

تأثير الرش بحمض الساليسيليك في تحمل نبات الريحان الحلو (*Ocimum basilicum* L.) للملوحة

احمد ادهم صوفي⁽¹⁾ مجد محمد درويش*⁽¹⁾ نزار علي معلأ⁽¹⁾

(1). قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

(*المراسلة الباحث: مجد درويش، البريد الإلكتروني: majds26@yahoo.com،

هاتف: 0096341416401، فاكس: 0096341416401)

تاريخ القبول: 2020/9/27

تاريخ الاستلام: 2020/08/18

الملخص:

نُفذ البحث خلال الموسم الزراعي 2019 في إحدى البيوت البلاستيكية التابعة لكلية الهندسة الزراعية في جامعة تشرين - محافظة اللاذقية - سورية، وذلك بزراعة شتول الريحان في اكياس بلاستيكية تم توزيعها وفقاً للتصميم العشوائي الكامل (CRD) وبثلاث مكررات لكل معاملة. هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك رشاً على المجموع الخضري وبتراكيز (1، 5 و 10ملي مول) في نمو وإنتاجية نباتات الريحان الحلو وذلك قبل أسبوعين من ري النباتات بمحاليل ملحية محضرة من ملح كلوريد الصوديوم وبتراكيز (6، 12 و 18مليمول/سم²). تم قياس مجموعة من المؤشرات المورفولوجية (ارتفاع النبات (سم)، عدد التفرعات (فرع/نبات)، قطر الساق (سم²))، المؤشرات الفيزيولوجية (مساحة المسطح الورقي الكلي (سم²)، معدل التمثيل الضوئي (ملغ/سم²/يوم))، المؤشرات البيوكيميائية (المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب) ومحتوى البرولين في الأوراق (ميكرو مول/غ وزن رطب) ومركب المالنويل-دي الدهيد MDA (نانومول/ غ وزن رطب)) والمؤشرات الإنتاجية (الغلة الورقية الخضراء والجافة (غ/نبات)). أدت المعاملة بملح كلوريد الصوديوم لتأثيرات سلبية، ازدادت حداثتها مع زيادة التركيز، في نمو وإنتاجية الريحان. زادت المعاملة بحمض الساليسيليك، وبشكل خاص عند التركيز 1 و 5 ميليمول من نمو وإنتاجية الريحان وكان ذلك في أغلب المعايير والصفات المدروسة. كما وحسنت المعاملة الأولية بحمض الساليسيليك، وبشكل خاص عند التركيز 1 و 5 ميليمول، مؤشرات النمو والإنتاجية وتحمل الإجهاد الملحي. وهكذا، يمكن الاقتراح باستخدام معاملات الرش على المجموع الخضري بحمض الساليسيليك وبتراكيز 1-5 ميليمول لغرض تحسين نمو الريحان وغلته الورقية الخضراء والجافة وزيادة تحمله للإجهاد الملحي.

الكلمات المفتاحية: الريحان، حمض الساليسيليك، الإجهاد الملحي.

المقدمة:

ينتمي الريحان الطو *Ocimum Basilicum* إلى الفصيلة الشفوية Lamiaceae ويوجد حالياً أكثر من 160 صنف زراعي (Sullivan, 2009)، وله تسميات متعددة منها ثغر، حبق، حوت، حمام، ريحان، الملك، ريحان سليمان (الحسين والمهدي، 1990).

ينتشر نبات الريحان بمعظمه في مناطق غرب أفريقيا كما ويتواجد في مناطق آسيا وأمريكا، ويُستخدم نبات الريحان بكمية كبيرة في الطهي وذلك لنكهته المميزة (Naghbi et al., 2005) حيث يُعد نبات الريحان واحداً من أكثر التوابل انتشاراً في العالم (Putievsky and Galambosi, 1999).

فضلاً عن ذلك، فإن لأوراق الريحان خواص تساعد في شفاء الجروح، وفعالية مضادة للفيروسات والبكتيريا لاحتوائها على مركبات الفينولات ذات الخاصية المضادة للأكسدة أيضاً (Nguyen and Niemeyer, 2008)، وإن زيت الريحان يستخدم على نطاق واسع في صناعات العطور ومستحضرات التجميل والمنكهات والأدوية (Mohammadzade et al., 2013) وله دور مهم في تسكين الشقيقة ويساعد على خفض ضغط الدم والكوليسترول والسكر ويعتبر مضاد للأرق (قنيس، 2006).

تُعد الملوحة من أهم العوامل البيئية التي تحد من نمو النباتات، فحوالي 900 مليون هكتار من الأراضي الزراعية في العالم تتأثر بالملوحة (Hasegawa, 2013)، وإن الإجهاد الملحي كظاهرة تعني زيادة ماء الري للأملح أو زيادة ملوحة التربة بالدرجة التي تصل بها لأن تكون عاملاً مثبطاً للإنتاج الزراعي في المناطق الجافة وشبه الجافة (الصعدي، 2005). إن زيادة الملوحة في التربة لها تأثير سلبي على نمو النبات لما تسببه من اختلال التوازن الغذائي، وانخفاض في امتصاص الماء واضطراب عمليات الاستقلاب النباتي مؤثراً بذلك على العمليات الحيوية في النبات (Kaydan et al., 2007).

إن نبات الريحان كغيره من النباتات المزروعة، يمكن أن يتأثر نموه وتطوره بشكل كبير بملوحة التربة ومياه الري (Attia et al., 2011). بينت نتائج (عيال وكريم، 2017) أن زيادة تراكيز الملوحة في مياه الري أثرت سلباً في تراكيز البروتين والكربوهيدرات وتراكيز الصبغات النباتية (كلوروفيل أ و ب والكلوروفيل الكلي والكاروتين)، وزيادة في تراكيز البرولين والمادة الجافة، كما تأثر حجم الثغور وعددها وحركتها لدى نبت الريحان. وفي دراسة (da Silva et al., 2018) على نبات الريحان، أثرت زيادة ملوحة مياه الري سلباً على نمو النبات (ارتفاع النبات - عدد الأوراق - قطر الساق - مساحة الورقة). وأظهرت دراسة (Delavari et al., 2014) انخفاض في نسبة الإنبات والجذور والوزن الطازج والجاف لنبات الريحان وانخفضت صبغيات التمثيل الضوئي بتأثير الملوحة. وكشفت نتائج تجربة أجراها (Caliskan et al., 2017) انخفاضات كبيرة في الغلة مع زيادة مستويات الملوحة.

في الواقع، إنه للحد من الآثار الضارة للملوحة على النباتات تُستخدم العديد من الاستراتيجيات ومنها المعاملة بحمض الساليسيليك، الذي هو مشتق فنولي كما يُعد من الهرمونات النباتية Phytohormone. استُخدم هذا المركب من خلال تطبيقه على مجموعة واسعة من أنواع النباتات، حيث لعب دوراً هاماً في تنظيم نمو النبات وتطوره، وإنبات البذور والإزهار، بالإضافة إلى تأثيره في امتصاص الأيونات وحركتها ضمن النبات (Bagherifard et al., 2015)، كما ويؤثر الرش بحمض الساليسيليك على مجموعة من العمليات البيوكيميائية والفيزيولوجية المتنوعة في النباتات ومنها: إنبات البذور (Cutt and Klessig, 1992)، إغلاق الثغور (Larque-Saavedra, 1979)، نفاذية الأغشية الخلوية (Barkosky and Einhellig, 1993)، ومعدل التمثيل الضوئي والنمو (Khan et al., 2003).

أظهرت نتائج (Darwish, 2017) أن المعاملة الأولية بحمض الساليسيليك زادت من تحمل نبات التبغ للإجهاد الضوئي. وأجريت بعض الدراسات باستخدام حمض الساليسيليك للتخفيف من آثار الملوحة على نباتات الريحان (Delavari et al., 2011)؛ (Shekoofeh et al., 2012). وأظهرت نتائج (Delavari et al., 2014) أنه تم تخفيف الآثار السلبية للملوحة عند المعاملة بحمض الساليسيليك على نبات الريحان. وأشار (Talaat et al., 2014) أن رش نبات *Ammi visnaga* بحمض الساليسيليك بتركيز 0.1 ميلليمول أدى إلى زيادة ارتفاع النبات وعدد الأفرع والأوراق ومعدل الوزن الطري والجاف.

