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

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

العتبات الحرارية الحرجة وساعات البرودة لأشجار الفاكهة دراسة في المناخ التطبيقي

هيفاء علي عمر المليان
قسم الجغرافيا–كلية التربية صرمان– جامعة صبراتة
haifa.almilian@asbu.edu.ly

تاريخ الاستلام:2025/8/11 –تاريخ المراجعة: 2025/9/12– تاريخ القبول: 2025/11/3– تاريخ للنشر : 2025 /12/6

الملخص

تناولت هذا البحث بتحليل العلاقة الجدلية بين المتطلبات الفسيولوجية لأشجار الفاكهة والعتبات الحرارية المحددة لنموها وإنتاجيتها، وذلك في ظل التحديات التي يفرضها التطرف المناخي. هدف البحث إلى الكشف عن نطاق الأمان الحراري أنواع بستانية عديدة (كالنخيل، والحمضيات، والنفضيات)، وتحديد مستويات الحساسية الحرارية خلال أطوار النمو الحرجة. واعتمد على المنهج التحليلي المقارن، مستندا إلى بيانات مناخية وفسيولوجية من العراق والأردن للفترة الممتدة من (1955–2011)، بالإضافة إلى استعراض دراسات حديثة.(2021–2024)

وكشفت النتائج عن تباين واسع في قدرة الأشجار على تحمل الإجهاد الحراري، حيث تصدر اشجار النخيل القائمة الأكثر تحملا بعتبة ملائمة تصل إلى 44°م، بينما أظهرت الأصناف النفضية كاللوز والتفاح حساسية مفرطة للحرارة العليا. وفيما يخص العتبات الدنيا، أثبت البحث أن نقطة الضعف المناخية تكمن في مرحلة التزهير وعقد الثمار، حيث تنهار مقاومة الأنسجة للصقيع الربيعي لتتضرر عند درجات حرارة قريبة من الصفر المئوي (0.6°م – 2°م)، رغم صمود نفس الأشجار أمام انجماد شتوي قارس في طور السكون. كما أكدت النتائج على أهمية استيفاء ساعات البرودة التراكمية للأصناف الأجنبية (تفاح ماكنتوش وروما) لضمان كسر السكون.

وخلص البحث إلى أن التوافق الزمني بين الظروف الحرارية ومراحل النمو هو الحاسم في استقرار الإنتاج. واوصى بضرورة اعتماد خرائط الملاءمة الحرارية عند اختيار الأصناف، وتفعيل تقنيات الحماية الميدانية مثل مصدات الرياح التي أثبتت كفاءة في مضاعفة الإنتاجية، مع التوجه نحو استنباط سلالات تتوافق احتياجاتها البرودية مع اتجاهات الاحتباس الحراري الحالية.

الكلمات المفتاحية :العتبات الحرارية، ساعات البرودة، المناخ التطبيقي.

Abstract

This research analyzes the dialectical relationship between the physiological requirements of fruit trees and the thermal thresholds that determine their growth and productivity, particularly in light of the challenges posed by climate extremes. The study aims to identify the "thermal safety margin" for various horticultural species—including palms, citrus, and deciduous trees—and to determine thermal sensitivity levels during critical growth stages. Adopting a comparative analytical approach, the research relies on climatic and physiological data from Iraq and Jordan spanning the period (1955-2011), supplemented by a review of recent studies (2021-2024).

The findings reveal a wide variation in the trees' ability to withstand heat stress; date palms emerged as the most tolerant species, with an optimal threshold reaching 44°C, while deciduous varieties such as almonds and apples showed extreme sensitivity to high temperatures. Regarding lower thresholds, the research proves that the "climatic point of weakness" lies in the flowering and fruit-setting stages, where tissue resistance to spring frost collapses, causing damage at temperatures near freezing (-0.6°C to -2°C), despite the same trees enduring harsh

winter freezing during their dormancy period. The results also emphasize the importance of fulfilling cumulative chilling hours for foreign varieties (e.g., McIntosh and Roma apples) to ensure the breaking of dormancy.
The research concludes that the temporal synchronization between thermal conditions and growth stages is the decisive factor in production stability. It recommends the adoption of thermal suitability maps when selecting varieties and the implementation of field protection techniques, such as windbreaks—which have proven effective in doubling productivity. Furthermore, it suggests a shift toward breeding strains whose chilling requirements align with current global warming trends.

مقدمة

تعد دراسة العتبات الحرارية وساعات البرودة حجر الزاوية في فهم الكفاءة الفسيولوجية للأشجار المثمرة ورسم الخرائط المكانية لزراعتها .فلكل نوع من أنواع الفاكهة مدى حراري تحملي يمثل المجال الذي يستطيع النبات داخله الاستمرار في نشاطه الحيوي دون اختلال، وإذا تجاوزت الحرارة هذا المدى، دخل النبات في مرحلة الإجهاد الحراري التي قد تنتهي بتلف الأنسجة أو توقف العمليات الفسيولوجية تماما.

وتتعدد المخاطر المناخية التي تواجه البساتين لتشمل محاور متداخلة، تبدأ من مخاطر الإجهاد الحراري المرتفع، حيث تتفاوت قدرة الأشجار على التحمل، فبينما يظهر النخيل تكيفا عميقا مع البيئات الصحراوية بحدود قاتلة تصل إلى 55°م، نجد أنواعا أخرى كاللوز والعنب تمتلك نطاقات أمان أضيق وحساسية أعلى للحرارة المرتفعة.

وفي المقابل، تبرز أهمية ساعات البرودة الشتوية للأشجار النفضية كاحتياج إلزامي لتحفيز العمليات الكيميائية والانقسام الخلوي في البراعم قبل انطلاقها الربيعي .إن فشل المنطقة في توفير هذه الساعات يؤدي إلى ظواهر سلبية مثل التفتح المشوه أو فشل الإزهار .ولا تكتمل دراسة هذه العتبات دون التطرق إلى نقطة الضعف المناخية المتمثلة في الصقيع الربيعي المتأخر، حيث تصبح الأزهار والثمار حديثة التكوين في غاية الحساسية لأي انخفاض مفاجئ في درجات الحرارة، مما يهدد ضياع المحصول بالكامل.

إن هذا البحث يشكل أساسا علميا لتخطيط الزراعة واختيار المواقع الآمنة بيئيا. ففي ظل تزايد التطرف الحراري المرتبط بالتغير المناخي، ويصبح فهم الحدود الحرارية للنبات شرطا أساسيا لضمان استقرار الدورة الإنتاجية وتحقيق الجدوى الاقتصادية للبساتين.

مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في التضارب بين المتطلبات الفسيولوجية المحددة لأشجار الفاكهة وبين حالات التطرف المناخي الحراري (سواء بالارتفاع الشديد أو الانخفاض الحاد)، مما يؤدي إلى خلل في العمليات الحيوية للنبات. وتتجلى هذه المشكلة في عدم قدرة بعض الأصناف على تحمل تجاوز العتبات الحرارية القاتلة خلال فصل الصيف، أو فشلها في استيفاء ساعات البرودة الإلزامية في فصل الشتاء، إضافة إلى الحساسية العالية لأعضاء التكاثر (الأزهار والثمار) تجاه موجات الصقيع الربيعي المفاجئ. وينعكس هذا الخلل في التوازن المناخي–الفسيولوجي بصورة مباشرة على تراجع الإنتاجية، وتعثر الاستثمار الزراعي، وضعف الجدوى الاقتصادية للأشجار الفاكهة في البيئات التي لا تتوافق ظروفها المناخية مع المتطلبات الحيوية للأشجار.
ومن هذا المنطلق، تبرز الحاجة إلى تحليل العلاقة بين العتبات الحرارية لأشجار الفاكهة والظروف المناخية السائدة، الأمر الذي يقود إلى طرح مجموعة من التساؤلات العلمية التي يسعى هذا البحث للإجابة عنها، وهي:

1. ما الحدود الحرارية العليا (الملائمة والقاتلة) لأشجار الفاكهة، وكيف يؤثر تجاوز نطاق الأمان الحراري الخاص بها على استدامة الإنتاج؟

2. ما مدى تباين أشجار الفاكهة في احتياجاتها من البرودة الشتوية، وما المخاطر المترتبة على عدم توافق العتبات الحرارية الدنيا للأصناف مع المناخ المحلي؟
3. لماذا تعد مرحلة التزهير وعقد الثمار نقطة الضعف المناخية للأشجار، وكيف تتأثر هذه المرحلة بعتبات الحساسية الحرارية الصغرى مقارنة بمرحلة البراعم؟

أهداف البحث

يهدف هذا البحث الي :-

1. الكشف عن الحدود الحرارية (الملائمة والقاتلة) لمختلف أنواع أشجار الفاكهة وتحديد نطاق الأمان الحراري لكل نوع لضمان الكفاءة الفسيولوجية.
2. تقدير ساعات البرودة التراكمية اللازمة لكسر طور السكون للأشجار النفضية، وتصنيفها إلى مجموعات بيئية تضمن نجاح الإزهار والإثمار.
3. دراسة قدرة الأشجار على تحمل درجات الحرارة الدنيا، وتحديد عتبات الحساسية الصغرى في المراحل الحرجة (التزهير وعقد الثمار) لتفادي الخسائر الاقتصادية.
4. تقديم دليل علمي يساعد في اختيار الأصناف الأكثر ملاءمة للأقاليم المناخية، وتحديد الحاجة لتقنيات الحماية مثل مصدات الرياح والري الوقائي.

أهمية البحث

تتجلى أهمية البحث في كونه يقدم رؤية شمولية تدمج بين الأبعاد العلمية، والتخطيطية، والاقتصادية لضمان استدامة قطاع البساتين، فمن الناحية العلمية والفسيولوجية، يوفر البحث قاعدة بيانات دقيقة حول العتبات الحرارية التي تحدد الكفاءة الحيوية للأشجار، مما يسهل التنبؤ بمخاطر الإجهاد الحراري وتوقف التمثيل الضوئي، مع فهم العلاقة الديناميكية بين مراحل النمو المختلفة (براعم، أزهار، ثمار) وحساسيتها المتباينة التي تكشف عن نقاط الضعف المناخية الحرجة. وتنبثق من ذلك أهمية تخطيطية وجغرافية بالغة تكمن في القدرة على رسم خرائط مكانية دقيقة لمواءمة المتطلبات الحيوية للأصناف مع المناخ السائد، وتحديد التوزيع الجغرافي الأمثل بناء على قدرة الأشجار على تحمل البرودة والانجماد الشتوي.

وعلى الصعيد الاقتصادي والإنتاجي، يسهم البحث بشكل مباشر في التقليل من الخسائر المالية الناجمة عن التطرف المناخي (صقيع أو حرارة مفرطة) عبر اختيار المواقع البيئية الآمنة، مما يضمن استقرار الدورة الإنتاجية وتفادي فشل الإزهار الناتج عن عدم استيفاء ساعات البرودة. وتبرز الأهمية التطبيقية والإرشادية في تزويد المزارعين بدليل عملي لتقدير مخاطر الصقيع الربيعي وتوقيت إجراءات الحماية كالري الوقائي، مع إبراز الدور الجوهري للتقنيات الزراعية، لا سيما مصدات الرياح، في تحسين المناخ الدقيق حول الأشجار، وهو ما ينعكس بشكل ملموس على زيادة كمية ونوعية الإنتاج الثمري.

حدود البحث

1- **الحدود الموضوعية**

- يقتصر البحث على العتبات الحرارية الحرجة وساعات البرودة: لأشجار الفواكه

2- **الحدود المكانية**

يغطي البحث الأقاليم الجغرافية المناسبة لزراعة الفاكهة، بما في ذلك المناطق الصحراوية الحارة والمناطق المعتدلة والباردة.

3- **الحدود الزمانية**

يركز البحث على الفترات الحرجة خلال العام :فصل الشتاء (لحساب ساعات البرودة) وفصل الربيع (لمتابعة مخاطر الصقيع المتأخر)

الدراسات السابقة

1- دراسة العبيدي، (2021) بعنوان تحديد الاحتياجات البيئية من ساعات البرودة وموعد النضج الاستهلاكي لصنف الإجاص كونفرنس في ظروف محافظة السويداء.

.هدفت الي حساب ساعات البرودة الفعلية في البيئة السورية ومقارنتها بالاحتياجات الوراثية لصنف الإجاص كونفرنس، وخلصت إلى أن التراكم الحراري اللازم للنضج يتراوح من 2225-2287 وحدة حرارية، مع تأكيد أن اختيار الموقع الذي يؤمن ساعات البرودة هو العامل الحاسم لنجاح الزراعة. واوصت بضرورة تتبع مراحل تطور البراعم الزهرية السبع وعلاقتها بالعتبات الحرارية الصغرى، مشددة على أهمية المواءمة بين الصنف والظروف المناخية المحلية لضمان الجدوى الاقتصادية.

2- دراسة الجوهري، (2023) بعنوان أثر الإجهاد الحراري على المحاصيل البستانية واستراتيجيات التكيف مع التغيرات المناخية

هدفت الي دراسة الأضرار الفسيولوجية المباشرة الناتجة عن تجاوز العتبات الحرارية العليا، مثل زيادة معدل التنفس الهدام واحتراق الثمار والأوراق. والتعرف على الحلول لتقليل من الإجهاد الحراري، واستخدام وخلصت الي أن موجات الحر الشديدة تؤدي إلى ذبول دائم في حال جفاف التربة، مما يستوجب تعديل فترات الري لمواجهة التطرف المناخي الحراري.

3- دراسة سالم وآخرون، (2024) بعنوان تأثير التغيرات المناخية في التركيب النوعي لمحاصيل الفاكهة في محافظة البصرة (1951-2020).

هدفت الي التعرف على التغيرات التاريخية للعناصر المناخية وأثرها على اختفاء أصناف معينة من الفاكهة في جنوب العراق بسبب ارتفاع العتبات الحرارية الصغرى في فصل الشتاء. وخلصت الي أن انخفاض ساعات البرودة أدى إلى تراجع إنتاجية الأشجار النفضية، مما يدفع بالمزارعين لاستبدالها بأصناف أكثر تحملا للحرارة مثل النخيل. وأوصت بضرورة وضع استراتيجيات تكيف تعتمد على التقنيات الحديثة لمواجهة ظاهرة الجفاف وارتفاع العتبات الحرارية القاتلة.

