

Evaluation of Desalinated Water Efficiency for Irrigating Tomato Plants under Arid Conditions in Farms of the Wadi Zamzam Region - Libya

Mohammed Hasan Atbeeqah*

Soil and Water Department, College of Agriculture, Sirte University, Libya.

*Email (for reference researcher): moha.hossan@su.edu.ly

تقييم كفاءة مياه التحلية لري نباتات الطماطم تحت الظروف الجافة في مزارع منطقة وادي زمزم - ليبيا

محمد حسن اطيبة

قسم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة سرت، ليبيا

Received: 05-08-2026; Accepted: 25-09-2026; Published: 30-09-2026

Abstract:

The limitation of water resources and the high salinity of irrigation water are among the most important factors affecting agricultural production in arid and semi-arid regions, which requires searching for alternative water sources such as desalinated water. This study aimed to evaluate the efficiency of desalinated water for irrigating tomato plants under arid conditions in farms of the Wadi Zamzam Region, Libya, compared with different irrigation water sources, through studying vegetative growth, yield components, productivity, water use efficiency, and some chemical properties of the soil. The field experiment was conducted using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four irrigation treatments and four replicates, including groundwater well water (EC = 3.80 dS/m), desalinated water (EC = 0.34 dS/m), mixed water at a ratio of 50:50 (EC = 2.07 dS/m), and highly saline groundwater (EC = 7.49 dS/m). The results showed the superiority of irrigation with desalinated water in all studied characteristics, where the plants recorded the highest values in plant height, number of leaves, number of branches, and stem diameter compared with the other treatments. Desalinated water also achieved the highest values for yield components, as the average number of fruits reached 39.75 fruits/plant, fruit weight was 97.11 g, plant productivity was 3.84 kg/plant, and crop productivity per unit area reached 78.65 tons/hectare, exceeding highly saline water, which recorded the lowest values. Desalinated water also increased water use efficiency to reach 15.41 kg crop/m³ water, compared with the use of highly saline water, which reduced water use efficiency to reach 6.74 kg crop/m³ water. Chemical analyses showed that desalinated water reduced salt accumulation and improved soil properties, growth, productivity, and water use efficiency, while highly saline water caused deterioration in soil properties and a decrease in production. The study confirms that the use of desalinated water represents a promising option to support agricultural production and improve tomato productivity in arid regions with good irrigation and fertilization management to ensure agricultural sustainability.

Keywords : Desalinated water, salinity, irrigation, tomato, productivity, water use efficiency.

المخلص:

تُعد محدودية الموارد المائية وارتفاع ملوحة مياه الري من أهم العوامل المؤثرة في الإنتاج الزراعي بالمناطق الجافة وشبه الجافة، مما يستدعي البحث عن مصادر مائية بديلة مثل مياه التحلية. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة مياه التحلية لري نباتات الطماطم تحت الظروف الجافة في مزارع منطقة وادي زمزم، ليبيا، مقارنة بمصادر مياه ري مختلفة، من خلال دراسة النمو الخضري، ومكونات المحصول، والإنتاجية، وكفاءة استخدام المياه، وبعض الخصائص الكيميائية للتربة. نُفذت التجربة الحقلية باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بأربعة معاملات ري وأربعة مكررات، شملت مياه البئر الجوفي (EC = 3.80 dS/m)، مياه التحلية (EC = 0.34 dS/m)، مياه مخلوطة بنسبة 50:50 (EC = 2.07 dS/m)، ومياه جوفية عالية الملوحة (EC = 7.49 dS/m). أظهرت النتائج تفوق الري بمياه التحلية في جميع الصفات المدروسة، ومياه جوفية عالية الملوحة.

حيث سجلت النباتات أعلى القيم في ارتفاع النبات، وعدد الأوراق، وعدد الأفراع، وقطر الساق مقارنة بالمعاملات الأخرى. كما حققت مياه التحلية أعلى القيم لمكونات المحصول، حيث بلغ متوسط عدد الثمار 39.75 ثمرة/نبات، ووزن الثمرة 97.11 جم، وإنتاجية النبات 3.84 كجم/نبات، وبلغت إنتاجية المحصول لوحدة المساحة 78.65 طن/هكتار، متفوقة على المياه عالية الملوحة التي سجلت أدنى القيم. كما أدت مياه التحلية إلى زيادة كفاءة استخدام المياه لتصل إلى 15.41 كجم محصول/م³ ماء، مقارنة باستخدام المياه عالية الملوحة التي أدت إلى خفض كفاءة استخدام المياه لتصل إلى 6.74 كجم محصول/م³ ماء. أظهرت التحاليل الكيميائية أن مياه التحلية قللت تراكم الأملاح وحسنت خصائص التربة والنمو والإنتاجية وكفاءة استخدام المياه، بينما سببت المياه عالية الملوحة تدهورًا في خصائص التربة وانخفاضًا في الإنتاج. وتؤكد الدراسة أن استخدام مياه التحلية يمثل خيارًا واعدًا لدعم الإنتاج الزراعي وتحسين إنتاجية الطماطم في المناطق الجافة مع الإدارة الجيدة للري والتسميد لضمان الاستدامة الزراعية.

الكلمات المفتاحية: مياه التحلية، الملوحة، الري، الطماطم، الإنتاجية، كفاءة استخدام المياه.

