتم تحويل الطاقة من الحالة المُحرضّة الدُنيا لجزيئات الكلوروفيل إلى أكسجين جزيئي في حالته الأساسية، ما يؤدي إلى تشكيل الأوكسجين المفرد Singlet Oxygen وتشكيل جذير شاردي موجب قوي (P680+) يمتلك طاقة تأكسدية كبيرة كافية لأكسدة الكلوروفيل و β−Carotene المرتبطين مع مركز التفاعل في النظام الضوئي الثاني PSII.

من المعروف أنّ ثباتية جزيئات الكلوروفيل تتباين بشكلٍ كبير باختلاف المرحلة من عمر النبات . وكلما كانت الأوراق أكبر عمراً، كان الكلوروفيل أكثر استقراراً، ولُوحظ تراجع المحتوى من الكلوروفيل في محصول الفول بدرجةٍ أكبر في الأوراق بعمر يومين مقارنة مع الأوراق بعمر عشرة أيام خلال فترة الظلام (8 ساعات) التي تلت فترة إضاءة (16 ساعة)، ووُجِد أنّ الكلوروفيل (b) كان أكثر حساسية من الكلوروفيل (a) (Schefs, 1994).

يُعد التغير في محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية Photosynthetic pigments أحد ردود فعل النبات على الإجهاد المائي، حيث أنّ الأصبغة اليخضورية تؤدي دوراً مهماً في حصاد الضوء ويتغير محتوى الأوراق من الكلورفيل والأصبغة اليخضورية ومحتوى كل من الكلوروفيل (a)، و(b) تحت تأثير الجفاف (Farooq *et al.*, 2009)، كما تؤدي الكاروتينات دوراً أساسياً في تحمل ظروف الجفاف (Jaleel *et al.*, 2009)، ويقوم الإجهاد المائي بدور مثبّط لمحتوى الأوراق من (a)،

و(b)، ما يؤدي إلى الحد من المعقد البروتيني المسؤول عن حصاد الفوتونات الضوئية وجزيئات اليخضور المرتبطة بالنظام الضوئي II photosystem (LHCII) (Sayed, 2003) وقد بينت الأبحاث تأثير الجفاف في المحتوى من الأصبغة اليخضورية والكاروتينات وتراجعه في القطن (Mssacci, 2008) وفي نبات الحمص، حيث تمَّ تقييم تأثير الجفاف في محتوى الكلوروفيل في الأوراق، ولُوحِظ انخفاضه بشكلٍ ملحوظ (Raheleh *et al.*, 2011). عموماً، يؤدي الإجهاد المائي إلى شيخوخة الأوراق وذلك بسبب فقد الآزوت السريع وتخريب جزيئات اليخضور (Gan and Amasino, 1997) وهذا ما بيّنته نتائج دراسة على عدد من المحاصيل كالحمص Chickpea (*Cicer arietinum* L.) (Davies *et al.*, 1994)، وفول الصويا (de Souza *et al.,* 1997).

يعمل الإجهاد المائي الشديد على تثبيط عملية التمثيل الضوئي للنباتات ويؤدي إلى تراجع محتوى أوراق النباتات من جزيئات اليخضور، عن طريق التأثير في مكونات الكلوروفيل والأضرار التي تلحق بأجهزة التمثيل الضوئي نتيجة الضرر الذي يلحق بالصَّانعات الخضراء Chloroplasts (Smirnoff, 1995)، وتراجع الكفاءة في القدرة على حصاد الضوء، وبيّن Manivannan وزملاؤه (2007) أنَّ الجفاف سببّ انخفاضاً كبيراً في محتوى كلٍ من الكلوروفيل (a)، ومحتوى الكلوروفيل (b)، ومحتوى الكلوروفيل الكلي في جميع أصناف عباد الشمس Sunflower (*Helianthus annuns*) المدروسة.

أظهرت نتائج دراسة أُجريت على ثلاثة أصناف من الحمص لتقييم تأثير الإجهاد المائي خلال مراحل النمو الخضري والإزهار في محتوى الأوراق من الكلوروفيل انخفاض محتوى الأوراق من الكلوروفيل a، والكلورفيل b (Mafakheri *et al*., 2010). وبينَّت دراسة أُخرى أُجريت على العدس

والجلبان لتقييم تأثير الإجهاد المائي انخفاضاً كبيراً في محتوى كلاً من الكلوروفيل (a)، و(b) وكان التراجع في محصول العدس أكبر من الجلبان (Dibyendu, 2013).

4- تأثير الإجهاد المائي في الصفات الإنتاجية

يُعد الجفاف أحد أهم العوامل اللاأحيائية التي تسبب تراجعاً ملحوظاً في غلة المحاصيل ومعوقاً أساسياً أمام تحقيق الأمن الغذائي العالمي في ظل تزايد التعداد السكاني العالمي، فكان من الأهمية العمل على انتخاب أصناف/أنواع محصولية قادرة على تحمل الجفاف، وقادرة على إعطاء غلةٍ عاليةٍ، وذات محتوىً جيد من المواد الغذائية (Clara Lizarazo *et al.*,2010). عموماً، تعمل المحاصيل خلال دورة حياتها على تفعيل آليات لتحمل الإجهادات اللاأحيائية، حيث يُعد الجفاف من أكثر الأسباب لضياع نسبةٍ كبيرة من الغلة. ويختلف تأثير الإجهاد المائي باختلاف الفترة من مرحلة تطور النبات، ومدّة الإجهاد المائي، وشدته (Farooq *et al*, 2009).

في ظل التغيرات المناخية وزيادة طول فترات الجفاف وتكرارها أصبح من المفيد تطوير أصناف تحمل صفات مرتبطة بتحسين تحمل الجفاف مع المحافظة على ثباتية الغلة ضمن البيئات الشحيحة بالمياه، من خلال العديد من آليات التكيف في النبات لتجنب الجفاف أو الهروب منه أو تحمله، مع التركيز على الصفات الفيزيولوجية مثل الناقلية المسامية، التمييز ضد الكربون النظير، ودرجة حرارة الغطاء النباتي والتي تُعتبر صفة بديلة ودالة على معدل فقد المياه بالنتح (الناقلية المسامية)، كما تُعد زيادة معدل نمو الجذور وتعمقها في التربة للوصول إلى طبقات التربة العميقة الرطبة من الآليات المهمة لتجنب الجفاف (Idso and Idso, 1994; Clark *et al.*, 1999) .

يزيد توافر وإتاحة مياه الري من غلة العدس (Salehi *et al.*, 2008)، كما تؤدي إلى تحسين حجم البذور، وعددها، والكتلة الحيوية، ودليل الحصاد (Singh and Saxena 1990; Silim *et*

al., 1993; Khourgami *et al*., 2012)، ويعتمد نجاح زراعة المحاصيل في المناطقالجافة و شبه الجافة بشكلٍ كبير على إنبات سريع ومتجانس للبذور، إضافةً إلى قدرة البذور على الإنبات تحت ظروف الري المحدود (Arjenaki *et al*., 2011).

نُفذت دراسة حقلية في محطة بحوث حوط في محافظة السويداء، التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية، خلال الموسم الزراعي 2008 لتقييم استجابة أربعة طرز وراثية من فول الصويا لظروف الإجهاد المائي المطبق خلال مراحل النمو المختلفة من حياة المحصول، من خلال إيقاف عملية الريّ بشكلٍ كامل فقط خلال المرحلة المدروسة من حياة النبات. سبّب تعريض النباتات للإجهاد المائي، تراجعاً في متوسط قيم جميع الصفات المدروسة لدى جميع الطرز الوراثية المدروسة، حيث أدى تعريض النباتات للإجهاد المائي إلى تراجع متوسط ارتفاع النبات، وخاصةً خلال مرحلة الإزهار وسبب أيضاً الجفاف انخفاضاً معنوياً في حجم المصدر Source size، ويُعزى تراجع المساحة الورقية لدى جميع نباتات الطرز الوراثية خلال مرحلة النمو الخضري النشط إلى تراجع محتوى التربة المائي، ما أثرّ سلباً في معدل استطالة خلايا الأوراق بسبب تراجع جهد الامتلاء الضروري لدفع جدران الخلايا النباتية على الاستطالة. وكان متوسط عدد القرون وعدد البذور والغلة البذرية والغلة الحيوية في النبات الأدنى معنوياً عندما تعرَّضت نباتات مختلف الطرز الوراثية للإجهاد المائي خلال مرحلة تشكل القرون (عيسى، 2009).

أُجريت دراسة في إيران لتقييم الصفات المورفو– فسيولوجية لـ 16 طراز وراثي من محصول العدس تحت ظروف الإجهاد المائي، خلال الموسمين 2009/2008 و 2010/2009 وبينت النتائج وجود تباين وراثي في معظم الصفات المدروسة ماعدا مؤشر دليل الحصاد (HI)، وقد أظهرت كافة المؤشرات ارتباطاً إيجابياً كبير مع غلة المحصول باستثناء مساحة الورقة ، كما لُوحظت درجة أعلى من التوريث والتقدم الوراثي للغلة البيولوجية وغلة البذور، وكان للغلة البيولوجية أكبر قدرٍ من التأثير

الإيجابي المباشر على العائد من محصول البذور تلاها عدد القرون في النبات، وكان لعدد البذور في النبات، مساحة الورقة، المحتوى من الكلوروفيل، عدد الأيام إلى 50% من الإزهار، ووزن الـ 100 بذرة تحت ظروف الجفاف تأثيراً سلبياً مباشراً على المحصول (Moslem Abchpur *et al.*, 2011).

أُجريت تجربة في أردبيل، إيران بهدف تقييم استجابة أداء 12 طراز وراثي من محصول العدس تحت ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي (البعلية) وأظهرت نتائج التحليل الاختلاف بين التراكيب الوراثية لجميع الصفات التي تمت دراستها، وكان هناك علاقة ارتباط إيجابية بين غلة البذور و كل من دليل الحصاد، العائد البيولوجي، عدد القرون، وارتفاع النبات كما وجد علاقة ارتباط سلبية بين الغلة من البذور مع عدد الأيام إلى 50% من الإزهار والأيام حتى النضج (Sheahram *et.al.*, 2009) .

أُجريت تجربة في البيوت الزجاجية لتقييم تأثير الإجهاد المائي على تطور الإنتاجية لدى عدد من طرز العدس The3 Cassabغرب آسيا، Simal جنوب آسيا، والهجين ILL 7979 عُرضّت الطرز لظروف الإجهاد من بداية مرحلة عقد القرون وتمّ قياس العلاقات المائية للورقة، إجمالي إنتاج المادة الجافة، مساحة الورقة، عدد (الأزهار، القرون، والبذور) من بداية مرحلة عقد القرون podding إلى مرحلة النضج، وقد لُوحظ انخفاض في جهد الورقة المائي تحت ظروف الجفاف، ولم تظهر التراكيب الوراثية تبايناً في النمو الخضري أو الغلة من البذور تحت ظروف الري أو العجز المائي، ولكن أبدت تبايناً كبيراً في عدد القرون، والبذور، ودليل الحصاد، وارتبط حجم البذور بشكل إيجابي مع كل من معدل نمو البذور (r=0.77**) والفترة الزمنية لامتلاء البذور (r=0.45*) وسببّ الإجهاد المائي انخفاضاً في معدل ارتفاع النبات بنحو 20%، ومساحة الورقة 48%، ومجموع المادة الجافة بنحو 60% مقارنة مع النباتات المروية جيداً. كما أدى العجز المائي إلى تخفيض عدد الأزهار

35–46% وزادت نسبة البذور المجهضة Seed abortion (القرون الخالية) (Empty pods) حوالي 17–46%. ولم تُبدِ النباتات تحت ظروف الإجهاد أيّ تأثر بالنسبة للحد الأقصى لمعدل نمو البذور ومرحلة امتلاء البذور البذور، ويعود في المقام الأول تراجع وانخفاض غلة البذور إلى التراجع في عدد القرون وعدد البذور بشكلٍ أكبر من وزن البذور وحجمها (Shrestha, 2006).

قام Gan وزملاؤه (2004) في تجربة على محصول الحمص بهدف بيان تأثير الفترات القصيرة من الحرارة المرتفعة والإجهاد المائي في إنتاج القرون Pod production، وعقد البذور Seed set، وغلة محصول الحمص. ووجد أنّ النباتات التي تعرّضت لإجهاد الحرارة المرتفعة في غرف النمو (16/35°م نهار/ ليل) خلال مرحلة الإزهار، قد شكلت عدداً أقل من القرون الخصبة Fertile pods بنحو 53% على الساق الرئيس، وعدداً أقل من القرون بنحو 22% على الفروع الجانبية Branches بالمقارنة مع النباتات النامية ضمن الحرارة المناسبة (16/20°م نهار/ليل). وكان نحو 90% من القرون التي تشكلت خلال فترة إجهاد الحرارة المرتفعة عقيمة Infertile. وتراجعت غلة المحصول بنسبة 48% عندما تعرضت نباتات الحمص لإجهاد الحرارة المرتفعة خلال مرحلتي الإزهار وتطور القرون، في حين وصلت نسبة الانخفاض في الغلة نتيجة تعرض نباتات الحمص للإجهاد المائي خلال المرحلتين السابقتين نفسها إلى قرابة 15%. وعُزي ذلك إلى التأثير كلٍ من الجفاف والحرارة المرتفعة السلبي في تطور الأزهار ما أثرّ سلباً في عدد القرون المتشكلة نتيجة فشل عمليتي التلقيح Pollination والإخصاب Fertilization (انخفاض عدد البذور في القرون)، بالإضافة إلى التأثير غير المباشر لهذين الإجهادين في كفاءة النبات التمثيلية، ومن ثمّ كمية المادة الجافة المصنعّة والمتاحة لنمو أجزاء النبات الاقتصادية وتطورها.

يؤثر الجفاف بقوة على قدرة النبات على إنتاج عدد كبير من الأزهار والقرون وتشكيل البذور، وبالتالي تقليل محصول البذور إلى حدٍ كبير، على سبيل المثال، في ظل الجفاف الشديد انخفض

محصول البذور في الحمص من 42% إلى 70% جرّاء ارتفاع نسبة القرون المجهضة pod abortion (Leport *et al*., 1999, Behboudian *et al*., 2001)، وانخفض إنتاج القرون (Behboudian *et al*., 2001) وتراجع معدل امتلاء البذور (Davies *et al.,* 1999). وانخفض الجهد المائي، ولُوحظ زيادة في محتوى حمض الأبسيسك خلال مرحلة الإزهار، وتشكل القرون ما سبب إجهاض القرون (Liu *et al*. , 2004).

يتحدد وزن البذور ودرجة امتلائها، وخاصةً تحت ظروف الإجهاد المائي بحجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي (المساحة الورقية في النبات، ودليل المساحة الورقية)، بالإضافة إلى كفاءته العالية في استمرار الانفتاح الجزئي للمسامات، وتساعد هذه الصفات في زيادة كفاءة النبات التمثيلية، وكمية المادة الجافة المصنّعة والمتاحة خلال فترة امتلاء البذور وتبعاً لذلك يتوقف معدل نمو البذور وطول فترة نموها وامتلائها على كمية المادة الجافة المصنَّعة خلال فترة امتلاء البذور.

بينّت نتائج تجربة أُجريت على أربعة أصناف من فول الصويا أنّ متوسط وزن المائة بذرة كان الأدنى معنوياً في النباتات التي تعرضت للإجهاد المائي خلال مرحلة امتلاء البذور، تُشير هذه النتائج بوضوح إلى أهمية توافر الماء خلال مرحلة امتلاء البذور لزيادة متوسط وزن البذرة الواحدة، ومن ثمَّ وزن المائة البذرة، لأنَّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي من المصدر Source (الأوراق والسوق) إلى المصب (البذور) (Fricke *et al*., 2004).

يتحدد الوزن النهائي للبذور بشكلٍ رئيس بمعدل نمو البذرة وتطورها (حجم المصب) Seed size، وكفاءة النبات في توصيل كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي إلى البذور (معدل نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب)، وطول فترة امتلاء البذور، حيث يؤدي تعرض النباتات للإجهاد المائي خلال مرحلة امتلاء البذور إلى تقصير طول فترة امتلاء البذور، ما يؤثر سلباً في

درجة امتلائها ومتوسط وزنها. وهذا ما تم تأكيده خلال تجربة أجريت على أربعة أصناف من فول الصويا في محطة حوط –السويداء حيث أنّ متوسط وزن المائة بذرة كان معنوياً أقل في النباتات التي تعرضت للإجهاد المائي خلال مرحلة تطور البذور في القرون (16.73غ) بالمقارنة مع وزن المائة بذرة في النباتات التي تعرضت للإجهاد المائي خلال المراحل السابقة لتلك المرحلة (النمو الخضري، والإزهار)، ما يؤكد أهمية زيادة طول فترة نمو البذرة تحت ظروف الإجهاد المائي لزيادة حجم البذور المتشكلة ومن ثمّ كفاءتها التخزينية Storage capacity (عيسى، 2009).

إنّ الإنتاج الزراعي في جميع أنحاء العالم عرضةً لزيادة الضغوط البيئية لاسيما اللاأحيائية منها والتي تؤثر سلباً في نمو النباتات وتطورها، ما يتسبب في انخفاض غلة المحاصيل إلى أكثر من 50% (Buchanan *et al.*, 2000; Bartels and Sunkar 2005; Wu *et al.*, 2011). خاصةً في البيئات شبه الجافة حيث يُزرع العدس على نطاقٍ واسع، وفي كثير من الأحيان في ظروف غير مناسبة الأمر الذي يؤدي إلى ظهور غير منتظم للبادرات، وتراجعاً في الإنبات واسترساء البادرات، الأمر الذي ينعكس سلباً على الغلة من البذور (Mwale *et al*. 2003; Okcu *et al.*, 2005).

عموماً، يؤثر الجفاف سلباً في إنتاجية معظم المحاصيل المزروعة رباعية الكربون C_4 monocotyledons (مثال، الذرة) ووثلاثية الكربون (مثال، البقوليات)، (ثنائية الفلقة) C_3 eudicotyledons (Olesen *et al.*, 2011)، (Peterson *et al.*, 1992)، وعادةً ما تكون الإنتاجية من محاصيل البقوليات الغذائية المزروعة في بيئات المناطق القاحلة وشبه القاحلة أو المناطق الجافة مثل منطقة البحر الأبيض المتوسط (على سبيل المثال، بذور الفول والحمص والعدس)، متذبذبة أو منخفضة بسبب موجات الجفاف التي تتسم بها هذه البيئات (Karou and Oweis, 2012)، (Mafakheri *et al*., 2010) حتى في البلدان غير الجافة مثل البرازيل، حيث

تُعد كميات الهطول المطري كافية بشكلٍ عام للبقوليات (مثل فول الصويا)، فإنّها لا تزال تتعرض لظروف نقص المياه على مدى بضعة أسابيع، ما يتسبب في فقدان ملحوظ للغلة (Oya *et al.*, 2004).

تُعد عملية تطوير طرز وراثية ذات غلة عالية من وجهة نظر اقتصادية الصفة الأكثر أهمية في برامج التربية ولكنها ليست بالصفة السهلة التوريث كونها ترتبط وتتأثر بالعديد من الآليات الفسيولوجية، وخاصةً تحت ظروف الإجهاد المائي. ويمكن تحسين كفاءة الانتخاب لهذه الصفة من خلال الانتخاب غير المباشر للصفات المورفو–فيسيولوجية المرتبطة بالغلة وذات قابلية التوريث العالية، وتتحدد مكونات الغلة Yield components خلال مراحل محددة من النمو، والظروف الطبيعية السائدة التي تتعرض لها كل مرحلة، لذلك تساعد عملية تحليل قيمة كل مكون من مكونات الغلة بعد الحصاد في معرفة مدى انحراف الظروف الطبيعية خلال كل مرحلة عن المدى الطبيعي، وشدة ذلك الانحراف (الإجهاد) عموماً، تعد طول فترة امتلاء البذور من الصفات المهمة المحددة للغلة الاقتصادية لدى جميع الأنواع المحصولية (Nokes *et al.*, 1996). ويتحدد طول فترة امتلاء البذور بالعوامل الوراثية Genetic factors (Tsuji *et al.*, 1994)، وهي حساسّة أيضاً للحرارة المرتفعة والإجهاد المائي، حيث يؤدي الإجهاد المائي خلال تلك المرحلة من حياة النبات إلى تقصيرها، مما يؤثر سلباً في درجة امتلاء البذور، ومن ثمّ متوسط وزن المائة بذرة، والغلة الاقتصادية (Frederick *et al.*, 1991). ويسّرع الإجهاد المائي بشكلٍ عام من شيخوخة الأوراق Leaf senescence بسبب تسريع فقد الآزوت وجزيئات اليخضور (الكلوروفيل) من الأوراق (Gan and Amasino, 1997) في العديد من الأنواع المحصولية، مثل الحمص Chickpea (Davies *et al.*, 1994)، والذرة الصفراء Corn (Aparicio–Tejo and Boyer, 1983) وفول

الصويا Soybean (de Souza *et al.*, 1997)، وزهرة الشمس Sunflower (Whitfield *et al.*, 1989).

يُعد العدس محصول حسّاس لظروف الجفاف في ظروف الزراعة البعلية في بيئة حوض البحر الأبيض المتوسط، وفي دراسة لتحديد العوامل المؤثرة في غلة محصول العدس في ظل ظروف الزراعة البعلية وطرق الهروب من الجفاف إلى التكيف للجفاف، وتحديد الصفات المهمة في الانتخاب من أجل التكيف مع الزراعة البعلية، تمت زراعة خمسة وعشرون طرازاً من العدس تحت ظروف الزراعة المروية والبعلية خلال الموسمين 1987–1988 و 1988–1989 في شمال سورية. ووجد أنّه لدى زراعة الأصناف المبكرة كانت نسبة تغطية الأرض والكتلة الحيوية النهائية أكبر، وكانت قيمة الغلة الاقتصادية (البذور + قش) أعلى، وكمية البذور أكبر، وعُزي 49% من التباين في إنتاجية المحصول من البذور إلى التباين في موعد الإزهار، حيث كان الهروب من الجفاف كاستجابة رئيسة للجفاف، ووُجِد في المناطق المعَّرضة للجفاف الشديد أنّ الانتخاب لصفة الإزهار المبكر من الصفات المهمة، وتُعد كلاً من مرحلتي الإزهار وامتلاء البذور في ظل ظروف الزراعة المروية مسؤولة عن 62% من التباين في غلة البذور تحت ظروف الإجهاد المائي والجفاف (Silima *et al.*, 1992).

وفي تجربة قامت بها إيكاردا في تل حديا (حلب ، شمال سورية) حيث معدل الأمطار السنوي 330 مم، زرع العدس على مدى أربعة مواسم (1996–2000) زراعية في دورة زراعية بالتناوب مع القمح. تضمنت التجربة ثلاثة مواعيد زراعة (مبكر في منتصف ت1 ؛ عادي أواخر ك1 ، متأخر منتصف شباط) وأربعة مستويات من الري التكميلي (كامل، 3/1، 3/2، وبلا) أشارت النتائج إلى أنّ متوسط إنتاجية محصول العدس ازدادت مع زيادة الري التكميلي وأعطى مستوى الري التكميلي 3/2 أعلى إنتاجية مياه لكلٍ من البذور والكتلة الحيوية، وأنّ التبكير في زراعة محصول العدس أدّت إلى

زيادة إنتاج الكتلة الحية بنحو 47% على مواعيد الزراعة العادية والمتأخرة، حيث تمّ الحصول على أعلى غلة بذور عندما تمّت الزراعة في الموعد المبكر (Sarker *et al*., 2002) .

عموماً، يؤدي الإجهاد المائي خلال كل مرحلة من مراحل النمو إلى تخفيض الغلة، ولكن تختلف نسبة الانخفاض في غلة المحصول من البذور باختلاف المرحلة من حياة النبات التي تتعرض فيها النباتات للجفاف، ولُوحظ كمثال على ذلك في معظم مناطق زراعة فول الصويا في الولايات المتحدة الأمريكية أنّ مراحل النمو الأولية حتى اكتمال النمو الخضري في الأصناف محدودة النمو أكثر تحملاً للجفاف بالمقارنة مع مرحلة الإنبات ومرحلتي الإزهار، وامتلاء البذور التيُ تعد من المراحل الحرجة جداً لظروف نقص المياه Water shortage في التربة (Thomas and Russell, 2001). ولُوحظ في محصول العدس أنّ التعرض للإجهاد المائي يؤدي إلى تأخر وانخفاض إنبات البذور أو حتى منع إنبات البذور تماماً (Atak *et al*., 2006).

أظهرت نتائج دراسة أُجريت على مجموعة من الأنواع البقولية تحت ظروف الجفاف أنّ نقص المياه ارتبط إيجابياً مع انخفاض العائد، ولكنّ مدى التأثير اختلف حسب الطراز والحالة الفيزيولوجية للنبات، وبينّت الدراسة انخفاض العائد في العدس والفول السوداني، والبازلاء جرّاء التعرض للجفاف مقارنةً مع البقوليات مثل اللوبيا والحمص، ولُوحظ أنّ انخفاض الغلة كان أكبر عندما تعرَّضت البقوليات للجفاف خلال مرحلة العقد مقارنةً بمرحلة النمو الخضري (Stefani *et al*., 2015). بينّت دراسة أجراها (Blum، 2005) أنه تمّ الحصول على أعلى غلة من محصول العدس عند توافر المياه بكميةٍ كافيةٍ خلال مرحلة الإزهار وتشّكل البذور وكانت مرحلة العقد وتشكل البذور أكثر المراحل حساسية لنقص المياه.

في دراسة أُجريت على محصول العدس في سورية ولبنان وُجِد أنّ الإنتاجية تتحدد في المقام الأول بكمية مياه الأمطار، وطبيعة توزيعها، ودرجة الحرارة السائدة خلال موسم النمو وخاصةً خلال المراحل الحرجة من حياة المحصول (الإزهار، فترة امتلاء القرون). هدفت هذه الدراسة إلى تطوير أنواع متكيفة للتغيرات المناخية من معدل هطول الأمطار، ودرجة الحرارة، واستخدمت البيانات التاريخية للطقس المسجلة و العائدة لأكثر من 39 بيئة متباينة في ثلاثة مواقع في سورية ولبنان وأظهرت الدراسة أهمية كمية الأمطار الهاطلة خلال فترة امتلاء القرون في معدل الغلة النهائية للبذور، وقد أدّت درجات الحرارة المرتفعة إلى انخفاضٍ كبير في محصول القش، وتُعد درجة الحرارة الدنيا المطلقة في شهر شباط من العوامل الهامة، بالإضافة إلى إجمالي هطول الأمطار الموسمية (Sarker *et al.*, 2002).

وجد Thomas وزملاؤه (1976) أنَّ نباتات العدس التي تعاني من إجهاد مائي خفيف خلال فترة النمو الخضري قد أبدت تحملاً أكبر لظروف العجز المائي التي تعرَضت لها النباتات نفسها خلال المراحل اللاحقة من حياة المحصول، نتيجة اكتساب هذه النباتات المقدرة على التكيف Adaptation/Conditioning بفضل تطوير بعض الآليات الشكلية، أو الفسيولوجية، أو البيوكيميائية، أو حتى الجزيئية المرتبطة بتحسين كفاءة النباتات على تحمل الإجهاد المائي الشديد. ويؤدي تعرض نباتات فول الصويا إلى الإجهاد المائي خلال فترة النمو الخضري، وبداية مرحلة النمو الثمري إلى انخفاض الغلة بسبب انخفاض عدد البذور في وحدة المساحة (Korte *et al.*, 1983). ويؤدي الإجهاد المائي خلال فترة امتلاء البذور إلى تراجع معدل نمو البذور، ومن ثمَّ حجم المصب أو البذرة Sink/Seed size (de Souza *et al.*, 1997). وقد ذكر الباحثان Ziska وHall (1983) بأنَ نباتات اللوبياء تمكنت من المحافظة على غلة البذور عندما عُرِضت للإجهاد المائي خلال مرحلة النمو الخضري فقط.

تتحدد الغلة الحيوية بكمية الطاقة الضوئية الممتصة التي يتلقاها النبات، التي تتحدد بدورها بدليل المساحة الورقية، وهندسة النبات الورقية، و كفاءة النبات في استعمال الطاقة الضوئية الممتصة (Reynolds *et al*., 2004). وتُعد زيادة الكتلة الحية خلال مرحلة الطلب على نواتج التمثيل الضوئي من العوامل المهمة المحددة لحجم المصدر، ومن ثمَّ كفاءة النبات التمثيلية، وكمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة تشكل القرون وتطورها، ومرحلة الامتلاء، ما يؤدي إلى زيادة متوسط عدد البذور في وحدة المساحة، ومتوسط وزن المائة بذرة، ومن ثمَّ الغلة.

لُوحظ في تجربة تقييم أداء بعض التراكيب الوراثية من فول الصويا تحت ظروف الزراعة المطرية في محافظة السويداء أنّ تعرض النباتات للإجهاد المائي قد سبّب انخفاضاً في الغلة الحيوية بنسبة (21.29%) بالمقارنة مع الشاهد. وتباينت نسبة الانخفاض في الغلة الحيوية باختلاف الصنف، والمرحلة من حياة النبات. وكان متوسط الغلة الحيوية الأدنى معنوياً لدى النباتات التي تعرضت للإجهاد المائي خلال مرحلتي تشكّل القرون والإزهار (1793، 1821 غ.م$^{-2}$ على التوالي) بالمقارنة مع باقي مراحل النمو، وكان متوسط الغلة البيولوجية الأعلى معنوياً لدى نباتات الصنف Sb_{314} (2561 غ.م$^{-2}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الصنفين Sb_{49} وSb_{273} وبدون فروقات معنوية بينهما (2339، 2360 غ.م$^{-2}$ على التوالي)، ولكن لُوحظ أنّ نسبة الانخفاض في الغلة البيولوجية كان الأدنى معنوياً لدى الصنفين Sb_{49} وSb_{44} (9.62، 10.05% على التوالي)، ما يشير الى أهمية توافر الماء خلال المراحل الحرجة وتشكيل مجموع خضري كافٍ لتأمين كامل احتياجات مرحلة النمو الثمري من المادة الجافة (وجود توازن بين المصدر والمصب)، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدل نمو النباتات خلال المراحل اللاحقة من حياة النبات وخاصةً في حال توافر متطلبات النمو الأساسية (الماء). (عيسى، 2009).

يتأثر معامل الحصاد بحجم الأجزاء الثمرية (قوة المصب) والتي تمثل حجم وعدد الثمار كما يتأثر أيضاً بمعدل وطول فترة توزيع نواتج التمثيل الضوئي بين الأجزاء المختلفة من النبات مما يُشير إلى أهمية توافر المياه خلال كامل مراحل النمو لزيادة قيمة دليل الحصاد وذلك من خلال تشكيل كتلة حية أكبر وغلة اقتصادية أعلى (العودة، 2005).

يُعزى تدني قيم دليل الحصاد في نباتات الصويا في تجربة لتقييم تأثير الإجهاد المائي خلال مراحل الإزهار وتشكل القرون وتطور البذور فيها إلى تراجع عدد القرون المتشكلة في النبات وعدد البذور في النبات ووزن المائة بذرة ما يؤدي إلى تراجع غلة البذور بدرجةٍ أكبر من التراجع الحاصل في كتلة أجزاء النبات الهوائية، في حين يُلاحظ أنّ تعرض النبات للإجهاد المائي خلال مرحلة امتلاء البذور لا يؤثر بشكلٍ كبير في قيمة دليل الحصاد، بسبب عدم تأثر كلٍ من عدد القرون والبذور في النبات الأمر الذي يساعد النبات في تعويض التراجع الذي يمكن أن يحصل في وزن المائة بذرة، ما يقلل من التأثير الضار للإجهاد المائي في غلة البذور. ويُعزى أيضاً ارتفاع قيم دليل الحصاد في النباتات التي تعرضت للإجهاد المائي فقط خلال مرحلة النمو الخضري إلى تأثير الإجهاد المائي فقط في معدل نمو الأجزاء الهوائية وتطورها دون أن يؤثر ذلك بشكلٍ كبير في مرحلة النمو الثمري. ويعود التباين الوراثي بين الأصناف في دليل الحصاد إلى التباين في كفاءة الأصناف في المحافظة على المكونات المحددة لغلة المحصول الاقتصادية. ولوحظ أنّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً لدى الصنف Sb_{49} لأنه تفوق على باقي الأصناف في متوسط عدد القرون في النبات ومتوسط وزن المائة بذرة ووزن البذور في وحدة المساحة، بالإضافة إلى كفاءته في تشكيل عدد أكبر من البذور في النبات، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة غلة البذور في وحدة المساحة نسبةً إلى الغلة البيولوجية وتزداد بذلك قيمة دليل الحصاد (عيسى، 2009).

أُجريت تجربة في مركز بحوث الاراضي–جامعة زنجان على عشرين صنفاً من العدس لدراسة الغلة ومكوناتها تحت ظروف الإجهاد المائي وتحت ظروف الري العادي (Irrigation) وُجد أنّ غلة البذور المتحصل عليها في النبات كانت حساسة وتأثرت بظروف الإجهاد المائي، بينما كان وزن المائة بذرة كان أكثر ثباتاً وكفاءةً في تحمل ظروف الجفاف، وقد وُجِد علاقة ارتباط إيجابية بين عدد البذور في النبات الواحد وعدد القرون في النبات والغلة الحيوية مع الغلة البذرية. ولُوحِظ أنَّ معامل الحصاد وعدد البذور في كل نبات وعدد القرون في النبات والغلة الحيوية كانت أكثر الصفات أهمية وارتباطاً بالغلة النهائية البذرية (Mohammad Salehi *et al.*, 2008).

بيَّنت دراسات أُخرى أجراها كل من Mohammad Salehi وزملاؤه (2006) و Salehi وزملاؤه (2006) أنَّ مرحلة نمو البادرات ومرحلة الإزهار كانت الأكثر حساسية لتوافر المياه وإجهاد الجفاف. ولُوِحظ وجود علاقة خطية قوية بين غلة البذور وكمية الرطوبة المتوافرة في التربة للعدس (Silim *et al.*, 1993)، حيث أنَّ توافر الكمية الكافية من مياه الري أو الهطول المطري يزيد من حجم البذور، ووزنها والغلة من البذور، والكتلة البيولوجية الحية ودليل الحصاد (Singh and Saxena, 1990).

استناداً إلى ما تقدم، فإنّ فهم الآليات البيوكيميائية لتحمل النباتات تحت ظروف الجفاف لا يزال يشكل تحدياً كبيراً في العلوم الزراعية، حيث أنَّ التعرف على الصفة المسؤولة، وفي المرحلة المناسبة من حياة النبات في وقتٍ مبكر من شأنها أن تدعم مربي النباتات في برامج اختيار محددة. تتركز أهمية هذا البحث بتقديم رؤىً مفيدة للتخطيط الزراعي لمحصول العدس في ظل اتجاه تطوير واستنباط الأنواع المحصولية المتحملة للجفاف بهدف تحسين الأمن الغذائي في سورية، وتحسين كفاءة استعمال المياه من قبل نباتات المحصول من خلال استثمار التباين الوراثي variation Genetic بين الطرز الوراثية استجابةً لظروف شح المياه، والأهم من ذلك التباين في نمط كفاءة توزيع Partitioning ونقل

Translocation نواتج التمثيل الضوئي استجابةً لظروف العجز المائي. ومراعاة التأثير المتبادل للعوامل المناخية السائدة في منطقة الزراعة، والعوامل الأرضية Edaphic factors لضمان تحسين كفاءة استعمال الموارد المائية الضئيلة أثناء مراحل نمو المحصول.

إضافةً إلى أهمية العمل على تطوير تقانة غربلة عبر تعريض النباتات لمستوى محرّض (غير مميت) لفترة زمنية كافية لتهيئة النبات وسائله الدفاعية، إضافةً إلى المستوى المميت، وفترة لاستعادة النمو للنباتات، وكما يتجلى لنا ضرورة العمل الجاد على تطوير طرز وراثية تتمتع بقدرة عالية على التأقلم البيئي مع المحافظة على الكفاءة الإنتاجية العالية وذلك من خلال سبر الصفات الفسيولوجية والبيوكيميائية المفتاحية المرتبطة وراثياً بتحمل الإجهاد المائي مع المحافظة على كفاءة المحصول الإنتاجية، من خلال تقييم أداء الأصناف والسلالات المحلية والمدخلة وتحديد تلك الصفات للاستفادة منها في برامج التربية والتحسين الوراثي للخروج بأصناف جديدة تتمتع بغلّة عالية مقاومة للظروف البيئية والإجهادات الأحيائية.

مواد البحث وطرائقه Materials and Methods

المادة النباتية Plant material: تمَّ تقييم استجابة بعض الطرز الوراثية من العدس لتحمل الإجهاد الحلولي مخبرياً والإجهاد المائي حقلياً، هذه الطرز عبارة عن ستة أصناف معتمدة مزروعة: إدلب2، إدلب3، إدلب4، إيبلا، حوراني، كردي، وأربعة سلالات مدخلة: L-55051، L-55118، L-55001، L-55017. تمَّ الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (GCSAR)، دمشق، سورية.

يبين الجدول (1) توصيف لبعض الصفات للطرز الوراثية موضوع الدراسة.

التسلسل		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الطرز الوراثية		صنف معتمد	صنف معتمد	صنف معتمد	صنف معتمد	صنف معتمد	صنف معتمد	سلالة محلية	سلالة محلية	سلالة محلية	سلالة محلية
الاسم العلمي للطراز		إدلب 2	إدلب 3	إدلب 4	إيبلا	حوراني	كردي	L-55051	L-55118	L-55001	L-55017
أهم الصفات	ارتفاع النبات	متوسط	متوسط	قصير	عالي	متوسط	طويل	متوسط	قصير	قصير	متوسط
	عدد البذور/نبات	100-85	85-65	100-85	90-65	80-65	90-70	70-50	80-60	60-40	75-50
	وزن 100بذرة(غ)	6-4	6-3.5	5.5-3.5	7-5	5.5-4	6-4	7-4.5	5-3	5-3	6-4
	موعد الإزهار	مبكر	مبكر	مبكر	مبكر	متوسط التبكير	مبكر-متوسط	متوسط التأخير	متأخر	متوسط التأخير	متوسط التبكير

مواقع تنفيذ التجارب Sites of experiments: تمَّ تنفيذ التجارب المخبرية في مخابر قسم المحاصيل الحقلية ومخبر التقانات الحيوية في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال العام 2011، ونُفِذت تجربة الأصص الزراعية والتجربة الحقلية في مزرعة أبي جرش في كلية الزراعة بجامعة دمشق، التي تقع في منطقة الاستقرار الثالثة على ارتفاع 743 متراً عن سطح البحر، وعلى خط عرض (33.537°) شمالاً، وخط طول (36.319°) شرقاً، وذات متوسط هطول مطري 212 مم.السنة$^{-1}$، وذلك خلال الموسمين الزراعيين 2011–2012، و2012–2013 .

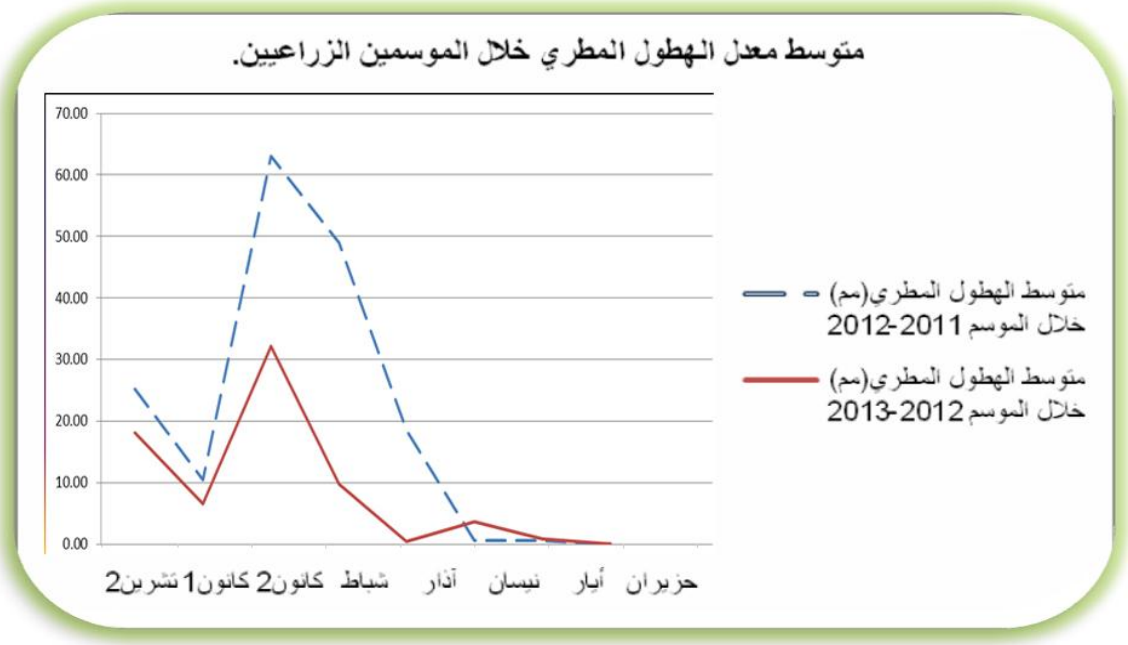
يُبين الجدول (2) أهمّ خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة في مزرعة أبي جرش، كما يُظِهر الجدول (3) والشكل (1) أهم المعطيات المناخية السائدة في موقع تنفيذ التجربة اعتباراً من شهر تشرين الثاني عام 2011 وحتى شهر حزيران عام 2012 للموسم الزراعي الأول، ومن شهر تشرين الثاني عام 2012 وحتى شهر حزيران من عام 2013 للموسم الزراعي الثاني، حيث كان معدَّل الهطول المطري للموسم الزراعي الأول نحو 167.4 مم أعلى من معدَّل الهطول المطري للموسم الزراعي الثاني 115.6 مم.

الجدول (2): خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة

المؤشر	الخصائص الفيزيائية			الخصائص الكيميائية					
	رمل (%)	سلت (%)	طين (%)	N (%)	P_2O_5 (ppm)	K_2O (ppm)	pH	ECe ($dS.m^{-1}$)	المادة العضوية (%)
القيمة	43.28	32.50	23.62	0.18	28.6	315	8.6	0.28	2.30
الوصف	تربة لومية			مرتفع	مرتفع	مرتفع	قلوي	طبيعية	مرتفعة

الجدول (3): متوسط درجات الحرارة والهطول المطري خلال موسمي الزراعة في مزرعة أبي جرش–كلية الزراعة.

أشهر موسم النمو	الموسم الزراعي (2011-2012 م)			الموسم الزراعي (2012-2013م)		
	متوسط درجات الحرارة (م)		متوسط الهطول المطري(مم)	متوسط درجات الحرارة (م)		متوسط الهطول المطري(مم)
	العظمى	الصغرى		العظمى	الصغرى	
تشرين$_2$	19.8	8.9	25.2	20.4	10.3	18.1
كانون$_1$	14.0	1.6	10.5	14.35	6.43	50.6
كانون$_2$	9.4	2.0	63.1	12.7	2.6	32.1
شباط	12.0	3.5	49.0	16.1	5.2	9.8
آذار	16.2	5.5	18.5	21.0	7.0	0.4
نيسان	25.0	11.0	0.6	24.3	9.1	3.7
أيار	27.9	14.2	0.5	31.6	15.0	0.9
حزيران	33.2	16.5	0.0	34.5	16.0	0.0
المتوسط	19.7	7.9	المجموع=167.4	21.9	9.0	المجموع=115.6



الشكل (1): معدل الهطول المطري خلال موسمي الزراعة.

