مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 41 العدد 3 (2025): 185- 196

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 41 No.3 (2025): 185 - 196

تأثير المعاملة بالهرمونات في محتوى العناصر الكبرى و– نشاط بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة – في نبات الخس المزروع(Lactuca sativa L) تحت ظروف الإجهاد الملحي

سوسن ابراهيم االبشارة[1] **رولا محمد سعيد بايرلي[2]**

[1] طالبة دكتوراة، قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق

[2] أستاذ مساعد في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق

الملخص:

نفذت التجربة في كلية الزراعة – جامعة دمشق، خلال عامي (2020– 2021)، بهدف دراسة تأثير المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك في محتوى العناصر الكبرى ونشاط بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة لصنفين من الخس المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي.

نقعت بذور الخس (كبوس، شنشار) بحمض الجبريليك (0, 50, 100 ppm) لمدة 24 ساعة، ثم زرعت في صواني الإنبات السريع المملوءة بخلطة من التورب والبيرلايت (1:1) مع إضافة أملاح كلوريد الصوديوم (0, 50, 100, 150 mM). وبعد اسبوع من عملية التشتيل تمت المعاملة بحمض الأبسيسك (0, 5, 10 ppm)، وذلك بمعدل 5 رشات وبفارق زمني 7 أيام بين الرشة والأخرى. اشتمل البحث على 20 معاملة لكل صنف، كل معاملة كررت 3 مرات، وكل مكرر يحتوي على 10 نباتات. تم التقييم وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS وتم تقدير الفروق المعنوية على مستوى ثقة 95%.

أوضحت النتائج أن الزيادة التدريجية في تراكيز الملح المستخدمة (NaCl) أدت إلى انخفاض في بعض المؤشرات المدروسة، ومن جهة أخرى، أدت المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك إلى زيادة في كل من نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة (الكاتالاز، SOD)، تركيز كل من البوتاسيوم والفوسفور، بالإضافة لخفض تركيز الآزوت تحت ظروف الإجهاد الملحي. وقد تفوقت المعاملة بحمض الجبريليك (50 ppm) بالتفاعل مع المعاملة بحمض الأبسيسك (10 ppm) حيث سجلت أفضل النتائج في جميع المؤشرات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد.

الكلمات المفتاحية: الخس، الإجهاد الملحي، هرمونات، حمض الأبسيسك، حمض الجبريليك.

تاريخ الايداع: 10 /4 /2023
تاريخ القبول: 30 /7 /2023

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

The effect of treatment with and activity of anti- oxidant enzymes of Lettuce plant (Lactuca sativa L.) under salt stress conditions

Sawsan Ibrahim Albshara [1*] Roula -M -Saeid Bayerli [2]

[1*]PhD. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Damascus University,Syria.

[2]Professor, Department of Horticulture Science , Faculty of Agriculture, Damascus University , Syria.

Received:10 /4 /2023
Accepted: 30 /7 /2023

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

Abstract:

This experiment was carried out in Facuity of Agriculture – Damascus university during The period from 2020-2021, to study The effect of treatment with Gibberellic acid and Abscisic acid on Some physiological and biochemical Characters of two species fo Letus (Kabbos and Shinshar) under Stress Conditions.

Seeds were Soaked in Gibberellic acid(0, 50, 100 ppm) for 24h, then cultured in germination plates. Amix of Toarp and perlite(1:1) was used, And NaCl(0,50,100,150 mM) was added. One week after transplanting, Abscisic acid (0,5,10 ppm) was Foliar sprayed Five times with seven days intervals.

This reseach contained of 20 treatment /specie/ where each treatment consist of three replicates with ten plants for each replicate. Data were calculated and evaluated using Compeletely Randomized Block Desingn, then analysied using Spss. The significant differces were evaluated on a level of 95%.

On the other side, treatment with Gibberellic acid and Abscisic acid increased the activity of anti- oxidant enzymes (Catalase, SOD), The concentration of K and P. And decreased the concentration of N. The interaction treatment of Abscisic acid (10 ppm) and gibberellic acid (50 ppm) resulted in the best values in all Studied parameters comparing with control and anther treatments.

Keywords: Lettuce, Salt Stress, Abscisic Acid, Gebrilic Acid.

المقدمة:

يعد الخس من أوسع الخضار الورقية انتشاراً، إذ لا يقل أهمية عن المحاصيل الخضرية الرئيسة (البندورة والخيار والملفوف) في كثير من دول العالم (Coelho et al, 2005, 1027)، وذلك كونه من الخضار التي يستفاد من كامل محتواها الغذائي، وهو يستهلك بصورة طازجة بعكس الخضار القابلة للطهي، ينتمي الخس (Lactuca sativa L.) إلى الفصيلة النجمية Asteraceae وهو نبات حولي شتوي، ويُعد من أهم الخضار المستخدمة في السلطة (Dolezalova et al, 2008, 113-115). ويعود سبب الانتشار الواسع لنبات الخس لامتلاكه قيمة غذائية كبيرة، حيث يُعد من النباتات الغنية بالفيتامين A والبروتين والكربوهيد رات وبعض الأملاح مثل الكالسيوم والحديد(Maboco, 2007, 8) ، وهو منخفض السعرات الحرارية كما يلعب دوراً في الوقاية من أمراض القلب والشرايين خاصةً الخس الأحمر (Liorach et al, 2008, 1028) ، تبلغ المساحة المزروعة في سورية بالخس 2250هكتار، بإنتاجية 46188 طن، وبغلة 20528 كغ. هكتار$^{-1}$ (- إحصائيات - وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2020 -).