المقدمة

تواجه الموارد المائية في العالم ضغوطًا متزايدة نتيجة النمو السكاني والتوسع الزراعي والتغيرات المناخية، مما جعل البحث عن مصادر مائية بديلة ضرورة أساسية لدعم الزراعة المستدامة، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. (Stringer et al., 2021). وتعاني ليبيا من تحديات مائية متنامية بسبب محدودية الأمطار وارتفاع معدلات التبخر والاعتماد شبه الكامل على المياه الجوفية، الأمر الذي أدى إلى تراجع جودتها وارتفاع ملوحتها وتأثيرها السلبي في التربة والمحاصيل. (Ammar, 2025). وتُعد منطقة وادي زمزم من المناطق الزراعية المهمة في ليبيا، إلا أن الظروف المناخية الجافة ومشكلات ملوحة مياه الري تحد من كفاءة الإنتاج الزراعي من خلال التأثير في نمو النباتات وامتصاص العناصر الغذائية. (Brika, 2019). وفي ظل هذه الظروف، ظهرت مياه التحلية كمصدر مائي غير تقليدي يوفر مياهًا ذات جودة مناسبة للزراعة، خاصة مع التطور في تقنيات التحلية الحديثة مثل التناضح العكسي. (Awaad et al., 2020). وتسهم مياه التحلية منخفضة الملوحة في تحسين البيئة الجذرية وتقليل تراكم الأملاح وتعزيز كفاءة امتصاص الماء والعناصر الغذائية، مما يعكس إيجابيًا على نمو النباتات وإنتاجيتها، مع ضرورة الإدارة المتوازنة للري والتسميد. (Silber et al., 2015). تُعد محاصيل الخضر من المحاصيل الحساسة لجودة مياه الري، إذ تؤدي ملوحة المياه إلى اضطراب العمليات الفسيولوجية وانخفاض النمو والإنتاج وجودة الثمار. مما يجعل تحسين نوعية المياه عاملاً مهماً لتحقيق إنتاج مستدام. (Wang et al., 2023). يُعد نبات الطماطم من المحاصيل الحساسة نسبيًا لارتفاع ملوحة التربة، إذ يؤدي تجاوز ملوحة منطقة الجذور للحدود المناسبة إلى انخفاض تدريجي في الإنتاجية. مما يؤكد أهمية إدارة ملوحة التربة ومياه الري للحفاظ على الإنتاجية وجودة الثمار. (Zhang et al., 2024). تهدف هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة مياه التحلية في ري نبات الطماطم تحت الظروف الجافة بمزارع منطقة وادي زمزم - ليبيا، من خلال مقارنة تأثيرها بمصادر مياه الري الأخرى في النمو الخضري والإنتاجية وجودة المحصول وكفاءة استخدام المياه وبعض الخصائص الكيميائية للتربة. وتسعى إلى توفير قاعدة علمية تدعم الاستخدام المستدام لمصادر المياه غير التقليدية في التنمية الزراعية بليبيا.

الدراسات السابقة

أشار (Romero et al., 2001) في دراسة لهم إلى أن الإجهاد الملحي في نباتات الطماطم يؤدي إلى انخفاض النمو الخضري وامتصاص الماء، وانخفاض الوزن الجاف وطول النبات وعدد الأوراق، مع تراجع كفاءة التبادل الغازي نتيجة انخفاض التوصيل الثغري والنسج.

وجد (Katerji et al., 2003) في دراسة لهم أن زيادة الملوحة أثرت سلبًا في العلاقات المائية والمحصول، وتُعد الطماطم من المحاصيل متوسطة الحساسية للملوحة، إذ يرتبط انخفاض كفاءة استخدام الماء بتراجع إنتاجيتها تحت الإجهاد الملحي. أشار (Malash et al., 2000) في دراسة لهم إلى أن زيادة الملوحة أدت إلى انخفاض المحصول وعدد الثمار ووزنها، مع اختلاف الأصناف في درجة تحملها، بينما ساهمت في تحسين بعض صفات جودة الثمار مثل المواد الصلبة الذائبة وفيتامين C.

أشار (Al-Omran et al., 2010) في دراسة لهم إلى أن استخدام المياه المالحة أدى إلى انخفاض المحصول وكفاءة استخدام المياه وزيادة تراكم الأملاح، بينما ساهم تحسين خصائص التربة بالمحسّنات العضوية في تعزيز نمو الجذور والإنتاجية والحد من آثار الملوحة.

ذكر (Borres Jr et al., 2025) في دراسة لهم أن زيادة الملوحة أدت إلى انخفاض تيسر العناصر الغذائية في التربة وتراجع نمو النبات وعدد الأوراق والثمار والإنتاجية نتيجة التغيرات الفسيولوجية والمورفولوجية. وأكدت الدراسة أهمية إدارة ملوحة التربة ومياه الري واستخدام أصناف متحملة للحفاظ على إنتاج مستدام للطماطم.

وجد (Wang et al., 2023) في دراسة لهم أن ارتفاع ملوحة مياه الري أدى إلى انخفاض المحصول وكفاءة استخدام المياه، مع تحسن بعض صفات جودة الثمار، بينما ساعد استخدام مياه منخفضة إلى متوسطة الملوحة وتحسين خصائص التربة في الحفاظ على إنتاجية وجودة الطماطم تحت ظروف ندرة المياه.

أشارت دراسة (Li et al., 2019) إلى أن تطبيق الري المتناوب، باستخدام المياه العذبة خلال المراحل الحساسة للنمو والمالحة خلال المراحل اللاحقة، يمكن أن يمثل إستراتيجية فعالة لتحقيق توازن بين المحافظة على الإنتاج وتحسين جودة ثمار الطماطم في البيئات محدودة المياه.

بينت دراسة (Galindo et al., 2025) أن ارتفاع التوصيل الكهربائي لمياه الري أدى إلى انخفاض المحصول وكفاءة استخدام الأسمدة، مع تحسن بعض صفات الجودة، وأكدت الدراسة أهمية استخدام مياه التحلية ضمن أنظمة ري فعالة لإنتاج الطماطم في البيئات الجافة.

منطقة البحث

نُفذت الدراسة في منطقة وادي زمزم غرب مدينة سرت بليبيا، على بعد نحو 150 كم، وتقع بين خطي طول 15.01° و 15.14° شرقاً، ودائرتي عرض 31.07° و 31.21° شمالاً، بارتفاع يتراوح بين 30 و 80 متراً فوق مستوى سطح البحر. وتتميز المنطقة بمناخ متوسطي شبه جاف، يبلغ متوسط درجة الحرارة السنوي نحو 26°م ومعدل الأمطار حوالي 182.2 ملم. كما تعاني من محدودية الموارد المائية وارتفاع درجات الحرارة وانخفاض المادة العضوية في التربة، مما يجعل استخدام مياه التحلية وإدارة الري المناسبة خياراً واعداً لتحسين إنتاجية المحاصيل تحت هذه الظروف (Hag Husein et al., 2021).

مواد وطرائق البحث

تصميم التجربة

أُعدت أرض التجربة من خلال إجراء عملية الحراثة بتاريخ 2026/02/07، ثم تم شتل نباتات الطماطم بعمر يتراوح بين 6-8 أسابيع بتاريخ 2026/02/22. نُفذت التجربة الحقلية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (Randomized Complete Block Design, RCBD)، حيث تضمنت أربعة معاملات ري، وزعت عشوائياً ضمن أربعة قطاعات، بواقع أربع مكررات لكل معاملة. اشتملت التجربة الحقلية على أربع معاملات ري، خُصصت لكل منها نوعية مختلفة من مصادر المياه المستخدمة في الري، على النحو الآتي:

1. مياه البئر الجوفي (معاملة الشاهد) ذات توصيل كهربائي (EC) بلغ 3.80 dS/m.
 2. مياه التحلية ذات توصيل كهربائي (EC) بلغ 0.34 dS/m.
 3. المياه المخلوطة بنسبة (50:50) من مياه التحلية والمياه الجوفية، ذات توصيل كهربائي (EC) بلغ 2.07 dS/m.
 4. المياه الجوفية عالية الملوحة ذات توصيل كهربائي (EC) بلغ 7.49 dS/m.
- قبل الزراعة، أُجريت التحاليل الكيميائية لمصادر مياه الري المختلفة وفقاً للطرق القياسية المعتمدة كما وردت في (1971 Hesse)، وشملت قياس pH و EC و TDS والأيونات الذائبة الرئيسية. كما حُسبت نسبة الصوديوم المدمص (SAR) وفق معادلة (Richards, 1954) لتقييم جودة المياه ومدى ملائمتها للري.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}} \quad (1)$$

ونسبة الصوديوم الذائب حسب ما ورد عن (Todd, 1980). كما في المعادلة

$$SSP = \frac{Na^+}{Ca^{+2} + Mg^{+2} + Na^+ + K^+} \times 100 \quad (2)$$

ونسبة الماغنيسيوم كما في المعادلة حسب ما ورد عن (Raghuath, 1987).

$$Mg.R = \frac{Mg^{+2}}{Ca^{+2} + Mg^{+2}} \times 100 \quad (3)$$

كذلك تم تقدير كربونات الصوديوم المتبقية RSC باستخدام معادلة (Eaton, 1950).

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \text{ meq/l} \quad (4)$$

بلغت مساحة الوحدة التجريبية 12 م² (3 م × 4 م)، وزُرعت شتلات الطماطم بعمر 6-8 أسابيع وفق تصميم التجربة، بمسافات 70 سم بين الصفوف و 40 سم بين النباتات، بحيث ضمت كل وحدة أربعة صفوف نباتية. وكان توزيع المعاملات داخل القطاعات كما يلي:

معاملات مكررات	1	2	3	4
1	D	A	B	C
2	B	D	C	A
3	C	B	A	D
4	A	C	D	B

العمليات الزراعية والقياسات

أُجريت العمليات الزراعية المعتادة خلال الموسم، وشملت العزيق اليدوي والري المنتظم وفق الاحتياجات المائية للنبات والظروف المناخية السائدة في منطقة وادي زمزم - ليبيا. حيث نُفذت 6-8 ريات بدءاً من الريّة الأولى بعد الشتل وحتى الحصاد. وسُجلت صفات النمو الخضري والمحصول، كما حُسبت كفاءة استخدام المياه (WUE) اعتماداً على إنتاجية

المحصول وكمية مياه الري (5100 م³/هكتار)، وأجريت التحاليل الكيميائية للتربة بعد انتهاء التجربة لتقييم تأثير معاملات مياه الري المختلفة.

التحليل الإحصائي

أخضعت جميع البيانات والصفات المدروسة للتحليل الإحصائي باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بواقع أربعة مكررات لكل معاملة. وبعد تنظيم البيانات وإدخالها، تم إجراء تحليل التباين باستخدام برنامج GenStat الإصدار 12، حيث استُخدم تحليل التباين لتحديد مدى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المعاملات. وعند ظهور فروق معنوية بين المتوسطات، تم تحديد اتجاه هذه الفروق ومقارنتها بواسطة اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%، استناداً إلى المنهج الإحصائي المعتمد في معالجة بيانات التجارب الحقلية. (Gomez & Gomez, 1984).

النتائج والمناقشة

أولاً: تأثير معاملات الري على صفات النمو الخضري لمحصول الطماطم

ارتفاع النبات (سم):

أظهرت النتائج في الجدول (1) أن الري بمياه التحلية حقق أعلى ارتفاع لنباتات الطماطم (92.00 سم) مقارنة بباقي المعاملات، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل ارتفاع نتيجة الإجهاد الملحي. يرتبط تحسن نمو النبات بانخفاض ملوحة مياه الري، إذ أدى ذلك إلى تيسير امتصاص الماء والعناصر الغذائية والحد من التأثيرات السمية للملوحة (Romero et al., 2001)، إلى جانب تقليل تراكم أيونات الصوديوم والكلوريد في الأنسجة النباتية (Acosta-Motos et al., 2017). أدى تحسين الحالة المائية للنبات إلى توفير ظروف مناسبة لاستمرار نشاطه الحيوي، مما دعم كفاءة العمليات الفسيولوجية وساند تكوين المجموع الخضري وتطوره، وهو ما انعكس في زيادة نمو النبات وارتفاعه (Wu et al., 2021). في المقابل، تؤدي زيادة الملوحة إلى فرض ضغوط متعددة على النبات، إذ تتأثر قدرته على المحافظة على الاتزان المائي والأبوي داخل أنسجته، كما تتراجع كفاءة الاستفادة من الماء والعناصر الغذائية، مما يؤدي إلى إضعاف الأداء الفسيولوجي للنبات والحد من قدرته على مواصلة نموه وتطوره بالوتيرة الطبيعية (Guo et al., 2022).

الجدول (1) يبين تأثير معاملات الري على صفات النمو الخضري (ارتفاع النبات سم)

المعاملات	ارتفاع النبات بالسنتيمتر				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	77	79	79	80	78.75
مياه التحلية	90	93	91	94	92.00
المياه المخلوطة (50:50)	84	88	83	86	85.25
المياه الجوفية عالية الملوحة	62	58	61	57	59.50
L.S.D (5% level)					3.466

عدد الأوراق:

أظهرت النتائج في الجدول (2) تفوق الري بمياه التحلية في زيادة عدد أوراق نباتات الطماطم (48 ورقة/نبات)، تلتها المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل عدد من الأوراق (27.75 ورقة/نبات). يمكن تفسير هذه الاستجابة بتحسين البيئة المائية حول منطقة الجذور عند استخدام مياه التحلية، وقد انعكس ذلك على كفاءة العمليات التغذوية للنبات، فزادت استفادته من الموارد المائية والعناصر المعدنية (Parida & Das, 2005). أظهرت المعاملة بالمياه منخفضة الملوحة تحسناً في نمو النبات وتطور مجموعته الخضري، كما أسهمت عملية مزج المياه المختلفة في الملوحة في توفير نوعية أنسب للري، وساعدت ملائمة ملوحة مياه الري على توفير ظروف أفضل لنمو النبات، مما دعم استمرار تكوين الأوراق والمحافظة على نموها، وبالتالي زيادة المساحة الخضري للنبات وقدرته على الاستمرار في إنتاج أوراق جديدة (Malash et al., 2005). ويؤدي ارتفاع الملوحة إلى تراجع كفاءة الامتصاص وضعف النمو النباتي. وتنعكس هذه التغيرات على نشاط الخلايا وعمليات تكوين الأنسجة الجديدة، فتتراجع قدرة النبات على إنتاج نموات خضرية بصورة منتظمة، ويظهر ذلك في صورة تباطؤ في النمو وضعف تطور المجموع الخضري، مما يؤدي إلى انخفاض النمو العام للنبات مقارنة بالظروف الأقل ملوحة (Munns, 2002).

