

تأثير الرش الأولي بحمض الساليسيليك على بعض خصائص النمو، البيوكيميائية والإنتاجية لنبات القرطم (*Carthamus tinctorius* L.) تحت ظروف الإجهاد الملحي

احمد صوفي^{(1)*} و احمد دركلت⁽²⁾

(1). قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(2). قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حلب، حلب، سورية.

(*) للمراسلة: د. احمد صوفي البريد الإلكتروني: 7mada.movo9@gmail.com

الهاتف: 00963991266905

تاريخ القبول: 2024/02/12

تاريخ الاستلام: 2023/12/12

الملخص

أجريت هذه الدراسة لتقييم آثار الرش الورقي بحمض الساليسيليك على النمو الخضري للقرطم تحت الظروف المالحة في قرية دمسرخو، اللاذقية، سورية في عام 2023. تم استخدام تجربة عاملية تعتمد على التصميم العشوائي الكامل (R.C.D) بثلاثة مكررات. تتكون المعاملات من أربعة مستويات للملوحة (0، 4، 8 و 12 ميلي سيمنز/سم²) وأربعة تراكيز لحمض الساليسيليك (0، 0.5، 1 و 1.5 ملليمول). تم قياس الصفات مثل ارتفاع النبات، عدد التفرعات، محتوى الأوراق من الكلوروفيل، البرولين، MDA وعدد البذور في النبات. أظهرت نتائج الدراسة أن مستويات الملوحة وتراكيز الساليسيليك أثرت بشكل معنوي ($P < 0.05$) على الخصائص والمؤشرات المدروسة، وبزيادة الملوحة طرأ انخفاض خصائص جميع المؤشرات المدروسة. أشارت مقارنات المتوسطات إلى تحسن صفات النمو الخضري والمؤشرات البيوكيميائية والإنتاجية المدروسة للنبات عند المعاملة بالساليسيليك خاصة عند التركيز 1 ملليمول. قد أدى التداخل بين الملوحة والساليسيليك إلى تأثيرات معنوية على المؤشرات المدروسة، فقد أدت التراكيز المنخفضة إلى تحسن نسبي في الخصائص المورفولوجية والبيوكيميائية والإنتاجية المدروسة وتوقفت المعاملة A_{2S_1} على جميع المعاملات والشاهد، وعلى النقيض من ذلك فقد أدى التركيز العالي إلى تأثيرات سلبية.

الكلمات المفتاحية: حمض الساليسيليك، الإجهاد الملحي، القرطم.

المقدمة:

يعد القرطم (*Carthamus tinctorius* L.) محصول زيتي سنوي عريض الأوراق يتبع العائلة Compositae أو Asteraceae، ولكن يمكن أيضاً اعتباره نبات متعدد الأغراض، يوفر نبات القرطم زيتاً نباتياً وتجميلاً وأصبغاً جذابة للمنسوجات، ويستخدم لاستخلاص الزيت من البذور التي تستخدم كزيت صالح للأكل أو في صناعة الطلاء (Zemour et al., 2021). يعد تغير المناخ أحد التحديات الرئيسية في عصرنا، ومن المتوقع أن يؤدي تغير المناخ العالمي إلى تغيير المعايير البيئية مثل توزيع هطول الأمطار على سبيل المثال قلة هطول الأمطار في بعض المناطق، مما قد يؤدي بدوره إلى زيادة ملوحة التربة، ونتيجة لزيادة ملوحة التربة، يقل توافر المغذيات النباتية، وبالتالي ينخفض النمو والإنتاجية (Zahedi et al., 2012).

يواجه ما يقرب من 50% من إجمالي المساحة الزراعية المزروعة تحديًا بسبب الإجهاد الملحي في جميع أنحاء العالم (Zafar et al., 2019)، وتمثل الملوحة أيضًا مشكلة كبيرة في إنتاجية نبات القرطم (*Carthamus tinctorius* L.) في المناطق القاحلة وشبه القاحلة (Bowles et al., 2010)، حيث أن نمو وإنتاجية نبات القرطم يتناقصان مع زيادة مستوى الإجهاد الملحي (Bassil and Kaffka 2002).

يحفز الإجهاد الملحي الإجهاد الأيوني والتناضحي والأكسدة في نباتات المحاصيل المختلفة وفي نبات القرطم (Khan et al., 2010; Kumar et al., 2020; Osman et al., 2020) عن طريق تحفيز التوليد الزائد لمختلف أنواع الأكسجين التفاعلية (Ahammed et al., 2020).

حمض الساليسيليك (SA) هو منظم نمو نباتي يحتوي على الفينول ويساهم في تعزيز تحمل الإجهاد اللاأحيائي في النباتات (Sadiq et al., 2020)، حيث يعد حمض الساليسيليك (SA) رسول إشارات هرمونية، قادر على تقليل أعراض الضغوط البيئية في النباتات (Hayat et al. 2010). ينظم SA الجوانب المختلفة لاستجابات النبات للإجهاد من خلال الإشارات المتبادلة واسعة النطاق مع الهرمونات الأخرى (Jayakannan et al., 2013). تم اقتراح قدرة SA الخارجية على تعزيز الحماية المضادة للأكسدة، وزيادة تراكم الأسمويتات في ظل الظروف المالحة كآليات محتملة لتحمل الملح في النباتات (Ashraf et al., 2010). هذه الصفات تجعل SA مادة كيميائية مثالية لزيادة مقاومة الإجهاد الملحي في النباتات.

يؤدي تطبيق SA بجرعة مناسبة إلى تحمل النبات لملح التربة ونقص المياه، وإلا فإن جرعاته العالية لا تلعب أي دور مفيد على نمو وإنتاج النباتات (Sofy et al., 2020). أشارت الدراسات السابقة إلى أن SA يقلل من الآثار السلبية للإجهاد الملحي عن طريق تحسين معايير النمو، وتراكم المواد المذابة، وزيادة نشاط مضادات الأكسدة، وبالتالي يمكن استخدامه لتحسين نمو وإنتاجية نبات القرطم تحت ظروف الإجهاد الملحي (Shaki et al., 2018).

أهمية البحث وأهدافه:

يؤثر الإجهاد الملحي بشكل كبير على البنية المورفولوجية للنباتات والعمليات الفسيولوجية، مما يؤدي إلى انخفاض نمو النبات، حمض الساليسيليك هو هرمون إشارة رئيسي يحمي النباتات من التأثيرات السلبية للملوحة. كان الهدف من هذه الدراسة هو توضيح مستوى تحمل نبات القرطم للملوحة وتأثير استراتيجيات الرش الورقي SA على النمو والبنية المورفولوجية والعمليات الفسيولوجية وبعض الخصائص البيوكيميائية والإنتاجية لنبات القرطم في ظروف الإجهاد الملحي وبدون إجهاد ملحي.

