دراسة تأثير استخدام حمض السالسيليك في مدى تحمل نبات الفول *Vicia faba* للإجهاد الملحي

Studying The Effect of Using Salicylic Acid on The Tolerance of *Vicia faba* Plants to Salt Stress

د. رنا الشحود [1]

Dr. Rana Alshhooud [1]

drranshahood@gmail.com

Received 08 May 2024; Accepted 31 July 2024

(1) قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

(1) Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

الملخص

أُجريت الدراسة على نبات الفول الحلبي *Vicia faba* في كلية الزراعة- جامعة دمشق- بهدف دراسة تأثير استخدام تركيزين من حمض السالسيليك 100 و150 ملغ/ل في مدى تحمله للإجهاد الملحي. شملت الدراسة تجربة الإنبات وذلك بغمر البذور بحمض السالسيلك، على اعتبار الشاهد منقوع بالماء، ثم رش النباتات المعاملة خلال مراحل النمو والمعرضة لتأثير الإجهاد الملحي من ملح كلور الصوديوم (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل) NaCl على اعتبار أن الشاهد بدون رش. بينت نتائج الدراسة أن تطبيق الإجهاد الملحي في مرحلة إنبات البذور أدى إلى تناقص جميع المؤشرات المدروسة في حين تفوقت معاملة الغمر بحمض السالسيليك عند التركيز 150 ملغ/ل مع تطبيق الإجهاد الملحي معنويًا على باقي المعاملات من حيث نسبة الإنبات 87%، سرعة الإنبات 1.18 يوم/البذرة، طول الساق 31.08 سم والجذر 12.25 سم، الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري، الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري بالمقارنة مع البذور المغمورة بالماء 91% و0.90 يوم/البذرة على التوالي نسبة الإنبات وسرعة الإنبات، كما أدى تطبيق الإجهاد الملحي على النباتات المزروعة حقليًا إلى تراجع مؤشرات النمو المورفولوجية والإنتاجية المدروسة، في حين بينت النتائج أن تطبيق الرش على المجموع الخضري بحمض السالسيليك على النباتات المعرضة للإجهاد الملحي حسنت من المؤشرات المدروسة، حيث تفوق معاملة الرش بتركيز 150 ملغ/ل من حمض السالسيليك بارتفاع النبات، والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري، بالإضافة إلى مؤشرات الإنتاجية (عدد القرون/النبات، متوسط وزن القرن (غ)، متوسط عدد البذور/القرن، متوسط وزن البذور/القرن، إنتاجية النبات (غ).

الكلمات المفتاحية: الفول، حمض السالسيليك، مؤشرات النمومورفولوجية، الإجهاد الملحي.

©2025 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands. **ISSN: 2305-5243/ EISSN: 3005-6438. (p: 41-59)**

Abstract

The study was conducted on Aleppo bean plants at the Faculty of Agriculture - Damascus University - with the aim of studying the effect of using different concentrations of salicylic acid (100 and 150) mg/liter as soaking the seeds in the germination experiment, considering the control not soaked, and spraying on the whole plant during the different stages of plant growth. and exposed to the effect of salt stress from sodium chloride salt at a concentration of 0, 50, 100 and 150 mmol/L NaCl, considering that the control is without soaking and without spraying by salicylic acid. The results of the study showed that applying salt stress treatments at the seed germination stage led to a decrease in all the studied indicators, Whereas, soaking treatment with salicylic acid at a concentration of 150 mg/L along with salt stress application was significantly the most effective treatment compared to the other remaining ones, regarding germination percentage 87%, germination speed 1.18 day/seed, stem length 31.08 cm, and root length 12.25 cm, wet and dry weight of shoots, wet and dry weight of roots) compared to unsoaked seeds 91% and 0.90 day/seed respectively. Applying salt stress treatments to field-grown plants also led to a decline in the studied morphological growth and productivity indicators, while the results showed that applying foliar spraying with salicylic acid to plants exposed to salt stress improved the studied indicators, as the treatment was superior to 150 mg/L of salicylic acid. Plant height, wet and dry weight of shoots, in addition to productivity indicators number of pods/plant, average pod weight g, average number of seeds/pod, average seed weight/pod, plant productivity g.

Keywords: Beans, Salicylic Acid, Morphological Growth Indicators, Salt Stress.

المقدمة

ينتمي نبات الفول *Vicia faba* إلى العائلة البقولية Fabacea (Leguminosae) وهومن أهم المحاصيل البقولية حيث تضم العائلة البقولية أكثر من 690 جنسًا و1800 نوع، معروف في منطقة الشرق الأوسط لما له من قيمة غذائية واقتصادية وصناعية وعلفية عالية، فهو غذاء الكثير من البشر يحتوي على نسبة عالية من البروتينات والألياف والفيتامينات والمعادن، ويؤدي دورًا مهمًّا في تعزيز خصوبة التربة من خلال زيادة محتواها من عنصر الأزوت (Castro-Guerrero *et al.,* 2016).

نظرًا لتزايد العدد السكاني المتوقع وصوله إلى 8 بليون نسمة في نهاية عام 2050 من جهة ومن جهة أخرى تتناقص إنتاجية الغذاء بسبب تأثيرات الإجهادات اللاحيوية المختلفة والمتنوعة على المحاصيل الخضرية (Tuteja and Mahjan, 2005)، ومع تزايد أسباب تشكل الملوحة والتي أصبحت مشكلة واسعة الانتشار في كثير من مناطق العالم التي تؤثر سلبًا على نمو وإنتاجية المحاصيل ولا سيما في البيئات الجافة وشبه جافة (Hernández, 2019) إذ تؤثر تأثيرا كبيرًا على مختلف مراحل النمو وتطور النبات وبشكل عام على الوظائف الحيوية والفيزيولوجية وتأثيرها متعلق بنوع التربة، خصائصها الفيزيائية والكيميائية، نوع الأملاح، حركة الأيونات، ونوع النبات (Kamh, 1996).

فالملوحة واحدة من أكبر التهديدات التي تواجه النباتات والمحاصيل في القرن الحادي والعشرين، ومن المتوقع أن تزداد آثارها الضارة تحت وطأة تغير المناخ. فقد بينت الإحصاءات الأخيرة أن هناك أكثر من 45 مليون هكتار من الأراضي المروية التي تضررت بسبب الإجهاد الملحي في جميع أنحاء العالم وهذا العدد في زيادة مستمرة (Isayenkov and Maathuis, 2019).

تتجه الزراعة حديثًا والدراسات البحثية إلى البحث عن حلول آمنة على صحة الإنسان والبيئة، بهدف التغلب على مشكلة الملوحة ورفع إنتاجية النباتات والحصول على منتج صحي آمن، ومنها استخدام الرش الورقي بحمض السالسيليك للتخفيف من الآثار الجانبية للإجهاد الملحي على النبات، حيث يعد حمض السالسيليك أحد منظمات النمو النباتية ذو طبيعة فينولية يتشكل داخل النبات، ويعمل على تنظيم العمليات الفيزيولوجية وعمليات الاستقلاب التي تجري داخل النبات (Abd El Wahed and El-Mergawi, 2020).

تعزى التأثيرات الإيجابية لحمض السالسيليك في تخفيف أثر الإجهادات البيئية على النبات إلى دوره في تحسين امتصاص العناصر المعدنية، بالإضافة إلى العديد من العمليات الحيوية بما فيها إغلاق الثغور، وحماية الأغشية الخلوية وتحسين كفاءة عملية التركيب الضوئي، ويمكنه التفاعل مع أنواع المسارات للإشارات الناتجة عن الأكسجين النشط ويقلل إجهادات الاكسدة (Faghih *et al.*, 2019).

