Journal of Nature, Life and Applied Sciences
Volume (6), Issue (2) : 30 Jun 2022
P: 56 - 76

AJSRP
ISSN: 2522-3356

مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية
المجلد (6)، العدد (2) : 30 يونيو 2022م
ص: 56 - 76

Effect of salicylic acid on seedling of *Vigna radiata* L. under salt stress

Mona Abdullah Aldera
Abdulaziz Abdullah Alsahli
Ahlam Abdullah Alwatban
College of Science || King Saud University || KSA
Ahlam Khalofah
College of Science || King Khalid University || KSA

Abstract: The mung bean plant (*Vigna radiata* L.) belongs to the leguminous family. It has high economic importance as it is used to fix nitrogen in the soil and is used in the nutrition of both humans and livestock. Plant morphology is decisively affected by salt stress, which leads to a marked decrease in plant growth and metabolic processes. Salicylic acid SA was used to mitigate the harmful effects of salt stress on the plant, where the tolerance of seedlings of *Vigna radiata* L. to different concentrations of NaCl was studied as follows (0, 100, 200, 300) mM, and the activity of SA at concentrations (2, 1, 0) ppm to mitigate the harmful effects of salinity at the germination stage in vitro in Petri dishes, and in the growth room in plastic pots, The full random sectors (RCBD) were followed by a one-time split-plot where SA coefficients represented the main plot and NaCl represented the renegade sector (sub-plot) by three bis. Salinity decreased germination percentage and growth parameters (root and stem length, plant height, number of leaves per plant, leaf area, root and stem fresh and dry weight, as well as relative water content). However, pre-soaking treatment with 2 ppm concentration of SA showed *Vigna radiata* L. seeds had an effective effect in improving growth criteria in the presence and absence of NaCl, while the concentration of 1 ppm of SA had no clear effect, may be due to the ability of SA to increase cell division in the plant's meristem areas, regulate osmotic pressure and hormonal balance, as well as activate photosynthesis.

Keywords: mung bean, Vigna radiata L., salicylic acid, salt stress, germination, growth.

تأثير حامض الساليسيلك على بادرات نبات فول المانج *Vigna radiata* L. المعرضة للإجهاد الملحي بكلوريد الصوديوم

منى عبد الله الدرع
عبد العزيز عبد الله السهلي
أحلام عبد الله الوطبان
كلية العلوم || جامعة الملك سعود || المملكة العربية السعودية
أحلام خلوفه
كلية العلوم || جامعة الملك خالد || المملكة العربية السعودية

المستخلص: ينتمي نبات فول المانج أو الماش (*Vigna radiata* L.) إلى العائلة البقولية Leguminace وله أهمية اقتصادية عالية حيث يستخدم في تثبيت النتروجين في التربة، كما يستخدم في تغذية كل من الأنسان والماشية. يتأثر التركيب المورفولوجي للنبات بشكل قاطع بالإجهاد الملحي، حيث يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في نمو النبات والعمليات الأيضية. تم استخدام حمض السالسيلك SA في تخفيف

الآثار الضارة للإجهاد الملحي على النبات، حيث تم دراسة مدى تحمل بادرات فول المانج *V. radiata* L. لتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم NaCl كالتالي (0، 100، 200، 300) mM، وفعالية حمض SA بتركيزات (0, 1, 2) ppm لتخفيف التأثيرات الضارة للملوحة في مرحلة الإنبات معمليا في أطباق بتري، وفي غرفة النمو في الأصص البلاستيكية، تم اتباع القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) المنشقة لمرة واحدة (split-plot) حيث كانت معاملات حمض SA تمثل القطعة الرئيسة (main plot) والملوحة NaCl تمثل القطاع المنشق (sub-plot) بواقع ثلاث مكررات. أدت الملوحة إلى انخفاض في نسبة الإنبات ومعايير النمو (طول الجذر والساق وارتفاع النبات وعدد الأوراق لكل نبات ومساحة الورقة والوزن الرطب والجاف لكلاً من الجذر والساق وكذلك المحتوى المائي النسبي). ومع ذلك، أظهرت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm لبذور فول المانج أثر فعّال في تحسين معايير النمو في وجود وعدم وجود ملح NaCl، بينما لم يكن لتركيز 1 ppm من حمض SA تأثير واضح، وقد يعود ذلك إلى قدرة حمض SA على زيادة انقسام الخلايا في المناطق الإنشائية في النبات، وتنظيم الضغط الاسموزي والتوازن الهرموني، وكذلك تنشيط عملية البناء الضوئي.

الكلمات المفتاحية: فول المانج، حمض الساليسيلك، الإجهاد الملحي، الإنبات، النمو.

المقدمة Introduction.

يعتبر نبات فول المانج أو الماش (*V. radiata* L.) من النباتات البقولية الواعدة في المملكة العربية السعودية ذات القيمة الغذائية العالية، فهو غني بالمواد الكربوهيدراتية والبروتينية، وله دور مهم في زيادة خصوبة التربة الزراعية لقيامه بتثبيت النيتروجين الجوي ورفع محتواه في التربة، فهو يوفر كمية كبيرة من النيتروجين للمحاصيل غير البقولية مثل الأرز (Kahraman *et al.*, 2014). كما يستخدم نبات فول المانج كأعلاف للحيوانات وتستخدم بذوره كغذاء للدواجن والطيور (Mustafa-Farag *et al.*, 2020)، ولنبات فول المانج (*V. radiata* L.) أيضا أهمية طبية، حيث أشارت بعض الدراسات إلى أن نبات فول المانج له تأثير مثل المضادات الحيوية، وكذلك مضادات الالتهابات، كما يحتوي على الأنثوسيانين والأحماض الفينولية الحرة والمرتبطة(Tang *et al.*, 2014) .

تعد الملوحة أحد أكثر أنواع الأجهادات غير الحيوية المحددة لنمو وإنتاجية النبات خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة (Hernández, 2019). يتأثر ما يقرب من 33% من الأراضي الزراعية المروية بمستويات متفاوتة من الملوحة، وقد تتجاوز 50% بحلول عام 2050 (Gopalakrishnan & Kumar, 2020). بشكل عام فإن المستويات العالية من الملوحة يمكن أن تؤخر النمو بسبب تأثيرها على الضغط الاسموزي، والسمية الأيونية التي يسببها زيادة أيونات الصوديوم والكلور، واختلال التوازن الغذائي (Soliman *et al.*, 2020; Abdel Latef *et al.*, 2021). كما تعاني النباتات المعرضة للملوحة من الإجهاد التأكسدي بسبب إنتاج كميات زائدة من أنواع الأكسجين التفاعلية Reactive oxygen species (ROS) (El-Taher *et al.*, 2022)، حيث ينتج عن ذلك إصابات تأكسدية للعديد من الجزيئات الخلوية الكبيرة، مثل الدهون والبروتينات والأحماض النووية، والتي تؤدي إلى تعطيل العديد من العمليات الخلوية المهمة في النباتات (Fouad *et al.*, 2021).

يعد حمض الساليسيلك SA أحد الهرمونات النباتية التي تمتلك طبيعة فينولية، والتي تعمل على تنظيم العديد من العمليات الفسيولوجية بما في ذلك تنظيم امتصاص الأيونات والتوازن الهرموني (El-Mergawi & Abd El-Wahed, 2020).

يلعب حمض الساليسيلك SA دورًا مهمًا في حماية النباتات من ظروف الإجهاد الحيوية وغير الحيوية (Jahan *et al.*, 2019)، وذلك من خلال تأثير حمض SA على العديد من العمليات النباتية، بما في ذلك إغلاق الثغور وإنبات البذور ونفاذية غشاء الخلية ومعدل البناء الضوئي ومعدل النمو (Muthulakshmi & Lingakumar, 2017; Per *et al.*, 2017). كما أنه عزز أنشطة إنزيمات مضادات الأكسدة ومحتوى البرولين (Faghih *et al.*, 2019).

قام Abbasi *et al.*, (2020) بدراسة الصفات المورفولوجية لبادرات نبات الخيار *Cucumis sativus* L. المعاملة بحمض SA من خلال النقع المسبق للبذور في التركيزات (0.001، 0.01، 0.10، 1.00) mM ، حيث سجل التركيز 0.01 mM أعلى قياسات النمو كطول الساق وعدد الأوراق لكل نبات والوزن الرطب والجاف للساق والأوراق، بينما سجلت المعاملة بالرش الورقي بحمض SA بنفس التركيز 0.01 mM أعلى وزن رطب وجاف للجذر.

كما درس Pandy, (2018) تأثير تراكيز مختلفة من حمض السالسيلك (0.5، 1.0، 1.5) mM تحت ظروف الإجهاد الملحي بتركيز 75 mM من NaCl على صنفين من نبات فول المانج *Vigna radiata* L. (NM-54, NM-98)، حيث أظهر الرش الورقي بحمض SA زيادة في ارتفاع النبات والمحتوى المائي النسبي مقارنة بالنباتات المعالجة بالملح فقط، حيث أدت إضافة 0.5 mM من حمض SA تحت إجهاد الملح قيم أعلى لهذه المتغيرات.

بينما ذكر Desire & Aeslan (2021) أن زيادة الملوحة على نبات البقدونس *Petroselinum crispum* L. أدت إلى انخفاض ارتفاع النبات والوزن الرطب للنبات، بينما أدى الرش الورقي بحمض SA بتركيز 2 mM من بين التركيزات (2, 1, 0) mM إلى زيادة الارتفاع والوزن الرطب للنبات مقارنةً بالمعاملة الضابطة. أفاد Sreelakshmy *et al.*, (2021) أن الري المسبق بحمض SA بتركيز 80 mM لمدة ثلاث أيام لبذور الطماطم *Solanum lycopersicum* L. قللت من تأثير الملوحة بتركيز 100 mM من خلال زيادة الوزن الرطب والجاف والمحتوى المائي النسبي للأوراق بعمر أسبوعين.

الهدف من الدراسة وصف ودراسة الصفات المورفولوجية في نبات فول المانج *V. radiata* L. تحت تأثير الملوحة NaCl وإظهار دور المعاملة بحمض السالسيلك SA في تخفيف الأثار الضارة للإجهاد الملحي على بادرات نبات فول المانج *V. radiata* L. والتي قد تفتح آفاق جديدة لتعزيز تحمله أو مقاومته للملوحة وتحسين انتاجيته.

