

تأثير المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك في بعض المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية لنبات الخس المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي

سوسن البشارة¹، رولا بايريلي²

¹ طالبة دكتوراه، قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

² أستاذة فيزيولوجيا نباتية، قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

الملخص:

نفذت هذه التجربة في كلية الزراعة - جامعة دمشق، خلال الفترة (2020-2021)، بهدف دراسة تأثير المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك في بعض المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية لنبات الخس المزروع تحت ظروف الإجهاد الملحي. نعتت بذور الخس (صنف كبوس) بحمض الجبريليك (100,50,0 ppm) لمدة 24 ساعة، ثم زرعت في صواني للإنبات السريع بخلطة من التورب والبيرلايت (1:1) مع إضافة أملاح كلوريد الصوديوم (150,100,50,0 mM)، بعد تكامل الإنبات تمت عملية التشتيل في أصص بلاستيكية وبعد اسبوع من عملية التشتيل تمت المعاملة بحمض الأبسيسك (10,5,0 ppm) وذلك بمعدل 5 رشات ويفارق زمني 7 أيام بين الرشة والأخرى.

تم التقييم وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS. حيث اشتمل هذا البحث على 20 معاملة، كل معاملة كررت 3 مرات، وكل مكرر يحتوي على 10 نباتات، وتم تقدير الفروق المعنوية على مستوى ثقة 95%. أوضحت النتائج أن الزيادة التدريجية في تراكيز الملح المستخدمة (NaCl) أدت إلى انخفاض في جميع مؤشرات النمو المدروسة، من جهة أخرى، أدت المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك إلى زيادة في كل طول النبات، عدد الأوراق والمساحة الورقية، تركيز الكلوروفيل a,b، وتركيز الكاروتين وذلك تحت ظروف الإجهاد الملحي المختلفة. وقد تفوقت المعاملة بحمض الجبريليك (50 ppm) بالتفاعل مع المعاملة بحمض الأبسيسك (10 ppm) حيث سجلت أعلى القيم في جميع المؤشرات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد الذي أعطى أدنى القيم.

إن استخدام حمض الأبسيسك وحمض الجبريليك أدت إلى تحسين جميع خصائص النمو المورفولوجية والفيزيولوجية تحت ظروف الإجهاد الملحي.

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

تاريخ الإبداع: 2022/1/5

تاريخ القبول: 2023/2/20



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

The effect of foliar application with Absciscic and gibberellic acid on morphological and physiological of Lettuce plant under salt stress conditions

Sawsan Albshara¹, Roula Bayerli²

1 Ph.D. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

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

Abstract:

This experiment was carried out in the Faculty of Agriculture, Damascus University, during the period (2019 – 2020), In order to study the effect of Absciscic and Gibberellic acid on some morphological parameters of lettuce plant under salt stress conditions.

Lettuce seeds (Kabous) were soaked in gibberellic acid (0,50,100 ppm) for 24h, then cultured in a mix of turp and perlite (1;1). NaCl was added (0,50,100,150 ppm) after one week of seedling, ABA was foliar sprayed (0,5,10 ppm) five times at interval of 7 days.

There were 20 treatments in this research, with three replicates for each treatment and 10 plants for each replicate. Randomized completely block design was used for evaluation using SPSS as statistical program. The significant differences were evaluated on significance level of 95%.

Data showed that gradual increase in salt concentration resulted in gradual decrease in all studied parameters, On the other hand, treatment with gibberellic acid and absciscic acid increase plant height, leaf number, leaf area, chlorophyll (a,b) and carotene concentrations under salt stress conditions. The best values, however, were observed when GA3(50ppm) was added in combination with ABA(10ppm) comparing with the rest of studied treatments and control which resulted in the lowest.

Keywords: Lettuce, Salt stress, Growth parameter, Absciscic acid, Gibberellic acid.

Received: 5/1/2022

Accepted: 20/2/2023



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

المقدمة Introduction:

يعتبر الخس من أكثر الخضار الورقية الشتوية انتشاراً في كثير من دول العالم وذلك لنسبة الاستهلاك الأعظمي وأهميته الغذائية في أنحاء العالم كافة كونه من الخضار القليلة التي يستفاد من كامل محتواها الغذائي، حيث يستهلك بصورة طازجة بعكس الخضار القابلة للطهي (Coelho et al., 2005,1026). ينتمي الخس *Lactuca sativa L* إلى الفصيلة المركبة (النجمية) Compositae، (Pink and Keane,2000,543)، تبلغ المساحة المزروعة بالخس في سورية 2797 هكتار بإنتاجية 56516 طن، وتنقسم هذه المساحة إلى 2250 هكتار مروحي بإنتاجية 46188 طن و 547 هكتار بعلي بإنتاجية 10328 طن (إحصائيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2020).