بينت العديد من الدراسات دور حمض الساليسيليك في تحسين تحمل النبات للإجهاد الملحي (Ahmad et al., 2018; Khan et al., 2015). وجد (Cano, 1998) بأن Salicylic Acid له تأثيرًا إيجابيًّا في تحسين نمو الجذور للنباتات المعرضة للشد الملحي، إذ يؤدي دورًا مهمًّا في منع أضرار الأكسدة الناتجة من الجذور المؤكسدة للمركبات أثناء الإجهاد الملحي، كذلك التقليل من مظاهر الملوحة المؤثرة على الشكل الظاهري للنبات تحت ظروف الإجهاد الملحي، كما يعمل كمادة مانعة للأكسدة الأنزيمية الحاصلة للأنزيمات عند تعرض النبات لظروف الإجهاد الملحي (Joseph *et al.*, 2010). أثبت دراسة (Janda *et al.*, 2007) بأن غمر البذور بحمض السالسيليك فإنها تمتصه ويدخل إلى داخلها، فيعمل على تنشيط العديد من الإنزيمات فيها لتنبت، أما عند الرش الورقي على النباتات فإنه يدخل من خلال الثغور النباتية في الأوراق فيعمل على تنشيط العديد من الإنزيمات مثل أنزيم فينيل آلانين أمونياز Phenylalanine Ammonia lyase وأنزيم نتريت ريدوكتاز Nitrite Reductase وأنزيم اختزال غلوكاناز Glucanase، مما يعزز نمو النبات، كلما كان هناك إجهاد على النبات مثل الإجهاد الجفافي، أو الملحي أو الإجهاد الحراري فإنه يزود النبات بإشارات عن طريق تنشيط الأنزيمات.

أظهرت إحدى الدراسات عند الرش الورقي بمستويات مختلفة من حمض الساليسيليك على نبات البازلاء أن أعلى نسبة إنبات بلغت 95.83% وأعلى ارتفاع للنباتات بلغ 71.85 سم، في حين بلغ عدد الأوراق 257.13 ورقة، وعدد الأفرع 3.25 فرع، بالإضافة إلى ارتفاع محتوى الأوراق من الكلوروفيل (Ahmad *et al.*, 2023). كما بين (Anaya *et al.*, 2018) أن غمر بذور الفول المعرضة للإجهاد الملحي بحمض السالسيليك أدى إلى تحسين عملية الإنبات وخفف من أثر الإجهاد الملحي عليها.

وُجد في دراسة أخرى على نبات اللوبياء *Vigna radiate* المعرض للإجهاد الملحي بتركيز (0، 100، 200، 300) ميلي مول/ل، والمطبق عليه حمض السالسيليك بتركيز(0، 1، 2) ppm في مرحلة الإنبات، أن الملوحة أدت إلى انخفاض نسبة الإنبات ومعايير النمو من حيث طول الجذر والساق وارتفاع النبات وعدد الأوراق والوزن الرطب والجاف لكل نبات وكذلك المحتوى

المائي النسبي، في حين أظهرت معاملة الغمر بحمض السالسيليك بتركيز (2) ppm أثرًا فعالًا في تحسين المعايير بوجود وغياب الملوحة، بينما لم يظهر التركيز (1) ppm أثرًا واضحًا، وقد يعود ذلك إلى قدرة حمض السالسيليك على زيادة انقسام الخلايا في المناطق الإنشائية في النبات، وتنظيم الضغط الأسموزي والتوازن الهرموني، وكذلك تنشيط عملية البناء الضوئي (Aldera *et al.*, 2022).

مبررات وأهمية البحث

تنتشر زراعة نبات الفول على مساحات واسعة من سورية، نظرًا للحاجة إلى توافر ظروف نمو ملائمة، التي تتناقص سنويًا نتيجة دخول مناطق جديدة ضمن الأراضي المتملحة بسبب عمليات الري السيئة للمحاصيل المختلفة. تتجلى مشكلة تملح الأراضي الزراعية بشكلٍ واضح في المناطق الجافة وشبه الجافة المتميزة بقلة وتذبذب هطولاتها المطرية، وارتفاع درجة حرارتها خلال فصل الصيف، وازدياد معدّل فقد المياه بالتبخر، حيث تؤدي هذه العوامل مجتمعةً إلى تملح الأتربة. ونظرًا لغياب أنظمة الصرف الفعّالة في بعض المناطق التي يرتفع فيها منسوب المياه الأرضي إلى الحد الحرج، بالإضافة إلى إضافة الأسمدة الكيميائية بكمياتٍ كبيرة، وعمليات الري بمياه الصرف الصحي، يحدث تملح الترب وتخرج من نطاق الاستثمار الزراعي ونظرًا لأهمية محصول الفول كمحصول مخصب للتربة، فكان لابد من البحث عن عوامل تساعد في زراعته وزيادة مقاومته للملوحة.

أهداف البحث

- دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في نسبة إنبات بذور الفول والمعرضة للإجهاد الملحي.
- دراسة تأثير الرش الورقي بحمض السالسيليك في تخفيف أثر الإجهاد الملحي في مؤشرات النمو والإنتاجية لنبات الفول.

مواد وطرائق البحث

المادة النباتية

هي صنف الفول الحلبي، يتميز بأنه نبات قوي ذو ساق قائمة جوفاء، يصل طوله إلى (160) سم، الثمار قرنية وتحوي من 3 إلى 4 بذور، مبططة الشكل.

موقع البحث

نفذت التجربة في جامعة دمشق - كلية الزراعة في مزرعة أبي جرش، حيث نُفذت التجربة المخبرية والقراءات المطلوبة في مخبر الفيزيولوجيا قسم علوم البستنة.

تنفيذ البحث

شمل البحث تجربتين:

- **التجربة الأولى (مخبرية)**: شملت مجموعتين من البذور، المجموعة الأولى جرى معاملتها غمرًا بحمض السالسيليك بتركيزين 100 و150 ملغ/ل لمدة 12 ساعة، والمجموعة الثانية غمرت بالماء لمدة 12 ساعة، ووزعت البذور على أطباق بتري وطُبقت معاملات الإجهاد الملحي عليها بالتراكيز (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل)، وبعد حساب نسبة الإنبات وسرعة الإنبات نُقلت

إلى أصص صغيرة مملوءة بالتورب بمعدل بذرة واحدة في حالة إنبات بكل أصيص، حيث طُبقت معاملات الإجهاد الملحي بالتراكيز المدروسة ومراقبة عملية النمو وأخذ القراءات المطلوبة، واستمرت هذه التجربة 3 أسابيع.

- **التجربة الثانية (حقلية)**: شملت التجربة مجموعتين، المجموعة الأولى من البذور غُمرت بحمض السالسيليك بالتركيزين المدروسين ولمدة 12 ساعة والمجموعة الثانية غُمرت بالماء مدة 12 ساعة، ثم زرعت البذور بالأرض الدائمة، المُحضرة بشكل مسبق على شكل خطوط للزراعة حيث زُرعت البذور على جانبي الخط بمعدل 40 سم بين النباتات و60 سم بين الخطوط، ورُويت بالماء العذب حتى الإنبات وبعد 15 يوم من الإنبات بدأنا بتطبيق معاملات الإجهاد الملحي والرش الورقي بحمض السالسيليك بمعدل رشه كل 15 يوم، مع تقديم كافة الخدمات الزراعية المطلوبة من تعشيب ومكافحة وتسميد.

المعاملات المدروسة

استخدمت المواد التالية في التجربة

- حمض السالسيليك: بالتراكيز 100 و150 ملغ/ل على اعتبار الشاهد نُقع بالماء فقط.
- ملح كلور الصوديوم: بالتراكيز (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل) على اعتبار الشاهد بدون معاملة.

طُبقت معاملات الرش الورقي بحمض السالسيليك بمعدل رشة كل 15 يوم وكررت المعاملات بفاصل زمني 15 يوم حتى نهاية التجربة ومعاملات الإجهاد الملحي بمعدل رية كل 7 أيام. حيث بلغ عدد المكررات ثلاثة لكل معاملة واحتوى المكرر على ستة نباتات.