مواد البحث وطرقه:

مكان تنفيذ البحث وزمانه:

تم إجراء البحث في العام 2023 م في كل من مخبر البحث العلمي التابع لكلية الهندسة الزراعية - جامعة تشرين، ومزرعة بقرية دمسرخو - محافظة اللاذقية، كما أجريت التحاليل الكيميائية في مخبر البحث العلمي التابع لكلية ذاتها.

المادة النباتية المستخدمة:

استخدم في هذا البحث بذور القرطم المزروع البرتقالي متوسط ارتفاعه 100 سم وعدد الأقراص 30 قرص تم الحصول عليها من السوق المحلية من شركة بذور غوطة الشام إنتاج بركات.

تمت زراعة البذور على وسط زراعي بأطباق بلاستيكية تحتوي على كومبوست بسعة 2 كغ لكل معاملة وتم نقل الشتول لزراعتها في تجربة عاملية باستخدام تصميم العشوائية الكاملة (R.C.D)، وذلك في أكياس بلاستيكية ذات أبعاد (30×15) سم بسعة (5-6) كغ تربة تحتوي على تربة تم تحضيرها كخليط من الرمل والطين بنسبة (1/2).

تم الري بمياه مالحة باستخدام محاليل محضرة من ملح كلوريد الصوديوم NaCl بمعدل رية واحدة كل 3 ريات بعد رش حمض الساليسيليك بحيث تقابل الناقلية الكهربائية وفق المعاملات التالية:

$$S_0 = 0 \text{ ميلليموز/سم}^2, S_1 = 4 \text{ ميلليموز/سم}^2, S_2 = 8 \text{ ميلليموز/سم}^2, S_3 = 12 \text{ ميلليموز/سم}^2$$

وتم الرش بحمض الساليسيليك بطور البادرة بعد حوالي اسبوعين من التشتيل بمعدل رشتين (بين الرش والآخرى أسبوع):

$$A_0 = 0 \text{ ميلليمول}, A_1 = 0.5 \text{ ميلليمول}, A_2 = 1 \text{ ميلليمول}, A_3 = 1.5 \text{ ميلليمول}.$$

درست الخصائص والصفات التالية:

المؤشرات المورفولوجية:

- ارتفاع النبات Plant Height (سم/نبات): وذلك بقياس ارتفاع النبات (سم) لجميع النباتات بدءاً من مستوى سطح التربة حتى القمة النامية عند تفتح 50% من النورات الزهرية.
- عدد التفرعات: وذلك بعد التفرعات الكلية لجميع النباتات المدروسة عند تفتح 50% من النورات الزهرية.

المؤشرات البيوكيميائية:

- المحتوى من الكلوروفيل Chlorophyll Contents (ميكروغرام/غ وزن رطب): وذلك بسحق عينات معروفة الوزن من أوراق القرطم الخضراء في الأسيتون النقي ومن ثم قياس الامتصاص الضوئي للمستخلص باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر على أطوال الموجات 470، 645 و 662 نانومتر ثم من معادلات وفقاً لطريقة الباحث (Lichtenthaler, 1987).
- محتوى البرولين في الأوراق Proline content (ميكرومول/غ وزن رطب): تم تحليل محتوى الأوراق من البرولين وفقاً لطريقة (Bates et al., 1973). حيث تم سحق 100 ملغ من أوراق القرطم الطازجة في 5 مل من المحلول المائي لحمض سلفوساليسيليك (3 %). أُؤخذ 2 مل من المستخلص وأضيف له 2 مل من محلول النينهيدرين المنشط للتفاعل (نينهيدرين + حمض الخل الثلجي + حمض أورثوفوسفوريك) و 2 مل من حمض الخل الثلجي. ثم وضعت الأنابيب في حمام مائي ساخن 100 °م لمدة ساعة، وبعد التبريد على الماء المثلج تم وضع 4 مل من التولوين. تم قياس الامتصاص الضوئي على طول موجة 520 نانومتر باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر Spectrophotometer ومن ثم تقدير نسبة البرولين في العينات بالاعتماد على منحى قياسي للبرولين النقي.
- المحتوى من المألونيل دي- الدهيد Malonyldialdehyde (ميكرومول/غ وزن رطب): كنتاج نهائي لعملية أكسدة اللبيدات، وذلك باستخدام حمض ثلاثي كلور-أسيتيك 0.1% TCA وحمض الثيوباربيتوريك (TBA)، وقياس الامتصاص الضوئي للمستخلص باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر عند طول موجة 532 نانومتر ثم حساب كمية المعقد MDA-TBA باستخدام المعامل 155 ميلي مول. سم⁻¹ وفقاً (Esterbauer and Cheeseman, 1990).

مؤشرات الغلة:

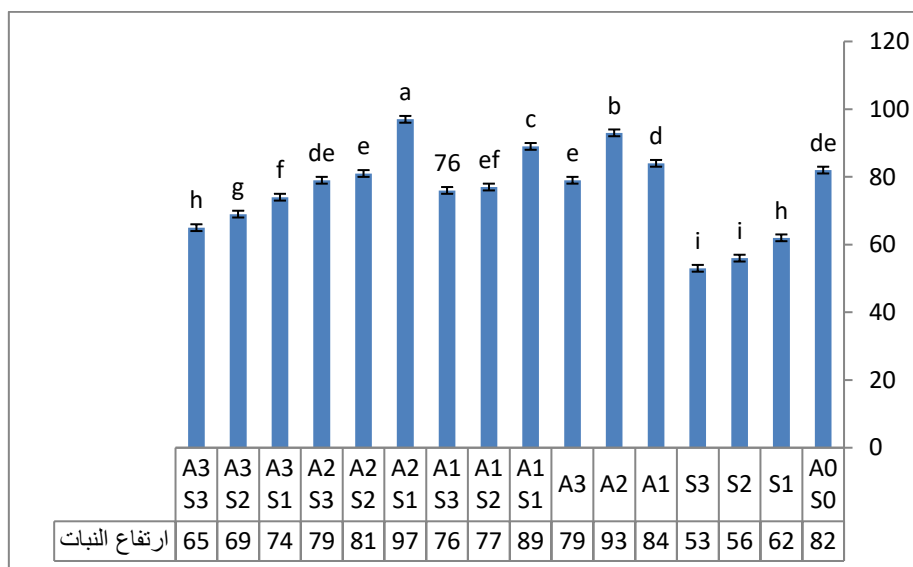
- عدد البذور في النبات (بذرة/نبات).

تم إجراء تحليل التباين للبيانات عبر البرنامج R statistical software باستخدام الاختبار ANOVA مع Tukey وستعرض النتائج بشكل متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري ($\text{means} \pm \text{SE}$) والفروقات ذات معنوية عند مستوى الاحتمالية $P < 0.05$.
النتائج والمناقشة:

1. تأثير الرش بحمض الساليسيليك والمعاملة بكلوريد الصوديوم في ارتفاع النبات (سم):

لوحظ من خلال قراءة نتائج الشكل (1) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث ارتفاع نباتات القرطم (سم).

أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في صفة ارتفاع النبات والذي وصل إلى (53) سم عند معاملة الملوحة (12) ميلليموز/سم مقارنةً مع ارتفاع النباتات عند الشاهد (82) سم.



الشكل (1): ارتفاع نباتات القرطم التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة، تُشير الرموز (S) لمعاملات الري بمياه مالحة (0، 4، 8 و 12 ميلليموز/سم²)، (A) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 0.5، 1 و 1.5 ميلليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري ($\text{means} \pm \text{SE}$)، $n=3$ ، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

زادت المعاملة بحمض الساليسيليك لوحدها من ارتفاع النبات بشكل معنوي ($P < 0.05$)، وكان التفوق في المعاملة A_2 (93) سم وتلتها المعاملة A_1 (84) سم بالمقارنة مع المعاملة A_3 (79) سم والشاهد (82) سم.

أدت معاملة الساليسيليك والإجهاد الملحي معاً لزيادة في ارتفاع النبات عند التراكيز المنخفضة وانخفاض في ارتفاع النبات عند التراكيز المرتفعة، وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملة A_2S_1 (97) سم وعند المعاملة A_1S_1 (89) سم مقارنةً بباقي المعاملات والشاهد.

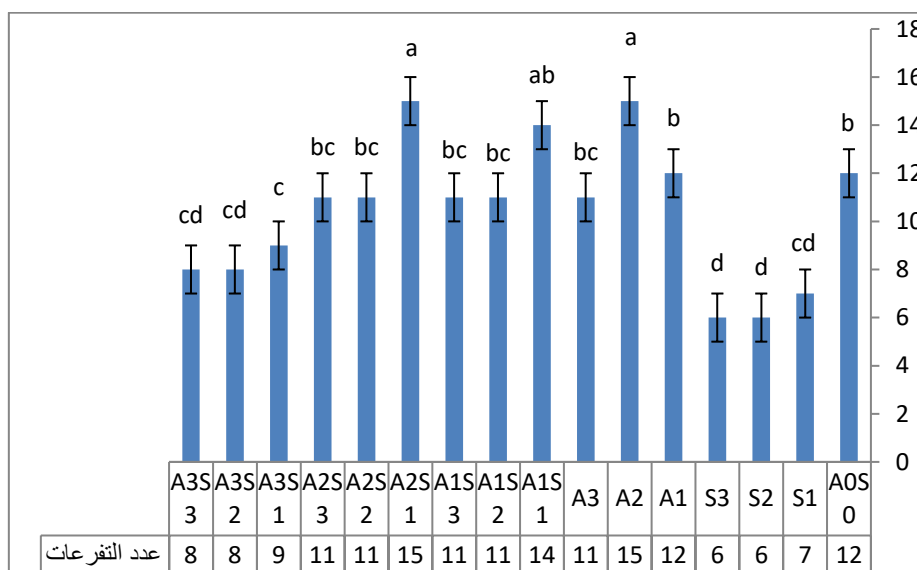
يؤثر الإجهاد الملحي على نمو النبات وتطوره من خلال سمية الخلايا بسبب جرعة زائدة من الصوديوم (Na^+) والكوريد (Cl^-)، والاختلالات الغذائية (Munns et al., 2006)، أدى انخفاض الإمكانات الأسموزي وقلة توافر العناصر الغذائية وخاصة K إلى إغلاق الثغور والتأثير على عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي أدت إلى انخفاض صفات نمو النبات، علاوة على ذلك، فإن التراكم الزائد لـ Na^+ السام في الجذر والنمو تحت ضغط الملح يمكن أن يؤثر على عملية التمثيل الغذائي لجدار الخلية وبالتالي توليد فائض من أنواع الأكسجين التفاعلية ويقلل من مرونة جدار الخلية، وبالتالي يحد من نمو النبات بشكل عام وارتفاعه بشكل خاص (Farooq et al., 2015).

يعمل الرش بالساليسيليك بالتراكيز المنخفضة على زيادة الارتفاع لنباتات القرطم مرتبطة بتعزيز امتصاص العناصر الغذائية الأساسية (Mady, 2009)، وإزالة السموم من الجذور الحرة (Joseph et al., 2010)، وتقليل بيروكسيد الدهون (Aftab et al., 2011)، والمعاملة بالتركيز المنخفض من الملح يعمل على تحفيز النمو من خلال تنشيط مضادات الأكسدة وزيادة بعض العناصر الصغرى المهمة في نمو النباتات (Hongqiao et al., 2021).

2. تأثير الرش بحمض الساليسيليك والمعاملة بكلوريد الصوديوم في تفرعات النبات (فرع/نبات):

لوحظ من خلال قراءة نتائج الشكل (2) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث عدد فروع نباتات القرطم (فرع/النبات).

أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في صفة عدد فروع النبات والذي وصل إلى (6) فرع/النبات عند معاملة الملوحة (12) ميلليموز/سم² مقارنةً مع عدد فروع النباتات عند الشاهد (12) فرع/النبات.



الشكل (2): عدد تفرعات نباتات القرطم التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة، تُشير الرموز (S) لمعاملات الري بمياه مالحة (0، 4، 8 و 12 ميلليموز/سم²)، (A) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 0.5، 1 و 1.5 ميلليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري ($\text{means} \pm \text{SE}$)، $n=3$ ، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

زادت المعاملة بحمض الساليسيليك لوحدها من عدد فروع النبات بشكل معنوي ($P < 0.05$)، وكان التفوق في المعاملة A₂ (15) فرع/النبات وتلتها المعاملة A₁ (12) فرع/النبات بالمقارنة مع المعاملة A₃ (11) فرع/النبات. أدت معاملة الساليسيليك والإجهاد الملحي معاً لزيادة في عدد فروع النبات عند التراكيز المنخفضة وانخفاض في عدد فروع النبات عند التراكيز المرتفعة، وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملة A₂S₁ (15) فرع/النبات وعند المعاملة A₁S₁ (14) فرع/النبات مقارنةً بباقي المعاملات والشاهد.

يمكن تفسير ذلك بأن التراكيز المنخفضة تعمل على تحفيز النمو، وعلى النقيض من ذلك فإن التراكيز العالية من الملوحة تثبط النشاط الإنزيمي وتوقف استطالة خلايا القمم النامية مما يؤدي لقصر النبات، فضلاً عن عدم زيادة حجم الخلايا الميرستيمية ومنع تحولها إلى خلايا برانشيمية بالغة مما يسبب ضعف في النمو العام للنبات وقلة عدد التفرعات (Delfine et al., 1999). يُعزى التحسن في سمات النمو في هذه الدراسة إلى التأثير المخفف بواسطة الساليسيليك في ظل الإجهاد الملحي الذي يعمل على

تحسين الآليات البيوكيميائية والفسيولوجية بما في ذلك ديناميكيات المياه للنباتات وفي النهاية تحسين سمات النمو في النباتات التي تم اختبارها (Syeed et al., 2011; Nazar et al., 2015).