المواد وطرق العمل Materials and Methodes

أجريت هذه الدراسة على بذورنبات (الماش) فول المانج *Vigna radiata* L. صنف (VC-2010) والتي تم الحصول عليها من قسم الإنتاج النباتي - كلية علوم الأغذية والزراعة - جامعة الملك سعود، خلال الفترة 1442- (1441 هـ/ 2019-2020 م). تم انبات البذور وتنمية النباتات في معامل وصوب كلية العلوم - جامعة الملك سعود بالرياض المتحكم فيها من حيث درجة الحرارة والضوء والرطوبة، حيث تم انتخاب البذور السليمة والمتماثلة في الحجم واللون ثم غسلت البذور عدة مرات بالماء المقطر المعقم، وقسمت لثلاث مجموعات (مجموعة نقعت في ماء مقطر، مجموعة نقعت في حمض السالسيلك SA تركيز1 ppm (جزء في المليون)، مجموعة نقعت في حمض السالسيلك SA تركيز 2 ppm (جزء في المليون) لمدة 24 ساعة لكل المجموعات قبل الزراعة.

تجربة الإنبات Germination experience:

هي تجربة أولية في أطباق بتري لدراسة تأثير المعاملة بتركيزات مختلفة من حمض SA على إنبات بذور نبات فول المانج *Vigna radiata* L. المجهدة بتركيزات مختلفة من ملح NaCl، حيث تم إنبات البذور على ورق ترشيح في أطباق بتري قطرها 9 سم، ويحتوي كل طبق بتري على 8 بذور بعد غسلها بالماء المقطر وتعقيمها بمحلول هيبوكلورات الصوديوم 5% لمدة دقيقتين.

تم تقسيم الأطباق إلى ثلاث مجموعات (المجموعة الأولى من البذور منقوعة في ماء مقطر، المجموعة الثانية من البذور منقوعة في حمض SA تركيز 1 ppm، المجموعة الثالثة من البذور منقوعة في حمض SA تركيز ppm 2، وتحتوي كل مجموعة على أربعة مجاميع (المجموعة الأولى رويت بماء مقطر، المجموعة الثانية رويت بملح NaCl تركيز

100 mM، المجموعة الثالثة رويت بملح NaCl تركيز 200 mM، المجموعة الرابعة رويت بملح NaCl تركيز 300 mM، وتحتوي كل مجموعة على ثلاث مكررات لكل معاملة.

تم حساب نسبة الإنبات لجميع المعاملات بعد مرور 48 ساعة طبقاً للقانون التالي:

نسبة الإنبات (%) = عدد البذور النابتة / العدد الكلي للبذور x 100

كما تم قياس طول البادرة (cm (سم)) والوزن الرطب والجاف للبادرة (mg (ملجم)) بعد مرور 4 أيام من بدء التجربة.

تجربة نمو البادرات Seedling growth experience:

تم إنبات البذور بعد غسلها وتعقيمها بمحلول هيبوكلورات الصوديوم 5 % لمدة دقيقتين ثم غسلها بماء مقطر ونقعها في (الماء المقطر، 1 ppm، 2 ppm) من حمض SA لمدة 24 ساعة، ثم زرعت في أصص بلاستيكية مقاس 25 ومحتوية على كمية من الرمل والبتموس بنسبة 2:1 على التوالي، كما حسبت السعة الحقلية (24 %) للأصص وغسلت التربة قبل الزراعة بالماء المقطر ثم قسمت الأصص إلى ثلاث مجموعات في كل مجموعة 32 أصيص، وتم زرع 8 بذرات في كل أصيص بمسافات متساوية وعلى عمق 2 سم تقريباً، وضبطت درجة الحرارة عند 25- 27 مْ، كما تم ري جميع الأصص بانتظام مرتين في الأسبوع بكميات محددة من الماء المقطر أو ملح NaCl بالتراكيز (100، 200، 300) mM حيث قسمت كل مجموعة إلى أربع مجاميع (ماء مقطر، 100, 200, 300) mM من كلوريد الصوديوم، وتم رويها بكميات متساوية 200 ml (مليلتر).

أخذت قياسات النمو بعد 28 يوم من الزراعة وتضمنت هذه القياسات طول الجذر والساق وارتفاع النبات بالسنتيمتر باستخدام المسطرة، عدد الأوراق لكل نبات ومساحة الورقة باستخدام جهاز قياس مساحة الورقة (METER CID, INC CI- 202 AREA). كما تم قياس الوزن الرطب للمجموع الجذري والخضري بالجرام، ثم الوزن الجاف بالجرام وذلك بعد تجفيف العينات لمدة 5 أيام أو حتى ثبات الوزن عند درجة حرارة الغرفة (20-25 مْ). وقد أخذت جميع قياسات النمو بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي Experimental Design & Statistical analysis:

تم إجراء تجربتين على نبات فول المانج *Vigna radiata* L.، حيث كانت التجربة الأولى على الإنبات في أطباق بتري والتجربة الثانية على نمو البادرات في الأصص البلاستيكية. تم اتباع القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) المنشقة لمرة واحدة (split-plot) حيث كانت معاملات حمض SA تمثل القطعة الرئيسة (main plot) والملوحة NaClتمثل القطاع المنشق (sub-plot) بواقع ثلاث مكررات.

خضعت القياسات المورفولوجية للنباتات تحت تأثير NaCl وحمض SA إلى تحليل إحصائي باتباع الإجراءات المعيارية الموصوفة من قبل Gomez and Gomez (1984). تم تحليل التباين (ANOVA) لكل تجربة على حدة وتقدير الفروق المعنوية بين متوسطات المعاملات باستخدام معامل أقل فرق معنوي عند احتمالية 5% حيث تم استخدام 3 مكررات لكل معاملة. ومن خلال استخدام برنامج (SAS, 2004) باستخدام اختبار تحليل التباين نوع Factorial ANOVA واعتبار تركيزات NaCl وحمض SA (mean effect) تمت مقارنة الاختلافات بين المتوسطات لحساب أقل فرق معنوي من خلال اختبار Fisher (LSD)، عند مستوى احتمالية 5% أي ($P<0.05$) كما تم حساب الانحرافات المعيارية Standard deviation.

4- النتائج والمناقشة Result and Discussion

الإنبات Germination:

تأثير المعاملة بكلوريد الصوديوم NaCl Effect of sodium chloride treatment:

في هذه الدراسة، بدأت بذور نبات فول المانج *Vigna radiata* L. في الإنبات بعد يوم واحد من المعاملة، وقد تأثرت نسبة الإنبات سلبياً كلما ازداد تركيز NaCl تدريجياً، حيث انخفضت نسبة الإنبات معنوياً في جميع المعاملات المجهدة بملح NaCl مقارنةً بالمعاملة الضابطة، فقد كانت نسبة الإنبات 100% عند المعاملة الضابطة (0 mM) وانخفضت حتى وصلت إلى 12.5% عند تركيز (300 mM)، أي بنسبة انخفاض بلغ 87.5% للبذور المعاملة بتركيز 300 mM من NaCl، كما في الجدول (1) والشكل (1).

يعتبر طور الإنبات هو أشد الأطوار حساسية للملوحة، ويقل التأثير الضار للأملاح كلما تقدم النبات في العمر، وقد اتفقت نتائج هذه الدراسة مع ما توصل إليه (Anaya *et al.*, 2018) على بذور الفول *Vicia faba* L.، حيث أن الري بالماء المالح بتركيزات (90, 120, 150, 200) mM من NaCl قلل معنوياً من إنبات البذور في جميع معاملات NaCl مقارنةً بالمعاملة الضابطة. وبالمثل نتائج (2015) ,Abdul- Abdul-Qados & Moftah على بذور الفول *Vicia faba* L.. وقد يعزى التأثير السلبي لملح NaCl على الإنبات، إلى انخفاض قدرة البذور على امتصاص الماء، مما يؤدي إلى انخفاض سريع في نسبة الإنبات والعديد من التغيرات الأيضية، كما قد يزيد ملح NaCl من سكون البذور.

كما أظهرت نتائج هذه الدراسة في الجدول (1) والشكل (1) انخفاض معنوي في طول البادرات في جميع المعاملات كلما زاد تركيز NaCl، حيث كان الانخفاض بنسبة 81.25% في طول البادرات مقارنة بالمعاملة الضابطة وذلك في البادرات المجهدة بتركيز 300 mM من NaCl فقط بدون المعاملة بحمض SA. وهذا يتفق مع نتائج دراسة Kandil *et al.*, (2012) على بادرات فول المنج *Vigna radiata* L.، وبادرات البرسيم الحجازي *Medicago sativa et al,* (Zhanwu 2011). وقد يكون السبب في ذلك، ناتجاً عن تأثير الملوحة في الحد من الانقسام الخلوي في الريشة والجذير، وذلك بسبب التراكم السام لأيونات الصوديوم على أنسجة البادرات. وأيد ذلك (Kandil *et al.*, 2012).

وبالنسبة للوزن الرطب للبادرات فقد انخفض بشكل غير معنوي عند تركيز (100, 200) mM من NaCl، وكان الانخفاض معنوياً عند تركيز 300 mM بنسبة 37.5% في غياب حمض SA مقارنةً بالمعاملة الضابطة. وكانت قياسات الوزن الرطب للبادرات كالتالي (0.10, 0.13, 0.15, 0.16) mg في جميع تركيزات NaCl (0، 100، 200، 300) mM على التوالي، كما انخفض الوزن الجاف للبادرات بشكل غير معنوي على نحو مماثل للوزن الرطب وذلك بزيادة تركيز NaCl، حيث أن إجهاد البادرات بتركيز 300 mM من NaCl في غياب SA، سبب انخفاض في الوزن الجاف بنسبة 50% مقارنة بالمعاملة الضابطة، كما هو موضح في الجدول (1) والشكل (1). وهذا يتوافق مع نتائج دراسة Alharby *et al.*, (2019)، حيث أن الوزن الرطب والجاف ينخفض لبادرات صنفين من فول المنج (Aride, semiaride) في استجابتها للملوحة بتركيز 250 mM. وقد يعلل انخفاض الوزن الرطب للبادرات إلى انخفاض امتصاص الماء بسبب الملوحة، حيث يقلل الملح من القدرة الاسموزية، 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).