4- دراسة (Costa et al., 2021) بعنوان Assessment of Climate Change Impacts on Chilling and Forcing for the Main Fresh Fruit Regions in Portugal. :

هدفت الي تقسم تأثير الاحتباس الحراري على احتياجات البرودة والتراكم الحراري في مناطق إنتاج الفاكهة في البرتغال. استخدمت نماذج مناخية للتنبؤ حتى العام 2080، وأظهرت أن المناطق الدافئة ستعاني من نقص حاد في ساعات البرودة، مما يهدد إنتاجية التفاح والكرز. وأكدت أن ارتفاع حرارة فصل الربيع يؤدي إلى تزهير مبكر يزيد من مخاطر تعرض الأشجار للصقيع الربيعي، وهو ما يسمى نقطة الضعف المناخية.

5- دراسة (Vimont et al., 2021) بعنوان The Physiology of Chilling Temperature Requirements for Dormancy Release in Cherry Varieties. :

هدفت الي دراسة السمات الفسيولوجية المرتبطة بكسر طور السكون في أصناف مختلفة من الكرز وعلاقتها بمحتوى الماء والكربوهيدرات في البراعم. وأظهرت أن حساسية البراعم للانجماد تتغير بتغير حالة السكون، حيث تكون في ذروة مقاومتها في فصل الشتاء وتفقدها بمجرد بدء التزهير. وحذرت من أن التغيرات المناخية تجعل الأشجار أكثر عرضة للإجهاد المزدوج (الصقيع والجفاف)، مما يتطلب اختيار أصول وراثية ذات احتياجات برودة منخفضة.

6- دراسة (Hayama et al., 2022) بعنوان Meteorological Responses of Fruit Trees and Adaptation Strategies under High Temperature. :

هدفت الي دراسة الاستجابات الفيزيائية والفسيولوجية للأشجار عند التعرض لدرجات حرارة تتجاوز الحد الملائم للنمو، خاصة في مرحلة تقسيم الخلايا للثمار الصغيرة. وخلصت الي أن الحرارة العالية تسرع من نمو الثمرة لكنها تقلل من جودتها وحجمها النهائي وتزيد من اضطرابات القشرة واللب. واقترحت استخدام مركبات مثل سليكات البوتاسيوم لرفع قدرة الأشجار على تحمل الإجهاد الحراري، وطلاء الجذوع بالجير لتقليل امتصاص أشعة الشمس المباشرة.

يتميز هذا البحث بكونه دراسة في المناخ التطبيقي تجمع بين التحليل المناخي والفسيولوجيا النباتية لتقديم رؤية استراتيجية حول استدامة أشجار الفاكهة، حيث لا يكتفي بسرد البيانات المناخية العامة، بل يغوص في مفهوم نطاق الأمان الحراري الذي يحدد الفارق الدقيق بين النمو الأمثل والموت الفسيولوجي للأشجار، وهو ما يجعله مرجعا أساسيا في التخطيط المكاني للزراعة. كما يتفرد برصده الدقيق لظاهرة نقطة الضعف المناخية، حيث أثبت بالأرقام والجداول التباين الكبير في حساسية الأشجار بين طور السكون وطور التزهير، موضحا كيف يمكن لموجة صقيع ربيعية عابرة أن تدمر محصولا كاملا رغم صمود الأشجار أمام شتاء قارس. ويسلط الضوء على الحلول الهندسية والبيئية، لمضاعفة إنتاجية أشجار الحمضيات وتحسين المناخ الدقيق حولها، مما يحول المعطيات المناخية من مجرد عوائق طبيعية إلى أدوات إدارة تقنية تضمن أعلى مردود اقتصادي للمزارع في ظل التحديات المناخية المتزايدة.

المبحث الأول: مخاطر الإجهاد الحراري والعتبات العليا القاتلة

تعد درجة الحرارة المرتفعة من أكثر العوامل البيئية تحديدا لانتشار زراعة الأشجار المثمرة وإنتاجيتها، حيث ترتبط الكفاءة الفسيولوجية للأشجار بمدى حراري معين تبلغ فيه العمليات الحيوية ذروة نشاطها. ويتمحور المبحث حول دراسة العتبات الحرارية العليا، وهي الحدود التي يفقد عندها النبات قدرته على التوازن، مما يؤدي إلى دخول الأشجار في حالة من الإجهاد الحراري الذي يبدأ بتوقف عملية التمثيل الضوئي وينتهي بتلف الأنسجة أو الموت الفسيولوجي الكامل.

إن فهم نطاق الأمان الحراري لكل نوع من أنواع الفاكهة ليس مجرد ترف علمي، بل هو ضرورة اقتصادية حتمية، فالتباين الكبير في قدرة التحمل بين الأنواع —والذي سيظهره التحليل اللاحق للجداول— يفرض ضرورة المواءمة بين الخصائص الوراثية للصنف وبين الظروف المناخية السائدة في منطقة الزراعة. على الحدود الحرارية الملائمة والقاتلة، وكيف تسهم هذه المعطيات في رسم الخرائط المكانية للزراعة وتفادي مخاطر الموجات الحرارية المتطرفة التي باتت تهدد استدامة الإنتاج البستاني.

أ: مجموعة الأشجار ذات التحمل الحراري العالي

تعد دراسة العتبات الحرارية العليا لهذه المجموعة ركيزة أساسية لتحديد الكفاءة الفسيولوجية للأشجار ورسم الخرائط المكانية لزراعتها، خاصة في الأقاليم التي تواجه موجات حرارية متطرفة .وتضم هذه المجموعة الأنواع التي تمتلك نطاق أمان حراري واسعا، وهو الفارق الجوهري بين الحد الحراري الملائم والحد القاتل، مما يمنحها قدرة فائقة على التكيف مع التقلبات المناخية الحادة .ويظهر التحليل الفسيولوجي أن هذه الأشجار، وعلى رأسها النخيل والزيتون، تمتلك آليات دفاعية تمكنها من مواصلة عملياتها الحيوية في الظروف الصحراوية وشبه الجافة دون اختلال وظيفي كبير .إن فهم هذه الحدود يساعد الباحثين في التنبؤ بمخاطر الإجهاد الحراري وتجنب توقف التمثيل الضوئي أو احتراق الأنسجة النباتية .وبذلك، يمثل اختيار هذه الأصناف استراتيجية اقتصادية حتمية لضمان استدامة الإنتاج الزراعي وتحقيق الجدوى في البيئات الحارة .وتكشف البيانات اللاحقة كيف تتصدر هذه الأنواع القائمة من حيث تحمل الحرارة العليا التي قد تصل في بعضها إلى 55°م

يظهر تحليل بيانات الجدول (1) تباينا فسيولوجيا واضحا في القدرات التكيفية لمجموعة الأشجار ذات التحمل الحراري العالي، حيث تعكس هذه الأرقام امتلاك هذه الأصناف لمرونة بيئية تمكنها من الصمود أمام موجات الحرارة المتطرفة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة. ويلاحظ تصدر "النخيل" القائمة كأكثر الأنواع ملاءمة للمناخات الحارة بعتبة نمو مثالية تصل إلى (44°م)، مع نطاق أمان فسيولوجي واسع يمتد حتى (55°م) قبل الوصول للحد القاتل، مما يفسر سيادته الجغرافية في المناطق الصحراوية. وفي المقابل، تتقارب قيم العتبات الملائمة لأشجار (التفاح، والرمان، والتين، والزيتون) لتتراوح ما بين (37°م – 38°م)، وهو ما يشير إلى تقارب في احتياجاتها الحرارية القصوى للنشاط الحيوي، إلا أن "التفاح" يبرز كأكثرها حساسية ضمن هذه المجموعة بالنظر إلى انخفاض حده القاتل (43.3°م) مقارنة بالبقية. أما أشجار الزيتون والرمان والتين، فتمتلك حدودا ضارة مرتفعة تصل إلى (49°م – 50°م)، مما يمنحها قدرة أكبر على المناورة المناخية ومواجهة الإجهاد

الحراري دون حدوث تلف كلي في الأنسجة أو توقف نهائي لعملية التمثيل الضوئي. وبشكل عام، يستنتج من هذه البيانات أن اتساع الفارق بين الحد الملائم والحد القاتل (نطاق الأمان) هو المعيار الحاسم في تحديد الجدوى الاقتصادية لزراعة هذه الأصناف في المناطق المعرضة للتطرف المناخي، حيث تظل هذه الأشجار قادرة على الإنتاج في بيئات تتجاوز حرارتها الأربعين مئوية، وهو ما يجعلها العمود الفقري للزراعة في المناطق التي تعاني من الارتفاع المستمر في درجات الحرارة.

