مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 40 العدد 2 (2025): 87- 102

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 40 No.1 (2025): 87- 102

# تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في بعض المعايير الفيزيولوجية لنبات الخيار تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي

**كوثر أبو عسلي*[1]، رولا بايرلي[2]، بسام العطا الله [3]**

1* طالبة ماجستير/ قسم البساتين/ كلية الهندسة الزراعية/ جامعة دمشق، دائرة البستنة/ مركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/
kawtharaboassaly@kawthar96.abouassali@damascusuniversity.edu.sy

2 أستاذ مساعد في قسم علوم البستنة/ كلية الهندسة الزراعية/ جامعة دمشق/

3 باحث رئيسي/ مخبر البروتينات والفيزيولوجيا/ مركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

## الملخص:

أُجريت الدراسة خلال عام 2021، بهدف دراسة تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك (SA) في بعض المعايير الفيزيولوجية لنبات الخيار تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي، في محطة بحوث عرى/ مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية. حيث تمت معاملة بذور نبات الخيار (الصنف البلدي) بتراكيز مختلفة من حمض الساليسيليك (0، 1، 50، 150 مغ/ ل) لمدة 24 ساعة على درجة حرارة الغرفة، وعُرضت بعد زراعتها لمستويات مختلفة من الإجهاد المائي (60، 80، 100% من السعة الحقلية). أوضحت النتائج انخفاض محتوى السكريات الذائبة ومحتوى الماء النسبي بانخفاض مستوى الري المُطبق. أظهرت المعاملة بـ SA عند التركيز 50 مغ/ ل تفوقاً معنوياً على الشاهد في محتوى السكريات الذائبة والبرولين ضمن السعات الحقلية كافة. كما حقق التركيز السابق تفوقاً معنوياً على الشاهد في محتوى الماء النسبي ومحتوى الكلوروفيل الكلي ضمن السعتين 80 و60%. سُجلت أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف لإجمالي المعايير المدروسة عند التركيز 50 مغ/ ل (764.15، 461.01%) في كلا السعتين 80% و60%، على التوالي. في حين أظهر التركيز 1 مغ/ ل (89.45، 85.24%) أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف بالنسبة للإنتاجية في السعتين 80 و60%، على التوالي، وتلاه التركيز 50 مغ/ ل (86.06%) في السعة 80%. بينت نتائج التحليل العنقودي للمعايير المدروسة اعتماداً على القيمة النسبية لتحمل الجفاف انفصال المعاملات المُختبرة إلى مجموعتين، تضمنت إحداهما المعاملات ذات القيمة النسبية الأعلى لتحمل الجفاف (50 و150 مغ/ ل)، بينما شملت المجموعة الأخرى على المعاملات ذات القيمة النسبية الأقل تحملاً (الشاهد، 1 مغ/ ل). خلُصت الدراسة عموماً إلى أن معاملات نقع البذور بحمض الساليسيليك، خاصةً عند التركيز 50 مغ/ ل، حققت تحسناً ملحوظاً في معظم الصفات المدروسة استجابةً للإجهاد المائي على المستوى الحقلي.

**الكلمات المفتاحية:** الخيار، الإجهاد المائي، حمض الساليسيليك، بذور، تحمل.

تاريخ الايداع:2023/2/20
تاريخ القبول: 2023/3/27

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

# The Effect of salicylic acid treatment on some physiological indicators of cucumber plants under different levels of water stress

**Kawthar Abou Assali[*1], Roula Bayerli[2], Bassam Al Atalah[3]**

*1 Master student/ Horticulture department/ Faculty of Agricultural Engineering/ Damascus University/ Horticulture department/ Sewida Research Center/ General commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR)/

2 Assistant Doctor/ Horticulture department/ Faculty of Agricultural Engineering/ Damascus University

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

Received: 20/2/2023
Accepted: 27/3/2023

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

## Abstract:

The study was conducted during the year 2021. The aim was studying the effect of salicylic acid (SA) treatment on some physiological indicators of cucumber plants under different levels of water stress. It was performed at Urah Research Station/ Sewida Agricultural Scientific Research Center/ General Commission for Scientific Agricultural Research/ Syria. Cucumber seeds (*cucumis sativus* cv, Baladi) were treated with different concentrations of Salicylic acid (0, 1, 50, 150 mg/L) for 24 hours at room temperature, and exposed after cultivation to different levels of water stress (60, 80, 100% from field capacity). The results showed a decrease in the soluble sugars and relative water contents as the applied irrigation levels decrease. The treatment with SA at a concentration of 50 mg/L showed a significant difference compared to the control in the contents of soluble sugars and proline at all field capacities. The previous concentration achieved a significant difference compared to the control in relative water and total chlorophyll contents at the capacities 80 and 60%. The highest relative tolerance value for the total standards studied was recorded at a concentration of 50 mg/L (764.15, 461.01%) in both 80 and 60% capacities, respectively. Whereas the concentration 1 mg/L (89.45, 85.24%) showed the highest relative value of drought tolerance for productivity in the 80 and 60% capacity, respectively. Followed by the concentration 50 mg/L (86.06%) at the 80% capacity. The results of the cluster analysis, depending on the relative value of drought tolerance, showed the separation of the tested treatments into two groups, one included the treatments with the highest relative value of drought tolerance (50 and 150 mg/l), while the other group included the treatments with the relative value of the lowest tolerance (control, 1 mg/l). In conclusion, the study revealed that the treatments of seed priming with salicylic acid, especially at a concentration of 50 mg/L, achieved a noticeable improvement in most of the studied indicators in response to water stress at the field level.

**Keywords:** Cucumber, Water Stress, Salicylic Acid, Seeds, Tolerance.

**المقدمة:**

يُعد نبات الخيار (*Cucumis Sativus L.*) من أكثر محاصيل الخضار زراعةً واستهلاكاً حول العالم (Xiao *et al*., 2019, 3900)، حيث يُصنف عالمياً في المرتبة الخامسة من حيث الإنتاج (Taha *et al*., 2020, 130). سجل إجمالي الإنتاج العالمي لعام 2020 من نبات الخيار 91.3 مليون طن بمساحة زراعة 2.26 مليون هكتار (FAOSTAT, 2020)، بينما سجل إنتاجه على مستوى سورية 182.4 ألف طن بمساحة زراعة 10888 هكتار، وغلة 16753 كغ/ هكتار (المجموعة الإحصائية السنوية الزراعية، 2020، 34). يتبع الخيار لعائلة *Cucurbitaceae* (Mukherjee *et al*., 2013, 227). يُعد الخيار من النباتات الحساسة للإجهاد المائي نظراً لجذوره الضحلة، وأوراقه الكبيرة والرقيقة، ومتطلباته الرطوبية العالية (Li *et al*., 2014, 175). غالباً ما يُؤكل الخيار طازجاً أو يُحضر على شكل مخللات، ويتميز بمحتواه المرتفع من الماء والمنخفض من السعرات الحرارية، بالإضافة إلى احتوائه على مجموعة من الفيتامينات (أ، ج، ك)، والمعادن (بوتاسيوم، مغنيزيوم، منغنيز)، والألياف، والمغذيات اللازمة لصحة الجسم، مما جعله يتمتع بفوائد صحية كثيرة ومنها المساعدة في إنقاص الوزن، والترطيب المتوازن، والحفاظ على ضغط الدم والسكر المناسبين (Chakraborty and Rayalu, 2021, 94). كما يساهم الخيار في الوقاية من السرطان، وأمراض القلب والأوعية الدموية، وتأخير التدهور الخلوي المرتبط بالعمر، بالإضافة إلى فوائده الهضمية (Murad and Nyc, 2016, 141).