التحليل الإحصائي

صُممت التجربة المخبرية بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة، حيث بلغ عدد المعاملات 12 معاملة وفي كل معاملة 3 مكررات (أطباق بتري) وكل طبق فيه 10 بذور فيصبح عدد البذور في التجربة (12معاملات × 3 مكررات × 10 نباتات = 360 بذرة). كما صُممت التجربة الحقلية بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة أيضًا، حيث بلغ عدد المعاملات 12 معاملة وفي كل معاملة 3 مكررات وكل مكرر فيه 6 نباتات فيصبح عدد النباتات في التجربة (12 معاملات × 3 مكررات × 6 نباتات = 216 نبات). حُللت النتائج إحصائيًا باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (SPSS. V17) وجرت مقارنة المتوسطات للمعاملات المدروسة عند مستوى ثقة 1% للتجارب المخبرية ومستوى ثقة 5% للتجارب الحقلية.

المؤشرات المدروسة

1- مؤشرات الإنبات (مخبريًا)

أُخذت القراءات على النباتات المزروعة في الأصص بعد 3 أسابيع من تطبيق معاملات الإجهاد الملحي مع إجراء عملية النقع بحمض السالسيليك. والمؤشرات هي:

1- نسبة الإنبات: حُسبت نسبة الإنبات عند كل تركيز من التراكيز المختلفة وذلك من خلال عد البذور في الأطباق يوميًا طيلة فترة الإنبات من خلال العلاقة التالية وفق (Nascimento, 2003):

نسبة الإنبات = (عدد البذور النابتة/عدد البذور الكلية) x 100

- سرعة الإنبات: حُسبت سرعة الإنبات وفق طريقة (Cantliffe, 1991):

سرعة الإنبات (يوم/ بذرة) = (مجموع عدد البذور النابتة في اليوم x رقم اليوم) / عدد البذور النابتة

- قياس طول الجذر (سم): استخدمت مسطرة مدرجة لقياس طول الجذر عند البذور النابتة في نهاية التجربة للمقارنة بين تأثير التراكيز الملحية المختلفة على طول الجذر.
- قياس طول الساق (سم): استخدمت مسطرة مدرجة لقياس طول الساق عند البذور النابتة في نهاية التجربة للمقارنة بين تأثير التراكيز الملحية المختلفة على طول الساق.
- الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ): حُسب الوزن الرطب للمجموع الخضري بعد 3 أسابيع من تطبيق الإجهاد الملحي بالوزن المباشر على الميزان بعد فصل الجذر عنه.
- الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ): جُفف المجموع الخضري بالمجففة على درجة 105 م حتى ثبات الوزن.
- الوزن الرطب للمجموع الجذري (غ): حُسب الوزن الرطب للمجموع الجذري بعد تطبيق الإجهاد الملحي لمدة 3 أسابيع بالوزن المباشر على الميزان بعد تنظيفه من التورب.
- الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ): جُفف الجذر بالمجففة على درجة حرارة 105 م حتى ثبات الوزن ثم الوزن المباشر على الميزان.

2- مؤشرات النمو المورفولوجية (حقلياً)

- ارتفاع النبات (سم): قيس ارتفاع النبات من سطح التربة حتى أعلى قمة نامية للنبات باستخدام المتر، حيث أخذت القراءة في نهاية التجربة باستخدام متر القياس.
- الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري (غ): قُلعت النباتات في نهاية التجربة، وفصل المجموع الخضري عن الجذري وحُسب الوزن الرطب له باستخدام ميزان حساس، ثم وضعت النباتات للتجفيف.

3- معايير الإنتاج

- متوسط عدد القرون على النبات (قرن/ النبات): حُسب عدد القرون المتشكلة على كل نبات حتى نهاية التجربة.
- متوسط وزن القرون (غ): وُزنت القرون المتشكلة عند قطافها، حيث أُخذ الإنتاج لثلاثة نباتات من كل مكرر، ووزنت بشكل مستقل وحسب متوسط وزن القرن الواحد.
- متوسط عدد البذور في القرن (بذرة/ القرن): عُدت البذور عند قطاف القرون بنهاية التجربة وحُسبت لثلاثة نباتات من كل مكرر، ومن ثم حُسب المتوسط للقرن الواحد.
- متوسط وزن البذور (غ/ البذرة): وُزن 100 بذرة من كل مكرر، ثم حُسب المتوسط.
- الإنتاجية (كغ/ النبات): وُزن كامل القرون الناتجة عن كل نبات بشكل مستقل خلال كل قطفة ثم حُسب المتوسط لكل مكرر.

النتائج والمناقشة

دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في نسبة وسرعة الإنبات لنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي

يوضح الجدول (1) دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك بتركيزين 100 و150 ملغ/ل في مؤشرات الإنبات لنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي من ملح كلور الصوديوم (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل) على اعتبار الشاهد بذور غير معاملة بحمض السالسليك، فقد بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية بنسبة الإنبات، حيث ازدادت نسبة إنبات البذور المغمورة بحمض السالسيليك بتركيز 150 ملغ/ل فبلغت 87% بالمقارنة مع البذور المنقوعة بتركيز 100 ملغ/ل من حمض السالسيليك والبذور غير المعاملة على التوالي 82.33 و77.33% مع وجود فروق معنوية بينهما. كما تبين من خلال النتائج انخفاض نسبة إنبات البذور كلما ازداد تركيز الملوحة بالوسط، فقد ازدادت نسبة الإنبات إلى 95.22% في الشاهد بالمقارنة مع المعاملات (50، 100، 150 ميلي مول/ل) على التوالي (84.56، 78.33، 70.78%).

ومن خلال دراسة التفاعل، لوحظ أن أعلى نسبة إنبات بلغت 96 و98.67% على التوالي في الشاهد المغمور بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل على التوالي. في حين أقل قيمة بلغت 65.67% عند المعاملة 150 ميلي مول/ل.

بينما أدت عملية الغمر بحمض السالسيليك من تسريع عملية الإنبات فقد انخفضت سرعة الإنبات إلى 1.18 يوم/البذرة عند التركيز 150 ملغ/ل بالمقارنة مع البذور المغمورة بتركيز 100 ملغ/ل والشاهد غير المعامل على التوالي 1.27و1.32 يوم/البذرة. بينما أدى تطبيق معاملات الإجهاد الملحي إلى خفض سرعة الإنبات وتفوق الشاهد 0.82 يوم/البذرة بالمقارنة مع معاملات الملوحة (50، 100، 150 ميلي مول/ل) على التوالي (1.12، 1.36، 1.73 يوم/البذرة).

الجدول 1. دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في نسبة الإنبات وسرعة الإنبات لبذور الفول تحت ظروف الإجهاد الملحي

القراءة		نسبة الإنبات%				سرعة الإنبات (يوم/البذرة)			
معاملات الغمر بحمض السالسيليك (ملغ/ل)		شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط	شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط
معاملات الإجهاد الملحي ميليمول/ل	0	91.00 b	96.00 a	98.67 a	95.22 A	0.90 g	0.85 gh	0.72 h	0.82 D
	50	79.00 de	84.00 c	90.67 b	**84.56 B**	1.16 ef	1.11 f	1.09 f	**1.12 C**
	100	73.67 fg	78.67 de	82.67 cd	78.33 C	1.43 c	1.38 cd	1.27 de	1.36 B
	150	65.67 h	70.67 g	76.00 ef	**70.78 D**	1.80 a	1.75 ab	1.65 b	**1.73 A**
	متوسط	77.33 C	82.33 B	87.00 A		1.32 A	1.27 AB	1.18 C	
$LSD_{1\%}$	بين المعاملات	**3.83**				**0.12**			
	بين الغمر	**3.31**				**0.10**			
	التفاعل	**4.65**				**0.14**			

*تشير الأحرف الصغيرة إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الاجهاد الملحي والنقع. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد الملحي والأحرف الكبيرة في السطر إلى وجود فروق معنوية بين معاملات النقع بحمض السالسيليك عند مستوى معنوية 0.01.

ومن خلال دراسة التفاعل بين معاملات الإجهاد الملحي والغمر بحمض السالسيليك، تبين أن الغمر بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل عند الشاهد 0.85 و0.72 يوم/البذرة على التوالي، في حين بلغت سرعة الإنبات 1.80 يوم/البذرة عند المعاملة بالتركيز 150 ميلي مول/ل NaCl.

دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في طول الساق والجذر لنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي

يظهر الجدول (2) تغيرات طول الجذر والساق لنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي بتركيز (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل) من ملح كلور الصوديوم لمدة ثلاثة أسابيع متتالية بعد تطبيق عملية غمر البذور بحمض السالسيليك بتركيزين 100 و150 ملغ/ل على اعتبار الشاهد بذور غير معاملة بحمض السالسليك، فقد بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بالنسبة إلى طول الساق، حيث أدت عملية الغمر بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل إلى زيادة طول الساق، بلغ بالمتوسط 30.25 و31.08 سم على التوالي بالمقارنة مع الشاهد غير المعامل والذي انخفض إلى 26.25 سم.

أدى تطبيق الإجهاد الملحي إلى تخفيض معدل نمو الساق فتفوق الشاهد على باقي المعاملات وبلغ متوسط طول الساق 3.44 سم بالمقارنة مع معاملات الإجهاد الملحي (50، 100، 150 ميلي مول/ل) على التوالي (30.56، 27.67، و25.11 سم) مع عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملين 100و150 ميلي مول/ل وعدم وجود فروق معنوية بين الشاهد والمعاملة 50 ميلي مول/ل.

ولوحظ من خلال دراسة التفاعل بين المعاملات الملحية ومعاملات الغمر بالحمض أن طول الساق بلغ 35 و34.67 سم على التوالي في الشاهد المعامل بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل على التوالي، في حين انخفض طول الساق إلى 22 سم عند المعاملة 150 ميلي مول/ل NaCl.

الجدول 2. دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في طول الساق والجذر (سم) لنباتات الفول تحت ظروف الإجهاد الملحي

القراءة		طول الساق (سم)				طول الجذر (سم)			
معاملات الغمر بحمض السالسيليك (ملغ/ل)		شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط	شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط
معاملات الإجهاد الملحي ميليمول/ل	0	30.67 bc	34.67 a	35.00 a	**33.44 A**	12.33 b	15.33 a	16.33 a	**14.67 A**
	50	27.67 cde	31.67 ab	32.33 ab	**30.56 AB**	8.00 de	11.00 bc	12.00 bc	**10.33 B**
	100	24.67 ef	28.67 cd	29.67 bc	**27.67 BC**	7.00 e	10.00 bcd	11.00 bc	**9.33 B**
	150	22.00 f	26.00 de	27.33 cde	**25.11 C**	4.00 f	7.00 e	9.67 cd	**6.89 C**
	متوسط	**26.25 B**	**30.25 A**	**31.08 A**		**7.83 B**	**10.83 A**	**12.25 A**	
$LSD_{1\%}$	بين المعاملات	2.94				2.06			
	بين الغمر	2.55				1.79			
	التفاعل	3.61				2.52			

*تشير الأحرف الصغيرة إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الاجهاد الملحي والنقع. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد الملحي والأحرف الكبيرة في السطر إلى وجود فروق معنوية بين معاملات النقع بحمض السالسيليك عند مستوى معنوية 0.01.

تبين أيضًا أن طول الجذر انخفض معنويًّا عند تطبيق معاملات الإجهاد الملحي فتفوق الشاهد بمتوسط طول جذر بلغ 14.67 سم مقارنةً مع طول الجذر في المعاملات (50، 100، 150 ميلي مول/ل) على التوالي (10.33، 9.33، و6.89 سم) مع عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملين 100و150 ميلي مول/ل.

بينما أدى غمر البذور بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل إلى زيادة متوسط طول الجذر على التوالي 10.83 و12.25 سم بالمقارنة مع الشاهد غير المعامل 7.83 سم. ومن خلال التفاعل تبين أن أطول جذر بلغ 16.33 و15.33 سم عند الغمر بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل على التوالي، في حين أقل قيمة بلغت 4 سم عند المعاملة 150 ميلي مول/ل NaCl.

دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري لنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي

تبين النتائج في الجدول (3) تغيرات الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري لنبات الفول بعد تطبيق معاملات الإجهاد الملحي بتركيز (0، 50، 100، 150ميلي مول/ل) من ملح كلور الصوديوم لمدة ثلاثة أسابيع متتالية ومعاملة البذور بالغمر بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل على اعتبار الشاهد بذور غير المعاملة بالحمض.

لوحظ أن تطبيق الإجهاد الملحي أدى إلى تراجع الوزن الرطب للمجموع الخضري تدريجيًّا فقد بلغ بالمتوسط (6.99، 5.83، 5.22 غ) على التوالي بالمعاملات (50، 100، 150 ميلي مول/ل) بالمقارنة مع الشاهد 6.54 غ مع عدم وجود فروقات معنوية بين الشاهد والمعاملة 50 ميلي مول/ل.

الجدول 3. دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري لنباتات الفول تحت ظروف الإجهاد الملحي

القراءة		وزن رطب مجموع خضري (غ)				وزن جاف مجموع خضري (غ)			
معاملات الغمر بحمض السالسيليك (ملغ/ل)		شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط	شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط
معاملات الإجهاد الملحي	0	4.87 gf	6.87 bcd	7.87 ab	**6.54 AB**	2.40 d	2.42 d	3.42 a	**2.74 A**
	50	5.32 fg	7.32 abc	8.32 a	**6.99 A**	1.87 e	1.89 e	2.89 b	**2.22 BC**
	100	4.16 hi	6.16 def	7.16 bcd	**5.83 BC**	1.76 ef	1.78 ef	2.78 bc	**2.11 CD**
	150	3.55 i	5.55 efg	6.55 cde	**5.22 C**	1.63 f	1.65 f	2.65 c	**1.98 D**
	متوسط	**4.47 C**	**6.47 B**	**7.47 A**		**1.91 B**	**1.93 B**	**2.93 A**	
$LSD_{1\%}$	بين المعاملات	0.88				0.17			
	بين الغمر	0.76				0.14			
	التفاعل	1.08				0.21			

*تشير الأحرف الصغيرة إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الاجهاد الملحي والنقع. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد الملحي والأحرف الكبيرة في السطر إلى وجود فروق معنوية بين معاملات النقع بحمض السالسيليك عند مستوى معنوية 0.01.

بينما أدى تطبيق معاملات الغمر بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل إلى زيادة الوزن الرطب للمجموع الخضري، فقد بلغ بالمتوسط 7.47 و6.47 غ على التوالي مع وجود فروقات معنوية بينهما بالمقارنة مع الشاهد 4.47 غ. ومن خلال دراسة التفاعل بين المعاملات الملحية والغمر بحمض السالسيليك، لوحظ أن أعلى وزن رطب بلغ 8.32 غ عند المعاملة 50 ميلي مول/ل NaCl والمغمورة بحمض السالسيليك بالتركيز 150 ملغ/ل، في حين أقل قيمة بلغت 3.55 غ عند المعاملة 150 ميلي مول/ل NaCl.

ونلاحظ من خلال الجدول (3) أن الوزن الجاف للمجموع الخضري تناقص مع زيادة تركيز الملوحة بالوسط فقد تفوق الشاهد بمتوسط وزن جاف بلغ 2.74 غ مقارنةً مع باقي المعاملات (50، 100، 150 ميلي مول/ل) على التوالي (2.22، 2.11، 1.98 غ)، في حين بلغ متوسط الوزن الجاف 2.93 غ عند الغمر بحمض السالسيليك بتركيز 150 ملغ/ل بالمقارنة مع الشاهد 1.91 غ والمعاملة 100 ملغ/ل حمض السالسيليك 1.93 غ. ومن خلال دراسة التفاعل بين المعاملات، تبين أن أعلى قيمة للوزن الجاف بلغت 3.42 غ عند الشاهد المغمور بالتركيز 150 ملغ/ل حمض السالسيليك، وأدنى قيمة بلغت 1.63 و1.65 غ على الترتيب عند المعاملة 150 ميلي مول/ل NaCl والمعاملة 150 ميلي مول/ل المغمورة بحمض السالسيليك بالتركيز 100 ملغ/ل.

دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري لنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي

يظهر الجدول (4) تغيرات الوزنين الرطب والجاف للمجموع الجذري لنبات الفول بعد تطبيق معاملات الإجهاد الملحي بتركيز (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل) من ملح كلور الصوديوم لمدة ثلاثة أسابيع متتالية ومعاملة البذور بالغمر بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل على اعتبار الشاهد بذور غير معاملة.

تبين نتائج التحليل الإحصائي أن تطبيق معاملات الإجهاد الملحي أدت إلى تناقص الوزنين الرطب والجاف للمجموع الجذري، فقد بلغ متوسط الوزن الرطب للمجموع الجذري (1.20، 1.10، و1.03غ) على التوالي بالمعاملات (50، 100، و150 ميلي مول/ل) بالمقارنة مع الشاهد 1.37 غ، بالمقابل تبين انخفاض الوزن الجاف للجذر معنويًا مع زيادة تركيز الملوحة بالوسط فبلغ (0.51، 0.42، و0.39 غ) على التوالي في المعاملات (50، 100، و150 ميلي مول/ل) بالمقارنة مع الشاهد 0.56 غ.

في حين أدى تطبيق الغمر بحمض السالسيليك بالتركيز 150ملغ/ل إلى زيادة بمتوسط الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري، فقد بلغ الوزن الرطب للجذر 1.52غ بالمقارنة مع الشاهد والغمر بالتركيز 100ملغ/ل على التوالي 0.99 و1.02 غ، كذلك بالنسبة للوزن الجاف تفوقت معاملة الغمر بالتركيز 150 ملغ/ل بمتوسط وزن جاف بلغ 0.61 غ بالمقارنة مع الشاهد والمعاملة 100 ملغ/ل على التوالي 0.39و0.41 غ.

ومن خلال دراسة معاملات التفاعل بين الإجهاد والغمر، تبين أن أكبر قيمة للوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري بلغت 1.72 و0.70 غ على التوالي في الشاهد المعامل بالتركيز 150 ملغ/ل حمض السالسيليك، وأدنى قيمة للوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري بلغت 0.85 و031 غ على التوالي عند المعاملة 150 ميلي مول/ل ملح كلور الصوديوم.

الجدول 4. دراسة تأثير الغمر بحمض السالسيليك في الوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري لنباتات الفول تحت ظروف الإجهاد الملحي

القراءة		وزن رطب مجموع جذري (غ)				وزن جاف مجموع جذري (غ)			
معاملات الغمر بحمض السالسيليك (ملغ/ل)		شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط	شاهد غير معامل	SA (100 mg/l)	SA (150 mg/l)	المتوسط
معاملات الإجهاد الملحي ميليمول/ل	0	1.19 ^{e}	1.22 ^{e}	1.72 ^{a}	**1.37** ^{A}	0.48 ^{ef}	0.50 ^{de}	0.70 ^{a}	**0.56** ^{A}
	50	1.02 ^{f}	1.05 ^{f}	1.55 ^{b}	**1.20** ^{B}	0.43 ^{g}	0.45 ^{fg}	0.65 ^{b}	**0.51** ^{B}
	100	0.92 ^{gh}	0.95 ^{g}	1.45 ^{c}	**1.10** ^{C}	0.34 ^{h}	0.36 ^{h}	0.56 ^{c}	**0.42** ^{C}
	150	0.85 ^{i}	0.88 ^{h}	1.38 ^{d}	**1.03** ^{D}	0.31 ^{i}	0.33 ^{h}	0.53 ^{cd}	**0.39** ^{D}
	متوسط	**0.99** ^{B}	**1.02** ^{B}	**1.52** ^{A}		**0.39** ^{B}	**0.41** ^{B}	**0.61** ^{A}	
$LSD_{1\%}$	بين المعاملات	0.05				0.03			
	بين الغمر	0.04				0.03			
	التفاعل	0.06				0.04			

*تشير الأحرف الصغيرة إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الاجهاد الملحي والنقع. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود إلى وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد الملحي والأحرف الكبيرة في السطر إلى وجود فروق معنوية بين معاملات النقع بحمض السالسيليك عند مستوى معنوية 0.01.

دراسة تأثير الرش الورقي بحمض السالسيليك في بعض مؤشرات النمولنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي

يظهر الجدول (5) تأثير الرش الورقي بحمض السالسيليك على نبات الفول المعرض للإجهاد الملحي بالتراكيز (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل) وذلك في ارتفاع النبات ومتوسط الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري (غ) وذلك في نهاية التجربة.

أدى تطبيق الإجهاد الملحي بالتراكيز (50، 100، 150 ميلي مول/ل) إلى تناقص ارتفاع النبات والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري بالمقارنة مع الشاهد فقد بلغ ارتفاع النبات بالمتوسط 88.93 سم والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري على التوالي 75.63 و13.70 غ على التوالي.

بينما أدى تطبيق الرش الورق بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل على النباتات المعرضة للإجهاد الملحي إلى زيادة في ارتفاع النبات والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري مقارنةً مع النباتات غير المعاملة بحمض السالسيليك. حيث بلغ متوسط ارتفاع النبات 103.92 و113.97 سم على التوالي عند التركيزين 100 و150 ملغ/ل مع وجود فروقات معنوية بينهما، بينما بلغ متوسط الوزن الرطب للمجموع الخضري 90.63 و100.63غ على التوالي، ومتوسط الوزن الجاف 24.70 و29.70 غ مع وجود فروق معنوية بين المعاملتين 100 و150 ملغ/ل.

الجدول 5. دراسة تأثير الرش الورقي بحمض السالسيليك في مؤشرات النمو المورفولوجية لنبات الفول المعرض للظروف الإجهاد الملحي

رش بحمض السالسيليك	الإجهاد الملحي	ارتفاع النبات Cm	وزن رطب للمجموع الخضري (غ)	وزن جاف للمجموع الخضري (غ)
بدون رش	0	97.01 a	94.43 a	17.50 a
	50	93.67 b	77.66 b	14.73 b
	100	86.67 c	71.13 c	12.38 c
	150	78.33 d	59.30 d	10.22 d
	المتوسط	**88.93 C**	**75.63 C**	**13.70 C**
رش بحمض السالسيليك تركيز (100)	0	112.00 a	109.43 a	28.50 a
	50	108.67 b	92.66 b	25.73 b
	100	101.67 c	86.13 c	23.38 c
	150	93.33 d	74.30 d	21.22 d
	المتوسط	**103.92 B**	**90.63 B**	**24.70 B**
رش بحمض السالسيليك تركيز (150)	0	122.05 a	119.43 a	33.50 a
	50	118.67 b	102.66 b	30.73 b
	100	111.67 c	96.13 c	28.38 c
	150	103.33 d	84.30 d	26.22 d
	المتوسط	**113.97A**	**100.63 A**	**29.70 A**
$LSD_{5\%}$	بين المعاملات	3.51	2.93	1.03
	بين الرش	3.03	2.54	0.89
	التفاعل	4.29	3.59	1.26

*تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود وضمن المعاملة إلى وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة المدروسة. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود نفسه إلى وجود فروق معنوية بين معاملات بحمض السالسيليك وعدم النقع عند مستوى معنوية 0.05.

دراسة تأثير الرش الورقي بحمض السالسيليك في مؤشرات الإنتاجية لنبات الفول المعرض للإجهاد الملحي

يوضح الجدول (6) تأثير الرش الورقي بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل على نبات الفول المعرض للإجهاد الملحي بالتركيز (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل)، بينت النتائج أن تطبيق الرش الورقي على النباتات المعرضة للإجهاد الملحي بالتراكيز المدروسة أدى إلى زيادة واضحة في مؤشرات الإنتاجية مقارنةً مع النباتات غير المعاملة بالرش الورقي بحمض السالسيليك والمعرضة للإجهاد الملحي.