تأثير المعاملة بحمض الساليسيلك SA وكلوريد الصوديوم NaCl Effect of treatment with salicylic acid SA and sodium chloride:

وفي هذه الدراسة، سجلت نسبة الإنبات عند معاملة بذور فول المنج بالنقع المسبق بحمض SA في كلا التركيزين (2, 1) ppm في غياب NaCl نسبة 100% كما هو الحال في المعاملة الضابطة، كما في (الجدول1والشكل1). كما أدت معاملة البذور بالنقع المسبق بحمض SA تحت الاجهاد بملح NaCl إلى زيادة نسبة الإنبات في كلا التركيزين (2, 1) ppm، وسجلت أعلى نسب للإنبات بشكل معنوي عند تركيز 1 ppm (25, 62, 100)% في جميع تركيزات NaCl (100، 200، 300) mM على التوالي مقارنة بمعاملات NaCl فقط، كما زادت نسبة الإنبات معنوياً في البذور المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من SA والمجهدة بتركيز (200, 100) من NaCl بنسبة (20, 14.2)% على التوالي، في حين لم تتغير نسبة الانبات عند المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من SA والمجهدة بتركيز 300 mM من NaCl مقارنة بمعاملة 300 mM من NaCl فقط كما في الجدول (1) والشكل (1). وهذه النتائج تطابق نتائج (Anaya *et al.*, 2018) على بادرات الفول *Vicia faba* L.، حيث أدت معاملة البذور بحمض SA بتركيز 0.25 mM من بين التركيزات (1, 0.5, 0.25, 0) mM إلى تخفيف التأثير الضار للملوحة من خلال زيادة نسبة الإنبات وتعزيز تكوين البادرات. كما وافق ذلك نتائج (Lee *et al.*, 2010) على بادرات الارابيدوبسيس *Arabidopsis thaliana*. وقد يكون ذلك من خلال فعالية حمض SA في تقليل التأثير الضار للملوحة على نمو الجنين في البذرة، كما يسرع من استعادة عمليات النمو، وبالتالي قد يكون فعالاً في تحسين إنبات البذور. ودعم ذلك (Preston *et al.*, 2009).

كما أشارت نتائج الدراسة الحالية، إلى أن البذور المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من SA وبدون NaCl قد سجلت قياس طول منخفض معنوياً للبادرة وهو 6 cm مقارنة بالمعاملة الضابطة 8 cm. بينما زاد طول البادرات معنوياً عند المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من SA بدون وجود NaCl حيث سجل أعلى قياس للطول وهو 10 cm مقارنة بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (1) والشكل (1). وبالنسبة لطول البادرات المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من SA، فقد انخفض معنوياً عند تركيز 100 mM من NaCl بنسبة 33.3%، وانخفض طول البادرة بشكل غير معنوي عند التركيزات (300, 200) mM مقارنةً في معاملات NaCl فقط، وعلى العكس من ذلك، زاد طول البادرات زيادة غير معنوية عند معاملة البذور بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من SA عند تركيز 100 mM من NaCl، في حين لم يتغير طول البادرة عند تركيز 200 mM من NaCl، وانخفض عند تركيز 300 mM من NaCl مقارنةً في معاملات NaCl فقط، وشوهد أقل قياس للطول في البادرات المجهدة بتركيز 300 mM والمعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من SA، كما في الجدول (1) والشكل (1). وهذا يتماشى مع نتائج (Amin & Mahmood, 2011) حيث أن معاملة بذور الباميا *Hibiscus esculents* L. بحمض SA زاد من طول الريشة والجذير. وقد يكون ذلك، بسبب تحفيز حمض SA على زيادة طول الريشة والجذير من خلال تنشيط الانقسام الخلوي. ويؤيد ذلك (Amin & Mahmood, 2011).

وأدت معاملة البذور بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من SA بدون وجود NaCl إلى انخفاض غير معنوي للوزن الرطب إلى 0.13 mg مقارنةً بالمعاملة الضابطة 0.16 mg. بينما سجلت المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من SA وبدون وجود NaCl أعلى قياس للوزن الرطب بشكل معنوي وهو 0.22 mg، كما انخفض الوزن الجاف بشكل غير معنوي عند تركيز 1 ppm من SA بدون وجود NaCl إلى 0.05 mg مقارنة بالمعاملة الضابطة 0.06 mg، بينما أدت تركيز 2 ppm من SA وبدون وجود NaCl إلى زيادة غير معنويه للوزن الجاف للبادرات حيث سجلت أعلى قياس للوزن الجاف وهو 0.07 mg، كما في الجدول (1) والشكل (1). وفي المعاملات المجهدة بتركيز 300 mM أدت المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من SA إلى انخفاض الوزن الجاف بنسبة 60% مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، في حين أن

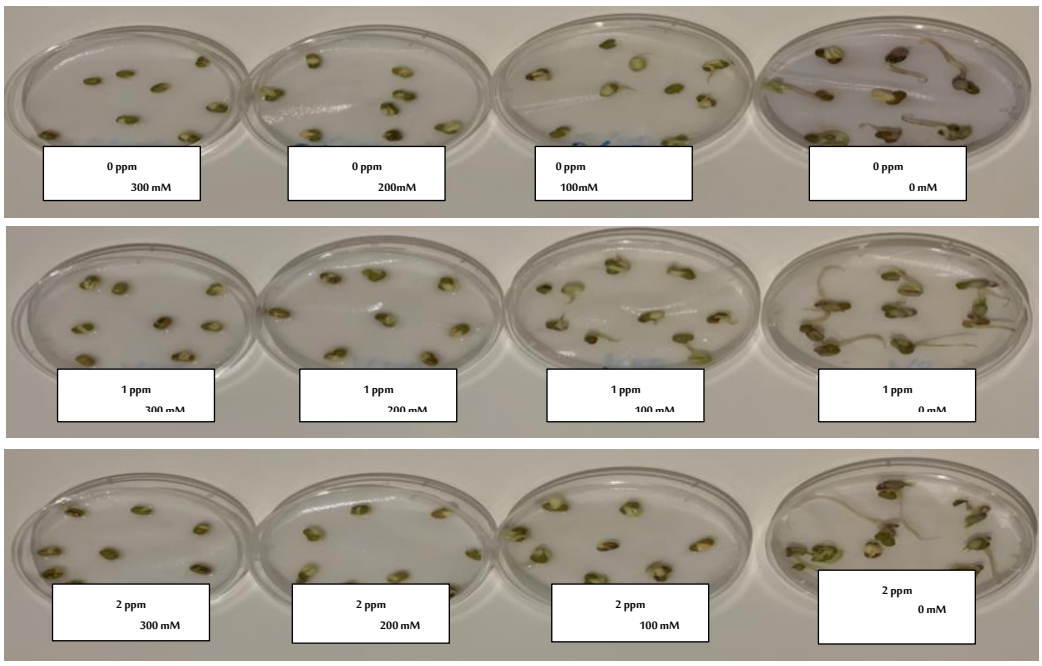
المعاملة بتركيز 2 ppm من SA تحت الاجهاد بتركيز 300 mM من NaCl سبب زيادة غير معنوية في الوزن الجاف بنسبة 25% مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وشوهد أقل قياس للوزن الجاف للبادرات عند تركيز 1 ppm من SA والمجهدة بتركيز 300 mM من NaCl، كذلك انخفض الوزن الجاف بشكل غير معنوي عند تركيز 1 ppm من SA بدون وجود NaCl إلى 0.05 mg مقارنة بالمعاملة الضابطة 0.06 mg، بينما أدت المعاملة بتركيز 2 ppm من SA وبدون وجود NaCl إلى زيادة غير معنويه للوزن الجاف للبادرات حيث سجلت أعلى قياس للوزن الجاف وهو 0.07 mg، وفي المعاملات المجهدة بتركيز 300 mM أدى تركيز 1 ppm من SA إلى انخفاض الوزن الجاف بنسبة 60% مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، في حين أن المعاملة بتركيز 2 ppm من SA تحت الاجهاد بتركيز 300 mM من NaCl سبب زيادة غير معنوية في الوزن الجاف بنسبة 25% مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وشوهد أقل قياس للوزن الجاف للبادرات في المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من SA والمجهدة بتركيز 300 mM من NaCl، كما في الجدول (1) والشكل (1). وهذا يتفق مع نتائج (Anaya *et al.*, 2018) حيث أدت معاملة بذور الفول *Vicia faba* L. بحمض SA بتركيز 0.25 mM تحت إجهاد ملح NaCl إلى زيادة الوزن الرطب والجاف للجذير والريشة. وقد يعزى ذلك، إلى أن حمض SA يزيد من حيوية البادرات واوزانها الرطبة والجافة. ويدعم ذلك (Hayat *et al.*, 2005).

توضح هذه القياسات أن معاملة بذور وبادرات فول المنج بتركيزات مختلفة من NaCl لها تأثير سلبي على نسبة الانبات، والطول والأوزان الرطبة والجافة للبادرات. ومع ذلك، فإن معاملة البذور بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من SA بدون NaCl يمكن أن يكون له التأثير الأكثر إيجابية على الطول والوزن الرطب والجاف للبادرات، في حين لم يكن لتركيز 1 ppm تأثير واضح، وهذا يدل على أن لحمض SA تأثيرات تعزيزيه وتثبيطيه على الإنبات، اعتمادًا على تركيزه.

الجدول (1): يوضح متوسطات نسبة الإنبات، طول البادرات، والوزن الرطب والجاف لبادرات فول المانج *Vigna radiata* L. تحت مستويات مختلفة من تركيزات حمض السالسيلك SA وكلوريد الصوديوم NaCl.

