Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (38), (Dec, 2025)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) ملحق العدد 38 ديسمبر 2025
ردمد: 3014-6266

تأثير إجهاد الملوحة في إنبات بذور الجرجير ونمو البادرات المبكر

فاطمة علي الدويب إسراب

كلية التربية ناصر – جامعة الزاوية

Fatimah Ali Alduwayb Israb

College Education in Nasser – university of zawia

f.israb@zu.edu.ly

تاريخ الاستلام:2025/11/12 –تاريخ المراجعة: 2025/12/3– تاريخ القبول: 2025/12/28– تاريخ للنشر :2/8/ 2026

الملخص

يستهدف هذا البحث دراسة استجابة بذور وبادرات الجرجير لإجهاد الملوحة الناتج عن كلوريد الصوديوم في تجربة أصص تحت ظروف بيئية شبه محكومة بمدينة الزاوية – ليبيا، باعتبار أن الملوحة من أهم العوامل المحدِّدة لنجاح الإنبات والنمو المبكر في البيئات الجافة وشبه الجافة. نُفِّذت التجربة بتصميم صميم عشوائي كامل (CRD) باستخدام خمسة مستويات من الملوحة (0، 50، 100، 150، 200 ملي مول/لتر NaCl) وأربعة مكررات لكل معاملة، حيث تم قياس نسبة الإنبات، ومتوسط زمن الإنبات، ودليل سرعة الإنبات، إلى جانب بعض صفات نمو البادرات المبكر (طول الجذير، طول الجزء الهوائي، الوزن الطازج والجاف)، وحساب دليل حيوية البادرات، ثم إخضاع البيانات لتحليل التباين عند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$.

أظهرت النتائج أن زيادة تركيز كلوريد الصوديوم أدّت إلى انخفاض معنوي ومتدرّج في نسبة الإنبات ودليل سرعة وحيوية الإنبات، مصحوبة بزيادة في متوسط زمن الإنبات، مع بروز التأثير المثبِّط الحاد عند التركيزين 150 و200 ملي مول/لتر. كما أدّت الملوحة المرتفعة إلى انخفاض واضح في طول الجذير والجزء الهوائي والوزن الطازج والجاف للبادرات، وتراجع كبير في دليل حيوية البادرات، بينما كان الانخفاض عند المستويين 50 و100 ملي مول/لتر أقل حدّة. وتدل هذه النتائج على حساسية طور الإنبات والنمو المبكر للجرجير للإجهاد الملحي، مع قدرة نسبية على التحمّل عند الملوحة المنخفضة إلى المتوسطة، وتُبرز أهمية استخدام مؤشرات الإنبات وحيوية البادرات كأدوات تقييم مبكرة في دراسات تحمّل الجرجير للملوحة واختيار الظروف الملائمة لزراعته.

الكلمات المفتاحية: الجرجير؛ ملوحة التربة؛ إنبات البذور؛ نمو البادرات؛ كلوريد الصوديوم؛ دليل حيوية البادرات.

Abstract

This study aimed to evaluate the response of arugula (*Eruca sativa*) seeds and early seedlings to salinity stress induced by sodium chloride (NaCl) in a pot experiment conducted under semi-controlled environmental conditions in Al-Zawiya, Libya. Salinity is one of the major abiotic constraints limiting successful seed germination and early plant establishment in arid and semi-arid regions. The experiment was laid out in a completely randomized design (CRD) with five salinity levels (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) and four replications per treatment. Germination percentage, mean germination time (MGT), germination speed index, and several early seedling growth traits (radicle length, shoot length, fresh and dry seedling weight) were recorded, and a seedling vigor index was calculated. Data were subjected to analysis of variance at $\alpha = 0.05$.

The results showed that increasing NaCl concentration caused a significant and progressive reduction in germination percentage and germination speed, accompanied by an increase in MGT, with the most pronounced inhibition observed at 150 and 200 mM NaCl. Early seedling growth was also adversely affected, as indicated by marked reductions in radicle and shoot lengths, fresh and dry biomass, and seedling vigor index under the higher salinity levels, whereas the decline at 50 and 100 mM was less severe. These findings indicate that the germination and early seedling stages of *E. sativa* are sensitive to elevated salinity, although a relatively acceptable performance can be maintained under low to moderate salinity levels. The study highlights the usefulness of germination and vigor indices as early screening tools for assessing salt stress tolerance and for defining more suitable conditions for arugula cultivation in salt-affected environments.

Keywords: *Eruca sativa*; salinity stress; seed germination; early seedling growth; sodium chloride; seedling vigor index.

المقدمة

تُعَدّ ملوحة التربة ومياه الري من أبرز عوامل الإجهاد التي تحدّ من كفاءة الإنتاج الزراعي، لا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يؤدّي تراكم الأملاح الذائبة إلى تدهور خصوبة التربة وتراجع إنتاجية المحاصيل. وتشير التقديرات الحديثة إلى أن الترب المتأثرة بالأملاح تمتد على مساحات واسعة عالميًا تصل إلى نحو مليار هكتار، مع مساحات معتبرة في القارة الإفريقية، ما يجعل الملوحة تحديًا متزايدًا أمام الأمن الغذائي والتنمية الزراعية المستدامة(Mwesige et al., 2025) .

تؤثر الملوحة في النباتات عبر آليات متداخلة تشمل الإجهاد الأسموزي، والسمّية الأيونية، واضطراب التوازن الهرموني، ويظهر ذلك بوضوح في طور إنبات البذور والبادرات المبكرة بوصفه أكثر المراحل حساسية لهذه الظروف. فقد بيّنت دراسات مراجعة حديثة أن ارتفاع تركيز الأملاح يقلل النسبة المئوية للإنبات ويزيد متوسط زمنه، من خلال خفض امتصاص الماء، واختلال التوازن بين منظمات النمو (مثل زيادة حمض الأبسيسيك وتقليل الجبرلينات)، وما يصاحب ذلك من تغيرات فسيولوجية وبيوكيميائية تعيق الانتقال من البذرة الكامنة إلى البادرة النشطة(Manono, 2026) .

يُعَدّ الجرجير من محاصيل الخضر الورقية التي حظيت باهتمام متزايد في السنوات الأخيرة، نظرًا لقيمته الغذائية وثرائه بالمركّبات الحيوية النشطة، مثل الجلوكوسينولات والفلافونويدات، وما يرتبط بها من خصائص صحية ووظيفية. وتُظهر المراجعات الحديثة أن الجرجير يُستَخدم على نطاق واسع في حوض البحر المتوسط وفي نظم غذائية متنوّعة، وأنه يُعدّ من المحاصيل الواعدة كمصدر لمركّبات ذات أهمية غذائية وعلاجية، إلى جانب كونه محصولًا خضريًا سريع النمو وقصير الدورة(Bell, 2019) .

وعلى الرغم من تزايد الاهتمام العالمي بالجرجير، فإن نتائج الدراسات المنشورة حول استجابته لإجهاد الملوحة في طور الإنبات والبادرات تشير إلى تباين بين التراكيب الوراثية واختلاف في شدة التأثر تبعًا لدرجة وتركيب الملوحة وطبيعة النظام الزراعي المستخدم. فقد أظهرت دراسة على بعض تراكيب الجرجير أن زيادة الملوحة المصنَّعة بملح كلوريد الصوديوم أدّت إلى انخفاض مؤشرات الإنبات والحيوية، مع فروق معنوية بين الأصناف في درجة التحمل، ما يبرز أهمية استخدام مراحل الإنبات والبادرات كمرحلة فرز أولية للاستجابة للإجهاد الملحي (Kaya, 2021).

