تأثير رش الأوراق بالسيكوسيل وحمض السالسيليك والسيلكون في الصفات الخضرية لنباتات الخيار المروية بالماء المالح في ظروف الزراعة المحمية

د. سوسن سليمان*

د. ماهر دعيَس**

راما منصور***

(تاريخ الإيداع 2 / 11 / 2020. قبل للنشر في 3 / 2 / 2021)

ملخّص

نفذ البحث في محطة بحوث الهنادي، التابع لمركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية، في العروة الربيعية للعام 2019–2020، حيث تمت دراسة كفاءة الرش الورقي بكل من حمض الساليسيليك SA، والسيكوسيل CCC، والسيليكون Si في تحمل نباتات الخيار للملوحة (6 ds/m)، والمزروعة في ظروف الزراعة المحمية.

تضمن البحث 14 معاملة: 1– شاهد ماء عاديC، 2– SA25 حمض السالسيلك تركيز (25 PPm)، 3–SA50 حمض السالسيلك تركيز (50 PPm)، 4– CCC400 السيكوسيل تركيز (400 PPm)، 5– CCC600 السيكوسيل تركيز (600 PPm)، 6– 100 Si سيلكون تركيز (100PPm)، 7– 200 Si سيلكون تركيز (200PPm)، 8– S شاهد ماء مالح، 9– S+SA25 (ماء مالح + حمض السالسيلك تركيز (25PPm))، 10 – S+SA50 (ماء مالح + حمض السالسيلك تركيز (50 PPm))، 11– S + CCC400 (ماء مالح + السيكوسيل تركيز (400PPm))، 12– S+ CCC600 (ماء مالح + السيكوسيل تركيز (600 PPm))، 13 – S+ Si 100 (ماء مالح + سيلكون تركيز (100PPm))، 14 – S+ Si 200 (ماء مالح + سيلكون تركيز(200PPm)).

بينت النتائج أن رش أوراق نباتات الخيار بالـ Si والـSA قد خفض التأثير السلبي للملوحة، وأدى إلى تحسين طول السلامية، ارتفاع النبات، قطر الساق، عدد الأوراق، مساحة المسطح الورقي ودليله، والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري، عند ري النباتات بالماء العادي والمالح.

كذلك أوضحت النتائج أن المعاملة بالـ CCC قد أدت إلى انخفاض طول السلامية وارتفاع النبات، زيادة قطر الساق، زيادة الوزن الرطب والجاف وعدد الأفرع الجانبية على الساق الرئيسة عند الري بالماء العادي، لكن عند الري بالماء المالح، فقد أدت المعاملة بالـ CCC إلى زيادة قطر الساق، زيادة عدد الأوراق، زيادة المسطح الورقي ودليله، زيادة الوزن الرطب والجاف وكذلك عدد الأفرع الجانبية على الساق الرئيسة.

بينت النتائج أيضاً أن رش النباتات بالـ SA والـ CCC والـ Si كان فعالاً في تخفيف ضرر الملوحة، إلا أن المعاملة بالسيلكون كانت الأفضل، حيث أن المعاملة بالتركيز Si200 قد تفوقت معنوياً في كل الصفات الخضرية المدروسة مقارنة بالشاهد والمعاملات الأخرى.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، السليكون، حمض الساليسيليك، السيكوسيل، الخيار، الزراعة المحمية.

* **أستاذ – قسم البساتين، اختصاص فيزيولوجيا نبات، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

** **باحث – مركز بحوث الهنادي، اختصاص علوم التربة، اللاذقية، سورية.**

*** **طالبة دراسات عليا (دكتوراه) – قسم البساتين، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

البريد الإلكتروني: rama.mansour1990@gmail.com

Effect of Foliar Spray with Cycocel, Salicylic Acid, and Silicon on Cucumber Vegetal Characteristics Grown under Salinity Stress and Greenhouse Conditions

Dr. Sawsan Suleiman[*]
Dr. Maher Daies[**]
Rama Mansour[***]

(Received 2 / 11 / 2020. Accepted 3 / 2 /2021)

□ ABSTRACT □

The effect of foliar spray with cycocel, Salicylic acid, and Silicon on cucumber vegetal characteristics, grown under salinity stress and green house conditions, was studied, at research center of Al-Hennadi, related to Agriculture research center – Lattakia - Syria. The research concluded 14 treatments : 1-C, 2- SA 25, 3- SA50, 4- CCC400, 5-CCC600, 6-Si 100, 7- Si 200, 8-S, 9 –S+SA25, 10- S+SA50, 11-S+CCC400, 12-S+CCC600, 13-S+Si 100, 14-S+ Si 200.

The results showed that foliar spray with Si and SA, reduced the negative effect of salinity, and enhanced inter node length, plant height, stem diameter, leaf number, leaf area/ plant (cm^2), leaf area index, fresh and dry weight, and lateral shoot number when plants were irrigated with normal or saline water.

The results showed as well that CCC treatment reduced inter node length, plant height, and increased stem diameter, fresh and dry weight, and lateral shoot number when plant were irrigated with normal water, but, when the plants were irrigated with saline water, CCC treatment increased stem diameter, leaf number, leaf area/ plant (cm^2), leaf area index, fresh and dry weight, and lateral shoot number.

The results indicated that SA, CCC, and Si could alleviate the harmful effect of salinity, with preference of Si which was more effective.

Keywords: Salinity, Silicon, Salicylic acid, Cycocel, Cucumber, Green House.

[*] **Professor - Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Researcher – Al-Hennadi Research Center, Soil Sciences Major, Lattakia, Syria.**
[***] **Postgraduate Student (PhD) - Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: rama.mansour1990@gmail.com**

مقدمة:

ينتمي الخيار *Cucumis sativus* L. إلى الفصيلة القرعية *Cucurbitaceae* وهو من النباتات المحبة للحرارة، تنتشر زراعته على نطاق واسع في العالم، ويعزى ذلك إلى سرعة نموه ونضجه المبكر من جهة، وإنتاجه الكبير وأسعاره المرتفعة وما يحققه من دخل اقتصادي للمنتج من جهة أخرى.

تعد الهند والصين وأفريقيا الموطن الأصلي له، ويعتبر من النباتات التي تحمل نوعين من الأزهار المذكرة والمؤنثة على نبات واحد أي أنه أحادي الجنس أحادي المسكن. ويعدُ محصول الخيار من محاصيل الخضار الأساسية في الزراعة المحمية في القطر العربي السوري، وهو يحتل المرتبة الثانية بعد البندورة من حيث الانتاج والمساحة في الساحل السوري، حيث بلغت المساحة المزروعة بالخيار عموماً حوالي 8005 هكتار، وأعطت إنتاجاً يقدر بحوالي 115841 طن عام 2016 (المجموعة الإحصائية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لعام 2016).

تتعرض النباتات خلال مراحل نموها إلى نماذج مختلفة من الاجهادات البيئية (Hanks and Rasmussen, 1982)، كالجفاف ونقص التغذية والملوحة، وتعتبر الملوحة من أهم هذه الاجهادات االبيئية.

يسبب الإجهاد الملحي نقص المحتوى المائي في الأنسجة النباتية وينتج عنه انخفاض ناقلية الثغور لحركة الغازات وبخار الماء مما يقود إلى نقص في التمثيل الضوئي (Farooq *et al*., 2009)، وتثبيط لنمو النبات ونقص الإنتاج النباتي وزيادة معدل شيخوخة الأوراق (Oosterhuis et Walker.,1987).

تسبب الملوحة انخفاض النمو بسبب الأذى الذي تلحقه بسلامة الأغشية الخلوية، والاضطراب الذي تحدثه في نقل الأيونات المعدنية، وقد ينتج انخفاض النمو الذي تسببه الملوحة عن تغير التوازن الهرموني، حيث ترتفع نسبة حمض الأبسيسيك (ABA) استجابة للملوحة وينخفض معدل الأوكسين (Cho *et al*., 2006).

تشير الدراسات إلى أن التأثير الضار والمميت لظروف الإجهاد يعود للتأثير المباشر وغير المباشر لعوامل الإجهاد المحفزة على تكوين أنواع الجذور الحرة في الخلية والتي يمكن أن تؤدي إلى سلسلة من الأضرار في عملية التمثيل الحيوي فهي تخرب مكونات التمثيل الضوئي، وتعطل البروتينات والأنزيمات، وتدمر بنية غشاء الخلية والنفاذية الخلوية (Yordanov et al., 2003)، مما يزيد من تدهور الخلايا والأنسجة النباتية.

يتم التغلب على أنواع الأوكسجين الحرة بما يسمى المواد المضادة للأكسدة، والتي تقوم بمعادلة الجذور الحرة في الخلايا والأنسجة النباتية ولكن يقل محتوى هذه المواد تدريجياً بزيادة ظروف الإجهاد أو الشيخوخة.