تأتي أهمية البحث من أن مشكلة ملوحة التربة تعد واحدة من المشكلات القديمة التي أثرت في نمو وتطور النباتات على مر العصور وإلى يومنا هذا، ويعتقد أن زوال الحضارة السومرية في جنوب العراق كان من أحد أسبابها الرئيسية هو تراكم الأملاح في الأراضي الزراعية وبالتالي تدهور الاقتصاد الزراعي. هذا ونظراً لأهمية نبات الريحان عالمياً وكثرة استخداماته الطبية والغذائية، فضلاً عن المكانة المميزة التي من المتوقع أن يحتلها زراعياً، كغيره من النباتات الطبية والعطرية، على مستوى القطر في المستقبل المنظور، ولكون النبات يُزرع مروباً فإن نموه وتطوره في كثير من الأحيان يعاني من ظاهرة الإجهاد الملحي التي تؤثر سلباً في كمية ونوعية الإنتاج.

يهدف هذا البحث إلى:

1. دراسة تأثير المعاملة رشاً بحمض الساليسيليك على نبات الريحان.
2. دراسة تأثير معاملة الإجهاد الملحي المتمثلة بالري بمحاليل محضرة من ملح كلور الصوديوم على نبات الريحان.
3. دراسة تأثير المعاملة الأولية بحمض الساليسيليك في تخفيف الآثار السلبية للملوحة.

مواد البحث وطرقه:

أُجريت التجربة خلال الموسم 2019-2020 م في البيت البلاستيكي التابع لجامعة تشرين كلية الزراعة- قسم المحاصيل الحقلية- محافظة اللاذقية، كما أُجريت التحاليل الكيميائية في مخابر كلية الزراعة- جامعة تشرين. أُجري تحليل كيميائي لعينة من التربة، تم الحصول عليه من مشتل كلية الزراعة لاستخدامها في الأكياس المراد زراعتها، وذلك لمعرفة قوامها ومحتواها من العناصر الغذائية، وجاءت النتائج كما هو مبين في الجدول (1).

جدول (1): خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية.

السعة التبادلية ميلي مكافئ/100 غ تربة	PH	EC ds/m	المحتوى الكلي %		تحليل ميكانيكي (ملغ/كغ) تربة جافة					
			CaCO ₃	O.M.	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	رمل	سنت	طين
28	8.2	0.32	50	1.66	120	20	0.3	71	12	17

تتميز التربة بأنها رملية فقيرة بالأزوت والمادة العضوية وذات محتوى جيد من البوتاسيوم وغنية بالفوسفور، كما أن سعته التبادلية منخفضة نظراً لغناها بالرمل. استخدم في هذا البحث شتول نبات الريحان الحلو وتمتاز نباتاته بحجم أوراقه وهي شبيهة بأوراق نبات الخس. حيث تمت زراعة الشتول الريحان الحلو بتاريخ 2019/8/1 في تجربة عاملية باستخدام التصميم التام العشوائية (CRD)، وذلك في أكياس بلاستيكية (15×30 سم) بسعة (5-6) كغ تربة، تحتوي على تربة تم تحضيرها كخليط من الرمل والطين بنسبة (1:2) من تربة مشتل الكلية.

تم الري بمياه مالحة بمعدل رية واحدة كل 3 ريات، وذلك باستخدام محاليل محضرة من ملح كلوريد الصوديوم NaCl حيث تم تحضيرها بحيث تقابل الناقلية الكهربائية وفق المعاملات التالية:

$$T_0 = 0 \text{ ميلليمول/سم}^2 \text{ (ماء عذب)}, T_1 = 6 \text{ ميلليمول/سم}^2, T_2 = 12 \text{ ميلليمول/سم}^2, T_3 = 18 \text{ ميلليمول/سم}^2$$

وتم رش نباتات الريحان بعد أسبوعين من التشتيل، أي في طور البادرة، بحمض الساليسيليك رشتين فقط (بين الرشاة والأخرى أسبوع) وبحجم لمحلول الرش 1 لتر لنباتات كل معاملة وذلك قبل الري بالماء الملح كمايلي:

$$SA_0 = 0 \text{ ميلليمول}, SA_1 = 1 \text{ ميلليمول}, SA_2 = 5 \text{ ميلليمول}, SA_3 = 10 \text{ ميلليمول}$$

حيث كانت المعاملات كالتالي:

SA_0T_0 (الشاهد) لم تتم معاملة النباتات بحمض الساليسيليك أو الري بالمحلول الملحي

T_1 معاملة الري بكلوريد الصوديوم (6 ميلليمول/سم²)

T_2 معاملة الري بكلوريد الصوديوم (12 ميلليمول/سم²)

T_3 معاملة الري بكلوريد الصوديوم (18 ميلليمول/سم²)

SA_1 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 1 ميلليمول

SA_1T_1 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 1 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (6 ميلليمول/سم²)

SA_1T_2 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 1 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (12 ميلليمول/سم²)

SA_1T_3 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 1 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (18 ميلليمول/سم²)

SA_2 المعاملة رشاً بحمض الساليسيليك بتركيز 5 ميلليمول

SA_2T_1 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 5 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (6 ميلليمول/سم²)

SA_2T_2 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 5 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (12 ميلليمول/سم²)

SA_2T_3 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 5 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (18 ميلليمول/سم²)

SA_3 المعاملة رشاً بحمض الساليسيليك بتركيز 10 ميلليمول

SA_3T_1 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 10 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (6 ميلليمول/سم²)

SA_3T_2 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 10 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (12 ميلليمول/سم²)

SA_3T_3 الرش بحمض الساليسيليك بتركيز 10 ميلليمول ومعاملة الري بكلوريد الصوديوم (18 ميلليمول/سم²)

دُرست الخصائص والصفات التالية:

1- القراءات المورفولوجية:

- ارتفاع النبات Plant Height (سم): وذلك بقياس ارتفاع النبات (سم) بدءاً من مستوى سطح التربة حتى القمة النامية مع دخول النباتات مرحلة الإزهار.
- عدد التفرعات وقطر الساق: تم قياسها عند مرحلة الإزهار.

2- القراءات الفيزيولوجية: مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات Plant Leaf Area (سم²): من المعادلة التالية:

PLA (سم²/نبات) = مجموع مساحة جميع أوراق النبات.

LAI = المساحة الورقية للنبات (سم²) / المساحة التي يشغلها النبات من الأرض (سم²)

حيث تم قياس المساحة الورقية بالطريقة الوزنية وفقاً (Vivekanandan et al., 1972).

- معدل التمثيل الضوئي الصافي Net Photosynthesis Rate (ملغ/سم²/يوم): ويُحسب من المعادلة التالية (Williams, 1946):

$$NPR = \frac{(\text{Log } e^{L2} - \text{Log } e^{L1})(W2 - W1)}{(T2 - T1)(L2 - L1)}$$

- NPR: صافي إنتاج التمثيل الضوئي، ملغ/سم²/يوم، $L1$ و $L2$: مساحة الأوراق (سم²) في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب، $W1$ و $W2$: وزن النباتات الجاف في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب، $T1$ و $T2$: عدد الأيام بين المرحتين.
- 3- المؤشرات البيوكيميائية:

- المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات Chlorophyll and Carotenoids Contents (ميكروغرام/غ وزن رطب): وذلك بسحق عينات معروفة الوزن من أوراق الريحان 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 الأورق Proline content (ميكرو مول/غ وزن رطب): تم تحليل محتوى الأوراق من البرولين وفقاً لطريقة (Bates et al., 1973). حيث تم سحق 100 ملغ من أوراق الريحان 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 المتلج 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 المالونيل دي-الدهيد Malonyldialdehyde (نانومول/غ وزن رطب): كنتاج نهائي لعملية أكسدة اللبيدات وفقاً للطريقة المستخدمة من قبل (Murshed et al., 2013)، وذلك باستخدام حمض ثلاثي كلور-أسيتيك 0.1 % TCA وحمض الثيوباربيتيوريك (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.

