Basrah Journal of Date Palm Research
Volume 24 Issue (2) 2025
BJDPR
ISSN: 1816-0379 online ISSN:3005-3722
مجلـــة البصـرة لأبحاث نخلـة التمـر
المجلد 24 العدد (2) 2025

استجابة نخيل التمر *Phoenix dactylifera* L للإجهادات البيئية

مقال مراجعة

فراس مهدي عباس الحمود* علي شاكر مهدي محمد عبد الباسط الدرويش

مركز ابحاث النخيل-جامعة البصرة-البصرة-العراق

*الباحث المراسل: firas.abbas@uobasrah.edu.iq

الخلاصة

الهدف من المراجعة الحالية هو استعراض احدث الدراسات العلمية التي تناولت كيفية استجابة نخيل التمر للإجهادات البيئية مع التركيز على اجهادات الجفاف والحرارة والملوحة، سيما في ظل التغييرات المناخية التي يشهدها العالم حاليا. وتعد هذه الإجهادات من العوامل الرئيسية التي تؤثر على نمو وإنتاجية نخيل التمر. تؤدي هذه الظروف إلى مجموعة من التغيرات المظهرية والفسلجية والكيموحيوية والتشريحية والجزيئية التي تمثل استجابة الأشجار لمحاولة التكيف مع البيئات غير المواتية. اظهرت النتائج ان نخيل التمر يمتلك قدرة عالية على التكيف مما يمكنه من الحفاظ على الوظائف الحيوية الاساسية تحت ظروف بيئية قاسية. تتضمن استجاباته تعديلات في البناء الضوئي والتوان المائي والايوني والانظمة الاسموزية، اضافة الى اعادة برمجة الايض وتنشيط الانظمة المضادة للأكسدة. وتشير التحليلات الجزيئية والبروتينية الى تنظيم دقيق في الجينات ومرونة في التعبير الجيني، مما يعكس قدرة نخيل التمر على ضبط العمليات الخلوية الحيوية والتكييف مع الاجهادات المتعددة. ويظهر التباين الوراثي بين الاصناف امكانيات متفاوتة في تحمل هذه الظروف. سلطت هذه المراجعة الضوء على الفهم الشامل لاستجابات نخيل التمر للإجهادات البيئية المتعددة، مما يوفر أساسا علميا لتطوير استراتيجيات فعالة لتعزيز تحمل هذه الشجرة وضمان استدامة إنتاجه في ظل التغيرات المناخية العالمية.

الكلمات المفتاحية : التغييرات المناخية، اجهاد الجفاف، اجهاد الحرارة، اجهاد ملحي، التكيف.

Introduction المقدمة

يعتبر نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) من أقدم المحاصيل المزروعة وله تاريخ طويل من الأهمية الزراعية والثقافية في المناطق الجافة وشبة الجافة حول العالم. ونظرًا لقيمته الاقتصادية والغذائية العالية، وقدرته على مواجهة الظروف البيئية القاسية، لا تزال زراعة نخيل التمر تمثل حجر الزاوية في الزراعة في هذه المناطق (Mahdi *et al.*,2025). ومع ذلك، لا تزال استدامة زراعة نخيل التمر تواجه تحديات، تُعزى أساسًا إلى الظروف البيئية وظروف التربة وتشمل التحديات الرئيسية العوامل غير الحيوية مثل درجات الحرارة القصوى والرياح والجفاف، بالإضافة إلى خصائص التربة مثل الملوحة ودرجة الحموضة ومحتوى المادة العضوية ومستويات المغذيات(Krueger *et al.*, 2023) . ومن المتوقع أن تتفاقم هذه الإجهادات ولا سيما قلة المياه وارتفاع درجات الحرارة وملوحة التربة وتدهور الأراضي والتصحر مع التغييرات المناخية التي يشهدها العالم في السنوات الاخيرة (Zittis *et al.*, 2022). يمتلك نخيل التمر قدرة فريدة على التكيف مع الإجهادات البيئية والحد من آثارها، وذلك لامتلاكه انظمة متكاملة من الصفات المظهرية والفسلجية والحيوية، تشمل نظام جذري عميق يعزز كفاءة امتصاص الماء وتفاعلات تكافلية مع الاحياء الدقيقة في منطقة الجذور (Djibril *et al.*, 2005). كما ان النظام الجذري في نخيل التمر ذو كفاءة عالية في امتصاص العناصر الغذائية وتنظيم الاتزان الايوني عبر عزل العناصر السامة او استبعادها مثل الكلور والصوديوم (Franzisky *et al.*,2025). تتميز اشجار نخيل التمر بوجود بطبقة شمعية واقية على اسطح اوراقها، فضلا عن نمط توزيع الاوراق الذي يقلل من التعرض المباشر لأشعة الشمس، تمكن هذه الصفات الى جانب اليات فسلجيه مثل التعديل الاسموزي اشجار نخيل التمر من تقليل فقدان الماء عن طريق خفض معدلات النتح والحفاظ على كفاءة العلميات الحيوية تحت ظروف الاجهاد المختلفة (Dhaouadi *et al.*, 2021).