الجدول (2) يبين تأثير معاملات الري على صفات النمو الخضري (عدد الأوراق/نبات)

المعاملات	عدد الأوراق/نبات				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	36	39	38	36	37.25
مياه التحلية	49	51	45	47	48
المياه المخلوطة (50:50)	41	43	44	42	42.50
المياه الجوفية عالية الملوحة	28	27	27	29	27.75
L.S.D (5% level)					2.809

عدد الأفرع لكل نبات:

أظهرت النتائج في الجدول (3) وجود اختلافات واضحة بين معاملات مياه الري في تأثيرها على عدد الأفرع الجانبية/نبات، حيث سجلت النباتات المروية بمياه التحلية أعلى متوسط لعدد الأفرع بلغ (11 فرع/نبات)، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل عدد من الأفرع نتيجة الإجهاد الملحي.

ويُعزى ذلك إلى تحسين الحالة الفسيولوجية للنبات نتيجة انخفاض ملوحة مياه الري وتراجع تأثيرها السمي (Romero et al., 2001).

الجدول (3) يبين تأثير معاملات الري على صفات النمو الخضري (عدد الأفرع الجانبية/نبات)

المعاملات	عدد الأفرع الجانبية/نبات				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	6	7	7	6	6.50
مياه التحلية	11	11	12	10	11
المياه المخلوطة (50:50)	7	8	9	9	8.25
المياه الجوفية عالية الملوحة	5	6	4	5	5
	L.S.D (5% level)				1.313

قطر الساق (مم):

أظهرت النتائج في الجدول (4) أن الري بمياه التحلية حقق أعلى قطر لساق نبات الطماطم (15.92 ملم)، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل قطر للساق (10.37 ملم). ويُعزى هذا التحسن إلى أن مستوى ملوحة مياه الري كان ضمن نطاق ملائم نسبياً لمتطلبات النبات، الأمر الذي أتاح ظروفًا أفضل لامتصاص المياه والعناصر الغذائية الأساسية (Tafesse et al., 2021). كما أسهمت هذه الظروف في المحافظة على كفاءة البناء الضوئي وتحفيز الانقسام والاستطالة الخلوية، مما انعكس إيجاباً على تكامل الأنسجة الوعائية وتطور النمو الخضري للنبات (Chaves et al., 2009)، ساعد انخفاض تراكم أيونات الصوديوم والكلوريد في الحد من التأثيرات الملحية على الأنسجة النباتية، مما دعم النشاط الخلوي وساعد على تحسن نمو الساق وزيادة سمكه (Deinlein et al., 2014)، في المقابل، أدى ارتفاع ملوحة مياه الري إلى اضطراب التوازن المائي والعنصري داخل النبات، مما أدى إلى تراجع نمو الساق وضعف تطورها (Guo et al., 2022).

الجدول (4) يبين تأثير معاملات الري على صفات النمو الخضري (قطر الساق مم)

المعاملات	قطر الساق بالمليمتر				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	12.39	12.42	12.34	12.57	12.43
مياه التحلية	15.96	15.92	15.83	15.97	15.92
المياه المخلوطة (50:50)	13.59	13.67	13.43	13.35	13.51
المياه الجوفية عالية الملوحة	10.23	10.45	10.29	10.51	10.37
	L.S.D (5% level)				0.1747

ثانياً: تأثير معاملات الري في مكونات محصول الطماطم وعلى صفات الإنتاجية عدد الثمار لكل نبات:

أظهرت النتائج في الجدول (5) وجود فروق واضحة بين معاملات مياه الري في تأثيرها على عدد الثمار/نبات، حيث سجلت النباتات المروية بمياه التحلية أعلى متوسط لعدد الثمار بلغ (39.75 ثمرة/نبات)، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل عدد من الثمار (22.25 ثمرة/نبات). ويُعزى ذلك إلى انخفاض ملوحة مياه الري، مما حسن امتصاص الماء والعناصر الغذائية وزاد كفاءة البناء الضوئي، فانعكس إيجاباً على التزهير وعقد الثمار (Wang et al., 2023). كما أدى انخفاض الملوحة إلى زيادة نسبة العقد والإثمار (Campos et al., 2006)، في حين تسبب ارتفاع الملوحة في إجهاد أسموزي وأيوني وانخفاض عدد الثمار (Malash et al., 2000).

الجدول (5) يبين تأثير معاملات الري على صفات الإنتاجية (عدد الثمار / نبات)

المعاملات	عدد الثمار/نبات				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	27	30	28	27	28
مياه التحلية	40	39	37	43	39.75
المياه المخلوطة (50:50)	32	34	35	33	33.50
المياه الجوفية عالية الملوحة	20	23	25	21	22.25
	L.S.D (5% level)				3.254

متوسط وزن الثمرة (جم):

أظهرت النتائج في الجدول (6) أن الري بمياه التحلية حقق أعلى متوسط لوزن الثمرة (97.11 جم)، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل متوسط (71.73 جم). ويُعزى ذلك إلى انخفاض ملوحة مياه الري، مما حسن امتصاص الماء والعناصر الغذائية وعزز البناء الضوئي وانتقال نواتج التمثيل الضوئي إلى الثمار، فزاد وزنها (Galindo et al., 2026). كما أسهمت المياه المخلوطة في تحسين وزن الثمار مقارنة بمياه البئر (Reca et al., 2025)، في حين أدى ارتفاع الملوحة إلى انخفاض وزن الثمار نتيجة الإجهاد الأسموزي والأيوني (Kotula et al., 2026).

الجدول (6) يبين تأثير معاملات الري على صفات الإنتاجية (متوسط وزن الثمرة جم)

المعاملات	متوسط وزن الثمرة بالجرام				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	83.80	84.15	83.49	84.44	83.97
مياه التحلية	96.95	97.72	97.31	96.46	97.11
المياه المخلوطة (50:50)	89.24	89.49	90.12	88.95	89.45
المياه الجوفية عالية الملوحة	71.83	72.16	71.65	71.28	71.73
	L.S.D (5% level)				0.702

إنتاجية النبات (كجم/نبات):

أظهرت النتائج في الجدول (7) وجود فروق واضحة بين معاملات مياه الري في تأثيرها على متوسط إنتاجية نبات الطماطم، حيث حقق الري بمياه التحلية أعلى إنتاجية للنبات (3.84 كجم/نبات)، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل إنتاجية (1.62 كجم/نبات). ويُعزى ذلك إلى انخفاض ملوحة مياه الري، مما حسن الحالة المائية وامتصاص العناصر الغذائية وعزز البناء الضوئي، فزاد عدد الثمار ومتوسط وزنها وارتفعت الإنتاجية (Al-Omran et al., 2010)، في حين أدى ارتفاع الملوحة إلى إجهاد أسموزي وأيونوني وانخفاض إنتاجية النبات (Argentel-Martínez et al., 2024).