4- مؤشرات الغلة الورقية:

- محصول الأوراق الخضراء Leaves Fresh Weight: إنتاجية المساحة المزروعة بالريحان من الأوراق الخضراء (غ/نبات).
- محصول الأوراق الجافة Leaves Dry Weight: إنتاجية المساحة المزروعة بالريحان من الأوراق الجافة هوائياً (غ/نبات)

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

النتائج والمناقشة:

1. تأثير الرش بحمض الساليسيليك والإجهاد الملحي في ارتفاع النبات (سم):

تُشير معطيات الجدول (2) لوجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث ارتفاع نباتات الريحان (سم). أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في صفة ارتفاع النبات والذي بلغ (96 و 94 و 90) سم على التوالي عند معاملات الملوحة (6 و 12 و 18) ميليموز/سم مقارنةً مع ارتفاع النباتات عند الشاهد (98 سم).

جدول (2): ارتفاع نباتات الريحان التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة.

مستويات الملوحة				المعاملة
T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	
90 ± 1 ^d	94 ± 1 ^{cd}	96 ± 1 ^c	98 ± 1 ^{bc}	SA ₀
96 ± 1 ^c	100 ± 2 ^b	107 ± 1 ^a	104 ± 1 ^{ab}	SA ₁
86 ± 1 ^{de}	98 ± 2 ^{bc}	101 ± 2 ^b	100 ± 2 ^b	SA ₂
83 ± 1 ^e	97 ± 1 ^c	96 ± 2 ^c	98 ± 2 ^{bc}	SA ₃

تُشير الرموز (T) لمعاملات الري بمياه مالحه (0 و 6 و 12 و 18 ميليموز/سم)، (SA) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 1 و 5 و 10 ميليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري ($means \pm SE$)، $n=3$ ، 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 هذا التأثير الإيجابي أكثر وضوحاً عند المعاملة SA₁ (104 سم) بالمقارنة مع المعاملة SA₂ (100 سم) والمعاملة SA₃ (98 سم) والشاهد (98 سم). وأدت معاملة الساليسيليك والملح معاً لزيادة في ارتفاع النبات، وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملة SA₁T₁ (107 سم) مقارنةً ببقية المعاملات والشاهد.

أن التأثير السلبي للملوحة في ارتفاع النبات تمت الإشارة إليه من قبل (Udovenko et al., 1970)، حيث بين أن التراكيز العالية من الملوحة تعمل على تثبيط النشاط الإنزيمي وإيقاف 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 وتشكل أوراق صغيرة الحجم والمساحة. وفضلاً عن دور الساليسيليك في علاج الأضرار الناجمة عن الملوحة، فإنه يعمل على زيادة ارتفاع النبات، في هذا السياق أشار (Delavari et al., 2014) لأن المعاملة بحمض الساليسيليك قد حسنت من ارتفاع البادرة لنباتات الريحان عند مستويات الملوحة المنخفضة.

2. تأثير الرش بحمض الساليسيليك (SA) والإجهاد الملحي في تفرعات النبات (فرع/نبات):

تُشير نتائج تحليل التباين (الجدول 3) إلى وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث عدد تفرعات نباتات الريحان.

أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في صفة عدد التفرعات والذي بلغ 27 و 26 و 24 فرع/نبات على التوالي عند معاملات الملوحة 6 و 12 و 18 ميلليمول/سم وذلك بالمقارنة مع 29 فرع/نبات عند معاملة الشاهد.

جدول (3): عدد التفرعات لنباتات الريحان التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة.

مستويات الملوحة				المعاملة
T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	
24 ± 0.5 ^g	26 ± 0.5 ^f	27 ± 0.5 ^f	29 ± 1 ^{de}	SA ₀
31 ± 1 ^d	33 ± 0.5 ^c	38 ± 1 ^a	35 ± 1 ^b	SA ₁
24 ± 1 ^{fg}	30 ± 0.5 ^{de}	30 ± 1 ^{de}	31 ± 0.5 ^{de}	SA ₂
23 ± 0.5 ^g	24 ± 0.5 ^g	29 ± 0.5 ^c	26 ± 0.5 ^f	SA ₃

تُشير الرموز (T) لمعاملات الري بمياه مالحة (0 و 6 و 12 و 18 ميلليمول/سم)، (SA) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 1 و 5 و 10 ميلليمول). تُشير 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).

زادت المعاملة بحمض الساليسيليك 1 و 5 ميلليمول لوحدها من عدد التفرعات بشكل معنوي ($P < 0.05$)، وكان هذا التأثير الايجابي أكثر وضوحاً عند معاملة الرش SA₁ (35 فرع/نبات) بالمقارنة مع المعاملة SA₂ (31 فرع/نبات) و المعاملة SA₃ (26 فرع/نبات) والشاهد (29 فرع/نبات).

وزادت معاملة الساليسيليك والملح معاً من عدد تفرعات النبات عند التراكيز المنخفضة، وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملة بالتراكيز المخففة SA₁T₁ (38 فرع) مقارنةً ببقية المعاملات والشاهد.

في ظل النمو النباتي تحت الظروف المالحة يحدث للنباتات العديد من الاضطرابات الفسيولوجية والمورفولوجية فالتأثير المثبط الرئيسي للملوحة هو التأثير التناضحي والسمية الأيونية، كما ويؤثر سلباً على عدد تفرعات النبات (Trivellini et al., 2014). وبالنسبة للتأثير الإيجابي للمعاملة بحمض الساليسيليك وتحت ظروف الملوحة، فقد اشارت بعض الدراسات لدور حمض الساليسيليك في التخفيف من آثار الملوحة على نمو نباتات الريحان وزيادة عدد التفرعات (Shekoofeh et al., 2012)؛ (Mohammad zadeh et al., 2013).

3. تأثير الرش بحمض الساليسيليك والمعاملة بكلوريد الصوديوم في قطر ساق النبات (سم):

أظهرت معطيات الجدول (4) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث قطر ساق نباتات الريحان. أدى الإجهاد الملحي إلى انخفاض معنوي ($P < 0.05$) في صفة قطر الساق والذي بلغ 0.66 و 0.62 و 0.56 سم على التوالي عند النباتات النامية بظروف الملوحة 6 و 12 و 18 ميلليمول/سم² مقارنةً مع قطر الساق 0.79 سم عند معاملة الشاهد. زادت المعاملة بحمض الساليسيليك لوحدها من قطر الساق بشكل معنوي ($P < 0.05$)، وكان هذا التأثير الايجابي أكثر وضوحاً عند المعاملة SA₁ (0.85 سم) بالمقارنة مع المعاملة SA₂ (0.82 سم) والمعاملة SA₃ (0.80 سم) والشاهد (0.79 سم). وأشارت معاملة الساليسيليك والملح معاً لزيادة معنوية ($P < 0.05$) في صفة قطر الساق، وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملة SA₁T₁ (0.90 سم) مقارنةً ببقية المعاملات والشاهد.

تُشير الدراسات السابقة إلى أن التأثير السلبي للملوحة على النباتات قد يؤدي إلى اضطرابات في استقلاب النباتات، مما يؤدي

بالتالي إلى تقليل نمو النبات (Allakhverdiev et al., 2000)

جدول (4): قطر الساق لنباتات الريحان التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة.