ان كفاءة اشجار نخيل التمر في تحمل الاجهادات البيئية المختلفة لا تعتمد الى بناءها التشريحي وحده، انما تستند الى شبكة متكاملة من الاليات الوراثية والحيوية والفسلجية التي تعمل بتناسق لمواجهة هذه الاجهادات وتخفيف اثارها الضارة (Fatima *et al.*, 2014).

يهدف هذا المقال إلى استعراض الاثار الضارة لبعض انواع الإجهادات البيئية، وتسليط الضوء على الاليات التي يعتمدها نخيل التمر في الاستجابة لهذه الاجهادات. ويسعى المقال الى توفير قاعدة علمية يمكن الاستناد اليها في تطوير استراتيجيات الادارة الزراعية المستدامة وتحسين الانتاجية في ظل ظروف التغيير المناخي.

الاجهادات البيئية Environmental stresses

تعد النباتات كائنات حية غير متحركة Sessile organism ولذلك فأنها تبقى ملازمة للبيئة التي تنمو فيها، وتضطر الى مواجهة الظروف البيئية المتغيرة وما يرافقها من اجهادات طوال فترة حياتها. الامر الذي يجعل التكيف مع هذه الاجهادات شرطا اساسيا لبقائه ونموه (Du *et al.*, 2025). ومن اهم الاجهادات التي يتعرض لها النبات خلال حياته هي الاجهادات البيئية التي يمكن تعريفها على انها مجموعة العوامل الطبيعية او الناتجة عن النشاط البشري التي تخرج عن الحدود المثلى لنمو النبات (Mareri *et al.*, 2022). سيتم التركيز في هذا الاستعراض على اهم الاجهادات البيئية التي يتعرض لها نخيل التمر في ظل التغييرات المناخية في العقود الاخيرة وهي اجهاد الجفاف والحرارة والملوحة.

اجهاد الجفاف Drought Stress

يعد الجفاف أحد أبرز الإجهادات البيئية التي تواجه نخيل التمر خلال دورة حياته، خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، ويؤثر بشكل مباشر على النمو، الإنتاجية، والعمليات الفسلجية الحيوية للنبات. يتسبب نقص الماء في اضطرابات متعددة تشمل ترطيب الأوراق، التمثيل الضوئي، فتح الثغور، النتح، وتوازن العناصر الغذائية، كما يحفز تراكم المركبات الأيضية الثانوية والسكريات والأحماض الأمينية لتعزيز التكيف مع نقص الماء. لفهم استراتيجيات التحمل التي يطورها نخيل التمر، أُجريت العديد من الدراسات التي ركزت على مستويات مختلفة من الاستجابة، بدءًا من التعديلات الفسيولوجية والبروتينية وصولًا إلى التغيرات الجزيئية والجينية، جدول (1). فقد أظهرت دراسة El Rabey *et al.* (2016) أن نخيل التمر يستجيب للجفاف الناتج عن نقص الري بتعديلات واضحة في التعبير البروتيني للأوراق، حيث تغيرت وفرة بروتينات أساسية مثل RubisCO وRubisCO activase، بالإضافة إلى oxygen-evolving enhancer protein 2 ، كما تأثرت Transketolase بشكل ملحوظ تحت الإجهاد الجفافي باستخدامPEG. وأظهرت الدراسة أن جينات تحمل الجفاف كانت منخفضة التعبير عند المعاملة بدون ري، مما يعكس استجابة جزيئية معقدة لتنظيم البروتينات الأساسية ودعم التمثيل الضوئي. كذلك أظهرت دراسة Safronov *et al.* (2017) أن نخيل التمر يستجيب لإجهاد الجفاف بزيادة تراكم الكربوهيدرات الذائبة مثل الفركتوز ومشتقات الجلوكوز، مما يشير إلى تحوّل الأيض نحو السكريات وبناء جدار الخلية لتعزيز التحمل. كما كشفت التحليلات الجينية عن تنشيط التعبير الجيني للإنزيمات المضادة للأكسدة، ما يزيد من قدرة الأوراق على إزالة أنواع الأكسجين التفاعلية الناتجة عن نقص الماء. وفي دراسة لاحقة، بين Du *et al.* (2021) أن نخيل التمر يستجيب لإجهاد الجفاف بآليات أيضية دقيقة تختلف