اتجهت الأبحاث حديثا إلى معاملة النباتات بمواد كيميائية أو معدنية، منها ما هو طبيعي كالهرمونات النباتية ومنها ما هو مخلق صناعيا (Navale *et al*., 2010).

حيث تعتبر منظمات النمو النباتية من أهم مضادات الأكسدة والتي تلعب دوراً فعالاً في تنظيم العمليات الحيوية للنبات وتؤثر بصورة مباشرة وغير مباشرة في استجابة وتحمل النباتات للإجهادات البيئية والحيوية (khan *et al*., 2010).

تشمل منظمات النمو النباتية عدة أنواع منها منشطات النمو ومثبطات ومؤخرات النمو. ومن أهمها **السيكوسيل CCC** والاسم الشائع له هو Chloromequat chloride وهو منظم نمو نباتي (مثبط للجبرلين) يستخدم على نطاق واسع في التجارب الزراعية وخاصة على نباتات الزينة (لتحسين نوعية وانتاجية النباتات المزهرة) والنباتات العشبية. وتتميز النباتات المعاملة بالسيكوسيل بقصر الساق، والسلاميات وتكون أوراقها أكثر اخضراراً. في دراسة لـ (and *et al*., Parmar 2016) أجريت على صنف البندورة (GT-2) لمعرفة تأثير السيكوسيل حيث تم تحديد مستوياته:

(C_0 في الماء المقطر)، (C_1(250 ppm)، (C_2 (500 ppm. تنمو في مستويات مختلفة من الملوحة: S_1(الشاهد /Ece= 0.2 ds/m)، S_2 (2 ds/m)، S_3 (4 ds/m)، S_4 (Ece= 6 ds/m)، S_5 (8 ds/m). وجد اختلاف مهم في سمات النمو تحت مستويات مختلفة من السيكوسيل، حيث أن النباتات المعاملة بتركيز 250 ppm من السيكوسيل سجلت أعلى قيمة من حيث ارتفاع النبات، عدد الفروع لكل نبات، الوزن الجاف للمجموع الخضري، وزن الثمار، مجموع عدد الثمار لكل نبات، غلة كل نبات، والحد الأدنى من الأيام لبدء الإزهار في التربة المالحة. كما لوحظ أن التركيز 250 ppm من السيكوسيل يزيد من تحمل الملح بالنسبة لنبات البندورة.

حمض الساليسيليك Salicylic acid:

هو نوع من الأحماض الفينولية وهو أحادي حمض هيدروكسي بنزويك، يحتوي على حلقة أروماتية تحمل مجموعة هيدروكسيل (OH) وهو عديم اللون يستخلص طبيعيا من بعض النباتات كالصفصاف الأبيض وإكليلية المروج، وهو مركب طبيعي ينتج عن استقلاب الـ phenylpropanoid (Hayat *et al*., 2007). يساهم في نمو وتطور النباتات، إضافة إلى دوره المهم في العديد من العمليات الفيزيولوجية، وفي حماية النباتات من العديد من الإجهادات الحيوية واللاحيوية (Hayat *et al*., 2010). حسن الرش بالسالسيليك نمو صنفي البطاطا Cardinaland و Desiree تحت ظروف الملوحة في البيت البلاستيكي. وأكدت هذه الدراسة أن التراكيز المخففة والمتوسطة (0.25, 0.125) من SA قد تكون أفضل في تحمل النبات لإجهاد الملوحة من التراكيز الأعلى (Sajid and Aftab, 2012).

وقد بين (Obaid *et al*., 2014) في دراسة أجريت لمعرفة تأثير ملوحة مياه الري ومغنطتها والرش بحمض السالسيليك والمستخلص العضوي Olica-x، أن هناك انخفاضاً معنوياً في الصفات الخضرية وكمية المحصول الكلي للخيار عند الري بمياه ذات درجة توصيل كهربائي 2.12 ds/m مقارنة بمياه الشاهد EC= 0.54 ds/m. كما بينت النتائج أن الرش ب SA (100 ppm) قد قلل من الأثر الضار لمياه الري المالحة من خلال تحسين الصفات الخضرية للنبات ورفع كمية المحصول وبشكل معنوي مقارنة مع بالرش بالماء المقطر.

يعد **السيلكون:** Si من أحد العناصر الأكثر وفرة في القشرة الأرضية والذي يتواجد بشكل رئيسي بحالة خاملة Inert واليسير منه بحالة ذائبة Soluble، وقد أدى النشاط الزراعي إلى إزالة كميات كبيرة لهذا العنصر من التربة (Savant *et al*., 1999). ويعتبر حالياً من أحد العوامل الهامة التي تساهم في زيادة تحمل النباتات للاجهادات الحيوية واللاحيوية (Ma, 2005) كونه ينظم معدل النتح وبالتالي من فقد الماء والمحتوى المائي للنباتات مما يزيد من تحملها للإجهاد المائي، كما يخفض من تدفق أيونات الصوديوم من محلول التربة إلى النباتات كذلك يرفع نسبة Na^+/K^+ داخل النبات وبالتالي يقلل من الجهد الأسموزي داخل الخلايا مما يزيد من تحمل النباتات للإجهاد الملحي.

وقد لوحظ للسيلكون تأثير إيجابي في نبات الرز (Yeo *et al*., 1999) والقمح (Ahmed *et al*., 1992)، والشعير (Liang *et al*., 2003) ضمن ظروف الملوحة، ويمكن أن يعزى هذا التأثير إلى خفض معدل النتح وانخفاض تركيز الصوديوم وزيادة نشاط أنزيم Superoxide dismutase في الأوراق.

كما بين (Abbas *et al*., 2018) في دراسة أجريت بهدف تحسين تحمل الملوحة لصنفين من البندورة عن طريق الرش بعنصر السيلكون على صورة سيلكات البوتاسيوم K_2SiO_3 (Si 38%)، وقد شملت الدراسة 40 معاملة هي أربعة تراكيز لملوحة ماء الري (2.5, 5, 7.5, 10) ds/m وصنفان هجينان من البندورة وخمسة تراكيز من السيلكون

(0, 50, 100, 150, 200) مغ/ل، حيث وجد أن مستويات الري (7.5 و10 ds/m) قد أدت إلى انخفاض معنوي في كل من مؤشرات المحصول، أما المعاملة الخارجية بالسيلكون فقد أدت إلى زيادة معنوية في جميع مؤشرات المحصول. وبين (Shahid *et al*., 2015) أن التطبيق الخارجي للسيلكون (150 مغ/ل) مع مستخلاصات phytoextracts كان له تأثير عالي في تخفيف الأثر الضار للملوحة على نباتات البازلاء (حيث احتوى محلول الري على NaCl, 6) 8ds/m)

أهمية البحث وأهدافه:

تتعرض النباتات أثناء نموها للكثير من الاجهادات البيئية خاصة الجفاف والملوحة، خاصة في المناطق الجافة ونصف الجافة من العالم، حيث وصلت نسبة الأراضي المتملحة إلى 19.5% من مجمل الأراضي الزراعية المروية و2.1% من الأراضي الجافة (FAO, 2005). تخفض الملوحة نمو النبات وتؤثر في الصفات الفيزيولوجية والمورفولوجية وبالتالي الانتاج، لذلك بدأ العلماء منذ وقت طويل بالبحث عن طرق يمكن فيها تخفيف شدة التأثير الضار للملوحة وذلك باستخدام مركبات عديدة مثل منظمات النمو كحمض الساليسيليك والسيكوسيل أو بعض العناصر المعدنية مثل السيليكون.

وبما أن نسبة كبيرة من الأراضي في سورية قد أصبحت متملحة بسبب سوء استخدام الأسمدة أو غير ذلك، لذلك هدف البحث لدراسة تأثير المعاملة بمركبات السيليكات وحمض السالساليسيليك والسيكوسيل للحد من تاثير الملوحة الضار ورفع كفاءة النبات في تحمل الملوحة وتجاوز التأثير الضار لها وإعطاء إنتاج أفضل في مثل هذه الظروف.

طرائق البحث ومواده:

1- المادة النباتية ومكان تنفيذ البحث:

استخدم في الدراسة هجين الخيار (البرنس) وهو هجين حقلي يزرع ضمن البيوت المحمية نظراً للثمار المرغوبة تسويقياً ونكهته الجيدة، وهو من الهجن المبكرة الملائمة للزراعة في الموسم الطويل ضمن البيوت المحمية، ويتميز بتحمله للإصابة بمرض البياض الدقيقي والزغبي وللإصابة بفيروسات CMV، ومقاوم لفيروساتZYMV, YMV، وتتشكل الثمار بكرياً دون تلقيح، وهي ملساء مع تضليع خفيف جداً، متوسطة الطول (حوالي 16سم)، وذات لون أخضر لامع. نفذ البحث في محطة بحوث الهنادي التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية في عروة ربيعية لعام 2019-2020. وتميزت التربة بأنها تربة رملية لومية ضعيفة الملوحة ذات محتوى متوسط من المادة العضوية، فقيرة بالفوسفور والبوتاسيوم متوسطة المحتوى من الأزوت المعدني، عالية المحتوى من المغنزيوم المتاح.

