Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (39), (March, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 39 مارس 2026
ردمد: 3014-6266

النطاقات الحرارية والاحتياجات الضوئية كمحددات للجودة والإنتاج في أشجار الفاكهة دراسة في المناخ التطبيقي

نجاة جمعة بلقاسم التاجوري

قسم الجغرافيا–كلية الآداب الجميل – جامعة صبراتة

Munazraq2019@gmail.com

Temperature Ranges and Photoperiod Requirements as Determinants of Quality and Yield in Fruit Trees: A Study in Applied Climatology

Najat Jumaa Belkacem Al-Tajouri

Department of Geography, Faculty of Arts, Al-Jamil, Sabratha University

تاريخ الاستلام:2026/01/06 –تاريخ المراجعة: 2026/01/31– تاريخ القبول: 2026/02/14– تاريخ للنشر :2026 /03/11

المستخلص

يهدف البحث إلى الكشف عن العلاقة الارتباطية بين العناصر المناخية (الحرارة والضوء) والعمليات الحيوية لأشجار الفاكهة في مراحل نموها المختلفة، وابراز الفجوة التوافقية بين المتطلبات البيئية الدقيقة للأشجار والخصائص المناخية السائدة، مما يؤثر مباشرة على جودة المحصول وكفاءة الإنتاج. وقد اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي والكمي لتحليل البيانات الحرارية والضوئية لأصناف مختارة تشمل النخيل، الزيتون، التفاح، والعنب وغيرها.

وخلص البحث أن لكل طور نمو (خضري، تزهير، نضج) مديات حرارية مثلى لا يمكن تجاوزها دون حدوث اضطرابات فسيولوجية؛ حيث أظهرت البيانات أن النخيل والرمان يتطلبان طاقة حرارية تراكمية عالية تتراوح من 5000 – 6000 درجة مئوية، بينما تنخفض هذه الاحتياجات في التفاح واللوزيات إلى 2000–3000 درجة مئوية. كما اثبت البحث أهمية الثنائية الحرارية في تنظيم التوازن بين التمثيل الضوئي والتنفس، معتبرة الفارق بين حرارة الليل والنهار عنصرا حاسما في تراكم السكريات والصبغات. وفي الجانب الضوئي، كشف البحث عن الاستجابة النوعية للأطوال الموجية، حيث تبلغ كفاءة التمثيل الضوئي ذروتها في النطاقين (0.61–0.72) و(0.40–0.51) ميكرون.

واوصى بضرورة مطابقة العرض الحراري للمناطق الجغرافية مع الطلب الحيوي للمحاصيل قبل البدء بالزراعة، واستخدام الوحدات الحرارية التراكمية كمؤشر للتنبؤ بمواعيد النضج والجودة. وتقديم قاعدة بيانات علمية تدعم التخطيط الزراعي المستدام وتواجه تحديات التغير المناخي.

Abstract

This study aims to investigate the correlation between climatic elements (temperature and light) and the physiological processes of fruit trees across their different growth stages. It also highlights the compatibility gap between the precise environmental requirements of these trees and the prevailing climatic conditions, which directly affects crop quality and production efficiency. The study adopts descriptive, analytical, and quantitative approaches to analyze thermal and light data for selected species, including date palm, olive, apple, grapevine, and others.

The findings reveal that each growth stage (vegetative, flowering, and ripening) has optimal thermal ranges that cannot be exceeded without causing physiological disturbances. The results

indicate that date palms and pomegranates require a high cumulative heat unit ranging from 5000 to 6000 degree-days, whereas these requirements decrease in apples and stone fruits to 2000–3000 degree-days. The study also confirms the importance of thermal amplitude (diurnal temperature variation) in regulating the balance between photosynthesis and respiration, considering the difference between day and night temperatures a critical factor in the accumulation of sugars and pigments.
Regarding light, the study demonstrates a specific response to different wavelengths, where photosynthetic efficiency peaks within the ranges of 0.61–0.72 µm and 0.40–0.51 µm.
The study recommends aligning the thermal characteristics of geographical regions with the biological requirements of crops prior to cultivation, and using cumulative heat units as an indicator to predict ripening times and crop quality. It also emphasizes the importance of developing a scientific database to support sustainable agricultural planning and to address the challenges of climate change.

مقدمة

تعد أشجار الفاكهة من الأنظمة البيئية الحساسة التي ترتبط إنتاجيتها وجودة ثمارها ارتباطا وثيقا بالخصائص المناخية السائدة، حيث يبرز العنصر الحراري كالمحدد الجغرافي الأول لتوزيع هذه الأشجار والمحرك الفسيولوجي الرئيس الذي يحكم انتقالها بين أطوار النمو المختلفة. إن فهم العلاقة بين الاحتياجات الحرارية المتغيرة للأشجار والظروف المناخية المواكبة لكل طور نمو (خضري، تزهير، نضج) يتيح إمكانية الملاءمة الدقيقة بين المتطلبات الفسيولوجية للنبات والتوزيع الزمني لدرجات الحرارة. وتكمن أهمية هذا التوافق في توفير بيئة نمو معيارية تضمن نجاح عمليات التزهير وعقد الثمار، وصولا إلى مرحلة النضج التي تكتمل فيها الصفات النوعية للمحصول.

إلى جانب الحرارة، يؤدي الإشعاع الشمسي دورا جوهريا لا يقتصر على كونه مصدرا للطاقة فحسب، بل يتعداه ليكون عنصرا نوعيا دقيق التأثير؛ إذ تختلف استجابة أجزاء النبات تبعا لاختلاف الأطوال الموجية للأشعة الواصلة إليه. فبينما تحفز أطوال موجية معينة عمليات التمثيل الضوئي وبناء الأنسجة، تعمل أطوال أخرى كمنظمات لنمو النبات أو حتى كعوامل إجهاد تحد من انتشاره البيئي. كما يفرض التباين الفلكي في طول النهار وتراكم الوحدات الحرارية (الحرارة المتجمعة) إيقاعا زمنيا محددا لنضج الثمار وتراكم السكريات والزيوت فيها، مما يجعل من المناخ المحلي العامل الحاسم في تحديد القدرة الإنتاجية والتنافسية لأي منطقة زراعية.

يأتي هذا البحث ليتناول النطاقات الحرارية والاحتياجات الضوئية كمحددات للجودة والإنتاج في أشجار الفاكهة، من خلال تحليل المديات الحرارية المثلى لأطوار النمو، ودراسة الإيقاع الحراري التراكمي، وصولا إلى فهم الاستجابة الفسيولوجية للإشعاع الشمسي، بهدف وضع قاعدة علمية تدعم التخطيط الزراعي وترفع من كفاءة الإنتاج في ظل الظروف المناخية المتباينة.

مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في وجود فجوة توافقية بين المتطلبات الحرارية والضوئية الدقيقة لأشجار الفاكهة وبين الخصائص المناخية السائدة في البيئة الزراعة. ويؤدي عدم فهم هذه المديات الحرارية المثلى لكل طور من أطوار النمو (الخضري، التزهير، النضج)، أو تجاهل الاحتياجات التراكمية من الطاقة والنوعية الطيفية للضوء، إلى تدني جودة المحصول وفشل عمليات الإزهار والعقد. كما أن التباين في درجات الحرارة بين الليل والنهار، واختلاف طول النهار وشدة الإشعاع الشمسي، قد ينعكس بصورة مباشرة على كفاءة العمليات الفسيولوجية للنبات وعلى قدرته الإنتاجية. ومن هنا تنشأ الحاجة إلى بحث العلاقة بين هذه العوامل المناخية ومتطلبات أشجار الفاكهة، الأمر الذي يقود إلى طرح مجموعة من التساؤلات الرئيسة التي يسعى هذا البحث للإجابة عنها، وهي:

1. ما مدى تأثير التباين في المديات الحرارية المثلى لأطوار النمو (الخضري، التزهير، النضج) على نجاح الإنتاج وجودة المحصول في أصناف الفاكهة المختلفة؟
2. كيف يساهم التوازن الحراري بين الليل والنهار والمجموع التراكمي للوحدات الحرارية في تنظيم الإيقاع الفسيولوجي وضمان وصول الثمار إلى النضج الكامل؟
3. ما دور الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي والتباين الفلكي في طول النهار بوصفهما عاملين محددين لكفاءة التمثيل الضوئي والانتشار الجغرافي لأشجار الفاكهة؟

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث الي: –

1. تحديد المديات الحرارية المثلى لكل طور فسيولوجي (الخضري، التزهير، النضج) وتوضيح أثر التوافق الحراري في رفع جودة المحصول والحد من فشل الإنتاج.
2. تحليل دور الإيقاع الحراري اليومي (الثنائية الحرارية) وقياس مجموع الوحدات الحرارية التراكمية اللازمة لضمان وصول الثمار إلى النضج الفسيولوجي الكامل.
3. الكشف عن العلاقة بين الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي وكفاءة التمثيل الضوئي، وفهم تأثير التباين الفلكي لطول النهار في تحديد القدرة الإنتاجية والانتشار الجغرافي للأشجار.

أهمية البحث

1. تسهم دراسة المديات الحرارية في توفير بيئة نمو معيارية تضمن نجاح عمليات التزهير وعقد الثمار، مما يرفع من جودة المحصول النهائية.
2. يساعد فهم التوافق الحيوي بين الحرارة وأطوار النمو في تجنب زراعة الأنواع في بيئات غير متوافقة مناخيا، مما يحمي النبات من الإجهاد الحراري.
3. توفر دراسة الوحدات الحرارية التراكمية مؤشرا تطبيقيا لتحديد مدى ملاءمة منطقة معينة لزراعة نوع أو صنف محدد، وضمان إتمام دورة حياته بنجاح.
4. تساعد معرفة الاستجابة للأطوال الموجية في تحديد جودة الضوء اللازمة لتعزيز عمليات التمثيل الضوئي وبناء الأنسجة، وتفسير التباين في نمو الأشجار بين الأقاليم الجغرافية.
5. تبرز في فهم الإيقاع الحراري اليومي (الليل والنهار) لتنظيم العمليات الحيوية وتجنب الاضطرابات الفسيولوجية الناجمة عن التذبذبات الحرارية.

حدود البحث

1- الحدود الموضوعية

النطاقات الحرارية والاحتياجات الضوئية كحددات للجودة والإنتاج في أشجار الفاكهة، وهي (النخيل، الحمضيات، الزيتون، التفاح، الكمثرى، الخوخ، المشمش، العنب، الرمان، التين، اللوز، الكرز، والإجاص).

2- الحدود المكانية

تتمثل في البيئات الجغرافية التي تنتشر فيها أصناف الفاكهة

3- الحدود الزمانية

تعتمد الدراسة على البيانات المناخية والفسيولوجية المرتبطة بفصل النمو (من مرحلة النشاط الخضري الربيعي حتى مرحلة النضج والحصاد).

يغطي البحث الدراسات والمصادر العلمية الموثقة للفترة الممتدة من الثمانينيات وحتى عام 2010 لضمان دقة المقارنة التاريخية والمناخية.

منهجية البحث

تعتمد المنهجية المتبعة في هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال رصد وتحليل العلاقة الارتباطية بين العناصر المناخية (الحرارة والضوء) وبين العمليات الفسيولوجية لأشجار الفاكهة في مراحل نموها المختلفة. ويبدأ البحث بجمع البيانات العلمية والمناخية المتعلقة بالاحتياجات الحرارية والضوئية للأصناف المختارة، ثم تنتقل إلى مرحلة التحليل المقارن للمديات الحرارية المثلى لأطوار النمو (الخضري، التزهير، والنضج) لتحديد مستوى التوافق البيئي. كما يوظف البحث المنهج الكمي في حساب الوحدات الحرارية التراكمية (الحرارة المتجمعة) اللازمة لنضج كل صنف، مع تحليل النوعية الطيفية للأشعة الشمسية وتأثير أطوالها الموجية على كفاءة التمثيل الضوئي. وينتهي المسار المنهجي بربط هذه المتغيرات بالتباين المكاني (دوائر العرض) لتفسير التوزيع الجغرافي والقدرة الإنتاجية للأشجار، وصولا إلى استنباط مؤشرات علمية تدعم التخطيط الزراعي وتضمن جودة الإنتاج.

الدراسات السابقة

1. دراسة التميمي وحنا (1980) بعنوان المتطلبات البيئية لأشجار الفاكهة وتأثيرها على التوزيع الجغرافي والإنتاجية: تناولت هذه الدراسة تحليل العلاقة بين العناصر المناخية والإنتاج الزراعي، حيث أكد الباحثان أن العنصر الحراري يمثل المحدد الجغرافي الأول لتوزيع الأشجار المثمرة في البيئة العراقية. واوضح أن لكل نوع من أنواع الفاكهة نطاقا حراريا خاصا يحكم انتقاله بين أطوار النمو المختلفة (الخضري، التزهير، والنضج). كما ركز على ضرورة الملاءمة الدقيقة بين المتطلب الفسيولوجي للنبات والتوزيع الزمني لدرجات الحرارة لضمان نجاح عمليات التزهير وعقد الثمار. وأن توفير بيئة نمو معيارية يسهم بشكل مباشر في رفع جودة المحصول والحد من فرص فشل الإنتاج في البيئات غير المتوافقة مناخيا. وخلص إلى أن فهم هذه المديات هو الأساس في التخطيط الزراعي السليم.

2. دراسة أبو لغد (1990) بعنوان الفسيولوجيا البيئية لأشجار الفاكهة متساقطة الأوراق: دراسة في الاحتياجات الحرارية والبرودة: هدفت الى التعرف على الأثر الفسيولوجي لدرجات الحرارة على الأشجار المتساقطة الأوراق، مع التركيز على مفهوم الحرارة المتجمعة اللازمة لبلوغ مرحلة النضج الكامل. وأشارت النتائج إلى أن انخفاض درجات الحرارة عن الحدود الدنيا يؤدي إلى توقف النشاط الفسيولوجي للنبات تماما، مما يؤثر على جودة الثمار المتكونة. وخلصت ان هناك فروق جوهرية بين احتياجات أشجار المناطق المعتدلة وأشجار المناطق الاستوائية من حيث الوحدات الحرارية المطلوبة. ووضع جداول زمنية دقيقة لمواعيد الإزهار بناء على تراكم درجات الحرارة اليومية خلال فصل النمو. وأن الجودة النوعية للثمار، وخاصة نسبة السكريات، ترتبط ارتباطا وثيقا بمجموع الطاقة الحرارية التي يمتصها النبات طوال الموسم.