المعاملات		متوسط نسبة الإنبات (%)	متوسط طول البادرة (cm)	متوسط الوزن الرطب للبادرة (mg)	متوسط الوزن الجاف للبادرة (mg)
(SAppm)	(NaCl mM)				
0	0	100.0 ± 0.00	8.0 ± 1.00	0.16 ± 0.00	0.06 ± 0.00
	100	75.0* ± 0.00	3.0* ± 1.00	0.15 ± 0.01	0.05 ± 0.00
	200	50.0* ±0. 00	1.8* ± 0.10	0.13 ± 0.01	0.05 ± 0.00
	300	12.5* ± 0.00	1.5* ± 0.10	0.10* ± 0.00	0.03 ± 0.00
1	0	100.0 ±0. 00	6.0* ± 1.00	0.13 ± 0.00	0.05 ± 0.00
	100	100.0* ±0. 00	2.0* ± 1.00	0.12 ± 0.00	0.04 ± 0.00
	200	62.0* ± 0.00	1.8 ± 0.10	0.11 ± 0.00	0.04 ± 0.00
	300	25.0* ± 0.00	1.5 ± 0.10	0.10 ± 0.00	0.02 ± 0.00
2	0	100.0 ± 0.00	10.0* ± 1.00	0.22* ± 0.00	0.07 ± 0.00
	100	87.5* ± 0.00	3.5 ± 0.10	0.15 ± 0.00	0.05 ± 0.00
	200	62.5* ± 0.00	1.8 ± 0.10	0.14 ± 0.00	0.05 ± 0.00
	300	12.5 ± 0.00	1.2 ± 0.10	0.13 ± 0.001	0.04 ± 0.00
LSD		0.04	0.95	0.04	0.04

*The mean difference is significant at the 0.05 level



الشكل (1) إنبات بذور نبات فول المانج .L *Vigna radiata* تحت مستويات مختلفة من تركيزات حمض السالسيلك SA وكلوريد الصوديوم NaCl.

قياسات النمو المورفولوجية Parameters of morphological growth:

تأثير المعاملة بكلوريد الصوديوم NaCl Effect of sodium chloride treatment:

يحد الإجهاد الملحي من نمو النبات والتشكل من خلال التأثير بشكل سلبي على جوانب مختلفة من علم وظائف الأعضاء والكيمياء الحيوية (Roussos *et al.*, 2013). وتستجيب النباتات للإجهاد من خلال تكييف أنظمتها المورفولوجية والفسيولوجية مع التغيرات في البيئة لضمان بقائها في الحالة المتغيرة (Shelke *et al.*, 2017).

بينت النتائج المدونة في الجدول (2) وجود علاقة عكسية بين طول الجذر والزيادة في تركيز NaCl، حيث وجد أن طول الجذر لنبات فول المانج .*Vigna radiata* L انخفض بشكل تدريجي كلما زاد تركيز NaCl في جميع التركيزات (100، 200، 300) mM، وكان الانخفاض معنوياً عند تركيز 300 mM من NaCl بنسبة 22.7% مقارنة بالمعاملة الضابطة غير المجهدة بملح NaCl. وهذا ما توافق مع نتائج دراسة Alharby *et al.*, (2019)، ودراسة (Saha *et al.*, 2010) على بادرات فول المانج .*Vigna radiata* L، حيث أدت الملوحة إلى انخفاض في طول الجذور كلما زاد تركيز الملح. وعلى عكس هذه النتائج ذكر Ma *et al.*, (2014) أن المعاملة بملح NaCl أدت إلى زيادة طول الجذور في بعض أنواع نبات فول الصويا.*Glycine max* L.

كما لوحظ في الجدول (2) والشكل (2-أ، 2-ب، 2-ج، 2-د) انخفاض في طول الساق لنبات فول المانج في هذه الدراسة بزيادة تركيز NaCl في جميع نباتات فول المانج .*Vigna radiata* L انخفاضاً غير معنوي عند تركيز (100، 200) mM من NaCl، وكان الانخفاض معنوياً عند تركيز 300 mM من NaCl بنسبة 14.2% مقارنة بالمعاملة الضابطة. وقد اتفق ذلك مع نتائج دراسة Queiroz *et al.*, (2012) على نبات فول الصويا .*Glycine max* L ونتائج دراسة Jasim *et al.*, (2012) على نبات الفلفل الحلو .*Capsicum annuum* L.

وتدل نتائج هذه الدراسة، أن انخفاض طول الجذر والساق نتيجة التعرض للملوحة عائد إلى انخفاض قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية مما أدى إلى اختلال التوازن الايوني، وكذلك السمية الأيونية الناتجة

عن تراكم ايونات الصوديوم والكلور، وهذا بدوره يؤثر على قدرة الخلايا على الانقسام في النسيج الإنشائي للقمم النامية في الجذر والساق. وأيد ذلك (Iayenkov & Maathuis, 2019).

كما أدت المعاملة بملح NaCl إلى انخفاض ارتفاع نبات فول المانج *Vigna radiata* L. بشكل تدريجي كلما زاد تركيزه في الوسط، حيث انخفض ارتفاع النبات معنوياً عند تركيز (300, 200) من NaCl بنسبة (19.1, 11.1)% على التوالي وكان الانخفاض غير معنوي عند تركيز 100 mM مقارنةً بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (2) والشكل (2-أ، 2-ب، 2-ج، 2-د). وهذا يطابق نتائج دراسة Desire & Aeslan (2021) على نبات البقدونس *Petroselinum crispum* L.، ودراسة Pandey, (2018) على نبات فول المانج *Vigna radiata* L.. وقد يعزى الانخفاض في ارتفاع النبات، إلى تأثير ملح NaCl بتثبيط انقسام الخلايا في النسيج الإنشائي في قمة النبات وبالتالي تثبيط الاستطالة. ويدعم ذلك كلاً من (Ahanger *et al.*, 2014; Ahmad *et al.*, 2010).

أوضحت النتائج في الجدول (2) والشكل (2-أ، 2-ب، 2-ج، 2-د) تأثر عدد الأوراق لكل نبات نتيجة معاملة نباتات فول المانج *Vigna radiata* L. بملح NaCl حيث أدى إلى نقص عدد الأوراق لكل نبات بشكل تدريجي كلما زاد تركيز NaCl مقارنة بالمعاملة الضابطة، وكان النقص معنوياً عند تركيز 300 mM حيث أعطى 5.33 ورقة ونقص غير معنوي عند تركيز (200, 100) mM مقارنة بالمعاملة الضابطة. وبالمثل على نبات الفول *Vicia faba* L. (Dawood and El- Awadi, 2015)، وبادرات الخيار Cucumis sativus (Yildirim *et al.*, 2008). ويمكن أن يعزى تأخر ظهور الأوراق، وبطء توسعها، إلى تراكم أيونات الصوديوم والكلور بتركيزات عالية في الأوراق، مما يؤدي إلى السمية. ويؤيد ذلك كلاً من (Ranjbaran *et al.*, 2011; Tavakkoli *et al.*, 2010).

كما أوضحت النتائج في الجدول (2) والشكل (2-أ، 2-ب، 2-ج، 2-د) انخفاض مساحة الورقة لنبات فول المانج *Vigna radiata* L. تدريجياً بزيادة تركيز NaCl في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl، وكان الانخفاض معنوياً عند تركيز (300, 200) mM، بنسبة (46.5, 36.9)% على التوالي، وانخفاضاً غير معنوي عند تركيز 100 mM مقارنة بالمعاملة الضابطة. ويتفق مع ذلك، نتائج دراسة Queiroz *et al.*, (2012) على نبات فول الصويا *Glycine max* L.، ونتائج دراسة Jasim *et al.*, (2012) على بادرات الفلفل الحلو *Capsicum annuum* L.، الذين ذكروا بأن الإجهاد الملحي يؤثر سلباً على النباتات حيث يسبب نقص في مساحة الأوراق **وبالتالي انخفاض في معدل البناء الضوئي وانخفاض النمو**. وهناك عدة أسباب لانخفاض مساحة الورقة تحت تأثير NaCl، منها انخفاض نمو الخلايا وذلك لقلة إنتاج الخلايا في النسيج الانشائي في الورقة، واختلال التوازن الغذائي. أيضاً، يؤدي الإجهاد الملحي عادةً إلى حرق الأوراق (Ma *et al.*, 2017)، وهو ما حدث لأوراق نبات فول المانج في هذه الدراسة.

كما تأثر الوزن الرطب والجاف للجذر لنبات فول المانج *Vigna radiata* L. نتيجة التعرض لملح NaCl، حيث أدت التراكيز المرتفعة من NaCl إلى انخفاض معنوي في الوزن الرطب عند تركيز (300, 200) mM وانخفاض غير معنوي عند تركيز 100 mM، كما انخفض الوزن الجاف للجذر معنوياً عند تركيز 300 mM وغير معنوي عند تركيز (200, 100) mM وذلك عند مقارنتها بالمعاملة الضابطة، فقد سجل الوزن الرطب للجذر في المعاملة الضابطة 1.40 mg وانخفض إلى 0.74 mg تحت تركيز 300 mM من NaCl، كما بلغ الوزن الجاف للجذر في المعاملة الضابطة 0.69 mg وسجل أكبر انخفاض له تحت تركيز 300 mM من NaCl حيث بلغ 0.49 mg، كما في الجدول (2). وهذا ما توافق مع نتائج دراسة Mohamed et al., (2020) على بادرات اللفت Brassica napus L.، حيث أن الاجهاد الملحي بتركيزات (200, 100, 0) mM أدى إلى انخفاض الوزن الرطب والجاف لجذور بادرات اللفت Brassica napus L.. ويمكن أن يعزى الانخفاض في الأوزان الرطبة والجافة للجذور تحت إجهاد الملوحة، إلى الانخفاض في نمو النبات

بسبب الإجهاد الأسموزي والسمية الأيونية وتثبيط انقسام الخلايا، وتمدد الخلايا وتوسعها، ويؤيد ذلك (Dawood and El-Awadi, 2015).

كما وجد نقص معنوي في الوزن الرطب والجاف للساق عند معاملة نبات فول المانج *Vigna radiata* L. بالتركيزات العالية من NaCl عند تركيز (200, 300) mM، حيث سجل الوزن الرطب للساق (0.64, 0.92) mg على التوالي، وسجل الوزن الجاف للساق (0.12, 0.14) mg على التوالي مقارنة بالمعاملة الضابطة، وكان النقص غير معنوي عند تركيز 100 mM من NaCl في كلاً من الوزن الرطب والجاف للساق مقارنة بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (2).توافقت هذه النتائج مع نتائج Mohamed et al., (2020) على بادرات اللفت *Brassica napus* L.، ونتائج Alharby et al., (2018) على نبات فول المانج *Vigna radiata* L. ويمكن أن يعزى الانخفاض في الأوزان الرطبة والجافة المرتبط بإجهاد الملوحة في النبات، إلى انخفاض النمو كانخفاض ارتفاع النبات وانخفاض عدد الأوراق ومساحتها. ويؤيد ذلك (Martins et al., 2019).