لوحظ أن الرش بحمض السالسيليك بتركيز 150 ملغ/ل أدى إلى زيادة مؤشرات الإنتاجية المدروسة من حيث عدد القرون/النبات 20.27 قرن ومتوسط وزن القرن 19.26 غ ومتوسط عدد البذور في القرن 3.45 بذرة ومتوسط وزن البذور في القرن 3.89 غ وإنتاجية النبات الواحد 258.92 غ/النبات.

الجدول 6. دراسة تأثير الرش الورقي بحمض السالسيليك في مؤشرات الإنتاجية لنبات الفول المعرض لظروف لإجهاد الملحي

رش بحمض السالسيليك	الإجهاد الملحي Mm/l Nacl	عدد القرون/النبات	متوسط وزن القرن(غ)	متوسط عدد البذور/القرن	متوسط وزن البذور/القرن	إنتاجية النبات (غ/النبات)	الانخفاض بالإنتاجية مقارنة مع الشاهد%
بدون رش	0	12.33 a	13.85 a	2.80 a	2.68 a	280.11 a	
	50	11.59 ab	13.20 a	2.53 b	2.32 b	238.36 a	17.47
	100	10.96 bc	11.30 b	2.36 c	2.31 b	185.14 b	51.24
	150	10.32 c	10.69 b	2.10 d	2.24 b	152.08 b	84.20
	المتوسط	**11.30 C**	**12.26 C**	**2.45 C**	**2.39 C**	**213.92 C**	
رش بحمض السالسيليك تركيز (100)	0	16.33 a	17.85 a	3.30 a	3.18 a	295.01 a	
	50	15.59 ab	17.22 a	3.03 b	2.82 b	253.36 a	16.44
	100	14.96 bc	15.31 b	2.86 c	2.81 b	200.19 b	47.40
	150	14.22c	14.69 b	2.60 d	2.74 b	167.01 b	76.64
	المتوسط	**15.28 B**	**16.29 B**	**2.95 B**	**2.89 B**	**228.89 B**	
رش بحمض السالسيليك تركيز (150)	0	21.33 a	20.85 a	3.80 a	4.18 a	325.01 a	
	50	20.59 ab	20.20 a	3.53 b	3.82 b	283.36 b	14.70
	100	19.96 bc	18.30 b	3.36 a	3.81 b	230.14 b	41.22
	150	19.21c	17.69 b	3.10 c	3.74 b	197.20 b	64.97
	المتوسط	**20.27 A**	**19.26 A**	**3.45 A**	**3.89 A**	**258.92 A**	
$LSD_{5\%}$	بين المعاملات	0.97	0.97	0.09	0.07	51.55	
	بين الرش	0.84	0.85	0.08	0.06	44.64	
	التفاعل	1.19	1.20	0.11	0.09	63.14	

*تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود وضمن المعاملة إلى وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة المدروسة. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود نفسه إلى وجود فروق معنوية بين معاملات بحمض السالسيليك وعدم النقع عند مستوى معنوية 0.05.

بالمقارنة مع الرش الورقي بحمض السالسيليك بتركيز 100 ملغ/ل التي بلغ فيها متوسط عدد القرون/النبات 15.28 قرن ومتوسط وزن القرن 16.29 غ ومتوسط عدد البذور في القرن 2.95 ومتوسط وزن البذور في القرن 2.89 وإنتاجية النبات الواحد 228.89 غ/النبات مقارنةً مع معاملة الشاهد الذي انخفضت بها مؤشرات الإنتاجية من حيث متوسط عدد القرون/النبات إلى 11.30 ومتوسط وزن القرن 12.26 غ ومتوسط عدد البذور في القرن 2.39 ومتوسط وزن البذور في القرن 2.89 وإنتاجية النبات الواحد 213.92 غ/النبات.

تبين من خلال حساب نسب الانخفاض في الإنتاجية عند المعاملات الملحية (0، 50، 100، 150 ميلي مول/ل) غير المعاملة بحمض السالسيليك مقارنة مع الشاهد على التوالي (17.47، 51.24، 84.20%) في حين بلغت نسب الانخفاض في الإنتاجية عند الرش بحمض السالسيليك بالتركيز 100 ملغ/ل على التوالي (16.44، 47.40، 76.64%) وعند التركيز 150 ملغ/ل على التوالي (14.70، 41.22، 64.97%) عند المعاملات (50، 100، 150 ميلي مول/ل).

بينت نتائج الدراسة أن تعريض البذور للإجهاد الملحي بالتراكيز (0، 50، 100، و150 ميلي مول/ل) NaCl أدى إلى تناقص نسبة الإنبات مع زيادة تركيز الملوحة بالوسط، حيث بلغت نسب الانخفاض فيها بالمقارنة مع الشاهد (11.20، 17.74، 25.67%) على التوالي في التراكيز (50، 100، 150 ميلي مول/ل) NaCl، بالإضافة إلى خفض سرعة الإنبات فكانت نسب الزيادة

بعدد الأيام مقارنة مع الشاهد (26.79، 39.71، 52.60%) على التوالي في التراكيز (50، 100، 150 ميلي مول/ل). بالإضافة إلى تراجع طول الساق والجذر، وانخفاض الوزنين الرطب والجاف للمجموع الخضري للبادرات، وانخفاض الوزنين الرطب والجاف للجذر. بينما أدى غمر البذور بحمض السالسيليك بالتراكيز 100 و150 ملغ/ل وتعريضها للإجهاد الملحي إلى تحسن جميع المؤشرات المدروسة، فقد بلغت نسبة الزيادة بنسبة الإنبات بالمقارنة مع الشاهد 6.46 و12.50% على التوالي، وبلغت نسب تسريع الإنبات 3.78 و10.60% على التوالي بالمقارنة مع الشاهد، كما تفوقت المعاملة 150 ملغ/ل معنويًّا على المعاملة 100 ملغ/ل في معظم المؤشرات المدروسة.

كما بينت نتائج الرش الورقي بحمض السالسيليك بالتركيز 150 ملغ/ل على النباتات المعرضة للإجهاد الملحي إلى تحسن في مؤشرات النمو المورفولوجية (ارتفاع النبات، الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري) ومؤشرات الإنتاجية عدد القرون على النبات 20.27 قرن/النبات، متوسط وزن القرن 19.26 غ، متوسط عدد البذور في القرن 3.45 بذرة، متوسط وزن البذور في القرن 3.89 غ، إنتاجية النبات 258.92 غ/النبات. بالمقابل تراجعت جميع المؤشرات عند تطبيق الإجهاد الملحي بدون الرش بحمض السالسيلك.

يعزى تراجع نموالنباتات تحت تأثير الملوحة إلى الحد من عمليات الانقسام الخلوي في البريعم والجذير وذلك بسبب تراكم أيونات الصوديوم السامة في أنسجة النبات (Kandil *et al.*, 2012). حيث تواجه النباتات المعرضة للملوحة مزيجًا من الضغوط الأسموزي والأيونية التي تؤدي إلى أضرار مختلفة على المستويات الفيزيولوجية والخلوية والجزيئية، مما يؤدي إلى انخفاض امتصاص العناصر الغذائية وانخفاض أداء عملية التمثيل الضوئي (Taïbi *et al.,* 2016). بالإضافة إلى ذلك، ينتج عن الإجهاد الملحي الكثير من أنواع الأكسجين التفاعلية التي تدمر الجزيئات الحيوية (الدهون والبروتينات والأحماض النووية) والأنشطة الأنزيمية الأخرى وتسبب تدهور الأغشية الخلوية (Demirel and Türkan, 2005) وللتغلب على هذه الاضطرابات، تقوم النباتات بتنشيط عدة مسارات للتحكم في ضرر الملوحة وتعديل التوازن الخلوي والنمو، غالبًا ما يجري فك تشفير تحمل الملح عن طريق تنشيط مسارات إشارات الخلية بما في ذلك تخليق الإنزيمات المضادة للأكسدة وهرمونات التوتر واستقلاب مركبات الحماية الأسموزية مثل الأحماض الأمينية والسكريات (Isayenkov and Maathuis, 2019).