مستويات الملوحة				المعاملة
T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	
0.56 ± 0.02 ^f	0.62 ± 0.02 ^{ef}	0.66 ± 0.02 ^e	0.79 ± 0.02 ^c	SA ₀
0.77 ± 0.02 ^c	0.81 ± 0.02 ^{bc}	0.90 ± 0.02 ^a	0.85 ± 0.02 ^b	SA ₁
0.71 ± 0.01 ^d	0.78 ± 0.01 ^c	0.8 ± 0.02 ^{bc}	0.82 ± 0.01 ^{bc}	SA ₂
0.58 ± 0.02 ^f	0.67 ± 0.02 ^e	0.75 ± 0.02 ^{cd}	0.80 ± 0.01 ^{bc}	SA ₃

تُشير الرموز (T) لمعاملات الري بمياه مالحة (0 و 6 و 12 و 18 ميليموز/سم)، (SA) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 1 و 5 و 10 ميليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=3، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة (ANOVA-Tukey test, P<0.05).

إن رش المجموع الخضري للنبات بحامض الساليسيليك يعمل على زيادة نشاط المجموع الخضري وزيادة نمو النبات وتحسين مقاومة النبات للإجهاد الملحي (Kaydan et al., 2007). كما يزيد حمض الساليسيليك من قطر الساق وهذا يتفق مع ما توصل إليه (da Silva et al., 2018).

4. تأثير الرش بحمض الساليسيليك (SA) والمعاملة بكلوريد الصوديوم في مساحة المسطح الورقي الكلي (سم²/نبات):

أظهرت نتائج الجدول (5) انخفاضاً معنوياً (P<0.05) في مساحة المسطح الورقي الكلي (سم²) لدى النباتات المعرضة للإجهاد الملحي، وكان هذا الانخفاض ملحوظاً بشكل أكبر مع زيادة مستويات الملوحة، حيث بلغت مساحة المسطح الورقي الكلي 4205 و 4118 و 3818 سم² عند معاملات الملوحة T₁ و T₂ و T₃ على التوالي، وذلك بالمقارنة مع الشاهد (5822 سم²). أدى رش نباتات الريحان بحمض الساليسيليك إلى زيادة مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات وذلك عند استخدام التركيز المنخفض من الساليسيليك 1 ميليمول، وكانت هذه الزيادة معنوية (P<0.05) فبلغ المسطح الورقي عند المعاملة SA₁ (6140 سم²)، هذا وسببت التراكيز العالية المستخدمة من حمض الساليسيليك انخفاضاً معنوياً في مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات فبلغ 5110 و 4436 سم² على التوالي عند المعاملات SA₂ و SA₃.

جدول (5): مساحة المسطح الورقي الكلي لنباتات الريحان التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة.

مستويات الملوحة				المعاملة
T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	
3818 ± 90 ^f	4118 ± 104 ^e	4205 ± 104 ^e	5822 ± 107 ^b	SA ₀
4804 ± 99 ^d	6082 ± 101 ^{ab}	6272 ± 103 ^a	6140 ± 106 ^a	SA ₁
3729 ± 92 ^f	5294 ± 94 ^c	5294 ± 95 ^c	5110 ± 105 ^c	SA ₂
3610 ± 90 ^f	3691 ± 94 ^f	3691 ± 95 ^f	4436 ± 102 ^e	SA ₃

تُشير الرموز (T) لمعاملات الري بمياه مالحة (0 و 6 و 12 و 18 ميليموز/سم)، (SA) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 1 و 5 و 10 ميليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=3، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة (ANOVA-Tukey test, P<0.05).

كما وحسنت معاملات الرش الساليسيليك من مساحة المسطح الورقي الكلي لنباتات الريحان النامية تحت ظروف الملوحة وبشكل خاص عند التركيزين 1 و 5 ميليمول تحت ظروف الملوحة T₁ و T₂ وبلغت أعلى قيم للمسطح الورقي للنباتات 6272 سم² عند المعاملة SA₁T₁، وأظهر التركيز المرتفع من حمض الساليسيليك SA₃ تأثيراً معاكساً تحت ظروف الملوحة المستخدمة.

يُعد المسطح الورقي الذي يُشكله النبات مؤشراً مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً بظروف التغذية المتاحة للنبات، كما ويُساهم في غلة النبات نظراً لدوره الأساسي في عملية التمثيل الضوئي (عبد العزيز، 2009).

يعود هذا التأثير السلبي للملوحة في تخفيض مساحة المسطح الورقي للنبات لتثبيط عمل انزيم الروبيسكو (Rubisco) (Ribulose 1,5-biphosphates carboxylase/oxygenase) وهو الانزيم المثبت لغاز CO₂ في عملية التمثيل الضوئي ليتم تحويله إلى كربون عضوي (Seeman and Sharkey, 1986).

يؤدي الإجهاد الملحي إلى انخفاض في مساحة التمثيل الضوئي المتاحة لدعم النمو المستمر (Sultana et al., 1999)، وهكذا يؤخر ضعف نشاط التمثيل الضوئي في النبات من نمو نباتات الريحان، حيث كان ذلك واضحاً عبر الانخفاض الحاصل في صفة ارتفاع النبات ومساحة المسطح الورقي الكلي للنبات. يتفق هذا مع ما ذكره الصعيدي (2005) بأن الإجهاد الملحي يؤثر في كل من النمو والشكل المورفولوجي والتركييب التشريحي للأوراق ويقلل من مساحتها. كما وأثبت (da Silva et al., 2018) ؛ (Delavari et al., 2014) في هذا السياق أيضاً أن الملوحة سببت انخفاضاً معنوياً في النمو الخضري لنبات الريحان والذي تناسب طرداً مع زيادة تراكيز الملوحة.

هناك تأثير إيجابي ملحوظ لحمض الساليسيليك وبشكل خاص عند التراكيز المنخفضة المستخدمة في تحسين خصائص وصفات النمو ولا سيما مساحة المسطح الورقي للنبات النامية تحت ظروف الملوحة (Hayat and Ahmed, 2007).

5. تأثير الرش بحمض الساليسيليك (SA) والمعاملة بكلوريد الصوديوم في معدل التمثيل الضوئي الصافي (ملغ/سم²/يوم):

نلاحظ من بيانات الجدول (6) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث المعدل الصافي لعملية التمثيل الضوئي (NPR). حيث خفضت معاملات الإجهاد معدل التمثيل الضوئي، فبلغت قيمته 0.12 و 0.10 و 0.06 ملغ/سم²/يوم على التوالي عند المعاملات T₁، T₂ و T₃ مقارنة بالشاهد (0.15 ملغ/سم²/يوم).

جدول (6): معدل التمثيل الضوئي (ملغ/سم²/يوم) لنباتات الريحان التي تم معاملتها بحمض الساليسيليك تحت ظروف الملوحة.

مستويات الملوحة				المعاملة
T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	
0.06 ± 0.003 ^m	0.10 ± 0.003 ^k	0.12 ± 0.003 ^h	0.15 ± 0.002 ^e	SA ₀
0.11 ± 0.002 ^g	0.16 ± 0.002 ^f	0.18 ± 0.002 ^a	0.17 ± 0.002 ^b	SA ₁
0.11 ± 0.003 ⁱ	0.12 ± 0.002 ^g	0.13 ± 0.002 ^c	0.16 ± 0.002 ^c	SA ₂
0.09 ± 0.003 ^j	0.11 ± 0.003 ^{hi}	0.12 ± 0.003 ⁱ	0.15 ± 0.002 ^d	SA ₃

تُشير الرموز (T) لمعاملات الري بمياه مالحه (0 و 6 و 12 و 18 ميلليمول/سم)، (SA) المعاملة بحمض الساليسيليك (0، 1 و 5 و 10 ميلليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطاء المعياري (means ± SE)، n=3، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

زادت معاملات الرش لنباتات الريحان بحمض الساليسيليك معدل التمثيل الضوئي الصافي وكانت هذه الزيادة معنوية ($P < 0.05$) عند المعاملات SA₁ و SA₂ فبلغ 0.17 و 0.16 ملغ/سم²/يوم على التوالي مقارنةً بالشاهد.

في المقابل، حسنت معاملات الرش بحمض الساليسيليك من معدل التمثيل الضوئي لنباتات الريحان النامية تحت ظروف الملوحة، وكان هذا التأثير ملحوظاً بشكل أكبر عند معاملات التراكيز المنخفضة من الساليسيليك SA₁ و SA₂ تحت ظروف الملوحة المستخدمة، وسجل معدل التمثيل الضوئي أعلى قيمة له عند المعاملة SA₁T₁ فبلغ 0.18 ملغ/سم²/يوم.