تشكل الإجهادات الحيوية وغير الحيوية تهديداً خطيراً على الأمن الغذائي العالمي واستدامة الإنتاج النباتي (Seleiman *et al*., 2021, 15). يكتسب الإجهاد المائي اهتماماً كبيراً من بين هذه الإجهادات نظراً لتزايد نسبة الأراضي الزراعية التي تعاني من ندرة المياه في ظل التغيرات المناخية الأخيرة، وما يتبعها من خسائر فادحة على المحاصيل المختلفة في جميع أنحاء العالم (Wani *et al*., 2016, 162)، ولاسيما في منطقة حوض المتوسط التي تُعد من أكثر مناطق العالم عرضةً للإجهاد المائي (Gu *et al*., 2020, 457)، مما يحد من نمو وتطور النبات والإنتاج الزراعي في هذه المنطقة. يؤثر الإجهاد المائي سلباً على بعض العمليات الحيوية خلال دورة حياة النبات الممتدة من الإنبات حتى النضج، تتجلى بتغيرات مختلفة على كل من الخصائص المورفولوجية والفيزيولوجية والكيميائية الحيوية والجزيئية، مما ينعكس بدوره على نمو النبات وتطوره (Seleiman *et al*., 2021, 1, 15).

تُعد معاملة البذور قبل الزراعة خياراً قابلاً للتطبيق للحصول على قدرة مُعززة لتحمل الإجهادات المختلفة بسرعة وفعالية (Rhaman *et al*., 2021, 1). تتميز هذه الطريقة بأنها عملية بسيطة، وقصيرة المدى، ومنخفضة التكاليف، تعمل على تنشيط العمليات الفيزيولوجية والاستقلابية المختلفة، مما يساهم في تحسين إنبات البذور ونمو الشتلات (Johnson and Puthur, 2021, 247). برز حمض الساليسيليك (2− هيدروكسي بنزويك) من بين المواد المستخدمة في معاملة البذور كمادة فعالة في تحسين الإنبات والنمو، وهو مُنتج طبيعي في النبات يختلف في أسلوب عمله تبعاً لاختلاف الأنواع النباتية، ومرحلة النمو، وطريقة التطبيق، ومستواه الداخلي في النبات، حيث يُعد جزيء متعدد الأوجه له أدوار حاسمة في مختلف العمليات الفيزيولوجية مثل إنبات البذور ونمو الشتلات ونشاط التمثيل الضوئي والتنفس وغيرها، بالإضافة إلى دوره في تحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة، وتمتعه بنشاط حلولي وفيزيولوجي عالي يجعله يشارك في تنشيط دفاع النبات ضد عوامل الإجهاد الحيوية وغير الحيوية (Kapoor *et al*., 2021, 1). تجدر الإشارة إلى أن الكميات الكبيرة منه قد تؤدي إلى حدوث الإجهاد التأكسدي بسبب توليد عدد كبير من أنواع الأكسجين التفاعلية ROS، مما يؤدي في النهاية إلى موت الخلايا (Kapoor *et al*., 2021, 1).

استُخدم حمض الساليسيليك (SA) في الكثير من الدراسات بطريقتي نقع البذور والرش الورقي لتحسين تحمل النبات تجاه الإجهاد المائي. حيث قام Baninasab (2010، 191) بنقع لبذور الخيار بتراكيز مختلفة من SA (0، 0.25، 0.5، 0.75، 1 ميلي مول)،

ثم عُرضت النباتات بعمر 36 يوماً للإجهاد المائي لمدة أسبوعين، وأظهرت النتائج تحسناً ملحوظاً في محتوى الكلوروفيل والبرولين للنباتات المعاملة بـ SA تحت ظروف الإجهاد، وخاصةً عند التركيز 0.5 ميلي مول. توافق ذلك مع دراسة Biyare وزملاؤه (2020، 173) على اليقطين، والتي سجلت زيادة معنوية في محتوى الماء النسبي والكلوروفيل والكاروتينات وإنتاجية الثمار في النباتات المعاملة بـ SA (0.5، 1، 1.5 ميلي مول) بطريقة الرش الورقي في مرحلة الـ 5–6 أوراق تحت تأثير الإجهاد المائي (-0.3, -1.2, -1.8 MPa)، وخاصةً عند التركيزين 1 و1.5 ميلي مول. كما بين Korkmaz وزملاؤه (2007، 503) على الشمام، أن المعاملة بحمض أستيل السالسيليك (0.1 – 1 ميلي مول) بطريقتي نقع البذور والرش الورقي قد حققت تحسناً في محتوى السكريات الذائبة والكلوروفيل في النباتات المُعرضة للإجهاد المائي، وخلُصت إلى أن نقع البذور بحمض أستيل الساليسيليك حتى 0.5 ميلي مول سيكون نهجاً فعالاً وأكثر سهولة. كما أوضح Opabode وزملاؤه (2019، 729) أن رش شتلات الباذنجان بتراكيز مختلفة من SA (0، 0.5، 1، 1.5، 2، 2.5، 3 ميلي مول) بعد تعريضها للإجهاد المائي (85% من السعة الحقلية) لمدة 10، 20 يوماً، أدى إلى تحسن النمو ومحتوى البرولين ومحتوى الماء النسبي والكلوروفيل a وb وتركيز SA الداخلي في الأوراق والجذور، وكان للتركيز 2 ميلي مول أفضل النتائج عند معظم هذه المعايير. كذلك أظهرت نتائج معاملة بذور البامية بـ SA (1، 2، 3 ميلي مول)، وتعريضها بعد أسبوعين من الإنبات للإجهاد المائي (25 ،50% من السعة الحقلية)، ثم تطبيق الرش الورقي من الحمض بنفس التراكيز، تحسناً ملحوظاً في محتوى الكلورفيل الكلي والبرولين والبروتين الكلي بالمقارنة مع الشاهد، وخاصةً عند التركيزين 2 و3 ميلي مول (Ayub *et al*., 2020, 113).

يُسبب نقص رطوبة التربة انخفاض في نمو نبات الخيار وإنتاجيته، كونه من النباتات الحساسة للإجهاد المائي (Mombeini *et al*., 2021, 35)، لذلك هدفت الدراسة إلى معرفة تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في بعض المعايير الفيزيولوجية لنبات الخيار تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي.

## مواد البحث وطرائقه:

### موقع الدراسة والمادة النباتية:

أُجريت الدراسة في عام 2021، ضمن محطة بحوث عرى/ مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية، الواقعة على ارتفاع 1066 م عن سطح البحر، وعلى خط طول 36.34 وخط عرض 32.37، والتابعة لمنطقة الاستقرار الثانية، بمعدل هطول مطري سنوي 250 ملم.

تم تنفيذ الدراسة على بذور الصنف البلدي من الخيار *C. Sativus* (الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية)، والذي يُعد صنف متوسط الإنتاجية، ومتوسط إلى متأخر التبكير في النضج، حيث يبدأ بإنتاج الثمار ذات اللون الأخضر الفاتح بعد مرور 45–50 يوم من الزراعة.

### ظروف الزراعة:

تم حرث التربة بعمق 35 سم، وعزقها، وتسويتها، ثم نُفذت زراعة البذور المعاملة في الحقل بتاريخ 20/ 6/ 2021، على مسافة 2 م بين الخطوط، و40 سم بين النباتات على الخط الواحد. تم التسميد وفقاً لتحليل التربة، وحسب المنصوح به من قبل دائرة الموارد الأرضية/ مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية، بإضافة السماد المعدني

المتوازن (20، 20، 20) بواقع 115 كغ/ هـ، حيث بيّنت نتائج التحليل الميكانيكي للتربة في هذه المنطقة احتوائها على 60% طين، و24% رمل، و16% سلت. في حين أبدت نتائج التحليل الكيميائي للتربة احتوائها على 0.15% آزوت، و2.48% كربونات الكالسيوم، و2.007% من المادة العضوية، بالإضافة إلى 630 ppm بوتاسيوم، و14.8 ppm فوسفور، بينما بلغت درجة الـ pH 7.71، وبناقلية كهربائية قدرها 0.21 ديسيسمنز/ م. تم رش النباتات بمبيد فطري (0.4 غ/ ل)، ومبيد حشري (0.5 غ/ ل)، وكرر ذلك مرتين بفاصل زمني قدره 14 يوم. كما تم مكافحة الذبابة البيضاء باستخدام مبيد متخصص (1غ/ ل) لمرة واحدة. استمرت الزراعة في الحقل لمدة 75 يوم.