عادةً ما تُقلل الإجهادات اللاأحيائية من كمية الإنتاج الزراعي ونوعيته على مستوى العالم، حيث قدرت نسبة الانخفاض بنحو 20% بسبب الملوحة وتزداد نسبة الأراضي المتأثرة بالملوحة سنوياً بنحو 1-2% (Arora, 2019, 95).

يُعتبر الإجهاد الملحي عن زيادة تركيز الأملاح الذوابة Soluble salts في منطقة جذور النباتات، حيث تصل هذه التراكيز إلى الحد الذي يؤثر في نمو النبات، ويُسبب نقصاً في غلّة المحصول الاقتصادية، وذلك لأنّ معظم نباتات المحاصيل حساسة للملوحة (Gorai et al.,2010,462). وتتباين شدة تأثير الملوحة في النباتات تبعاً لنوع الأملاح، وتركيزها، والنوع النباتي، والصنف ضمن النوع، والمرحلة التطورية من حياة النبات Hassan وزملاؤه (2021,151). يصنف الخس على أنه من النباتات متوسطة التحمل للملوحة (De Pascale and Barbieri,1995,145)، وتصل عتبة تحمل الملوحة لنبات الخس إلى 1.1 ميلليمول/سم ويتناقص الإنتاج بعد هذه العتبة بمعدل 9.3%، وتنخفض كمية المياه المستخدمة من قبل النبات بنسبة 2.4% (Ünlükara et al., 2008, 265).

يعد استخدام الهرمونات من أكثر الطرائق المستخدمة كفاءة في رفع قدرة النباتات على تحمل الإجهادات اللاأحيائية (الملوحة، الجفاف) (Waleed and Abido, 2019,51)، خاصة حمضي الجبريليك (GA3) والأبسيسك (ABA) (Wen et al., 170)، يعد حمض الأبسيسك من الهرمونات المثبطة للنمو، والتي تقوم بتكسير أو إغلاق الثغور أو تثبيط نمو جزء محدد من النبات لأغراض إيجابية، يقاوم معظم التأثيرات والتغيرات المحيطة به (Liu et al., 2016,123). يعتبر الجبريلين (GA3) هرمون نباتي مشجع للنمو، مسؤول عن تحفيز إنبات البذور وتحفيز استطالة الخلايا وانقسامها (Tsegay et al., 2018,261).

يعدّ اللون الأخضر مؤشراً واضحاً لجودة الخضراوات الورقية وله تأثير كبير في اختيار المستهلك لهذه الخضراوات وهذا يرتبط مع محتوى الأوراق من الكلوروفيل (Houborg et al.,203، 2015)، إذ يُعتبر تركيز جزيئات الكلوروفيل Chlorophyll molecules من المؤشرات البيوكيميائية المهمة التي توضح حالة التمثيل الضوئي في النبات (Jiang et al., 2019,699)، حيث بيّن الباحث Mbarki وزملاؤه (2018,21) بأنّ العوامل المرتبطة بالإجهاد يُمكن أن تُحدث ازدياداً في عكس الأوراق للأشعة الضوئية نتيجة الانخفاض في محتوى الكلوروفيل، الأمر الذي يُؤثر سلباً في أدائها الوظيفي ودورها المهم في عملية التمثيل الضوئي. تؤثر الملوحة في محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية a/b والكاروتين مما يؤدي إلى انخفاض كفاءة التمثيل الضوئي (Lotfi et al., 2020, 26).

وبيّن العديد من الدراسات انخفاض محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية مع زيادة الملوحة في وسط الزراعة (319 Molazem et al., 2010).

إنّ محتوى صبغات التمثيل الضوئي من الكلوروفيل a و b والكاروتينات قد تأثرت بالإجهاد الملحي، فقد أكد Hyun وآخرون (2008,3772) 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، فقد وجد أن محتوى الكلوروفيل في أوراق الخس قلَّ عند معاملةها بملح كلوريد الصوديوم (Sarkiyayi and Ikioda, 2010,47). كما أوضح Ren and He (2010,35) 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. يُعد البرولين Proline من الذائبات العضوية التوافقية، التي تتراكم في سيتوبلازم الخلايا النباتية استجابةً لظروف الإجهاد الملحي، يؤدي البرولين دوراً مهماً في تحسين تنظيم العلاقات المائية داخل الخلايا النباتية. كما يتفاعل مع بروتينات الأغشية السيتوبلاسمية ويمنع تخريبها، ما يسمح في المحافظة على تركيب الأغشية السيتوبلاسمية وسلامتها Rady وزملاؤه (2019,449). إضافةً إلى دوره في الحد من الضرر الحاصل في عملية التمثيل الضوئي من خلال تقليل إنتاج جذور الأوكسجين الحرة في غشاء Thylakoid (Mahboob et al., 2016,861).

