مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
journal@fezzanu.edu.ly

تقييم أثر تغير درجة الحرارة على الحرارة المتجمعة لأشجار البرتقال في منطقة الزاوية للفترة (1961–2050).

* أسمهان علي عثمان[1] إيمان أبوالقاسم شلغوم[1] أحمد حسن أبوشعالة[2]
[1]قسم الجغرافيا –كلية الآداب – جامعة الزاوية
[2]قسم الجغرافيا– كلية التربية – جامعة المرقب

الملخص

تهدف الدراسة إلى التنبؤ بالتغيرات المستقبلية في متوسط درجة الحرارة بمنطقة الزاوية خلال الفترة (2021–2050)، بالاعتماد على بيانات درجات الحرارة الصغرى والعظمى لفترة الأساس (1961–1990)، باستخدام نموذج التصغير الإحصائي للبيانات المناخية .(Statistical Downscaling Model – SDSM) وقد استندت الدراسة إلى سيناريوهات التغير المناخي (A2a) و (B2a)الواردة في التقرير الخاص بسيناريوهات الانبعاثات (SRES)، الصادر عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) عام 2000 التي تُستخدم لتقدير التغيرات المناخية المستقبلية في ظل مسارات مختلفة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

كما تهدف الدراسة إلى تحليل التغيرات في درجات الحرارة خلال ثلاث فترات زمنية هي: (1961–1990)، و(1991–2020)، و(2021–2050)، وتقييم أثر هذه التغيرات في الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال بمنطقة الزاوية، مع التنبؤ بالتغيرات المحتملة في مدة ومراحل نموها في ظل الظروف المناخية المستقبلية.

أظهرت النتائج وجود تباين في معدلات الارتفاع والانخفاض في درجات الحرارة الشهرية خلال الفترة المستقبلية (2021–2050) مقارنة بفترتي الدراسة السابقتين (1961–1990) و(1991–2020). مما تنعكس هذه التغيرات على كمية الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال، مما قد يؤدي إلى تغير في مواعيد الزراعة ومراحل النمو، ويؤثر في كمية الإنتاج وجودته خلال الفترة المستقبلية، وتكتسب هذه النتائج أهمية خاصة بالنظر إلى أن محصول البرتقال يُعد من أهم المحاصيل الزراعية ومورِدًا اقتصاديًا رئيسيًا في منطقة الزاوية، الأمر الذي يستدعي تبني إجراءات تكيفية للحد من الآثار المحتملة للتغيرات المناخية على إنتاجه.

الكلمات المفتاحية: أشجار البرتقال- الحرارة المتجمعة– درجة الحرارة– صفر النمو– SDSM.

The impact of temperature change on orange tree accumulation in the Zawiya region (1961–2050).

*Asmahan Ali Ohman[1] and Eman Abu AlQasim Shalom [1] and Ahmed Hassan Abu Shaala[3]
[1.] Department of Geography ،Faculty of Arts ، University of Zawia.
[2] Department of Geography، College of Education، Elmergib University

* المؤلف الرئيسي: عناوين البريد الإلكتروني a.almukhtar@zu.edu.ly
تاريخ استلام البحث 26يونيو 2026 استلام رد المحكمين 25 يوليو2026 تم قبوله 20أغسطس 2026 تاريخ النشر 26 أغسطس 2026
المحتوى الموجود في هذه المقالة متاح للجميع بموجب ترخيص المشاع الإبداعي CC BY-NC 4.0.

Abstract

The study aims to predict future changes in average temperatures in the Zawiya region for the period 2021–2050, based on minimum and maximum temperature data from the baseline period (1961–1990) and utilizing the Statistical Downscaling Model (SDSM). The study relies on the A2a and B2a climate change scenarios from the Special Report on Emissions Scenarios (SRES)—issued by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in 2000—which are used to estimate future climate changes under various greenhouse gas emission pathways.

The study also aims to analyze temperature changes across three time periods—(1961–1990), (1991–2020), and (2021–2050)—and to assess the impact of these changes on the accumulated heat required for orange tree growth in the Zawiya region, while predicting potential changes in the duration and stages of their growth under future climatic conditions.

The results reveal variations in the rates of monthly temperature increases and decreases during the future period (2021–2050) compared to the two previous study periods (1961–1990 and 1991–2020). These changes impact the accumulated heat required for orange tree growth, potentially altering planting schedules and growth stages, and affecting both production volume and quality in the future. These findings are particularly significant given that oranges are a vital agricultural crop and a key economic resource in the Zawiya region, necessitating the adoption of adaptive measures to mitigate the potential impacts of climate change on production.

Keywords: Orange trees - Accumulated heat - Temperature - Zero-growth temperature SDSM.

