



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم علوم البستنة

تأثير الرش الورقي بحمض الأبسيسك وحمض الجبرليك في نمو وإنتاجية نبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

رسالة أعدت لنيل درجة الدكتوراة في علوم البستنة

كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

إعداد الطالبة

م. سوسن ابراهيم البشارة

إشراف

أ.د. رولا بايرلي

الأستاذ في قسم علوم البستنة

كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

2024م _ 1445هـ

نوقشت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراة في الهندسة الزراعية، في كلية الزراعة، جامعة دمشق، قسم علوم البستنة وأجيزت بتاريخ 2024/6/5 من قبل لجنة الحكم المؤلفة من السادة:

أ. د. رولى بايرلي: الأستاذ في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً مشرفاً)

أ. د. خليل المعري: الأستاذ في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

أ. د. حسان عبيد: الأستاذ في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

د. بسام أبو ترابي: الأستاذ المساعد في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

د. فهد البسكي: الباحث في الهيئة العامة للتقانة الحيوية، جامعة دمشق. (عضواً)

شهادة

نشهد بأن العمل المُقدّم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة سوسن البشارة بإشراف الدكتورة رولا بايرلي، الأستاذ في قسم علوم البستنة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، وأن أية مراجع أخرى ذُكرت في هذه الرسالة موثقة في النص.

المشرف العلمي
أ. د. رولا بايرلي

المرشحة
سوسن البشارة

Certificate

We hereby certify that the work described in this thesis is the result of a scientific research, performed by the candidate **Sawsan ALbshara**, under the supervision of Dr. **Rola Bayrly**, Professor at Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Damascus University. All reference books resorted to by the researcher has been checked by the text.

Candidate: Sawsan ALbshara

Supervisor: Prof. Dr. Rola Bayrly

تصريح

أُصرح بأنّ البحث الموصوف في هذه الرّسالة تحت عنوان (تأثير الرش الورقي بحمض الأبسيسك وحمض الجبرلييك في نمو وإنتاجية نبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي) لم يسبق أن قُدّم للحصول على أية درجة جامعية أخرى، وهو غير مُقدّم حالياً لذلك، وأن الأعمال والنتائج المذكورة جميعها هي جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرف العلمي، وقد نُسبت أية معلومات أو نتائج أخرى ذُكرت في الرّسالة إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المرشحة

سوسن البشارة

Declaration

I declare that the present research entitled " **Effect of Foliar application with Absciscic acid and gibberellic acid on growth and productivity of Lettuce plant under salt stress conditions**" is a new research work that has never been studied by any other researchers for any other degree, and currently it is not submitted by anyone for any degree.

Candidate: Sawsan ALbshara

شكر وتقدير

بكل التقدير والاحترام أتوجه بالشكر والامتنان لمن نصحتني وأرشدتني، وتفضلت مشكورة بالإشراف على هذه الرسالة الأستاذ الدكتور رولا بايرلي.

أشكر لجنة الحكم لجهودها المبذولة في تحكيم هذا البحث وتوجيهاتهم القيمة التي أدت إلى رفع سوية البحث وإغنائه بخبراتهم العلمية.

أوجه شكري لجامعة دمشق ولإدارة كلية الزراعة بجامعة دمشق متمثلة بالسيد العميد والنائبين العلمي والإداري لدعمهم المستمر للبحث العلمي.

وأشكر أسرتي:

صاحب الفضل الأول وأحلى مافي أيامي

أبي الحبيب رحمه الله

نعب الحنان إلى من أنسى بعطفها شقاء أيامي

أمي الحبيبة

رفيق دربي وشمعة أيامي إلى من علمني الإصرار لتحقيق حلمي.....

زوجي الحبيب

الورود التي رافقتني رحلة المشقة..... الشموع التي أعطتني الأمل.....

أولادي

من كانوا عوناً لي على الدوام..... رفقاء درب وسند العمر

إخوتي وأخواتي

الملخص

نُفذ البحث في مزرعة أبو جرش/ كلية الهندسة الزراعية/ جامعة دمشق، سورية خلال عامي (2020-2021) و(2021-2022) بهدف دراسة تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك (GA_3) والرش الورقي بحمض الأبسيسك (ABA) في نمو وإنتاجية صنفين من نبات الخس (كبوس وشنشار) تحت ظروف الإجهاد الملحي المحدث باستعمال ملح الطعام NaCl. تمت الزراعة تحت أربعة مستويات مختلفة من NaCl (0, 50, 100, 150 mM)، تم نقع البذور بحمض الجبريليك (GA_3) بالتركيز (0, 50, 100 ppm)، ثم طبق الرش الورقي بحمض الأبسيسك (ABA) وفق التركيز (0, 5, 10 ppm). أظهرت النتائج أن الزيادة التدريجية في مستوى الملوحة أثرت سلباً في معظم المؤشرات المدروسة (الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية)، بينما حسنت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك جميع المؤشرات المدروسة بالمقارنة مع النباتات الشاهد تحت جميع مستويات الملوحة المدروسة. وبالمقابل حققت معاملة التفاعل بين معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسك (10 ppm) أفضل القيم عند التركيز الملحي الأدنى (28.27، 33.39 سم، 52.59، 61.28 ورقة/نبات، 91.61، 98.56 سم² للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) بالنسبة للمؤشرات الشكلية (طول النبات، عدد الأوراق، المساحة الورقية) بالمقارنة مع باقي المعاملات، وبالإضافة لذلك فقد أعطت ذات المعاملة أفضل النتائج بالنسبة لنشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة (SOD, APX, CAT) (5.98، 6.11، 35.93 ميكرومول/د/مغ بالنسبة للصنف كبوس) وذلك عند المستويات الملحية المرتفعة (100, 150 mM)، وقد بلغت الإنتاجية أعلى قيمة لها (18402، 17609 كغ/هـ) عند المستوى الملحي الأدنى و معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسك (10 ppm).

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

Index of Contents فهرس المحتويات

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
الفصل الأول المقدمة Introduction		
1-1	المقدمة Introduction	2
2-1	مشكلة البحث Research problem	4
4-1	تساؤلات البحث Research questions	5
5-1	فرضيات البحث Research hypotheses	5
6-1	مسلمات البحث Research justifications	5
7-1	أهداف البحث Research objectives	6
8-1	أهمية البحث Research relevance	7
9-1	محددات البحث Research Site	7
10-1	مسوغات البحث Research justifications	7
الفصل الثاني الدراسة المرجعية Literature Review		
1-2	تأثير الإجهاد الملحي في نمو وإنتاجية نبات الخس	13
2-2	تأثير الرش الورقي بحمض الأبسيسك في نمو وإنتاجية نبات الخس	21
3-2	تأثير المعاملة بحمض الجبرليك في نمو وإنتاجية نبات الخس	27
الفصل الثالث مواد البحث وطرائقه Materials and methods		
1-3	مكان تنفيذ التجربة Research site	32
2-3	المادة النباتية Plant material	32
3-3	طرائق البحث Research Methods	33

33	4-3- المعاملات المدروسة Investigated treatments
34	5-3- الصفات المدروسة Investigated traits
34	1-5-3 الصفات الشكلية
34	1-1-5-3 طول النبات (سم)
34	1-2-5-3 عدد الأوراق في النبات (ورقة. نبات ¹)
35	1-3-5-3 المساحة الورقية للنبات (سم ²)
35	2-5-3 الصفات الفيزيولوجية
35	1-2-5-3 الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ)
35	2-2-5-3 الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)
35	3-2-5-3 محتوى الماء النسبي (%)
35	4-2-5-3 محتوى الكلوروفيل (مع.غ ¹)
36	5-2-5-3 محتوى البرولين (مع.غ ¹)
36	6-2-5-3 تركيز الآزوت (%)
37	7-2-5-3 تركيز الفوسفور (%)
37	8-2-5-3 تركيز البوتاسيوم (%)
37	3-5-3 الصفات النوعية
37	1-3-5-3 تركيز الكاروتينات
38	2-3-5-3 تركيز الأنتوسيانينات
38	4-5-3 الصفات البيوكيميائية
38	1-4-5-3 نشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية
39	1-4-5-3 نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديسموتاز SOD Activity
40	2-4-5-3 نشاط أنزيم الأسكوربات بيروكسيداز APX Activity
41	3-4-5-3 نشاط أنزيم الكاتالاز CAT Activity
41	2-4-5-3 تركيز مضادات الأكسدة غير الأنزيمية
41	1-2-5-3 تركيز حمض الأسكوربيك
42	5-5-3 المؤشرات الإنتاجية
42	1-5-5-3 الغلة (كغ.ه ¹)
42	6-3- التحليل الإحصائي

الفصل الرابع المناقشة والنتائج Results and discussion	
44	4-1- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك في نسبة الإنبات لبذور نبات الخس (%) تحت ظروف الإجهاد الملحي.
45	4-2- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك سرعة إنبات بذور نبات الخس (بذرة/ يوم) تحت ظروف الإجهاد الملحي.
46	4-3- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في طول نبات الخس (سم) تحت ظروف الإجهاد الملحي.
47	4-4- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في عدد الأوراق (ورقة. نبات ⁻¹) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
48	4-5- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في المساحة الورقية (سم ²) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
49	4-6- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في الوزن الرطب (غ) للمجموع الخضري لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
50	4-7- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في الوزن الجاف (غ) للمجموع الخضري لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
51	4-8- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الماء النسبي (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
52	4-9- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الكلوروفيل a (مع. غ. غ ⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
53	4-10- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الكلوروفيل b (مع. غ. غ ⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
54	4-11- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في البرولين (مع. غ. غ ⁻¹) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
55	4-12- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز الأزوت (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
57	4-13- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز الفوسفور (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
58	4-14- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز البوتاسيوم (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
59	4-15- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الكاروتين (مع. غ. غ ⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
61	4-16- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في

	محتوى الأنتوسيانين (مع. غ ⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
62	4-17- تأثير معالجة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزمو تاز SOD (ميكرومول/دقيقة/مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
63	4-18- تأثير معالجة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في نشاط أنزيم الأسكوربات بيروكسيداز APX (ميكرومول.دقيقة.مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
64	4-19- تأثير معالجة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في نشاط أنزيم الكاتالاز CAT (ميكرومول.دقيقة.مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
66	4-20- تأثير معالجة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز حمض الأسكوربيك (ميكرومول.دقيقة.مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
67	4-21- تأثير النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في الإنتاجية (كغ.هكتار ⁻¹) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
74	الفصل الخامس 5-1- التوصيات والمقترحات
77	الفصل السادس 6-1- المراجع

فهرس المحتويات Index of Form

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
1	صنف الخس كبوس	32
2	صنف الخس شنشار	33
3	المنحنى المعياري لمحلول بارد فوردي.	39
4	المنحنى المعياري لأنزيم السوبر أوكسيد ديسموتاز.	40
5	المنحنى المعياري لحمض الأسكوربيك.	41

فهرس الجداول Index of Tables

الرقم	العنوان	الصفحة
1	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك في نسبة الإنبات لبذور نبات الخس (%) تحت ظروف الإجهاد الملحي.	44
2	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك سرعة إنبات بذور نبات الخس (بذرة. يوم ⁻¹) تحت ظروف الإجهاد الملحي.	45
3	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في طول نبات الخس (سم) تحت ظروف الإجهاد الملحي.	47
4	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في عدد الأوراق (ورقة. نبات ⁻¹) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	48
5	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في المساحة الورقية (سم ²) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	49
6	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في الوزن الرطب (غ) للمجموع الخضري لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	50
7	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في الوزن الجاف (غ) للمجموع الخضري لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	51
8	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الماء النسبي (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	52
9	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الكلوروفيل a (مع. غ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	53
10	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الكلوروفيل b (مع. غ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	54
11	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في البرولين (مع. غ ⁻¹) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	55
12	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز الآزوت (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	56
13	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز الفوسفور (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	57
14	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز البوتاسيوم (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	59
15	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الكاروتين (مع. غ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.	60

61	16	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في محتوى الأنتوسيانين (مع. غ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
63	17	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزمو تاز SOD (ميكرومول. دقيقة. مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
64	18	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في نشاط أنزيم الأسكوربات بيروكسيداز APX (ميكرومول. دقيقة. مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
65	19	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في نشاط أنزيم الكاتالاز CAT (ميكرومول. دقيقة. مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
67	20	تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز حمض الأسكوربيك (ميكرومول. دقيقة. مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.
68	21	تأثير النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في الإنتاجية (كغ. هكتار ⁻¹) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.

قائمة الاختصارات والمصطلحات العلمية

FAO	Food and Agriculture Organization of the UN	منظمة الأغذية والزراعة العالمية
ROS	Reactive oxygen species	أنواع الأوكسجين النشطة
Gs	Stomatal conductance	الناقلية المسامية
T	Transpiration	فقد المياه بالنتج
CO ₂	Carbon dioxide	غاز ثاني أوكسيد الكربون
ATP	Adenosine Triphosphate	الأدينوسين ثلاثي الفوسفات
O ₂	Oxygen	الأوكسجين الجزيئي
O [•] -2	Superoxide radical	جذر السوبر أوكسيد الحر
H ₂ O ₂	Hydrogen peroxide	جذر الماء الأوكسجيني

OH•-	Hydroxyl radical	جذر المئات الحر
A	Assimilation rate	معدل التمثيل الضوئي
NAR	Net assimilation rate	معدل صافي التمثيل الضوئي
PGR	Plant growth regulators	منظمات النمو النباتية (الهرمونات)
Ψ _w	Water potential	الجهود المائي
DNA	Deoxyribonucleic acid	الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين
RNA	Ribonucleic acid	الحمض النووي الريبوزي
SOD	Superoxide dismutase enzyme	أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز
APX	Ascorbate peroxidase enzyme	أنزيم الأسكوربات بيروكسيداز
CAT	Catalase enzyme	أنزيم الكاتالاز

GSH	Glutathione	الغلوتاثيون
POD	Peroxidase enzyme	أنزيم البيروكسيداز
ABA	Absciscic acid	حمض الأبسيسيك
GR	Glutathione reductase enzyme	أنزيم إرجاع الغلوتاثيون
Chl.a	Chlorophyll (a)	الليخضور (أ)
Chl.b	Chlorophyll (b)	الليخضور (ب)
Caro	Carotenoids	الكاروتينات (الأصبغة البرتقالية)
MDA	Malondyaldehyde	المالونيل دي ألدهيد
RWC%	Relative water content	محتوى الماء النسبي في الأوراق
TSP	Total soluble proteins	البروتينات الذوابة الكلية
EL	Electrolyte leakage	تسرب الذائبات
POX	Peroxidase enzyme	أنزيم البيروكسيداز

PEG	Polyethylene glycol	السكر عديد الجلوكوز الإيثلي
AsA	Ascorbic acid	حمض الأسكوربيك (فيتامين C)
GSSG	Glutathione disulfide	ثنائي كبريتيد الغلوتاثيون
MDHAR	Monodehydroascorbate reductase enzyme	أنزيم مونوديهدرو أفسوربات ريدوكتاز
DHAR	Dehydroascorbate reductase enzyme	أنزيم ديهدرو أفسوربات
Rubisco	Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase	أنزيم روبيسكو
FW	Fresh weight	الوزن الرطب
TW	Turgid weight	الوزن الرطب المشبع
DW	Dry weight	الوزن الجاف
CRD	Complete randomized design	التصميم العشوائي الكامل
LSD	The least significant difference	أقل فرق معنو ي
CV	Coefficient of variation	معامل الاختلاف
WUE	Water use efficiency	كفاءة استعمال المياه
C ₃ PCR	the C ₃ photosynthetic carbon reduction cycles (Calvin)	حلقة ارجاع الكربون الثلاثية (حلقة الفن)
ETC	Electron transport chain	سلسلة انتقال الإلكترونات
P5cs	Δ -1-pyrroline-5-carboxylate synthetase gene	المورثة المسؤولة عن أنزيم Δ -1-pyrroline-5-carboxylate synthetase
P5C	1-Pyrroline-5-carboxylic acid	حمض 1- برولين-5- كربوكسيل
LCYB	Lycopene β -cyclase enzyme	أنزيم لايكوبين بيتا كاتالاز
RUE	Radiation use efficiency	كفاءة استعمال الضوء

الفصل الأول

الجزء التمهيدي

Inrtodictory Part

1-1 المقدمة Introduction

يُعد الخس (*Lactuca sativa* L.) أحد أهم نباتات الخضار الورقية على مستوى العالم، ذلك كونه من الخضار القليلة التي يستفاد من كامل محتواها الغذائي. حيث يستهلك بصورة طازجة، وهو أيضاً من أهم الخضار الورقية انتشاراً على مستوى العالم (Coelho *et al.*, 2005). وقد بلغت المساحة المزروعة بالخس في العالم 1.239.48 هكتاراً بإنتاجية 27.149.446 طنناً في عام 2022 (FAO، 2022)، ويعود سبب انتشاره الواسع إلى قيمته الغذائية العالية، حيث يُصنّف من النباتات الغنية بالحديد والألياف والفيتامينات وخاصةً فيتامين A و C، كما يحتوي على بعض مضادات الأكسدة كالفيونليك أسيد والكاروتينات (Kim *et al.*, 2016)، وهو أيضاً مهدئاً للأعصاب نظراً لاحتوائه على مادة اللاكتوكاريوم، بالإضافة لأنه مرطباً للمعدة ويستخدم في تسكين الآلام، وإزالة الأورام والالتهابات الجلدية (عطا، 2014).

تنتشر زراعة نبات الخس في بعض المناطق الهامشية التي تكون فيها نسبة الملوحة بمياه الري عالية، والتي تسبب انخفاض معدل نمو النبات، وانخفاض معدل النمو يخفض من إنتاجية المحصول (Conns and Simons, 1987).

تعد مشكلة الملوحة في الزراعة ذات طابع عالمي، وهي مشكلة أكبر في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تشكل حوالي 25 % من مساحة اليابسة، وذلك لأنها من العوامل الرئيسية المؤثرة في نمو المحصول ونوعيته وإنتاجيته في العالم (Munns and tester, 2008).

يعتبر الإجهاد الملحي من الاجهادات البيئية الرئيسية، التي تحد من نمو النبات وإنتاجيته في العديد من المناطق الزراعية في العالم (Zhu, 2001; Vashev *et al.*, 2010; Sah *et al.*, 2016). فهو يؤثر في العديد من العمليات الحيوية، بما في ذلك التمثيل الضوئي، وتخليق البروتين، وأنشطة الإنزيمات، واستقلاب الشحوم والدهون (Li *et al.*, 2012). حيث تتسبب الملوحة العالية في الإجهاد الاسموزي وحدوث التسمم الأيوني، والإجهاد التأكسدي مع أنواع مختلفة من الأوكسجين النشط (ROS) مؤدية لتشكيل بيروكسيد الدهون والبروتينات الغشائية، وتخریب هياكل الأغشية الخلوية وموت الخلايا في النهاية (Qureshi *et al.*, 2013; Julkowska and Testerink, 2015). إضافة إلى دور الملوحة المباشر في تقليل معدل امتصاص الماء والمواد الغذائية وزيادة تركيز عنصري الصوديوم والكلور (Tulipani *et al.*, 2008; Machado and Serralheiro, 2017). وتعتبر الأملاح عموماً وملح كلوريد الصوديوم خصوصاً من أكثر الأملاح تأثيراً في نمو الحاصلات البستانية وإنتاجيتها (Munns and Tester, 2008).

النباتات - مثل أي كائن حي- تعتمد على منظمات داخلية المنشأ لتعديل النمو والتطور تحت ظروف الإجهاد المختلفة من أجل البقاء، تعد الهرمونات النباتية الجزيئات الأساسية الداخلية المنشأ المشاركة في تحمل الإجهادات المختلفة متضمنة الإجهاد الملحي. حيث أكدت الأبحاث الأخيرة على الأدوار الوظيفية للهرمونات في الاستجابة للظروف البيئية غير المرغوبة من خلال خفض سرعة عمليات النمو استجابة للضغط الذي يسبب إما تغيرات على الأيونات بالميتوبلازما أو العلاقات المائية، وقد كان لنشاط هرموني الجبريليك والأبسيسيك الدور الأقوى في زيادة تنظيم عملية النمو (Mahmud *et al.*, 2019).

الهرمونات النباتية (منظمات النمو) هي مركبات عضوية طبيعية تتجهها النباتات، وتؤثر في عملياتها الإستقلابية والكيميائية، وفي أنشطتها الفيزيولوجية والمظاهر المختلفة لنموها. تتميز هذه المنظمات بأنها غير نوعية التأثير، إذ يُمكن لكل منها أن يتحكم بصفات عدة، وتعد الهرمونات نواقل كيميائية تنتقل إلى جميع أجزاء النبات لمساعدته في الاستجابة إلى تغيرات تحدث في بيئة الكائن الحي الداخلية والخارجية، ومن شأنها أن تحدث تأثيراً داخل الكائن الحي (بايرلي وعبيد، 2018). تصنف منظمات النمو النباتية في مجموعتين : مجموعة منشطات النمو النباتي وتضم منظمات النمو الطبيعية التي تتكون خاصة في مراكز معينة في النباتات المختلفة، وهي الأوكسينات، الجبريلينات، السيتوكينينات، الإثيلين، ومجموعة مثبطات النمو النباتي وتضم المنظمات التي تتكون في أعضاء خاصة من النباتات وهي حامض الأبسيسيك، والفينولات (Upreti and Sharma, 2016).

تعمل منظمات النمو النباتية، على تنظيم نمو النبات من خلال تشجيع أو تثبيط أو تعديل العمليات الفيزيولوجية في النبات (Thiruvengadam *et al.*, 2016)، وتؤدي إضافتها من مصادر صناعية إلى تحفيز العمليات الحيوية والفيزيولوجية المرتبطة بنمو النباتات وتطورها وخاصة تحت ظروف الإجهادات اللاحيوية، حيث تُسبب تخليق/ تراكم مجموعة متنوعة من المكونات النباتية التي تمنح النباتات المقدرة على تحمل الإجهادات اللاحيوية، ولاسيما الإجهاد التأكسدي (Sabagh *et al.*, 2019).

يُعد حمض الأبسيسيك Absciscic acid (ABA) من الهرمونات الأكثر أهمية، ويرتبط تركيزه في النسغ الناقص بمستوى تحمل الإجهاد، ويرجع ذلك إلى أن الظروف البيئية غير المناسبة مثل الجفاف، والملوحة، والحرارة المرتفعة تؤدي إلى زيادة كبيرة في معدل تصنيع وتراكم حمض الأبسيسيك (Qiao *et al.*, 2017)، ويُساعد ABA في تنظيم استجابات النباتات لتلك الإجهادات على مستوى النبات الكامل وأيضاً على المستوى الخلوي (Amandeep *et al.*, 2011).

يؤدي حمض الأبسيسك كثيراً من الأدوار الرئيسية في تنظيم دورة حياة النباتات واستجابتها للعوامل البيئية (Buran *etal.*, 2012)، حيث يؤدي دوراً مهماً في تحسين تحمل النباتات لظروف العجز المائي الناجم عن جفاف التربة، ويُعدّ ABA إشارة كيميائية مبكرة تُصنع في الجذور وتُرسل مع تيار النسغ الناقص خلال الأوعية الخشبية إلى المجموع الخضري (الأوراق) لحثها على التكيف السريع مع ظروف العجز المائي الحاصل في التربة من خلال الانغلاق الجزئي للمسامات، وحدوث تبدلات استقلابية (Christman *etal.*, 2006).

يعتبر الجبريليك الهرمون النباتي المسؤول عن تحفيز إنبات البذور وتحفيز استطالة الخلايا وانقسامها، يُنتج في البداية بواسطة البذور عندما تصبح الظروف ملائمة للنمو (الدفء، والرطوبة، ووفرة الأكسجين)، يلعب الجبريليك دوراً حيوياً في نمو النبات، حيث يعمل على تنشيط العديد من العمليات الحيوية (Nasri *etal.*, 2012). وتتمثل أهم وظائف هرمون الجبريليك في تحفيز إنتاج الإنزيمات التي تكسر مخازن الغذاء النشوي في البذور إلى سكريات بسيطة وأحماض أمينية. تمكن هذه السكريات خلايا جنين النبات من البدء في عملية التنفس، وتمكنها الأحماض الأمينية من إنتاج البروتينات؛ ما يؤدي إلى نمو الساق والجذور، وعندما تبلغ الساق طولاً كافياً لتصبح فوق سطح التربة وتمتص الضوء، يبدأ النبات بإجراء عملية البناء الضوئي ليحصل على الغذاء (Verma *etal.*, 2016).

1-2- مشكلة البحث Research Problem

تعدّ الملوحة من أهم الإجهادات الرئيسية التي تؤثر سلباً في نمو الأنواع النباتية وإنتاجيتها، خاصة في المناطق الجافة، ونتيجة لموقع سورية الجغرافي ضمن المنطقة الجافة وشبه الجافة، وبسبب محدودية كميات الأمطار المتساقطة سنوياً، أصبحت الزراعة تعتمد اعتماداً مباشراً على الري في سد الاحتياجات المائية للنباتات. ونظراً لشح مصادر المياه العذبة وقلة توفر كمياتها المستخدمة للري، فقد تحولت الأنظار إلى استخدام مياه تحتوي على نسب محددة من الأملاح لأغراض الزراعة، وإن استعمال مثل هذه المياه في ري المحاصيل الزراعية من شأنه أن يؤدي إلى إحداث تغيرات كيميائية وفيزيائية وخصوصية في صفات التربة، وما يتبعه من أضرار على النباتات، لذا بات من الضروري البحث عن وسائل لتقليل آثار الإجهاد الملحي، يعد الخس من النباتات المتوسطة الحساسية للملوحة.

اعتمدت الكثير من الدول على وسائل وتقنيات مختلفة للحد من آثار الملوحة، كعملية استصلاح وإعادة تأهيل الأتربة المتملحة من خلال إنشاء شبكات الصرف العميق وغسيل التربة، إلّا أن استخدام مثل هذه التقنيات تتطلب الكثير من الجهد والوقت (Alam, 1999; Sharma *etal.*, 2012).

لذلك كان لابد من الوصول لحل بديل وسريع لتعزيز تحمل النباتات للإجهادات، لذلك استخدمت منظمات النمو النباتية (الهرمونات)، حيث تعمل على تنظيم نمو النبات من خلال تشجيع أو تثبيط العمليات الفيزيولوجية في النبات، وتؤدي إضافتها من مصادر صناعية إلى تحفيز العمليات الفيزيولوجية المرتبطة بنمو النبات خاصة تحت ظروف الإجهادات اللاحيوية، ومن أهم منظمات النمو حمض الجبريليك (Hamayun *et al.*, 2010)، وحمض الأبسيسيك (Waleed and Abido, 2019).

1-3- تساؤلات البحث Research Questions

- 1- هل يعمل النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك على تحسين تحمل نبات الخس للإجهاد الملحي، وتحسين المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية ؟
- 2- ما مدى تأثير استخدام الرش الورقي بحمض الأبسيسيك و معاملة النقع بحمض الجبريليك معاً في زيادة إنتاجية النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي؟
- 3- ما هي أفضل المعاملات المشتركة لحمض الأبسيسيك وحمض الجبريليك في تخفيض الأثر الضار للإجهاد الملحي؟
- 4- أي الأصناف المدروسة هي الأكثر تحملاً لظروف الإجهاد الملحي؟

1-4- فرضيات البحث Research Hyptheses

يفترض البحث إيجاد علاقة بين نقع البذور بحمض الجبريليك واستخدام الرش الورقي بحمض الأبسيسيك مع زيادة تحمل النبات لظروف الإجهاد الملحي من جهة، والحفاظ على إنتاجية الخس تحت ظروف الإجهاد من جهة أخرى.

1-5- مسمّات البحث Research Justification

يقلل الإجهاد الملحي من نمو وإنتاجية النبات بدرجات مختلفة اعتماداً على الأنواع النباتية، ووقت حدوثه وطول مدة تعرض النبات له، كما تعتمد درجة تأثيره في النبات على نوع العضو النباتي ومرحلة النمو والتطور (Sinhababu and Kar, 2003). حيث يمكن ملاحظة تأثير هذا الإجهاد في معايير النمو كإنخفاض طول النبات، وطول الجذور، وعدد الأوراق، والوزن الرطب والجاف للمجموع

الخضري، فضلاً عن ذلك فإنه يؤثر بشكل سلبي في كفاءة عملية التمثيل الضوئي، ومحتوى الماء النسبي، والكلوروفيل والسكريات والبرولين (Kappor *et al.*, 2020).

تُعد الخضر الورقية وبخاصة الخس من الخضر متوسطة الحساسية للملوحة أو الإجهاد الملحي وذلك لضعف انتشار مجموعته الجذرية وسطحيتها، إنَّ نمو النبات تحت ظروف الإجهاد يؤدي إلى تغيرات في المؤشرات الشكلية والفيزيولوجية، مما ينعكس بشكل سلبي على نمو النبات وإنتاجيته تحت ظروف الإجهاد (Coelho *et al.*, 2005).

يعد حمض الأبسيسك من الهرمونات النباتية العامة التي تساعد في التحكم برد فعل النباتات تجاه الإجهادات البيئية المحيطة، وبالتالي يؤثر في العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية (Wang *et al.*, 2019)، ويعمل أيضاً على تنظيم الجهد الأسموزي للخلايا النباتية، ومحتوى الكلوروفيل، وانقسام الخلايا، بالإضافة إلى مقاومة النبات للإجهادات من خلال زيادة معدّل تشكل جذور الأوكسجين الحرة (Sah *et al.*, 2016).

يعمل حمض الجبريليك على كسر سكون البذرة الفيزيولوجي دون الحاجة للتضيد من أجل تعويض الاحتياجات الضوئية مما يزيد من نسبة الإنبات وانتظامه واختصار مدته، كما ينشط انقسام واستطالة الخلايا مما يزيد من النمو الخضري (خاصة النمو الطولي)، ويؤدي دوراً كبيراً في تنظيم الآليات المختلفة للنبات تحت الظروف البيئية المختلفة مثل الجفاف، والملوحة (Iqbal, 2008).