جدول (1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الزراعة

التحليل الميكانيكي			PH	EC ميليموس/سم^3	المادة العضوية%	PPM جزء بالمليون				
رمل	سلت	طين				الأزوت المعدني	الفوسفور المتاح	البوتاسيوم المتاح	الكالسيوم المتاح	المغنيزيوم المتاح
79	5	16	7.75	0.21	2.93	7	5	44	1720	348

2- المواد المستخدمة:

- السيلكون على شكل سيليكات الصوديوم (100 ppm- 200 ppm) كعنصر Si نقي.
- حمض السالسليك (25 ppm- 50 ppm).
- السيكوسيل تجاري المنشأ (400 ppm-600ppm).

3- الزراعة:

تم إنتاج الشتول في محطة بحوث الهنادي، حيث زرعت البذور في صواني فلينية تحوي 120 فتحة وبحجم $67.4cm^3$ لكل فتحة، واستخدمت مادة التورب كوسط لإنبات البذور وذلك في 5/2/2019، ثم نقلت بعد ذلك إلى البيت البلاستيكي حيث زرعت في أكياس بتاريخ 7/3/2019 بعد تعبئة الأكياس البلاستيكية بالتربة المعدة للزراعة للزراعة (8 كغ/الكيس) وإضافة الأسمدة المعدنية والعضوية لكل 1م^3 من التربة كما يلي:

نترات أمونيوم 33% (1 -0.8كغ) (2.4غ/نبات)، سوبر فوسفات 46%(1.5 -1كغ) (2.71غ/نبات)، سلفات البوتاسيوم 50%(0.8 -0.5كغ) (2.71غ/نبات)، والعناصر الصغرى: حمض البوريك (2غ/م^3)، شلات النحاس (2غ/م^3)، كبريتات الزنك(1غ/م^3)، كبريتات المنغنيز (1غ/م^3)، حمض المولبيدن (1غ/م^3)، حسب التوصيات المستخدمة لنبات الخيار.

كما تم تعديل الـ pH إلى (6.8 -6.4 حتى 7) وتم ذلك عن طريق إضافة مادة عضوية للتربة التي تساهم في تحرير أحماض عضوية تساهم في خفض PH التربة، وتم إجراء ترقيع وتسميد إضافي وتقليم النباتات وتربيتها وتطبيق برنامج المكافحة الوقائي للوقاية من الأمراض والحشرات.

تمَ تقليم النباتات وتربيتها بإزالة النموات الجانبية ماعدا الأوراق المتشكلة على الساق الرئيسية للنباتات المزروعة حتى ارتفاع 50سم من سطح التربة، تقلم إلى ثمرة وورقة واحدة الفروع الجانبية المتشكلة في آباط (4-5) أوراق التالية (100سم) وتزال الثمار المتشكلة على الساق الرئيسية في هذه المنطقة، ثم تقلم الفروع إلى ثمرتين وورقتين من ارتفاع 100 إلى 170سم، وبعدها تقلم الفروع إلى (3-4) ثمار حتى تصل لارتفاع 2م، كما تم قص القمة النامية للساق الرئيسية على ارتفاع 2م بعد الورقة (3 أو 4) وترك ثلاثة فروع تتوجه نحو الأسفل وقطعت القمة النامية لها عندما وصل طول الفرع 50سم وحتى ارتفاع 1م من سطح التربة مع إزالة الفروع من الدرجة الثانية المتشكلة عليها.

4- المعاملات:

شمل البحث المعاملات التالية:

C: شاهد مروي بالماء العذب.

S : شاهد مروي بالماء المالح EC= 6 ds/m.

SA25: نباتات معاملة بحمض SA بتركيز 25 ppm.

SA50: نباتات معاملة بحمض SA بتركيز 50 ppm.

C400: نباتات معاملة بالـ CCC بتركيز 400 ppm.

C600: نباتات معاملة بالـ CCC بتركيز 600 ppm.

Si100: نباتات معاملة بالـ Si بتركيز 100 ppm.

Si200: نباتات معاملة بالـ Si بتركيز 200 ppm.

S+ SA25: محلول مالح (EC=6 ds/m) + حمض SA بتركيز 25 ppm.

S+ SA50: محلول مالح (EC=6 ds/m) + حمض SA بتركيز 50 ppm.

S +C400: محلول مالح (EC=6 ds/m) + CCC بتركيز 400 ppm.

S +C600: محلول مالح (EC=6 ds/m) + CCC بتركيز 600 ppm.

S+ Si100: محلول مالح (EC=6 ds/m) +Si بتركيز 100 ppm.

S+ Si200: محلول مالح (EC=6 ds/m) + Si بتركيز 200 ppm.

تمت المعاملة بعد 15 يوم من نقل الشتول وزراعتها في الأكياس البلاستيكية حيث نقلت الشتول إلى الأكياس البلاستيكية بعد ظهور الورقة الحقيقية الثانية، وتم رشها بالسيكوسيل والساليسيليك والسيلكون بالتراكيز المحددة وفق كل معاملة على المجموع الخضري، وبواقع ثلاث رشات وبفاصل 15 يوم بين كل رشة وأخرى. حيث بدأت الرشة الأولى بعد زراعتها في الأكياس البلاستيكية بـ 15 يوم (ظهور الورقة الحقيقية الرابعة).

تم ري النباتات بماء البحر ناقليته الكهربائية 40 ds/m، ومدد حتى الوصول إلى الناقلية المطلوبة حيث تم ري النباتات جميعها بتركيز واحد من الملوحة: ماء ري ناقليته الكهربائية 6 ds/m. وأضيف المحلول الملحي تدريجياً على أربع دفعات لتجنب الصدمة الأسموزية، كما تم قياس EC لمحلول التربة بعد الزراعة دورياً، وعند تجاوزها الـ EC المحددة لكل معاملة تم ريها مرة واحدة بالماء العادي لإعادتها إلى EC المطلوبة.

5- تصميم التجربة والتحليل الاحصائي:

اعتمد التصميم العشوائي الكامل حيث شملت التجربة على 14 معاملة، في كل معاملة عشرة نباتات وكل معاملة مكررة ثلاث مرات، حيث بلغ العدد الكلي للنباتات 420 نبات. وتم تحليل النتائج إحصائياً باستخدام برنامج التحليل الإحصائيGenstat-12. وحساب أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 5% بالمقارنة بين المتوسطات.

6- القراءات:

تم أخذ القراءات التالية:

1- طول الساق الرئيسية للنبات (سم) بواسطة متر القياس بعد 56 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية.

2- قطر الساق (سم) بعد 56 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية بواسطة أداة قياس الأقطار الداخلية والخارجية المسماة بياكوليس.

3- عدد الأوراق / نبات بعد 56 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية.

4- مساحة المسطح الورقي (سم^2 / نبات) بعد 56 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية وفقاً للمعادلة:

$$S= N. H. L. cf$$

حيث: S: مساحة المسطح الورقي للنبات الواحد (سم^2).

N: عدد أوراق النبات.

H: متوسط طول الورقة (سم).

L: متوسط عرض الورقة (سم).

cf: معامل التصحيح ويعادل 0.786 للخيار (Sakalova, 1979).

5- دليل المسطح الورقي: جرى حساب دليل المسطح الورقي للنبات بعد 56 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية حسب طريقة (Beadle, 1989) من العلاقة التالية:

دليل المسطح الورقي= مساحة المسطح الورقي للنبات (سم^2)/ المساحة الغذائية للنبات(سم2).

D= 10000/U (الكثافة الزراعية نبات/م^2)

$U= r^2\pi$ (المساحة الغذائية للنبات الواحد سم^2)، r هو نصف قطر الكيس المستخدم للزراعة باعتبار فتحة الكيس دائرة، $U= 3.14*(15)^2= 1962.5\ cm^2$، وبالتالي تبلغ الكثافة الزراعية 5 نبات/ م^2.

6- الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ/ نبات) (المجموع الخضري لنبات واحد مختار عشوائياً من كل وحدة تجريبية بعد 114 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية.

7- الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ/ نبات): جُففت العينات التي قيس وزنها الرطب هوائياً في الظل لمدة 90 يوماً ثم أخذ الوزن الجاف.

8- طول السلامية على الساق الرئيسية للنبات (سم) المحسوب بحاصل قسمة طول الساق الرئيسية للنبات على عدد سلاميات الساق الرئيسية بعد 114 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية.