أولاً: التجارب المخبرية Laboratory experiments

تقييم التباين الوراثي في استجابة بعض طرز محصول العدس لتحمل الإجهاد الحلولي باستعمال سكر البولي ايثلين جلايكول$_{6000}$ (PEG-6000).

سكر البولي ايثلين جلايكول$_{6000}$ (PEG-6000) من السكريات الخاملة التي تُساعد في خفض قيمة الجهد المائي أو رفع قيمة الجهد الحلولي، وتقليل كمية الماء الحر المتاح للجذور.(ملحق، صورة4).

1. تحديد المستوى الحلولي المميت الأمثل Identification of the optimum osmotic lethal level:

تمَّ إحداث الإجهاد الحلولي مخبرياً باستخدام سكر(PEG-6000). حيث تمّ تعريض البادرات بعمر يومين من خليط متجانس من بذور طرز العدس المدروسة، إلى مستويات مميتة مختلفة من الإجهاد الحلولي (−0.8، −1.0، −1.2، −1.4، −1.6، −1.8، −2.0، −2.2، −2.4، −2.6 MPa) لمدة 48 ساعة، ثمَّ تمَّ نقل البادرات إلى أطباق بتري أُخرى تحوي ماء مقطر لتستعيد

نموها مدة 72 ساعة، إضافةً إلى بادرات بقيت في الماء المقطر فقط منذ بداية التجربة وحتى نهايتها كشاهدٍ مطلق، وتمّ في نهاية فترة استعادة النمو حساب نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق (Al-Ouda, 1999).

نسبة الانخفاض (%) طول الجذور/البادرات =

$$\frac{\text{طول الجذور/البادرات في الشاهد المطلق} - \text{طول الجذور/البادرات في المعاملة}}{\text{طول الجذور/البادرات في الشاهد المطلق}} \times 100$$

واعُتبرت المعاملة التي سببّت تراجعاً في طول الجذور/البادرات مقدراً تقريباً 50% بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل.

2. تحديد المستوى الحلولي المحرض الأمثل Identification of the optimum osmotic sub-lethal level:

عُرضت البادرات بعمر يومين من خليط من بذور طرز العدس المدروسة إلى مستويات حلولية محرضة (غير مميتة) من الإجهاد الحلولي (−0.2، −0.4، −0.6، −0.8 Mpa) مدَّة 16 ساعة، ثمّ نُقلت البادرات المُحرِّضة إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل المحدد من التجربة السابقة، وتُركت مدَّة 48 ساعة، ثم سُمح لها باستعادة النمو في الماء المقطر مدَّة 72 ساعة، وتمَّ في نهاية فترة استعادة النمو حساب نسبة الانخفاض في نمو الجذور/البادرات بالمقارنة مع الشاهد المطلق. وتمّ اعتماد المعاملة التي كانت عندها نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات أقل ما يمكن بالمقارنة مع الشاهد بمنزلة المستوى الحلولي المحرض الأمثل (Al-Ouda, 1999).

نسبة الانخفاض (%) طول الجذور/البادرات =

$$\frac{\text{طول الجذور/البادرات في الشاهد المطلق} - \text{طول الجذور/البادرات في المعاملة}}{\text{طول الجذور/البادرات في الشاهد المطلق}} \times 100$$

3. غربلة طرز محصول العدس المدروسة لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية Screening of Lentil genotypes in response to osmotic stress at seedling stage:

1. تمَّ تنبيت بذور من جميع طرز العدس المدروسة المراد غربلتها لتحمل الإجهاد الحلولي ضمن صوانٍ بلاستيكية وذلك بعد نقعها بالماء العادي مدّة 2–3 ساعات لاتمام عملية التشرّب Water imibtion ضمن حاضنات الإنبات عند درجة حرارة 25مْ ورطوبة نسبية 60%.

2. نُقِلت البادرات المتجانسة إلى أطباق بتري مفروشة بأوراق الترشيح وبمعدل 10 بادرات في كل طبق وبواقع ثلاثة أطباق (3 مكررات لكل معاملة).

3. تُرِكت ثلاثة أطباق من كل طراز وراثي مدروس في الماء المقطر (معاملة الشاهد) من بداية التجربة وحتى نهايتها.

4. أُضيف إلى ثلاثة أطباق من كل طراز وراثي مدروس (معاملة الإجهاد)، 10 مل من المحلول الحلولي المحرّض الأمثل (x MPa من PEG-6000) ثم تُركت البادرات مدَّة 16 ساعة.

5. نُقِلت البادرات المحرضة ولجميع الطرز الوراثية المدروسة إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل (y MPa من PEG-6000) وتُرِكت مدَّة 48 ساعة.

6. سُمِح للبادرات المعاملة باستعادة النمو في الماء المقطر مدَّة 72 ساعة.

7. حُسِبت في نهاية فترة استعادة النمو نسبة الانخفاض في طول الجذور/البادرات بالمقارنة مع الشاهد

8. تمّ تقييم استجابة طرز العدس المدروسة للإجهاد الحلولي باستعمال برنامج التحليل الإحصائي المسمى Z- distribution analysis، بالاعتماد على مؤشرات متوسط الطول الكلي للجذور والبادرات ونسبة الانخفاض فيهما بالمقارنة مع الشاهد المطلق (Al-Ouda, 1999)، وتمَّ تقسيم الطرز المدروسة وفقاً لذلك إلى المجموعات التالية:

1) الطرز المتحملة: وهي الطرز التي أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور/البادرات، وأعلى متوسط طول كلي للجذور والبادرات.

2) الطرز الحسّاسة: وهي الطرز التي أبدت أعلى نسبة انخفاض في طول الجذور/البادرات، وأدنى متوسط طول كلي للجذور والبادرات.

3) الطرز متوسطة الاستجابة: وتضم الطرز متوسطة التحمل، والطرز متوسطة الحساسية.

Z-Distribution Analysis: Z=X-Xi/SD، حيث أنَّ:

X: متوسط جميع الطرز للصفة المدروسة.

Xi: متوسط الطراز الواحد للصفة المدروسة.

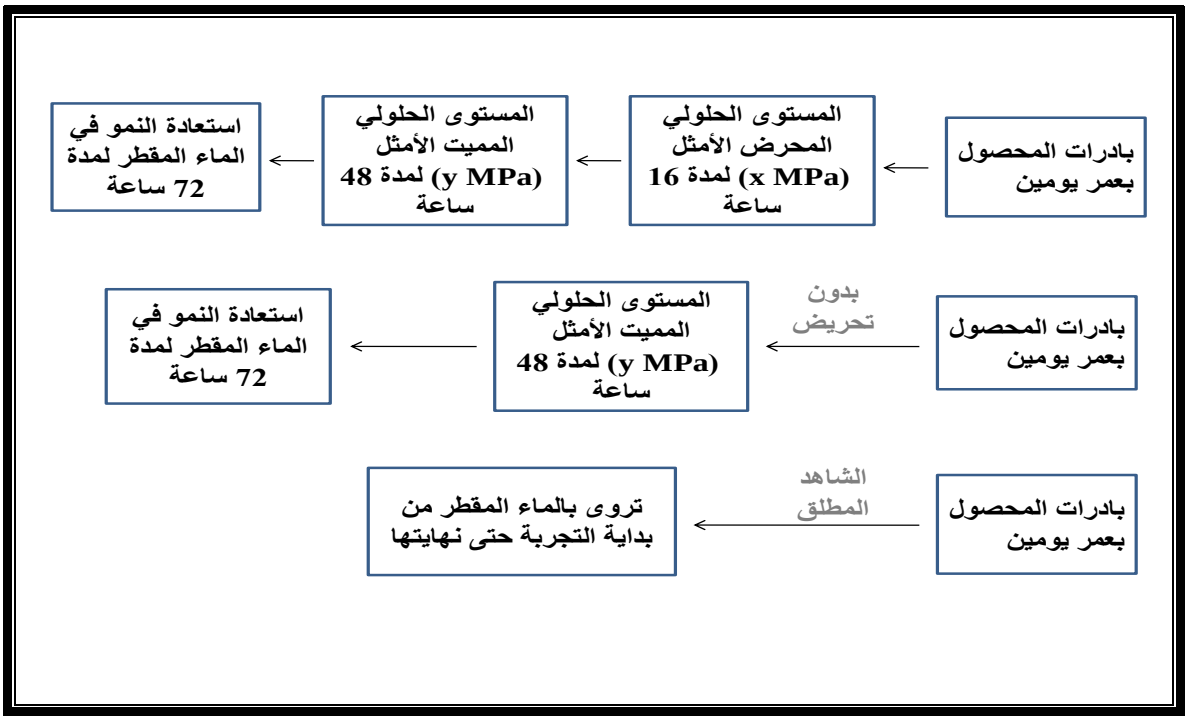
SD(Standard Deviation): الانحراف المعياري.

$SD= \sqrt{\Sigma(X-Xi)^2/N}$، حيث أنّ N: هو عدد القراءات (مكررات).

4. دراسة أهمية التحريض في إكساب البادرات مقدرة أكبر على تحمل المستوى المميت من الإجهاد الحلولي The importance of induction:

تمَّ تعريض بادرات طرز العدس المدروسة (بعمر يومين) إلى المستوى الحلولي المُحرّض الأمثل مدَّة 16 ساعة، ثمّ نُقلت البادرات المُحرّضة إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل مدَّة 48 ساعة، ونُقلت في الوقت نفسه مجموعة أُخرى من البادرات غير المُحرّضة بشكلٍ مباشر إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل، وتُرِكت البادرات المُحرّضة وغير المُحرّضة في المستوى الحلولي المميت الأمثل مدَّة 48 ساعة، ثم سُمِح للبادرات باستعادة نموها في الماء المقطر مدَّة 72ساعة، وتُرِكت مجموعة من البادرات في الماء المقطر من بداية التجربة حتى نهايتها (شاهد). ثمَّ تمَّ حساب نسبة الانخفاض أكبر معنوياً في طول الجذور والبادرات بالمقارنة مع الشاهد في نهاية فترة استعادة النمو، يُشير وجود نسبة انخفاض أكبر معنوياً في البادرات غير المُحرّضة بالمقارنة مع البادرات المُحرّضة

إلى أهمية التحريض في زيادة مقدرة النباتات على تحمل المستوى الحلولي المميت لفترة أطول، تُستَخدم هذه الطريقة للوقوف على أهمية التحريض في إكساب بادرات طُرز العدس مقدرةً أكبر على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي.



الشكل (2): تقانة التحريض المُطَبقة على طرز العدس المدروسة.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي: تمَّ تصميم التجربة المخبرية وفق التصميم العشوائي البسيط (CRD) بمعدل ثلاثة مكررات، وتمَّ تحليل النتائج باستخدام برنامج SAS-9 لحساب قيم أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 1%، ومعامل التباين (%CV) بين المعاملات المدروسة، كما تمَّ استعمال برنامج التحليل الإحصائي Z-distribution analysis لدراسة توزع طرز العدس المدروسة حسب استجابتها للإجهاد الحلولي.

ثانياً: تجربة الأصص الزراعية:

تقييم التباين الوراثي في صفة كفاءة استعمال المياه (WUE) بين طرز العدس المزروعة في أصص زراعية (الطريقة الوزنية).

تُستَخدم الطريقة الوزنية لتقدير قيمة كفاءة استعمال المياه بهدف انتخاب الطرز التي تتسم بقيم مرتفعة لكفاءة استعمال المياه، نظراً لأهمية هذه الصفة في تحسين تحمل الإجهاد المائي مع المحافظة على طاقة المحصول الإنتاجية. تُعرَّف كفاءة استعمال المياه (WUE) على مستوى النبات الكامل تحت ظروف الزراعة الحقلية بأنَّها نسبة الغلة من البذور إلى كمية المياه الكلية المضافة (أمطار، ومياه ري) (Hatfield *et al.*, 2001). أو يمكن أن تُعرّف كفاءة استعمال المياه بأنَّها نسبة الربح من الكربون إلى الفقد من الماء. وتحسب وفق المعادلة الرياضية الآتية (Xin *et al.*, 2008):

$$\mathbf{WUE = A / T}$$

حيث أنَّ:

A: معدل التمثّيل الضوئي.

T: كمية المياه المفقودة بالتبخر– نتح.

تسمح هذه الطريقة بحساب قيمة كفاءة استعمال المياه خلال مرحلة محددة من حياة النبات، حيث عادةً تُنفذ التجربة في أصص زراعية أو ليزيمترات مملوءة بالتراب الزراعي.

<u>طريقة العمل:</u>

1. مُلِئت الأصص الزراعية بالتراب (سعة 25 كغ) بقطر (35سم) (تمَّ الحصول على التربة من حقول مزرعة أبي جرش في كلية الزراعة، وهي تربة لومية) (جدول، 1) . وسُجِلت أهم المعطيات المناخية السائدة في موقع تنفيذ التجربة اعتباراً من شهر تشرين الثاني_2011 وحتى شهر حزيران من عام 2012 حيث كان متوسط كميات الهطول المطرية خلال هذا الموسم (167.4 ملم)، وزُرِعت بذور طرز العدس الوراثية المدروسة بمعدل خمس بذار في كل أصيص، وثلاث مكررات، وبعد مرور عشرة

أيام على الإنبات تمَّت عملية التفريد، حيث تمَّ الإبقاء على نباتين قويين وسليمين ومتجانسين في النمو في كل أصيص، وأُضيفت كمية الأسمدة اللازمة.

2. رُويت الأصص الزراعية بشكلٍ يومي للمحافظة على محتوى التربة المائي عند 100% من السعة الحقلية، واستمرت عملية الري بهذه الطريقة حتى بداية مرحلة دراسة كفاءة استعمال المياه (40 يوماً بعد الزراعة)، حيث رُويت الأصص قبل يومٍ واحد من بدء القياس بالماء حتى حدّ الإشباع وتُرِكت مدَّة 6 إلى8 ساعات حتى يرشح كل الماء الزائد وتصبح التربة عند السعة الحقلية.

3. تمَّ بعد ذلك سدّ الثقب /أو الثقوب الموجودة في قاعدة الأصيص بالاسمنت (Al-Ouda, 1999).

4. تمَّت تغطية سطح التربة (في الأصيص) بقطع صغيرة من البلاستيك للحد ما أمكن من فقد المياه من التربة بالتبخر Evaporation (صورة،1 ملحق).

5. سُجِل وزن كل أصيص على حدة متضمناً التربة عند السعة الحقلية (100%) والنبات والقطع البلاستيكية المستعملة لتغطية سطح التربة، وذلك باستعمال ميزان الكتروني محمول يسمح بالوصول إلى الأصيص الزراعي وهو في مكانه (Al-Ouda, 1999).

6. غُرِس في تربة كل أصيص زراعي وعلى عمق 30سم أنبوب بلاستيكي بطول 50سم وبقطر 50مم ويحتوي ثقوباً على طوله وبفاصل 7.5 سم بين الثقب والآخر، أُستخدم هذا الأنبوب لإضافة الماء من خلاله مباشرةً لضمان وصول كامل كمية المياه المُضافة إلى منطقة انتشار الجذور دون فقد أيَّة كمية منها بالتبخر (صورة،2 ملحق).

7. سُجل وبشكلٍ يومي وزن الأصص الزراعية خلال فترة الصباح (من 8 إلى 10 صباحاً) لحساب كمية المياه المفقودة يومياً بالنتح عن طريق النباتات خلال كامل فترة التجربة (مَّدة 35 يوماً خلال

مرحلة النمو الخضري). وبعد الانتهاء من عملية الوزن أُضيف إلى كل أصيص كمية المياه اللازمة لإعادة التربة إلى 100% من السعة الحقلية (Al-Ouda, 1999).

وتمّ حساب كمية المياه اللازمة لتأمين 100% من السعة الحقلية، وفق المعادلة الآتية (Al-Ouda, 1999):

$$W_{100}=A+B+Q_{100}$$

حيث أنَّ:

W_{100}: وزن الأصيص عند 100% سعة حقلية.

A: وزن التربة الجافة مع وزن الأصيص.

B: وزن القطع البلاستيكية الموزعة فوق سطح التربة مع وزن الأنبوب المغموس في التربة.

Q_{100}: كمية المياه الموجودة عند سعة حقلية 100%.

حساب كمية المياه الواجب إضافتها يوميا لتأمين 100% سعة حقلية (Al-Ouda, 1999):

$$RQ_{100} = W_{100} - X_{100}$$

حيث أنَّ:

X_{100}: يُمثل وزن الأصيص اليومي.

وحُسبت كمية المياه المفقودة يومياً من الأصص الزراعية بالتبخر وفق المعادلة الآتية (Al-Ouda, 1999):

$$Q_{100} = W_{100} - X_{100}$$

حيث أنَّ: X_{100}: يمثل وزن الأصيص اليومي، أما بقية الرموز في المعادلة فقد ذُكِرت سابقاً.

حساب كمية المياه المفقودة يومياً من الأصص الزراعية بالتبخر:

إنَّ الغاية من وجود القطع البلاستيكية فوق سطح التربة للحد ما أمكن من فقد المياه بالتبخر، إلا أنها غير فعّالة بشكلٍ مطلق للحد من التبخر، لذلك ولحساب كمية المياه المفقودة بالتبخر غالباً ما

تترك مجموعة من الأصص الزراعية التي تتسم بكل مواصفات الأصص السابقة المزروعة إلاَّ أنَّها خالية من النباتات. لكن تُروى بشكلٍ يومي، ويمثل الفرق بين وزن هذه الأصص عند سعة حقلية 100% والوزن اليومي لهذه الأصص كمية المياه المفقودة بالتبخر (CWT*) (Al-Ouda, 1999).

تمَّت حماية الأصص الزراعية من مياه الأمطار باستعمال واقي مطري (Rain-out shelter) يتحرك بسهولة على سكة حديدية لتغطية الأصص الزراعية خلال الليل وقبل هطول الأمطار خلال النهار.

وحُسِب خلال سير التجربة المؤشرات التالية:

1) كمية الماء الكلية المنتوحة Cumulative water transpired (CWT) :

وتمثل حاصل فرق كمية المياه الكلية المفقودة بالتبخر–نتح من كمية المياه المفقودة بالتبخر فقط CWT* (Al-Ouda, 1999).

(CWT= CWA – CWT*) (كغ. أصيص$^{-1}$)

حيث أنَّ: CWT: كمية الماء الكلية المنتوحة.

CWA: كمية الماء الكلية المضافة إلى الأصيص

CWT*: كمية الماء المفقودة بالتبخر.

2) المساحة الورقية والوزن الجاف للنبات: حُسِبت المساحة الورقية (باستخدام جهاز البلانيميتر) في بداية التجربة والوزن الجاف للنباتات في بداية التجربة (W_1, L_1) على التوالي عند الزمن t_1. (تمّ حصاد أحد النباتين في الأصيص لأخذ القراءات عند بداية التجربة وتُرِك النبات الآخر لأخذ هذه القراءات عند نهاية التجربة)، والمساحة الورقية والوزن الجاف للنبات في نهاية التجربة (W_2, L_2) عند الزمن t_2. حيث أنَّ: W= Weight ، L= Leaf area

3) كفاءة استعمال المياه Water Use Efficiency (WUE): حُسِبت وفق المعادلة الرياضية الآتية (Al-Ouda, 1999):

WUE= TDM/CWT (غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء)

حيث أنَّ:

TDM: Total dry matter كمية المادة الجافة الكلية المُصنِّعة خلال فترة التجربة= W_2-W_1.

CWT: كمية الماء الكلية المنتوحة خلال الفترة نفسها.

4) المساحة الورقية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي Leaf Area Duration (LAD): وتمثّل الفترة الزمنية التي تبقى فيها أوراق النبات خضراء والفعّالةً في عملية التمَّثيل الضوئي. وحُسِبت وفق المعادلة الرياضية الآتية (Watson, 1947):

$$LAD = (L_1+L_2)/2 \times (t_2 - t_1)$$ (سم^2. يوم$^{-1}$)

5) معدل فقد المياه بالنتح Mean Transpiration Ratio (MTR): ويُمثل نسبة كمية المياه المنتوحة التراكمية (CWT) إلى المساحة الورقية الخضراء الفعَّالة في عملية التمَّثيل الضوئي (LAD). وحُسِب وفق العلاقة الرياضية الآتية (AL-Ouda, 1999):

MTR=CWT/LAD (غ.سم$^{-2}$.يوم$^{-1}$).

6) المؤشرات المتعلقة بالجذور:

1. الوزن الجاف للمجموعة الهوائية (غ.نبات$^{-1}$): تمَّ قطع الأجزاء الهوائية للنبات عند مستوى سطح التربة في نهاية التجربة (أيّ بعد مرور 35 يوماً من بدء أخذ القراءات)، لأخذ قراءة الوزن الجاف للمجموع الهوائي، ووُضِع المجموع الهوائي في أكياس ورقية ونُقِل إلى مجفف مُسخَّن بشكلٍ مسبق على درجة حرارة 105مْ مدة نصف ساعة، لقتل الأنسجة النباتية وإيقاف عملية فقد المادة الجافة بالتنفس، ثمّ خُفِّضت درجة حرارة المجفف إلى 70مْ وتُرِكت العينات في المجفف مدَّة ثلاثة أيام إلى حين الوصول إلى الوزن الجاف الثابت وتمَّ بعدئذٍ أخذ الوزن الجاف للمجموعة الهوائية (AL-Ouda, 1999).

2. الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ. نبات$^{-1}$): بعد قطع الأجزاء الهوائية للنبات عند مستوى سطح التربة قُلِب الأصيص الزراعي، وتمَّ تسليط المياه على الكتلة الترابية المتضمنة المجموع الجذري للتخلص من التراب العالق بالجذور على غربال لمنع ضياع الشعيرات الجذرية ما أمكن، ثمَّ وُضِع المجموع الهوائي والجذري في أكياس ورقية ونُقِل إلى مجفف مُسَخن بشكلٍ مُسبق على درجة حرارة 105مْ مدَّة نصف ساعة، لقتل الأنسجة النباتية وإيقاف عملية فقد المادة الجافة بالتنفس، ثمَّ خُفضت درجة حرارة المجفف إلى 70مْ، وتُرِكت العينات في المجفف مدَّة ثلاثة أيام، أو إلى حين الوصول إلى الوزن الجاف الثابت، وتمَّ بعدئذٍ أخذ الوزن الجاف للمجموعة الهوائية Shoot dry weight، والوزن الجاف للمجموعة الجذرية Root dry weight (Al-Ouda, 1999).

2. نسبة المجموع الجذري للمجموع الهوائي Root/Shoot ratio (%): تمَّ حسابها وفق المعادلة الرياضية التالية:

$$\text{نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الهوائي} = \frac{\text{الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ)}}{\text{الوزن الجاف للمجموع الهوائي (غ)}} \times 100$$

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي Experimental design and statistical analysis :

تمَّ تصميم تجربة الأصص الزراعية وفق التصميم العشوائي البسيط (CRD) بمعدل ثلاثة مكررات لكل طراز وراثي، وتمَّ تحليل النتائج باستخدام برنامج SAS-9 لحساب قيم أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى معنوية 5% بين الطرز المدروسة، ولحساب معامل التباين (C.V%) لكل صفة من الصفات المدروسة، وعلاقات الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة.

ثالثاً: التجربة الحقلية:

تقييم التباين الوراثي في بعض الصفات الفيزيولوجية والبيوكيميائية والإنتاجية المرتبطة بتحمل الجفاف بين طرز العدس المدروسة تحت الظروف الحقلية.

طريقة الزراعة Planting method:

حُرِثت الأرض بشكلٍ جيد وقُسمت إلى مساكب (1.2م^2)، وأُضيف للتربة قبل الزراعة الكميات الموصى بها لمحصول العدس من الأسمدة الكيميائية والعضوية والملقح البكتيري المناسب (*Rhizobium leguminosarum*)، زُرعت البذور يدوياً خلال النصف الثاني من شهر تشرين الثاني على سطور بمسافات زراعية (25×10 سم)، وبمعدل 6 سطور لكل طرازٍ وراثي مدروس في كل قطعة تجريبية، وتُرِكت مسافة 50 سم بين القطع التجريبية في جميع المكررات، تُرِكت هذه القطع التجريبية تحت الظروف المطرية (بدون ري) حتى نهاية التجربة، في حين زُرِعت مجموعة أُخرى من كل الطرز المدروسة بثلاث مكررات على مسافة لا تقل عن 50 م عن المجموعة الأولى (حتى لا يتم رشح المياه إليها) ورُويت بكمياتٍ كافية من الماء عند انحباس الأمطار حتى نهاية التجربة وتمّ اعتبارها كشاهدٍ مروي، وسُجلت القراءات المطلوبة من النباتات الموجودة من السطور الداخلية لكل طراز وراثي في كل قطعة تجريبية.

وحُسبت كمية المياه المضافة لمعاملة الشاهد وفق العلاقة الآتية:

كمية المياه في كل رية= شدة تدفق مياه الريّ× مدَّة الريّ

=3.6×4 ساعة=14 م^3 وذلك لمساحة 120م2 وهي مساحة القطع التجريبية في معاملة الشاهد أي ما يعادل 65 لتر لكل م^2 (65 ميلي لتر هطول مطري).

تصميم التجربة: قُسِّم الحقل المحضَّر بشكلٍ جيد للزراعة إلى قطعٍ تجريبية (60 قطعة) وتمّ توزيع الطرز المدروسة (عشرة طرز) عشوائياً على القطع، بواقع ثلاث مكررات لكل طراز في الزراعة المطرية وثلاثة مكررات لكل طراز في معاملة الشاهد المروي وفق المخطط التالي (الشكل، 3):

R1	R2	R3		R1	R2	R3
إيبلا	L-55051	إدلب 3		كردي	L-55118	إدلب 3
حوراني	L-55017	L-55001		إدلب 3	حوراني	L-55001
إدلب 2	كردي	إدلب 4		إيبلا	L-55001	L-55051
L-55051	إدلب 3	L-55017		إدلب 2	إدلب 4	L-55017
إدلب 4	حوراني	إيبلا		L-55051	كردي	إدلب 2
كردي	إدلب 2	L-55118		حوراني	إيبلا	L-55118
L-55118	إيبلا	حوراني		L-55118	إدلب 2	حوراني
إدلب 3	إدلب 4	كردي		إدلب 4	L-55017	إيبلا
L-55017	L-55001	إدلب 2		L-55001	L-55051	إدلب 4
L-55001	L-55118	L-55051		إدلب 3	إدلب 3	كردي

العدس المطري مسافة فاصلة **العدس المروي**

الشكل (3): المخطط التجريبي للتجربة في الحقل.

الصفات المدروسة Investigated traits:

أ). الصفات الشكلية Morphological traits:

1. ارتفاع النبات (سم) Plant height: وهو عبارة عن ارتفاع الساق الرئيسة للنبات عن سطح الأرض بدءاً من نقطة ملامسته لسطح التربة، وأُخذت هذه الصفة عند اكتمال الإزهار في النباتات.

2. المساحة الورقية ودليل المساحة الورقية (LAI) للنبات:

تمَّ حساب المساحة الورقية للنبات باستعمال جهاز البلانيميتر (ملحق، صورة3)، عند اكتمال الازهار في النباتات، ثم تمَّ حساب دليل المساحة الورقية، حيث يُعبّر هذا المؤشر عن درجة تورّق المحصول، أيّ مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي في وحدة المساحة من الأرض ($م^2$).(Watson, 1947)

LAI= مساحة أوراق النبات / مساحة الأرض التي يشغلها النبات

ب). الصفات الفيزيولوجية Physiological traits:

تمَّ دراسة هذه المؤشرات خلال مرحلة الإزهار (المرحلة الحسَّاسة للإجهاد المائي).

1. الوزن الجاف للأجزاء الهوائية للنبات (غ) Shoot dry Weight (SDW)

تمَّ فصل الأجزاء النباتية بواسطة مشرط حاد، ووُضعت العينات النباتية في مجفف مسخَن مسبقاً على درجة حرارة 105 ْم مَّدة 30 دقيقة، ثُمَّ تمّ ضبط الحرارة على درجة 65 ْم، وسُجِل وزن الأجزاء النباتية المختلفة بعد ثبات الوزن الجاف باستخدام ميزان كهربائي حساس.

2. محتوى الماء النسبي في الأوراق Leaf Relative Water Content (%RWC):

تمَّ قياس محتوى الماء النسبي في الأوراق العلوية المكتملة الاستطالة خلال فترة الإزهار، حيث تمّ قطع ثلاث أوراق كاملة الاستطالة من قاعدتها من ثلاثة نباتات بشكلٍ عشوائي من كل طراز وراثي معاملة، وتمَّ وضعها مباشرةً في أكياس بلاستيكية محكمة الإغلاق للحد من فقد الماء بالتبخر– النتح، ونُقِلت إلى المخبر مباشرةً، حيث تمَّ أخذ وزن الأوراق الرطب Fresh weight (FW)، ثمّ غُمِرت الأوراق بشكلٍ كاملٍ في الماء المقطر ضمن أوعية زجاجية مناسبة مدَّة 16–18 ساعة عند درجة حرارة الغرفة (20 م°) وتحت ظروف الشدة الضوئية المنخفضة في المخبر، وتمَّ إخراج الأوراق من الماء وباستعمال ورق الترشيح أُزيل الماء العالق بلطف عن سطوح الأوراق، ثمَّ سُجِل الوزن الرطب المشبع للأوراق Turgid weight (TW)، ووُضِعت بعدئذٍ الأوراق من كل طراز ومعاملة على حدة في أكياس ورقية، ونُقِلت إلى فرن مسخّن مُسبقاً على درجة حرارة (105م°) مدَّة نصف ساعة بهدف قتل الأنسجة النباتية والحدّ من فقد المادة الجافة بعملية التنفس، ومن ثمَّ تمّ ضبط درجة حرارة الفرن على درجة (70 م°) مدَّة 72 ساعة أو إلى حين الحصول على وزن الأوراق الجاف الثابت Dry Weight (DW). وحُسِب محتوى الماء النسبي في الأوراق وفق العلاقة الرياضية (Schonfeld *et al*,1988):

$$\text{محتوى الماء النسبي في الأوراق (\%)} = \frac{\text{الوزن الرطب للأوراق – الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب المشبع – الوزن الجاف}} \times 100$$

ج). الصفات البيوكيميائية Biochemical traits:

تمَّ دراسة هذه المؤشرات خلال مرحلة الإزهار (المرحلة الحساسة للإجهاد المائي).

1. تقدير محتوى الأوراق من الكلوروفيل Chlorophyll content:

تمَّ استخدام طريقة محلول الأسيتون، أُخِذ وزناً معيناً (500 مغ) من المادة النباتية، وتمَّ طحن العينة في هاون بإضافة كمية قليلة جداً من رمل الكوارتز أوكربونات الكالسيوم، أُضيف 10 مل من محلول الأسيتون (80%) المبرّد بشكلٍ مُسبق عند درجة حرارة 4 مْ وطُحِنت العينة إلى حين الحصول على عجينة طرية، ثم مُرِرت العجينة عبر ورقة ترشيح وتمَّ الحصول على الرشاحة، وُضِعت الرشاحة في أنبوب اختبار، وتمَّ وضعها في جهاز الطرد المركزي عند 5000 دورة/دقيقة مدَّة 10 دقائق، ثمّ نُقلت الرشاحة النقية إلى مخبار مدرج وأُكمِل الحجم إلى 25 مل بواسطة محلول الأسيتون (80%)، ثمَّ سُجِلت باستخدام جهاز الامتصاصية Spectrophotometer عند أطوال الموجات 645، 652 و663 نانو متر، ثمَّ تمَّ حساب محتوى الكلوروفيل (a) و(b) والكلوروفيل الكلي من المعادلات الآتية (Arnon, 1949) مقدراً على هيئة مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب.

$$\text{Chl. (a)} = (12.7\ OD_{663} - 2.69\ OD_{645}) \times \frac{V}{1000} \times \frac{1}{\text{fresh weight}}$$

$$\text{Chl. (b)} = (22.9\ OD_{645} - 4.68\ OD_{663}) \times \frac{V}{1000} \times \frac{1}{\text{fresh weight}}$$

$$\text{Total Chl.} = (OD_{652} \times V) / (34.5 \times \text{fresh weight})$$

OD: قراءة جهاز الطيف الضوئي Spectrophotometer عند طول الموجة

V: حجم الخلاصة = ٢٥ مل.

2. نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية (%)Membrane integrity:

تمَّ أخذ عينات أقراص ورقية من الورقتين العلويتين الأولى والثانية كاملتي الإستطالة من كل طراز ومعاملة على حدة خلال مرحلة الإزهار، ووُضِع وزن محدد من الأقراص (بمعدل 10 أقراص ورقية من كل طراز وراثي) في عبوة بلاستيكية تحتوي على 10 مل من الماء المقطر، وتُرِكت العبوات على

هزاز مدَّة 3ساعات. ثمَّ تمَّ قياس الامتصاص الأولي للمحلول عند طول موجة 273 نانومتر باستعمال جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer، ثمَّ نُقِلت المحاليل من كل عبوة على حدة إلى أنابيب اختبار مزوّدة بسدادةٍ وتمَّ وضعها في حمام مائي (درجة الغليان) مدَّة 30 دقيقة، ثمَّ تمَّ قياس الامتصاص النهائي للمحلول عند طول الموجة ذاتها، وحُسِب استناداً إلى ما سبق نسبة تسرب الذائبات وفق المعادلة الرياضية التالية (Leopold *et al.*, 1981):

نسبة الذائبات المتسربة (%) = (الامتصاص الأولي ÷ الامتصاص النهائي) × 100

3. تقدير محتوى الأوراق من البرولين Proline content (مغ .غرام مادة خضراء$^{-1}$):

تمَّ أخذ عينات ورقية بوزن 100مغ من كل طرازٍ من الطرز المدروسة، ولكلٍ من المعاملة والشاهد، ووُضِعت كلاً منها على حدة في هاون وأُضيف إليها قليلاً من المحلول المائي لحمض سلفوساليسيليك (3%)، وسُحِقت العينات بمساعدة كمية قليلة من الرمل المخبري النقي، ثمّ فُصِل المستخلص بواسطة جهاز الطرد المركزي (3000 دورة/دقيقة) مدَّة عشرة دقائق، وجُمِع محلول الإستخلاص، وتمَّ إكمال حجمه إلى 5مل باستعمال حمض سلفو ساليسيك (3%). وأُخِذ من المستخلص 2 مل وأُضيف إليها 2 مل من محلول النينهدرين لتنشيط التفاعل (يتألف المحلول المنشط للتفاعل من 1.25غ نينهدرين + 30مل حمض الخل الثلجي +20 مل حمض 6N اورثوفوسفوريك)، و2 مل من حمض الخل الثلجي. ثمَّ وُضِعت بعد ذلك الأنابيب في حمام مائي عند درجة الغليان مدة ساعة واحدة، ثمَّ تمَّ رفعها وتبريدها بشكلٍ مفاجئٍ وذلك بوضعها في وعاءٍ يحتوي على الثلج المطحون، أُضيف بعدها 4 مل من التولوين لكل أنبوب إختبار. وتمَّ رجّ الأنابيب مدة 10 عشر ثوان، ثمَّ تمَّ قياس درجة الامتصاص عند طول

الموجة 520 نانومتر. ولتحديد كمية البرولين في العينة النباتية قُمنا بتحضير منحني معياري وذلك باستخدام كميات معروفة من البرولين (Bates *et al*,. 1973).

د). الصفات الإنتاجية Productivity traits :

1. عدد الأفرع الأولية على النبات Number of brimary branches/plant: تمَّ عدّ الأفرع الرئيسة لكل نبات ولخمسة نباتات اختيرت عشوائياً في كل قطعة تجريبية ولكل مكرر وحُسِب متوسط عدد الأفرع الأولية للنبات الواحد.

2. عدد الأفرع الثانوية على النبات: تمَّ عدّ الأفرع الثانوية لكل نبات ولخمسة نباتات اختيرت عشوائياً في كل قطعة تجريبية ولكل مكرر وحُسِب متوسط عدد الأفرع الثانوية للنبات الواحد.

3. متوسط عدد القرون على النبات (قرن.نبات$^{-1}$) Number of pods per plant : تمّ عدّ القرون للنباتات المحصودة من مساحة 1 م^2 من القطعة التجريبية ولكل مكرر، ثم حُسب متوسط عدد القرون في النبات الواحد بقسمة عدد القرون في القطعة التجريبية على عدد النباتات.

4. متوسط عدد البذور في النبات (بذرة.نبات$^{-1}$) Number of seeds per plant: تمَّ عدّ البذور في النباتات المحصودة من مساحة 1 م^2 من القطعة التجريبية ولكل مكرر، ثم حُسب متوسط عدد البذور في النبات الواحد بقسمة عدد البذور في القطعة التجريبية على عدد النباتات.

5. متوسط وزن البذور في النبات (غ.نبات$^{-1}$): تمَّ وزن البذور للنباتات المحصودة من مساحة 1 م^2 من القطعة التجريبية ولكل مكرر، ثم حُسِب متوسط وزن البذور في النبات الواحد بقسمة وزن البذور للنباتات المحصودة من مساحة 1 م^2 على عدد النباتات.

6. متوسط وزن الـ100 بذرة (غ) 100- seed wieght: تمَّ حساب وزن 100 بذرة من بذور النباتات المحصودة من كل طراز مدروس في كل قطعة تجريبية ولكل مكرر.

7. غلة البذور (كغ.هكتار$^{-1}$) Seed yield: تمَّ حصاد النباتات الموجودة في مساحة 1 م^2 من كل قطعة تجريبية ولكل مكرر، وفُرِطت البذور من القرون وتمَّ حساب وزن البذور (غ. م$^{-2}$)، ثم تحويله إلى كغ.هكتار$^{-1}$.

8. الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$) Biological yield : تمَّ حصاد النباتات الموجودة في مساحة 1 م^2 لكل طراز مدروس من كل قطعة تجريبية ومن كل مكرر ، وتمَّ حساب وزن النباتات بالكامل (بذور+قش) (غ.م$^{-2}$)، ثم تحويله إلى كغ.هكتار$^{-1}$.

9. دليل الحصاد (HI%): ويمثل النسبة المئوية بين وزن البذور إلى الوزن الجاف الكلي للنبات (بذور + قش)، وحُسب دليل الحصاد وفق المعادلة الآتية:

دليل الحصاد (%) = (وزن البذور/ الوزن الجاف الكلي للنبات)× 100

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي Experimental design and statistical analysis:

تمَّ تصميم التجربة الحقلية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة العاملية (Factorial-RCBD) للشاهد المروي ولمعاملة الإجهاد المائي (زراعة مطرية)، بثلاثة مكررات لكل طراز وراثي في كل قطعة تجريبية خلال موسمي النمو. وتمّ تحليل النتائج المتحصل عليها باستخدام برنامج SAS-9 لحساب قيم أقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى معنوية 5% بين الطرز الوراثية والمعاملات والتفاعل المتبادل بينهما، ومعامل الاختلاف (CV%)، لكل صفة من الصفات المدروسة، ودراسة علاقة الارتباط البسيط بين جميع المؤشرات المدروسة.

النتائج والمناقشة Results and Discussion

أولاً- الدراسة المخبرية:

1- تحديد تقانة الغربلة المناسبة للإجهاد الحلولي:

1-1- تحديد المستوى المميت الأمثل من الإجهاد الحلولي:

بيَّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية بين المستويات الحلولية المميتة المختلفة، حيث لُوحظ حدوث تراجع في متوسط طول كلٍ من الجذور والبادرات عند جميع المستويات الحلولية المميتة بالمقارنة مع الشاهد المطلق، وكانت نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات الأعلى معنوياً (72.60، 72.32% على التوالي) عند المستوى الحلولي المميت الأعلى (-2.4Mp)، في حين كانت الأدنى معنوياً (7.49، 11.08 % على التوالي) عند المستوى الحلولي المميت الأدنى (-0.8Mpa). وتُعد معاملة المستوى الحلولي المميت (-2.0Mpa) بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل، لأنَّها سبَّبت انخفاضاً في متوسط طول كلٍ من الجذور والبادرات بنحو (50.54، 48.13% على التوالي) بالمقارنة مع باقي المستويات الحلولية الأخرى، وهذا يتوافق مع تعريف معاملة المستوى الحلولي المميت الأمثل، وسيتمّ اعتماده كمستوىً حلولي مميت في التجارب اللاحقة (الجدول،4)، وقد لُوحظ أنَّ نسبة الانخفاض في طول الجذور كانت أعلى معنوياً بالمقارنة مع نسبة الانخفاض في طول البادرات، ولُوحظ أنَّ ازدياد تركيز سكر بولي إيثلين جلايكول$_{6000}$ (PEG-6000) قد سبّب تراجعاً مضطرداً في الجهد الحلولي لمحلول النمو، وتراجعاً موازٍ في الجهد المائي، الأمرالذي أثرّ سلباً في معدل استطالة الجذور ونموها ويُعزى ذلك إلى انخفاض الجهد المائي لمحلول النمو (أي يصبح الجهد المائي أكثر سلباً)، ما يؤدي إلى تراجع حدة التدرج في الجهد المائي Water potential gradient بين النبات ومحلول النمو، فيقل بذلك معدل تدفق الماء وامتصاصه من قبل الجذور، أيّ تصبح كمية المياه الممتصة غير كافية لتعويض المياه المفقودة بالتبخر- نتح، فتتعرض الخلايا النباتية إلى العجز المائي، وتتراجع قيمة جهد الامتلاء داخل خلايا الأوراق، الأمر الذي يؤدي

إلى تراجع معدل استطالة الخلايا النباتية حيث تُعد المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية من العوامل المهمة المحددة لاستطالة الخلايا النباتية ونموها (Cossgrove, 1989; Tais and Zeiger, 2006)، ما يؤدي إلى تراجع حجم المسطح الورقي الأخضر الفعَّال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمّ تراجع كمية المادة الجافة المُصنّعة والمسخرة لنمو المجموعة الجذرية وتطورها. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه كلٍ من التمو (2013) في محصول الشعير، (Adele Muscolo وزملاؤه، 2014؛ و Aniat UlHag وزملاؤه ، 2010) على محصول العدس.

الجدول (4): تأثير مستويات حلولية مميتة مختلفة في نمو بادرات العدس.

المعاملة (PEG-6000)MPa	متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول البادرة (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرة (%)
الشاهد المطلق	6.23	0.00	9.67	0.00
0.8-	5.76	7.49	8.58	11.08
1.0-	5.09	18.40	7.63	20.91
1.2-	4.63	25.64	6.70	30.51
1.4-	4.42	29.13	5.83	39.67
1.6-	3.86	38.13	5.88	39.00
1.8-	3.43	44.92	5.69	40.96
2.0-	3.08	**50.54**	5.01	**48.13**
2.2-	2.02	67.67	3.71	61.53
2.4-	1.71	72.60	2.67	72.32
L.S.D (0.01)	0.41	6.81	0.62	6.18
C.V%	5.93	11.19	5.88	9.89

*: توجد فروق معنوية على مستوى 1%

2-1-تحديد المستوى الحلولي المحرّض الأمثل:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية بين المستويات الحلولية المحرِّضة المختلفة. ولُوحظ من الجدول (5) أنَّ المعاملة (-0.2 Mpa) كانت بمنزلة المستوى الحلولي المُحرّض الأمثل، حيث كانت نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات في نهاية فترة استعادة النمو عند هذه المعاملة الأدنى معنوياً (20.23، 15.53% على التوالي) بالمقارنة مع بقية المعاملات، وسيُعتمد هذا المستوى كمستوىً محرّض في التجارب اللاحقة. تُعبّر نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات عن كفاءة البادرات في استعادة النمو في نهاية فترة استعادة النمو، وترتبط المقدرة على استعادة النمو بنسبة الخلايا النباتية التي بقيت حية في نهاية فترة التعريض للمستوى الحلولي المميت الأمثل (-2.0Mpa).