حسب الموسم، حيث أدى الجفاف في الصيف إلى انخفاض ترطيب الأوراق وتركيز السكريات والأحماض العضوية والمركبات الفينولية، مع زيادة محتوى الثيوليات والأحماض الأمينية والدهون، بينما في الشتاء لم يتأثر ترطيب الأوراق وبعض المركبات، مع بقاء ارتفاع الثيوليات والأحماض الأمينية. كما تعافت استجابة الصيف جزئيًا بعد الري، ما يشير إلى دور تعديلات الأيض وتراكم المذيبات المتوافقة والتعديلات الاسموزية في تعزيز تحمل الجفاف المتكرر. أظهرت دراسة Ghirardo *et al.* (2021) أن نخيل التمر قادر على مواجهة الجفاف من خلال إعادة برمجة التعبير البروتيني في الأوراق، بما يشمل تعديل وفرة بروتينات التمثيل الضوئي، تفعيل البروتينات المرتبطة بالصدمة الحرارية، وتنشيط أنظمة مضادة للأكسدة للتصدي لأنواع الأكسجين التفاعلية، مع تنظيم إنزيمPdIspS ، مما يؤكد أهمية مرونة التعبير البروتيني كآلية جزيئية رئيسية لتحمل نقص الماء. أخيرًا، أظهرت دراسة Iqbal and Munir (2024) أن أصناف نخيل التمر الثلاثة (Khalas وReziz وSheshi) تباينت في استجابتها للجفاف في الحقل، حيث انخفضت محتويات الكلوروفيل، ومحتوى الماء النسبي في الأوراق، والتمثيل الضوئي، وفتح الثغور، والنتح، بينما زادت كفاءة استخدام الماء وتركيز CO_2 داخل الخلايا. كما كشفت التحليلات الجزيئية عن أكثر من 1000 تسلسل جيني مستجيب للجفاف، مع اختلاف المسارات الأيضية والتنظيمية بين الأصناف، وأظهرت النتائج أن صنف Khalas كان الأكثر تحملاً للجفاف، يليه Reziz وSheshi، ما يعكس تنوعًا معقدًا في الاستراتيجيات الفسيولوجية والجينية لمواجهة نقص الماء.

جدول (1) استجابة اشجار نخيل التمر لإجهاد الجفاف

التاثير او الاستجابة	المصدر
تعديل بروتينات RubisCO و RubisCO activase و Transketolase، انخفاض التعبير الجيني لجينات تحمل الجفاف، تنظيم البروتينات الأساسية للتمثيل الضوئي	El Rabey *et al*., 2016
تراكم السكريات الذائبة (الفوكوز ومشتقات الكلوكوز)، تنشيط الأنظمة المضادة للأكسدة، تعزيز بناء جدار الخلية	Safronov *et al*., 2017
انخفاض ترطيب الأوراق، انخفاض السكريات والأحماض العضوية والمركبات الفينولية في الصيف، زيادة الثيوليات والأحماض الأمينية والدهون، تعافي جزئي بعد الري	Du *et al*., 2021
إعادة برمجة التعبير البروتيني، تعديل بروتينات التمثيل الضوئي، تفعيل البروتينات المرتبطة بالصدمة الحرارية، تنشيط الأنظمة المضادة للأكسدة، تنظيم إنزيم PdIspS	Ghirardo *et al*., 2021
انخفاض الكلوروفيل، محتوى الماء النسبي، التمثيل الضوئي، فتح الثغور، زيادة كفاءة استخدام الماء وتركيز CO_2، تنوع الاستجابة الجزيئية بين الأصناف، Khalas الأعلى تحملًا للجفاف	Iqbal and Munir, 2024