الجدول (7) يبين تأثير معاملات الري على صفات الإنتاجية (إنتاجية النبات كجم)

المعاملات	متوسط إنتاجية النبات بالكيلوجرام				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	2.46	2.55	2.48	2.39	2.47
مياه التحلية	3.77	3.87	3.74	3.98	3.84
المياه المخلوطة (50:50)	3.09	3.07	3.05	3.11	3.08
المياه الجوفية عالية الملوحة	1.65	1.61	1.59	1.63	1.62
	L.S.D (5% level)				0.1091

الإنتاجية لوحدة المساحة (طن/هكتار):

أظهرت النتائج في الجدول (8) أن الري بمياه التحلية حقق أعلى إنتاجية لوحدة المساحة (78.65 طن/هكتار)، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل إنتاجية (32.89 طن/هكتار). ويُعزى ذلك إلى انخفاض ملوحة مياه التحلية، مما خفّض الإجهاد الأسموزي والأأيوني وحسن امتصاص الماء والعناصر الغذائية، فزاد نمو النبات وعدد الثمار ووزنها وارتفعت الإنتاجية (Gao et al., 2023)، كما أدى خلط المياه إلى تحسين الإنتاجية مقارنة بمياه البئر (Birhanu & Tilahun, 2010)، في حين سببت الملوحة العالية انخفاضاً في النمو والإنتاج نتيجة الإجهاد الملحي (Borres Jr et al., 2025).

الجدول (8) يبين تأثير معاملات الري على صفات الإنتاجية (الإنتاجية لوحدة المساحة)

المعاملات	الإنتاجية لوحدة المساحة طن/هكتار				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	50.45	49.89	50.56	47.94	49.71
مياه التحلية	77.53	77.20	80.25	79.62	78.65
المياه المخلوطة (50:50)	63.82	62.71	63.44	61.95	62.98
المياه الجوفية عالية الملوحة	33.61	31.93	33.25	32.77	32.89
	L.S.D (5% level)				1.634

ثالثاً: تأثير معاملات الري في كفاءة استخدام المياه

أظهرت النتائج في الجدول (9) أن الري بمياه التحلية حقق أعلى كفاءة لاستخدام المياه (15.41 كجم محصول/م³ ماء)، تليه المياه المخلوطة، بينما سجلت المياه عالية الملوحة أقل كفاءة (6.74 كجم محصول/م³ ماء). ويُعزى ذلك إلى انخفاض ملوحة مياه التحلية، مما قلل الإجهاد الأسموزي وحسن امتصاص الماء والعناصر الغذائية (Gao et al., 2023)، كما أدى انخفاض تراكم الصوديوم والكلوريد إلى المحافظة على النشاط الفسيولوجي وزيادة كفاءة استخدام المياه في إنتاج المحصول (Romero et al., 2001)، كذلك أدى انخفاض تراكم الأملاح في التربة إلى تحسين ظروف منطقة الجذور وزيادة كمية المحصول الناتج لكل وحدة مياه (Wang et al., 2023)، كما أسهم استخدام المياه المخلوطة في خفض ملوحة مياه الري مقارنة بمياه البئر الجوفي، مما أدى إلى تحسين كفاءة استخدام المياه، إلا أن تأثيرها بقي أقل من مياه التحلية بسبب استمرار وجود جزء من الأملاح الذائبة (Wan et al., 2007). في حين أدى ارتفاع الملوحة إلى اختلال التوازن الأيوني وانخفاض كفاءة استخدام المياه نتيجة تراجع النمو والإنتاجية (Alshami et al., 2023).

الجدول (9) يبين تأثير معاملات الري في كفاءة استخدام المياه (كجم محصول/م³ ماء)

المعاملات	كفاءة استخدام المياه كجم محصول/م ³ ماء				المتوسط
مياه البئر الجوفي (الشاهد)	9.33	9.67	9.25	9.59	9.46
مياه التحلية	15.64	15.28	15.19	15.53	15.41
المياه المخلوطة (50:50)	12.53	11.76	11.98	12.45	12.18
المياه الجوفية عالية الملوحة	6.67	6.85	6.81	6.63	6.74
	L.S.D (5% level)				0.3884

رابعاً: تأثير معاملات الري في خصائص التربة الكيميائية**الخصائص الكيميائية لمياه الري المستخدمة في التجربة**

أظهرت النتائج في الجدول (10) وجود اختلاف واضح في الخصائص الكيميائية لمياه الري حسب مصدرها، حيث سجلت مياه التحلية أقل قيم للملوحة، إذ بلغت قيمة التوصيل الكهربائي EC (0.34 dS/m) وتركيز الأملاح الذائبة TDS (217.6 mg/L)، مع انخفاض تراكيز الأيونات الرئيسية ومؤشرات الصودية (SAR، Adj. SAR، SSP)، حيث بلغت قيمة SAR (1.43)، و Adj. SAR (1.58)، و SSP (43.30%)، كما سجلت أقل تركيز للنترات (mg/L 2.34) والبيورون (mg/L 0.09)، مما يدل على ارتفاع جودتها وصلاحياتها للري. كما أدى خلط مياه التحلية مع مياه البئر الجوفي بنسبة (50:50) إلى خفض تركيز الأملاح وتحسين جودة المياه مقارنة بمياه البئر، في حين سجلت المياه الجوفية عالية الملوحة أعلى قيم للتوصيل الكهربائي EC (7.49 dS/m) وتركيز الأملاح الذائبة TDS (4793.6 mg/L)، كما سجلت أعلى قيم