تتعرض النباتات في الطبيعة باستمرار لإجهادات بيئية مختلفة خلال مراحل نموها (Khodayari et al, 2021, 62). ويُعد الإجهاد الملحي من أهم هذه الإجهادات، والذي أصبح أكثر شدةً وتواتراً بسبب التغيرات المناخية المستمرة، وهذا يؤثر سلباً في إنتاجية المحاصيل، ويهدد الأمن الغذائي العالمي (Mphande et al, 2020, 1)، حيث قدرت نسبة الانخفاض بالإنتاجية بنحو 20% بسبب الملوحة (Ashraf and Harris, 2005, 21). يُعبر الإجهاد الملحي عن زيادة تركيز الأملاح الذوّابة في منطقة جذور النباتات إلى الحد الذى يؤثر في نمو النبات، ويُسبب نقصاً في غلّة المحصول الاقتصادية، وذلك لأنّ معظم نباتات المحاصيل الورقية حسّاسة للملوحة (AL Maskri et al, 2010, 377-380) وتتباين شدّة تأثير الملوحة في النباتات تبعاً لنوع الأملاح، وتركيزها، والنوع النباتي، والصنف ضمن النوع، والمرحلة التطورية من حياة النبات (Kim et al, 2008, 3772). يصنف الخس على أنه من النباتات متوسطة التحمل للملوحة (De Pascale and Barbieri,1995,145)، وتصل عتبة تحمل الملوحة لنبات الخس إلى 1.1 ميلليميوز/ سم ويتناقص الإنتاج بعد هذه العتبة معدل9.3%، وتنخفض كمية المياه المستخدمة من قبل النبات بنسبة 2.4% (Ünlükara et al., 2008, 265).

يُعد الرش الورقي بالهرمونات النباتية من أحد الطرق الفعّالة وسهلة التطبيق وذات الكلفة المنخفضة في معالجة الإجهاد الملحي (Waleed and Abido ,2019,51)، خاصةً إذا ما قورنت مع طرائق التربية التقليدية التي تحتاج لوقت وجهد كبيرين للوصول إلى الأصناف المتحملة لملوحة التربة، فقد أكّدت كثير من الدراسات الدور الإيجابي لمنظمات النمو في زيادة نشاط نظام مضادات الأكسدة، وإنتاج الذائبات التوافقية وكنس أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS) تحت ظروف العديد من الإجهادات اللاأحيائية المختلفة، ما يؤدي إلى تخفيف الضرر التأكسدي على الأداء الخلوي للنبات، ومن أهم منظمات النمو حمض الأبسيسيك (9270, Mohammed et al ,2020)، وحمض الجبريليك (Tsegay and Andargie,2018,261).

يهدف البحث الحالي إلى رفع سوية تحمل نبات الخس تجاه الإجهاد الملحي (تُعد منطقة حوض المتوسط من أكثر مناطق العالم عرضةً للإجهاد الملحي(Gu, 2020, 457)، عن طريق دراسة تأثير المعاملة الهرمونية بحمضي الجبريليك (GA_3) والأبسيسك (ABA) على محتوى العناصر الكبرى ونشاط بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة لدى الخس المزروع تحت مستويات مختلفة من الإجهاد الملحي المحدث باستعمال ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) المخبري النقي.

مواد البحث وطرائقه:

مكان وزمان تنفيذ البحث: نُفذ البحث في كلية الزراعة – جامعة دمشق، وتم اجراء التحاليل في مخابر الفيزيولوجيا – كلية الزراعة – جامعة – دمشق، خلال عامي (2020– 2021).

المادة النباتية: نُفذت الدراسة على صنفين من الخس المزروع، صنف كبوس (Kabous)، وهو متوسط الحجم لونه أخضر فاتح يتكون الرأس من التفاف الأوراق حول بعضها، والصنف شنشار (Shinshar) صنف مدخل لا يكوّن رأساً مندمجاً يتميز بأوراقه المشرشرة. تم الحصول على البذار من مراكز لبيع البذار في دمشق.