عموماً، تتحدد نسبة الخلايا النباتية التي تبقى حية في نهاية فترة الإجهاد الحلولي المميت بكمية الوسائل الدفاعية المختلفة المُصنّعة استجابةً لإشارة التحذير المتمثلة بالمستوى المحرّض (غير المميت) من الإجهاد الحلولي، وتُفسّر المقدرة العالية على استعادة النمو عند هذه المعاملة بكفاءة هذا المستوى المحرّض على دفع المورثات التي تتفعل بتأثير الإجهاد الحلولي للتعبير عن كامل طاقتها الوراثية، والمتمثلة بتصنيع كميةٍ أكبر من الوسائل الدفاعية التي تُساعد في وقاية Protection، وضمان سلامة نسبة أكبر من الخلايا النباتية، وبقاءها على قيد الحياة Survival، والمقدرة الأكبر على استعادة النمو. تؤكد وتُعزز هذه النتائج أهمية التعريض المسبق للنباتات إلى مستوياتٍ غير مميتة من الإجهاد حيث يسمح ذلك بتنبيه النباتات للخطر المحدق (الجفاف الشديد) مما يدفع النباتات إلى الاستعداد المتمثل بحشد كل الوسائل الدفاعية الممكنة والمتاحة لمواجهة المستوى المميت من الجفاف، والبقاء على قيد الحياة، ريثما يزول العامل البيئي المحدد للنمو، عندها تستطيع فقط النباتات التي حافظت على حياة خلاياها أن تستعيد نموها، في حين يُسبب تعرّض البادرات بشكلٍ مباشر ومُفاجئ لمستوى مميت من الإجهاد الحلولي صدمةً لتلك البادرات، نتيجة عدم توافر الوقت الكافي لتصنيع الوسائل الدفاعية ومن ثمَّ يُمكن أن تموت البادرات حتى في الأنماط الوراثية عالية التحمل

للجفاف. تتوافق هذه النتائج مع كلٍ من (Adele Muscolo وزملاؤه، 2014؛ و Aniat UlHag وزملاؤه، 2010) على محصول العدس، والتمو (2013) في محصول الشعير، والتومي (2012) على محصول القمح، والعودة وزملاؤه (2006) في محصول الشعير.

الجدول (5): تأثير مستويات حلولية محرّضة مختلفة في نمو بادرات العدس.

المعاملة (PEG-6000) Mpa	متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول البادرة (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرة (%)
الشاهد المطلق	4.93	0.00	11.13	0.00
0.2-	3.93	**20.23**	9.40	**15.52**
0.4-	2.73	44.65	7.70	30.75
0.6-	1.67	66.26	6.70	39.81
0.8-	1.20	75.79	5.90	46.99
L.S.D (0.01)	0.30	6.89	0.53	4.42
C.V%	5.59	8.84	3.42	8.82

*: توجد فروق معنوية على مستوى 1%

استناداً لما تقدم، تتلخص تقانة الغربلة Screening technique لتحمل الإجهاد الحلولي في طور البادرة الفتية على النحو الآتي:

بادرات العدس بعمر (72ساعة)	←	**المستوى المحرِّض الأمثل(16 ساعة) (−0.2 Mpa)**	← **المستوى المميت الأمثل(48ساعة) (−2.0 Mpa)**	← **استعادة النمو في الماء المقطر، وعند درجة حرارة 25°م (72ساعة)**

1-3- غربلة طرز العدس المدروسة استجابةً للإجهاد الحلولي عند مستوى البادرة الفتية:

تُشير نتائج التحليل الإحصائي إلى وجود فروقاتٍ معنوية في كلٍ من متوسط طول البادرات (الجذور والسويقة الجنينية)، ومتوسط نسبة الانخفاض في طول البادرات بالمقارنة مع الشاهد، ويُلاحظ من الجدول (6) أنَّ متوسط طول البادرة كان الأعلى معنوياً لدى الطرز إيبلا، إدلب3، وإدلب4 (10.18، 8.70، 8.48 سم على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط طول البادرة الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية L-55017، وL-55001، والصنف كردي (3.69، 5.34، 5.37 سم على التوالي) دون فروقاتٍ معنوية بينها. وكانت نسبة الانخفاض في متوسط طول البادرات الأدنى معنوياً لدى الطرز إيبلا، L-55001، إدلب4 (23.32، 23.72،26.81% على التوالي)، في حين كانت نسبة الانخفاض الأعلى معنوياً لدى الصنفين كردي، وإدلب 3، والطراز L-55051 (39.33، 37.42، 35.96% على التوالي). ويمكن توزيع الطرز الوراثية المدروسة استناداً إلى متوسط طول البادرة ونسبة الانخفاض فيها إلى طرز عالية التحمل للإجهاد الحلولي، وطرز عالية الحساسية، وطرز متوسطة التحمل باستعمال أسلوب التحليل الإحصائي المُسمَّى Z-distribution (الشكل، 4a):

- ❖ الطرز الوراثية عالية التحمل: هي التي أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول البادرات وأعلى متوسط طول كلي للبادرات، مثل الصنف إدلب4، والصنف إيبلا.
- ❖ الطرز الوراثية عالية الحساسية: هي التي أبدت أعلى نسبة انخفاض في طول البادرات وأدنى متوسط طول كلي للبادرات، مثل الطرز الوراثية كردي، إدلب2، L-55051، وL-55017 .
- ❖ الطرز الوراثية متوسطة التحمل إلى متحملة، مثل الطرازين L-55118، L-55001
- ❖ الطرز الوراثية متوسطة الحساسية إلى حساسة، مثل الصنفين إدلب3، حوراني.

ويُلاحظ أيضاً من الجدول (6) وجود فروقاتٍ معنوية في متوسط طول المجموعة الجذرية ونسبة الانخفاض فيها بين الطرز الوراثية المدروسة بالمقارنة مع الشاهد، وبينت نتائج التحليل

الإحصائي أنّ متوسط طول الجذور كان الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية إيبلا، إدلب4، ادلب3 (5.49، 4.46، 3.88 سم على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55017، كردي، L-55051 (1.83، 2.40، 2.48 سم على التوالي)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وكانت نسبة الانخفاض في متوسط طول المجموعة الجذرية الأعلى معنوياً لدى الطرز إدلب3، وL-55051، إدلب2، (39.94، 37.66، 37.52% على التوالي) وبدون فروقات معنوية بينها، في حين كانت نسبة الانخفاض الأدنى معنوياً لدى الطرز إيبلا، إدلب 4، L-55017 (20.41، 29.93، 29.96% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وقد تمَّ توزيع الطرز الوراثية المدروسة استناداً إلى متوسط طول الجذور ونسبة الانخفاض فيها إلى طرز عالية التحمل للإجهاد الحلولي، وطرز عالية الحساسية، وطرز متوسطة التحمل باستعمال أسلوب التحليل الإحصائي المسمى Z-distribution (الشكل، b4):

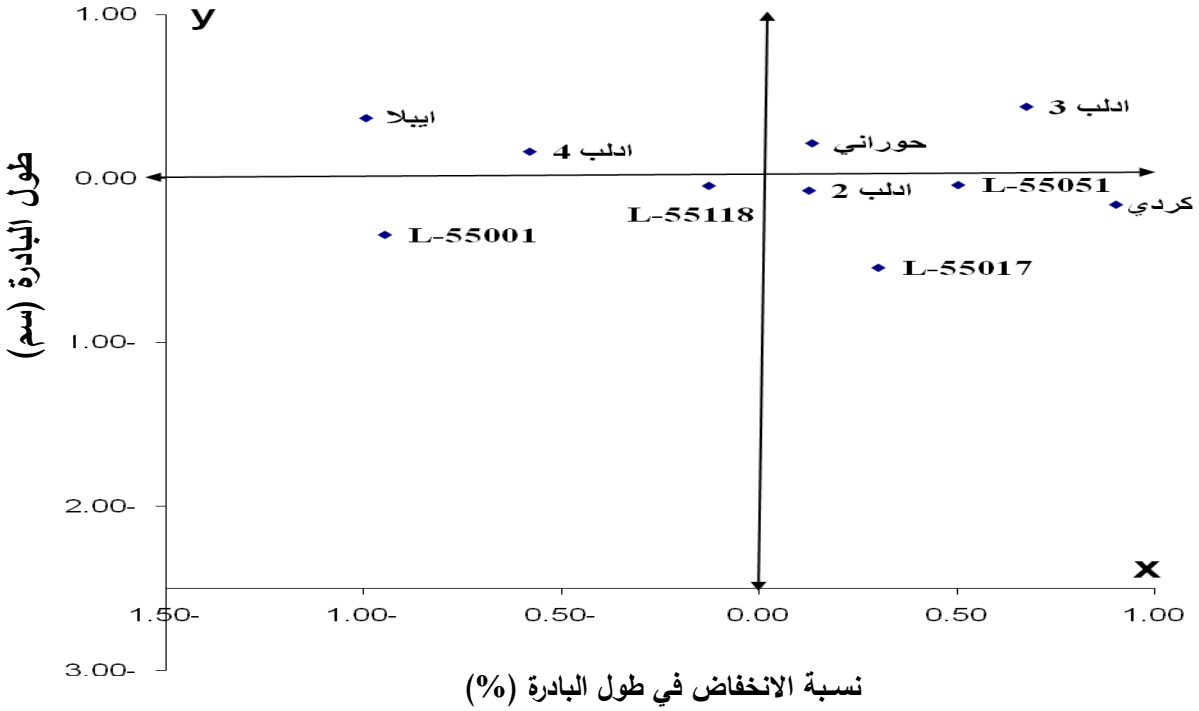
- ❖ الطرز الوراثية عالية التحمل: هي التي أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول الجذور وأعلى متوسط طول كلي للجذور مثل الأصناف إدلب4، حوراني، وإيبلا.
- ❖ الطرز الوراثية عالية الحساسية: هي التي أبدت أعلى نسبة انخفاض في طول الجذور وأدنى متوسط طول كلي لها، مثل الصنف كردي، والطرازين L-55051، وL-55001 .
- ❖ الطرز الوراثية متوسطة التحمل إلى متحملة، مثل الطراز الوراثي L-55017.
- ❖ الطرز الوراثية متوسطة الحساسية إلى حساسة، مثل الطرز الوراثية إدلب3، إدلب2، L-55018.

الجدول (6): التباين الوراثي في استجابة طرز العدس للإجهاد الحلولي.

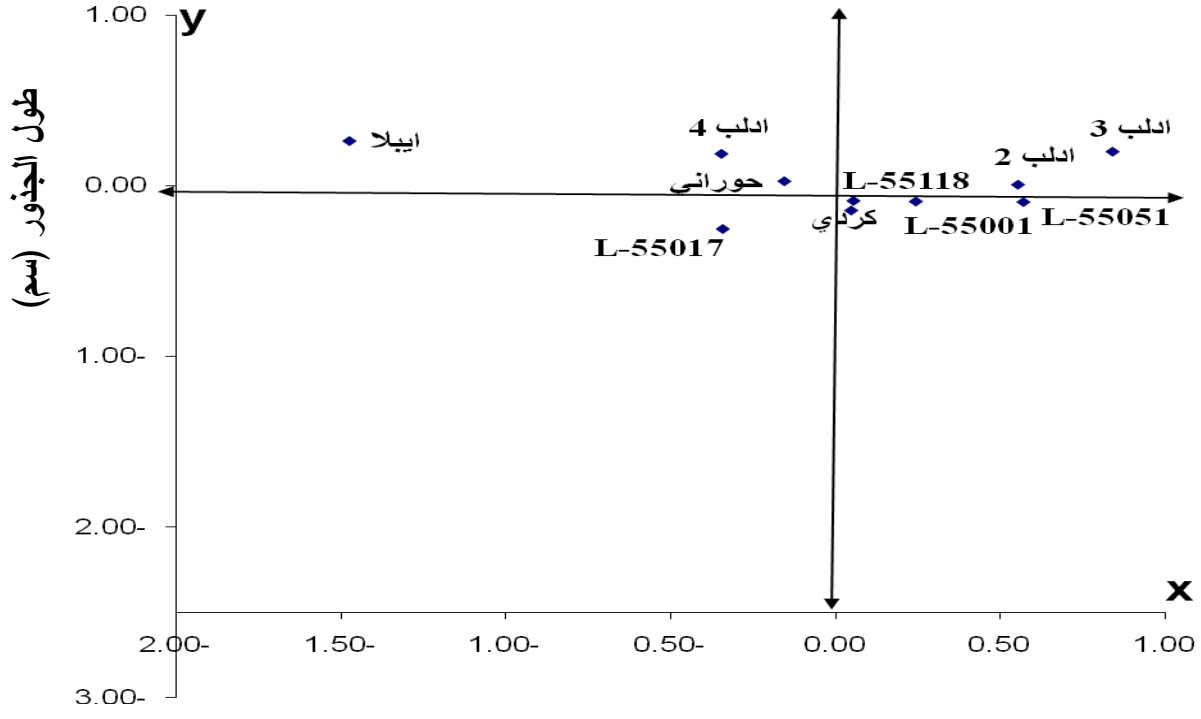
الطرز الوراثية	متوسط طول	نسبة الانخفاض في	متوسط طول	نسبة الانخفاض في

		الجذور(سم)	طول الجذور (%)	البادرة (سم)	طول البادرة (%)
إدلب 2	الشاهد	4.84	37.52	9.59	32.77
	المعاملة	3.01		6.40	
إدلب 3	الشاهد	6.47	39.94	13.91	37.42
	المعاملة	3.88		8.70	
إدلب 4	الشاهد	6.36	29.93	11.60	26.81
	المعاملة	4.46		8.48	
إيبلا	الشاهد	6.99	20.41	13.32	23.32
	المعاملة	5.49		10.18	
حوراني	الشاهد	5.01	31.54	12.03	32.84
	المعاملة	3.42		8.08	
كردي	الشاهد	3.57	33.25	8.87	39.33
	المعاملة	2.40		5.37	
L-55051	الشاهد	3.98	37.66	9.88	35.96
	المعاملة	2.48		6.33	
L-55118	الشاهد	4.04	33.31	9.84	30.64
	المعاملة	2.71		6.78	
L-55001	الشاهد	4.01	34.91	7.32	23.72
	المعاملة	2.54		5.34	
L-55017	الشاهد	2.65	29.96	5.62	34.26
	المعاملة	1.83		3.69	
L.S.D (0.01)	الشاهد	1.03*	-	1.84*	-
	المعاملة	0.49*		0.86*	
C.V%	الشاهد	12.58	-	10.52	-
	المعاملة	8.91		7.26	

*: توجد فروق معنوية على مستوى 1%



شكل (a4): توزع طرز العدس حسب استجابتها للإجهاد الحلولي حسب التحليل الإحصائي-Z distribution analysis.



شكل (b4): توزع طرز العدس حسب استجابتها للإجهاد الحلولي حسب التحليل الإحصائي-Z distribution analysis.

4-1- تقييم أهمية التحريض:

يُلاحظ من الجدول (7)، وجود فروقاتٍ معنوية بين المعاملات المعتمدة للوقوف على أهمية التحريض في تحسين كفاءة البادرات في تحمل المستوى المميت من الإجهاد الحلولي. وكان متوسط طول الجذور والبادرات الأعلى معنوياً في البادرات المُحرَّضة (2.27، 6.80 سم على التوالي) في حين كان متوسط طول الجذور والبادرات الأدنى معنوياً لدى البادرات غير المحرَّضة التيُ نقلت مباشرةً إلى المستوى الحلولي المميت الأمثل (0.92، 5.43 سم على التوالي)، وكانت نسبة الانخفاض في طول كلٍ من الجذور والبادرات الأعلى معنوياً لدى البادرات غير المحرَّضة (76.62، 41.72% على التوالي) بالمقارنة مع البادرات المحرَّضة (41.92، 27.04 % على التوالي)، ما يُشير إلى أهمية التحريض الحلولي في تحسين كفاءة البادرات على تحمل المستويات الحلولية المميتة. ويُعزى ارتفاع نسبة الانخفاض في طول الجذور والبادرات لدى البادرات غير المُحرَّضة إلى تعرّضها إلى صدمةٍ حلولية Osmotic shock، لذلك يعتمد نجاح أسلوب الغربلة على النقل المرحلي للبادرات من المستويات المجهدة غير المميتة إلى المستويات المميتة من الإجهاد، بحيث تتمكن البادرات خلال فترة الإجهاد غير المميت من تجميع وسائلها الدفاعية، وذلك حسب الطاقة الوراثية الكامنة لكل نمط وراثي، والتحضير لمواجهة المستوى المميت، في حين يؤدي التعريض المباشر للمستويات المميتة إلى قتل جميع بادرات الطرز الوراثية الحساسة والمتحملة على حدٍ سواء، لأنَّها لم تُعطَ الزمن الكافي للتعبير عن طاقتها الوراثية الكامنة في تصنيع الوسائل الدفاعية، تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه كلٍ من Adele Muscolo وزملاؤه (2014)، و Aniat UlHag وزملاؤه (2010) في محصول العدس، والتمو (2013) في محصول الشعير، والعودة وزملاؤه (2005) في محصول القمح، والعودة وزملاؤه (2006) في محصول الشعير.

الجدول (7): أهمية التحريض الحلولي في تحسين تحمل بادرات العدس للمستوى المميت من الإجهاد الحلولي.

المعاملات	متوسط طول الجذور (سم)	نسبة الانخفاض في طول الجذور (%)	متوسط طول البادرة (سم)	نسبة الانخفاض في طول البادرة (%)
الشاهد المطلق	3.90	0.00	9.37	0.00
بادرات مُحرَّضة	2.27	41.92	6.80	27.04
بادرات غير مُحرَّضة	0.92	76.62	5.43	41.72
L.S.D (0.01)	0.19*	5.12*	1.22*	9.77*
C.V%	9.41	15.26	19.89	21.15

*: توجد فروق معنوية على مستوى 1%

ثانياً- الدراسة ضمن الأصص الزراعية (الطريقة الوزنية):

2-1-المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي Leaf Area Duration(LAD) (سم^2. يوم$^{-1}$):

بيَّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي بين الطرز الوراثية المدروسة. ويُلاحظ من الجدول (8) أنَّ متوسط المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي كان الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، وإيبلا، و L-55051 (6.72، 5.66، 5.04 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز إدلب4، L-55001، L-55118 (2.23، 2.86، 2.96 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. عموماً، تتحدد كفاءة النبات التمثيلية ومن ثمَّ معدل تصنيع المادة الجافة وتراكمها، بكمية الطاقة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي المعترضة (I)، وكمية الطاقة الضوئية الممتصةAbsorbed light energy، التي تتحدد بمساحة المسطح الورقي الأخضر وكفاءة جزيئات اليخضور في امتصاص الفوتونات الضوئية ونقلها إلى مراكز التفاعل في الأنظمة الضوئية (de Souza وزملائه، 2003). ويمكن أن يُعزى التباين في كفاءة الطرز الوراثية المدروسة في المحافظة على اخضرار الأوراق إلى التباين في حجم المجموعة

الجذرية، مثل الطرز كردي، إيبلا، والطراز L55051، التي ترافق فيها المحافظة على المسطح الورقي الأخضر الفعّال في التمثيل الضوئي مع معدل نمو عالٍ للمجموعة الجذرية على عكس الطرز إدلب4، L55001، L55018، حيث ترافق تراجع المسطح الورقي الأخضر الفعّال في التمثيل الضوئي مع أقل معدل نمو للمجموعة الجذرية، وهذا ما يؤكد على أهمية المقدرة على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب في زيادة كفاءة النبات في استخلاص كمية أكبر من الماء من طبقات التربة العميقة الرطبة، وزيادة نقاط التماس مع حبيبات التربة، فتزداد كمية الماء الممتصة من قبل الجذور لتكون كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح والمحافظة على الاتزان المائي داخل الخلايا النباتية، أيّ المحافظة على ضغط الامتلاء اللازم لاستمرار استطالة الخلايا النباتية، ومن ثمَّ نمو الأوراق. ويؤدي من ناحية أُخرى امتلاك بعض الطرز الوراثية المقدرة على التعديل الحلولي من خلال تخفيض الجهد الحلولي، بفضل تصنيع وتجميع الذائبات التوافقية في سيتوبلاسم الخلايا النباتية (مثل، تصنيع كمية أكبر من البرولين) إلى زيادة فرق التدرج في الجهد المائي بين التربة وخلايا المجموعة الجذرية، فيستمر تدفق الماء وامتصاص اللازم للمحافظة على الحد الأدنى من جهد الامتلاء الضروري لاستطالة الخلايا النباتية. ويُلاحظ من نتائج التجربة الحقلية أنَّ متوسط محتوى البرولين في الأوراق كان الأعلى معنوياً لدى الطرازين كردي وإيبلا (15.03 ، 13.74ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب)، ما يُشير إلى اختلاف الآلية المرتبطة بالمحافظة على استدامة اخضرار الأوراق، فيمكن أن تتعلق بالعوامل المسامية (الناقلية المسامية ومعدل فقد المياه بالنتح)، أو العوامل البيوكيميائية (التعديل الحلولي)، أو العوامل الأرضية (الجذور، وقوام التربة). ويمكن أن يكون لحجم الأصيص تأثير سلبي في نمو الجذور وتطورها لدى بعض الطرز الوراثية المدروسة، ومن ثمَّ مقدرتها على امتصاص المياه والمحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، وهذا ما يُسمى اصطلاحاً Pot size effect. وهذا يتوافق مع دراسة قام بها Minobu Kasai (2012) التي بيَّنت أنَّ زراعة نباتات فول الصويا

في أُصص ذات حجم أكبر أدّت إلى زيادة المسطح الورقي الاخضر الفعّال في التمثيل الضوئي النباتي عن طريق زيادة الناقلية المسامية. ولُوحِظ وجود ارتباط إيجابي بين حجم الأصيص وكلٍ من محتوى الأوراق من الكلوروفيل ومعدل التمثيل الضوئي وزيادة نسبة الجذور الى المجموع الهوائي.

2-2-كمية المياه المنتوحة التراكمية (CWT) (كغ. أصيص$^{-1}$) Cumulative water transpired:

بيَّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة كمية المياه المنتوحة التراكمية بين الطرز الوراثية. ويُلاحظ من الجدول (8) أنَّ متوسط كمية المياه المنتوحة التراكمية كان الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، و L-55118، وحوراني، وإدلب4 (5.52، 3.79، 3.62، 3.60 كغ.أصيص$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55051، L-55001، L-55017 (1.83، 2.48، 2.51 كغ.أصيص$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

3-2-معدل فقد المياه بالنتح (MTR) (غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) Mean Transpiration Ratio :

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة معدل فقد المياه بالنتح بين الطرز الوراثية. ويُلاحظ من الجدول (8) أنَّ متوسط معدل فقد المياه بالنتح كان الأعلى معنوياً لدى الطرز إدلب4، L-55118، حوراني،L-55001، وكردي (1.62، 1.33، 0.93، 0.88، 0.83غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55051، L-55017، إيبلا (0.36، 0.53، 0.56 غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. ويُعزى التباين في كمية المياه الكلية المنتوحة، ومتوسط كمية المياه المنتوحة في وحدة المساحة الورقية إلى التباين في المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، حيث تؤدي زيادة المساحة الورقية واستمرار اخضرار الأوراق لفترةٍ زمنيةٍ أطول إلى زيادة كمية المياه

الكلية المنتوحة، ومعدل فقد المياه بالنتح، نتيجة زيادة كمية الأشعة الشمسية المستقبلة والممتصة، ما يؤدي إلى زيادة فرق التدرج في ضغط بخار الماء بين الأوراق والوسط المحيط Leaf to air vapor pressure difference (VPD)، الذي يُعد بمنزلة القوة الرئيسة المحركة لفقد الماء من الأوراق إلى الوسط المحيط. ويؤكد هذا الاستنتاج حقيقة أنَّ متوسط المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي كان الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، إيبلا، و L-55051 (6.72، 5.66، 5.04 سم^{2}. يوم$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز إدلب4، L-55001، وL-55118 (2.23، 2.86، 2.96 سم^{2}. يوم$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. ويمكن أن يُعزى ذلك إلى التباين في درجة انفتاح المسامات بين الطرز، أيّ الناقلية المسامية (g_s)، والتباين في سرعة الانغلاق استجابةً إلى التباين في العوامل المناخية، حيث تؤدي درجة الحرارة المرتفعة، والرطوبة النسبية الجوية المنخفضة، وزيادة سرعة الرياح، إلى زيادة فرق التدرج في ضغط بخار الماء بين الأوراق والوسط المحيط (VPD)، ما يؤدي إلى زيادة معدل فقد المياه بالنتح (Grantz, 1990)، ويمكن أن يُعزى التباين في درجة انفتاح المسامات بدوره إلى التباين في معدل تصنيع حمض الأبسيسيك (ABA) في الجذور، حيث يتحدد ذلك بكمية ومعدل نقل الإشارة الكيميائية مع تيار الماء من الجذور إلى الأوراق Root to shoot chemical signal، بالإضافة إلى التباين في حساسية المجسات Sensors المرتبطة بأغشية الخلايا الحارسة السيتوبلاسمية Tonoplast لحمض الأبسيسيك، أو التباين في كمية حمض الأبسيسيك المخزنة في أنسجة الأوراق، التي تتحرر نتيجة التبدلات الحاصلة في درجة الحموضة استجابةً لظروف الجفاف، الذي يحث المسامات على الانغلاق (Zheng and Tian ,2000; Assmann *et al.*, 2000). ويؤدي حمض الأبسيسيك (ABA) دوراً مهماً في تحسين تحمل الجفاف، حيث يُشجع على انغلاق المسامات من خلال زيادة المقاومة المسامية (r_s) لتدفق المياه عبر المسامات خلال عملية التبادل الغاز، وزيادة معدل استطالة الجذور،

وتشكل الشعيرات الجذرية الفعالة في امتصاص الماء بالإضافة على تقليص حجم الأجزاء الهوائية. ويؤكد ذلك ارتفاع قيمة معدل فقد المياه بالنتح لدى الطرازين الوراثيين إدلب4 و L-55118 (1.26، 1.33 غ.سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) رغم حقيقة أنَّ المساحة الورقية الخضراء لديهما الادنى معنوياً (2.23، 2.96 سم^{2}.يوم$^{-1}$ على التوالي)، وبالمقابل يلاحظ أن معدل فقد المياه بالنتح كان الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55051 (0.36 غ.سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$) رغم تشكيله مساحة ورقية فعَّالة الأعلى معنوياً (5.04 سم^{2}.يوم$^{-1}$)، ولكن كمية المياه المنتوحة التراكمية كانت الأدنى معنوياً (1.83 كغ. أصيص$^{-1}$).

عموماً، تُعد صفة ضبط الناقلية المسامية أي تقليل الناقلية المسامية أو زيادة المقاومة المسامية r وذلك بتقليل درجة انفتاح المسامات من الصفات الفيزيولوجية المهمة المرتبطة بتجنب ظروف العجز المائي، وتُعد من أوائل الوسائل الفيزيولوجية الدفاعية في النبات تحت ظروف شح المياه. حيث يُساعد تراجع الناقلية المسامية استجابةً لظروف العجز المائي في تقليل معدل فقد المياه بالنتح، ومن الممكن أن يؤدي تراجع الناقلية المسامية إلى تحسين صفة كفاءة استعمال المياه شريطة أن يكون انغلاق المسامات جزئياً وليس تاماً، وخاصةً في الأنماط الوراثية التي تتسم بمعدلات تمثيل ضوئي عالية، لأنّ الانغلاق التام أو الكامل للمسامات يؤدي إلى تعطيل التأثير المبرد Cooling effect لعملية فقد المياه بالنتح، ما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأوراق واحتراقها وشيخوختها بشكلٍ مبكر، بالإضافة إلى تراجع معدل صافي انتشار غاز الفحم CO2 diffusion، فتتراجع كفاءة النبات التمثيلية، نتيجة تراجع تركيز CO2 الداخلي (Ci) (Blum, 2005). وقد لُوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين محتوى النبات المائي، وضغط الامتلاء وزيادة الناقلية المسامية (Reddy *et al.*, 2004). توافقت هذه النتائج مع ما توصلت إليه (التمو،2013).

الجدول (8): المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي (LAD) ، كمية المياه المنتوحة التراكمية (CWT) ومعدل فقد المياه بالنتح (MTR) لدى بعض طرز العدس.

الطرز الوراثية	المساحة الورقية الفعّالة (سم^{2}. يوم$^{-1}$)	كمية المياه المنتوحة التراكمية (كغ. أصيص$^{-1}$)	معدل فقد المياه بالنتح (غ. سم$^{-2}$. يوم$^{-1}$)
إدلب 2	4.57	3.33	0.76
إدلب 3	4.75	3.36	0.71
إدلب 4	2.23	3.60	1.62
إيبلا	5.66	3.19	0.56
حوراني	4.06	3.62	0.93
كردي	6.72	5.52	0.83
L-55051	5.04	1.83	0.36
L-55118	2.96	3.79	1.33
L-55001	2.86	2.48	0.88
L-55017	4.89	2.51	0.53
L.S.D (0.05)	1.22*	0.75*	0.32*
C.V%	16.31	13.14	21.95

*: توجد فروقات معنوية عند مستوى 5%

2-4- كمية المادة الجافة الكلية (TDM) (غ. نبات$^{-1}$):

يُلاحظ من الجدول (9) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة بين الأنماط الوراثية. وكان متوسط كمية المادة الجافة الكلية الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، L-55051، حوراني، إيبلا (4.65، 4.12، 3.84، 3.75 غ.نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط كمية المادة الجافة الكلية المصنّعة الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55001 ، إدلب4، L-55017 (1.44، 1.51، 2.67 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. يُعزى التباين في كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة بين الطرز الوراثية إلى التباين في معدل فقد المياه بالنتح، ومن ثمّ كمية المياه الكلية المنتوحة، حيث يُلاحظ أنَّ الطرز الوراثية

التي صنّعت كمية أكبر معنوياً من المادة الجافة هي الأنماط نفسها التي كانت فيها كمية المياه الكلية المنتوحة معنوياً أعلى (كردي، حوراني، إيبلا)، نتيجة وجود علاقة ارتباط خطية بين معدل فقد المياه بالنتح ومعدل التمثيل الضوئي، حيث تفقد النباتات المياه عن طريق المسامات أثناء عملية التبادل الغازي كضريبةٍ للحصول على غاز الفحم (CO_2) اللازم لعملية التمثيل الضوئي، وتصنيع المركبات العضوية (المادة الجافة)، ويزداد معدل انتشار CO_2 ومن ثمّ تركيزه في مراكز التثبيت ضمن الصّانعات الخضراء CO_2-fixation sites بازدياد معدل فقد المياه بالنتح (الناقلية المسامية)، ولكن بالمقابل لا يتحدد معدل التمثيل الضوئي بتركيز غاز الفحم الداخلي (Ci) وإنّما بكفاءة خلايا النسيج المتوسط التمثيلية(gm)، أيّ كفاءة النبات في تحويل الكربون المعدني إلى كربون عضوي، ويتوقف الأخير على كمية الأنزيم Rubisco وفعّاليته (العودة وزملاؤه، 2015). ويُعزى أيضاً التباين بين الأنماط الوراثية في كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة إلى التباين في حجم المصدر (المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي LAD)، حيث لُوحظ أنَّ متوسط المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي كان الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، إيبلا، L-55051، L-55017 (6.72، 5.66، 5.04، 4.89 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي) ، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز إدلب4، L-55001، L-55118 (2.23، 2.86، 2.96 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي)، ما يُشير إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر واستدامة اخضرار الأوراق لزيادة كفاءة النبات التمثيلية من خلال زيادة كمية الطاقة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي المعترضة (I)، حيث تُساعد الطاقة الضوئية المُحرَّضة الممتصة Excited energy على أكسدة الماء ضوئياً بفضل المعقد الأنزيمي المؤكسد للماء Water Oxidizing Enzyme (WOE)، لتحرير الإلكترونات والبروتونات المسؤولة عن توليد القوة المحرضة البروتونية Proton motive force الناجمة عن التدرج في الجهد الكهروكيميائي على جانبي غشاء الصّانعة الخضراء الداخلي Thylakoid membrane، الذي يُسهم

في تصنيع المركبات الغنية بالطاقة (NADPH, ATP) خلال تفاعلات الضوء، التي تُستعمل لاحقاً خلال تفاعلات الظلام لتصنيع المادة الجافة (العودة وزملاؤه، 2015).

2-5-كفاءة استعمال المياه (WUE) (غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء) Water Use Efficiency :

يُلاحظ من الجدول (9) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة كفاءة استعمال المياه بين الطرز الوراثية. وكان متوسط كفاءة استعمال المياه الأعلى معنوياً لدى الطرز L-55051، إيبلا، L-55017 (2.26، 1.19، 1.06 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز ادلب4، L-55001 ، كردي، L-55118 (0.42، 0.59، 0.85، 0.94 غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. تتحدد كفاءة استعمال المياه بشكلٍ أساسي بالناقلية المسامية أيّ معدل فقد المياه بالنتح، ومعدل التمثيل الضوئي (كمية المادة الجافة المُصنّعة). ويُعزى انخفاض قيمة كفاءة استعمال المياه لدى الصنف كردي، والطراز L-55001 رغم تصنيعها معنوياً كمية أكبر من المادة الجافة إلى فقدها بالمقابل كمية أكبر من المياه، حيث كانت كمية المياه الكلية المنتوحة الأعلى معنوياً لدى هذه الطرز الوراثية، الأمر الذي أدّى إلى تراجع قيمة كفاءة استعمال المياه. ويُعزى تفوق الصنف ايبلا والطرازين L-55051، L-55017 في متوسط قيمة كفاءة استعمال المياه بالمقارنة مع باقي الأنماط الوراثية إلى تدني قيمة كمية المياه الكلية المنتوحة لدى L-55001، L-55017 (2.48، 2.51 كغ.أصيص$^{-1}$ على التوالي)، الأمر الذي زاد من قيمة كفاءة استعمال المياه، حيث تحددت قيمة كفاءة استعمال المياه في مثل هذه الأنماط الوراثية بالعوامل المسامية Stomatal factors وتسمى اصطلاحاً Conductance types، وغالباً ما تُعطي مثل هذه الأنماط الوراثية غلة حبية معنوياً أدنى بالمقارنة مع الأنماط الوراثية التي تزداد فيها قيمة كفاءة استعمال المياه بازدياد كمية المادة الجافة المُصنّعة عند أي مستوى من معدل فقد المياه بالنتح، أو تلك التي يترافق فيها تراجع الناقلية المسامية ومن ثمّ معدل فقد المياه بالنتح مع ازدياد معدل التمثيل الضوئي، أو المحافظة على معدل التمثيل الضوئي، ويمكن تسميتها اصطلاحاً بالأنماط الكفوءة Capacity types (Al-ouda, 1999)، كما هو الحال لدى الصنف كردي الذي صنّع كمية أكبر معنوياً من المادة الجافة (4.65 غ. نبات$^{-1}$) بالمقارنة مع باقي الأنماط الوراثية، ولكن كانت بالمقابل كمية المياه الكلية المنتوحة الأعلى معنوياً (5.52 كغ. أصيص$^{-1}$)، الأمر الذي

أثّر سلباً في قيمة كفاءة استعمال المياه (Rebetzke *et al*,. 2002). وعليه نجد من نتائج التجربة الحقلية قد سجّل الطراز الوراثي إدلب2 معنوياً أعلى غلة من البذور بالمتوسط مقارنة مع باقي الطرز المدروسة (1743 كغ.هكتار$^{-1}$)، تلاه الطرز الوراثية إدلب4، إدلب3، إيبلا، كردي، والطراز حوراني (1715، 1478، 1459، 1432 ، 1398 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقات معنوية بينها. توافقت هذه النتائج مع التمو (2013) في الشعير.

الجدول (9): كمية المادة الجافة، وكفاءة استعمال المياه لدى بعض طرز العدس.

الطرز الوراثية	كمية المادة الجافة (غ. نبات$^{-1}$)	كفاءة استعمال المياه (غ مادة جافة. كغ$^{-1}$ ماء)
إدلب 2	3.24	1.04
إدلب 3	3.51	1.08
إدلب 4	1.51	0.42
إيبلا	3.75	1.19
حوراني	3.84	1.06
كردي	4.65	0.85
L-55051	4.12	2.26
L-55118	3.58	0.94
L-55001	1.44	0.59
L-55017	2.67	1.06
L.S.D (0.05)	1.07*	0.49*
C.V%	19.36	27.11

*: توجد فروقات معنوية عند مستوى 5%.

2-6-الوزن الجاف للمجموعة الهوائية (غ. نبات$^{-1}$):

يُلاحظ من الجدول (10) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة متوسط الوزن الجاف للمجموعة الهوائية بين طرز العدس المدروسة. وكان متوسط الوزن الجاف للمجموعة الهوائية الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، حوراني، إدلب3 (4.90، 4.42، 4.30 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط الوزن الجاف للمجموعة الهوائية الأدنى معنوياً لدى الطرز

L-55001، إدلـب4، L-55017 ، L-55118 (1.49، 2.95، 2.97 ، 3.81 غ. نبـات$^{-1}$ علـى التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. يُعزى التباين الوراثي في الوزن الجاف للأجزاء الهوائية إلى التباين في كفاءة الطرز الوراثية في المحافظة على المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وكفاءة النباتات التمثيلة، ومن ثمّ كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة، حيث تبين النتائج أنَّ متوسط المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي كان الأعلى معنوياً لدى الطرز كردي، إيبلا،L-55051 (6.72، 5.66، 5.04 سم^{2}. يوم$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز إدلب4، L-55001، L-55118 (2.23، 2.86، 2.96 سم^{2}. يوم$^{-1}$ على التوالي)، وكان متوسط كمية المادة الجافة للأجزاء الهوائية الأعلى معنوياً لدى لدى الطرز كردي، L-55051، حوراني، ايبلا (4.65، 4.12، 3.84، 3.75 نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط كمية المادة الجافة الكلية المصنّعة الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55001، إدلب4، L-55017 (1.44، 1.51، 2.67 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. ما يُشير إلى أهمية المحافظة على المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، وكفاءة النبات التمثيلية لزيادة الكتلة الحية للأجزاء الهوائية. ويُمكن أن يُعزى التباين في الوزن الجاف للأجزاء الهوائية إلى التباين في كمية المادة الجافة المسخّرة للجذور، حيث يُلاحظ أنَّ الوزن الجاف للجذور كان الأعلى معنوياً لدى الأنماط الوراثية L-55051، وكردي، وL-55017، وإيبلا (0.37، 0.30، 0.30، 0.28غ. نبات$^{-1}$ على التوالي)، ما يسمح بزيادة معدل نمو الجذور وتطورها، ومن ثمَّ زيادة كمية المياه والعناصر المغذية الممتصة والواصلة إلى الأجزاء الهوائية، ما يؤدي إلى زيادة معدل نمو الأجزاء الهوائية وتطورها، والمحافظة على استدامة اخضرارها وفعاليتها بعملية التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة وتراكمها.

2-7- الوزن الجاف للمجموعة الجذرية (غ. نبات$^{-1}$):

يُلاحظ من الجدول (10) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة الوزن الجاف للمجموعة الجذرية بين الطرز المدروسة. وكان متوسط الوزن الجاف للمجموعة الجذرية الأعلى معنوياً لدى L-55051 ، كردي، L-55017، إيبلا (0.37، 0.30، 0.30 ، 0.28غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط الوزن الجاف للمجموعة الجذرية الأدنى معنوياً لدى الطرز L-55001، إدلب3، إدلب4، L-55118 (0.22، 0.23، 0.24، 0.25 غ. نبات$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. عموماً، يمكن أن يُعزى التباين الوراثي بين الطرز الوراثية المدروسة في الوزن الجاف للأجزاء الأرضية إلى التباين في المقدرة الوراثية على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب، من خلال تسخير كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي لزيادة معدل نمو الجذور وتطورها، وخاصةً أنّ هذه الدراسة قد تمّت تحت ظروف إتاحة المياه (100% من السعة الحقلية)، أو إلى التباين في كفاءة توزيع Partitioning efficiency نواتج التمثيل الضوئي بين أجزاء النبات المختلفة، بحيث تُسخّر كمية أكبر للأجزاء الأرضية كما هو الحال لدى L-55051 ، كردي، L-55017، إيبلا الأمر الذي يُساعد في زيادة كفاءة نباتات تلك الأنماط الوراثية على امتصاص كميةٍ أكبر من المياه والعناصر المعدنية المغذية الداخلة مع تيار الماء، والمحافظة على الاتزان المائي داخل الخلايا النباتية، أيّ المحافظة على ضغط الامتلاء اللازم لاستطالة الخلايا النباتية، ما يؤدي إلى زيادة معدل نمو الأجزاء الهوائية وتطورها، وامتصاص كمية من المياه كافية لتعويض المياه المفقودة بالنتح وخاصةً في البيئات غير المجهدة مائياً.

2-8- نسبة المجموعة الجذرية إلى المجموعة الهوائية (%):

يُلاحظ من الجدول (10) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة نسبة المجموعة الجذرية إلى المجموعة الهوائية بين الطرز الوراثية. وكان متوسط نسبة المجموعة الجذرية إلى المجموعة الهوائية الأعلى معنوياً لدى الطرز L-55001، L-55017، إدلب4 (15.62، 10.22، 8.20% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرازين إدلب3، حوراني (5.53، 6.01%)، وبدون فروق معنوية بينهما.

تتجلى أهمية صفة نمو الجذور والمقدرة الوراثية على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب، في مقدرة النبات على استخلاص الماء من طبقات التربة العميقة الرطبة وزيادة نقاط التماس مع حبيبات التربة وتعويض الماء المفقود بالنتح، أي المحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، ومن ثمَّ تبقى المسامات مفتوحة وتستمر في المحافظة على ناقلية مسامية (gs) أعلى، أيّ استمرار عملية فقد المياه بالنتح وتبريد أجزاء النبات الهوائية، واستمرار عملية دخول غاز الفحم (CO_2)، ومن ثمَّ استمرار عملية التمثيل الضوئي وتثبيت الكربون CO_2 fixation وبالتالي تصنيع المادة الجافة اللازمة لنمو أجزاء النبات المختلفة وتطورها (Sharp and LeNoble, 2002). عموماً، يُعد زيادة نسبة الأجزاء الأرضية إلى الأجزاء الهوائية من الصفات التكيفية المهمة المرتبطة بتجنب الجفاف، كما تُعد صفة المقدرة على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب بمنزلة خط الدفاع المورفولوجي الأول، خاصةً في البيئات المجهدة مائياً، وتُصنَّف الأنماط الوراثية التي تمتلك المقدرة على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب ضمن فئة منفقات المياه Water spenders، وهي أهم من الناحية الإنتاجية من فئة مدخرات المياه Water savers، حيث يرتبط استمرار فقد المياه بالنتح مع المحافظة على استدامة اخضرار الأوراق، وكفاءة النبات التمثيلية (العودة وزملاؤه، 2015).