في الواقع، تمت الإشارة في وقت سابق للتأثير السلبي للإجهاد الملحي وخصوصاً عند التراكيز المرتفعة من ملح NaCl في معدل التمثيل الضوئي (Sivstev *et al.*, 1973)، وذلك نظراً للخلل الذي تسببه الأملاح في مقدرة جذور النبات على امتصاص كل من الآزوت والكبريت والمغنيزيوم التي تدخل في تركيب جزيئات الكلوروفيل ما يحدث انخفاضاً في محتوى صبغات التمثيل الضوئي والذي ينعكس بدوره سلباً على معدل التمثيل الضوئي في النبات (العاني، 1980). في هذا السياق، أظهرت نتائج Attia *et al.* (2011) انخفاضاً ملحوظاً في معدل التمثيل الضوئي ومساحة المسطح الورقي والنمو النباتي لدى الريحان الحلو تحت ظروف المعاملة بكلوريد الصوديوم NaCl. يوافق هذا ما توصل إليه (الشحات، 2000) بأن جميع النباتات النامية في الظروف الملحية تصغر أوراقها، ومع ما ذكره (الصعدي، 2005) بأن الإجهاد الملحي يؤثر في كل من النمو والشكل المورفولوجي والتركيب التشريحي للأوراق ويقلل من مساحتها.

تلعب منظمات النمو دوراً كبيراً في النمو الخضري والزهري ومنها حامض الساليسيليك الذي يعد كهرمون نباتي له دور في نمو النبات وتطوره فضلاً عن دوره في زيادة تحمل النباتات للإجهادات الإحيائية واللاحيائية (Hayat and Ahmed, 2007). وقد أظهرت العديد من التجارب زيادة تحمل النباتات للإجهادات باستخدام معاملات الرش بتراكيز مختلفة من الساليسيليك SA والذي يؤثر على معدل التمثيل الضوئي والنمو بشكل ايجابي (Khan *et al.*, 2003).

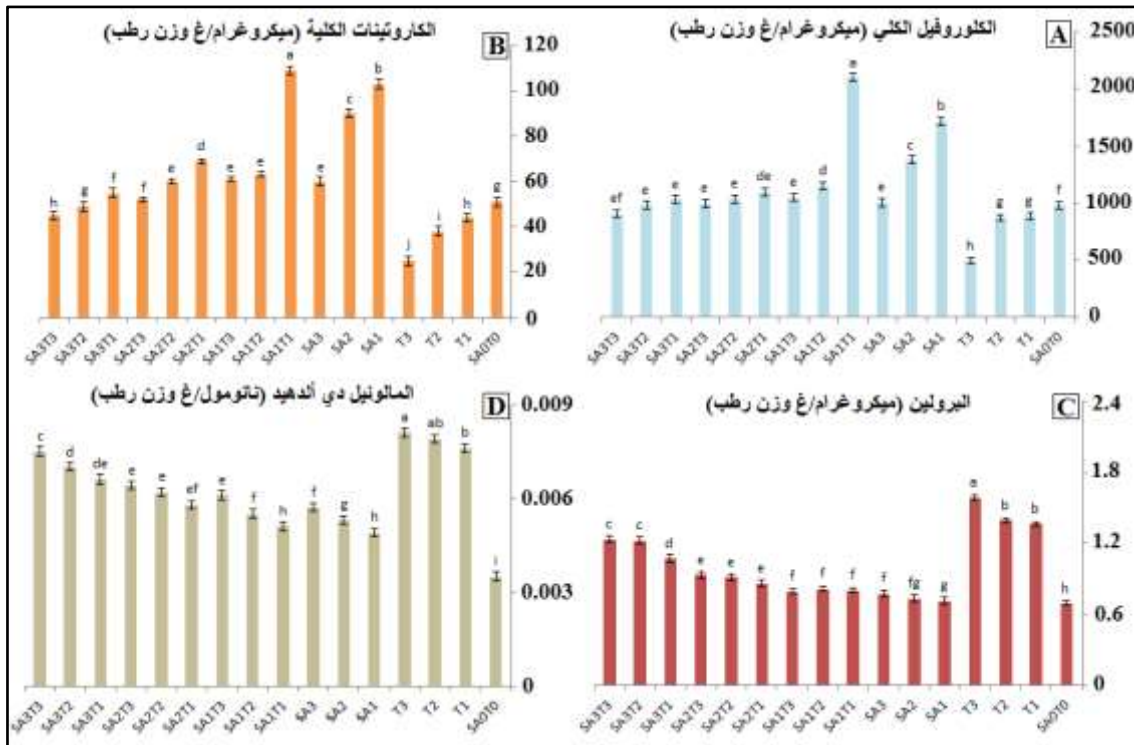
6. تأثير الرش بحمض الساليسيليك (SA) والمعاملة بكلوريد الصوديوم في محتوى الأوراق الكلي من الكلوروفيل والكاروتينات والبرولين ومركب المألونيل دي ألدهيد (MDA):

أظهرت نتائج تحليل التباين (الشكل 1 A و B) وجود فروقات معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات من حيث محتوى الأوراق الكلي من الكلوروفيل والكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب).

أدت المعاملة بالإجهاد الملحي لانخفاض معنوي ($P < 0.05$) في محتوى أوراق الريحان الكلي من الكلوروفيل والكاروتينات، وازداد هذا الانخفاض مع زيادة تركيز الملوحة المستخدمة، حيث بلغ محتوى الكلوروفيل حوالي 890، 875 و 494 (ميكروغرام/غ وزن رطب) وفي محتوى الكاروتينات حوالي 44، 38 و 25 (ميكروغرام/غ وزن رطب) على التوالي عند معاملات الملوحة T_1 ، T_2 و T_3 مقارنةً بمحتوى أوراق الشاهد من الكلوروفيل والكاروتينات (980 و 51 ميكروغرام/غ وزن رطب، على التوالي).

حسنت جميع معاملات الرش بحمض الساليسيليك محتوى الكلوروفيل والكاروتينات لدى أوراق نباتات الريحان سواءً لدى نباتات الشاهد أم تلك النامية تحت ظروف التراكيز المختلفة من الملوحة T_1 ، T_2 و T_3 . حيث لوحظ زيادة أكثر وضوحاً عند الرش بالساليسيليك وذلك بالمقارنة مع معاملات الملوحة لوحدها والشاهد، فبلغ محتوى الكلوروفيل الكلي (1716، 1378، 1008) ميكروغرام/غ وزن رطب ومحتوى الكاروتينات الكلية (103، 90، 60) ميكروغرام/غ وزن رطب على التوالي في أوراق نباتات المعاملات SA_1 و SA_2 و SA_3 . وتفوقت نباتات المعاملة SA_1T_1 بمحتوى أوراقها من الكلوروفيل الكلي والكاروتينات (2101 و 109 ميكروغرام/غ وزن رطب) على جميع المعاملات المدروسة والشاهد.

يؤثر الملح على مكونات التمثيل الضوئي مثل الكلوروفيل والكاروتينات، وتعتمد هذه التغييرات على شدة ومدة الإجهاد (Misra *et al.*, 1997). يُفسر هذا الانخفاض الملحوظ في محتوى أوراق الريحان من صبغات التمثيل الضوئي (الكلوروفيل و الكاروتينات)، بأن التراكيز العالية من أملاح كلور الصوديوم تؤدي لزيادة تحلل جزيئات الكلوروفيل وتحطم البلاستيدات الخضراء وقلّة نشاطها الفيزيولوجي في النبات (Balsamo and Thomson, 1995 ؛ Taleisnik *et al.*, 1983).