1-6- أهداف البحث Research Objectives

1. تقييم استجابة نبات الخس للرش الورقي بحمض الأبسيسك وحمض الجبريليك، وتأثيرها في الصفات الشكلية والفيزيولوجية تحت ظروف الإجهاد الملحي.
2. تقييم استجابة نبات الخس للرش الورقي بحمض الأبسيسك وحمض الجبريليك، وتأثيرها في إنتاجية النبات وغلته تحت ظروف الإجهاد الملحي.
3. تحديد أفضل المعاملات الهرمونية المطبقة في تحسين نمو وإنتاجية النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي.

1-7- أهمية البحث Research Velevance

تُعد مشكلة الملوحة العامل الأبرز في الحد من إنتاجية النباتات، فضلاً عن الحد من التوسع في زراعة المحاصيل الإقتصادية كالخس، لذلك أصبح من الضروري البحث عن وسائل تمكن النباتات من تحمل ملوحة التربة لتحقيق إنتاج جيد، وأحد هذه الوسائل هو استخدام الرش بمنظمات النمو النباتية التي تعمل على التقليل النسبي من فقد الماء بالنتح والمحافظة على ضغط امتلاء مناسب داخل الخلايا لاستمرار نموه وقيامه بالعمليات الإستقلابية اللازمة. ومن هنا تكمن أهمية البحث في إبراز دور الرش الورقي بحمض الأبسيسك والنقع حمض الجبريليك في تحقيق النتائج المرجوة في الحفاظ على نمو النبات وإنتاجيته تحت ظروف الإجهاد الملحي.

1-8- محدوديات البحث Research site

استخدم في هذه الدراسة صنفين من نبات الخس (*Lactusa sativa L.*) (صنف كبوس، صنف شنشار)، حيث تم الحصول على البذور من مراكز معتمدة لبيع البذار، وبالنسبة للحدود الزمنية فقد نُفذت هذه الدراسة في الموسمين (2020-2021)، (2021-2022) وتمت الزراعة في شهر أيلول واستمرت حتى مرحلة أخذ القراءات والقطاف في شهر كانون الأول، أما الحدود المكانية فقد أنجزت هذه الدراسة في مزرعة أبو جرش في كلية الزراعة - جامعة دمشق.

1-9- مسوّغات البحث Research justifications

تعد عملية استصلاح وإعادة تأهيل الأتربة المتملحة من خلال إنشاء شبكات الصرف العميق وغسيل التربة واستعمال مياه صالحة للري، غير مجدية من الناحيتين العملية والإقتصادية حيث تتطلب مثل هذه العمليات الكثير من الجهد والمال (Alam *et al.*, 2020). لذلك تعد عملية تحسين تحمل الأنواع النباتية للإجهاد الملحي من الحلول السريعة الناجعة على المدى البعيد في مكافحة خطر التملح (Epestein *et al.*, 1980).

يُعد الخس أحد أهم المحاصيل الخضرية من حيث الإنتاج على مستوى العالم، وهو متوسط الحساسية للملوحة. ونظراً لزيادة مساحة المناطق الجافة، ونتيجةً لنقص الموارد المائية في السنوات الأخيرة، أصبحت استجابة النبات في الترب المالحة من أهم المواضيع الزراعية التي يهتم بها الباحثون في مجال الزراعة والإنتاج النباتي نظراً لارتباطها الوثيق بمصدر غذاء الإنسان، فاهتم العلماء بدراسة تأثير الملوحة في نمو وإنتاجية النبات وتطوره.

تعد منظمات النمو من العوامل الرئيسة التي تنظم جميع جوانب حياة أي كائن حي بدءاً من عملية الإخصاب وتطور الأجنة وحتى اكتمال النمو، فضلاً عن دورها في تحسين تأقلم الكائنات الحية مع تغيرات البيئة المحيطة (Wani *et al.*, 2016).

يعد حمض الأبسيسك، هرمون نباتي مسؤول عن تنظيم نمو النبات واستجابات الإجهاد البيئي، مثل تحفيز غلق المسام لمنع فقدان الماء (Barickman *et al.*, 2019)، ومن جهة أخرى فإن الجبريليك يلعب دوراً مهماً في العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية في النبات، وتنظيم الآليات المختلفة للنبات تحت الظروف البيئية المختلفة مثل الملوحة والجفاف والحرارة (Yakoubi *et al.*, 2019).

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

يُعد الخس *Lettuce* (*Lactuca Sativa L.*) أهم محاصيل الخضار التي تتبع رتبة النجميات *Asterales* والفصيلة النجمية *Asteraceae*، ويُعتقد أن الموطن الأصلي للخس هو منطقة البحر الأبيض المتوسط، فقد عُرفت أنواعاً برية منه في وادي النيل منذ أكثر من 4500 سنة، ثم انتقلت إلى بلاد فارس ومنها إلى الصين، كما كان الرومان مولعين بزراعة الخس لما له من خصائص علاجية كثيرة، حيث نقل إليهم من الشمال الأفريقي ليزرع في بريطانيا عام 1520، ثم زرع في أمريكا عام 1726 (حسن، 1991).

يعتقد البعض أن النوع الزراعي من الخس أخذ من الأصل *L. Serriola* الغني بالعصارة اللبنية، فالخس باللغة الإنكليزية يُسمى *Lettuce* وهي مأخوذة من الكلمة اللاتينية *Lac. Lactis* أي الحليب، إن أصناف الخس تقسم إلى عدة مجاميع: الهليون، الورقي، الملفوف، المتناول. تختلف أنواع الخس في الشكل واللون، ومن أهمها الخس المكور الذي يشبه الملفوف والخس الأحمر الغني بالفيتامينات (عطا، 2014)، حيث اهتم العلماء بدراسة هذا النوع من الخس الذي يحوي على أصبغة أنثوسيانية، لجمال أوراقه واحتوائها على كميات كبيرة من الفينولات (Liu et al., 2009)، كما تعد أوراقه مصدر جيد لمضادات الأكسدة الطبيعية التي تؤدي دوراً في الوقاية من أمراض القلب والشرابين (Liorach et al., 2008).

تبلغ المساحة المزروعة بالخس في العالم 1.239.48 هكتاراً وإنتاج قدره 27.149.446 طناً في عام 2022 (FAO, 2022)، وتُعد الصين الدولة الرائدة في إنتاج الخس بمعدل 16.3 مليون طناً تليها أمريكا ومن ثم الهند وإسبانيا (FAO, 2022).

محلياً تبلغ المساحة المزروعة بالخس في سورية 2797 هكتاراً وإنتاجية 56516 طناً وبغلة 20206 كغ. هكتاراً⁻¹ في عام 2020، وتقسم هذه المساحة إلى 2250 هكتاراً مروياً وإنتاجية 46188 طناً، و547 هكتاراً بعلياً وإنتاجية 10328 سورية، أما في عام 2022 فقد بلغت المساحة المزروعة بالخس 1953 هكتاراً وإنتاج قدره 32653 ألف طناً وبغلة قدرها 16719 كغ. هكتاراً⁻¹ (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

نبات الخس من الخضار الورقية الشتوية واسعة الانتشار في كثير من دول العالم وذو نسبة استهلاك عظمى (Coelho et al., 2005)، كونه يُعد مكوناً رئيساً في طبق السلطة على الموائد يُطلق عليه ملك السلطة، فضلاً عن فوائده الغذائية الكبيرة وتعدد الأمراض الذي يفيد في علاجها (عطا، 2014). يتميز الخس بقيمة غذائية عالية لإحتوائه على نسبة عالية من الكالسيوم والحديد ومصدراً جيداً

للفيتامينات مثل فيتامين A و C (Mabboco, 2007)، كما أكد بعض العلماء فائدة الخس في التنازل نظراً لاحتوائه على فيتامين C. بالإضافة لذلك فهو يوصف للأشخاص الذين يعانون من زيادة الوزن لمحتواه المنخفض من الحريات، ويُعد مصدراً جيداً لمضادات الأكسدة كالفينولات والغلوكوسينولات التي تقي من أمراض القلب (Liorach *etal.*, 2008)، ويحتوي على نسبة عالية من الألياف مما يجعله علاجاً جيداً في الإمساك، وكذلك فهو مقوياً للبصر لاحتوائه على فيتامين A، ويستعمل لعلاج التهابات الجلدية والحمرة وآلام الحروق، حيث تستخدم أوراقه على هيئة لزقات موضعية لتسكين الآلام، كما تحتوي أوراق الخس على مادة الكلوروفيل لذلك فهي توصف للتخلص من الروائح الكريهة مثل الثوم والبصل، ويُعد مهدئاً للأعصاب لاحتوائه على مادة اللاكتوكاريوم (Lactucarium)، كما يتميز الخس بكونه مرطباً للمعدة وملين للأمعاء ومهدئاً للسعال الشديد، كما تستخدم بذوره كمادة منومة ومسكنة للآلام (عطا، 2014) كما يحتوي 100 غ من الخس على 94.6 غ ماء و 3.29 غ كربوهيدرات و 1.23 غ بروتين، كما يحوي على 247 مغ بوتاسيوم و 33 مغ كالسيوم و 4 مغ فيتامين C و 17 غ كيلو كالوري (USDA National Nutrient Database, 2008).

يتميز الخس بجذر وتدي غير متعمق في التربة ومجموعة كبيرة من الجذور الجانبية تنتشر على عمق 30-35 سم من الطبقة السطحية تنفرع بدورها في كافة الاتجاهات لتكون مجموعة جذرية تنتشر بشكل كبير (أبو ترابي وآخرون، 2003). الساق قصيرة لحمية لا يتجاوز طولها 10 سم، وقد تكون أقصر من ذلك في الأصناف التي لا تشكل رؤوساً مندمجة، والأوراق بسيطة تتوضع بشكل متبادل ومتزاحم. تختلف الأصناف في قدرتها على تشكيل رؤوس مندمجة، فالخس الهليونى والمشرشر من الأصناف التي لا تكون رؤوس، أما الخس الملفوفى والخس المتناول فهي من الأصناف التي تكون رؤوساً (أبو ترابي وآخرون، 2005).

تكون ساق الخس قصيرة في موسم النمو الأول؛ حيث لا يزيد طولها على 10 سم، وتكون أقصر في بعض الأنواع، كما تستطيل في موسم النمو الثاني - أي عند الإزهار - وتختلف الأوراق في شكلها ولونها وحجمها حسب الصنف، كما تنمو الأوراق بشكل متبادل ومتزاحم على ساق النبات، وتكون الأوراق الأولى كبيرة الحجم غير ملتفة أما الأوراق المتكونة بعد ذلك فقد تلتف الثقافاً كاملاً لتكون رأساً مندمجة أو تتجه بقمتها فقط نحو المركز لتكون رأساً هشاً، أو تنمو متباعدة غير ملتفة، ويوجد بإبط كل ورقة برعم، وينمو أغلبها في موسم النمو الثاني، ليكون شماريخ زهرية، وتكون أزهار الخس كاملة ولها تويج شريطي الشكل (حسن، 1991).

الخس من نباتات الفصول الباردة، كما ينمو في الجو المعتدل المائل للبرودة، وتتراوح درجة الحرارة المثلى لإنبات البذور بين 15-22 درجة مئوية، كما يكون الإنبات بطيئاً في درجات الحرارة المنخفضة وتدخل البذور في طور سكون في درجات الحرارة العالية من 26-30 درجة مئوية. كما تؤدي درجات الحرارة العالية وقلة الري إلى دفع النبات نحو الإزهار مما يسبب تدهوراً في صفات الجودة، وكذلك فإن درجة الحرارة المناسبة لنموه الخضري تتراوح بين 18-19 درجة مئوية، كما يعد الخس نبات شديد الحاجة للرطوبة لضعف انتشار مجموعته الجذرية وسطحيته، وينمو الخس بشكل جيد في الترب الغنية بالمادة العضوية، والترب جيدة الصرف ذات الساعات الحقلية المرتفعة، كما يفضل الترب الغنية بعنصري الآزوت والفوسفور ودرجة ال pH بين 6-7 (Elmhirst, 2006).

تواجه النباتات وبصورة يومية العديد من ظروف الإجهاد التي تُصنّف بشكلٍ واسعٍ إلى نوعين من الإجهادات: إجهادات حيوية وإجهادات لاحيوية (Plaut *et al.*, 2013). وتتضمن الإجهادات الحيوية التي تُصيب النباتات (الحشرات، الفطور، النيماتودا، البكتيريا، والفيروسات)، أما الإجهادات اللاحيوية فتتضمن الإجهاد المائي، والإجهاد الملحي، والحرارة المرتفعة، ومبيدات الأعشاب، حيث تفرض الطبيعة للبيئة وظروفها المتقلبة وتغيرات المناخ العالمي على النباتات وبشكلٍ دائمٍ العديد من الإجهادات اللاحيوية والحيوية (Ahmad and Prasad, 2011)، وتبقى الإجهادات اللاحيوية المشكلة الأكبر في جميع أنحاء العالم، فهي تؤثر سلباً في إنتاجية المحاصيل الزراعية المختلفة بنسبة كبيرة قد تصل حتى 70% (Jalil and Ansari, 2019).

يُعبّر الإجهاد الملحي عن زيادة تركيز الأملاح في منطقة جذور النباتات، حيث تصل هذه التراكيز إلى الحد الذي يؤثر سلباً في نمو النباتات وتطورها وإنتاجيتها، ويسبب نقصاً في غلة المحصول الاقتصادية، وذلك لأن معظم نباتات المحاصيل حساسة للملوحة ولا تتمكن من إكمال دورة حياتها إذا ما زاد مستوى الملوحة عن 100 ميلي مولر (Andriolo *et al.*, 2005).

يظهر تأثير الإجهاد الملحي في العديد من العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية (Isayenkov and Maathuis, 2019) مثل تراجع جهد الإمتلاء مما يُسبب تراجعاً ملموساً في الوزن الرطب والجاف للأوراق والسوق والجذور ويُعزى نحو 80 % من التراجع الحاصل في نمو النباتات تحت ظروف الإجهاد الملحي إلى تراجع مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، فقد بين Bartha وآخرون (2012) أن الإجهاد الملحي يؤثر سلباً في عملية التمثيل الضوئي في نبات

الخس، مما يؤدي إلى تراجع كمية المادة الجافة الكلية المُصنَّعة، فيتراجع تبعاً لذلك معدل نمو النباتات وتطورها وإنتاجيتها.

يصنف الخس على أنه من النباتات متوسطة التحمل للملوحة (De Pascale and Barbieri, 1995)، وتصل عتبة تحمل الملوحة لنبات الخس إلى 1.1 ميلليميز/سم ويتناقص الإنتاج بعد هذه العتبة بمعدل 9.3%، وتتنخفض كمية المياه المستخدمة من قبل النبات بنسبة 2.4% (Ünlükara *et al.*, 2011).

تُجهّد ملوحة التربة النباتات بسبب ارتفاع تركيز الأملاح الذوّابة في التربة يجعل عملية امتصاص المياه من قبل الجذور أمراً صعباً، ويُسبب ارتفاع تركيز الأملاح في الأنسجة النباتية السمية الأيونية (Wani *et al.*, 2016). وعادةً ما يكون للأملاح الموجودة في منطقة انتشار الجذور تأثيرات مباشرة في نمو الخلايا، وترتبط بالعمليات الاستقلابية، في حين يحتاج حدوث السمية الأيونية وقتاً أطول حتى تتراكم الأملاح داخل النباتات قبل أن تصل إلى التركيز السام، وتؤثر فعلاً في وظائف النباتات (Liu *et al.*, 2020).

ونظراً لكون ملح الطعام (NaCl) هو الملح الذوّاب الأكثر تواجداً وإتاحةً، فإنّه ليس من المستغرب أن يُلاحظ بأنّ جميع الأنواع النباتية قد طورت آليات لتنظيم تراكم هذا الملح دون غيره، وأنّ تعمل على طرد شوارد (Na^+ ، Cl^-) بطريقة انتقائية بالمقارنة مع الشوارد الأخرى (K^+ ، NO_3^-)، التي عادةً ما تتواجد بتركيز منخفضة نسبياً (Kumar and Shrivastava, 2015). وبالمقابل، فإنّ الأنواع النباتية المتكيفة بشكلٍ طبيعي مع البيئات المتملحة تستطيع أن تُحافظ على آلية الطرد هذه الشوارد الضّارة عند مستوياتٍ أعلى من الأملاح بالمقارنة مع الأنواع النباتية المتكيفة مع البيئات العذبة (Serralheior and Machado, 2017).

2-1 تأثير الإجهاد الملحي في نمو وإنتاجية نبات الخس:

تعدّ الملوحة المرتفعة من عوامل الإجهاد التي تقيّد إنتاجية المحاصيل، وأكثر من 800 مليون هكتاراً من الأراضي والتي تقع في المناطق القاحلة وشبه القاحلة تعاني من مشكلة الملوحة (Kohler 2006; Dadkhah and Grrifiths, 2009; *et al.*)، لأنّ إنتاجية المساحة المروية من الأراضي هي نحو ضعف إنتاجية الأراضي البعلية، كما أنّ أكثر من ثلث إنتاجية المحاصيل قادم من هذه المناطق

المتضررة من الملوحة (Munns and Tester, 2008)، والغالبية العظمى من إنتاج نبات الخس في العالم يتأثر بالملوحة مقارنة مع نباتات المحاصيل المختلفة (FAO, 2021).

تُعرف الملوحة بأنها مجموعة الظروف الناتجة عن تراكم الأملاح الذوّابة في الماء في التربة الزراعية بتركيزات مرتفعة وغير ملائمة لنمو النباتات وتطورها. وتُعد بشكل عام التربة متملحة إذا زاد تركيز الأملاح فيها عن 1%، أو إذا كانت قيمة الناقلية الكهربائية لمستخلص العينة المشبعة المركز من تربتها (ECe) تساوي 4 ds. m^{-1} أو أكثر، وهذا التعريف للملوحة يعتمد بشكل رئيسي على الناقلية الكهربائية التي تُخفض غلة معظم الأنواع المحصولية بشكلٍ معنوي (USDA-ARS, 2008).

تسبب الملوحة المرتفعة تأثيرات حلولية وأيونية في نمو النبات، وتتمثل الإستجابة الرئيسية للأنواع النباتية المتكيفة مع بيئات المياه العذبة للملوحة بعملية الحد من نقل الأملاح إلى الأجزاء الهوائية الأكثر حساسية والمحافظة على اتزان العلاقات المائية من خلال تصنيع الذائبات العضوية (Lauchli and Epstein, 1990).

عرف Pasternak (1987) الإجهاد بأنه جميع العوامل التي تكون بمثابة ضغوط تسبب إجراءات خاصة للكائنات الحية. وتعتبر الملوحة أمراً هاماً، خاصة بالنسبة للنباتات كونها متجذرة في بيئاتها ولا يمكنها الهروب من معظم العوامل البيئية المحيطة بها، إلا أنها تحاول أن تتجنب أو تقلل من إجهادات الملوحة أو الجفاف عن طريق الدخول بمرحلة سكون خلال الفترة القصوى للإجهاد المحتمل، وعندما لا يستطيع النبات الهروب من هذا الإجهاد فإنه يحتاج إلى آليات خاصة لتحمل هذه الإجهادات (Lichtenthaler, 1998). أوضح Larcher (1987) أن الإجهاد يؤدي إلى تغيرات فيزيولوجية تحدث للنباتات عندما تتعرض لظروف غير مناسبة، والتي لا تؤدي بالضرورة إلى الموت، ولكنها تحفز استجابة الإنذار على سبيل المثال؛ الذبول عند النباتات.

تعاني النباتات المزروعة في البيئات المالحة من ضرر الإجهاد الحلولي الذي يحدث عند وجود تركيز مرتفع من الأملاح الذوّابة في منطقة انتشار الجذور مما يؤدي إلى تقليل كمية المياه المتاحة للإمتصاص من قبل جذور النباتات، بسبب خفض الجهد المائي للوسط المحيط بالجذور، ما يؤدي إلى تراجع فرق التدرج في الجهد المائي، الذي يُعد بمنزلة القوة المحركة لانتقال الماء من التربة إلى الجذور، ما يؤدي على تراجع معدل امتصاص المياه من قبل الجذور (Ahanger *et al.*, 2020). كما تواجه النباتات المزروعة في البيئات المتملحة الإجهاد الأيوني الذي يظهر عندما يزداد تركيز شوارد الصوديوم والكلور، اللتان تتنافسان الشوارد الموجبة (البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيزيوم ... وغيرها)، والشوارد السالبة (النترات، والفوسفات، والكبريتات .. وغيرها) الأخرى المفيدة، ما يؤدي إلى

ارتفاع تركيزها في الأنسجة النباتية، وإن لم تُحتجز ضمن الفجوات في الخلايا النباتية، يمكن أن تصل إلى مستويات سامة تلحق الضرر بالمكتنفات الخلوية، وتسبب اختلالاً في التغذية المعدنية (Arif *et al.*, 2020).

أكد (Abd Rahman 2007) أن نسبة الإنبات تقل تدريجياً بزيادة مستوى الملوحة، حيث يبطئ الملح إنبات البذور، ومن أن يكون سبب الانخفاض في معدل وسرعة الإنبات هو زيادة تركيز ملح كلور الصوديوم في ماء الري خاصة عند زراعة البذور في التربة وعدم توفر الضوء المناسب لإنبات بذور نبات الخس، ويمكن أن يعزى سبب انخفاض نسبة الإنبات إلى وجود الأيون والكاتيون بأكثر من حده الطبيعي بالإضافة إلى السمية، وكذلك إلى انخفاض الجهد المائي مما يقلل من معدل امتصاص الماء. كما أوضح (Wang *et al.*, 2019) خلال دراستهم أن الملوحة تؤدي إلى زيادة الجهد الحلوي مما يحد من معدل امتصاص الماء وانخفاض معدل الانقسام الخلوي والتمايز وظهور الأنسجة الجنينية وانخفاض طول الجذر، كما أكد Uenluekara وزملاؤه (2008) انخفاض طول نبات الخس وجذوره تحت تأثير الإجهاد الملحي.

يُعزى التراجع في الإنبات تحت ظروف الإجهاد الملحي إلى زيادة الجهد الحلوي في محلول التربة (يصبح الجهد المائي أكثر سلباً)، الذي يقلل فرق التدرج في الجهد المائي بين البذرة والوسط المحيط، فيقل بذلك معدل تدفق الماء وامتصاصه، ما يؤدي إلى تعرض البذور إلى الإجهاد الحلوي، فيزداد الزمن اللازم لإتمام مرحلة التشرب، لبدء الإنبات الفيزيولوجي (Kumari and Kaur, 2018). وهذا يؤثر سلباً في معدل تحلل المدخرات الغذائية (النشاء، والبروتينات، والمواد الدهنية) إلى مركبات بسيطة. وتؤثر الأملاح الزائدة (شوارد الصوديوم، والكلور) سلباً في نشاط الأنزيمات المسؤولة عن تحلل المدخرات الغذائية (El-Hendawy *et al.*, 2019)، ويؤثر قلة كمية الماء الممتصة سلباً في تمديد المركبات الفينولية المثبطة للإنبات، وتقلل من كفاءة الجنين في إنتاج محفزات النمو (الجبريلين، والسيتوكينين، والأوكسينات)، فتبقى نسبة مشبطات النمو إلى محفزاته مرتفعة ما يحول دون حدوث الإنبات. تبين بأن الزيادة التدريجية في تركيز الأملاح يؤدي إلى انخفاض تدريجي في معدل إنبات بذور نبات الخس وبالتالي معدل نمو النباتات الناتجة (Kent and Lauchli, 2019).

أدى ازدياد تركيز ملح كلور الصوديوم في وسط النمو إلى انخفاض في معايير النمو من حيث عدد الأوراق، طول المجموع الجذري والخضري، الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري للبادرات، مساحة المسطح الورقي، النسبة المئوية للمادة الجافة للأوراق في جميع الأصناف، وكان الصنف

لولوروزا أكثر تحملاً للإجهاد الملحي مقارنة مع الصنفين الآخرين، بينما ازدادت نسبة المادة الجافة مع ازدياد تركيز الأملاح في الوسط (Sadou and Bayerly, 2014).

بين AL-Maskari وزملاؤه (2010) في تجارب أجريت على الصنف *Lactuca sativa* عند تعريضه لمستويات مختلفة من الملوحة (50,100 mM) حساسية نبات الخس للملوحة حيث لوحظ أعلى معدل للنمو وأكبر طول للجذور وللنموات الحديثة كانت في نباتات الشاهد، كما لوحظ انخفاض تدريجي في الوزن الرطب للنبات، والوزن الجاف، ووزن النموات الحديثة الرطبة والجافة، والمساحة الورقية مع الزيادة في تركيز الأملاح المستخدمة، أما بالنسبة لإنتاجية المحصول فإنها انخفضت مع ازدياد مستوى الملوحة.

يُعد محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية من العوامل المهمة المحددة لإستجابة النباتات للإجهادات اللاحيوية (Cannella *etal.*, 2016؛ Houborg *etal.*, 2015)، حيث تؤدي هذه الأصبغة دوراً مهماً في جمع الطاقة الضوئية من أشعة الشمس، ووقاية الأنظمة الضوئية من التخریب، ومعدل انتقال الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترونات، ومن ثم معدل تصنيع المركبات الغنية بالطاقة (ATP، NADPH) (Batjuka *etal.*, 2017). ويُعطي محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية مؤشراً مهماً لكفاءة النباتات التمثيلية (Houborg *etal.*, 2015). ولوحظ عند المستويات المرتفعة من الملوحة أن لون الأوراق كان أحضر داكن بشكل أكثر من معاملات الشاهد والمستويات المتدنية من الملوحة، ويُعزى ذلك إلى تراجع حجم الخلايا النباتية والمساحة الورقية، وتصبح الأوراق أكثر سماكة عند المستويات الملحية الأعلى، وهذا ما يُفسر الإزدياد النسبي في محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية، نتيجة تراجع معدل نمو الأوراق وحجمها (Stefanov *etal.*, 2016). وقد بينت بعض الدراسات أن تراكم الأصبغة اليخضورية يمكن أن يُعد كأحد المؤشرات المهمة لتحمل الإجهاد الملحي، فقد أوضح He and Ren (2008) أن محتوى الكلوروفيل في نبات الخس قد انخفض بزيادة تركيز NaCl، فعند تركيز 50 ميلي مول انخفض محتوى الكلوروفيل a سريعاً مقارنة مع الكلوروفيل b.

وجدت (Sadou and Bayrli, 2014) في دراستها لثلاثة أصناف من الخس (كبوس، شنشار، لولوروزا) والمزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي ازداد محتوى الأوراق من الكاروتين في جميع الأصناف عند مستوى الإجهاد الملحي (50 ميلليمول) مع تفوق الصنف لولوروزا، أما ارتفاع مستوى الإجهاد الملحي فقد أدى إلى انخفاض محتوى الأوراق من الكاروتين والأصبغة الأنثوسيانية في جميع الأصناف، مع تفوق الصنف لولوروزا بالمقارنة مع الصنفين كبوس وشنشار

إن استجابة الكاروتينات للإجهاد مشابهة لمحتوى الكلوروفيل في العديد من النباتات، حيث يتم الاحتفاظ بالكاروتينات أثناء عملية هدم الكلوروفيل عند شيخوخة الأوراق (Nauš *et al.*, 2010). تتكون الكاروتينات من الأصبغة البرتقالية، والأصبغة الصفراء، وتُعد من الأصبغة المرافقة للأصبغة اليخضورية في الصّانعات الخضراء، حيث تؤدي دوراً مهماً في امتصاص الأشعة الضوئية، وتنظيم وصول الطاقة الضوئية إلى الأصبغة اليخضورية بما يتناسب مع كفاءة استعمال الأشعة الضوئية، وتؤدي أيضاً دوراً حيوياً في منع حدوث الإجهاد التأكسدي (Nagy *et al.*, 2015). وقد أوصى الباحثان Ashraf و Harris (2013) باعتماد مؤشر محتوى الأوراق من الأصبغة البرتقالية كمعيار موثوق لتحمل الملوحة، وأشاروا إلى أنّ تحسين نمو النباتات تحت ظروف الإجهاد الملحي كان يعود بشكلٍ معنوي للدور الذي تؤديه الأصبغة الصفراء في منع حدوث الضرر في الأغشية السيتوبلاسمية الناجم عن الإجهاد التأكسدي.

لاحظ Bartha وآخرون (2010) أنّ الإجهاد الملحي المرتفع يؤدي إلى انخفاض محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق وانخفاض كفاءة استخدام الضوء. كما أوضحت العديد من الأبحاث أنّ محتوى الورقة من الكلوروفيل والكاروتينات في الخس والبندورة يمكن أن يتناقص تحت تأثير الإجهاد الملحي (Parida and Das, 2005).

إنّ محتوى صبغات التمثيل الضوئي من الكلوروفيل a و b والكاروتينات قد تأثرت بالإجهاد الملحي، فقد أكدّ Hyun وآخرون (2008) أنّ الري بمياه ذات ملوحة منخفضة لمدة طويلة يزيد محتوى الأوراق من الكاروتينات في نبات الخس دون حدوث تغيرات في اللون أو حدوث أي ضرر في كمية المحصول أو نوعيته، أما الري بمياه ذات ملوحة مرتفعة لمدة قصيرة فإنه يسبب انخفاض محتوى الأوراق من المواد الفينولية. كما بيّن Mahmoudi وآخرون (2010) أنّ المعاملة بتركيز 100 ميليمول من NaCl عززت وجود الكاروتينات في أصناف الخس المتحملة للملوحة ولم يلاحظ هذا التعزيز في الصنف (May king) غير المتحمل للملوحة.

عمل Mahmoudi وآخرون (2011) على تقييم صنفين من الخس الصنف Vert (المتحمل للملوحة) والصنف Romaine (الحساس للملوحة) بعد أن تم معاملتهما بالتراكيز 77, 100 Mm من NaCl، أظهر الصنف المتحمل (vert) نمواً أفضلًا ومحتوى أعلى من الكاروتينات التي تؤدي دوراً كمضاد أكسدة وهذا ما يقلل من أضرار الغشاء الخلوي للخلية. وتفيد الدراسات المختلفة بأنّ لون الأوراق الأخضر الباهت هو أول الأعراض الناتجة عن الضغط الأسموزي العالي، ويُعزى ذلك إلى

انخفاض امتصاص الماء من قبل النبات (Tesi *et al.*, 2003)، وبشكل مشابه لاحظ Kim وزملاؤه (2008) أن لون الأوراق في بادرات نبات الخس الأحمر الذي يحتوي على الأصبغة الأنثوسيانية انخفضت تحت تأثير معاملات الملوحة بملح كلور الصوديوم.