في ضوء ذلك، ومع محدودية الدراسات التي تناولت إنبات الجرجير ونمو بادراته تحت مستويات متدرجة من ملوحة كلوريد الصوديوم في ظروف قريبة من الظروف الحقلية في شمال أفريقيا، تبرز الحاجة إلى دراسة منهجية تقيس تأثير الملوحة في مجموعة من مؤشرات الإنبات والنمو المبكر في هذا المحصول، بما يساعد على تقدير حدود الملوحة الملائمة له، وتوفير بيانات يمكن الاستناد إليها في إدارة زراعته في المناطق المعرضة لارتفاع ملوحة التربة أو مياه الري.

مشكلة الدراسة

تُعَدّ ملوحة التربة ومياه الري من أهم عوامل الإجهاد التي تُقوّض إنبات البذور واستقرار المراحل الأولى من نمو النباتات، ولا سيّما في البيئات الجافة وشبه الجافة. ويُعَدّ الجرجير من المحاصيل الخضرية ذات الأهمية الغذائية والاقتصادية، غير أنّ استجابته لمستويات مختلفة من إجهاد الملوحة خلال مرحلتي إنبات البذور ونمو البادرات المبكر ما تزال غير موثَّقة بصورة كافية في تجارب الأصص تحت الظروف البيئية المحلية، رغم ما أظهرته بعض الدراسات الحديثة على الجرجير من أن الإجهاد الملحي يُضعِف إنبات البذور ونمو البادرات ويُحدِث تغيّرات تشريحية ووظيفية في الأنسجة الفلقية تحت تراكيز مختلفة من الملوحة. وعليه، تسعى هذه الدراسة إلى الإجابة عن السؤال الرئيس الآتي: إلى أي مدى تؤثر المستويات المختلفة من إجهاد الملوحة الناتج عن كلوريد الصوديوم (NaCl) في إنبات بذور الجرجير وبعض الصفات المميّزة لنمو البادرات المبكر في تجربة أصص تحت ظروف بيئية شبه محكومة؟

فرضيات الدراسة

تختبر هذه الدراسة الفرضيات الصفرية الآتية:

1. لا توجد فروق معنوية في نسبة إنبات بذور الجرجير بين المستويات المختلفة من ملوحة كلوريد الصوديوم.(NaCl)
2. لا توجد فروق معنوية في مؤشّرات الإنبات (مثل سرعة الإنبات ومتوسط زمن الإنبات) بين المستويات المختلفة من ملوحة كلوريد الصوديوم.(NaCl)
3. لا توجد فروق معنوية في بعض صفات نمو البادرات المبكر (طول الجذير، طول الريشة، والوزن الطازج والجاف للبادرات) بين المستويات المختلفة من ملوحة كلوريد الصوديوم.(NaCl)

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الاستجابة المبكرة لنبات الجرجير لإجهاد الملوحة الناتج عن كلوريد الصوديوم في تجربة أصص تحت ظروف بيئية شبه محكومة، وذلك من خلال تحقيق الأهداف الآتية:

1. تقدير تأثير المستويات المختلفة من ملوحة كلوريد الصوديوم (NaCl) في نسبة إنبات بذور الجرجير وبعض مؤشّرات الإنبات الكمية مثل سرعة الإنبات ومتوسط زمن الإنبات.
2. دراسة أثر إجهاد الملوحة في بعض صفات نمو البادرات المبكر لنبات الجرجير، بما في ذلك طول الجذير وطول الريشة والوزن الطازج والجاف للبادرات.
3. حساب بعض مؤشرات حيوية البادرات تحت مستويات الملوحة المختلفة وتقييم كفاءتها في التعبير عن تأثر النمو المبكر بإجهاد الملوحة.
4. تحديد المستوى أو المدى الملحي الذي تبدأ عنده صفات الإنبات والنمو المبكر في التدهور المعنوي، بما يمكّن من اقتراح حدود تشغيلية مناسبة لملوحة مياه الري في المراحل الأولى من نمو الجرجير.

أهمية الدراسة

تنبع أهمية هذه الدراسة من كونها تسهم، من ناحية علمية، في توفير بيانات كمية موثوقة حول استجابة إنبات بذور الجرجير ونمو البادرات المبكر لمستويات محددة من إجهاد الملوحة الناتج عن كلوريد الصوديوم في تجربة أصص تحت ظروف بيئية شبه محكومة، بما يثري الأدبيات المتعلّقة بتحمّل هذا المحصول للإجهادات الملحية، ويفتح المجال أمام دراسات لاحقة أكثر تعمقًا في الجوانب الفسيولوجية والتشريحية المرتبطة بتحمّل الملوحة. ومن ناحية تطبيقية، توفّر النتائج المتوقَّعة أساسًا علميًا يمكن الاستناد إليه في توجيه قرارات إدارة ملوحة التربة ومياه الري في المراحل الأولى من زراعة الجرجير، ولا سيّما في البيئات الجافة وشبه الجافة، فضلًا عن إمكانية توظيف هذه المعطيات في برامج الإرشاد الزراعي واختيار الأصناف أو الممارسات الزراعية الأنسب للحد من الآثار السلبية لإجهاد الملوحة على إنبات البذور واستقرار البادرات.

حدود الدراسة

تقتصر هذه الدراسة على تقييم استجابة بذور وبادرات الجرجير لإجهاد الملوحة الناتج حصريًا عن كلوريد الصوديوم (NaCl) ضمن مجموعة محدَّدة من المستويات الملحية، وذلك في تجربة أصص بلاستيكية تحت ظروف بيئية محلية شبه محكومة من حيث درجة الحرارة والإضاءة والري. وتشمل الحدود الموضوعية للدراسة مرحلتي إنبات البذور والنمو المبكر للبادرات فقط، دون التطرّق إلى المراحل اللاحقة من النمو الخضري أو الحاصل تحت ظروف الحقل. كما تقتصر النتائج على الصنف أو العيّنة النباتية المستخدمة وعلى ظروف التنفيذ المكانية والزمانية الموصوفة، ولا يُفترض تعميمها مباشرة على أصناف أخرى من الجرجير أو على أنواع نباتية مختلفة أو على أنواع أخرى من الأملاح ما لم تُدعَم بدراسات إضافية.

الدراسات السابقة

تناولت عدد من الدراسات العربية الحديثة تأثير الملوحة في إنبات البذور ونمو البادرات لعدة محاصيل غذائية وطبية، مع اختلاف في نوع النبات ودرجة الإجهاد الملحي وطريقة تطبيقه. فقد درس أبوغديري تأثير تركيزات مختلفة من محلول كلوريد الصوديوم في إنبات بذور البقدونس ونمو البادرات تحت ظروف مخبرية، وأظهرت النتائج أن أعلى نسبة إنبات وأفضل نمو سُجّلا في معاملة الشاهد، في حين انخفضت نسبة الإنبات وطول البادرات بشكل معنوي مع زيادة تركيز الملح، كما بيّنت الدراسة إمكانية تحسين الإنبات تحت ملوحة مثبِّطة جزئيًا باستخدام الجبرالين أو الكاينتين (أبوغديري ، 2022).