تأثر المحتوى المائي النسبي RWC لأوراق نباتات فول المانج *Vigna radiata* L. بشكل ملحوظ بوجود NaCl، حيث أن المحتوى المائي النسبي لأوراق النباتات تأثر بشكل غير معنوي بالملوحة، فقد كانت الأوراق المعرضة لتأثير الإجهاد الملحي اقل في المحتوى المائي النسبي مقارنةً بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (2). وأيد ذلك نتائج دراسة Mohamed et al., (2020) على بادرات اللفت *Brassica napus* L.، ودراسة Pandey, (2018)، ودراسة Alharby *et al.*, (2018) على نبات فول المانج *Vigna radiata* L. ويمكن أن يكون الانخفاض في المحتوى المائي النسبي للأوراق ناتجاً عن الضغط الاسموزي وسمية الأيونات وعدم توازنها. ويعد المحتوى المائي النسبي RWC مؤشرًا مهمًا لحالة الماء في النبات تحت ظروف الإجهاد، وعادة ما ينخفض مع زيادة الملوحة (Torun *et al.*, 2022).

تأثير المعاملة بحمض الساليسيلك Effect of salicylic acid SA:

بينت النتائج المدونة في الجدول (2) أن معاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 1 ppm في غياب NaCl أدت إلى انخفاض طول الجذر بشكل غير معنوي بنسبة 3.8% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، بينما زاد طول الجذر زيادة غير معنوية عند تركيز 2 ppm من حمض SA بنسبة 2.5% مقارنةً بالمعاملة الضابطة. وهذا يتفق مع نتائج (Abbasi *et al.*, 2019) على بادرات الخيار *Cucumis sativus* L. وقد يرجع ذلك، إلى تحفيز حمض SA لزيادة الانقسام الخلوي في الأنسجة الإنشائية القمية للجذر وبالتالي يعزز طول الجذر. ويدعم ذلك (Shakirova *et al.*, 2003).

كما أنه عند معاملة النباتات بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 1 ppm في غياب NaCl، وجد انخفاض غير معنوي في طول الساق بنسبة 2.5% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، بينما زاد طول الجذر زيادة غير معنوية عند تركيز 2 ppm من حمض SA في غياب NaCl بنسبة 7.2% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (2) والشكل (2-هـ، 2-و، 2-ز، 2-ح). وبالمثل على بادرات الخيار *Cucumis sativus* L. (Abbasi *et al.*, 2020). وقد يعود السبب في زيادة طول الساق، إلى أن حمض SA يزيد من بعض منظمات النمو مثل هرمونات الأكسينات، حيث أن الأكسينات تسبب نموًا طوليًا للخلايا وبالتالي تزيد طول الساق. ودعم ذلك (Larque-Saavedra and Martin-Mex, 2007; Sharikova *et al.* 2003).

كذلك وجد انخفاض غير معنوي في ارتفاع النبات عند معاملة نبات فول المانج بالنقع المسبق بحمض SA عند تركيز 1 ppm في غياب NaCl بنسبة 3.2% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، وعلى العكس من ذلك، زاد ارتفاع النبات معنوياً عند معاملته بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm بنسبة 8.6% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، كما في

الجدول (2) والشكل (2-هـ، 2-و، 2-ز، 2-ح). تشابهت هذه النتائج مع نتائج دراسة Hashempour et al., (2014) على بادرات الزيتون Olea europaea، ودراسة Ranjbaran et al., (2011) على بادرات العنب Vitis Vinifera. وفي هذه الدراسة، قد يعود السبب في زيادة ارتفاع نبات فول المانج إلى تحفيز حمض SA للانقسامات الخلوية في المناطق الإنشائية في قمة النبات والمناطق الإنشائية في الورقة كالأنسجة الانشائية الحافيّة Marginal Meristems، وهذا يقود لزيادة مساحة الأوراق مما يؤدي إلى زيادة ارتفاع النبات.

لم يكن لمعاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من حمض SA في غياب ملح NaCl تأثير واضح على عدد الأوراق، بينما زاد عدد الأوراق زيادة غير معنوية عند تركيز 2 ppm من حمض SA، كما في الجدول (2) والشكل (2-هـ، 2-و، 2-ز، 2-ح). وقد وافق ذلك نتائج دراسة Abbasi *et al.*, (2020) على بادرات الخيار *Cucumis sativus* L. ويبدو أن حمض SA قد يزيد من انقسام الخلايا ونموها ويعطي زيادة في عدد الأوراق.

وقد لُوحظ أن معاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من حمض SA سجلت أقل مساحة للورقة بشكل غير معنوي في غياب NaCl، حيث بلغت مساحة الورقة تقريباً 12.36 cm^2 وذلك عند مقارنتها بالمعاملة الضابطة، بينما سجلت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm أعلى مساحة للورقة بشكل غير معنوي حيث بلغت تقريباً 15.71 cm^2 مقارنة بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (2) والشكل (2-هـ، 2-و، 2-ز، 2-ح). تشابهت هذه النتائج مع بعض الدراسات، كدراسة بادرات الزيتون *Olea europaea* (Hashempour *et al.*, 2014) ودراسة بادرات العنب *Vitis Vinifera* (Ranjbaran *et al.*, 2011). ويمكن تفسير ذلك، بأن حمض SA يمكن أن يحفز على زيادة النمو ومساحة الأوراق من خلال زيادة كفاءة الجذور وامتصاص الماء والمواد المغذية. وهذا ما ذكرته (Hayat *et al.*, 2010).

ومما هو جدير بالذكر، أن معاملة البذور بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 1 ppm في غياب الملوحة أدى إلى زيادة غير معنوية في الوزن الرطب للجذر بنسبة 10.2% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، في حين انخفض الوزن الجاف انخفاض غير معنوي بنسبة 1.4% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، بينما أدت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm إلى زيادة معنوية في كلاً من الوزن الرطب والجاف للجذر، حيث سجل الوزن الرطب للجذر 2.30 mg والوزن الجاف للجذر 1.21 mg مقارنةً بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (2). وهذا يوافق نتائج دراسة Abbasi *et al.*, (2020) على بادرات الخيار *Cucumis sativus* L. وقد فسرت Hayat *et al.*, (2007) زيادة الوزن الرطب للجذر بأن حمض SA فعّال في تحفيز امتصاص العناصر الغذائية في الجذور ويحافظ على صحة الجذور ويزيد من الجذور الجانبية، كما يلعب دورًا مهمًا في امتصاص ونقل الأيونات.

وفي غياب NaCl، وجد انخفاض معنوي للوزن الرطب للساق عند المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 1 ppm، بنسبة 10.9%، وانخفاض غير معنوي للوزن الجاف للساق بنسبة 5.5% مقارنة بالمعاملة الضابطة، وعلى النقيض من ذلك، وجد ارتفاع غير معنوي لكلاً من الوزن الرطب والجاف للساق عند المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من حمض SA مع عدم وجود NaCl بنسبة (5.2, 2.6)% على التوالي مقارنة بالمعاملة الضابطة، كما في كما في الجدول (2). وهذا يتماشى مع نتائج دراسة Abbasi *et al.*, (2020) على بادرات الخيار *Cucumis sativus* L.، حيث أن المعاملة بحمض SA من خلال النقع المسبق للبذور بتركيز 0.01 mM من بين التركيزات (0.001، 0.01، 0.10، 1.00) mM سجل أعلى وزن رطب وجاف للساق، بينما سجلت المعاملة بالرش الورقي بحمض SA بنفس التركيز 0.01 mM أعلى وزن رطب وجاف للجذر. ويمكن أن تعزى الزيادة في الوزن الجاف للجذور والسيقان إلى المعاملة بحمض SA التي تعمل على كفاءة عملية البناء الضوئي، مما يؤدي إلى تراكم المادة الجافة في النبات.

وعند المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 1 ppm في غياب NaCl، وجد انخفاض للمحتوى المائي النسبي بشكل غير معنوي بنسبة 6.5% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، بينما زاد المحتوى المائي النسبي زيادة غير معنوية عند المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من حمض SA مع عدم وجود NaCl بنسبة 6.1% مقارنةً بالمعاملة الضابطة، كما في الجدول (2). تشابهت هذه النتائج مع نتائج دراسة Poursakhi *et al.*, (2019). وقد تعزى الزيادة في المحتوى المائي النسبي للأوراق لأسباب عديدة منها، تحفيز حمض SA لإمتصاص الماء والعناصر الغذائية من خلال جذور النبات بالإضافة لكثافة الجذور ونموها وبالتالي زيادة المساحة الماصة.

تأثير المعاملة بحمض الساليسيلك SA وكلوريد الصوديوم NaCl Effect of treatment with salicylic acid SA and sodium chloride:

اختلفت النباتات المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA في استجابتها لمعاملات NaCl، حيث انخفض طول الجذر انخفاض غير معنوي عند المعاملة بحمض SA تركيز 1 ppm في جميع النباتات المجهدة (100, 200، 300) mM من NaCl بنسبة (4.2, 15.8, 8)% على التوالي مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، بينما أدت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm إلى زيادة غير معنوية في طول الجذر في جميع تركيزات NaCl (100, 200، 300) mM بنسبة (0.9, 1.15, 1.9)% على التوالي مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وبذلك أظهرت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm مع وجود أو عدم وجود NaCl نتائج أفضل من تركيز 1 ppm والمعاملة الضابطة كما في الجدول (2). وهذا يتماشي مع نتائج دراسة Khodary, (2004) على بادرات الذرة *Zea mays* L. وقد يكون ذلك، بسبب تأثير حمض SA في زيادة مستويات الأكسينات Auxin والسيتوكينينات Cytokinin، مما أدى إلى انقسام الخلايا بشكل أفضل في المرستيم القمي للجذر وبالتالي زيادة طول الجذر. ويدعم هذا التفسير (Hayat *et al.*, 2010).

