Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (3) (JUNE, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) العدد 3 يونيو 2026
ردمد: 3135-2359

تقييم تأثير مستويات ملوحة مياه الري على إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر في منطقة الزاوية – ليبيا

فاطمة علي الدويب إسراب
كلية التربية ناصر – جامعة الزاوية
f.israb@zu.edu.ly
https://orcid.org/0009-0001-7592-5281

Evaluating the Impact of Irrigation Water Salinity Levels on Tomato Seed Germination and Early Seedling Growth in the Zawiya Region – Libya

Fatima Ali Al-Dweib Esrab
Faculty of Education, Nasser – Zawiya University

تاريخ الاستلام: 2026/04/20 تاريخ المراجعة 2026 /05/20 تاريخ القبول:2026/06/07- تاريخ النشر: 2026 /06/21

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر تحت ظروف مشتلية في منطقة الزاوية – ليبيا. تم تنفيذ التجربة خلال الفترة من 15 أبريل إلى 5 مايو 2025، وفق تصميم عشوائي كامل CRD، بخمس معاملات ملوحة لمياه الري بلغت 1، 2، 4، 6، و8 dS/m، وبواقع أربعة مكررات لكل معاملة، و25 بذرة لكل مكرر. تم تسجيل الإنبات يوميًا لمدة 14 يومًا، بينما تم قياس صفات النمو في اليوم الحادي والعشرين، وشملت طول الجذر، طول المجموع الخضري، طول البادرة الكلي، الوزن الطازج، الوزن الجاف، ومؤشر قوة البادرة. تم تحليل البيانات باستخدام تحليل التباين الأحادي، واختبار Tukey للمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية $p \leq 0.05$.

أظهرت النتائج أن زيادة ملوحة مياه الري أدت إلى انخفاض معنوي في نسبة الإنبات وصفات النمو المبكر، مع زيادة واضحة في متوسط زمن الإنبات. فقد انخفضت نسبة الإنبات من 92.00% عند مستوى 1 dS/m إلى 45.00% عند مستوى 8 dS/m، بينما ارتفع متوسط زمن الإنبات من 5.53 إلى 8.93 يومًا. كما انخفض طول البادرة الكلي من 15.10 سم إلى 5.90 سم، وتراجع الوزن الطازج من 1.83 إلى 0.55 جم/10 بادرات، والوزن الجاف من 0.17 إلى 0.05 جم/10 بادرات. وسجل مؤشر قوة البادرة انخفاضًا واضحًا من 1390.60 إلى 267.20 مع ارتفاع الملوحة من 1 إلى 8 dS/m. وتخلص الدراسة إلى أن ارتفاع ملوحة مياه الري، خاصة عند مستويي 6 و8 dS/m، يحد من إنبات بذور الطماطم ويضعف نمو البادرات المبكر، مما يؤكد أهمية مراعاة جودة مياه الري في مرحلة إنتاج الشتلات.

الكلمات المفتاحية: الطماطم، ملوحة مياه الري، إنبات البذور، نمو البادرات، التوصيل الكهربائي، مؤشر قوة البادرة، الزاوية – ليبيا.

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of different irrigation water salinity levels on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seed germination and early seedling growth under nursery conditions in Al-Zawiya, Libya. The experiment was conducted from 15 April to 5 May 2025 using a completely randomized design (CRD) with five irrigation water salinity treatments: 1, 2, 4, 6, and 8 dS/m. Each treatment included four replicates, with 25 seeds per replicate.

Germination was recorded daily for 14 days, while seedling growth traits were measured on day 21, including root length, shoot length, total seedling length, fresh weight, dry weight, and seedling vigor index. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA), and mean comparisons were performed using Tukey's test at $p \le 0.05$.
The results showed that increasing irrigation water salinity caused a significant reduction in germination percentage and early seedling growth traits, accompanied by a clear increase in mean germination time. Germination percentage decreased from 92.00% at 1 dS/m to 45.00% at 8 dS/m, while mean germination time increased from 5.53 to 8.93 days. Total seedling length declined from 15.10 cm to 5.90 cm, fresh weight decreased from 1.83 to 0.55 g/10 seedlings, and dry weight decreased from 0.17 to 0.05 g/10 seedlings. Seedling vigor index also declined markedly from 1390.60 to 267.20 as salinity increased from 1 to 8 dS/m. The study concludes that high irrigation water salinity, particularly at 6 and 8 dS/m, restricts tomato seed germination and weakens early seedling growth, highlighting the importance of irrigation water quality during tomato seedling production.
Keywords: Tomato, irrigation water salinity, seed germination, seedling growth, electrical conductivity, seedling vigor index, Al-Zawiya, Libya.

1. المقدمة

1.1 الخلفية

تُعد الملوحة من أهم عوامل الإجهاد اللاحيوي التي تحد من إنبات البذور ونمو النباتات، ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة التي يعتمد فيها الإنتاج الزراعي بدرجة متزايدة على مياه ري متفاوتة الجودة. وتؤثر الأملاح الذائبة في وسط الإنبات والنمو من خلال خفض الجهد المائي حول البذرة، مما يعيق امتصاص الماء اللازم لبدء العمليات الأيضية المرتبطة بالإنبات، كما قد يؤدي تراكم أيونات الصوديوم والكلوريد إلى اضطرابات غذائية وسمية أيونية تنعكس على النمو الجذري والخضري المبكر. وقد أوضح Munns and Tester (2008) أن استجابة النبات للملوحة ترتبط بمرحلتين رئيسيتين: مرحلة أسموزية مبكرة تحد من النمو نتيجة صعوبة امتصاص الماء، ومرحلة أيونية لاحقة ترتبط بتراكم الأملاح داخل الأنسجة النباتية.

وتُعد الطماطم من المحاصيل الخضرية المهمة اقتصاديًا وغذائيًا في كثير من مناطق حوض البحر المتوسط، إلا أنها تُصنف عمومًا ضمن المحاصيل الحساسة نسبيًا إلى متوسطة التحمل للملوحة، خاصة في مرحلتي الإنبات والبادرات الأولى. وتكتسب هذه المرحلة أهمية خاصة لأنها تحدد كفاءة تأسيس النبات وقدرته اللاحقة على النمو والإنتاج. وتشير الدراسات إلى أن زيادة ملوحة الوسط قد تؤدي إلى انخفاض نسبة الإنبات، وتأخر ظهور البادرات، وتقليل طول الجذر والمجموع الخضري، وانخفاض الكتلة الحيوية، مع اختلاف درجة التأثر تبعًا لمستوى الملوحة والصنف ومرحلة النمو (Cuartero & Fernández–Muñoz, 1999; Shrivastava & Kumar, 2015).

وفي منطقة الزاوية – ليبيا، تمثل جودة مياه الري عاملًا مهمًا قد يؤثر في نجاح إنتاج شتلات الخضروات، خصوصًا في ظل الاعتماد على مصادر مياه قد تتباين في درجة ملوحتها. ومن ثم، فإن تقييم استجابة بذور الطماطم لمستويات محددة من ملوحة مياه الري تحت ظروف مضبوطة يُعد خطوة ضرورية لفهم أثر الملوحة في مرحلة مبكرة من النمو، وتحديد المستويات التي قد تبدأ عندها مؤشرات الإنبات والنمو في التدهور. كما تسهم هذه الدراسة في توفير بيانات محلية أولية يمكن الاستفادة منها في تحسين إدارة مياه الري وإنتاج شتلات الطماطم في منطقة الدراسة.

2.1 مشكلة الدراسة

تُعد ملوحة مياه الري من العوامل المحددة لنجاح إنبات البذور وتأسيس البادرات، إذ تؤثر في قدرة البذور على امتصاص الماء، وتحد من النشاطات الفسيولوجية المرتبطة ببدء الإنبات والنمو المبكر. وفي البيئات الجافة وشبه الجافة، ومنها بعض

مناطق الإنتاج الزراعي في ليبيا، قد تُستخدم مياه ري ذات مستويات متفاوتة من الملوحة، الأمر الذي قد ينعكس سلبًا على إنتاج شتلات الخضروات، وخاصة المحاصيل الحساسة نسبيًا مثل الطماطم.