وفي دراسة على البقوليات، قيَّم رطيبة استجابة بذور صنفين من العدس ("بريش" و"الشاوش") عند نقعها في تركيزات متدرجة من ملح كلوريد الصوديوم، حيث أظهرت النتائج انخفاضًا معنويًا في نسبة الإنبات وطول الرويشة والجذير والوزن الطازج والجاف مع ارتفاع التركيز الملحي، مع تفوق صنف "بريش" في معظم المؤشرات المدروسة، مما يشير إلى تباين وراثي في درجة تحمّل الملوحة بين الأصناف (رطيبة، 2024) .

كما درس مرقب وزملاؤه تأثير مستويات متزايدة من كلوريد الصوديوم (حتى 300 ملي مول/لتر) في إنبات بذور الحلبة، حيث بيّنت النتائج أن جميع مؤشرات الإنبات (نسبة الإنبات، معدل الإنبات، متوسط زمن الإنبات، سرعة الإنبات) انخفضت تدريجيًا بزيادة تركيز الملح، وترافق ذلك مع انخفاض واضح في طول الجذير والريشة والكتلة الحيوية للبادرات، مؤكّدًا حساسية المراحل المبكرة من النمو للإجهاد الملحي (مرقب وآخرون، 2025).

وفي تجربة أخرى على البقوليات، درس العشيبي تأثير ملوحة ناتجة عن خلط ماء البحر بتراكيز مختلفة في إنبات ونمو بادرات البازلاء حيث أدّت الزيادة في نسبة ماء البحر إلى انخفاض معنوي في نسبة وسرعة الإنبات وطول المجموعين الخضري والجذري والوزن الطازج والجاف للبادرات، مما يعكس أثرًا مثبطًا قويًا للملوحة العالية في النمو المبكر (العشيبي، 2018).

وعلى محاصيل الحبوب، بيّنت دراسة نجم وزملائها على بعض أصناف القمح أن تعرّض البذور والبادرات لمستويات متزايدة من الملوحة أدّى إلى انخفاض معنوي في نسبة الإنبات والمعايير المورفولوجية والفسيولوجية للنمو المبكر، مع وجود فروق

بين الأصناف في درجة التأثر، ما يشير إلى إمكان استغلال هذا التباين في برامج التربية لاختيار الأصناف الأكثر تحمّلًا (نجم وآخرون، 2026).

أما بالنسبة للجرجير، فتُظهِر الأدبيات العربية المتاحة محدودية الدراسات التي تناولت هذا المحصول تحت إجهاد الملوحة في طور الإنبات والبادرات؛ إذ ركّزت دراسة المحمد على استجابة الجرجير للتسميد النتروجيني والرش بالكاينيتين وتأثيرهما في النمو وحاصل البذور ومحتواها من بعض المواد الفعالة تحت ظروف الحقل، من دون تعرّض مباشر للإجهاد الملحي. (المحمد، 2014) وبذلك تتوافر خلفية عربية جيدة حول تأثير الملوحة في إنبات ونمو بادرات محاصيل مختلفة، مع نقص واضح في الدراسات التي تختبر استجابة بذور وبادرات الجرجير بمستويات ملحية متدرجة تحت ظروف تجريبية مضبوطة، وهو ما تحاول هذه الدراسة معالجته.

المواد وطرق البحث

1. موقع الدراسة والظروف البيئية

أُجريت التجربة في مدينة الزاوية – ليبيا، تحت ظروف بيئية شبه محكومة خلال الفترة من 1مارس 2025 إلى 15أبريل 2025 .وُضعت الأصص في مكان يتعرض لإضاءة طبيعية منتظمة مع تقليل تأثير الظلال الشديدة، وتم الحفاظ على ظروف رطوبة وريّ متقاربة بين جميع المعاملات طوال مدة التجربة.

2. المادة النباتية

تم استخدام بذور الجرجير متجانسة ظاهريًا (سليمة، ممتلئة، وخالية من التلف)، ومأخوذة من مصدر واحد لضمان تجانس العينة وتقليل تباين الجودة بين المعاملات.

3. تحضير الأصص والوسط الزراعي

استُخدمت أصص بلاستيكية متماثلة مزودة بفتحات تصريف (قطر 20سم وعمق 25سم. مُلئت الأصص بخليط متجانس من تربة زراعية محلية + رمل مغسول بنسبة حجمية 2:1بعد نخل المكونات لإزالة الشوائب وتوحيد القوام.

ولتعزيز موثوقية تجربة الملوحة، تم توصيف الوسط الزراعي قبل الزراعة بقياس:

- التوصيل الكهربائي (EC) لمستخلص الوسط وكانت قيمته .1.20 dS/m
- الرقم الهيدروجيني (pH) وكانت قيمته .7.60

تم ترطيب الوسط ترطيبًا أوليًا للوصول إلى رطوبة متقاربة بين الأصص قبل الزراعة.

4. التصميم التجريبي والمعاملات

نُفذت التجربة وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD) بخمس معاملات ملوحة من كلوريد الصوديوم (NaCl) وأربع مكررات لكل معاملة، بحيث اعتُبر كل أصيص مكررة واحدة .(n = 4)
كانت معاملات الملوحة كما يأتي:

- $م_0$: mM NaCl 0 الشاهد
- $م_1$: mM NaCl50
- $م_2$: mM NaCl100
- $م_3$: mM NaCl150
- $م_4$: mM NaCl200

تم توزيع الأصص عشوائيًا داخل موقع التجربة، مع إعادة ترتيبها دوريًا لتقليل تأثير أي تدرج محتمل في الإضاءة أو الحرارة.

5. الزراعة وعدد البذور وعمقها

تم زرع 20بذرة في كل أصيص (عدد ثابت)، ووزعت بالتساوي على سطح الوسط، ثم غُطيت بطبقة رقيقة من نفس الوسط بعمق 1.5–1سم .أُجري ريّ خفيف مباشرة بعد الزراعة لضمان تلامس البذور مع الوسط وتجانس ظروف بدء الإنبات.

6. تحضير محاليل الملوحة ومعايرة ماء الري

حضّرت محاليل NaCl بإذابة كلوريد الصوديوم النقي في ماء الري للوصول إلى تراكيز الملوحة المحددة .(mM) ولأغراض الضبط الحسابي يمكن التعبير عنها بالجرام/لتر وفق العلاقة:

الكتلة (غ/لتر) = التركيز 1000 ÷ 58.44 × (mM)

وعليه تكون الكميات التقريبية:

- 50 mM ≈ 2.922غ/لتر
- 100 mM ≈ 5.844غ/لتر
- 150 mM ≈ 8.766غ/لتر
- 200 mM ≈ 11.688غ/لتر

استُخدم نفس مصدر الماء لجميع المعاملات، وتم قياس خصائصه قبل تحضير المحاليل، حيث كانت:

- **EC**لماء الري = dS/m0.70
- pHلماء الري = 7.40

7. برنامج الري وتطبيق الإجهاد الملحي وضبطه

بعد الزراعة مباشرة، رُويت الأصص حتى الاقتراب من السعة الحقلية باستخدام محلول المعاملة الموافق لكل أصيص. ثم استُكمل الري خلال التجربة وفق برنامج ثابت من حيث المواعيد وبكميات متقاربة لجميع المعاملات، مع تجنب الإغراق أو الجفاف الشديد.