9- عدد الفروع الجانبية على الساق الرئيسية بعد 114 يوماً من الزراعة في الأكياس البلاستيكية.

النتائج والمناقشة:

1- تأثير المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في طول السلاميات و ارتفاع نباتات الخيار:

أظهرت نتائج دراسة متوسط طول السلامية في الساق الرئيسية بعد 114 يوماً من الزراعة تفوق معاملة الرش بالسيلكون (100, 200) Si (4.71, 4.73 سم) معنوياً على الشاهد وجميع المعاملات الأخرى المروية بالماء العادي (4.51 سم) تليها معاملة الرش بحمض السالسيليك (25, 50) SA (4.6, 4.58 سم)، بينما أعطت معاملة الرش بالسيكوسيل (400, 600) C (3.59, 3.62 سم) أقصر طول للسلامية، جدول (2).

كما أظهرت النتائج أن الرش بـ(Si ، CCC، SA) في ظروف الري بالماء المالح قد زاد من قدرة النباتات على تحمل الملوحة، حيث تفوقت معاملة الرش بالسيلكون S+Si200 (4.27 سم) معنوياً على الشاهد المروي بالماء المالح (3.05 سم) وجميع المعاملات الأخرى المروية بالماء المالح وكانت قريبة من الطول الطبيعي للسلامية (الشاهد).

جدول (2) متوسط طول السلامية وارتفاع النبات وقطر الساق وعدد الأوراق نتيجة المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في ظروف ملوحة ماء الري.

المعاملة	متوسط طول السلامية سم	متوسط ارتفاع النبات سم	متوسط قطر الساق سم	متوسط عدد الأوراق ورقة/نبات
C	4.51c	67.56e	0.48efg	15.25c
SA25	4.6b	71.41c	0.52cde	16.71b
SA50	4.58b	71.29d	0.51cde	16.68b
C400	3.62g	47.67i	0.57ab	9.34f
C600	3.95g	47.3j	0.53bcd	9.30f
Si100	4.71a	81.44b	0.55abc	19.20a
Si200	4.73a	81.55a	0.59a	19.22a
S	3.05i	46.25m	0.42h	8.27h
SA25+S	3.91f	63.71h	0.45fgh	14.35e
SA50+S	3.89f	63.65h	0.44gh	14.31e
C400+S	3.33h	45.91k	0.5de	8.63g
C600+S	3.32h	46.35l	0.49def	8.60g
Si100+S	4.2e	66.44g	0.55abc	14.91d
Si200+S	4.27e	66.69f	0.57ab	14.95d
$LSD_{5\%}$	0.024	0.042	0.025	0.043

اختلاف الحرف الصغير بين المتوسطات عمودياً يعني وجود فروق معنوية عند المستوى المدروس 5%. تعزى الزيادة في طول السلامية عند الرش بالسيلكون نظراً لدوره في زيادة فعالية المجموع الجذري والتقليل من سرعة النتح فضلاً عن زيادة فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة إضافة إلى دوره في زيادة الهرمونات النباتية المشجعة للنمو وزيادة كفاءة النبات لامتصاص العناصر الضرورية للنمو (Jing.,*et al*. 2002). وتتوافق هذه النتائج مع نتائج كل من (Abbas *et al*., 2018) و (Obaid *et al*., 2014) و (Parmar *et al*.,2016).

2. تأثير المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في متوسط ارتفاع النبات:

ينعكس عادة طول السلاميات على ارتفاع النبات، لأنه كلما زاد طول السلامية زاد ارتفاع النبات. لذلك، فقد أظهرت النتائج (جدول 2) أن الرش بالـ (Si، SA) قد حسن من نمو النبات بشكل واضح بالنسبة للنباتات المروية بماء عادي، حيث تفوقت معاملة الرش بالسيلكون Si200 (81.55 سم) معنوياً مقارنة بالشاهد C (67.56 سم) وجميع المعاملات الأخرى، كما لوحظ تفوق معاملة الرش بحمض السالسيليك SA25 (71.41سم) معنوياً على الشاهد، بينما أدى االرش بالسيكوسيل إلى انخفاض ارتفاع النبات مقارنة مع الشاهد.

في ظروف الري بالماء المالح، أظهرت النتائج تأثير الملوحة في خفض ارتفاع النبات، حيث أن الإجهاد الملحي يخفض كتلة النبات، والمحتوى المائي النسبي للأوراق (Avestan *et al*., 2019)، كما تخفض الملوحة الوزن الطازج للنبات وعدد الأوراق، وتركيز البوتاسيوم في المجموع الهوائي للنبات، وكذلك تخفض تركيز الكلوروفيل في الأوراق (Elwan and El-Shatoury, 2014)، وكل ذلك يؤدي إلى انخفاض النمو.

تبين النتائج أيضاً، أن الرش بالـ(SA، CCC، Si) قد زاد من قدرة النباتات على تحمل الملوحة، حيث أعطى الرش بالسيلكون Si200 (66.69 سم) أعلى ارتفاع للنبات مقارنة مع الشاهد المروي بالماء المالح S (46.25 سم) يليه الرش بحمض السالسيليك SA (25,50) (63.71 ,63.65 سم) على التوالي، وهي مقاربة لارتفاع الشاهد المروي بالماء العادي (67.56 سم).

إن زيادة ارتفاع النبات نتيجة المعاملة بالـ SA يمكن أن يعود إلى دوره في زيادة الأوكسينات والسيتوكينينات مما ينشط الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا (Shakirova *et al*., 2003). كما يمكن أن يعزى إلى دوره المعاكس لتأثير حمض الأبسيسيك والأيتلين اللذان يؤديان إلى تثبيط نمو النبات، ولدوره في زيادة نمو المجموع الجذري وزيادة امتصاص الماء والعناصر الغذائية لاسيما في ظروف الإجهاد الملحي وبالتالي زيادة ارتفاع النبات (Hayat and Ahmad, 2007).

يمكن أن يعزى تأثير السيكوسيل إلى أنه يساعد في زيادة فعالية التمثيل الضوئي في ظروف الملوحة، لكنه يؤخر استطالة الساق وذلك من خلال تثبيطه انقسام الخلايا واستطالتها، كما يعطل مسار تصنيع الجبرلين الذي ينشط استطالة الخلايا وبالنتيجة استطالة السلاميات مما ينعكس على ارتفاع النبات (Parmar *et al*., 2016.). أما الزيادة في طول النبات عند الرش بالسيلكون، فيمكن أن تعزى إلى أن المعاملة بالسيليكون تؤدي إلى زيادة عدد الأوبار الماصة في الجذور كما هو الحال عند نبات *Rosa hybrida* مما يؤدي إلى زيادة امتصاص الماء، كما يحمي النبات من الاضطراب الأسموزي، ويمنع امتصاص أيونات الـ Na^+ (Soundararajan *et al*., 2018).

3- تأثير المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في متوسط قطر الساق:

أظهرت النتائج تفوق معاملة الرش بالسيلكون Si200 (0.59 سم) معنوياً على الشاهد المروي بالماء العادي (0.48سم) وجميع المعاملات الأخرى ما عدا C400 (0.57 سم)، جدول (2).

أما في ظروف الري بالماء المالح، فقد لوحظ انخفاض قطر الساق في الشاهد S غير المعامل، وذلك لكون الملوحة تسبب تسمم الخلايا بالـ Na^+ وكذلك عدم التوازن الأيوني وانخفاض الجهد المائي مما يثبط نمو النبات (Miura and Tada, 2014). توضح النتائج أيضاً، أن الرش بهذه المركبات قد زاد من قطر الساق مقارنة بالشاهد S، حيث تفوقت معاملات الـCCC والـSi معنوياً على الشاهد S و معاملات حمض الساليسيليك SA.

كما تفوقت المعاملة بالسيليكون في ظروف الملوحة على الشاهد المروي بالماء العادي C، وقاربت المعاملة بالسيكوسيل معاملة الشاهد C بدون فروق معنوية.

ويمكن أن يعزى التأثير الإيجابي للسيلكون نظراً لدوره في خفض معدل النتح وانخفاض تركيز الصوديوم وزيادة نشاط أنزيم Superoxide dismutase في الأوراق، مما يخفض الأذى التأكسدي الذي تسببه الملوحة، كما أنه يمكن أن يعزى إلى دور السيلكون المتراكم في جدران الخلايا والذي يتشابك مع السيللوز والبكتين وبالتالي تعزيز ميكانيكية الأنسجة (Xiaopeng *et al*., 2005) وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (He *et al*., 2013, 2015) من أن السيلكون موجود كعنصر أساسي في جدران الخلايا حيث تجعلها أكثر صلابة.