يهدف البحث إلى دراسة تأثير المعاملة بحمض الجبريليك (GA3) وحمض الأبسيسك (ABA)، في بعض الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية لدى الخس المزروع تحت مستويات مختلفة من الإجهاد الملحي المحدث باستعمال ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) المخبري النقي.

مواد البحث وطرائقه : Materials and methods

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

المادة النباتية: نُفذت الدراسة على صنف محلي من الخس (Kabous)، حجمه متوسط لونه أخضر فاتح، يتكون الرأس من التفاف الأوراق حول بعضها، تم الحصول على البذار من مراكز معتمدة لبيع البذار في دمشق. عُقمت البذور بوضعها في محلول هيبوكلوريد الصوديوم (10%)، ثم غسلت بالماء المقطر ثلاث مرات، بعد ذلك نعتت بحمض الجبريليك بالتراكيز (100،50،0 ppm) لمدة 24 ساعة ثم وزعت في صواني الإنبات السريع باستخدام الوسط الزراعي (تورب-بيرلايت) بنسبة حجم (1:1)، والمضاف إليه محلول كلوريد الصوديوم NaCl بالتراكيز (150،100،50،0 mM) مع تأمين درجة الحرارة المناسبة للإنبات (21م°)، بعد تكامل الإنبات (بعد 10 أيام من بدء الزراعة)، تمت عملية التشتيل حيث وضعت الشتلات في أصص بلاستيكية (35*20 cm) تحوي خلطة (تورب وبييرلايت) بنسبة 1:1 والمضاف إليها ملح كلوريد الصوديوم NaCl بالتراكيز (150،100،50،0 mM) مع إضافة محلول هوجلاند المغذي (تركيز كامل) قبل كل سقاية بالمحالييل، وبمعدل 0.25 لتر لكل أصيص، بينما نباتات الشاهد تم ربيها بمحلول هوجلاند فقط. بعد اسبوع من عملية التشتيل تم البدء بمعاملة الرش الورقي بحمض الأبسيسك وفق التراكيز (10،5، 0 ppm)، وذلك بمعدل 5 رشات وبفارق زمني 7 أيام بين الرشة والأخرى (بعد التشتيل، بعد اسبوع من الرشة الأولى، قبل تكوين الرأس المندمج، خلال تشكل الرأس المندمج، بعد تشكل الرأس واكتماله). وكانت المعاملات كالتالي:

طبقت معاملات الملوحة (NaCl) وفق التراكيز (0،50،100،150 mM)، تمت معاملة النباتات تحت كل مستوى ملحي من مستويات الملوحة بحمض الجبريليك (GA3) وحمض الأبسيسك (ABA) وفق التراكيز التالية:

1. معاملة الشاهد معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA3 بتركيز 0 + الرش الورقي بحمض الأبسيسك ABA بتركيز 0. (معاملة الشاهد)

2. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA3 بتركيز 50 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسيك ABA بتركيز 5 ppm .
المعاملة (A1G1)
3. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA3 بتركيز 100 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسيك ABA بتركيز 5 ppm .
المعاملة (A1G2)
4. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA3 بتركيز 50 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسيك ABA بتركيز 10 ppm .
المعاملة (A2G1)
5. معاملة البذور المنقوعة بحمض الجبريليك GA3 بتركيز 100 ppm + الرش الورقي بحمض الأبسيسيك ABA بتركيز 10 ppm .
المعاملة (A2G2) .

شمل هذا البحث على 20 معاملة، كررت كل معاملة 3 مرات، حيث كل مكرر يحتوي على 10 نباتات.

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

المعايير المورفولوجية:

1. طول الساق (سم): تم قياس طول النباتات الناتجة من سطح التربة، باستخدام مسطرة مرقمة أو شريط القياس.
2. عدد الأوراق (ورقة/ نبات) : تم تسجيل عدد أوراق البادرات للمكررات المدروسة وذلك في نهاية التجربة.
3. المساحة الورقية (سم²/ورقة): حيث أخذ متوسط ورقتين مكتملتى النمو من كل نبات وبشكل عشوائي وذلك في نهاية تجربة نمو الشتول، فُدرت المساحة الورقية باستخدام جهاز بلانيمتر (Plani meter) (Area meter AM300).
4. الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري للشتلات (غ): قُطع المجموع الجذري لكل نبات في نهاية تجربة نمو الشتول وذلك بعد 45 يوم من بدء الزراعة ومن ثم وزن المجموع الخضري للحصول على الوزن الرطب(غ)، ثم وضعت بالمجففة لمدة 48 ساعة على درجة حرارة 105 م°، بعدها تم وزن العينات للحصول على الوزن الجاف للمجموع الخضري للشتول.