ولضمان أن الإجهاد الملحي فعّال ومتقارب زمنيًا بين المكررات، تم تتبع الملوحة بطريقة عملية عبر قياس ECلراشح الأصص (Drainage) على فترات منتظمة (كل 7أيام (باستخدام جهاز قياس EC محمول، مع إجراء تصحيح بسيط في نظام الري عند الحاجة للحفاظ على استقرار تأثير الملوحة داخل الوسط قدر الإمكان.

8. متابعة الإنبات ومعيار الإنبات

بدأت متابعة الإنبات يوميًا من اليوم التالي للزراعة، واستمرت لمدة **14يومًا** أو حتى ثبات عدد البادرات. اعتُبرت البذرة **منبتة عند ظهور الفلقتين بوضوح فوق سطح التربة**، وتم تسجيل عدد البادرات المنبتة يوميًا لكل أصيص لاستخدامه في حساب مؤشرات الإنبات.

9. الصفات المقاسة ومعادلات الحساب

صفات الإنبات

تم حساب الصفات التالية لكل مكررة:

- **نسبة الإنبات(%)**

$$\text{نسبة الإنبات} = \left(\frac{\text{عدد البذور المنبتة}}{\text{العدد الكلي للبذور المزروعة}}\right) \times 100$$

- **متوسط زمن الإنبات (MGT) يوم**

$$\text{MGT} = \frac{\sum(n_i \times t_i)}{\sum n_i}$$

حيث n_iعدد البادرات المنبتة في اليوم t_i.

- **دليل سرعة الإنبات (GSI) وفقMaguire**

$$\text{GSI} = \sum\left(\frac{G_i}{D_i}\right)$$

حيث G_iعدد البادرات المنبتة في اليوم D_i(اليوم المقابل للتسجيل.(

- **صفات نمو البادرات المبكر**

بعد 21يومًا من الزراعة، تم اختيار 5 بادرات ممثلة من كل أصيص لقياس:

- طول الجذير (سم)
- طول الجزء الهوائي (سم)

- الوزن الطازج (غ) بعد تنظيف الجذور برفق من بقايا الوسط
- الوزن الجاف (غ) بعد التجفيف في فرن عند °70م حتى ثبات الوزن

- **دليل حيوية البادرات(SVI)**

تم حساب دليل الحيوية وفق العلاقة:

SVI = (طول الجزء الهوائي + طول الجذير) × نسبة الإنبات

وتُستخدم نسبة الإنبات هنا كقيمة مئوية كما تم حسابها في النتائج.

10.التحليل الإحصائي

أُدخلت البيانات إلى برنامج SPSS، وأُجري تحليل التباين الأحادي (One–way ANOVA)وفق تصميم CRDعند مستوى معنوية 0.05. وعند وجود فروق معنوية بين المتوسطات، تمت المقارنة البعدية باستخدام اختبار LSDعند مستوى 0.05، وعُرضت النتائج على شكل متوسطات مع الانحراف المعياري، مع توضيح الفروق المعنوية بين المتوسطات عند الحاجة.

النتائج

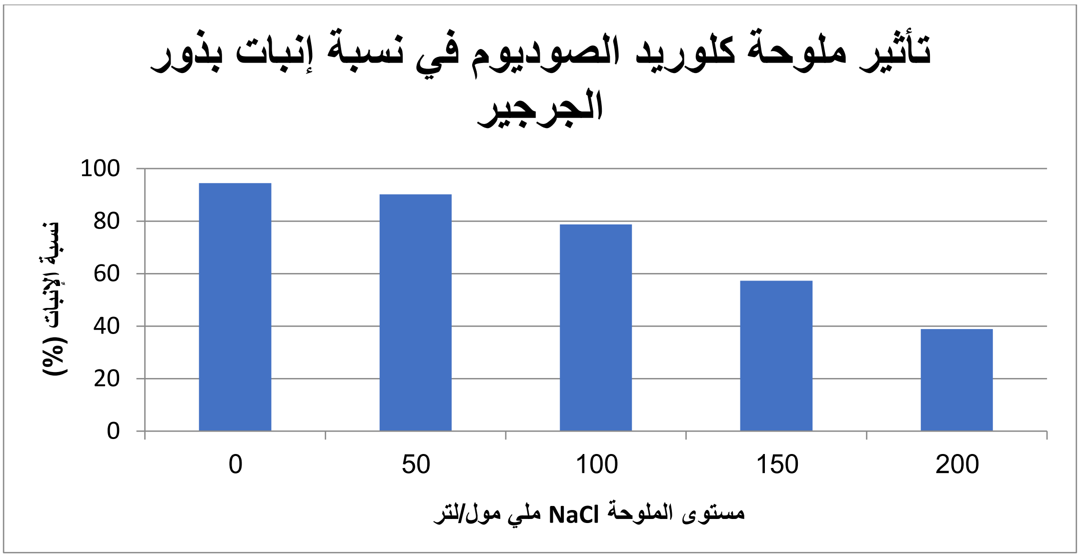
صفات إنبات بذور الجرجير تحت مستويات مختلفة من الملوحة

أظهرت النتائج أن زيادة تركيز كلوريد الصوديوم في محلول الري أدّت إلى انخفاض تدريجي وواضح في نسبة إنبات بذور الجرجير، مصحوبًا بزيادة في متوسط زمن الإنبات وانخفاض في دليل سرعة الإنبات. يوضّح **الجدول (1)** متوسطات نسبة الإنبات ومتوسط زمن الإنبات (MGT) ودليل سرعة الإنبات تحت المستويات المختلفة من الملوحة بعد انتهاء فترة الإنبات (حوالي 14 يومًا من الزراعة).

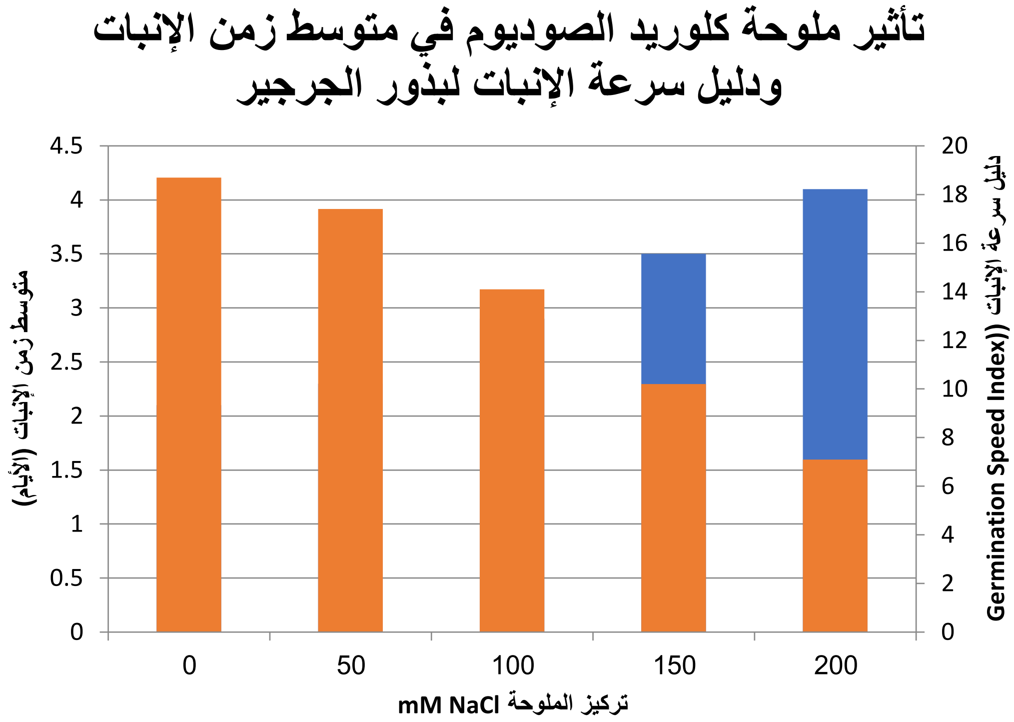
جدول(1) : تأثير مستويات مختلفة من الملوحة (NaCl) في بعض صفات إنبات بذور الجرجير بعد 14 يومًا من الزراعة)متوسط ± انحراف معياري؛ n = 4).