الشكل 1. يُظهر محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (A)، الكاروتينات الكلية (B)، البرولين (C) ومركب المالنويل دي ألدهيد MDA (D) في نبات الريحان الحلو (*Ocimum basilicum* L.) لدى نباتات الشاهد (SA₀T₀)، نباتات معاملات الري بمياه مالحة (T) (0 و 6 و 12 و 18 ميلليمول/سم)، ونباتات معاملات الرش بحمض الساليسيليك (SA) (0، 1 و 5 و 10 ميلليمول). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطاء المعياري (means ± SE)، n=3، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل مؤشر عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

يتفق هذا مع (الشحات، 1990) الذي فسّر هذا الانخفاض في محتوى الكلوروفيل والكاروتينات بتأثر الغرانا ضمن البلاستيدات الخضراء بشوارد الملوحة المتراكمة مما أدى إلى تكسر هذه البلاستيدات. أما من حيث التأثير الإيجابي للرش بحمض الساليسيليك على محتوى صبغات التمثيل الضوئي، فوجد (Senaratna et al., 2000) أن الرش بحمض الساليسيليك SA قد زاد من محتوى الكلوروفيل والكاروتينات في أوراق نباتات البندورة. إذ يُعرف حمض الساليسيليك SA أيضاً بأهميته ودوره في استجابات النبات وزيادة تحمله للإجهاد البيئي، فيعمل على الإسراع في اصطناع صبغات الكلوروفيل والكاروتينات وبالتالي تسريع عملية التمثيل الضوئي فضلاً عن زيادة نشاط بعض الانزيمات الضرورية لهذه العملية (Popova et al., 1997).

أشارت نتائج الشكل (1 C) لوجود فروقات معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث محتوى الأوراق من البرولين (ميكروغرام/غ وزن رطب).

سببت الملوحة زيادة معنوية ($P < 0.05$) في محتوى أوراق نباتات الريحان من البرولين وبشكل يتناسب وتركيز كلوريد الصوديوم المستخدم وذلك عند المعاملات T₁، T₂ و T₃ مقارنةً بالشاهد، كما وأدى الرش بحمض الساليسيليك لوحده أو مع معاملات الملوحة لزيادة معنوية ($P < 0.05$) في تركيز البرولين لدى أوراق نباتات الريحان. يُعزى سبب الزيادة الملحوظة في تركيز البرولين إلى استجابة النباتات للزيادة الحاصلة في تراكيز الملوحة، حيث أشار عدد من الباحثين إلى زيادة تركيز البرولين ضمن فجوات سيتوبلازم الخلايا تحت ظروف الملوحة (de Azevedo Neto et al., 2006)؛ Ashraf and Foolad, 2007؛ Kaya et al., 2007). يوافق هذا مع ما توصل إليه (Babaei et al., 2014) بأن التراكيز المرتفعة من الملوحة (10-20 ميلليمول/سم) قد أدت إلى تراكم كبير للبرولين ضمن أوراق الذرة الصفراء، ومع ما ذكره (Shtereva et al., 2015)؛ ضاهر وآخرون، (2020) بأن زيادة تراكيز الملوحة تسبب زيادة في تراكيز البرولين في أوراق نباتات الذرة السكرية النامية في الأوساط المالحة. إن البرولين

كواحد من الأحماض الأمينية المنشطة للنمو والتي يُشكل تراكمها في النباتات المعرضة للإجهادات استجابة دفاعية أولية تُساهم في المحافظة على مستوى مناسب الضغط الاسموزي (Osmotic pressure) ضمن الخلية النباتية (Mansour *et al.*, 2005) ؛ Koca *et al.*, 2007 ؛ Cha-Um and Kirdmanee, 2009)، ونظراً لدور حمض الساليسيليك في مسارات الاستجابة، كونه من المركبات ذات الأثر الهرموني في النبات، ما يمكن أن يفسر الزيادة الملحوظة في محتوى الأوراق من البرولين عند الرش بحمض الساليسيليك.

أظهرت نتائج الشكل (D 1) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث المحتوى من مركب المالونيل دي-الدهيد (MDA). أدت المعاملات بكلوريد لصوديوم لزيادة معنوية ($P < 0.05$) في محتوى أوراق نبات الريحان من مركب MDA بالمقارنة مع الشاهد، تتناسب هذه الزيادة طردياً مع زيادة تركيز الملح المستخدم، حيث بلغت الزيادة في محتوى MDA 0.0076 و 0.0079 و 0.0081 نانومول/غ وزن رطب لدى نباتات المعاملات T_1 ، T_2 و T_3 على التوالي مقارنةً بنباتات الشاهد 0.0035 نانومول/غ وزن رطب. كما ولوحظ زيادة معنوية في محتوى الأوراق من مركب المالونيل دي-الدهيد عند الرش بحمض الساليسيليك عند المعاملات SA_1 و SA_2 و SA_3 . وبالمقارنة مع معاملات الملوحة لوحدها فقد خفضت معاملات الرش بحمض الساليسيليك من محتوى الأوراق من مركب MDA ما يدل على شدة إجهاد أقل. في هذا السياق، أشار (Darwish 2017) لدور حمض الساليسيليك في تقليل تراكم مركب MDA في أوراق نبات التبغ وبالتالي الحد من ظاهرة الإجهاد التأكسدي المتسبب عن تأثير التركيزات العالية المتركمة من الماء الأوكسجيني H_2O_2 . إن تراكم مركب المالونيل دي-الدهيد، كنتاج أكسدة الليبيدات، من المؤشرات الهامة والدالة على حالة الإجهاد التأكسدي في النبات في النبات (Velikova *et al.*, 2000) ؛ Verma and Dubey, 2003).

7. تأثير الرش بحمض الساليسيليك (SA) والمعاملة بكلوريد الصوديوم في وزن النبات من الأوراق الخضراء (غ/نبات) والجافة (غ/نبات):

تُشير معطيات الجدول (7) لوجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث وزن الأوراق الخضراء والجافة (غ/نبات). حيث ازداد وزن الأوراق الخضراء ليلبغ 157 و 128 و 105 غ/نبات ووزن الأوراق الجافة حوالي 39 و 35 و 31 غ/نبات عند معاملات الرش بالساليسيليك SA_1 ، SA_2 و SA_3 على التوالي مقارنةً بالشاهد (124 و 32 غ/نبات). أدت المعاملة بالملح لانخفاض معنوي ($P < 0.05$) في أوزان الأوراق الخضراء (133، 105 و 99 غ/نبات) والجافة (30، 29 و 26 غ/نبات) عند المعاملات T_1 ، T_2 و T_3 على التوالي مقارنةً بنباتات الشاهد.

جدول (7): يُظهر الجدول وزن الأوراق الخضراء (غ/نبات)، وزن الأوراق الجافة (غ/نبات) في نباتات الريحان، لدى نباتات الشاهد (SA_0T_0)، نباتات المعاملة بحمض الساليسيليك (SA) (1، 5 و 10 ميليمول)، نباتات المعاملة بالملح (T) (6 و 12 و 18 ميليمول/سم) ونباتات المعاملة بحمض الساليسيليك والملح معاً.

المعاملات	وزن الأوراق الخضراء	وزن الأوراق الجافة
SA_0T_0	124 ± 5^{def}	32 ± 1^{ef}
T_1	113 ± 6^{ef}	30 ± 1^f
T_2	105 ± 4^f	29 ± 1^f
T_3	99 ± 3^{fg}	26 ± 1^g
SA_1	157 ± 5^b	39 ± 0.5^b
SA_2	128 ± 5^d	35 ± 1^d
SA_3	105 ± 5^f	31 ± 1^f

45 ± 0.5 ^a	173 ± 5 ^a	SA ₁ T ₁
41 ± 1 ^b	164 ± 4 ^{ab}	SA ₁ T ₂
31 ± 1 ^{ef}	140 ± 3 ^c	SA ₁ T ₃
37 ± 0.5 ^c	158 ± 4 ^b	SA ₂ T ₁
35 ± 0.5 ^d	157 ± 4 ^b	SA ₂ T ₂
27 ± 1 ^{fg}	111 ± 3 ^f	SA ₂ T ₃
32 ± 0.5 ^e	118 ± 4 ^e	SA ₃ T ₁
29 ± 1 ^f	114 ± 3 ^{ef}	SA ₃ T ₂
22 ± 1 ^g	86 ± 3 ^g	SA ₃ T ₃

تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=3، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل معيار عند كل معاملة (P<0.05, ANOVA-Tukey test).