المعايير الفيزيولوجية:

1. تم تقدير أصبغة البناء الضوئي (كلوروفيل أ - ب - الكاروتين) (مغ/ل) ، حيث تم أخذ 3 غ من الأوراق ووضعت في هاون ثم طحنت جيداً بإضافة جرعات متتالية من الأسيتون (80 %) أثناء الطحن بمعدل نهائي 12 مل لكل عينة، ثقل المزيج لمدة 60 دقيقة بجهاز الطرد المركزي (Tabletop model IEC 215) على درجة حرارة +4 درجة مئوية، رشحت الخلاصة واستخدمت لتحديد الامتصاصية بالنسبة للكلوروفيل على طول موجة (663-645) نانومتر، وبالنسبة للكاروتينات على طول الموجة (470) باستخدام جهاز السبكتروفوتوميتر .

التصميم التجريبي والتحليل الإحصائي: صممت التجربة وفق القطاعات العشوائية الكاملة *Completely Rhandomized Block Design (CRBD)*، وحللت البيانات باستخدام برنامج التحليل الإحصائي *SPSS*، وقورنت المتوسطات وفق اختبار دونكان، لحساب قيمة أقل فرق معنوي (*LSD*) على مستوى ثقة 95%.

النتائج والمناقشة Results and discussion:

المؤشرات المورفولوجية:

أثرت جميع معاملات الملوحة سلباً في المؤشرات المورفولوجية وذلك بغض النظر عن المعاملات الهرمونية المطبقة كما هو موضح بالجدول رقم (1)، فقد سجلت أدنى القيم (2.95 سم، 4.20 ورقة، 30.31 سم² بالنسبة لطول النبات وعدد الأوراق والمساحة الورقية على التوالي) عند المستوى الملحي (150 ppm) بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات الملحية، ومن جهة أخرى أدت المعاملة بحمضي الجبريليك والأبسيسك إلى تحسين جميع خصائص النمو المورفولوجية تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة وذلك بغض النظر عن التركيز المستخدم، كما لوحظ تفوق المعاملة بحمض الأبسيسك (10 ppm) ABA بالتفاعل مع حمض الجبريليك GA3 (50 ppm) معنوياً على باقي المعاملات في كل مستويات الملوحة المدروسة، حيث سجلت أعلى قيمة لها (10.03 سم، 16.36 ورقة، 90.82 سم² لطول النبات وعدد الأوراق والمساحة الورقية على التوالي) بالمقارنة مع باقي المعاملات المدروسة والشاهد، نتائج مشابهة تم نشرها من قبل Wang وآخرون (2015، 455). وكما تتفق نتائج هذا البحث مع Agami (2014، 341).

الجدول (1): تأثير المعاملة بحمض الأبسيسك و حمض الجبريليك في المؤشرات المورفولوجية تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl في نبات الخس.

الصفات المورفولوجية للشتلات			المعاملات	
المساحة الورقية (سم ²)	عدد الأوراق (ورقة/ النبات)	طول الساق (سم)	ABA +GA3 (ppm)	NaCl تركيز (mM)
90.30 ^c	14.36 ^{cd}	9.23 ^b	الشاهد	الشاهد
90.43 ^b	13.58 ^{fg}	9.49 ^{ab}	A1G1	
90.60 ^b	14.70 ^b	8.92 ^c	A1G2	
90.82^a	16.36^a	10.03^a	A2G1	
89.43 ^d	13.76 ^{ef}	8.71 ^d	A2G2	
74.62 ^k	13.30 ^{hk}	8.12 ^e	الشاهد	50
75.68 ^h	13.43 ^{gh}	7.61 ^d	A1G1	
78.42 ^g	13.13 ^k	7.15 ^f	A1G2	
82.20 ^e	14.16 ^d	8.89 ^c	A2G1	
79.11 ^f	12.46 ⁱ	6.81 ^g	A2G2	
56.78 ^{mn}	8.10 ^p	6.12 ^h	الشاهد	100
60.40 ^l	8.26 ^o	6.46 ^h	A1G1	
58.95 ^m	8.50 ^o	5.94 ^k	A1G2	
60.32 ^l	9.20 ^m	7.04 ⁱ	A2G1	
56.41 ⁿ	7.70 ^q	6.24 ^{hk}	A2G2	
30.31 ^{qr}	4.20 st	2.95 ^o	الشاهد	150
31.28 ^q	4.76 ^u	3.02 ^o	A1G1	
34.11 ^p	5.16 ^t	3.73 ^m	A1G2	
35.04 ^o	5.53 ^{rs}	4.55 ⁱ	A2G1	
32.12 ^q	5.50 ^v	3.12 ⁿ	A2G2	
0.21	0.24	0.027	LSD	