معاملة الملوحة(mM NaCl	نسبة الإنبات(%)	متوسط زمن الإنبات (يوم)	دليل سرعة الإنبات (وحدة نسبية)
0م$_0$ – كنترول	94.5 ± 2.3	2.1 ± 0.1	18.7 ± 1.2
50م$_1$	90.2 ± 3.1	2.3 ± 0.1	17.4 ± 1.0
100م$_2$	78.7 ± 4.0	2.9 ± 0.2	14.1 ± 0.9
150م$_3$	57.3 ± 5.2	3.5 ± 0.3	10.2 ± 0.8
200م$_4$	38.9 ± 4.8	4.1 ± 0.3	7.1 ± 0.7

شكل(1) : تأثير مستويات الملوحة0 ، 50، 100، 150، 200mM NaCl في نسبة إنبات بذور الجرجير بعد 14 يومًا من الزراعة.



شكل(2) : تأثير مستويات الملوحة في متوسط زمن الإنبات (MGT) ودليل سرعة الإنبات لبذور الجرجير.



يتضح من الجدول (1) أن معاملة الكنترول (0 mM NaCl) سجّلت أعلى نسبة إنبات (حوالي 94.5%) مع أقل متوسط زمن للإنبات (2.1 يوم) وأعلى قيمة لدليل سرعة الإنبات (18.7 وحدة نسبية)، مما يعكس استجابة سريعة وقوية للبذور في غياب الإجهاد الملحي. ومع زيادة تركيز الملوحة إلى mM50 ، انخفضت نسبة الإنبات بشكل طفيف إلى نحو 90.2% وتزايد متوسط زمن الإنبات إلى 2.3 يوم، مع تراجع محدود في دليل سرعة الإنبات، بينما لوحظ انخفاض أكثر وضوحًا في هذه المؤشرات عند 100 mM حيث بلغت نسبة الإنبات حوالي 78.7% وتزايد متوسط زمن الإنبات إلى 2.9 يوم.

عند التركيزين الأعلى 150 و200mM NaCl كان التأثير السلبي لإجهاد الملوحة أكثر حدة؛ إذ انخفضت نسبة الإنبات إلى حوالي 57.3% و38.9% على التوالي، وتزايد متوسط زمن الإنبات إلى 3.5 و4.1 يوم، كما انخفض دليل سرعة الإنبات بوضوح ليصل إلى 10.2 و7.1 وحدة نسبية. وتشير هذه النتائج إلى أن الارتفاع التدريجي في مستوى الملوحة لم يؤثر فقط في النسبة النهائية للبذور المنبتة، بل أثّر كذلك في سرعة الإنبات وتجانسه، حيث أصبحت البذور تحت التركيزات العالية أبطأ في الاستجابة وأقل حيوية مقارنة بمعاملة الكنترول والمستويات الملحية المنخفضة.

استنادًا إلى نتائج التحليل الإحصائي(ANOVA) ، تبيّن وجود فروق معنوية عند مستوى ($\alpha = 0.05$) بين المعاملات الملحية في كل من نسبة الإنبات ومتوسط زمن الإنبات ودليل سرعة الإنبات، خصوصًا بين معاملات التركيزات العالية 150و200mM ومعاملة الكنترول، مما يؤكد الحساسية العالية لمرحلة الإنبات لإجهاد الملوحة المتزايد.

9.2صفات نمو البادرات المبكر تحت مستويات مختلفة من الملوحة

أظهرت نتائج قياسات نمو البادرات بعد 21 يومًا من الزراعة أن زيادة مستوى الملوحة أدّت إلى انخفاض واضح في طول الجذير وطول الجزء الهوائي، وكذلك في الوزن الطازج والجاف للبادرات، وانعكس ذلك بصورة مباشرة على دليل حيوية البادرات. يوضّح **الجدول (2)** تأثير مستويات الملوحة في الصفات المورفولوجية والوزنية المدروسة.

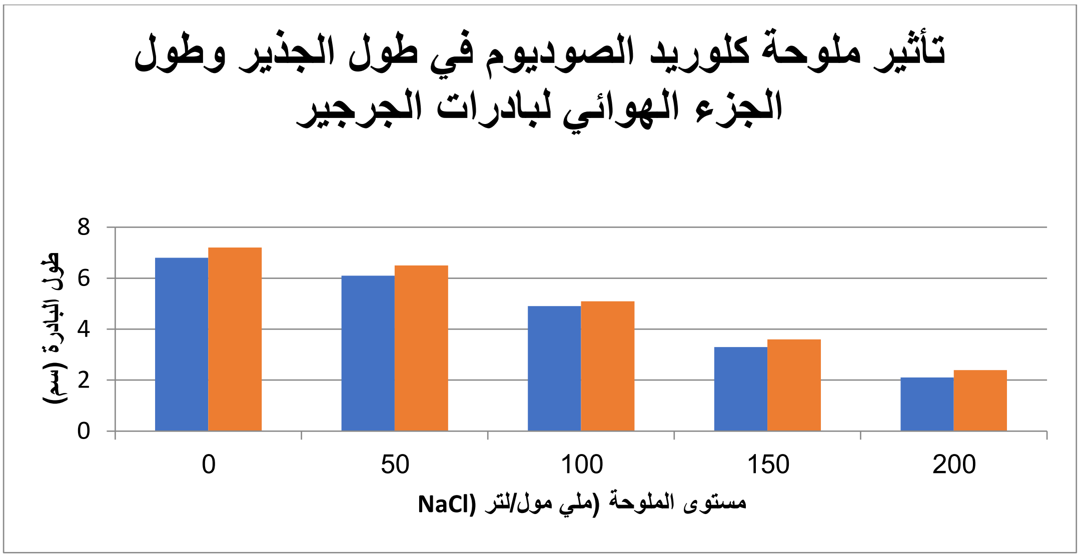
جدول(2) : تأثير مستويات مختلفة من الملوحة (NaCl) في بعض صفات نمو بادرات الجرجير بعد 21 يومًا من الزراعة متوسط ± انحراف معياري4 = n