3. دراسة وزارة الزراعة العراقية (1993) بعنوان الأطلس المناخي لزراعة وإنتاج أصناف النخيل في المناطق الوسطى والجنوبية: هدفت على التعرف على المتطلبات المناخية لشجرة نخيل التمر، وأثبتت بالبيانات الإحصائية حاجتها لمديات حرارية مرتفعة جدا خلال طور النضج تتراوح من 40 – 47 درجة مئوية. والتعرف على أثر انخفاض الحرارة في مرحلة التزهير، موصية بضرورة بقائها في حدود 17–18 درجة مئوية لحماية العقد من الجفاف. وأن المناطق ذات الصيف الطويل والحرارة العالية هي الأنسب لإنتاج التمور ذات المواصفات التجارية العالمية. وبينت أثر الرطوبة الجوية المصاحبة للحرارة في تحديد جودة الثمار والتقليل من نسب الإصابات الحشرية والميكروبية. وقدمت الدراسة خريطة دقيقة لتوزيع أصناف النخيل جغرافيا بناء على الخطوط الحرارية المتساوية المتوفرة في الأقاليم المختلفة.

4. دراسة سعيد (1982) بعنوان الإشعاع الشمسي والخصائص الطيفية للضوء وأثرها على كفاءة التمثيل الضوئي في النباتات: هدفت الى التعرف على الخصائص النوعية للإشعاع الشمسي وتأثير الأطوال الموجية المختلفة على نمو وإنتاجية الغطاء النباتي وأشجار الفاكهة بشكل خاص. وركز البحث على تحليل النطاق الطيفي، مبينا أن الأشعة التي يتروح طولها بين 0.72 و0.61 ميكرون هي الأكثر كفاءة في عملية التمثيل الضوئي. وان الأشعة فوق البنفسجية التي تسبب قصر النبات وزيادة سمك الأوراق كآلية دفاعية طبيعية لحماية الأنسجة. وأن الشدة الضوئية الزائدة قد تسبب إجهادا ضوئيا يؤدي إلى تلف اليخضور، مما ينعكس سلبا على كمية المحصول. واوصت الى ضرورة فهم النوعية الطيفية للضوء لتفسير التباين في معدلات النمو الخضري بين الأقاليم الجغرافية المختلفة.

5. دراسة خليل (1985) بعنوان الثنائية الحرارية وأثر التباين الحراري اليومي في جودة ثمار الفاكهة وتراكم المواد السكرية: هدفت الي دراسة ظاهرة الثنائية الحرارية، وهي التذبذب بين درجات حرارة الليل والنهار، وأثرها في تنظيم العمليات الاستقلابية داخل الأشجار. وأثبتت أن درجات حرارة الليل المعتدلة التي تتراوح بين 15 و17 درجة مئوية تساعد في تقليل الفقد الكربوهيدراتي الناتج عن عملية التنفس. وان التباين الحراري اثر على جودة ثمار العنب والتفاح، خاصة فيما يتعلق بتراكم الصبغات اللونية وتوازن الحموضة والسكريات. وأظهرت أن المناطق التي تتميز بلياليٍ باردة نسبيا تنتج ثمارا تتفوق في طعمها ولونها على تلك المنتجة في مناطق ذات حرارة ليلية مرتفعة. وأن غياب الفارق الحراري اليومي يؤدي إلى اضطرابات فسيولوجية تضعف الشجرة وتقلل إنتاجيتها.

6. دراسة عبد الله (2010) بعنوان الجغرافيا الفلكية وأثر طول الفترة الضوئية على النظم البيئية الزراعية في دوائر العرض المختلفة: هدفت الي دراسة العلاقة بين طول الفترة الضوئية والموقع الفلكي للمزرعة، موصحة كيف يتغير طول النهار صيفا في خطوط العرض العليا، والتعرف على أثر الامتداد الزمني للإضاءة اليومية في زيادة النشاط الضوئي وتسريع معدلات نمو أشجار الفاكهة وتراكم المادة الجافة في الثمار. وأشارت النتائج إلى أن النباتات في المناطق الاستوائية تكون أكثر انتظاما في الإزهار لثبات طول النهار، بينما تظهر نباتات العروض العليا استجابة موسمية حادة، وان الاستراتيجيات التكيفية التي تطورها الأشجار للتعامل مع الضوء المستمر، مثل تعديل إيقاعات الساعة البيولوجية وإنتاج مضادات الأكسدة. وأن فهم طول النهار يعد حجر الزاوية في اختيار الأصناف الملائمة لكل منطقة جغرافية لضمان استقرار الإنتاج.

تتميز البحث الحالي عن الدراسات السابقة بتبنيه نهجا تكامليا يربط بين النطاقات الحرارية والخصائص الطيفية للضوء كمنظومة فسيولوجية واحدة، بدلا من دراسة كل عنصر بشكل منفصل. كما ينفرد بتحليل المديات الحرارية الدقيقة لكل طور نمو (خضري، تزهير، نضج) مع تحديد الوحدات الحرارية التراكمية اللازمة لنضج كل صنف، مما يجعله مرجعا تطبيقيا لاختيار المحاصيل المناسبة للأقاليم الجغرافية. ويبرز البحث أيضا في توضيح أثر الثنائية الحرارية اليومية والتباين الفلكي لطول النهار حسب دوائر العرض، مما يقدم تفسيرا علميا أعمق للاختلافات في جودة الإنتاج وتراكم المادة الجافة. وبذلك، ينتقل البحث من الوصف المناخي العام إلى التحليل الرقمي الدقيق الذي يخدم التخطيط الزراعي المستدام والرفع من كفاءة العملية الإنتاجية.

المبحث الأول: المديات الحرارية المثلى لأطوار النمو الحيوية

يمثل العنصر الحراري المحرك الفسيولوجي الأول والديناميكي الذي يوجه كافة العمليات الحيوية داخل شجرة الفاكهة، بدءا من سكون البرعم وصولا إلى نضج الثمرة. ولا تقتصر أهمية الحرارة على توافرها فحسب، بل تكمن في مدى التوافق الحيوي بين درجات الحرارة السائدة وبين الاحتياجات الحرارية الدقيقة التي يتطلبها كل طور من أطوار النمو (الخضري، التزهير، والنضج). إن هذه المديات الحرارية المثلى تتيح فهم القدرة التكيفية لكل صنف مع بيئته الجغرافية؛ فالتوازن في درجات الحرارة يضمن كفاءة الانقسام الخلوي في مرحلة النمو، وحيوية حبوب اللقاح في مرحلة التزهير، وتراكم المواد الكيميائية

والسكريات في مرحلة النضج. لذا يستعرض هذا المبحث النطاقات الحرارية التخصصية لأهم أنواع الفاكهة، موضحا كيف يعمل هذا التوافق كمحدد رئيس لرفع جودة المحصول وحمايته من الإجهاد البيئي وفشل الإنتاج.