كما لُوحظ اختلاف في تأثير حمض SA باختلاف تركيزه حيث أعطت المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm اقل طول للساق وبشكل غير معنوي في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl (100, 200، 300) mM بالمقارنة مع معاملات NaCl فقط، في حين سجل تركيز 2 ppm أكبر زيادة في طول الساق بشكل غير معنوي في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl (100، 200، 300) mM بنسبة (3.9, 4.1, 1.5)% على التوالي مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وبالتالي نجد أن المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من حمض SA سجلت أعلى القيم لطول الساق في جميع تركيزات NaCl، كما في الجدول (2) والشكل (2-ط، 2-ي، 2-ك، 2-ل). وبشكل عام، يمكن لحمض SA أن يشجع النبات على تحمل ظروف الإجهاد أو العكس من ذلك، قد يؤدي إلى انخفاض تحمل الإجهاد، وذلك اعتماداً على تركيزه. ويؤيد ذلك (Yan & Dong, 2014). كما تتفق نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Khodary, (2004) على بادرات الذرة Zea mays L. وقد يعزى السبب في زيادة طول الساق، إلى تأثير حمض SA في زيادة انقسام الخلايا في النسيج الإنشائي الطرفي، وإستطالة الخلية وبالتالي زيادة طول الساق.

وأظهرت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA عند تركيز 1 ppm انخفاض في ارتفاع النبات انخفاض غير معنوي في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl، وقد أظهر تركيز 300 mM أعلى درجات الانخفاض حيث انخفض الارتفاع بنسبة 4.9%، في حين أدت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm إلى زيادة غير معنوية في ارتفاع النبات في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl (100، 200، 300) mM بنسبة (6.3, 3.4, 3.7)% على التوالي مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، ومن خلال ذلك، نجد أن المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm قد يكون لها القدرة على تخفيف تأثير الإجهاد الملحي في العديد من الصفات النباتية التي تم قياسها كارتفاع النبات، كما في الجدول (2) والشكل (2-ط، 2-ي، 2-ك، 2-ل). واتفقت هذه النتائج مع نتائج دراسة Desire & Aeslan (2021) على

نبات البقدونس *Petroselinum crispum* L.. كما أظهرت العديد من الدراسات السابقة أن حمض SA يمكن أن يخفف من التأثيرات الضارة للملوحة في النباتات المختلفة (Bin-Jumah *et al.*, 2021; Roshdy *et al.*, 2021; Gaber *et al.*,2020; Miceli *et al.*, 2021).

وعند معاملة البذور بالنقع المسبق بحمض SA في وجود NaCl، لم يتأثر عدد الأوراق عند تركيز 1 ppm في النباتات المجهدة بملح NaCl تركيز 100 mM حيث كان عدد الأوراق حوالي 6.33 ورقة مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وقد انخفضت انخفاض غير معنوي عند تركيز (200, 300) mM من NaCl، بينما زاد عدد الأوراق زيادة غير معنوية عند معاملة البذور بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من حمض SA في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، ومن خلال ذلك، يمكن القول أن معاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من حمض SA قد يكون له القدرة على تعطيل ضرر الملوحة من خلال زيادة عدد الأوراق، كما في الجدول (2) والشكل (2-ط، 2-ي، 2-ك، 2-ل). وهذا يتفق مع نتائج دراسة Zarghami *et al.*, (2014) على نبات البتونيا *Petunia hybrida*. وقد يعود ذلك، إلى أن حمض SA قد يزيد من انقسام الخلايا ونموها.

وقد لُوحظ أن المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من حمض SA سجلت أقل مساحة للورقة بشكل غير معنوي في النباتات المجهدة بملح NaCl (100، 200، 300) mM، حيث بلغت مساحة الورقة تقريباً (8.33, 6.36) 11.90 cm^2 على التوالي، وذلك عند مقارنتها بمعاملات NaCl فقط، بينما زادت مساحة الورقة زيادة غير معنوية في المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm، حيث بغلت حوالي (8.10, 10.66, 13.13) cm^2 على التوالي مقارنة بمعاملات NaCl فقط، وبذلك فإن المعاملة بالنقع المسبق بتركيز 2 ppm من حمض SA أعطت أكبر مساحة للورقة في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl، وبالتالي قد يكون لمعاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm القدرة على مضادة التأثير الضار للملوحة بواسطة زيادة مساحة الورقة للنباتات المجهدة بملح NaCl، كما في الجدول (2) والشكل (2-ط، 2-ي، 2-ك، 2-ل). وهذا ما توافق مع نتائج دراسة Zarghami *et al.*, (2014) على نبات البتونيا *Petunia hybrida*. وقد يكون هذا الارتفاع في مساحة الورقة ناتجاً عن تنظيم نمو النبات وانقسام الخلايا عبر هرمونات مثل الأكسينات Auxin والسيتوكينينات Cytokinin.

أما بالنسبة للنباتات المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تحت إجهاد NaCl، فقد سجل تركيز 1 ppm أقل وزن رطب للجذر بشكل غير معنوي (0.71, 0.82, 0.87) mg، وكذلك أقل وزن جاف للجذر بشكل غير معنوي (0.41, 0.43, 0.56) mg في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl (100، 200، 300) mM على التوالي مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، في حين سجلت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm أعلى وزن رطب وجاف للجذر معنوياً في جميع تركيزات NaCl، حيث سجل الوزن الرطب للجذر (1.21, 1.86, 2.29) mg على التوالي، وسجل الوزن الجاف للجذر (0.77, 1.01, 1.19) mg على التوالي مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وبالتالي، فإن معاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm يمكن أن يقلل من التأثير الضار لملح NaCl على كلاً من الوزن الرطب والجاف للجذر، كما في الجدول (2). وهذه النتائج تتوافق مع نتائج دراسة (Sreelakshmy *et al.*, 2021) على نبات الطماطم *Solanum lycopersicum*، ودراسة (Desire & Aeslan 2021) على نبات البقدونس *Petroselinum crispum* L.. وقد تكون الزيادة في الكتلة الجافة للنباتات المجهدة بالملح هي استجابة لحمض SA، كما أنها مرتبطة باستحثاث الاستجابة المضادة للأكسدة، والدور الوقائي للأغشية التي تزيد من تحمل النبات للضرر (Rasheed *et al.*, 2020).

وعند معاملة بذور نبات فول المانج بالنقع المسبق بتركيز 1 ppm من حمض SA في وجود NaCl، وجد انخفاض معنوي للوزن الرطب للساق في جميع النباتات المجهدة بملح NaCl مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وكذلك انخفاض معنوي في الوزن الجاف للساق عند تركيز 100 mM من NaCl بنسبة 29% مقارنةً بالمعاملة بتركيز 100

mM من NaCl فقط، وانخفاض غير معنوي عند تركيز (300, 200) mM مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، بينما كان هناك زيادة غير معنوية في الوزن الرطب والجاف للساق عند المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm في جميع تركيزات NaCl (100، 200، 300) mM، حيث سجل أعلى وزن رطب وجاف للساق (0.69, 0.96, 1.06) mg، (0.13, 0.14, 0.18) mg على التوالي عند مقارنتها بمعاملات NaCl فقط، وهذا دليل على أن معاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm يمكن أن يخفف الضرر الناجم عن NaCl من خلال الزيادة في الوزن الرطب والجاف للساق، كما في الجدول (2). وهذا يوافق دراسة Sreelakshmy *et al.*, (2021) على بادرات الطماطم *Solanum lycopersicum*، ودراسة Poursakhi *et al.*, (2019)، على نبات الهندباء *Cichorium intybus*، ودراسة Pandey, (2018) على نبات فول المنج *Vigna radiata* L.. قد ترجع الزيادة في الوزن الرطب للجذر إلى دور حمض SA في تحفيز امتصاص العناصر الغذائية في الجذور والمحافظة على صحة الجذور وزيادة الجذور الجانبية.

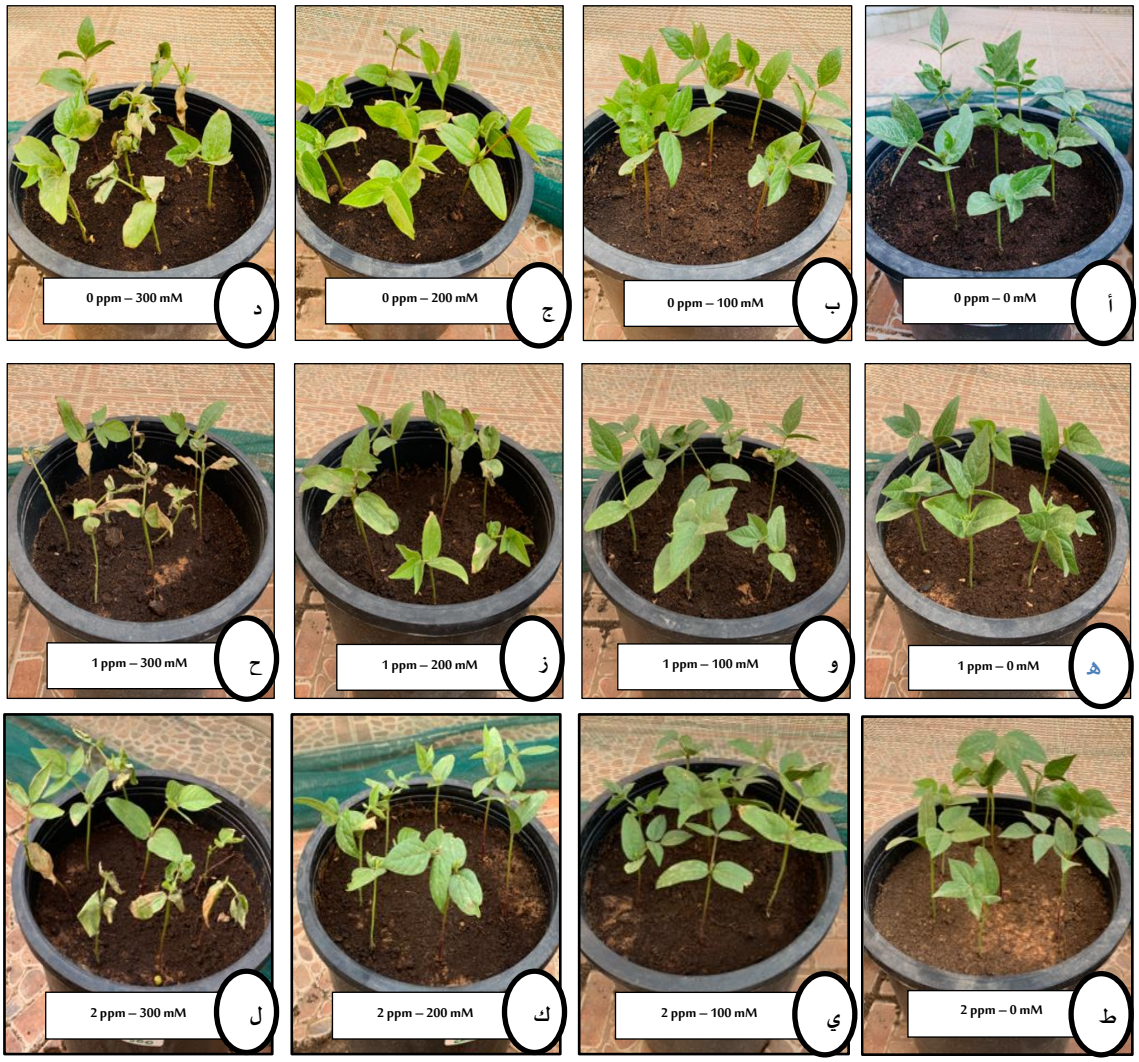
كما انخفض المحتوى المائي النسبي عند معاملة البذور بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 1 ppm تدريجيا بزيادة NaCl، وكان الانخفاض معنوياً عند تركيز (300, 200) mM بنسبة (19.7, 18,1)% على التوالي وغير معنوي عند تركيز 100 mM مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، بينما زاد المحتوى المائي النسبي عند معاملة البذور بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm زيادة غير معنوية تحت الاجهاد بملح NaCl (100، 200، 300) mM، حيث سجل (58, 60.5, 61) % على التوالي مقارنةً بمعاملات NaCl فقط، وبذلك نجد أيضاً، أن معاملة بذور فول المانج بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm قد يكون له دور في التخفيف من التأثير الضار للملوحة على مستوى المحتوى المائي النسبي للأوراق، كما في الجدول (2). تماشت هذه نتائج الدراسة مع نتائج دراسة Sreelakshmy *et al.*, (2021) على بادرات الطماطم *Solanum lycopersicum*، ونتائج دراسة Poursakhi *et al.*, (2019)، على نبات الهندباء *Cichorium intybus*، ونتائج دراسة Pandey, (2018) على نبات فول المنج *Vigna radiata* L.. ويمكن لحمض SA أن يتحكم في فتح الثغور تحت الإجهاد الملحي، مما يقلل من النتح وفقدان الماء. فقد ذكر Lotfi, (2020) أن حمض SA قد يؤدي إلى انخفاض التوصيل الثغري لحماية الماء داخل النبات في الظروف المالحة.