معاملة الملوحة (mM NaCl)	طول الجذير (سم)	طول الجزء الهوائي (سم)	الوزن الطازج للبادرة (غرام)	الوزن الجاف للبادرة (غرام)	دليل حيوية البادرات(وحدة نسبية)
0م$_0$ – كنترول	6.8 ± 0.4	7.2 ± 0.5	0.42 ± 0.03	0.047 ± 0.004	1323 ± 75
50م$_1$	6.1 ± 0.5	6.5 ± 0.4	0.38 ± 0.03	0.043 ± 0.003	1137 ± 68
100م$_2$	4.9 ± 0.4	5.1 ± 0.3	0.29 ± 0.02	0.034 ± 0.003	787 ± 54
150م$_3$	3.3 ± 0.3	3.6 ± 0.3	0.20 ± 0.02	0.025 ± 0.002	395 ± 39
200م$_4$	2.1 ± 0.2	2.4 ± 0.2	0.14 ± 0.01	0.018 ± 0.002	175 ± 26

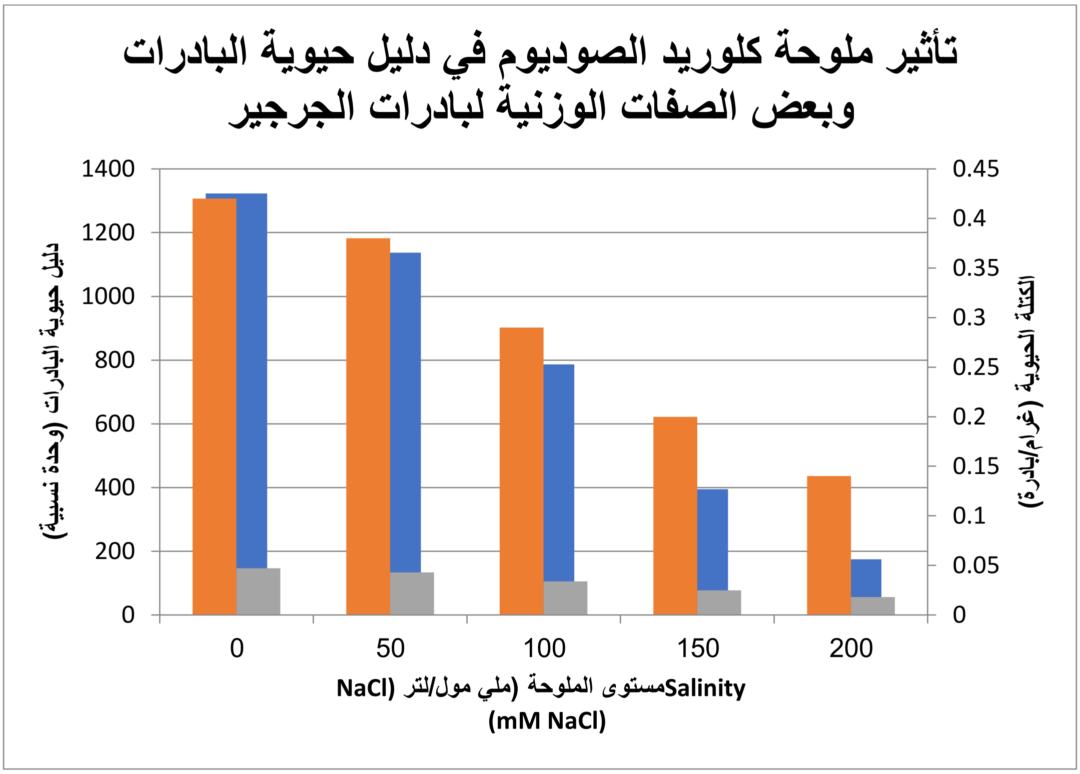
دليل حيوية البادرات محسوب على أساس:

دليل الحيوية ≈ نسبة الإنبات × (طول الجذير + طول الجزء الهوائي)

شكل(3) : تأثير مستويات الملوحة في طول الجذير وطول الجزءِ الهوائي لبادرات الجرجير بعد 21 يومًا من الإنبات.



شكل(4) : تأثير مستويات الملوحة في دليل حيوية البادرات وبعض الصفات الوزنية (الوزن الطازج والوزن الجاف) لبادرات الجرجير.



يتّضح من الجدول (2) أن معاملة الكنترول سجّلت أعلى قيم لطول الجذير (حوالي 6.8 سم) وطول الجزء الهوائي (7.2 سم)، بالإضافة إلى أعلى وزن طازج (0.42 غرام) وجاف (0.047 غرام) للبادرة، وأعلى قيمة لدليل حيوية البادرات (نحو 1323 وحدة نسبية). ومع زيادة تركيز الملوحة إلى mM50 ، سُجِّل انخفاض محدود في هذه الصفات، إلا أن البادرات ظلّت محتفظة بقدرة نمو جيدة نسبيًا مقارنة بالكنترول.

عند 100 mM NaCl أصبح تأثير إجهاد الملوحة أكثر وضوحًا، حيث انخفض طول الجذير إلى حوالي 4.9 سم وطول الجزء الهوائي إلى 5.1 سم، وتراجعت الأوزان الطازجة والجافة، مما انعكس في انخفاض دليل الحيوية إلى نحو 787 وحدة. وفي التركيزين الأعلى 150 و200mM ظهر التدهور الأكبر في النمو؛ إذ سجّلت البادرات أقصر أطوال جذور وأجزاء هوائية (3.3 و2.1 سم للجذير، و3.6 و2.4 سم للجزء الهوائي على التوالي)، وأدنى قيم للوزن الطازج والجاف، مع انخفاض حاد في دليل الحيوية إلى حوالي 395 و175 وحدة على الترتيب.

تشير هذه النتائج إلى أن الملوحة العالية لا تقلل فقط عدد البذور المنبتة، بل تضعف أيضًا نمو البادرات الناتجة، خصوصًا نمو الجذور الذي يعد أكثر تماسًا مع الوسط الملحي. وقد أظهر التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عند مستوى (α = 0.05)بين المعاملات في معظم الصفات المورفولوجية والوزنية المدروسة، مع تميّز معاملة الكنترول والمستويات الملحية المنخفضة بقيم أعلى معنويًا مقارنة بالتركيزين 150 و200mM ، ممّا يؤكد الأثر التراكمي لإجهاد الملوحة في مرحلة النمو المبكر للجرجير.

اختبار الفرضيات

تم استخدام تحليل التباين (ANOVA) وفق التصميم العشوائي الكامل عند مستوى معنوية (α = 0.05) لاختبار الفرضيات الصفرية المتعلقة بتأثير مستويات ملوحة كلوريد الصوديوم (NaCl) في إنبات بذور الجرجير ونمو البادرات المبكر. وأظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لمعاملات الملوحة في معظم الصفات المدروسة، سواء المرتبطة بالإنبات أو بنمو البادرات، كما هو موضح في جداول وأشكال النتائج.