**المعاملات:**

عُوملت بذور الخيار بعدة تراكيز من حمض الساليسيليك (0، 1، 50، 150 مغ/ ل) لمدة 24 ساعة، على درجة حرارة الغرفة، ثم جُففت هوائياً حتى ثبات الوزن. زُرعت البذور المعاملة في الحقل مباشرةً، ورُويت باستخدام طريقة الري بالتنقيط بمعدل تصريف 4 ل/ ساعة لكل نقاطة. بعد مرور ثلاثة أسابيع من الزراعة عُرضت النباتات لمستويات مختلفة من الإجهاد المائي (100 و80 و60 % من السعة الحقلية)، حيث تم حساب السعة الحقلية وفقاً للطريقة الوزنية (Sutcliffe, 1968)، ثم قُدرت كمية ماء الري في السعتين 80 و60% كنسبة وتناسب من الكمية المضافة لسعة 100%.

وبالنتيجة كانت المعاملات المدروسة كالتالي:

نقع البذور بـ SA بتركيز 0 مغ/ ل + تطبيق الري بـ 100، 80، و60% من السعة الحقلية.

نقع البذور بـ SA بتركيز 1 مغ/ ل + تطبيق الري بـ 100، 80، و60% من السعة الحقلية.

نقع البذور بـ SA بتركيز 50 مغ/ ل + تطبيق الري بـ 100، 80، و60% من السعة الحقلية.

نقع البذور بـ SA بتركيز 150 مغ/ ل + تطبيق الري بـ 100، 80، و60% من السعة الحقلية.

**تصميم التجربة والتحليل الاحصائي:**

استُخدم تصميم القطع المنشقة في هذه الدراسة، حيث وُزعت معاملات الري على القطع الرئيسة، ومعاملات النقع بـ SA على القطع الثانوية، وشملت التجربة على 12 معاملة، كُررت كل معاملة 3 مرات بواقع 5 نباتات سليمة في كل مكرر. كما أُخذ قياس جميع الصفات المدروسة من الأوراق الناضجة للنبات. حُللت النتائج باستخدام برنامج التحليل الإحصائي GenStat النسخة 12، مع مقارنة الفروقات بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%. استُخدم برنامج SPSS النسخة 22 في تنفيذ التحليل العنقودي المعتمد على مجموع القيم النسبية لتحمل الجفاف للمعايير المدروسة كافة.

**المعايير المدروسة:**

**1. محتوى الماء النسبي (%):**

قُدر محتوى الماء النسبي للأوراق تبعاً لـ Turner (1981، 341) وفقاً للمعادلة التالية:

$$\textbf{محتوى الماء النسبي \%} = \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب المشبع} - \text{الوزن الجاف}} \times \mathbf{100}$$

**2. محتوى الكلوروفيل الكلي (مغ/ غ وزن رطب):**

قُدر محتوى الكلوروفيل الكلي تبعاً لـ Arnon (1949، 3)، على طولي موجتين 645، 663 نانو متر باستخدام جهاز السبكتروفوتومتر، واستُخدمت العلاقات التالية لتقدير تركيز محتوى الكلوروفيل الكلي (مغ/ غ وزن رطب) كما يلي:

الكلوروفيل الكلي= (20.2 X 645 OD) + (8.02 X 663 OD) X (حجم الأسيتون المضاف)/ ( 1000 X وزن العينة النباتية)

**3. تركيز السكريات الذائبة (%):**

تم تقدير السكريات الذائبة حسب طريقة Dubois وزملاؤه (1956، 350، 351) باستخدام الفينول وحمض الكبريت، حيث حُسبت النسبة المئوية للسكريات الذائبة وفق العلاقة التالية:

$$\text{نسبة السكريات الذائبة \%} = \frac{\text{قيمة امتصاصية العينة النباتية}}{\text{قيمة امتصاصية العينة القياسية}} \times \mathbf{4.5045}$$

**4. تركيز البرولين (ميكرو مول/ غ):**

تم اعتماد طريقة Bates وزملاؤه (1973، 205، 206) لتقدير البرولين الحر، باستخدام حمض السالفوساليسيليك 3%، ومحلول النينهيدرين 2.5%، والتولوين، حيث استُخدمت عدة تراكيز من البرولين للحصول على المنحنى المعياري، ثم قِيست الكثافة البصرية باستخدام جهاز السبكتروفوتومتر على طول موجة 520 نانومتر. تم التعبير عن كمية البرولين بوحدة ميكرومول/ غ مادة جافة.

**5. القيمة النسبية لتحمل الجفاف (%):**

قُدّرت القيمة النسبية لتحمل الإجهاد المائي حسب Murshed وزملائه (2015، 485)، وذلك لمحتوى الكلوروفيل الكلي، والسكريات الذائبة، والبرولين، ومحتوى الماء النسبي.

$$\textbf{القيمة النسبية لتحمل الجفاف} = \frac{\text{القيمة في معاملة الإجهاد}}{\text{القيمة في معاملة الشاهد}} \times \mathbf{100}$$

## النتائج:

**1. تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في محتوى الماء النسبي تحت تأثير الاجهاد المائي:**

أبدت النتائج التابعة لمحتوى الماء النسبي في السعة 100% تفوق كل من التركيزين 50 و150 مغ/ ل (84.55، 84.26%) معنوياً على التركيز 1 مغ/ ل (79.25%)، بينما لم يُظهرا أي فرق معنوي بالمقارنة مع الشاهد (80.74%). في حين تفوق التركيزان السابقان (50 مغ/ ل (84.12، 84.32%)، 150 مغ/ ل (82.65، 80.87%)) معنوياً على الشاهد (76.57، 69.34%) في السعتين 80 و60%، على التوالي.

أظهرت معاملة الشاهد انخفاضاً في محتوى المائي النسبي مع انخفاض مستوى الري المُطبق، وكان هذا الانخفاض معنوياً مع زيادة شدة الإجهاد المائي (60% من السعة الحقلية). بينما لم تُبدي معاملات حمض الساليسيليك فروقاً معنوية بين السعات المختلفة (الجدول 1).

**الجدول (1): تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في محتوى الماء النسبي لنبات الخيار تحت تأثير الإجهاد المائي.**

| السعة الحقلية% | حمض الساليسيليك مغ/ ل | محتوى الماء النسبي (%) |
|---|---|---|
| %100 | شاهد | 80.74$^{abc}$ |
| | 1مغ/ ل | 79.25$^{bc}$ |
| | 50مغ/ ل | 84.55$^{a}$ |
| | 150مغ/ ل | 84.26$^{a}$ |
| %80 | شاهد | 76.57$^{c}$ |
| | 1مغ/ ل | 77.99$^{c}$ |
| | 50مغ/ ل | 84.12$^{a}$ |
| | 150مغ/ ل | 82.65$^{ab}$ |
| %60 | شاهد | 69.34$^{d}$ |
| | 1مغ/ ل | 76.71$^{c}$ |
| | 50مغ/ ل | 84.32$^{a}$ |
| | 150مغ/ ل | 80.87$^{abc}$ |
| LSD$^{0.05}$ | | 4.38 |
| CV% | | 3.20 |

تشير الأحرف المختلفة في كل عامود إلى وجود فروق معنوية على مستوى دلالة 5%.

**2. تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي تحت تأثير الإجهاد المائي:**

بينت نتائج الكلوروفيل الكلي المُوضّحة في الجدول (2) عدم وجود فروق معنوية بين التراكيز المُختبرة من SA والشاهد بالنسبة للسعة الحقلية 100%. في حين تفوق التركيز 50 مغ/ ل (1.66 مغ/ غ) في السعة 80% معنوياً على باقي التراكيز والشاهد (1.04 مغ/ غ). كما حقق التركيزان 50 و150 مغ/ ل (1.21، 1.14 مغ/ غ) تفوقاً معنوياً على الشاهد (0.87 مغ/ غ) في السعة 60%.