الجدول (2): يوضح متوسطات طول الجذر، طول الساق، ارتفاع النبات، عدد الأوراق لكل نبات، مساحة الورقة، والوزن الرطب والجاف لكلاً من الجذر والساق لبادرات فول المانج *Vigna radiata* L. تحت مستويات مختلفة من تركيزات حمض السالسيلك SA وكلوريد الصوديوم NaCl.

المعاملات		متوسط طول الجذر (cm)	متوسط طول الساق (cm)	متوسط ارتفاع النبات (cm)	متوسط عدد الأوراق لكل نبات	متوسط مساحة الورقة (cm^2)	الوزن الرطب للجذر (mg)	الوزن الجاف للجذر (mg)	الوزن الرطب للساق (mg)	الوزن الجاف للساق (mg)	متوسط المحتوى المائي النسبي (%)
SA (ppm)	NaCl (mM)										
0	0	43.00±6.66	8.55±1.02	14.00±0.33	7.00±0.00	14.33±4.56	1.40±0.11	0.69±0.02	1.10±0.08	0.18±0.01	65.26±2.61
	100	39.44±5.96	8.00±0.66	13.22±0.50	6.33±0.57	12.56±1.35	1.15±0.29	0.56±0.08	1.05±0.03	0.17±0.01	60.58±5.16
	200	38.66±7.68	7.77±1.83	12.44±0.19	6.33±0.57	9.03*±3.27	0.85*±0.09	0.51±0.11	0.92*±0.08	0.14*±0.01	60.37±1.76
	300	33.2*2±5.67	7.33*±0.57	11.33±0.57	5.33*±0.57	7.66*±1.15	0.74*±0.20	0.49*±0.02	0.64*±0.16	0.12*±0.01	57.42±9.53
1	0	41.33±3.92	8.33±0.57	13.55±1.34	7.00±0.00	12.36±0.30	1.56±0.36	0.68±0.21	0.98*±0.079	0.17±0.02	61.00±4.10

المعاملات		متوسط طول الجذر (cm)	متوسط طول الساق (cm)	متوسط ارتفاع النبات (cm)	متوسط عدد الأوراق لكل نبات	متوسط مساحة الورقة (cm^2)	الوزن الرطب للجذر (mg)	الوزن الجاف للجذر (mg)	الوزن الرطب للساق (mg)	الوزن الجاف للساق (mg)	متوسط المحتوى المائي النسبي (%)
SA (ppm)	NaCl (mM)										
	100	37.78±5.17	7.89±0.50	12.73±1.17	6.33±0.57	11.90 ±2.70	0.87±0.23	0.56±0.18	0.75*±0.13	0.12*±0.02	56.90±13.14
	200	32.55±5.01	7.66±0.33	12.00±0.88	5.67±0.57	8.33 ±2.08	0.82±0.14	0.43±0.07	0.59*±0.04	0.11±0.02	48.46*±9.44
	300	30.55±5.98	7.11±1.01	10.77±1.53	5.33±0.57	6.36 ±1.00	0.71±0.09	0.41±0.06	0.39*±0.12	0.10±0.01	47.05*±1.27
2	0	44.11±0.19	9.22±1.01	15.33*±1.19	7.33±0.57	15.71 ±2.20	2.30*±0.61	1.21*±0.29	1.13±0.02	0.19±0.01	69.48±5.14
	100	40.22±1.95	8.33±0.67	14.11±0.84	6.67±0.57	13.13 ±3.88	2.29*±0.29	1.19*±0.11	1.06±0.03	0.18±0.02	61.00±5.15
	200	39.11±0.77	8.11±0.50	12.88±0.69	6.33±0.57	10.66 ±2.08	1.86*±0.53	1.01*±0.29	0.96±0.04	0.14±0.01	60.50±3.75
	300	33.55±1.26	7.44±0.69	11.77±0.50	5.67±0.57	8.10 ±2.78	1.21*±0.31	0.77*±0.19	0.69±0.05	0.13±0.02	58.00±3.56
LSD		6.74	1.21	1.27	0.73	3.59	0.44	0.23	0.12	0.04	9.25

*The mean difference is significant at the 0.05 level



الشكل (2): يوضح نمو نباتات فول المانج *Vigna radiata* L. تحت مستويات مختلفة من تركيزات حمض السالسيلك SA وكلوريد الصوديوم NaCl.

الاستنتاجات:

من خلال النتائج السابقة، نجد أن المعاملة بملح NaCl أدت إلى انخفاض معايير النمو الماقسة لنبات فول المانج في هذه الدراسة، وبالرغم من ذلك، أظهرت المعاملة بالنقع المسبق بحمض SA تركيز 2 ppm في وجود وعدم وجود NaCl نتائج أفضل لمعايير النمو المقاسة، مقارنةً بتركيز 1 ppm والمعاملة الضابطة، مما يدل على أن تأثير حمض SA يعتمد على تركيزه ليحدث التأثير الإيجابي له. وأيد ذلك Al-mafriji & Al-Shammari, (2017). وبما أن الهرمونات لها تأثير منشط عند تركيز معين ومن ثم يكون لها تأثير مثبط، فقد ثبت أنه إذا زاد تركيز حمض SA إلى إلى حد ما، يسبب توترًا في النباتات (Drazic *et al.*, 2006; Hayat *et al.*, 2010). وهذا يدعم نتائج هذه الدراسة.

التوصيات والمقترحات.

من خلال هذه الدراسة، نوصي بالمزيد من الدراسات والأبحاث في العوامل البيئية التي تؤثر على إنبات النبات والخصائص المورفولوجية له، كما نوصي بالبحث عن مواد أخرى لها القدرة على زيادة قدرة التحمل للنبات في مواجهة الظروف البيئية خلال نمو النبات.

References.

- 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.
- Abdel Latef, A.A.H.; Tahjib-Ul-Arif, M. and Rhaman, M.S. (2021). Exogenous auxin-mediated salt stress alleviation in faba bean (Vicia faba L.). Agronomy, 11, 547.
- Abdul-Qados, A.M. and Moftah, A. E. (2015). Influence of Silicon and Nano-Silicon on germination, growth and yield of Faba bean (vicia Faba L.) under salt stress conditions. Amer J. of Exper Agric., 5 (6).
- Ahmed, F. E. and Suliman, A. S. H. (2010). Effect of water stress applied at different stage of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. Agriculture and biology Journal of North America, 1(4), 534-540.
- Al-mafriji, O. K. A and Al-Shammari, L. M. (2017). Effect of shading and spraying with Salicylic acid on the properties of yield for two varieties of potato. Journal of Agricultural Enviromental and Veterinary Sci, 4 (1): 28-43.
- Alharby, H. F., Al-Zahrani, H. S., Hakeem, K. R. and Iqbal, M. (2019). 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.
- Amin, B. and Mahmood, H. (2011). Effect of drought stress and its interaction with ascorbate and salicylic acid on Okra (Hibiscus esculents L.) germination and seedling growth, Journal of Stress Physiology and Biochemistry.
- Dawood, M.G. and EL-Awadi, M.E. (2015). Alleviation of salinity stress on Vicia faba L plants via seed priming with melatonin. Acta Biol. Colombiana. 20(2): 223-235.
- Desire, M. and Aeslan, H. (2021). The Effect of Salicylic Acid On Photosynthetic Characteristics, Growth Attributes, and Some Antioxidant Enzymes On Parsley (Petroselinum crispum L.) Under Salinity Stress. Original Article, Originalbeitrag, 73, pages 435–444.
- Drazic, G., Mihailovic, N., Lojic, M. (2006) Cadmium accumulation in Medicago sativa seedlings treated with salicylic acid. Biol Plant 50(2):239–244
- 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.