لكل من SAR (7.35) ، و Adj. SAR (8.45) ، و SSP (45.73%) ، مما يشير إلى انخفاض جودة هذه المياه وارتفاع خطر استخدامها المستمر في الري دون اتباع إجراءات مناسبة لإدارة الملوحة. ويُفسر الانخفاض في ملوحة مياه التحلية بفعالية عملية التحلية في التخلص من نسبة كبيرة من الأملاح الذائبة، الأمر الذي أسهم في تقليل احتمالية تراكم الأملاح في التربة والحد من مخاطر تدهور خصائصها (Silber et al., 2015)، أما مزج مياه التحلية بالمياه الجوفية فقد أدى إلى تعديل الخصائص الكيميائية لمياه الري وخفض تركيز بعض الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية وحدها، مع استمرار وجود جزء من الأملاح الذائبة نتيجة عملية الخلط (Ben-Gal et al., 2009). بينما يعود ارتفاع ملوحة المياه الجوفية عالية الملوحة إلى ذوبان الأملاح الطبيعية في الطبقات الحاملة للمياه، مما أدى إلى زيادة تراكيز الأيونات وارتفاع مؤشرات الصودية (SAR ، Adj. SAR ، SSP)، وبالتالي زيادة خطر تملح التربة وتدهور خصائصها عند الاستخدام المستمر (Richards, 1954)، كما أن القيم السالبة لكاربونات الصوديوم المتبقية RSC وانخفاض نسبة الماغنيسيوم Mg.R عن 50% في جميع المعاملات تشير إلى ملائمة المياه للري وعدم وجود مخاطر من ترسيب الكالسيوم أو سيادة الماغنيسيوم (Doneen, 1964).

الجدول (10) يبين الخصائص الكيميائية لمياه الري المستخدمة في التجربة

الصفة	وحدة القياس	مياه البئر الجوفي (الشاهد)	مياه التحلية	المياه المخلوطة (50:50)	المياه الجوفية عالية الملوحة
EC	dS/m	3.80	0.34	2.07	7.49
pH	—	7.73	7.19	7.47	8.02
TDS	mg/L	2432	217.6	1324.8	4793.6
Ca ²⁺	meq/L	12.50	1.12	7.09	23.50
Mg ²⁺	meq/L	5.87	0.44	3.15	12.12
Na ⁺	meq/L	14.66	1.26	8.15	31.00
K ⁺	meq/L	0.67	0.09	0.39	1.17
Cl ⁻	meq/L	16.59	1.37	9.05	34.24
HCO ₃ ⁻	meq/L	2.98	0.75	2.57	4.50
SO ₄ ²⁻	meq/L	13.59	0.76	6.65	28.17
NO ₃ ⁻	mg/L	18.27	2.34	9.63	24.86
B	mg/L	0.45	0.09	0.25	0.93
SAR	—	4.84	1.43	3.60	7.35
Adj. SAR	—	6.25	1.58	4.55	8.45
RSC	meq/L	-15.39	-0.81	-7.67	-31.12
SSP	%	43.50	43.30	43.40	45.73
Mg.R	%	31.95	28.21	30.76	34.03

تأثير معاملات مياه الري في الخواص الكيميائية لمستخلص التربة بعد الحصاد

أظهرت النتائج في الجدول (11) وجود تأثير واضح لمعاملات مياه الري في الخصائص الكيميائية للتربة بعد الحصاد، حيث سجلت معاملة مياه التحلية أقل قيم للملوحة، إذ بلغت قيمة للتوصيل الكهربائي لمستخلص التربة EC (1.31 dS/m) وتركيز للأملاح الذائبة الكلية (838.4 mg/L) وأدنى تراكيز لأيونات الصوديوم (3.22 meq/L Na⁺، والكلوريد 3.74 Cl⁻ meq/L) والكبريتات (4.11 meq/L SO₄²⁻)، كما انخفضت قيم مؤشرات الصودية SAR (1.67) و ESP (1.19%) مقارنة ببقيّة المعاملات، مما يدل على انخفاض تراكم الأملاح وتحسن البيئة الكيميائية للتربة. وجاءت المياه المخلوطة (50:50) في المرتبة الثانية نتيجة خفض الحمل الملحي مقارنة بمياه البئر (Minhas et al., 2022)، بينما سجلت المياه الجوفية عالية الملوحة أعلى قيم لكل التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة EC (4.74 dS/m)، وتركيز الصوديوم (10.77 meq/L)، وقيمة الصوديوم المدمص SAR (3.38)، و النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP (3.59%)، بالإضافة إلى أعلى قيمة للأس الهيدروجيني pH (8.10)، وانخفاض السعة التبادلية الكاتيونية CEC والمادة العضوية، مما يعكس تأثيرها السلبي في خصائص التربة. ويُعزى تحسن التربة تحت مياه التحلية إلى انخفاض كمية الأملاح المضافة وتقليل تراكم الأيونات الضارة (Li et al., 2019)، في حين أدى استخدام المياه عالية الملوحة إلى زيادة تراكم الأملاح وارتفاع خطر تدهور التربة (Rengasamy, 2010)، كما لم تظهر فروق كبيرة في محتوى CaCO₃ و CEC والمادة العضوية خلال موسم واحد لكونها صفات تتغير ببطء وتتأثر بطبيعة التربة وإدارتها (Weil & Brady, 2017).

الجدول (11) يبين تأثير معاملات مياه الري في الخواص الكيميائية لمستخلص التربة بعد الحصاد

الصفة	وحدة القياس	مياه البئر الجوفي (الشاهد)	مياه التحلية	المياه المخلوطة (50:50)	المياه الجوفية عالية الملوحة
EC	dS/m	3.06	1.31	2.23	4.74
pH	—	7.96	7.62	7.78	8.10
TDS	mg/L	1958	838.4	1427.2	3033.6
Ca ²⁺	meq/L	9.80	4.70	7.54	12.65
Mg ²⁺	meq/L	5.10	2.77	4.36	7.65
Na ⁺	meq/L	7.27	3.22	5.50	10.77
K ⁺	meq/L	0.82	0.41	0.63	1.18

12.56	6.12	3.74	8.40	meq/L	Cl ⁻
4.58	3.26	2.68	3.82	meq/L	HCO ₃ ⁻
15.84	7.54	4.11	10.77	meq/L	SO ₄ ²⁻
3.38	2.26	1.67	2.66	—	SAR
33.4	30.5	29.0	31.6	%	SSP
3.59	2.03	1.19	2.59	%	ESP
28.4	27.8	27.6	28.1	%	CaCO ₃
0.64	0.79	0.85	0.73	%	المادة العضوية
17.9	19.3	19.7	18.6	cmol(+)/kg	CEC

علاقات الارتباط بين معاملات مياه الري وصفات النمو الخضري ومكونات المحصول والإنتاجية وكفاءة استخدام المياه وخصائص التربة الكيميائية

أظهرت النتائج وجود ارتباط موجب بين انخفاض ملوحة مياه الري وتحسن صفات النمو الخضري ومكونات المحصول وكفاءة استخدام المياه، حيث حققت مياه التحلية أعلى قيم النمو والإنتاجية نتيجة تحسين امتصاص الماء والعناصر وتقليل الإجهاد الملحي. كما ظهر ارتباط موجب بين انخفاض ملوحة مياه الري وتحسن الخصائص الكيميائية للتربة، في حين وُجد ارتباط سالب بين ارتفاع ملوحة مياه الري وكل من النمو والإنتاجية، وكذلك بين زيادة الملوحة وارتفاع مؤشرات ملوحة وصودية التربة (ESP، SAR، EC)، مما يؤكد أهمية استخدام مياه منخفضة الملوحة للحفاظ على إنتاجية الطماطم وجودة التربة.