وتزداد أهمية هذه المشكلة في مرحلة الإنبات ونمو البادرات الأولى، لأنها تمثل مرحلة حاسمة في نجاح الزراعة اللاحقة؛ فضعف الإنبات أو تأخره أو انخفاض قوة البادرة قد يؤدي إلى عدم تجانس الشتلات، وانخفاض كفاءة التأسيس الحقلي، وزيادة تكاليف الإنتاج. وعلى الرغم من توفر معرفة عامة حول تأثير الملوحة في النباتات، إلا أن الحاجة ما تزال قائمة إلى بيانات محلية توضح استجابة بذور الطماطم لمستويات محددة من ملوحة مياه الري في منطقة الزاوية – ليبيا، بما يساعد على تحديد حدود التأثر المبكر وتوجيه إدارة مياه الري في إنتاج الشتلات.

وبناءً على ذلك، تتمثل مشكلة الدراسة في عدم وضوح مدى تأثير مستويات ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم ونمو بادراتها المبكر تحت ظروف منطقة الزاوية – ليبيا.

ومن هنا تنطلق الدراسة من السؤال الرئيسي الآتي:

ما تأثير مستويات ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر في منطقة الزاوية – ليبيا؟

ويتفرع من هذا السؤال السؤالان الآتيان:

1. إلى أي مدى تؤثر زيادة ملوحة مياه الري في نسبة الإنبات وسرعته ومتوسط زمن الإنبات لبذور الطماطم؟
2. ما أثر مستويات الملوحة المختلفة في مؤشرات النمو المبكر للبادرات، مثل طول الجذر، طول المجموع الخضري، الكتلة الحيوية، ومؤشر قوة البادرة؟

3.1 أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة بصفة رئيسية إلى:

تقييم تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر تحت ظروف منطقة الزاوية – ليبيا.

ويتفرع من هذا الهدف الرئيسي الهدفان الآتيان:

1. تحديد أثر مستويات ملوحة مياه الري في مؤشرات إنبات بذور الطماطم، من خلال قياس نسبة الإنبات، ومتوسط زمن الإنبات.
2. تقدير تأثير مستويات ملوحة مياه الري في صفات النمو المبكر لبادرات الطماطم، من خلال قياس طول الجذر، وطول المجموع الخضري، والكتلة الحيوية الطازجة والجافة، ومؤشر قوة البادرة.

4.1 فرضيات الدراسة

استنادًا إلى طبيعة مشكلة الدراسة وأهدافها، تقوم هذه الدراسة على الفرضيات الآتية:

الفرضية الرئيسية:

تؤثر مستويات ملوحة مياه الري تأثيرًا معنويًا في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر تحت ظروف الدراسة.

ويتفرع من هذه الفرضية الفرضيتان الآتيتان:

1. تؤدي زيادة ملوحة مياه الري إلى انخفاض معنوي في مؤشرات إنبات بذور الطماطم، متمثلة في نسبة الإنبات، وإلى زيادة متوسط زمن الإنبات.
2. تؤدي زيادة ملوحة مياه الري إلى انخفاض معنوي في مؤشرات النمو المبكر لبادرات الطماطم، متمثلة في طول الجذر، وطول المجموع الخضري، والوزن الطازج، والوزن الجاف، ومؤشر قوة البادرة.

5.1 أهمية الدراسة

تنبع أهمية هذه الدراسة من تناولها تأثير ملوحة مياه الري في مرحلة حساسة من دورة حياة نبات الطماطم، وهي مرحلة إنبات البذور ونمو البادرات المبكر، التي يتوقف عليها نجاح تأسيس النبات وجودة الشتلات. فمن الناحية العلمية، تسهم الدراسة في توفير بيانات تجريبية محلية حول استجابة بذور الطماطم لمستويات مختلفة من الملوحة، وتوضح انعكاس ذلك على مؤشرات الإنبات والنمو المبكر مثل نسبة الإنبات، متوسط زمن الإنبات، طول الجذر، طول المجموع الخضري، والكتلة الحيوية. كما يمكن أن تشكل نتائجها أساسًا لدراسات لاحقة تتناول تحمل أصناف الطماطم أو محاصيل خضرية أخرى للإجهاد الملحي في الظروف المحلية.

أما من الناحية العملية، فإن نتائج الدراسة قد تساعد في تحديد مدى ملاءمة مياه الري ذات الملوحة المختلفة لاستخدامها في إنتاج شتلات الطماطم، خاصة في منطقة الزاوية – ليبيا، حيث قد تتباين جودة مصادر مياه الري. كما يمكن أن تدعم النتائج اتخاذ قرارات أكثر دقة بشأن إدارة مياه الري في المراحل الأولى من النمو، وتجنب استخدام المياه مرتفعة الملوحة عند الإنبات، بما يسهم في تحسين جودة الشتلات وتقليل الفاقد الناتج عن ضعف الإنبات أو تدهور نمو البادرات.

2. الإطار النظري

تُعد ملوحة مياه الري من العوامل البيئية المهمة التي تؤثر في نمو النباتات، ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعتمد فيها الزراعة على مصادر مائية قد تختلف في نوعيتها وتركيز الأملاح الذائبة فيها. ويُستخدم التوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity (EC بوصفه مؤشرًا عمليًا لتقدير درجة ملوحة مياه الري، إذ تعكس زيادة قيمته ارتفاع تركيز الأملاح القابلة للذوبان في الماء. وتكمن أهمية هذا المؤشر في أنه يتيح تصنيف جودة مياه الري وتقدير درجة خطورتها على نمو النبات، خاصة في مراحل النمو الحساسة مثل الإنبات وإنتاج الشتلات. وترتبط خطورة الملوحة ليس فقط بتركيز الأملاح في مياه الري، بل أيضًا بمدة التعرض لها، وطبيعة الوسط الزراعي، وكفاءة الصرف، وحساسية النبات في المرحلة النمائية المدروسة (Ayers & Westcot, 1985).

تعتمد استجابة النبات للملوحة على وجود مستوى حرج أو عتبة يبدأ بعدها النمو أو الإنتاج في الانخفاض. وقد ساهم مفهوم عتبة تحمل المحاصيل للملوحة في تفسير اختلاف استجابات الأنواع النباتية والأصناف المختلفة للإجهاد الملحي، إذ تستطيع بعض النباتات تحمل مستويات منخفضة أو متوسطة من الملوحة دون انخفاض واضح في النمو، بينما تتأثر بشدة عند تجاوز مستوى معين. وينطبق هذا المفهوم على مرحلة الإنبات ونمو البادرات، حيث قد لا تظهر آثار الملوحة بوضوح عند المستويات المنخفضة، لكنها تصبح أكثر حدة عند المستويات المتوسطة والمرتفعة، نتيجة تراكم الأملاح حول منطقة الجذور وزيادة الضغط الأسموزي في الوسط النامي (Maas & Hoffman, 1977).

من الناحية الفسيولوجية، تؤثر الملوحة في النبات من خلال عدة آليات مترابطة، أهمها الإجهاد الأسموزي، والسمية الأيونية، واضطراب التوازن الغذائي. ففي بداية التعرض للملوحة، يؤدي ارتفاع تركيز الأملاح خارج الخلايا إلى خفض الجهد المائي في الوسط، مما يقلل قدرة البذور والجذور على امتصاص الماء. ومع استمرار التعرض، قد تتراكم أيونات مثل الصوديوم والكلوريد داخل الأنسجة النباتية، فتؤثر في نشاط الإنزيمات وسلامة الأغشية الخلوية وتوازن امتصاص العناصر الضرورية. كما قد ترتبط الملوحة بزيادة الإجهاد التأكسدي نتيجة تراكم أنواع الأكسجين التفاعلية، مما ينعكس سلبًا على عمليات الانقسام والاستطالة وبناء المادة الحيوية (van Zelm et al., 2020).