يُعرف الإجهاد التأكسدي بأنه عملية تشكل جذور الأوكسجين الحرة النشطة (ROS)، ومضادات الأكسدة الأنزيمية وغير الأنزيمية، نتيجة تعرض النباتات لظروف النمو غير المناسبة، مثل الجفاف، والحرارة المرتفعة، والملوحة، بسبب تراجع معدل التمثيل الضوئي، ما يؤدي إلى تراجع معدل استهلاك المركبات الغنية بالطاقة (ATP, NADPH)، ما يحول دون إعادة تشكيل المستقبل النهائي للإلكترونات (المركب+NADP)، فيقوم الأوكسجين الجزيئي (O_2) بتلقف تلك الإلكترونات، فيتشكل جذر السوبر أوكسيد الحر (O_2^-) الذي ما إن يتفاعل مع جذر الماء الأوكسجيني (H_2O_2)، حتى يتشكل جذر المئات الحر (OH^-)، الذي يتسم بمقدرة تفاعلية كبيرة، حيث يؤثر سلباً في البروتينات من خلال تحويل تركيب بعض الأحماض الأمينية ضمن سلاسل الببتيدات، وتغيير الشحنة الكهربائية للأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتينات، زيادة حساسية البروتينات للتحلل والتخريب (Hossain *et al.*, 2015). كما تعمل جذور الأوكسجين الحرة على مهاجمة المواد الدهنية المفسفرة الداخلة في تركيب الأغشية السيتوبلاسمية وتعمل على تخريبها، فتفقد تلك الأغشية خاصيتها الاصطفائية، وتموت الخلايا النباتية، نتيجة خروج العديد من الذائبات العضوية والمعدنية المفيدة لحياة الخلايا النباتية ودخول المواد السامة (Ahanger *et al.*, 2020).

تعمل الملوحة عند الإجهاد التأكسدي على زيادة إنتاج جذور الأوكسجين الحرة النشطة (ROS)، مثل جذر الماء الأوكسجيني (H_2O_2)، وجذر فوق الأوكسجين (O_2^{2-})، وجذر الأوكسجين المفرد (O_2)، وجذر المئات الحر (OH) في الأنسجة النباتية، التي تُسبب أضراراً للأغشية السيتوبلاسمية، فتفقد الأغشية خاصيتها الاصطفائية وتموت الخلايا النباتية، أو تفقد مقدرتها على استعادة النمو (Dehnavi *et al.*, 2020).

مضادات الأكسدة Antioxidant:

تعرف مضادات الأكسدة على أنها جزيئات بيولوجية قادرة بتركيز قليلة على التقاط الجذور الحرة، وتسهم مضادات الأكسدة في العديد من النشاطات الخلوية النباتية، ويبرز دورها كآلية للتحكم في مدى سمية جذور الأوكسجين الحرة النشطة (ROS)، وتؤدي دوراً مزدوجاً، فهي مضادة في عملها

لإجهاد الأكسدة من جهة وتُسهّم في نشاط الخلية من جهةٍ أخرى (Sharma *et al.*, 2012). وتتضمن آليات الدفاع عند تشكل جذور الأوكسجين الحرة النشطة نوعين أساسيين من مضادات الأكسدة وهما:

مضادات الأكسدة الأنزيمية:

تشمل العديد من الأنزيمات هي السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD)، الأسكورات بيروكسيداز (APX)، الكاتالاز (CAT)، الجلوتاثيون ريدوكتاز (GR)، المونو داي هيدرو أسكورات ريدوكتاز (MDHAR) والداي هيدرو أسكورات ريدوكتاز (DHAR) (Per *et al.*, 2017).

السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD) Superoxide dismutase:

يُعد هذا الأنزيم المسؤول عن الخطوة الأولى في إزالة جذور الأوكسجين الحرة النشطة، وهو خط الدفاع الأول ضد إجهاد الأكسدة في النباتات كنظام دفاع مضاد للأكسدة، حيث يتمثل دور هذا الأنزيم في تفكيك جذر السوبر أوكسيد الحر ($O_2^{\bullet-}$) إلى ماء أوكسجيني (H_2O_2) وأوكسجين جزيئي (O_2)، ويُقلل بذلك هذا الأنزيم من تركيز جذور السوبر أوكسيد ($O_2^{\bullet-}$)، التي ما إن تتحد مع الماء الأوكسجيني حتى تشكل جذر المئات الحر $OH^{\bullet}$. يتواجد هذا الأنزيم لدى الكائنات الحية الهوائية، وفي معظم المكونات الخلوية التي يمكن أن تحرر وتشكل جذور السوبر أوكسيد الحرة، وتزداد فعالية هذا الأنزيم استجابةً للعديد من الإجهادات البيئية اللاأحيائية والأحيائية، مثل الملوحة، الشدة الضوئية العالية، وتغدق التربة Soil waterlogging، والجفاف. وتتوقف درجة تحمل الأنواع النباتية أو الطرز الوراثية للإجهاد التأكسدي على كمية وفعالية هذا الأنزيم (Ahmad *et al.*, 2019).

الكاتالاز (CAT) Catalase:

يعمل أنزيم الكاتالاز على تفكيك الماء الأوكسجيني (H_2O_2) إلى ماء وأوكسجين جزيئي على النحو:



ويُساعد ذلك في تقليل تركيز الماء الأوكسجيني، ويحول دون تفاعله مع جذر السوبر أوكسيد الحر، مما يعطل تشكيل جذر المئات الحر ($OH^{\bullet}$) ذي القدرة التفاعلية الكبيرة. ويعمل أيضاً هذا الأنزيم على تفكيك الماء الأوكسجيني المتشكل في البيروكسوم Peroxisome خلال عملية أكسدة الأحماض الدهنية، والتنفس الضوئي في الأنواع النباتية ثلاثية الكربون (Zhang, 2010).

الأسكوربات بيروكسيداز (APX) Ascorbate peroxidase:

يعد الأسكوربات بيروكسيداز أحد أهم الأنزيمات للتحكم في تركيز H_2O_2 ، وذلك لقدرته على تحفيز تحلله من خلال أكسدة حمض الأسكوربيك (فيتامين C) بواسطة دورة الأسكوربات - جلوتاثيون، حيث يستخدم الأسكوربات كمناح للإلكترون في دورة الأسكوربات - جلوتاثيون (Ahmad *et al.*, 2012). يمتلك أنزيم APX بصورة عامة مقدرة أكبر في التخلص من جذور الأوكسجين الحرة النشطة في ظروف الإجهادات المختلفة. لوحظ زيادة نشاط أنزيم APX في عدد كبير من الأنواع النباتية في ظروف العديد من الإجهادات اللاحيوية (الجفاف، والملوحة، والحرارة المرتفعة) باستعمال تقانة زراعة الأنسجة النباتية Tissue culture (Ejaz *et al.*, 2020).

1- مضادات الأكسدة غير الأنزيمية:

تشمل العديد من المركبات من أهمها: الفينولات (الفلافونيدات والأنثوسيانين)، الكاروتينات، حمض الأسكوربيك (فيتامين C، ASA)، α -توكوفيرول والجلوتاثيون (Per *et al.*, 2017). ومن أهمها:

1-2- حمض الأسكوربيك Ascorbic Acid (فيتامين C، ASA):

يُعتبر فيتامين C من أهم الفيتامينات في غذاء الإنسان، ومن أبسطها من ناحية التركيب الكيميائي ($C_6H_8O_6$)، كما أنه يُعد من مضادات الأكسدة غير الأنزيمية الذّوابة في الماء، يوجد في جميع خلايا النبات الحية (يُصنع بشكل طبيعي)، ويتركز بكميات كبيرة في الأوراق التي تكون فيها الصّانعات الخضراء Chloroplasts متطورة بشكل كامل، والأزهار أي في الأجزاء النشطة في النمو، ويؤدي دوراً حيوياً في زيادة مقدرة الخلايا النباتية التكيفية تحت ظروف الإجهادات اللاحيوية المختلفة (Fatima *et al.*, 2019). يؤدي فيتامين C دوراً رئيساً كأحد مضادات الأكسدة غير الأنزيمية في تفكيك العديد من جذور الأوكسجين الحرة النشطة (ROS)، مثل جذر الماء الأوكسجيني (H_2O_2)، ويعمل بشكل مباشر في تعديل جذور السوبر أوكسيد ($O_2^{\cdot -}$ Superoxide)، والأوكسجين المفرد Singlet oxygen ($O^{\cdot -}$)، وجذر المئات الحر Hydroxyl radical ($OH^{\cdot -}$) ببساطة من خلال دوره كمضاد أكسدة ثانوي أثناء إعادة اختزال الشكل المؤكسد لمركب α -tocopherol، كما أنه يدخل كمنشط لبعض التفاعلات الأنزيمية فهو مادة تفاعل للأنزيم المضاد للأكسدة APX ويسهم من خلالها في التخلص من سمية العديد من جذور الأوكسجين الحرة النشطة، وله دور في اصطناع بعض بروتينات الإجهاد وإنتاج مختلف المركبات الكيميائية الدفاعية. وقد تم استعمال حمض الأسكوربيك لتحسين تحمل الملوحة في العديد من النباتات (Beltagi, 2008; Conklin, 2001; Garg and Kapoor, 1972).

وقد تأثرت كمية فيتامين C في نبات الخس تحت تأثير الإجهاد الملحي في العديد من التجارب إذ أنه كلما زاد مستوى الملوحة في ماء الري انخفض المحتوى من هذا الفيتامين (Bartha *etal.*, 2010). بالمقابل أوضح Premuzic وزملاؤه (2007) أنَّ كمية المادة الجافة وفيتامين C في أوراق الخس المزروع بدون تربة في البيوت المحمية لم تتأثر تحت تأثير الإجهاد الملحي.

2-2 تأثير الرش الورقي بحمض الأبسيسك في نمو وإنتاجية نبات الخس تحت

ظروف الإجهاد

حمض الأبسيسك Absciscic acid (ABA) من هرمونات الهدم النباتية، التي تقوم بدعم خمول جزء محدد من النبات لأغراض إيجابية وهو فعال للعديد من النباتات، علماً أنَّ الاستجابة تختلف حسب الصنف، مرحلة النمو، الشروط المناخية (Mohammed *etal.*, 2020)، يساهم حمض الأبسيسك ABA في العديد من الوظائف الحيوية في داخل النبات، حيث يعمل على إغلاق الثغور للتقليل من معدل خسارة المياه وخصوصاً في ظروف الملوحة، كما يقاوم معظم التأثيرات والتغيرات المحيطة به (Zhang *etal.*, 2016).

يعد حمض الأبسيسك ذو الصيغة الكيميائية ($C_{15}H_{20}O_4$)، من مركبات الكاروتينات التي تدخل في تركيب يخضور الأوراق، يتم تصنيعه داخل البلاستيدات النباتية، وقد اكتشفه عالم فيزيولوجيا النبات أديكوت وفريقه في أوائل الستينيات، وتبين لاحقاً أنَّ حمض الميفالونيك هو طليعة هذا الحمض، ويتحول إلى الفيولزاننتين وثم إلى الكسانتوكسين بوجود الأنزيمات والضوء؛ ثم إلى حمض الأبسيسك (Davies and Zhang, 1991).

يعتمد تأثير إضافة حمض الأبسيسك من مصادر خارجية على كثير من العوامل مثل التركيز المستخدم والنوع النباتي ومرحلة تطور النبات وطريقة الإضافة (Zhang *etal.*, 2006). لقد توصل إلى أنَّ التراكيز المنخفضة من حمض الأبسيسك تعزز تحمل النبات للإجهادات اللاحيوية المختلفة بالمقارنة مع التراكيز المرتفعة التي تثبط نمو النبات وتخفض قدرته على تحمل هذه الإجهادات، ومن المحتمل أن يكون التأثير السلبي لارتفاع تركيز حمض الأبسيسك في نمو النباتات ناتجاً عن خلل في استقلاب مضادات الأكسدة، حيث تُحفز تراكم جذور الأوكسجين الحرة (ROS)، وتقلل من مضادات الأكسدة الأنزيمية (SOD و CAT و APX)، ما يؤدي إلى حدوث الضرر التأكسدي وموت الخلايا النباتية تدريجياً (Timothy *etal.*, 2012).

يُعد حمض الأبسيسيك من أهم منظمات النمو التي تؤثر في كثير من العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية (Ramkishan *et al.*, 2012)، ومن أهم وظائفه دوره بوصفه إشارة جزيئية للإجهادات اللاحيوية، ويُعد ABA جزيء إشارة داخلي المنشأ له تأثيرات مختلفة في تحمل النباتات للإجهادات اللاحيوية (Hirayama and Shinozaki, 2007). وذكرت كثير من الدراسات دور حمض الأبسيسيك (ABA) في تحسين التحمل للإجهاد الملحي من خلال تنظيم التعبير المورثي وتحفيزه لمجموعة واسعة من الاستجابات الاستقلابية، والبرولين، وتفعيل النظام المضاد للأكسدة من خلال تأثيره في ميزان العلاقات المائية النباتية، حيث يسهم في تحفيز التعديل الحلولي من خلال تصنيع وتراكم الذائبات العضوية التوافقية (Parveen *et al.*, 2021).

يُحرض حمض ABA تشكل جذر السوبر أوكسيد (O_2^{2-}) والماء الأوكسجيني (H_2O)، ويُحرض بالمقابل التعبير المورثي للمورث المسؤول عن أنزيمات SOD و CAT، و APX في الأنسجة النباتية، الأمر الذي يُسهم في التخلص من جذور الأوكسجين الحرة ويُحسن من مقدرة النباتات المجهددة على تحمل الإجهاد التأكسدي (Barickman *et al.*, 2019).

يؤدي تعرض نباتات الخس لظروف الإجهاد الملحي إلى بدء تصنيع حمض الأبسيسيك (ABA) في الجذور وينتقل مع تيار الماء ضمن النسغ الناقص إلى الأوراق حيث يعمل على التقاف الأوراق لتقليل مساحة السطح الورقي المعرض بشكل مباشر لأشعة الشمس، مما يساعد في تقليل كمية الطاقة الضوئية الممتصة، والحيلولة دون تسخين الأوراق بشكل زائد ومن ثم الحد من معدل فقد الماء بالنتح، ويؤدي أيضاً تراكم حمض الأبسيسيك في الأوراق إلى حث المسامات على الإنغلاق حيث يؤثر إنغلاق المسامات سلباً في عملية التبادل الغازي (CO_2/H_2O) (Karim *et al.*, 2021).

إن استخدام حمض الأبسيسيك (ABA) يعوض التأثيرات الضارة للملوحة على مؤشرات النمو الشكلية والفيزيولوجية لنبات الخس وقد أثبت Tao وآخرون (2020) بأن حمض الأبسيسيك يتحرك إلى الأعلى بالنبات من خلال الأوعية الخشبية واللحاء وكذلك الأنسجة البرانشيمية خارج الحزم الوعائية، إلى نقاط النمو الفعالة.

يعزى الانخفاض في معدل الإنبات الذي لوحظ عند المعاملة بحمض الأبسيسيك ABA إلى تحريض السكون الثانوي وتشبيط انبات البذور عن طريق الحد من الطاقة والتصنيع الغذائي (Choudhary *et al.*, 2012). كذلك يعمل حمض الأبسيسيك (ABA) على الحد من امتصاص الماء

وتثبيط تخليق الإنزيمات الخاصة بالإنبات مثل أنزيم α -amylase عن طريق مواجهة التأثير التحفيزي لحمض الجبريليك (GA_3) عليها.

دُرس تأثير الرش الورقي بحمض الأبسيسيك ABA بتركيز 200 مغ.ل⁻¹ في الإستجابات الفيزيولوجية والبيوكيميائية لدى نبات الخس المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي. أدت المعاملة بحمض الأبسيسيك إلى انخفاض تركيز الجذور الحرة (ROS)، ما أدى إلى الحد من تخريب الأغشية الخلوية في النباتات المجهد، وأوضحت النتائج أنه عند مستوى معين من الإجهاد الملحي فإن تركيز الماء الأوكسجيني ($2H_2O$) قد انخفض في أوراق النباتات المجهد المعاملة بحمض الأبسيسيك (ABA) بالمقارنة مع النباتات المجهد فقط، وهذا يعود إلى ارتفاع نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة عند المعاملة بحمض ABA تحت ظروف الإجهاد الملحي. ولوحظت زيادة معنوية في نشاط أنزيمات catalase- ascorbate- superperoxidase- peroxidase لدى أوراق النباتات المعاملة بحمض ABA عند زيادة الملوحة بالمقارنة مع النباتات المجهد فقط (Al Muhairi, 2014).

نُفذت دراسة لتقييم تأثير الرش بحمض الأبسيسيك (0, 5, 10 مغ.ل⁻¹) في تحسين بعض الخصائص الفيزيولوجية، والمورفولوجية (الشكلية)، والبيوكيميائية في نبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي (0, 50, 100 mM)، وبينت النتائج أن الرش بتركيز 10 مغ.ل⁻¹ من ABA تحت ظروف الإجهاد الملحي 100 mM قد أدى إلى تحسين نمو كلٍّ من المجموع الخضري والجذور وطولها، فضلاً عن زيادة محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية، والكاروتينات، وأدى إلى انخفاض تركيز كلٍّ من المالنيل دي ألدهيد MDA والماء الأوكسجيني، وذلك بالمقارنة مع الإجهاد بالتركيز الملحي السابق نفسه وبدون إضافة حمض الأبسيسيك (ABA). وأوضحت الدراسة أيضاً أن إضافة ABA عند جميع المعاملات (الشاهد، والإجهاد الملحي بالتركيزات المختلفة) قد أدت إلى زيادة كلٍّ من محتوى الماء النسبي في الأوراق (RWC)، وزيادة نشاط الأنزيمات المضادات للأكسدة، وأهمها السوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD) والأسكوربيك بيروكسيداز (APX)، والكاتالاز (CAT) (Zhang, 2010).

نُفذت تجربة مخبرية لتقييم تأثير حمض الأبسيسيك في نمو شتلات نبات الخس *L.Romin* تحت ظروف الإجهاد الملحي. أبدت الشتلات المعاملة بحمض الأبسيسيك بغض النظر عن التركيز (3, 1 مغ.ل⁻¹) تحت ظروف الإجهاد الملحي محتوى مائياً أعلى معنوياً وكمية أكبر من المادة الجافة، ونشاطاً أعلى للأنزيم المضاد لجذر السوبر أوكسيد الحر (SOD)، ومحتوى أعلى من جزيئات اليخضور بالمقارنة مع الشتلات غيرالمعاملة. وساعدت المعاملة بحمض الأبسيسيك تحت ظروف الإجهاد الملحي

في المحافظة على محتوى الأوراق من البروتين والأزوت بالمقارنة مع الشتلات غيرالمجهدة ملحياً. تشير النتائج إلى الدور المهم الذي يؤديه حمض الأبسيسيك في تنظيم استجابة نباتات الخس لظروف الإجهاد الملحي، وتقترح إمكانية استعمال حمض الأبسيسيك منظم نمو في تحسين نمو نبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي (Shalaby, 2017).

دُرس تأثير رش نباتات الخس المجهدة ملحياً بحمض الأبسيسيك (0.5 مغ.ل⁻¹) وذلك خلال موسمين زارعيين. أدت معاملة الرش بحمض الأبسيسيك تحت ظروف الإجهاد الملحي إلى زيادة محتوى الماء النسبي في الأوراق بالمقارنة مع معاملة الإجهاد الملحي بدون رش في كلا الموسمين. وكان تركيز الأصبغة اليخضورية الأعلى معنوياً في أوراق النباتات المجهدة المعاملة بحمض الأبسيسيك. كما بينت الدراسة أن الإجهاد الملحي سبب زيادة في نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة مثل أنزيم POX و CAT وغيرها، حيث سُجل أعلى نشاط لأنزيم CAT في النباتات المجهدة، أوضحت النتائج أن معاملة النباتات المجهدة بحمض الأبسيسيك أدت إلى انخفاض أكسدة المواد الدهنية الداخلة في تركيب الأغشية الخلوية، وانخفاض تركيز الجذور الحرة (2H₂O و 2O⁻) بالمقارنة مع معاملة الإجهاد الملحي بدون الرش (Mohammed *et al.*, 2020).

أدى استخدام الرش الورقي بحمض الأبسيسيك بالتركيز 1 غ.ل⁻¹ وبمعدل ثلاث رشات إلى زيادة معنوية في حاصل النبات وتحسين صفاته بزيادة عدد أوراقه الكلي والملتفة، ووزنها وكذلك الوزن الرطب والجاف للنبات والمساحة الورقية والنسبة المئوية للمادة الجافة في الأوراق وإنتاجية الدوم الواحد، كما كان الرش الورقي بمعدل ثلاث رشات أكثر تأثيراً في عدد الأوراق ووزنها والمساحة الورقية والوزن الرطب والجاف للنبات وإنتاجيته في الدوم ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل والمواد الصلبة الذائبة (Jinchuang *et al.*, 2013)، وقد وجد Rouhollah وآخرون (2021) أن الإجهاد الملحي قد أثر بشكل سلبي في عملية التمثيل الضوئي ومؤشرات تبادل الغازات، بينما أدى الرش الورقي بحمض الأبسيسيك بالتركيز 10 ppm إلى تحسين الناقلية المسامية وكفاءة استخدام الماء، والبروتينات الكلية وعناصر الكلوروفيل، وتنظيم أنزيمات مضادات الأكسدة كونها مسؤولة عن نمو النبات تحت ظروف الإجهاد.

يعمل حمض ABA على خفض كمية الماء المستهلكة من قبل نبات الخس (المتطلب مائياً) عن طريق زيادة محتوى النبات بشكل ملحوظ من البرولين والأحماض الأمينية، مع خفض المحتوى من مضادات الأكسدة (catalase- ascorbate- superperoxidase- peroxidase) بالمقارنة مع

الشاهد (Jinchuang *et al.*, 2013)، كما يُعرض حمض ABA تشكل جذر السوبر أوكسيد (O^{2-}) والماء الأوكسجيني (H_2O_2)، ويُعرض أيضاً التعبير المورثي للمورث المسؤول عن أنزيمات SOD و CAT و APX (Jiang and Zhang, 2001)، الأمر الذي يُسهم في التخلص من جذور الأوكسجين الحرة ويُحسن من مقدرة النباتات المجهدة على تحمل الإجهاد التأكسدي (Rouhollah *et al.*, 2021).

وفي دراسة أجراها Bano (2016) لبحث تأثير حمض الأبسيسيك في التخفيف من الضرر التأكسدي الناتج عن الإجهاد الملحي، أظهرت النتائج زيادة في كل من تراكم المادة الجافة، ومعدل صافي تمثيل الضوئي عند المعاملة بحمض الأبسيسيك. ويُعزى ذلك لتأثيره الإيجابي في الناقلية المسامية ومحتوى الماء النسبي في الأوراق RWC % (بالمقارنة مع النباتات المجهدة التي لم تعامل بحمض الأبسيسيك). أما بالنسبة إلى نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة فقد بينت نتائج التحليل الإحصائي تفوقاً معنوياً لنشاط أنزيمي SOD و CAT عند معاملة الإجهاد الملحي + الرش بحمض الأبسيسيك بالمقارنة مع معاملة الإجهاد الملحي فقط، ويُشير ذلك إلى أن نظام مضادات الأكسدة الأنزيمية المحرض بفعل حمض الأبسيسيك يُساعد في حماية النباتات تحت ظروف الإجهاد الملحي من خلال منع اختلال التوازن بين التشكيل والتخلص من جذور الأوكسجين الحرة (ROS)، التي تسبب الإجهاد التأكسدي، وبالمقابل يُعرض حمض الأبسيسيك ABA التعبير المورثي للمورث المسؤول عن مضادات الأكسدة الأنزيمية (CAT، APX، SOD) (Jiang and Zhang, 2001).

أجريت دراسة على صنفين من نبات الخس المزروع (لورانزا، شنشار) والمتباينة في تحملها للإجهاد الملحي. أدت زيادة الملوحة في وسط النمو إلى تراجع مؤشرات النمو (الوزن الجاف والرطب، المحتوى المائي، المساحة الورقية، ومحتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية)، وبينت النتائج وجود فروقات معنوية بين الأصناف المدروسة من حيث محتوى البرولين والسكريات الذوابة. إلا المعاملة بحمض الأبسيسيك تحت ظروف الإجهاد الملحي أدت إلى تحسين معدل نمو النباتات، ولوحظ هذا بشكل واضح من خلال ارتفاع قيم مؤشرات النمو لكل من المجموع الجذري والمجموع الخضري بدرجات متفاوتة لكل نباتات الصنفين المدروسين، كما أدى الرش الورقي للمجموع الخضري بحمض الأبسيسيك (0.5 مع.ل⁻¹) إلى زيادة محتوى الجذور والأوراق من السكريات، والبروتينات الذوابة، والأحماض الأمينية الحرة. وهذا يوضح الدور المهم لحمض الأبسيسيك في تنظيم كثير من العمليات الاستقلابية في النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي ومن ثم المحافظة على سير العمليات الفيزيولوجية Dawuda *et al.*, 2020).

يعود ازدياد تركيز الكاروتينات إلى أنّ حمض الأبسيسيك (ABA) يُحفّز التعبير المورثي للمورثة المسؤولة عن أنزيم Lycopene - cyclase (LCYB) الذي يتوسط مسار التصنيع الحيوي المباشر carotene من خلال دورة الليكوبين (Hussain *et al.*, 2019).

دُرِس Shu وآخرون (2017) تأثير رش نباتات نباتات فول الصويا المجعدة ملحياً بحمض الأبسيسيك (ABA) وفق التراكيز (0, 50, 75 mM) وحمض الجبريليك (GA_3) بالتركيزين (50, 75 mM) وذلك خلال موسمين زارعيين. أدّت معاملة الرش بحمض الأبسيسيك تحت ظروف الإجهاد الملحي إلى زيادة محتوى الماء النسبي، وتركيز الأصبغة اليخضورية في الأوراق بالمقارنة مع معاملة الإجهاد الملحي بدون الرش في كلا الموسمين. وبيّنت الدراسة أنّ الإجهاد الملحي سبّب زيادة في نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة مثل أنزيم Peroxidase وCAT.

فسر Khaleghnezhad وآخرون (2019) تراجع تركيز مركب المالنيل دي ألدهيد عند الرش بحمض الأبسيسيك للنباتات المجعدة ملحياً بالتراكيز (50-100 mM) مقارنة بالنباتات غير المجعدة (الشاهد) إلى زيادة نشاط مضادات الأكسدة التي تعمل على كنس الجذور الحرّة وتمنع أكسدة المواد الدهنية الداخلة في تركيب الأغشية ومن ثمّ تحمي الخلية ومكوناتها من الضرر التأكسدي. وقد يُعزى ازدياد نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة (SOD، APX، CAT) إلى دور حمض الأبسيسيك في تعزيز نشاط النظام المضاد للأكسدة من خلال تحفيز التعبير للمورثات المسؤولة عن مضادات الأكسدة الأنزيمية (Liu *et al.*, 2014)، مما يؤدي إلى الحفاظ على توازن توليد الجذور الحرّة وكنسها وحماية الخلايا من تأثيرها الضار.

تمت دراسة تأثير كل من حمض الأبسيسيك وحمض الجبريليك في نشاط إنزيمات مضادات الأكسدة ومحتويات البرولين وامتصاص العناصر الغذائية على القمح من قبل Mahmud وآخرون (2019) المزروعة في أصص حيث تم استخدام ثلاثة مستويات من ABA ومستويين من الملوحة، لمدة 90 يوماً. وبيّنت النتائج أنّ الشتلات المعاملة بـ ABA بمفرده والمعاملة بـ GA_3 كان لها نشاط أعلى للإنزيمات المضادة للأكسدة، وتراكم البرولين ومحتويات العناصر الغذائية مثل البوتاسيوم والكالسيوم بالمقارنة مع النباتات المعرضة وغير المعرضة للإجهاد الملحي. وأدّت المعاملة بـ ABA بمفرده والمعاملة بـ GA_3 إلى تقليل تراكم كل من أيونات الصوديوم والكلوريد في أوراق وجذور النباتات المجعدة. وثبت أنّ الاستخدام المشترك لـ 250 ملغ/ل ABA و 50 ملغ/ل GA_3 أكثر فعالية في تحسين محتوى البرولين والكالسيوم وتقليل تراكم أيونات الصوديوم في أنسجة الأوراق.

بين Ibrahim and Jaafar (2013) بأن إضافة حمض الأبسيسيك وحمض الجبريليك إلى وسط زراعة نبات القمح سبب ازدياد تركيز جذر الماء الأوكسجيني، مما تسبب في زيادة متوازنة في إنتاج كل من الجذور الحرة النشطة (ROS)، ونشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية. يؤدي حمض الأبسيسيك أيضاً إلى تحفيز التصنيع الحيوي للبرولين في نبات القمح، وزيادة مقدرة النبات على التعديل الحلولي، ومن ثم المحافظة على محتوى الماء النسبي في الأوراق تحت ظروف الإجهاد (Pál *et al.*, 2018).

2-3 تأثير حمض الجبريليك في نمو وإنتاجية نبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي:

يعد حمض الجبريليك GA_3 أحد منظمات النمو في النبات، التي تحسن من قدرة النباتات على تحمل الملوحة وتخفف من تأثيرها السلبي على النباتات (Gupta and Chakrabarty, 2013). وهو يلعب دوراً حيوياً في نمو النبات، حيث يعمل على تنشيط العديد من العمليات الحيوية (Colebrook *et al.*, 2014).

تعرف الجبريلينات بأنها هرمونات نباتية مشجعة للنمو تعمل على تحفيز حركة مخازن الكربوهيدرات الغذائية لتسمح بإنبات البذور، كما تلعب دوراً في استطالة الساق، وتحفيز استطالة الخلايا وانقسامها الخلايا (Hamayun *et al.*, 2010)، ويؤدي GA_3 دوراً كبيراً في تنظيم الآليات المختلفة للنبات تحت الظروف البيئية المختلفة مثل الجفاف، والحرارة والبرودة، والملوحة (Akman *et al.*, 2009). تم اكتشاف هرمون الجبريليك ذو الصيغة الكيميائية $(C_{19}H_{22}O_6)$ لأول مرة عن طريق نوع من الفطريات التي يطلق عليها اسم جبريلا فوجيكوروي، وهو هرمون محفز لنمو النباتات يلعب دوراً هاماً نسبياً في تحمل النباتات للإجهادات الحيوية واللاحوية وخاصة الإجهاد الملحي (Bahrani and Pourreza, 2014). وقد بين Jamil and Rha (2007) أن لحمض الجبريليك دور مهم في تنشيط الجزيئات المنظمة لنمو وتطور النبات، وبالتالي مساعدته على القيام بسلسلة من العمليات المسؤولة عن التكيف مع ظروف الإجهاد.