أ- مديات درجات الحرارة المثلى لأشجار الفاكهة وفقا لأطوار النمو الحيوية (الخضري، التزهير، النضج)

تبرز دراسة هذه المديات مستوى التوافق الحيوي بين الاحتياجات الحرارية المتغيرة للأشجار والظروف المناخية المواكبة لكل طور نمو، إذ تتيح إمكانية الملاءمة الدقيقة بين المتطلب الفسيولوجي والتوزيع الزمني لدرجات الحرارة. وتكمن في توفير بيئة نمو معيارية تضمن نجاح عمليات التزهير وعقد الثمار وصولا إلى مرحلة النضج، بما يسهم في رفع جودة المحصول والحد من فرص فشل الإنتاج في البيئات غير المتوافقة مناخيا (التميمي وحنا، 1980، ص10)

ويعد العنصر الحراري المحدد الجغرافي الأول لتوزيع الأشجار المثمرة، والمحرك الفسيولوجي الرئيس الذي يحكم الانتقال بين أطوار النمو المختلفة. يظهر من بيانات الجدول (1) أن لكل نوع من أشجار الفاكهة نطاقا حراريا مثاليا يختلف باختلاف الطور الفسيولوجي للنبات، وهو ما يعكس الطبيعة البيئية والتكيف المناخي لكل محصول. فالنخيل يحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة في مرحلة النمو الخضري (32–38°م) وفي مرحلة النضج (40–47°م)، مما يدل على تكيفه مع البيئات الصحراوية والحارة وقدرته العالية على تحمل الإجهاد الحراري، في حين تنخفض احتياجاته الحرارية أثناء التزهير إلى مستويات معتدلة (17–18°م) لأن الحرارة المرتفعة في هذه المرحلة قد تؤثر سلبا في العقد وتكوين الثمار. أما الزيتون فيتضح أنه محصول متوسطي الطابع، إذ يفضل درجات معتدلة في النمو الخضري (11–12°م) وتزهيرا في نطاق (18–20°م)، ويحتاج الى حرارة أعلى عند النضج (35–38°م) لضمان تراكم الزيوت وتحسن الصفات النوعية للثمار. وفي المقابل، تمثل أشجار التفاح نموذجا لمحاصيل المناطق المعتدلة الباردة، حيث تنخفض احتياجاتها الحرارية بشكل واضح في مرحلتي النمو والتزهير (8°م و11°م)، ثم ترتفع تدريجيا عند النضج (21–27°م)، وهذا ما يفسر نجاح زراعتها في المرتفعات والمناطق ذات الشتاء البارد. والعنب، يحتاج حرارة معتدلة في النمو والتزهير (10°م و17°م) ثم حرارة أعلى في النضج (25–30°م) لتحسين نسبة السكريات وجودة الحبات. ويستنتج من ذلك أن اختلاف المديات الحرارية بين المراحل يرتبط بالعمليات الحيوية للنبات، فالنمو الخضري يرتبط بانقسام الخلايا وتكوين الأنسجة، والتزهير يعتمد على التوازن الهرموني وحساسية اللقاح، بينما يتطلب النضج درجات حرارة عالية.

جدول (1): مديات درجات الحرارة المثلى لأشجار الفاكهة وفقا لأطوار النمو الحيوية (الخضري، التزهير، النضج).

نوع الفاكهة	درجة النمو الخضري	الحرارة التزهير	المثلى النضج
النخيل	32 -38	17،1- 18	40- 47
الزيتون	11 -12	18-20	35 – 38
التفاح	8	11	21- 27
العنب	10	17	25 -30

بالاعتماد على:

1- علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، عمان، دار المسيرة للنشر والتوزيع ،2010، ص164.

2 مخلف شلال مرعي، التوزيع الجغرافي لاشجارالفاكهة في محافظة نينوى، مجلة التربية والعلم، العد 14، 1994، ص190.

3- جبار حسن التميمي، وحنا يوسف حنا، انتاج الفاكهة النفضية، جامعة البصرة، 1980، ص10.

ب- مديات درجات الحرارة المثلى للنمو الخضري والنشاط الحيوي لأصناف مختارة من أشجار الفاكهة

تسهم دراسة المديات النطاق الحراري الذي تبلغ فيه الأشجار ذروة كفاءتها الوظيفية لبناء أنسجتها الخضرية واستدامة عملياتها الحيوية، في فهم التباين المكاني لتوزيع أصناف الفاكهة وفق قدرة البيئة المحلية على توفير الحرارة المثلى. وتبرز أهميتها

التطبيقية في تجنب زراعة الأنواع في أقاليم تتجاوز مدياتها الحرارية هذه العتبات أو تقل عنها، بما يضمن استمرارية النشاط الفسيولوجي وحماية النبات من الإجهاد الحراري (يوسف، 1982، ص15).

تبين البيانات الواردة في الجدول (2) المديات الحرارية المثلى للنمو الخضري والنشاط الحيوي بين أصناف أشجار الفاكهة، وهذا يرتبط أساسا بالأصل البيئي لكل نوع وخصائصه الفسيولوجية ومدى تكيفه مع الظروف المناخية. فالنخيل يمتلك مدى حراري أوسع (18–44°م)، ما يدل على مرونته البيئية وقدرته على الاستمرار في النمو تحت ظروف حرارية متباينة، وهذه سمة نباتات المناطق الجافة والحارة التي طورت آليات فسيولوجية لتقليل فقد الماء وتتحمل الإجهاد الحراري. وعلى العكس من ذلك، فهناك محاصيل مثل الكرز واللوز ذات حدود حرارية دنيا منخفضة (5.7°م و7.2°م)، وهو مؤشر على انتمائها إلى محاصيل المناطق المعتدلة الباردة التي تحتاج إلى درجات برودة معينة لتنشيط العمليات الحيوية وكسر طور السكون. ويلاحظ أن بعض المحاصيل تقع ضمن نطاقات حرارية متوسطة مثل الكمثرى والتفاح والإجاص، حيث تتراوح درجاتها المثلى من 20–27°م، وهو ما يفسر نجاحها في الأقاليم المعتدلة التي لا تتسم بحرارة مرتفعة أو برودة شديدة. بينما تبرز فواكه أخرى ذات ميول حرارية مرتفعة مثل الحمضيات والعنب والرمان والتين، إذ تتراجع درجاتها المثلى من 32–39°م، ما يشير إلى حاجتها لمناخ دافئ لضمان نشاط التمثيل الضوئي وتسارع عمليات البناء الحيوي. أما المشمش فيتراوح من (20.6–23.9°م)، وهو ما يدل على حساسية التغيرات الحرارية وأن إنتاجيته المثلى تتحقق ضمن نطاق محدد بدقة.

جدول (2) مديات درجات الحرارة المثلى للنمو الخضري والنشاط الحيوي لأصناف مختارة من أشجار الفاكهة

نوع الفاكهة	درجات الحرارة المثلى م
النخيل	18—44
الحمضيات	32—35
الزيتون	18- 38
الكمثرى	18-26
الخوخ	16-32
المشمش	20.6- 23.9
العنب	25-32
الرمان	21-38
التين	38 -39
التفاح	21 - 27
اللوز	7.2- 29.4
الكرز	5.7 ، 15
الاجاص	20-24

المصدر بالاعتماد على : -

1- يوسف حنا يوسف، انتاج الفاكهة النفضية، الموصل، جامعة الموصل، 1982 ص 40.

2-مكي علوان الخفاجي، واخرون، الفاكهة المستديمة الخضرة، مطبعة التعليم العالي، بغداد، ص345.