الجدول (10): الوزن الجاف للمجموعة الهوائية والجذرية (غ. نبات$^{-1}$)، ونسبة المجموعة الجذرية إلى الهوائية(%) لدى بعض طرز العدس.

الطرز الوراثية	الوزن الجاف للمجموعة الهوائية (غ. نبات$^{-1}$)	الوزن الجاف للمجموعة الجذرية (غ. نبات$^{-1}$)	نسبة المجموعة الجذرية إلى الهوائية (%)
إدلب 2	4.20	0.26	6.35
إدلب 3	4.30	0.23	5.53
إدلب 4	2.95	0.24	8.20
إيبلا	4.06	0.28	7.03
حوراني	4.42	0.26	6.01
كردي	4.90	0.30	6.08
L-55051	4.27	0.37	8.64
L-55118	3.81	0.25	6.39
L-55001	1.49	0.22	14.76
L-55017	2.97	0.30	10.22
L.S.D (0.05)	1.16*	0.08*	2.10*
C.V%	18.14	18.43	15.33

*: توجد فروقات معنوية عند مستوى 5%.

علاقات الارتباط البسيط Simple correlations

يُلاحظ من الجدول (11) وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين كمية المياه المنتوحة التراكمية، والمساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وكمية المادة الجافة الكلية المتشكلة ($r = 0.75^{*}$، $r = 0.83^{*}$ على التوالي)، وكذلك لُوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين المساحة الورقية الخضراء الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وكمية المادة الجافة المُصنَّعة ($r = 0.88^{**}$)، ما يُبين أنّ المسطح الورقي الأخضر المعرّض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس يتناسب طرداً مع معدل فقد المياه بالنتح، ومن ثمّ كمية المياه الكلية المنتوحة التراكمية، حيث أنّ زيادة المساحة الورقية تؤدي إلى زيادة كمية الأشعة الضوئية الممتصة، ولكن لا يستخدم سوى 5% من كامل الطاقة الشمسية في عملية التمثيل الضوئي (الأشعة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي)، حيث أنّ

جزءاً كبيراً منها يكون غير قابل للامتصاص من قبل جزيئات اليخضور، وجزء آخر منها يعمل على تسخين الأوراق، وزيادة قيمة فرق التدرج في ضغط بخار الماء بين الأوراق والوسط المحيط (VPD)، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدل فقد المياه بالنتح. هذا بالإضافة إلى أهمية المحافظة على المسطح الورقي الأخضر الفعَّال في عملية التمثيل الضوئي (LAD) لزيادة كفاءة النبات التمثيلية، وذلك من خلال امتصاص كميةٍ أكبر من الطاقة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمَّ زيادة معدل تثبيت الكربون. ويُلاحظ من الجدول أيضاً وجود علاقة ارتباط سلبية ومعنوية بين كفاءة استعمال المياه (WUE) وكمية المياه المنتوحة التراكمية (CWT) ($r = - 0.85^{*}$)، وكذلك لُوحظ وجود علاقة ارتباط سلبية بين معدل فقد المياه بالتبخر– نتح وكفاءة استعمال المياه ($r = - 0.74$). ويُعزى ذلك إلى حقيقة أنَّ قيمة كفاءة استعمال المياه تتحدد بشكلٍ رئيس بعاملين رئيسيين، هما معدل التمثيل الضوئي ('A')، ومعدل فقد المياه بالنتح (T) ($WUE = A/T$) ، ومن ثمّ فإنَّ زيادة كل من كمية المياه الكلية المنتوحة ومعدل فقد المياه بالتبخر– نتح في وحدة المساحة الورقية ستؤدي إلى تراجع قيمة كفاءة استعمال المياه ما لم يترافق ذلك بزيادة أكبر بكمية المادة الجافة المُصنّعة بعملية التمثيل الضوئي اللازمة لنمو النبات وتطوره، كما نلاحظ وجود علاقة ارتباط سلبية بين كفاءة استعمال المياه ونسبة المجموع الجذري إلى الهوائي ($r = - 0.16$) حيث أنَّ زيادة حجم المجموعة الجذرية يعني امتصاص كمية من الماء كافية إلى حدٍ ما لتعويض الماء المفقود بالنتح، ما يضمن المحافظة على قيم مرتفعة من جهد الامتلاء، ومن ثمَّ استمرار انفتاح المسامات وفقد المياه بالنتح، فتزداد كمية المياه المنتوحة التراكمية /معدل فقد المياه بالنتح، ما يؤدي إلى تراجع WUE ($WUE = A/T$)، لانه عند ناقلية مسامية معينة، فإنَّ كمية المياه المنتوحة أكبر بنحو 1.6 مرة من كمية CO_2 المنتثرة، لذلك يقال أنَّ النباتات تفقد المياه كضريبة باهظة للحصول على CO_2 اللازم لعملية التمثيل الضوئي، وتصنيع المادة الجافة.

الجدول (11): قيم معامل الارتباط بين الصفات المدروسة– الطريقة الوزنية.

الصفة	CWT	TDM	WUE	LAD	MTR	RW	SW	R/S
CWT								
TDM	0.83*							
WUE	-0.85*	-0.21						
LAD	0.75*	0.88**	-0.27					
MTR	0.53	-0.15	-0.74	-0.55				
RW	0.25	0.43	0.11	0.39	-0.32			
SW	0.33	0.66*	0.25	0.76*	-0.74	0.52		
R/S	0.27	0.27	-0.16	0.17	0.19	0.89**	0.36	

* معنوي عند مستوى 5%
** معنوي عند مستوى 1%

الجدول (12): يبين الفروقات بين طرز العدس الوراثية من حيث تفوقها في الصفات المدروسة.

الصفة	الأعلى معنوياً			←					الأدنى معنوياً	
المساحة الورقية الخضراء الفعالة	6	4	7	10	2	1	5	8	9	3
كمية المادة الجافة المنتجة	6	7	5	4	8	2	1	10	3	9
معدل فقد الماء بالنتح	2	8	5	9	6	1	2	4	10	7
كمية المياه المنتوحة التراكمية	6	8	5	3	2	1	4	10	9	7
كفاءة استخدام الماء	7	4	2	5	10	1	8	6	9	3
وزن المجموعة الجذرية الجاف	7	6	10	4	5	1	8	3	2	9
وزن المجموعة الهوائية الجاف	6	5	2	1	7	4	8	10	3	9
نسبة المجموهة الجذرية إلى الهوائية	9	10	7	3	4	8	1	6	5	2

الرقم المقابل	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الطراز الوراثي	ادلب 2	ادلب 3	ادلب 4	ايبلا	حوراني	كردي	L-55051	L-55118	L-55001	L-55017

يُعد هذا الجدول بمنزلة هوية لكل طراز وراثي مدروس، يُمكّن مربي النبات من معرفة الصفات المرتبطة بتحسين قيمة كفاءة استعمال المياه التي يتسم بها كل طراز وراثي من العدس، وهذا يُسهل عملية اختيار الآباء بما يتناسب مع أهداف برنامج التربية والتحسين الوراثي.

ثالثاً– تقويم أداء الطرز الوراثية للعدس لتحمل الإجهاد المائي تحت الظروف الحقلية:

3-1-الصفات الشكلية: Morphological traits

3-1-1-ارتفاع النبات (سم) Plant height:

يُلاحظ من الجدول (13) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة ارتفاع النبات بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. وكان متوسط ارتفاع النبات الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (167.4 ملم) (27.67 سم) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (115.6 ملم) (25.00 سم). وكان ارتفاع النبات الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (29.04 سم) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (23.63 سم). وبالنسبة للطرز المدروسة فقد سجل الطراز الوراثي كردي معنوياً أعلى ارتفاع نبات بالمتوسط بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (31.10 سم)، تلاه الطرازين إيبلا و L-55017 (29.57، 28.97 سم على التوالي) دون فروقاتٍ معنوية بينهما، بينما سجَّل الطراز الوراثي L-55001 بالمتوسط أدنى متوسط ارتفاع نبات (15.22 سم).

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجّلت الطرز الوراثية كردي، وإيبلا، و L-55017 معنوياً أعلى متوسط لارتفاع النبات خلال الموسم الزراعي الأول (31.80، 30.62، 30.08 سم على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط ارتفاع النبات الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الثاني (13.47 سم). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى ارتفاع نبات في كلا الموسمين الأول والثاني (30.34 ، 27.74 سم على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية أدنى ارتفاع نبات في كلا الموسمين الزراعيين (25.00، 22.27 سم على التوالي). وبالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة،

فقد سجلت الطرز كردي، إيبلا، L–55017 أعلى متوسط ارتفاع نبات تحت ظروف الشاهد المروي (33.62، 32.97، 32.62 سم على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 أدنى ارتفاع نبات تحت ظروف الزراعة المطرية (12.45 سم)، وتحت ظروف الشاهد المروي (17.98 سم).

أمَّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجلّت الطرز إيبلا، كردي، وL–55017 أعلى متوسط ارتفاع نبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (34.17،33.97، 33.70 سم على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين سجل الطراز L–55001 أدنى ارتفاع نبات تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني (10.73 سم)، وتحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول (14.17 سم). تُشير هذه النتائج إلى دور المياه في تحديد الطول النهائي للنبات، حيث يتأثر ارتفاع النبات سلباً بتراجع محتوى التربة المائي، وقلّة معدل الهطول المطري. ويُعزى بشكلٍ عام تراجع ارتفاع النبات تحت تأثير الإجهاد المائي إلى تراجع متوسط طول السلاميات. ونجد من النتائج وتحت ظروف الزراعة المطرية أنّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية كردي، إدلب3، إيبلا، والطراز إدلب2 (28.58، 26.88، 26.17، 26.12 سم على التوالي) ودون فروقات معنوية بينها، في حين أنها كانت الأدنى معنوياً لدى الطراز L–55001 (12.45 سم). عموماً، يؤدي انخفاض ارتفاع النبات نتيجة تقصير طول السلاميات إلى تقارب الأوراق من بعضها البعض، ما يؤثر سلباً في توزيع الطاقة الضوئية Light distribution بين أجزاء النبات الهوائية المختلفة، وتقل تبعاً لذلك كفاءة الأوراق السفلية التمثيلية، وتتراجع كفاءة استعمال المياه فيها (العودة، 2005). تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Moslem Abchpur *et al.*, 2011) على محصول العدس، وعيسى (2009) على محصول الصويا، والتمو (2013) في محصول الشعير.

الجدول (13): ارتفاع النبات (سم) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
ادلب 2	31.23	27.93	**29.58**	26.67	24.30	**25.48**	28.95	26.12	**27.53**
ادلب 3	31.57	27.73	**29.65**	29.53	26.03	**27.78**	30.55	26.88	**28.72**
ادلب 4	25.60	21.20	**23.40**	21.33	17.33	**19.33**	23.47	19.27	**21.37**
ايبلا	34.17	27.07	**30.62**	31.77	25.27	**28.52**	32.97	26.17	**29.57**
حوراني	31.60	26.97	**29.28**	29.63	25.00	**27.32**	30.62	25.98	**28.30**
كردي	33.97	29.63	**31.80**	33.27	27.53	**30.40**	33.62	28.58	**31.10**
L-55051	33.03	26.37	**29.70**	31.53	24.30	**27.92**	32.28	25.33	**28.81**
L-55118	28.80	22.47	**25.63**	25.90	18.00	**21.95**	27.35	20.23	**23.79**
L-55001	19.77	14.17	**16.97**	16.20	10.73	**13.47**	17.98	12.45	**15.22**
L-55017	33.70	26.47	**30.08**	31.53	24.17	**27.85**	32.62	25.32	**28.97**
المتوسط	**30.34**	**25.00**	27.67	**27.74**	**22.27**	**25.00**	**29.04**	**23.63**	**26.34**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم × طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.40*	0.89*	0.40*	1.26*	0.56*	1.26*	1.78*
C.V (%)	4.21						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%.

3-1-2- دليل المساحة الورقية Leaf Area Index(LAI)

بيَّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة دليل المساحة الورقية بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. ويُلاحظ من الجدول (14) أنَّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (2.31) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (1.86). وكان دليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (2.51) مقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (1.66)، وبالنسبة للطرز المدروسة فقد سجل الطراز الوراثي إدلب2 معنوياً أعلى دليل المساحة الورقية بالمتوسط مقارنة مع باقي الطرز المدروسة (2.99) تلاه الطرز إدلب3، إدلب4، إيبلا، حوراني، وكردي (2.72، 2.57، 2.27، 2.22 ، 2.01 على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين سجلت الطرز الوراثية L-55118 ، الطراز L-55001 و L-55017 بالمتوسط أدنى دليل المساحة الورقية معنوياً (1.37، 1.39، 1.53 على التوالي) ودون فروقاتٍ معنوية بينها.

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، يُلاحظ أنَّ متوسط دليل المساحة ورقية كان الأعلى معنوياً لدى لدى نباتات الطراز إدلب2 (3.07)، تلاه نباتات الطرازان إدلب3 ، إدلب4 خلال الموسم الزراعي الأول (2.98، 2.83 على التوالي)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينها تلاها الطراز إدلب2 (2.91) خلال الموسم الزراعي الثاني، والطرازان إيبلا وحوراني خلال الموسم الأول (2.46 لكل منهما على التوالي)، في حين كان دليل المساحة الورقية الأدنى معنوياً لدى نباتات الطرز L-55001، وL-55118، وL-55017 (1.12، 1.15، 1.16 على التوالي) خلال الموسم الزراعي الثاني وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى دليل مساحة ورقية في كلا الموسمين الأول والثاني (2.75 ، 2.51 على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية

أدنى دليل مساحة ورقية في كلا الموسمين الزراعيين (1.87، 1.86 لكلا الموسمين)، وبالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إدلب2 أعلى متوسط دليل مساحة ورقية تحت ظروف الشاهد المروي (3.43)، تلاه نباتات الطرز إدلب3، إيبلا، حوراني، إدلب4، والطراز كردي تحت ظروف الزراعة المروية (2.93، 2.89، 2.79، 2.74، 2.66 على التوالي) وبدون فروق معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الطرز L-55017، L-55118 و L-55001 تحت ظروف الزراعة المطرية (1.02، 1.09، 1.12 على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، وسجلت بالمقابل الطرز إدلب2، إدلب3، إدلب4 أعلى متوسط دليل مساحة ورقية تحت الظروف المجهدة (2.55، 2.50، 2.40 على التوالي) ودون فروق معنوية بينها. أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إدلب2 أعلى متوسط دليل مساحة ورقية تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسمين الزراعيين (3.47، 3.39)، تلاه الطرز إدلب3، حوراني، كردي خلال الموسم الأول وتحت ظروف الزراعة المروية (3.19، 3.2، 3.2 لكل منها على التوالي، وبدون فروقات معنوية بينها)، بينما سجل كل من الطرازين L-55017، L-55018 أدنى دليل مساحة ورقية تحت ظروف الزراعة المطرية وخلال الموسم الزراعي الثاني (1.02، 1.09 على التوالي)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. يُعزى التباين في المحافظة على معدل استطالة الأوراق بين الطرز المدروسة إمّا إلى: التباين في المحافظة على محتوى الماء النسبي داخل الأوراق، وهذا يعود إمّا إلى التباين في كفاءتها في تشكيل مجموع جذري متشعب ومتعمق (Dwyer and Stewart, 1985)، حيث تتناسب كمية الماء الممتصة طرداً مع عدد الشعيرات الجذرية ذات الكفاءة في امتصاص الماء، حيث أنَّ تشعب المجموعة الجذرية يؤدي إلى زيادة مساحة سطح الامتصاص، مما يزيد من كمية الماء الممتصة من التربة، أو نتيجة التباين في تركيز الإشارة الكيميائية حمض الأبسيسيك (ABA) المصنعّة في الجذور والمنتقلة مع الماء إلى الأوراق، أو إلى التباين في حساسية الخلايا الحارسة للانغلاق استجابةً لظروف نقص المياه نتيجة التباين في حساسية المجسات المرتبطة بأغشية الخلايا الحارسة لحمض الأبسيسك، أو التباين في كفاءة الطرز الوراثية

على تصنيع الذائبات العضوية التوافقية Compatible organic solutes (البرولين، والجلايسيين بيتين) وتجميعها ضمن سيتوبلازم الخلية النباتية، والتي تُسهِم في خفض الجهد المائي داخل الخلايا النباتية ومن ثمَّ زيادة فرق التدرج في الجهد المائي بين خلايا المجموعة الجذرية ومحلول التربة، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدل تدفق المياه وامتصاصها من قبل المجموعة الجذرية (Serrano *et al*., 1999). عموماً، يمكن أن تتميز الطرز الوراثية التي حافظت على أوراقها خضراء لأطول فترة بامتلاكها واحدة أو أكثر من تلك الآليات المرتبطة بتحمل الجفاف والمحافظة على الميزان المائي للخلايا النباتية، ومن ثم المحافظة على الحد الأدنى من جهد الامتلاء الذي تبدأ عنده خلايا الأوراق بالاستطالة Leaf expansion (Cossegrove, 1989) أيّ أنّ استطالة خلايا الأوراق، ومن ثمّ معدل نموها يرتبط بشكلٍ مباشر بكفاءة الطراز الوراثي في المحافظة على القيم المرتفعة لمحتوى الماء النسبي داخل خلايا الأوراق (جهد الامتلاء)، حيث يُعد جهد الامتلاء بمنزلة القوة الفيزيائية التي تدفع جدران الخلايا النباتية على الاستطالة، وإنّ كفاءة الطرز الوراثية تتباين في المحافظة على استطالة خلايا الأوراق تحت ظروف الإجهاد المائي نتيجة الاختلاف في مرونة جدران الخلايا النباتية (m) Cell wall extensibility (Cossgrove, 1989)، فنجد أنّ الطرز التي تكون فيها جدران الخلايا النباتية أكثر مرونة (أقل صلابة) تحتاج إلى ضغط امتلاء أقل لدفعها على الاستطالة، حيث يمكن أن تستمر خلايا مثل هذه الطرز في الاستطالة رغم تراجع كمية الماء الممتصة من التربة، والمحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية، بالمقارنة مع الطرز التي تتسم جدران خلاياها بمرونة أقل. بشكلٍ عام، تؤدي زيادة معدل استطالة الخلايا إلى زيادة دليل المساحة الورقية، وخاصةً إذا ما ترافق ذلك مع وجود هندسة ورقية Canopy architecture مناسبة فإنّ ذلك يؤدي إلى تحسين كمية الطاقة الضوئية الممتصة من قبل جميع أوراق النبات، ومن ثمَّ زيادة معدل تصنيع المركبات الغنية بالطاقة (NADPH, ATP) خلال تفاعلات الضوء، التي تستعمل لاحقاً خلال تفاعلات الظلام في تثبيت الكربون المعدني وتحويله إلى كربوهيدرات (سكريات)، وذلك نظراً لأهمية الضوء في تحفيز انتقال الالكترونات في سلسلة نقل الإلكترونات، وخلق التدرج في الجهد الكيميائي والشاردي على

جانبي غشاء الصانعات الخضراء الداخلي الضروريين لتصنيع المركبات الغنية بالطاقة، وتفعيل الأنزيم (RuBisCo روبيسكو) الذي يتوسط تفاعل ضم غاز الفحم CO_2 إلى المستقبل الأولي المركب خماسي الكربون(RuBP) خلال حلقة إرجاع الكربون الثلاثية (C3PCR) (العودة وزملاؤه، 2015)، توافقت هذه النتائج مع ما توصلت إليه عيسى (2009) في محصول فول الصويا و(Mondal *et al.*, 2012) على محصول العدس، والتمو (2013) على محصول الشعير.

الجدول (14): دليل المساحة الورقية لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	3.47	2.67	**3.07**	3.39	2.44	**2.91**	3.43	2.55	**2.99**
إدلب 3	3.19	2.76	**2.98**	2.67	2.24	**2.46**	2.93	2.50	**2.72**
إدلب 4	2.96	2.70	**2.83**	2.53	2.10	**2.31**	2.74	2.40	**2.57**
إيبلا	3.02	1.90	**2.46**	2.76	1.39	**2.08**	2.89	1.65	**2.27**
حوراني	3.02	1.90	**2.46**	2.55	1.42	**1.98**	2.79	1.66	**2.22**
كردي	2.74	1.56	**2.15**	2.58	1.18	**1.88**	2.66	1.37	**2.01**
L-55051	2.47	1.52	**2.00**	2.09	0.95	**1.52**	2.28	1.24	**1.76**
L-55118	1.90	1.27	**1.59**	1.39	0.91	**1.15**	1.64	1.09	**1.37**
L-55001	2.00	1.35	**1.67**	1.35	0.88	**1.12**	1.67	1.12	**1.39**
L-55017	2.69	1.11	**1.90**	1.39	0.94	**1.16**	2.04	1.02	**1.53**
المتوسط	**2.75**	**1.87**	**2.31**	**2.27**	**1.45**	**1.86**	**2.51**	**1.66**	**2.08**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.05*	0.12*	0.05*	0.17*	0.07*	0.17*	0.24*
C.V (%)	7.06						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

3-2-الصفات الفسيولوجية: Physiological traits

3-2-1- الوزن الجاف للنبات عند الإزهار (غ): Plant dry weight

يُلاحظ من الجدول (15) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة الوزن الجاف للنبات خلال مرحلة الإزهار بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. حيث كان الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (4.73 غ) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (4.37 غ). وكان الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (5.20 غ) مقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (3.90 غ). ويُلاحظ بالنسبة للطرز المدروسة أنَّ متوسط الوزن الجاف للنبات كان الأعلى معنوياً لدى نباتات الطرز إيبلا، وحوراني، وإدلب4، وإدلب3، و L-55051، وإدلب2 (5.01، 5.00، 4.98، 4.94، 4.75، 4.71 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية L-55001 وL-55017 و L-55118 (3.72، 3.84، 3.99 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. يُعزى التباين الوراثي في الوزن الجاف لنباتات الطرز المدروسة إلى التباين في كفاءة الطرز الوراثية في المحافظة على حجم المصدر (المساحة الورقية الخضراءالفعّالة في عملية التمثيل الضوئي)، وكفاءة النباتات التمثيلة، ومن ثمّ كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة. وفيما يتعلق بتفاعل الأنماط الوراثية مع المواسم الزراعية، يُلاحظ أنَّ متوسط الوزن الجاف للنبات كان الأعلى معنوياً لدى الطرز إدلب4، حوراني، ايبلا ، وإدلب3، وإدلب2 خلال الموسم الزراعي الأول (5.42، 5.29، 5.17، 5.06 ، 4.97 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، في حين كان متوسط وزن النبات الجاف الأدنى معنوياً لدى نباتات الطرازين L-55001 ، L-55017 خلال الموسم الزراعي الثاني، والطراز L-55001 خلال الموسم الأول و L-

55118 خلال الموسم الزراعي الثاني (3.58، 3.77، 3.85، 3.93 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى وزن جاف في كلا الموسمين الزراعيين الأول والثاني (5.39 ، 5.01 غ على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية أدنى وزن جاف للنبات في كلا الموسمين الزراعيين (4.07، 3.73 غ لكلا الموسمين). أمّا بالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إدلب2 أعلى متوسط وزن جاف للنبات تحت ظروف الشاهد المروي (3.43غ)، تلاه نباتات الطرز إدلب3، وإيبلا، وحوراني، وإدلب4 وكردي تحت ظروف الزراعة المروية (2.93، 2.89، 2.79، 2.74، 2.66 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الطرز L-55017 وL-55118 وL-55001 تحت ظروف الزراعة المطرية (1.02، 1.09، 1.12 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وضمن تفاعل المعاملات مع الطرز الوراثية، سجلت الطرز حوراني، وإدلب4، وإيبلا معنوياً أعلى متوسط وزن جاف (4.57، 4.51، 4.41غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجلت الطرز إدلب4، وإيبلا، وإدلب2، وحوراني معنوياً أعلى متوسط وزن جاف للنبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (5.94، 5.83، 5.70، 5.70 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L-55001 معنوياً أدنى متوسط وزن جاف للنبات تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (2.72، 3.02 غ)، والطراز L-55017 تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسمين الزراعيين الثاني والأول على التوالي (3.05، 3.18 غ). وهذا يُشير إلى أهمية إتاحة المياه بكميات كافية خلال مختلف مراحل النمو، والمحافظة على المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، لضمان زيادة كفاءة النبات التمثيلية، ومن ثمَّ زيادة الكتلة

الحية للأجزاء الهوائية. عموماً، تُعد زيادة الكتلة الحية عند النضج من أهم الصفات الفيزيولوجية المرتبطة بتحسين غلة المحصول الاقتصادية، من خلال زيادة كمية المادة الجافة المُتاحة خلال مرحلتي الإزهار وامتلاء البذور، ما يؤدي إلى زيادة عدد القرون المتشكلة في النبات، وعدد البذور في القرن، ومتوسط وزن المائة بذرة، وتُعد الأخيرة من أهم مكونات غلة محصول العدس البذرية.

الجدول (15): الوزن الجاف للنبات عند الإزهار (غ) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	5.57	4.37	**4.97**	5.01	3.87	**4.44**	5.29	4.12	**4.71**
إدلب 3	5.70	4.43	**5.06**	5.46	4.19	**4.83**	5.58	4.31	**4.94**
إدلب 4	5.94	4.89	**5.42**	4.98	4.13	**4.55**	5.46	4.51	**4.98**
إيبلا	5.82	4.52	**5.17**	5.38	4.29	**4.84**	5.60	4.41	**5.01**
حوراني	5.70	4.87	**5.29**	5.17	4.26	**4.72**	5.44	4.57	**5.00**
كردي	5.38	4.04	**4.71**	5.01	3.83	**4.42**	5.19	3.94	**4.56**
L-55051	5.63	4.10	**4.87**	5.40	3.88	**4.64**	5.51	3.99	**4.75**
L-55118	4.85	3.26	**4.06**	4.73	3.13	**3.93**	4.79	3.19	**3.99**
L-55001	4.68	3.02	**3.85**	4.44	2.72	**3.58**	4.56	2.87	**3.72**
L-55017	4.65	3.18	**3.91**	4.48	3.05	**3.77**	4.57	3.12	**3.84**
المتوسط	**5.39**	**4.07**	**4.73**	**5.01**	**3.73**	**4.37**	**5.20**	**3.90**	**4.55**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.04*	0.08*	0.04*	0.12*	0.05*	0.12*	0.16^{NS}
C.V (%)	2.25						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

3-2-2- محتوى الماء النسبي في الأوراق: Relative water content (LRWC%)

يُلاحظ من الجدول (16) وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة محتوى الماء النسبي في الأوراق بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينها. ويُلاحظ أنَّ محتوى الماء النسبي في الأوراق كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول (الأكثر هطولاً) (65.46%) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (56.94%)، ما يُشير إلى أهمية توافر المياه في منطقة انتشار الجذور في الحفاظ على زيادة فرق التدرج في الجهد المائي بين التربة وخلايا المجموعة الجذرية، لزيادة كمية المياه الممتصة بكميات كافية نسبياً لتعويض الماء المفقود بالنتح، الأمر الذي يُساعد في المحافظة على قيمٍ مرتفعة من محتوى الماء النسبي في الأوراق. وكان محتوى الماء النسبي الأعلى معنوياً لدى طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (68.20%) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (54.20%). ويُلاحظ بالنسبة للطرز الوراثية المدروسة، أنَّ متوسط محتوى الماء النسبي في الأوراق كان الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية إيبلا، وإدلب3، وإدلب2، وL-55051، وإدلب4، وكردي (65.59، 65.52، 64.51، 64.11، 62.76 % على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرز الوراثية L-55017، وL-55001، وL-55118 (53.12، 56.83، 57.04% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجّل الطراز إدلب4 معنوياً أعلى متوسط محتوى ماء نسبي خلال الموسم الزراعي الأول (71.28%)، تلاه الطرز حوراني، وإدلب2 ، وادلب3، وكردي خلال الموسم الزراعي الأول (71.15،69.78، 69.73، 68.72% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان محتوى الماء النسبي الأدنى

معنوياً لدى الطراز الوراثي حوراني خلال الموسم الزراعي الثاني (48.43%)، تلاه الطرازان L-55001، و L-55017 خلال الموسم الزراعي الثاني (51.76، 52.48% على التوالي لكل منهما) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى محتوى ماء نسبي في كلا الموسمين االزراعيين لأول والثاني (71.27، 65.13% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية أدنى محتوى ماء نسبي في كلا الموسمين الزراعيين (59.66، 48.74% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، أنَّ الطراز إيبلا سجل أعلى متوسط محتوى ماء نسبي تحت ظروف الشاهد المروي (72.78%)، تلاه الطرز إدلب3، و L-55051، وإدلب 2 تحت ظروف الزراعة المروية (72.77، 70.28، 69.49 % على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّلت الطرز L-55017، وL-55118، و L-55001 أدنى محتوى ماء نسبي تحت ظروف الزراعة المطرية (45.67، 48.22، 48.54% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجلت الطرز إدلب4، حوراني، إدلب3، وإدلب2 أعلى متوسط محتوى ماء نسبي تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (76.38، 76.24، 75.78، 75.28% على التوالي) وبدون فروقات معنوية بينها، بينما سجّلت الطرز حوراني، L-55001، L-55017 أدنى محتوى ماء نسبي تحت ظروف الزراعة المطرية وخلال الموسم الزراعي الثاني (40.04، 42.79، 43.15% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

يُعزى التباين الوراثي في كفاءة الأنماط الوراثية في المحافظة على محتوى الماء النسبي في خلايا الأوراق إلى التباين في المقدرة على التعديل الحلولي (كمية الذائبات العضوية المصنَّعة: السكريات الذوَّابة في الكحول والبرولين)، حيث تمكّنت الطرز مثل كردي، إيبلا، إدلب3، إدلب4 من تصنيع وتجميع كمية أعلى معنوياً من البرولين في الأوراق، ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين صفة محتوى الماء النسبي في الأوراق ومحتوى الأوراق من البرولين (r=0.68*)، حيث يُساعد تصنيع الحمض الأميني الحر البرولين في خفض الجهد المائي داخل خلايا النبات، فيزداد فرق التدرج في الجهد المائي بين التربة والنبات، ما يؤدي إلى زيادة معدل تدفق المياه وامتصاصها، بما يضمن المحافظة على قيم مرتفعة نسبياً من جهد الأوراق ثمَّ ضغط الامتلاء الضروري لاستمرار استطالة الخلايا النباتية ونمو أجزاء النبات المختلفة وتطورها. ويمكن أن يُعزى التباين في محتوى الماء النسبي في الأوراق بين الطرز الوراثية إلى التباين في حجم المجموع الجذري، حيث يُلاحظ أنَّ الطرز الوراثية التي تفوقت في محتوى الماء النسبي في الأوراق مثل إيبلا، وإدلب3، وإدلب2، L-55051، وإدلب4، وكردي قد تميزت أيضاً بتفوقها في الوزن الجاف للجذور المسجلة في تجربة الأصص الزراعية (0.28، 0.23، 0.26، 0.34، 0.24، 0.30 غ على التوالي)، حيث يسمح تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب في زيادة سطوح الامتصاص، ومن ثمَّ كمية المياه الممتصة، ما يسمح في تعويض الماء المفقود بالنتح، والمحافظة على قيم مرتفعة من محتوى الماء النسبي في الأوراق. ويمكن أن يُفسر ذلك على أساس أنّ ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية الجوية يؤدي إلى زيادة فرق التدرج في ضغط بخار الماء بين أوراق النبات والوسط المحيط (VPD)، ما يؤدي إلى زيادة معدل فقد الماء بالتبخر النتح. وعادةً ما تكون كمية الماء المنتوحة أكبر من كمية الماء الممتصة حتى في حال توافر الماء بكمياتٍ كافية في التربة، وهو ما يسمى ذبول منتصف النهار Midday wilting، فيتراجع محتوى خلايا الأوراق المائي، ومن الممكن أن تستجيب نباتات العدس لتراجع جهد

الامتلاء عن طريق تقليل الناقلية المسامية للحد من فقد الماء بالنتح والمحافظة على الحد الأدنى من جهد الامتلاء، حيث تُعد صفة الانغلاق الجزئي للمسامات أو حتى استمرار انفتاح المسامات بشكلٍ جزئي تحت ظروف الإجهاد المائي من الصفات التكيفية المهمة المرتبطة بتجنب الجفاف مع المحافظة على كفاءة الطراز الإنتاجية، لأنّ استمرار انفتاح المسامات يعني استمرار انتشار غاز الفحم (CO_2) وإتاحته في مراكز التثبيت ضمن الصَّانعات الخضراء (Stroma) (Santos *et al*., 2004, 2006)، ما يُساعد في استمرار عملية التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة لنمو أجزاء النبات المختلفة وتطورها (Chaves *et al*., 2002). كما يُساعد استمرار انفتاح المسامات وفقد الماء بالنتح في تبريد أجزاء النبات الهوائية والحيلولة دون حدوث احتراق الأوراق Leaf firing، والشيخوخة المبكرة لها. ولوحظ أنّ دليل المساحة الورقية كان معنوياً أعلى لدى نباتات الطرز المتفوقة بالمحتوى العالي من البرولين (إدلب2، وإدلب3، وإدلب4، وإيبلا) بالمقارنة مع باقي الطرز الوراثية. أمّا بالنسبة إلى الطراز حوراني الذي لمْ يتمكن من المحافظة على محتوى ماء نسبي عالٍ في الأوراق فيمكن أن يُفَسر ذلك نتيجة ضعف استجابته لظروف الإجهاد المائي عبر تقليل الناقلية المسامية، للحدّ من فقد الماء بالنتح، وذلك إمّا نتيجة قلّة كمية الإشارة الكيميائية (ABA) المُصنَّعة في الجذور، أو تراجع معدل نقلها من الجذور إلى الأوراق، أو ضعف حساسية المجسّات المرتبطة بأغشية الخلايا الحارسة لتلك الإشارة، ما يؤخر انغلاق المسامات، وتصبح كمية المياه المفقودة أكبر بكثير من كمية المياه الممتصة، فيتراجع محتوى الماء النسبي في الأوراق. تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه عيسى (2009) في محصول الصويا، والتمو (2013) في محصول الشعير، و Dibyendu (2013) في محصول العدس.

الجدول (16): محتوى الماء النسبي في الأوراق (%) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	75.28	64.28	**69.78**	63.70	54.78	**59.24**	69.49	59.53	**64.51**
إدلب 3	75.78	63.68	**69.73**	69.77	52.83	**61.30**	72.78	58.25	**65.52**
إدلب 4	76.38	66.18	**71.28**	62.08	46.30	**54.19**	69.23	56.24	**62.74**
إيبلا	73.78	60.25	**67.01**	71.77	56.56	**64.16**	72.77	58.41	**65.59**
حوراني	76.24	66.05	**71.15**	56.82	40.04	**48.43**	66.53	53.05	**59.79**
كردي	72.85	64.60	**68.72**	65.93	47.67	**56.80**	69.39	56.13	**62.76**
L-55051	70.94	60.76	**65.85**	69.61	55.11	**62.36**	70.28	57.93	**64.11**
L-55118	62.60	48.28	**55.44**	69.13	48.16	**58.64**	65.86	48.22	**57.04**
L-55001	69.49	54.30	**61.89**	60.72	42.79	**51.76**	65.11	48.54	**56.83**
L-55017	59.32	48.20	**53.76**	61.81	43.15	**52.48**	60.56	45.67	**53.12**
المتوسط	**71.27**	**59.66**	**65.46**	**65.13**	**48.74**	**56.94**	**68.20**	**54.20**	**61.20**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	2.43*	5.43*	2.43*	7.68*	3.43*	7.68^{NS}	10.86^{NS}
C.V (%)	11.09						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

4-3- الصفات البيوكيميائية Biochemical traits:

4-3-1- محتوى الأوراق من الكلوروفيل a (مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب): Chlorophyll-a content

يُلاحظ من الجدول (17) وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل a بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعلات المتبادلة بينها. كان متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل a الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (1.61 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) مقارنةً مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً

(1.34 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب). وكان محتوى الأوراق من الكلوروفيل a الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (1.62 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (1.33 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، وفيما يتعلق بالطرز الوراثية المدروسة، فقد سجّل بالمتوسط الطراز الوراثي كردي معنوياً أعلى محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق بالمقارنة مع باقي الطرز الوراثية المدروسة (1.97 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، تلاه الطرز إيبلا، وإدلب4، و55017-L (1.60 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب لكلٍ منها) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز الوراثي 55001-L والطراز L-55051 معنوياً أدنى متوسط محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق (1.17، 1.24 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجّل الطراز كردي معنوياً أعلى متوسط محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق خلال الموسم الزراعي الأول (2.61 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، تلاه الطراز إيبلا خلال الموسم الزراعي الأول (1.88 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، والطراز 55017-L خلال الموسم الأول (1.82 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) والطراز إدلب4 (1.64 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط المحتوى من الكلوروفيل a في الأوراق الأدنى معنوياً لدى الطراز 55001-L خلال الموسم الزراعي الثاني (1.10 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق في كلا الموسمين الأول والثاني (1.73، 1.50 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، بينّما سجلت ظروف الزراعة المطرية أدنى محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق في كلا الموسمين الزراعيين (1.48، 1.18 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي). ويُلاحظ من تفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، أنَّ الطراز كردي سجل أعلى متوسط محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق تحت كلاً من ظروف الشاهد المروي والزراعة

المطرية (2.14، 1.81 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، تلاه الطرز إدلب4، وإيبلا، و L–55017 (1.77، 1.74، 1.69 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) تحت ظروف الزراعة المروية، وبدون فروق معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 أدنى محتوى الأوراق من الكلوروفيل a (1.03 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، والطراز L-55051 (1.06 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما تحت ظروف الزراعة المطرية. كما يُلاحظ وضمن تفاعل معاملات ظروف الزراعة مع الطرز الوراثية أن الطراز كردي سجّل أعلى متوسط محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق (1.81 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، تلاه الطرز L–55017، وإيبلا، وإدلب4 (1.81،1.52، 1.46، 1.43 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) ودون فروقاتٍ معنوية بينها.

وفيما يتعلق بتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز كردي أعلى متوسط محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق تحت ظروف الزراعة المروية وظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول (2.77، 2.44 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، تلاه الطرز إيبلا، و L–55017، وإدلب3 خلال الموسم الزراعي الأول وتحت ظروف الزراعة المروية (2.00، 1.88، 1.80 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 أدنى محتوى من الكلوروفيل a في الأوراق تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني (0.94 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب).

الجدول (17): محتوى الأوراق من الكلوروفيل a (مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	1.31	1.15	**1.23**	1.78	1.31	**1.55**	1.55	1.23	**1.39**
إدلب 3	1.80	1.29	**1.54**	1.31	0.99	**1.15**	1.56	1.14	**1.35**
ادلب 4	1.77	1.52	**1.64**	1.78	1.35	**1.57**	1.77	1.43	**1.60**
ايبلا	2.00	1.75	**1.88**	1.48	1.17	**1.32**	1.74	1.46	**1.60**
حوراني	1.49	1.36	**1.42**	1.41	1.24	**1.33**	1.45	1.30	**1.37**
كردي	2.77	2.44	**2.61**	1.51	1.17	**1.34**	2.14	1.81	**1.97**
L-55051	1.44	1.04	**1.24**	1.40	1.08	**1.24**	1.42	1.06	**1.24**
L-55118	1.56	1.32	**1.44**	1.60	1.32	**1.46**	1.58	1.32	**1.45**
L-55001	1.33	1.12	**1.23**	1.26	0.94	**1.10**	1.30	1.03	**1.17**
L-55017	1.88	1.77	**1.82**	1.49	1.28	**1.38**	1.69	1.52	**1.60**
المتوسط	**1.73**	**1.48**	**1.61**	**1.50**	**1.18**	**1.34**	**1.62**	**1.33**	**1.47**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.08*	0.17*	0.08*	0.24*	0.11^{NS}	0.24^{NS}	0.34^{NS}
C.V (%)	14.60						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

4-3-2- محتوى الأوراق من الكلوروفيل-b (مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب):Chlorophyll -b content

يُلاحظ من الجدول (18) وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل b بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينها. وكان متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل b الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (2.22 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (1.96 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، وكان محتوى الأوراق من الكلوروفيل b الأعلى معنوياً لدى طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (2.36 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (1.82 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب). وبالنسبة للطرز الوراثية المدروسة، فقد سجّل الطراز الوراثي L-55017 معنوياً أعلى متوسط محتوى من الكلوروفيل b في الأوراق بالمقارنة مع باقي الطرز

المدروسة (2.62 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، تلاه الطرز إيبلا، وإدلب4، وكردي (2.44، 2.17، 2.16 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطراز الوراثي L–55001 والطراز L-55051 معوياً أدنى متوسط محتوى من الكلوروفيل b في الأوراق (1.73، 1.81 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها. وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجلت الطرز إيبلا، و L–55017، وإدلب4، وكردي معنوياً أعلى متوسط محتوى من الكلوروفيل b في الأوراق خلال الموسم الزراعي الأول (2.87، 2.73، 2.47، 2.34 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل b الأدنى معنوياً لدى الطراز L–55001 خلال الموسم الزراعي الثاني (1.58 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، نجد أنَّ معاملة الشاهد المروي قد سجلت أعلى محتوى في الأوراق من الكلوروفيل b خلال كلا الموسمين الزراعيين الأول والثاني (2.48، 2.25 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، في حين سجلت ظروف الزراعة المطرية (الإجهاد) أدنى متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل a في كلا الموسمين الزراعيين (1.97، 1.67 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي). وفيما يتعلق بتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز L–55017 معنوياً أعلى متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل b تحت ظروف الشاهد المروي (2.97 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب)، تلاه الطرز الوراثية إيبلا، وإدلب4، وكردي (2.62، 2.43، 2.42 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 أدنى محتوى الأوراق من الكلوروفيل b (1.41 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، والطراز L-55051 (1.52 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما تحت ظروف الزراعة المطرية.