عُقمت البذور بوضعها في محلول هيبوكلوريد الصوديوم (10 %)، ثم غسلت بالماء المقطر ثلاث مرات، بعد ذلك نقعت بحمض الجبريليك بالتراكيز (0, 50, 100 ppm) حسب المعاملات المدروسة لمدة 24 ساعة ثم زرعت في صواني الإنبات السريع باستخدام الوسط الزراعي (تورب : بيرلايت، 1:1 ، V/V)

والمضاف إليه محلول كلوريد الصوديوم بالتراكيز (0, 50, 100, 150 mM) مع تأمين درجة الحرارة المناسبة للإنبات (21م°) ضمن البيت البلاستيكي. – بعد تكامل الإنبات – بعد 10 أيام من بدء الزراعة بتاريخ 2021/10/15 ، تمت عملية التشتيل حيث وضعت الشتلات في أصص بلاستيكية (35*20 cm) تحوي نفس خلطة صواني الإنبات السريع والمضاف إليها ملح كلوريد الصوديوم NaCl بالتراكيز (0, 50, 100, 150 mM). تم الري بإضافة محلول هوغلاند المغذي (التركيز الكامل) من أجل تقوية نمو النبات، وبمعدل 0.75 ليتر لكل أصيص. بعد اسبوع من عملية التشتيل تم البدء بمعاملة الرش الورقي بحمض الأبسيسك وفق التراكيز (0, 5, 10 ppm)، وذلك بمعدل 5 رشات وبفارق زمني 12 أيام بين الرشة والأخرى (بعد التشتيل، بعد اسبوع من الرشة الأولى، قبل تكوين الرأس المندمج، خلال تشكل الرأس المندمج، بعد تشكل الرأس واكتماله). وكانت المعاملات كالتالي:

طبقت معاملات الملوحة (NaCl) وفق التراكيز (0, 50, 100, 150 mM)، تمت معاملة النباتات لكلا الصنفين تحت كل مستوى ملحي من مستويات الملوحة بحمض الجبريليك (GA_3) وحمض الأبسيسك (ABA)، بحيث شمل كل مستوى ملحي **المعاملات الهرمونية التالية:**

معاملة الشاهد: معاملة البذور بدون رش وبدون نقع.

1. المعاملة (A1G1): معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA_3 بالتركيز 50 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسك ABA بالتركيز 5 ppm.
2. المعاملة (A1G2): معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA_3 بالتركيز 100 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسك ABA بالتركيز 5 ppm.
3. المعاملة (A2G1): معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA_3 بالتركيز 50 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسك ABA بالتركيز 10 ppm.
4. المعاملة (A2G2): معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA_3 بالتركيز 100 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسك ABA بالتركيز 10 ppm .

ملاحظـــة: قـد تـم اختيـار تراكيـز حمـض الجبريليـك وفـق المضـاعفة وذلـك لتكـون الفـروق واضـحة ومعنويـة . شمل هذا البحث على 20 معاملة (4 مستويات ملحية و 5 معاملات هرمونية) لكل صنف ، كررت كل معاملة 3 مرات، حيث كل مكرر يحتوي على 10 نباتات، صممت التجربة وفق القطاعات العشوائية الكاملة (CRBD)، وحللت البيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS، وقورنت المتوسطات وفق اختبار دونكان، لحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى ثقة 95%.

المؤشرات المدروسة: في نهاية التجربة، تمّ تقدير الصفات التالية:

1- محتوى العناصر الكبرى:

- تركيز الآزوت: تم تقدير الآزوت تبعاً لـ Jackson (1985) بطريقة الهضم الرطب (استخدام الماء الأوكسجيني كمعامل هضم عوضاً عن السلينيوم)، وذلك باستخدام كاشف نسلر (Peech et al , 1947).
- تركيز الفوسفور: قدّر الفوسفور تبعاً لـ Jackson (1985) بطريقة الهضم الرطب (استخدام الماء الأوكسجيني كمعامل هضم عوضاً عن السلينيوم)، وذلك باستخدام كاشف بارثون (Reuter and robinson et al , 1997).
- تركيز البوتاسيوم: أُجري على نواتج هضم العينات النباتية السابقة، وذلك باستخدام جهاز التحليل الطيفي باللهب (Tendon, 2005).

2- المؤشرات البيوكيميائية:

تم قياس نشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية بحسب طريقة Murshed وزملائه (2008). حيث أخذ 0.5غ من مسحوق العينات المطحونة وتمت مجانسته في 1 مل من محلول منظم فوسفاتي تركيز 50 ميلليمولر و pH = 6 والذي يحتوي على 40 ميلليمولر كلوريد البوتاسيوم KCL و2 ميلليمولر كلوريد الكالسيوم CaCl و1 ميلليمولر حمض الأسكوربيك ASA. وضع الخليط في جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة وبسرعة 15000 دورة/ دقيقة وعلى درجة حرارة 4م°. استخدمت الرشاحة الناتجة لقياس نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة (SOD، الكاتالاز) بصورة مباشرة وكذلك لقياس تركيز البروتينات.