الاستنتاجات

1. نوعية مياه الري أثرت بشكل واضح في نمو وإنتاجية الطماطم تبعاً لاختلاف مستويات الملوحة.
2. حسّنت مياه التحلية النمو والإنتاجية بتقليل الإجهاد الملحي وتحسين امتصاص العناصر.
3. قللت مياه الري منخفضة الملوحة تراكم الأملاح وحسّنت خصائص التربة.
4. رفعت مياه التحلية كفاءة استخدام المياه وإنتاجية الطماطم في المناطق الجافة وشبه الجافة.
5. الإدارة المتكاملة لمياه الري ومراقبة التربة تسهم في استدامة إنتاج الطماطم والحد من التملح.

التوصيات

1. التوسع في استخدام مياه التحلية كمصدر بديل للري في المناطق الجافة وشحيحة المياه.
2. متابعة جودة مياه الري وخصائص التربة دورياً لضمان ملاءمتها وتقليل مخاطر التملح.
3. تطبيق برامج تسميد متوازنة وأنظمة ري حديثة لتحسين كفاءة استخدام المياه والإنتاج.
4. استخدام مياه التحلية المخلوطة عند الحاجة واختيار المحاصيل المناسبة للري بالمياه منخفضة الملوحة.
5. إجراء دراسات طويلة الأمد واقتصادية لتقييم استدامة استخدام مياه التحلية في الزراعة.

الخلاصة

أظهرت الدراسة أن نوعية مياه الري أثرت معنوياً في نمو وإنتاجية الطماطم وكفاءة استخدام المياه وخصائص التربة، حيث حققت مياه التحلية أفضل النتائج نتيجة انخفاض ملوحتها وتقليل الإجهاد الملحي، بينما حسّنت المياه المخلوطة الأداء مقارنة بمياه البئر، في حين أدت المياه عالية الملوحة إلى انخفاض الإنتاجية وزيادة تراكم الأملاح في التربة. وتؤكد النتائج أهمية استخدام مياه التحلية أو المياه المخلوطة ذات الملوحة المنخفضة يمثل خياراً فعالاً لتحسين إنتاجية الطماطم في المناطق الجافة وشبه الجافة، وتقليل مخاطر تدهور التربة، وتحقيق كفاءة أعلى في استخدام المياه، مع تطبيق إدارة جيدة للملوحة.

المراجع

- 1- Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Bernal-Vicente, A., Sanchez-Blanco, M. J., Diaz-Vivancos, P. & Hernandez, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms : adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1), 18.
- 2- Al-Omran, A. M., Al-Harbi, A. R., Nadeem, M., Wahb-Allah, M. A., & Al-Eter, A. (2010). Evaluation of Water and Soil Management Strategies for Tomato Cultivation in Calcareous Sandy Soil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(1), 59-73.
- 3- Alshami, A. K., El-Shafei, A., Al-Omran, A. M., Louki, I., Alghamdi, A. G., & Alkhasha, A. (2023). Tomato Yield and Water-Use Efficiency under Limited Irrigation and Salinity Conditions in Greenhouse Cultivation. *Agronomy*, 13(12), 3016.
- 4- Ammar, A. (2025). An Evaluation of Water Scarcity and Water Security Conditions in Libya. *Libyan Studies*, 1-13.

- 5- Argentel-Martínez, L., Peñuelas-Rubio, O., Amador, C. Á., Steiner, F., Aguilera, J. G., Shin, J. H., ... & Azizoglu, U. (2024). Enhancing Tomato Performance under Saline Conditions through QuitoMax Application. *Scientific Reports*, 14(1), 31755.
- 6- Awaad, H. A., Mansour, E., Akrami, M., Fath, H. E., Javadi, A. A., & Negm, A. (2020). Evaluating Desalinated Water as an Alternative Source for Agricultural Irrigation in the MENA Region. *Sustainability*, 12(18), 7592.
- 7- Alnaass, N. S., Lamma, O. A., & Alhadad, A. A. (2026). Climate Change and Groundwater Contamination: A Comprehensive Review of Impacts, Challenges and Adaptation Strategies. *Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS)*, 576-590.
- 8- Ben-Gal, A., Yermiyahu, U., & Cohen, S. (2009). Nutrient Management and Water-Mixing Strategies for Irrigation Using Desalinated Water. *Journal of environmental quality*, 38(2), 529-536.
- 9- Birhanu, K., & Tilahun, K. (2010). Tomato Fruit Production and Quality under Reduced Irrigation with Drip Watering. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 10(2).
- 10- Borres Jr, E. C., Agao, J. V., & Basulgan, E. B. (2025). Influence of Saline Irrigation on Soil Nutrient Status, Tomato Growth, and Crop Yield. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 24(8), 66.
- 11- Brika, B. (2019). Libya's Water Resources Challenge: Underlying Factors, Consequences, and Available Responses. *Desalination and water treatment*, 167, 351-358.
- 12- Boujwod, F., Salema, A. M., Adam, A. M., Al-Shalawy, H., & Faleh, H. (2026). Chemical and Microbiological Analysis of Groundwater After a Major Flood Event in Darna City. *Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS)*, 24-34.
- 13- Campos, C. A. B., Fernandes, P. D., Gheyi, H. R., Blanco, F. F., Gonçalves, C. B., & Campos, S. A. F. (2006). Productivity and Fruit Characteristics of Processing Tomato Exposed to Saline Irrigation. *Scientia Agricola*, 63(2), 146-152.
- 14- Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthetic Responses to Water Deficit and Salinity: Regulatory Processes Across Plant and Cellular Levels. *Annals of botany*, 103(4), 551-560.
- 15- Deinlein, U., Stephan, A. B., Luo, W., Horie, T., Schroeder, J. I., & Xu, G. (2014). Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in plant science*, 19(6), 371-379.
- 16- Doneen, L. D. (1964). Notes on water quality in agriculture. Water Science and Engineering Department, University of California, Davis.
- 17- Eaton, F. M. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil science*, 69(2), 123-134.
- 18- Galindo, C., Marín-Membrive, P., Reca, J., Martínez, J., Valera, D. L., & Lao, M. T. (2025). Advancing Tomato Production through Desalinated Irrigation Water: Yield, Fruit Quality, and Adaptation to Water and Climate Challenges in Mediterranean Regions. *Agriculture*, 16(1), 5.
- 19- Gao, Y., Tian, L., Cui, J., Lu, J., Shao, G., Song, E., & Zeng, Z. (2023). Tomato Growth, Productivity, and Fruit Quality under Drought Conditioning and Saline Irrigation. *Agronomy*, 13(9), 2351.
- 20- Gao, Y., Shao, G., Lu, J., Wang, Y., & Cui, J. (2023). Tomato Productivity under Saline Water Irrigation: Influence of Soil Conditions and Irrigation Practices Based on Meta-Analysis. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(12), 2300-2313.
- 21- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & sons.