يعتبر حمض الجبريليك أحد أهم الهرمونات النباتية الذي يؤدي إلى زيادة سرعة الإنبات من خلال تحفيز أنزيمات التحلل المائي الضرورية لتحلل المواد الغذائية وإنقسام الخلايا كالألفا أميلاز وبيتا أميلاز (Verma *et al.*, 2019)، فقد أكد Bahrani (2015) في دراسة على نبات الذرة الصفراء، الدور الكبير لحمض الجبريليك (AG_3) في التخفيف من التأثير المثبط للملوحة على الإنبات، عن طريق زيادة امتصاص المغذيات، والوزن الجاف، تحت ظروف الإجهاد الملحي.

في دراسة أجراها Alomran وزملاؤه (2012) لمعرفة دور حمض الجبريليك في التخفيف من الضرر الإجهاد الملحي، وذلك عند نقع بذور الخس لمدة 10 ساعات في محلول GA_3 (200- 150- 100 مع.ل.⁻¹) ثم زراعتها في وسط ملحي وفق التراكيز (0, 75, 100 mM) من NaCl، انخفضت معايير النمو بشكل تدريجي مع زيادة الملوحة بالوسط، إلا أن النقع بالجبريليك قد ساهم في زيادة النسبة المئوية للإنبات واختصار الوقت اللازم لذلك بنسبة 50% كما خفف من التأثير الضار للملوحة تجلى بزيادة أطوال النباتات والجذور.

بين Cemek وزملاؤه (2011) في دارستهم تأثير إضافة حمض الجبريليك بالتركيز 100 mg.L^{-1} لنباتات الخس المعرضة للإجهاد الملحي بتركيز مختلفة (NaCl 200 mM). أدى الإجهاد الملحي إلى تراجع كل من محتوى الماء النسبي للأوراق (%RWC)، ومحتوى الأوراق من جزيئات الكلوروفيل الكلي، في حين ازدادت هذه المؤشرات عند المعاملة بحمض الجبريليك، فقد حسنت إضافة GA_3 من نمو شتلات الخس، وذلك من خلال تحسين كفاءة استخدام الماء وتقليل تراكم الأيونات.

تمت معاملة نباتات الخس المجردة ملحياً وفق التراكيز (0, 50, 100 mM) بمستويين من الجبريليك (GA_3) 50-100 mg/L، لوحظ انخفاض كل من محتوى الماء النسبي (%RWC) للأوراق ومحتوى الكلوروفيل في الأوراق مع زيادة ملوحة الوسط، ترافق مع زيادة تدريجية في تركيز Na,Cl والسكريات الكلية قليلة الذوبان، ونفاذية الغشاء وتراكم البرولين ونشاط ملحوظ للإنزيمات مضادات الأكسدة، إلا أن المعاملة بالجبريليك قد عالجت التأثيرات السلبية لملوحة الوسط على النمو ومعايير الفيزيولوجية والكيمائية الحيوية السابقة (Bhatt وزملاؤه، 2005).

وفي دراسة أخرى، جرى تقييم دور حمض الجبريليك (GA_3) في تحسين تحمل النباتات للإجهاد الملحي، حيث أضيف حمض الجبريليك (GA_3) بتركيز مختلفة (8، 4، 0 مع.ل.⁻¹)، أدى ازدياد الملوحة في وسط النمو إلى تقليل ارتفاع النبات، والوزن الجاف والرطب، ومحتوى الأوراق من الأصبغة التمثيلية. بينما بينت النتائج بأن إضافة حمض الجبريليك (GA_3) تحت ظروف الإجهاد المطبق أدى إلى تحسين بشكل كبير من إنبات البذور لدى الأنواع المدروسة، وذلك بشكل رئيسي من خلال تنشيط الجنين وزيادة المدخزات الغذائية، وبالتالي تحسين عملية التمثيل الضوئي وزيادة معدل نمو النبات (Tsegay, 2018).

نُفذ Starck (2007) تجربة مخبرية لتقييم تأثير حمض الجبريليك في نمو النباتات تحت ظروف الإجهاد الملحي، أبدت البادرات المعاملة بحمض الجبريليك بصرف النظر عن التركيز (1, 3mm) تحت ظروف الإجهاد الملحي محتوى مائياً أعلى معنوياً وكمية أكبر من المادة الجافة، ونشاطاً أعلى للإنزيم روبيسكو Rubisco. وساعدت المعاملة بحمض الجبريليك تحت ظروف الإجهاد الملحي في المحافظة على محتوى الأوراق من البروتين والأزوت بالمقارنة مع البادرات غير المجهد، تشير النتائج إلى الدور المهم الذي يؤديه حمض الجبريليك في تنظيم استجابة النباتات لظروف الإجهاد الملحي.

بين Waleed (2019) أن تأثير حمض الجبريليك (GA_3) المطبق خارجياً في التقليل من الإجهاد الملحي قد يكون ناتجاً عن تنشيط أنزيمات خاصة تشارك في تركيب البروتين مثل أنزيم الفوسفاتاز الحمضي، وقد بينت نتائج دراسته زيادة إنتاجية نبات القمح المزروع بمستويات ملحية مختلفة (EC=2.5 – 6.8 – 11.7– 16.7 dsm) عند المعاملة بحمض الجبريليك GA_3 ، وذلك مقارنة بالنباتات المجهد وغير المعاملة بالحمض وذلك من خلال تحسين كفاءة استخدام الماء.

أكد Bose وآخرون (2013) أن الجبريليك يعزز من مقاومة النبات للملوحة من خلال التقليل من التأثيرات الضارة عبر زيادة نقل نواتج التمثيل الضوئي والحفاظ على التوازن المائي، وبالإضافة لما ذكر فقد وجدت العديد من الدراسات التي تبين تأثير استخدام الجبريليك في نباتات مختلفة للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الملحي وغيره من الإجهادات، فقد تبين أن الرش الورقي بحمض الجبريليك بالتركيز 100 – 200 ppm تحت ظروف الإجهاد الملحي أدى إلى زيادة نسبة الإنبات وزيادة الوزن الجاف والمساحة الورقية لبادرات الخس بعمر 24 يوم، كما أن استخدام الجبريليك بتركيز 250 ppm تحت ظروف الإجهاد زاد من عدد الأوراق والمساحة الورقية والوزن الجاف للجذر وزاد من صافي إنتاجية التمثيل الضوئي (Nasri *et al.*, 2012).

أظهرت نتائج Iqbal وآخرون (2008) انخفاض محتوى الماء النسبي في الأوراق عند التعرض للإجهاد الملحي في دراستهم على بعض أصناف الخس، وتطور استجابتها للتحمل عند استخدام حمض الجبريليك، أثبتت الدراسة بأن حمض الجبريليك يشارك في تنظيم العمليات الفيزيولوجية لنبات الخس المعرض للإجهاد حيث يزيد من نفاذية الأغشية، معدل التمثيل الضوئي، محتوى الأصبغة، ونشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة والبرولين.

ذكر Hafiz (2022) أن المعاملة بحمض الجبريليك (GA_3) قللت من معدل النتج، وزادت من امتصاص كل من النتروجين والفوسفور في جميع البادرات المجعدة ملحياً وذلك بالمقارنة مع النباتات المجعدة ملحياً وغير المعاملة بحمض الجبريليك.

بالإضافة لذلك فقد وجدت دراسة لتأثير استخدام حمض الجبريليك في نبات الرز المجهد ملحياً وفق التراكيز 0.5 و 1 غ. ل⁻¹، وذلك تحت تأثير الإجهاد الملحي، حيث أدى الإجهاد إلى خفض نشاط التمثيل الضوئي والناقلية المسامية، والماء المتاح، والجهد الإسموزي وجهد الامتلاء وارتفاع النبات والوزن الرطب والجاف، بينما أدت المعاملة بحمض الجبريليك إلى تحسين المؤشرات الفيزيولوجية والعلاقات المائية ونشاطات التمثيل الضوئي (Kim *et al.*, 2016)، ومن جهة أخرى قد تبين أن استخدام GA_3 على نبات الشوندر السكري بالتراكيز 10، 20، 40، 80 مغ. كغ⁻¹ تحت ظروف الإجهاد الملحي نتج عنه زيادة في محتوى الماء النسبي للأوراق وخفض من تلف الأغشية، كما قلل بشكل خاص من إنتاج مضادات الأكسدة (Jamil and Rha, 2007).

تم دراسة دور الجبريلينات وحمض الأبسيسيك في تخفيف الإجهاد الملحي على نبات الخس من قبل Mohammed وآخرون (2022) حيث تم استخدام GA_3 بالتركيز 50 ppm و ABA بالتركيز 10 ppm وملح كلوريد الصوديوم بالتراكيز 200 و 300 ميلي مول، ووضحت نتائج هذه الدراسة أنه يمكن استخدام هذه المنظمات معاً لزيادة تحمل الملح في نبات الخس من خلال تنظيم التمثيل الغذائي الفيزيولوجي والكيميائي الحيوي ونظام الدفاع المضاد للأكسدة والمعلومات المعدلة لجدار الخلية.

أكد Tepe وآخرون (2022) في دراستهم أن حمض الجبريليك يؤدي إلى زيادة الإنبات ونمو شتلات نبات الفاصولياء، وكما ازداد كل من الوزن الجاف وارتفاع النبات والمساحة الورقية تحت ظروف الإجهاد الملحي، ويعزى ذلك إلى زيادة امتصاص العناصر الغذائية بوجود GA_3 .

في تجربة على نبات الشوندر السكري المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي ($2-4 \text{ g/k.g}^{-1}$)، عوملت النباتات بحمض الجبريليك، ف لوحظ أن محتوى النبات من شوارد Na ازداد بزيادة الملوحة، بينما انخفض المحتوى من K، ومعدل التركيب الضوئي، ومعدل التعرق، ونسبة الثغور بشكل ملحوظ مع زيادة الملوحة، إلا أن المعاملة الهرمونية حققت زيادة ملموسة في معدل التركيب الضوئي والتعرق كما خفضت من نفاذية الغشاء الخلوي ومحتوى الصوديوم Na مما قلل من ضرر الملوحة (Jamil and Rha, 2007).

الفصل الثالث

مواد وطرائق البحث

Materials and Methods

3-1- مكان تنفيذ البحث وزمانه: Research site

نُفذ البحث في مزرعة أبي جرش التابعة لكلية الزراعة خلال موسمين متتاليين بدءاً من بداية شهر أيلول 2020 م حتى منتصف شهر كانون أول 2021 م في الموسم الأول، ومن بداية أيلول 2021 م حتى منتصف شهر كانون أول 2022 م في الموسم الثاني، وتم اجراء الاختبارات والتحليل المطلوبة في مخابر كلية الزراعة، جامعة دمشق، قسم علوم البستنة.

3-2 المادة النباتية Plant material

نفذ البحث على صنفين من الخس:

- الصنف كبوس (Kabous):

صنف محلي، متوسط الحجم لونه أخضر فاتح، ناعم الملمس، يتكون الرأس المندمج من التفاف الأوراق حول بعضها، نموه سريع مشكلاً لب طويل ومضوم والذي لا يتطلب الربط الأوراق ناعمة وغضة وذات مظهر دهني، ذو مقاومة عالية للشمخة، يزرع في الخريف والربيع زراعة مفتوحة وفي البيوت المحمية (الشكل، 1).



الشكل رقم (1): صنف الخس كبوس

• الصنف شنشار (Shinshar):

صنف مدخل، لا يكون رأساً مندمجاً يتميز بأوراقه المشرشرة، حوافه طويلة مجعدة ولونها أخضر فاتح، مقاوم للالتفاف ولمرض البياض الزغبي، يزرع في الربيع والصيف والخريف ومناسب للزراعة المفتوحة (الشكل، 2).



الشكل رقم (2): صنف الخس شنشار

3-3 طرائق البحث Research Methods

زرعت البذور بتاريخ 2020/9/1 في صواني الإنبات السريع باستخدام تورب- بيرلايت (حجم: حجم) ضمن البيت البلاستيكي أبعاده 8 × 60، ارتفاع 3.5م، ومغطاة بشرايح البولي إيثيلين سماكة 180 ميكرون ومزودة بشباك التظليل للتحكم بدرجة الإضاءة، وأنظمة تدفئة وتبريد مرتبطة بحساسات لتأمين درجة الحرارة المطلوبة (15°c ليلاً و22°c نهاراً) ورطوبة جوية مناسبة (75%)، ثم زُرعت الشتول في الحقل بتاريخ 2021/10/15. تمت الزراعة في خطوط المسافة بينها 40 سم، وبين النباتات على الخط الواحد 40 سم. وتم الري بالتنقيط بمعدل تصريف 4 ل. سا⁻¹ لكل نقطة.

4-3 المعاملات المدروسة: Studies treatments

عُقمت البذور بغمرها في محلول هيبوكلوريد الصوديوم NaOCl (10%)، ثم غسلت بالماء المقطر ثلاث مرات، بعد ذلك غمرت بحمض الجبريليك (0, 50, 100 ppm) لمدة 24 ساعة، ثم وزرعت بعد النقع في صواني الإنبات السريع باستخدام تورب- بيرلايت (حجم: لحجم)، وذلك بمعدل بذرة في كل ثقب، وضعت الصواني داخل البيت البلاستيكي ضمن الشروط (درجة الحرارة 22°م، الرطوبة 75%، مع وجود 16 ساعة إضاءة) حسب توصية وزارة الزراعة، أما البدء بتطبيق الإجهاد الملحي

للسنتين فكانت في اليوم 7 للبذور المنبتة وذلك بإضافة محلول كلوريد الصوديوم (NaCl mM) 0.25L لكل صينية انبات، ثم تمت عملية الرش الورقي بحمض الأبسيسيك (ABA) بالتركيز (0, 5, 10 ppm) وحتى نهاية التجربة والزراعة.

فكانت المعاملات المدروسة تحت كل مستوى ملحي كالتالي:

1. معاملة الشاهد (بدون أملاح وبدون معاملة النقع بحمض الجبريليك وبدون الرش بحمض الأبسيسيك).
 2. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك بالتركيز 50 ppm + معاملة الرش الورقي بحمض الأبسيسيك بالتركيز 5 ppm.
 3. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك بالتركيز 50 ppm + معاملة الرش الورقي بحمض الأبسيسيك بالتركيز 10 ppm.
 4. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك بالتركيز 100 ppm + معاملة الرش الورقي بحمض الأبسيسيك بالتركيز 5 ppm.
 5. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك بالتركيز 100 ppm + معاملة الرش الورقي بحمض الأبسيسيك بالتركيز 10 ppm.
- شمل هذا البحث على 40 معاملة (20 معاملة للصف)، كررت كل معاملة 3 مرات، حيث كل مكرر يحتوي على 10 نباتات.

3-5- المؤشرات المدروسة Studied Parameters

3-5-1- المؤشرات الشكلية:

3-5-1-1- طول النبات (سم)

حُدد طول النبات باستخدام مسطرة مرقمة من نقطة الإتصال مع سطح التربة حتى أعلى نقطة في المجموع الخضري.

3-5-1-2- عدد الأوراق في النبات (ورقة. نبات⁻¹)

وذلك بعد كامل الأوراق على النبات في نهاية التجربة.

3-1-5-3- المساحة الورقية (سم²):

أخذ متوسط ورقتين مكتملتين النمو من كل بادرة وبشكل عشوائي وذلك في نهاية تجربة نمو الشتول، أي بعد 45 من بدء الزراعة، وقُدرت المساحة الورقية باستخدام جهاز بلانيمتر (Area meter AM300).

3-2-5-3- المؤشرات الفيزيولوجية Physiological Traits

3-1-2-5-3- الوزن الرطب والوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)

حُسب الوزن الرطب على أساس متوسط أوزان النباتات في كل معاملة في نهاية التجربة، وحُسب الوزن الجاف بعد التجفيف لمدة 48 ساعة في الفرن على الدرجة 70 م (Youssef *et al.*, 2017).

3-2-2-5-3- محتوى الماء النسبي Leaf Relative Water Content (%RWC)

تم تقدير محتوى الماء النسبي وفق Smart (1974) من خلال تسجيل الوزن الرطب للعينة النباتية، ثم تُركت مغمورة بالماء المقطر في أطباق بترى لمدة أربع وعشرون ساعة، ثم سُجِّل الوزن الرطب المشبع، بعد ذلك جُففت العينات في الفرن على درجة حرارة 80 م لمدة 24 ساعة (Youssef *et al.*, 2017) ثم حُسب محتوى الماء النسبي كما يلي:

$$\text{محتوى الماء النسبي (\%)} = \left(\frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب المشبع} - \text{الوزن الجاف}} \right) \times 100$$

3-2-5-3- محتوى الأوراق من الكلوروفيل (مغ/غ وزن رطب)

حُدِدت صبغات الكلوروفيل a والكلوروفيل b باستخدام المطياف الضوئي حسب Arnon (1949). حيث تم وزن العينات النباتية وإضافة 20 مل من الأسيتون 85%، بعد ذلك قيست الكثافة البصرية للمحلول الناتج على طولي موجة 645، 663 نانومتر بعد معايرة الجهاز على 85% أسيتون، ثم حسب محتوى الكلوروفيل كما يلي:

$$\text{كلوروفيل } a = (645\text{OD} \times 2.7 - 663\text{OD} \times 12.7) \times (\text{حجم الأسيتون المضاف}) / (1000 \times \text{وزن}$$

العينة النباتية).

كلوروفيل $b = (663OD \times 4.68 - 645OD \times 22.9) \times (\text{حجم الأسيتون المضاف}) / (1000 \times \text{وزن العينة النباتية})$.

3-5-2-4- محتويات الأوراق من البرولين (ميكرومول/ غ وزن جاف)

أخذ 5.0 غ من مسحوق العينات المجمدة والمطحونة في الآزوت، وجرى معالجتها في 2 ml من المحلول المائي لحمض السلفوساليسيليك بالتركيز 3%، ثم فصل المستخلص بواسطة جهاز الطرد المركزي على سرعة 10000 دورة/دقيقة مدة 10 دقائق، ثم جمع محلول الاستخلاص، وأكمل حجمه إلى 5 ml باستخدام حمض السلفوساليسيليك (3%). ولتقدير محتوى المستخلص من البرولين أخذ منه 2 ml وأضيف إليه 2 ml من محلول النينهيدرين لتنشيط التفاعل، و2 ml من حمض الخل الثلجي، ووضعت الأنابيب في حمام مائي عند درجة الغليان مدة ساعة واحدة، ثم رفعت الأنابيب وبردت بشكل مفاجئ لإيقاف التفاعل وذلك بوضعها في وعاء يحتوي على الثلج، بعد ذلك أضيف لكل أنبوب 4 ml من التولوين ملون، ورج مدة عشرة ثوانٍ، ثم ترك حتى ينفصل المزيج إلى طورين، حيث أخذ الطور العلوي وقيست درجة امتصاصه عند طول موجة 520 nm في جهاز قياس الطيف الضوئي. وحُسب تركيز البرولين في العينات النباتية باستخدام منحنى معياري حاسوبياً باستعمال كميات معروفة من البرولين (Bates, 1973)

وتم أخيراً التعبير عن كمية البرولين بوحدة ميكرومول / غ مادة جافة حسب المعادلة:

محتوى البرولين (ميكرومول/ غ) = [ميكروغرام برولين/ مل × حجم التولوين المضاف (مل)] /

115.5 ميكروغرام/ ميكرومول / [وزن العينة (غ) / 5]

3-5-2-5- تركيز الآزوت (%)

قُدر تركيز الآزوت بعد هضم العينات النباتية بطريقة الهضم الرطب حسب Jackson (1985)، حيث استُخدم الماء الأكسجيني كعامل هضم بدلاً من السيلينيوم، وأخذ 0.5 غ من المادة النباتية الجافة، وأضيف لها 4 مل من حمض الكبريتيك و6 مل من الماء الأكسجيني ووضعت في جهاز الهضم على درجة حرارة 150°C لمدة نصف ساعة ثم على درجة 380°C لمدة 3 ساعات، ثم تم الترشيح وإكمال الحجم إلى 100 مل ماء مقطر، ثم تم قياس تركيز الآزوت باستخدام كاشف نسلر (Peech *et al.*, 1947) عن طريق جهاز المطياف الضوئي على طول

موجة 425 نانومتر وذلك بعد توليد المنحنى للمحلول القياسي، وأخيراً تم حساب النسبة المئوية لكل من الآزوت وفقاً للعلاقة الآتية:

$$\%N = (\text{التركيز من المنحنى} \times \text{حجم المحلول الكلي}) / (\text{وزن العينة} \times 10000)$$

3-5-2-6- تركيز الفوسفور (%)

قُدِّر تركيز الفوسفور بعد هضم العينات النباتية كما ذُكر سابقاً، ثم تم القياس باستخدام كاشف بارثون (Reuter and Robinson, 1997)، عن طريق جهاز المطياف الضوئي على طول موجة 430 نانومتر، وذلك بعد توليد المنحنى للمحلول القياسي، وأخيراً تم حساب النسبة المئوية للفوسفور وفقاً للعلاقة الآتية:

$$\%P = (\text{التركيز من المنحنى} \times \text{حجم المحلول الكلي}) / (\text{وزن العينة} \times 10000)$$

3-5-2-7- تركيز البوتاسيوم (%)

قُدِّر تركيز البوتاسيوم بعد الهضم كما ورد سابقاً، ثم تم تقدير محتوى البوتاسيوم باستخدام جهاز التحليل الطيفي باللهب (Tendon, 2005)، وتم استخدام محلول قياسي للبوتاسيوم، ثم حُسبت النسبة المئوية اعتماداً على العلاقة الآتية:

$$\%K = (\text{التركيز من المنحنى} \times \text{حجم المحلول الكلي}) / (\text{وزن العينة} \times 10000)$$

3-5-3- المؤشرات النوعية:

3-5-3-1- محتوى الكاروتينات في الأوراق (مغ/غ وزن رطب):

تم تقدير محتوى الكاروتينات الكلية وفقاً لنفس طريقة تقدير محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي والكلوروفيل (a,b)، بالنسبة للكاروتينات على طول الموجة (470) باستخدام جهاز السبكتروفوتوميتر، قُدِّر محتوى الأوراق من الأصبغة الكاروتينية وفقاً للمعادلة التالية (Porra, 2002):

$$\text{Carotenoids} = 1000(A_{470}) - 3.27\{chl a\} - 104 \{chl b\}$$

3-5-3-2- محتوى الأنثوسيانينات في الأوراق (مغ/غ وزن رطب):

لتقدير محتوى الأوراق من الأنثوسيانين ($\mu\text{mol.ml}^{-1}$) غُسلت أوراق بادرات الخس جيداً بالماء الجاري، ثم وزن 3 غ من الأوراق ووضعت في الماء مع إضافة 200 مغ.ل⁻¹ من هيبوكلوريد الصوديوم، ثم وضعت بالماء المغلي لمدة 2 دقيقة وجمدت بعد ذلك عند الدرجة -18°C في أكياس من البولي إيثيلين، وتُركت في الظلام طوال الليل، بعد ذلك وضعت في دورق يحوي 400 مل من مزيج الإيثانول مع حمض كلور الماء 1.5 نظامي عند درجة الحرارة 4 °C، ثم تمت عملية الترشيح وقدر محتوى الأوراق من الأصبغة الأنثوسيانية وفقاً للمعادلة التالية (Sims and Gamon, 2002):

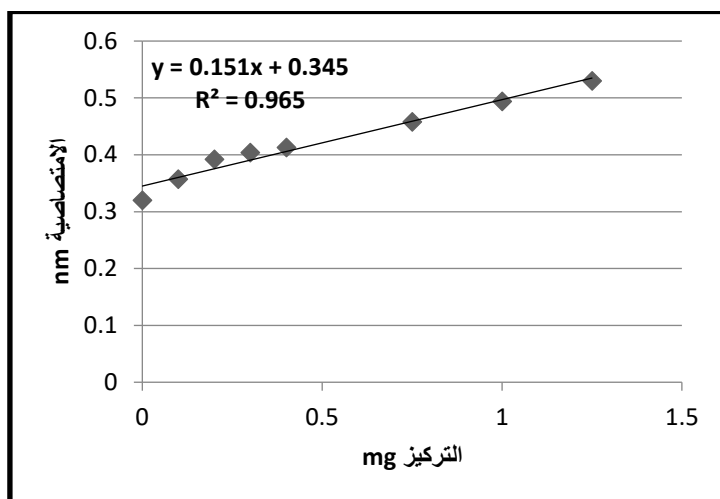
$$\text{Anthocianin} = 0.08173(A537) - 0.00697(647) - 0.002228(A663)$$

3-5-4- المؤشرات البيوكيميائية:

3-5-4-1- نشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية Enzymatic Antioxidant:

تم قياس نشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية بحسب طريقة Murshed وزملائه (2008). حيث أخذ 0.5 غ 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 و 2 ميلليمولر كلوريد الكالسيوم CaCl و 1 ميلليمولر حمض الأسكوربيك ASA. وضع المزيج في جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة وبسرعة 15000 دورة. دقيقة⁻¹ وعلى درجة حرارة 4°C. استخدمت الرشاحة الناتجة لقياس نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة بصورة مباشرة وكذلك لقياس تركيز البروتينات.

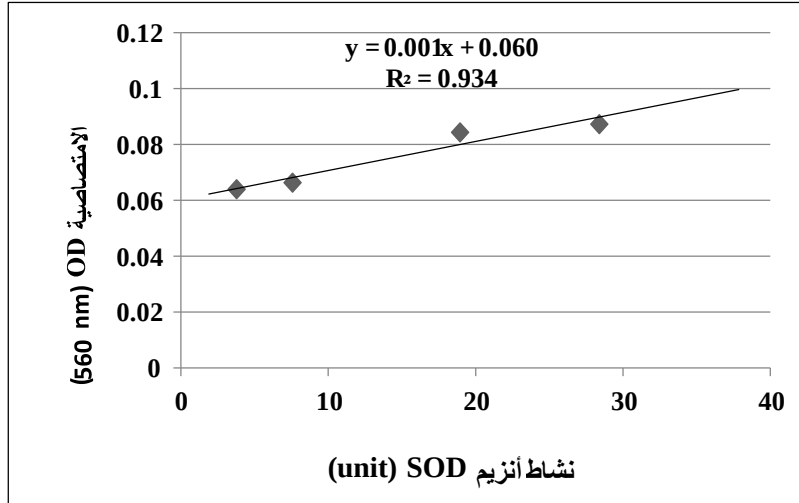
تم قياس تركيز البروتينات وفق طريقة Brad Ford (1976)، حيث أخذ 200 µL من المستخلص الأنزيمي وأضيف إليه 1.5 مل من محلول برادفورد (SIGMA, SLBB8733V). تم تحريك المزيج وتركه بدرجة حرارة الغرفة لمدة 30 دقيقة وقرأت الإمتصاصية على طول موجة 595 نانو متر. تم حساب البروتين في المستخلص الأنزيمي من خلال رسم منحنى معياري باستخدام تراكيز معلومة من محلول برادفورد (شكل، 3).



الشكل رقم (3): المنحنى المعياري لمحلول برادفورد

3-5-4-1-1 نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD) (ميكرومول.د.مغ⁻¹ بروتين):

قدر نشاط أنزيم SOD حسب طريقة (Giannopolitis and Ries, 1977) بإضافة 100 µL من المستخلص الأنزيمي الذي حضر وفقاً لـ (Murshed وزملائه، 2008) إلى 1.5 ml من محلول التفاعل الحاوي على محلول منظم فوسفاتي بتركيز 50 mmol و 7.8 Ph والميثونين بتركيز 13 mmol، و نيترو بلوتيترازوليوم (NBT) بتركيز 75 µmol و Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) بتركيز 0.1 mmol والريبوفلافين بتركيز 2 µmol. ثم عرض الخليط بعد التحريك الجيد إلى الإضاءة الإصطناعية مدة 5 دقائق لتفعيل الإرجاع الضوئي لمادة NBT ومن ثم تغير لونها الذي سيثبط أنزيم SOD. وقيست نسبة هذا التثبيط بعد ذلك. بعد ذلك قرئ امتصاص العينة للأشعة الضوئية على طول موجة 560 nm بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي، حيث يمنع ال SOD الموجود في الخلاصة الإرجاع الضوئي الكيميائي لل NBT إلى أزرق الفورمازان. حسب نشاط ال SOD بالوحدة استناداً إلى المنحنى القياسي الذي رسم باستخدام تراكيز معلومة من SOD التجاري (الشكل، 4)، وعرفت الوحدة الواحدة من نشاط SOD على أنها كمية الأنزيم التي تسبب تثبيطاً ضوئياً بنسبة 50% لل NBT.



الشكل رقم (4): المنحنى المعياري لأنزيم السوبر أوكسيد دزموثاز (SOD)

3-5-4-1-2 نشاط أنزيم الأسكورات بيروكسيداز (APX) (ميكرومول.د.مغ⁻¹ بروتين):

قدر نشاط أنزيم APX (Murshed et al., 2014) من خلال تقدير أكسدة الأسكورات بقياس الانخفاض في الإمتصاصية مدة 3 دقائق عند طول موجة ضوئية 290 نانومتر لمحلول التفاعل (1 مل) الحاوي على محلول منظم فوسفاتي بتركيز 50 ميليمولر و pH=7 و 0.25 ميليمولر من ASA و 5 ميليمولر H₂O₂ و 100 µL من المستخلص الأنزيمي. تم حساب نشاط APX باستخدام معامل التحلل 2.8 ميليمولر.سم وحسب كمية الأنزيم المطلوبة لاستهلاك 1 مل في الدقيقة من حمض الأسكوريك. وحسب نشاط الأنزيم من المعادلة الآتية:

$$APX \text{ activity (mmol. min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ protein)} = \left(\frac{\Delta Abs \times Vt}{\Delta T \times \epsilon \times l \times Vs} \right) / P$$

ΔAbs : التناقص بالامتصاصية خلال الزمن.