تمثل مرحلة الإنبات إحدى أكثر مراحل حياة النبات حساسية للإجهاد الملحي، لأنها تعتمد أساسًا على قدرة البذرة على امتصاص كمية كافية من الماء لبدء التشرب وتنشيط العمليات الأيضية. وعند ارتفاع الملوحة في الوسط، تقل سرعة دخول الماء إلى البذرة، وقد يتأخر تنشيط الإنزيمات المسؤولة عن تحليل المواد المخزنة وتحويلها إلى طاقة ومركبات لازمة لنمو

الجنين. لذلك يظهر تأثير الملوحة غالبًا في صورة انخفاض في نسبة الإنبات، أو تأخر في ظهوره، أو عدم انتظام البادرات الناتجة. وقد بين العلي (2009) أن الإجهاد الملحي أدى إلى انخفاض نسبة وسرعة إنبات بذور بعض أصناف البندورة، مع زيادة الفترة اللازمة لحدوث الإنبات وتراجع نمو الجذير والسويقة.

ولا يقتصر أثر الملوحة على الإنبات فقط، بل يمتد إلى نمو البادرات المبكر، حيث تؤثر الأملاح في استطالة الجذر والمجموع الخضري وتكوين الكتلة الحيوية. ويُعد الجذر من أكثر الأعضاء النباتية تأثرًا بالملوحة، نظرًا لتعرضه المباشر للوسط الملحي، كما أن ضعفه يحد من قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية. وينعكس ذلك على نمو المجموع الخضري من خلال انخفاض طول الساق والأوراق وتراجع الوزن الطازج والجاف. وقد أوضح العوض (2014) أن زيادة تركيز **NaCl** أدت إلى تناقص النسبة المئوية للإنبات وطول الجذر والسويقة في البادرات المزروعة مختبريًا، مما يؤكد أن مؤشرات النمو المبكر تعد أدوات حساسة لتقييم تأثير الملوحة.

وتكتسب ملوحة مياه الري أهمية خاصة في تجارب المشاتل، لأن إنتاج الشتلات الجيدة يتطلب انتظام الإنبات وتكوين بادرات قوية ومتجانسة. ففي هذه المرحلة، قد يؤدي استخدام مياه مرتفعة الملوحة إلى تدهور جودة الشتلات حتى قبل انتقالها إلى الحقل، وذلك من خلال إضعاف الجذور وتقليل الكتلة الحيوية وخفض قدرة البادرات على التأسيس. وقد أظهرت دراسة حمد وآخرين (2023) أن الري بمياه ذات تراكيز ملحية مختلفة أدى إلى انخفاض إنبات بذور المشمش ونمو الغراس، وأرجع ذلك إلى زيادة تركيز الأملاح وما يرتبط بها من انخفاض في استطالة الجذير والسويقة الجنينية.

وفي الطماطم، تزداد أهمية دراسة الملوحة في مرحلة إنتاج الشتلات نظرًا للقيمة الاقتصادية والغذائية للمحصول، ولأن ضعف البادرة المبكر قد ينعكس على نجاح الزراعة اللاحقة. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن ارتفاع ملوحة مياه الري يمكن أن يؤثر في جودة شتلات الطماطم، خاصة من خلال إضعاف نمو الجذور وتقليل جودة الشتلة. وقد أشار Oliveira et al. (2022) إلى أن ارتفاع التوصيل الكهربائي لمياه الري فوق حدود معينة أضر بنمو الجذور وجودة شتلات الطماطم، مما يؤكد أهمية ضبط جودة مياه الري في مرحلة المشتل.

بناءً على ذلك، يقوم الإطار النظري للدراسة الحالية على أن ملوحة مياه الري تمثل عامل إجهاد يؤثر في بذور الطماطم وبادراتها من خلال مسارين رئيسيين: الأول يرتبط بمرحلة الإنبات، حيث تقل قدرة البذور على امتصاص الماء وتزداد مدة الإنبات؛ والثاني يرتبط بمرحلة النمو المبكر، حيث يتراجع نمو الجذر والمجموع الخضري وتقل الكتلة الحيوية. ومن ثم، فإن قياس مؤشرات مثل نسبة الإنبات، ومتوسط زمن الإنبات، وطول الجذر، وطول المجموع الخضري، والوزنين الطازج والجاف، ومؤشر قوة البادرة يوفر أساسًا علميًا متكاملًا لتقييم استجابة الطماطم لمستويات ملوحة مياه الري تحت ظروف المشتل.

3. الدراسات السابقة

حظي تأثير الملوحة في إنبات بذور الطماطم ونمو بارداتها المبكر باهتمام واضح في عدد من الدراسات، نظرًا لحساسية هذه المرحلة من دورة حياة النبات، ولارتباطها المباشر بنجاح تأسيس الشتلات. وقد اتفقت معظم الدراسات السابقة على أن زيادة تركيز الأملاح في وسط الإنبات أو مياه الري تؤدي غالبًا إلى انخفاض نسبة الإنبات، وتأخر ظهور الجذير، وتراجع النمو الجذري والخضري، مع اختلاف درجة التأثر تبعًا للصنف، ومستوى الملوحة، وطبيعة الوسط المستخدم في التجربة.

في البيئة الليبية، تناولت دراسة الزغداني والفرجاني والزبير (2013) تأثير ملوحة مياه الري في إنبات بذور صنفين من الطماطم، هما Riogrand وRed Cherry استخدمت الدراسة مستويات مختلفة من الملوحة شملت ماءً مقطرًا كشاهد، وتراكيز 2000، 3000، 4000، 5000 جزء في المليون، إضافة إلى ماء بئر بلغت ملوحته 6086 جزءًا في المليون. أوضحت النتائج أن نسبة الإنبات لم تتأثر بصورة معنوية عند مستويات الملوحة من 2000 إلى 4000 جزء في المليون مقارنة بالشاهد، بينما انخفضت بوضوح عند 5000 و6086 جزء في المليون. كما بينت الدراسة أن زيادة الملوحة أدت إلى

زيادة معنوية في متوسط زمن الإنبات، وأن الصنف Red Cherry كان أكثر تحملًا وأسرع إنباتًا من الصنف Riogrand. وتُعد هذه الدراسة من أكثر الدراسات ارتباطًا بالدراسة الحالية، لأنها أُجريت في ليبيا وتناولت تأثير ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم مباشرة.

وفي دراسة عربية أخرى، بحث باحويرث (2003) تأثير كلوريد الصوديوم في إنبات بذور ونمو شتلات بعض أصناف الطماطم. وتكتسب هذه الدراسة أهميتها من تناولها مرحلتي الإنبات ونمو الشتلات، وهي مراحل قريبة من موضوع الدراسة الحالية. وتشير بيانات الرسالة المتاحة إلى أنها أُنجزت في كلية ناصر للعلوم الزراعية، وتناولت أثر تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم في أصناف من الطماطم. وعلى الرغم من قدم هذه الدراسة مقارنة بالدراسات الحديثة، فإنها تمثل مرجعًا عربيًا داعمًا لفكرة أن الاستجابة للإجهاد الملحي قد تختلف بين أصناف الطماطم، وأن تقييم الإنبات وحده لا يكفي للحكم على تحمل النبات، بل ينبغي ربطه بمؤشرات نمو الشتلات.