وفيما يتعلق بتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إيبلا معنوياً أعلى متوسط محتوى من الكلوروفيل b في الأوراق تحت ظروف الزراعة المروية وظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول (3.01 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، تلاه

الطراز L–55017 تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (2.97 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي لكلٍ منهما)، تلاه الطراز إدلب3 تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (2.97 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، ثمَّ الطراز إيبلا خلال الموسم الزراعي الأول وتحت ظروف الزراعة المطرية (2.73 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، فالطراز إدلب4 تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسم الزراعي الأول (2.67 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 معنوياً أدنى محتوى من الكلوروفيل b في الأوراق تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني والموسم الزراعي الأول (1.31، 1.51 مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

يسبب الإجهاد المائي تدهوراً في جزيئات الكلورفيل ويحدث تدهور الكلورفيل نتيجة زيادة نشاط الأنزيم المفكك لليخضور Chlorophyllase (Dubey, 1997). ويشمل تدهور الكلوروفيل بشكلٍ أساسي الكلوروفيل a عندما تزيد الطاقة الضوئية الممتصة من قبل الأصبغة التمثيلية عن كفاءة النبات على استخدام المركبات الغنية بالطاقة مثل NADPH، والـ ATP، ما يؤدي إلى تراجع كفاءة استعمال الضوء (RUE)، وزيادة كمية الطاقة الضوئية المُحرَّضة بجوار مركز التفاعل قي النظام الضوئي الثاني، ما يؤدي إلى حدوث التثبيط الضوئي Photoinhibtion وتوقف عملية التمثيل الضوئي. وتتباين ثباتية جزيئات الكلوروفيل باختلاف المرحلة من نمو النبات Growth Stage. إنّ للأصبغة الضوئية دوراً مهماً في عملية أسر/امتصاص الضوء، ويُعد التغير في محتوى الأوراق من الأصبغة أحد الوسائل كرد فعل من النبات تحت ظروف الإجهاد المائي، حيث يتراجع محتوى كل من الكلوروفيلa و b (Farooq *et al*., 2009) وقد يؤدي إلى تثبيط تشكل جزيئات الكلوروفيلa ، b، ما يؤدي إلى الحد من كمية الفوتونات الممتصة، والواصلة إلى معقد حصد الطاقة الضوئية LHCII المرتبطة بالنظام الضوئي الثاني photosystem II (Sayed, 2003). عموماً، يؤدي الإجهاد المائي

إلى شيخوخة الأوراق، وذلك بسبب فقد الآزوت السريع وتخريب جزيئات اليخضور (Gan and Amasino، 1997). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Davies *et al.,* 1994) في الحمص، و(de Souza *et al.,* 1997) في الفول، و(Dibyendu, 2013) في نبات العدس تحت ظروف الجفاف.

الجدول (18): محتوى الأوراق من الكلوروفيل b (مغ.غ$^{-1}$ وزن رطب) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
ادلب 2	1.97	1.85	**1.91**	2.22	1.58	**1.90**	2.10	1.72	**1.91**
ادلب 3	2.97	1.98	**2.47**	1.99	1.26	**1.63**	2.48	1.62	**2.05**
ادلب 4	2.67	2.00	**2.34**	2.20	1.80	**2.00**	2.43	1.90	**2.17**
ايبلا	3.01	2.73	**2.87**	2.22	1.81	**2.02**	2.62	2.27	**2.44**
حوراني	2.02	1.61	**1.81**	2.29	1.67	**1.98**	2.15	1.64	**1.90**
كردي	2.52	1.97	**2.24**	2.32	1.83	**2.08**	2.42	1.90	**2.16**
L-55051	2.10	1.47	**1.78**	2.10	1.58	**1.84**	2.10	1.52	**1.81**
L-55118	2.36	2.05	**2.20**	2.32	1.76	**2.04**	2.34	1.91	**2.12**
L-55001	2.23	1.51	**1.87**	1.85	1.31	**1.58**	2.04	1.41	**1.73**
L-55017	2.97	2.50	**2.73**	2.97	2.06	**2.51**	2.97	2.28	**2.62**
المتوسط	**2.48**	**1.97**	**2.22**	**2.25**	**1.67**	**1.96**	**2.36**	**1.82**	**2.09**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.12*	0.27*	0.12*	0.38*	0.17^{NS}	0.38^{NS}	0.54^{NS}
(%)C.V	16.25						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

4-3-3- سلامة الأغشية الخلوية (نسبة تسرب الذائبات%) Membrane Solutes leakage integrity

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في نسبة تسرب الذائبات بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما.

ويُلاحظ من الجدول (19) أنَّ متوسط نسبة الذائبات المتسربة عبر الأغشية السيتوبلاسمية كان الأدنى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول (الأكثر هطولاً) (71.21%) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (الأقل هطولاً) (71.98%). وكانت نسبة تسرب الذائبات الأدنى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (68.87%) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (74.32%)، أمّا بالنسبة للطرز المدروسة فقد سجّل الطراز الوراثي حوراني معنوياً أدنى متوسط نسبة تسرب للذائبات بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (65.10%) تلاه الطرز إدلب3، وإدلب4، وإيبلا (69.62، 69.79% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز الوراثي L-55001 بالمتوسط معنوياً أعلى نسبة لتسرب الذائبات (77.18%). ولُوحظ أنَّ معظم الطرز الوراثية التي كان لديها محتوى الماء النسبي مرتفع، كانت نسبة تسرب الذائبات فيها الأدنى معنوياً مثل الطرز إدلب3، إدلب4، إيبلا، ما يؤكد على أهمية المحافظة على محتوى الخلايا النباتية المائي لضمان استقرار الأغشية السيتوبلاسمية وسلامتها، حيث أنّ تعرض النباتات للإجهاد المائي يُؤثّر في سلامة الأغشية الخلوية، ويُغير من نفاذيتها من خلال تخريب البروتينات الداخلة في تركيبها، ما يؤدي إلى فقدان الخاصية الاصطفائية للأغشية Membrane selectivity فعادةً ما يؤدي الإجهاد المائي إلى تخريب الأغشية السيتوبلاسمية، ما يؤدي إلى زيادة نفاذيتها (Dhanda and Sethi, 2002)، وفقدان خاصيتها الاصطفائية ومن ثمَّ تسرب الذائبات المعدنية والعضوية المفيدة لحياة الخلية النباتية (K^+، أحماض عضوية، أحماض أمينية، أحماض نووية فيتامينات ..الخ)، وقد تدخل بعض المواد السامة،

ما يؤدي إلى موتها، لأنّ الجفاف يعمل على استبدال وتخريب البروتينات الداخلة في تركيب الأغشية السيتوبلاسمية، وأكسدة المواد الدهنية المفسفرة بفعل الجذور الحرة المتشكلة Lipid peroxidation (Smirnoff, 1998)، ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط عكسية بين محتوى الماء النسبي في الأوراق ونسبة الذائبات المتسربة (r= -0.215). وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجل الطراز حوراني معنوياً أدنى متوسط نسبة تسرب للذائبات خلال الموسمين الزراعيين (64.81، 65.39%)، تلاه الطراز إدلب3 خلال الموسم الزراعي الثاني (69.23%)، والطراز إدلب4 خلال الموسم الزراعي الأول (69.25%) على التوالي وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط نسبة تسرب الذائبات الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين L-55001، L-55118 خلال الموسم الزراعي الثاني (77.98، 75.97% على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، وفيما يتعلق بتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجّلت معاملة الشاهد المروي أدنى نسبة تسرب للذائبات في كلا الموسمين الأول والثاني (68.22، 69.52% على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية أدنى نسبة تسرب ذائبات في كلا الموسمين الزراعيين (74.20 ، 74.44% على التوالي)، وبالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجلت الطرز الوراثية حوراني، L-55118، إدلب3، وإدلب4 أدنى متوسط نسبة تسرب ذائبات تحت ظروف الشاهد المروي (62.99، 66.98، 67.15، 68.12% على التوالي) وبدون فروق معنوية بينها، بينما سجّل الطراز الوراثي L-55001 أعلى نسبة تسرب ذائبات تحت ظروف الزراعة المطرية (81.53%)، والطراز L-55118 تحت ظروف الإجهاد المائي (79.73%)، وكانت نسبة تسرب الذائبات تحت الظروف المجهدة الأدنى معنوياً لدى حوراني إدلب4، إدلب3 (67.21، 71.47، 72.10% على التوالي) ودون فروقات معنوية بينها.

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز L-55118 أدنى متوسط نسبة تسرب ذائبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (62.02%)، تلاه الطراز حوراني تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني على التوالي (62.38، 63.61%) والطراز إدلب3 تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول والموسم الثاني (66.97، 67.33 % على التوالي) ثمّ الطراز إدلب4 تحت ظروف الشاهد المروي خلال الموسم الأول (67.87%) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 أعلى نسبة تسرب ذائبات تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (82.91، 80.15% على التوالي)، تلاه الطراز الوراثي L-55118 تحت ظروف الإجهاد المائي خلال الموسم الزراعي الثاني والأول على التوالي (80.01، 79.44%) دون فروقاتٍ معنوية بينها.

يتوقف مقدار الضرر في الأغشية السيتوبلاسمية على شدّة Intensity الإجهاد المائي ومدتهِ Duration، وترتبط حياة الخلية النباتية بقدرة الطراز الوراثي في المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية تحت ظروف الإجهاد المائي. وبشكلٍ عام، فإنَّ الطرز الوراثية الأقدر على المحافظة على سلامة الأغشية واستقرارها ونسبة أعلى من الخلايا الحية تحت ظروف الإجهاد المائي ستكون أكثر تحملاً للجفاف، وأكثر مقدرة على استعادة النمو Recovery growth بعد زوال الجفاف وإمكانية إعطاء غلة بذرية أعلى.

ويؤدي الإجهاد المائي وتراجع محتوى الماء النسبي في الأوراق إلى تخريب الأغشية السيتوبلاسمية من خلال تقليل معدل التمثيل الضوئي، أو معدل تثبيت الكربون خلال تفاعلات الظلام في حلقة إرجاع الكربون الثلاثية (C_3PCR)، ما يؤدي إلى تراجع معدل استهلاك المركبات الغنية بالطاقة المصنَّعة (ATP، NADPH)، الأمر الذي يؤدي إلى تعطيل إعادة توليد المستقبل النهائي

للإلكترونات، المركب $NADP^+$ في سلسلة انتقال الإلكترونات خلال تفاعلات الضوء، ويقوم عندها الأوكسجين الجزيئي بتلقف هذه الإلكترونات ويتفاعل معها ليشكل جذر السوبر أوكسيد الحر (O_2^{-})، الذي يشكل عندما يتفاعل مع جذر الماء الأوكسجيني (H_2O_2) جذر الماءات الحر (OH^-)، الذي يُعد ذو مقدرة تفاعلية عالية جداً، حيث يُهاجم المواد الدهنية الداخلة في تركيب الأغشية السيتوبلاسمية ويعمل على تخريبها (Smirnoff, 1995).

تُساعد آلية التعديل الحلولي في حماية الأغشية السيتوبلاسمية من حدوث التغيرات الداخلية نتيجة الإجهاد المائي (Martinez *et al*., 2004)، فتضمن بذلك سلامة الخلية النباتية خلال فترة الإجهاد المائي. وتُعد عملية قياس الذائبات المتسربة من الأنسجة النباتية من الطرق المهمة في تحديد مقدار الضرر الحاصل في الأغشية السيتوبلاسمية استجابةً للإجهادات اللاأحيائية. وتُعد درجة المحافظة على سلامة أغشية الخلية النباتية السيتوبلاسمية أحد أهم المعايير الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف (Bandurska, 2000; Bajji *et al*., 2002). لذلك ترتبط حياة الخلية النباتية، ومن ثمَّ المقدرة على استعادة النمو Recovery growth بكفاءة النوع/الطراز الوراثي في المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية، وعليه تُعد عملية تطوير أنماط وراثية تمتاز بكفاءة عالية في المحافظة على استقرار الأغشية السيتوبلاسمية من أهم سبل تحسين التحمل للإجهادات اللاأحيائية المختلفة (Vasquez-Tello, 1990)، وهذا ما يتوافق مع ما توصل إليه (Dibyendu, 2013) في محصولي العدس والجلبان، ومع ما توصلت إليه عيسى (2009) في الصويا، والتمو (2013) في محصول الشعير.

الجدول (19): نسبة تسرب الذائبات (%) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
ادلب 2	74.63	75.64	**75.13**	68.80	76.74	**72.77**	71.71	76.19	**73.95**
ادلب 3	66.97	73.07	**70.02**	67.33	71.13	**69.23**	67.15	72.10	**69.62**
ادلب 4	67.87	70.63	**69.25**	68.37	72.32	**70.34**	68.12	71.47	**69.79**
ايبلا	68.96	74.14	**71.55**	70.61	73.69	**72.15**	69.79	73.92	**71.85**
حوراني	62.38	67.25	**64.81**	63.61	67.16	**65.39**	62.99	67.21	**65.10**
كردي	70.58	75.09	**72.84**	71.24	74.62	**72.93**	70.91	74.86	**72.88**
L-55051	68.39	75.11	**71.75**	69.95	72.78	**71.37**	69.17	73.94	**71.56**
L-55118	62.02	79.44	**70.73**	71.93	80.01	**75.97**	66.98	79.73	**73.35**
L-55001	72.58	80.15	**76.37**	73.06	82.91	**77.98**	72.82	81.53	**77.18**
L-55017	67.81	71.50	**69.66**	70.30	73.01	**71.65**	69.06	72.26	**70.66**
المتوسط	**68.22**	**74.20**	**71.21**	**69.52**	**74.44**	**71.98**	**68.87**	**74.32**	**71.59**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	1.77^{NS}	3.95*	1.77*	5.59^{NS}	2.50^{NS}	5.59*	7.90^{NS}
C.V(%)	6.90						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

4-3-4- تقدير محتوى البرولين في الأوراق (ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب):

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في محتوى البرولين في الأوراق بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. ويُلاحظ من الجدول (20) أنَّ متوسط محتوى الأوراق من البرولين كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول ويعزى ذلك إلى قلة كمية الأمطار الهاطلة خلال الموسمين الزراعيين (9.21 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني (8.81 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب). وكان محتوى الأوراق من البرولين الأدنى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (7.01 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (11.00

ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب). وبالنسبة للطرز الوراثية المدروسة، فقد سجّل الطراز الوراثي كردي معنوياً أعلى متوسط محتوى الأوراق من البرولين بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (15.03 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب)، تلاه الطرازين الوراثيين إيبلا، وإدلب3 (13.74، 12.67 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطرازان الوراثيان L-55017، L-55001 معنوياً أدنى متوسط محتوى الأوراق من البرولين (4.67، 5.07 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي).

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجّل الطراز كردي معنوياً أعلى متوسط محتوى الأوراق من البرولين خلال الموسمين الزراعيين (15.23، 14.84 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، تلاه الطراز إيبلا خلال الموسمين الزراعيين (14.32، 13.16 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب)، والطراز إدلب3 خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (13.06، 12.29 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب) على التوالي وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط محتوى الأوراق من البرولين الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55017، خلال الموسمين الزراعي الثانيين (4.66، 4.68 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) والطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الثاني (4.96 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. وفيما يتعلق بتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أدنى محتوى برولين في الأوراق في كلا الموسمين الثاني والأول (6.82 ، 7.21 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، بينّما سجلت ظروف الزراعة المطرية أعلى محتوى برولين في الأوراق في كلا الموسمين الزراعيين الأول والثاني (11.20، 10.79 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز كردي أعلى متوسط محتوى برولين في الأوراق تحت ظروف الزراعة المطرية (19.89

ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب)، تلاه الطرازين الوراثيين إيبلا، وإدلب3 تحت ظروف الإجهاد المائي (18.29، 15.30 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطرازان L–55017، L–55001 معنوياً أدنى نسبة محتوى أوراق من البرولين تحت ظروف الزراعة المروية (3.88، 3.98 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) ودون فروقاتٍ معنوية بينهما.

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز الوراثي كردي معنوياً أعلى متوسط محتوى أوراق من البرولين تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (20.25، 19.53 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، تلاه الطراز إيبلا تحت ظروف الزراعة البعلية وخلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (19.12، 13.16 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، ثمَّ الطراز إدلب3 تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول والموسم الثاني (15.61، 14.99 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55017 معنوياً أدنى متوسط محتوى أوراق من البرولين تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (3.86، 3.91 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي)، تلاه الطراز L–55001 تحت ظروف الشاهد المروي وخلال الموسم الزراعي الثاني والأول (3.91، 4.06 ميكرو غرام. غ$^{-1}$ وزن رطب على التوالي). عموماً، تقوم نباتات العدس بتصنيع البرولين، تحت ظروف الإجهاد المائي، وتُشير النتائج إلى أنَّ معدل تصنيع البرولين وتراكمه يزداد بازدياد شدة الإجهاد المائي ويُساعد تراكمه في تحسين تحمل النباتات للإجهاد المائي، حيث يعمل على خفض قيمة الجهد المائي داخل الخلايا النباتية (يصبح الجهد المائي أكثر سلباً) نتيجة شد جزيئات الماء، ما يزيد من فرق التدرج في الجهد المائي بين النبات والوسط المحيط، فيزداد معدل امتصاص الماء من قبل النبات ما يُساعد على زيادة كمية المياه الممتصة، وتصبح إلى حدٍ ما كافية لتعويض كمية المياه المنتوحة والمحافظة على جهد الامتلاء داخل الخلايا النباتية الضروري لاستمرار استطالتها، وضمان استمرار الانفتاح الجزئي

للمسامات، وانتشار غاز الفحم اللازم لعملية التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة. ويُلاحظ أنَّ الأصناف التي حافظت على قيمٍ مرتفعة من محتوى الماء النسبي في الأوراق، مثل (كردي، إيبلا، إدلب3، إدلب4) قد تمكّنت من تصنيع وتجميع كمية أعلى معنوياً من البرولين في الأوراق، ويُعزى ذلك إلى استمرار عملية التبادل الغازي، التي تضمن المحافظة على استدامة اخضرار الأوراق، وانتشار غاز الفحم، ما يؤدي إلى المحافظة على معدل التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة وتراكمها. ويؤكد هذا الاستنتاج أنَّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية إدلب3، إدلب4، إيبلا (2.72، 2.57، 2.27 على التوالي). بشكلٍ عام، يُسهم تراكم الذائبات العضوية التوافقية كالبرولين في المحافظة على ترطيب البروتوبلاسم، وبالتالي المحافظة على سلامة الأغشية السيتوبلاسمية، ومن ثمَّ حياة الخلية النباتية. وقد لُوحظ أيضاً أنَّ بعض الطرز الوراثية التي حافظت على سلامة أغشيتها السيتوبلاسمية، مثل (إدلب3، إيبلا) كان لديها معدل تراكم البرولين الأعلى معنوياً، ما يُشير إلى أهميته في المحافظة على استقرار الأغشية الخلوية حيث يُشكل البرولين مصدراً مهماً للطاقة والكربون، الذي يمكن أن تستعمله الخلايا النباتية في استعادة نموها عند زوال العامل البيئي (الجفاف) المحدد للنمو. وترتبط تبعاً لذلك القدرة على استعادة النمو طرداً مع كمية الذائبات الحلولية المصنَّعة خلال فترة الإجهاد المائي (AL-Ouda, 1999). تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه التمو (2007) في محصول الشعير، ومع Dibyendu (2013) في نبات العدس.

الجدول (20): محتوى البرولين في الأوراق (ميكروغرام.غ$^{-1}$ وزن رطب) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
ادلب 2	8.50	10.97	**9.73**	7.00	10.46	**8.73**	7.75	10.71	**9.23**
ادلب 3	10.51	15.61	**13.06**	9.58	14.99	**12.29**	10.04	15.30	**12.67**
ادلب 4	8.29	10.46	**9.37**	7.93	10.40	**9.17**	8.11	10.43	**9.27**
ايبلا	9.53	19.12	**14.32**	8.86	17.47	**13.16**	9.19	18.29	**13.74**
حوراني	6.85	9.94	**8.39**	6.69	9.99	**8.34**	6.77	9.97	**8.37**
كردي	10.20	20.25	**15.23**	10.15	19.53	**14.84**	10.17	19.89	**15.03**
L-55051	5.56	7.26	**6.41**	5.51	7.00	**6.25**	5.53	7.13	**6.33**
L-55118	4.68	6.74	**5.71**	4.73	6.54	**5.64**	4.71	6.64	**5.67**
L-55001	4.06	6.28	**5.17**	3.91	6.02	**4.96**	3.98	6.15	**5.07**
L-55017	3.91	5.40	**4.66**	3.86	5.51	**4.68**	3.88	5.45	**4.67**
المتوسط	**7.21**	**11.20**	9.21	**6.82**	**10.79**	8.81	**7.01**	**11.00**	**9.01**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.26*	0.58*	0.26*	0.82^{NS}	0.37^{NS}	0.82*	1.17^{NS}
C.V (%)	8.08						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-الصفات الإنتاجية Productivity traits:

5-4-1 عدد الأفرع الأولية على النبات Number of primary branches

يُلاحظ من الجدول (21) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة عدد الأفرع الأولية على النبات بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. وكان متوسط عدد الأفرع الأولية في النبات الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (5.63 فرعاً) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (5.57 فرعاً).

وكان متوسط عدد الأفرع الأولية على النبات الأعلى معنوياً لدى طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (6.67 فرعاً) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (4.53 فرعاً)، أمّا بالنسبة للطرز المدروسة، فقد سجّل الطراز الوراثي L-55118 معنوياً أعلى متوسط عدد أفرع أولية على النبات(6.58 فرعاً) بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة، تلاه الطراز كردي (6.25 فرعاً)، ثمَّ الطراز إيبلا (5.83 فرعاً)، فالطراز إدلب 4 (5.75 فرعاً)، بينّما سجل الطرازان الوراثيان إدلب 3، وحوراني بالمتوسط أدنى متوسط عدد أفرع أولية على النبات (4.67، 5.17 فرعاً على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما.

فيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجل الطراز L-55118 معنوياً أعلى متوسط عدد أفرع أولية على النبات خلال الموسم الزراعي الأول (7.50 فرعاً)، تلاه الطراز كردي خلال الموسم الزراعي الثاني (6.50 فرعاً)، والطراز إيبلا خلال الموسم الزراعي الأول (6.17 فرعاً) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط عدد الأفرع على النبات الأدنى معنوياً لدى الطراز إدلب 3 خلال الموسم الزراعي الأول (4.00 فرعاً). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى عدد أفرع على النبات في كلا الموسمين الزراعيين الأول والثاني (6.73 ، 6.60 فرعاً على التوالي)، بينما كان الادنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية في كلا الموسمين الزراعيين (4.53، 4.53 فرعاً لكلا الموسمين). وفيما يتعلق بتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجلت الطرز L-55118، وكردي، و L-55001 معنوياً أعلى متوسط عدد أفرع أولية على النبات تحت ظروف الشاهد المروي (7.83، 7.67، 6.83 فرعاً على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطرازان L–55001، وإدلب3 أدنى عدد أفرع على النبات تحت ظروف الزراعة المطرية (3.83 فرعاً لكل منهما).

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز L-55118 أعلى متوسط عدد أفرع أولية في النبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (9.00 فرعاً)، تلاه الطراز كردي تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الثاني والأول على التوالي (8.00، 7.33 فرعاً)، ثمَّ الطراز إيبلا تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (7.00 فرعاً) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز إدلب 3 والطراز L-55001 معنوياً أدنى متوسط عدد أفرع أولية في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول (3.33، 3.67 فرعاً على التوالي)، وبدون فروقات معنوية بينهما.

الجدول (21): عدد الأفرع الأولية على النبات (فرع. نبات$^{-1}$) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	7.00	4.33	**5.67**	6.67	4.67	**5.67**	6.83	4.50	**5.67**
إدلب 3	4.67	3.33	**4.00**	6.33	4.33	**5.33**	5.50	3.83	**4.67**
إدلب 4	6.67	4.33	**5.50**	7.00	5.00	**6.00**	6.83	4.67	**5.75**
إيبلا	7.00	5.33	**6.17**	6.33	4.67	**5.50**	6.67	5.00	**5.83**
حوراني	6.33	5.00	**5.67**	5.67	3.67	**4.67**	6.00	4.33	**5.17**
كردي	7.33	4.67	**6.00**	8.00	5.00	**6.50**	7.67	4.83	**6.25**
L-55051	6.33	4.33	**5.33**	6.00	4.33	**5.17**	6.17	4.33	**5.25**
L-55118	9.00	6.00	**7.50**	6.67	4.67	**5.67**	7.83	5.33	**6.58**
L-55001	7.00	3.67	**5.33**	6.67	4.00	**5.33**	6.83	3.83	**5.33**
L-55017	6.00	4.33	**5.17**	6.67	5.00	**5.83**	6.33	4.67	**5.50**
المتوسط	**6.73**	**4.53**	**5.63**	**6.60**	**4.53**	5.57	**6.67**	**4.53**	**5.60**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.27^{NS}	0.60*	0.27*	0.85*	0.38^{NS}	0.85*	1.20^{NS}
C.V (%)	13.34						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-2-عدد الأفرع الثانوية على النبات:Number of secondary branches

يُلاحظ من الجدول (22) وجود فروقات معنوية ($P\leq0.05$) في صفة عدد الأفرع الثانوية على النبات بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. وكان متوسط عدد الأفرع الثانوية على النبات الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (13.83 فرعاً) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (12.67 فرعاً). وكان متوسط عدد الأفرع الثانوية على النبات الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (15.30 فرعاً) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (11.20 فرعاً). ويُلاحظ بالنسبة للطرز المدروسة، فقد سجل الطراز الوراثي إدلب4 معنوياً أعلى عدد أفرع ثانوية على النبات بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (16.42)، تلاه الطراز L-55051 (14.25)، ثمَّ الطراز إيبلا (14.00)، والطراز حوراني (13.92)، بدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجلت نباتات الطراز الوراثي L-55001 والطراز L-55118 معنوياً أدنى متوسط عدد أفرع ثانوية على النبات (9.92، 11.58 فرعاً على التوالي).

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجَّل الطراز إدلب4 معنوياً أعلى متوسط عدد أفرع ثانوية على النبات خلال الموسم الزراعي الأول (18.50فرعاً)، تلاه الطراز L-55051 خلال الموسم الزراعي نفسه (16.00 فرعاً)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط عدد الأفرع الثانوية على النبات الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55001 خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني على التوالي وبدون فروقات معنوية بينهما (9.33، 10.50 فرعاً)، ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي معنوياً أعلى متوسط عدد أفرع ثانوية على النبات في كلا الموسمين الأول والثاني (16.07، 14.53 فرعاً على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية معنوياً أدنى

متوسط عدد أفرع ثانوية على النبات في كلا الموسمين الزراعيين (11.60، 10.80 فرعاً لكلا الموسمين)، وبالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إدلب4 معنوياً أعلى متوسط عدد أفرع ثانوية على النبات تحت ظروف الشاهد المروي (18.83 فرعاً)، تلاه الطرز إيبلا،55051-L، كردي تحت ظروف الزراعة المروية (16.17، 16.17، 16.00 فرع لكلٍ منهما) وبدون فروقات معنوية بينها، في حين سجل كلاً من الطرازين L-55001 و L-55118 معنوياً أدنى متوسط عدد أفرع ثانوية على النبات تحت ظروف الزراعة المطرية (7.83، 9.67 فرعاً لكل منهما على التوالي). ونلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معاملات ظروف الزراعة والطرز المدروسة، أنَّ الطرازين إدلب4، حوراني سجلا معنوياً أعلى متوسط عدد أفرع ثانوية بالمتوسط (14.00، 12.33 فرعاً على التوالي). أمّا فيما يتعلق بتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجّلت الطرز الوراثية إدلب 4، L-55118 ، والطراز L-55017 ، ايبلا، و كردي أعلى متوسط عدد أفرع ثانوية في النبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (21.33، 18.00، 17.33، 16.67 فرعاً لكل منها على التوالي) وبدون فروقات معنوية بينها، بينما سجَّل الطراز L-55001 أدنى عدد أفرع ثانوية في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول والثاني (7.33، 8.33 فرع على التوالي)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما.

عموماً، تُعد صفة عدد الأفرع الأولية والثانوية المتشكلة على النبات من الصفات المهمة المرتبطة بغلة المحصول للعدس، حيث أنَّ متوسط عدد البذور في النبات لا يتحدد فقط بعدد البذور وإنَّما بعدد الأفرع في النبات الواحد، وكفاءة النبات في تحويل الأفرع الخضرية إلى مثمرة، وكمية المادة الجافة والمياه المتاحة خلال مرحلة النمو الخضري، وهذا يتوافق مع ما أظهرته دراسة أجراها

(Wilson and Teare, 1972) على العدس، التي بيَّنت تأثر عدد الأفرع الأولية والثانوية بالطراز الوراثي، والكثافة النباتية، والظروف البيئية السائدة في منطقة الزراعة.

الجدول (22): عدد الأفرع الثانوية على النبات لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
ادلب 2	14.67	11.33	**13.00**	14.00	11.33	**12.67**	14.33	11.33	**12.83**
ادلب 3	14.67	10.00	**12.33**	15.00	10.67	**12.83**	14.83	10.33	**12.58**
ادلب 4	21.33	15.67	**18.50**	16.33	12.33	**14.33**	18.83	14.00	**16.42**
ايبلا	16.67	12.00	**14.33**	15.67	11.67	**13.67**	16.17	11.83	**14.00**
حوراني	15.67	13.00	**14.33**	15.33	11.67	**13.50**	15.50	12.33	**13.92**
كردي	16.67	11.33	**14.00**	15.33	11.33	**13.33**	16.00	11.33	**13.67**
L-55051	18.00	14.00	**16.00**	14.33	10.67	**12.50**	16.17	12.33	**14.25**
L-55118	14.33	10.00	**12.17**	12.67	9.33	**11.00**	13.50	9.67	**11.58**
L-55001	11.33	7.33	**9.33**	12.67	8.33	**10.50**	12.00	7.83	**9.92**
L-55017	17.33	11.33	**14.33**	14.00	10.67	**12.33**	15.67	11.00	**13.33**
المتوسط	**16.07**	**11.60**	13.83	**14.53**	**10.80**	12.67	**15.30**	**11.20**	**13.25**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.53*	1.18*	0.53*	1.67*	0.75^{NS}	1.67^{NS}	2.36^{NS}
C.V (%)	11.13						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-3- عدد القرون في النبات Number of pods per plant

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في متوسط عدد القرون في النبات بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. يتضح من الجدول (23) أنَّ متوسط عدد القرون في النبات كان الأعلى معنوياً خلال الموسم

الزراعي الأول الأكثر هطولاً (24.08 قرناً) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (23.66 قرناً). وكان عدد القرون في النبات الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (26.96 قرناً) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (20.79 قرناً). ويُلاحظ بالنسبة للطرز المدروسة أنّ الطراز الوراثي إدلب2 سجّل معنوياً أعلى متوسط عدد قرون في النبات بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (30.89 قرناً)، تلاه الطراز إدلب4 (29.25 قرناً)، والطراز إدلب3 (25.53 قرناً)، والطراز إيبلا (24.81 قرناً) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطرازان الوراثيان L– 55001 و L–55017 معنوياً أدنى متوسط عدد قرون في النبات (17.25، 19.78 قرناً على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما.

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجّل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط لعدد القرون في النبات خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (30.94، 30.83 قرناً على التوالي)، تلاه الطراز إدلب4 خلال الموسمين الزراعيين الأظول والثاني (29.89، 28.61 قرن على التوالي)، والطراز إدلب3 خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (25.56، 25.50 قرن على التوالي)، ثمَّ الطراز إيبلا خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (24.89، 24.72 قرناً على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط عدد القرون في النبات الأدنى معنوياً لدى الطراز L–55001 خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (16.94، 17.56 قرناً على التوالي). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجّلت معاملة الشاهد المروي أعلى عدد القرون في النبات خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (27.16، 26.76 قرناً على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية معنوياً أدنى عدد القرون في النبات في كلا الموسمين الزراعيين (21.01، 20.57 قرناً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، أنّ الطراز إدلب2 سجّل معنوياً أعلى متوسط عدد القرون في النبات تحت ظروف الشاهد المروي (33.33 قرناً)، تلاه الطرز إدلب4، وإدلب3، وإيبلا

تحت ظروف الزراعة المروية (23.00، 28.44، 28.17 قرناً على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطراز L–55001 معنوياً أدنى متوسط عدد قرون في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية (13.56 قرناً)، والطراز L–55017 (16.83قرناً) تحت ظروف الزراعة المطرية وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، وقد سجلت الطرز الوراثية إدلب2، وإدلب4، وإدلب3 أعلى متوسط عدد قرون بالمتوسط تحت ظروف الزراعة البعلية (28.44، 26.50، 22.61 قرناً على التوالي) ودون فروقاتٍ معنوية بينها.

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط عدد القرون في النبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (33.44، 33.22 قرناً على التوالي)، تلاه الطراز إدلب4 تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (32.67، 31.33 قرناً على التوالي) والطراز إدلب3 تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسمين الزراعيين (28.56، 28.33 قرناً على التوالي) والطراز إيبلا تحت ظروف الري وخلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (28.22، 28.11 قرناً على التوالي) وبدون فروقات معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 معنوياً أدنى متوسط عدد قرون في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني (13.33 قرناً)، وتحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول (13.78 قرناً).

يُلاحظ مما تقدم، أنّ عدد القرون النهائي في نباتات العدس يتحدد بشكلٍ رئيس بكمية المياه والمادة الجافة المتاحة خلال مرحلتي الإزهار وتشكل القرون ، وتستجيب عادةً نباتات العدس لظروف الاجهاد المائي بزيادة نسبة الأزهار والقرون المجهضة، ما يؤثر سلباً في عدد القرون الكلي المتشكلة في النبات، وتشتد المنافسة خلال مرحلة تشكل القرون على نواتج التمثيل الضوئي ما يؤثر سلباً في معدل تشكل القرون ونموها وتطورها، ومن ثمّ تراجع غلة المحصول الاقتصادية.

يُعزى تفوق الطرز الوراثية في متوسط عدد القرون في النبات الواحد إلى امتلاكها مسطحاً ورقياً معنوياً أكبر، حيث يؤدي زيادة حجم المصدر إلى امتصاص كمية أكبر من الطاقة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، وخصوصاً إذا ما توافق مع وجود هندسة ورقية مناسبة، ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين متوسط عدد القرون في النبات ودليل المساحة الورقية (r=0.70*)، ما يؤدي إلى زيادة معدل التمثيل الضوئي وتصنيع وتراكم المادة الجافة، وبالتالي إنّ التباين في كفاءة النباتات التمثيلية، وقدرتها في المحافظة على استمرار الانفتاح الجزئي للمسامات وجهد الامتلاء داخل خلايا الأوراق من خلال الحد من معدل فقد الماء بالنتح، حيث يؤدي أيضاً استمرار الانفتاح الجزئي للمسامات إلى استمرار انتشار غاز الفحم عبر المسامات أثناء التبادل الغازي ومن ثمّ استمرار حدوث عملية التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة، بالإضافة إلى دور استمرار فقد الماء بالنتح في المحافظة على استدامة اخضرار الأوراق Stay green وفعّاليتها في عملية التمثيل الضوئي، يؤدي كل ذلك إلى زيادة كمية المادة الجافة المتاحة ما يؤدي إلى زيادة نسبة القرون المتشكلة.

عموماً، يتحدد عدد الأزهار المتشكلة والخصبة ومن ثمّ عدد القرون المتطورة بشكلٍ كامل بحجم المصدر (كمية نواتج التمثيل الضوئي المصنّعة)، وكفاءة النبات في تسخير كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي Partitioning efficiency خلال مراحل النمو الثمري المختلفة، وخاصةً مرحلتي الإزهار وتشكل القرون. عموماً، يحدد متوسط عدد القرون في النبات، متوسط عدد البذور، ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين متوسط عدد القرون في النبات وعدد البذور في البات (r=0.848*)، ما يؤدي إلى زيادة غلة المحصول البذرية. تتوافق هذه النتائج مع نتائج عيسى (2009) في الصويا ونتائج (Mohammad Salehi *et al.*, 2004) في محصول العدس.

الجدول (23): عدد القرون في النبات لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	33.44	28.44	**30.94**	33.22	28.44	**30.83**	33.33	28.44	**30.89**
إدلب 3	28.56	22.56	**25.56**	28.33	22.67	**25.50**	28.44	22.61	**25.53**
إدلب 4	32.67	27.11	**29.89**	31.33	25.89	**28.61**	32.00	26.50	**29.25**
إيبلا	28.22	21.56	**24.89**	28.11	21.33	**24.72**	28.17	21.44	**24.81**
حوراني	26.22	21.33	**23.78**	26.22	21.00	**23.61**	26.22	21.17	**23.69**
كردي	27.44	20.56	**24.00**	27.44	20.11	**23.78**	27.44	20.33	**23.89**
L-55051	22.78	17.89	**20.33**	22.78	17.56	**20.17**	22.78	17.72	**20.25**
L-55118	27.56	19.44	**23.50**	27.44	19.11	**23.28**	27.50	19.28	**23.39**
L-55001	21.33	13.78	**17.56**	20.56	13.33	**16.94**	20.94	13.56	**17.25**
L-55017	23.33	17.44	**20.39**	22.11	16.22	**19.17**	22.72	16.83	**19.78**
المتوسط	**27.16**	**21.01**	**24.08**	**26.76**	**20.57**	**23.66**	**26.96**	**20.79**	**23.87**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.56^{NS}	1.24*	0.56*	1.76^{NS}	0.79^{NS}	1.76*	2.49^{NS}
C.V (%)	6.51						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-4-عدد البذور في النبات Number of seed per plant:

يُلاحظ من الجدول (24) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في متوسط عدد البذور في النبات بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينها. نُلاحظ أنّ متوسط عدد البذور في النبات الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (72.85 بذرة) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (70.75 بذرة). وكان عدد البذور في النبات الأعلى معنوياً لدى طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (83.45 بذرة) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (60.15 بذرة). وفيما يتعلق بالطرز المدروسة سجّل الطراز الوراثي إدلب2 معنوياً أعلى متوسط عدد بذور في النبات بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (88.67

بذرة)، تلاه الطرز إدلب4، وإيبلا، وكردي، وإدلب3 (85.08، 76.67، 75.83، 75.58 بذرة على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطراز الوراثي L-55001 معنوياً أدنى متوسط عدد بذور في النبات (50.58 بذرة).

بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي معنوياً أعلى متوسط عدد بذور في النبات في كلا الموسمين الزراعيين الأول والثاني (83.37، 83.53 بذرة على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية معنوياً أدنى متوسط عدد بذور في النبات في كلا الموسمين الزراعيين الأول والثاني (62.33، 57.97 بذرة على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، أنّ الطراز إدلب2 سجّل معنوياً أعلى متوسط عدد بذور في النبات تحت ظروف الشاهد المروي (98.67 بذرة)، تلاه كلٍ من الطراز إدلب4، وكردي، وإيبلا، وإدلب3 تحت ظروف الزراعة المروية (96.83، 89.00، 88.67 ،86.33 بذرة على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطرازان الوراثيان L-55001، و L-55017 معنوياً أدنى متوسط عدد بذور في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية (50.50، 50.50 بذرة)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، في حين نجد تحت ظروف الزراعة البعلية أن الطرز إدلب2، إدلب4، إدلب3، إيبلا قد سجلت أعلى متوسط عدد بذور (78.67، 73.33، 64.83،64.67 بذرة على التوالي) ودون فروقات معنوية بينها. وبالنسبة للتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط عدد بذور في النبات خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني تباعاً، والطراز الوراثي إدلب4 خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (90.00، 87.33، 87.33 ، 82.83 بذرة على التوالي)، تلاهما الطراز كردي خلال الموسم الزراعي الأول (77.33 بذرة) والطراز إيبلا خلال الموسم الزراعي الأول (77.00 بذرة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط عدد البذور في النبات الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (50.17، 51.00 بذرة على التوالي) ودون فروقاتٍ معنوية بينهما.

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط عدد بذور في النبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال

الموسمين الزراعيين الأول والثاني (98.67، 98.67 بذرة على التوالي)، تلاه الطراز إدلب4 تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسمين الزراعيين الأول والثاني (97.33، 96.33 بذرة على التوالي) والطراز كردي تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسمين الزراعيين الاول والثاني (89.67، 88.33 بذرة على التوالي) والطراز إيبلا تحت ظروف الري وخلال الموسمين الثاني والأول (89.00، 88.33 بذرة على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L-55001 معنوياً أدنى متوسط عدد بذور في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني (37.00 بذرة)، وتحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول (40.33 بذرة).

يُعزى التباين الوراثي في عدد البذور المتشكلة في النبات، بشكلٍ رئيس إلى التباين في مساحة المسطح الورقي الأخضر (LAI)، ومن ثمّ كفاءة النبات التمثيلية، حيث يُلاحظ أنَّ الأنماط الوراثية التي كانت فيها قيمة دليل المساحة الورقية معنوياً أعلى مثل إدلب4، إيبلا، إدلب2 قد شكّلت معنوياً عدداً أكبر من البذور في النبات، ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين متوسط عدد البذور في النبات ودليل المساحة الورقية (r=0.848*)، ويرتبط عدد البذور أيضاً بعدد القرون، ما يشير إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر خلال فترة الطلب على نواتج التمثيل الضوئي (من الإزهار وحتى اكتمال امتلاء الحبوب) في تحديد متوسط عدد البذور في النبات. ويُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي أنّ الانخفاض في عدد البذور في النباتات التي تعرّضت للإجهاد المائي قد حصل بسبب تراجع في حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمّ كمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة تشكل القرون وتطورها، بالإضافة إلى التأثير السلبي لنقص المياه خلال مرحلة امتلاء البذور في درجة امتلاء البذور، ومن ثمّ وزن البذرة الواحدة. تُشير هذه النتائج إلى أهمية إتاحة الماء بكمياتٍ كافية خلال مراحل نمو نباتات العدس، وخاصةً مرحلتي الإزهار، وتشكل القرون وتطور البذور فيها للحصول على أكبر عدد ممكن من القرون، ومن ثمَّ عدد البذور في النبات، حيث يُلاحظ أنّ الطرز إدلب2، إدلب3، إدلب4، كردي، إيبلا التي شكَّلت معنوياً عدداً أكبر من القرون، استطاعت تشكيل عدداً أكبر من البذور في النبات، وهذا يُشير إلى أنّ عدد البذور مرتبط

بعدد القرون المتشكلة، بالإضافة إلى التباين الوراثي في كفاءة الصنف في المحافظة على حجم المصدر ومحتوى النبات المائي تحت ظروف الجفاف. تتوافق هذه النتائج مع نتائج (Mohammad Salehi *et al*., 2004) في محصول العدس، وعيسى (2009) في محصول الصويا.