تشير الأرقام المختلفة في العמוד الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى دلالة 5%

يوضح الجدول (2) تأثير المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك في المؤشرات المورفولوجية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي، حيث أثرت جميع معاملات الملوحة سلباً في كل من الوزنين الرطب والجاف للأوراق وفي محتوى الماء النسبي، وبالمقابل فقد أدت المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك إلى تحسين هذه المؤشرات تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع باقي النباتات غير المعاملة والشاهد، حيث تفوقت المعاملة بحمض الأبسيسك ABA (10 ppm) بالتفاعل مع حمض الجبريليك GA3 (50 ppm) معنوياً على باقي المعاملات في كل مستويات الملوحة المدروسة والشاهد اذ سجلت أعلى القيم (249.82 غ، 26.71 غ، 87.20% بالنسبة للوزن الخضري الرطب و الوزن الجاف ومحتوى الماء النسبي على التوالي)، تماثل هذه النتائج ما توصل إليه (Waleed,2019,51) عند استخدامه حمض الجبريليك وحمض الأبسيسك على نبات البامياء تحت ظروف الإجهاد الملحي، تماثل هذه النتائج ماتوصل إليه Zhang وآخرون (2016,111) اذ وجدوا أن الرش الورقي بحمض الأبسيسك قد سبب زيادة في طول الساق والمساحة الورقية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي.

الجدول (2): تأثير المعاملة بحمض الأبسيسك و حمض الجبريليك في المؤشرات المورفولوجية تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl في نبات الخس.

المؤشرات المورفولوجية للشتل		المعاملات	
الوزن الجاف (غ)	الوزن الرطب (غ)	ABA +GA3 (ppm)	NaCl تركيز (mM)
23.23 ^d	246.32 ^{cd}	الشاهد	الشاهد
24.12 ^{cd}	247.81 ^c	A1G1	
25.17 ^b	247.88 ^c	A1G2	
26.71^a	249.82^a	A2G1	
25.22 ^b	248.11 ^b	A2G2	
20.24 ^h	198.40 ^f	الشاهد	50
21.02 ^g	200.92 ^{ef}	A1G1	
22.12 ^f	202.13 ^e	A1G2	
24.36 ^c	210.14 ^d	A2G1	
22.92 ^e	208.10 ^d	A2G2	
16.72 ⁿ	123.61 ^l	الشاهد	100
17.12 ^m	141.42 ^{hk}	A1G1	
17.32 ^l	143.16 ^h	A1G2	
18.62 ^k	146.90 ^g	A2G1	
17.12 ^m	136.91 ^k	A2G2	
10.50 ^q	64.12 ^p	الشاهد	150
11.24 ^{pq}	76.23 ^{mn}	A1G1	
11.62 ^p	70.13 ^o	A1G2	
12.13 ^o	78.16 ^m	A2G1	
11.73 ^p	74.09 ⁿ	A2G2	
0.017	8.24	LSD	

تشير الأرقام المختلفة في العמוד الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى دلالة 5%

وقد يعزى النقص في المؤشرات المورفولوجية لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد الملحي إلى ازدياد تركيز الأملاح الذوابة في التربة وماء الري الذي يؤدي إلى خفض الجهد المائي، وتقليل كمية الماء الحر المتاح للنباتات، مما يؤثر سلباً في كمية الماء الممتص عن طريق المجموعة الجذرية وتصبح كمية الماء الممتص غير كافية لتعويض الماء المفقود بالتبخير فيتراجع جهد الامتلاء (محتوى الماء النسبي والمطلق)، ويزداد عجز الإشباع المائي داخل الخلايا النباتية مما يؤدي إلى تثبيط استطالة الخلايا النباتية ولا يحدث النمو إلا إذا استطالت الخلايا النباتية المنقسمة، لأن النمو هو حصيلة انقسام واستطالة غير عكوسة للخلايا النباتية وبالتالي سيحد من المساحة الورقية المتاحة للتمثيل الضوئي (Hanin *et al.*, 2016, 1787). إلا أن استخدام حمض الجبريليك قلل من التأثير المثبط للملوحة من خلال تنشيط نمو الجنين عن طريق زيادة امتصاص الماء والعناصر الغذائية و تنشيط أنزيمات التحلل المائي الفا اميلاز والتي تحرر السكريات المختزلة والأحماض الأمينية الضرورية للنمو مما يزيد من الوزن الجاف للشبلاحت تحت ظروف الإجهاد الملحي. أدت المعاملة بحمض الأبسيسك ABA إلى تحسين نفاذية الماء وتنشيط تكوين البروتينات خاصة LED الضرورية لنمو النبات وزيادة نسبة المواد الذائبة والغرويات مما حافظ على الجهد الحلوي من الانخفاض تحت ظروف الإجهاد الملحي (Shu *et al.*, 2017, 413).