لُوحظ عدم وجود فروق معنوية بين السعات المختلفة بالنسبة لمعاملة الشاهد والتركيزين 1 و150 مغ/ ل، بينما حقق التركيز 50 مغ/ ل (1.66 مغ/ غ) في السعة 80% تفوقاً معنوياً بالمقارنة مع نتائجه في السعتين 100% و60% (1.03، 1.21 مغ/ غ)، على التوالي.

**الجدول (2): تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي لنبات الخيار تحت تأثير الإجهاد المائي.**

| السعة الحقلية % | حمض الساليسيليك مغ/ ل | الكلوروفيل الكلي (مغ/ غ وزن رطب) |
|---|---|---|
| %100 | شاهد | 0.89$^{d}$ |
| | 1مغ/ ل | 0.93$^{cd}$ |
| | 50مغ/ ل | 1.03$^{bcd}$ |
| | 150مغ/ ل | 0.96$^{bcd}$ |
| %80 | شاهد | 1.04$^{bcd}$ |
| | 1مغ/ ل | 1.09$^{bcd}$ |
| | 50مغ/ ل | 1.66$^{a}$ |
| | 150مغ/ ل | 1.18$^{bc}$ |
| %60 | شاهد | 0.87$^{d}$ |
| | 1مغ/ ل | 1.01$^{bcd}$ |
| | 50مغ/ ل | 1.21$^{b}$ |
| | 150مغ/ ل | 1.14$^{bc}$ |
| LSD$^{0.05}$ | | 0.25 |
| CV% | | 13.60 |

تشير الأحرف المختلفة في كل عامود إلى وجود فروق معنوية على مستوى دلالة 5%.

**3. تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في محتوى السكريات الذائبة والبرولين تحت تأثير الإجهاد المائي:**

أظهرت النتائج انخفاضاً في محتوى الأوراق من السكريات الذائبة مع انخفاض مستوى الري المُطبق، وكان هذا الانخفاض معنوياً مع زيادة شدة الإجهاد المائي (60%). بينما حققت المعاملة بحمض الساليسيليك تحسناً في محتوى السكريات الذائبة مقارنةً مع الشاهد في السعات كافة. حيث تفوق التركيزان 50 مغ/ ل (3.16، 2.90%)، و150 مغ/ ل (2.79، 2.58%) معنوياً على الشاهد (2.23، 1.38%) في السعتين الحقليتين 80 و60%، على التوالي. بينما انفرد التركيز 50 مغ/ ل (3.32%) في تفوقه المعنوي على الشاهد (2.64%) في السعة 100%.

بالمقابل، سجلت النتائج تحسناً معنوياً في محتوى البرولين تحت تأثير الإجهاد المائي المعتدل (80% من السعة الحقلية)، مقارنةً مع السعتين الباقيتين، لكنه عاد للانخفاض عند حدوث زيادة في الإجهاد المائي المطُبق (60% من السعة الحقلية). حققت المعاملة بحمض الساليسيليك عند التركيزين 50 و150 مغ/ ل تفوقاً معنوياً على الشاهد بالنسبة لمحتوى البرولين في السعات كافة، وسُجلت أعلى قيمة له عند التركيز 50 مغ/ ل (401.90 ميكرومول/ غ) في السعة 80%، كما هو مُوّضح في الجدول (3).

**الجدول (3): تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في محتوى السكريات الذائبة والبرولين لنبات الخيار تحت تأثير الإجهاد المائي.**

| السعة الحقلية% | حمض الساليسيليك مغ/ ل | السكريات الذائبة (%) | البرولين (ميكرومول/ غ) | *الإنتاجية (كغ/ هـ) (أبو عسلي وزملاؤه، 2023) |
|---|---|---|---|---|
| %100 | شاهد | $2.64^{cde}$ | $42.00^{g}$ | $4308^{cd}$ |
| | 1مغ/ ل | $2.85^{bc}$ | $113.60^{cd}$ | $3537^{def}$ |
| | 50مغ/ ل | $3.32^{a}$ | $124.90^{c}$ | $6608^{a}$ |
| | 150مغ/ ل | $3.02^{abc}$ | $99.70^{d}$ | $5855^{ab}$ |
| %80 | شاهد | $2.23^{ef}$ | $60.10^{ef}$ | $3144^{fg}$ |
| | 1مغ/ ل | $2.35^{def}$ | $58.70^{ef}$ | $3164^{efg}$ |
| | 50مغ/ ل | $3.16^{ab}$ | $401.90^{a}$ | $5687^{ab}$ |
| | 150مغ/ ل | $2.79^{bcd}$ | $257.70^{b}$ | $4290^{cde}$ |
| %60 | شاهد | $1.38^{g}$ | $32.90^{g}$ | $2299^{g}$ |
| | 1مغ/ ل | $2.15^{f}$ | $46.80^{fg}$ | $3015^{fg}$ |
| | 50مغ/ ل | $2.90^{abc}$ | $103.90^{d}$ | $4856^{bc}$ |
| | 150مغ/ ل | $2.58^{cdef}$ | $62.60^{e}$ | $3532^{def}$ |
| $LSD^{0.05}$ | | 0.47 | 14.46 | 1129.90 |
| CV% | | 10.60 | 7.30 | 15.90 |

تشير الأحرف المختلفة في كل عامود إلى وجود فروق معنوية على مستوى دلالة 5%. *: تم الإشارة إلى الإنتاجية في مقال سابق، وهو قيد النشر حالياً في مجلة جامعة دمشق (أبو عسلي وزملاؤه، 2023)

**4. التحليل العنقودي لنتائج المعايير المدروسة اعتماداً على القيمة النسبية لتحمل الجفاف:**

بيّنت النتائج المُوضحة في الجدول (4) أن التركيز 50 مغ/ ل حقق أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف بالنسبة لكل من محتوى الماء النسبي، والسكريات الذائبة، والبرولين في كلا السعتين (80، 60%). كما سجل التركيز السابق أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف بالنسبة للكلوروفيل الكلي في السعة 80%. أظهر التركيز 1 مغ/ ل (89.45، 85.24%) أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف بالنسبة

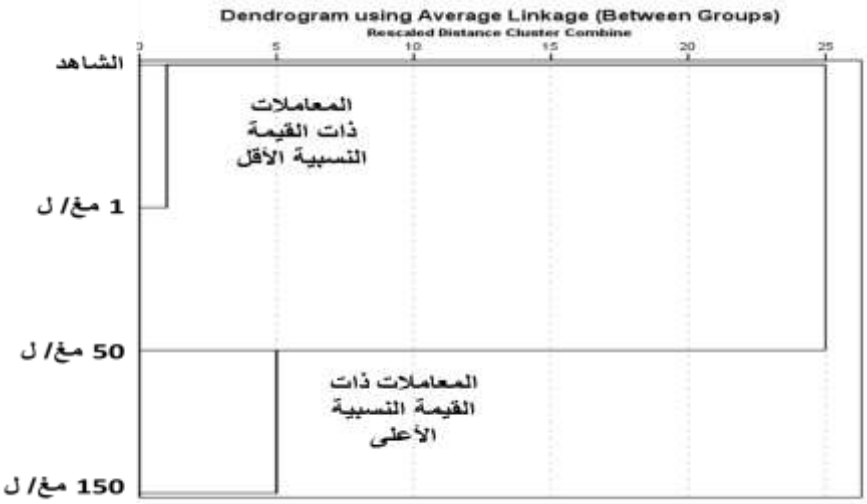
للإنتاجية في السعتين 80 و60%، على التوالي، وتلاه التركيز 50 مغ/ ل (86.06%) في السعة 80%، والتركيز 150 مغ/ ل (82.33%) في السعة 60%. سُجلت أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف لإجمالي المعايير المدروسة عند التركيز 50 مغ/ ل (764.15، 461.01%)، وتلاه التركيز 150 مغ/ ل (645.20، 445.94%) في كلا السعتين 80 و60%، على التوالي. في حين أظهر التركيز 1 مغ/ ل (438.91%) والشاهد (368.19%) في السعتين 80 و60%، على التوالي، أدنى قيمة نسبية لتحمل الجفاف لإجمالي المعايير المدروسة.