الاجهاد الحراري Heat stress

الاجهاد الحراري هو حالة بيئية تحدث عندما تتعرض النباتات لدرجات حرارة أعلى من المستوى الأمثل لنموها وتطورها، مما يؤدي إلى اضطرابات فسلجية وحيوية وجزيئية تؤثر على عمليات التمثيل الضوئي، نمو الأنسجة، واستقرار الخلايا، وقد تسبب انخفاض الإنتاجية أو موت النبات في الحالات الشديدة (Kan *et al*., 2023). يلخص جدول (2) نتائج اهم الدراسات التي اجريت في السنوات الاخيرة لدراسة تاثير الاجهاد الحراري على نخيل التمر، والتي شملت التاثير الضار لهذا الاجهاد او الاليات التي تستخدمها هذه الشجرة لمقاومة او تخفيف اضرار التعرض الى الاجهاد الحراري. فقد اشارت معطيات نتائج دراسة Arab *et al*. (2016) الى ان نخيل التمر يتحمل الاجهاد الحراري من خلال اتباع اليات فسلجيه وكيموحيوية تضمن استمرارية الوظائف الخلوية في البيئات الحارة. فقد اظهرت نتائج هذه الدراسة الى ان الاجهاد الحراري ادى الى زيادة انبعاث مركب الايزوبرين Isoprene وهو ما يشير الى دور محتمل في حماية الاغشية الخلوية واستقرار اغشية الثايلاكويد Thyalkoid كما اظهرت نتائج هذه الدراسة انه على الرغم من انخفاض مستويات بعض مضادات الاكسدة غير الانزيمية مثل مركبي ascorbate و glutathione لم يتأثر التوازن التأكسدي للنبات نتيجة الزيادة الملحوظة في نشاط الانزيمات المضادة للأكسدة مثل انزيم glutathione reductase وهو انزيم مرتبط بإعادة تدوير مضادات الاكسدة. كذلك اظهرت نتائج دراسة اخرى ان نخيل التمر

يتكيف مع الإجهاد الحراري من خلال تعديلات منسقة على المستويين الجزيئي والايضي ضمن الإمكانات الوراثية المتاحة. إذ بينت التحليلات الجينية أن التعرض للحرارة يؤدي إلى تنشيط واضح لجينات مرتبطة بأنظمة إزالة أنواع الأكسجين التفاعلية، مما يشير إلى تعزيز نشاط الأنظمة المضادة للأكسدة في السيتوسول والبلاستيدات الخضراء والبيروكسيسومات للحفاظ على الاتزان الخلوي تحت درجات الحرارة المرتفعة. كما أظهرت النتائج زيادة تراكم الكربوهيدرات الذائبة ومشتقات الكلوكوز تحت الإجهاد الحراري، وهو ما يعكس تحول أيضي نحو استقلاب الكربوهيدرات ودعم عمليات بناء جدار الخلية كآلية تكيفية (Safronov *et al.*, 2017). وفي دراسة اخرى قام بها Kruse *et al.*, (2019) اظهرت نتائجها ان لنخيل التمر قدرة واضحة على التكيف مع ارتفاع درجات الحرارة، وذلك من خلال تعديل الاستجابات الفسلجية للأوراق تبعا لدرجات الحرارة الموسمية فقد ارتفعت درجة الحرارة المثلى لعملية التمثيل الضوئي من 20–33 م° في الشتاء الى 28–45 م° في الصيف. كما اظهرت نتائج هذه الدراسة الى وجود تنسيق فسلجي بين التمثيل الضوئي وتنظيم التوصيل الثغري Stomatal conductive، وهذا يعكس الية توازن تهدف الى تعظيم الاستفادة من الطاقة مع تقليل الاضطرابات الايضية. كذلك اشارت نتائج دراسة Ghirardo *et al.* (2021) الى أن نخيل التمر يمتلك قدرة عالية على تحمّل الإجهاد الحراري من خلال إعادة برمجة التعبير البروتيني في الأوراق استجابة لدرجات الحرارة المرتفعة. ففي ظروف المناخ الصيفي الحار، لوحظت تعديلات واضحة في وفرة البروتينات المرتبطة بالتمثيل الضوئي، وإجهاد العوامل اللاحيوية، والتمثيل الثانوي، بما يضمن الحفاظ على كفاءة العمليات الفسيولوجية تحت الحرارة العالية. كما أظهر نخيل التمر تنشيطًا قويًا لبروتينات الصدمة الحرارية والأنظمة المضادة للأكسدة، مما يسهم في الحد من تكوين أنواع الأكسجين التفاعلية وحماية البنى الخلوية. وعلى الرغم من انخفاض تعبير بعض بروتينات الأيض الثانوي، فقد سُجّل ارتفاع ملحوظ في تعبير إنزيم isoprene synthase الخاص بنخيل التمر تحت الإجهاد الحراري. كذلك اظهرت نتائج دراسة Al–Arab *et al.* (2022) ان الإجهاد الحراري ادى الى تغيرات واضحة في محتوى الكلوروفيل والمركبات الأيضية (الكربوهيدرات والبرولين)، وارتفاع مستويات بعض المؤشرات المرتبطة بتلف الأغشية الخلوية (مركب MDA) وتراكم أنواع الأكسجين التفاعلية (بيروكسيد الهيدروجين) في اوراق نخيل التمر صنف البرحي. وفي دراسة حديثة عن استجابة نخيل التمر للإجهاد الحراري على المستوى الجزيئي اشارت نتائجها الى أن الإجهاد الحراري يؤثر بشكل مباشر في تنظيم عوامل النسخ من عائلة WRKY في نخيل التمر، مما يعكس دورًا محوريًا لهذه العوامل في الاستجابة الجزيئية للحرارة المرتفعة. فقد كشفت التحليلات الجينومية والنسخية عن وجود عدد كبير من جينات PdWRKY ذات بنى محفوظة ووظائف