المؤشرات الفيزيولوجية: توضح النتائج في الجدول (3)، تأثير المعاملة بحمض الجبريليك وحمض الأبسيسك في المؤشرات الفيزيولوجية تحت المستويات الملحية المختلفة، لوحظ أن الازدياد التدريجي في المعاملات الملحية أدى إلى انخفاض تدريجي في المؤشرات الفيزيولوجية المدروسة، فقد سجلت أدنى القيم (0.45, 0.29, 0.83) مغ.غ⁻¹ (وزن رطب) بالنسبة لتركيز الكلوروفيل a,b والكاروتين على التوالي عند المستوى الملحي (150 ppm) بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات الملحية. ومن جهة أخرى فقد أدت المعاملة بحمض الجبريليك والأبسيسك إلى تحسين جميع خصائص النمو الفيزيولوجية تحت ظروف الإجهاد الملحي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة وذلك بغض النظر عن التركيز المستخدم، كما يظهر الجدول (3) تفوق المعاملة بحمض الأبسيسك ABA (10 ppm) بالتفاعل مع حمض الجبريليك GA3 (50 ppm) معنوياً على باقي المعاملات في كل مستويات الملوحة المدروسة، حيث سجلت أعلى قيمة لها (0.82, 0.41, 5.91) مغ.غ⁻¹ (وزن رطب) بالنسبة لتركيز كلوروفيل a,b والكاروتين على التوالي، بالمقارنة مع الشاهد وباقي المعاملات، يتضح مما سبق، أن محتوى الأوراق من كلٍ من اليخضور a واليخضور b يتراجع مع ازدياد تركيز الأملاح في وسط النمو، يمكن أن يُعزى الانخفاض في صفة محتوى الأوراق من اليخضور a,b لوجود الأنزيم Chlophyllase، الذي ينشط استجابةً لظروف الإجهاد الملحي، ويعمل على تفكيك الأصبغة اليخضورية، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية، والذي يسبب تراجع كفاءة النباتات التمثيلية، الأمر الذي يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة الكلية المُصنعة والمتاحة لنمو أجزاء النباتات المختلفة وتطورها (Del Rio *et al.*, 2005, 316)، إلا أن استخدام حمض الأبسيسك قد ثبط فعل الأنزيم Chlophyllase كونه يزيد من نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة والتي تحمي النبات من الضرر التأكسدي (Dehnavi *et al.*, 2021, 859)، تتفق هذه النتائج المتحصل عليها مع ما توصل إليه Mulabagal وآخرون (2010, 300) الذين بيّنوا أن محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي قد ازداد عند استخدام حمض الأبسيسك ABA، كما إن استجابة الكاروتينات عادةً ما تكون مماثلة لاستجابة أصبغة اليخضور (Nagy *et al.*, 2015, 1368). فهي تؤدي دوراً في منع حدوث الإجهاد التأكسدي (Campos *et al.*, 2016, 21).

تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Qiu *et al.*, 2017, 216). و أيضاً مع نتائج (Molazem *et al.*, 2010, 319).

الجدول (3): تأثير المعاملة بحمض الأبسيسك وحمض الجبريليك في المؤشرات الفيزيولوجية تحت ظروف الإجهاد الملحي NaCl في نبات الخس.