1. **الفرضية الصفرية الأولى**

لا توجد فروق معنوية في نسبة إنبات بذور الجرجير بين المستويات المختلفة من ملوحة كلوريد الصوديوم.(NaCl)

أظهرت نتائج الإنبات أن زيادة تركيز الملوحة أدّت إلى انخفاض واضح في نسبة الإنبات مع وجود فروق معنوية بين معاملة الكنترول والتركيزين المرتفعين 150) و200(mM NaCl ، وكذلك بين بعض المستويات المتوسطة، وعليه تُرفَض الفرضية الصفرية الأولى ويُستنتج أن لمستويات الملوحة تأثيرًا معنويًا في نسبة إنبات بذور الجرجير ضمن المجال الملحي المدروس.

2. **الفرضية الصفرية الثانية**

لا توجد فروق معنوية في مؤشّرات الإنبات (مثل متوسط زمن الإنبات وسرعة الإنبات) بين المستويات المختلفة من ملوحة كلوريد الصوديوم.(NaCl)

بيّنت النتائج أن متوسط زمن الإنبات (MGT) ازداد معنويًا مع ارتفاع تركيز الملوحة، بينما انخفضت مؤشرات سرعة الإنبات والحيوية بصورة متدرجة، مع فروق معنوية واضحة بين التركيزات العالية ومعاملة الكنترول، وعليه تُرفَض الفرضية الصفرية الثانية، مما يدل على أن الملوحة تؤثر معنويًا في سرعة وتجانس إنبات بذور الجرجير.

3. **الفرضية الصفرية الثالثة**

لا توجد فروق معنوية في بعض صفات نمو البادرات المبكر (طول الجذير، طول الجزء الهوائي، الوزن الطازج والجاف) بين المستويات المختلفة من ملوحة كلوريد الصوديوم.(NaCl)

أظهرت بيانات نمو البادرات المبكر انخفاضًا معنويًا في طول الجذير وطول الجزء الهوائي والوزن الطازج والجاف ودليل حيوية البادرات مع زيادة تركيز الملوحة، حيث تميّزت معاملة الكنترول والمستويات الملحية المنخفضة بقيم أعلى معنويًا مقارنة بالتركيزين 150 و200 .mM NaCl وبناءً عليه تُرفَض الفرضية الصفرية الثالثة، ويُستنتج أن إجهاد الملوحة يؤثر معنويًا في نمو بادرات الجرجير ضمن المدى المدروس من تراكيز NaCl.

وبصورة عامة، يُمكن القول إن نتائج اختبار الفرضيات تؤكد حساسية طور الإنبات والنمو المبكر للجرجير لإجهاد الملوحة المتزايد، وتدعم الاستنتاجات العامة التي توصّلَت إليها الدراسة بشأن حدود الملوحة الملائمة لهذا المحصول في ظروف التجربة.

مناقشة النتائج:

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن زيادة تركيز كلوريد الصوديوم في محلول الري أدّت إلى انخفاض واضح ومتدرّج في نسبة إنبات بذور الجرجير، ترافق مع ازدياد متوسط زمن الإنبات وتراجع دليل سرعة الإنبات ودليل حيوية البادرات. ويعكس هذا النمط تأثير الملوحة المزدوج في طور الإنبات؛ إذ تؤدي الزيادة في الضغط الأسموزي للمحلول المحيط بالبذور إلى إعاقة امتصاص الماء اللازم لبدء الانتفاخ والإنبات، في حين تسهم سُمّية أيونات الصوديوم والكلوريد في إضعاف نشاط الإنزيمات اللازمة لتعبئة المواد المخزونة وإتمام عملية الإنبات. ويشير ازدياد متوسط زمن الإنبات عند التركيزات الملحية الأعلى إلى بطء في استجابة جزء من البذور أو عجزه عن الإنبات، وهو ما يؤكد أن الإجهاد الملحي لا يؤثر في النسبة النهائية للإنبات فحسب، بل في سرعة وتجانس ظهور البادرات أيضًا.

وتتوافق هذه النتائج في اتجاهها العام مع ما ورد في العديد من الدراسات العربية التي تناولت تأثير الملوحة في إنبات محاصيل مختلفة؛ إذ سُجِّل انخفاض معنوي في نسبة الإنبات ومؤشرات السرعة والحيوية مع ارتفاع تركيز ملح كلوريد الصوديوم في بذور البقدونس والعدس والحلبة والبازلاء وبعض أصناف القمح (أبوغديري و أبوغديري، 2022؛ العشيبي، 2018؛ رطيبة، 2024؛ مرقب وآخرون، 2025؛ نجم وآخرون، 2026). ويشير هذا التوافق إلى تشابه الآليات الفسيولوجية الأساسية التي يتأثر بها طور الإنبات تحت الإجهاد الملحي في معظم المحاصيل الحساسة أو متوسطة التحمل، وإن اختلفت درجة وشدة الاستجابة من نوع لآخر. ويبدو من نتائج هذه الدراسة أن الجرجير يحتفظ بنسبة إنبات ومستوى نمو مقبولين نسبيًا عند المستويات المنخفضة والمتوسطة من الملوحة، قبل حدوث تدهور حاد في الإنبات والنمو عند التركيزات الأعلى، وهو نمط لوحظ كذلك في بعض المحاصيل الأخرى متوسطة التحمل.

كما بينت النتائج أن الملوحة أثّرت سلبًا في نمو البادرات الناتجة، حيث انخفض طول الجذير والجزء الهوائي والوزن الطازج والجاف مع زيادة التركيز الملحي، وانعكس ذلك في انخفاض حاد في دليل حيوية البادرات. ويُفسَّر ذلك بتأثير الملوحة في

التوازن المائي والأيوني داخل أنسجة البادرات، وما يترتب عليه من تراجع في معدلات انقسام الخلايا واستطالتها، واضطراب في عمليات البناء الضوئي وبناء المادة الجافة. وظهرت حساسية المجموع الجذري بشكل خاص، نظرًا لتعرّضه المباشر للوسط الملحي، وهو ما يتفق مع النتائج المسجَّلة في بادرات العدس والحلبة والبازلاء والقمح تحت ملوحة متزايدة (العشيبي، 2018؛ رطيبة، 2024؛ مرقب وآخرون، 2025؛ نجم وآخرون، 2026).

وتُظهر مقارنة هذه النتائج بالأدبيات المتاحة على الجرجير أن هناك نقصًا واضحًا في الدراسات التي تتناول تأثير الملوحة في طور الإنبات والبادرات، إذ ركزت الدراسات العربية المتوفرة على عوامل تغذوية أو هرمونية مثل التسميد النتروجيني والرش بالكاينيتين وتأثيرهما في النمو والحاصل تحت ظروف الحقل، دون اختبار مباشر للإجهاد الملحي في المراحل المبكرة من النمو (المحمد، 2014). وبذلك تُسهم هذه الدراسة في إضافة بيانات جديدة حول استجابة بذور وبادرات الجرجير لمستويات متدرجة من ملوحة كلوريد الصوديوم في تجربة أصص، وتؤكد حساسية طور الإنبات والنمو المبكر للملوحة العالية، مع بقاء مجال ملحي منخفض إلى متوسط يمكن للنبات أن ينمو فيه مع تراجع نسبي في الأداء. وتفتح هذه النتائج المجال أمام دراسات لاحقة يمكن أن تختبر استمرار هذه الاستجابة في المراحل المتقدمة من النمو، ودور بعض المعاملات المحسِّنة (التسميد أو منظمات النمو) في التخفيف من الآثار السلبية للملوحة على الجرجير.