بينت نتائج التحليل العنقودي للمعايير المدروسة اعتماداً على مجموع القيمة النسبية لتحمل الجفاف للمعايير كافة في كلا السعتين 80% و60% انفصال المعاملات المُختبرة إلى مجموعتين. تضمنت إحداهما المعاملات ذات القيمة النسبية الأعلى لتحمل الجفاف (50 و150 مغ/ ل)، بينما شملت المجموعة الأخرى على المعاملات ذات القيمة النسبية الأقل تحملاً (الشاهد، 1 مغ/ ل).

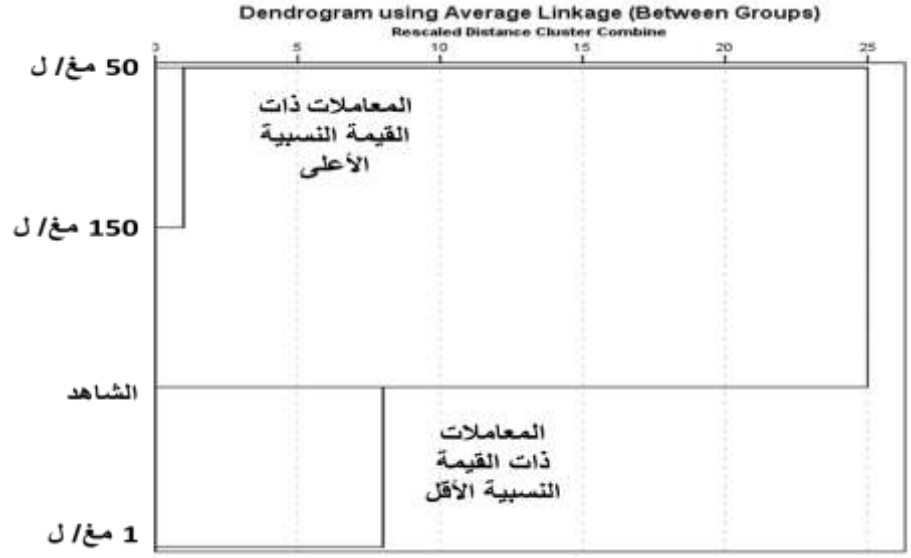
**الجدول (4): القيمة النسبية لتحمل الجفاف بالنسبة للمعايير المدروسة كافة:**

| السعة الحقلية% | حمض الساليسيليك مغ/ ل | القيمة النسبية للتحمل (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | محتوى الماء النسبي | الكلوروفيل الكلي | السكريات الذائبة | البرولين | الإنتاجية | الإجمالية |
| %80 | شاهد | (4) 94.84 | (4) 116.68 | (3) 84.46 | (3)143.10 | (4) 72.98 | (3) 512.06 |
| | 1مغ/ ل | (2) 98.41 | (3) 116.88 | (4) 82.50 | (4) 51.67 | (1) 89.45 | (4) 438.91 |
| | 50مغ/ ل | (1) 99.49 | (1) 161.61 | (1) 95.21 | (1) 321.78 | (2) 86.06 | (1) 764.15 |
| | 150مغ/ ل | (3) 98.09 | (2) 122.98 | (2) 92.38 | (2) 258.48 | (3) 73.27 | (2) 645.20 |
| %60 | شاهد | (4) 85.88 | (4) 98.30 | (4) 52.31 | (2)78.33 | (4) 53.37 | (4) 368.19 |
| | 1مغ/ ل | (2) 96.79 | (3) 108.81 | (3) 75.47 | (4) 41.20 | (1) 85.24 | (3) 407.51 |
| | 50مغ/ ل | (1) 99.73 | (2) 117.20 | (1) 87.40 | (1) 83.19 | (3) 73.49 | (1) 461.01 |
| | 150مغ/ ل | (3) 95.98 | (1) 119.22 | (2) 85.62 | (3) 62.79 | (2) 82.33 | (2) 445.94 |

تشير الأرقام بين الأقواس إلى ترتيب النتائج تصاعدياً بدءاً من أعلى قيمة.




**الشكل 1: التحليل العنقودي لنتائج المعايير المدروسة اعتماداً على القيمة النسبية لتحمل الجفاف عند السعة 80%**




**الشكل 2: التحليل العنقودي لنتائج المعايير المدروسة اعتماداً على القيمة النسبية لتحمل الجفاف عند السعة 60%**

## المناقشة:

يُعد الإجهاد المائي أحد العوامل الرئيسة التي تحد من نمو وإنتاجية نبات الخيار، وتؤثر سلباً على المعايير الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية المهمة (Farag *et al*., 2019, 1445). هذا ما أكدته نتائج هذه الدراسة أيضاً، حيث انخفض محتوى الماء النسبي في معاملة الشاهد تحت تأثير الإجهاد المائي، وكان هذا الانخفاض معنوياً مع زيادة شدة الإجهاد (الجدول 1). يمكن أن يُعزى ذلك إلى انخفاض قدرة النبات على امتصاص الماء من التربة، وزيادة فقد الماء من الأوراق عن طريق النتح بسبب ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية. الأمر الذي يُحدث خللاً في التوازن بين معدل امتصاص الماء ومعدل النتح، ويؤدي بالتالي إلى نقص المحتوى المائي في الأنسجة النباتية (Abogadallah, 2010, 63). أشارت إلى ذلك الكثير من الدراسات مثل دراسة Naz وزملاؤه (2016، 879)، وLi وزملاؤه (2013، 714)، وFarag وزملاؤه (2019، 1447) على نبات الخيار، والتي أظهرت تراجعاً في محتوى الماء النسبي تحت تأثير الإجهاد المائي. بينما لم تُبدي معاملة الشاهد فروقاً معنوية بين السعات المختلفة بالنسبة لمحتوى الكلوروفيل الكلي (الجدول 2)، ويمكن أن يُعود ذلك، إلى انخفاض كفاءة التمثيل الضوئي تحت ظروف الإجهاد المائي، مما أدى إلى تراكم كميات أكبر من الكلوروفيل غير المستهلك فيها ((Shakir, 2022, 48)، (حنيفة، 2015، 93)). توافق ذلك مع دراسة Pirzad وزملاؤه (2011، 2483) على البابونج، ودراسة Abdelaal وزملاؤه (2020، 5) على الشعير.

أظهرت معاملة البذور بحمض الساليسيليك دوراً مهماً في تحسين محتوى الماء النسبي والكلوروفيل الكلي تحت تأثير الإجهاد المائي، وخاصةً عند التركيزين 50 و150 مغ/ ل مقارنةً مع الشاهد. يمكن أن يرجع ذلك إلى تفاعل SA الإيجابي مع مسارات نقل حمض الأبسيسيك (ABA) للحث على الإغلاق الجزئي للمسام، ودوره في تنشيط نمو الجذور (Akhtar *et al*., 2022, 984). الأمر الذي يُحسن من امتصاص الماء وتوافره للمجموع الخضري، وبالتالي تأمين حماية أعلى للأنسجة النباتية، ولكفاءة التمثيل الضوئي تحت ظروف الإجهاد المائي (Nazar *et al*., 2015, 92). توافق الأثر الإيجابي لـ SA في محتوى الماء النسبي تحت ظروف الإجهاد المائي في هذه الدراسة مع دراسة Nada وAbdelhady (2019، 168، 167) على الخيار، ودراسة Biyare

وزملائه (2020، 173) على اليقطين. كما أشارت دراسة Baninasab (2010، 191) على الخيار، ودراسة Ayub وزملاؤه (2020، 113) على البامية إلى الدور الإيجابي لـ SA في زيادة محتوى الكلوروفيل الكلي في النباتات المُجهدة.