الجدول (24): عدد البذور في النبات(بذرة. نبات$^{-1}$) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	98.67	81.33	**90.00**	98.67	76.00	**87.33**	98.67	78.67	**88.67**
إدلب 3	86.00	66.00	**76.00**	86.67	63.67	**75.17**	86.33	64.83	**75.58**
إدلب 4	97.33	77.33	**87.33**	96.33	69.33	**82.83**	96.83	73.33	**85.08**
إيبلا	88.33	65.67	**77.00**	89.00	63.67	**76.33**	88.67	64.67	**76.67**
حوراني	86.00	65.00	**75.50**	81.67	57.33	**69.50**	83.83	61.17	**72.50**
كردي	89.67	65.00	**77.33**	88.33	60.33	**74.33**	89.00	62.67	**75.83**
L-55051	72.67	52.33	**62.50**	74.00	48.67	**61.33**	73.33	50.50	**61.92**
L-55118	83.33	58.00	**70.67**	83.33	55.00	**69.17**	83.33	56.50	**69.92**
L-55001	61.67	40.33	**51.00**	63.33	37.00	**50.17**	62.50	38.67	**50.58**
L-55017	70.00	52.33	**61.17**	74.00	48.67	**61.33**	72.00	50.50	**61.25**
المتوسط	**83.37**	**62.33**	**72.85**	**83.53**	**57.97**	**70.75**	**83.45**	**60.15**	**71.80**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	1.66*	3.72*	1.66*	5.25^{NS}	2.35*	5.25*	7.43^{NS}
C.V(%)	6.47						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5

5-4-5- وزن البذور في النبات (غ) Seed wieght

تُشير نتائج التحليل الإحصائي إلى وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة وزن البذور في النبات بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. ويُلاحظ من الجدول (25) أنّ متوسط وزن البذور في النبات كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (4.18غ) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (3.07غ). وكان وزن البذور في النبات الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (4.71غ) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (2.54غ). وفيما يتعلق بالطرز المدروسة، فقد سجل الطراز الوراثي كردي معنوياً أعلى متوسط وزن بذور في النبات بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (4.28غ)، تلاه الطراز حوراني (4.17غ)، والطراز إدلب2 (4.04غ)، فالطراز إدلب3 (3.84غ)، ثمَّ الطراز إدلب4 (3.83غ) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطرازان الوراثيان L-55001 ، وL-55118 معنوياً أدنى متوسط وزن بذور في النبات (2.84، 2.91غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجل كلاً من الطراز إدلب3 معنوياً أعلى متوسط وزن بذور في النبات خلال الموسم الزراعي الأول والطراز كردي خلال الموسم الزراعي الثاني (4.95، 4.95غ على التوالي)، ثمَّ الطراز الوراثي إيبلا خلال الموسم الزراعي الأول (4.83غ)، فالطراز إدلب2 خلال الموسم الزراعي الأول (4.78غ)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط وزن البذور في النبات الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الثاني (1.94غ). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي معنوياً أعلى متوسط وزن بذور في النبات في كلا الموسمين الزراعيين الأول والثاني (5.48، 3.59غ على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية معنوياً أدنى متوسط وزن بذور في النبات في كلا الموسمين الزراعيين (2.88، 2.20غ على التوالي). وفيما يتعلق بتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز كردي معنوياً أعلى متوسط وزن بذور في النبات تحت ظروف الشاهد المروي (5.47غ)، تلاه الطرز حوراني، وإدلب3، وإدلب2، وإيبلا (5.26، 5.07،

4.95،4.96غ على التوالي) تحت ظروف الزراعة المروية وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطرازان L–55001، L–55118 معنوياً أدنى متوسط وزن بذور في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية (1.78، 1.87 غ على التوالي)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، وقد سجلت الطرز إدلب2، وكردي، وحوراني أعلى متوسط وزن بذور تحت ظروف الزراعة البعلية (3.11، 3.09، 3.10غ على التوالي) ودون فروقات معنوية بينها.

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز إدلب3 معنوياً أعلى متوسط وزن بذور في النبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (6.67غ)، تلاه الطراز إيبلا تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (6.40غ) والطراز كردي تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسم الزراعي الثاني (6.26غ) والطراز إدلب2 تحت ظروف الري وخلال الموسم الأول (5.99غ) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل كل من الطراز L–55051 خلال الموسم الزراعي الثاني، والطراز L–55001 خلال الموسم الزراعي الأول معنوياً أدنى متوسط وزن بذور في النبات تحت ظروف الزراعة المطرية (1.20، 1.38غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. عموماً، إنَّ تعرض النباتات للإجهاد المائي خلال المراحل الحساسة (الإزهار، تشكل القرون وامتلاء البذور) يؤدي إلى تقصير طول فترة امتلاء البذور، ما يؤثر سلباً في درجة امتلائها ومتوسط وزنها. حيث تُعد كلاً من مرحلة الإزهار وامتلاء البذور في ظل ظروف الزراعة المروية مسؤولة عن 62% من التباين في غلة البذور تحت ظروف الإجهاد المائي وشح المياه (Silima *et al.*, 1992). وهذا يؤكد أهمية توافر المياه لزيادة متوسط وزن البذور، حيث أنّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي من المصدر Source (الأوراق والسوق) إلى المصب (البذور) (Fricke *et al.*, 2004). وأنّ الوزن النهائي للبذور يتحدد بشكلٍ رئيس بمعدل نمو البذرة وتطورها (حجم المصب)، وكفاءة النبات في توصيل كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي إلى البذور، وطول فترة امتلاء البذور.

يُعزى تفوق الطرز المدروسة مثل الطرز كردي، إدلب3، إدلب2 في صفة وزن البذور وخاصةً تحت ظروف الإجهاد المائي بالمقارنة مع باقي الطرز إلى امتلاكها مسطحاً ورقياً أخضر فعّال في عملية التمثيل الضوئي، بالإضافة إلى كفاءتها العالية في استمرار الانفتاح الجزئي للمسامات، نتيجة مقدرتها في المحافظة على قيم مرتفعة من محتوى الماء النسبي في الأوراق، تساعد هذه الصفات في زيادة كفاءة النبات التمثيلية وكمية المادة الجافة المصنّعة والمتاحة خلال فترة امتلاء البذور، بالإضافة إلى تفوقها في متوسط عدد القرون في النبات، ومن ثمَّ عدد البذور. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Singh and Saxena, 1990) في محصول العدس، و عيسى (2009) في الصويا.

الجدول (25): وزن البذور في النبات (غ) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	5.99	3.58	**4.78**	3.94	2.64	**3.29**	4.96	3.11	**4.04**
إدلب 3	6.67	3.22	**4.95**	3.47	1.99	**2.73**	5.07	2.61	**3.84**
إدلب 4	5.86	3.49	**4.68**	3.82	2.16	**2.99**	4.84	2.82	**3.83**
إيبلا	6.40	3.25	**4.83**	3.51	1.50	**2.51**	4.95	2.38	**3.67**
حوراني	5.67	3.12	**4.40**	4.84	3.06	**3.95**	5.26	3.09	**4.17**
كردي	4.68	2.56	**3.62**	6.26	3.64	**4.95**	5.47	3.10	**4.28**
L-55051	5.80	3.23	**4.52**	2.68	1.20	**1.94**	4.24	2.21	**3.23**
L-55118	4.81	2.30	**3.56**	3.10	1.44	**2.27**	3.95	1.87	**2.91**
L-55001	3.88	1.38	**2.63**	3.92	2.17	**3.05**	3.90	1.78	**2.84**
L-55017	5.04	2.64	**3.84**	3.92	2.17	**3.05**	4.48	2.41	**3.44**
المتوسط	**5.48**	**2.88**	**4.18**	**3.95**	**2.20**	**3.07**	**4.71**	**2.54**	**3.63**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.09*	0.20*	0.10*	0.28*	0.13*	0.29*	0.40*
C.V (%)	6.96						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-6-وزن الـ100 بذرة (غ) 100- seed weight:

بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في متوسط وزن الـ 100 بذرة بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. يُلاحظ من الجدول (26) أنّ متوسط وزن الـ 100 بذرة كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (4.85غ) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (3.72غ). وكان وزن الـ 100 بذرة الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (5.01غ) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (3.56غ). وفيما يتعلق بالطرز الوراثية المدروسة فقد سجل الطراز الوراثي L-55051 معنوياً أعلى متوسط وزن 100 بذرة بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (5.45غ)، تلاه الطرز الوراثية إيبلا، وكردي، وإدلب3، وإدلب2 (4.97، 4.76، 4.18، 4.13غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطرازان الوراثيان L-55001 و L-55118 معنوياً أدنى متوسط وزن 100 بذرة (3.44، 3.65 غ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما.

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجل الطراز إيبلا معنوياً أعلى متوسط وزن 100 بذرة خلال الموسم الزراعي الأول (6.01غ)، تلاه الطراز L-55051 خلال الموسم الزراعي الثاني (5.90غ)، والطراز إدلب3 خلال الموسم الزراعي الأول (5.41 غ) والطراز إدلب2 خلال نفس الموسم (5.10غ) والطراز كردي خلال الموسم الثاني (5.02) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط وزن الـ 100 بذرة الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55118 خلال الموسم الزراعي الثاني (2.78غ). ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى متوسط وزن 100 بذرة في كلا الموسمين الأول والثاني (5.65، 4.38غ على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية معنوياً

أدنى وزن 100 بذرة في كلا الموسمين الزراعيين (4.05، 3.07غ على التوالي)، ويُعزى ذلك إلى تأثير الجفاف في معدل نمو البذور Seed growth rate وطول فترة نمو البذرة، الأمر الذي يؤدي إلى تشكيل بذور صغيرة، وتزداد تبعاً لذلك نسبة البذور الصغيرة المتشكلة ما يؤدي إلى تراجع متوسط وزن المئة بذرة. ويُلاحظ بالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، أنّ الطراز L– 55051 سجل أعلى متوسط وزن الـ 100 بذرة تحت ظروف الشاهد المروي (6.45غ)، تلاه الطراز إيبلا تحت ظروف الزراعة المروية (5.72غ) والطراز كردي تحت ظروف الشاهد المروي (5.45غ) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L–55001 أدنى وزن 100 بذرة تحت ظروف الزراعة المطرية (2.58غ). وكما نُلاحظ من التفاعل بين المعاملات والطرز وتحت ظروف الإجهاد فقد سجلت الطرز L–55051، وإيبلا، وكردي (4.44، 4.22، 4.04غ على التوالي) ودون فروقات معنوية بينها. أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل معنوياً الطراز L–55051 أعلى متوسط وزن 100 بذرة تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الثاني (7.10غ)، تلاه الطراز إيبلا تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (6.72غ)، والطراز إدلب3 تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسم الزراعي الأول (6.36غ) والطراز إدلب2 تحت ظروف الري وخلال الموسم الزراعي الأول (5.83غ) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L-55118 أدنى وزن 100 بذرة تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني (2.23غ)، والطراز L–55001 (2.32غ) تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الثاني وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

يُعزى تفوق الطرز في متوسط وزن المائة بذرة في المعاملة الشاهد إلى إتاحة الماء خلال مرحلة تشكل البذور وتطورها وخلال مرحلة امتلاء البذور، بالإضافة إلى توافر المادة الجافةّ Dry matter بكميات كافية ما يساعد في زيادة حجم البذور المتشكلة، ومن ثمَّ الكفاءة التخزينية بالإضافة

إلى زيادة عدد البذور المتشكلة، وازدياد مقدرة البذور على نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب، لا سيما أنَّ معدل نقل نواتج التمثيل الضوئي يتناسب طرداً مع كمية المياه المتاحة خلال مرحلة امتلاء البذور، ويؤكد هذه النتيجة حدوث انخفاضاً ملحوظاً في متوسط وزن المائة بذرة في النباتات المعرضة للإجهاد المائي، ويمكن أن يُعزى تفوق الطراز L–55051 في متوسط وزن المائة بذرة تحت ظروف الإجهاد المائي إلى الكفاءة في المحافظة على محتوى ماء نسبي عالٍ، حيث تُساعد المحافظة على محتوى الأوراق المائي، ومن ثمَّ جهد الامتلاء في استمرار استطالة الخلايا النباتية والمحافظة على استمرار نمو الأوراق الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، بالإضافة إلى أهمية الماء كمصدر أولي للإلكترونات خلال تفاعلات الضوء أثناء عملية التمثيل الضوئي، حيث يُلاحظ أنَّ الأنماط الوراثية التي كانت فيها قيمة دليل المساحة الورقية مثل إدلب2، وإدلب3، وإدلب4، وإيبلا، وكردي قد شكلّت معنوياً وزن 100 بذرة أعلى، بينما نُلاحظ بالنسبة للطراز L–55051 ارتبط وزن المائة بذرة بعدد الأفرع الثانوية المتشكلة وارتفاع النبات، حيث كانت من الطرز المتفوقة معنوياً بهما، ما يشير إلى أهمية حجم المصدر خلال فترة الطلب على نواتج التمثيل الضوئي (من مرحلة الإزهار وحتى اكتمال امتلاء البذور) وكفاءة المصدر التمثيلية، في تحديد وزن المائة بذرة.

عموماً، يُعزى التباين الوراثي في متوسط وزن المائة بذرة بين الطرز الوراثية المدروسة إلى التباين في حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، حيث يُلاحظ أنَّ الطرز الوراثية التي حققت دليل مساحة ورقية أكبر، وحافظت على اخضرار المسطح الورقي لفترة زمنية أطول (معظم الأصناف، مثل إيبلا، كردي، إدلب2، إدلب3) كان متوسط وزن المائة بذرة فيها معنوياً أعلى. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه كلٍ من (Moslem Abchpur *et al.*, 2011) في العدس، وعيسى (2009) في محصول الصويا، وما توصلت إليه جنود (2007) في محصو القمح، والتمو (2013) في محصول الشعير.

الجدول (26): وزن الـ100 بذرة (غ) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	5.83	4.37	**5.10**	3.53	2.79	**3.16**	4.68	3.58	**4.13**
إدلب 3	6.36	4.46	**5.41**	3.60	2.32	**2.96**	4.98	3.39	**4.18**
إدلب 4	5.18	3.71	**4.45**	3.62	2.98	**3.30**	4.40	3.35	**3.87**
إيبلا	6.72	5.30	**6.01**	4.71	3.15	**3.93**	5.72	4.22	**4.97**
حوراني	5.63	4.05	**4.84**	3.26	2.43	**2.84**	4.45	3.24	**3.84**
كردي	5.15	3.85	**4.50**	5.74	4.29	**5.02**	5.45	4.07	**4.76**
L-55051	5.80	4.18	**4.99**	7.10	4.70	**5.90**	6.45	4.44	**5.45**
L-55118	5.47	3.56	**4.52**	3.33	2.23	**2.78**	4.40	2.89	**3.65**
L-55001	4.69	2.83	**3.76**	3.92	2.32	**3.12**	4.30	2.58	**3.44**
L-55017	5.67	4.15	**4.91**	4.96	3.48	**4.22**	5.31	3.81	**4.56**
المتوسط	**5.65**	**4.05**	**4.85**	**4.38**	**3.07**	**3.72**	**5.01**	**3.56**	**4.29**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.10*	0.23*	0.10*	0.33*	0.15*	0.33*	0.47*
C.V (%)	6.78						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-7-الغلة من البذور (كغ.هكتار$^{-1}$) Seed yield:

تُشير نتائج التحليل الإحصائي إلى وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة الغلة من البذور بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. ويُلاحظ من الجدول (27) أنَّ متوسط الغلة من البذور كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (1404 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (1334 كغ.هكتار$^{-1}$)، وكانت غلة البذور الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف

الزراعة المروية (1566 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (1173كغ.هكتار$^{-1}$). وفيما يتعلق بالطرز المدروسة، فقد سجّل الطراز الوراثي إدلب2 معنوياً أعلى متوسط غلة من البذور بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (1743 كغ.هكتار$^{-1}$)، تلاه الطرز الوراثية إدلب4، وإدلب3، وإيبلا، وكردي، وحوراني (1715، 1478، 1459، 1432 ، 1398 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقات معنوية بينها، بينما سجل الطراز الوراثي L-55001 والطراز L-55017 معنوياً أدنى متوسط غلة من البذور (905، 1088 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط غلة من البذور خلال الموسم الزراعي الأول (1767 كغ.هكتار$^{-1}$) والطراز الوراثي إدلب4 خلال الموسم الزراعي الأول (1748)، تلاهما الطرازين إدلب2، إدلب4 خلال الموسم الزراعي الثاني (1718، 1682كغ.هكتار$^{-1}$)، والطراز الوراثي إدلب3 خلال الموسم الأول (1507 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط غلة البذور الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (857، 953 كغ.هكتار$^{-1}$على التوالي). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى غلة بذور في النبات في كلا الموسمين الأول والثاني (1596، 1535 كغ.هكتار$^{-1}$على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية أدنى متوسط غلة بذور في كلا الموسمين الزراعيين (1212، 1134 كغ.هكتار$^{-1}$على التوالي). وفيما يتعلق بتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة فقد سجل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط غلة بذور تحت ظروف الشاهد المروي (1945 كغ.هكتار$^{-1}$)، تلاه الطرز الوراثية إدلب4، وكردي، وإيبلا تحت ظروف الزراعة المروية (1910، 1673، 1640 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطرازين L-55001 والطراز L-55017 معنوياً أدنى متوسط غلة بذور تحت ظروف الزراعة المطرية (730، 893 كغ.هكتار$^{-1}$ على

التوالي)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، وبملاحظة التفاعل بين الطرز المزروعة ومعاملات الزراعة فقد سجلت الطرز إدلب2، إدلب4، إدلب3، إيبلا، حوراني أعلى متوسط غلة بذرية في ظروف الزراعة البعلية (1540، 1520، 1352، 1190،1190،1278 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها.

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط غلة بذور في النبات تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (1967 كغ.هكتار$^{-1}$)، تلاه الطراز إدلب4 تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول (1940 كغ.هكتار$^{-1}$)، والطراز إدلب2 تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسم الزراعي الثاني (1923 كغ.هكتار$^{-1}$) ثمَّ الطراز إدلب4 تحت ظروف الري وخلال الموسم الثاني (1880 كغ.هكتار$^{-1}$) فالطراز كردي خلال الموسم الأول وتحت ظروف الري (1693 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجّل الطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الأول والموسم الزراعي الثاني أدنى غلة من البذور تحت ظروف الزراعة المطرية (687،687 كغ.هكتار$^{-1}$على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما. يُلاحظ مما تقدم أن الطرز إدلب2، إدلب3، إدلب4، إيبلا، كردي، حوراني قد حققت معنوياً في المتوسط أعلى غلة بذرية، ويُعزى ذلك إلى تفوقها في تحقيق أعلى عدد قرون في النبات، إذْ يُعد عدد القرون من العوامل العددية المهمة المرتبطة بزيادة الغلة من البذور، إضافةً إلى امتلاكها حجم مسطح ورقي كبير فمع استدامة اخضرار الأوراق حققت الطرز غلة عالية، وأن المحافظة على محتوى ماء نسبي عالٍ، وامتصاص كمية أكبر من الماء، ما يؤدي إلى زيادة معدل نقل نواتج التمثيل الضوئي إلى البذور كون الماء هو الناقل الوحيد من المصدر إلى المصب (Fricke *et al.*, 2004). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Mohammad Salehi *et al.*, 2004) في محصول العدس، حيث وجد أنّ معامل الحصاد وعدد البذور والقرون

في النبات والغلة البيولوجية كانت أكثر الصفات أهمية وارتباطاً بالغلة النهائية البذرية، ومع نتائج عيسى (2009) في محصول فول الصويا، والتمو (2013) في محصول الشعير.

الجدول (27): الغلة من البذور (كغ.هكتار$^{-1}$) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	1967	1567	**1767**	1923	1513	**1718**	1945	1540	**1743**
إدلب 3	1620	1393	**1507**	1587	1310	**1448**	1603	1352	**1478**
إدلب 4	1940	1557	**1748**	1880	1483	**1682**	1910	1520	**1715**
إيبلا	1667	1327	**1497**	1613	1230	**1422**	1640	1278	**1459**
حوراني	1640	1253	**1447**	1573	1127	**1350**	1607	1190	**1398**
كردي	1693	1213	**1453**	1653	1167	**1410**	1673	1190	**1432**
L-55051	1437	990	**1213**	1347	923	**1135**	1392	957	**1174**
L-55118	1567	1100	**1333**	1483	1057	**1270**	1525	1078	**1302**
L-55001	1133	773	**953**	1027	687	**857**	1080	730	**905**
L-55017	1300	947	**1123**	1263	840	**1052**	1282	893	**1088**
المتوسط	**1596**	**1212**	**1404**	**1535**	**1134**	**1334**	**1566**	**1173**	**1369**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	29.28*	65.48*	29.28*	92.60^{NS}	41.41*	92.60^{NS}	130.96^{NS}
C.V (%)	5.98						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-8-الغلة الحيوية (كغ. هكتار$^{-1}$) Biological yield:

يُلاحظ من الجدول (28) وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في متوسط صفة الغلة الحيوية بين الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية والتفاعل المتبادل بينهما. وكان متوسط الغلة الحيوية الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (2933 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (2895 كغ.هكتار$^{-1}$). وكانت الغلة

الحيوية الأعلى معنوياً في طرز العدس المزروعة تحت ظروف الزراعة المروية (3379 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (2448 كغ.هكتار$^{-1}$). وفيما يتعلق بالطرز المدروسة فقد سجل الطراز الوراثي إدلب2 معنوياً أعلى متوسط غلة حيوية بالمقارنة مع باقي الطرز المدروسة (3700 كغ.هكتار$^{-1}$)، تلاه الطرز الوراثية إدلب4، وإدلب3، وإيبلا، وكردي (3597 ،3123، 3067، 3033 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقات معنوية بينها، بينّما سجل الطراز الوراثي L–55001 أدنى متوسط غلة حيوية (2023 كغ.هكتار$^{-1}$). وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجل الطراز إدلب2 معنوياً أعلى متوسط غلة حيوية خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (3707،3693 كغ.هكتار$^{-1}$) والطراز الوراثي إدلب4 خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (3607، 3587 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، تلاهما الطراز إدلب3 خلال الموسم الزراعي الثاني (3207 كغ.هكتار$^{-1}$) والطراز كردي خلال الموسم الأول (3093 كغ.هكتار$^{-1}$)، والطراز إيبلا خلال الموسم الأول (3080 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط الغلة الحيوية الأدنى معنوياً لدى الطراز L–55001 خلال الموسم الزراعي الثاني والأول (2007، 2040 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الشاهد المروي أعلى غلة حيوية في كلا الموسمين الأول والثاني (3372، 3387 كغ.هكتار$^{-1}$على التوالي)، بينما سجلت ظروف الزراعة المطرية أدنى متوسط غلة حيوية في كلا الموسمين (2493، 2403 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي). وفيما يتعلق بتفاعل الطرز الوراثية مع معاملات ظروف الزراعة، فقد سجّل الطراز إدلب2 أعلى متوسط غلة حيوية تحت ظروف الشاهد المروي (4147 كغ.هكتار$^{-1}$)، فالطراز إدلب4 تحت ظروف الزراعة المروية (4087 كغ.هكتار$^{-1}$) والطرازين كردي، وإيبلا تحت ظروف الشاهد المروي (3560، 3547 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما، بينما سجل الطرازين L–55001 L–55017 أدنى متوسط غلة حيوية تحت ظروف الزراعة المطرية (1547، 1960كغ.هكتار$^{-1}$على التوالي) ودون فروق معنوية بينهما. ويُلاحظ من نتائج التفاعل بين معاملات ظروف الزراعة والطرز الوراثية، فقد سجلت الطرز إدلب2، وإدلب4،

وإدلب3، وإيبلا، وكردي تحت ظروف الزراعة المطرية أعلى متوسط غلة بيولوجية (3253، 3107،3107، 2793، 2447 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما.

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إدلب2 أعلى متوسط غلة حيوية تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسمين الزراعيين الثاني والأول (4160، 4133 كغ.هكتار$^{-1}$)، تلاه الطراز إدلب4 تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الأول والثاني (4093، 4080 كغ.هكتار$^{-1}$)، والطراز إيبلا تحت ظروف الري وخلال الموسم الأول (3560 كغ.هكتار$^{-1}$) والطراز كردي تحت ظروف الزراعة المروية وخلال الموسم الزراعي الأول والثاني (3587، 3533 كغ.هكتار$^{-1}$) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الأول والموسم الزراعي الثاني أدنى متوسط غلة حيوية تحت ظروف الزراعة المطرية (1480،1613 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما.

عموماً، يتحدد معدل تراكم المادة الجافة، ومن ثمَّ كمية الكتلة الحية عند النضج بكمية الأشعة الضوئية الفعَّالة في عملية التمثيل الضوئي الواصلة، والممتصة من قبل الغطاء النباتي وبكفاءة الأجهزة التمثيلية في استعمال وتحويل الطاقة الضوئية الممتصة إلى طاقة كيميائية مخزونة في المركبات العضوية المصنّعة (Reynolds *et al*., 2004 ؛ Lizaso *et al*., 2003).

نُلاحظ مما سبق أنّ نباتات طرز العدس المدروسة شكَّلت كتلة حية أصغر في الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً بالمقارنة مع الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً. ويُعزى ذلك إلى التراجع الحاصل في نمو الأجزاء الهوائية (الساق، والأوراق)، بسبب تراجع محتوى التربة المائي حيث يؤدي الجفاف إلى تسخير النباتات كمية أكبر من المادة الجافة نحو المجموعة الأرضية لتشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب، التي تُعد من الآليات التكيفية المهمة لزيادة كمية الماء المستخلصة من التربة، ومن ثمّ المحافظة على ميزان العلاقات المائية داخل الخلايا النباتية. وتُعد زيادة الكتلة الحية

خلال مرحلة الطلب على نواتج التمثيل الضوئي مهمة لتحديد كلٍ من حجم المصدر Source size، وكفاءة النبات التمثيلية، وكمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة تشكل البذور وتطورها، وامتلائها، ما يؤدي إلى زيادة متوسط عدد البذور، ومتوسط وزن المائة بذرة وبالتالي الغلة. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Moslem Abchpur *et al*., 2011) في محصول العدس، وعيسى (2009) في محصول الصويا، والتومي (2012)، في محصول القمح، والتمو (2013) في محصول الشعير.

الجدول (28): الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	4133	3253	**3693**	4160	3253	**3707**	4147	3253	**3700**
إدلب 3	3440	2640	**3040**	3467	2947	**3207**	3453	2793	**3123**
إدلب 4	4080	3093	**3587**	4093	3120	**3607**	4087	3107	**3597**
إيبلا	3533	2627	**3080**	3560	2547	**3053**	3547	2587	**3067**
حوراني	3440	2600	**3020**	3373	2293	**2833**	3407	2447	**2927**
كردي	3587	2600	**3093**	3533	2413	**2973**	3560	2507	**3033**
L-55051	2907	2093	**2500**	2960	1947	**2453**	2933	2020	**2477**
L-55118	3333	2320	**2827**	3333	2200	**2767**	3333	2260	**2797**
L-55001	2467	1613	**2040**	2533	1480	**2007**	2500	1547	**2023**
L-55017	2800	2093	**2447**	2853	1827	**2340**	2827	1960	**2393**
المتوسط	**3372**	**2493**	**2933**	**3387**	**2403**	**2895**	**3379**	**2448**	**2914**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	72.60^{NS}	162.33*	72.60*	229.57^{NS}	102.67*	229.57*	324.67^{NS}
C.V (%)	6.96						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

5-4-9- دليل الحصاد (%) Harvest Index:

تُشير نتائج التحليل الإحصائي إلى وجود فروقاتٍ معنوية ($P\leq0.05$) في صفة دليل الحصاد بين الأنماط الوراثية، ومعاملات ظروف الزراعة المدروسة، والمواسم الزراعية، والتفاعل المتبادل بينهما. ويُلاحظ من الجدول (29) أنَّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (0.48) بالمقارنة مع الموسم الزراعي الثاني الأقل هطولاً (0.46). وكان بالنسبة للطرز المدروسة دليل الحصاد أعلى معنوياً لدى الطرز الوراثية إدلب3، وإدلب4، وإيبلا، وحوراني (0.48) لكلٍ منها وبدون فروقات معنوية بينها، بينما سجل الطراز الوراثي L-55001 معنوياً أدنى متوسط دليل حصاد (0.45) بين الطرز المدروسة.

وفيما يتعلق بالتفاعل المتبادل بين الطرز الوراثية مع المواسم الزراعية، فقد سجَّل الطراز إدلب3 معنوياً أعلى متوسط دليل حصاد خلال الموسم الزراعي الأول (0.50)، تلاه الطرز إيبلا إدلب4، حوراني، وإدلب2 خلال الموسم الزراعي الأول (0.49، 0.49، 0.48، 0.48) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، في حين كان متوسط دليل الحصاد الأدنى معنوياً لدى الطراز L-55001 خلال الموسم الزراعي الثاني (0.44). وبالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع معاملات ظروف الزراعة (مروي أو مطري)، فقد سجلت معاملة الزراعة المطرية أعلى دليل حصاد في الموسم الأول الأكثر هطولاً (0.48)، تلاها معاملة الري خلال الموسم الأول (0.47). وبالنسبة لتفاعل الطرز الوراثية مع

معاملات ظروف الزراعة، فقد سجلت الطرز إدلب3، وإدلب4، وحوراني، وايبلا (0.49 لكل منها) أعلى متوسط دليل حصاد تحت ظروف الزراعة المطرية وبدون فروقاتٍ معنوية بينها، بينما سجل الطراز L-55001 معنوياً أدنى متوسط دليل حصاد تحت ظروف الشاهد المروي (0.43).

أمّا بالنسبة لتفاعل المواسم الزراعية مع الطرز الوراثية ومعاملات ظروف الزراعة، فقد سجل الطراز إدلب3 معنوياً أعلى متوسط دليل حصاد تحت ظروف الزراعة المطرية خلال الموسم الزراعي الأول (0.53)، تلاه الطرازين الوراثيين إيبلا، وإدلب4 تحت ظروف الزراعة المطرية وخلال الموسم الزراعي الأول (0.51، 0.50) وبدون فروقات معنوية بينها، في حين سجّل الطراز L-55001 معنوياً أدنى متوسط دليل حصاد تحت ظروف الزراعة المروية خلال الموسم الزراعي الثاني (0.41). يُعزى التباين بين الطرز المدروسة في صفة دليل الحصاد إلى التباين في الغلة من البذور والغلة الحيوية، حيث يُلاحظ من النتائج أنّ طرز العدس التي حققت دليل حصاد أعلى بشكلٍ نسبيّ امتلكت غلة حيوية وبذرية عالية أيضاً كما في الطرز الوراثية (إدلب2، إدلب3، إدلب4، إيبلا)، في حين نجد أنّ الطرز التي أبدت دليل حصاد أدنى نسبياً كانت غلتها البذرية والحيوية الأدنى معنوياً بين الطرز المدروسة تحت ظروف الإجهاد مثل الطراز (L-55001)، الأمر الذي سبب تراجعاً معنوياً في قيمة معامل الحصاد، لا سيما أنَّ دليل الحصاد هو نسبة الغلة من البذور إلى الغلة الحيوية. إنَّ تعريض نباتات العدس للإجهاد المائي لم يؤثر في قيمة دليل الحصاد، بسبب عدم تأثر كلٍ من عدد القرون والبذور

في النبات ما يُقلل من تأثير الإجهاد المائي في غلة البذور. وقد يُعزى ارتفاع قيم دليل الحصاد في النباتات التي تعرَّضت للإجهاد المائي إلى تأثير الإجهاد المائي بشكلٍ أكبر في معدل نمو الأجزاء الهوائية وتطورها دون أن يؤثر ذلك بشكلٍ كبير في مرحلة النمو الثمري. ويشير التباين الوراثي بين الطرز المدروسة في دليل الحصاد إلى التباين في كفاءة الأصناف في المحافظة على المكونات المحددة لغلة المحصول الاقتصادية، ولوحظ أنّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً لدى الطرز إدلب3، إدلب4، إيبلا، وحوراني لتفوقها في متوسط كل من عدد القرون في النبات ومتوسط وزن المائة بذرة ووزن البذور في وحدة المساحة، بالإضافة إلى كفاءته في تشكيل عدد أكبر من البذور في النبات، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة غلة البذور في وحدة المساحة نسبةً إلى الغلة البيولوجية وتزداد بذلك قيمة دليل الحصاد. ولكنّ يُلاحظ عموماً، أنَّ قيم دليل الحصاد لدى جميع الأنماط الوراثية كانت منخفضة، ومنه نجد إمكانية العمل على تحسين غلة محصول العدس تحت ظروف الزراعة البعلية من خلال تحسين صفة دليل الحصاد، سيما أنّ دليل الحصاد يتأثر بحجم الأجزاء الثمرية (قوة المصب) (حجم وعدد البذور)، كما يتأثر بمعدل وطول فترة توزيع نواتج التمثيل الضوئي، حيثُ كلّما كانت المادة الجافة المسخرة للأجزاء الثمرية أكبر كان عدد البذور ووزنها أكبر، وازدادت درجة امتلاء البذور ووزنها، ما يؤدي إلى زيادة الغلة البذرية النهائية.

توافقت هذه النتائج مع ما توصلت إليه عيسى (2009) في محصول فول الصويا، و(*et al.*, 2004 Mohammad Salehi) في العدس.

الجدول (29): دليل الحصاد (%) لدى طرز العدس المدروسة تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية خلال الموسمين الزراعيين.

الطرز الوراثية	الموسم الأول			الموسم الثاني			المتوسط العام		
	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط	مروي	مطري	المتوسط
إدلب 2	0.48	0.48	**0.48**	0.46	0.47	**0.46**	0.47	0.47	**0.47**
إدلب 3	0.47	0.53	**0.50**	0.46	0.45	**0.45**	0.46	0.49	**0.48**
إدلب 4	0.48	0.50	**0.49**	0.46	0.48	**0.47**	0.47	0.49	**0.48**
إيبلا	0.47	0.51	**0.49**	0.45	0.48	**0.47**	0.46	0.49	**0.48**
حوراني	0.48	0.48	**0.48**	0.47	0.49	**0.48**	0.47	0.49	**0.48**
كردي	0.47	0.47	**0.47**	0.47	0.49	**0.48**	0.47	0.48	**0.47**
L-55051	0.50	0.47	**0.48**	0.46	0.48	**0.47**	0.48	0.47	**0.48**
L-55118	0.47	0.47	**0.47**	0.45	0.48	**0.46**	0.46	0.48	**0.47**
L-55001	0.46	0.48	**0.47**	0.41	0.46	**0.44**	0.43	0.47	**0.45**
L-55017	0.46	0.45	**0.46**	0.44	0.46	**0.45**	0.45	0.46	**0.46**
المتوسط	**0.47**	**0.48**	**0.48**	**0.45**	**0.47**	**0.46**	**0.46**	**0.48**	**0.47**

المتغير	المواسم	الطرز	المعاملات	مواسم×طرز	مواسم×معاملات	طرز×معاملات	مواسم×طرز×معاملات
L.S.D (0.05)	0.007*	0.015*	0.007*	0.021*	0.010^{NS}	0.021^{NS}	0.030*
C.V (%)	4.01						

*: معنوي عند مستوى 5% NS: غير معنوي عند مستوى 5%

الجدول (30): الفروقات بين الطرز الوراثية من حيث تفوقها في الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية.

الصفات المدروسة	الأعلى معنوية									الأدنى معنوية	
ارتفاع النبات	6	4	10	7	2	5	1	8	3	9	
عدد الأفرع الأولية	8	6	4	3	1	10	9	7	5	2	
عدد الأفرع الثانوية	3	7	4	5	6	10	1	2	8	9	
دليل المساحة الورقية	1	2	3	4	5	6	7	10	9	8	
الوزن الجاف	4	5	3	2	7	1	6	8	10	9	
محتوى الماء النسبي %	4	2	1	7	6	3	5	8	9	10	
سلامة الأغشية الخلوية	9	1	8	6	4	7	10	3	2	5	
محتوى الاوراق من الكلوروفيل أ	6	4	3	10	8	1	5	2	7	9	
محتوى الأوراق من الكلوروفيل ب	10	4	3	6	8	2	1	5	7	9	
محتوى الأوراق من برولين	6	4	2	3	1	5	7	8	9	10	
عدد القرون / النبات	1	3	2	4	6	5	8	7	10	9	
عدد البذور/ النبات	1	3	4	6	2	5	8	7	10	9	
وزن البذور	6	5	1	2	3	4	10	7	8	9	
وزن الـ 100 بذرة	7	4	6	10	2	1	3	5	8	9	
الغلة من البذور	1	3	2	4	6	5	8	7	9	10	
الغلة الحيوية	1	3	2	4	6	5	8	7	10	9	
دليل الحصاد %	2	3	4	5	7	6	1	8	10	9	

الرقم المقابل	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الطراز الوراثي	إدلب 2	إدلب 3	إدلب 4	إيبلا	حوراني	كردي	L-55051	L-55118	L-55001	L-55017

يُعد هذا الجدول بمنزلة هوية لكل طراز وراثي مدروس، يُمكّن مربي النبات من معرفة أهمّ الصفات الشكلية، والفيزيولوجية، والبيوكيميائية المرتبطة بتحسين الغلة من البذور التي يتسم بها كل طراز وراثيّ من طرز العدس المدروسة، وهذا يُسِّهل عملية اختيار الآباء بما يتناسب مع أهداف برنامج التربية والتحسين الوراثي.

علاقات الارتباط البسيط Simple correlation

يُلاحظ من جدول متوسط علاقات الارتباط البسيط للموسمين الزراعيين المدروسين تحت ظروف الزراعة المطرية (جدول، 31) وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين صفة ارتفاع النبات ونسبة تسرب الذائبات ($r = 0.664^{*}$)، ذلك أنَّ زيادة ارتفاع النبات تؤدي إلى زيادة حجم المسطح الورقي الأخضر القابل للنتح، ما يؤدي إلى زيادة كمية المياه الكلية المنتوحة، وتعرض الأجزاء الهوائية إلى مستويات أشد من الإجهاد المائي، ما يؤدي إلى زيادة نسبة تسرب الذائبات، بسبب تخريب الأغشية السيتوبلاسمية. ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين دليل المساحة الورقية ووزن المائة بذرة ($r = 0. 582^{*}$). ويعزى ذلك إلى حقيقة أنّ زيادة حجم المصدر Source size تؤدي إلى زيادة كمية الطاقة الضوئية الممتصة Intercepted light energy (I) الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثم كفاءة النبات التمثيلية، ما يؤدي إلى زيادة معدل تصنيع وتراكم المادة الجافة ومن ثّم كمية المادة الجافة المتوافرة خلال مرحلة امتلاء البذور، وبالتالي زيادة عدد البذور المتشكلة، ودرجة امتلائها (متوسط وزن البذرة الواحدة)، كأحد أهم مكونات غلة البذور، كما ارتبط دليل المساحة الورقية بشكلٍ موجب ومعنوي مع كلٍ من عدد القرون وعدد البذور في النبات ($r = 0.701^{*}$ ، $r = 0.656^{*}$ ، $r = 0.507^{*}$ لكلٍ منها على التوالي)، ولُوحظ أيضاً وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين دليل المساحة الورقية وغلة البذور ($r = 0. 839^{**}$). ما يُشير إلى أهمية المحافظة على حجم المسطح الورقي الأخضر، واستدامة اخضراره وفعالية الأجهزة التمثيلية لزيادة كمية المادة الجافة المصّنعة المسخرة لمرحلة النمو الثمري. بغض النظر عن كفاءة النبات في توزيع نواتج التمثيل الضوئي بين أجزائه المختلفة، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة النبات الإنتاجية من خلال زيادة عدد القرون المتشكلة في النبات وعدد البذور المتشكلة في القرن الواحد/ النبات ومتوسط وزن البذرة الواحدة، ما يؤدي إلى زيادة غلة المحصول الاقتصادية. ويمكن أن يؤثر ازدياد معدل استطالة الأوراق وعددها ومساحتها سلباً في

ارتفاع النبات ($r = -0.300^{*}$)، حيث يؤدي ذلك إلى تقليل كمية المادة الجافة المتاحة لزيادة ارتفاع النبات، ومن المهم أن تتناسب زيادة المسطح الورقي الأخضر مع محتوى التربة المائي وكفاءة النبات في استعمال المياه وحجم المصب، لأنَّ تقليص مساحة الأوراق المتشكلة في النبات/وحدة المساحة يُعد من الصفات التكيفية المهمة Adaptive mechanisms المرتبطة بالحد من فقد الماء بالنتح Transpiration والمحافظة على محتوى التربة المائي، من خلال تقليل مساحة المسطح الورقي المعرّض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس. تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه عيسى (2009) على محصول الصويا ومع التمو (2013)على الشعير.

ويُلاحظ من(الجدول، 31) وجود علاقة ارتباط سلبية ومعنوية بين صفة ارتفاع النبات ووزن المائة بذرة ($r = - 0.719^{*}$). ويُعزى ذلك إلى أنَّ زيادة طول النبات بشكلٍ كبير تؤدي إلى استهلاك كمياتٍ إضافية من المادة الجافة، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة المتاحة المُسخَّرة لمرحلة النمو الثمري، فيتراجع معدل تشكل القرون وتطورها، وعدد البذور المتشكلة في القرن الواحد، ودرجة امتلائها، فتنخفض الغلة من البذور النهائية. تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه عيسى (2009) في الصويا، حيث لُوحظ وجود علاقة ارتباط سالبة ومعنوية جداً بين ارتفاع النبات وكل من غلة البذورن ودليل الحصاد ($r = -0.95^{**}$، $r = -0.82^{**}$).

يُلاحظ أيضاً وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين محتوى الماء النسبي وغلة المحصول البيولوجية ($r = 0.575^{*}$). ويعزى ذلك إلى وجود ارتباط عضوي بين معدل النتح ومعدل التمثيل الضوئي، ومن ثمّ كمية المادة الجافة المصّنعة والمتراكمة (الكتلة الحية Biomass)، حيث تساعد عملية المحافظة على محتوى الأوراق المائي (جهد الامتلاء) في استمرار استطالة ونمو خلايا الأوراق، بالإضافة إلى استمرار انفتاح المسامات وانتشار غاز الفحم (CO_2) إلى داخل الأوراق. ويتوافق ذلك مع ما توصلت إليه عيسى (2009) في محصول الصويا.

يُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين صفة محتوى الماء النسبي وصفة دليل المساحة الورقية ($r = 0.539^{**}$)، ما يُشير إلى أهمية المحافظة على جهد الامتلاء مع استمرار الانفتاح الجزئي للمسامات لضمان استمرار استطالة خلايا الأوراق ونموها، في حين يسمح الانغلاق التام للمسامات في المحافظة على جهد الامتلاء من خلال الحدّ وبشكلٍ كامل من فقد الماء عبر المسامات، ولكنه يؤثّر سلباً في كفاءة النبات التمثيلية نتيجة الحدّ أيضاً من انتثار غاز الفحم اللازم لعملية التمثيل الضوئي، وتعطيل التأثير المبرد للنتح، وما ينتج عنه من احتراقٍ للأوراق، وتراجع في مساحة المسطح التمثيلي.

ويُلاحظ أيضاً وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين صفة محتوى الماء النسبي في الأوراق ووزن المائة بذرة ($r = 0.559^{*}$)، ما يشير إلى أهمية توافر الماء من أجل المحافظة على سير العديد من العمليات الحيوية داخل الخلايا النباتية، وخاصةً عملية التمثيل الضوئي، وتصنيع المادة الجافة، بالإضافة إلى دور الماء المهم في نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب. حيث تُساعد المحافظة على محتوى الأوراق المائي، ومن ثمَّ جهد الامتلاء في استمرار استطالة الخلايا النباتية، والمحافظة على استمرار نمو الأوراق ومن ثمَّ حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي. بالإضافة إلى أهمية الماء كمصدر أولي للإلكترونات خلال تفاعلات الضوء أثناء عملية التمثيل الضوئي، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدل تصنيع المادة الجافة نتيجة زيادة كمية الطاقة الضوئية الممتصة، وكفاءة الأجهزة التمثيلية Photosynthetic machinery في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المصنّعة، فيزداد معدل نمو نباتات المحصول وتطورها وإنتاجيتها.

يُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين محتوى الماء النسبي وغلة المحصول الحيوية ($r = 0.575^{*}$). ويُعزى ذلك إلى وجود ارتباط عضوي بين معدل النتح ومعدل التمثيل الضوئي، ومن ثمّ كمية المادة الجافة المصّنعة والمتراكمة (الكتلة الحية Biomass)، حيث تُساعد عملية المحافظة

على محتوى الأوراق المائي (جهد الامتلاء) في استمرار استطالة ونمو خلايا الأوراق، بالإضافة إلى استمرار انفتاح المسامات وانتشار غاز الفحم (CO_2) إلى داخل الأوراق. تتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه عيسى (2009) في الصويا ومع التمو (2013) في الشعير.