جدول (1): العتبات الحرارية العليا الملائمة والحدود القاتلة لبعض أنواع الأشجار ذات التحمل الحراري العالي

نوع الفاكهة	الحدود الحرارية العليا الملائمة للنمو (م°)	الحدود الحرارية العليا الضارة (م°)
النخيل	44	55-50
التفاح	38	43.3
الرمان	38	49
التين	38	49
الزيتون	37	50
الكمثرى	36	49

المصدر :مخلف شلال السلماني، التباين المكاني لزراعة أشجار الفاكهة في العراق، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب – جامعة بغداد، 1980، ص 101.

ب: مجموعة الأشجار ذات الحساسية الحرارية المرتفعة

على النقيض من المجموعة السابقة، تبرز مجموعة من الأشجار المثمرة التي تتسم بحساسية فسيولوجية مفرطة تجاه الارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة .وتضم هذه المجموعة أنواعا تمتلك نطاقات أمان حراري ضيقة، حيث يتقارب فيها الحد الحراري الملائم للنمو مع العتبات الحرارية الضارة .ويؤدي تجاوز هذه الحدود إلى تأثر جودة الثمار وتراجع معدلات النمو المثالي بسرعة كبيرة، مما يجعلها عرضة لمخاطر الإجهاد الحراري المباشر .وتتجلى هذه الحساسية في ظواهر ميدانية عديدة مثل احتراق الأوراق أو تساقط الأزهار وصغر حجم الثمار عند حدوث الموجات الحرارية .إن زراعة هذه الأصناف في المناطق التي تتجاوز فيها الحرارة الحدود الملائمة لفترات طويلة قد يسمح ببقاء الأشجار، لكنه لا يضمن تحقيق إنتاج اقتصادي مستدام .لذا، فإن فهم هذه العتبات يعد شرطا أساسيا لتفادي الخسائر المباشرة في المحصول وضمان استقرار الدورة الإنتاجية . وتكشف البيانات اللاحقة أن أنواعا كاللوز والعنب والحمضيات تقع في مقدمة هذه المجموعة، حيث تبدأ معاناتها الفسيولوجية عند مستويات حرارية أدنى بكثير من غيرها

يظهر من تحليل بيانات الجدول (2) عن وجود تباين فسيولوجي دقيق وحساسية مرتفعة لدى هذه المجموعة من الأشجار تجاه الارتفاع في درجات الحرارة، حيث تظهر الأرقام أن عتبات النمو الملائمة لها منخفضة نسبيا مقارنة بالمجموعة الأولى، مما يقلص من قدرتها التنافسية في الأقاليم ذات الصيف القاهر. ويلاحظ أن أشجار (الخوخ، والمشمش، والإجاص) تشترك في حد أعلى ملائم للنمو يقف عند (34°م)، إلا أن "الخوخ" يعد الأكثر حرجا بينها بسبب انخفاض حده القاتل الذي لا يتجاوز (43°م)، وهو ما يفسر تركز زراعته في مناطق ذات اعتدال حراري نسبي. وفي المقابل، تظهر "الحمضيات" عتبة ملائمة عند (33°م)، بينما ينخفض الحد الملائم لـ "العنب" ليصل إلى (30°م)، وصولا إلى "اللوز" الذي يسجل أدنى عتبة ملائمة في الجدول عند (25°م). هذا الانخفاض في حدود الملائمة يعني فسيولوجيا أن هذه الأشجار تدخل في مرحلة الإجهاد الحراري وتوقف العمليات الحيوية في وقت مبكر جدا من فصل الصيف، مما يؤدي إلى تدهور نوعية الثمار أو صغر حجمها. وبالرغم من أن الحدود الضارة (القاتلة) لبعض هذه الأنواع كالمشمش والإجاص والحمضيات تصل إلى (49°م)، إلا أن الفارق الكبير بين درجة الحرارة الملائمة والدرجة القاتلة لا يعني بالضرورة "تحملا"، بل يشير إلى وجود فجوة إنتاجية

واسعة، حيث تظل الشجرة على قيد الحياة لكنها تفقد قيمتها الاقتصادية وقدرتها على الإثمار المثالي بمجرد تجاوز عتبة الثلاثينات. وبناء على ذلك، نستنتج أن زراعة هذه المجموعة تتطلب دقة عالية في اختيار الموقع الجغرافي وتوفير تقنيات حماية وتبريد (كالري التكميلي ومصدات الرياح) لضمان بقاء درجات الحرارة المحيطة ضمن نطاق الملائمة الضيق، وتجنب الوصول إلى العتبات الحرارية التي تعطل الإنزيمات النباتية وتدمر الأنسجة الخضرية.

جدول (2) العتبات الحرارية العليا الملائمة والحدود القاتلة لأنواع الفاكهة ذات الحساسية الحرارية المرتفعة.

نوع الفاكهة	الحدود الحرارية العليا الملائمة للنمو (م°)	الحدود الحرارية العليا الضارة (م°)
الخوخ	34	43
المشمش	34	49
الإجاص	34	49
الحمضيات	33	49
العنب	30	45
اللوز	25	48

المصدر مخلف شلال السلماني، التباين المكاني لزراعة أشجار الفاكهة في العراق، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب – جامعة بغداد، 1980، ص 101.

المبحث الثاني: الانجماد الشتوي وساعات البرودة للأشجار النفضية

تمهيد

تمثل الحرارة العالية تحديا صيفيا، يشكل انخفاض درجات الحرارة في فصل الشتاء عاملا حاسما ومزدوج التأثير في حياة الأشجار النفضية. وان دراسة الإجهاد الحراري المرتفع وتحليل العتبات الحرارية الدنيا، لاستيفاء ساعات البرودة التراكمية التي تعد شرطا فسيولوجيا وإلزاميا لكسر طور السكون الشتوي وتنشيط العمليات الحيوية داخل البراعم، والقدرة على مواجهة مخاطر الانجماد التي قد تؤدي إلى تدمير الخلايا النباتية في حال تدني الحرارة عن حدود معينة.

إن التباين الوراثي بين الأصناف المحلية والأجنبية في استجابتها للبرودة يفرض تحديات كبيرة على الجدوى الاقتصادية للأشجار المثمرة، فعدم المواءمة بين احتياجات الصنف وبين المناخ الشتوي السائد قد يؤدي إلى تفتح مشوه للبراعم أو فشل كامل في الإزهار. ويسعى هذا المبحث الي توضيح كيفية تحديد المتطلبات البرودية للأصناف المختلفة، ومدى قدرتها على الصمود أمام الصقيع الشتوي، بما يضمن سلامة الهيكل الشجري واستمرارية العطاء الإنتاجي في الربيع.