كما درس جلول وعلوش ويوسف (2015) تأثير ملوحة NaCl في إنبات ونمو أصلين من أصول البندورة، هما Sprit وES-30502، إضافة إلى امتصاصهما للعناصر الغذائية في الزراعة المائية. استخدمت الدراسة تراكيز متدرجة من كلوريد الصوديوم بلغت 0، 25، 50، 75، 100، و150 مليمول. وأظهرت النتائج أن إنبات بذور الأصل Sprit لم يتأثر حتى عند التركيز المرتفع 150 مليمول، رغم حدوث تأخر في الإنبات، في حين انخفض معدل الإنبات في الأصل ES-30502 عند المستويات المرتفعة. كما بينت الدراسة أن تأثير الملوحة كان أكثر وضوحًا في نمو الجذير والريشة، وأنها أدت إلى انخفاض نمو المجموعين الجذري والخضري وامتصاص بعض العناصر الغذائية. وتفيد هذه الدراسة في تأكيد أن الملوحة لا تؤثر فقط في نسبة الإنبات، بل تمتد آثارها إلى نمو البادرة وتوازنها الغذائي.

وفي دراسة حديثة، اختبر Ahmed et al. (2022) تأثير تراكيز مختلفة من NaCl في إنبات بذور ونمو بادرات أربعة أصناف من الطماطم، هي Binatomato-6 وBinatomato-7 وBinatomato-8 وBinatomato-9. شملت المعاملات خمسة مستويات من كلوريد الصوديوم: 0، 25، 50، 100، و150 مليمول. أظهرت النتائج أن زيادة تركيز الملح أدت إلى انخفاض نسبة الإنبات، ومعامل الإنبات، وطول الجذير والريشة، ومؤشر قوة البادرة، والوزن الطازج والجاف مقارنة بالشاهد. كما أشارت الدراسة إلى أن بعض الأصناف، مثل Binatomato-6 وBinatomato-7 وBinatomato-9، أظهرت تحملًا نسبيًا أعلى مقارنة بالصنف Binatomato-8. وتعد هذه الدراسة ذات صلة وثيقة بالدراسة الحالية لأنها تناولت مؤشرات مشابهة، خاصة نسبة الإنبات، طول الجذير والمجموع الخضري، الوزن الطازج والجاف، ومؤشر قوة البادرة.

أما Sané et al. (2021) فقد درسوا إنبات ونمو خمسة أصناف من الطماطم تحت ظروف ملحية معملية باستخدام تراكيز متزايدة من NaCl بلغت 0، 35، 70، و105 مليمول. أوضحت الدراسة أن زيادة تركيز الملح أثرت سلبًا في الإنبات والنمو المبكر، حيث انخفضت معدلات الإنبات وتراجعت صفات النمو الخضري والجذري مع ارتفاع الملوحة. كما أظهرت النتائج اختلافًا واضحًا بين الأصناف في درجة التحمل؛ إذ بدت أصناف مثل Lady Nema وMongal أكثر تحملًا نسبيًا، في حين كان الصنف Rodeo أكثر حساسية للملوحة. وتؤكد هذه الدراسة أهمية أخذ الاختلافات الوراثية بين الأصناف في الاعتبار عند تفسير استجابة الطماطم للإجهاد الملحي، كما تدعم استخدام مؤشرات الإنبات والنمو المبكر للحكم على درجة التأثر بالملوحة.

وفي اتجاه مشابه، تناول Sootahar et al. (2024) النمو الخضري المبكر لأربعة عشر صنفًا من الطماطم تحت إجهاد ملحي في ظروف الزراعة المعملية. شملت الدراسة مؤشرات مثل إنبات البذور، ومتوسط زمن الإنبات، وطول المجموع الخضري، وطول الجذر. وأظهرت النتائج أن الإجهاد الملحي أثّر بصورة واضحة في إنبات ونمو أصناف الطماطم، مع وجود تباين بين الأصناف في درجة الاستجابة. كما بينت الدراسة أن بعض الأصناف قد تُظهر استجابة مختلفة في طول

الجذر أو المجموع الخضري تحت تأثير الملح، مما يعكس أن تحمل الملوحة صفة مركبة لا يمكن الحكم عليها من مؤشر واحد فقط. وتفيد هذه الدراسة في دعم تفسير نتائج الدراسة الحالية، خاصة فيما يتعلق بأهمية الجمع بين مؤشرات الإنبات ومؤشرات النمو الطولي عند تقييم أثر الملوحة.

يتضح من الدراسات السابقة أن تأثير الملوحة في الطماطم مدروس بدرجة جيدة في البيئات المختبرية والزراعة المائية، وأن معظمها اتفق على أن ارتفاع الملوحة يقلل الإنبات ويؤخره ويضعف نمو البادرات، مع وجود اختلافات بين الأصناف في درجة التحمل. ومع ذلك، فإن الفجوة البحثية ما تزال قائمة فيما يتعلق بتوفير بيانات محلية حديثة عن استجابة بذور الطماطم لمستويات محددة من ملوحة مياه الري المقاسة بوحدة dS/m تحت ظروف مشتلية في منطقة الزاوية – ليبيا. كما أن معظم الدراسات السابقة ركزت إما على أطباق بتري أو ظروف معملية أو أصناف محددة، في حين تسعى الدراسة الحالية إلى تقييم الاستجابة في بيئة مشتلية أقرب إلى ظروف إنتاج الشتلات، من خلال الربط بين مؤشرات الإنبات، ومتوسط زمن الإنبات، وصفات النمو المبكر، والكتلة الحيوية، ومؤشر قوة البادرة.

4. المواد والطرق

تم إجراء هذه الدراسة خلال الفترة من 15 أبريل إلى 5 مايو 2025 في أحد المشاتل الزراعية بمنطقة الزاوية – ليبيا، بهدف تقييم تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر. وتم تنفيذ التجربة تحت ظروف مشتلية شبه مضبوطة لمدة 21 يومًا، حيث تم تسجيل بيانات الإنبات يوميًا خلال الأربعة عشر يومًا الأولى، بينما تم أخذ قياسات النمو النهائية في اليوم الحادي والعشرين من بداية التجربة.

تم استخدام بذور طماطم تجارية متجانسة ظاهريًا وخالية من مظاهر التلف أو الإصابة، وتم الحصول عليها من مصدر محلي موثوق. وقبل الزراعة، تم تعقيم البذور سطحيًا باستخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم المخفف لمدة قصيرة، ثم تم غسلها عدة مرات بالماء المقطر لإزالة بقايا مادة التعقيم. وتمت زراعة البذور في صواني إنبات بلاستيكية تحتوي على وسط زراعي متجانس من الرمل المغسول والمعقم، وذلك بهدف تقليل تأثير تباين خصائص التربة والتركيز على أثر ملوحة مياه الري في الإنبات والنمو المبكر.

تم تطبيق خمس معاملات من ملوحة مياه الري، تم التعبير عنها بقيم التوصيل الكهربائي EC، وهي: 1، 2، 4، 6، و8 dS/m، ورُمز لها بالرموز T0، T1، T2، T3، وT4 على التوالي. وتم اعتبار المعاملة T0 ذات الملوحة المنخفضة معاملة مقارنة، في حين مثلت المعاملات الأخرى مستويات متزايدة من الملوحة. وتم تحضير محاليل الري الملحية بإضافة كميات تدريجية من كلوريد الصوديوم NaCl إلى ماء الري حتى الوصول إلى مستويات الملوحة المستهدفة، وهي تقريبًا 0.00، 0.64، 1.92، 3.20، و4.48 جم/لتر للمعاملات الخمس على التوالي. كما تم قياس رقم الحموضة pH لمحاليل الري، وتراوحت قيمه بين 6.98 و7.20، وهي قيم قريبة من التعادل ومناسبة لتجارب الإنبات.

تم تنفيذ التجربة وفق تصميم عشوائي كامل (Completely Randomized Design (CRD)، بواقع خمس معاملات ملوحة، وأربعة مكررات لكل معاملة، واحتوى كل مكرر على 25 بذرة، وبذلك بلغ العدد الكلي للبذور المستخدمة 500 بذرة. وتم توزيع البذور داخل كل مكرر بصورة منتظمة، كما تم ري كل معاملة بالمحلول الملحي الخاص بها بكميات متساوية، مع المحافظة على رطوبة وسط الزراعة دون إغراق، وذلك لضمان أن يكون اختلاف الاستجابة راجعًا أساسًا إلى اختلاف مستوى ملوحة مياه الري.