ΔT : التغير في الزمن (min)

Vt : حجم محلول التفاعل (ml)

Vs : حجم المستخلص الأنزيمي المضاف (ml)

ϵ : معامل التحلل لحمض الأسكوريك (8. mmol.cm⁻¹)².

l : قطر cuvette المستخدم (1 cm).

P : تركيز البروتين في العينة (mg).

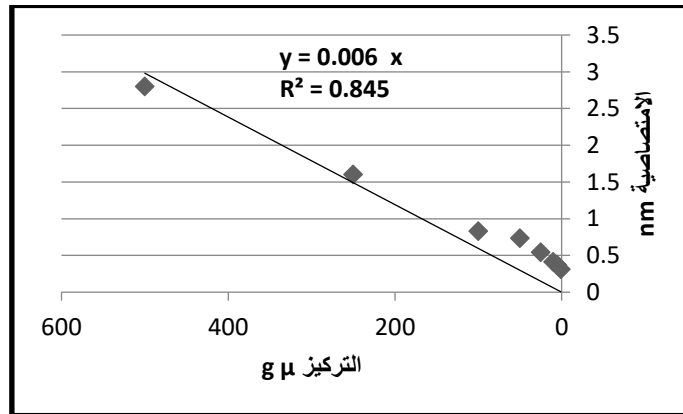
3-1-4-5-3- نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) (ميكرومول.د.مغ⁻¹ بروتين):

قدر نشاط أنزيم CAT حسب طريقة (Noctor et al., 2016) من خلال تقدير تناقص تركيز H₂O₂ بقياس الانخفاض في الامتصاصية لمدة 3 دقائق عند طول موجة ضوئية 240 نانومتر لمحلول التفاعل (1 مل) الحاوي على محلول منظم فوسفاتي بتركيز 50 ميللمولر و pH=7 و 15 ميللمولر من H₂O₂ و 100 µL من المستخلص الأنزيمي. تم حساب CAT باستخدام معامل التحلل 43.6 مولر. سم.

3-2-4-5-3- نشاط مضادات الأكسدة غير الأنزيمية Non Enzymatic Antioxidant:

3-1-2-4-5-3- حمض الأسكوربيك Ascorbic Acid (فيتامين C، ASA) (مغ. 100 غ وزن رطب):

قُدر محتوى الأوراق من فيتامين C بحسب طريقة (Pinto et al., 1999) في عينات الخس الطازجة التي أخذت في نهاية تجربة نمو البادرات بعد 45 يوم من بدء الزراعة باستخدام جهاز (Merck roflex) وشرائح Mercx الخاصة بتقدير فيتامين C، حيث تم قياس محتوى فيتامين C باستخدام جهاز (RQ-Flex easy, Germany) الذي يمكنه قياس كمية الفيتامين ضمن المجال 450-52 ppm. تم امتصاص عينة من العصير بواسطة شرائح اسفنجية خاصة بالجهاز، حيث تم إدخال الشريحة في المكان المخصص، والانتظار لمدة 30 ثانية للحصول على قراءة تعبر عن كمية فيتامين C بأجزاء من المليون، أُخذت القراءة على ثلاثة نباتات في المكرر الواحد.



الشكل رقم (5): المنحنى المعياري لحمض الاسكوربيك

3-5-5- المؤشرات الإنتاجية

3-5-5-1 الإنتاجية (ك.هـ¹)

تم حساب الإنتاجية لكل معاملة بمعدل ك.هـ¹، فقد قدرت الكثافة النباتية أي عدد النباتات في وحدة المساحة (م²) بالاعتماد على (المسافة الزراعية بين النباتات المزروعة 40*40)، ثم تم حساب الإنتاجية وفق المعادلة التالية:

$$\text{الإنتاجية} = \text{وزن النبات (الرأس)} \times \text{الكثافة النباتية}$$

3-6- تصميم التجربة والتحليل الإحصائي

شمل هذا البحث على 40 معاملة، كررت كل معاملة 3 مرات حيث احتوى كل مكرّر على 10 نباتات، صُممت التجربة احصائياً وفق القطع المنشقة، وحُلّلت البيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي GenStat النسخة 12، وتم مقارنة المتوسطات، لحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى ثقة 95 % للإختبارات الحقلية، و99% للإختبارات المخبرية.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Results and Discussion

معايير الإنبات تحت تأثير الإجهاد الملحي:

4-1 تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك في نسبة الإنبات لبذور نبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي:

أدت زيادة تركيز الأملاح في محلول الري إلى انخفاض نسبة الإنبات لدى صنفَي الخس المدروسيين (كبوس، شنشار) (الجدول 1)، مع العلم أنَّ أعلى قيمة للانخفاض كانت عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM) حيث بلغت نسبة إنبات البذور (50.45%, 30.02% بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات الملحية، كما يظهر الجدول نفسه ازدياد نسبة إنبات البذور عند معاملة النقع بحمض الجبريليك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة، وقد سجلت معاملة النقع بحمض الجبريليك بالتركيز (100ppm) أعلى قيمة لنسبة الإنبات (98.34% , 93.11% بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند المستوى الملحي (50 mM) بالمقارنة مع باقي المعاملات الملحية.

الجدول رقم (1): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك في نسبة الإنبات لبذور نبات الخس (%) تحت ظروف الإجهاد الملحي

الصنف	Salt NaCl (mM) / GA ₃ (ppm)	0	50	100	150	المتوسط
كبوس	الشاهد	99.12 ^{cd}	97.89 ^{fg}	87.72 ^{ijk}	50.45 ^l	83.79 ^C
	GA ₃ (50)	99.23 ^{bc}	97.92 ^d	90.12 ^h	71.23 ^{jk}	89.62 ^B
	GA ₃ (100)	99.42 ^{ab}	98.34 ^{cd}	92.65 ^{gh}	75.86 ^{jk}	91.57 ^A
	المتوسط	99.26 ^A	98.05 ^B	90.16 ^C	65.85 ^D	
	CV% = 0.20					
شنشار	الشاهد	94.34 ^{bcd}	92.11 ^{ef}	73.54 ^h	30.02 ^k	72.50 ^C
	GA ₃ (50)	94.12 ^{ab}	92.87 ^{cde}	81.42 ^f	39.23 ^{ij}	76.91 ^B
	GA ₃ (100)	95.06 ^a	93.11 ^{bcd}	85.92 ^{ef}	42.12 ⁱ	79.05 ^A
	المتوسط	94.51 ^A	92.69 ^B	22.94 ^C	16.69 ^D	
	CV% = 2.8					

يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

2-4 تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك في سرعة إنبات بذور نبات الخس (بذرة/ يوم)

تحت تأثير الإجهاد الملحي:

يظهر الجدول (2) انخفاضاً في سرعة إنبات البذور لدى صنفى الدراسة (كبوس، شنشار) مع ازدياد تركيز الأملاح في محلول الري بالمقارنة مع الشاهد، حيث سجلت أدنى قيمة لسرعة للإنبات (1.03, 2.14 بذرة/يوم بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM)، وبالمقابل بين الجدول نفسه ازدياد سرعة الإنبات لدى الصنفين المدروسين عند معاملة النقع بحمض الجبريليك وذلك تحت جميع المستويات الملحية المطبقة، وقد تفوقت معاملة النقع بالتركيز الأعلى (100 ppm) حيث سجلت أعلى قيمة لسرعة الإنبات (8.35, 9.56 بذرة/يوم بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) وذلك بالمقارنة مع باقي التراكيز تحت جميع المستويات الملحية المطبقة .

الجدول (2): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك في متوسط سرعة الإنبات البذور (بذرة/ اليوم) تحت ظروف الإجهاد الملحي

الصنف	Salt NaCl (mM) / GA ₃ (ppm)		0	50	100	150	المتوسط
كبوس	الشاهد		9.12 ^{cd}	9.01 ^{fg}	5.65 ^{ijk}	2.14 ^l	6.48 ^C
	GA ₃ (50)		9.56 ^{bc}	9.32 ^d	6.25 ^h	4.11 ^{jk}	7.31 ^B
	GA ₃ (100)		9.71 ^{ab}	9.56 ^{cd}	7.16 ^{gh}	4.72 ^{jk}	7.79 ^A
	المتوسط		9.46 ^A	9.25 ^B	6.35 ^C	3.66 ^D	
	CV% = 0.4						
شنشار	الشاهد		8.25 ^{bcd}	7.89 ^{ef}	3.71 ^h	1.03 ^k	5.22 ^C
	GA ₃ (50)		8.79 ^{ab}	8.12 ^{cde}	5.34 ^f	1.65 ^{ij}	5.99 ^B
	GA ₃ (100)		8.94 ^a	8.35 ^{bcd}	5.98 ^{ef}	2.01 ⁱ	6.32 ^A
	المتوسط		8.66 ^A	8.12 ^B	5.01 ^C	1.56 ^D	
	CV% = 0.3						

يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

معايير النمو تحت تأثير الإجهاد الملحي:

4-1- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في المؤشرات المورفولوجية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي:

4-1-1- طول النبات (سم)

توضح النتائج في الجدول (3) تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في طول النبات تحت تأثير الإجهاد الملحي. أدى الازدياد التدريجي في التراكيز الملحية إلى انخفاض معنوي في طول النبات، وبالمقابل فقد زاد طول النبات عند معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك تحت جميع المستويات الملحية. أما بالنسبة لمعاملات التفاعل بين المعاملات والأصناف فقد سجلت أعلى قيمة لطول النبات (33.39، 28.27 سم بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسك (10 ppm) للنباتات غير المجهدة ملحياً، بينما سجلت أدنى قيمة لطول النبات (18.30، 13.61 سم للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند المستوى الملحي (150 mM) وبدون أية إضافات هرمونية (الجدول، 3).

الجدول (3): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في طول نبات الخس (سم) تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) / ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
24.39 ^D	18.30 ^l	22.29 ^{ijk}	26.56 ^{fg}	30.41 ^{cd}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
26.65 ^{BC}	21.13 ^{jk}	24.57 ^h	29.40 ^d	31.50 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
27.41 ^B	21.54 ^{jk}	25.40 ^{gh}	30.31 ^{cd}	32.41 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
28.46 ^A	22.49 ^{ij}	27.45 ^{ef}	30.50 ^{cd}	33.39 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
26.14 ^C	20.43 ^k	23.55 ^{hi}	29.29 ^{de}	31.26 ^{bc}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	20.78 ^D	24.65 ^C	29.21 ^B	31.79 ^A	المتوسط	
Salt: 0.83		Hor: 0.93		Interaction: 1.85		LSD _{0.05}
CV% = 5.2						
20.93 ^E	13.61 ^k	19.42 ^h	24.50 ^{ef}	26.20 ^{bcd}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
23.39 ^C	16.61 ^{ij}	24.20 ^f	25.48 ^{cde}	27.25 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
24.02 ^B	17.46 ⁱ	24.26 ^{ef}	26.14 ^{bcd}	28.21 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
25.09 ^A	20.26 ^h	25.20 ^{def}	26.63 ^{bc}	28.27 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
22.38 ^D	15.49 ^j	21.60 ^g	25.29 ^{def}	27.15 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	16.69 ^D	22.94 ^C	25.61 ^B	27.42 ^A	المتوسط	
Salt: 0.56		Hor: 0.63		Interaction: 1.26		LSD _{0.05}
CV% = 3.3						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات

(الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور

إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 95%.

4-1-2- عدد الأوراق (ورقة. نبات¹⁻):

لوحظ انخفاض عدد الأوراق تزامناً مع زيادة تركيز الملوحة في مياه الري وكانت معاملة الشاهد متفوقة معنوياً بالمقارنة مع باقي المعاملات الملحية المطبقة، وبالمقابل أعطت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك أعلى متوسط لعدد الأوراق معنوياً تحت جميع مستويات الملوحة المدروسة بالمقارنة مع الشاهد وذلك بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار. وقد لوحظ أعلى متوسط لعدد الأوراق (52.29 ورقة.نبات¹⁻) بالنسبة للصنف كبوس و(61.28 ورقة.نبات¹⁻) بالنسبة للصنف شنشار لدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) والنباتات غير المجهدة ملحياً، تلتها معاملة النقع بحمض الجبريليك (50,100 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) (الجدول، 4).

كما يبين الجدول نفسه عدم وجود فروق معنوية في الصفة المدروسة بين التراكيز الهرمونية المختلفة والمطبقة على النباتات غير المجهدة ملحياً، حيث كان متوسط عدد الأوراق (50.4, 60.4 ورقة/نبات بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى كل من معاملة النقع بحمض الجبريليك (50

(ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (5 ppm) ومعاملة النقع بحمض الجبريليك (100 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (5 ppm) عند النباتات غير المجعدة ملحيًا.

الجدول (4): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في عدد الأوراق (ورقة. نبات¹) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) / ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
32.74 ^D	18.56 ^l	31.28 ^{hij}	38.24 ^{ef}	42.87 ^{cd}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
38.86 ^B	28.31 ^j	35.27 ^{fg}	41.43 ^{cde}	50.42 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
39.37 ^B	29.26 ^{ij}	35.3 ^{fg}	42.42 ^{cd}	50.49 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
42.28 ^A	32.38 ^{ghi}	40.15 ^{de}	44.3 ^c	52.29 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
36.62 ^C	23.26 ^k	34.43 ^{gh}	40.35 ^{de}	48.43 ^b	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	26.35 ^D	35.28 ^C	41.35 ^B	48.90 ^A	المتوسط	
Salt: 1.50		Hor: 1.67		Interaction: 3.34		LSD _{0.05}
CV% = 5.3						
42.29 ^D	28.12 ^l	40.50 ⁱ	48.29 ^f	52.23 ^d	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
48.43 ^B	37.22 ^j	44.87 ^g	51.34 ^{de}	60.28 ^a	GA ₃ (50) + ABA (5)	
48.92 ^B	38.17 ^j	44.93 ^g	52.16 ^d	60.40 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
52.09 ^A	42.50 ^h	50.25 ^e	54.34 ^c	61.28 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
46.05 ^C	31.32 ^k	43.40 ^{gh}	51.30 ^{de}	58.16 ^b	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	35.47 ^D	44.79 ^C	51.49 ^B	58.47 ^A	المتوسط	
Salt: 0.84		Hor: 0.94		Interaction: 1.89		LSD _{0.05}
CV% = 2.4						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 95%.

4-1-3- المساحة الورقية (سم²)

أدت زيادة تركيز الملوحة في وسط النمو إلى انخفاض في متوسط المساحة الورقية لنباتات كلا الصنفين بشكل عام بغض النظر عن المعاملات الهرمونية المطبقة، كما أدى النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك إلى زيادة المساحة الورقية تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة وذلك بغض النظر عن التركيز الملحي المستخدم (الجدول، 5). تقوقت معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) معنويًا على باقي المعاملات في كل مستويات الملوحة المدروسة، حيث سجلت أعلى متوسط للمساحة الورقية (91.61 سم²) بالنسبة للصنف كبوس و(98.56 سم²) بالنسبة للصنف شنشار في النباتات غير المجعدة ملحيًا تلتها معاملة النقع بحمض الجبريليك (100 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (5 ppm)، بينما سجلت أقل متوسط للمساحة الورقية (30.32 سم²) بالنسبة

للصنف كبوس و(21.34 سم²) بالنسبة للصنف شنشار عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM)

والنباتات غير المعاملة هرمونيا (الجدول، 5).

الجدول(5): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في المساحة الورقية (سم²) لنبات الخس

تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
52.00 ^E	30.32 ^k	35.05 ⁱ	60.41 ^f	82.21 ^c	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
64.99 ^C	32.13 ^j	58.96 ^g	78.42 ^d	90.44 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
66.09 ^B	34.12 ⁱ	60.32 ^{fg}	79.12 ^d	90.82 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
78.02 ^A	56.41 ^h	74.63 ^e	89.43 ^b	91.61 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
63.51 ^D	31.28 ^{jk}	56.78 ^h	75.68 ^e	90.31 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	36.85 ^D	57.15 ^C	76.61 ^B	89.08 ^A	المتوسط	
Salt: 0.61		Hor: 0.69		Interaction: 1.37		
CV% = 1.3						
64.98 ^E	21.34 ^p	65.31 ^l	82.13 ^h	91.13 ^d	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
76.79 ^C	43.67 ⁿ	78.12 ⁱ	89.23 ^e	96.13 ^b	GA ₃ (50) + ABA (5)	
81.61 ^B	60.14 ^m	79.32 ⁱ	90.12 ^{de}	96.88 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
86.82 ^A	69.25 ^k	85.14 ^g	94.32 ^c	98.56 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
74.08 ^D	41.13 ^o	72.1 ^j	87.27 ^f	95.82 ^{bc}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	47.11 ^D	76.00 ^C	88.61 ^B	95.70 ^A	المتوسط	
Salt: 0.71		Hor: 0.79		Interaction: 1.59		
CV% = 1.2						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد،

النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق

معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 95%.

4-2- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في المؤشرات

الفيزيولوجية للخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

4-2-1- الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ)

يبين الجدول (6) ازدياد الوزن الرطب للمجموع الخضري عند معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك وذلك تحت جميع مستويات الملوحة المطبقة، وبالمقابل انخفض الوزن الرطب للنبات بازدياد الملوحة في وسط النمو حيث كانت معاملة الشاهد متفوقة معنوياً بالمقارنة مع باقي المعاملات المطبقة. سجل أكبر متوسط للوزن الرطب للنبات (294.4 غ) بالنسبة للصنف كبوس و(281.8 غ) بالنسبة للصنف شنشار عند معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) والنباتات غير المجعدة ملحيًا، بينما سجل أقل متوسط للوزن الرطب

الخضري (64.1 غ) بالنسبة للصنف كبوس و(47.4 غ) بالنسبة للصنف شنشار وذلك عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM) وبدون إضافات هرمونية.

الجدول (6): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في الوزن الرطب الخضري (غ) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) / ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
162.1 ^E	64.1 ⁿ	125.7 ^k	211.5 ^h	247.1 ^c	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
199.9 ^C	114.9 ^l	198.4 ⁱ	236.1 ^e	250.1 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
207.4 ^B	123.6 ^k	209.5 ^h	241.9 ^d	254.5 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
231.5 ^A	167.2 ^j	217.2 ^g	247.3 ^c	294.4 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
184.7 ^D	94.5 ^m	170.4 ^j	226.5 ^f	247.5 ^c	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	112.9 ^D	184.3 ^C	232.7 ^B	258.7 ^A	المتوسط	
Salt: 2.04		Hor: 2.28		Interaction: 4.56		LSD _{0.05}
CV% = 1.4						
166.6 ^E	47.4 ^q	151.5 ^m	211.1 ⁱ	256.3 ^e	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
202.1 ^C	114.8 ^o	184.2 ^j	235.1 ^f	274.3 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
222 ^B	145.2 ⁿ	210.7 ⁱ	256.1 ^e	275.8 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
231.9 ^A	167.2 ^l	217.3 ^h	261.3 ^d	281.7 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
191.7 ^D	97.2 ^p	175.7 ^k	224.1 ^g	269.8 ^c	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	114.3 ^D	187.9 ^C	237.6 ^B	271.6 ^A	المتوسط	
Salt: 2.18		Hor: 2.43		Interaction: 4.87		LSD _{0.05}
CV% = 1.5						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 95%.

4-2-2- الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)

يظهر الجدول (7) التأثير السلبي لزيادة تراكيز الملوحة في وسط النمو في الوزن الجاف للمجموع الخضري حيث انخفض تدريجياً مع ازدياد الملوحة، وبالمقابل أدت معاملات النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك إلى زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري تحت تأثير المستويات الملحية المدروسة. لوحظ أعلى متوسط للوزن الجاف (26.72، 32.43 غ) بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند معاملة النقع بحمض الجبريليك بالتركيز الأدنى (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك بالتركيز الأعلى (10 ppm) والنباتات غير المجردة ملحياً، تلتها معاملة النقع بحمض الجبريليك (100 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (5 ppm)، بينما سجل أقل متوسط للوزن الجاف (10.51، 11.35 غ للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند معاملة التفاعل بين المستوى الملحي الأعلى (150 mM) وبدون تطبيق المعاملات الهرمونية.

الجدول (7): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في الوزن الجاف الخضري (غ)

لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
16.13 ^D	10.51 ^j	12.14 ⁱ	18.62 ^g	23.24 ^{cd}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
19.01 ^{BC}	11.62 ^{ij}	17.12 ^h	22.13 ^{d^e}	25.18 ^b	GA ₃ (50) + ABA (5)	
19.30 ^B	11.74 ⁱ	17.32 ^h	22.92 ^d	25.22 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
21.95 ^A	16.72 ^h	20.24 ^f	24.13 ^{bc}	26.72 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
18.44 ^C	11.24 ^{ij}	17.12 ^h	21.02 ^{ef}	24.37 ^{bc}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	12.37 ^D	16.79 ^C	21.76 ^B	24.94 ^A	المتوسط	
Salt: 0.54		Hor: 0.60		Interaction: 1.20		LSD _{0.05}
CV% = 3.8						
18.32 ^D	11.35 ^m	17.03 ^k	20.44 ^{hij}	24.44 ^{ef}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
21.44 ^{BC}	15.04 ^l	19.33 ^{ij}	22.26 ^{gh}	29.11 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
22.28 ^B	16.85 ^{kl}	19.65 ^{ij}	23.21 ^{fg}	29.42 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
24.22 ^A	17.26 ^k	20.95 ^{hi}	26.24 ^{de}	32.43 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
20.48 ^C	14.98 ^l	18.57 ^{jk}	21.13 ^{hi}	27.24 ^{cd}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	15.1 ^D	19.11 ^C	22.66 ^B	28.53 ^A	المتوسط	
Salt: 0.87		Hor: 0.97		Interaction: 1.94		LSD _{0.05}
CV% = 5.5						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد،

النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق

معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 95%.

4-2-3- محتوى الماء النسبي (%)

إن الزيادة التدريجية في معاملات النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك المستخدمة قد أدت إلى زيادة في محتوى الماء النسبي وذلك تحت جميع المستويات الملحية كما هو موضح في الجدول (8)، وبالمقابل فقد أدى زيادة التراكيز الملحية المطبقة إلى انخفاض في محتوى الماء النسبي حيث كانت معاملة الشاهد الملحية متفوقة معنوياً على المعاملات الملحية الأخرى وذلك تحت جميع المعاملات الهرمونية المطبقة. من جهة أخرى سجل أقل متوسط لمحتوى للماء النسبي (58.20، 56.2%) للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM) وبدون إضافات هرمونية، بينما سجل أعلى متوسط لمحتوى للماء النسبي (87.20، 85.2%) للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) في معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) للنباتات غير المجهدة ملحياً.

تبين النتائج في الجدول (8) عدم وجود فروق معنوية في محتوى الماء النسبي للصنف كبوس

(80.82، 81.63% على التوالي) في كل من معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm)

والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (5 ppm) ومعاملة النقع بحمض الجبريليك (100 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) عند المستوى الملحي (50 ppm).

الجدول (8): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في محتوى الماء النسبي (%) لنبات الخس

تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) / ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
72.31 ^D	58.2 ^m	70.53 ^k	78.3 ^{gh}	82.20 ^{de}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
76.57 ^C	63.3 ^l	76.53 ^{hi}	81.63 ^{ef}	84.83 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
78.52 ^B	69.5 ^k	77.1 ^{hi}	81.77 ^{ef}	85.63 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
80.73 ^A	73.4 ^j	79.47 ^{fg}	82.87 ^{cde}	87.20 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
75.65 ^C	62.33 ^l	75.23 ^{ij}	80.8 ^{ef}	84.23 ^{bcd}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	65.35 ^D	75.77 ^C	81.07 ^B	84.83 ^A	المتوسط	
Salt: 1.04		Hor: 1.16		Interaction: 2.32		LSD _{0.05}
CV% = 1.8						
70.31 ^D	56.2 ^m	68.53 ^k	76.3 ^{gh}	80.2 ^{de}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
74.24 ^C	61.3 ^l	73.23 ^{ij}	79.63 ^{ef}	82.8 ^{abc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
76.37 ^B	67.5 ^k	74.53 ^{hi}	79.77 ^{def}	83.7 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
78.73 ^A	71.4 ^j	77.47 ^{fg}	80.87 ^{cde}	85.2 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
73.28 ^C	60.33 ^l	71.77 ^j	78.8 ^{efg}	82.23 ^{bcd}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	63.35 ^D	73.11 ^C	79.07 ^B	82.83 ^A	المتوسط	
Salt: 1.14		Hor: 1.27		Interaction: 2.55		LSD _{0.05}
CV% = 2.1						

* يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد،

النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق

معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 95%.

4-2-4: أصبغة البناء الضوئي (مع. غ⁻¹ وزن رطب):

توضح النتائج في الجدولين (9،10) تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في أصبغة البناء الضوئي تحت تأثير الإجهاد الملحي. حيث بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية في أصبغة البناء الضوئي بين المستويات الملحية المطبقة، ومستويات المعاملة الهرمونية، والتفاعل المتبادل بينهما.

4-2-4-1- محتوى الأوراق من الكلوروفيل a (مع. غ⁻¹ وزن رطب)

أدت المعاملة بالملح (بغض النظر عن التركيز المستخدم) إلى انخفاض في محتوى الأوراق من الكلوروفيل a. فيما أدت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك إلى زيادة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل a وذلك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة الجدول (9). سجلت أعلى قيمة للكلوروفيل a (0.826 مع. غ⁻¹ وزن رطب) بالنسبة

للسنف كبوس و(0.813 مع.غ⁻¹ وزن رطب) بالنسبة للسنف شنشار عند معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) للنباتات غير المجهد ملحيًا، بينما سجلت أقل قيمة (0.45 مع.غ⁻¹ وزن رطب) بالنسبة لسنفي الخس كبوس وشنشار على التوالي عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM) وبدون معاملة هرمونية (الجدول، 9).

الجدول(9): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في محتوى الكلوروفيل a (مغ/ غ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
0.627 ^D	0.450 ^k	0.513 ⁱ	0.760 ^{efg}	0.78 ^{bcde}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
0.701 ^{BC}	0.483 ^{ijk}	0.730 ^{fg}	0.777 ^{cde}	0.813 ^{abc}	GA ₃ (50) +ABA (5)	
0.715 ^B	0.510 ^{ij}	0.750 ^{efg}	0.780 ^{bcde}	0.820 ^{ab}	GA ₃ (100)+ABA (5)	
0.751 ^A	0.620 ^h	0.767 ^{def}	0.790 ^{abcde}	0.826 ^a	GA ₃ (50)+ABA (10)	
0.692 ^C	0.470 ^{jk}	0.720 ^g	0.770 ^{def}	0.807 ^{abcd}	GA ₃ (100)+ABA(10)	
	0.507 ^D	0.696 ^C	0.775 ^B	0.810 ^A	المتوسط	
Salt: 0.019		Hor: 0.021		Interaction: 0.043		
CV% = 2.8						
0.647 ^D	0.450 ⁿ	0.670 ^{jk}	0.717 ^{fgh}	0.750 ^{bcdef}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
0.707 ^{BC}	0.613 ^{lm}	0.0710 ^{ghi}	0.730 ^{defg}	0.777 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
0.722 ^B	0.647 ^{kl}	0.713 ^{gh}	0.743 ^{cdefg}	0.783 ^{ab}	GA ₃ (100) +ABA (5)	
0.742 ^A	0.677 ^{ijk}	0.720 ^{fgh}	0.757 ^{bcde}	0.813 ^a	GA ₃ (50) +ABA (10)	
0.697 ^C	0.610 ^m	0.687 ^{hij}	0.727 ^{efg}	0.763 ^{bcd}	GA ₃ (100)+ABA 10)	
	0.599 ^D	0.700 ^C	0.735 ^B	0.777 ^A	المتوسط	
Salt: 0.016		Hor: 0.018		Interaction: 0.036		
CV% = 2.3						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-2-4-2- محتوى الأوراق من الكلوروفيل b (مع.غ⁻¹ وزن رطب)

يبين الجدول (10) محتوى الأوراق من الكلوروفيل b في النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي، حيث أدى انخفاض التراكيز الملحية إلى ازدياد محتوى الكلوروفيل، كما ازدادت قيم الكلوروفيل b عند معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك تحت جميع التراكيز الملحية المدروسة. سجلت أعلى قيمة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل b (0.37، 0.41 مع.غ⁻¹ وزن رطب¹ بالنسبة للسنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى معاملة التفاعل بين النباتات غير المجهد ملحيًا والمعاملة بالنقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm)، بينما سجلت أقل

قيمة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل b (0.19، 0.21 مع.غ⁻¹ وزن رطب بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند المستوى الملحي (150 mM) وبدون اضافات هرمونية الجدول (10).

الجدول (10): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في محتوى الكلوروفيل b (مع.غ⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) / ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
0.265 ^D	0.190 ^o	0.243 ^{lm}	0.300 ^{ghi}	0.327 ^{def}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
0.293 ^{BC}	0.223 ^{mn}	0.280 ^{ij}	0.317 ^{efg}	0.353 ^{abc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
0.302 ^B	0.227 ^{mn}	0.293 ^{hij}	0.323 ^{ef}	0.363 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
0.316 ^A	0.253 ^{kl}	0.300 ^{ghi}	0.337 ^{cde}	0.373 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
0.286 ^C	0.213 ⁿ	0.273 ^{jk}	0.310 ^{fgh}	0.347 ^{bcd}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	0.221 ^D	0.278 ^C	0.317 ^B	0.353 ^A	المتوسط	
Salt: 0.01		Hor: 0.01		Interaction: 0.02		LSD _{0.01}
CV% = 3.2						
0.292 ^B	0.213 ^d	0.280 ^{bcd}	0.320 ^{abc}	0.353 ^{abc}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
0.324 ^{AB}	0.267 ^{cd}	0.313 ^{abc}	0.343 ^{abc}	0.373 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
0.333 ^{AB}	0.277 ^{bcd}	0.320 ^{abc}	0.347 ^{abc}	0.390 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
0.349 ^A	0.287 ^{bcd}	0.340 ^{abc}	0.360 ^{abc}	0.410 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
0.322 ^{AB}	0.267 ^{cd}	0.313 ^{abc}	0.340 ^{abc}	0.367 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	0.262 ^C	0.313 ^B	0.342 ^{AB}	0.379 ^A	المتوسط	
Salt: 0.04		Hor: 0.05		Interaction: 0.1		LSD _{0.01}
CV% = 13.7						

* يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-2-5- محتوى الأوراق من البرولين (مع.غ⁻¹ وزن جاف)

ازداد محتوى البرولين بزيادة مستويات الإجهاد الملحي فقد تفوقت المعاملة الملحية الأعلى (150 mM) على باقي المعاملات عند جميع المعاملات الهرمونية المطبقة من جهة، كما ازداد محتوى البرولين عند معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك تحت جميع المستويات الملحية المطبقة من جهة أخرى كما هو موضح في الجدول (11).