هذه النتائج تتوافق مع نتائج (Aldera *et al.,* 2022) على نبات الفول *Vigna radiata* L بالنسبة إلى الوزن الرطب للبادرات فقد انخفض معنويًّا مع زيادة تركيز الملوحة بالوسط وكان الانخفاض معنويًّا عند التركيز 300 mM من NaCl بنسبة 37.5% بدون حمض السالسيليك ترافق ذلك مع انخفاض الوزن الجاف للبادرات بنسبة 50%. وهذا يتوافق مع نتائج دراسة (Alharby *et al.,* 2018).

يعزى انخفاض الوزن الرطب للبادرات إلى انخفاض امتصاص الماء بسبب الملوحة، حيث يقلل الإجهاد الملحي من القدرة الأسموزية، مما يؤدي إلى إجهاد مائي في البادرات، كما أن انخفاض التشرب يؤدي إلى تحلل مائي محدود للمواد الغذائية في أنسجة التخزين وهذا ما ذكره (Ghosh *et al.,* 2015).

هذه النتائج تتفق مع نتائج العديد من الباحثين عن تأثير الإجهاد الملحي على أنواع مختلفة (Orlovsky *et al.*, 2011). فسر (Chang et al., 2010) أن تثبيط الإنبات الناجم عن الإجهاد الملحي متعلق بمدى تثبيط الإيثلين الناتج أثناء التشرب. حيث

يؤدي حمض السالسيليك دورًا فعالاً في تخفيف التثبيط الناتج عن الإجهاد الملحي على إنبات البذور من خلال زيادة النشاط الاستقلابي داخل البذور وتسريع عملية خروج الجذير والبريعم في البذور المعاملة بحمض السالسيليك (Hopper *et al.*, 1979).

أضاف (Arteca, 1995) أن استخدام حمض السالسيليك يحفز ويزيد الإنبات وذلك بالتراكيز المنخفضة منه، بينما يُظهر تأثير مانع للإنبات بالتراكيز الأعلى، حيث إن زيادة تركيز حمض السالسيليك تعزز من تخليق حمض الأبسيسيك والتي يمكن أن توقف عملية الإنبات (Wu *et al.*, 1998).

تعد مرحلة الإنبات ونمو البادرات مرحلة أكثر حساسية للإجهاد الملحي (Reinhardt and Rost, 1995)، وهذا يتفق مع دراستنا، يمكن لحمض السالسيليك أن يمنع نشاط أنزيم الكاتلاز مما يؤدي إلى زيادة بيروكسيد الهيدروجين الذي يحسن إنبات بعض البذور (Nun *et al.*, 2003). من الممكن أن يحفز حمض السالسيليك إنبات البذور عن طريق التخليق الحيوي لحمض الجبريلين ويعمل كمحفزات حرارية (Shah, 2003).

يعزى زيادة طول الجذر عند النقع بحمض السالسيليك إلى دوره في زيادة عمليات الانقسام الخلوي في الأنسجة القمية الميرستيمية وهذا يتوافق مع (Abbasi *et al.*, 2020) على بادرات الخيار، ويعزى زيادة طول الساق إلى زيادة بعض منظمات النمو مثل الأوكسينات التي تعمل على زيادة الانقسام الطولي في النبات وبالتالي إلى زيادة طول الساق (Sharikova *et al.*, 2003).

تتطابق هذه النتائج مع نتائج (Anaya *et al.*, 2018) على بادرات الفول *Vicia faba* L.، حيث أدت معاملة البذور بحمض السالسيليك بتركيز 0.25 mM إلى تخفيف التأثير الضار للملوحة من خلال زيادة نسبة الإنبات وتعزيز تكوين البادرات وزيادة الوزن الرطب والجاف للجذور والنبات، وقد يعزى ذلك إلى دور حمض السالسيليك في تقليل التأثير الضار للملوحة على نمو الجنين في البذرة، كما يسرع من استعادة عمليات النمو، وبالتالي تحسين إنبات البذور ويزيد من والوزن الرطب والجاف للجذور ويحفز امتصاص العناصر المعدنية ويؤدي دورًا مهمًّا في امتصاص ونقل الأيونات وهذا يتفق مع (Hayat *et al.*, 2010)، ويمكن أن يعزى زيادة الوزن الجاف إلى زيادة كفاءة عملية التركيب الضوئي وتراكم المادة الجافة، وإلى دور حمض السالسيليك في زيادة الاستجابة المضادة للأكسدة في النباتات المعرضة للإجهاد الملحي، بالإضافة إلى دوره في حماية الأغشية الخلوية (Rasheed *et al.*, 2020) والتحكم في فتح وغلق الثغور تحت ظروف الإجهاد الملحي مما يقلل من النتح والحفاظ على الماء داخل النبات في الظروف المالحة (Lotfi, 2020).

ربما يعود الانخفاض في الإنتاجية في ظل ظروف الملوحة إلى انخفاض تجميع نواتج التمثيل الضوئي، وكذلك انخفاض في تعبئة التمثيل الضوئي، مما أدى إلى انخفاض في مؤشر الإنتاجية (Oyetunji and Imad, 2015). وقد يكون انخفاض الإنتاجية بسبب التأثير العكسي للإجهاد الملحي على خصائص النمو والعمليات الفيزيولوجية مثل امتصاص الماء، والتمثيل الضوئي، والإزهار، وتكوين القرون، مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية (Abdelaal *et al.*, 2020)، وعند تطبيق حمض السالسيليك أدى إلى تحسين تحمل النبات للملوحة وتحسين إنتاجية النباتات. من المحتمل أن تكون وظيفة SA بسبب دوره الأساسي في تحمل الإجهاد، فهو يقلل من الضرر التأكسدي ويزيد من نمو النبات وإنتاجيته تحت إجهاد الملوحة (Husen *et al.*, 2018). كما أنه

يحسن امتصاص العناصر الغذائية ويزيد من مستويات أصبغة الكلوروفيل والكاروتينات، وينظم أنشطة العديد من الأنزيمات، ويحافظ على سلامة أغشية الخلايا (Per, 2017) كما أنه يؤدي دورًا في موازنة الهرمونات النباتية (Shakirova, 2007).

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- أدى تطبيق معاملات الإجهاد الملحي إلى تراجع مؤشرات النمو والإنتاجية وكذلك مؤشرات الإنبات.
- إن تطبيق الرش الورقي بحمض السالسيليك على نبات الفول أدى إلى زيادة تحمله للإجهاد الملحي مقارنةً مع النباتات غير المعاملة والمعرضة للإجهاد الملحي من خلال تحسين مؤشرات النمو.
- بينت النتائج تفوق معاملات الغمر بحمض السالسيليك بالتركيزين 100 و150 ملغ/ل في تحسين مؤشرات الإنبات المدروسة.
- حسنت معاملات الرش الورقي بحمض السالسيليك بالتركيز 150ملغ/ل من معايير الإنتاجية.

التوصيات

- ينصح برش نبات الفول بحمض السالسيليك بتركيز 150 ملغ/ل مرة كل 15 يومًا لدورها في تحسين مؤشرات النمو المورفولوجية والفيزيولوجية كمًّا ونوعًا.
- التوسع بدراسة تأثير حمض السالسيليك على نباتات الخضار باستخدام تراكيز وأصناف مختلفة.
- التوسع في البحث عن مواد أخرى لها القدرة على زيادة تحمل النبات في مواجهة الظروف البيئية.

المراجع

- Abbasi, F., Khaleghi, A. and Khadivi, A. 2020. The Effect of Salicylic Acid on Physiological and Morphological Traits of Cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Dream), Gesunde Pflanzen, 72, pages155-162.
- Abdelaal, K.A., EL-Maghraby, L.M., Elansary, H., Hafez, Y.M., Ibrahim, E.I., El-Banna, M., El-Esawi, M. and Elkelish, A. 2020. Treatment of sweet pepper with stress tolerance-inducing compounds alleviates salinity stress oxidative damage by mediating the physio-biochemical activities and antioxidant systems. *Agronomy*,10, 26.
- Aldera, M.A., Alsahli, A. A., Alwatban, A. A. and Khalofah, A. 2022. Effect of salicylic acid on seedling of Vigna radiata L. under salt stress. *Journal of Nature Life and Applied Sciences*. Volume (6), Issue (2): P: 56 - 76
- Ahmad, A., Hussain, F., Shuaib, M., Shahbaz, M., Hadayat, N., Shah, M., Yaseen, T., Rauf, A., Anwar, J., Khan, S., Jabeen, A., and Alharbi., K. 2023. Effect of Salicylic Acid and Amino Acid on Pea Plant (Pisum sativum) Late Season, Growth and Production., *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 32, No. 3, 1987-1994.