يمكن تفسير عدم وجود فروق معنوية بين معاملات SA والشاهد بالنسبة لمحتوى الماء النسبي ومحتوى الكلوروفيل الكلي عند السعة 100%، إلى أن النباتات غير المُجهدة مائياً قد توفر لها الماء الكافي للقيام بجميع العمليات الاستقلابية اللازمة لنمو وتطور النبات بشكل منظم ومتوازن. هذا ما أكدته دراسة Abd El-Mageed وزملاؤه (2016، 11) على القرع، ودراسة Munsif وزملاؤه (2022، 4) على القمح، حيث بينت أن المعاملة بحمض الساليسيليك لم تُبدي فروقاً معنوية في محتوى الماء النسبي عند مقارنتها مع النباتات غير المعاملة.

انخفض محتوى السكريات الذائبة في معاملة الشاهد مع انخفاض مستوى الري المُطبق، وكان هذا الانخفاض معنوياً مع زيادة شدة الإجهاد المائي (الجدول 3). قد يُعود ذلك إلى حدوث إنغلاق جزئي للمسام استجابةً لظروف الإجهاد، مما يقلل من كفاءة التوصيل المسامي، وتوصيل خلايا الطبقة المتوسطة لغاز ثاني أوكسيد الكربون، ومن ثم تخفيض تركيز هذا الغاز في مواقع تثبيته، مما يُخفض من كفاءة التمثيل الضوئي، ومعدل الغلوكوز الناتج (Urban, 2017, 2). توافق ذلك مع دراسة Malik وزملاؤه (2010، 3284) على الخيار، ودراسة Dien وزملاؤه (2019، 530) على الأرز، ودراسة Karmollachaab وGharineh (2015، 31) على القمح. بينما حققت المعاملة بحمض الساليسيليك عند التركيزين 50 و150 مغ/ ل في السعة 80%، وعند كافة التراكيز المُختبرة من SA في السعة 60%، تفوقاً معنوياً على الشاهد تحت تأثير الإجهاد المائي. قد يُعزى ذلك إلى دور حمض الساليسيليك في تنشيط آلية التمثيل الضوئي ضمن النباتات المُجهدة (Sharma *et al*., 2019, 1,17)، كما ذُكر سابقاً، أو نتيجة لدوره في تنشيط الأنزيمات التي تصنع السكروز، على سبيل المثال sucrose phosphate synthase وsucrose synthase والأميلاز (Dong *et al*., 2011, 629). بينت دراسة Shemi وزملاؤه (2021، 1) على الذرة أثراً مشابهاً لـ SA من حيث قدرته على تحسين محتوى السكريات الذائبة تحت ظروف الاجهاد المائي.

حققت معاملة الشاهد تفوقاً معنوياً في محتوى البرولين عند السعة 80% مقارنةً مع سعة الـ 100%، ثم عاد للانخفاض عند السعة الحقلية الأقل (60%). قد يعود تحسن محتوى البرولين تحت ظروف الإجهاد المائي المعتدل إلى أن الإجهاد المائي قد يؤدي إلى تباطؤ تخليق البروتين نتيجة تغيير نظام تحكم الخلية في تفعيل مورثاتها، بحيث تنشط مورثات تحمل الإجهاد على حساب بقية المورثات. الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدلات استقلاب البروتين، أي تكسيره وتحرير الأحماض الأمينية منه، وبالتالي زيادة محتوى النبات من الأحماض الأمينية الحرة ومنها البرولين، أو نتيجة زيادة نشاط مورثات تخليقه وانخفاض نشاط الإنزيم Proline dehydrogenase الذي يؤكسد البرولين تحت تأثير الإجهاد (Abogadallah, 2010, 169, 170, 171, 172). توافق ذلك مع العديد من الدراسات مثل دراسة Naz وزملاؤه (2016، 881)، وLi وزملاؤه (2013، 714)، وFarag وزملاؤه (2019، 1447) على نبات الخيار. بينما يمكن أن يُعزى تراجع محتوى البرولين عند السعة 60% إلى محاولة النبات توفير الطاقة لاستخدامها في العمليات الاستقلابية الأساسية على حساب إنتاج البرولين تحت ظروف الإجهاد الشديد.

أبدى التركيزان 50 و150 مغ/ ل تفوقاً معنوياً على الشاهد في محتوى البرولين تحت تأثير الإجهاد المائي. قد يعود ذلك إلى دور SA في زيادة نشاط الأنزيمات الخاصة بتمثيل البرولين عند التعرض للإجهاد (Bano *et al*., 2022, 17)، وقدرته على حماية الخلايا النباتية من الإجهاد التأكسدي من خلال تثبيط إنتاج ROS الضارة، عن طريق تعديل تراكم الأسمولات، ومن ضمنها السكريات الذائبة والبرولين (La *et al*., 2019, 31). بالإضافة إلى دور SA في تقليل تسرب الإلكتروليت في النباتات المُجهدة

(Khazaei and Estaji, 2021, 5)، وبالتالي الحصول على زيادة في ثباتية الغشاء الخلوي. تشابه الأثر الإيجابي لـ SA في محتوى البرولين تحت ظروف الإجهاد المائي في هذه الدراسة مع نتائج الكثير من الدراسات، مثل دراسة Angorani وزملاؤه (2018، 853) على اليقطين، ودراسة Opabode وزملاؤه (2019، 729) على الباذنجان، ودراسة La وزملاؤه (2019، 31) على الملفوف الصيني.

اجتمع التركيزان 50 و150 مغ/ ل بناءً على التحليل العنقودي في مجموعة واحدة ذات قيمة نسبية أعلى لتحمل الجفاف (الشكل 1، 2). توافق ذلك مع النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة، حيث أظهر التركيزان السابقان النتائج الأفضل في معظم المعايير الفيزيولوجية المدروسة تحت تأثير الإجهاد المائي، وحقق التركيز 50 مغ/ ل تفوقاً معنوياً على الشاهد في محتوى الماء النسبي ومحتوى الكلوروفيل الكلي والسكريات الذائبة والبرولين. كما أنه سجل أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف لإجمالي المعايير المدروسة عند كلا السعتين 80 و60%. قد يُعزى إعطاء التركيز 50 مغ/ ل نتائجاً أفضل من نتائج بقية المعاملات إلى أن عتبة تركيز SA الفعالة تختلف باختلاف التراكيز المستخدمة (Koo e*t al*., 2020, 6)، وتتباين بين التنشيط والتثبيط للنمو باختلاف الأنواع النباتية (Li *et al*., 2022, 2). كما يمكن لاستخدام SA بكميات كبيرة نسبياً أن يتسبب في حدوث الإجهاد التأكسدي نتيجة توليد عدد كبير من أنواع الأكسجين التفاعلية ROS، مما يؤدي في نهاية الأمر إلى تلف الخلايا (Kapoor *et al*., 2021, 1).