تم تسجيل الإنبات يوميًا من اليوم الأول حتى اليوم الرابع عشر من الزراعة. وتم اعتبار البذرة نابتة عند ظهور الجذير بوضوح ووصوله إلى طول يقارب 2 مم ، وبناءً على التسجيل اليومي، تم حساب نسبة الإنبات النهائية وفق المعادلة الآتية:

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

كما تم حساب متوسط زمن الإنبات Mean Germination Time (MGT) للتعبير عن سرعة أو تأخر الإنبات تحت تأثير الملوحة، وفق المعادلة الآتية:

$$MGT = \Sigma(n \times d) / \Sigma n$$

حيث إن n تمثل عدد البذور النابتة في يوم معين، و d تمثل رقم يوم العد من بداية التجربة.

في اليوم الحادي والعشرين من الزراعة، تم أخذ قياسات النمو المبكر للبادرات، وشملت طول الجذر، طول المجموع الخضري، وطول البادرة الكلي بالسنتيمتر. كما تم قياس الوزن الطازج لعينة مكونة من عشر بادرات من كل مكرر باستخدام ميزان حساس، ثم تم تجفيف العينات في فرن تجفيف عند درجة حرارة تقارب 70°م حتى ثبات الوزن، وبعد ذلك تم تسجيل الوزن الجاف. وتم حساب مؤشر قوة البادرة Seedling Vigor Index باستخدام المعادلة الآتية:

مؤشر قوة البادرة = نسبة الإنبات (%) × متوسط طول البادرة الكلي (سم)

تم تحليل البيانات باستخدام برنامج IBM SPSS Statistics version 26.0 وتم اختبار الفروق بين معاملات الملوحة باستخدام تحليل التباين الأحادي One–way ANOVA، وعند ظهور فروق معنوية بين المتوسطات، تم استخدام اختبار Tukey HSD للمقارنة البعدية بين المعاملات. وتم اعتماد مستوى الدلالة الإحصائية عند $p \le 0.05$، مع الإشارة إلى الفروق شديدة المعنوية عند $p \le 0.01$ عند ظهورها في النتائج.

5. النتائج

أظهرت النتائج أن مستويات ملوحة مياه الري أثرت بوضوح في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر. وبصورة عامة، اتجهت معظم مؤشرات الإنبات والنمو نحو الانخفاض التدريجي مع زيادة مستوى الملوحة من **1 إلى 8 dS/m**، باستثناء متوسط زمن الإنبات الذي ازداد مع ارتفاع الملوحة، مما يشير إلى تأخر الإنبات تحت ظروف الإجهاد الملحي. كما أوضح تحليل التباين وجود فروق معنوية جدًا بين معاملات الملوحة في جميع الصفات المدروسة.

تأثير ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم

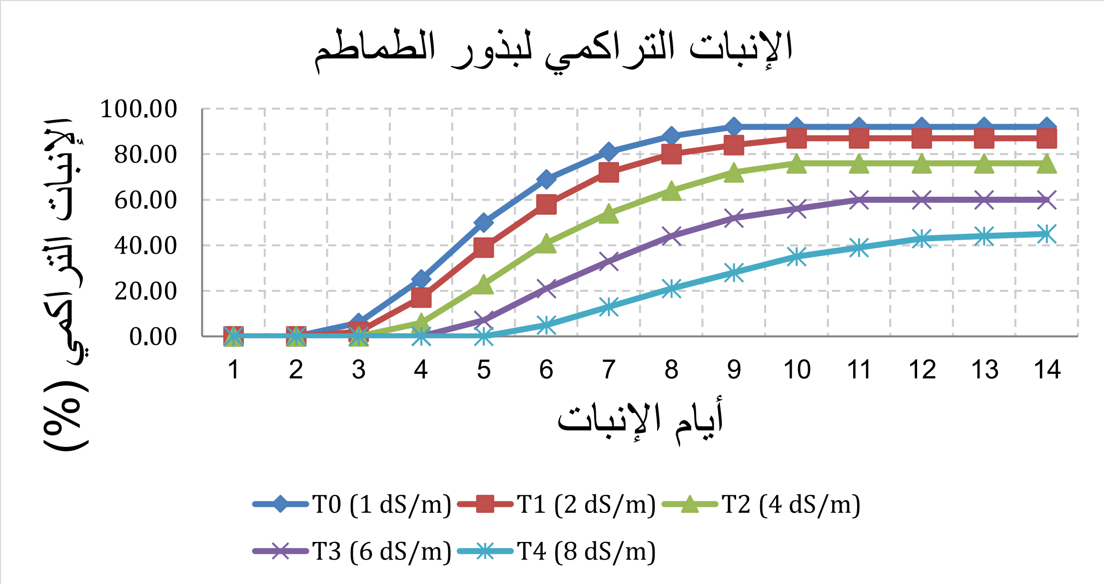
أدت زيادة ملوحة مياه الري إلى انخفاض واضح في نسبة الإنبات النهائية لبذور الطماطم، حيث سجلت معاملة المقارنة منخفضة الملوحة **T0 = 1 dS/m** أعلى نسبة إنبات بلغت **92.00%**، تلتها المعاملة **T1 = 2 dS/m** بنسبة **87.00%**، دون وجود فرق معنوي بينهما وفق اختبار Tukey. في المقابل، انخفضت نسبة الإنبات تدريجيًا عند مستويات الملوحة الأعلى، حيث بلغت **76.00%** عند **4 dS/m**، و**60.00%** عند **6 dS/m**، ثم وصلت إلى أدنى قيمة لها عند **8 dS/m** بنسبة **45.00%**.

كما أوضحت النتائج أن ارتفاع الملوحة أدى إلى تأخير الإنبات، إذ ارتفع متوسط زمن الإنبات من **5.53 يوم** في المعاملة **T0** إلى **8.93 يوم** في المعاملة **T4**. وتشير هذه الزيادة إلى أن الملوحة لم تؤثر فقط في العدد النهائي للبذور النابتة، بل أثرت أيضًا في سرعة حدوث الإنبات وانتظامه. ويوضح **جدول 1** تأثير معاملات الملوحة في نسبة الإنبات ومتوسط زمن الإنبات.

جدول 1. تأثير مستويات ملوحة مياه الري في مؤشرات إنبات بذور الطماطم

المعاملة	EC (dS/m)	نسبة الإنبات (%)	متوسط زمن الإنبات (يوم)
T0	1	92.00 ± 3.27 a	**5.53 ± 0.08 a**
T1	2	87.00 ± 2.00 a	**5.95 ± 0.19 b**
T2	4	76.00 ± 3.27 b	**6.58 ± 0.14 c**
T3	6	60.00 ± 3.27 c	**7.45 ± 0.14 d**
T4	8	45.00 ± 5.03 d	**8.93 ± 0.25 e**

ملاحظة: القيم تمثل المتوسط ± الانحراف المعياري، وعدد المكررات = 4. المتوسطات التي تحمل حروفًا مختلفة داخل العمود نفسه تختلف معنويًا وفق اختبار Tukey عند مستوى $p \leq 0.05$.



شكل 1. التغير التراكمي في إنبات بذور الطماطم تحت مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري خلال 14 يومًا.