يُلاحظ وجود علاقة ارتباط سالبة ومعنوية بين كلٍ من محتوى الأوراق من البرولين مع الغلة الحيوية ووزن المائة بذرة ($r= - 0.720^{*}$، $r= - 0.557$ على التوالي) (الجدول،30). ويُعزى ذلك إلى استهلاك كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي لتصنيع البرولين، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة المُسخّرة لنمو الأجزاء الهوائية بالمقابل يؤدي زيادة معدل تصنيع الحافظات الحلولية إلى قلّة كمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة النمو الثمري الأمر الذي يؤثر سلباً في عدد البذور المتشكلة، ووزن المائة بذرة، والغلة البذرية. كما يُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين محتوى الأوراق من البرولين ومحتوى الماء النسبي ($r = 0.68^{*}$).

يُلاحظ من جدول متوسط علاقات الارتباط وجود علاقة ارتباط سالبة ومعنوية جداً بين محتوى الأوراق من الكلوروفيل a والكلوروفيلb ($r = -0.936^{**}$)، وعلاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين محتوى الأوراق من الكلوروفيلa والكلوروفيلb وغلة البذور ($r = 0.657^{*}$، $r = 0.513^{*}$ على التوالي)، حيث يسبب الإجهاد تدهوراً في جزيئات الكلوروفيل نتيجة زيادة الأنزيم المفكك لليخضور Chlorophyllase، ولكن بالمقابل وُجِد ازدياد في محتوى الكلوروفيل لدى بعض الأنواع المتحملة للإجهاد.

عموماً، تتناسب قيمة دليل الحصاد طرداً مع أجزاء النبات الاقتصادية وعكساً مع أجزاء النبات غير الاقتصادية (الأوراق والسوق والجذور). ويؤكد ذلك وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين عدد البذور في النبات وكلٍ من وزن البذور في النبات وعدد القرون في النبات والغلة من البذور ودليل

الحصاد (r= 0.909**، r= 0.848** ، r = 0.901** ، r= 0.662** على التوالي)، ويُلاحظ من هذه النتائج أنّ قيمة دليل الحصاد وغلة البذور في محصول العدس تتحدد بوزن وعدد البذور في النبات/ وحدة المساحة، لذلك تساعد عملية تحسين صفة متوسط وزن البذرة الواحدة من خلال تحسين معدل نمو البذور وطول فترة نموها (حجم المصب Sink size) ومعدل نقل نواتج التمثيل الضوئي Translocation efficiency وطول فترة امتلاء البذور Seed filling period في تحسين غلة المحصول الاقتصادية. ما يُشير إلى أهمية الانتخاب لصفة زيادة عدد البذور في النبات/وحدة المساحة من الأرض لتحسين الغلة النهائية. كما يُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة بين عدد القرون، والغلة البذرية، وعدد الافرع الثانوية (r = 0.668*، r = 0.49 على التوالي)، ما يشير إلى أنَّ متوسط عدد البذور لا يتحدد فقط بعدد القرون في النبات، وإنَّما بعدد الأفرع المثمرة في النبات الواحد والذي يتحدد بكمية المادة الجافة والمياه المتاحة خلال مرحلة النمو الخضري والإزهار.

يُلاحظ من جدول متوسط قيم علاقات الارتباط وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين الغلة البذرية ودليل الحصاد (HI) (r= 0.702**)، وارتبطت أيضاً بشكلٍ موجب الغلة الحيوية مع دليل الحصاد (r= 0.721)، يُعزى ذلك إلى أنَّ زيادة الكتلة الحية عند النضج خلال مرحلة الطلب الأعظمي على نواتج التمثيل الضوئي (Reynolds *et al*., 2004)، تؤدي إلى زيادة كمية الطاقة الضوئية الممتصة فتزداد بذلك كفاءة النبات التمثيلية، ومن ثمَّ كمية المادة الجافة المُصنَّعة والمُتاحة خلال تلك المرحلة الحرجة من دورة حياة المحصول. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه كلٍ من التومي في محصول القمح (2012)، وWondimu وزملائه (2011) في محصول الشعير، ومع (*et* Mohammad Salehi *al*., 2008) في محصول العدس.

يُلاحظ من جدول متوسط علاقات الارتباط وجود علاقة ارتباط سلبية ومعنوية بين صفة ارتفاع النبات ووزن المائة بذرة (r = -0.71**)، لأنَّ زيادة طول النبات بشكلٍ كبير تؤدي إلى

استهلاك كمياتٍ إضافية من المادة الجافة لنمو الساق على حساب كمية المادة الجافة المسخرة لمرحلة النمو الثمري وتشكل البذور وتطورها، ما يزيد من حدّة المنافسة على نواتج التمثيل الضوئي، التي عادةً ما تكون محدودة تحت ظروف الإجهاد المائي، فتقل كمية المادة الجافة المتاحة خلال المراحل الحرجة من حياة المحصول، فيتراجع وزن البذور ودرجة امتلائها، ما يؤدي إلى تراجع ما يسمى اصطلاحاً بقوة المصب Sink strength الذي يعبِّر بشكلٍ مباشر عن دليل الحصاد (Slafer and Savin, 1994)، حيث أنَّ قيمة دليل الحصاد تتناسب طرداً مع أجزاء النبات الاقتصادية وعكساً مع أجزاء النبات غير الاقتصادية (الأوراق والسوق والجذور). وهذ ما أكدته نتائج علاقات الارتباط الموجبة والمعنوية بين صفة دليل الحصاد، وعدد البذور في النبات، ووزن البذور، والغلة البذرية (r = 0.662*، r = 0.523*، r = 0.702** على التوالي)، (الجدول، 30)، حيث نجد أنّ قيمة دليل الحصاد وغلة البذور في محصول العدس تتحدد بدرجةٍ أكبر بصفة وزن البذور وعددها/ وحدة المساحة بالمقارنة بوزن المائة بذرة ، لذلك تُساعد عملية تحسين صفة متوسط وزن البذور/عددها من خلال زيادة عدد القرون وتحسين معدل نمو البذور وطول فترة نموها (حجم المصب Sink size) ومعدل نقل نواتج التمثيل الضوئي efficiency Translocation وطول فترة امتلاء البذور Seed filling period في تحسين غلة المحصول الاقتصادية. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه (*et* Mohammad Salehi *al.*, 2008) على العدس، وعيسى (2009) في محصول الصويا، والتمو (2013) في محصول الشعير.

الجدول (31):علاقات الارتباط البسيط بين الغلة البذرية ومكوناتها والصفات الشكلية والفيزيولوجية والبيوكيميائية في طرز العدس تحت ظروف الزراعة المطرية.

الصفة	الغلة البذرية	عدد القرون/ النبات	عدد البذور /النبات	وزن البذور/ النبات	وزن القش	وزن الـ100 بذرة	دليل المساحة الورقية	عدد الفروع الأولية	عدد الفروع الثانوية	ارتفاع النبات	الوزن الجاف للنبات	محتوى الأوراق من Chl.a	محتوى الأوراق من Chl.b	محتوى الماء النسبي	نسبة تسرب الذائبات	محتوى البرولين	دليل الحصاد
الغلة البذرية	1.000	**0.807	**0.901	**0.764	0.215-	0.177	**0.839	0.185	0.486	0.076-	0.090	*0.657	0.555	0.154	0.079-	0.233	*0.702
عدد القرون/ النبات		1.000	**0.848	*0.663	0.113-	0.123	*0.701	0.133-	*0.668	0.297	0.045	0.513	0.578-	0.130	0.133	0.183	0.467
عدد البذور /النبات			1.000	**0.909	0.227-	0.083-	*0.656	0.338	0.477-	0.226	0.085	0.416	0.433-	0.370	0.007	0.404	*0.662
وزن البذور/ النبات				1.000	0.067-	0.043-	0.507	0.359	0.414	0.039	0.092-	0.400	0.444-	0.274	0.320-	0.217	0.523
وزن القش					1.000	0.527	0.076-	0.184-	0.285	0.320-	0.084	0.077-	0.047	0.575	0.337-	*-0.720	*0.721
وزن الـ100 بذرة						1.000	0.582	0.559-	0.203	-0.719 *	0.234	0.522	0.370-	0.559	0.540-	0.557-	0.435-
دليل المساحة الورقية							1.000	0.153-	0.459	0.300-	0.291	*0.765	0.625-	0.039	0.206-	0.074	0.328
عدد الفروع الأولية								1.000	0.192-	0.155	0.120	0.341-	0.363	0.412	0.256	0.597	0.372
عدد الفروع الثانوية									1.000	0.028	0.378-	0.633	*0.787-	0.482	0.047	0.269-	0.065
ارتفاع النبات										1.000	0.149	0.514-	0.318	0.622	*0.664	0.474	0.215
الوزن الجاف للنبات											1.000	0.350-	0.523	0.490	0.136	0.276	0.154-
محتوى الأوراق من Chl.a												1.000	**-0.936	0.448	0.382-	0.253-	0.316
محتوى الأوراق من Chl.b													1.000	0.477	0.284	0.236	0.238-
محتوى الماء النسبي														1.000	0.215-	*0.684	0.475-
نسبة تسرب الذائبات															1.000	0.579	0.171
محتوى البرولين																1.000	0.509
دليل الحصاد																	1.000

*:معنوي عند 5% (إذا كان معامل الارتباط >0.602) **:معنوي عند 1% (إذا كان معامل الارتباط >0.735) NS:غير معنوي (إذا كان معامل الارتباط <0.602

تقويم مصداقية تقانة الغربلة المخبرية:

Evaluation the validity of the laboratory screening technique

بهدف الوقوف على مصداقية وفعّالية تقانة الغربلة المخبرية المقترحة تمّت مقارنة أداء طرز العدس المدروسة خلال مرحلة البادرة الفتية ومرحلة النبات الكامل. ويُلاحظ من نتائج قيم معامل الإرتباط (الجدول، 32) وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين طول الجذور في البادرة الفتية تحت ظروف الإجهاد الحلولي والغلة البذرية (زراعة حقلية) (r=0.762**)، وعلاقة ارتباط معنوية وموجبة بين طول البادرات في الإجهاد الحلولي والغلة من البذور (r=0.643*) مما يشير إلى أنَّ تقانة الغربلة للإجهاد المائي عند مستوى البادرة الفتية فعّالة جداً في غربلة طرز العدس المدروسة لتحمل الإجهاد المائي. لذلك يُمكن اعتماد هذه التقانة لإجراء غربلة سريعة لطرز العدس لتحمل الجفاف، بهدف تحديد الطرز عالية التحمل في حال وجود عدد كبير من الطرز الوراثية، إضافةً إلى توفير الوقت والمال خاصةً أنّ إجراء الدراسات الحقلية تحتاج إلى الكثير من الوقت والجهد والمال.

الجدول (32):علاقات الارتباط بين الغلة الحبية ومؤشرات الدراسة المخبرية في طرز العدس المدروسة تحت ظروف إجهاد نقص الماء.

المؤشر	الغلة البذرية	طول البادرات في الإجهاد الحلولي	طول الجذور في الإجهاد الحلولي
الغلة البذرية	**1.000**	***0.643**	****0.762**
طول البادرات في الإجهاد الحلولي		**1.000**	****0.893**
طول الجذور في الإجهاد الحلولي			**1.000**

*:معنوي عند 5% **:معنوي عند 1%

الاستنتاجات Conclusions

1. تُعد معاملة المستوى الحلولي المميت (-2MPa) بمنزلة المستوى الحلولي المميت الأمثل، والمعاملة (-0.2MPa) بمنزلة المستوى الحلولي المحرّض الأمثل. ويعتمد نجاح تقانة الغربلة المخبرية السريعة لتحمل الاجهاد الحلولي Osmotic stress بطور البادرة الفتية على النقل المرحلي Stepwise transfer للبادرات من المستويات المحرّضة غير المميتة إلى المستويات المميتة من الإجهاد، ما يُشير إلى أهمية التحريض في تحسين كفاءة البادرات على تحمل المستويات المميتة من الإجهاد الحلولي.
2. تتحدد قيمة كفاءة استعمال المياه في الصنف إيبلا والطرازين L-55051، L-55017 بالعوامل المسامية Stomatal factors، ويمكن تسميتها اصطلاحاً بالطرز غير الكفوءة Conductance types، وغالباً ما تكون مثل هذه الأنماط الوراثية ذات كفاءة إنتاجية متدنية، بالمقارنة مع الأنماط الوراثية التي تحددت فيها قيمة كفاءة استعمال المياه بكفاءة خلايا النسيج المتوسط التمثيلية، كما هو الحال لدى الصنف كردي الذي صنّع كمية أكبر معنوياً من المادة الجافة، والتي تُسمى اصطلاحاً بالطرز الكفوءة Capacity types.
3. ترتبط استدامة اخضرار الأوراق (LAD) بتحسين كفاءة النبات التمثيلية، ومن ثمّ كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والمتاحة لنمو أجزاء النبات المختلفة وتطورها.
4. تميز الطرازان كردي وإيبلا بالقدرة على تشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب، ما أدّى إلى زيادة كفاءة النباتات في امتصاص كمية من المياه كافية لتعويض المياه المفقودة بالنتح ولاسيما في البيئات المجهدة مائياً.

5. كان دليل المساحة الورقية، ومحتوى الماء النسبي في الأوراق الأعلى معنوياً لدى الأصناف إدلب2، إدلب3، إيبلا، وكردي، حيث تتباين الطرز في حجم المصدر بتباين كفاءتها في امتصاص الماء والمحافظة على جهد الامتلاء داخل خلايا الأوراق.
6. تفوق الصنفان كردي، إيبلا في متوسط محتوى البرولين في الأوراق تحت ظروف الإجهاد حيث أنّ الذائبات العضوية التوافقية (البرولين) تتراكم استجابةً لظروف الجفاف، وتزداد بازدياد شدة الإجهاد المائي، وتؤدي دوراً مهماً في تحسين التحمل مع المحافظة على الكفاءة الإنتاجية، وتتباين باختلاف النمط الوراثي.
7. يتحدد كل من عدد القرون والبذور في النبات بشكلٍ رئيس بكمية المياه، والمادة الجافة المتاحة خلال مرحلتي تشكل القرون وتطور البذور فيها والإزهار، حيث يتحدد خلال هاتين المرحلتين عدد القرون المتشكلة في النبات (عدد البذور) ووزن البذرة الواحدة كمكونات رئيسة لغلة المحصول الاقتصادية. ويُعزى التباين الوراثي في عدد القرون والبذور المتشكلة في النبات بين الأصناف المدروسة إلى التباين في حجم المصدر وكفاءته التمثيلية. كما يتحدد عدد البذور في النبات بعدد القرون المتشكلة فيه.
8. يؤثر الإجهاد المائي سلباً في متوسط وزن المائة بذرة، ويتحدد متوسط وزن المائة بذرة بكفاءة الصنف في المحافظة على المسطح الورقي وتسخير كميةٍ أكبر من نواتج التمثيل الضوئي لمرحلة النمو الثمري، بالإضافة إلى كفاءة النبات في نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب، الأمر الذي يتحدد بكمية المياه المتاحة في التربة خلال تلك المرحلة الحرجة من حياة النبات.

9. ارتبطت غلة البذور في الطرز الوراثية المدروسة بدرجة أكبر مع متوسط وزن البذور في النبات/وحدة المساحة، وعددها، ما يُشير إلى أهمية الطرز الوراثية التي تمتلك مثل هذه الصفة كمادة وراثية مهمة في برامج التربية والتحسين الوراثي لتحمل الجفاف مع المحافظة على كفاءة المحصول الإنتاجية.

10. تُعد صفات حجم المصدر (المساحة الورقية، ودليل المساحة الورقية)، ودليل الحصاد ووزن البذور وعددها من أهم المكونات المحددة لغلة محصول العدس الاقتصادية تحت ظروف الإجهاد المائي، بسبب وجود علاقات ارتباط موجبة ومعنوية جداً بينها وبين صفة غلة المحصول الاقتصادية.

التوصيات والمقترحات Recommendations and Suggestions

- استخدام تقانة الغربلة المخبرية بهدف غربلة الطرز المتحملة عن الحساسة على مستوى البادرة الفتية، والاستفادة من الطرز الوراثية عالية التحمل والتي أبدت أدنى نسبة انخفاض في طول البادرات وأعلى متوسط في طول البادرات، مثل الأصناف إدلب 4، وحوراني وإيبلا كآباء في برامج التربية والتحسين الوراثي لمحصول العدس.
- الاستفادة من الطرز الوراثية الأكثر كفاءة في استعمال المياه المحددة في هذه الدراسة (الصنف كردي والسلالة L-55051 اللذان صنّعا كمية أكبر معنوياً من المادة الجافة) واستخدامها كآباء في برامج التربية والتحسين الوراثي، لتطوير أصناف من العدس أكثر تحملاً للجفاف والحرارة المرتفعة، وتتسم بكفاءة عالية في استعمال الكربون، تحسباً للتبدلات المناخية المستقبلية.
- يُمكن الاستفادة من الأصناف كردي، إيبلا، وإدلب2 كآباء في برامج تربية وتحسين غلة محصول العدس وتحمله للإجهاد المائي، كما يمكن الاستفادة من السلالات (L-55118، L-55051، L-55001) لنقل بعض الصفات المرتبطة بتحمل الإجهاد المائي (سلامة الأغشية الخلوية، محتوى الماء النسبي) إلى الأصناف المحلية التجارية.
- اعتماد الصفات الفسيولوجية والبيوكيميائية المدروسة والمرتبطة وراثياً بتحمل ظروف العجز المائي خلال المراحل الحرجة من حياة محصول العدس (مرحلة الإزهار) كمعايير انتخاب في برامج التربية والتحسين الوراثي لتحقيق تقدم وراثيّ سريع وملموس.

- تحديد درجة القرابة الوراثية بين الأصناف المدروسة، ودراسة التباين الوراثي في كفاءة تصنيع، وطبيعة توزيع Localization البروتينات الدفاعية (LEA, HSP)، ومدى ارتباطها بتحسين التحمل للجفاف بالعلاقة مع مرحلة النمو، وشدة الإجهاد المائي.
- تحديد مواقع المورثات المسؤولة عن الصفات المرتبطة بتحمل الجفاف بهدف نقلها إلى الأصناف المعتمدة محلياً، لتسريع وتيرة التحسين الوراثي في ظل التغيرات المناخية.
- تحسين كفاءة استعمال الموارد المائية المتاحة بكمياتٍ محدودة من خلال ضبط عوامل إدارة الأرض والمحصول (زراعة الطرز الكفوءة في استعمال المياه، التعشيب، ضبط معدل البذار، مواعيد الزراعة، معدلات التسميد.الخ).
- دراسة دور تطبيق نظام الزراعة الحافظة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية في تحسين كفاءة المحصول الإنتاجية، من خلال زيادة قيمة كفاءة استعمال المياه، والمحافظة على إنتاجية التربة، وترشيد استهلاك المياه، وتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي (أجور فلاحة، صيانة آلات زراعية، ثمن وقود...الخ)، وضمان تحقيق التنمية الزراعية على أسس مستدامة.

المراجع References

المراجع العربية:

1. **التمو، منور. (2007).** دراسة خصائص بعض التراكيب الوراثية من الشعير وتقويم أهميتها كمصادر وراثية لتحمل الجفاف. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
2. **التمو، منور. (2013).** التباين الوراثي في استجابة بعض طرز الشعير (*Hordeum spp.*) لتحمل الجفاف: تقييم الصفات الفسيولوجية والبيوكيميائية والجزيئية، رسالة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
3. **العودة، أيمن، وخيتي، مأمون، ورباح، ريما. (2015).** فسيولوجيا المحاصيل الحقلية. الجزء النظري. كلية الزراعة، منشورات جامعة دمشق.
4. **المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. (2013).** وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق. الجمهورية العربية السورية.
5. **العودة، أيمن، صالح، رفيق، الشيخ علي، رؤى (2006).** تقييم استجابة بعض أصناف الشعير المحلية لتحمل الإجهاد الحلولي في مرحلة النمو الأولي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (22)، العدد (1)، الصفحات 15-36.
6. **العودة، أيمن. (2005).** بعض الرؤى الفيزيولوجية لتحسين غلة محصول القمح الحبية ضمن الظروف البيئية المناسبة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 21، العدد 2، الصفحات 37-50.
7. **التومي، عمر. (2012).** تقويم أهم الآليات التكيفية المورفوفيزيولوجية المحددة لكفاءة محصول القمح (*Triticum spp.*) الإنتاجية في نظم الزراعة الجافة. أطروحة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
8. **مديرية التخطيط والتعاون الدولي (2014).** المجموعة الاحصائية الزراعية السنوية لعام 2014، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية. الجدول: 14.
9. **جنود، غادة. (2007).** دراسة التباين الوراثي لتحمل الجفاف في بعض الأصول الوراثية للقمح. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
10. **عيسى، عبير. (2009).** تقييم أداء بعض أصناف فول الصويا (*Glycine max* (L.) Merrill] تحت تأثير الإجهاد المائي عند مختلف مراحل النمو في محافظة السويداء. رسالة ماجستير مقدمة إلى قسم المحاصيل الحقلية-كلية الزراعة-جامعة دمشق، الصفحات 134.

المراجع الأجنبية:

1. **Abate T, Alene AD, Bergvinson D, Shiferaw B, Silim S, Orr A, et al. (2012).**Tropical Grain Legumes in Africa and South Asia: Knowledge and Opportunities. PO Box 39063, Nairobi, Kenya International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
2. A**bd Allah AA, Badawy Shimaa A, Zayed BA, ElGohary AA. (2010).** The role of root system traits in the drought tolerance of rice (*Oryza sativa* L.). World Acad Sci Eng Technol. 68:1378–1382.
3. **Abu-Shaker S. and Tannous R.I. (1981).** Nutritional value and quality of lentils. In: *Lentils* (eds C. Webb & G.C. Hawtin). Commonwealth Agricultural Bureau, Slough, England.
4. **Acevedo, E. H.; Silva, P. C.; Silva, H. R. and Solar, B. R. (1999).** Wheat production in Mediterranean environments. In: Satorre, E. H., Slafer, G. A. (Eds.), Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Products Press, New York. P. 295–323.
5. **Acuna T. L. B., Pasuquin E., Wade L. J. (2007).** Genotypic differences in root penetration ability of wheat through thin wax layers in contrasting water regimes and in the field. Plant Soil 301, 135–149.
6. **Adele Muscolo, Maria Sidari, Umberto Anastasi, Carmelo Santonoceto & Albino Maggio. (2014).** Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes, Journal of Plant Interactions, 9:1, 354-363, DOI: 10.1080/17429145.2013.835880.
7. **Agili S, Nyende B, Ngamau K, Masinde P. (2012).** Selection, yield evaluation, drought tolerance indices of orange-flesh sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) Hybrid Clone. J Nutr Food Sci. 2:138.
8. **Agnihotri R K, Palni L M S and Pandey D K. (2006).** Screening of landraces of Rice under cultivation in Kumaun Himalaya for salinity stress during germination and early seedling growth. Indian Journal Plant Physiology 11(3): 266-272
9. **Agnihotri R K, Palni L M S and Pandey D K. (2007).** Germination and seeding growth under moisture stress. Screening of landraces of Rice (*Oryza sativa* L.) from Kumaun region of Indian central Himalaya. Journal Plant Biology 34(1): 21-27.

10. **Ahmed S, Namata E, Hosokawa M, Domae Y, and Sakuratani T. (2002).** Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. Plant Science 163: 117–123.

11. **Akibode S, Maredia M. (2011).** Global and Regional Trends in Production, Trade and Consumption of Food Legume Crops. Department of Agricultural, Food and Resource Economics: Michigan State University.

12. **Alexieva, V. Sergiev I., Mapelli S., Karanov E. (2001).** The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. 10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x.plant cell and invironment(2001) 24, 1337- 1344.

13. **Ali, M.; Jensen, C. R.; Mogensen, V. O.; Andersen, M. N. and Henson, I. E. (1999).** Root signaling and osmotic adjustment during intermittent soil drying sustain grain yield of field grown wheat. Field Crops Research. 62: 35–52.

14. **Al-Karaki, G. N. and Al-Momani, N. (2011).** Evaluation of Some Barley Cultivars for Green Fodder Production and Water Use Efficiency under Hydroponic Conditions Jordan Journal of Agricultural Sciences. 7(3).

15. **Almansouri M, Kinet J M and Lutts S. (2001).** Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant Soil 231: 243-254.

16. **AL-Ouda, A. S. (1999).** Genetic variability in temperature and moisture stress tolerance in sunflower (*Helianthus annus* L.) hybrids: Assessment of some physiological and biochemical traits. Ph.D. Thesis Submitted to Crop Physiology Dept., UAS, Bangalore, India.

17. **Amede T, Schubert S. (2003).** Mechanisms of drought resistance in grain legumes: 1. Osmotic adjustment. Ethiopian Journal of Science.;26(1):37–46.

18. **Andy, C. and Larry, C. (2005).** Inhibition of N2 Fixation in Soybean Is Associated with Elevated Ureides and Amino Acids.Plant Physiology, Vol.137,pp.1389-1396.

19. **Aniat-ul-Haq, Rashmi Vamil and Agnihotri, R K. (2010).** Effect of Osmotic Stress (PEG) on Germination and Seedling Survival of Lentil (*Lens*

culinaris MEDIK.). Khandari, Campus, Dr. B. R. Ambedkar University, Agra–282 002 (U. P.), India.

20. **Antolin MC, Yoller J, Sanchez-Diaz M.(1995).** Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. Plant Science;107:159–65.

21. **Aparicio-Tejo, G.I. and Boyer, S.C. (1983).** The impact of water stress on the stay green trait of leaves. Agronomy J. 94: 917-924.

22. **Araus, J. L. (2002).** Physiological basis of the process determining barley yield under potential and stress conditions: Current research trends on carbon assimilation. In: Slafer, G. A., Molina-Cano, J. L., Savin, R., Araus, J. L., Romagosa, I. (Eds.), Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy Yield and Quality. Food Product Press, New York. P. 269–306.

23. **Araus, J.L., Slafer, G.A., Reynolds, M.P. and Royo, C. (2007) .** Plant breeding and drought in C-3 cereals: what should we breed for Ann. Bot. 89:925–940.

24. **Arjenaki FG, Dehaghi MA, Jabbari R. (2011).** Effects of priming on seed germination of Marigold (*Calendula officinalis*). Adv Environ Biol. 5:276–280.

25. **Arnon DI. (1949).** copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in beta vulgaris. plant physiology 24: 1-15.

26. **Ashraf M, Bokhari H and Cristiti S N. (1992).** Variation in osmotic adjustment of lentil (*Lens culiranis Medic*) in response to drought. Acta Bot. Neerlandica 41: 51-62

27. **Ashraf M. (1994).** Breeding for salinity tolerance in plants. Critical reviews in Plant Science 13(1): 17-4.

28. **Asseng, S.; Dunin, F. X.; Fillery, I. R. P.; Tennant, D. and Keating, B. A. (2001*a*).** Potential deep drainage under wheat crops in a Mediterranean climate. II. Management opportunities to control drainage. Australian Journal of Agricultural Research. 52: 57–66.

29. **Asseng, S.; Turner, N. C. and Keating, B. A. (2001*b*).** Analysis of water- and nitrogen-use efficiency of wheat in a Mediterranean climate. Plant and Soil. 233: 127–143.

30. **Atak M, Kaya M D, Kaya G, Cikili Y and Ciftci C Y. (2006).** Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of triticale. Turkey Journal of Agriculture and Forestry 30: 39-47.

31. **Azam F. and Farooq S. (2003).** An appraisal of methods for measuring symbiotic nitrogen fixation in legumes. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6, 1631-1640.

32. **Bagayoko M, Buerkert A, Lung G, Bationo A, Römheld V. (2000).** Cereal/legume rotation effects on cereal growth in Sudano-Sahelian West Africa: Soil mineral nitrogen, mycorrhizae and nematodes. Plant and Soil.;218:103–16.

33. **Bajji, M.; Kinet, J. M. and Stanley, L. (2002).** The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance in durum wheat. Plant Growth Regul. 36: 61–70.

34. **Bandurska, H. (2000).** Does proline accumulated in leaves of water deficit stressed barley plants confine cell membrane injury?: I. Free proline accumulation and membrane injury index in drought and osmotically stressed plants. Acta Physiol. Plant. 22: 409–415.

35. **Barnett, N.M. and Naylor, A.N. (1966).** Amino acids and protein metabolism in Bermuda grass during water stress. Plant Physiol., 41 (7):1222-1230.

36. **Bartels D, Sunkar R. (2005).** Drought and salt tolerance in plants. Critical Rev Plant Sci. 24:23–58.10.1080/07352680590910410.

37. **Batchelor, W.D. (1998).** Role of water stress in yield variability. Integrated Crop Management, April, 1998.

38. **Bates L, Waldren RP, Teare ID. (1973).** Rapid determination of free proline for water-stress studies.Plant and Soil, 39, 205-207.

39. **Behboudian MH, Ma Q, Turner NC, Palta JA. (2001).** Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. Journal of the Science of Food and Agriculture 81, 1288–1291. doi: 10.1002/jsfa.939.

40. **Blum A. (2005).** Drought resistance, water use efficiency and yield potential, are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. Australian J Agric Res 56:1159-1168.

41. **Blum, A. (1988).** Drought resistance. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 43–77.

42. **Blum, A. (1988).** Plant breeding for stress environment. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. P. 1-223.

43. **Bohnert, H. J. and Jensen, R. G. (1996).** Strategies for engineering water – stress tolerance in plants. Trends Biotechnol. 14: 89–97.

44. **Boyer, J. S., Johnson, R. R. and Saupe, S. G. (1980).** Afternoon water deficits and grain yield in old and new soybean cultivars. Agronomy Journal, 72, 981-986.

45. **Boyer, J.S. (1982).** Plant productivity and environment. Science 218:443-448.

46. **Boyer, J.S. and McPherson, H.G. (1975).** Physiology of water deficits in cereal crops. Boyer, J.S. and McPherson, H.G. 1975. Physiology of water deficits in cereal crops.

47. **Bressan, R.A.; Nelson, D.E.; Iraki, N.M.; LaRosa, P.C.; Singh, N.K.; Hasegawa, P.M. and N.C. Carpita. (1990).** Reduced cell expansion and changes in cell walls of plant cells adapted to NaCl. Environmental injury to plant (F. Katterman ed.), Academic Press, San Diego, p. 137.

48. **Brown, M.E. and Funk, C.C. (2008).** Food security under climate change. *Science* 319: 580-581.

49. **Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL. (2000).** Biochemistry and molecular biology of plants. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists.

50. **Cairns J. E., Audebert A., Townend J., Price A. H., Mullins C. E. (2004).** Effect of soil mechanical impedance on root growth of two rice varieties under field drought stress. Plant Soil 267, 309–318

51. **Campos PS, Ramalho JC, Lauriano JA, Silva MJ. (1999).** Matos MDC. Effects of drought on photosynthetic performance and water relations of four *Vigna* genotypes Photosynthetica.;36(1–2):79–87.

52. **Ceccarelli, S. and Grando, S. (2002).** Breeding Barley for Drought Resistance. ICARDA Caravan J., Issue No.17.

53. **Ceccarelli, S.; Grando, S.; Baum, M. and Udupa, M. (2004).** Breeding for drought resistance in changing climate. Crop Science Society of America and American Society of Agronomy, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. Challenges and Strategies for Dryland Agriculture. CSSA Special Publication no.32.

54. **Chapin F.S. (1991).** The mineral nutrition of wild plants. Annu. Rev. Ecol. Syst., 11: 233.

55. **Chaves MM, Maroco JP, and Pereira JS. (2003).** Understanding plant responses to drought—from genes to whole plant. Functional Plant Biology.;30:239–64.

56. **Chaves MM, Pereira JS, Maroco J, Rodrigues ML, Ricardo CPP, and Osorio ML. (2002).** How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. Annals of Botany.;89:907–16.

57. **Christensen J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W.-T., Laprise R., Magaña Rueda V., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A. & Whetton P. (2007).** Regional climate projections. In: Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

58. **Clara Lizarazo, Frederick Stoddard, Pirjo Mkel and Arja Santanen.(2010).** Genetic variability in the physiological responses of Andean lupin to drought stress.. Department of Agricultural Sciences, PL 27 (Latokartanonkaari 5), 00014 University of Helsinki.

59. **Clark H., Newton P. & Barker D. (1999).** Physiological and morphological responses to elevated CO2 and a soil moisture deficit of temperate pasture species growing in an established plant community. Journal of Experimental Botany, 50, 233-242.

60. **Cominelli, E., Galbiati, M., Tonelli, C. and Bowler, C. (2009).** Water: the invisible problem. EMBO reports 10: 671- 676.

61. **Condon, A. G. and Richards, R. A. (1992).** Broad-sense heritability and genotype x environment interaction for carbon isotope discrimination in field-grown wheat. Aust. J. Agric. Res. 43: 921–934.

62. **Cornic, G.(2000).** Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. Trends in Plant Science, London, v.5, p.183- 221.

63. **Cossgrove, D. J. (1989).** Linkage of wall extension with water and solute uptake. Physiology of Cell Expansion During Plant Growth (D.J. Cossgrove and D.P. Knievel, ed.), Am. Sci. Plant Physiology, Rockville, Md. P. 88-100.

64. **Cruz de Carvalho, M.H., Laffray, D. and Louguet, P. (1998).** Comparison of the physiological responses of Comparison of the physiological responses of Phaseolus vulgaris and Vigna unguiculata cultivars when submitted to drought conditions. Environmental and Experimental Botany 40: 197-207.

65. **Davies SL, Turner NC, Siddique KHM, Plummer JA, Leport L. (1999).** Seed growth of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a short-season Mediterranean-type environment. Australian Journal of Experimental Agriculture 39, 181–188. doi: 10.1071/ EA98134.

66. **Davies, A.P., Engel, D.S. and Long, R.E. (1994).** The influence of heat and drought on chlorophyll stability of chickpea. Soil Science Soc. Am. J. 56: 1832-1841.

67. **de Souza, P.I.; Egli, D.B. and Brue, Ring. W.P. (1997).**Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. Agron. J. 89: 807-812.

68. **De Vries JD, Bennett JM, Albrecht LM, Boote KJ. (1989).** Water relations, nitrogenase activity and root development of three grain legumes in response to soil water deficits.Field Crops Research.;21:215–26.

69. **Deora V.S. Shah M.A . and Arunab J.O. (2001).** Effect of moisture stress on wheat genotypes.Crop Res. 21(1):24-26. Department of plant Breeding & Genetics, Rajasthan College of Agriculture, Udaipur-313 001 (Rajastan),India.

70. **Dibyendu Talukdar. (2013).** Comparative morpho - physiological and biochemical responses of lentil and grass pea genotypes under water stress. J Nat Sci Biol Med. 2013 Jul-Dec; 4(2): 396–402.

71. **Du Y.C., Kawamitsu Y., Nose A., Hiyane S., Murayama S., Wasano K. and Uchida Y. (1996).** Effects of water stress on carbon exchange rate and activities of photosynthetic enzymes in leaves of sugarcane (*Saccharum* sp.). Australian Journal of Plant Physiology, 23, 719-726.

72. **Dubey, R.S. (1997).** Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M. Pessarakli, ed. Han Photosynthesis. New York: Marcel Dekker: 859-875.

73. **Duke J.A. (1981).** Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York.

74. **Dulais S, Molnar I, Pronay J, Csernak A, Tarnai R, and Molnarlang M. (2006).** Effects of drought on photosynthetic parameters and heat stability of PSII in wheat and in Aegilops species originating from dry habitats. Acta Biologica Szegediensis 50: 11–17.

75. **Duranti M. (2006).** Grain legume proteins and nutraceutical properties. Fitoterapia.;77:67–82.

76. **Dutta RK, Mondal MMA. (1998).** Evaluation of lentil genotypes in relation to growth characteristics, assimilate distribution and potentioal. Lens Newsl 25: 51-55.

77. **Dwyer, L. M. and Stwart, D. W. (1985).** Wter extraction patterns and development of plant water deficits in corn. Can. J. Plant. Sci. 65:921.

78. **Eastham, J. and Gregory, P. J. (2000).** The influence of crop management on the water balance of lupin and wheat crops on a layered soil in a Mediterranean climate. Plant and Soil. 221: 239–251.

79. **Ercan, O. (2008).** "Effect of drought and salt stress on antioxidant defense system and physiology of Lentil (*Lens culinaris* M.) seedlings". MSc Thesis. Middle East Technical University, Ankara Turkey.

80. **FAarooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, and Basara SMA(2009).** Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 153–188.

81. **Farah, S:M.(1981).** An examination of the effects of water stress on leaf growth of crops of field beans (*Vicia faba* L.). 1. Crop growth and yield. Journal of Agricultural Science, Cambridge 96; 327-336.

82. **Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S.M.A. (2009).** Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

83. **Farquhar, G. D.; Ehleringer, J. R. and Hubick, K. T. (1989)**. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 40: 503-537.

84. **Farquhar, G. D.; O'Leary, M. H. and Berry**, **J. A. (1982).** On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves, Aust. J. Plant Physiol. 9: 121-137.

85. **Frederick, J.R.; Wooley, J.T.; Hesketh, J.D.; and Peters, D.B. (1991).** Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water- deficit. Field Crops Res. 27:71- 82.

86. **Fricke, W.; G. Akhiyarova; D. Veselov and G. Kudoyarova. (2004).** Rapid and tissue-specific changes in ABA and in growth rate in response to salinity in barley leaves. J. Exp. Bot. 55, 1115-1123.

87. **Gan, B.D. and Amasino, F.K. (1997).** The effect of late water stress on the chemical composition of soybean leaves. *Field Crops Res.* 36: 125-131.

88. **Gan, Y.; Wang, J.; Angadi, S.V. and McDonald, C. l. (2004).** Response of chickpea to short periods of high temperature and water stress at different developmental stages. New directions for a diverse plant; proceedings of the 4th International Conference, Brisbane, Australia, 26 September – 1 October 2004. www. Crop Science.

89. **Ganjeali, A., Kafi, M. (2007).** Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics in Chickpea (*Cicer Arietinum* L.). Pak. J. Bot., 39(5): 1523-1531.

90. **Habib ur Rahman Khan W. Link T. J. Hocking Z F. L. Stoddard. (2007).** Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.). Plant Soil (2007) 292:205–217 . DOI 10.1007/s11104-007-9217-5.

91. -**Hatfield, J. L.; Sauer, T. J. and Prueger, J. H. (2001**). Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. Agron. J. 93: 271-280.

92. **Hebblethwaite, P. (1982).** The effects of water stress on the growth, development and yield of (*Vicia faba* L.) In. G. Hawtin and C. Webb (eds.). Faba Bean Improvement. World Crops: Production, Utilization, Description vol. 6. The Hague: Matiinus Nijhoff Publishers; 165-175.

93. **Hendry, G.A.F.; Houghton, J.D. and Brown, S.b. (1987).** The degradation of chlorophyll: a biological enigma. New Phytol 107:255-302.

94. **Hohl M, Schopfer P. (1991).** Water relations of growing maize coleoptiles. Comparison between mannitol and polyethylene glycol 6000 as

external osmotica for adjusting turgor pressure. Plant Physiol. 95:716–722. 10.1104/pp.95.3.716.

95. **Hsu, S. Y.; Hsu, Y. T. and Kao, C. H. (2003).** The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. Biol. Plant. 46: 73–78.

96. **Idso K.E. & Idso S.B. (1994).** Plant responses to atmospheric CO_2 enrichment in the face of environmental constraints: A review of the past 10 years research. Agricultural and Forest Meteorology, 69, 153-203.

97. **Islam R. (1981).** Improved nitrogen fixation in lentils. In: *Lentils* (eds C. Webb and G. Hawtin). Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.

98. **Jakab, G. Ton, J. Flors, V. Zimmerli, L. Metraux, J. and Mauch, B. (2005).** Enhancing Arabidopsis Salt and Drought Stress Tolerance by Chemical Priming for Its Abscisic Acid Responses1. Plant Physiology . Vol. 139, pp. 267-274.

99. **Jaleel CA, Gopi R, and Panneerselva R. (2008).** Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. Comptes Rendus Biologies 331: 272–277.

100. **Jaleel CA, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, AL-Juburi HJ, S0masundaram R, and Panneerselvam R.(2009).** Drought stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100–105

101. **Jamaati-e-Somarin S, Zabihi-e-Mahmoodabad R. (2011).** Evaluation of drought tolerance indices of lentil varieties. Adv Environ Biol. 5:581–584.

102. **Jambunathan, R., Blain, H.L., Dhinsa, K.S., Hussein, L.A., Kogure, K., Li-juan, L. and Yuseef, M.M.(1994).** Diversifing use of cool season food legumes through prossesing p.p. 98-112. In: F.J. Muehlbauer and W.J. Kaiser (eds.). Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic poblishers. Dordechet, The Netherlands.

103. **James, A. T., Lawn, R. J. and Cooper, M. (2008a).** Genotypic variation for drought stress response traits in soybean. I. Variation in soybean and wild Glycine spp. for epidermal conductance, osmotic potential, and relative water content. Australian Journal of Agricultural Research 59: 656-669.

104. **Jones, H.G. (1998).** Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *J. Exp. Botany*, 49: 387-398.

105. **Jupp, A. P. and Newman, E. L. (1987).** Morphological and anatomical effects of severe drought on the roots of *Lolium perenne* L., New Phytol., 105:393.

106. **Karim Mojein, H., H.M. Alizadeh., N. Majnoon Hoseini. and S.A. Payghmbari. (2003).** Effect of herbicides and handweeding in control of weed in winter and spring sown lentil (*Lens culinaris* L.). Iranian Journal of Crop Sciences, Vol.6. No.1:68-79.

107. **Karou M, Oweis T. (2012).** Water and land productivities of wheat and food legumes with deficit supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management; 107:94–103.

108. **Kashiwagi, J . L, Krishnamurthy, J.H., Gaur, P .M. , Chandra, S . and Upadhyaya, H.D. (2008).** Estimation of gene effects of the drought avoidance root characteristics in chickpea (*C. arietinum* L.). Field Crops Research 105: 64-69.

109. **Kashiwagi, J . L, Krishnamurthy, J.H., Croouch and R. Serraj. (2006).** Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. Field Crops Res., 95: 171-181.

110. **Kavi Kishore, P. B.; Sangam, S.; Amrutha, R. N.; Laxmi, P. S.; Naidu, K. R.; Rao, K. R. S. S.; Rao, S.; Reddy, K. J.; Theriappan, P. and Sreenivasulu, N. (2005).** Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Curr. Sci. 88: 424–438.

111. **Kay D.E. (1979).** Food legumes. Tropical Products Institute, London.

112. **Kaya M D, Okcu G, Atak M, Cikili Y and Kolsarici O. (2006).** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy 24: 291-295.

113. **Khakwani AA, Dennett MD, Munir M. (2011).** Drought tolerance screening of wheat varieties by inducing water stress conditions. Songklanakarin J Sci Technol. 33:135–142.

114. **Khan, H.R., Paull, J.G., Siddique, K.H.M. and Stoddard, F.L. (2009).** Faba bean breeding for drought-affected environments: A physiological and agronomic perspective. Field Crops Research.

115. **Khan, H.u., Link, W., Hocking, T. and Stoddard, F. (2007).** Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in faba bean (*Vicia faba* L.). *Plant and Soil* 292: 205-217.

116. **Khourgami A, Maghooli E, Rafiee M, Bitarafan Z. (2012).** Lentil response to supplementary irrigation and plant density under dry farming condition. Int J Sci Adv Technol. 2:51–55.

117. **Korte, L. L.; Specht, J.E.; Williams, J.H. and Sorencen, R.C. (1983).** Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. I. Agronomic responses. Crop Science 23: 521- 527.