الاستنتاجات

1. أدّى ارتفاع تركيز كلوريد الصوديوم (NaCl) في تجربة الأصص إلى انخفاض تدريجي في نسبة إنبات بذور الجرجير وزيادة في متوسط زمن الإنبات وتراجع في مؤشرات سرعة وحيوية الإنبات، مع ظهور التأثير الأشد عند التركيزين 150 و200 ملي مول/لتر.
2. تسبّبت المستويات العالية من الملوحة في انخفاض واضح في طول الجذير والجزء الهوائي والوزن الطازج والجاف للبادرات، مما انعكس في تراجع كبير لدليل حيوية البادرات، بينما ظلّ الانخفاض عند المستويات المنخفضة والمتوسطة من الملوحة أقل حدّة.
3. تشير النتائج إلى أن طور الإنبات والنمو المبكر للبادرات في الجرجير حسّاس لإجهاد الملوحة، مع قدرة نسبية على التحمّل عند الملوحة المنخفضة إلى المتوسطة، وتدهور ملحوظ في الأداء عند المستويات الملحية المرتفعة المدروسة في هذه التجربة.

التوصيات

1. يُنصَح بتجنّب زراعة الجرجير في تربة أو تحت نظم ري ذات ملوحة مرتفعة، خاصة في مرحلة الإنبات والبادرات، والحرص قدر الإمكان على استخدام مياه ري ذات ملوحة منخفضة إلى متوسطة لضمان نسبة إنبات جيدة ونمو مبكر مقبول.

2. يمكن الاستفادة من مؤشرات الإنبات وحيوية البادرات التي أظهرتها هذه الدراسة في تجارب لاحقة لفرز أصناف أو تراكيب وراثية مختلفة من الجرجير من حيث درجة تحمّل الملوحة في المراحل المبكرة من النمو.

3. يُستحسن استكمال هذا العمل بدراسات ميدانية وعلى مراحل نمو متقدّمة، مع اختبار تأثير أنواع أخرى من الأملاح وبعض المعاملات المحسِّنة (مثل التسميد المتوازن أو منظمات النمو) لتقييم إمكانية التخفيف من الآثار السلبية لإجهاد الملوحة على محصول الجرجير.

الخاتمة

تهدف هذه الدراسة إلى توصيف استجابة بذور وبادرات الجرجير لإجهاد الملوحة الناتج عن كلوريد الصوديوم في تجربة أصص تحت ظروف بيئية شبه محكومة بمدينة الزاوية – ليبيا، من خلال متابعة الإنبات ومجموعة من صفات النمو المبكر. وأظهرت النتائج أن زيادة تركيز الملوحة أدّت إلى انخفاض تدريجي في نسبة الإنبات، وتباطؤ واضح في سرعة ظهور البادرات، وتراجع في دليل حيوية الإنبات، مع بروز تأثير مثبِّط قوي عند التركيزين الأعلى (150 و200 ملي مول/لتر NaCl) كما تبيّن أن نمو البادرات الناتجة تأثّر سلبًا بالملوحة، حيث انخفض طول الجذير والجزء الهوائي والوزن الطازج والجاف ودليل حيوية البادرات بشكل واضح مع ارتفاع التركيز الملحي، مما يؤكد حساسية طور الإنبات والنمو المبكر لإجهاد الملوحة، مع وجود مجال تحمّل نسبي عند المستويات المنخفضة إلى المتوسطة.

تُسهم هذه النتائج في سدّ جزء من النقص في الدراسات العربية المتعلقة بتأثير الملوحة على الجرجير في المراحل المبكرة من نموه، وتوفّر بيانات كمية يمكن أن تُستَخدم مؤشرًا أوليًا على حدود الملوحة الملائمة لزراعة هذا المحصول في البيئات الجافة وشبه الجافة. كما تبرز أهمية استخدام مؤشرات الإنبات وحيوية البادرات كأدوات تقييم مبكرة للاستجابة للإجهاد الملحي، بما يفتح المجال أمام دراسات لاحقة أوسع نطاقًا لاختبار أصناف أو تراكيب وراثية مختلفة، ومدى استدامة هذه الاستجابة في المراحل المتقدمة من النمو وفي الظروف الحقلية، مع بحث إمكان توظيف بعض المعاملات الزراعية والفيزيولوجية للتخفيف من الآثار السلبية للملوحة على محصول الجرجير.

قائمة المراجع

1. أبوغديري، ف. ع.، و أبوغديري، أ. ع. (2022). دراسة تأثير ملوحة مياه الري على الإنبات ونمو الباذرات لبذور النبات الطبي البقدونس (*Petroselinum sativum L.*). *Al Academia Journal for Basic and Applied Sciences (AJBAS)*، 4(2).

2. العشيبي، ن. ع. أ. (2018). تأثير الإجهاد الملحي على الإنبات ونمو البادرات لنبات البازلاء *Pisum sativum L*صنف .(G7763-26) *مجلة العلوم والدراسات الإنسانية*،15.

3. المحمد، م. ح. س. (2014). استجابة نبات الجرجير *Eruca sativa Mill.* للتسميد النتروجيني والرش بالكاينيتين في النمو .*مجلة الكوفة للعلوم الزراعية*، 3(1)، 1-10.

4. رطيبة، م. م. (2024). استجابة إنبات ونمو بذور صنفين من العدس "بريش والشاوش" للنقع في تركيزات مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم NaCl. *مجلة البيان العلمية*، 17.

5. مرقب، ص. ع.، عبد الله، ف. م.، كرغول، ص. ع.، وعبد الله، م. م. (2025). تأثير مستويات مختلفة من كلوريد الصوديوم (NaCl) على إنبات بذور نبات الحلبة (*Trigonella foenum-graecum*). *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)*، 4(1)، 441-445.

6. نجم، هـ.، الفريخ، ص.، بكار، هـ.، وسليمان، أ. (2026). تأثير الملوحة على إنبات البذور ونمو بعض أصناف القمح. *المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي*، 4(1)، 202-210.

7. Abdul-Baki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science, 13*(6), 630–633.

8. Bell, L., & Wagstaff, C. (2019). Rocket science: A review of phytochemical & health-related research in *Eruca* & *Diplotaxis* species. *Food Chemistry: X, 1*, 100002. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2018.100002

9. Bewley, J. D., & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of development and germination* (2nd ed.). New York, NY: Plenum Press.

10. Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). New York, NY: John Wiley & Sons.

11. International Seed Testing Association. (2018). *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Switzerland: ISTA.

12. Kaya, G. (2021). Germination, stomatal and physiological response of rocket (*Eruca sativa* L.) to salinity. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 20*(4), 135–144. https://doi.org/10.24326/asphc.2021.4.12

13. Maguire, J. D. (1962). Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science, 2*(2), 176–177.

14. Manono, B. O. (2026). Effects of salinity on seed germination: Mechanisms, impacts, and mitigation strategies. *Seeds, 5*(1), 1. https://doi.org/10.3390/seeds5010001

Mwesige, F. F. (2025). The extent and distribution of salt-affected soils in sub-Saharan Africa from 1970 to the present: A review of the current state of knowledge. *Frontiers in Soil Science, 5*, 1571243. https://doi.org/10.3389/fsoil.2025.1571243