تأثير ملوحة مياه الري في النمو الطولي للبادرات

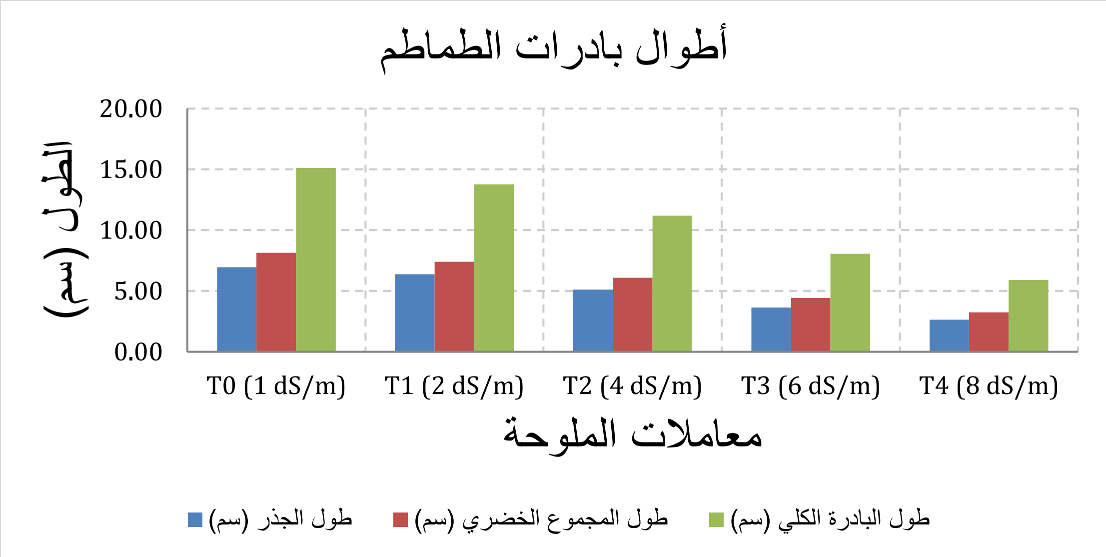
أظهرت صفات النمو الطولي لبادرات الطماطم استجابة واضحة لزيادة ملوحة مياه الري، حيث انخفض كل من طول الجذر، وطول المجموع الخضري، وطول البادرة الكلي تدريجيًا بزيادة مستوى الملوحة. وقد سجلت معاملة 0T أعلى متوسط لطول الجذر بلغ 6.95 سم، بينما انخفض هذا المتوسط إلى 2.65 سم في المعاملة 4T ولم يكن الفرق بين 0T و 1T معنويًا في طول الجذر، مما يشير إلى أن الزيادة المحدودة في الملوحة من 1 إلى 2 dS/m لم تؤثر بشدة في نمو الجذر، بينما ظهرت التأثيرات السلبية بوضوح ابتداءً من 4 dS/m.

أما طول المجموع الخضري، فقد انخفض من 8.15 سم في المعاملة 0T إلى 3.25 سم في المعاملة 4Tوبالمثل، انخفض طول البادرة الكلي من15.10 سم عند 1 dS/m إلى 5.90 سم عند 8 dS/m. ويعكس هذا الانخفاض التأثير المثبط للملوحة في استطالة الجذر والمجموع الخضري خلال مرحلة النمو المبكر. وتعرض نتائج صفات النمو المبكر في جدول 2.

جدول 2. تأثير مستويات ملوحة مياه الري في صفات النمو المبكر لبادرات الطماطم

المعاملة	EC (dS/m)	طول الجذر (سم)	طول المجموع الخضري (سم)	طول البادرة الكلي (سم)	الوزن الطازج (جم/10 بادرات)	الوزن الجاف (جم/10 بادرات)	مؤشر قوة البادرة
T0	1	6.95 ± 0.29 a	8.15 ± 0.29 a	15.10 ± 0.58 a	1.83 ± 0.06 a	0.17 ± 0.01 a	**1390.60 ± 102.19 a**
T1	2	6.38 ± 0.25 a	7.40 ± 0.26 b	13.78 ± 0.51 b	1.59 ± 0.06 b	0.15 ± 0.01 b	**1199.00 ± 66.78 b**
T2	4	5.13 ± 0.25 b	6.08 ± 0.25 c	11.20 ± 0.49 c	1.20 ± 0.05 c	0.12 ± 0.01 c	**852.40 ± 73.82 c**
T3	6	3.65 ± 0.29 c	4.43 ± 0.30 d	8.08 ± 0.59 d	0.84 ± 0.06 d	0.08 ± 0.01 d	**485.90 ± 61.28 d**
T4	8	2.65 ± 0.26 d	3.25 ± 0.26 e	5.90 ± 0.53 e	0.55 ± 0.06 e	0.05 ± 0.00 e	**267.20 ± 53.32 e**

ملاحظة: القيم تمثل المتوسط ± الانحراف المعياري، وعدد المكررات = 4. المتوسطات التي تحمل حروفًا مختلفة داخل العمود نفسه تختلف معنويًا وفق اختبار Tukey عند مستوى $p \leq 0.05$.

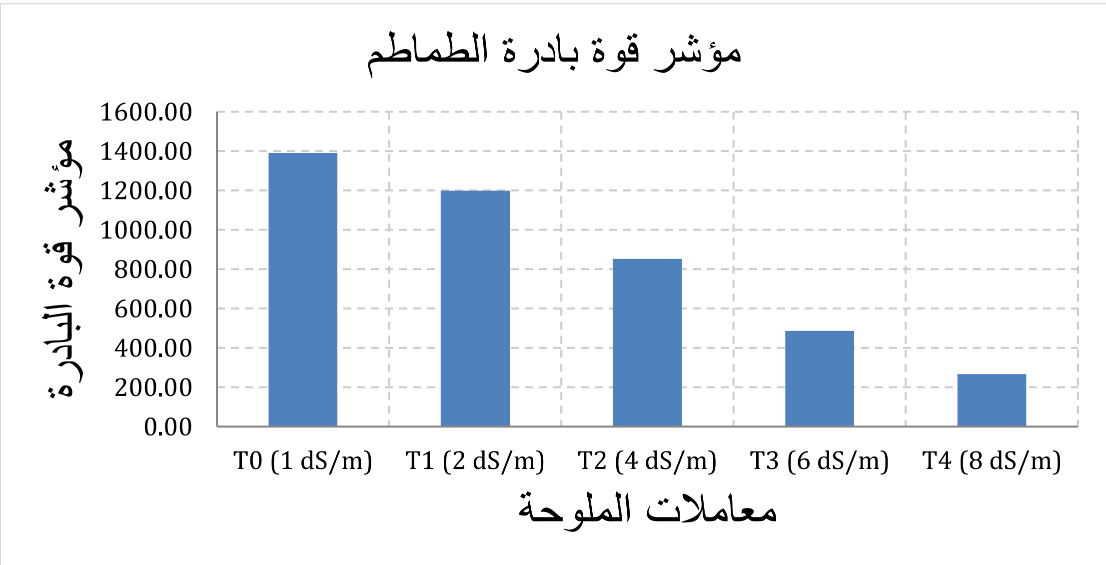


شكل 2. تأثير مستويات ملوحة مياه الري في طول الجذر، وطول المجموع الخضري، وطول البادرة الكلي لبادرات الطماطم بعد 21 يومًا من الزراعة.

تأثير ملوحة مياه الري في الكتلة الحيوية ومؤشر قوة البادرة

تأثرت الكتلة الحيوية للبادرات سلبًا بزيادة ملوحة مياه الري. فقد انخفض متوسط الوزن الطازج من 1.83 جم/10 بادرات في المعاملة 0T إلى 0.55 جم/10 بادرات في المعاملة 4T. كما انخفض الوزن الجاف من 0.17جم/10 بادرات إلى 0.05 جم/10 بادرات بين المعاملتين نفسيهما. ويشير هذا الانخفاض إلى تراجع تراكم المادة الحيوية في البادرات تحت ظروف الملوحة المرتفعة.