تنظيمية مرتبطة بعمليات خلوية وأيضية أساسية، مع استجابة تفاضلية واضحة عند التعرض للإجهاد الحراري. وأوضحت نتائج التعبير الجيني أن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى تنظيم صعودي وهبوطي لعدد من جينات WRKY، بما يشير إلى إعادة ضبط الشبكات التنظيمية المسؤولة عن التكيف مع الحرارة. وتعكس هذه التغيرات قدرة نخيل التمر على توظيف عوامل النسخ لتنظيم مسارات الاستجابة للإجهاد الحراري والحفاظ على الاتزان الخلوي، مما يؤكد أن التنظيم الجيني عبر PdWRKY يمثل إحدى الآليات الجزيئية المهمة التي تسهم في تحمل نخيل التمر للظروف الحرارية القاسية (Khan *et al.*, 2025).

جدول (2) استجابة اشجار نخيل التمر لإجهاد الحرارة

التاثير او الاستجابة	المصدر
زيادة انبعاث الايزوبرين، ارتفاع مستويات بعض الانزيمات المضادة الاكسدة، انخفاض بعض مضادات الاكسدة غير الانزيمية	Arab *et al.*, 2016
تنشيط جينات انظمة ازالة ROS ، زيادة تراكم الكربوهيدرات الذائبة ومشتقات الكلوكوز	Safronov *et al.*, 2017
تعديل الاستجابات الفسلجية للاوراق ورفع درجة الحرارة المثلى للتمثيل الضوئي مع تنسيق التوصيل الثغري	Kruse *et al.*, 2019
إعادة برمجة التعبير البروتيني في الأوراق مع تنشيط بروتينات الصدمة الحرارية والأنظمة المضادة للأكسدة، وحماية البنى الخلوية، وزيادة تعبير إنزيم isoprene synthase تحت الإجهاد الحراري.	Ghirardo *et al.*, 2021
تغير محتوى الكلوروفيل والمركبات الأيضية مع ارتفاع مؤشرات تلف الأغشية الخلوية وتراكم أنواع الأكسجين التفاعلية في أوراق نخيل التمر.	Al-Arab *et al.* (2022)
تنظيم صعودي وهبوطي لعوامل النسخ من عائلة WRKY يعكس إعادة ضبط الشبكات الجزيئية لتعزيز تحمل نخيل التمر للإجهاد الحراري.	Khan *et al.* (2025)

اجهاد الملوحة Salinity stress

يعد الإجهاد الملحي من أهم العوامل البيئية التي تحدّ من نمو وإنتاج نخيل التمر في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وذلك نتيجة تراكم الأملاح في التربة ومياه الري الذي يؤثر في الامتصاص المائي وتوازن العناصر الغذائية. وقد تناولت عدة دراسات التأثيرات الفسلجية والجزيئية للملوحة على نخيل التمر بكفاءة متفاوتة بين الأنسجة والأصناف. اشارت نتائج دراسة Yaish *et al.* (2015) الى أن تنظيم الحمض النووي الريبوزي الصغير (miRNA) يتغير استجابة للملوحة في نخيل التمر، حيث تم تحديد مجموعة من الجزيئات الصغيرة التي تم تنظيمها بشكل مختلف في الأوراق والجذور تحت تأثير الملوحة، مما يدل على