المبحث الثاني: الإيقاع الحراري اليومي والوحدات الحرارية التراكمية

ان تحديد المديات الحرارية المثلى لأطوار النمو والإيقاع الحراري اليومي والوحدات الحرارية التراكمية تسهم دور في فهم عملية النمو. فنمو أشجار الفاكهة ليس مجرد استجابة لدرجات حرارة ثابتة، بل هو نتاج توازن

دقيق بين حرارة النهار التي تحفز التمثيل الضوئي وبناء المادة الجافة، وحرارة الليل التي تضبط معدلات التنفس واستهلاك الطاقة، وهو ما يعرف **بالثنائية الحرارية**، ومن ناحية أخرى، تخضع الأشجار لقانون الحرارة المتجمعة، حيث يحتاج كل صنف إلى رصيد تراكمي من الطاقة الحرارية طوال موسم النمو ليصل إلى النضج الفسيولوجي الكامل. لذا، يسعى هذا المبحث إلى تحليل العلاقة التبادلية بين التذبذب الحراري اليومي ومجموع الطاقة الحرارية المستهلكة، وكيف يحدد هذا المزيج الزمني سرعة النضج، وتراكم السكريات، والخصائص النوعية للثمار، مما يجعله معيارا حاسما في المفاضلة بين الأقاليم الزراعية.

أ- المديات الحرارية (الليلية والنهارية) المثلى لمراحل النمو الفسيولوجي وتطور الثمار

ان دراسة العلاقة التكاملية بين درجات حرارة النهار والليل وتأثير ها المباشر في التوازن الحيوي بين عمليتي التمثيل الضوئي والتنفس، تعدان ذات اهمية إذ تمكن من فهم المتطلبات الحرارية الدقيقة لكل مرحلة فسيولوجية، بدءا من النمو الخضري وصولا إلى تكوين الثمار. وتبرز فائدتها في توفير مؤشرات للمناخ المحلي تساعد في تحسين جودة الإنتاج، وتجنب الاضطرابات الفسيولوجية الناجمة عن التذبذبات الحرارية غير الملائمة (العزوني، 1961، ص69).

يظهر من تحليل البيانات الواردة في الجدول (3) ان المتطلبات الحرارية لمراحل النمو الفسيولوجي وتطور الثمار تتغير تدريجيا وفق تسلسل زمني دقيق يعكس حساسية النبات لكل طور من أطواره الحيوية، وهو ما يدل على أن النمو النباتي عملية ديناميكية تتتأثير بتوازن الحرارة بين الليل والنهار أكثر ما تأثيرها بقيمة حرارية ثابتة. ففي الأسابيع الأولى من النمو الخضري تظهر الحاجة إلى درجات حرارة منخفضة نهارا (9–10°م) وليلا (5–7°م)، وهو ما يشير إلى أن المراحل الابتدائية من النشاط الحيوي يعتمد على ظروف معتدلة مائلة للبرودة تسمح بتنشيط الانقسام الخلوي دون زيادة معدل التنفس الذي قد يستهلك المواد الغذائية المخزونة. ومع التقدم في الأسابيع التالية ترتفع الحدود الحرارية تدريجيا، الأمر الذي يعكس انتقال النبات من طور التأسيس إلى طور النمو النشط حيث تزداد عمليات البناء الضوئي وتكوين الأنسجة.

وعند الاقتراب من مرحلة التزهير يلاحظ ارتفاع درجات الحرارة المثلى (15–18°م نهارا)، لكن المفارقة أن طور التزهير نفسه يتطلب انخفاضا حراريا (8–12°م نهارا)، وهو ما يفسر فسيولوجيا بأن الحرارة المعتدلة تمهد لتكوين البراعم الزهرية، بينما تسهم البرودة النسبية في تحسين حيوية حبوب اللقاح وزيادة نسبة العقد، إذ إن الحرارة المرتفعة خلال فترة التزهير قد تؤدي إلى جفاف المياسم أو ضعف الإخصاب. وبعد انتهاء فترة التزهير تعود الحاجة إلى درجات أعلى لدعم نمو الثمار وتطور أنسجتها، فتستقر القيم في حدود 15–18°م نهارا، ثم تنخفض قليلا أثناء تكوين النواة الحجرية، وهي مرحلة حساسة تحتاج إلى توازن حراري دقيق لضمان تكوين البذرة بصورة سليمة. وبعد اكتمال هذه المرحلة ترتفع المتطلبات الحرارية مرة أخرى (16–19°م)، ما يدل على زيادة النشاط الأيضي المرتبط بامتلاء الثمرة وتراكم المواد الصلبة الذائبة.

أما عند مرحلة النضج فتبلغ الحرارة المثلى ذروتها (20–32°م نهارا)، وهو مؤشر واضح على أن العمليات الكيميائية المسؤولة عن تلون الثمار وتراكم السكريات والأحماض العضوية تتسارع في الأجواء الدافئة، في حين تبقى درجات الليل معتدلة (15–17°م) للحفاظ على توازن التنفس وعدم استنزاف المواد المختزنة. ويكشف هذا التدرج العام أن الفارق الحراري بين الليل والنهار عنصر أساسي في تنظيم الإيقاع الفسيولوجي للنبات، إذ إن الليالي المعتدلة تسمح بترميم الأنسجة وتنظيم العمليات الحيوية، بينما يوفر النهار الدافئ الطاقة اللازمة للنمو.

جدول (3) المديات الحرارية (الليلية والنهارية) المثلى لمراحل النمو الفسيولوجي وتطور الثمار

اطوار النمو الخضري	درجة حرارة النهارم	درجة حرارة الليل م
الاسبوع الاول	9 – 10	5 – 7
الاسبوع الثاني	10 –12	7 –9
الاسبو ع الثالث	12 – 15	9 – 11
لغاية التزهير	15 – 18	11 – 14
طور التزهير	8 – 12	6 – 10
بعد التزهير	15 – 18	11 – 14
اثناء تكوين النواة الحجرية	12 – 15	9 – 11
بعد تكوين النواة الحجرية	16 – 19	12 – 15
عند النضج	20 – 32	15–17

المصدر: محمد مهدي العزوني، اساسيات زراعة واكثار اشجار الفاكهة، مطبعة الانجلو المصرية ،1961– 1962، ص 69.

ب– مجموع الاحتياجات الحرارية التراكمية (الوحدات الحرارية) اللازمة لنضج بعض أنواع الفاكهة

ان دراسة الاحتياجات التراكمية المقدار الفعلي من الطاقة الحرارية التي يمتصها النبات طوال فصل النمو للوصول إلى مرحلة النضج الفسيولوجي الكامل، وهذا يتيح للباحثة إمكانية المقارنة الدقيقة بين العرض الحراري للمنطقة والطلب الحيوي للمحصول. وتبرز فائدتها في تحديد أصناف الفاكهة القادرة على إتمام دورة حياتها بنجاح في البيئة المحلية، مما يقلل من مخاطر زراعة محاصيل قد لا تجد كفايتها الحرارية اللازمة للجودة والتسويق (غانم، 2010، ص164).