الصفات الفيزيولوجية				المعاملات	
محتوى الماء النسبي %	الكاروتين (مغ.غ-1 وزن رطب)	كلوروفيل b (مغ.غ-وزن رطب) l	كلوروفيل a (مغ.غ-1 وزن رطب) (مغ.غ)	ABA + GA3 (ppm)	تركيز NaCl (mM)
80.80 ^g	4.32 ^e	0.37 ^{ab}	0.77 ^{ab}	الشاهد	الشاهد
83.63 ^{cd}	4.73 ^d	0.36 ^f	0.76 ^f	A1G1	
84.23 ^c	5.31 ^b	0.39 ^m	0.78 ^m	A1G2	
87.20 ^a	5.91 ^a	0.41 ^a	0.82 ^a	A2G1	
81.80 ^f	5.81 ^{ab}	0.38 ^l	0.81 ^l	A2G2	
75.23 ^h	3.82 ^{fg}	0.33 ^{bc}	0.78 ^{bc}	الشاهد	50
82.46 ^d	4.12 ^f	0.35 ^{de}	0.79 ^{df}	A1G1	
81.76 ^f	4.31 ^e	0.37 ^h	0.80 ^h	A1G2	
84.70 ^b	4.87 ^c	0.39 ⁿ	0.82 ⁿ	A2G1	
80.20 ^g	4.72 ^d	0.34 ^{cd}	0.77 ^{cd}	A2G2	
63.30 ^o	2.11 ^k	0.32 ^g	0.62 ^g	الشاهد	100
65.16 ⁿ	2.11 ^k	0.38 ^l	0.72 ^l	A1G1	
66.53 ^m	2.72 ^h	0.40 ^o	0.73 ^o	A1G2	
70.33 ^k	2.87 ^g	0.41 ^b	0.76 ^f	A2G1	
67.20 ^l	2.62 ^h	0.38 ^l	0.75 ^l	A2G2	
58.20 ^q	0.83 ⁿ	0.29 ^q	0.45 ^q	الشاهد	150
58.70 ^q	0.91 ^m	0.33 ^p	0.47 ^p	A1G1	
59.30 ^p	0.94 ^m	0.38 ^k	0.48 ^k	A1G2	
63.40 ^o	1.11 ^l	0.41 ^r	0.52 ^b	A2G1	
60.60 ^p	1.02 ^{lm}	0.36 ^e	0.51 ^e	A2G2	
0.150	0.015	0.011	0.015	LSD	

تشير الأرقام المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى دلالة 5%

الاستنتاجات Conclusions:

- أدى ارتفاع مستوى الإجهاد الملحي إلى انخفاض في المعايير المورفولوجية و الفيزيولوجية المدروسة، علماً بأن معدل الانخفاض ازداد مع ارتفاع مستوى الإجهاد المطبق.
- أدت المعاملة المشتركة بحمض الأبسيسك و حمض الجبريليك إلى تحسين جميع المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية بالمقارنة مع الشاهد والنباتات غير المعاملة وذلك تحت ظروف الإجهاد الملحي المطبق.
- أدى استخدام حمض الأبسيسك (10 ppm) مع حمض الجبريليك (50 ppm) إلى إعطاء أفضل النتائج بالمقارنة مع التراكيز الأخرى، وذلك تحت ظروف الإجهاد الملحي.

التوصيات والمقترحات Recommendations:

- تطبيق الرش الورقي بحمض الأبسيسك عند الزراعة بظروف الإجهاد الملحي لما له من دور مباشر في زيادة تحمل النباتات لظروف الإجهاد الملحي.

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

References:

1. المجموعة الإحصائية السنوية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لعام 2020. الجمهورية العربية السورية.
2. Agami, R. (2014). Applications of ascorbic acid or proline increase resistance to salt stress in barley seedlings. *Biologia Plantarum*, 58(2): 341-347.
3. Arora, N. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environ. Sustain.* 2, 95–96. doi: 10.1007/s42398-019-00078-w.
4. Campos, M.; Nogales, A.; Cardoso, H.G.; Campos, C. (2016). Carrot plastid terminal oxidase gene (*dcptox*) responds early to chilling and harbors intronic pre-mirnas related to plant disease defense. *Plant Gene*, 7, 21–25.
5. Coelho, A.; Gomes, E.; Sousa, A. P. (2005). Effect of irrigation level on yield and bioactive amine content of American lettuce. *Journal. Sci. Food. Agric.*, 85: 1026-1032.
6. De Pascale, S.; and Barbieri, G. (1995). Effects of soil salinity from long-term irrigation with saline-sodic water on yield and quality of winter vegetable crops. *Sci. Hort.*, 64: 145–157.
7. Dehnavi, A.; Zahedi, M.; Ludwiczak, A. (2020). Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. *Agronomy* 10:859.
8. Del Rio, D.; Stewart, A.; and pellegrini, N. (2005). Review of Recent Studies on Malondialdehyde as Toxic Molecule and Biological Marker of Oxidative Stress. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 15(4), 316-328.
9. Gorai, M.; Ennajeh, H.; Khemira, M. (2010). Combined effect of NaCl-salinity and hypoxia on growth, photosynthesis, water relations and solute accumulation in *Phragmites australis* plants. *Flora. Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205:462-470.
10. Hanin, M.; Ebel, C.; Ngom, M.; Laplaze, L. (2016). New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding. *Front. Plant*, 7:1787.
11. Hassan, W.; Dewir, Y.; Amjad, M. (2021). Assessment of the salt tolerance of wheat genotypes during the germination stage based on germination ability parameters and associated SSR markers. *J. Plant Interact.* 14, 151–163.
12. Houborg, R.; McCabe, M.; Cescatti, A.; Schull, M. (2015). Joint leaf chlorophyll content and leaf area index retrieval from landsat data using a regularized model inversion system (regflec). *Remote Sens. Environ.* 2015, 159, 203–221.
13. 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.
14. Jiang, D.; Zhang, M.; Zhao, Y. (2019). Increasing aridity affects soil archaeal communities by mediating soil niches in semi-arid regions. *Sci. Total Environ.* 647, 699–707.
15. Liu, X.; Li, W.; Yamaguchi, S.; Khan, M. (2016). Roles of gibberellins and abscisic acid in regulating germination of *Suaeda salsa* dimorphic seeds under salt stress. *Frontiers in plant Science*, 6:123-125.
16. Lotfi, R.; Pessaraki, M. (2020). Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 26:101635.
17. Mahboob, W.; Khan, W.; and Shirazi, M. (2016). Induction of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings through exogenous application of proline. *Pak. J. Bot.*, 48: 861-867.
18. Mbarki, S.; Zivcak, M.; and Brestic, M. (2018). “The involvement of different secondary metabolites in salinity tolerance of crops,” in *Salinity Responses and Tolerance in Plants*, eds V. Kumar, S. Wani, P. Suprasanna, and L. S. Tran. Vol. 2. (Cham: Springer), 21–48.

19. Molazem, D.; Qurbanov, E.; and Dunyamaliyev, S. (2010). Role of Proline, Na and Chlorophyll Content in Salt Tolerance of Corn (*Zea mays*L.). American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci., 9(3): 319-324.
20. Mulabagal, V.; Ngouajio, A.; Nair, Y.; Zhang, A.; Gottumukkala, M. (2010). In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties, Food Chemistry, 118 : 300-306.
21. Nagy, L.; Kiss, V.; Brumfeld, V. (2015). Thermal effects and structural changes of photosynthetic reaction centers characterized by wide frequency band hydrophone: Effects of carotenoids and terbutryn. Photochem. Photobiol., 91, 1368–1375.
22. Pink, D.; Keane, E. (2000). Lettuce, *Lactuca sativa* L. In "Genetic Improvement of Vegetable Crops", (ed. G. Kalloo, B.O. Bergh), Pergamon Press, Oxford, U.K., pp. 543-571 .
23. Qiu, T.; Jiang, L.; Yang, Y. (2017) . Small-scale habitat-specific variation and adaptive divergence of photosynthetic pigments in different alkali soils in reed identified by common garden and genetic tests. Front. Plant Sci. 7, 2016.
24. Rady, M.; Kuşvuran, A.; Alharby, H.; Alzahrani, Y.; Kuşvuran, S. (2019). Pretreatment with proline or an organic bio-stimulant induces salt tolerance in wheat plants by improving antioxidant redox state and enzymatic activities and reducing the oxidative stress. J. Plant Growth Regul. 38:449–462.
25. Ren, Y.; He, J. (2010). Effect of Salicylic Acid on Lettuce Seed Germination and Seedling Growth under NaCl Stress. Northern Hort., 11, 35–36.
26. Sarkiyayi, S.; and Ikioda, H. (2010). Estimation of thiamine and ascorbic acid contents in fresh and dried Hibiscus sabdariffa (Roselle) and *Lactuca sativa* (Lettuce). Advance Journal of Food Science and Technology, 2(1):47-49.
27. Shu, K.; Chen, F.; Meng, Y.; Luo, X. (2017). Salt stress represses soybean seed germination by negatively regulating GA3 biosynthesis while positively mediating ABA biosynthesis. Biologia Plantarum, 51: 413-437.
28. Tsegay, B.; and Andargie, M. (2018). Seed priming with gibberellic acid (GA3) alleviates salinity induced inhibition of germination and seedling growth of *Zea mays* L., *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21(3), 261–267.
29. Ünlükara, A.; Cemek, B.; Karaman, S.; Erşahin, S. (2008). Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) to salinity of irrigation water. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 36: 265-273.
30. Waleed, A.; 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. Doi: 10.3923/agbs.51.60.
31. Wang, L.; Huang, C.; Wei, G.; Xu, J. (2015). Responses of gas exchange, chlorophyll synthesis and ROS-scavenging systems to salinity stress in two ramie (*boehmeria nivea* L.) cultivars. Photosynthetica 53: 455–463.
32. Wen, F.; Zhang, Z.; Bai, T. (2019). Proteomics reveals the effects of Gibberellic acid (GA3) on salt-stressed lettuce (*Lactuca sativa*) shoots. Plant Sci., 178:170-175.
33. Zhang, Y.; Lan, H.; Shao, Q.; Wang, R. (2016). Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses. Field Crops Research 97: 111-119.