وقد لوحظت ترسبات السيليكون في جدر خلايا بشرة نباتات الفريز، وترتبط هذه الترسبات مع الحد من فقد الماء من البشرة وكذلك الحد من النتح (Naranjo *et al*., 2013)، مما يساعد على حفظ ماء النبات وتحسين نموه. وقد ذكر (Soleimannejad *et al*., 2019)، أن السيليكون يزيد من معدل تصنيع اللجنين والسيللوز في الخلايا مما يمكن أن يسهل طرح الـ Na^+ وإبعادها عن الخلايا.

4- تأثير المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في متوسط عدد الأوراق:

يشير الجدول (2) أن الرش بالـ(SA و Si) قد زاد من عدد الأوراق بشكل واضح بالنسبة للنباتات المروية بالماء العادي، حيث تفوقت معاملة الرش بالسيلكون Si (100, 200) (19.20 و19.22) معنوياً على الشاهد (15.52 ورقة / نبات)، وجميع المعاملات الأخرى، تليها معاملة الرش بحمض السالسيليك SA (25, 50) (16.68, 16.71 ورقة/ نبات) على التوالي، في حين خفضت معاملة الرش بالسيكوسيل عدد الأوراق مقارنة بالشاهد C، ويعود ذلك إلى دوره المثبط للنمو (Scarisbrik *et al*., 1982).

كذلك، عند الري بالماء المالح، فقد أدت المعاملة بالـ (SA، CCC ، Si) إلى زيادة قدرة النباتات على تحمل الملوحة، حيث أعطى الرش بالسيلكون Si (100, 200) أكبر عدد من الأوراق (14.95, 14.91 ورقة / نبات) مقارنة مع الشاهد S (8.27 ورقة / نبات)، يليه الرش بحمض السالسيليك SA (25,50) (14.35 و14.31 ورقة / نبات) ثم الرش بالسيكوسيل (400,600) (8.63 و8.60 ورقة/نبات) على التوالي، وقد تفوقت جميعها على الشاهد S.

يمكن أن يفسر التأثير الإيجابي للرش بالسيليكون إلى أنه يحسن مستوى الماء في النباتات المعرضة لإجهاد الملوحة، ويزيد فعالية التمثيل الضوئي (Torabi *et al*., 2015).

كما يمكن أن يعود تحسين النمو إلى عامل تمديد الملح ضمن النبات وبالنتيجة تخفيف التأثير السام للملح (Romero-Aranda *et al*., 2006). وقدا وجد أيضاً أن المعاملة بالسيليكون في نباتات القمح قد خفض امتصاص الـ Na^+ في النبات، كذلك، ينظم السيليكون امتصاص العناصر الصغرى في ظروف الإجهاد الملحي، وهذه العناصر ضرورية لنمو النبات (Ibrahim *et al*., 2016)، مما يفسر زيادة عدد الأوراق.

كما يمكن أن تعزى الزيادة في عدد الأوراق عند الرش بالسيلكون نظراً إلى دوره في زيادة فعالية المجموع الجذري والتقليل من سرعة النتح فضلاً عن زيادة فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة إضافة إلى دوره في زيادة الهرمونات النباتية المشجعة للنمو (Zhu and Gong, 2014).

يمكن أن تعزى زيادة عد الأوراق نتيجة المعاملة بالـSA إلى أنه يزيد من كمية النتروجين في الأوراق في ظروف الملوحة مما يزيد من نشاط أنزيم Ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase الذي يلعب دوراً رئيساً في تثبيت CO_2 في عملية التمثيل الضوئي (Arfan *et al*., 2007)، كما أن تنشيط الـ SA للتمثيل الضوئي يفترض أن CO_2 يستخدم بكفاءة أعلى ضمن هذه الظروف (Khan *et al*., 2010).

كما يمكن للـSA أن يغير اصطفائية امتصاص الـ Na^+ والـ K^+ ويخفض من نسبة Na^+/K^+ مما يساعد في تخفيض أذى الأغشية الخلوية (Khan *et al*., 2014)، ومن المعروف أن زيادة محتوى النبات من البوتاسيوم يحسن النمو.

أما بالنسبة للسيكوسيل، فقد وجد أنه يخفض أيضاً نسبة Na^+/K^+، ويزيد من تراكم الـ K^+ في النباتات المعاملة به (Sharifi and Khalilzadeh, 2018)، مما يحسن نمو النبات وينعكس على عدد الأوراق.

وتتفق هذه النتائج مع (Parmar et al., 2016)، حيث وجد أن معاملة نباتات البندورة بالسيكوسيل عن طريق الجذور سجلت أعلى عدد للفروع في ظروف الملوحة، مما ينعكس على عدد الأوراق في النبات.

5- تأثير المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في مساحة ودليل المسطح الورقي:

أظهرت النتائج تفوق معاملة الرش بالسيلكون Si200 معنوياً على جميع المعاملات من حيث مساحة ودليل المسطح الورقي إذ بلغت المساحة (4221 سم^2/نبات) و(2.15) دليل المسطح الورقي، تليها معاملتي الرش بالسيلكون Si100 والرش بحمض السالسيليك SA25 و SA50 حيث بلغت المساحة (4212, 3120, 3115/ سم^2/ نبات) على التوالي، وبلغ دليل المسطح الورقي (1.58, 1.6,2.15) على التوالي، مقارنة بالشاهد (2578 سم^2/نبات) والدليل (1.31) وذلك عند ري النباتات بالماء العادي، أما معاملة الرش بالسيكوسيل (ppm400, 600) فقد خفضت مساحة المسطح الورقي (2090, 2220 سم^2/نبات) على التوالي وبلغ الدليل (1.07, 1.13) على التوالي مقارنة بالشاهد وجميع المعاملات الأخرى، جدول (3).

جدول (3) متوسط مساحة المسطح الورقي ودليله ومتوسط الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري (غ/ نبات) نتيجة المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في ظروف ملوحة ماء الري.

المعاملة	مساحة المسطح الورقي سم^2/نبات	دليل المسطح الورقي	الوزن الطازج للمجموع الخضري غ/ نبات	الوزن الجاف للمجموع الخضري غ/ نبات الوزن
C	2578e	1.314c	342.1 cd	31.25 d
SA25	3120c	1.59b	402.1 b	33.76 c
SA50	3115d	1.587b	397 b	33.01 c
C400	2220h	1.131	375 bc	32.79 c
C600	2090k	1.065e	369.5 bc	31.58 d
Si100	4212b	2.146a	568.7 a	50.17 b
Si200	4221a	2.146a	580.7 a	53.28 a
S	935 n	0.476g	54.7 i	5.8 i
SA25+S	2120 j	1.08e	259.8 ef	23.82 f
SA50+S	2115 j	1.077e	241.6 fg	22.67 g

21.68 g	182.5 h	0.933ef	1950 l	C400+S
20.57 h	209 gh	0.964f	1893 m	C600+S
28.91 e	305.4 d	1.233cd	2420 g	Si100+S
29.44 e	312.1 d	1.26cd	2471 f	Si200+S
0.521	23.588	0.051	0.474	$LSD_{5\%}$

اختلاف الحرف الصغير بين المتوسطات عمودياً يعني وجود فروق معنوية عند المستوى المدروس 5% عند الري بالماء المالح، أظهرت النتائج انخفاض مساحة المسطح الورقي (935 سم^2) في النباتات غير المعاملة (S)، وذلك بسبب الأذى الذي تسببه الملوحة، والذي يؤدي إلى انخفاض نمو النبات. وقد أدت معاملة الرش بالـ (SA ،CCC، Si) إلى زيادة قدرة النباتات على تحمل الملوحة، حيث أعطى الرش بالسيلكون Si200 مساحة مسطح ورقي (2471 سم^2/ نبات) ودليله (1.26) وهي قريبة من مساحة المسطح الورقي للشاهد المروي بالماء العادي (2578 سم^2/نبات)، وقد تفوقت معنوياً على جميع المعاملات الأخرى بما في ذلك الشاهد (S) (935 سم^2/نبات) ودليل (0.48). كما أعطى الرش بالـ (SA 25, 50) مساحة مسطح ورقي 2120 و 2115 سم^2/ نبات ودليل 1.08 و1.77 على التوالي، في حين أعطت المعاملة بالـ CCC 400, 600 مساحة مسطح ورقي أقل مفارنة بالـ SA والـ Si ومع ذلك، فقد تفوقت على الشاهد S (935 سم^2/ نبات) ودليل (0.476).

ويمكن أن تعزى الزيادة في مساحة المسطح الورقي ودليله عند الرش بالسيلكون إلى دوره المؤثر في عملية البناء الضوئي، من خلال زيادة نسبة الكلوروفيل (a, b) ومعدل التمثيل الضوئي وسلوك الثغور وتخفيض قيم معدل النتح وبالتالي زيادة كفاءة التمثيل الضوئي. بالإضافة لذلك وجد أن السيلكون المتراكم في خلايا البشرة يؤثر على زاوية الورقة بشكل يجعلها قائمة ويزيد من اعتراضها للضوء وبالتالي تأثير إيجابي على المساحة الورقية (Zhu and Gong, 2014).