النتائج والمناقشة Results and discussion:

تأثير المعاملة بحمضي الأبسيسك والجبريليك في المؤشرات الفيزيولوجية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي:

أدت زيادة الملوحة بشكلٍ عام إلى زيادة في تركيز الآزوت ترافق مع انخفاض في تركيز كل من البوتاسيوم والفوسفور بغض النظر عن المعاملات الهرمونية المطبقة. حيث سجل الآزوت أعلى القيم (3.73، 3.74%) لدى صنفي الخس المدروس كبوس وشنشار، على التوالي عند المستوى الملحي (150 ppm) بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات الملحية الجدول(1). أما بالنسبة لتركيز كل من الفوسفور والبوتاسيوم فقد سجلا أدنى القيم (0.30، 0.39%)(1.97 ، 1.74 %) عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM) للصنفين كبوس وشنشار، على التوالي الجدولين (2،3). ومن جهة أخرى فقد أدت المعاملة بحمضي الجبريليك والأبسيسك إلى خفض تركيز شوارد الآزوت في أنسجة الأوراق وزيادة تركيز شاردتي البوتاسيوم +K، والفوسفور+P تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة وذلك بغض النظر عن التركيز المستخدم الجداول (1،2،3).

وقد لوحظ تفوق المعاملة A2G1 معنوياً على باقي المعاملات في كل مستويات الملوحة المدروسة، حيث سجلت أدنى قيمة للآزوت (2.92 ,2.96%) لدى صنفين الخس كبوس وشنشار على التوالي عند المستوى الملحي(0 ppm)، بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات الجدول(1).

الجدول (1): تأثير المعاملة بحمض الأبسيسك و حمض الجبريليك في تركيزN (%) في صنفي الخس المدروسين تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl

الصنف	تركيز حمضي الأبسيسك والجبريليك	N%				
		معاملة الملوحة (mM)				متوسط معاملة الهرمون
		0	50	100	150	
كبوس	A0G0	الشاهد 3.0400^{qrs}	3.1300^{mn}	3.4167^{d}	3.7300^{a}	3.3292^{A}
	A1G1	3.0200^{rst}	3.1100^{no}	3.3267^{f}	3.6300^{b}	3.2717^{B}
	A1G2	3.0300^{qrs}	3.0800^{op}	3.2133^{ghi}	3.2333^{g}	3.1392E
	A2G1	2.9233^{v}	2.9867^{tu}	3.0533^{pqr}	3.1867^{hij}	3.0375^{G}
	A2G2	3.0267^{qrs}	3.0633^{pq}	3.1433^{klmn}	3.3533^{ef}	3.1467^{DE}
متوسط معاملة الملوحة		3.0080^{G}	3.0740^{F}	3.2307^{C}	3.4267^{B}	
شنشار	A0G0	الشاهد 3.0500^{pqr}	3.1600^{jklm}	3.3700^{e}	3.7367^{a}	3.3300^{A}
	A1G1	3.0300^{qrs}	3.1367^{lmn}	3.2200^{gh}	3.5533^{c}	3.2350^{C}
	A1G2	3.0033^{stu}	3.1100^{no}	3.1800^{ijk}	3.3600^{ef}	3.1633^{D}
	A2G1	2.9667^{u}	3.0100^{st}	3.1100^{no}	3.2433^{g}	3.0825^{F}
	A2G2	$3.0400q^{rs}$	3.0833^{op}	3.1733^{jkl}	3.3300f	3.1567^{DE}
متوسط معاملة الملوحة		3.0180^{G}	3.1000^{E}	3.2113^{D}	3.4447^{A}	
$LSD_{\%5}$		الملوحة		الهرمون		التفاعل
		0.0124		0.0139		0.0394
CV		0.76				

تُشير الأحرف المتماثلة على مستوى الأعمدة والسطور إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية عند معنوية 0.95

أما بالنسبة لتركيز شاردتي البوتاسيوم والفوسفور فقد سجلت نفس المعاملة أعلى قيمة لكل من البوتاسيوم والفوسفور (4.02 ، 3.49%)(0.54، 0.52%) لدى صنفين الخس كبوس وشنشار على التوالي عند المستوى الملحي (0 ppm) بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات الجدولين(2، 3)

الجدول (2): تأثير المعاملة بحمض الأبسيسك و حمض الجبريليك في تركيزK (%) في صنفي الخس المدروسين تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl

الصنف	تركيز حمضي الأبسيسك والجبريليك	K%				
		معاملة الملوحة (mM)				متوسط معاملة الهرمون
		0	50	100	150	
كبوس	A0G0	الشاهد 2.7710^{z}	2.6210^{c}	2.1120^{f}	1.9780^{h}	2.3705I
	A1G1	3.4000^{h}	3.3037^{j}	3.1353^{q}	2.6813^{b}	3.1301^{G}
	A1G2	3.3203^{i}	3.1237^{r}	3.0170^{w}	2.7263^{a}	3.0468^{H}
	A2G1	4.0200^{a}	3.9120^{c}	3.4217^{g}	3.0770^{t}	3.6077^{A}
	A2G2	3.9600^{b}	3.6713^{d}	3.2430^{l}	2.9420^{x}	3.4541^{B}
متوسط معاملة الملوحة		3.4943^{A}	3.3263^{B}	2.9858^{E}	2.6809^{H}	
شنشار	A0G0	الشاهد 2.4810^{d}	2.4320^{e}	2.0117^{g}	1.7413^{i}	2.1665^{J}
	A1G1	3.3207^{i}	3.2033^{n}	3.1050^{s}	2.9037^{y}	3.1332^{F}
	A1G2	3.2907^{k}	3.1833^{o}	3.1267^{r}	3.0403^{v}	3.1602^{E}
	A2G1	3.4913^{e}	3.3253^{i}	3.2930^{k}	3.1050^{s}	3.3037^{C}
	A2G2	3.4697^{f}	3.2187^{m}	3.1667^{p}	3.0657^{u}	3.2302^{D}
متوسط معاملة الملوحة		3.2107^{C}	3.0725^{D}	2.9406^{F}	2.7712^{G}	
$LSD_{\%5}$		الملوحة		الهرمون		التفاعل
		0.0016		0.0019		0.0038
CV		0.11				