وبتحليل البيانات الواردة في الجدول (4) يتضح ان نضج محاصيل الفاكهة لا يعتمد على درجة حرارة آنية أو ظرف مناخي مؤقت، بل يرتبط بمفهوم الحرارة المتجمعة أو الوحدات الحرارية التراكمية، وهي مجموع ما يتلقاه النبات من حرارة فعالة خلال الموسم حتى يصل إلى مرحلة النضج. وتكشف القيم الواردة عن تباين واضح بين الأنواع، يعكس اختلاف أصولها البيئية وطبيعة دوراتها الفسيولوجية. فالنخيل والرمان يحتاجان إلى أعلى مجموع حراري (5000–6000°م)، وهو دليل على أنهما من محاصيل المناخ الحار طويل الموسم، إذ تتطلب ثمارهما فترة نمو ممتدة تسمح بتراكم السكريات وتطور الأنسجة حتى تكتمل صفات الجودة. وفي المقابل هناك محاصيل مثل التفاح والمشمش واللوزيات تقع ضمن الحدود المنخفضة (2000–3000°م)، ما يدل على أنها محاصيل أقصر موسما وأكثر تكيفا مع البيئات المعتدلة أو شبه الباردة، حيث تنضج ثمارها ضمن مجموع حراري أقل.

وتقع مجموعة ثالثة في نطاق متوسط (3000–4000°م) مثل الزيتون والكمثرى والتين والخوخ والعنب والإجاص، وهي تمثل محاصيل انتقالية من حيث المتطلبات الحرارية، إذ تحتاج إلى صيف معتدل إلى دافئ دون أن تبلغ حد الحرارة الشديدة. ويشير هذا التدرج إلى علاقة طردية عامة بين طول الدورة الإنتاجية للنبات ومقدار الحرارة المتجمعة اللازمة لنضجه، فكلما طال الموسم وازدادت العمليات الحيوية المرتبطة بتكوين المادة الجافة والسكريات والزيوت، ارتفعت الحاجة إلى مجموع حراري أكبر. كما يبرز الجدول أن الأنواع ذات الاحتياجات الحرارية المرتفعة تكون أكثر حساسية لنقص الحرارة من حساسيتها لزيادتها، بينما الأنواع منخفضة الاحتياج قد تتضرر من الحرارة العالية التي تسرع النضج قبل اكتمال النمو.

جدول (4) مجموع الاحتياجات الحرارية التراكمية (الوحدات الحرارية) اللازمة لنضج بعض أنواع الفاكهة في منطقة البحث

نوع الفاكهة	الحرارةالمتجمعة م
النخيل	5000-6000
الحمضيات	2000- 4000
الزيتون	3000-4000
التفاح	2000-3000
الكمثرى	3000- 4000
الرمان	5000- 6000
التين	3000-4000
المشمش	2000-3000
الخوخ	3000 – 4000
العنب	00 29-3400
الاجاص	3000-4000
اللوزيات	2000-3000

المصدر بالاعتماد على :-

1- خلف شلال مرعي، التباين المكاني لاشجار الفاكهة وامكانية تنمية زراعتها في العراق، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية الاداب، جامعة بغداد، 1980، ص101.

2 – ابراهيم حسن محمد السعيدي، زراعة وانتاج الكروم، جامعة الموصل،1982، ص266.

المبحث الثالث: الاستجابة الفسيولوجية للإشعاع والشدة الضوئية

إذا كانت الحرارة هي المحرك الفسيولوجي للنمو، فإن الإشعاع الشمسي هو المصدر الأساس للطاقة والموجه النوعي للعمليات الحيوية داخل أشجار الفاكهة. ولا يتوقف تأثير الضوء عند حدود الشدة أو ساعات الإضاءة ، بل يمتد ليشمل النوعية الطيفية للأشعة الواصلة إلى الأنسجة النباتية؛ حيث تستجيب الأشجار بشكل متباين للأطوال الموجية المختلفة بالميكرون. فبينما تعمل نطاقات طيفية محددة على تحفيز عملية التمثيل الضوئي وبناء الكربوهيدرات، تؤدي نطاقات أخرى دورا تنظيميا في استطالة الخلايا، وتلوين الثمار، وتشكيل البنية الدفاعية للأوراق. لذا يهدف هذا المبحث إلى تحليل الاستجابة الفسيولوجية للأشجار تجاه الأطوال الموجية المختلفة، ودور الإشعاع في تحديد الصفات النوعية والجودة النهائية للمحصول، وصولا إلى فهم كيفية تأثير التباين الفلكي في طول النهار على الإنتاجية الكلية للأشجار.

أ- الاستجابة الفسيولوجية لأجزاء النبات تبعا لاختلاف الأطوال الموجية للأشعة الشمسية (بالميكرون)

توضح دراسة هذه الاستجابة الآلية الفيزيائية التي يتفاعل من خلالها النبات مع مكونات الإشعاع الشمسي، إذ تمكن من فهم دور كل طول موجي في عمليات التمثيل الضوئي، واستطالة الخلايا، وتكوين الصبغات النباتية. وتكمن فائدتها في تحديد جودة الضوء اللازمة لتحسين كفاءة الإنتاج الزراعي، وتفسير التباين في نمو الأشجار وتطور ثمارها بناء على نوعية الأشعة الواصلة لسطح الأرض في مناطق جغرافية مختلفة (عبد الحكيم، 2003، ص77). يظهر من تحليل محتويات الجدول (5) أن استجابة النبات للإشعاع الشمسي ليست استجابة عامة للضوء بوصفه طاقة واحدة، بل هي استجابة نوعية يعتمد على طول الموجة، أي على نوع الإشعاع ضمن الطيف الشمسي، وهو

ما يعكس الطبيعة الانتقائية للعمليات الفسيولوجية داخل النبات. فالأمواج الأطول من 1 ميكرون هي الواقعة في نطاق الأشعة تحت الحمراء، ولا تؤدي دورا مباشرا في النشاط الحيوي للنبات، إذ تمتص أساسا على شكل حرارة تسهم في رفع درجة حرارة الأنسجة دون المشاركة في التفاعلات البايوكيميائية. وهذا يوضح أن تأثير الحرارة الضوئية يختلف عن تأثير الضوء الفعلي المسؤول عن البناء الضوئي والتنظيم الفسيولوجي.

أما النطاق الممتد من 1 – 0.72 ميكرون فيرتبط بعمليات النمو والتنظيم الحيوي مثل استطالة النبات وإنبات البذور وتحديد الأزهار وتكوين الثمار، ما يدل على أن هذا الجزء من الطيف يؤثر في الأنظمة الهرمونية النباتية وآليات الاستجابة الضوئية التي تتحكم في شكل النبات وتوقيته الفينولوجي. ويبرز النطاقان من 0.72–0.61 ومن 0.51–0.40 ميكرون بوصفهما الأكثر أهمية لعملية التمثيل الضوئي، إذ تشير البيانات إلى أن الامتصاص يكون قويا فيهما بسبب توافق أطوال موجاتهما مع أطياف امتصاص صبغة الكلوروفيل، ولذلك ترتفع فيهما كفاءة إنتاج الطاقة الكيميائية اللازمة للنمو. أما المدى من 0.61–0.51 ميكرون فيظهر تأثيرا أضعف، وهو ما يعكس انخفاض قدرة الصبغات النباتية على امتصاص هذا الجزء من الطيف مقارنة بغيره.

وفي الأطوال الأقصر من 0.40 ميكرون، أي ضمن نطاق الأشعة فوق البنفسجية، تتغير طبيعة التأثير من تنشيط النمو إلى إحداث استجابات وقائية، إذ يؤدي هذا الإشعاع إلى قصر النبات وزيادة سمك الأوراق، وهي استجابات دفاعية تقلل من الضرر الإشعاعي. وعندما تنخفض الأطوال الموجية أكثر إلى نطاق 0.315–0.28 ميكرون تصبح عاملا محددا لوجود معظم النباتات، لأن شدتها العالية قد تعطل العمليات الحيوية الحساسة، بينما يؤدي التعرض لأطوال أقل من 0.28 ميكرون إلى موت النبات سريعا نتيجة التلف المباشر للأنسجة والمواد الوراثية.