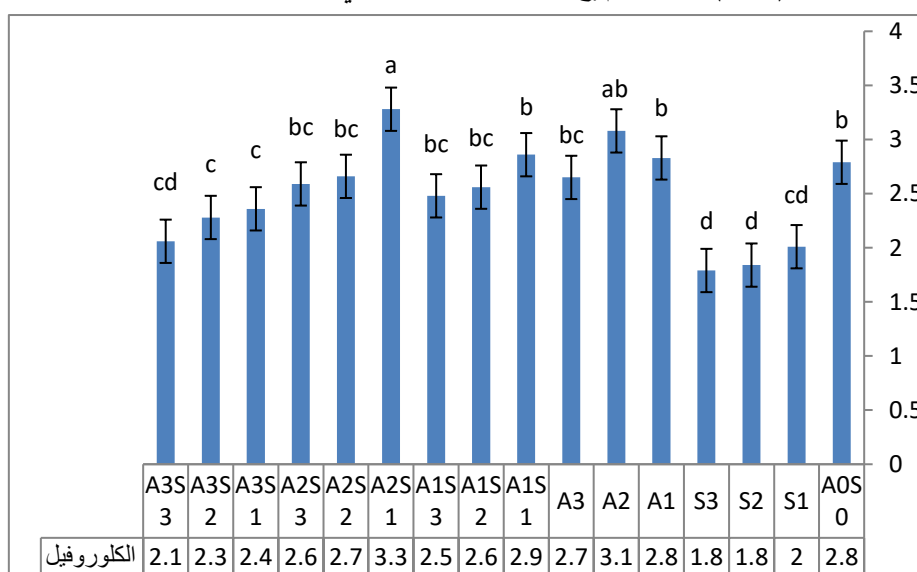
3. تأثير الرش بحمض الساليسيليك والمعاملة بكلوريد الصوديوم في محتوى الأوراق الكلي من الكلوروفيل (ميكروغرام/غ وزن رطب):

لوحظ من خلال قراءة نتائج الشكل (3) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث محتوى الأوراق من الكلوروفيل لنباتات القرطم (ميكروغرام/غ وزن رطب).

أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل والذي وصل إلى (1.79) ميكروغرام/غ وزن رطب عند معاملة الملوحة (12) ميلليموز/سم² مقارنةً مع محتوى الأوراق من الكلوروفيل عند الشاهد (2.79) ميكروغرام/غ وزن رطب.

زادت المعاملة بالساليسيليك لوحدها من محتوى الأوراق من الكلوروفيل بشكل معنوي ($P < 0.05$)، وكان التفوق في المعاملة A₂ (3.08) ميكروغرام/غ وزن رطب وتلتها المعاملة A₁ (2.83) ميكروغرام/غ وزن رطب بالمقارنة مع المعاملة A₃ (2.65) ميكروغرام/غ وزن رطب والشاهد (2.79) ميكروغرام/غ وزن رطب.

أدت معاملة الساليسيليك والإجهاد الملحي معاً لزيادة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل عند التراكيز المنخفضة وانخفاض في محتوى الأوراق من الكلوروفيل عند التراكيز المرتفعة، وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملة A₂S₁ (3.28) ميكروغرام/غ وزن رطب وعند المعاملة A₁S₁ (2.86) ميكروغرام/غ وزن رطب مقارنةً بباقي المعاملات والشاهد.



الشكل (3): محتوى أوراق نباتات القرطم من الكلوروفيل التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة، تشير الرموز (S) لمعاملات الري بمياه مالحة (0، 4، 8 و 12 ميلليموز/سم²)، (A) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 0.5، 1 و 1.5 ميلليمول). تشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري ($\text{means} \pm \text{SE}$)، $n=3$ ، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

يعد الكلوروفيل الصباغ الرئيسي لعملية التمثيل الضوئي في النباتات. إلى حد ما، يمكن أن يعكس محتوى الكلوروفيل معدل التمثيل الضوئي للنبات (Qiu et al., 2007). يمكن أن يعزى الانخفاض في محتوى الأوراق من الكلوروفيل تحت الملوحة الشديدة إلى إضعاف مركب البروتين والصباغ والدهون الناجم عن الملح (Strogonove et al., 1970) أو زيادة نشاط إنزيم الكلوروفيليز (Noreen and Ashraf, 2009).

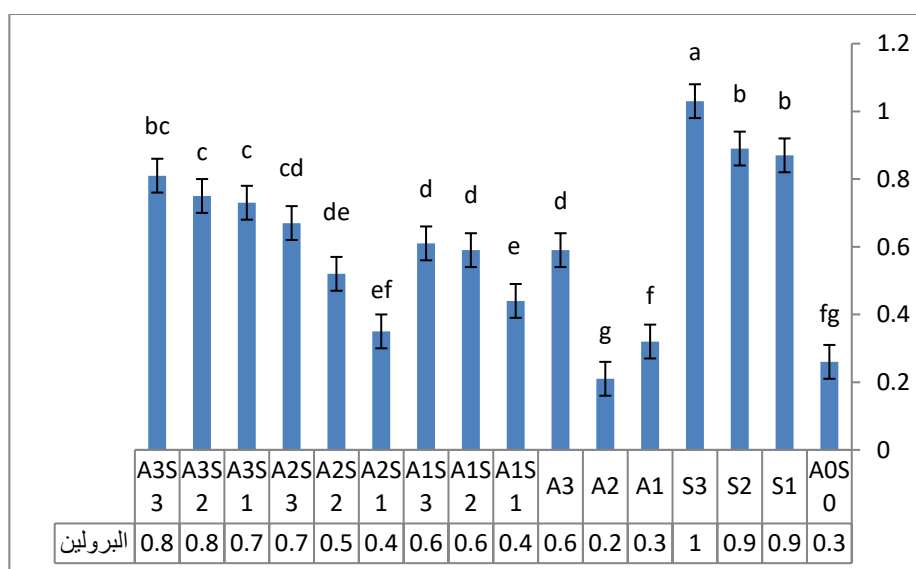
لوحظ انخفاض في محتويات Chl a و b تحت ضغط الملح، حيث يؤدي توليد ROS الزائد تحت ضغط الملح في الدراسة الحالية، إلى حدوث بيروكسيد وتلف غشاء البلاستيدات الخضراء، ومع ذلك، فإن زيادة الإجهاد التأكسدي يعد سبباً محتملاً لانخفاض محتويات الكلوروفيل تحت الملح (Kaya et al., 2018).

أدى التطبيق الورقي الخارجي للساليسيليك عند التراكيز المنخفضة إلى تحسين محتوى الأوراق من الكلوروفيل في نباتات القرطم بشكل ملحوظ عن طريق زيادة كفاءة مراكز التفاعل للكلوروفيل، والعائد الكمي لنقل الإلكترون ضمن النبات (Bulkhov et al., 1999). بالإضافة إلى تسريع إصلاح البروتين وبالتالي حماية نظام التمثيل الضوئي عن طريق تحفيز نشاط البروتين كيناز والفسفرة العكسية للبروتين (Hui-Jie et al., 2011).