تُشير الأحرف المتماثلة على مستوى الأعمدة والسطور إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية عند معنوية 0.95

الجدول (3): تأثير المعاملة بحمض الأبسيسك و حمض الجبريليك في تركيزP (%) في صنفي الخس المدروسين تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl

الصنف	تركيز حمضي الأبسيسك والجبريليك	p% معاملة الملوحة (mM)				متوسط معاملة الهرمون
		0	50	100	150	
كبوس	A0G0	الشاهد 0.4473^{m}	0.4113^{t}	0.3920^{w}	0.3023^{z}	0.3883J
	A1G1	0.5023^{e}	0.4867^{h}	0.4530^{l}	0.3970^{v}	0.4597^{D}
	A1G2	0.5047^{d}	0.4520^{l}	0.4367^{o}	0.4097^{t}	0.4507^{G}
	A2G1	0.5437^{a}	0.4977^{f}	0.4667^{k}	0.4240^{q}	0.4830^{A}
	A2G2	0.5113^{c}	0.4760^{j}	0.4223^{q}	0.4073^{u}	0.4543^{F}
متوسط معاملة الملوحة		0.5019^{A}	0.4647^{D}	0.4341^{E}	0.3881^{h}	
شنشار	A0G0	الشاهد 0.4460^{m}	0.4137^{s}	0.3991^{I}	0.3991^{i}	0.3991^{I}
	A1G1	0.4923^{g}	0.4650^{k}	0.4361^{H}	0.4361^{h}	0.4361^{H}
	A1G2	0.5010^{e}	0.4820^{i}	0.4579^{e}	0.4579^{e}	0.4579^{E}
	A2G1	0.5237^{b}	0.4937^{g}	0.4788^{b}	0.4788^{b}	0.4788^{B}
	A2G2	0.5127^{c}	0.4857^{h}	0.4621^{c}	0.4621^{c}	0.4621^{C}
متوسط معاملة الملوحة		0.4951^{B}	0.4680^{C}	0.4299^{F}	0.3941^{G}	
$LSD_{\%5}$	الملوحة	0.0006				
	الهرمون	0.0007				
	التفاعل	0.0020				
CV		0.28				

تُشير الأحرف المتماثلة على مستوى الأعمدة والسطور إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية عند معنوية 0.95

ويعزى انخفاض تركيز شوارد البوتاسيوم إلى منافسة شوارد الآزوت لها في الدخول عبر قنوات الشوارد الموجبة العامة والقنوات الخاصة بشوارد البوتاسيوم (Safdar et al, 2019, 34)، إلا أن الرش الورقي بحمض الأبسيسيك سبب تراجع في تسرب الذائبات تحت ظروف الإجهاد الملحي، إضافة إلى زيادة تركيز البرولين وكذلك زيادة نشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية وغير الأنزيمية التي تعمل على كنس الجذور الحرّة المتولدة تحت ظروف الإجهادات اللاحيوية وحماية أغشية الخلايا من تأثيرها التخريبي (Campos et al, 2016, 21)

تُعزى المحافظة على تراكيز مرتفعة من البوتاسيوم والفوسفور عند معاملات الرّش السابقة تحت ظروف الإجهاد إلى الدور الفعَّال لحمض الأبسيسيك ABA في زيادة كفاءة النبات في امتصاص العناصر المغذية، وأيضاً تحسين بعض العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية، وزيادة نشاط أنزيم Rubisco وتحسين كفاءة الأنظمة الضوئية، وتحفيز نشاط مضادات الأكسدة التي تعمل على كنس الجذور الحرّة وحماية الخلية ومكوناتها من التأكسد (Verma et al ، 2016، 1).

تأثير المعاملة بحمضي الأبسيسك والجبريليك في نشاط بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي:

1. تأثير المعاملة في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD):

يوضح الجدول(4)، أن الازدياد التدريجي في المعاملات الملحية أدى إلى ازدياد تدريجي في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD)، فقد سجلت أدنى القيم (4.31، 4.43 وحدة/مغ بروتين) بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار، –على التوالي– عند المستوى

الملحي (0 mM) بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات الملحية. ومن جهة أخرى فقد أدت المعاملة الهرمونية إلى تحسين في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD) تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة، يظهر الجدول(4) تفوق المعاملة A2G1 معنوياً على باقي المعاملات في كل مستويات الملوحة المدروسة، حيث سجلت أعلى قيمة لها (6.26، 7.51وحدة/مغ بروتين) في الصنفيين كبوس وشنشار على التوالي في المستوى الملحي (150 mM)، بالمقارنة باقي المعاملات.

الجدول (4): تأثير المعاملة بحمضي الأبسيسك و الجبريليك في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD) في صنفي الخس المدروسين تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl

الصنف	تركيز حمضي الأبسيسك والجبريليك	(وحدة/مغ بروتينSOD)				متوسط معاملة الهرمون
		(mM معاملة الملوحة)				
		0	50	100	150	
كبوس	A0G0	الشاهد 3.3633^{f}	3.6233^{c}	3.7867^{J}	3.7867^{J}	3.7867^{J}
	A1G1	3.4133^{e}	4.5600^{w}	4.8958^{H}	4.8958^{H}	4.8958^{H}
	A1G2	4.6433^{v}	5.5067^{n}	5.8850^{C}	5.8850^{C}	5.8850^{C}
	A2G1	5.1200^{s}	5.7800^{j}	6.2683^{a}	6.2683^{a}	6.2683^{A}
	A2G2	5.0167^{t}	4.8533^{u}	5.4842^{E}	5.4842^{E}	5.4842^{E}
متوسط معاملة الملوحة		4.3113^{H}	4.8647^{F}	5.5047^{D}	6.3753^{B}	
شنشار	A0G0	الشاهد 3.5633^{d}	4.2033^{z}	5.2067^{r}	6.1633^{h}	4.7842^{I}
	A1G1	3.8900^{b}	4.5167^{x}	4.5333^{o}	6.3300^{g}	5.0475^{G}
	A1G2	4.1900^{z}	5.0300^{t}	5.7967^{l}	6.7067^{e}	5.4308^{F}
	A2G1	5.4267^{p}	5.9067^{j}	6.0267^{i}	7.5167^{a}	6.2192^{B}
	A2G2	5.1033^{s}	5.6100^{m}	5.8400^{k}	6.8533^{c}	5.8517^{D}
متوسط معاملة الملوحة		4.4347^{G}	5.0533^{E}	5.6647^{C}	6.7140^{A}	
$LSD_{\%5}$		الملوحة	الهرمون		التفاعل	
		0.0080	0.0089		0.0252	
CV		0.29				

تُشير الأحرف المتماثلة على مستوى الأعمدة والسطور إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية عند معنوية 0.95

ويُعزى زيادة نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز(SOD) إلى ازدياد معدّل تشكل جذر السوبر أوكسيد الحر مع ازدياد شدّة الإجهاد الملحي في وسط النمو، بسبب تراجع معدّل التمثيل الضوئي، ومن ثمّ إعادة تشكيل المستقبل النهائية للإلكترونات (+NADPH). يُعد الـ SOD من بين مضادات الأكسدة الأنزيمية، بمثابة خط الدفاع الأوّل اتجاه الإجهاد التأكسدي في النبات، حيث يؤدي دوراً مهماً يتمثل في تفكيك Dismutation جذر السوبر أوكسيد الحر ($O2^{-}$) إلى ماء أكسجيني ($H2O2$)، وأكسجين جزئي ($O2$) (Eraslan etal, 2007, 5). وتزداد فعّاليته استجابةً للعديد من الإجهادات اللاحيوية، وتتوقف درجة تحمل الأنواع النباتية للإجهاد التأكسدي على كمية وفعّالية هذا الأنزيم. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Zafar et al (2019)، الذي وجد زيادةً في نشاط هذا الأنزيم مع زيادة مستوى الإجهاد الملحي.

2. تأثير معاملة الرش الورقي بحمضي الأبسيسك والجبريليك في نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT):

تبين أن الازدياد التدريجي في المعاملات الملحية أدى إلى ازدياد تدريجي في نشاط أنزيم الكاتالاز فقد سجلت معاملة الشاهد أدنى القيم (4.18 ,4.29 وحدة/مغ بروتين) بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي بالمقارنة مع باقي المعاملات الملحية بغض النظر عن المعاملة الهرمونية الجدول (5).

ومن جهة أخرى فقد أدت المعاملة بحمضي الجبريليك والأبسيسك إلى تحسين نشاط أنزيم الكاتالاز تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة وذلك بغض النظر عن التركيز المستخدم، كما يظهر الجدول(5) تفوق المعاملة بحمض الأبسيسك ABA (10 ppm) بالتفاعل مع حمض الجبريليك GA_3 (50 ppm) معنوياً على باقي المعاملات في كل مستويات الملوحة المدروسة، حيث سجلت أعلى قيمة لها (7.96، 6.73 ميلليمول /دقيقة/مغ بروتين) عند المستوى الملحي (100 mM) بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي، بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات.

الجدول (5): تأثير المعاملة بحمضي الأبسيسك و الجبريليك في نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) في صنفي الخس المدروسين تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl

الصنف	تركيز حمضي الأبسيسك والجبريليك	ميلليمول /دقيقة/مغ بروتين(CAT)				
		معاملة الملوحة (mM)				متوسط معاملة الهرمون
		0	50	100	150	
كبوس	A0G0	4.1833^{s}	4.8833^{opq}	5.3267^{klmn}	5.4333^{ijklm}	4.9567^{F}
	A1G1	4.5333^{qrs}	4.7067^{pqr}	5.2067^{lmno}	5.7233^{ghijk}	5.0425^{F}
	A1G2	5.2167^{lmno}	5.5633^{ijkl}	6.0267^{efgh}	6.3200^{bcde}	5.7817^{CD}
	A2G1	5.4633^{ijklm}	4.6100^{qrs}	7.9567^{a}	6.7567^{b}	6.1967^{A}
	A2G2	5.3500^{klm}	4.5667^{qrs}	6.1267^{defg}	6.2600^{cdef}	5.5758^{DE}
متوسط معاملة الملوحة		4.9493^{D}	4.8660^{D}	6.1287^{B}	6.0987^{B}	
شنشار	A0G0	4.2967^{rs}	4.8967^{nopq}	5.5533^{ijklm}	5.8667^{fghi}	5.1533^{F}
	A1G1	4.6167^{qrs}	5.1167^{mnop}	$5.8333f^{ghij}$	6.1267^{defg}	5.4233^{E}
	A1G2	5.3233^{klmn}	5.7300^{ghijk}	6.3267^{bcde}	6.4200^{bcde}	5.9500^{BC}
	A2G1	5.6167^{hijkl}	6.1333^{defg}	6.7333^{b}	6.7000^{b}	6.2958^{A}
	A2G2	5.4167^{jklm}	5.8100^{ghij}	6.5400^{bcd}	6.6067^{bc}	$6.0933A^{B}$
متوسط معاملة الملوحة		5.0540^{D}	5.5373^{C}	6.1970^{3AB}	6.3440^{A}	
$LSD_{\%5}$		الملوحة	الهرمون	التفاعل		
		0.1387	0.1551	0.4387		
CV		4.78				

تُشير الأحرف المتماثلة على مستوى الأعمدة والسطور إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية عند معنوية 0.95

الاستنتاجات Conclusions:

- أدى ارتفاع مستوى الإجهاد الملحي إلى ازدياد في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD) وأنزيم الكاتالاز (CAT).
- أدى ارتفاع مستوى الإجهاد الملحي إلى انخفاض في تركيز شاردتي البوتاسيوم والفوسفور، بينما ازداد تركيز شادرة الصوديوم.
- أدت المعاملة المشتركة بحمض الأبسيسك و حمض الجبريليك إلى تحسين جميع المؤشرات الفيزيولوجية بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة هرمونياً وذلك تحت ظروف الإجهاد الملحي المطبق.
- أدى استخدام حمض الأبسيسك (10 ppm) مع حمض الجبريليك (50 ppm) إلى إعطاء أفضل النتائج بالمقارنة مع التراكيز الأخرى، وذلك تحت ظروف الإجهاد الملحي.

التوصيات والمقترحات Recommendations:

- تطبيق المعاملة الهرمونية بحمض الأبسيسك بالتركيز (10ppm) مع حمض الجبريليك (50 ppm) عند الزراعة بظروف الإجهاد الملحي لما لها من دور مباشر في زيادة تحمل النبات لظروف الإجهاد الملحي.

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

References:

1. المجموعة الإحصائية السنوية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لعام 2020 الجمهورية العربية السورية.
2. Al-Maskri, A., Al-Kharusi ,L., Al-Miqbali, H., Khan, M.(2010). Effects of salinity stress on growth of lettuce (Lactuca sativa) under closed-recycle nutrient film technique. Int J Agric Biol 12: 377–380 (2010).
3. Ashraf, M. and Harris, P.J.C. (2005). Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. Haworth Press, New York, USA
4. Campos, M.D.; Nogales, A.; Cardoso, H.G.; Campos, C.; Grzebelus, D.; Velada, I.; Arnholdt-Schmitt, B.(2016). Carrot plastid terminal oxidase gene (dcptox) responds early to chilling and harbors intronic pre-mirnas related to plant disease defense. Plant Gene, 7, 21–25.
5. Coelho, A. F. S. Gomes, E. P. Gloria, M. B. A. (2005). Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. 85:1026-1032.
6. De Pascale, S. and Barbieri, G.(1995). Effects of soil salinity from long-term irrigation with saline-sodic water on yield and quality of winter vegetable crops. Sci. Hort., 64: 145−157.
7. Eraslan, F.,Inal, A., Savasturk ,O., Gunes, A. (2007). Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. Sci Hortic. 114:5–10
8. Gu, L. Chen, J. Yin, J. 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. https://doi.org/10.5194/hess-24-451-2020
9. Hafize Dilek Tepe (2022). Effect of gibberellic acid (GA 3) addition on physiological parameters and metal uptake in Phaseolus vulgaris seedlings under cadmium and lead stress. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology 156 (5) , 1096-1106.
10. Jackson M.L. (1985). Soil chemical Analysis-advanced course, 2nd edn.M. L. Jackson, Madison,Wi.
11. Khodayari, S. Nematollahi, N. Abedini, F. and Rasouli, F. (2021). The response of common bean (Phaseolus vulgaris L.) to salinity and drought stresses and life table parameters of Tetranychus urticae Koch reared on it. Systematic and Applied Acarology, 26(1) :62-74.
12. Kim H-J, Fonseca JM, Choi J-H, Kubota C and Dae YK, Salt in irrigation water affects the nutritional and visual properties of romaine lettuce (Lactuca sativa L.). J Agric Food Chem 56: 3772– 3776 (2008).
13. Kristkova, E. Dolezalova, A. Lebed, A. Vinter,V. and Novotna, A. (2008). Description of morphological characters of lettuce (Lactuca sativa L.) Genetic Resources.Hort.Sci.35(3): 113-129.Czech Academy of Agricultural sciences.
14. Liorach, R. Sachez, A. M. Barberan, F. A. T. Gil, M. I. and Ferrers, F (2008). Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole.Food Chem.108: 1028-1038.
15. Maboco, M. (2007). Leafy lettuce grown in a hydroponics system. 3(3):8.1stfloor, AGRisceta building,529 belvedere street,Arcadia,Pretoria,South Africa.undercover farming
16. 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.
17. Mohammed, M., Weibiao, L., Linli, H., Jihua, Y., Jianming, X., Alejandro C., Yue, W., Zhongqi, Tang. (2020). Foliar application of abscisic acid mitigates cadmium stress and increases food safety of cadmium-sensitive lettuce (Lactuca sativa L.) genotype,10(8) : 9270

18. Mphande, W. Kettlewell, P.S.Grove, I.G.and Farrell,A. D.(2020). The potential of antitranspirants in drought management of arable crops: A review. Agricultural Water Management,236: 1-70. Elsevier. ISSN 0378-3774, https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106143.
19. Munns, R., (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ., 25: 239–250.
20. Murshed, R. Lopez-Lauriand and H. Sallanon. (2008). Microplate quantification of enzymes of the plant ascorbate–glutathione cycle, Anal ytical Biochemistry, 383: 320–322
21. Peech, M. Alexander, L. Dean, L. and Reed, J. F. (1947). Methods of soil analyses for soil fertility investigations. U.S.Dept.Agr.C.757.P.25.
22. Reuter, D. J. and Robinson, J. B. (1997). Plant analysis: an interpretation manual (2nd edition). CSIRO publ., Australia.
23. Safdar H, Amin A, Shafiq Y. (2019). A review: impact of salinity on plant growth. Nat. Sci. 17:34-40.
24. Talaat, N. B., Shawky, B.(2014). Modulation of the ROS scavenging system in salt-stressed wheat plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. J Plant Nutr Soil Sci., 177:199-207.
25. Tarek, S., Yousry, B., Tarek, A., Nevien, E., Attila, S., Hassan El-Ramady.,(2017) Selenium fortification induces growth, antioxidant activity, yield and nutritional quality of lettuce in salt-affected soil using foliar and soil applications. Plant and Soil .421 (1-2) , 245-258. https://doi.org/10.1007/s11104-017-3458-8.
26. Tendon, H. .L.S. (2005). Methods of analysis of soils, plants, waters, fertilizers and organic manures. New Delhi: India. Fertilizser Development and Consultation Organization.
27. Tsegay, B.; and Andargie, M. (2018). Seed priming with gibberellic acid (GA3) alleviates salinity induced inhibition of germination and seedling growth of Zea mays L., Journal of Crop Science and Biotechnology, 21(3), 261–267.
28. Ünlükara, A., Cemek, B., Karaman, S., Erşahin, S. (2008). Response of lettuce (Lactuca sativa var. crispa) to salinity of irrigation water. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 36: 265-273.
29. Verma, V., Ravindran, P., & Kumar, P. P. (2016). Plant hormone-mediated regulation of stress responses. BMC plant biology, 16(1), 1-10.
30. Vysotskaya ,L.B., Arkhipova, T., Kudoyarova, G. (2018). Effects of Spraying Abscisic Acid on Photosynthetic Physiology of Lettuce Seedlings under Salt Stress. Journal of Plant Physiology 220 69.
31. Waleed, A.; Abido, A. (2019). Effect of gibberellic acid on germination ofsix wheat cultivars under salinity stress levels. Asian Journal of Biological Sciences, 12(12),: 51-60. Doi: 10.3923/agbs.51.60.
32. Zafar, S., Z. Hasnain, S. Anwar, S. Perveen, N. Iqbal, A. Noman and M. Ali. (2019). Influence of melatonin on antioxidant defense system and yield of wheat (Triticum aestivum l.) genotypes under saline condition. Pak. J. Bot., 51(6): 1987-1994.