ومن خلال التحليل العام يتضح أن الطيف الضوئي المناسب للنبات يتركز في نطاق محدد يعرف بالطيف الفعال ضوئيا، وهو الجزء الذي تستفيد منه النباتات في البناء الضوئي والنمو، بينما تتحول بقية الأطوال الموجية إلى عوامل حرارية أو ضارة. وتبرز أهمية هذه المعطيات في التطبيقات الزراعية الحديثة مثل البيوت المحمية والإضاءة الاصطناعية، حيث يمكن التحكم في نوع الضوء الموجه للنبات لتحسين النمو أو تسريع الإزهار أو زيادة الإنتاج. كما تساعد هذه القيم في تفسير التباين في نمو النباتات بين المناطق المختلفة، إذ إن اختلاف زاوية سقوط الشمس وسمك الغلاف الجوي يؤثر في توزيع الأطوال الموجية الواصلة إلى سطح الأرض. وبذلك أن الضوء ليس مجرد عامل مناخي عام، بل عنصر نوعي دقيق التأثير يحدد شكل النبات وكفاءته الإنتاجية وحدود انتشاره البيئي، الأمر الذي يجعل فهم خصائصه الطيفية أساسا علميا في الدراسات الزراعية والمناخية.

جدول (5) الاستجابة الفسيولوجية لأجزاء النبات تبعا لاختلاف الأطوال الموجية للأشعة الشمسية (بالميكرون)

طول الموجة بالميكرون	التـــــــــــاثير
أطول من 1	ليس لها تأثير في نشاط النبات بل تمتص لتتحول إلى حرارة دون التدخل في التفاعلات البايوكيمياوية داخل النبات .
1–0.72	استطالة النبات ، إنبات البذور ، تحديد الأزهار وتكوين الثمار .
0.72–0.61	تسبب تمثيلا ضوئيا كبيرا .
0.61–0.51	ذات تأثير ضعيف في عملية التمثيل الضوئي .
0.51–0.40	تمتص بشدة من قبل حبيبات الكلوروفيل وتسبب تمثيلا ضوئيا عاليا .
0.40–0.315	قصر النبات ، زيادة سمك الأوراق .
0.315–0.28	محددة لوجود معظم النباتات .
اقصر من 0.28	تقتل النباتات بسرعة .

المصدر/ حميد رجب عبد الحكيم ، المناخ وتأثير هـ على زراعة المحاصيل في العراق ، أطروحة دكتوراه ، كلية الآداب ، جامعة بغداد ،2003 ، ص77.

ب- التباين الفلكي لأقصى طول للنهار (بالساعة) حسب دوائر العرض خلال الانقلاب الصيفي (21 حزيران)

تحدد دراسة هذا التباين الفلكي المقدار الزمني المتاح لتعرض الأشجار للإشعاع الشمسي، مما يسمح بفهم القدرة الإنتاجية للمناطق الزراعية وفقا لموقعها من دوائر العرض، وتكمن فائدتها في تقدير كمية الطاقة الضوئية التراكمية اللازمة لعمليات التمثيل الضوئي ونضج الثمار وتراكم السكريات فيها، كما تفسر التباين المكاني في مواعيد الحصاد واختلاف جودة المحاصيل بين الأقاليم الجغرافية خلال فصل النمو الصيفي (شرف، 1967، ص512).

يظهر من تحليل بيانات الجدول (6) التباين الفلكي لأقصى طول للنهار وفقا لدوائر العرض المختلفة خلال الانقلاب الصيفي في يوم 21 يوليو، وهو يعكس العلاقة المباشرة بين موقع المنطقة على سطح الأرض وزاوية سقوط الشمس، وبالتالي مدة الإضاءة اليومية التي تصل إليها النباتات والكائنات الحية الأخرى. عند خط الاستواء (صفر درجة)، يبلغ طول النهار نحو 12 ساعة، وهو تقريبا ثابت طوال العام، ما يشير إلى استقرار الظروف الضوئية، وبالتالي انتظام الإيقاعات الفسيولوجية للنباتات والحيوانات. ومع الابتعاد عن خط الاستواء خطوط العرض الأعلى، يزداد طول النهار بشكل ملحوظ، فمثلا عند دائرة عرض 54° يصبح النهار 15 ساعة، وعند 56° و57° يصل إلى 20 و24 ساعة تقريبا، بينما عند الدائرة القطبية الشمالية يمتد النهار إلى أسابيع وأشهر متواصلة، ما يعرف بظاهرة شمس منتصف الليل.

هذا التباين الفلكي للنهار له تأثير بالغ على العمليات الفسيولوجية للنباتات، إذ يعتمد البناء الضوئي وتراكم المواد العضوية على فترة الإضاءة. فالنباتات في المناطق القريبة من خط الاستواء تتعرض لفترات ضوئية قصيرة وثابتة، مما يجعلها أكثر انتظاما في النمو والإزهار، بينما النباتات في المناطق العليا تتأثير بفترات ضوئية طويلة خلال فصل الصيف، ما يؤدي إلى زيادة النشاط الضوئي وتسريع النمو، لكنه قد يفرض ضغطا على آليات التنفس الليلية بسبب قصر الليل أو انعدامه، وهو ما يحتاج للنباتات لتطوير استراتيجيات تكيفية مثل تعديل إيقاعات الساعة البيولوجية وإنتاج مضادات الأكسدة للتعامل مع الضوء المستمر.

ويفسر الاختلافات الموسمية في نمو وإنتاجية النباتات بين المناطق، إذ يزداد إنتاج المحاصيل طويلة النهار في خطوط العرض العليا خلال فصل الصيف مقارنة بخطوط العرض المعتدلة أو الاستوائية، بينما يعتمد بعض الاشجار قصيرة النهار على طول النهار القصير لتحفيز الإزهار. ومن الناحية التطبيقية، يعد فهم طول النهار المرتبط بخطوط العرض أساسيا لتخطيط الزراعة وانتقاء الأصناف الملائمة لكل منطقة، وتقدير توقيت الزراعة والإزهار والحصاد بما يتوافق مع طول النهار، وهو ما يضمن أقصى استفادة من الإضاءة الطبيعية وتحقيق إنتاجية مستقرة.

أن طول النهار ليس فقط ظاهرة فلكية، بل عامل بيئي رئيسي يحدد الإيقاع الحيوي للنباتات ويؤثر مباشرة على نموها وإنتاجها، ويشكل قاعدة علمية لتفسير التباين الجغرافي في الزراعة والتخطيط البيئي للمحاصيل.