حسنّت، في المقابل، معاملات الساليسيليك من تحمل النباتات لتأثير الإجهاد المتسبب عن الملح وكان هذا التأثير الإيجابي ملحوظاً عند الرش بحمض الساليسيليك وبالتركيز 1 و 5 ميلليمول وسجل أعلى وزن للأوراق الخضراء (173 و 158 غ/نبات) والجافة (45 و 37 غ/نبات) عند المعاملات SA₁T₁ و SA₂T₁ على التوالي.

أشارت الدراسات السابقة لأن المساحة الورقية ومساحة المسطح الورقي الكلي للنبات تتأثر بشكل كبير بعوامل الإجهاد، وذلك نظراً لتأثير العامل المجهّد في منع تطاول الأوراق (Dadkhah and Griffiths, 2006). يتأثر نمو النبات عموماً بالإجهادات البيئية كملوحة التربة وقلة الماء (Levitt, 1972)، ما ينعكس سلباً في غلة أوراق النبات الخضراء والجافة. تلعب منظمات النمو، ومنها حمض الساليسيليك، دوراً كبيراً في نمو النبات وتطوره، فحمض الساليسيليك كهرمون نباتي له دور في نمو النبات (Hayat and Ahmed, 2007)، ما قد يفسر الزيادة الملحوظة، سواءً في معاملات الشاهد أو تحت ظروف الملوحة، في وزن الأوراق الخضراء والجافة والنتيجة عن الرش بحمض الساليسيليك، ويتفق هذا مع ما أشار إليه (Talaat et al., 2014؛ da Silva et al., 2018).

الاستنتاجات والمقترحات:

أدت الملوحة ولاسيما عند التراكيز المرتفعة (12 و 18) ميلليمول/سم لانخفاض في نمو وإنتاجية نباتات الريحان والذي ظهر واضحاً في أغلب الخصائص والصفات المدروسة ومنها: ارتفاع النبات Plant Height (سم/نبات)، عدد التفرعات (فرع/نبات)، قطر الساق (سم²)، مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات Plant Leaf Area (سم²/نبات)، المعدل الصافي لعملية التمثيل الضوئي Net Photosynthesis Rate (ملغ/سم²/يوم)، محتوى الأوراق من الكلوروفيل والكاروتينات والغلة الورقية الخضراء والجافة (غ/نبات). وازداد في المقابل المحتوى من البرولين (ميكروغرام/غ وزن رطب) ومركب المألونيل-دي الدهيد MDA (نانومول/ غ وزن رطب) حسنّت معاملات الرش بالساليسيليك وعند التركيز 1 و 5 ميلليمول جميع المؤشرات المدروسة لنباتات الريحان النامية في ظروف الشاهد والملوحة. وهكذا يمكن الاقتراح باستخدام معاملات الرش بحمض الساليسيليك، وبتركيز 1-5 ميلليمول، كمحفزات لغرض تحسين النمو، غلة الأوراق الخضراء والجافة، فضلاً عن دوره في زيادة تحمل إجهاد الملوحة وذلك عند زراعة نباتات الريحان في بيئات تحوي تراكيز مرتفعة من الأملاح.

المراجع:

الحسين، محمد وتهاني المهدي (1990). النباتات الطبية زراعتها، مكوناتها، استخداماتها العلاجية. مكتبة ابن سينا للنشر والتوزيع والتصدير. القاهرة، مصر.

الشحات، نصر ابو زيد (2000). الهرمونات النباتية والتطبيقات الزراعية- الدار العربية للنشر والتوزيع، 681 صفحة.

- العاني، عبد الله نجم (1980). مبادئ علم التربة، كلية الزراعة، جامعة بغداد، مطبعة بيت الحكمة، العراق، 296 صفحة.
- الصعدي، حامد (2005). تربية النباتات تحت ظروف الإجهادات المختلفة والموارد الشحيحة (Low Input) والأسس الفسيولوجية لها، دار النشر للجامعات المصرية، 331 صفحة.
- ضاهر، ميس؛ مجد، درويش، وسوسن هيفا (2020). تأثير المعاملة بحمض الجبريليك (GA3) والسماذ المعدني (NPK) المتوازن في بعض الخصائص الإنتاجية والنوعية لدى هجين الذرة السكرية (*Zea mays var. saccharata*) ميرت (*Merit Hybrid*) تحت ظروف الإجهاد الملحي، المجلة السورية للبحوث الزراعية، المجلد 7، العدد 3، 278-259 صفحة.
- عبد العزيز، محمد (2009). تحليل النمو في الفول العادي تحت تأثير الكثافة النباتية، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، المجلد 31، العدد الأول، 9-22 صفحة.
- عيال، عبد الوهاب، ورناء كريم (2017). تأثير الإجهاد الملحي على بعض أنواع نباتات الريحان أوشيم *basilicum L.* والنعناع *Mentha piperita L.* في محافظة ذي قار. مجلة جامعة ذي قار العلمية، المجلد 12، العدد 1، 19-41 صفحة.
- قنيس، جميل (2006). مستشار الانسان في الغذاء والدواء. معجم طب الاعشاب والاغذية. دار البشائر: 211 صفحة.
- Allakhverdiev, S.I.; A. Sakamoto; Y. Nishiyama; M. Inaba; and N. Murata (2000). Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus sp.* Plant Physiology 123: 1047–1056.
- Ashraf, M.; and M.R. Foolad (2007). Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycinebetaine and proline. Environmental and Experimental Botany 59: 206–216.
- Arya, V.; and R. Thakur (2012). Microscopic Analysis of *Gentiana regeliana*. India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2: p.32.
- Attia, H.; C. Ouhibi; A. Ellili; N. Msilini; G. Bouzaïen; N. Karray; and M. Lachaâl (2011). Analysis of salinity effects on basil leaf surface area, photosynthetic activity, and growth. Acta Physiologiae Plantarum 33: 823–833.
- Babaei, K; A. Pirzad; and M.B. Aleyzadeh (2014). Effect of sodium chloride on some morpho-physiological traits in *Zea mays L.* BioTechnology: An Indian Journal 9: 366–371.
- Bagherifard, G.; A. Bagheri; H. Sabourifard; G. Bagherifard; and M. Najar (2015). The effect of salicylic acid on some morphological and biochemistry parameters under salt stress in herb artichoke (*Cynara scolymus L.*). Research Journal of Fisheries and Hydrobiology 10: 745–750.
- Balsamo, R.A.; and W.W. Thomson (1995). Salt effect on membrane of the hypodermis and mesophyll cells of *Avicennia germinans* (Avicenniaceae): a freeze-fracture study. American Journal of Botany 4: 435–440.
- Barkosky, R.R.; and F.A. Einhellig (1993). Effects of salicylic acid on plant water relationship. Journal Chemical Ecology 19: 237–247.
- 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.
- Caliskan, O.; D. Kurt; K.E. Temizel; and M.S. Odabas (2017). Effect of salt stress and irrigation water on growth and development of sweet basil (*Ocimum basilicum L.*). Open Agriculture 2: 589–594.