## الاستنتاجات:

- أحدث الإجهاد المائي في معاملة الشاهد تحسناً معنوياً في محتوى البرولين (0 مغ/ ل) في السعة 80%، لكنه عاد للانخفاض مع زيادة الإجهاد المائي (60%). انخفض محتوى السكريات الذائبة، ومحتوى الماء النسبي في كلا السعتين 80 و60%، وكان هذا الانخفاض معنوياً عند السعة 60%. لم يُبدي محتوى الكلوروفيل الكلي تأثراً واضحاً بظروف الإجهاد المائي.
- حققت معاملة بذور نبات الخيار بحمض الساليسيليك تحسناً ملحوظاً في المعايير الفيزيولوجية المدروسة تحت تأثير الإجهاد المائي، حيث أظهر التركيز 50 مغ/ ل تفوقاً معنوياً على الشاهد في محتوى الماء النسبي، ومحتوى الكلوروفيل الكلي والسكريات الذائبة والبرولين في السعتين 80% و60%، مما ساهم في تحسن إنتاجية النبات.
- سجل التركيز 50 مغ/ ل أعلى قيمة نسبية لتحمل الجفاف لإجمالي المعايير المدروسة في كلا السعتين 80 و60 %.
- أظهرت نتائج التحليل العنقودي اعتماداً على القيمة النسبية لتحمل الجفاف في كلا السعتين 80 و60 % توزع المعاملات المُختبرة في مجموعتين منفصلتين، تضمنت إحداهما المعاملات ذات القيمة النسبية الأعلى لتحمل الجفاف (50 و150 مغ/ ل)، بينما شملت المجموعة الأخرى على المعاملات ذات القيمة النسبية الأقل تحملاً (الشاهد، 1 مغ/ ل).

## التوصيات:

بناءً على هذه الدراسة، نوصي بمعاملة بذور الخيار بتركيز 50 مغ/ ل من حمض الساليسيليك قبل الزراعة، نظراً لتأثيره الإيجابي في المعايير الفيزيولوجية المهمة، مما يحسن من نمو وإنتاجية النبات تحت ظروف الإجهاد المائي.

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

## References:


1. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. (2020). المجموعة الإحصائية 2020، الباب الثالث: المحاصيل والخضار الصيفية، دمشق، سورية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. عدد الصفحات: 46، ص: 34، الجدول (71).
2. أبو عسلي، كوثر؛ بايرلي، رولا؛ العطاالله، بسام. (2023). استجابة نبات الخيار للمعاملة بحمض الساليسيليك (SA) تحت ظروف الإجهاد المائي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، قيد النشر. ISSN: 3710-1999.
3. حنيفة، بشيري. (2015). تأثير نقص الماء على منظمات الأسموز (البرولين والكلوروفيل) عند النجيليات: القمح والشعير *Triticum et Hordeum*. درجة الماجستير. شعبة علوم البيولوجيا. قسم بيولوجيا إيكولوجيا النبات. كلية علوم الطبيعة والحياة. جامعة االأخوة منتوري قسنطينة. قسنطينة: الجزائر. ص: 141
4. Abd El-Mageed, T. A.; Semida, W. M.; Mohamed, G. F. and Rady, M. M. (2016). Combined Effect of Foliar-applied Salicylic acid and Deficit Irrigation on Physiological–anatomical Responses, and Yield of Squash Plants under Saline Soil. South African Journal of Botany, 106: 8-16. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.05.005.
5. Abdelaal, K. A. A.; Attia, K. A.; Alamery, S. F.; El-Afry, M. M.; Ghazy, A. I.; Tantawy, D. S.; Al-Doss, A. A.; El-Shawy, E. S. E.; Abu-Elsaoud, A. M. and Hafez, Y. M. (2020). Exogenous Application of Proline and Salicylic Acid can Mitigate the Injurious Impacts of Drought Stress on Barley Plants Associated with Physiological and Histological Characters. Sustainability, 12(5): 1-15. https://doi.org/10.3390/su12051736
6. Abogadallah, Gaber. (2010). Physiology and Molecular Biology of Plants under Water Stress. Damieeta: Egypt. Researchgate. pp: 229.
7. Akhtar, G.; Nawaz, F.; Amin, M.; Shehzad, M. A.; Razzaq, K.; Farid, N.; Sajjad, Y.; Farooq, A.; Akram, A. and Ullah, S. (2022). Salicylic acid mediated physiological and biochemical alterations to confer drought stress tolerance in Zinnia (Z. elegans). Botanical Sciences, 100(4): 977-988. 10.17129/botsci.2966.
8. Angorani, H. R.; Panahandeh, J.; Nazar, S. B.; Saba, J. and Nahandi, F. Z. (2018). Effects of salicylic acid on some physiological and biochemical attributes of medicinal pumpkin under drought stress. Journal of Crops Improvement, 19(4): 853-865. doi: 10.22059/jci.2017.60462.
9. Arnon, D. (1949). Copper enzymes isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.
10. Ayub, Q.; Khan, S.; Mehmood, A.; Haq, N.; Ali, S.; Ahmad, T.; Ayub, M.; Hassaan, M.; Hayat, U. and Shoukat, M. (2020). Enhancement of Physiological and Biochemical Attributes of Okra by Application of Salicylic Acid under Drought Stress. Journal of Horticultural Science and Technology, 3(4): 113-119. https://doi.org/10.46653/jhst2034113.
11. Baninasab, B. (2010). Induction of drought tolerance by salicylic acid in the seedlings of cucumber (*Cucumis sativus* L.). J. of Hort. Sci. and Biotech., 85(3): 191-196.
12. Bano, K.; Kumar, B.; Alyemeni, M. N.; Ahmad, P. (2022). Exogenously-Sourced Salicylic Acid Imparts Resilience towards Arsenic Stress by Modulating Photosynthesis, Antioxidant Potential and Arsenic Sequestration in *Brassica napus* Plants. Antioxidants, 11(10): 1-23. https://doi.org/10.3390/antiox11102010
13. Bates, L. S.; Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.
14. Biyare, V.; Shekari, F.; Seifzadeh, S.; Zakerin, H. and Hadidi, E. (2020). Effect of Foliar Application of Salicylic Acid on Yield and Yield Components of Pumpkin under Different Water Deficiencies. Journal of Crop Ecophysiology, 14(54(2)): 173-192. doi: 10.30495/jcep.2020.676137.

15. Chakraborty, S. and Rayalu, S. (2021). Health Beneficial Effects of Cucumber. Edited by Haiping Wang. Cucumber Economic Values and Its Cultivation and Breeding. pp: 1-228. United Kingdom. London. IntechOpen. https://www.intechopen.com/books/9704. doi: 10.5772/intechopen.87508.
16. Dien, D. C.; Mochizuki, T. and Yamakawa, T. (2019). Effect of various drought stresses and subsequent recovery on proline, total soluble sugar and starch metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Plant Production Science, 22(4): 530-545. https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1647787.
17. Dong, C. J.; Wang, X. L. and Shang, Q. M. (2011). Salicylic acid regulates sugar metabolism that confers tolerance to salinity stress in cucumber seedlings. Scientia Horticulturae, 129(4): 629-636. 10.1016/j.scienta.2011.05.005.
18. Dubois, M. K.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A. and Smith, F. (1956). Calorimetric method for determination of sugars and substances. Anal. Chem., 28(3): 350- 356.
19. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Crops and livestock products. https://www.fao.org/faostat/en/#data /QCL/visualize. Accessed 14 October 2022.
20. Farag, M. I.; Behera, T. K.; Munshi, A. D.; Bharadwaj, C.; Jat, G. S.; Khanna, M. and Chinnusamy, V. (2019). Physiological analysis of drought tolerance of cucumber (Cucumis sativus) genotypes. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 89(9): 1445–1450. https://doi.org/10.56093/ijas.v89i9.93485.
21. Gu, L.; Chen, J.; Yin, J.; Sullivan, S. C.; Wang, H.; Guo, S.; Zhang, L. and Kim, J. (2020). Projected increases in magnitude and socioeconomic exposure of global droughts in 1.5 and 2C warmer climates. Hydrology and Earth System Sciences, 24: 451–472. Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union. https://doi.org/10.5194/hess-24-451-2020
22. Johnson, R. and Puthur, J. (2021). Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. Plant Physiology and Biochemistry, 162(9): 247-257. Doi: 10.1016/j.plaphy.2021.02.034.
23. Kapoor, D.; Gautam, V. and Bhardwaj, R. (2021). Salicylic Acid Contribution in Plant Biology against a Changing Environment. Hauppauge: New York. Nova Science, pp: 1-240.
24. Karmollachaab, A. and Gharineh, M. H. (2015). Effect of silicon application on wheat seedlings growth under water-deficit stress induced by polyethylene glycol. Iran Agricultural Research, 34(1): 31-38.
25. Khazaei, Z. and Estaji, A. (2021). Impact of exogenous application of salicylic acid on the drought-stress tolerance in pepper (Capsicum annuum L.). Journal of Plant Physiology and Breeding, 11(1): 33-46. ISSN: 2008-5168.
26. Koo, Y. M.; Heo, Y. and Choi, H. W. (2020). Salicylic Acid as a Safe Plant Protector and Growth Regulator. The Plant Pathology Journal, 36(1): 1-10. Korea. The Korean Society of Plant Pathology.
27. Korkmaz, A.; Uzunlu, M. and Demirkıran, A. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 29(6): 503-508. 10.1007/s11738-007-0060-3.
28. La, V. H.; Lee, B. R.; Zhang, Q.; Park, S. H.; Islam, M. T. and Kim, T. H. (2019). Salicylic acid improves drought-stress tolerance by regulating the redox status and proline metabolism in *Brassica rapa*. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 60(1): 31–40. https://doi.org/10.1007/s13580-018-0099-7.
29. Li, A.; Sun, X. and Liu, L. (2022). Action of Salicylic Acid on Plant Growth. Frontiers in Plant Science, 13: 1-7.
30. Li, J.; Nishimura, Y.; Zhao, X. and Fukumoto, Y. (2014). Effects of Drought Stress on the Metabolic Properties of Active Oxygen Species, Nitrogen and Photosynthesis in Cucumber 'Jinchun No. 5' Seedlings. JARQ, 48(2): 175-181. http://www.jircas.affrc.go.jp.