كما يمكن للسليكون أن يتوسط في موضوع عدم التوازن الأيوني الذي تسببه الملوحة، حيث ينظم امتصاص الـ Na^+ ونقله وتوزعه في النبات، كما يمكنه تنظيم مستويات البولي أمينات في النبات، كما أن المعاملة به تخفف الإجهاد التأكسدي عن طريق تنظيم منظومة دفاع مضادات الأكسدة واستقلاب البولي أمينات (Yong-Xing Zhu *et al.*, 2019).

كذلك، يمكن أن يعزى تأثير الـSA إلى خفض محتوى الـNa^+, Cl^-, H_2O_2 في الأنسجة مما يقلل تأذيها من سمية هذه العناصر، كما يخفض تسرب الإلكتروليتات من خلال الغشاء الخلوي في ظروف الملوحة مقارنة بالشاهد مما يحفظ المواد الغذائية ضمن الخلايا. كذلك، تزيد المعاملة بالـ SA محتوى الخلايا من الـ N, P, K, Ca في ظروف الملوحة، كما ينشط فعالية الأنزيمات مضادة الأكسدة، وفعالية التمثيل الضوئي في ظروف الملوحة (Khan *et al.*, 2010).

من المعروف عن السيكوسيل أنه منظم نمو يخفض تركيز الجبرلين في النبات، كما أنه يؤثر في تراكيز كل من السيتوكينين والإيتلين وحمض الأبسيسيك، وهي بدورها تؤثر في التطورات الفيزيولوجية (khalilzadeh *et al*.,2017)، ومن المعروف عن الجبرلين أنه ينشط الفعاليات الفيزيولوجية في النبات مثل التمثيل الضوئي ومحتوى النبات من الكلوروفيل وزيادة استطالة الساق وعدد الأوراق (Edrisi and Merzaei, 2017).

لذلك، فإن الـ CCC بتثبيطه لتصنيع الجبرلين قد خفض مساحة المسطح الورقي ودليله، ومع ذلك فقد تفوقت المعاملة به على الشاهد المروي بالماء المالح.

6- تأثير المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري:

أظهرت نتائج دراسة الوزن الرطب للمجموع الخضري بعد 56 يوماً من الزراعة، جدول (3)، تفوق معاملة الرش بالسيلكون Si(100, 200) (568.7, 580.7 غ/ نبات) معنوياً على الشاهد (342.1 غ/نبات)، وجميع المعاملات الأخرى عند الري بالماء العادي، تلتها معاملة الرش بحمض السالسيليك SA (25, 50) (397, 402.1غ/ نبات). في حين كانت الزيادة في الوزن الرطب غير معنوية نتيجة المعاملة بالـ CCC.

عند الري بالماء المالح، أظهرت النتائج انخفاض الوزن الرطب للنبات (54.7 غ/ نبات)، للشاهد المالح بدون أي معاملة (S)، وذلك لأنه في ظروف الملوحة، يزداد تركيز الـ Na^+ والـ Cl^- مما يمنع امتصاص العناصر الضرورية مثل (N, P, K, and Ca)، (Safdar *et al*., 2019)، كما يعوق التوازن الأسموزي مما ينتج الجفاف الفيزيولوجي وخفض امتصاص الماء (Riaz *et al*., 2019)، كل ذلك يخفض عملية التمثيل الضوئي ويخفض كتلة النبات.

يشير الجدول (3)، أن الرش بالـ (SA، CCC ، Si) قد حسن نمو النباتات في ظروف الملوحة، حيث تفوقت معاملة الرش بالسيلكون Si (100, 200) (305.4, 312.1 غ/نبات) معنوياً على الشاهد S (54.7 غ/ نبات)، والمعاملات الأخرى، تلتها المعاملة بالـ SA 25,50 (241.6- 259.8غ/ نبات، وكذلك المعاملة بالـ CCC400, 600 (182.5- 209 غ/ نبات).

بالنسبة للوزن الجاف للمجموع الخضري عند الري بالماء العذب، بينت نتائج الدراسة تفوق معاملة الرش بالسيلكون Si200-100 (53.28 و50.17 غ/ نبات) معنوياً على الشاهد (31.25 غ/ نبات) وجميع المعاملات الأخرى، كما لوحظ أنه لم توجد فروق معنوية بين معاملات الرش بحمض السالسيليك SA (25,50) والرش بالسيكوسيل C400 (32.74, 33.01, 33.76 غ/نبات)، وكلها تفوقت على الشاهد.

في ظروف الملوحة، انخفض الوزن الجاف للنبات نتيجة انخفاض الوزن الرطب عند النبات الشاهد غير المعامل (S). أظهرت النتائج أن الرش بالـ (SA، C ، Si) قد حسن من الوزن الجاف للنباتات، حيث أعطت معاملتي الرش بالسيلكون S+Si(100, 200) نتائج قريبة من الشاهد المروي بالماء العادي، وتفوقتا معنوياً(28.91, 29.44 غ/ نبات) على الشاهد المالح (5.80 غ/ نبات)، والمعاملات الأخرى. يليها معاملة الرش بحمض السالسيليك S+SA25 (23.82غ/ نبات)، كما أنه لم توجد فروق معنوية بين S+SA50 و S+C400.

يمكن أن تعزى زيادة وزن المجموع الخضري عند المعاملة بالسيليكون في ظروف الملوحة إلى تخفيف تأثير الملوحة من خلال تخفيض محتوى الـ Na^+ في الأنسجة مما يخفض تأثيره السام، كذلك المحافظة على سلامة الأغشية الخلوية في خلايا الجذور، وذلك من خلال تخفيض أكسدة اللبيدات، وزيادة القدرة على التخلص من جذور الأوكسجين الحرة (Hashemi *et al*., 2010).

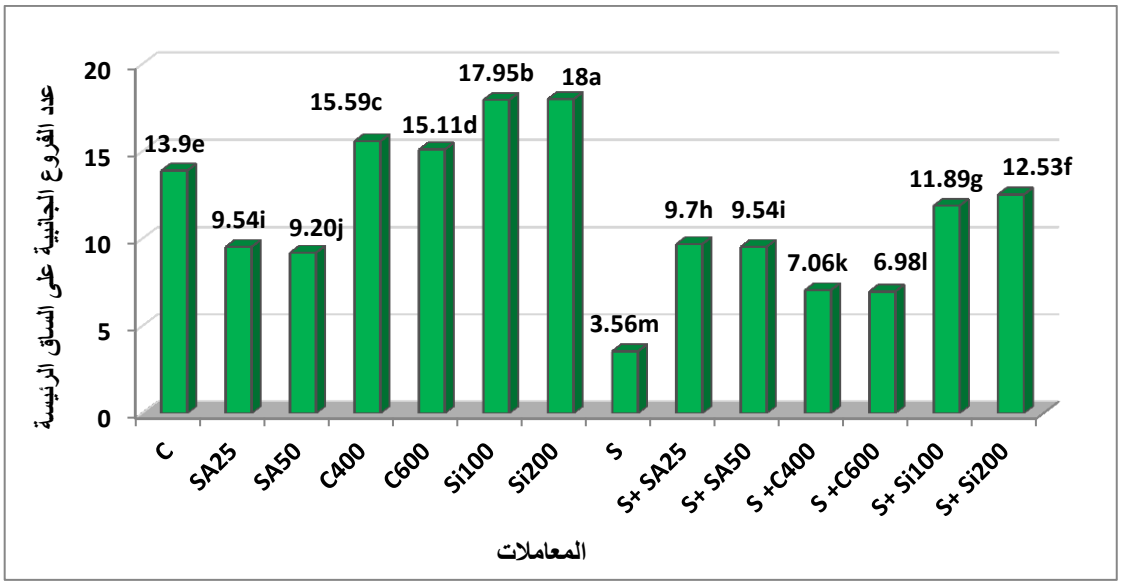
كما أن المعاملة بالسيليكون تزيد من مقاومة فقد الماء وتحسن المحتوى المائي في النبات في ظروف الملوحة مما يحسن نمو النبات (Gao *et al*., 2005, 2006)

بالنسبة لتأثير الـ SA، فقد وجد أن معاملة النباتات بالـ SA لها تأثير إيجابي في نمو النبات، حيث تزيد الوزن الرطب، ومحتوى الكلوروفيل، والذي يمكن أن يعزى إلى الامتصاص الإصطفائي للبوتاسيوم وتخفيض امتصاص الصوديوم (Elwan and El-Shatoury, 2014).

فيما يخص تأثير السيكوسيل في تحسين الوزن الرطب والجاف لنباتات الخيار في ظروف الملوحة، فقد وجد (Gabr *et al.*, 1977)، أن معاملة نباتات القمح بالسيكوسيل قد زاد من تراكم المادة الجافة في ظروف الملوحة في المجموع الهوائي للنبات. كما ذكر (Parmar *et al.*, 2016)، أن السيكوسيل يمكن أن يساعد في زيادة فعالية التمثيل الضوئي، مما يمكن أن ينتج زيادة في النمو وزيادة الوزن الرطب والجاف. وذكر أيضاً أن إضافة السيكوسيل 250 ppm إلى وسط الجذور قد زاد من ارتفاع النبات وعدد الأفرع / نبات، وكذلك الوزن الجاف للمجموع الهوائي في البندورة المتعرضة للإجهاد الملحي. بالإضافة إلى تخفيض امتصاص الـ Na^+، وزيادة امتصاص الـ K^+، مما يحسن النمو وبالتالي زيادة وزن النبات.

7- تأثير المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في عدد الفروع الجانبية على الساق الرئيسية:

يوضح الشكل (1) عدد الفروع الجانبية المتشكلة على الساق الرئيسية بعد 114 يوماً من الزراعة، تفوق معاملة الرش بالسيلكون Si200 (18 فرع)، معنوياً على الشاهد (13.9) وجميع المعاملات الأخرى عند الري بالماء العادي، تلتها معاملات الرش بـ (Si100, C400, C600) (17.95, 15.59, 15.11) على التوالي، في حين انخفض عدد الفروع نتيجة المعاملة بالـ (SA 25, 50) (9.54 و9.20 فرع) مقارنة بالشاهد والمعاملات الأخرى.



الشكل (1) متوسط عدد الفروع الجانبية نتيجة المعاملة بالـ SA والـ CCC والـ Si في ظروف ملوحة ماء الري.

أما عند الري بالماء المالح، فقد أظهرت النتائج انخفاض عدد الفروع الجانبية في النباتات المروية بالماء المالح بدون أي معاملة (3.56 فرع)، حيث أن الملوحة تسبب انخفاض كتلة النبات، ومحتوى الكلوروفيل، ومحتوى الماء النسبي، ومعدل التمثيل الضوئي والجفاف الفيزيولوجي وسمية الأيونات (Shahid *et al.*, 2018). في حين أن الرش بالـ(SA، CCC، Si) قد زاد من متوسط عدد الفروع على النبات مقارنة بالشاهد، حيث أعطت معاملة الرش بالـS+Si200 (12.53 فرع) نتائج قريبة من عدد الفروع الجانبية المتشكلة على الشاهد المروي بالماء العذب (13.9 فرع)، أي أن النباتات قد تخطت الأذى الذي تسببه الملوحة، وتفوقت معنوياً على الشاهد S (3.56) وعلى جميع المعاملات الأخرى المروية بالماء المالح.

تعزى الزيادة في نمو النبات من خلال تشكل الفروع الجانبية عند المعاملة بالسيليكون لكونه يخفض من فقد الماء في النبات وكذلك يزيد من محتوى الماء النسبي عند التعرض للإجهاد الملحي (Avestan *et al*., 2019). كما أن السيليكون يخفض امتصاص الـ Na^+ الذي يسبب الأذى للنبات، وقد ينتج هذا التأثير عن توضع السيليكون في جدار الخلايا والبشرة، مما يخفض امتصاص الـ Na^+ من خلال تخفيض نقله في الجدر الخلوية عبر الجذور إلى الفروع (Hashemi *et al*., 2010). وبالتالي يخفض التأثير السمي للصوديوم فينمو النبات وكأنه في ظروف غير مجهدة. كذلك يؤثر السيليكون بطرق مختلفة وذلك بتنشيط استجابات تأقلم متعددة مثل الفعالية مضادة الأكسدة، امتصاص العناصر المعدنية، معدل التمثيل الضوئي، تراكم الأملاح المناسبة لرفع الضغط الأسموزي، والمحافظة على الوضع المائي والتنظيم الهرموني (Ahmad *et al*., 2019).

لم تؤد المعاملة بالـ SA إلى زيادة عدد الفروع عند الري بالماء العادي، لكن في ظروف الملوحة، فقد زاد عدد الفروع معنوياً مقارنة بالشاهد S. إن تخفيف تأثير الملوحة نتيجة المعاملة بالـ SA يمكن أن يعود إلى زيادة المحتوى المائي في النبات وصبغات التمثيل الضوئي، ومساحة المسطح الورقي وكذلك كل جهاز التمثيل الضوئي (Yildirim *et al*., 2008)، والتي بدورها تزيد بشكل كبير تصنيع الأسموليتات في ظروف الملوحة. يمكن لهذه الأسموليتات أن تزيد الضغط الأسموزي للسيتوبلازم وتزيد تدفق الماء في مختلف أعضاء وأنسجة النبات، مما يدل على أن الـSA يخفف تأثير الملوحة.

زادت المعاملة بالـ CCC عدد الأفرع في ظروف الري بالماء العادي والمالح، وهذا ما يتوافق مع (Parmar *et al*., 2016)، حيث وجد أن المعاملة بالـCCC (ppm250) قد أدى إلى زيادة ارتفاع النبات وعدد الأفرع/ نبات، وربما يعود ذلك لتنشيطه عملية التمثيل الضوئي، التي بدورها تؤدي إلى تنشيط نمو النبات وزيادة عدد الأفرع فيه.

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال النتائج السابقة نستنتج ما يلي:

- أدى رش نبات الخيار بالـ Si والـ SA إلى تحسين نمو النبات من حيث طول السلامية وارتفاع النبات، قطر الساق، عدد الأوراق، مساحة المسطح الورقي ودليله، والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري، عند ري النباتات بالماء العادي والمالح.
- أدى رش النباتات بالـ CCC إلى انخفاض طول السلامية وارتفاع النبات، زيادة قطر الساق، زيادة الوزن الرطب والجاف وعدد الأفرع الجانبية على الساق الرئيسة عند الري بالماء العادي.
- أدى رش النباتات بالـ CCC إلى زيادة قطر الساق، زيادة عدد الأوراق، زيادة المسطح الورقي ودليله، زيادة الوزن الرطب والجاف وكذلك عدد الأفرع الجانبية على الساق عند ري النباتات بالماء المالح.
- تفوقت معاملة الرش بالسيلكون Si200 معنوياً في جميع مؤشرات النمو الخضري.
- أدى الرش بالسيلكون وحمض السالسيليك والسيكوسيل إلى تخفيف الأثر الضار للملوحة، ولعب السيلكون Si200 الدور الأكبر في زيادة تحمل نباتات الخيار للملوحة.

- لذا ينصح باستخدام السيلكون Si200 ppm في تخفيف الأثر الضار للملوحة كما أنه يحسن من نمو نبات الخيار في الظروف العادية.

References:

1- ABBAS. M, JERRY; A. N and Radhi. N. J. *Effect of spray Silicon on salinity tolerance of tow tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivars on improving Yield parameters*. Kufa Journal of Agricultural Sciences. 10(1), 2018, 52- 77.

2- AHMED, M.; Kamran, A.; Asif, M.; Qadeer, U.; Ahmed, Z.I.; Goyal, A. Silicon priming: A potential source to impart abiotic stress tolerance in wheat: A review.Aust. J. Crop Sci.2019, 7 14.

3- AHMED, R., S. H. Zaheer and S. Ismail. *Role of silicon in salt tolerance of wheat (Triticumaestivum L.). Plant Sci.* 85, 1992, 43-50.

4- ANNUAL AGRICULURAL STATISTICAL ABSTRACT, Syrian Arab Republic, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform- Directorate of planning and statistics- Department of statistics, 2016.

5- ARFAN M, ATHAR HR and Ashraf MC. *Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under sait stress*? Journal of plant physiology. 164, 2007. 685- 694.

6- ATHAR HR, Ashraf M. *Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress?* J Plant Physiol. 2007; 164:685-94.

7- AVESTAN, S., Ghasemnezhad,M., Esfahani,M., and Caitlin S. *Byrt. Application of Nano- silicon dioxide improves salt stress tolerance in strawberry plants*. Agronomy, 9(246), 2019. 1- 17.

8- BEADLE, L. C. *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. Pergamon Press, Oxford New York, Toronto, 1989, 125- 129.

9- CHO K, H. Toler, J. Lee, B. Owendey, J. C. Stutz, J. L. Moore, R. M. Auge. *Mycorrhizal sysmbiosis and response of sorghum plants to combined drought and salinity stresses*. J. Plant physiol., 163, 2006, pp. 517- 528.

10- ELWAN,M. W. M., EL- Shatoury, R. S.A. *Alleviation of nacl stress in summer squash 'Eskan Drani' by foliar application of salicylic acid.* Jornal of Horticultural Recearch. Vol 22 (2), 2014. 131- 137.