4. تأثير الرش بحمض الساليسيليك والمعاملة بكلوريد الصوديوم في محتوى الأوراق الكلي من البرولين (ميكرومول/غ وزن رطب):

لوحظ من خلال قراءة نتائج الشكل (4) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث محتوى الأوراق من البرولين لنباتات القرطم (ميكرومول/غ وزن رطب).

أدى الإجهاد الملحي إلى زيادة معنوية ($P < 0.05$) في صفة محتوى الأوراق من البرولين والذي وصل إلى (1.03) ميكرومول/غ وزن رطب عند معاملة الملوحة (12) ميلليموز/سم² مقارنةً مع محتوى الأوراق من البرولين عند الشاهد (0.26) ميكرومول/غ وزن رطب.



الشكل (4): محتوى أوراق نباتات القرطم من البرولين التي تم معاملةتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة، تشير الرموز (S) لمعاملات الري بمياه مالحة (0، 4، 8 و 12 ميلليموز/سم²)، (A) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 0.5، 1 و 1.5 ميلليمول). تشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=3، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

أدت المعاملة بحمض الساليسيليك لوحدها إلى انخفاض في محتوى الأوراق من البرولين بشكل معنوي ($P < 0.05$)، وسجل أقل محتوى من البرولين في المعاملة A₂ (0.21) ميكرومول/غ وزن رطب وتلتها المعاملة A₁ (0.32) ميكرومول/غ وزن رطب بالمقارنة مع المعاملة A₃ (0.59) ميكرومول/غ وزن رطب.

أدت معاملة الساليسيليك والإجهاد الملحي معاً لانخفاض في محتوى الأوراق من البرولين عند التراكيز المنخفضة وزيادة في محتوى الأوراق من البرولين عند التراكيز المرتفعة، وسجل أقل محتوى من البرولين عند المعاملة A_2S_1 (0.35) ميكرومول/غ وزن رطب وعند المعاملة A_1S_1 (0.44) ميكرومول/غ وزن رطب مقارنةً بباقي المعاملات.

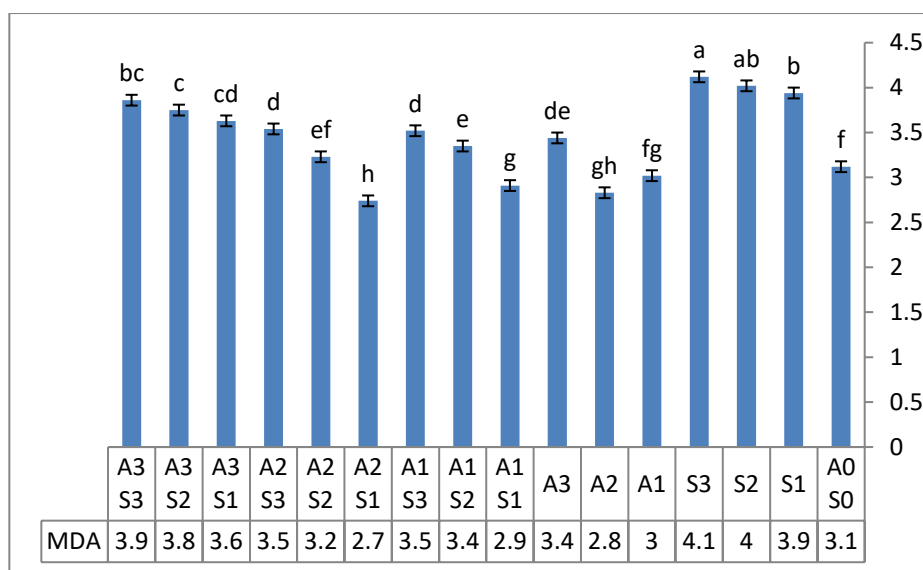
يُعزى سبب الزيادة الملحوظة في تركيز البرولين إلى استجابة النباتات للزيادة الحاصلة في تراكيز الملوحة (Erdal, and Çakırlar, 2014)، حيث أشارت دراسة إلى زيادة تراكيز البرولين ضمن فجوات سيتوبلازم الخلايا تحت ظروف الإجهاد الملحي (Hajer et al., 2006).

أدى تطبيق الساليسيليك في ظل الظروف المألحة إلى انخفاض مستويات البرولين مما قد يشير إلى التأقلم الناجح لهذه النباتات مع الظروف المألحة. تشير بياناتنا إلى أن تطبيق الساليسيليك لعب دوراً رئيسياً في حالة الإجهاد من خلال تنظيم التعديل الأسموزي ونظام مضادات الأكسدة وأتفق مع نتائج (Shaki et al., 2018).

5. تأثير الرش بحمض الساليسيليك والمعاملة بكلوريد الصوديوم في محتوى الأوراق الكلي من MDA (ميكرومول/غ وزن رطب):

لوحظ من خلال قراءة نتائج الشكل (5) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث محتوى الأوراق من MDA لنباتات القرطم (ميكرومول/غ وزن رطب).

أدى الإجهاد الملحي إلى زيادة معنوية ($P < 0.05$) في صفة محتوى الأوراق من MDA والذي وصل إلى (4.12) ميكرومول/غ وزن رطب عند معاملة الملوحة (12) ميلليموز/سم² مقارنةً مع محتوى الأوراق من MDA عند الشاهد (3.12) ميكرومول/غ وزن رطب.



الشكل (5): محتوى أوراق نباتات القرطم من MDA التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة، تُشير الرموز (S) لمعاملات الري بمياه مألحة (0، 4، 8 و 12 ميلليموز/سم²)، (A) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 0.5، 1 و 1.5 ميلليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري ($\text{means} \pm \text{SE}$)، $n=3$ ، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

أدت المعاملة بحمض الساليسيليك لوحدها إلى انخفاض في محتوى الأوراق من MDA بشكل معنوي ($P < 0.05$)، وسجل أقل محتوى من MDA في المعاملة A_2 (2.83) ميكرومول/غ وزن رطب وتلتها المعاملة A_1 (3.02) ميكرومول/غ وزن رطب بالمقارنة مع المعاملة A_3 (3.44) ميكرومول/غ وزن رطب والشاهد (3.12) ميكرومول/غ وزن رطب.

أدت معاملة الساليسيليك والإجهاد الملحي معاً لانخفاض في محتوى الأوراق من MDA عند التراكيز المنخفضة وزيادة في محتوى الأوراق من MDA عند التراكيز المرتفعة، وسجل أقل محتوى من MDA عند المعاملة A_2S_1 (2.74) ميكرومول/غ وزن رطب وعند المعاملة A_1S_1 (2.91) ميكرومول/غ وزن رطب مقارنةً بباقي المعاملات والشاهد.