وأظهر مؤشر قوة البادرة استجابة أكثر وضوحًا لتأثير الملوحة، إذ انخفض من 1390.60 في المعاملة 0T إلى 267.20 في المعاملة 4Tويرجع ذلك إلى أن هذا المؤشر يجمع بين نسبة الإنبات وطول البادرة الكلي، ولذلك يعكس بصورة شاملة تأثير الملوحة في كل من الإنبات والنمو المبكر. وقد تميزت المعاملة 0T بأعلى قيمة لمؤشر قوة البادرة، في حين سجلت المعاملة 4T أدنى قيمة، مع وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات.



شكل 3. تأثير مستويات ملوحة مياه الري في مؤشر قوة بادرة الطماطم بعد 21 يومًا من الزراعة.

نتائج التحليل الإحصائي

أكد تحليل التباين الأحادي أن مستويات ملوحة مياه الري كان لها تأثير معنوي جدًا في جميع صفات الإنبات والنمو المدروسة. فقد ظهرت فروق معنوية جدًا في نسبة الإنبات، ومتوسط زمن الإنبات، وطول الجذر، وطول المجموع الخضري، وطول البادرة الكلي، والوزنين الطازج والجاف، ومؤشر قوة البادرة. وتوضح نتائج جدول 3 أن قيم الاحتمالية لجميع الصفات كانت أقل من 0.01، مما يدل على قوة تأثير الملوحة في استجابة بذور وبادرات الطماطم خلال المرحلة المبكرة من النمو.

جدول 3. ملخص تحليل التباين لتأثير مستويات ملوحة مياه الري في صفات الإنبات والنمو المبكر للطماطم

الصفة	F–value	p–value	مستوى الدلالة
نسبة الإنبات (%)	123.42	<0.001	معنوي جدًا
متوسط زمن الإنبات (يوم)	260.67	<0.001	معنوي جدًا
طول الجذر (سم)	180.29	<0.001	معنوي جدًا
طول المجموع الخضري (سم)	222.42	<0.001	معنوي جدًا
طول البادرة الكلي (سم)	202.99	<0.001	معنوي جدًا
الوزن الطازج (جم/10 بادرات)	328.77	<0.001	معنوي جدًا
الوزن الجاف (جم/10 بادرات)	181.35	<0.001	معنوي جدًا
مؤشر قوة البادرة	164.32	<0.001	معنوي جدًا

وتؤكد هذه النتائج أن زيادة ملوحة مياه الري أدت إلى تدهور تدريجي في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر، وكان التأثير أكثر وضوحًا عند مستويي الملوحة المرتفعين 6 و8 dS/m، مقارنةً بالمعاملات منخفضة ومتوسطة الملوحة.

6. مناقشة النتائج

أظهرت نتائج الدراسة أن زيادة ملوحة مياه الري أثرت معنويًا في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر، حيث انخفضت معظم مؤشرات الإنبات والنمو مع ارتفاع الملوحة، في حين ازداد متوسط زمن الإنبات. ويؤكد ذلك أن الملوحة كانت عاملًا محددًا لأداء البذور والبادرات خلال المرحلة المبكرة من النمو، كما يدعم الفرضية الرئيسية للدراسة التي تنص على وجود تأثير معنوي لمستويات ملوحة مياه الري في إنبات بذور الطماطم ونمو بارداتها.

انخفضت نسبة الإنبات من 92.00% عند مستوى 1 dS/m إلى 45.00% عند مستوى 8 dS/m، كما ارتفع متوسط زمن الإنبات من 5.53 إلى 8.93 يوم بين المستويين نفسيهما. ويشير ذلك إلى أن الملوحة لم تقلل العدد النهائي للبذور النابتة فقط، بل أخرت حدوث الإنبات أيضًا. ويمكن تفسير هذه النتيجة بانخفاض الجهد المائي في وسط الزراعة مع زيادة تركيز الأملاح، مما يحد من امتصاص الماء اللازم لانتفاخ البذرة وتنشيط العمليات الأيضية المرتبطة بالإنبات. كما قد يؤدي تراكم أيونات الصوديوم والكلوريد إلى إحداث سمية أيونية واضطراب في التوازن الغذائي للجنين النامي. وتتفق هذه النتائج مع ما أوضحه Munns and Tester (2008) بشأن الدور المبكر للإجهاد الأسموزي في تثبيط النمو تحت الملوحة، كما تتفق مع نتائج الزغداني وآخرين (2013) التي بينت أن ملوحة مياه الري خفضت إنبات بذور الطماطم وزادت متوسط زمن الإنبات. كذلك تتفق مع دراسات Ahmed et al. (2022) وSané et al. (2021) التي سجلت انخفاضًا واضحًا في إنبات الطماطم تحت تراكيز متزايدة من كلوريد الصوديوم.

وفيما يتعلق بصفات النمو الطولي، أوضحت النتائج انخفاض طول الجذر من 6.95 سم إلى 2.65 سم، وطول المجموع الخضري من 8.15 سم إلى 3.25 سم، وطول البادرة الكلي من 15.10 سم إلى 5.90 سم عند زيادة الملوحة من 1 إلى 8 dS/m. ويعكس هذا الانخفاض تأثير الملوحة في استطالة الخلايا وانقسامها، إضافة إلى تأثيرها في قدرة الجذور على امتصاص الماء والعناصر الغذائية. ويُعد تراجع نمو الجذر مؤشرًا مهمًا، لأن الجذر هو العضو الأكثر تعرضًا للأملاح في وسط الزراعة، وضعفه ينعكس مباشرة على نمو المجموع الخضري. وتتفق هذه النتائج مع دراسة جلول وآخرين (2015) التي بينت انخفاض نمو المجموعين الجذري والخضري للبندورة تحت تأثير NaCl، ومع دراسة Sootahar et al. (2024) التي أكدت حساسية طول الجذر والمجموع الخضري للإجهاد الملحي في أصناف الطماطم.

كما أظهرت النتائج انخفاضًا واضحًا في الكتلة الحيوية للبادرات، حيث تراجع الوزن الطازج من 1.83 إلى 0.55 جم/10 بادرات، والوزن الجاف من 0.17 إلى 0.05 جم/10 بادرات عند الانتقال من 1 إلى 8 dS/m. ويشير انخفاض الوزن الطازج إلى تراجع امتصاص الماء، في حين يدل انخفاض الوزن الجاف على ضعف تراكم المادة الحيوية والنمو الفعلي للبادرات. وتدعم هذه النتيجة ما توصل إليه Ahmed et al. (2022) من انخفاض الوزنين الطازج والجاف لبادرات الطماطم مع زيادة الملوحة، كما تنسجم مع ما أشار إليه Cuartero and Fernández–Muñoz (1999) بشأن حساسية الطماطم النسبية للملوحة، خاصة في المراحل المبكرة.

وكان مؤشر قوة البادرة من أكثر المؤشرات تأثرًا، إذ انخفض من 1390.60 في معاملة 1 dS/m إلى 267.20 عند 8 dS/m. وتعود حساسية هذا المؤشر إلى اعتماده على كل من نسبة الإنبات وطول البادرة، مما يجعله معبرًا عن التأثير المركب للملوحة في الإنبات والنمو المبكر معًا. ويؤكد هذا الانخفاض أن الملوحة المرتفعة لا تؤدي فقط إلى تقليل عدد البذور النابتة، بل تنتج أيضًا بادرات أضعف وأقل قدرة على التأسيس. وتتماشى هذه النتيجة مع دراسة Ahmed et al. (2022)، ومع ما أشار إليه باحويرث (2003) حول أهمية الجمع بين مؤشرات الإنبات ونمو الشتلات عند تقييم أثر الملوحة في الطماطم.

ومن الجدير بالملاحظة أن تأثير الملوحة كان محدودًا نسبيًا عند 2 dS/m في بعض الصفات، إذ لم تختلف هذه المعاملة معنويًا عن 1 dS/m في نسبة الإنبات وطول الجذر، بينما أصبحت التأثيرات السلبية أكثر وضوحًا ابتداءً من 4 dS/m، وبلغت أقصاها عند 6 و8 dS/m. وهذا يشير إلى أن المستويات المنخفضة من الملوحة قد تكون أقل ضررًا في مرحلة الإنبات، في حين أن المستويات المتوسطة والمرتفعة تمثل خطرًا واضحًا على جودة الشتلات.