11- FAROOQ,M ;Wahid,A; Kobayashi,N; D. Fujita,D and BasraA.M.S. *Plant drought stress: effects, mechanisms and management*. Agronomy for Sustainable Development, Vol 29, Issue 1, 2009, pp185-212.

12- GABER, A. I., Sharaky, M. M., & El Ashkar, S. A. *The effect of different combinations of soil salinity and CCC on dry matter accumulation and yield of cotton plants*. Biologia Plan tarum, 19, 1977. 391- 393.

13- HASHEMI.A, Zadeh,A.B., and Sadeghipour.H.R. *Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, Brassica napus* L., plants. Soil Sience and plant Nutrition. 56, 2010. 244- 253.

14- HANKS,B.J.,and Rasmussen,V.P. *Prediciting crop production as related to plant water strees*.Science Direct,Vol.35, 1982, PP193-215.

15- HAYAT Q, Hayat S, Irfan M. Ahmad A. *Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review*. Environmental andExperimental Botany, 68, 2010, 14-25.

16- HAYAT S, Ali B,Ahmad A. *Salicylic Acid: Biosynthesis, Metabolism and Physiological Role in Plants.In: In: Hayat, S.,Ahmad, A. (Eds). Salicylic Acid. A Plant Hormone. Springer. Dordrecht. Netherlands. enzyme activity and reduce lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (Hordeum vulgareL.). J. Plant Physiol.* 160, 2007, 1157-1164.

17- HAYAT, S. and, A. Ahmad. *Salicylic acid; aplant hormone, springer (ed) dortrecht, the Netherlands. 9. Hegazi, A. M. and A. M. Elshriry. Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common bean*. Aust. J. Basic and Appl. Sci., 1(4): 2007. 834- 842.

18- HE CW, MA J, WANG LJ. *Ahemicellulose- bound from of silicon with potential to improve the mechanical properties and regeneration of the cell wall ofrice*. New Phyto 1.,206, (10): 2015. 51- 62.

19- IBRAHIM, M., Merwad, A., Elnaka, E., Burras, C., and Follett, L. *Application of silicon ameliorated salinity stress and improved wheat yield.* J soil sci. Environ. Manage. 7, 2016. 81.

20- JING, H. C., Sture, M.J., Hille, JU., *et al*. *Arabidopsis onset of leaf death mutants identify aregulatory pathway controlling leaf senescence*. Plant Journal 32, 2002. 51-63.

21- KALILZADAH R., Sharifi R. S., Jalilian J. *Study of the interaction of cycocel and bio- fertilizers on yield and some agro- physiological traits of wheat under salinity condition*. Journal of Environmental stresses in crop Sciences. Vol. 10, Issue 3, 2017, pp. 425- 443.

22- KHAN, N; Syeed, S; Masood, A; Nazar, R and Iqbal, N. *Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress*. International Journal of Plant Biology1(1), 2010.

23- LIANG Y., Chen Q., Liu Q., Zhang W and Ding R.: *Exogenous silicon (Si) increases antioxidant in roots of salt.stresed barley (Hordeum vulgare L.).* J. Plant Physiology, 160, 2003, 1157- 1164.

24- MA J. F. *Silicon requirement for rice. III Silicon in Agriculture Conference*. Uberlandia, Brazil 22-26 Oct., 2005, pp. 46-56.

25- MIURA K. and toda y. *Regulation of water, salinity, and cold stress responces by salicylic acid*. Front Plant sci., V. 5, 2014.

26- NARANJO, E.M.; Andrades-Moreno, L.; Davy, A.J. *Silicon alleviates deleterious effects of high salinity on the halophytic grass Spartina densiflora*. Plant Physiol. Biochem. 2013, 63, 115–121.

27- NAVALE, U.M; Aklade, S.A; Desai, J.R. and Nannavare, P.V. *Influence of Plant Growth Regulators on Growth, Flowering and Yield of Chrysanthemum (Dendrathema grandiflora Tzvelev) CV. 'IIHR-6'1*. International Journal of Pharma and Bio Sciences V1 (2). 2010, Navsari 396 -450.

28- OBAID. A. A, Hamad. H. S. and Mohammed. D. A. *Environment stress in Grouth and Yield of cucumis (Cucumis sativus L.) in Protected environment*. Diyala Journal of Agricultural Sciences. 6(1), 2014, 226- 238.

29- OOSTERHUIS, D.M, and Walker S. *Stomata resistance measurment as indicator of water deficit stress in wheat and soybeans.South Africa*. journal of plant and soil, 4(3), 1987, 113-126.

30- PARMAR, V. K, Patel, N. M, and Pated, V,K. *Effect of cycocel on growth and yield of Tomato under defferent salinity levels*. ISSN. Vol 5. No 3, 2016, 1492- 1495.

31- RIAZ, M., S., Ashraf, M. A., Mahmod, R., Yasmeen, T., Shakoor, M. B., et al. *Acomprehensive on rice responess and tolerance* (Elseviev), 2019. 133- 158.

32- ROMERO- ARANDA, M. R., Jurado, O., and Cuartero, J. *Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by impoving plant water status.* J.Plant physiol. 163, 2006. 847.

33- SAFDAR, H., Amin, A., Shafiq, Y., Ali., A., Yasin, R., Shoukat, A., et al. Areview: *impact of salinity on plant growth*. Nat. Sci. 17, 2019. 34-40.

34- SAKALOVA, M. K. *Foliage Calculation Method. Z. Sci*. Agr. Research (TCXA), 1979, 40-42. (in Russian)

35- SAJID, A.Z and Aftab, F. *Role of Salicylic Acid in Amelioration of Salt Tolerance In Potato (SOLANUM TUBEROSUM L.) under in vitro conditions.* Pakistan. Journal Botany, 44, 2012, 37-38. Special Issue March 2012.

36- SAOUNDARARAJAN P., Manivannan A., Ko. C.H., Jeony B.R. *Silicon enhanced redox homeostatis and protein expression to mitigate the salinity stress in Rosa hybrid "Rock Fire"*. J. Plant Growth Regul. 37. 2018, 16- 34.

37- SAVANT, N K., Komodorfer G H., Datnoff L. E., and Synder, G. H. *Silicon nutrition in sugarcane: A review*. *J. Plant Nutr*.22, 1999, 1853-1903.

38- SHAHID, M. A, BALAL, R. M, PERVEZ, M. A, ABBAS. T, AQEEL, M. A, JAVAID, M. M, GARCIA- SANCHEZ. F. *Foliar spray of phyto-extracts supplemented with silicon: an efficacious strategy toalleviate the salinity-induced deleterious effects in pea (Pisum sativum L.).* Turkish Journal of Botany, 39, 2015, 408-419.

39- SHARIFI, R.S., and Khalilzadeh, R. *Effects of cycocel on growth, some physiological traits and yield of wheat (Triticum aestivum L.) under salt strees.* Journal of plant physiology and Breeding. Vol 8(1), 2018. 11- 23.

40- SOLEIMANNEJAD, Z., Abdolazdeh, A., and Sadeghipour, H. R. *Beneficial effects of silicon application in alleviating salinity stress in hophyticpuccinellia distans plants*. Silicon 11, 2019. 1001- 1010.

41- TORABI, F., MAJD, A., and Enteshari, S. *The effect of silicon on alleviation of salt stress in borage (Borago officinalis L.).* Soil Sci. Plant Nutre. 61, 2015. 788- 798.

42- XIAOPENG G., Chunqin Z., and Lijun W. and Fusuo. Z. *Silicon improues water use efficiency in maize plants*, J. P1. Nutr, 27(8): 2005. 1457- 1470.

43- YEO. A. R., SA Flowers, G Rao, K. Welfare, N. Senanayake and T. J.Flowers. *Silicon reduces sodium uptake inrice (oryze sative L.) in saline conditions and this is accounted for by a reduction in the transpirational by a reduction in the transpirational by pass flow*. Plant cell Environ. 22, 1999. 559- 565.

44- YILDIRIN E, Turan M and Guvenc I. Effect of foliar salicylic acid application on groth, chlorophyll, and mineral content of cucumber under salt stress. Journal of plant Nutrition. 31, 2008. 593- 612.

45- YONG- XING ZHU, Hai- JunGong, and Jun- Liang Yin. *Role of silicon in Mediating salt tolerance in plants:* AReview. Plants, MDPI. 8, 147, 2019. 1- 22.

46- YORDANOV,I; Velikova,V; Tsonev,T and Bulg. J. *Plant Responses To Drought and Stress Tolerance*. PLANT PHYSIOL., SPECIAL ISSUE 2003, pp187–206.

47- ZHU, Y. X., Gong, H. J. *Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants.* Agron. Sustain. Deu. 34, 2014. 455- 472.