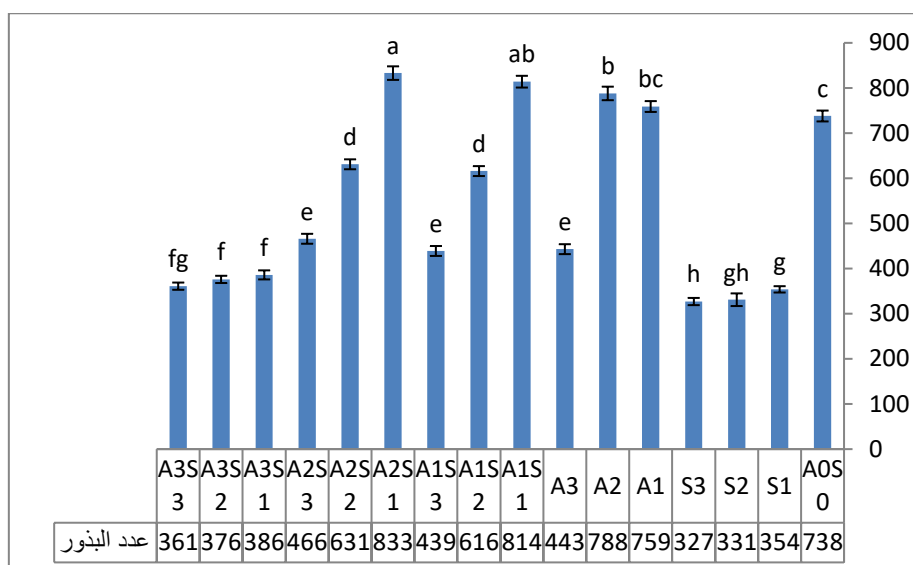
يعد محتوى MDA هو المنتج الثانوي لأكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة ويقاس بشكل عام بيروكسيد الدهون كمؤشر للإجهاد التأكسدي لتقييم مدى تلف الغشاء (Watanabe *et al.*, 2000)، حيث أنه تحت ضغط الملح، تتفاعل أنواع الأكسجين النشطة مع الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة وتتسبب في تكوين جذور البيروكسيد الدهنية. تتسبب هذه الجذور في تعطيل تنظيم الغشاء وسلامته لدى النباتات المجردة (Radic *et al.*, 2006)، ونتيجة لبيروكسيد الدهون في غشاء الخلية، يتم تشكيل MDA كمنتج تفاعل (Ohkawa *et al.*, 1979).

أظهرت نتائجنا بوضوح أن مستويات MDA زادت مع زيادة تراكيز كلوريد الصوديوم، وتتفق هذه النتائج مع تلك التي توصل إليها Mahmoudi *et al.* (2011) الذي وجد أنه تحت ضغط الملح زادت مستويات MDA، وتعد الزيادة في مستويات MDA هي علامة على توليد الجذور الحرة، وهي الأكسيد الفائق (O_2^-) وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) (Cavalcanti *et al.*, 2007)، وإن إجهاد الملوحة تسبب في زيادة محتوى MDA بما يتوافق مع نتائج (Alasvandyari and Mahdavi, 2017). أن تطبيق الساليسيليك بالتراكيز المنخفضة يساهم في تخفيف الآثار السيئة للملوحة، ربما عن طريق تقليل إنتاج ROS، وبالتالي الإجهاد التأكسدي (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2020)، ومع ذلك، وتماشياً مع نتائج الدراسة الحالية، فقد تم الإبلاغ عن أن التركيزات العالية من حمض الساليسيليك تدمر الأغشية البيولوجية الناتجة عن إنتاج الجذور الحرة بسبب تأثير حمض الساليسيليك (Mahdavi *et al.*, 2011)، والمعاملة بالتركيز المنخفض من الملح يعمل على تحفيز النمو من خلال تنشيط مضادات الأكسدة وزيادة بعض العناصر الصغرى المهمة في نمو النباتات (Hongqiao *et al.*, 2021).

6. تأثير الرش بـ حمض الساليسيليك والمعاملة بكلوريد الصوديوم في عدد البذور في النبات (بذرة/نبات):

لوحظ من خلال قراءة نتائج الشكل (6) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث عدد بذور نباتات القرطم (بذرة/نبات).

أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في صفة عدد بذور النبات والذي وصل إلى (327) بذرة/نبات عند معاملة الملوحة (12) ميلليموز/سم² مقارنةً مع عدد بذور النباتات عند الشاهد (738) بذرة/نبات.



الشكل (6): عدد البذور لنباتات القرطم التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة، تشير الرموز (S) لمعاملات الري بمياه مالحة (0، 4، 8 و 12 ملليموز/سم²)، (A) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 0.5، 1 و 1.5 ملليمول). تشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري ($\text{means} \pm \text{SE}$)، $n=3$ ، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P<0.05$, ANOVA-Tukey test).

زادت المعاملة بحمض الساليسيليك لوحدها من عدد بذور النبات بشكل معنوي ($P<0.05$)، وكان التفوق في المعاملة A₂ (788) بذرة/نبات وتلتها المعاملة A₁ (759) بذرة/نبات بالمقارنة مع المعاملة A₃ (443) بذرة/نبات والشاهد (738) بذرة/نبات. أدت معاملة الساليسيليك والإجهاد الملحي معاً لزيادة في عدد بذور النبات عند التراكيز المنخفضة وانخفاض في عدد بذور النبات عند التراكيز المرتفعة، وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملة A₂S₁ (833) بذرة/نبات وعند المعاملة A₁S₁ (814) بذرة/نبات مقارنةً بباقي المعاملات والشاهد.

أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض كبير في إنتاجية بذور القرطم، وذلك بسبب الانخفاض في محتوى الكلوروفيل في الأوراق، والمحتوى المائي النسبي وكفاءة النظام الضوئي (Strasser et al., 2000)،

يتميز حمض الساليسيليك بقدرته على الانتقال من مكان تصنيعه إلى الأعضاء الأخرى للنباتات المعاملة به (Alaey et al., 2011)، وبالتالي تعزيز تكوين النبات، والتمثيل الغذائي، والإنتاجية. في هذا الصدد، كان لدى الساليسيليك جوانب رائدة تتعلق بعلم وظائف الأعضاء النباتية، مثل تنظيم التمثيل الضوئي، وانقسام الخلايا، واستطالة الخلية، وإغلاق الثغور، والنتح، وامتصاص الأيونات، وتماييز الخلايا، وأنشطة مضادات الأكسدة، والتخليق الحيوي للبروتين، وتحمل الإجهاد (Hafez et al., 2020)، حيث يلعب حمض الساليسيليك دوراً بارزاً في تعزيز التأقلم مع الإجهاد الملحي في نباتات المحاصيل وزيادة إنتاجيتها عند التراكيز المخففة (Rasheed et al., 2020).

الاستنتاجات والمقترحات:

أثر إجهاد الملوحة سلباً على جميع الصفات والمؤشرات المقيمة في نبات القرطم، في حين أدى التطبيق الورقي للساليسيليك إلى تحسين وظائف النبات تحت ظروف الإجهاد وعدم الإجهاد وذلك عند استخدامه بالتراكيز المناسبة (0.5 - 1) ملليمول على عكس التركيز العالي. أدى رش الساليسيليك بالتركيزين المنخفضين إلى زيادة ارتفاع النبات وعدد الثغرات للنباتات المعاملة. علاوة على ذلك، عند رش الساليسيليك، تحسن إنتاج البذور، مما يدل على ذلك التأثير الإيجابي لهذا الحمض على أداء النبات عند التركيزين المنخفضين.

بشكل عام، أظهرت بياناتنا أن التطبيق الورقي ب 0.5 - 1 ملليمول من الساليسيليك أدى إلى تحسين مقاييس جميع السمات التي تم تحليلها في ظل ظروف الإجهاد وعدم الإجهاد في نباتات القرطم أما التركيز المرتفع فأدى إلى تأثيرات سلبية وحدوث إجهاد تأكسدي نتيجة لحدوث ارتفاع محتوى الأوراق من MDA.

توفر نتائج الدراسة معلومات مفيدة للحصول على الحد الأدنى من الضرر والحد الأقصى من التحمل، مما يؤدي إلى إنتاج أفضل من الأراضي المتأثرة بالملوحة ورؤى جديدة حول الدور الفسيولوجي لـ الساليسيليك في تحمل الإجهاد الملحي. هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات في ظروف الحقل لتحسين تراكيز الساليسيليك لتحقيق الزيادة المناسبة في إنتاجية البذور.

المراجع:

- Aftab T., Masroor M., Khan A., Idrees M., Naeem M. and Hashmi N. (2011). Methyl jasmonate counteracts boron toxicity by preventing oxidative stress and regulating antioxidant enzyme activities and artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua* L. *Protoplasma*, 248, 601-612.
- Ahammed GJ, Li X, Mao Q, Wan H, Zhou G, Cheng Y (2020) The SIWRKY81 transcription factor inhibits stomatal closure by attenuating nitric oxide accumulation in the guard cells of tomato under drought. *Physiol Plant*. <https://doi.org/10.1111/ppl.13243>.
- Alaey M, Babalar M, Naderi R, Kafi M (2011) Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on physio chemical attributes in relation to vase-life of rose cut flowers. *Postharvest Biol Technol* 61:91–94.
- Alasvandyari , F., & Mahdavi, B. (2017). Effect of glycinebetaine on growth and antioxidant enzymes of safflower under salinity stress condition. *Agriculture & Forestry*, 63(3), 85-95.
- Ashraf M, Akram N, Arteca R, Foolad M. (2010). The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. *Critic Rev Plant Sci*. 29(3):162–190.
- Bassil ES, Kaffka SR. (2002). Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation: I. consumptive water use. *Agric Water Manag*. 54(1):67–80.
- Bates, L.S.; R.P. Waldren.; and I.D. Tear (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39: 205–207.
- Bowles VG, Mayerhofer R, Davis C, Good AG, Hall JC. (2010). A phylogenetic investigation of *Carthamus* combining sequence and microsatellite data. *Plant Syst Evol*. 287(1–2):85–97.
- Bulkhov N., Wiese C., Neimanis S. and Heber U. (1999). Heat sensitivity of chloroplasts and leaves: Leakage of protons from thylakoids and reversible activation of cyclic electron transport. *Photosynthesis Research*, 59, 81-93 .
- Cavalcanti FR, Santos-Lima JPM, Ferreira-Silva SL, Viegas RA, Gomes-Silveira JA (2007) Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. *J Plant Physiol* 164:591–600. doi:10.1016/j.jplph.2006.03.004.
- Delfine S., Alvino A., Villani M.C. and Loreto F. (1999). Restrictions to carbon dioxide conductance and photosynthesis in spinach leaves recovering from salt stress. *Plant physiology*, 119, 1101–1106.
- Erdal, Ş. Ç., & Çakırlar, H. (2014). Impact of salt stress on photosystem II efficiency and antioxidant enzyme activities of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Turk J. Biol.*, 38, 549-560 .
- Esterbauer H, Cheeseman KH (1990). Determination of aldehydic lipid peroxidation products: malonaldehyde and 4-hydroxynonenal. *Method Enzymol* 186: 407–431.
- Farooq, M.; Hussain, M.; Wakeel, A.; Siddique, K.H.M(2015). Salt Stress in Maize: Effects, resistance mechanisms, and management. A Review. *Agron. Sustain. Dev*. 35, 461–481.

- Ghassemi-Golezani K, Hassanzadeh N, Shakiba MR, Esmaeilpour B (2020) Exogenous salicylic acid and 24-epi-brassinolide improve antioxidant capacity and secondary metabolites of *Brassica nigra*. *Biocatal Agric Biotechnol* 26:101636.
- Hafez EM, Omara AED, Alhumaydhi FA, El-Esawi MA (2020) Minimizing hazard impacts of soil salinity and water stress on wheat plants by soil application of vermicompost and biochar. *Physiol Plant*.
- Hajer A.S., Malibari H.S., Al-Zahrani H.S. and Almaghrabi O.A. (2006). Responses of three tomato cultivars to sea water salinity 1. Effect of salinity on the seedling growth. *African Journal of Biotechnoligy*, 5, 855- 861.
- Hayat Q, Hayat S, Irfan M, Ahmad A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environ Exp Bot*. 68 (1):14–25.
- Hongqiao, L., Suyama, A., Mitani-Ueno, N., Hell, R., & Maruyama-Nakashita, A. (2021). A low level of NaCl stimulates plant growth by improving carbon and sulfur assimilation in *Arabidopsis thaliana*. *Plants*, 10(10), 2138.
- Hui-Jie Zh., Xue-Juan Z.H., Pei-Fang M., Yue-Xia W., Wei-Wei H., Hong L. and Yi-Dan Zh. (2011). Effects of salicylic acid on protein kinase activity and chloroplast D1 protein degradation in wheat leaves subjected to heat and high light stress. *Acta Ecologica Sinica*, 31, 259–263.
- Jayakannan M, Bose J, Babourina O, Rengel Z, Shabala S. (2013). Salicylic acid improves salinity tolerance in *Arabidopsis* by restoring membrane potential and preventing salt-induced K⁺ loss via a GORK channel. *J Exp Bot*. 64(8):2255–2268.
- Joseph B., Jini D., Sujatha S. (2010). Insight into the role of exogenous salicylic acid on plants grown under salt environment. *Asian Journal of Crop Science*, 2, 226-235.
- Kaya C, Ashraf M, Sonmez O (2018) Combination of nitric Oxide and thiamine regulates oxidative defense machinery and key physiological parameters in salt-stressed plants of two maize cultivars differing in salinity tolerance. *Adv Agric Sci* 6:34–44.
- Khan NA, Syeed S, Masood A, Nazar R, Iqbal N (2010) Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *Int J Plant Biol* 1:e1–e1.
- Kumar S, Li G, Yang J, Huang X, Ji Q, Zhou K, Hou H (2020) Investigation of an antioxidative system for salinity tolerance in *Oenanthe javanica*. *Antioxidants* 9:940.
- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthesis biomesbranes. In: Colowick, S.P.; Kaplan, N.O. (eds). *Methods in Enzymology*. Academic Press, New York, Pp 350–382.
- Mady M.A. (2009). Effect of foliar application with salicylic acid and vitamin E on growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) *Plant Journal of Agricultural Science*, 34, 6735-6746.
- Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S. A. M., Aghaalikhani, M., Sharifi, M., & Dolatabadian, A. (2011). Chitosan improvw osmotic potential tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seedlings. *Journal of Crop Improvement*, 25(6), 728-741. doi:10.1080/15427528.2011.606354.
- Mahmoudi H, Kaddour R, Huang J, Nasri N, Baatour O, M'Rah S, Hannoufa A, Lachaal M, Ouerghi Z (2011) Varied tolerance to NaCl salinity is related to biochemical changes in two contrasting lettuce genotypes. *Acta Physiol Plant* 33:1613–1622. doi:10. 1007/s11738-010-0696 .