- 22- Guo, M., Wang, X. S., Guo, H. D., Bai, S. Y., Khan, A., Wang, X. M., ... & Li, J. S. (2022). Mechanisms Underlying Salinity Tolerance in Tomato and Their Potential Role in Managing Salt Stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, 949541.
- 23- Hag Husein, H., Lucke, B., Bäumler, R., & Sahwan, W. (2021). Assessing soil fertility in arid and semi-arid lands. *Soil Systems*, 5(3), 42.
- 24- Hesse, P. R., & Hesse, P. R. (1971). A textbook of soil chemical analysis.
- 25- Hussen, A. M. E. (2026). The Role of Soil Pollution in Worsening Water Quality and Environmental Health. *Libyan Open University Journal of Applied Sciences (LOUJAS)*, 312-323.
- 26- Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., & Mastrorilli, M. (2003). Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural water management*, 62(1), 37-66.
- 27- Kotula, L., Forrest, A., Yeap, S., Kotula, J., Ranathunge, K., & Lantzke, N. (2026). Tomato and Rockmelon Performance under Saline Irrigation in Sandy Soils of Mediterranean Climates: Effects on Yield and Fruit Quality. *Irrigation Science*, 44(2), 36.
- 28- Li, J., Zhang, N., Qu, Z., Wang, S., Chen, J., & He, P. (2019). Tomato Yield and Soil Conditions under Alternating Freshwater and Saline Irrigation. *Water*, 11(8), 1693.
- 29- Machado, R. M. A., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil Salinity and Its Effects on Vegetable Crops: Approaches for Preventing and Reducing Salt Accumulation. *Horticulturae*, 3(2), 30.
- 30- Malash, N., Flowers, T. J., & Ragab, R. (2005). Tomato Productivity in Response to Irrigation Methods and Saline–Freshwater Management Strategies. *Agricultural water management*, 78(1-2), 25-38.
- 31- Malash, N., Ghaibeh, A., Yeo, A., Ragab, R., & Cuartero, J. (2000). Effect of irrigation water salinity on yield and quality of tomato. *Proceedings of the International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity*, Volume 573, pp. 415–423.
- 32- Minhas, P. S., Ramos, T. B., Ben-Gal, A., & Pereira, L. S. (2020). Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, 227, 105832.
- 33- Munns, R. (2002). A Comparative Analysis of Plant Physiological Responses to Salinity and Water Deficit. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.
- 34- Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Plant Responses to Salinity Stress and Mechanisms of Salt Tolerance: A Review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 60(3), 324-349.
- 35- Raghunath. H.M.(1987). Ground water, 2nd Ed. Wiley Eastern Ltd. New Delhi, India, PP. 344-369.
- 36- Reca, J., Martínez, J., Marín, P. M., Galindo, C., Peña Fernández, A. A., & Valera, D. L. (2025). Tomato Fruit Quality in Mediterranean Greenhouse Cultivation as Influenced by Desalinated Water Mixtures and Growing Media. *Horticulturae*, 11(12), 1446.
- 37- Rengasamy, P. (2010). Soil Responses and Their Influence on Crop Productivity under Salinity Conditions. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613-620.
- 38- Richards, L. A. (Ed.). (1954). Approaches to Evaluating and Rehabilitating Salt- and Alkali-Affected Soils. US Government Printing Office.
- 39- Romero-Aranda, R., Soria, T., & Cuartero, J. (2001). Tomato Plant Hydration and Water-Use Responses under Salinity Stress. *Plant science*, 160(2), 265-272.

- 40- Silber, A., Israeli, Y., Elingold, I., Levi, M., Levkovitch, I., Russo, D., & Assouline, S. (2015). Desalinated Water for Irrigation: Enhancing Water-Use Efficiency and Agricultural Productivity. Water Resources Research, 51(1), 450-464.
- 41- Stringer, L. C., Mirzabaev, A., Benjaminsen, T. A., Harris, R. M., Jafari, M., Lissner, T. K., ... & Tirado-von Der Pahlen, C. (2021). Water Security in the World's Drylands under a Changing Climate. One Earth, 4(6), 851-864.
- 42- Tafesse, E. G., Aidoo, M. K., Lazarovitch, N., & Rachmilevitch, S. (2021). Using Aeroponic Culture to Assess Plant Water Status and Nitrate Uptake under Salinity Conditions. Plant direct, 5(4), e00312.
- 43- Todd, D. K., & Mays, L. W. (1980). Groundwater Hydrology. John Willey & Sons. Inc., New York, 535.
- 44- Wan, S., Feng, L. P., Wang, D., Liu, S. P., & Kang, Y. (2007). Tomato Yield and Water Consumption under Saline Drip Irrigation in a Semi-Humid Environment. Agricultural water management, 90(1-2), 63-74.
- 45- Wang, X., Tian, W., Zheng, W., Shah, S., Li, J., Wang, X., & Zhang, X. (2023). Tomato Performance under Saline Water Irrigation: Relationships among Yield, Fruit Quality, and Water-Use Efficiency. Agricultural Water Management, 280, 108213.
- 46- Weil, R. R., & Brady, N. C. (2017). The nature and properties of soils (15th ed., Vol. 1104). New York, NY: Pearson.
- 47- Wu, Y., Yan, S., Fan, J., Zhang, F., Xiang, Y., Zheng, J., & Guo, J. (2021). Growth, Yield, Fruit Quality, and Water-Use Efficiency of Greenhouse-Grown Tomato under Deficit Drip Irrigation. Scientia Horticulturae, 275, 109710..
- 48- Zhang, X., Yang, H., & Du, T. (2024). Interactive Effects of Soil Salinity and Water Deficit on Tomato Fruit Development. Agricultural Water Management, 295, 108747.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of LOUJAS and/or the editor(s). LOUJAS and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.