- Cha-Um, S.; and C. Kirdmanee (2009). Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Botany* 40: 87–98.
- Cutt, J.R.; and D.F. Klessig (1992). Salicylic acid in plants: A changing perspective. *Pharmaceutical Technology* 16 :25–34.
- Dadkhah, A.R.; and H. Grrifiths (2006). The effect of salinity on growth, inorganic ions and dry matter partitioning in sugar beet cultivars. *Journal of Agriculture and Sciences Technology* 8: 199–210.
- Darwish, M. (2017). Salicylic acid pretreatment improves the tolerance of tobacco seedlings to alternation of light/dark periods stress. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 13: 731–743.
- de Azevedo Neto, A.D.; J.T. Prisco; J. Eneas; C.E.B. de Abreu; E. Gomes-Filho (2006). Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt sensitive maize varieties. *Environmental and Experimental Botany* 56: 87–94.
- Delavari, M.; S. Enteshari; and K.K. Manoochehri (2014). Effects of Response of *Ocimum basilicum* to the interactive effect of salicylic acid and salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology* 4: 983–990.
- Delavari, M.; K.K. Manoochehri; S. Enteshari; and A. Baghizadeh (2011). Effect of salicylic acid and salt stress on Na and K content in *Ocimum basilicum* L. *Iranian Journal of Plant Physiology* 1: 135–139.
- da Silva, T.I.; J.S. de Melo Filho; A.C. de Melo Gonçalves; L.V. de Sousa; J.G. de Moura; T.J. Dias; and R.M.N. Mendonça (2018). Salicylic acid effect on *Ocimum basilicum* L. during growth in salt stress and its relationship between phytomass and gas Exchange. *Journal of Experimental Agriculture International* 22: 1–10.
- Hasegawa, P.M. (2013). Sodium (Na⁺) homeostasis and salt tolerance of plants. *Environmental and Experimental Botany* 92: 19–31.
- Hayat, S.; and A. Ahmad (2007). Salicylic acid- a plant hormone. Springer Science and Business Media. Springer Netherlands Publisher, Pp 401.
- Kaya, C.; A.L. Tuna; M. Ashraf; and H Altunlu (2007). Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. *Environmental and Experimental Botany* 60: 397–403.
- Kaydan, D.; M. Yagmur; and N. Okut (2007). Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarim Bİlimleri Dergisi* 13: 114–119.
- Khan, W; B. Prithviraj; and P. Smith (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology* 20: 1–8.
- Koca, H.; M. Bor; F. Özdemir; and I. Türkan (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 60: 344–351.
- Larque-Saavedra, A. (1978). The anti-transpirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L. *Physiologia Plantarum* 43: 126–128.
- Levitt, J. (1972). Salt and ion stresses. In: *Physiological ecology: a series of monographs texts and treatises*. Academic press, London, Pp 489–530.
- 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.

- Mansour, M.M.F.; K.H.A. Salama; F.Z.M. Ali; and A.F.A. Hadid (2005). Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. *General and Applied Plant Physiology* 31: 29–41.
- Misra, A.N.; S. M. Sahu; M. Mishra; P. Singh; I. Meera; N. Das; M. Kar; and P. Sahu (1997). Sodium chloride induced changes in leaf growth and pigment and protein contents in two rice cultivars. *Biologia Plantarum* 39: 257–262.
- Murshed, R.; F. Lopez-Lauri; and H. Sallanon (2013). Effect of salt stress on antioxidant systems depends on fruit development stage. *Physiology and Molecular Biology Plants* 20: 15–29
- Naghibi, F.; M. Mosadegh; M.S. Mohammadi; and A.B Ghorbani (2005). Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 2: 63–79.
- Nguyen, P.M.; and E.D. Niemeyer (2008). Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 8685–8691.
- Popova, L.; T. Pancheva; and A. Uzunova (1997). Salicylic acid: Properties, Biosynthesis and physiological role. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 23: 85–93.
- Putievsky, E.; and B. Galambosi (1999). Production systems of sweet basil. In: Hiltunen R.; Holm Y. (eds). *Basil: The genus Ocimum*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, Pp 39–65.
- Seeman, J.R.; and T.D. Sharkey (1986). Salinity and nitrogen effects on photosynthesis Ribolol-1-5 biphosphate carboxylase in (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Physiology* 82: 555–560.
- Senaratna, T.; D. Touchell; E. Bunn; and K. Dixon (2000). Acetyl salicylic acid (Asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157–161.
- Shekoofeh, E.; H. Sepideh; and R. Roya (2012). Role of mycorrhizal fungi and salicylic acid in salinity tolerance of *Ocimum basilicum* resistance to salinity. *African Journal of Biotechnology* 11: 2223–2235.
- Shtereva, L.A.; R.D. Vassilevska-Ivanova; and T.V. Karceva (2015). Effect of salt stress on some sweet corn (*Zea mays var. saccharata*) genotypes. *Archives of Biological Sciences* 67: 993–1000.
- Sivstev, M.V.; S.A. Ponomareva; and E.A. Kuznetsova (1973). Chlorophyllase activity in tomato leaves under influence of salinization and herbicide. *Soviet Plant physiology* 20: 47–49.
- Sullivan, C. (2009). *The science, culture and politics of food in spring*, Hamilton college, United states of America, 2009.
- Sultana, N.; T. Ikeda; and R. Itoh (1999). Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany* 42: 211–220.
- Talaat, I.M.; H.I. Khattab; and A.M Ahmed (2014). Changes in growth, hormones levels and essential oil content of *Ammi visnaga* plants treated with some bioregulators. *Bioscience* 5:57–64.
- Taleisnik-Gertel, E.; M. Tal.; and M.C. Shannon (1983). The responses to NaCl of excited fully differentiating tissues of cultivated tomato and its wild relatives. *Physiologia Plantarum* 59: 659–663.
- Trivellini, A.; B. Gordillo; F.J. Rodríguez-Pulido; E. Borghesi; A. Ferrante; P. Vernieri; N. Quijada-Morín; M.L. González-Miret; and F.J. Heredia (2014). Effect of salt stress in the

- regulation of anthocyanins and color of Hibiscus flowers by digital image analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62: 6966–6974.
- Udovenko, G.V.; V.F. Mashanskii; and I.A. Sinitskoya (1970). Changes of root cell ultrastructure under salinization in plants of different salt resistance. *Soviet Plant Physiology* 17: 813–818.
- Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151: 59–66.
- Verma, S.; and R.S. Dubey (2003). Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Science* 164: 645–655.
- Vivekanandan, A.S.; H.P.M. Gunasena; and T. Sivanayagam (1972). Statistical evaluation of the accuracy of three techniques used in the estimation of leaf area of crop plants. *Indian Journal of Agricultural Science* 42: 850–857.
- Williams, R.F. (1946). The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. *Annals of Botany* 37: 41–71.

Effect of Salicylic Acid Spraying on the Tolerance of Basil (*Ocimum basilicum* L.) to Salinity

Ahmed soufi^{*1)} Majd Darwish^{*1)} and Nizar Moalla⁽¹⁾

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

(* Corresponding author: Majd Darwish, E-mail: majds26@yahoo.com).

Abstract:

The experiment was carried out in a greenhouse at the Faculty of Agriculture, Tishreen University- Lattakia-Syria during the agricultural season 2019, by the cultivation of basil seedlings in plastic pots that were distributed according to the randomized complete design (CRD) with three replicates per treatment. The aim research was to study the effect of salicylic acid (SA) (1, 5 and 10 mM) on plant growth, development and productivity of basilica (*Ocimum basilicum* L.) plants, that were treated by SA spray before NaCl treatment (6, 12 and 18 dS/cm) with two weeks. So, the morphological (plant height (cm), number of branches (branch/plant) and stem diameter (cm), the physiological (leaf area cm²/plant and net assimilation rate (mg/cm²/day), the biochemical (chlorophyll and carotenoids contents (µg/g FW), proline content (µg/g FW) and malonyldialdehyde (MDA) (nmol/g FW)) and the productivity characteristics (fresh and dry leaves yield (g/plant) have been studied. The treatment with salt, especially at the high concentration, conducted to negative effects in the growth and the productivity of basil. The treatment with salicylic acid, especially at 1 and 5 mM, increased the growth and productivity of basil, as indicated in all the studied traits and characteristics. The salicylic acid pretreatment, particularly at 1 and 5 mM, also improved the growth and productivity of basil plant, and increased its tolerance to salt stress. Taken together, the salicylic acid spray, at 1-5 mM concentrations on basil seedlings, can be suggested to improve the plant growth, the fresh and dry leaves and the basil tolerance to salt stress.

Keywords: *Ocimum basilicum* L., Salicylic acid, salt stress.