31. Malik, A. A.; Li, W. G.; Lou, L. N.; Weng, J. H. and Chen, J. F. (2010). Biochemical/physiological characterization and evaluation of *in vitro* salt tolerance in cucumber. African Journal of Biotechnology, 9(22): 3284-3292. http://www.academicjournals.org/AJB.
32. Mombeini, M.; Ansari, N. A.; Abdossi, V. and Naseri, A. (2021). Reducing destructive effects of drought stress on cucumber through seed priming with silicic acid, pyridoxine, and ascorbic acid along with foliar spraying with silicic acid. Agriculturae Conspectus Scientificus, 86(1): 35-49. Croatia. Portal of Croatian scientific and professional journals.
33. Mukherjee, P. K.; Nema, N. K.; Maity, N. and Sarkar, B. K. (2013). Phytochemical and therapeutic potential of cucumber. Fitoterapia, 84: 227-236. http://dx.doi.org/10.1016/j.fitote.2012.10.003.
34. Munsif, F.; Shah, T.; Arif, M.; Jehangir, M.; Afridi, M. Z.; Ahmad, I.; Jan, B. L. and Alansi, S. (2022). Combined effect of salicylic acid and potassium mitigates drought stress through the modulation of physio-biochemical attributes and key antioxidants in wheat. Saudi journal of biological sciences, 29(6): 1-15. doi: 10.1016/j.sjbs.2022.103294.
35. Murad, H. and Nyc, M. A. (2016). Evaluating The Potential Benefits of Cucumbers for Improved Health and Skin Care. Journal of Aging Research and Clinical Practice, 5(3): 139-141. http://dx.doi.org/10.14283/jarcp.2016.108.
36. Murshed, R.; Najla, S.; Albiski, F.; Kassem, I.; Jbour, M. and Al-Said, H. (2015). Using Growth Parameters for In-vitro Screening of Potato Varieties Tolerant to Salt Stress. J. Agr. Sci. Tech., 17(2): 483-494.
37. Nada, M. M. and Abdelhady, M. (2019). Influence of Salicylic Acid on Cucumber Plants under Different Irrigation Levels. Journal of Plant Production, 10(2): 165-171. Mansoura: Egypt. DOI:10.21608/jpp.2019.36246.
38. Naz, H.; Aisha, N. and Ashraf, M. (2016). Impact of ascorbic acid on growth and some physiological attributes of cucumber (Cucumis Sativus) plants under water-deficit conditions. 48: 877-883.
39. Nazar, R.; Umar, S.; Khan, N. A. and Sareer, O. (2015). Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. South African Journal of Botany, 98: 84-94. DOI:10.1016/J.SAJB.2015.02.005.
40. Opabode, J. T.; Okewale, M. O.; Ibrahim, O. R. and Dosumu, A. F. (2019). Growth, Biochemical and Physiological Responses of Water-stressed African Eggplant Seedlings to Exogenous Salicylic Acid. Asian Journal of Biological Sciences, 12(4): 724-732. Science Alert.DOI: 10.3923/ajbs.2019.724.732.
41. Pirzad, A.; Shakiba, M. R.; Zehtab-Salmasi, S.; Mohammadi, S. A.; Darvishzadeh, R. and Samadi, A. (2011). Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla L*. Journal of Medicinal Plants Research, 5(12): 2483-2488. http://www.academicjournals.org/JMPR.
42. Rhaman, M. S.; Imran, S.; Rauf, F.; Khatun, M.; Baskin, C. C.; Murata, Y. and Hasanuzzaman, M. (2021). Seed Priming with Phytohormones: An Effective Approach for the Mitigation of Abiotic Stress. Plants, 10(37): 1-17. Basel: Switzerland. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/plants 10010037.
43. Seleiman, M. F.; Al-Suhaibani, N.; Ali, N.; Akmal, M.; Alotaibi, M.; Refay, Y.; Dindaroglu, T.; Abdul-Wajid, H. H. and Battaglia, M. L. (2021). Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. Plants, 10(259): 1-25. https://doi.org/10.3390/plants10020259.
44. Shakir, W. M. (2022). The effect of Increasing Periods of Drought on The Growth and Development of Two Cultivars of Wheat. Journal of Agricultural, Environmental and Veterinary Sciences, 6(2): 44-51. https: //doi.org/10.26389/AJSRP.L060222.

45. Sharma, A.; Shahzad, B.; Kumar, V.; Kohli, S. K.; Sidhu, G. P. S.; Bali, A. S.; Handa, N.; Kapoor, D.; Bhardwaj, R. and Zheng, B. (2019). Phytohormones Regulate Accumulation of Osmolytes Under Abiotic Stress. Biomolecules, 9(7): 1-36. doi:10.3390/biom9070285.
46. Shemi, R.; Wang, R.; Gheith, E. S. M. S.; Hussain, H. A.; Hussain, S.; Irfan, M.; Cholidah, L.; Zhang, K.; Zhang, S. and Wang, L. (2021). Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. Scientific Reports, 11(1): 1-14. https://doi.org/10.1038/s41598-021-82264-7.
47. Sutcliffe, J. (1968). Plants and water. Studies in biology no., 14. 2nd. pp: 81.
48. Taha, N.; Abdalla, N.; Bayoumi, Y. and El-Ramady, H. (2020). Management of Greenhouse Cucumber Production under Arid Environments: A Review. Environment, Biodiversity & Soil Security (EBSS), 4: 123-136. National Information and Documentation Center (NIDOC).
49. Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil, 58(1): 339-366. DOI:10.1007/BF02180062.
50. Urban, L.; Aarrouf, J. and Bidel, L. P. R. (2017). Assessing the Effects of Water Deficit on Photosynthesis Using Parameters Derived from Measurements of Leaf Gas Exchange and of Chlorophyll a Fluorescence. Frontiers in Plant Science, 8: 1-18. doi: 10.3389/fpls.2017.02068.
51. Wani, S. H.; Kumar, V.; Shriram, V. and Sah, S. K. (2016). Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. The Crop Journal, 4(162): 162-176. http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2016.01.010
52. Xiao, W.; Wang, X. and Bie, M. (2019). Genetic and phylogenetic relationships analysis of the complete chloroplast genome Cucumis sativus to China. Mitochondrial DNA Part B, 4(2): 3900-3901, DOI: 10.1080/23802359.2019.1687040.