- Ahmad, P., Alyemeni, M. N., Ahanger, M, A., Egamberdieva, D., Wijaya, L. and Alam, P. 2018. Salicylic Acid (SA) Induced Alterations in Growth, Biochemical Attributes and Antioxidant Enzyme Activity in Faba Bean (*Vicia faba* L.) Seedlings under NaCl Toxicity. *Springer Link*. V(65), p 104-114.
- Alharby, H. F., Al-Zahrani, H. S., Hakeem, K. R. and Iqbal, M. 2018. Identification of physiological and biochemical markers for salt (NaCl) stress in the seedlings of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes. *Saudi Journal of Biological Sciences*.V,26(5):1-10.
- Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S. and Loutfi. 2018. Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia faba* L. under salt stress, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Volume 17, Issue 1, Pages 1-8.
- Arteca, R.N. 1995. Jasmonates, salicylic acid and brassinosteroids. In: Davies, P.J. (Ed.), Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology, second ed. Kluwer Academic, Publishers, pp.206-213.
- Cantliffe, D.J. 1991. Benzyl adenine in the priming solution reduces the dormancy of lettuce seeds. *Horticulture Technology*, 1(1): 95-97.
- Cano, E., Perez. A., Moreno. A., Bolarin, V.M. and Maria. C. 1998. Evolution of Salt Tolerance in Cultivated and Wild Tomato Species Through in vitro Shoot Apex culture. *Plant cell tissue organ culture*. 53:19- 26.
- Castro-Guerrero, N. A., Cui, Y. and Mendoza-Cozat. D. G. 2016.Purification of translating ribosomes and associated mRNAs from soybean (Glycine max). Curr. Protoc. Plant Biol. 1(1):185-196.
- Chang, C., Wang, B., Shi, L., Li, Y., Duo, L. and Zhang, W. 2010. Alleviation of salt stress-induced inhibition of seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by ethylene and glutamate. J. Plant Physiol. 167 (14), 1152-1156.
- Demirel, T. and Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany, 53, pp. 247-257.
- El-Mergawi, R. and Abd El-Wahed, M. S. A. 2020. Effect of exogenous salicylic acid or indole acetic acid on their endogenous levels, germination, and growth in maize, Bulletin of the National Research, 44, Article number: 167.1-8
- Faghih, S., Zarei, A. and Ghobadi, C. 2019. Positive effects of plant growth regulators on physiology responses of Fragaria ananassa cv. 'Camarosa' under salt stress. Int. *J. Fruit Sci*, 19, 104-114.
- Ghosh, S., Mitra, S and Paul, A. 2015. Physiochemical studies of sodium chloride on mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) and its possible recovery with spermine and gibberellic acid, Sci. World J., 56: 1-8.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environ Exp Bot*. 68:14-25.
- Hernández, J. A. 2019. Salinity tolerance in plants: Trends and perspectives. Int. J. Mol. Sci., 20, 2408.

- Hopper, N.W., Overholt, J.R. and Martin, J.R. 1979. Effect of cultivar, temperature and seed size on the germination and emergence of soya beans (*Glycine max* L. Merr.). *Ann. Bot.* 44 (3), 301-308.
- Husen, A., Iqbal, M., Sohrab, S.S. and Ansari, M.K.A. 2018. Salicylic acid alleviates salinity-caused damage to foliar functions, plant growth and antioxidant system in Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Br.). Agric. Food Secur.7, 44.
- Isayenkov, S.V and Maathuis, F.J.M. 2019. Plant Salinity Stress: Many Unanswered Questions Remain. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article No. 80.
- Janda, T., Horváth, E., Szalai, G.and Paldi, E. 2007. Role of salicylic acid in the induction of abiotic stress tolerance. In Salicylic acid: A plant hormone Springer, Dordrecht., 2, pp. 91-150.
- Joseph, B., Jini. D and S, Sujatha. 2010.Insight into the Role of Exogenous Salicylic Acid on Plant Growth Under Salt Environment. Asian. *Journal of Crop science*, 2(4):226-235.
- Kamh R. N. 1996. Sol salinity, ph and redox potenttiel as influence by organic matter levels and nitrogen sources under different soil moisteur regines. *Desertinste. Bull. Egypt.*167-182.
- Kandil, A. A., Arafa, A. A., Sharief, A. E. and Ramadan, A. N. 2012. Genotypic differences between two mungbean varieties in response to salt stress at seedling stage. *International Journal of Agriculture Sciences*, 4(7), 278.
- Khan, M. I. R., Asgher, M. and Khan, A.N. 2014. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (Vigna radiata L.). *Plant Physiol Biochem,* 80: 67-74.
- Khan, M. I. R., Asgher, M. and Khan, A.N. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Front. Plant. Sci.* v6. 462. 1-17.
- Lotfi, R., Ghassemi-Golezani, K. and Pessarakli, M. 2020. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. Biocatal Agric Biotechnol.26,1-8.
- Mahjan, S. and Tuteja. N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Arch. Biochem. Biophys, 444: 139-158.
- Nascimento, W. M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agricola*, 60(1):71-75.
- Nun, N.B., Plakhine, D., Joel, D.M. and Mayer, A.M. 2003. Changes in the activity of the alternative oxidase in Orobanche seeds during conditioning and their possible physiological function. *Phytochemistry,* 64 (1), 235-241.

- Overholt,N. W. and Martin, J.R. 1979. Effect of cultivar, temperature and seed size on the germination and emergence of soya beans (G*lycine max* L. Merr.). *Ann. Bot*. 44 (3), 301-308.
- Orlovsky, N.S., Japakova, U.N., Shulgina, I. and Volis, S. 2011. Comparative study of seed germination and growth of Kochia prostrata and Kochia scoparia (*Chenopodiaceae*) under salinity. *J.Arid Environ*. 75 (6), 532-537.
- Oyetunji, O.J. and Imade, F.N. 2015. Effect of different levels of NaCl and Na_2SO_4 salinity on dry matter and ionic contents of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Afr. J. Agric. Res., 10, 1239-1243.
- Per, T.S., Fatma, M., Asgher, M., Javied, S. and Khan, N.A. 2017. Salicylic acid and nutrients interplay in abiotic stress tolerance. In Salicylic Acid: A Multifaceted Hormone; *Springer*: *Singapore*, pp. 221-237.
- Rasheed, F., Anjum, N. A., Masood, A., Sofo, A. and Khan, N. A. 2020. The key roles of salicylic acid and sulfur in plant salinity stress tolerance, *Journal of Plant Growth Regulation*, 647, 11.
- Reinhardt, D.H. and Rost, T.L. 1995. Primary and lateral root development of dark- and light-grown cotton seedlings under salinity stress. *Bot. Acta*. 108, 403-465.
- Sharikova, F., Sakhabutdinova, A., Bezrukova, M., Fatkhutdinova, R. and Fatkhudinova, D. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci,* 164:317-322.
- Shakirova, F.M. 2007. Role of hormonal system in the manifestation of growth promoting and antistress action of salicylic acid. In Salicylic Acid: A Plant Hormone; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 69-89.
- Shah, J. 2003. The salicylic acid loop in plant defense. Curr. Opin. *Plant Biol*. 6 (4), 365-371.
- Taïbi, K., Taïbi, F., Abderrahima, LA., Ennajahb, A., Belkhodja, M. and Mulet Salort, JM. 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*. 105:306-312.
- Wu, L., Guo, X. and Harivandi, M.A. 1998. Allelopathic effects of phenolic acids detected in buffalograss (Buchloe dactyloides) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedlings. *Environ. Exp. Bo*t. 39 (2), 159-167.

N° Ref: 1178