أ- عتبات درجات الحرارة الدنيا ومستويات الانجماد الضارة لأصناف مختارة من أشجار الفاكهة

تؤدى دراسة هذه العتبات فهما دقيقا لمدى قدرة الأشجار على تحمل الصقيع ومواجهة الانخفاض الحاد في درجات الحرارة، مما يساعد في تحديد الحدود الجغرافية لانتشار أنواع الفاكهة. وتكمن فائدتها في التقليل من الخسائر الاقتصادية من خلال اختيار المواقع الآمنة بيئيا، وتجنب زراعة الأصناف الحساسة في المناطق المعرضة للانجماد الشتوي الذي قد يدمر الخلايا النباتية (مرعي، 1980، ص101).

ويظهر من خلال تحليل محتويات الجدول (2) أن أشجار الفاكهة تختلف اختلافا كبيرا في قدرتها على تحمل درجات الحرارة الدنيا، وأن هذا الاختلاف يرتبط بالأصل المناخي لكل نوع وبالمرحلة الفسيولوجية التي يمر بها النبات، ولاسيما طور السكون الشتوي. فأشجار الحمضيات تعد من أكثر الأنواع حساسية للبرودة، إذ إن حدها الأدنى يقف عند 12°م، بينما تبدأ الأضرار الفسيولوجية عند 4.4°م، وهو ما يدل على طبيعتها المدارية وشبه المدارية التي تجعلها غير قادرة على تحمل الصقيع. وعلى العكس من ذلك، يظهر التفاح – خاصة الأصناف الأجنبية – قدرة عالية جدا على تحمل البرودة تصل إلى -30°م، بل

وحتى −35°م خلال فترة السكون، مما يعكس تكيفه مع المناخات الباردة واعتماده على البرودة الشتوية لكسر السكون وتنشيط النمو الربيعي. أما الأصناف المحلية من التفاح فتبدو أقل تحملا، إذ لا تتحمل سوى −2°م كحد أدنى و−10°م كحد ضار، وهو ما يشير إلى تأقلمها مع بيئات أكثر اعتدالا.

ويلاحظ أن أشجار النخيل والزيتون يحتلان موقعا متوسطا في سلم التحمل، فأشجار النخيل تستطيع الصمود حتى −5°م قبل أن يبدأ الضرر عند −15.5°م، بينما يتحمل الزيتون حتى −7°م ويصاب عند −12.2°م، وهي قيم تعكس طبيعتهما شبه المدارية وقدرتهما المحدودة على مقاومة الصقيع مقارنة بمحاصيل المناطق الباردة. وتظهر أشجار الخوخ والكمثرى والمشمش والعنب والتين نطاقات مختلفة من التحمل ترتبط غالبا بمرحلة السكون، إذ ترتفع قدرتها على مقاومة البرد خلال هذه المرحلة بسبب انخفاض النشاط الأيضي وزيادة تركيز المواد الذائبة داخل الخلايا، مما يقلل احتمال تجمد العصارة الخلوية. الواضحة، و تنخفض حدود الضرر إلى −23°م و−30°م خلال السكون، بينما تكون أقل تحملا خارج هذه المرحلة في أشجار الخوخ والكمثرى.

وشمل الفارق بين الحد الأدنى للنمو والحد الأدنى الضار يمثل نطاق الأمان البارد للنبات، وكلما اتسع زادت قدرة النوع على التأقلم مع التقلبات الشتوية. وأن الأنواع المتكيفة مع المناخات الدافئة تمتلك حدودا دنيا مرتفعة ، مما يجعلها أكثر عرضة لأضرار الصقيع المفاجئ، في حين أن الأنواع الباردة تتحمل درجات متدنية جدا لكنها قد تتضرر إذا ارتفعت درجة الحرارة شتاء بشكل غير معتاد، لأن ذلك يخل بتوازن السكون الفسيولوجي. ومن الناحية التطبيقية، تبرز هذه البيانات أهميتها في التخطيط الزراعي واختيار مواقع الزراعة، إذ إن معرفة العتبات الدنيا تساعد في تقدير مخاطر الصقيع وتحديد الحاجة إلى وسائل الحماية مثل الري الليلي أو التغطية أو اختيار الأصناف المقاومة. كما تفسر هذه القيم التباين الجغرافي في انتشار أشجار الفاكهة، حيث تتوزع الأنواع وفق قدرتها على تحمل البرودة، وهو ما يجعل درجة الحرارة الدنيا عاملا حاسما لا يقل أهمية عن درجة الحرارة العليا في تحديد النجاح الزراعي والإنتاج الاقتصادي للمحاصيل.

جدول (2) عتبات درجات الحرارة الدنيا ومستويات الانجماد الضارة لأصناف مختارة من أشجار الفاكهة

نوع الفاكهة	درجات الحرارة الدنيا	درجات الحرارة الدنيا الضارة م
الحمضيات	12	4,4
النخيل	−5	−15,5
الزيتون	−7	−12,2
التفاح الاصناف الأجنبية	−30	مدة السكون −35
المحلية	−2	−10
العنب الامريكي	−8	−12
المشمش	−8	مدة السكون − 21
الاجاص	−8	= = − 10
التين	−8	−12
الخوخ	−20	مدة السكون − 23
الرمان	−9	−18
الكمثرى	−10	مدة السكون − 30

المصدر: − بالاعتماد على

1 −هشام قطفا، ثمار الفاكهة (انتاجها، تداولها، تخزينها)، مطبعة خالد ابن الوليد، 1978، ص62.

2- حسن احمد البغدادي، الفاكهة وطرق انتاجها، دار مصر للطباعة، 1955، ص30.
3 - شمخي فيصل الاسدي، العلاقات المكانية لزراعة اشجار الفاكهة بتباين خصائص الحرارة في العراق، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، عدد45، 2000، ص388- 391

ب- تصنيف أنواع وأصناف الفاكهة النفضية إلى مجموعات بيئية تبعا لطول فترة احتياجها للبرودة الشتوية

تسهل دراسة هذا التصنيف عملية الملاءمة البيئية بين المتطلبات الحيوية للأشجار والخصائص المناخية السائدة في المنطقة، حيث تمكن الباحثة من توزيع الأصناف على الأقاليم الجغرافية المناسبة وضمان خروجها من طور السكون بشكل طبيعي. وتبرز فائدتها في تفادي مشكلات عدم الإزهار أو تساقطها والتي تنتج عن زراعة أصناف ذات احتياجات برودة عالية في مناطق دافئة، مما يضمن استقرار الدورة الإنتاجية (الكناني، 1988، ص78).

يظهر من تحليل محتويات (3)، أن أشجار الفاكهة النفضية لا تتساوى في احتياجاتها من البرودة الشتوية، بل تصنف إلى مجموعات بيئية وفق طول فترة البرودة اللازمة لكسر طور السكون، وهو ما يعد من أهم العوامل المناخية المحددة لنجاح زراعتها وإثمارها. فالأصناف التي تحتاج إلى فترة برودة طويلة جدا، مثل بعض أصناف التفاح كـ *McIntosh* و *Rome*و*Northern*، تمثل نباتات متكيفة مع المناخات الباردة، إذ يعتمد على تراكم عدد كبير من الساعات الباردة خلال الشتاء لتنشيط البراعم الزهرية وضمان تفتحها بصورة طبيعية في فصل الربيع. وإذا زرعت هذه الأصناف في مناطق دافئة لا تتوافر فيها البرودة الكافية فإنها تعاني اضطرابا في التفتح وتفاوتا في الإزهار وضعفا في العقد، ما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية ورداءة نوعية الثمار.

أما الأشجار التي تحتاج إلى فترة برودة طويلة – مثل بعض أصناف التفاح والخوخ – فتقع في مرتبة وسطى بين الأنواع شديدة الاحتياج للبرودة وتلك الأقل احتياجا، وهي غالبا ما تنجح في الأقاليم المعتدلة التي توفر شتاء باردا دون أن يكون شديد القسوة. وفي المقابل، تمثل مجموعة الاحتياج المتوسط، التي تضم معظم أشجار الخوخ والكمثرى والإجاص، فئة أكثر مرونة من حيث التكيف المناخي، إذ تستطيع النمو والإثمار في نطاق أوسع من الظروف الحرارية الشتوية، وهو ما يفسر انتشارها الجغرافي الواسع مقارنة بالأصناف ذات الاحتياج العالي. أما المجموعة الأخيرة، وهي الأشجار ذات الاحتياج القصير للبرودة مثل المشمش والتين والسفرجل والإجاص الياباني، فتعد الأكثر ملاءمة للمناطق الدافئة أو شبه المدارية، حيث لا يتوافر عدد كبير من ساعات البرودة، ومع ذلك تستطيع هذه الأنواع كسر طور السكون والدخول في مرحلة النمو الطبيعي.

ويكشف التحليل أن طول فترة الاحتياج للبرودة يرتبط ارتباطا وثيقا بالأصل البيئي والصفات الوراثية للصنف، كما يمثل عاملا حاسما في تحديد التوزيع الجغرافي للزراعة البستانية. فالأصناف ذات الاحتياج الطويل تكون أكثر تحملا للصقيع لكنها أكثر حساسية لدفء فصل الشتاء، بينما الأصناف قصيرة الاحتياج تتحمل الشتاء المعتدل لكنها قد تتضرر في المناطق الباردة.

جدول (3) تصنيف أنواع وأصناف الفاكهة النفضية إلى مجموعات بيئية تبعا لطول فترة احتياجها للبرودة الشتوية

اشجار تحتاج الى فترة برودة قصيرة	اشجار تحتاج الى فترة برودة متوسطة	اشجار تحتاج الى فترة برودة طويلة	اشجار تحتاج الى فترة برودة طويلة جدا
مشمش, تين, سفرجل, الاجاص الياباني	خوخ (معظم الاصناف) كمثرى , اجاص	تفاح , خوخ (بعض الاصناف)	التفاح (أصناف: ماكنتوش، روما، ونورثرن)

المصدر : فيصل رشيد الكناني، مباديء البستنة، جامعة الموصل، 1988، ص78.

المبحث الثالث: حساسية أطوار التزهير ومخاطر الصقيع الربيعي

ان هذا المبحث يتناول تحليل الفترة الأكثر حرجا وخطورة في حياة الأشجار المثمرة، وهي مرحلة الانتقال من السكون إلى النشاط الربيعي. يركز على ما يصطلح عليه بـ نقطة الضعف المناخية، حيث تفقد الأشجار قدرتها العالية على تحمل التجمد بمجرد تفتح البراعم وانبثاق الأزهار.

تكمن إشكالية المبحث في المفارقة الحيوية، فالأنسجة الرقيقة للأزهار والثمار حديثة التكوين، بما تحتويه من نسب عالية من المياه وسوائل خلوية نشطة، تصبح عرضة للتلف الكامل عند درجات حرارة قريبة من درجة الصفر المئوي، وهي درجات كانت الشجرة نفسها تتحمل أضعافها في فصل الشتاء. وسيتناول البحث تفكيك عتبات الحساسية الصغرى لكل طور من أطوار النمو، مع توضيح الدور الحيوي لتقنيات الحماية مثل مصدات الرياح والري الوقائي في تخفيف حدة هذه المخاطر، ضمانا لتحويل الإزهار الوفير إلى حصاد اقتصادي مستدام.

أ- عتبات الحساسية الحرارية الصغرى لمراحل النمو والإنتاج في بعض أشجار الفاكهة النفضية

تكسب دراسة هذه العتبات القدرة على تحديد الفترات الحرجة التي تمر بها الأشجار خلال دورتها الحيوية، حيث تسهم في تقييم المخاطر المناخية التي تهدد البراعم والأزهار عند حدوث الصقيع الربيعي المتأخر. وتبرز فائدتها في رسم استراتيجيات الحماية الميدانية وتوقيت العمليات الزراعية بما يضمن سلامة الأعضاء التكتأثيرية، وتحقيق أعلى معدلات النجاح في عقد الثمار وتطورها (التميمي وحنا، 1980، ص10).

ويظهر من تحليل بيانات الجدول (4) أن حساسية أشجار الفاكهة النفضية لدرجات الحرارة الصغرى لا تكون ثابتة خلال موسم النمو، بل تختلف باختلاف المرحلة الفسيولوجية، وهو ما يعكس الطبيعة الديناميكية لاستجابة النبات للبرودة والصقيع. فمرحلة البراعم تظهر عموما قدرة أكبر على تحمل الانخفاض الحراري مقارنة بمرحلتي الإزهار وتكوين الثمار، إذ تصل عتبة التحمل في بعض الأنواع مثل المشمش إلى −5.5°م، وفي الكرز إلى −4.5°م، وهو ما يدل على أن الأنسجة غير المتمايزة في البراعم تكون أكثر مقاومة للتجمد بسبب ارتفاع تركيز المواد الذائبة فيها وانخفاض النشاط الأيضي. لكن هذه القدرة تتراجع بوضوح عند انتقال النبات إلى طور الإزهار، حيث تصبح الأزهار أكثر حساسية نتيجة رقة أنسجتها واحتوائها على سوائل خلوية سهلة التجمد، ولذلك نجد أن معظم الأنواع تتضرر عند درجات تقارب −2°م، بل إن العنب يتتأثير عند −0.6°م فقط، ما يفسر الخسائر الكبيرة التي قد تحصل في المواسم التي تتعرض فيها البساتين لصقيع ربيعي مفاجئ.

ويزداد الأمر أهمية عند مرحلة الثمار الحديثة التكوين، إذ تظهر البيانات أن العتبات الضارة لها غالبا قريبة جدا من عتبات الأزهار أو أعلى قليلا، مثل التفاح (−2°م) والكمثرى (−1.6°م) والكرز (−1°م)، وهو ما يدل على أن الثمار في بداياتها تكون شديدة الحساسية لأي انخفاض حراري، لأن خلاياها لا تزال في طور الانقسام السريع وتحتوي نسبة عالية من الماء. ويلاحظ أن بعض الأنواع مثل الخوخ تمتلك نمطا مختلفا، حيث تبدو أزهاره أكثر حساسية من البراعم، إذ تتضرر عند −4°م مقابل −3.3°م للبراعم، وهو مؤشر على اختلاف البنية النسيجية بين المراحل وعلى خصوصية الاستجابة الفسيولوجية لكل نوع. كما يظهر التقارب الكبير بين قيم الكمثرى والإجاص والتفاح، وهو أمر متوقع نظرا لانتمائها إلى عائلة نباتية واحدة وتشابه خصائصها الوراثية والفسيولوجية.

ويكشف التحليل العام أن أخطر الفترات التي تهدد إنتاج الفاكهة النفضية ليست فصل الشتاء القارس، بل موجات البرد القصيرة خلال فصل الربيع، لأن النبات يكون قد خرج من طور السكون وبدأ نشاطه الحيوي، فتغدو أنسجته أكثر عرضة للتلف. لذلك فإن نجاح الزراعة لا يعتمد فقط على متوسط درجات الحرارة السنوية، بل على توقيت حدوث الانخفاضات الحرارية بالنسبة لمراحل النمو. ومن الناحية التطبيقية، تمثل هذه القيم دليلا إرشاديا مهما للمزارعين والباحثين لتقدير مخاطر الصقيع وتحديد إجراءات الحماية مثل اختيار الأصناف المتأخرة التزهير أو استخدام وسائل التدفئة والري الوقائي، كما تساعد في تفسير التباين المكاني في إنتاجية البساتين بين المناطق المختلفة. وبذلك يبرز الجدول كأداة علمية توضح العلاقة الدقيقة

بين المناخ والعمليات الفسيولوجية للنبات، وتؤكد أن التوافق الزمني بين الظروف الحرارية ومراحل النمو هو العامل الحاسم في استقرار الإنتاج وجودة المحصول.

جدول (4) عتبات الحساسية الحرارية الصغرى لمراحل النمو والإنتاج في بعض أشجار الفاكهة النفضية

الفاكهة	البراعم	الازهار	الثمار
التفاح	4−	2−	2−
العنب	1.1−	0.6−	0.6−
الاجاص	4−	2−	1−
المشمش	5.5−	1.5−	1.5−
الكمثرى	4−	2−	1.6−
الخوخ	3.3−	4−	2−
الكرز	4.5−	2−	1−

المصدر : −بالاعتماد على

المصدر :1− علي صاحب وعبدالحسن ومدفون، المناخ التطبيقي، النجف الاشرف، دار النهضة للطباعة ،2011، ص319.

2− عبد الفتاح عثمان واخرون، محاصيل الفاكهة المستديمة الخضرة والمتساقطة الاوراق، الاسكندرية، دار النشر، 1990، ص50.

ب− تباين احتياجات بعض أنواع وأصناف الفاكهة النفضية من ساعات البرودة التراكمية اللازمة لكسر طور السكون

توضح دراسة هذا الاحتياج أن المتطلبات البيئية للأشجار النفضية لا تقتصر على الحرارة المرتفعة اللازمة للنضج، بل تشتمل على احتياج إلزامي للبرودة خلال فصل الشتاء، وذلك لتحفيز العمليات الكيميائية والانقسام الخلوي في البراعم قبل انطلاقها الربيعي. وتكمن فائدة هذا التحليل في مواءمة الصنف مع المناخ المحلي لتفادي ظاهرة التفتح المشوه أو فشل الإزهار الناتج عن الشتاء الدافئ)الكناني، 1988، ص78.(

وتكشف بيانات الجدول (5) التأثير الكبير لمصدات الرياح في تحسين الكفاءة الإنتاجية لأشجار الليمون، إذ يتضح من المقارنة بين حالتي وجود المصدات وعدمها أن عدد الثمار الناتجة لكل شجرة يزداد زيادة ملحوظة عند توفير الحماية من الرياح، بغض النظر عن عمر الأشجار. فالأشجار بعمر تسع سنوات ارتفع إنتاجها من 97 ثمرة في حالة عدم وجود مصدات إلى 710 ثمار عند توفرها، وهو فرق ضخم يدل على أن الرياح تمثل عامل إجهاد بيئي شديد التأثير في الإنتاج. وينطبق الاتجاه نفسه على الأشجار الأصغر عمرا، إذ ارتفع إنتاج الأشجار بعمر خمس سنوات من 55 ثمرة دون حماية إلى 288 ثمرة مع المصدات، وهذا يشير إلى أن تأثير الرياح لا يقتصر على مرحلة عمرية معينة، بل يشمل مختلف مراحل النمو والإثمار.

أن الرياح القوية تؤدي إلى زيادة معدل النتح وفقد الماء من الأوراق، مما يسبب إجهادا مائيا يقلل من كفاءة التمثيل الضوئي ويحد من تكوين المواد الغذائية اللازمة لتطور الثمار. كما قد تسبب الرياح تساقط الأزهار أو الثمار الحديثة التكوين نتيجة الاهتزاز الميكانيكي، إضافة إلى إحداث جروح في الأنسجة النباتية تزيد من احتمالات الإصابة بالأمراض. وعندما تستخدم مصدات الرياح، فإنها تقلل من سرعة الهواء حول الأشجار، فتوجد مناخا دقيقا أكثر استقرارا من حيث درجة الحرارة ونسبة الرطوبة، وهو ما يحسن الظروف الفسيولوجية للنبات ويعزز قدرته على توجيه الطاقة الإنتاج بدلا من مقاومة الإجهاد البيئي.

ويكشف التحليل المقارن أيضا أن نسبة الزيادة الإنتاجية الناتجة عن المصدات أكبر في الأشجار الأكبر عمرا، وذلك لأن الأشجار الناضجة تمتلك قدرة إنتاجية كامنة أعلى يمكن أن تتجلى عندما تتحسن الظروف البيئية، بينما تكون الأشجار الصغيرة محدودة الإنتاج أصلا بسبب صغر حجمها.

جدول (5) تباين احتياجات بعض أنواع وأصناف الفاكهة النفضية من ساعات البرودة التراكمية اللازمة لكسر طور السكون

نوع الفاكهة	الساعات التي تكون فيها درجات الحرارة اقل من7.2	المعدل
التفاح (كولدن, استاركن)	16000-1000	1300
التفاح(الاصناف المحلية)	400-200	300
الكمثرى	1000-400	700
المشمش	1000-700	850
الخوخ	1000-500	750
الاجاص الاوربي	1200-8000	1000
الاجاص الياباني	450-400	850
التين	200	-
العنب	1300-300	800
الكرز الحامض	1200	1200
الكرز الحلو	1300-1100	1200
دراق برقوق	1300-500	900
لوز	400-300	350
جوز	1500-400	950

المصدر: -بالاعتماد على

1- خولة عبدالمهدي على المعايعة، تأثير نوبات الصقيع على المحاصيل الزراعية والمواصلات في الاردن، اطروحة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الاردنية، 2003، ص93.

2- محمود احمد الخلف، تباين زراعة اشجار الفاكهة في الاردن، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، 2000، ص16.

النتائج

1. أثبت البحث أن نجاح استثمار البساتين وتحقيق الجدوى الاقتصادية مرهون بالدقة في مواءمة المتطلبات الفسيولوجية للأشجار مع العتبات الحرارية السائدة في بيئة النمو.
2. يؤدي تجاوز الحدود الحرارية المسموح بها (نطاق الأمان) إلى اختلالات فسيولوجية حادة تبدأ بتوقف عملية التمثيل الضوئي وتنتهي بموت الأنسجة النباتية.
3. كشفت النتائج عن تباين واضح في استجابة الأنواع للحرارة؛ حيث يعد النخيل الأكثر تحملا للعتبات العليا، بينما تظهر الأصناف النفضية (كاللوز والعنب) حساسية مفرطة للإجهاد الحراري.

4. تؤدي ساعات البرودة التراكمية دورا حاسما في كسر طور السكون الشتوي، وإن زراعة الأصناف ذات الاحتياجات العالية في مناطق دافئة تؤدي حتما إلى فشل في عملية التزهير.
5. تعد مرحلة التزهير "نقطة الضعف المناخية" الأبرز، حيث تنهار مقاومة الأشجار للانجماد بمجرد خروجها من طور السكون، مما يجعل الصقيع الربيعي المهدد الأكبر للمحصول.
6. أكدت الدراسة الدور الفعال لمصدات الرياح والري الوقائي في تقليل الإجهاد الميكانيكي والفسيولوجي وحماية الأشجار من التقلبات الحرارية المفاجئة صيفا وشتاء.

التوصيات:

1. وجوب الاستناد إلى خرائط دقيقة للملاءمة المناخية عند اختيار أصناف الفاكهة لضمان توافق المتطلبات الوراثية للصنف مع العتبات الحرارية (الدنيا والعليا) السائدة في الإقليم الجغرافي.
2. ضرورة التوسع في إنشاء مصدات الرياح حول البساتين لدورها الجوهري في خفض الإجهاد الميكانيكي والفسيولوجي وتحسين المناخ الدقيق للنبات.
3. التوصية بالاعتماد على تقنيات الري الوقائي كآلية فعالة لمواجهة موجات الصقيع الربيعي المفاجئة، وتقليل حدة الجفاف الحراري خلال فصل الصيف.
4. التأكيد على أهمية حساب ساعات البرودة التراكمية لكل منطقة قبل إدخال أصناف نفضية جديدة، لتجنب مشاكل فشل التزهير أو التفتح المشوه للبراعم.
5. توجيه الإرشاد الزراعي بضرورة توعية المزارعين حول "نقطة الضعف المناخية" (مرحلة التزهير)، وتقديم الحلول التقنية لحماية الأشجار فور خروجها من طور السكون الشتوي.
6. ضرورة مواءمة العمليات الزراعية من تسميد وتقليم مع الظروف الحرارية الحرجة لتعزيز قدرة الأشجار على مقاومة التطرف المناخي.

المقترحات

1. إجراء بحوث تطبيقية متعمقة حول استنباط وهندسة أصناف جديدة من الفاكهة ذات احتياجات برودة منخفضة، بما يتوافق مع اتجاهات الاحتباس الحراري وتناقص ساعات البرودة الشتوية.
2. تحليل أثر التغير المناخي طويل الأمد على انزياح المناطق الجغرافية الملائمة لزراعة الفاكهة النفضية، وتحديد الأقاليم البديلة التي قد تصبح ملائمة مستقبلا.
3. التوسع في دراسة وتحليل المناخ الدقيق داخل البساتين المحمية بالمصدات، لتقييم كفاءتها في رفع الإنتاجية النوعية في ظل الظروف البيئية المتطرفة.
4. تطوير نماذج رياضية وحاسوبية للتنبؤ بمواعيد التزهير وعقد الثمار بناء على التذبذبات الحرارية اليومية، لتفادي مخاطر الصقيع الربيعي المفاجئ.
5. دراسة الجدوى الاقتصادية والفسيولوجية لاستخدام مركبات كيميائية أو مستخلصات حيوية لتعزيز قدرة الأشجار الحساسة على تحمل الإجهاد الحراري المرتفع.

المصادر والمراجع

1. الأسدي، علي صاحب، وعبد الحسن، مدفون (2011) *المناخ التطبيقي*، دار النهضة للطباعة، النجف الأشرف، العراق.
2. عطية، محمد علي (2008) *إنتاج الفاكهة المستديمة الخضرة*، المكتبة الوطنية، بغداد، العراق.
3. الريماوي، أحمد (2006) *الجغرافيا الزراعية*، ط1، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

4. السعدي، سعدي محمد (2002) *المناخ الزراعي*، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، العراق.
5. عثمان، عبد الفتاح، وآخرون (1990) *محاصيل الفاكهة المستديمة الخضرة والمتساقطة الأوراق*، دار النشر، الإسكندرية، مصر.
6. الكناني، فيصل رشيد (1988) *مبادئ البستنة*، جامعة الموصل، الموصل، العراق.
7. دي فيتر، (1985) *المناخ وإنتاج المحاصيل*، ترجمة: عبد العظيم محمد وآخرون، دار الرشيد للنشر، بغداد.
8. ويفر.1980) *منظمات نمو النبات في الزراعة*، ترجمة: جاسم محمد العزاوي، جامعة بغداد، العراق.
9. قطفا، هشام (1978) *ثمار الفاكهة (إنتاجها، تداولها، تخزينها)*، مطبعة خالد بن الوليد، دمشق، سوريا.
10. البغدادي، حسن أحمد (1955) *الفاكهة وطرق إنتاجها*، دار مصر للطباعة، القاهرة، مصر.
11. خلف، إبراهيم محمد (2011) *أثر المناخ في زراعة وإنتاج أشجار الفاكهة في محافظة صلاح الدين*، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة تكريت، العراق.
12. المعايعة، خولة عبد المهدي علي (2003) *تأثير نوبات الصقيع على المحاصيل الزراعية والمواصلات في الأردن*، أطروحة دكتوراه، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
13. الخلف، محمود أحمد (2000) *تباين زراعة أشجار الفاكهة في الأردن*، أطروحة دكتوراه، غير منشور، قسم الجغرافيا كلية التربية، الجامعة المستنصرية، بغداد، العراق.
14. السلماني (مرعي)، مخلف شلال .(1980) *التباين المكاني لزراعة أشجار الفاكهة في العراق*، أطروحة دكتوراه، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بغداد، العراق.
15. التميمي، عبد الجليل، وحنا، صبحي (1980). دراسة حول عتبات الحساسية الحرارية الصغرى لمراحل النمو، بحث فسيولوجي مستشهد به، مطبعة جامعة بغداد، العراق.
16. سالم، محمد عبد العزيز، وعاشور، حيدر عبد الرزاق، والمنصوري، زينب جاسم (2024). تأثير التغيرات المناخية في التركيب النوعي لمحاصيل الفاكهة في محافظة البصرة، مجلة دراسات بصرية، المجلد (19)، العدد (2)، جامعة البصرة، العراق.
17. الجوهري، أحمد السيد (2023). أثر الإجهاد الحراري على المحاصيل البستانية واستراتيجيات التكيف، مجلة العلوم الزراعية، المجلد (48)، العدد (1)، كلية الزراعة، جامعة المنصورة، مصر.
18. العبيدي، علي حسين (2021). تحديد الاحتياجات البيئية من ساعات البرودة لصنف الإجاص، مجلة البحوث الزراعية، المجلد (8)، العدد (4)، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سوريا.
19. الأسدي، شمخي فيصل .(2000) العلاقات المكانية لزراعة أشجار الفاكهة بتباين خصائص الحرارة، *مجلة الجمعية الجغرافية العراقية*، العدد.(45)
20. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة .(2010) (FAO) تقارير الإجهاد البيئي والأمن الغذائي في الوطن العربي: التحديات والآفاق المستقبلية، المكتب الإقليمي للشرق الأدنى، القاهرة، مصر.
21. وزارة الزراعة الأردنية .(2005) *التقرير السنوي لإحصاءات البساتين والمساحات المزروعة*، عمان.
22. Hayama, H., et al. (2022). Meteorological Responses of Fruit Trees and Adaptation Strategies under High Temperature. *Horticulture Journal*.
23. Costa, R., et al. (2021). Assessment of Climate Change Impacts on Chilling and Forcing. *Journal of Agricultural Science*.
24. Vimont, N., et al. (2021). The Physiology of Chilling Temperature Requirements. *Plant Physiology and Biochemistry*.