لوحظ أعلى متوسط لمحتوى البرولين (6.84 مغ.غ⁻¹ وزن جاف) بالنسبة للصنف كبوس و(6.74 مغ.غ⁻¹ وزن جاف) بالنسبة للصنف شنشار لدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM)، بينما سجل أقل متوسط لمحتوى البرولين (3.81 مغ.غ⁻¹ وزن جاف) بالنسبة للصنف كبوس و(3.12 مغ.غ⁻¹ وزن جاف) بالنسبة للصنف شنشار لدى النباتات غير المجهدة ملحياً وغير المعاملة هرمونياً (الشاهد) (الجدول، 11).

الجدول (11): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في محتوى البرولين (مغ/ غ) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) / ABA+ GA ₃ (ppm)		الصنف
4.74 ^C	6.14 ^{cde}	4.83 ^g	4.18 ^{hij}	3.81 ^j	ABA (0)+GA ₃ (0)		كبوس
5.36 ^B	6.64 ^{abc}	5.95 ^{def}	4.72 ^{gh}	4.15 ^{hij}	ABA (5)+GA ₃ (50)		
5.44 ^{AB}	6.79 ^{ab}	6.02 ^{def}	4.78 ^g	4.16 ^{hij}	ABA (5)+GA ₃ (100)		
5.71 ^A	6.84 ^a	6.21 ^{bcde}	5.45 ^f	4.32 ^{ghij}	ABA (10)+GA ₃ (50)		
5.21 ^B	6.44 ^{abcd}	5.72 ^{ef}	4.58 ^{ghi}	4.12 ^{ij}	ABA (10)+GA ₃ (100)		
	6.57 ^A	5.747 ^B	4.741 ^C	4.113 ^D	المتوسط		
Salt: 0.266		Hor: 0.298		Interaction: 0.595		LSD _{0.05}	
CV% = 5.1							
3.853 ^C	5.24 ^{de}	3.91 ^f	3.14 ^g	3.12 ^g	ABA (0)+GA ₃ (0)		شنشار
4.497 ^B	6.11 ^{bc}	5.01 ^e	3.743 ^f	3.12 ^g	ABA (5)+GA ₃ (50)		
4.607 ^B	6.31 ^{ab}	5.12 ^{de}	3.86 ^f	3.137 ^g	ABA (5)+GA ₃ (100)		
5.171 ^A	6.74 ^a	5.59 ^{cd}	4.81 ^e	3.543 ^{fg}	ABA (10)+GA ₃ (50)		
4.451 ^B	5.98 ^{bc}	4.973 ^e	3.723 ^f	3.123 ^g	ABA (10)+GA ₃ (100)		
	6.08 ^A	4.921 ^B	3.855 ^C	3.209 ^D	المتوسط		
Salt: 0.252		Hor: 0.282		Interaction: 0.564		LSD _{0.05}	
CV% = 5.6							

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-2-6- تركيز الآزوت (%)

توضح نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (12) ازدياد تركيز الآزوت عند تطبيق المعاملات الهرمونية وذلك تحت جميع التراكيز الملحية المدروسة بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة، وبالمقابل انخفض تركيز الآزوت في الأوراق مع ازدياد التراكيز الملحية المطبقة وذلك تحت جميع المعاملات الهرمونية المطبقة. سجلت أعلى قيمة لتركيز الآزوت (3.72، 3.37%)

بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى معاملة التفاعل بين النباتات غير المجعدة ملحيًا والمعاملة بالنقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm)، بينما كانت أدنى قيمة (2.93، 3.01%) بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى معاملة النباتات المجعدة ملحيًا بالتركيز الأعلى (150 mM) وغير المعاملة هرمونيًا (الجدول، 12). تظهر نتائج الجدول نفسه عدم وجود فروق معنوية بين التراكيز الهرمونية المختلفة والمطبقة عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM) فقد سجلت القيمة ذاتها لتركيز الآزوت (3.04%) لدى الصنف شنشار، كذلك الأمر بالنسبة للصنف كبوس فقد لوحظ عدم وجود فروقاً معنوية بين التراكيز الهرمونية المختلفة والمطبقة على النباتات عند المستوى الملحي (50 mM) إذ سجلت القيمة نفسها لتركيز الآزوت (3.14%)، مع ملاحظة عدم وجود فروقات معنوية بين التراكيز الهرمونية المطبقة تحت جميع المستويات الملحية المدروسة وذلك لدى الصنف كبوس (الجدول، 12).

الجدول(12): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في تركيز الآزوت (%) لنبات الخس تحت

ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA₃ (ppm)	الصنف
3.06 ^B	2.93 ^e	3.03 ^{de}	3.08 ^{de}	3.21 ^{cde}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
3.16 ^{AB}	3.02 ^{de}	3.07 ^{de}	3.14 ^{cde}	3.43 ^{abc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
3.22 ^A	3.02 ^{de}	3.08 ^{de}	3.14 ^{cde}	3.63 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
3.28 ^A	3.04 ^{de}	3.11 ^{de}	3.23 ^{cde}	3.73 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
3.13 ^{AB}	3.01 ^e	3.04 ^{de}	3.12 ^{cde}	3.33 ^{bcd}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	3.01 ^B	3.07 ^B	3.14 ^B	3.47 ^A	المتوسط	
Salt: 0.14		Hor: 0.15		Interaction: 0.30		LSD _{0.01}
CV% = 4.4						
3.12 ^B	3.01 ^c	3.05 ^c	3.16 ^c	3.26 ^{bc}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
3.22 ^B	3.03 ^c	3.12 ^c	3.18 ^c	3.55 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
3.28 ^B	3.04 ^c	3.13 ^c	3.22 ^{bc}	3.34 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
3.73 ^A	3.08 ^c	3.17 ^c	3.34 ^{bc}	3.72 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
3.17 ^B	3.02 ^c	3.10 ^c	3.17 ^c	3.37 ^{bc}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	3.04 ^B	3.11 ^B	3.21 ^B	3.85 ^A	المتوسط	
Salt: 0.24		Hor: 0.27		Interaction: 0.54		LSD _{0.01}
CV% = 7.5						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع

بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل

بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-2-7- تركيز الفوسفور (%)

انخفض تركيز الفوسفور في النبات بازدياد مستويات الإجهاد الملحي، وبالمقابل فقد كان لمعاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك تأثير معنوي في هذه القيم بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة وذلك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة.

لوحظت أعلى قيمة لتركيز الفوسفور (0.46% بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى معاملة التفاعل بين النباتات غير المجعدة ملحيًا والمعاملة بالنقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm)، بينما سجلت أقل قيمة لتركيز الفوسفور (0.24، 0.25% على التوالي للصنفين كبوس وشنشار) عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM) وبدون أية معاملة هرمونية، مع ملاحظة عدم وجود فروقات معنوية بين التراكيز الهرمونية المطبقة تحت جميع المستويات الملحية المدروسة وذلك لدى الصنف شنشار (الجدول، 13).

الجدول (13): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في تركيز الفوسفور (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA₃ (ppm)	الصنف
0.34 ^D	0.24 ⁱ	0.32 ^{gh}	0.39 ^{de}	0.43 ^{abc}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
0.38 ^{BC}	0.31 ^h	0.36 ^{ef}	0.42 ^{bcd}	0.45 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
0.39 ^B	0.32 ^{gh}	0.37 ^{ef}	0.43 ^{abc}	0.46 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
0.42 ^A	0.35 ^{fg}	0.41 ^{cd}	0.45 ^{ab}	0.46 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
0.38 ^C	0.29 ^h	0.36 ^{ef}	0.41 ^{cd}	0.45 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	0.30 ^D	0.36 ^C	0.42 ^B	0.45 ^A	المتوسط	
Salt: 0.014		Hor: .0016		Interaction: 0.032		
CV% = 3.8						
0.34 ^C	0.25 ^f	0.31 ^{def}	0.39 ^{abc}	0.43 ^{abc}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
0.38 ^{AB}	0.29 ^{ef}	0.38 ^{bcd}	0.42 ^{abc}	0.45 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
0.39 ^{AB}	0.31 ^{def}	0.38 ^{bcd}	0.43 ^{abc}	0.46 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
0.42 ^A	0.36 ^{cde}	0.41 ^{abc}	0.44 ^{ab}	0.46 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
0.37 ^{BC}	0.27 ^f	0.36 ^{cde}	0.41 ^{abc}	0.45 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	0.29 ^C	0.36 ^B	0.41 ^A	0.45 ^A	المتوسط	
Salt: 0.03		Hor: 0.04		Interaction: 0.08		
CV% = 9.2						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض

الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين

المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-2-8- تركيز البوتاسيوم (%)

تشير نتائج التحليل في الجدول (14) تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في تركيز البوتاسيوم في النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي، حيث لوحظ تفوقاً معنوياً عند المعاملة الملحية الأدنى بالمقارنة مع المعاملات الأخرى وذلك عند جميع المعاملات الهرمونية المطبقة.

بالمقابل فقد ازداد تركيز البوتاسيوم في الأوراق عند معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة. فضلاً عن ذلك فقد سجلت أعلى قيمة لتركيز البوتاسيوم (2.74%) بالنسبة للصنف كبوس و(2.49%) بالنسبة للصنف شنشار لدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) عند المستوى الملحي الأدنى، بينما سجلت أقل قيمة (1.98%) بالنسبة للصنف كبوس و(1.74%) بالنسبة للصنف شنشار لدى النباتات غير المعاملة هرمونياً عند المستوى الملحي الأعلى (50 mM) مع ملاحظة عدم وجود فروقات معنوية بين التراكيز الهرمونية المطبقة تحت جميع المستويات الملحية المدروسة وذلك لدى الصنف نفسه (الجدول، 14).

الجدول (14): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في تركيز البوتاسيوم (%) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA₃ (ppm)	الصنف
2.37 ^C	1.98 ^f	2.11 ^{ef}	2.62 ^{abc}	2.71 ^{ab}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
2.46 ^{BC}	2.04 ^f	2.43 ^{bcd}	2.65 ^{abc}	2.71 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
2.47 ^{BC}	2.19 ^{def}	2.39 ^{cde}	2.58 ^{abc}	2.72 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
2.67 ^A	2.65 ^{abc}	2.58 ^{abc}	2.71 ^{ab}	2.74 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
2.52 ^B	2.23 ^{def}	2.37 ^{cde}	2.68 ^{ab}	2.72 ^a	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	2.22 ^C	2.37 ^B	2.651 ^A	2.75 ^A	المتوسط	
Salt: 0.12		Hor: 0.14		Interaction: 0.28		LSD _{0.01}
CV% = 5.2						
2.17 ^{AB}	1.74 ^{hi}	2.01 ^{efgh}	2.43 ^{ab}	2.48 ^a	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
2.17 ^{AB}	1.83 ^{gh}	2.11 ^{defg}	2.32 ^{abcd}	2.41 ^{abc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
2.18 ^{AB}	1.91 ^{fgh}	2.14 ^{cdef}	2.24 ^{abcde}	2.43 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
2.27 ^A	2.03 ^{efg}	2.19 ^{bcdef}	2.35 ^{abcd}	2.49 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
2.09 ^B	1.52 ⁱ	2.12 ^{defg}	2.28 ^{abcde}	2.44 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	1.81 ^C	2.11 ^B	2.33 ^A	2.45 ^A	المتوسط	
Salt: 0.14		Hor: 0.12		Interaction: 0.28		LSD _{0.01}
CV% = 6.0						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-3- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في المؤشرات البيوكيميائية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي:

4-3-1- محتوى الأوراق من جزيئات الكاروتينات (مع. غ⁻¹ وزن رطب):

أدت الزيادة التدريجية في معاملات الرش الورقي المطبقة إلى زيادة في محتوى الأوراق من جزيئات الكاروتين، كانت معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) هي الأفضل بالمقارنة مع المعاملات الأخرى وذلك تحت جميع التراكيز الملحية المطبقة كما هو موضح في الجدول (15)، وبالمقابل فقد أدى ازدياد تركيز الأملاح في وسط النمو إلى انخفاض في محتوى الأوراق من جزيئات الكاروتينات حيث كانت معاملة الشاهد متفوقة معنوياً على المعاملات الأخرى وذلك تحت جميع معاملات الرش الورقي المستخدمة. من جهة أخرى سجل أقل محتوى للكاروتين (0.07، 0.09 مع. غ⁻¹ وزن رطب) بالنسبة للصنفين

كبوس وشنشار على التوالي عند التركيز الملحي الأعلى (150 mM) وبدون معاملات هرمونية، بينما سجلت أعلى قيمة لمحتوى الكاروتين (0.22، 0.18 مع. غ⁻¹ وزن رطب) بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي عند معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) والنباتات غير المعهدة ملحيًا (الجدول، 15).

كما يبين الجدول عدم وجود فروق معنوية في محتوى الأوراق من جزيئات الكاروتين للصنف كبوس لدى كل من معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (5 ppm) ومعاملة النقع بحمض الجبريليك (100 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (5، 10 ppm) فقد لوحظت القيمة ذاتها (0.18 مع/غ وزن رطب على التوالي) وذلك عند المستوى الملحي (100 mM)، أما بالنسبة للصنف شنشار فقد سجلت نفس المعاملات الهرمونية السابقة أيضاً القيمة ذاتها للكاروتين (0.17 مع. غ⁻¹ وزن رطب) وذلك عند المستوى الملحي (50 mM). مع ملاحظة عدم وجود فروق معنوية بين التراكيز الهرمونية المطبقة وذلك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة في نباتات كلا الصنفين المدروسين (كبوس، شنشار).

الجدول (15): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في محتوى الكاروتين (مع. غ⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف	
0.16 ^B	0.09 ^e	0.17 ^{abcd}	0.18 ^{abcd}	0.20 ^{ab}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس	
0.18 ^{AB}	0.13 ^{cde}	0.18 ^{abcd}	0.20 ^{ab}	0.21 ^a	GA ₃ (50) + ABA (5)		
0.18 ^{AB}	0.14 ^{bcde}	0.18 ^{abcd}	0.20 ^{ab}	0.21 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)		
0.19 ^A	0.17 ^{abcd}	0.18 ^{abcd}	0.20 ^{ab}	0.22 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)		
0.17 ^{AB}	0.12 ^{de}	0.17 ^{abcd}	0.19 ^{abc}	0.21 ^a	GA ₃ (100) + ABA (10)		
	0.13 ^C	0.17 ^B	0.19A ^B	0.21 ^A	المتوسط		
Salt: 0.028		Hor: 0.032		Interaction: 0.064			LSD _{0.05}
CV% = 16.2							
0.13 ^B	0.07 ^e	0.12 ^{bcde}	0.15 ^{abcd}	0.17 ^{ab}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار	
0.14 ^{AB}	0.10 ^{de}	0.13 ^{abcd}	0.17 ^{ab}	0.17 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)		
0.15 ^{AB}	0.11 ^{cde}	0.14 ^{abcd}	0.17 ^{ab}	0.18 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)		
0.16 ^A	0.12 ^{bcde}	0.15 ^{abcd}	0.17 ^{ab}	0.18 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)		
0.14 ^{AB}	0.10 ^{de}	0.13 ^{abcd}	0.16 ^{abc}	0.17 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)		
	0.10 ^C	0.13 ^B	0.16 ^A	0.17 ^A	المتوسط		
Salt: 0.024		Hor: 0.026		Interaction: 0.053			LSD _{0.05}
CV% = 16.7							

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-3-2- محتوى الأوراق من الأنتوسيانين (مع.غ.⁻¹ وزن رطب):

أدى الازدياد التدريجي في التراكيز الملحية إلى انخفاض محتوى الأوراق من الأنتوسيانين، ومن جهة أخرى أدت معاملة نقع البذور بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك إلى ازدياد محتوى الأنتوسيانين معنوياً وذلك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة الجدول (16). تبين نتائج التحليل الإحصائي أن أقل محتوى للأنتوسيانين (0.78 مع.غ.⁻¹ وزن رطب) بالنسبة للصنف كبوس و (0.43 مع.غ.⁻¹ وزن رطب) بالنسبة للصنف شنشار كان في النباتات غير المعاملة هرمونياً وذلك تحت التركيز الملحي الأعلى (150 mM) بينما سجل أعلى محتوى للأنتوسيانين (4.27، 3.22 مع.غ.⁻¹ وزن رطب للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) في معاملة التفاعل بالنقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) والنباتات غير المعهدة ملحياً (الجدول، 16). مع ملاحظة عدم وجود فروق معنوية بين التراكيز الهرمونية المطبقة وذلك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة في نباتات كلا الصنفين المدروسين (كبوس، شنشار).

الجدول (16): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في محتوى الأنتوسيانين (مع.غ.⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM)	الصنف
					ABA+ GA ₃ (ppm)	
2.59 ^D	0.78 ^h	2.17 ^f	3.29 ^c	4.11 ^{ab}	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
3.15 ^C	1.43 ^g	2.98 ^{cd}	3.98 ^{ab}	4.21 ^{ab}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
3.37 ^B	2.14 ^f	3.05 ^{cd}	4.04 ^{ab}	4.25 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
3.74 ^A	2.54 ^e	3.92 ^b	4.21 ^{ab}	4.27 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
3.04 ^C	1.02 ^h	2.95 ^d	3.98 ^{ab}	4.21 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	1.58 ^D	3.01 ^C	3.90 ^B	4.21 ^A	المتوسط	
Salt: 0.15		Hor: 0.16		Interaction: 0.33		
CV% = 4.7						
2.07 ^C	0.43 ^h	1.98 ^{def}	2.71 ^{abc}	3.18 ^{ab}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
2.58 ^{AB}	1.59 ^{fg}	2.37 ^{cde}	3.15 ^{ab}	3.21 ^a	GA ₃ (50) + ABA (5)	
2.65 ^{AB}	1.76 ^{efg}	2.46 ^{bcd}	3.18 ^{ab}	3.22 ^a	GA ₃ (100) + ABA (5)	
2.87 ^A	2.01 ^{def}	3.06 ^{abc}	3.19 ^{ab}	3.22 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
2.43 ^{BC}	1.17 ^{gh}	2.20 ^{def}	3.15 ^{ab}	3.20 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	1.39 ^C	2.41 ^B	3.07 ^A	3.20 ^A	المتوسط	
Salt: 0.33		Hor: 0.37		Interaction: 0.74		
CV% = 13.3						

* يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-4 تأثير الإجهاد الملحي في نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة Effect of Salinity stress on Enzymes Activity

1-4-4 نشاط مضادات الأكسدة الأنزيمية

1-1-4-4 تأثير الإجهاد الملحي في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (ميكرومول.دقيقة.مغ⁻¹ بروتين):

ازداد نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز SOD بزيادة مستويات الإجهاد الملحي من جهة ولدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (GA_3) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (ABA) تحت جميع المستويات الملحية المطبقة من جهة أخرى، وكانت معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) هي الأعلى معنوياً بالمقارنة مع باقي المعاملات وذلك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة كما هو موضح في الجدول (17).

سجلت أعلى قيمة لنشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (5.98، 5.23 ميكرومول.دقيقة.مغ⁻¹ بروتين بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM)، بينما كانت أقل قيمة لنشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز (3.11، 3.01 ميكرومول.دقيقة.مغ⁻¹ بروتين للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى النباتات غير المجهدة ملحياً وغير المعاملة هرمونياً (الشاهد) (الجدول، 17).

الجدول (17): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموثاز SOD (ميكرومول/دقيقة/مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
3.820 ^E	5.117 ^{cde}	3.913 ^h	3.140 ^l	3.110 ^l	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
4.378 ^C	5.63 ^b	5.013 ^e	3.747 ^{ij}	3.123 ^l	GA ₃ (50) + ABA (5)	
4.437 ^B	5.730 ^b	5.057 ^{de}	3.840 ^{hi}	3.123 ^l	GA ₃ (100) + ABA (5)	
4.788 ^A	5.980 ^a	5.120 ^{cd}	4.640 ^g	3.410 ^k	GA ₃ (50) + ABA (10)	
4.201 ^D	5.213 ^c	4.817 ^f	3.650 ^j	3.123 ^l	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	5.534 ^A	4.784 ^B	3.803 ^C	3.178 ^D	المتوسط	
Salt: 0.0470		Hor: 0.0526		Interaction: 0.1052		LSD _{0.01}
CV% = 1.1						
3.648 ^D	4.987 ^{de}	3.570 ^h	3.020 ^k	3.013 ^k	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
4.098 ^B	5.110 ^{bc}	4.910 ^e	3.360 ⁱ	3.013 ^k	GA ₃ (50) + ABA (5)	
4.136 ^B	5.187 ^{ab}	4.930 ^e	3.410 ⁱ	3.017 ^k	GA ₃ (100) + ABA (5)	
4.370 ^A	5.230 ^a	5.013 ^d	4.110 ^g	3.127 ^j	GA ₃ (50) + ABA (10)	
3.958 ^C	5.060 ^{cd}	4.630 ^f	3.130 ^j	3.013 ^k	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	5.115 ^A	4.611 ^B	3.406 ^C	3.037 ^D	المتوسط	
Salt: 0.0368		Hor: 0.0412		Interaction: 0.0824		LSD _{0.01}
CV% = 0.9						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد،

النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق

معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-4-1-2 تأثير الإجهاد الملحي في نشاط أنزيم الأسكوربات بيروكسيداز (ميكرومول/دقيقة.مغ بروتين):

إن الزيادة التدريجية في المعاملات الهرمونية المطبقة قد أدت إلى زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز (APX) وكانت معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) هي الأعلى معنوياً بالمقارنة مع المعاملات الأخرى وذلك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة كما هو موضح في الجدول (18)، وبالمقابل فقد أدى زيادة التراكيز الملحية المستخدمة إلى زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز وكانت المعاملة الملحية الأعلى (150mM) متفوقة معنوياً على المعاملات الملحية الأخرى وذلك تحت جميع المعاملات الهرمونية المطبقة. من جهة أخرى سجل أقل نشاط لأنزيم البيروكسيداز (23.41، 18.03 وحدة.مغ بروتين بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) عند النباتات غير المجهدة ملحياً وغير المعاملة هرمونياً (الشاهد)، بينما سجلت أعلى قيمة لنشاط أنزيم البيروكسيداز (35.93،

26.11 وحدة.مغ بروتين بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) وذلك لدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) عند المستوى الملحي الأعلى (150 ppm)(الجدول،18).

الجدول (18): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في نشاط أنزيم الأسكوربات بيروكسيداز APX (ميكرومول/دقيقة/مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
25.75 ^D	32.11 ^e	23.95 ⁱ	23.51 ^j	23.41 ^j	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
28.44 ^B	35.12 ^{bc}	31.42 ^f	23.88 ⁱ	23.45 ^j	GA ₃ (50) + ABA (5)	
28.57 ^B	35.43 ^b	31.42 ^f	23.91 ⁱ	23.50 ^j	GA ₃ (50) + ABA (10)	
30.85 ^A	35.93 ^a	34.13 ^d	29.61 ^h	23.71 ^{ij}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
28.20 ^C	34.91 ^c	30.71 ^g	23.73 ^{ij}	23.43 ^j	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	34.70 ^A	30.31 ^B	24.93 ^C	23.50 ^D	المتوسط	
Salt: 0.14		Hor: 0.16		Interaction: 0.33		LSD _{0.01}
CV% = 0.5						
19.03 ^D	21.11 ^e	18.93 ^h	18.05 ^k	18.03 ^k	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
20.90 ^{BC}	25.89 ^{bc}	20.93 ^{ef}	18.73 ⁱ	18.04 ^k	GA ₃ (50) + ABA (5)	
20.93 ^B	25.95 ^{ab}	20.98 ^{ef}	18.75 ^{hi}	18.05 ^k	GA ₃ (50) + ABA (10)	
22.55 ^A	26.11 ^a	25.23 ^d	20.35 ^g	18.51 ^j	GA ₃ (100) + ABA (5)	
20.81 ^C	25.73 ^c	20.82 ^f	18.67 ^{ij}	18.04 ^k	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	24.96 ^A	21.38 ^B	18.91 ^C	18.13 ^D	المتوسط	
Salt: 0.09		Hor: 0.10		Interaction: 0.19		LSD _{0.01}
CV% = 0.4						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-4-3 تأثير الإجهاد الملحي في نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) (مليمول.دقيقة.مغ بروتين):

يبين الجدول (19) أن الازدياد التدريجي في التراكيز الملحية المستخدمة قد أدى إلى ازدياد تدريجي في نشاط أنزيم الكاتالاز فقد سجلت معاملة الشاهد أدنى القيم بالمقارنة مع باقي المعاملات الملحية المدروسة بغض النظر عن المعاملات الهرمونية المطبقة، ومن جهة أخرى فقد أدت المعاملة بالنقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك إلى زيادة نشاط أنزيم الكاتالاز تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة وذلك بغض النظر عن التركيز المستخدم.

كما يظهر الجدول (19) أن أعلى قيمة لنشاط أنزيم الكاتالاز (6.113، 6.270 ميلليمول دقيقة.مغ بروتين بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) كانت لدى معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) عند المستوى الملحي الأعلى (150 ppm)، بينما سجلت أقل قيمة لنشاط أنزيم الكاتالاز (4.170، 2.240 ميلليمول دقيقة.مغ بروتين بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) لدى النباتات غير المجعدة ملحيًا وبدون أية إضافات هرمونية.

الجدول (19): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في نشاط أنزيم الكاتالاز CAT (ميكرومول.دقيقة.مغ بروتين) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) / ABA+ GA ₃ (ppm)	الصنف
4.732 ^C	5.730 ^c	4.870 ^f	4.180 ⁱ	4.171 ⁱ	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
5.086 ^B	5.920 ^b	5.540 ^d	4.713 ^{fg}	4.170 ⁱ	GA ₃ (50) + ABA (5)	
5.138 ^B	5.960 ^{ab}	5.630 ^{cd}	4.780 ^{fg}	4.180 ⁱ	GA ₃ (50) + ABA (10)	
5.411 ^A	6.113 ^a	5.730 ^c	5.320 ^e	4.480 ^h	GA ₃ (100) + ABA (5)	
5.056 ^B	5.913 ^b	5.530 ^d	4.620 ^{gh}	4.160 ⁱ	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	5.927 ^A	5.460 ^B	4.723 ^C	4.227 ^D	المتوسط	
Salt: 0.08		Hor: 0.09		Interaction: 0.18		LSD _{0.01}
CV% = 1.6						
4.298 ^C	5.813 ^{bcd}	4.910 ^f	4.230 ^h	2.240 ⁱ	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
5.152 ^B	5.947 ^b	5.657 ^{cd}	4.787 ^f	4.217 ^h	GA ₃ (50) + ABA (5)	
5.199 ^B	5.960 ^b	5.783 ^{bcd}	4.830 ^f	4.223 ^h	GA ₃ (50) + ABA (10)	
5.480 ^A	6.270 ^a	5.840 ^{bc}	5.350 ^e	4.460 ^g	GA ₃ (100) + ABA (5)	
5.118 ^B	5.930 ^b	5.613 ^d	4.713 ^f	4.213 ^h	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	5.984 ^A	5.561 ^B	4.782 ^C	3.871 ^D	المتوسط	
Salt: 0.10		Hor: 0.11		Interaction: 0.22		LSD _{0.01}
CV% = 2.0						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات

(الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود

فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

2-4-4 نشاط مضادات الأكسدة غير الأنزيمية :Non enzymatic Antioxidant Activity

1-2-4-4 تأثير الإجهاد الملحي في تركيز حمض الأسكوربيك (ASA، فيتامين C):

تبين نتائج التحليل في الجدول (20) تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك في تركيز حمض الأسكوربيك في نباتات الخس لكلا الصنفين (كبوس، شنشار) تحت ظروف الإجهاد الملحي، حيث لوحظ تفوقاً معنوياً عند المعاملة الملحية الأدنى بالمقارنة مع المعاملات الأخرى وذلك عند جميع المعاملات الهرمونية المطبقة، وبالمقابل فقد ازداد تركيز حمض الأسكوربيك في الأوراق عند معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسك تحت جميع المستويات الملحية المدروسة. تبين النتائج الجدول (20) أن أعلى قيمة لحمض الأسكوربيك (18.84، 17.07 ميكروغرام.غ⁻¹ وزن رطب بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) كانت لدى معاملة التفاعل بين النباتات غير المجعدة ملحياً والمعاملة بالنقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسك (10 ppm)، بينما سجلت أقل قيمة قيمة لحمض الأسكوربيك (7.11، 8.11 ميكروغرام.غ⁻¹ وزن رطب) في النباتات غير المعاملة هرمونياً عند المستوى الملحي الأعلى (150 mM).

الجدول (20): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في تركيز حمض الأسكوربيك (ميكروغرام. غ⁻¹ وزن رطب) لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA₃ (ppm)	الصنف
11.30 ^D	7.11 ^l	9.12 ^j	12.12 ^g	16.84 ^d	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
13.66 ^B	8.32 ^k	11.73 ^g	16.67 ^{de}	17.92 ^b	GA ₃ (50) + ABA (5)	
13.86 ^B	8.84 ^j	11.85 ^g	16.81 ^d	17.92 ^{bc}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
15.44 ^A	10.15 ⁱ	16.12 ^f	17.02 ^{cd}	18.48 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
13.23 ^C	8.82 ^k	11.03 ^h	16.24 ^{ef}	17.34 ^c	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	8.55 ^D	11.97 ^C	15.77 ^B	17.70 ^A	المتوسط	
Salt: 0.208		Hor: 0.232		Interaction: 0.464		LSD _{0.01}
CV% = 1.6						
13.02 ^E	8.11 ^k	12.86 ^h	15.013 ^f	15.99 ^{bcd}	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
14.29 ^C	11.09 ⁱ	14.23 ^g	15.42 ^{def}	16.43 ^{abc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
14.73 ^B	11.42 ⁱ	14.92 ^f	15.92 ^{cde}	16.64 ^{ab}	GA ₃ (100) + ABA (5)	
15.37 ^A	13.13 ^h	15.25 ^{ef}	16.02 ^{bcd}	17.07 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
13.53 ^D	9.47 ^j	13.23 ^h	15.32 ^{ef}	16.12 ^{bc}	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	10.64 ^D	14.10 ^C	15.56 ^B	16.45 ^A	المتوسط	
Salt: 0.302		Hor: 0.337		Interaction: 0.675		LSD _{0.01}
CV% = 2.1						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد، النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 99%.