(جدول (6): التباين الفلكي لأقصى طول للنهار (بالساعة) حسب دوائر العرض خلال الانقلاب الصيفي (21 حزيران

دائرة العرض	صفر	$^{5}41$	$^{5}63$	$^{5}66$	$^{5}67$	$^{5}78$	$^{5}90$
اقصى طول نهار	12 ساعة	15ساعة	20ساعة	24ساعة	شهر	4اشهر	6اشهر

المصدر: عبدالعزيز طريح شرف، الجغرافية المناخية والنباتية، ط4، الاسكندرية، مكتبة الانكلوالمصرية،1967، ص512

النتائج

1. أثبتت الدراسة أن نجاح إنتاج أشجار الفاكهة ليس عشوائيا، بل يرتبط ارتباطا شرطيا بمدى التوافق بين الخصائص المناخية السائدة والاحتياجات الفسيولوجية الدقيقة للأشجار.
2. كشفت النتائج أن لكل طور نمو (خضري، تزهير، نضج) مديات حرارية تخصصية مثلى لا يمكن تجاوزها دون حدوث اضطرابات فسيولوجية تؤثر على جودة المحصول.
3. أظهر التحليل الكمي تباين النطاقات الحرارية اللازمة لنضج الثمار حسب النوع:

تحتاج أشجار **النخيل والرمان** إلى طاقة حرارية تراكمية عالية تتراوح بين **5000–6000°م**.

تكتفي أشجار **اللوزيات والتفاح** بمديات حرارية أقل تتراوح بين **2000–3000°م**.

4. **أثبت** البحث أن الفارق الحراري بين الليل والنهار هو المنظم الأساسي للتوازن بين عمليتي التمثيل الضوئي (بناء الطاقة) والتنفس (هدم الطاقة).
5. تبين أن درجات حرارة الليل المعتدلة (**15–17°م**) أثناء طور النضج ضرورية لمنع استنزاف المواد السكرية المختزنة والحفاظ على جودة الثمار.
6. أثبتت الدراسة أن النشاط الفسيولوجي العالي والتمثيل الضوئي يتركز في أطوال موجية محددة هي:

النطاق المحصور بين **0.61–0.72** ميكرون والنطاق المحصور بين **0.40–0.51** ميكرون.

تعمل الموجات الضوئية الأقصر كعوامل وقائية تؤدي إلى قصر النبات وزيادة سمك الأوراق لحماية الأنسجة.

7. كشفت النتائج أن طول النهار (المرتبط بدوائر العرض) يؤثر مباشرة على الإيقاع الحيوي للنبات، حيث يزداد النشاط الضوئي وتسريع معدلات النمو في خطوط العرض التي تشهد ساعات إضاءة أطول

التوصيات

1. ضرورة الاعتماد على خرائط دقيقة للملاءمة المناخية عند التوسع في المشاريع الزراعية، لضمان التوافق بين خصائص المنطقة والاحتياجات الفسيولوجية للأشجار.
2. يجب مطابقة العرض الحراري المتوفر في المناطق الجغرافية مع الطلب الحيوي للمحاصيل قبل البدء بعمليات الزراعة لضمان نجاح الإنتاج.
3. اعتماد حساب الوحدات الحرارية التراكمية (CHUs) كمؤشر علمي للتنبؤ بمواعيد النضج الدقيقة وتحديد جودة الثمار المتوقعة.
4. التأكيد على مراعاة التباين في طول النهار (الفترة الضوئية) عند استيراد أصناف جديدة، لضمان توافق ساعتها البيولوجية مع البيئة المحلية الجديدة.
5. اختيار أصناف الفاكهة التي يتناسب رصيدها الحراري المطلوب مع الوحدات الحرارية المتجمعة في المنطقة، لضمان إتمام دورة حياتها الفسيولوجية بنجاح.
6. ضرورة توفير قاعدة بيانات علمية دقيقة تدعم التخطيط الزراعي المستدام وتساعد في مواجهة تحديات التغير المناخي.
7. توفير بيئة نمو معيارية تضمن نجاح عمليات التزهير وعقد الثمار، مما يرفع من جودة المحصول ويحد من فشل الإنتاج في البيئات غير المتوافقة مناخيا

المقترحات

1. إجراء بحوث مستفيضة ومعمقة حول أثر التغيرات المناخية الحالية في إزاحة النطاقات الحرارية المثلى لأشجار الفاكهة عن مواقعها التقليدية.
2. دراسة إمكانية استخدام تقنيات التظليل النوعي للتحكم في الأطوال الموجية الواصلة للأشجار، بهدف تحسين كفاءة التمثيل الضوئي خاصة في المناطق ذات الإشعاع الشمسي الكثيف.
3. العمل على بناء قاعدة بيانات علمية رقمية متكاملة تربط بين المتغيرات المناخية والفسيولوجية لدعم التخطيط الزراعي المستدام.
4. التوسع في دراسة الاستراتيجيات التكيفية التي تطورها الأشجار للتعامل مع الإضاءة المستمرة أو الحرارة المرتفعة، مثل إنتاج مضادات الأكسدة وتعديل إيقاعات الساعة البيولوجية.
5. دراسة تأثير التحكم في جودة الضوء (الأطوال الموجية) داخل البيوت المحمية لتسريع عمليات الإزهار وزيادة الإنتاجية.

قائمة المصادر والمراجع

1. أبو لغد، إبراهيم. (1990). الفسيولوجيا البيئية لأشجار الفاكهة متساقطة الأوراق: دراسة في الاحتياجات الحرارية والبرودة. (دراسة علمية متخصصة)، جامعة الموصل، العراق.
2. التميمي، جبار حسن، ويوسف، حنا يوسف. (1980). *إنتاج الفاكهة النفضية*، جامعة البصرة، كلية الزراعة، البصرة.
3. الخفاجي، مكي علوان، وآخرون. (1990). *الفاكهة المستديمة الخضرة*، مطبعة التعليم العالي والبحث العلمي، بغداد.
4. السعيدي، إبراهيم حسن محمد. (1982). *زراعة وإنتاج الكروم*، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، الموصل.
5. شرف، عبد العزيز طريح. (1967). *الجغرافيا المناخية والنباتية*. ط4، مكتبة الأنجلو المصرية، الإسكندرية.
6. العزوني، محمد مهدي. (1961). *أساسيات زراعة وإكثار أشجار الفاكهة*، مطبعة الأنجلو المصرية، القاهرة.
7. غانم، علي أحمد. (2010). *المناخ التطبيقي*، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان.
8. يوسف، حنا يوسف. (1982). *إنتاج الفاكهة النفضية*، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، الموصل.
9. عبد الحكيم، حميد رجب. (2003). *المناخ وتأثيره على زراعة المحاصيل في العراق*، أطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بغداد.
10. مرعي، خلف شلال. (1980). *التباين المكاني لأشجار الفاكهة وإمكانية تنمية زراعتها في العراق*، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا كلية الآداب، جامعة بغداد.
11. خليل، محمد. (1985). أثر الوحدات الحرارية التراكمية على نضج ثمار الفاكهة. مجلة العلوم الزراعية، المجلد (12)، العدد (2)، ص45–62. جامعة بغداد، كلية الزراعة، العراق.
12. عبد الله، علي. (2010). أثر طول الفترة الضوئية على النظم البيئية الزراعية، مجلة الدراسات الجغرافية، المجلد (5)، العدد (9)، ص112–135. جامعة البصرة، كلية الآداب، العراق.
13. مرعي، مخلف شلال. (1994). التوزيع الجغرافي لأشجار الفاكهة في محافظة نينوى. *مجلة التربية والعلم*، جامعة الموصل، المجلد (1)، العدد (14).
14. سعيد، أحمد. (1982). أساسيات الإشعاع الشمسي في البيئة النباتية. (د. ن)، الموصل: دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق.