مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 40 العدد 2 (2025): 153- 166

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 40 No.1 (2025): 153 - 166

الاستجابة الفيزيولوجية ومعايير التحمل لأصناف من العدس (Lens culinaris Medic) تحت ظروف الزراعة المطرية

سوار الميمساني [*1]، مأمون خيتي [2] ، بسام العطا الله [3]

1. طالبة ماجستير/ قسم المحاصيل/ كلية الهندسة الزراعية/ جامعة دمشق، تعمل في دائرة المحاصيل/ مركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية
sewar23.almimasani@damascusuniversity.edu.sy
2. أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية/ كلية الهندسة الزراعية/ جامعة دمشق/ سورية، البريد الإلكتروني:
mamoun.khaiti@damascusuniversity.edu.sy
3. باحث رئيسي/مخبر البروتينات والفيزيولوجيا/ مركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية.

الملخص:

تم إجراء التجربة في محطة حوط/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في محافظة السويداء لدراسة استجابة ستة أصناف من العدس (إدلب 2، إدلب 3، إدلب 4، إدلب 5، إيبلا، حوراني) تحت ظروف الزراعة المطرية والمروية خلال موسم 2022/2021، صُممت التجربة وفق تصميم القطع المنشقة، وحُللت البيانات باستخدام تحليل التباين ثنائي الاتجاه، بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين معاملتي الرطوبة حيث تفوقت المعاملة المروية معنوياً على المعاملة المطرية في غالبية الصفات المدروسة، وبالنسبة للأصناف فقد سجل الصنف حوراني أعلى قيمة لصفة محتوى الماء النسبي (53.31%) يليه الصنف إدلب 2 (53.14%)، وسجل الصنف إدلب 2 أقل قيمة لصفة تسرب الذائبات (20.31%) يليه الصنف حوراني (25.14%)، وبالنسبة لصفة كفاءة استعمال المياه فقد سجل الصنف إدلب 2 أيضاً أعلى قيمة (2.433 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) يليه الصنف حوراني (2.410 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)، وأما التفاعل فقد سجل أيضاً الصنفين إدلب 2 وحوراني أفضل القيم في غالبية التفاعلات. فيما أشارت نتائج معايير قدرة التحمل إلى أنّ الصنفين إدلب 2 وحوراني كانا الأكثر تحملاً. بناءً على ذلك يُنصح بزراعة الصنفين إدلب 2 وحوراني في منطقة الاستقرار الثانية في محافظة السويداء.

الكلمات المفتاحية: العدس، البرولين، تسرب الذائبات، معايير التحمل، محتوى الماء النسبي.

تاريخ الايداع:2023/3/19
تاريخ القبول: 2023/5/2

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص **CC BY-NC-SA 04**

ISSN: 2789-7214 (online)
http://journal.damascusuniversity.edu.sy

Physiological response and tolerance indices for some lentil cultivars (Lens culinaris Medic) under rain-fed conditions

Sewar Almimasani [*1],Mamoun Khaiti[2], Bassam Al Atalah[3]

1. Master student/ Field crops department/ Faculty of Agricultural Engineering/ Damascus University/ working in Field crops sub-department / Sewida Research Center/ General commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR)/ Syria.
2. Pro./ Field crops department/ Faculty of Agricultural Engineering/ Damascus University/Syria.

mamoun.khaiti@damascusuniversity.edu.sy

3. Main Researcher/ Laboratory of Proteins and Physiology/ Sewida Research Center/ GCSAR/ Syria.

Received: 19/3/2023
Accepted: 2/5/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

The experiment was conducted at Hout station / General Commission for Scientific Agricultural Research in Sewida Governorate to study the response of six cultivars of lentils (Idlib 2, Idlib 3, Idlib 4, Idlib 5, ebla and hourani) under rain-fed and irrigated conditions during 2021/2022. A split plot design was used and the data were analyzed using two-way analysis of variance. The results showed that there were significant differences between the two moisture treatments, where the irrigated treatment was significantly superior compared to the rain-fed treatment in most studied traits. As for the cultivars, the Hourani cultivar recorded the highest value for the relative water content (53.31%), followed by the cultivar Idlib 2 (53.14), and the cultivar Idlib 2 recorded the lowest value for the characteristic of electrolytes leakage (20.31%), followed by Hourani (25.14%), and with regarding to the water use efficiency, the cultivar Idlib 2 also recorded the highest value (2.433 kg. mm^{-1}. ha^{-1}) followed by Hourani (2.410 kg. mm^{-1}. ha^{-1}). For the interaction, Idlib 2 and Hourani also recorded the best values in the majority of interactions. In addition, for the tolerance indices, the results showed the ability of the tolerance indices to determine drought-tolerant cultivars, the cultivar Idlib 2 was the most tolerant, also the cultivar Hourani. Based on these results, it is recommended to plant the two cultivars, Idlib 2 and Hourani, in the second zone in Sewida Governorate.

Keywords: Lentil, Proline, Solute Leakage, Tolerance Indices, Relative Water Content.

المقدمة:

يعد العدس (Lens culinaris Medic.) محصول بقولي حولي مرتفع القيمة الغذائية، بذوره غنية بالبروتين والحديد والزنك (Gorim and Vandenberg, 2017. ,1) ، وله القدرة على التكافل مع بكتريا معينة على تثبيت الآزوت الجوي، وبالتالي يساهم بشكل كبير في زيادة خصوبة التربة (Azizi-Chakherchaman et al, 2008.,750) ، ينتمي العدس إلى الفصيلة البقولية Fabaceae والجنس Lens. بلغت المساحة المزروعة بمحصول العدس عالمياً 5009933 هكتاراً والإنتاج العالمي 6537581 طناً والإنتاجية 1304.9 كغ. هكتار$^{-1}$(FAO, 2020)، وأما المساحة المزروعة في سورية 110432 هكتاراً والإنتاج 193750 طناً والإنتاجية 1754 كغ. هكتار$^{-1}$، وفي محافظة السويداء كانت المساحة المزروعة 516 هكتاراً، وإنتاج 302 طناً، وإنتاجية 585 كغ. هكتار$^{-1}$ (المجموعة الإحصائية السنوية، 2020).

بشكل مشابه للعديد من المحاصيل البقولية فإن العدس عُرضة للإجهادات غير الإحيائية مثل الحرارة المنخفضة والجفاف والحرارة المرتفعة والملوحة ونقص العناصر الغذائية، ويُعتبر الجفاف والحرارة المرتفعة من أهم الإجهادات في جميع أنحاء العالم (Turner et al., 2001)، وتشير التنبؤات المناخية إلى أن معدلات هطول الأمطار السنوية المتغيرة تهدد استدامة إنتاج العدس من خلال زيادة تواتر فترات الجفاف خلال موسم زراعة المحاصيل (Dai., 2011, 45).

يُقلل الجفاف من إنبات محصول العدس (Muscolo et al., 2014, 356)، ونمو الأفرع والجذور (Idrissi et al., 2015) والمحتوى المائي النسبي، (Biju et al., 2018) وثباتية الغشاء، (Venugopalan et al., 2021) ويُسبب اضطراب في عملية التركيب الضوئي (Venugopalan et al., 2022) مما يؤدي في النهاية إلى انخفاض كبير في إنتاج الكتلة الحيوية وخسائر فادحة في الغلة.

يُعد التعديل الحلولي أحد آليات النبات للتكيف مع إجهاد الجفاف، وبالتالي يحمي الخلايا والعمليات التي تعتمد عليها عند انخفاض كمية المياه من خلال تراكم المواد القابلة للذوبان (Ahmadi et al,2018, 163)، ويُعد البرولين أحد هذه المواد (Azarpanah, 2013)، وهو مادة مُذابة مهمة تنتجها النباتات، ويُساهم تراكمها في زيادة تحمل النباتات للإجهادات غير الإحيائية بما في ذلك إجهاد الجفاف (Lamaoui et al., 2018,5)، كما يتأثر محتوى الماء النسبي بالجفاف، ويمكن أن يكون مؤشراً لتقييم استجابة النبات وتكيفه مع ظروف الجفاف (Biju et al., 2018)، إضافةً إلى ذلك تتمتع الأصناف المتحملة للجفاف من الناحية الفيزيولوجية بكفاءة عالية في استخدام المياه، حيث يتأثر نمو النبات بشكل إيجابي نتيجة انخفاض معدل النتح، والزيادة المصاحبة في نشاط التمثيل الضوئي (Oguz et al., 2022,187; Abbate et al., 2004).

أُجريت تجربة لدراسة 12 طرازاً وراثياً من العدس في إيران تحت ظروف الزراعة المطرية والمروية، حيث لوحظ وجود فروق معنوية بين الأصناف لصفة محتوى الأوراق من البرولين، فقد سجل الطراز ILL -10837 أعلى قيمة (20.09µmol/gr wet weight)، ولصفة سلامة الاغشية السيتوبلاسمية حيث سجل الطراز FILIP -2007-11L أعلى قيمة (46.04%)، ولصفة محتوى الماء النسبي وكانت أعلى قيمة للطراز ILL-10023 (66.64%)، وأيضاً وُجدت فروقات معنوية بين الزراعتين البعلية والمروية (Ahmadi et al.,2018,162).

كما نُفذت تجربة في محطة البحوث بكلية الزراعة/ جامعة القاهرة/ مصر لتقييم أداء خمسة أصناف من العدس خلال موسمين 2018/ 2019، وتحت مستويين من الرطوبة 30% و 50% من السعة الحقلية، حيث لُوحظ وجود فروق معنوية بين الأصناف في محتوى البرولين، وسجل الصنف Giza-29 أعلى قيمة (0.96 µg/g) يليه الصنف Sinai-1 (0.95 µg/g) دون فروق معنوية بينهما، وأيضاً بين معاملتي الرطوبة حيث كان محتوى البرولين تحت ظروف الجفاف أعلى مما هو في الظروف المروية، وأيضاً تم قياس مؤشرات تحمل الجفاف لهذه الأصناف (معامل الحساسية للإجهاد، دليل فرناندز لتحمل الإجهاد، دليل التحمل)، حيث سجل الصنف Sinai-1 أقل قيمة لمؤشر دليل التحمل (0.19) ومؤشر معامل الحساسية للإجهاد (0.47)، وسجل الصنف Giza-51 أعلى قيمة لمؤشر دليل فرناندز لتحمل الإجهاد (1.39) يليه الصنف SINAI-1 (1.33) وبذلك يُعد الصنف Sinai- 1 متحملاً للإجهاد (Abo-Hegazy et al., 2022, 109).

أُقيمت تجربة في قسم الوراثة وتربية النبات في الهند لدراسة تأثير الجفاف على المحتوى المائي النسبي وتراكم البرولين، باستخدام 10 طرز وراثية من العدس، وتمت دراسة معاملتي رطوبة (بدون إجهاد، مع إجهاد)، وأظهرت النتائج انخفاضاً في محتوى الماء النسبي وازدياد محتوى البرولين، كما لُوحظ أن الطرز الوراثية المتحملة للجفاف أظهرت انخفاضاً نسبياً أقل في محتوى الماء النسبي، وزاد محتوى البرولين فيها أكثر من الطرز الحساسة، وتوصلت الدراسة إلى أنَّ المستويات الأعلى من المحتوى المائي النسبي والبرولين يلعب دوراً مهماً في تحمل إجهاد الجفاف (Dash et al., 2020, 192).

تم تقييم 18 طرازاً وراثياً من العدس تحت ظروف الإجهاد والشاهد في إيران عام 2009 من خلال قياس مؤشرات التحمل (معامل الحساسية للإجهاد، دليل فرناندز لتحمل الإجهاد، دليل التحمل، مؤشر ثباتية الغلة)، حيث سجل الطراز TN2022 أدنى قيمة لمؤشر دليل التحمل (34.63) ومؤشر معامل الحساسية للإجهاد (0.3134) وأعلى قيمة لمؤشر ثباتية الغلة (0.9028) ووفقاً لذلك يعتبر هذا الطراز متحملاً للجفاف (Siahsar et al., 2010, 4336).

زاد الإجهاد الناتج عن الجفاف بشكل كبير في السنوات الأخيرة بسبب التغيرات في المناخ، وبسبب زيادة مستويات ثنائي أوكسيد الكربون CO_2، إضافة للحاجة المتزايدة لإنتاج غلة أعلى من خلال كميات محدودة من المياه، لذلك يعد تحديد الأصناف المتحملة للجفاف ضرورة، وتحديد الآليات البيوكيميائية أو الفيزيولوجية التي تساعد الأصناف على تحمل الجفاف وقد درس العديد من الباحثين هذه الآليات منهم (Vaishali Gangwar and Brajesh Kumar., 2018) و (Azizi-Chakherchaman et al., 2008).

يهدف هذا البحث إلى انتخاب أصناف العدس اعتماداً على بعض الصفات الفيزيولوجية (محتوى الماء النسبي في الأوراق، كفاءة استعمال المياه، محتوى الأوراق من البرولين، تسرب الذائبات) التي تساعدها على تحمل الجفاف مع المحافظة على إنتاجية عالية في منطقة الزراعة المدروسة.

مواد البحث وطرائقه:

المادة النباتية:

قُيّمت ستة أصناف من العدس (إدلب 2، إدلب 3، إدلب 4، إدلب 5، إيبلا، حوراني)، حيث تم الحصول عليها من قسم إدارة بحوث المحاصيل في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

الجدول (1) يبين بعض الصفات لأصناف العدس المستخدمة في الدراسة

	إدلب 2	إدلب3	إدلب 4	إدلب 5	إيبلا	حوراني
الأزهار/ يوم	122	121	121	102	100	122
النضج/ يوم	154	153	154	139	135	155
ارتفاع النبات /سم	36	33	35	33	35	34
غلة البذور/ كغ. هكتار$^{-1}$	1252	1296	1346	1419	1324	1123

الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ إدارة بحوث المحاصيل

موقع تنفيذ البحث:

نُفذت التجربة في محطة بحوث حوط التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في سورية خلال الموسم الزراعي 2021– 2022 م، ويبين الجدول (2) الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية لتربة المحطة.

الجدول (2) الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية لتربة محطة حوط

الخصائص الكيميائية			الخصائص الفيزيائية			الخصائص الخصوبية (مع/ كغ)		
pH	EC (ds/m)	$CaCO_3$	رمل (%)	سلت (%)	طين (%)	NH_4^+, NO_3^- (N)	P_2O_5المتاح	K_2O المتاح
7.65	0.2	0.75	15.80	24.20	60.00	6.97	16.72	505.17

طريقة الزراعة:

قُسّمت الأرض بعد فلاحتها إلى قطعتين (القطعة الأولى زراعة مطرية والثانية ري تكميلي) وتم تقسيم كل قطعة إلى قطع ثانوية بواقع ثلاث مكررات، وتمت الزراعة على سطور بطول 2.0 م، وبواقع ستة سطور لكل صنف، وتركت مسافة 25 سم بين السطر والآخر بتاريخ 19 /2021/12، وتم إعطاء ريتين خلال مرحلة الإزهار وامتلاء الحبوب، وكانت كمية المياه المضافة بالري 27.5 مم، وكانت كمية الهطول المطري خلال موسم الزراعة 212.8 مم.

الجدول (3) معدل الهطول المطري الشهري ودرجات الحرارة الصغرى والكبرى خلال موسم الزراعة 2021/ 2022

الشهر	معدل الهطول المطري (مم)	درجة الحرارة الصغرى (مْ)	درجة الحرارة العظمى (مْ)
كانون الأول	43.2	9.19	15.29
كانون الثاني	100.3	5.97	11.58
شباط	22.7	11.32	13.46
آذار	38.8	6.97	12.97
نيسان		16.30	24.70
أيار		18.19	26.26

الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ محطة حوط

الصفات المدروسة:

- الصفات الفيزيولوجية:

من أجل قياس الصفات الفيزيولوجية تم أخذ أوراق من المنطقة الوسطى لثلاثة نباتات عشوائياً وذلك في بداية مرحلة امتلاء البذور.

محتوى الماء النسبي في الأوراق (%):

تم أخذ وزن الأوراق الرطب، ثمّ غُمرت الأوراق في الماء المقطر مدة 24 ساعة عند درجة حرارة الغرفة (20°C)، ثم سُجِل الوزن الرطب المشبع، ومن ثم نُقلت إلى فرن إلى حين الحصول على وزن الأوراق الجاف الثابت، وحُسب محتوى الماء النسبي وفق العلاقة الرياضية الآتية (Schonfeld وزملاؤه، 1988):

محتوى الماء النسبي في الأوراق (%) = [(الوزن الرطب– الوزن الجاف) / (الوزن الرطب المشبع– الوزن الجاف)] x 100

كفاءة استعمال المياه (كغ بذور . مم$^{-1}$ مياه . هكتار$^{-1}$)

تمّ حساب كفاءة الأصناف في استعمال المياه المُضافة للتربة وفق العلاقة الآتية (Moll وزملاؤه، 1982):

كفاءة استعمال المياه = الغلّة البذرية (كغ.هكتار$^{-1}$) / كمية المياه المضافة للتربة

محتوى الأوراق من البرولين (ميكرومول. غرام$^{-1}$)

تم استخلاص البرولين وتقديره وفق (Bates وزملاؤه، 1973)، حيث أُخذت كمية من الأوراق وطُحنت في 3 مل من حمض سالفوساليسيليك 3%، ثم تم ترشيح المزيج باستخدام ورق ترشيح وأُخذ 1 مل من الراشح واضفنا له 2 مل من النينهايدرين و 2 مل من حمض الخليك الثلجي، ثم وُضعت الأنابيب في حمام مائي على درجة 100م° لمدة ساعة ثم تم تبريد المحلول مباشرة في حمام ثلجي لوقف التفاعل، ثم تمت إضافة 4 مل تولوين مع الرج الجيد مدة 20 ثانية وتُركت الانابيب في درجة حرارة الغرفة، ثم أُخذ من الطبقة العليا المنفصلة 1 مل وسُجلت درجة الامتصاص باستخدام جهاز المطياف الضوئي عند طول موجة 520 نانومتر.

تسرب الذائبات(%)

تم وضع الأوراق في 10 مل ماء معقم ومقطر، وقُسمت العينة إلى قسمين: القسم الأول سُخن في حمام مائي إلى درجة 40 م° مدة 30 د ثم حُسبت الناقلية الكهربائية C1، والقسم الثاني سُخن في حمام مائي إلى الدرجة 100 م° مدة 10 د ثم حُسبت الناقلية الكهربائية C2. ثم حُسبت نسبة تسرب الذائبات وفق المعادلة (Premachandra et al., 1990):

نسبة تسرب الذائبات % = C1/C2× 100

- **معايير التحمل:**

قُدرت المعايير المدروسة وفقاً للعلاقات الآتية:

دليل التحمل (Tolerance index) = متوسط إنتاجية المروي (الشاهد) – متوسط إنتاجية المطري (الجفاف) (Rosielle and Hambline., 1981)

دليل فرناندز لتحمل الإجهاد (Stress tolerance index) = (إنتاجية الطراز تحت ظروف الجفاف × إنتاجية الطراز تحت ظروف الشاهد) / (متوسط إنتاجية كافة الطرز تحت ظروف الشاهد)^2 (Fernandez., 1992).

معامل الحساسية للإجهاد (Stress susceptibility index) = [1− (إنتاجية الطراز تحت ظروف الجفاف/ إنتاجية الطراز تحت ظروف الشاهد)]/ 1− متوسط إنتاجية كافة الطرز تحت ظروف الجفاف/ متوسط إنتاجية كافة الطرز تحت ظروف الشاهد)] (Fischer and Maurer., 1978).

مؤشر ثباتية الغلة (Yield stability index) = إنتاجية الطراز تحت ظروف الجفاف/ إنتاج الطراز تحت ظروف الشاهد (Bouslama and Schapaugh., 1984).

القيمة النسبية للتحمل = متوسط إنتاجية الطراز تحت ظروف الجفاف/ متوسط إنتاجية الطراز تحت ظروف الشاهد × 100

- **التحليل الإحصائي:**

حُللت البيانات باستخدام أسلوب تحليل التباين ثنائي الاتجاه، واستُخدم اختبار أقل فرق معنوي للمقارنة بين المتوسطات على مستوى دلالة 5%، ونُفذت التحاليل الإحصائية كافة باستخدام برنامج GenStat النسخة 12.

النتائج والمناقشة:

الصفات الفيزيولوجية:

محتوى الماء النسبي في الأوراق:

يُستخدم محتوى الماء النسبي لوصف حالة المياه الداخلية للنبات في ظروف الجفاف، يبين الجدول (4) نتائج التحليل الإحصائي لصفة محتوى الماء النسبي في الأوراق، حيث يُلاحظ أن الصنف حوراني سجل أعلى قيمة (53.31%) يليه الصنف إدلب 2 (53.14%) دون فروقات معنوية بينهما، وبالنسبة لمعاملة الرطوبة فقد تفوقت المعاملة المروية (54.56%) معنوياً مقارنةً مع المعاملة المطرية (43.67%)، أما التفاعل (صنف X مروي أو مطري) فقد حقق الصنف حوراني أعلى قيمة (58.74%)، ويليه الصنف إدلب 2 (57.01%) في المعاملة المروية، بينما سجل الصنف إدلب 5 أدنى قيمة في المعاملة المطرية (38.34%)، وسجل الصنف إدلب 2 أعلى قيمة في المعاملة المطرية (49.27%).

تكون الأنسجة القادرة على المحافظة على مستوى عالي من المحتوى المائي النسبي تحت ظروف الكمية المنخفضة من المياه المتاحة أكثر تحملاً للإجهاد الناتج عن الجفاف (Ferrat et al, 1999)، وقد يؤدي انخفاض المحتوى المائي النسبي إلى تخفيض ضغط الانتباج داخل الخلايا، وبالتالي تقليل استطالة الخلايا وانقسامها مما يؤثر سلباً في النمو والإنتاجية.

تتشابه هذه النتائج مع نتائج (2018,165) Ahmadi et al عند دراسة 12 طرازاً وراثياً، من العدس في إيران تحت ظروف الزراعة البعلية والمروي، حيث لوحظ وجود فروق معنوية بين معاملتي الرطوبة حيث كان محتوى الماء النسبي أعلى في الظروف المروية (60.45%) من البعلية (53.92%)، وأيضاً مع نتائج (2022,433) Masheva et al عند دراسة صفات تحمل الجفاف لتسعة عشر طرازاً وراثياً من الفول، وتبين وجود فروق معنوية بينها، حيث يُعزى للاختلاف في قدرة الأصناف على امتصاص المياه من التربة والقدرة على التحكم في فقدان الماء من خلال المسام.

الجدول رقم (4) تحليل التباين لصفة محتوى الماء النسبي (%)

الصنف	معاملة الرطوبة		المتوسط
	مطري	مروي	
إدلب 4	$^{ef}41.24$	$^{ab}55.84$	$^{ab}48.54$
إيبلا	$^{ef}40.57$	$^{abcd}51.37$	$^{b}45.97$
إدلب 3	$^{def}44.70$	$^{abcd}51.23$	$^{ab}47.96$
إدلب 2	$^{bcd}49.27$	$^{ab}57.01$	$^{a}53.14$
حوراني	$^{cde}47.89$	$^{a}58.74$	$^{a}53.31$
إدلب 5	$^{f}38.34$	$^{abc}53.19$	$^{b}45.77$
المتوسط	$^{b}43.67$	$^{a}54.56$	49.12
$^{0.05}LSD$	مستوى الرطوبة: 3.223	الصنف: 5.582	التفاعل: 7.894
%CV	9.5		

تشير الأرقام المختلفة إلى وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة 5%.

محتوى الأوراق من البرولين:

يشير الجدول (5) إلى نتائج التحليل الإحصائي لصفة محتوى الأوراق من البرولين، حيث يُلاحظ تفوق الصنف إدلب 3 معنوياً مقارنةً مع بقية الأصناف بقيمة (1889 ميكرومول. غرام$^{-1}$) يليه الصنف حوراني (987 ميكرومول. غرام$^{-1}$)، بينما سجل الصنف إدلب 5 أدنى قيمة (408 ميكرومول. غرام$^{-1}$)، وبالنسبة لمعاملة الرطوبة فقد تفوقت المعاملة المطرية (1229 ميكرومول. غرام$^{-1}$) معنوياً مقارنةً مع المعاملة المروية (524 ميكرومول. غرام$^{-1}$)، وأما التفاعل فقد تفوق الصنف إدلب 3 في المعاملة المطرية معنوياً مقارنةً مع جميع التفاعلات (3316 ميكرومول. غرام$^{-1}$) ويليه الصنف حوراني (1351 ميكرومول. غرام$^{-1}$)، بينما سجل الصنف إدلب 5 أدنى قيمة في المعاملة المروية (380 ميكرومول. غرام$^{-1}$)، وأما في المعاملة المروية فقد سجل الصنف إدلب 2 أعلى قيمة (704 ميكرومول. غرام$^{-1}$).

إن تراكم البرولين يحمي الأنسجة والخلايا من الضرر تحت ظروف الجفاف (Liu et al.,2003)، وذلك من خلال الحفاظ على انتباج الخلايا وخفض تركيز أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) إلى المستويات الطبيعية (Hayat et al., 2012, 1459)، ويُساعد تراكم البرولين في الحفاظ على سلامة الغشاء الخلوي عن طريق تقليل أكسدة الدهون من خلال حماية الأنسجة من ضرر الإجهاد التأكسدي (Shinde et al, 2016,1083).

تتوافق هذه النتائج مع نتائج (2018,165) Ahmadi et al عند دراسة 12 طرازاً وراثياً من العدس تحت ظروف الزراعة المطرية وظروف الري الخفيف في إيران، حيث أظهروا وجود فروقات معنوية بين الزراعة المطرية والمروية، وأيضاً وجود فروق معنوية بين الطرز المدروسة، وأيضاً تتوافق مع نتائج (2022,114) Abo-Hegazy et al

الجدول رقم (5) تحليل التباين لصفة محتوى الأوراق من البرولين (ميكرومول. غرام$^{-1}$)

الصنف	معاملة الرطوبة		المتوسط
	مطري	مروي	
إدلب 4	^{ef}508	^{ef}492	^{d}500
إيبلا	^{c}971	^{ef}481	^{c}726
إدلب 3	^{a}3316	^{ef}461	^{a}1889
إدلب 2	^{cd}793	^{cde}704	^{c}748
حوراني	^{b}1351	^{def}623	^{b}987
إدلب 5	^{ef}436	^{f}380	^{d}408
المتوسط	^{a}1229	^{b}524	876
$^{0.05}$LSD	مستوى الرطوبة: 109.6	الصنف: 189.8	التفاعل: 268.4
%CV	18.1		

تشير الأرقام المختلفة إلى وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة 5%.

تسرب الذائبات:

تعد حماية غشاء الخلية بعد تحمل إجهاد الجفاف استراتيجية مهمة لتحسين تحمل الجفاف في النباتات (Vasquez –Tello et al., 1990)، بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في صفة تسرب الذائبات (الجدول 6)، حيث سجل الصنف إدلب 2 أدنى قيمة (20.31%) لتسرب الذائبات بفروق معنوية مقارنةً مع باقي الأصناف عدا الصنف حوراني (25.14%) وبالتالي كان الصنف الأفضل لقدرته على المحافظة على غشاء الخلية سليماً، حيث حافظ على محتويات الخلية من الفقد، بينما سجل الصنف إدلب 3 أعلى قيمة (43.07%)، وأما بالنسبة لمعاملة الرطوبة فقد سجلت المعاملة المروية القيمة الأدنى (23.6%) وبفروق معنوية مقارنةً مع المعاملة المطرية (39.9%)، وبالنسبة للتفاعل فقد سجل الصنف إدلب 2 أدنى قيمة في المعاملة المروية والمطرية (10.02 و30.60%، على الترتيب) مقارنةً مع جميع التفاعلات.

يُعزى تضرر غشاء الخلية بأن الجفاف يؤدي إلى تراكم أنواع الاوكسجين التفاعلية (ROS)، وجذر الهدروكسيل (OH^-) مما يُسبب أكسدة الدهون في الغشاء وبالتالي يؤدي إلى تلفه وزيادة نفاذيته للذائبات (Mishra et al., 2016, 696).

توافقت هذه النتائج مع نتائج Azizi-Chakherchaman et al (2008,752) عند دراسة 11 طرازاً وراثياً من العدس في إيران، حيث بينت النتائج وجود فروقات معنوية بين الطرز المدروسة في صفة تسرب الذائبات، وأيضاً لُوحظ أن تسرب الذائبات تحت ظروف الإجهاد كان أعلى في معاملة الشاهد.

الجدول رقم (6) تحليل التباين لصفة تسرب الذائبات (%)

الصنف	معاملة الرطوبة		المتوسط
	مطري	مروي	
إدلب 4	^{abc}38.05	^{efg}20.56	^{c}29.30
إيبلا	^{abc}41.06	^{def}23.33	^{bc}32.20
إدلب 3	^{a}47.62	^{abc}38.53	^{a}43.07
إدلب 2	^{cde}30.60	^{g}10.02	^{d}20.31
حوراني	^{bcd}35.05	^{fg}15.23	^{cd}25.14
إدلب 5	^{ab}46.83	^{cd}33.93	^{ab}40.38
المتوسط	^{a}39.9	^{b}23.6	31.7
$^{0.05}$LSD	مستوى الرطوبة: 5.05	الصنف: 8.74	التفاعل: 12.36
%CV	%23.0		

تشير الأرقام المختلفة إلى وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة 5%.

كفاءة استعمال المياه:

تعد كفاءة استعمال المياه المعيار الأساسي لتقييم إنتاجية المحاصيل في المناطق محدودة المصادر المائية (عويس، 2003)، بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بالنسبة لصفة كفاءة استعمال المياه (الجدول 7)، فيُلاحظ بالنسبة للأصناف تفوق الصنف إدلب 2 (2.43 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) معنوياً مقارنةً مع جميع الأصناف عدا الصنف حوراني، وبالنسبة لمعاملة الرطوبة فقد تفوقت المعاملة المروية معنوياً (2.479 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) مقارنةً مع المعاملة المطرية (2.00 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)، وأما بالنسبة للتفاعل فقد سجل الصنف حوراني أعلى قيمة (2.55 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) دون فروقات معنوية مع بقية الأصناف في المعاملة المروية عدا الصنف إدلب 3، بينما سجل الصنف إيبلا أدنى قيمة (2.07 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$) بفروقات معنوية مع جميع التفاعلات عدا الصنف إدلب3 في المعاملة المطرية.

تُعبر كفاءة استعمال المياه عن كمية البذور المنتجة لكل وحدة من المياه، فكلما كانت الأصناف قادرة على المحافظة على المحتوى المائي للتربة خلال دورة حياتها مع إنتاج غلة جيدة كلما كانت قادرة على تحمل الجفاف، ويكون ذلك من خلال تعديل الناقلية المسامية وبالتالي تقليل كمية المياه المفقودة عن طريق النتح.

توافقت هذه النتائج مع نتائج Maphosa et al (2022,6) عند إجراء تجربة لدراسة تأثير موعد الزراعة والأصناف لثمانية أصناف من العدس في استراليا على كفاءة استعمال المياه حيث لُوحظ وجود فروق معنوية بين الأصناف، وسجل الصنف PBA Bolt أعلى قيمة (4.77 كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)، كما أجريت تجربة حقلية خلال موسمي 2019/2018 و2020/2019 في مزرعة الجيزة التابعة لمركز البحوث الزراعية بالجيزة، مصر، لدراسة تأثير أنماط الزراعة المختلفة على الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه لبعض أصناف العدس، تمت زراعة ثلاثة أصناف من العدس (سيناء 1، جيزة 29، جيزة 51)، ولوحظ أيضاً وجود فروق معنوية بين الأصناف حيث سجل الصنف جيزة 51 أعلى قيمة لصفة كفاءة استعمال المياه (2.53 كغ. م^3. فدان$^{-1}$) يليه الصنف جيزة 29 (2.40 كغ. م^3. فدان$^{-1}$) (Omnia et al., 2021, 112).

الجدول رقم (7) تحليل التباين لصفة كفاءة استعمال المياه (كغ. مم$^{-1}$. هكتار$^{-1}$)

الصنف	معاملة الرطوبة		المتوسط
	مطري	مروي	
إدلب 4	^{g}1.642	^{a}2.567	^{c}2.104
إيبلا	^{f}2.073	^{abc}2.433	^{b}2.253
إدلب 3	^{ef}2.119	^{bcd}2.379	^{b}2.249
إدلب 2	^{cd}2.359	^{ab}2.506	^{a}2.433
حوراني	^{de}2.264	^{a}2.557	^{a}2.410
إدلب 5	^{g}1.540	^{abc}2.430	^{d}1.985
المتوسط	^{b}2.000	^{a}2.479	2.239
$^{0.05}$LSD	مستوى الرطوبة: 0.0590	الصنف: 0.1021	التفاعل: 0.1444
%CV	3.8		

تشير الأرقام المختلفة إلى وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة 5%.

معايير التحمل :

يلاحظ من الجدول (8) أن الصنف إدلب 2 هو الأفضل حيث سجل أقل قيمة بالنسبة لمعيار دليل التحمل TOL (100.2)، في حين سجل الصنف حوراني المرتبة الرابعة (132.7)، و الصنف إدلب 4 المرتبة الأخيرة حيث سجل القيمة الأعلى (267.3)، وكان أيضاً الصنف إدلب 2 الأفضل بالنسبة لدليل فرناندز STI حيث سجل أعلى قيمة (0.85)، بينما حقق الصنف حوراني المرتبة الثانية (0.83)، وسجل الصنف إدلب 5 أدنى قيمة (0.54)، وبالنسبة لمعامل الحساسية للإجهاد SSI كان الصنف إدلب 2 الأقل حساسية حيث سجل أقل قيمة (0.58) وحقق الصنف حوراني المرتبة الرابعة (0.76)، بينما كان الصنف إدلب 5 الأكثر حساسية بأعلى قيمة (1.54)، ويُعد الصنف إدلب 2 الأكثر ثباتاً حيث سجل أعلى قيمة لمؤشر ثباتية الغلة YSI (0.83)، وحقق الصنف حوراني المرتبة الثالثة (0.78)، وكان الصنف إدلب 5 الأقل ثباتاً بقيمة (0.56)، وأيضاً كان الصنف إدلب 2 الأفضل بالنسبة لمعيار القيمة النسبية للتحمل بقيمة (83.36) وأيضاً حقق الصنف حوراني المرتبة الثالثة (78.40)، بينما سجل الصنف إدلب 5 أدنى قيمة (56.14).

يُلاحظ أن الصنف إدلب 2 كان الأكثر تحملاً للجفاف استناداً إلى معايير التحمل وأيضاً سجل أفضل قيمة بالنسبة لصفة سلامة الأغشية السيتوبلاسمية وكفاءة استعمال المياه، كما يُعد الصنف حوراني متحملاً للجفاف، تتوافق هذه النتائج مع نتائج (Abo-Hegazy et al, 2022, 109) ومع نتائج (Siahsar et al, 2010)

الجدول (8) معايير تحمل الجفاف للأصناف المدروسة كافة

الصنف	دليل التحمل (TOL)	دليل فرناندز لتحمل الإجهاد (STI)	معامل الحساسية للإجهاد (SSI)	مؤشر ثباتية الغلة (YSI)	القيمة النسبية للتحمل
إدلب 4	267.3(1)	0.61(4)	1.52(2)	0.57(5)	56.66(5)
إيبلا	143.4(3)	0.73(3)	0.86(3)	0.75(4)	75.46(4)
إدلب 3	120.8(5)	0.73(3)	0.74(5)	0.79(2)	78.87(2)
إدلب 2	100.2(6)	0.85(1)	0.58(6)	0.83(1)	83.36(1)
حوراني	132.7(4)	0.83(2)	0.76(4)	0.78(3)	78.40(3)
إدلب 5	256.1(2)	0.54(5)	1.54(1)	0.56(6)	56.14(6)

تشير الأرقام بين الأقواس إلى ترتيب الأصناف حسب كل معيار.

الاستنتاجات:

1. يعد الصنفين إدلب 2 وحوراني الأكثر تحملاً للجفاف حيث سجل هذان الصنفان أعلى القيم في صفة محتوى الماء النسبي وكفاءة استعمال الماء وأقل القيم بالنسبة لصفة تسرب الذائبات.
2. كما سجل الصنف إدلب 2 أفضل القيم بالنسبة لمعايير التحمل إضافة للصنف حوراني.
3. كان الصنف إدلب 5 الأقل تحملاً حيث سجل أقل القيم في معظم الصفات المدروسة.

التوصيات:

1. زراعة الصنف إدلب 2 وحوراني في محافظة السويداء وإدخاله في برامج التربية لامتلاكه صفات تساعده على تحمل الجفاف.
2. اعتماد معايير التحمل المدروسة كمعايير لانتخاب الطرز المتحملة لإجهاد الجفاف في دراسات مماثلة.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المراجع:

1. عويس ذيب. الري التكميلي،2003، المركز الدولي للبحوث الزارعية في المناطق الجافة (إيكاردا)، حلب. سورية، 16 صفحة.

2. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2020. الكتاب السنوي للإحصائيات الزراعية السنوية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. دمشق. سوريّة. http://moaar.gov.sy/category/statistical-groups

المراجع الأجنبية:

1. Azizi-Chakherchaman S.H., H. Kazemi-Arbat, M. Yarnia, H. Mostafaei, D.Hassanpanah, M.R. Dadashi and R. Easazadeh, (2008), Study on Relations Between Relative Water Content, Cell Membrane Stability and Duration of Growth Period with Grain Yield of Lentil Genotypes under Drought Stress and Non-Stress Conditions, International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, p: 749-755.
2. Ahmadi A, Majid A D, Mohammad H F, Mohammad S and Syrus M, (2018) Evaluation of Biochemical Characteristics of Advanced Lentil Genotypes (Lens Culinaris) Under Rainfed and Low Irrigation Conditions, J Biochem Tech Special Issue (2): 162-169.
3. Azarpanah, A., Alizadeh, O. and Dehghanzadeh, H. (2013). Investigation on proline and carbohydrates accumulation in Zea mays L. under water stress condition. Extreme life, Biospeology & Asterobiology, International Journal of the Bioflux Society, 5 (1): 47-54.
4. Abo-Hegazy, S. R. E.; Hend M. Farag2 and I. H. Yacoub, (2022), Assessment of Morphological Traits and Yield Potentiality of some Egyptian Lentil (Lens culinaris Medik) Cultivars under normal and Water Deficit Conditions, J. of Plant Production, Mansoura Univ., Vol. 13 (4):109 – 120.
5. Abbate,P.E.;Dardanelli,J.L.;Cantarero,M.G.;Maturano,M.;Melchiori,R.J.M.;Suero,E.E. (2004), Climatic and Water Availability Effects on Water-Use Efficiency in Wheat. Crop Sci. 44, 474–483.
6. Biju, S.; Fuentes, S.; Gupta, D. (2018), The Use of Infrared Thermal Imaging as a Non-Destructive Screening Tool for Identifying Drought-Tolerant Lentil Genotypes. Plant Physiol. Biochem. 127, 11–24.
7. Bouslama¸ M.; Schapaugh; W. T (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24: 933-937.
8. Dash A. P., D. K. De, R. Nath, A. Sarkar, S. Mohanty and P. K. Bhattacharyya, (2020), Effects of drought stress on relative water, chlorophyll and proline content in tolerant and susceptible genotypes of lentil (Lens culinaris Medik.), Journal of Crop and Weed, 16(1): 192-198.
9. Dai, A. (2011). Drought under global warming: a review. WIREs Clim. Change 2, 45–65. doi: 10.1002/wcc.81.
10. FAO. FAOSTAT. Available online: https://www.fao.org/faostat/en/#data (accessed on 29 September 2022).
11. Ferrat, I. L. and C. J. Lovatt. (1999). Relationship between relative water content, nitrogen pools and growth of Phaseolus vulgaris L. and P. acutifolius A. Grag during water deficit. Crop. Sci. 39: 467-475.
12. Fernandez, G.C.J. (1992) Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo, C.G., Ed., Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress, AVRDC Publication, Tainan. Pp: 257-270.
13. Fischer, R.A.; and R. Maurer (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield responses. Aust. J. Res. 29: 897–912.
14. Gorim LY and Vandenberg A. (2017), Evaluation of Wild Lentil Species as Genetic Resources to Improve Drought Tolerance in Cultivated Lentil. Front. Plant Sci. 8:1129. doi: 10.3389/fpls.2017.01129
15. Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J. & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments. Plant Signaling Behav., 7, 1456-1466.
16. Idrissi, O.; Houasli, C.; Udupa, S.M.; De Keyser, E.; Van Damme, P.; De Riek, J. (2015), Genetic Variability for Root and Shoot Traits in a Lentil (Lens culinaris Medik.) Recombinant Inbred Line Population and Their Association with Drought Tolerance. Euphytica, 204, 693–709.
17. Lamaoui, M.; Jemo, M.; Datla, R.; Bekkaoui, F. (2018), Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation. Front. Chem. 6, 26.

18. Liu H.; Zhu Z.J.; Lu G.H. and Qian, Q.Q. (2003). Study on relationship between physiological changes and chilling tolerance in grafted watermelon seedlings under low temperature stress. Sci Agric Sin., 36, 1325-1329.
19. Moll, R.H.; Kanprath, E.J. and Jackson, W.A. (1982). Analysis of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Crop Sci. 74: 562-564.
20. Muscolo, A.; Sidari, M.; Anastasi, U.; Santonoceto, C.; Maggio, A. (2014), Effect of PEG-Induced Drought Stress on Seed Germination of Four Lentil Genotypes. J. Plant Interact. 9, 354–363.
21. Mishra, B.K.; Srivastava, J.P.; Lal, J.P.; Sheshshayee, M.S. (2016), Physiological and biochemical adaptations in lentil genotypes under drought stress. Russ. J. Plant Physiol. 63, 695–708.
22. Maphosa, L.; Anwar, M.R.; Luckett, D.J.; Ip, R.H.L.; Chauhan, Y.S.; Richards, M.F. (2022), Impact of Sowing Time and Genotype on Water Use Efficiency of Lentil (Lens culinaris Medick.). Agronomy, 12, 1542. https://doi.org/10.3390/ agronomy12071542.
23. Masheva V, Velichka Spasova-A, Sibel A and Nasya T,(2022), Variations in proline accumulation and relative water content under water stress characterize bean mutant lines (P. vulgaris L.), Bulgarian Journal of Agricultural Science, 28 (No 3) 2022, 430–436.
24. Oguz, M.C.; Aycan, M.; Oguz, E.; Poyraz, I.; Yildiz, M. (2022), Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages. Physiologia 2, 180–197. https:// doi.org/10.3390/physiologia2040015
25. Omnia S.M. Hashem1 and M.A. Ibrahim, (2021), Influence of different sowing patterns on the productivity and water use efficiency of some lentil cultivar, Scientific Journal of Agricultural Sciences 3 (2): 105-115.
26. Premachandra, G., Saneoka, H., and Ogata, S. (1990). Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soybean. Journal of Agricultural science 115: 63-66.
27. Rosielle¸ A. A.; and J. Hambline (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21: 943-946.
28. Shinde, S., Villamor, J.G., Lin, W., Sharma, S. & Verslues, P. E. (2016). Proline co-ordination with fatty acid synthesis and redox metabolism of chloroplast and mitochondria. Plant Physiol., 172, 1074-1088.
29. Siahsar B A, Salehe G, Maryam A, (2010), Evaluation of Drought Tolerance Indices and Their Relationship with Grain Yield of Lentil Lines in Drought-stressed and Irrigated Environments, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(9): 4336-4346.
30. Schonfeld, M. A.; R.C. Johnson; B. F. Carver and D. W. Mornhinweg. (1988). Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Sci. 28: 526-531.
31. Turner, N. C., Wright, G. C., and Siddique, K. H. M. (2001). Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments. Adv. Agron. 71, 193–231. doi: 10.1016/S0065-2113(01)71015-2
32. Venugopalan, V.K.; Nath, R.; Sengupta, K.; Nalia, A.; Banerjee, S.; Chandran, M.A.S.; Ibrahimova, U.; Dessoky, E.S.; Attia, A.O.; Hassan, M.M.; et al. (2021) The Response of Lentil (Lens culinaris Medik.) to Soil Moisture and Heat Stress Under Different Dates of Sowing and Foliar Application of Micronutrients. Front. Plant Sci. 12, 679469.
33. Venugopalan, V.; Nath, R.; Sengupta, K.; Pal, A.; Banerjee, S.; Banerjee, P.; Chandran, M.; Roy, S.; Sharma, L.; Hossain, A. (2022), Foliar Spray of Micronutrients Alleviates Heat and Moisture Stress in Lentil (Lens culinaris Medik) Grown Under Rainfed Field Conditions. Front. Plant Sci. 13, 47743.
34. Vasquez –Tello, A., Zuili-Fudil, Y., Phamthi, A. T., Vieira, D. A., and Silva, J. B, (1990). Electrolyte and pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. Journal of Experimental Botany, 41 (228): 188-194.