118. **Lafitte, H. R.; Yongsheng, G.; Yan, S. and Li, Z. K. (2006).** Whole plant responses, key processes, and adaptation to drought stress: the case of rice. Journal of Experimental Botany. 58: 169-175.

119. **Laing, D.R. and Fischer, R.A. (1977).** Adaptation of semidwarf wheat cultivars to rainfed conditions. Euphytica. 26:129-139.

120. **Larcher, W. (1995).** Physiojogia plant ecology: ecophysiology and stress physiology of function groups. New York- Berlin- Heideiberg: Springer- Verlag, 506p.

121. -**Leopold, A. C.; Musgrave, M. E. and Williams, K. M. (1981).** Solute Leakage resulting from leaf desiccation. Plant Physiology. 68: 1222-1225.

122. **Leport L, Turner NC, French RJ, Barr MD, Duda R, Davies SL, Tennant D, Siddique KHM. (1999).** Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterraneantype environment. European Journal of Agronomy 11, 279–291. doi: 10.1016/S1161-0301(99)00039-8.

123. **Levitt, J. (1972).** Responses of plants to Environmental Stresses. New York and London:Academic P.336. Academic Press.

124. **Levitt, J. (1980).** Responses of plant to environmental stresses. II. Radiation, Salt and ndother stresses. (2 edn.), New York, USA: Academic Press.

125. **Liu Y, Ciliax BJ, Borges K, Dasigi V, Ram A, Navathe SB, Dingledine R. (2004).** Comparison of two schemes for automatic keyword extraction from MEDLINE for functional gene clustering. *Proc*

IEEE Comput Syst Bioinform Conf :394-404 Evaluation Studies | Journal Article | Research Support, Non-U.S. Gov't | Research Support, U.S. Gov't, P.H.S. | Comparative Study.

126. **Lizaso, J.I.; W.D. Batchelor and M.E. Westgate. (2003).** A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. Field Crops Research 80,1-17.

127. **Lodeiro AR, Gonzalez P, Hernandez A, Balague LJ, Favelukes G. (2000).** Comparison of drought tolerance in nitrogen-fixing and inorganic nitrogen-grown common beans. Plant Science.;154:31–41. [PubMed]

128. **Ludlow, M.M. and R.C. Muchaw. (1990).** A critical evaluation of traits for improving crop yields in water–limited environments. Adv. Agron. 43,107-153.

129. **Mafakheri A, A. Siosemardeh*, B. Bahramnejad, P.C. Struik, Y. Sohrabi (2010).** Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. AJCS 4(8):580-58. SSN:1835-2707.

130. **Mahajan, S. and Tuteja, N. (2005).** Cold salinity and drought stresses. An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444: 139-158.

131. **Mambani, B., and Lal, R. (1983).** Response of upland rice varieties to drought stress. I. Relation between root system development and leaf water potential. Plant Soil 73:59–72.

132. **Manivannan P, Abdul Jaleel C, Sankar B, Kishorekumar A, Somasundaram R, Lakshmanan GMA, Panneerselvam R. (2007).** Growth, biochemical modifications and praline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 59: 141–149.

133. **Martinez, J. P.; Lutts, S.; Schanck, A.; Bajji, M. and Kinet, J. M. (2004).** Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub Atriplex halimus L. J. Plant Physiol. 161: 1041–1051.

134. **Minobu Kasai, Keisuke Koide, and Yuya Ichikawa. (2012).** Effect of Pot Size on Various Characteristics Related to Photosynthetic Matter Production in Soybean Plants. Department of Biology, Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Hirosaki 036-8561, Japan.

135. **Mohammad Salehi, Ali Haghnazari.; Ali Faramarzi.(2008).** The study of seed yield components of Lentil (*Lens culinaris Medik*) under normal and drought stress conditions. Pakistan journal of Sciences 11(5): 758-762.

136. **Moinuddin, Fischer R. A.; Sayre, K. D. and Reynolds, M. P. (2005).** Osmotic adjustment in wheat in relation to grain yield under water deficit environments. Agronomy Journal. 97: 1062-1071.

137. **Mondal MMA, Fakir MSA, Islam MN, Samad MA.(2011).** Physiology of seed yield in mungbean: growth and dry matter production. Bangladesh J Bot 40: 133-138

138. **Mondal MMA, Puteh AB, Malek MA, Ismail MR, Rafii MY, Latif MA. (2012).** Seed yield of mungbean (*Vigna radiata* L.)Wilczek) in relation to growth and developmental aspects. Sci World J. Volume 2012, Article ID 425168, 7 pages, doi:10.1100/2012/425168

139. **Morgan, J. M. (1984).** Osoregulation and water stress in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol., 35:299.

140. **Moslem Abchpur, Behroz Vaezi, Vahid Bavei and NosratAllah Heidarpur.(2011).** Evaluation of Morpho-Physiological Selection Indices to Improve of Drought Tolerant Lentil Genotypes *(Lens culinaris* Medik) under Rainfed Condition Full Names of All Authors (In Order to Appear on Manuscript). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 11 (2): 275-281, 2011 ISSN 1818-6769. IDO SI Publications.

141. **Mssacci A, Nabiev SM, Pietrosanti L, Nematov SK,Chernikova TN, Thor K, and Leipner J. (2008).** Response of photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. Plant Physiology and Biochemistry 46: 189–195.

142. **Muehlbauer F.J., Cubero J.I. & Summerfield R.J. (1985.)** Lentil (*Lens culinaris* Medik). In: *Grain legume crops* (eds R.J. Summerfield and E.H. Roberts). William Collins Sons & Co. Ltd, London.

143. **Muehlbauer F.J., Kaiser W.J., Clement S.L. & Summerfield R.J. (1995).** Production and Breeding of Lentil. Advances in Agronomy, 54, 283-332.

144. **Munodawafa A. (2012).** The effect of rainfall characteristics and tillage on sheet erosion and maize grain yield in semiarid conditions and granitic

sandy soils of Zimbabwe. Appl Environ Soil Sci. 2012:1–8. 10.1155/2012/243815.

145. **Mwale S, Hamusimbi C, Mwansa K. (2003).** Germination, emergence and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to osmotic seed priming. Seed Sci Technol. 31:199–206.

146. **Nam NH, Chauhan YS, and Johansen C. (2001).** Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extrashort- duration pigeon pea lines. Journal of Agriculture Science 136: 179–189.

147. **Nellemann C, MacDevette M, Manders T, Eickhout B, Svihus B, Prins AG & Kaltenborn BP, (2009).** The environmental food crisis – The environment's role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, www.grida.no

148. **Nhan D. Q., Thaw S., Matsuo N., Xuan T. D., Hong N. H., Mochizuki T. (2006).** Evaluation of root penetration ability in rice using the wax-layers and the soil cake methods. J. Fac. Agric. Kyushu Univ. 51, 251–256.

149. **Nokes, S.E.; Landa, F.M. and Hanson, J.D. (1996).** Evaluation of the crop growth components of the root zone water quality model for soybean in Ohio. Trans. ASAE 39:1177-1184.

150. **NÖsberger, J., Blum, H. and Fuhrer, J.(2000).** Crop ecosystem responses to climatic change: productive grasslands. In: Reddy, K.R. and Hodges, H.F. (eds.) Climate change and global crop productivity. Wallingford, U.K: CABI Publishing. pp. 271-291.

151. **Okcu G, Kaya MD, Atak M. (2005).** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turk J Agric For. 29:237–242.

152. **Olesen, JE, Trnka, M, Kersebaum, CK, Skjelvag, AO, Seguin, B, Peltone Sainio, P, Rossi, F, Kozyra, J & Micale, F (2011).** 'Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change.' European Journal of Agronomy,vol. 34, pp. 96_112.

153. **Oya T, Nepomucemo AL, Neumaier N, Farias JRB, Tobita S, Ito O. (2004).** Drought tolerance characteristics of Brazilian soybean cultivars:

Evaluation and characterization of drought tolerance of various Brazilian soybean cultivars in the field. Plant Production Science. 2004;7(2):129–37.

154. **Ozturk, L. and Demir, Y. (2002).** In vivo and in vitro protective role of proline. Plant Growth Regul. 38: 259–264.

155. **Padilla FM, Pugnaire FI. (2007).** Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. Funct Ecol. 21:489–495. 10.1111/j.1365-2435.2007.01267.

156. **Parry, M. A. J.; Flexas, J. and Medrano, H. (2005).** Prospects for crop production under drought: research priorities and future directions. Ann Appl Biol. 147: 211-226.

157. **Passioura, J. B.; Condon, A. G. and Richards, R. A. (1993).** Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: Smith JAC, Griffiths, H. eds. Water deficits, plant responses from cell to community. UK: Bios Scientific Publishers. 253–64.

158. **Peterson PR, Sheaffer CC, Hall MH.(1992)**. Drought effects on perennial forage legume yield and quality. Agronomy Journal ;84(5):774–9.

159. **Pimentel, C.A. (2004).** Relacao da planta com a agua. Seropedica: Ufruralrj, 192p.

160. **Pinheiro C, Chaves MM, Ricardo CP.(2000)** .Alterations in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stems and leaves of *Lupinus albus* L. Journal of Experimental Botany. 2001;52(358):1063–70.

161. **Postel SL.(2000).** Entering an Era of Water Scarcity: The Challenges Ahead. Ecological Applications. 2000;10(4):941–8.

162. **Price GD, Howitt SM.(2014).**Plant science: Towards turbocharged photosynthesis. Nature. 2014. 10.1038/nature13749.

163. **Price, A. H.; Townend, J.; Jones, M. P.; Audebert, A. and Courtois, B. (2002).** Mapping QTLs associated with drought avoidance in upland rice grown in the Philippines and West Africa. Plant Molecular Biology. 48: 683-695.

164. **Raheleh rahbarian1, Ramazanali khavari-nejad1 , Ali ganjeali, Abdolreza bagheri and Farzaneh najafi1.(2011** . **)**drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*cicer arietinum* L.) genotypes. acta biologica cracoviensia Series Botanica 53/1: 47–56.

165. **Rahim M. H. , Houshmandi, S. , Khodambashi M, Shiran B. , AND Mohammady S. (2016).** Effect of drought stress on agro-morphological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) recombinant inbred lines. Issn 0258-7122 (Print), 2408-8293 (Online).Bangladesh J. Agril. Res. 41(2): 207-219.

166. **Rayapati, P.J. and Stewart, C.R. (1991).** Solubilization of protin dehydrogenase from maize (*Zea mays* L.) mitochondria . Plant Physiology . 95: 787-791.

167. **Rebetzke, G. J.; Condon, A. G.; Richards, R. A. and Farquhar, G. D. (2003).** Gene action for leaf conductance in three wheat crosses. Australian Journal of Agriculture Research. 54: 381-387.

168. **Rebetzke, G. J.; Condon, A. G.; Richards, R. A. and Farquhar, G. J. (2002).** Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat. Crop Sci. 42: 739-745.

169. **Reddy RR, Reddy SR. 1993.** Scheduling irrigation for peanuts with variable amounts of available water Agricultural Water Management.;23:1–9.

170. **Reddy, A. R.; Chaitanya, V. and Vivekanandan, M. (2004).** Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. 161(11): 1189-1202.

171. **Reynolds, M. P.; Mujeeb-Kazi, A. and Sawkins, M. (2005).** Prospects for utilizing plant adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought- and salinity-prone environments. Annals of Applied Biology. 146: 239-259.

172. **Reynolds, M. P.; Mujeeb-Kazi, A. and Sawkins, M. (2005).** Prospects for utilizing plant adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought- and salinity-prone environments. Annals of Applied Biology. 146: 239-259.

173. **Reynolds, M.; Condon, A. G.; Rebetzke, G. J. and Richards, R. A. (2004).** Evidence for excess photosynthetic capacity and sink-limitation to yield and biomass in elite spring wheat. In: New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Fischer, T. et al., Eds. Brisbane.

174. **Reynolds, M.; Condon, A. G.; Rebetzke, G. J. and Richards, R. A. (2004).** Evidence for excess photosynthetic capacity and sink-limitation to yield and biomass in elite spring wheat. In: New directions for a diverse

planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Fischer, T. et al., Eds. Brisbane.

175. **Richards R. A. (2008).** Genetic opportunities to improve cereal root systems for dryland agriculture. Plant Prod. Sci. 11, 12–16

176. **Richards RA. (1978).** Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*) in response to drought stress. III. Physiological and physicochemical characters. Aust J Agric Res. 29:491–501.

177. **Riffkin, P. A.; Evans, P. M.; Chin, J. F. and Kearney, G. A. (2003).** Early-maturing spring wheat outperforms late-maturing winter wheat in the high rainfall environment of south-west Victoria. Australian Journal of Agricultural Research. 54: 193–202.

178. **Roger, S. (2004).** How soybeans respond to drought stress. Wisconsin Crop Management, Department of Agronomy, University of Wisconsin Extension, Moore Hall , 1575 London – Madi 804,WI 53706.

179. **Sadok W., Sinclair T. R. (2011).** Crops yield increase under water–limited conditions: review of recent physiological advances for soybean genetic improvement. Adv. Agron. 113, 313–337

180. **Sainju UM, Whitehead WF, Singh BP. (2005).** Biculture Legume–Cereal Cover Crops for Enhanced Biomass Yield and Carbon and Nitrogen. Agronomy Journal.;97:1403–12.

181. **Salehi M, Haghnazari A, Shekari F, Faramarzi A. (2008).** The study of seed yield and seed yield components of lentil (Lens culinaris Medik) under normal and drought stress conditions. Pak J Biol Sci. 11:758–62. 10.3923/pjbs.2008.758.762.

182. **Salehi, M., A. Haghnazari and F. Shekari, (2006).** The study of morpho-physiological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik) relation with grain yield under normal and drought stress conditions. Proceedings of the 9th Iranian Crop Sciences Congress, Aug. 27-28, Abourehan Campus, University of Tehran, pp: 534-534.

183. **Samad MA, Rahman, MK, Mondal MMA, Fakir MSA. (2007).** Evaluation of some advanced lentil mutants in relation to growth, yield attributes and yield. Bangladesh J Crop Sci 18: 117-122.

184. **Sanchez FJ, Manzanares M, de Andres EF, Tenorio JL, Ayerbe L. (1998).** Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and praline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Res 59: 225–235.

185. **Sangakkara, U.R. (2001).** Plant stress factors: their impact on productivity of cropping systems. In: Nsberger, J., Geiger, H. and Struik, P.C. (eds.). *Crop science*: progress and prospects. Wallingford, U.K: CABI Publishing. pp. 101-117.

186. **Santos, M.G.; Ribeiro, R.V.; Oliveira, R.F.; Pimentel, C. (2004).** Gas exchange and yield response to foliar phoshorus application in *Phaseolus vulgaris*. Brazilian dournal of Plant Physiology, Londrina, v.16, p.171- 179.

187. **Santos, M.G.; Ribero, R.V.; Oliveira, R.F.; Machado, E.C.; Pimentel, C. (2006).** The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild drought deficit. Plant Science, Clare, v.170, p.659- 664.

188. **Sarker, A. Erskine, W. and Singh, M. (2005).** Variation in shoot and root characteristics and their association with drought tolerance in lentil land races. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), P.O. Box 5466, Aleppo,Syria; Author for Correspondence Genetic Resources and Crop Evolution 52: 89–97.

189. **Sarker, A., Erskine, W. and M. Singh, (2002).** Regression models for lentil seed and straw yields in Near East. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), P.O. Box 5466, Aleppo, Syria.

190. **Sarker, A., W. Erskine and M. Singh, (2003).** Regression models for lentil seed and straw yields in Near East. Agri. and Forest Meteorol., 116: 61-72.

191. **Saxena,M.C.; Hawtin, G. (1981).** Morphology and growth patterns In. C. Webb and G. Hawtin (eds.). Lentils. Slough, U.K. : Commonwealth Agricultural Bureaux; 39-52.

192. **Sayed OH. (2003).** Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. Photosynthetica 41:321–330.

193. **Schefs, B. (1994).** Etude spectroscopique des complexes protochlorophyllid-proteine et de leurs nijb mations a la lumiere dans les feuilles a divers stades de leur development. PhD dissertation. Oiversite de Liege, Belgium.

194. **Schonfeld, M. A.; Johnson, R. C.; Carver, B. F. and Mornhinweg, D. W. (1988).** Water relations in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Sci. 28: 526-531.

195. **Serraj, R. and Sinclair, T. R. (2002).** Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? Plant Cell Environ. 25: 333–341.

196. **Serraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S. and Crouch, J.H. (2004).** Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. Field *Crops Research*: 115-127.

197. **Serraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S. and Crouch, J.H. (2004).** Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. Field Crops Research: 115-127.

198. Serrano R, Mulet JM, Rios G, Marquez JA, de Larrinoa IF, Leube MP, Mendizabal I, Pascual-Ahuir A, Proft M, Ros R. *et al*. (1999). A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salt stress. J Exp Bot.;50:1023–1036.

199. **Shahram. A. C., H. Mostafaei., L. Imanparast. and M. R. Eivazian. (2009).** Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region, Iran. J. of food, Agricultue and Environment. 7 (3&4): 283-288.

200. **Sharp R.E. and LeNoble M.E. (2002).** ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. Journal of Experimental Botany 53, 33–37.

201. **Shearman, V. J.; Sylvester-Bradley, R.; Scott, R. K. and Foulkes, M. J. (2005).** Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. Crop Sci. 45: 175–185.

202. **Shrestha, R., Turner, N.C., Siddique, K.H.M. and Turner, D.W. (2006).** Physiological and seed yield responses to water deficits among lentil genotypes from diverse origins. Australian Journal of Agricultural Research 57: 903-915.

203. **ShresthaA, R. B, N. C. TurnerA,D, K. H. M. SiddiqueA, D. W. TurnerB, and J. SpeijersC . (2006).** A water deficit during pod development in lentils reduces flower and pod numbers but not seed size. Australian Journal of Agricultural Research, 57, 427–438.

204. **Siahsar BA, Ganjali S, Allahdoo M. (2010).** Evaluation of drought tolerance indices and their relationship with grain yield of lentil lines in drought-stressed and irrigated environments. Aust J Basic Appl Sci. 4:4336–4346.

205. **Silim SN, Saxena MC, Erskine W. (1993).** Adaptation of lentil to the Mediterranean environment. II. Response to moisture supply. Exp Agric. 29:21–28. 10.1017/S0014479700020378 Singh KB, Saxena MC. 1990. Studies on drought tolerance: Annual report. Aleppo, Syria: ICARDA.

206. **Silim, S.N., and M.C. Saxena. (1993).** Adaptation of spring-sownchickpea to the Mediterranean basin: I. Response to moisture supply. Field Crops Res. 34:121–136.

207. **Silima, S. N., Saxenaa, M. C., and Erskinea, W. (1992).** Adaptation of Lentil to the Mediterranean Environment. I. Factors Affecting Yield Under Drought Conditions. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), PO Box 5466, Aleppo, Syria.

208. **Sinclair TR, Ludlow MM. (1986).** Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. Australian Journal of Plant Physiology.;13:329–41.

209. **Sinclair, T. R. and Ludlow, M. M. (1985).** Who taught plants thermodynamics. The unfulfilled potential of plant water potential. Aust. J. Plant Physiol. 12: 213-217.

210. **Singh, K.B., M.C. Saxena. (1990).** Studies on drought tolerance. Ann. Report, ICARDA, Aleppo, Syria.

211. **Slafer, G.A., and R. Savin. (1994).** Source-sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. Field Crops Research 37:39-49.

212. **Smirnoff N. (1995).** Antioxidant systems and plant response to the environment. In: Smirnoff V (Ed.), Environment and Plant Metabolism: Flexibility and Acclimation, BIOS Scientific Publishers, Oxford, UK.

213. **Smith DL, Dijak M, Hume DJ. (1988).** The effect of water deficit on $N_2(C_2H_2)$ fixation by white bean and soybean. Canadian Journal of Plant Science.;68:957–67.

214. **Stefani Daryanto, Lixin Wang,* and Pierre-André Jacinthe. (2015).** Global Synthesis of Drought Effects on Food Legume Production PLoS One. 2015; 10(6): e0127401 .Published online Jun 10. doi: 0.1371/journal.pone.0127401

215. **Stewart, G.R.; Morris, C.J.and Thompson, J.F. (1966).** Changes in amino acid content of excised leaves during incubation. Plant, 41:1585-1590.

216. **Stockman, Y. M.; Fischer, R. A. and Brittain, E. G. (1983).** Assimilates and floret development within the spike of wheat (*Triticumaestivum* L.). Aust. J. Plant Physiol. 10: 585-594.

217. **Subbarao, G. V.; Nam, N. H.; Chauhan, Y. S. and Johanson, C. (2000).** Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits. J. Plant Physiol. 157: 651-659.

218. **Sultani, M. I. Gill, M. A. Anwar, M M.. Athar M. (2007).** Evaluation of soil physical properties as influenced by various green manur ing legumes and phosphorus fertilization under rain fed conditions. Int. J. Environ. Sci.

Tech., 4 (1): 109-118, 2007 ISSN: 1735-1472 © Winter 2007, IRSEN, CEERS, IAU.

219. **Taiz, L. and Zeiger, E. (2006).** Plant Physiology, Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 pages.

220. **Tara Singh Gahoonia, Omar Ali, Ashutosh Sarker, Niels Erik Nielsen, and M. Matiur Rahman. (2006).** Genetic Variation in Root Traits and Nutrient Acquisition of Lentil Genotypes. Journal of Plant Nutrition, 29: 643–655, 2006.

221. **Taylor, K.E., and J.E. Penner. (1994).** Anthropogenic aerosols and climate change, Nature, 369,734-736.

222. **Thomas, J.C.; Brown, K.W. and Jordan, J.R. (1976).** Stomatal response to leaf water potential as affected by preconditioning water stress in the field. *Agronomy Journal* 68: 706- 708.

223. **Thomas, R.S. and Russell, C. M. (2001).** System analysis of plant traits to increase gain yield on limited water supplies. Agronomy Journal, 93: 263 – 270.

224. **Tolbert N.E. and Zelitch I. (1983).** Carbon metabolism. In: CO2 and plants: The response of plants to rising levels of atmospheric carbon dioxide (ed E.R. Lemon). AAAS Selected Symposium 84, West view Press, Boulder, CO.

225. **Tsuji, G.Y., Uehara, G., Balas, S. (1994).** (Eds.), Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.

226. **Tuberosa R, Salvi S. (2006).** Genomics-based approaches to improve drought tolerance of crops. Trends Plant Sci. 11:405–412. 10.1016/j.tplants.2006.06.003.

227. **Tuner NC. (1986).** Crop Water Deficits: A Decade of Progress Advances in Agronomy.;39(C):1–51.

228. **Turner NC. (1997).** Further progress in crop water relations. Adv Agron. 58:293–338.

229. **Turner, N.C., L. Leport, R.J. French, B.D. Thomson, and K.H.M. Siddique. (1996).** Adaptation of cool-season pulses to water-limitedenvironments. p. 554–557. In M. Asghar (ed.) Proc. Aust. Agron. Conf., 8th, Toowoomba, QLD, Australia. Aust. Soc. of Agron., Carlton.

230. **Turner, N.C., Wright, G.C., Siddique, K.H.M. (2001).** Adaptation of grain legumes (pulses) to water limited environments. Adv. Agron. 71, 193-231.

231. **Vadez V, Rao S, Kholova J, Krishnamurthi L, Kashiwagi J, Ratnakumar P, et al. (2008).** Root research for drought tolerance in legumes: Quo vadis Journal of Food Legumes.;21(2):77–85.

232. **Varshney R. K., Pazhamala L., Kashiwagi J., Gaur P. M., Krishnamurthy L., Hoisington D. (2011).** Genomics and physiological approaches for root trait breeding to improve drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.), in Root genomics eds Costa de Oliveira A., Varshney R. K., editors. (Dordrecht, The Netherlands: Springer;), 233–250.

233. **Vasquez-Tello, A. (1990).** Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. J. Exp. Bot. 41(228): 827–832.

234. **Verbruggen N, Hermans C. (2008).** Proline accumulation in plants: a review. mino Acids 35: 753 759.

235. **Watson, (1947).** Comparative physiological studies on the growth of field crops. I: Variation in net assimilation rate and leaf areas between species and varieties. . Ann. bot. 11: 41-76.

236. **Webb, C.; Hawtin, O. (1981).** Introduction. In. C. Webb and G. Hawtin (eds.).Lentils. Slough, U.K. : Commonwealth Agricultural Bureaux; 1-5.

237. **Whitfield, S.K.; Wesley, T.L. and Martin, V.L. (1989).** Effects of stressful environmental conditions on growth and development of sunflower plants. J. Prod. Agric. 11: 331-336.

238. Wilson,V.B. & Teare, I.D. (1972). Bffects ofbetwe~on ana wbhin row spacing on components of lentil yields. Crop ScisncelZ, S01-Sl0.

239. **Wondimu, F.; Habtam, Z. and Amsalu, A. (2011).** Genetic improvement in grain yield potential and associated traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) in Ethiopia. Ethiop .J. Appl. Sci. Technol. 2(2): 43 -60.

240. **Wood, A.J. (2005).** Eco-physiological adaptations to limited water environments in Plant abiotic stress. In: Jenks, M . A. and Hasegawa, P . M. (eds.) Plant abiotic stress. Oxford, UK: Black well Publishing, pp. 1-13.

241. **Wu C, Wang Q, Xie B, Wang Z, Cui J, Hu T. (2011).** Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. Afr J Biotechnol. 10:17954–17961. 10.5897/AJB11.1927.

242. **-Xin Z., Z. Franks, P. Payton, J. J. Burke. (2008)**. A simple method to determine transpiration efficiency in sorghum. Field Crops Research 107:180−183.

243. **Yadav S.S., Stevenson P.C., Rizvi A.H., Manohar M., Gailing S. and Mateljan G. (2007).** Uses and consumption In: Lentil. An ancient crop for modern times (eds S.S. Yadav, D.L. McNeil, and P.C. Stevenson). Springer, Dordrecht, The Netherlands.

244. **Yoshiba, Y. (2005).** Effects of free praline accumulation in petunias under drought stress . Journal of Experimental Botany.56,pp.1975-1981.

245. **Zain, Z.M. (1984).** The effect of irrigation on radiation absorption, water use efficiency and yield of commercial and semi-leafless peas. M. Agr. Sc thesis, Lincoln College, University of Canterbury, New Zealand.

246. **Zeigler RS, Puckridge DW. (1995).** Improving sustainable productivity in rice based rainfed lowland systems of South and Southeast Asia. Feeding

four billion people: the challenge for rice research in the 21st century. GeoJournal. 35:307–324.10.1007/BF00989138.

247. **Zhang, H., Pala, M., Oweis., T. and Harris, H. (2000).** Water use and water-use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment Australian Journal of Agricultural Research 51(2): 295 – 304.

248. **Zheng, Yi-Zhi. and Tian, T.I . (2000).** Changes of Proline Levels and Abscisic Acid Content in Tolerant/Sensitive Cultive Cultivars of Soybean under Osmotic Condition.

249. **Ziska, L.H. and Hall, A.E. (1983).** Seed yields and water use of cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp.) subjected to planned water deficit irrigation. Irrigation Science 3: 237- 245.

Abstract

The study was conducted in laboratories of Field Crops Department, Abo-Jarash Farm, Faculty of Agriculture, Damascus University. Laboratory experiment was conducted during the year 2011, in order to evaluate the response of some lentils genotypes to osmotic stress at the seedling stage by using a lab screening tool, based on the osmotic induction response technique, and to show the importance of induction in increasing the tolerance of the induced seedlings to the lethal level of osmotic stress. Another experiment was carried out at the whole plant level in pots during the season (2011), in order to evaluate the performance of the investigated lentils genotypes based on water use efficiency (WUE) trait using the gravimetric method. A field experiment was also conducted during the two successive growing seasons (2011-2012, 2012-2013), in order to evaluate the performance of the lentils genotypes to water-stressed environments (rain fed conditions) based on some physiological, biochemical and productivity traits, which are genetically associated with drought tolerance and grain yield.

The results of the laboratory experiments showed that the lethal osmotic level (-2.0 MPa) is considered as the optimum lethal level, and the induction osmotic level (-0.2 MPa) is considered as the optimum induction level. the length of both the roots and seedlings was significantly higher in the induced Lentils seedlings (2.27 and 6.80 cm respectively), while it was significantly lower in the non-induced seedlings, which were directly transferred to the lethal level of osmotic stress (0.92 , 5.43 cm respectively). The results also showed based on the roots and seedlings length and the percentage reduction of them, that the the two genotypes (Idlib 4, Ebla) can be classified as highly tolerant to osmotic stress due to their lower reduction in roots and seedlings length, while the genotypes L-55118، L-55001 can be classified as moderately tolerant to osmotic stress, and the genotypes Kurdi, Idlib 2, L-55051 and L-55 017as sensitive to osmotic stress. The results also indicated that the average length of roots and seedlings was significantly higher in the osmotic induced seedlings and the decline in their growth was significantly lower compared with non-induced seedlings, indicating the importance of induction in increasing the capacity of the seedlings to tolerate lethal levels of osmotic stress.

Statistical analysis results revealed significant variation ($P \leq 0.05$) in the performance of the investigated lentils genotypes based on water use efficiency (WUE) trait using the gravimetric method. The cumulative water transpired was significantly higher in the genotypes Kurdi, L-55118, Idlib 4 and Horani. (5.52, 3.79, 3.62, 3.60 kg. pot^{-1} respectively), while it was significantly lower in the genotypes L-55051, L-55001 and L-55017 (1.83, 2.48, 2.51 kg. pot^{-1} respectively). The total dry matter was significantly higher in the genotypes Kurdi , L-55051, Horani and Ebla (4.65, 4.12, 3.84, 3.75 g. $plant^{-1}$ respectively) without significant differences among them. The transpiration rate per unit leaf area was significantly higher in the genotypes Idlib4, L-55118, Horani, and L-55001 (1.62, 1.33, 0.93, 0.88 g. cm^{-2}. day^{-1} respectively) without significant differences among them, while it was significantly lower in the genotypes L-55051, L-55017, and Ebla (0.36, 0.53, 0.56 g. cm^{-2}. day^{-1} respectively) without significant differences among them. The water use efficiency was significantly higher in the genotypes L-55051, Ebla, and L-55017 (2.26, 1.19, 1.06 g dry matter. kg^{-1} water respectively) without significant differences among them, while it was significantly lower in the genotypes Idlib4, L-55001, Kurdi, and L-55118 (o.42, 0.59, 0.85, 0.94 g dry matter. kg^{-1} water respectively) without significant differences among them. Root/Shoot ratio was significantly higher in the genotypes L-55001, L-55017 (15.62, 10.22 % respectively) without significant differences among them. There was a significant positive correlation between the cumulative water transpired and leaf area duration , total dry matter ($r = 0.75^{*}$, $r= 0.83^{*}$ respectively), and significant negative correlation between water use efficiency and cumulative water transpired ($r = -0.85^{*}$). There was a significant inverse relationship between the transpiration rate and water use efficiency (r=-0.74*).

Significant genetic variation under field conditions was found in the response of lintels genotypes to water-limited conditions. The performance of

genotypes was significantly better during the first growing season 2011/2012 (higher precipitation167.4 mm. year^{-1}) compared with the second growing season 2012/2013 (lower precipitation; 115.6 mm. year^{-1}). Plant height was significantly higher in the tow genotypes Kurdi and Ebla (31.10, 29.57 cm respectively), while it was significantly lower in the genotype L-55001 (15.22 cm). The number of primary branches was significantly higher in the genotypes L-55118, kurdi, Ebla, and Idlib4 (6.58, 6.25, 5.83, 5.75 branshes respectively) without significant differences among them. The genotypes Idlib, L-55051, Ebla, and Horani exhibted higher number of secundry branches (16.42, 14.25, 14.00, 13.92 branshes respectively) without significant differences among them. The leaf area index (LAI) was significantly higher in the varities compared with the investigated land races. Statistical analysis results revealed a significant positive correlation between leaf area index (LAI) and 100-seeds weight (r= 582*). Also ther was a significant positive correlation between leaf area index (LAI) and both the number of pods and number of seeds per plant (r= 701*, r= 0.656* respectively). A significant positive correlation accored between leaf area index (LAI) and seed yield (r= 839**). These results also indicate the importance of increasing the source size, a photosynthetic efficiency to increase the amount of dry matter, leading to increased economic crop yield. The results showed that relative water content was significantly higher under irrigated conditions compared to raifed ones, It was noticed that genotypes that have shown significant superiority in relative water content, also showed significant superiority in leaf area index, there was a positive significant correlation between them (r= 0.539*). Conversely all genotypes that failed to maintain high relative water content in leaves, have showed significantly lower leaf area index compared with other genotypes, indicating the importance of maintaining the turgor potential necessary for cell elongation. It was noticed that the genotypes which had significantly higher relative water content in leaves could maintain significantly lower percentage of solute leakage, such as, Idlib3, Idlib4, and Ebla, emphasizes the importance of maintaining cell water content to ensure the stability and integrity of the membranes. The genotypes Kurdi, Ebla was significantly higher in the content of chlorophyll a (1.97, 1.60 mg. g^{-1} respectively) without significant

differences among them, while it was significantly lower in the genotypes L-55001, L-55051(1.17, 1.24 mg. g^{-1} respectively) without significant differences among them. The content of chlorophyll b was significantly higher in the genotypes L- 55016, Ebla,Idlib4,and Kurdi, (2.62, 2.44, 2.17, 2.16 mg. g^{-1} respectively) without significant differences among them, while it was significantly lower in the two genotypes L-55001and L-55051. The proline content was significantly higher during the first growing season (9.21 micrograms. g^{-1} fresh weight) compared with the second growing season (8.81 micrograms. g^{-1} fresh weight). It was noticed that the genotypes that maintained high values of relative water content in leaves such as, the Kurdi, Ebla, Idlib3 and Idlib4 were able to manufacture and assembly significantly higher amount of proline in leaves. There was a positive significant correlation between the proline content and relative water content (r= 0.684*) indicating the importance of the osmotic adjustment mechanism in maintaining the integrity and stability of cell membranes.

The results of the statistical analysis showed that the genotypes Idlib2, Idlib3 and Idlib4 recorded significantly higher number of pods per plant (30.89, 29.25, 25.53, 24.81 pods respectively) without significant differences among them, while the genotypes L-55001, L-55017 recorded significantly it lower number of pods per plant (17.25and 19.78 pods respectively) without significant differences among them. It was noticed that the genotypes which recorded higher number of pods were able to form higher number of seeds per plant. The weight of seeds per plant, 100-seed weight, seed yield and harvest index were significantly higher in the varieties compared with landraces and were significantly higher during the first growing season (higher precipitation). It was noticed that genotypes which achieved significantly higher seed yield also maintained significantly higher relative water content in the leaves (Ebla, Kurdi, Idlib2 and Idlib3) and were superior in maintaining membrane integrity and leaf area index, indicating the importance of such traits in improving drought tolerance and maintaining production capacity under drought conditions.The value of harvest index was positively correlated

with economic parts of the plant and inversely with the non- economic parts (leaves, stem and roots). This confirms the existence of a positive and significant correlation between the number of seeds per plant, the weight of seeds per plant, the number of pods, seed yield and harvest index (r= 0.909**, r= 0.848**, r= 0.901**, r= 0.662* respectively). It was noticed that harvest index and seed yield in lintels crop is mainly determained by weight of seeds and number of seeds per plant, so increasing seed weight by improving seed growth rate (Sink size), translocation efficiency and seed filling period will improve economic yield of the crop, this indicate the importance of the selection to higher number of seeds per plant and per unit area to inhance the final seed yield.

الملحقات Appendixes

جدول (1): مساحة وإنتاج وغلة محصول العدس في سورية خلال الفترة (2005–2014).

المساحة: هكتار الإنتاج: طن الغلة: كغ. هكتار$^{-1}$

البيان	سقي			بعل			المجموع		
	مساحة	انتاج	غلة	مساحة	انتاج	غلة	مساحة	انتاج	غلة
2005	326	348	1067	14247	53317	1076	14280	15366	1076
2006	48	58	1208	15003	18066	1204	15008	18072	1204
2007	2571	282	1098	14657	10621	725	14914	10903	731
2008	1938	225	1166	13380	31857	238	13574	34116	251
2009	5615	619	1103	95106	96270	1012	10072	10246	1017
2010	4436	556	1254	12661	71767	567	13105	77328	590
2011	6244	697	1117	13365	10549	789	13990	11247	804
2012	3450	241	701	13035	12781	980	13380	13022	973
2013	2837	460	1624	11373	12476	1097	11657	12937	110
2014	2670	389	1460	11120	70907	638	11387	74880	657

المصدر: مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي،2014.

جدول (2): مساحة وإنتاج وغلة محصول العدس حسب المحافظات في سورية لعام 2014.

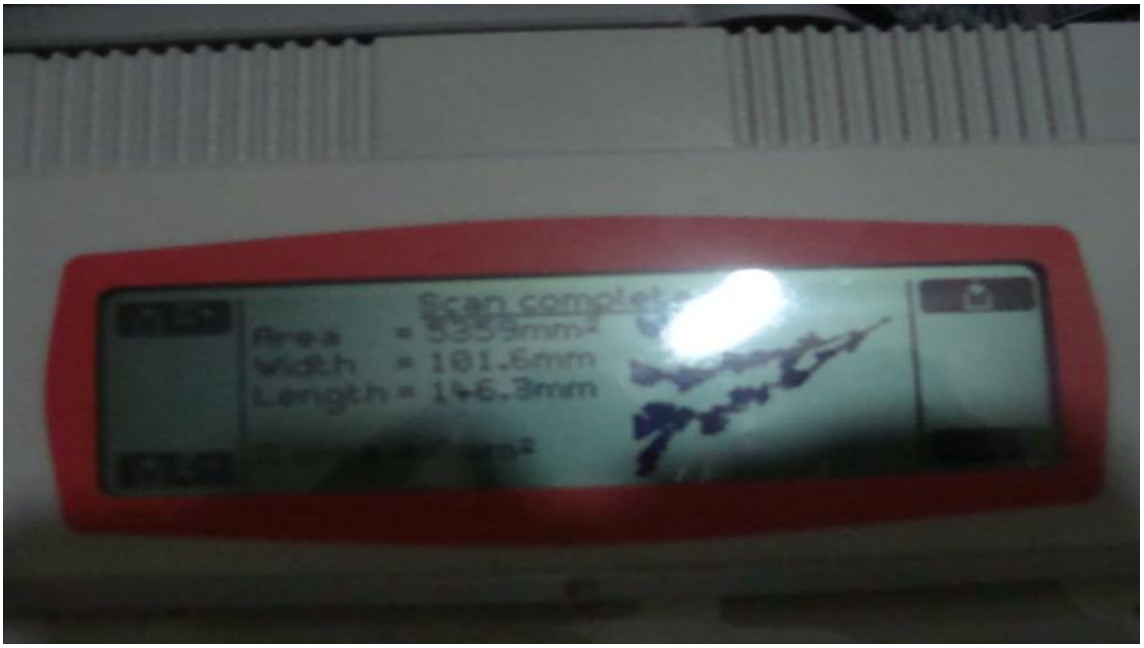
المساحة: هكتار الإنتاج: طن الغلة: كغ. هكتار$^{-1}$

المحافظة	السقي			البعل			المجموع		
	مساحة	إنتاج	غلة	مساحة	إنتاج	غلة	مساحة	إنتاج	غلة
السويداء	-	--	-	501	85	169	501	85	169
درعا	-	-	-	214	91	426	214	91	426
القنيطرة	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ريف دمشق		-	-	183	106	580	183	106	580
حمص	-	-	-	323	284	878	323	284	878
حماه	103	29	285	4598	942	205	4701	972	207
الغاب	115	32	280	49	32	650	164	64	390
إدلب	-	-	-	17494	1957	112	17494	1957	112
طرطوس	-	-	-	37	18	486	37	18	846
اللاذقية	-	-	-	39	33	858	39	33	858
حلب	-	-	-	55010	39819	724	55010	39819	724
الرقة	-	-	-	-	-	-	-	-	-
دير الزور	-	-	-	-	-	-	-	-	-
الحسكة	2452	3837	1565	23758	27540	841	35210	31378	891

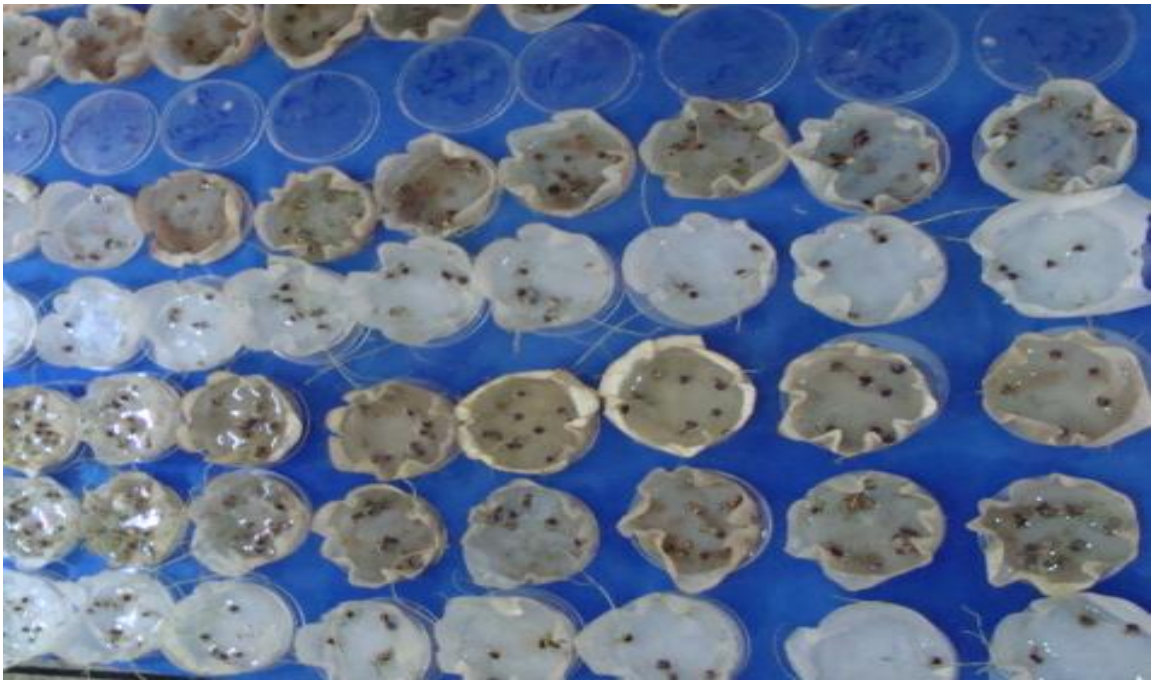
المصدر: مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2014.

صورة (1): تقييم التباين الوراثي في صفة كفاء استعمال الماء (WUE) في النباتات المزروعة في أصص زراعية (الطريقة الوزنية).

صورة (2): تقييم التباين الوراثي في صفة كفاء استعمال الماء (WUE) في النباتات المزروعة في أصص زراعية (الطريقة الوزنية).



صورة (3): جهاز البلانيمتر المستخدم في قياس المساحة الورقية للنبات.



صورة (4): تقييم التباين الوراثي في استجابة بعض طرز محصول العدس لتحمل الإجهاد الحلولي باستعمال سكر البولي ايثلين جلايكول$_{6000}$ (PEG-6000).

صورة (5): نباتات العدس في ظروف التجربة الحقلية.

صورة (6): نباتات العدس في ظروف التجربة الحقلية.