4-5- تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في المؤشرات

الإنتاجية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي:

4-5-1- الإنتاجية (كغ. ه⁻¹):

يوضح الجدول (21) تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في المؤشرات الإنتاجية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي. حيث أثرت جميع معاملات الإجهاد الملحي بشكل سلبي في الإنتاجية وكانت معاملة الشاهد هي الأعلى معنوياً، وبالمقابل أدت المعاملات الهرمونية إلى زيادة الإنتاجية وذلك عند جميع المستويات الملحية المدروسة وبشكل خاص معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm).

سجلت أعلى قيمة للإنتاجية (18402، 17609 كغ.هـ⁻¹ بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) في النباتات غير المجهدة ملحياً و المعاملة بالنقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm)، أما أقل قيمة للإنتاجية (4008، 2960 كغ.هـ⁻¹ بالنسبة للصنفين كبوس وشنشار على التوالي) فقد سجلتها النباتات المجهدة ملحياً (150 ppm) بدون إضافات هرمونية (الجدول، 21).

الجدول (21): تأثير معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك في الغلة (كغ. هـ⁻¹) لنبات الخس تحت

ظروف الإجهاد الملحي

المتوسط	150	100	50	0	Salt NaCl (mM) ABA+ GA₃ (ppm)	الصنف
10133 ^E	4008 ⁿ	7859 ^k	13221 ^h	15445 ^c	GA ₃ (0) + ABA (0)	كبوس
12493 ^C	7179 ^l	12401 ⁱ	14758 ^e	15634 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
12960 ^B	7726 ^k	13091 ^h	15120 ^d	15904 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
14471 ^A	10447 ^j	13578 ^g	15457 ^c	18402 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
11546 ^D	5908 ^m	10653 ^j	14154 ^f	15470 ^c	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	7054 ^D	11516 ^C	14542 ^B	16171 ^A	المتوسط	
Salt: 127.5		Hor: 142.5		Interaction: 285.1		LSD _{0.05}
CV% = .14						
10410 ^E	2960 ^q	9467 ^m	13196 ⁱ	16016 ^e	GA ₃ (0) + ABA (0)	شنشار
12632 ^C	7174 ^o	11514 ^j	14695 ^f	17145 ^{bc}	GA ₃ (50) + ABA (5)	
13872 ^B	9073 ⁿ	13171 ⁱ	16008 ^g	17236 ^b	GA ₃ (100) + ABA (5)	
14494 ^A	10448 ^l	13584 ^h	16333 ^d	17609 ^a	GA ₃ (50) + ABA (10)	
11982 ^D	6077 ^p	10984 ^k	14008 ^g	16860 ^c	GA ₃ (100) + ABA (10)	
	7146 ^D	11744 ^C	14848 ^B	16973 ^A	المتوسط	
Salt: 136.1		Hor: 152.1		Interaction: 304.3		LSD _{0.05}
CV% = 1.5						

*يشير اختلاف الأحرف الكبيرة في العمود والسطر الواحد، على التوالي إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات (الإجهاد،

النقع بحمض الجبريليك والرش بحمض الأبسيسيك). بينما يشير اختلاف الأحرف الصغيرة في الأعمدة والسطور إلى وجود فروق

معنوية في التفاعل بين المعاملات، عند مستوى ثقة 95%.

المناقشة

Discussion

يعد الإجهاد الملحي من أهم وأخطر الإجهادات البيئية التي تحد من نمو معظم الأنواع النباتية وإنتاجيتها، من خلال تقليل امتصاص الماء والمواد الغذائية وزيادة تركيز عنصري الصوديوم والكلور (Machado and Serralheiro, 2017)، كما أن تعرض النبات للإجهاد الملحي يقلل من كثافة الثغور ويسبب إغلاق المسام على سطح الورقة، فيؤدي هذا الإضطراب إلى خلل في التبادل الغازي وتقليل كفاءة التمثيل الضوئي (Shabala *et al.*, 2013).

بيّنت نتائج هذه الدراسة أنّ المعاملة بالملوحة أدت إلى انخفاض في طول النبات في جميع نباتات الخس لكلا الصنفين المدروسين (كبوس، شنشار)، نتيجة لزيادة تركيز الأملاح في التربة مما يؤدي إلى زيادة جهدها الأسموزي، وبالتالي قلة توفر الماء الحر للنبات، مما يقلل جهد الإنتاج للخلايا وبذلك تقل استطالة الخلايا (David and Nilsen, 2000). كما أظهرت الدراسة انخفاض في عدد الأوراق والمساحة الورقية لنباتات كلا الصنفين، وذلك نتيجة السمية الأيونية الناتجة عن تراكم بعض الأيونات السامة (الكلوريد، الصوديوم). عموماً، يُعزى التراجع في مؤشرات النمو الشكلية (متوسط طول النبات، عدد الأوراق والمساحة الورقية) في النبات عند المستويات الملحية الأعلى بالمقارنة مع الشاهد، نتيجة ازدياد شدة الإجهاد الملحي (التأثير الحلولي) في محلول النمو، نتيجة ازدياد تركيز الأملاح الذوّابة (NaCl)، حيث تعمل جزيئات الملح على ربط جزيئات المياه، ما يؤدي إلى تراجع قيمة الجهد المائي (يصبح الجهد المائي أكثر سلباً)، فنقل بذلك كمية المياه الحرة المتاحة للبادرات، ما يؤثر سلباً في معدل امتصاص المياه من قبل المجموع الجذري، وتُصبح كمية المياه الممتصة غير كافية لتعويض الماء المفقود بالنتح عن طريق الأجزاء الهوائية، ما يؤدي إلى تراجع جهد الإمتلاء داخل خلايا السوق والأوراق والجذور وتثبيط استطالتها، حيث يُعد جهد الإمتلاء بمنزلة القوة الفيزيائية التي تدفع جدر الخلايا النباتية على الاستطالة (Kim *et al.*, 2008)، كما تعمل الملوحة على وقف النمو الخضري نتيجة تثبيط عمل الهرمونات المنشطة للنمو كالجبريلينات وتثبيط عمل الهرمونات المثبطة للنمو كحمض الأبسيسيك (أبوزيد، 2000). وبالمقابل أدت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك إلى زيادة معنوية في مؤشرات النمو الشكلية السابقة بغض النظر عن التركيز المستخدم بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة هرمونياً، يمكن تفسير هذا السلوك من خلال حقيقة أن إحدى أهم الوظائف الرئيسية لحمض الجبريليك هي عمليات الإستطالة الخلوية خاصة استطالة عنق الجذر والساق (Miceli *et al.*,

(2019; Bayerli, 2023)، ويتأثر تخليق هذا الهرمون بالمشبطات مثل الأبسيسيك (ABA)، والذي يساهم في حفظ التوازن المائي للنبات وذلك لسيطرته على عملية فتح الثغور وإغلاقها (Karim, 2021; Chaney, 2005)، كما يحفز انقسام الخلايا ونمو الأنسجة النباتية، ويساهم في إنجاز الكثير من العمليات الحيوية للنبات، مما يحسن كفاءة التمثيل الضوئي (Verma, 2019)، واتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Xie وزملاؤه في تجاربهم (2018) عند تطبيق الرش الورقي على نبات الخس.

كما بينت نتائج الدراسة انخفاض الوزن الرطب للمجموع الخضري بزيادة التراكيز الملحية، والذي قد يعود إلى انخفاض معدلات النمو وذلك بسبب الشد الملحي ونقص المحتوى المائي داخل النبات والذي يتبعه نقص في الأحماض النووية ومحتوى الكلوروفيل وتثبيط نشاط الجبريلينات (Sherif and Asaad, 2014) إضافة إلى أن انخفاض قيمة الجهد المائي تؤدي إلى ضعف امتصاص الماء من قبل الجذور (Taize and Zeiger, 2006). كما أدت المعاملة بالملوحة إلى انخفاض الوزن الجاف للمجموع الخضري لجميع النباتات المزروعة (كبوس، شنشار)، وقد يعود سبب ذلك الانخفاض إلى قلة كفاءة عملية التركيب الضوئي نتيجة تجمع الأملاح في محلول التربة والتي تسبب قلة في جاهزية الماء ومن ثم حصول اختلال في التوازن الأيوني والغذائي، إذ إن عملية التركيب الضوئي تثبط نتيجة تراكم أيونات الصوديوم في الأوراق مما يؤدي إلى انخفاض الجهد المائي وانخفاض محتوى الخلايا النسبي من الماء (David and Nilsen, 2000). بالمقابل سجلت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك زيادة في الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري ويعزى السبب إلى دور حمض الأبسيسيك في تحسين كثافة الثغور (Bano *et al.*, 2012) مما يعزز عملية التبادل الغازي والقدرة على التمثيل الضوئي. كما يعمل حمض الأبسيسيك (ABA) على خفض مستوى أكسدة الليبيدات تحت ظروف الإجهاد الملحي، وهذا يتوافق مع الدراسات المثبتة في أن حمض الأبسيسيك يحسن تحمل النبات للإجهاد الملحي عن طريق خفض مستوى الإجهاد التأكسدي (ROS) وزيادة تراكم الحاميات الأسموزية، تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Zhang وآخرون (2016) عند استخدامهم حمض الأبسيسيك لزيادة قدرة النبات على تحمل الإجهاد الجفاف.

أدت الزيادة في التراكيز الملحية إلى انخفاض في محتوى الماء النسبي في صنف الخس (كبوس، شنشار) والذي يعزى إلى تراجع كمية المياه الحرة في وسط النمو في منطقة انتشار الجذور، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع فرق التدرج في الجهد المائي، فيتراجع تبعاً لذلك معدل امتصاص المياه، وتصبح كمية المياه المفقودة بالنتح عن طريق المسامات أثناء عملية التبادل الغازي أكبر من كمية المياه الممتصة، ما يؤدي إلى تعرض خلايا الأوراق إلى ظروف العجز المائي، المتمثلة بتراجع جهد الإمتلاء أو محتوى الماء النسبي في الأوراق (البشارة وآخرون، 2014؛ العودة وآخرون، 2006). بالمقابل أدت المعاملة

الهرمونية إلى زيادة في محتوى الماء النسبي وهذا يتفق مع نتائج (Rouhollah *etal.*, 2021) الذين أفادوا أن عملية رش الأوراق بحمض الأبسيسيك تؤدي إلى تقليل الناقلية المسامية، ما يُقلل من معدل فقد المياه بالنتح، ويُسهّم أيضاً حمض الأبسيسيك في زيادة معدل استطالة الجذور، وعدد الشعيرات الجذرية الفعّالة في امتصاص المياه، ويؤدي بالمقابل إلى تقليص معدل نمو الأوراق، فزداد كمية المياه الممتصة من ناحية وتقل كمية المياه المفقودة بالنتح من ناحية أخرى، ما يؤدي إلى ازدياد محتوى الماء النسبي في الأوراق، اتفقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج Yakoubi وزملاؤه (2019).

كما بينت هذه الدراسة أنّ محتوى الأوراق من أصبغة البناء الضوئي الكلوروفيل a والكلوروفيل b يتراجع مع ازدياد تركيز الأملاح في وسط النمو، ويُعزى ذلك بشكل رئيس إلى ازدياد نشاط الأنزيم المفكك لجزيئات اليخضور Chlorophyllase تحت ظروف الإجهاد الملحي. ويمكن أن يؤدي تراجع محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية إلى تراجع كفاءة النباتات التمثيلية، حيث تؤدي جزيئات اليخضور (الواقط الضوئية) دوراً مهماً في امتصاص الفوتونات الضوئية، ونقلها إلى مراكز التفاعل في الأنظمة الضوئية المرتبطة بها، الأمر الذي يؤثر سلباً في كمية الأشعة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة والمحوّلة إلى طاقة كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المُصنّعة (السكريات)، الأمر الذي يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والمتاحة لنمو أجزاء النباتات المختلفة وتطورها. توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Isayenkov and Mathuis, 2019). عموماً، تُعزى المحافظة على تراكيز مرتفعة من الكلوروفيل عند معاملات الرّش السابقة تحت ظروف الإجهاد إلى الدور الفعال 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، توافقت هذه النتائج ما توصل إليه (Al Muhairi, 2014) عندما استخدم حمض الأبسيسيك لزيادة تحمل نبات الخس المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي.

إن استجابة الكاروتينات للإجهادات اللاحيوية عادةً ما تكون مماثلة لاستجابة أصبغة اليخضور، فهي بذلك تؤدي دوراً في منع حدوث الإجهاد التأكسدي (Nagy *etal.*, 2015)، تؤدي الكاروتينات دوراً أساسياً في تحسين تحمل النباتات لظروف الجفاف بوصفها أصبغة مرافقة، وصمام أمان حيوي، يُظنّ وصول كميةٍ من الأشعة الضوئية إلى الأصبغة اليخضورية بما يناسب كفاءة عملية التركيب الضوئي، ومن ثمّ كفاءة استعمال الضوء (RUE)، لأنّ سرعة انتقال الفوتونات الضوئية التي تمتصها أقل من كفاءة انتقالها بين جزيئات اليخضور، ما يمنحها الفرصة للتخلص من الأشعة الضوئية الزائدة، وتحول دون حدوث التثبيط الضوئي (الشحادة العودة وزملاؤه، 2016).

يؤدي البرولين دوراً مهماً في التخفيف من التأثيرات الضارة لإجهاد الملوحة، فضلاً عن حماية الصانعات الخضراء، الميتوكوندريا، والحموض النووية، والأغشية الخلوية من الضرر الناجم عن الإجهاد التأكسدي (Per *et al.*, 2017)، أظهرت الدراسة أن محتوى الأوراق من البرولين قد ازداد مع ازدياد تركيز الأملاح في وسط النمو، يعود سبب الزيادة في تركيز البرولين تحت ظروف الإجهاد الملحي إلى ضعف عملية بناء البروتين أو زيادة تحلله، وبالتالي يزداد تراكمه في أنسجة النبات، أو قد يعزى ذلك إلى تأثير الملوحة في زيادة تراكم الأحماض الأمينية الحرة، ومن أكثر الأحماض الأمينية تراكماً تحت ظروف الإجهاد الملحي هو البرولين (Signorelli *et al.*, 2013; Shukry and Bayerili, 2015)، وبالمقابل أدت معاملة الرش الورقي بحمض الأبسيسيك إلى زيادة تراكم البرولين لأن حمض الأبسيسيك يشكل إشارة كيميائية من الجذور، يتم نقلها إلى المجموع الخضري مما يؤدي إلى تراكم البرولين في الأوراق؛ ويستخدم كمركب وقائي ضد المركبات الجزيئية الكبيرة ويحمي الإنزيمات من التلف الناتج عن الإجهاد، كما وينتقل جزئياً إلى الجذور فيحسن من نموها، تتوافق نتائج دراستنا من النتائج التي توصل إليها Zhang وزملاؤه (2006) في دراستهم.

أدت المعاملة بالتراكيز الملحية المختلفة إلى انخفاض تركيز العناصر المعدنية الأساسية في نمو النبات (الأزوت، الفوسفور والبوتاسيوم) في أوراق جميع النباتات المدروسة، قد يرجع السبب إلى فقدان القابلية الاختيارية في امتصاص العناصر، أو قد يعود الانخفاض إلى التأثير الأسموزي للأملاح في التربة التي قد تعيق انتقال العناصر الغذائية، وبالمقابل أدت المعاملة بحمض الأبسيسيك (ABA) إلى زيادة تركيز الفوسفور والبوتاسيوم في أوراق النباتات وقد يعود السبب في ذلك إلى وجود ارتباط وثيق بين امتصاص الأيونات وتشرب الماء من قبل الجذر أو قد يكون حمض الأبسيسيك (ABA) قد أثر على آليات الإمتصاص داخل الجذور، توافقت هذه النتائج مع ماتوصل إليه (Zesheng, 2016) خلال دراسته تأثير حمض الأبسيسيك على نبات الخس المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي.

بينت الدراسة انخفاض تركيز حمض الأسكوربيك تحت ظروف الإجهاد الملحي، حيث يؤدي حمض الأسكوربيك (فيتامين C) دوراً حيوياً في زيادة مقدرة الخلايا النباتية التكيفية تحت ظروف الإجهادات اللاحيوية (الملوحة) (Caverzan *et al.*, 2012)، إلا أن معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك أدت إلى زيادة تراكيز حمض الأسكوربيك في جميع المعاملات الهرمونية المطبقة تحت ظروف الإجهاد الملحي، وقد يعزى السبب إلى دور حمض الأبسيسيك (ABA) على تحفيز دورة ASC-GSH، كما يحفز حمض الجبريليك التعبير المورثي للأنزيمات الداخلة في دورة ASC - GSH وأهمها أنزيمي APX، SOD التي تعمل على التخلص من الجذور الحرة

(O_2^{2-} , H_2O_2) بالتزامن مع إعادة تشكيل الأسكوربيك، توافقت هذه النتائج مع ماتوصل إليه (Hirayama and Shinozaki, 2007).

أدت زيادة مستوى الإجهاد الملحي في وسط النمو إلى زيادة نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة السوبر أوكسيد ديموتاز (SOD)، الأسكورات بيروكسيداز (APX)، الكاتالاز (CAT) بالمقارنة مع الشاهد وجميع المعاملات المدروسة، حيث تُعد مضادات الأكسدة الأنزيمية، بمثابة خط الدفاع الأول اتجاه الإجهاد التأكسدي في النبات (Ejaz *et al.*, 2020)، بالمقابل سجلت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك ازدياد في نشاط هذه الأنزيمات بسبب دور كل من حمضي الجبريليك والأبسيسيك في تعزيز نشاط النظام المضاد للأكسدة من خلال تحفيز التعبير للمورثات المسؤولة عن مضادات الأكسدة الأنزيمية ومنها أنزيم السوبر أوكسيد ديسموتاز مما يؤدي إلى الحفاظ على توازن توليد الجذور الحرة وكنسها وحماية الخلايا من تأثيرها الضار، توافقت هذه النتائج مع نتائج (Dawuda *et al.*, 2020) خلال تجاربهم على نبات الخس.

يعود السبب في انخفاض الإنتاجية عند تعرض النبات للإجهاد الملحي إلى تراجع مؤشرات النمو كافة بسبب الدور السلبي للملوحة في عملية النمو والتطور، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Cemek *et al.*, 2011) والذي أظهر انخفاضاً واضحاً في الإنتاجية لنبات الخس المجهد ملحياً بالمقارنة مع النباتات الشاهد. وبالمقابل إن استخدام منظمات النمو التي تعمل بوصفها إشارات جزيئية للإجهادات أدى إلى تنظيم استجابة التحمل للإجهاد التأكسدي الناتج عن الإجهادات اللاحيوية المختلفة، وذلك من خلال تحفيز التعبير المورثي لمجموعة من المؤشرات مثل مضادات الأكسدة بنوعها الأنزيمية وغيرالأنزيمية، وتراكم الذائبات العضوية (البرولين)، ومحتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية والكاروتينات، حيث تعمل هذه المؤشرات نظاماً دفاعياً متكاملًا يهدف للوصول إلى التأقلم أو التكيف مع هذه الإجهادات، مما يؤدي إلى حماية النباتات من التأثير الضار لعوامل الإجهاد، ولاسيما الجذور الحرة، وحماية الخلية ومكوناتها من التخریب، وتحسين العمليات الحيوية والإستقلابية، ومن ثم المحافظة على الكفاءة التمثيلية للنباتات، وإنتاج المادة الجافة، فيزيد معدل نمو النبات وإنتاجيته، تتفق هذه النتائج مع نتائج (Youssef *et al.*, 2017) عندما استخدم حمض السالسليك على نبات الخس.

الفصل الخامس

الاستنتاجات والمقترحات

Conclusions and Recommendation

5-1 الاستنتاجات : Conclusions

1. أدى ارتفاع مستوى الإجهاد الملحي إلى انخفاض في معايير الإنبات (نسبة الإنبات وسرعته) في الأصناف المدروسة، علماً بأن معدل الانخفاض ازداد مع ارتفاع مستوى الإجهاد المطبق.
2. أدى ازدياد تركيز ملح كلور الصوديوم في وسط النمو إلى انخفاض في معايير النمو الشكلية والفيزيولوجية من حيث عدد الأوراق، طول المجموع الجذري والخضري، الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري للبادرات، مساحة المسطح الورقي، مما انعكس على غلة النبات وإنتاجيته.
3. أدت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك معاً إلى تحسين جميع المؤشرات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة، مما يعني زيادة تحمل النبات للإجهاد، والحفاظ على نموه وإنتاجيته.
4. أدت معاملة النقع بحمض الجبريليك والرش الورقي بحمض الأبسيسيك معاً إلى تحسين تركيز البرولين، ونشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة (SOD, APX, CaT) ونشاط الأنزيمات غير المضادة للأكسدة مثل حمض الأسكوربيك (فيتامين C) بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة، مما ساهم في زيادة تحمل النبات للإجهاد، مما انعكس إيجابياً على إنتاجيته.
5. أدى استخدام معاملة النقع بحمض الجبريليك (50 ppm) والرش الورقي بحمض الأبسيسيك (10 ppm) تحت تأثير الإجهاد الملحي إلى إعطاء أفضل النتائج في معظم المؤشرات المدروسة بالنسبة لكافة النباتات في الصنفين (كبوس، شنشار)، مع ملاحظة التأثير الإيجابي لجميع التراكيز الهرمونية المطبقة مقارنة بالشاهد والمعاملات الملحية.

5-2- المقترحات و التوصيات :Conclusions

- 1- تطبيق نقع البذور بحمض الجبريليك قبل زراعتها في المستويات الملحية المختلفة لما لها من دور مباشر في زيادة معدل إنبات البذور تحت ظروف الإجهاد الملحي.
- 2- اعتماد الرش الورقي بحمض الأبسيسيك لتخفيف الأثر السلبي الناتج عن تأثير الإجهاد الملحي، كونها طريقة فعالة وسهلة حيث سجل تحسناً معنوياً في معظم المؤشرات الفيزيولوجية المدروسة.
- 3- متابعة الأبحاث على دور منظمات النمو، وخاصة حمض الأبسيسيك وحمض الجبريليك، نظراً لدورهما الكبير في زيادة قدرة النبات على تحمل الإجهادات اللاحيوية.
- 4- دراسة تأثير الرش بحمض الأبسيسيك في أثناء مراحل النمو المختلفة، ولاسيما المراحل الحرجة في حياة النبات، تحت ظروف الإجهاد الملحي، لتحديد المرحلة الأكثر استجابةً.
- 5- استعمال التقنيات الحيوية لفهم آلية تأثير هذه المنظمات في تحفيز التعبير المورثي للمورثات المسؤولة عن الصفات المدروسة التي ارتبطت وراثياً بتحسين مستوى التحمل.
- 6- التوسع في دراسة الأنظمة الدفاعية الأنزيمية لدى نبات الخس المزروع.

الفصل السادس

المراجع

References

6-1- المراجع العربية:

1. بوراس، متيادي؛ أبو ترابي، بسام؛ البسيط، إبراهيم؛ سمير، أبو تراب. (2003). إنتاج محاصيل الخضر (الجزء العملي). منشورات جامعة دمشق. ص: 315.
2. بوراس، متيادي؛ أبو ترابي، بسام؛ البسيط، إبراهيم. (2005). إنتاج محاصيل الخضر (الجزء النظري). مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية. جامعة دمشق. ص: 466.
3. أبو زيد، الشحات نصر. (2000). الهرمونات النباتية والتطبيقات الزراعية. الدار العربية للنشر والتوزيع. القاهرة. مصر.
4. البشارة، سوسن؛ حداد، سهيل؛ لاوند، سلام. (2014). دراسة مدى تحمل بعض أصناف البطاطا *Solanum tuberosum* المزروعة محلياً للإجهاد الملحي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (29)، العدد (3)، ص: 165-180.
5. بايرلي، رولا، عبید، حسان. (2018). فيزيولوجيا فاكهة (الجزء النظري)، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية. جامعة دمشق. ص: 126.
6. حسن، أحمد. (1991). إنتاج محاصيل الخضر. محصول الخس. منشورات جامعة القاهرة. الدار العربية للنشر والتوزيع. 416-414.
7. الشحادة العوده، أيمن؛ خيتي، مأمون؛ رباح نصر، ريماء. (2016). فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية. الجزء النظري. كلية الزراعة، منشورات جامعة دمشق.
8. الشحادة العوده. (2008). نخلة التمر شجرة الحياة، المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة "أكساد". 390 ص.

9. محمد عطا، جمعة. (2014). زراعة وإنتاج الخس. مدير محطة البحوث الزراعية، خبير

الزراعة تحت نظام الري، جامعة الاسيكنديرية.

10. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. (2022)، قسم الإحصاء، مديرية الإحصاء والتخطيط،

دمشق، سورية.

2-6-المراجع الأجنبية

- 1- Abd Rrahman. (2007). Salinity and Its Effect on Lettuce Seeds' Germination. **California state science fair. 27: 841.**
- 2- Ahanger, M. A., Mir, R. A., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2020). Combined effects of brassinosteroid and kinetin mitigates salinity stress in tomato through the modulation of antioxidant and osmolyte metabolism. **Plant Physiology and Biochemistry**, 147, 31-42.
- 3- Ahmad, P., & Prasad, M. N. V. (Eds.). (2011). Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability. **Springer Science & Business Media.**
- 4- Ahmad, R., Hussain, S., Anjum, M. A., Khalid, M. F., Saqib, M., Zakir, I., ... & Ahmad, S. (2019). Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in plants under salt stress. **Plant abiotic stress tolerance: Agronomic**, molecular and biotechnological approaches, 191-205.
- 5- Akman, Z.(2009). Effects of GA₃ and kinetin pre-sowing treatments on seedling emergence and seedling growth in wheat under saline conditions. **Journal of animal and veterinary advances**, 8, 362-367.
- 6- Al Muhairi, M. A. (2014). "Effect of Absciscic Acid on the Growth And Development of Lettuce (*Lactuca Sativa* L.) Under Varied Irrigation Regimes" **Theses. 130.**
- 7- Alam, A., Hariyanto, B., Ullah, H., Salin, K.R., Datta, A., (2020). Effects of silicon on growth, yield and fruit quality of cantaloupe under drought stress. **Silicon. https://doi.org/10.1007/s12633-020-00673-1**
- 8- Alam, S. M. (1999). Nutrient uptake by plants under stress conditions. **Handbook of plant and crop stress**, 2, 285-313.
- 9- Al-Maskri, A. H. M. E. D., Al-Kharusi, L., Al-Miqbali, H., & Khan, M. M. (2010). Effects of salinity stress on growth of lettuce (*Lactuca sativa*) under closed-recycle nutrient film technique. **Int. J. Agric. Biol.**, 12(3), 377-380.
- 10- Alomran, A. M., Al-Harbi, A.A.R., Wahb-Allah, M. A., Alwabel, M.A., Nadeem, M. E. A. (2012). Management of Irrigation Water Salinity in Greenhouse Tomato Production under Calcareous Sandy Soil and Drip Irrigation.J. **Agr. Sci. Tech.**,14:939-950.
- 11- Amandeep, K., Dennis, J., Gray, Lu., Liwei,Gu. (2011). Effects of exogenous abscisic acid on antioxidant capacities, anthocyanins, and flavonol contents of muscadine grape (*Vitis rotundifolia*) skins. **Food Chemistry** , 126 (3) , 982-988
- 12- Andriolo, J. L., Luz, G.D., Witter, M. H., Godoi, R.S., Barros, G. T.(2005). Growth and yield of lettuce plants under salinity. **Horticultura Brasileira**, 23, 931-934.

- 13- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., Hayat, S. (2020). Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, 156, 64-77.
- 14- Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in isolated chloroplast: Polyphenol oxidase in (*Beta Vulgaris*). **Plant Physiology**. 14: 1-15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- 15- Ashraf, M. C., Harris, P. J. (2013). Photosynthesis under stressful environments: **An overview. Photosynthetica**, 51, 163-190.
- 16- AL-Ouda, A. S. Nour Aldeen, N (2023). The Effect of Salicylic and Absciscic Acids Application on Mitigating the Oxidative Stress Factors under Osmotic and Salinity Stresses in Some Wheat (*Triticum spp.*) Varieties. **Accepted in Damascus University J. for Agricultural Sciences**.
- 17- Bahrani, A. (2015). Kinetin and abscisic acid effects on seed germination and seedlings growth of maize (*Zea mays L.*) under salt stress condition. **ARP Journal of Agricultural and Biological Science**, 9, 351-357.
- 18- Bahrani, A., Pourreza, J. (2014). Gibberellic acid and salicylic acid effects on seed germination and seedlings growth of wheat (*Triticum aestivum L.*) under salt stress condition. **World Applied Science Journal**, 18(5), 633-641.
- Bano, A I Jah. F., ' No heen, A . (2012) . Rol e of abscisic acid and drought stress. **Journal of Plant Biology** 58(3):147-155
- 19- Barickman, T. C., Kopsell, D. A., Sams, C. E. (2019). Applications of abscisic acid and increasing concentrations of calcium affect the partitioning of mineral nutrients between tomato leaf and fruit tissue. **Horticulturae**, 5(3), 49.
- 20- Bartha, C. (2012). Comparative Study of Physiological and Molecular Manifestations of Salt Stress Tolerance in Different Intraspecific Varieties of (*Lactuca Sativa L.*). **(Doctoral dissertation)**.
- 21- Bartha, C., Fodorpatiki, L., Szekely, G. Popescu, O. (2010). Physiological diversity of lettuce varieties exposed to salinity stress. **Contrib Bot**. 45:47-56.
- 22- Bates, L. S., Waldren, R. A., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil**, 39, 205-207.
- 23- Batjuka, A., Škute, N., & Petjukevičs, A. (2017). The influence of antimycin A on pigment composition and functional activity of photosynthetic apparatus in *Triticum aestivum L.* under high temperature. **Photosynthetica**, 55, 251-263.
- 24- Bayerli, R. (2023). Effect of urea application and gibberellic acid foliar spraying on growth characters and some physiological parameters of almond seeding. **Accepted in Damascus University J. for Agricultural Sciences**.
- 25- Beltagi, M.S. (2008): Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt tolerance in chick pea (*Cicer arietinum L.*) plants. **African Journal of Plant Science**, 2(10): 118-123002E1
- 26- Bhatt R.M, Srinivasa-Rao NK. (2005). Influence of pod load on response of okra to water stress. **Indian J Plant Physiol** 10, 54-59.

- 27- Bose, S., Yadav, R.K., Mishra, S., Sangwan, R.S., Singh, A.K., Mishra, B., Srivastava, A.K. and Sangwan N.S. (2013). Effect of gibberellic acid and calliterpenone on plant growth attributes, trichomes, essential oil biosynthesis and pathway gene expression in differential manner in *Mentha arvensis* L. Plant **Physiol. Biochem.** 66, 150-158.
- 28- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, 72(1-2), 248-254.
- 29- Buran, T. J., Sandhu, A. K., Azeredo, A. M., Bent, A. H., Williamson, J. G., & Gu, L. (2012). Effects of exogenous abscisic acid on fruit quality, antioxidant capacities, and phytochemical contents of southern high bush blueberries. **Food chemistry**, 132(3), 1375-1381.
- 30- Cannella, D., Möllers, K. B., Frigaard, N.U., Jensen, P. E. (2016). Light-driven oxidation of polysaccharides by photosynthetic pigments and a metalloenzyme. **Nature communications**, 7(1), 11134.
- 31- Caverzan, A., Passaia, G., Rosa, S. B., Ribeiro, C. W., Lazzarotto, F., & MargisPinheiro, M. (2012). Plant responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection. **Genetics and molecular biology**, 35, 1011-1019.
- 32- Cemek, B., Ünlükara, A., Karaman, S., & Gökcalp, Z. (2011). Effects of evapotranspiration and soil salinity on some growth parameters and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*). **Zemdirbyste Agriculture**, 98(2), 139-148.
- 33- Chaney, W. R. (2005). Growth retardants: A promising tool for managing urban trees. **Purdue Extension**. FNR. 252-W: 1-5.
- 34- Choudhary, R., Saroha, A. E., & Swarnkar, P. L. (2012). Effect of abscisic acid and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes in *Syzygium cumini* plant. **Journal of food science and technology**, 49, 649-652.
- 35- Christmann, A., Moes, D., Himmelbach, A., Yang, Y., Tang, Y., & Grill, E. (2006). Integration of abscisic acid signalling into plant responses. **Plant biology**, 8(03), 314-325.
- 36- Coelho, A. F. S., Gomes, E. P., Sousa, A. D. P., & Glória, M. B. A. (2005). Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 85(6), 1026-1032.
- 37- Colebrook, E. H., Thomas, S. G., Phillips, A.L., & Hedden, P. (2014). The role of gibberellin signalling in plant responses to abiotic stress. **Journal of experimental biology**, 217(1), 67-75.
- 38- Conklin, P., (2001). Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. **Plant Cell Environment**, 24: 83-94.
- 39- Coons, J. K. and N. Simons. (1987). Germination of several lettuce cultivars with high temperature and salt. **Vegetable Report. Series P -70, College of Agriculture, University of Arizona, Tucson, AZ.** p. 1 -5.
- 40- Dadkhah, A. R., & Griffiths, H. (2006). The effect of salinity on growth, inorganic ions and dry matter partitioning in sugar beet cultivars.
- 41- David, M. O. and Nilsen E. T. (2000). The physiology of plant under stress. Soil and Biotic Factors. **Wiley and Sons**. USA.

- 42- Davies, W. J., & Zhang, J. (1991). Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual review of plant biology**, 42(1), 55-76.
- 43- Dawuda, M. M., Liao, W., Hu, L., Yu, J., Xie, J., Calderón-Urrea, A., ... & Tang, Z. (2020). Foliar application of abscisic acid mitigates cadmium stress and increases food safety of cadmium-sensitive lettuce (*Lactuca sativa* L.) **genotype. PeerJ**, 8, e 9270.
- 44- De Pascale, S., & Barbieri, G. (1995). Effects of soil salinity from long-term irrigation with saline-sodic water on yield and quality of winter vegetable crops. **Scientia Horticulturae**, 64(3), 145-157.
- 45- De Pinto, M. C., Francis, D., & De Gara, L. (1999). The redox state of the ascorbate-dehydroascorbate pair as a specific sensor of cell division in tobacco BY-2 cells. *Protoplasma*, 209(1), 90-97 .
- 46- Dehnavi, A., Zahedi, M., Ludwiczak, A., Cardenas Perez, S. (2020). Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Moench genotypes. **Agronomy**, 10(6), 859.
- 47- Ejaz, S., Fahad, S., Anjum, M. A., Nawaz, A., Naz, S., Hussain, S., & Ahmad, S. (2020). Role of osmolytes in the mechanisms of antioxidant defense of plants. **In Sustainable Agriculture Reviews 39 (pp. 95-117)**. Springer, Cham.
- 48- El-Hendawy, S., Elshafei, A., Al-Suhaibani, N., Alotabi, M., Hassan, W., Dewir, Y. H., & Abdella, K. (2019). Assessment of the salt tolerance of wheat genotypes during the germination stage based on germination ability parameters and associated SSR markers. **Journal of Plant Interactions**, 14(1), 151-163.
- 49- Elmhirst, J. (2006). Crop Profile for Sweet Cherries in Canada. Pesticide Risk Reduction Program, Pest Management Centre. **Agriculture and Agri-Food Canada**.
- 50- Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A., & Wrona, A. (1980). Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, 210(4468), 399-404.
- 51- FAO. (2022). **Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAOSTAT Statical Database.** Rome[.
- 52- FAO. (2021). **Food and Agriculture Organizations of the United Nations**[Internet]. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- 53- Fatima, A., A. A. Singh, A. Mukherjee, M. Agrawal and S. B. Agrawal. 2019. Ascorbic acid and thiols as potential biomarkers of ozone tolerance in tropical wheat cultivars. **Ecotoxicol. & Environ. Safety**, 171: 701-708.
- 54- Garg O. P., Kapoor V. (1972). Retardation of leaf senescence by ascorbic acid. **J. Exp. Bot**, 23,(76): 699-703.
- 55- Ghassemi, S., Ghassemi-Golezani, K., & Salmasi, S. Z. (2019). Changes in antioxidant enzymes activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. **Scientia Horticulturae**, 246, 957-964.
- 56- Giannopolitis, C. N., & Ries, S. K. (1977). Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant physiology**, 59(2), 309-314.
- 57- Gupta, R., & Chakrabarty, S. K. (2013). Gibberellic acid in plant: still a mystery unresolved. **Plant signaling & behavior**, 8(9), e25504.

- 58- 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-
- 59- Hamayun, M., Khan, S. A., Khan, A. L., Shin, J. H., Ahmad, B., Shin, D. H., & Lee, I. J. (2010). Exogenous gibberellic acid reprograms soybean to higher growth and salt stress tolerance. **Journal of agricultural and food chemistry**, 58(12), 7226-7232.
- 60- He, J.Y & Ren, Y.F.(2008). Effect of Salicylic Acid on Lettuce Seed Germination and Seedling Growth under NaCl Stress. **Northern Hort.**, 11, 35-36.
- 61- Hirayama, T., & Shinozaki, K. (2007). Perception and transduction of abscisic acid signals: keys to the function of the versatile plant hormone ABA. **Trends in plant science**, 12(8), 343-351.
- 62- Hossain, M. A., Bhattacharjee, S., Armin, S. M., Qian, P., Xin, W., Li, H. Y., ... & Tran, L. S. P. (2015). Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. **Frontiers in plant science**, 6, 420.
- 63- Houborg, R., McCabe, M., Cescatti, A., Gao, F., Schull, M., & Gitelson, A. (2015). Joint leaf chlorophyll content and leaf area index retrieval from Landsat data using a regularized model inversion system (REGFLEC). **Remote Sensing of Environment**, 159, 203-221.
- 64- Hussain S, Rao MJ, Anjum MA, Ejaz S, Zakir I, Ali MA, Ahmad N, Ahmad S (2019) Oxidative stress and antioxidant defense in plants under drought conditions. In: Hasanuzzaman M, Hakeem KR, Nahar K, Alharby HF (eds) **Plant abiotic stress tolerance. Springer, Cham, pp 207–219.**
- 65- Hyun, J.; Jorge, M.; Ju, H.; Chieri, K. and Dae Young K., (2008). Salt in Irrigation Water Affects the Nutritional and Visual Properties of Romaine Lettuce (*Lactuca sativa* L) . **Journal Agric. Food Chem.**, 56: 3772–3776.
- 66- Ibrahim, M. H., & Jaafar, H. Z. (2013). Absciscic acid induced changes in production of primary and secondary metabolites, photosynthetic capacity, antioxidant capability, antioxidant enzymes and lipoxygenase inhibitory activity of *Orthosiphon stamineus* Benth. **Molecules**, 18(7), 7957-7976.
- 67- Iqbal H.F., Khalid M.N., Tahir A., Ahmed A.N. and Rasul E. (2008). Gibberellin alleviation of NaCl salinity in chickpea (*Cicer arietinum*). **Pakistan Journal of Biology Science**, 4: 433-434.
- 68- Isayenkov, S. V., & Maathuis, F. J. (2019). Plant salinity stress: many unanswered questions remain. **Frontiers in plant science**, 10, 80.
- 69- Jackson, M. L. (2005). Soil Chemical analysis- advanced course, 2nd edn. M. L. **Jackson madison**, wI.
- 70- Jalil, S. U., & Ansari, M. I. (2019). Role of phytohormones in recuperating salt stress. **Salt Stress, Microbes, and Plant Interactions: Mechanisms and Molecular Approaches: Volume 2**, 91-104.

- 71- Jamil, M., & Rha, E. S. (2007). Gibberellic acid (GA3) enhance seed water uptake, germination and early seedling growth in sugar beet under salt stress. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 10(4), 654-658.
- 72- Jiang, M., & Zhang, J. (2001). Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. **Plant and Cell Physiology**, 42(11), 1265-1273.
- 73- Jinchuang Wang, Juan Chen, Kaiwen Pan (2013). Effect of exogenous abscisic acid on the level of antioxidants in *Atractylodes macrocephala* Koidz under lead stress. **Environmental Science and Pollution Research**, 20 (3)1441-1449. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1048-0>
- 74- Julkowska, M. M., & Testerink, C. (2015). Tuning plant signaling and growth to survive salt. **Trends in plant science**, 20(9), 586-594.
- 75- Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M., & Sharma, A. (2020). The impact of drought in plant metabolism: How to exploit tolerance mechanisms to increase crop production. **Applied Sciences**, 10(16), 5692.
- 76- Karimi, R., Ebrahimi, M., & Amerian, M. (2021). Absciscic acid mitigates NaCl toxicity in grapevine by influencing phytochemical compounds and mineral nutrients in leaves. **Scientia Horticulturae**, 288, 110336.
- 77- Kent LM, A Lauchli, (1985). Germination and seedling growth of cotton: salinity-calcium interactions. **Plant Cell Environ** 8:155-159.
- 78- Khaleghnezhad, V., Yousefi, A. R., Tavakoli, A., & Farajmand, B. (2019). Interactive effects of abscisic acid and temperature on rosmarinic acid, total phenolic compounds, anthocyanin, carotenoid and flavonoid content of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). **Scientia Horticulturae**, 250, 302-309.
- 79- Kim, H. J., Fonseca, J. M., Choi, J. H., Kubota, C., & Kwon, D. Y. (2008). Salt in irrigation water affects the nutritional and visual properties of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 56(10), 3772-3776.
- 80- Kim, S. K., Son, T. K., Park, S. Y., Lee, B. H., Kim, H. Y., & Lee, S. C. (2016). Influences of gibberellin and auxin on endogenous plant hormone and starch mobilization during rice seed germination under salt stress. **Journal of environmental biology**, 27(2), 181.
- 81- Kohler, J., Hernández, J. A., Caravaca, F., & Roldán, A. (2009). Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, 65(2-3), 245-252.
- 82- Kumari, A., & Kaur, R. (2018). Evaluation of benzyl-butyl phthalate induced germination and early growth vulnerability to barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.). **Indian Journal of Ecology**, 45(1), 174-177.
- 83- Larcher, W. (1987). Stress in plants. **Naturwissenschaften**, 74, 158-167.
- 84- Läuchli, A. and E. Epstein. (1990). Plant responses to saline and sodic conditions. In K.K. Tanji (ed). Agricultural salinity assessment and management. **ASCE manuals and reports on engineering practice**. No, 71. pp 113–137 ASCE New York.

- 85- Li, C., Wang, P., Wei, Z., Liang, D., Liu, C., Yin, L., ... & Ma, F. (2012). The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus hupehensis*. **Journal of pineal research**, 53(3), 298-306.
- 86- Lichtenthaler, H. K. (1998). The stress concept in plants: an introduction. **Annals of the New York Academy of Sciences**, 851, 187-198.
- 87- Liu, J. L., Chen, X., Zhang, H. M., Yang, X., & Wong, A. (2014). Effects of exogenous plant growth regulator abscisic acid-induced resistance in rice on the expression of vitellogenin mRNA in *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) adult females. **Journal of Insect Science**, 14(1), 213.
- 88- Liu, L., Hu, X., Song, J., Zong, X., Li, D., & Li, D. (2009). Over-expression of a *Zea mays* L. protein phosphatase 2C gene (ZmPP2C) in *Arabidopsis thaliana* decreases tolerance to salt and drought. **Journal of plant physiology**, 166(5), 531-542.
- 89- Liu, X., Chen, D., Yang, T., Huang, F., Fu, S., & Li, L. (2020). Changes in soil labile and recalcitrant carbon pools after land-use change in a semi-arid agro-pastoral ecotone in Central Asia. **Ecological Indicators**, 110, 105925.
- 90- Llorach, R., Martínez-Sánchez, A., Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., & Ferreres, F. (2008). Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food chemistry**, 108(3), 1028-1038.
- 91- Maboko, M. M. (2007). Leafy lettuce grown in a hydroponics system. **Undercover Farming Magazine, Pretoria, South Africa**, 3(6), 8.
- 92- Machado, R. M. A., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. **Horticulturae**, 3(2), 30..
- 93- Mahmoudi, H., Huang, J., Gruber, M. Y., Kaddour, R., Lachaal, M., Ouerghi, Z., & Hannoufa, A. (2010). The impact of genotype and salinity on physiological function, secondary metabolite accumulation, and antioxidative responses in lettuce. **Journal of agricultural and food chemistry**, 58(8), 5122-5130.
- 94- Mahmoudi, H., Kaddour, R., Huang, J., Nasri, N., Olfa, B., M'Rah, S., ... & Ouerghi, Z. (2011). Varied tolerance to NaCl salinity is related to biochemical changes in two contrasting lettuce genotypes. **Acta Physiologiae Plantarum**, 33, 1613-1622.
- 95- Mahmud, J., Biswas, P. K., Nahar, K., Fujita, M., & Hasanuzzaman, M. (2019). Exogenous application of gibberellic acid mitigates drought-induced damage in spring wheat. **Acta Agrobotanica**, 72(2).
- 96- Miceli, A., A. Moncada, and F. D'Anna. (2003). Effect of salt stress in lettuce cultivation. **Acta Horticulturae** 609:371-375.
- 97- Mohammed Mujitaba Dawuda, Weibiao Liao, Linli Hu, Jihua Yu, Jianming Xie, Alejandro Calderón-Urrea, Yue Wu, Zhongqi Tang (2020). Foliar application of abscisic acid mitigates cadmium stress and increases food safety of cadmium-sensitive lettuce (*Lactuca sativa* L.). **genotype. PeerJ**, 8, e9270. <https://doi.org/10.7717/peerj.927>
- 98- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. **Plant Biol.***, 59, 651-681.

- 99– Murshed, R., Lopez-Lauri, F., & Sallanon, H. (2008). Microplate quantification of enzymes of the plant ascorbate–glutathione cycle. **Analytical Biochemistry**, 383(2), 320-322.
- 100– Murshed, R., Lopez-Lauri, F., & Sallanon, H. (2014). Effect of salt stress on tomato fruit antioxidant systems depends on fruit development stage. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, 20, 15-29.
- 101– Nagy, L., Kiss, V., Brumfeld, V., Osvay, K., Börzsönyi, Á., Magyar, M. & Malkin, S. (2015). Thermal effects and structural changes of photosynthetic reaction centers characterized by wide frequency band hydrophone: Effects of carotenoids and terbutryn. **Photochemistry and Photobiology**, 91(6), 1368-1375.
- 102– Nasri, N., Mahmoudi, H., Baatour, O., M'rah, S., Kaddour, R., & Lachâal, M. (2012). Effect of exogenous gibberellic acid on germination, seedling growth and phosphatase activities in Lettuce under salt stress. **African Journal of Biotechnology**, 11(56), 11967-11971.
- 103– Nauš, J., Prokopová, J., Řebíček, J., & Špundová, M. (2010). SPAD chlorophyll meter reading can be pronouncedly affected by chloroplast movement. **Photosynthesis Research**, 105, 265-271.
- 104– Noctor, G., Reichheld, J. P., & Foyer, C. H. (2018). ROS-related redox regulation and signaling in plants. **In Seminars in cell & developmental biology** (Vol. 80, pp. 3-12). Academic Press.
- 105– Pál, M., Tajti, J., Szalai, G., Peeva, V., Végh, B.(2018). Interaction of polyamines, abscisic acid and proline under osmotic stress in the leaves of wheat plants. **Scientific reports**, 8(1), 1-12.
- 106– Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and environmental safety**, 60(3), 324-349.
- 107– Parveen, A., Ahmar, S., Kamran, M., Malik, Z., Ali, A., Riaz, M. (2021). Absciscic acid signaling reduced transpiration flow, regulated Na⁺ ion homeostasis and antioxidant enzyme activities to induce salinity tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. **Environmental Technology & Innovation**, 24, 101808.
- 108– Pasternak, D. (1987). Salt tolerance and crop production-a comprehensive approach. **Annual review of phytopathology**, 25(1), 271-291.
- 109– Peech, M. (1947). Methods of soil analysis for soil-fertility investigations (No. 757). **US Department of Agriculture**.
- 110– Per, T. S., Khan, N. A., Reddy, P. S., Masood, A., Hasanuzzaman, M., Khan, M. I. R., & Anjum, N. A.(2017). Approaches in modulating proline metabolism in plants for salt and drought stress tolerance: Phytohormones, mineral nutrients and transgenics. **Plant physiology and biochemistry**, 115, 126-140. 96.
- 111– Plaut, Z., Edelstein, M., & Ben-Hur, M. (2013). Overcoming salinity barriers to crop production using traditional methods. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 32(4), 250-291.
- 112– Porra, R. J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. **Photosynthesis research**, 73, 149-156.

- 113- Premuzic, Z., Palmucci, H. E., Tamborenea, J., & Nakama, M. (2007). Chlorination: Phytotoxicity and effects on the production and quality of *Lactuca sativa* var. Mantecosa grown in a closed, soil-less system. **Phyton**, 76, 103.
- 114- Qiao, J., Luo, Z., Li, Y., Ren, G., Liu, C., & Ma, X. (2017). Effect of abscisic acid on accumulation of five active components in root of *Glycyrrhiza uralensis*. **Molecules**, 22(11), 1982.
- 115- Qureshi, M. I., Abdin, M. Z., Ahmad, J., & Iqbal, M. (2013). Effect of long-term salinity on cellular antioxidants, compatible solute and fatty acid profile of Sweet Annie (*Artemisia annua* L.). **Phytochemistry**, 95, 215-223.
- 116- Ramkishan C., Ajaya, E., Saroha, P. L..(2012). Effect of abscisic acid and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes in *Syzygium cumini* plant. **Journal of Food Science and Technology** , 49 (5),649-652.
- 117- Reuter, D., & Robinson, J. B. (Eds.). (1997). **Plant analysis: an interpretation manual**. CSIRO publishing.
- 118- Rouhollah,K., Monir, E., Masoomah, A.(2020) Absciscic acid mitigates NaCl toxicity in grapevine by influencing phytochemical compounds and mineral nutrients in leaves. **ScientiaHorticulturae** , 288 , 110336.
- 119- Sabagh, A. E., Hossain, A., Islam, M. S., Barutcular, C., Hussain, S., Hasanuzzaman, M., Saneoka, H. (2019). Drought and salinity stresses in barley: consequences and mitigation strategies. **Australian Journal of Crop Science**, 13(6), 810-820.
- 120- Sadou, A. and Bayerly, R. (2014). Effect of different concentration of NaCl on seeds germination and seedlings growth of *Lettus* plants cv. Kabbous and Shinshar. **Jo. Of Damascus Universtiy for Agricultural Sciences**. 30, 4: 147-156.
- 121- Sah, S. K., Reddy, K. R., & Li, J. (2016). Absciscic acid and abiotic stress tolerance in crop plants. **Frontiers in plant science**, 7, 571.
- 122- Shabala, S., Hariadi, Y. and Jacobsen, S. E. (2013). Genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem Na (+) loading and stomatal density. **Journal of Plant Physiology**, 170, 906-914
- 123- Shalaby, T., Bayoumi, Y., Alshaal, T., Elhawat, N., Sztrik, A., & El-Ramady, H. (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, 245-258.
- 124- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of botany**, 2012.
- 125- Sherif, H. M. and Asaad, S. A. (2014). Effect of some plant growth retardants on vegetative growth, spurs and fruiting of ‘Le-Conte’ pear trees. **British Journal of Applied Science & Technology**.4(26): 3785.
- 126- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi journal of biological sciences**, 22(2), 123-131.

- 127- Shu, K., Qi, Y., Chen, F., Meng, Y., Luo, X., Shuai, H., ... & Yang, W. (2017). Salt stress represses soybean seed germination by negatively regulating GA biosynthesis while positively mediating ABA biosynthesis. **Frontiers in plant science**, 8, 1372.
- 128- Shukry, W. and Bayerli, R.(2015). Effect of different concentration of NaCl on seedling growth and physiological responses in four varieties of *Zia Mize L.* **Jordon Jo. Of Agricultural. 11m 3: 771-788.**
- 129- Signorelli, S., Arellano, J. B., Melø, T. B., Borsani, O., & Monza, J. (2013). Proline does not quench singlet oxygen: evidence to reconsider its protective role in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, 64, 80-83.
- 130- Sims, D. A., & Gamon, J. A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote sensing of environment**, 81(2-3), 337-354.
- 131- Sinhababu, A., & Kar, R. K. (2003). Comparative responses of three fuel wood yielding plants to PEG-induced water stress at seedling stage. **Acta physiologiae**
- 132- Smart, R. E., & Bingham, G. E. (1974). Rapid estimates of relative water content. **Plant physiology**, 53(2), 258-260.
- 133- Starck,A (2007). **Effect of phtohormones on absorption and distribution of ions in the salt stressed bean plants. Acta Soc. Bot. poloniae.,49:111-125.**
- 134- Stefanov, M., Yotsova, E., Rashkov, G., Ivanova, K., Markovska, Y., & Apostolova, E. L. (2016). Effects of salinity on the photosynthetic apparatus of two Paulownia lines. **Plant Physiology and Biochemistry**, 101, 54-59.
- 135- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) Plant Physiology, Fourth Edition. Sinauer Associates. **Sunderland, MA.** 764 pages.
- 136- Tao, X., Wu, Q., Aalim, H., Li, L., Mao, L., Luo, Z., & Ying, T. (2020). Effects of exogenous abscisic acid on bioactive components and antioxidant capacity of postharvest tomato during ripening. **Molecules**, 25(6), 1346.
- 137- Tendon, H. L. S. (2005). Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. **Fertilization development and consultation organization.** 203 PP. New Delhi: India.
- 138- Tepe, H. D. (2022). Effect of gibberellic acid (GA3) 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.**
- 139- Tesi, R., Lenzi, A., & Lombardi, P. (2003). Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. **In International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment** 609 (pp. 383-387).
- 140- Thiruvengadam, M., Baskar, V., Kim, S. H., & Chung, I. M. (2016). Effects of abscisic acid, jasmonic acid and salicylic acid on the content of phytochemicals and their gene expression profiles and biological activity in turnip (*Brassica rapa ssp. rapa*). **Plant Growth Regulation**, 80, 377-390.
- 141- Timothy J. Buran, Amandeep K. Sandhu, Alberto M. Azeredo, Alisha H. Bent, Jeffrey G. Williamson, Liwei Gu.(2012) Effects of exogenous abscisic acid on fruit quality, antioxidant capacities, and phytochemical contents of southern high bush blueberries. **Food Chemistry** , 132 (3) , 1375-

- 142- Tsegay, B. (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.
- 143- Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., De Vos, C. R., ... & Battino, M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of **Agricultural and Food chemistry***, 56(3), 696-704.
- 144- Uenluekara, 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(4), 265-273.
- 145- Ünlükara, A. L. İ., Cemek, B., Kesmez, D., & Öztürk, A. (2011). Carrot (*Daucus carota L.*): Yield and quality under saline conditions. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 26(1), 51-56.
- 146- Upreti, K. K., & Sharma, M. (2016). Role of plant growth regulators in abiotic stress tolerance. **Abiotic stress physiology of horticultural crops**, 1946.
- 147- USDA-ARS. (2008). Research Databases. Bibliography on Salt Tolerance. George E. Brown, Jr. Salinity Lab. **US Dep. Agric., Agric. Res. Serv. Riverside, CA.** <http://www.ars.usda>.
- 148- Vashev, B., Gaiser, T., Ghawana, T., de Vries, A., & Stahr, K. (2010). Biosafor Project Deliverable 9: Cropping Potentials for Saline Areas in India, Pakistan and Bangladesh. **University of Hohenheim, Hohenheim, Germany.plantarum**, 25(4), 403-409.
- 149- Verma, V., Ravindran, P., & Kumar, P. P. (2016). Plant hormone-mediated regulation of stress responses. **BMC plant biology**, 16(1), 1-10.
- 150- Waleed, A. E., Abido, A. (2019). Effect of gibberellic acid on germination of six wheat cultivars under salinity stress levels. **Asian Journal of Biological Sciences**, 12(12), 51-60.
- 151- Wang, L. I., Shan, T., Xie, B., Ling, C., Shao, S., Jin, P., & Zheng, Y. (2019). Glycine betaine reduces chilling injury in peach fruit by enhancing phenolic and sugar metabolisms. **Food chemistry**, 272, 530-538.
- 152- Wani, S. H., Kumar, V., Shriram, V., & Sah, S. K. (2016). Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. **The Crop Journal**, 4(3), 162-176.
- 153- Xie, Y., Sun, G., Wang, L., & Tang, Y. (2018). Effects of spraying abscisic acid on photosynthetic physiology of lettuce seedlings under salt stress. In **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** (Vol. 199, p. 052011). IOP Publishing.
- 154- Yakoubi, F., Babou, F. Z., Belkhodja, M. (2019). Effects of Gibberellic and Absciscic Acids on Germination and Seedling Growth of Okra (*Abelmoschus esculentus L.*) under Salt Stress. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, 42(2).
- 155- Youssef, S. M. S.; Abuelazm, N.; Elhady, S. A.; and El-shinawy, M. (2017). Foliar application with salicylic acid and calcium chloride enhanced growth and productivity of lettuce (*Lactuca sativa*). **Egyptian Journal of Horticulture** .44(1): 1-16. Egypt.

- 156- Zesheng Yan, Q. L.,(2016). Effects of Exogenous Absciscic Acid on Photosynthesis of Lettuce under NaCl Stress. **Journal of Experimental Botany**, Vol. 55, No. 394
- 157- Zhang, J., Jia, W., Yang, J., & Ismail, A. M. (2006). Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses. **Field Crops Research**, 97(1), 111-119.
- 158- Zhang, X.Z, A. K..(2010). Effects of Exogenous Absciscic Acid on Yield,Antioxidant Capacities, and Phytochemical Contents of Greenhouse Grown Lettuces. **Agric. Food Chem.** 2010, 58, 6503–6509
- 159- Zhang, Y.; Lan, H.; Shao, Q.; Wang, R. (2016). Role of ABA in intergrating plant responses to drought and salt stresses. **Field Crops Research** 97: 111-119.
- 160- Zhu, J.K. (2001). Plant salt tolerance. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Ann. of Botany**, 91: 1-25.

Abstract

The research was carried out at Abu Jerash Farm/Faculty of Agricultural Engineering, University of Damascus, Syria, during the years (2020-2021) and (2021-2022) to study the effect of soaking treatment with gibberellic acid and foliar spraying with abscisic acid on growth and productivity of two varieties of lettuce (Kbous and Shanchar) under salt stress conditions. Four levels of salt (0, 50, 10, 150 mM) were used, the seeds were soaked with gibberellic acid (0, 50, 100 ppm), then seedlings were foliar sprayed with abscisic acid (0, 5, 10 ppm). The results showed that the gradual increase in salt levels resulted in negative effect on most of the studied indicators (morphological, physiological, and productivity), meanwhile soaking treatment with gibberellic acid and foliar spraying with abscisic acid improved all studied indicators compared to untreated plants under all studied salinity levels. On the other hand, the interaction treatment between soaking with gibberellic acid (50 ppm) and foliar spraying with abscisic acid (10 ppm) achieved the best values at the lowest salt concentration (50 ppm) compared to the rest of the treatments. In addition, the same treatment gave the best results for the studied physiological indicators (wet and dry weight, relative water content, proline content, activity of antioxidant enzymes, concentration of nitrogen, phosphorus and potassium, productivity) compared to the other treatments at high salt concentrations (100, 150 ppm).

Keywords: lettuce, salt stress, abscisic, gibberellic.

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Agriculture Engineering

Department of Horticulture



**Effect of Foliar application with Absciscic acid and gibberellic acid
on growth and productivity of Lettuce plant under salt stress
conditions**

**Adissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the
degree of doctora in horticultural sciences**

By

Eng: Sawsan ALbshara

Supervisor

Prof. Dr: Roula Bayerli

Department of horticulture science
Faculty of Agriculture
Damascus University

2024 م – 1445 هـ