دور التنظيم على مستوى ما بعد النسخ في التكيف مع الإجهاد الملحي. وفي دراسة اجراها عبد الواحد واخرون (2016) اشارت نتائجها الى ان تعرض نخيل التمر للملوحة (مطبقة بتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم) ادى الى اختزال المساحة الورقية والجهد المائي للأوراق، كما ان الملوحة اثرت تشريحيا على اوراق نخيل التمر، اذ ادت الى انخفاض طول وقطر خلايا البشرة والميزوفيل الا انها في الوقت نفسة ادت الى زيادة سمك طبقة الكيوتكل. وأوضحت دراسة تحليلية من خلال تصفية الجينات عبر الجينات المعبر عنها (RNA-seq) أن تعريض نخيل التمر لمستويات عالية من كلوريد الصوديوم أدى إلى انخفاض في جميع معاملات تبادل الغازات بما في ذلك التمثيل الضوئي مع زيادة في التحويل غير الكيميائي للضوء Non-photochemical quenching (اليه تستخدمها النباتات والطحالب لحماية نفسها من شدة الاضاءة العالية)، في حين لم تتأثر كفاءة النظام الضوئي الثاني PSII في امتصاص الضوء، كما شملت الاستجابة تغييرات جينية واسعة تتعلق بعمليات الأيض الضوئي، استقلاب السكروز والنشا، الأيض التأكسدي، ونقل الأيونات في الجذور، ما يشير إلى إعداد جزيئي واسع للتعامل مع الملوحة في الأوراق والجذور (Yaish *et al.*, 2017). وعلى المستوى الفسلجي والكيموحيوي، بينت دراسة Al Kharusi *et al.* (2017) أن الملوحة تؤثر بشكل متفاوت بين أصناف النخيل، فقد قيمت الدراسة عشرة أصناف من نخيل التمر عند 240 ملي مولار من كلوريد الصوديوم، واظهرت النتائج انخفاض معدلات التمثيل الضوئي وتسرب الإلكتروليت ونسبة البوتاسيوم للصوديوم في الأصناف الحساسة، بينما حافظت الأصناف المقاومة على محتوى مائي نسبي أعلى واستقرار أغشية أفضل، مما يشير إلى أن استبعاد الصوديوم وكفاءة التمثيل الضوئي وثبات الأغشية من العوامل الرئيسية لتحمّل الملوحة. من جهة اخرى، وجدت دراسة Mimoun et al. (2024) ان تعرض نخيل التمر الى مستويات معتدلة من الملوحة (100 ملي مولار من كلوريد الصوديوم) حفز نمو الجذور وتفرعها مع زيادة تراكم الكلوروفيل والبرولين، الا ان هذه المؤشرات تراجعت عند التعرض للملوحة بمستويات عالية (200 ملي مولار كلوريد الصوديوم). وفي دراسة حديثة اجراها Munir (2025) اكدت نتائجها الاثار السلبية للملوحة على اشجار نخيل التمر، اذ يؤدي ارتفاع الملوحة الى انخفاض معدل استطالة الساق ومساحة الاوراق وطول الجذور، وبينت نتائج الدراسة كذلك اختلاف اصناف نخيل التمر في قدرتها على تحمل الملوحة اذ اظهرت نتائج الدراسة ان صنف الخلاص يمتلك قدرة اعلى على التكيف مع الملوحة مقارنة بصنف البرحي، وذلك من خلال محافظته على محتوى اعلى من الكلوروفيل و ومحتوى رطوبي، اضافة الى تراكم اقل من الصوديوم وبيروكسيد الهيدروجين، ولوحظ زيادة تراكم البرولين في كلا الصنفين ولكن بنسبة اعلى في صنف البرحي.

جدول (3) استجابة اشجار نخيل التمر لإجهاد الملوحة

التاثير او الاستجابة	المصدر
تغيير في تنظيم الحمض النووي الريبوزي الصغير (miRNA)	Yaish *et al*., 2015
اختزال المساحة الورقية والجهد المائي للأوراق، اثرت على الصفات التشريحية للاوراق ، انخفاض طول وقطر خلايا البشرة والميزوفيل، زيادة سمك طبقة الكيوتكل.	عبد الواحد واخرون، 2016
تغييرات جينية واسعة تتعلق بعمليات الأيض الضوئي، استقلاب السكروز والنشا، الأيض التأكسدي، ونقل الأيونات في الجذور	Yaish *et al*., 2017
انخفاض معدلات التمثيل الضوئي وتسرب الإلكتروليت ونسبة البوتاسيوم للصوديوم في الأصناف الحساسة، بينما حافظت الأصناف المقاومة على محتوى مائي نسبي أعلى واستقرار أغشية أفضل	Al Kharusi *et al*. (2017)
التعرض لمستويات معتدلة من الملوحة (100 ملي مولار من كلوريد الصوديوم) حفز نمو الجذور وتفرعها مع زيادة تراكم الكلوروفيل والبرولين، الا ان هذه المؤشرات تراجعت عند التعرض للملوحة بمستويات عالية (200 مليمولار كلوريد الصوديوم).	Mimoun *et al*., 2024
انخفاض معدل استطالة الساق ومساحة الاوراق وطول الجذور، زيادة تراكم البرولين، اختلاف الاصناف في قدرتها على تحمل الملوحة (صنف الخلاص اعلى قدرة من صنف البرحي).	Munir, 2025

الاستنتاجات Conclusions

توضح هذه المراجعة أن نخيل التمر يمتلك قدرة تكيفية عالية لمواجهة الإجهادات البيئية المختلفة، بما في ذلك الجفاف و الحرارة والملوحة، من خلال شبكة متكاملة من الاستجابات الفسيولوجية والأيضية والجزيئية. تعتمد هذه الاستجابات على تنظيم أنظمة مضادة للأكسدة وتعديل التعبير الجيني والبروتيني وتراكم المذيبات المتوافقة وضبط توازن الأيونات والماء، مما يعزز استقرار الأغشية الخلوية ويحافظ على العمليات الفسلجية الأساسية مثل التمثيل الضوئي والنمو. تكشف هذه الدراسات عن أن نخيل التمر ليس مجرد محصول قادر على الصمود تحت ظروف بيئية قاسية، بل يمتلك مجموعة معقدة من الآليات المتعددة المستويات التي يمكن استغلالها لتطوير أصناف أكثر تحملاً للإجهادات البيئية. وتكمن أهمية نتائج هذه المراجعة في تقديم صورة شاملة ومتكاملة عن استراتيجيات التكيف في نخيل التمر، ما يساهم في توجيه برامج تحسين المحاصيل، اختيار الأصناف المناسبة للمناطق القاحلة، وتطوير استراتيجيات إدارة زراعية مستدامة تضمن زيادة الإنتاجية وجودة الثمار تحت الظروف البيئية المتغيرة.

References المصادر

Al-Arab, I. H. A. S., Al Khalifa, A. A. S., and Al-Sereh, E. A. H. (2022). Effect of sulfur and glutathione treatment on some anatomical characteristics of the tissue date palm leaves (*Phoenix dactylifera* L., Barhi cultivar) under heat stress. Neuro Quantology, 20(7), 1322–1331. https://doi.org/10.14704/nq.2022.20.7.NQ33162

Al Kharusi, L., Assaha, D. V., Al-Yahyai, R., and Yaish, M. W. (2017). Screening of date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivars for salinity tolerance. Forests, 8(4), 136.

Arab, L., Kreuzwieser, J., Kruse, J., Zimmer, I., Ache, P., Alfarraj, S., ... and Rennenberg, H. (2016). Acclimation to heat and drought—lessons to learn from the date palm (*Phoenix dactylifera*). Environmental and Experimental Botany, 125, 20-30.

Dhaouadi, L., Besser, H., Karbout, N., Al-Omran, A., Wassar, F., Wahba, M. S., ... and Hamed, Y. (2021). Irrigation water management for sustainable cultivation of date palm. Applied Water Science, 11(11), 171.

Djibril, S., Mohamed, O. K., Diaga, D., Diégane, D., Abaye, B. F., Maurice, S., and Alain, B. (2005). Growth and development of date palm (Phoenix dactylifera L.) seedlings under drought and salinity stresses. African Journal of Biotechnology, 4(9).

Du, B., Franzisky, B. L., Muhammad, W., Alfarraj, S., Geilfus, C. M., and Rennenberg, H. (2025). How to cope with stress in the desert—the date palm approach. Plant, Cell and Environment, 48(1), 768-780.

Du, B., Kruse, J., Winkler, J. B., Alfarraj, S., Albasher, G., Schnitzler, J. P., ... and Rennenberg, H. (2021). Metabolic responses of date palm (Phoenix dactylifera L.) leaves to drought differ in summer and winter climate. Tree physiology, 41(9), 1685-**1700.**

El Rabey, H. A., Al-Malki, A. L., and Abulnaja, K. O. (2016). Proteome analysis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) under severe drought and salt stress. International Journal of Genomics, 2016, 7840759. https://doi.org/10.1155/2016/7840759

Fatima, G., Khan, I. A., Jaskani, M. J., and Khanum, F. (2014). Ecological significance of root anatomy in date palm (*Phoenix dactylifera*) cultivars from diverse origins. Int. J. Agric. Biol., 16: 795–800.

Franzisky, B. L., Mueller, H. M., Du, B., Lux, T., White, P. J., Carpentier, S. C., ... and Geilfus, C. M. (2025). Date palm diverts organic solutes for root osmotic adjustment and

protects leaves from oxidative damage in early drought acclimation. Journal of Experimental Botany,76 (4): 1244–1265, https://doi.org/10.1093/jxb/erae456

Ghirardo, A., Nosenko, T., Kreuzwieser, J., Winkler, J. B., Kruse, J., Albert, A., ... and Schnitzler, J. P. (2021). Protein expression plasticity contributes to heat and drought tolerance of date palm. Oecologia, 197(4): 903-919.

Kan Y, Mu XR, Gao J, Lin HX, Lin Y. (2023). The molecular basis of heat stress responses in plants. Mol Plant, 16(10):1612-34.