وبناءً على ذلك، تؤكد النتائج صحة الفرضيتين الفرعيتين للدراسة؛ إذ أدت زيادة ملوحة مياه الري إلى انخفاض مؤشرات الإنبات وزيادة متوسط زمنه، كما أدت إلى تراجع مؤشرات النمو المبكر والكتلة الحيوية ومؤشر قوة البادرة. وتبرز هذه النتائج أهمية التحكم في ملوحة مياه الري المستخدمة في إنتاج شتلات الطماطم بمنطقة الزاوية – ليبيا، خاصة في المراحل الأولى من النمو.

7. الاستنتاجات

أظهرت الدراسة أن ملوحة مياه الري أثرت معنويًا في إنبات بذور الطماطم ونمو البادرات المبكر تحت ظروف المشتل في منطقة الزاوية – ليبيا. وقد كان تأثير الملوحة واضحًا في خفض نسبة الإنبات، وإطالة متوسط زمن الإنبات، وتقليل صفات النمو الطولي والكتلة الحيوية ومؤشر قوة البادرة.

اتضح من النتائج أن المستوى المنخفض من الملوحة 2 dS/m لم يسبب تدهورًا كبيرًا في بعض مؤشرات الإنبات والنمو مقارنةً بمعاملة 1 dS/m، في حين بدأت التأثيرات السلبية بالظهور بصورة أوضح عند 4 dS/m، وازدادت شدتها عند 6

و8 dS/m. ويشير ذلك إلى أن حساسية بذور الطماطم وبادراتها المبكرة تزداد مع ارتفاع ملوحة مياه الري، خاصة في المستويات المتوسطة والمرتفعة.

كما بينت الدراسة أن مؤشر قوة البادرة كان من أكثر المؤشرات تعبيرًا عن أثر الملوحة، لأنه عكس التأثير المشترك لانخفاض نسبة الإنبات وتراجع النمو الطولي. وبناءً على ذلك، يمكن اعتبار ملوحة مياه الري عاملًا محددًا لجودة إنتاج شتلات الطماطم في مرحلة الإنبات والنمو المبكر.

وتخلص الدراسة إلى أن استخدام مياه ري مرتفعة الملوحة، خاصة عند 6 و8 dS/m، قد يؤدي إلى ضعف الإنبات، وتأخر ظهور البادرات، وانخفاض جودة الشتلات، الأمر الذي يستدعي مراعاة جودة مياه الري المستخدمة في المشاتل، ولا سيما خلال المراحل الأولى من نمو نبات الطماطم.

8. التوصيات

في ضوء نتائج الدراسة، يمكن اقتراح التوصيات الآتية:

1. يُفضل عدم استخدام مياه الري مرتفعة الملوحة، خاصة عند المستويات القريبة من 6 و8 dS/m ، في مرحلة إنبات بذور الطماطم وإنتاج الشتلات المبكرة، نظرًا لما أظهرته هذه المستويات من تأثيرات سلبية واضحة في الإنبات والنمو.
2. تشير النتائج إلى أن استخدام مياه ري منخفضة الملوحة، قريبة من 1–2 dS/m، قد يكون أكثر ملاءمة لمرحلة إنتاج شتلات الطماطم تحت ظروف الدراسة الحالية.
3. يوصى بقياس ملوحة مياه الري قبل استخدامها في المشاتل، بالاعتماد على قيمة التوصيل الكهربائي EC، بوصفها مؤشرًا عمليًا لتقدير جودة المياه ومدى ملاءمتها للري.
4. يُقترح الاهتمام بإدارة الري ووسط الزراعة في المشاتل بما يقلل من تراكم الأملاح حول منطقة الجذور خلال مرحلة الإنبات والنمو المبكر.
5. توصي الدراسة بإجراء بحوث لاحقة على أصناف مختلفة من الطماطم، بهدف تحديد الأصناف الأكثر تحملًا للملوحة في مراحل الإنبات ونمو البادرات.
6. يُقترح تنفيذ دراسات مستقبلية تحت ظروف مشتلية وحقلية مختلفة وفي مناطق أخرى من ليبيا، للتحقق من مدى ثبات الاستجابة للملوحة ودعم بناء توصيات تطبيقية أكثر دقة.

قائمة المراجع

1. باحويرث، محروس عبدالله محمد. (2003). *تأثير كلوريد الصوديوم على إنبات بذور ونمو شتلات بعض أصناف الطماطم* [رسالة ماجستير، كلية ناصر للعلوم الزراعية].
2. جلول، أحمد، علوش، غياث، ويوسف، علي. (2015). تأثير ملوحة NaCl في إنبات أصلي البندورة Sprit وES–30502، ونموهما، وامتصاصهما للعناصر الغذائية في الزراعة المائية. *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، 37*.(3)
3. حمد، سماره، هيفا، سوسن، وإسماعيل، هيثم. (2023). تأثير مستويات مختلفة لملوحة مياه الري في إنبات بذور ونمو غراس المشمش، صنف كلابي. *المجلة السورية للبحوث الزراعية، 10*.340–333 ،(5)
4. الزغداني، عبدالمجيد صالح، الفرجاني، المبروك مبارك، والزبير، صلاح الدين محمد. (2013). تأثير ملوحة ماء الري في إنبات بذور صنفين من الطماطم (*Solanum lycopersicum* Mill.). *مجلة روافد المعرفة*.435–413 ،(2) ،

5. العلي، عبد العزيز. (2009). تأثير الإجهاد الملحي على إنبات بذور بعض أصناف البندورة. *Fayoum Journal of Agricultural Research and Development, 23*(2).

6. العوض، دانيال. (2014). تأثير الملوحة (NaCl) في إنبات البذور ونمو البادرات المزروعة في المختبر لصنفين من نبات فول الصويا [.*Glycine max* (L.) Merr] *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية: سلسلة العلوم البيولوجية، 36*(6)، 9–19.

7. Ahmed, F., Hossain, M. D., Ullah, M. A., Rauf, F. R., & Kabir, M. H. (2022). Effect of salinity on seed germination and seedling growth of tomato. *Fundamental and Applied Agriculture, 7*(4), 336–350. https://doi.org/10.5455/faa.131830

8. Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

9. Cuartero, J., & Fernández-Muñoz, R. (1999). Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae, 78*(1–4), 83–125. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00191-5

10. Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance—Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, 103*(2), 115–134.

11. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology, 59*, 651–681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911

12. Oliveira, C. E. S., Steiner, F., Zuffo, A. M., Zoz, T., Alves, C. Z., & Aguiar, V. C. B. (2022). Tolerance of tomato seedling cultivars to different values of irrigation water salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 26*(1), 31–38.

13. Sané, A. K., Diallo, B., Kane, A., Sagna, M., Sané, D., & Sy, M. O. (2021). In vitro germination and early vegetative growth of five tomato (*Solanum lycopersicum* L.) varieties under salt stress conditions. *American Journal of Plant Sciences, 12*, 796–817. https://doi.org/10.4236/ajps.2021.125055

14. Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences, 22*(2), 123–131. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001

15. Sootahar, R. K., Sootahar, M. K., Lin, M., Rais, N., Jamro, G. M., Rais, M. U. N., Iqbal, R., Ditta, A., Eldin, S. M., Ali, I., Alwahibi, M. S., Elshikh, M. S., & Kumarasamy, V. (2024). In vitro early vegetative growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars under salt stress. *Polish Journal of Environmental Studies, 33*(5), 5879–5885. https://doi.org/10.15244/pjoes/183451

16. van Zelm, E., Zhang, Y., & Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology, 71*, 403–433. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100005