- Munns, R.; James, R.A.; Läuchli, A. (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57, 1025–1043.
- Nazar R, Umar S, Khan NA (2015) Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbate-glutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress. *Plant Signal Behav* 10:e1003751.
- Noreen Z. and Ashraf M. (2009). Changes in antioxidant enzymes and some key metabolites in some genetically diverse cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 67, 395-402.
- Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, Y. (1979). Assay of lipid peroxides in animal tissue by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95, 351-358.
- Osman MS, Badawy AA, Osman AI, Latef AAHA (2020) Ameliorative impact of an extract of the halophyte *Arthrocnemum macrostachyum* on growth and biochemical parameters of soybean under salinity stress. *J Plant Growth Regul.*
- Qiu D., Lin P. and Guo S.Z. (2007). Effects of salinity on leaf characteristics and CO₂/H₂O exchange of *Kandelia candel* (L.) Druce seedlings. *Journal of Forestry Science*, 53, 13-19.
- Radic', S., Radic'-Stojkovic', M., & Pevalak-Kozlina, B. (2006). Influence of NaCl and mannitol on peroxidase activity and lipid peroxidation in *Centaurea ragusina* L. roots and shoots. *Journal of Plant Physiology*, 163, 1284-1292.
- Rasheed F, Anjum NA, Masood A, Sofo A, Khan NA (2020) The key roles of salicylic acid and sulfur in plant salinity stress tolerance. *J Plant Growth Regul.* [https:// doi. Org/ 10. 1007/ s00344-020-10257-3](https://doi.org/10.1007/s00344-020-10257-3).
- Sadiq Y, Zaid A, Khan MMA (2020) Adaptive physiological responses of plants under abiotic stresses: role of phytohormones. In: Hasanuzzaman M (ed) *Plant ecophysiology and adaptation under climate change: mechanisms and perspectives I*. Springer, Singapore, pp 797–824.
- Shaki F, Maboud HE, Niknam V. (2018). Growth enhancement and salt tolerance of safflower (*Carthamus tinctorius* L.), by salicylic acid. *Curr Plant Biol.* 13:16–22.
- Sofy MR, Seleiman MF, Alhammad BA, Alharbi BM, Mohamed HI (2020) Minimizing adverse effects of pb on maize plants by combined treatment with jasmonic, salicylic acids and proline. *Agronomy* 10:699. <https://doi.org/10.3390/agronomy10050699>.
- Strasser R.J., Srivastava A. and Tsimilli-Michael M. (2000). The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: *Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation*. Edited by M. Yunus, U. Pathre and P. Mohanty. Taylor & Francis, London, 445–483.
- Strogonove B.P., Kabanov V.V., Lapina L.P. and Prykhodko L.S. (1970). Structure and fuction of plant cells under salinity conditions. Ist Edn., Nauka Publishing House, Moscow.
- Syeed S, Anjum NA, Nazar R, Iqbal N, Masood A, Khan NA (2011) Salicylic acid-mediated changes in photosynthesis, nutrients content and antioxidant metabolism in two mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Acta Physiol Plant* 33:877–886.
- Watanabe, S., Kojima, K., Ide, Y., & Sasaki, S. (2000). Effects of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in *Populus euphratica* in vitro plant cell. *Tissue and Organ Culture*, 63(3), 199-206. doi: 10.1023/A:1010619503680.
- Zafar S, Hasnain Z, Anwar S, Perveen S, Iqbal N, Noman A, Ali M (2019) Influence of melatonin on antioxidant defense system and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under saline condition. *Pak J Bot* 51:1987–1994.

- Zahedi AM, Fazeli I, Zavareh M, Dorry H, Gerayeli N. (2012). Evaluation of the sensitive components in seedling growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) affected by salinity. *Asian J Crop Sci.* 4 (4):159–164.
- Zemour, K., Adda, A., Labdelli, A., Dellal, A., Cerny, M., & Merah, O. (2021). Effects of Genotype and Climatic Conditions on the Oil Content and Its Fatty Acids Composition of *Carthamus tinctorius* L. Seeds. *Agronomy*, 11 (10), 2048. DOI: 10.3390/agronomy11102048.

The effect of initial spray with salicylic acid on some growth, biochemical, and productive characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under saline stress

Ahmed Soufi^{*(1)} and Ahmed Darkalt⁽²⁾

(1). Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(2). Department of Renewable natural resources and the environment, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Aleppo, Syria.

(* Corresponding author: Dr. Ahmed Soufi, E-mail: 7mada.movo9@gmail.com, phone: 0991266905).

Received: 12/12/2023

Accepted: 12/02/2024

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of foliar spraying with salicylic acid on vegetative growth of safflower under saline conditions in Damsarkho village, Latakia, Syria in 2023. A factorial trial based on a randomized complete design (R.C.D.) with three replications was used. The treatments consisted of four salinity levels (0, 4, 8 and 12 ml/cm²) and four salicylic acid concentrations (0, 0.5, 1 and 1.5 mmol). Traits such as plant height, number of branches, leaf content of chlorophyll, proline, MDA and number of seeds per plant were measured. The results of the study showed that salinity levels and salicylate concentrations significantly affected ($P < 0.05$) the studied properties and indicators, and as salinity increased, the properties of all studied indicators decreased. Comparisons of averages indicated an improvement in the vegetative growth Characteristics, biochemical indicators, and studied plant productivity when treated with salicylic acid, especially at a concentration of 1 mmol. The interaction between salinity and salicylic acid led to significant effects on the studied indicators. Low concentrations led to a relative improvement in the studied morphological, biochemical and production characteristics, and the A2S1 treatment outperformed all treatments and the control. In contrast, the high concentration led to negative effects.

Keywords: salicylic acid, salt stress, safflower.