Khan, I., Lubna, Bilal, S., Abdelbacki, A.M.M., Kang, S.-M., Al-Harrasi, A., Asaf, S., and Lee, I.-J. (2025). Genome-wide and transcriptome analysis of PdWRKY transcription factors in date palm (Phoenix dactylifera) revealing insights into heat and drought stress tolerance. BMC Genomics, 26, 589. https://doi:10.1186/s12864-025-11715-6

Krueger, R. R., Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., and Johnson, D. V. (2023). Introduction: The date palm legacy. In Date Palm (pp. 1-21). GB: CABI.

Kruse, J., Adams, M., Winkler, B., Ghirardo, A., Alfarraj, S., Kreuzwieser, J., ... and Rennenberg, H. (2019). Optimization of photosynthesis and stomatal conductance in the date palm Phoenix dactylifera during acclimation to heat and drought. New Phytologist, 223(4), 1973-1988.

Iqbal, Z., and Munir, M. (2024). Multifaceted natural drought response mechanisms in three elite date palm cultivars uncovered by expressed sequence tags analysis. Scientific Reports, 14, 23186. https://doi.org/10.1038/s41598-024-74422-4

Mahdi, A. S., Salih Alasadi, R. M., and Al-Hamoud, F. M. (2025). Nitric oxide-mediated modulation of biochemical responses and leaf spot disease progression in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) under drought stress. Agricultural Research Journal**,** 62(2)**.**

Mareri, L., Parrotta, L. and Cai, G. (2022). Environmental Stress and Plants. Int J Mol Sci, 23 (10):5416. https://doi.org/10.3390/ijms23105416

Mimoun, A., Rey, H., Jourdan, C., Banamar, H., Yakoubi, F., Babou, F., and Bennaceur, M. (2024). Moderate salinity stimulates root plasticity and growth parameters of date palm seedlings (*Phoenix dactylifera* L.). Rhizosphere, 30, 100876. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100876

Munir, M. (2025). Morphological, physiological and biochemical response of two commercial date palm cultivars to induced salt stress. Pakistan Journal of Botany, 57(6), 2019–2032. http://dx.doi.org/10.30848/PJB2025-6(35)

Safronov, O., Kreuzwieser, J., Haberer, G., Alyousif, M. S., Schulze, W., Al-Harbi, N., … Kangasjärvi, J. (2017). Detecting early signs of heat and drought stress in *Phoenix dactylifera* (date palm). PLoS ONE, 12(6), e0177883. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177883

Yaish, M. W. (2015). Proline accumulation is a general response to abiotic stress in the date palm tree (Phoenix dactylifera L.). Genet Mol Res, 14(3), 9943-9950.

Yaish, M. W., Patankar, H. V., Assaha, D. V. M., Zheng, Y., Al-Yahyai, R., and Sunkar, R. (2017). Genome-wide expression profiling in leaves and roots of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) exposed to salinity. BMC genomics, 18(1), 246. https://doi.org/10.1186/s12864-017-3633-6

Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., Ciais, P., Cramer, W., Dahdal, Y., ... and Lelieveld, J. (2022). Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. Reviews of geophysics, 60(3), e2021RG000762.

Response of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) to Environmental Stresses: A Review Article

***Firas M Al-Hamoud Ali S. Mahdi Mohammed A. Al-Darwish**

Date palm research Center-University of Basrah-Basrah-Iraq

*Corresponding author: firas.abbas@uobasrah.edu.iq

Abstract

The aim of the present review is to summarize the latest scientific studies addressing the responses of date palm (Phoenix dactylifera L.) to environmental stresses, with a particular focus on drought, heat, and salinity stresses, especially in the context of current global climate changes. These stresses represent major factors affecting the growth and productivity of date palms. Such conditions induce a range of morphological, physiological, biochemical, anatomical, and molecular changes that constitute the tree's adaptive responses to unfavorable environments. The results indicate that date palm possesses a high degree of adaptability, enabling it to maintain essential vital functions under harsh environmental conditions. Its responses include adjustments in photosynthesis, water and ion balance, osmotic regulation, as well as metabolic reprogramming and activation of antioxidant systems. Molecular and proteomic analyses reveal precise gene regulation and flexible gene expression, reflecting the ability of date palm to modulate critical cellular processes and adapt to multiple stresses. Genetic variation among cultivars further demonstrates differing potentials for stress tolerance. This review highlights a comprehensive understanding of date palm responses to multiple environmental stresses, providing a solid scientific foundation for developing effective strategies to enhance the resilience of this crop and ensure sustainable production under global climate change.

Keywords: Climate change, Drought stress, Heat stress, Salinity stress, Adaptation.