- El-Taher, A. M., Abd El-Raof, H. S., Osman, N. A., Azoz, S. N., Omer, M. A., Elkelish, A. and Abd El-Hady, M. A. M. (2022). Effect of Salt Stress and Foliar Application of Salicylic Acid on Morphological, Biochemical, Anatomical, and Productivity Characteristics of Cowpea (Vigna unguiculata L.) Plants, Libia Iris Trejo Téllez and Juan Barcelo, Plants, 11(1), 115
- 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.
- Fouad, A., Hegazy, A.E., Azab, E., Khojah, E., Kapiel, T. (2021). Boosting of Antioxidants and Alkaloids in Catharanthus roseus Suspension Cultures Using Silver Nanoparticles with Expression of CrMPK3 and STR Genes. Plants, 10, 2202.
- 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., p. 858016.
- Gopalakrishnan, T. and Kumar, L. (2020). Modeling and mapping of soil salinity and its impact on Paddy Lands in Jaffna Peninsula, Sri Lanka. Sustainability, 12, 8317.
- Hashempour, A., Ghasemnezhad, M., Ghazvini, R. F., and Sohani, M. M. (2014). The physiological and biochemical responses to freezing stress of olive plants treated with salicylic acid. Russian journal of plant physiology, 61(4), 443-450.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. Environ Exp Bot 68:14–25.
- Hayat, S., Ali, B., Ahmad, A. (2007). Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In: Hayat S, Ahmad A (eds) Salicylic acid: a plant hormone. Springer, Dordrecht, pp 1–23.
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agronomica Hungarica, Volume 53: Issue 4.
- Hernández, J. A. (2019). Salinity tolerance in plants: Trends and perspectives. Int. J. Mol. Sci., 20, 2408.
- Isayenkov, S. V. and Maathuis, F. J. M. (2019). Plant Salinity Stress: Many Unanswered Questions Remain. Front. Plant Sci., 10, 80.
- Jahan, M. S., Wang, Y., Shu, S., Zhong, M., Chen, Z., Wu, J., Sun, J. and Guo, S. (2019). Exogenous salicylic acid increases the heat tolerance in Tomato (Solanum lycopersicum L.) by enhancing photosynthesis efficiency and improving antioxidant defense system through scavenging of reactive oxygen species. Sci. Hortic, 247, 421–429.
- Jasim, A. H., Basheer, A. and Wassan, M. (2012). Effect of salt stress, application of salicylic acid and porline on seedlings growth of sweet pepper Capsicum annuum L. Euphrates J. Agric. Sci., 4 (3): 1-4.
- Kahraman, A., Adali, M., Onder, M. and Koc, N. (2014). Mung Bean [Vigna radiata (L.) Wilczek] as Human Food, International Journal of Agriculture and Economic Development, 2(2), 9-17.

- 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.
- Khodary, S. E. A. (2004). Effects of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plant. International Journal of Agriculture Biology 6:5-8.
- Larqué-Saavedra, A. and Martin-Mex, R. (2007). Effects of Salicylic Acid on the Bioproductivity of Plants, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C., Calle 43 No. 130.
- Lee, S., Kim, S., Park, C. (2010). Salicylic acid promotes seed germination under high salinity by modulating antioxidant activity in Arabidopsis, New Phytologist, Volume 188, Issue 2.
- Ma, X., Zheng, J., Zang, X., HU, Q. and Qian, Q. (2017). Salicylic Acid Alleviates the Adverse Effects of Salt Stress on Dianthus superbus (Caryophyllaceae) by Activating Photosynthesis, Protecting Morphological Structure, and Enhancing the Antioxidant System, Institute of Subtropical Crops of Zhejiang Province, Wenzhou, China.
- Martins, J. B., Santos, J. A., Silva, F. J. D., Silva, G. F. D., Medeiros, S. D. S. (2019). Production of parsley in hydroponic conditions under isosmotic brackish nutrient solutions. Cien Agrotecnol, 43.
- Mohamed, A., Ibrahim, A., Shalby, N. (2020). Stomatal and photosynthetic traits are associated with investigating sodium chloride tolerance of brassica napus L. cultivars. Plants 9(1):62.
- Moustafa-Farag, M., Elkelish, A., Dafea, M., Khan, M., Arnao, M.B., Abdelhamid, M.T., El-Ezz, A.A., Almoneafy, A., Mahmoud, A. and Awad, M. (2020). Role of Melatonin in Plant Tolerance to Soil Stressors: Salinity, PH and Heavy Metals. Molecules, 25, 5359.
- Muthulakshmi, S. and Lingakumar, K. (2017). Role of salicylic acid (SA) in plants—A review. Int. J. Appl. Res. 3, 33–37.
- Pandey, A. K. and Lal, E. P. (2018). Effect of salicylic acid on morphological, biochemical and antioxidant parameters of Mungbean (Vigna radiata L.) under salt stress. Department of Biological Sciences, Sam Higginbottom University of Agriculture, Technology and Sciences, India.
- 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.
- Poursakhi, N., Razmjoo, J. and Karimmojeni, H. (2019). Interactive effect of salinity stress and foliar application of salicylic acid on some physiochemical traits of chicory (Cichorium intybus L.) genotypes, Scientia Horticulturae, Volume 258, 15 December, 108810.
- Preston. J., Tatematsu, K., Kanno, Y., Hobo, T., Kimura, M., Jikumaru, Y., Yano, R., Kamiya, Y., Nambara, E. (2009). Temporal expression patterns of hormone metabolism genes during imbibition of Arabidopsis thaliana seeds: a comparative study on dormant and non-dormant accessions. Plant and Cell Physiology 50: 1786– 1800.

- Queiroz, H. M., Sodek, L. and Haddad, C. R. B. (2012). Effect of salt on the growth and metabolism of Glycin max. Braz. Arch. Biol. Technol., 55: 809-817.
- Ranjbaran, E., Sarikhani, H., Wakana, A., and Bakhshi, D. (2011). Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (Vitis vinifera L. cv. Bidaneh Sefid). Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 56(2), 263-269.
- 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.
- Roussos, P., Gasparatos, D., Kyriakou, C., Tsichli, K., Tsantili, E., and Haidouti, C. (2013). Growth, nutrient status and biochemical changes in sour orange (Citrus aurantium L.) plants subjected to sodium chloride stress. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 44, 805–816.
- Saha, P., Chatterjee, P., and Biswas, A. K. (2010). NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean (Vigna radiata L. Wilczek). Indian J Exp Biol. 48(6):593-600.
- 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.
- Shelke, D. B., Pandey, M., Nikalje, G. C., Zaware, B. N., Superasanna, P. and Nikam, T. D. (2017). Salt responsive physiological, photosynthetic and biochemical attributes at early seedling stage for screening soybeans genotypes, Plant Physiology and Biochemistry, Volume 118, Pages 519-528.
- Soliman, M. H., Abdulmajeed, A. M., Alhaithloul, H., Alharbi, B. M., El-Esawi, M. A., Hasanuzzaman, M. and Elkelish, A. (2020). Saponin Biopriming Positively Stimulates Antioxidants Defense, Osmolytes Metabolism and Ionic Status to Confer Salt Stress Tolerance in Soybean. Acta Physiol. Plant, 42, 114.
- Sreelakshmy, V., Anbarasi, G. and Vishnupriya, B. (2021). Salicylic acid pre-treatment induced physiological and biochemical changes in Solanum lycopersicum L. under salinity stress, Notulae Scientia Biologicae Volume 13, Issue 2, Article number 10917.
- Tang, D., Dong, Y., Ren, H., Li, L. and He, C. (2014). A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (Vigna radiata). Chemistry Central Journal, 8:4.
- Tavakkoli, E., Rengasamy, P. and McDonald, G. K. (2010). High concentrations of Na+ and Cl- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. J Exp Bot. 61(15): 4449-4459.
- Yan, S. and Dong, X. (2014). Perception of the plant immune signal salicylic acid. Current Opinion in Plant Biology, 20: 64–68.
- Yildirim, E., Turan, M., Guvenc, I. (2008). Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber crown under salt stress, J Plant Nutr 31:593–612.

- Zarghami, M., Shoor, M., Ganjali, A., Moshtaghi, N. and Tehranifar A. (2014). Effect of Salicylic acid on morphological and ornamental characteristics of Petunia Hybrida at drought stress, Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences ISSN: 2231-6345, Vol. 4 (3), pp.523-532.
- Zhanwu, G., Hui, Z., Jicai, G., Chunwu, Y., Chunsheng, M. and Deli, W. (2011). Germination responses of Alfalfa (Medicago sativa L.) seeds to various salt-alkaline mixed stress. Africa. J. Agric. Res., 6: 3793 – 3803.
- Ahanger, M.A., Hashem, A., Abd-Allah, E.F. and Ahmad, P. (2014). Arbuscular mycorrhiza in crop improvement under environmental stress. In Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 69–95.
- 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.
- Preston, J., Tatematsu, K., Kanno, Y., Hobo, T., Kimura, M., Jikumaru, Y., Yano, R., Kamiya, Y. and Nambara, E. (2009). Temporal expression patterns of hormone metabolism genes during imbibition of Arabidopsis thaliana seeds: a comparative study on dormant and non-dormant accessions. Plant and Cell Physiology 50: 1786– 1800.
- Torun, H., Novak, O., Mikulik, J., Strnad, M. and Ayaz, F. A. (2022). The Effects of Exogenous Salicylic Acid on Endogenous Phytohormone Status in Hordeum vulgare L. under Salt Stress, Academic Editors: Magda Pál, Imre Majláth and Dernovics Mihály, 11(5), 618.
- Bin-Jumah, M., Abdel-Fattah, A.-F. M., Saied, E. M., El-Seedi, H. R. and Abdel-Daim, M. M. (2021). Acrylamide-Induced Peripheral Neuropathy: Manifestations, Mechanisms, and Potential Treatment Modalities. Environ. Sci. Pollut. Res, 28, 13031–13046.
- Roshdy, A. E.-D., Alebidi, A., Almutairi, K., Al-Obeed, R. and Elsabagh, A. (2021). The effect of salicylic acid on the performances of salt stressed strawberry plants, enzymes activity, and salt tolerance index. Agronomy, 11, 775.
- Gaber, A., Alsanie, W. F., Kumar, D. N., Refat, M. S. and Saied, E. M. (2020). Novel Papaverine Metal Complexes with Potential Anticancer Activities. Molecules, 25, 5447.
- Miceli, A., Moncada, A. and Vetrano, F. (2021). Use of Microbial Biostimulants to Increase the Salinity Tolerance of Vegetable Transplants. Agronomy, 11, 1143.
- 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.