المقدمة:

يعد النشاط الزراعي من أكثر الأنشطة البشرية تأثراً بعناصر المناخ وتغيراته، فالمناخ سيد العوامل البيئية التي تؤثر في نمو وتطور النبات، [بدوي، 2007، ص120] لما له من تأثير مباشر على زراعة وإنتاج محاصيل الخضروات، وتحديد مواعيدها وأصنافها؛ إذ لكل محصول يحتاج إلى ظروف مناخية ينمو فيها، وخلاف ذلك يتعرض إلى الهلاك ومن ثم الموت [Said. 1981].

ويعد فهم مراحل نمو المحاصيل أمرًا بالغ الأهمية لتحسين إدارة المحاصيل، واختيار الأصناف، والتكيف مع تغيرات المناخ. باستخدام درجة الحرارة المتجمعة التي تعد مقياسًا بالغ الأهمية لفهم نمو النبات، إذ تُحدّد كمية الحرارة اللازمة لنمو المحاصيل خلال مراحلها المختلفة، وتُحسب وحدات درجات النمو بناءً على بيانات درجة الحرارة، مما يُتيح فهمًا أفضل الأوقات الزراعة المثلى، وإدارة المحاصيل، واستراتيجيات التكيف في ظل ظروف مناخية متغيرة [Estimatio].

تعتبر زراعة أشجار البرتقال بمنطقة الدراسة من أهم المحاصيل المزروعة فهي تتميز بسيادة نظام الزراعة الأسرية فيها، حيث تشير منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة [منظمة الأغذية والزراعة المتحدة، 2015، ص4] أن للزراعة الأسرية دور فعال في مجال التنمية الزراعية المستدامة، وهذا النظام من الممكن أن يكون ركيزة أساسية لتنمية زراعية مستدامة في حالة تطبيق الأساليب الحديثة للزراعة بالمنطقة.

حيث تعد درجة الحرارة من العناصر المناخية الرئيسة التي تؤثر على أشجار البرتقال، فهي عنصر يحدد التوزيع المكاني والزماني للمحاصيل ونموها ومستوي إنتاجها، ومدى سيادة درجات الحرارة المثلي لموسم النمو الزراعي، فلكل محصول درجة حرارة دنيا للنمو تعرف بصفر النمو بحيث يتوقف نمو النبات إذا هبطت إلى هذا الحد، أما إذا زادت درجة الحرارة بمعدلات تفوق مقدرة النبات على التحمل فالنبات يتوقف عن النمو بسبب توقف عملية التمثيل الضوئي، واستخدام النبات لكامل طاقته في عملية التبريد بسبب الحرارة المرتفعة، وبالتالي يتوقف النبات عن النمو، ولكل محصول حد مناسب للنمو تقع بين

الحدين المتطرفين الأدنى والأعلى للنمو [الشلش، 1984،ص5].بحيث لكل محصول قدرة معين من الحرارة، ولكي تكتمل هذه الدورة بحصول المحصول علي الحرارة خلال فترة النمو تسمي مجموع الوحدات الحرارية المكتسبة خلال موسم النمو للمحصول، في حين لم تكن عدد الوحدات الحرارية المتجمعة غير كافية فإنه ينمو نموا ضعيفا ومتأخرة النضج بحيث يؤثر علي فترة موسم النمو الزراعي للمحصول [شرف، 2007، ص115].

تُعد دراسة المناخ، ولا سيما عنصر درجة الحرارة، من الدراسات الأساسية التي تسهم في تحديد مواعيد زراعة المحاصيل الزراعية ومراحل نموها وإنتاجيتها. ونظرًا لأن أشجار البرتقال تتأثر بدرجة الحرارة بصورة مباشرة، فإن أي تغير في معدلاتها قد ينعكس على كمية الحرارة المتجمعة اللازمة للنمو، مما يؤثر في مواعيد الزراعة، ومراحل النمو، وفترة النضج، وكذلك كمية الإنتاج وجودته. ومن هذا المنطلق، تسعى الدراسة إلى التعرف على مدى التغير في درجات الحرارة بمنطقة الزاوية خلال فترات الدراسة، وتقييم أثر هذه التغيرات في كمية الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال.

أهمية الدراسة:

تبرز أهمية هذه الدراسة من خلال تناولها ربط التغيرات المناخية بالزراعة في الأقاليم الجافة وشبه الجافة، التي تنتمي إليها منطقة الزاوية، حيث تزداد الحاجة إلى تحسين الإنتاج الزراعي لمواكبة النمو السكاني المتسارع، كما تسهم الدراسة في تقدير التغيرات المستقبلية في درجات الحرارة، وتحديد أثرها في مواعيد الزراعة، ومراحل النمو، وفترة النضج والجني، من خلال تحليل التغير في كمية الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال.

وتكمن أهمية الدراسة أيضًا في أن محصول البرتقال يُعد من أهم المحاصيل الاقتصادية والرئيسة في الإنتاج الزراعي بمنطقة الزاوية، إذ يتأثر بصورة مباشرة بعناصر المناخ، ولا سيما درجة الحرارة، التي تُعد العامل المناخي الأكثر تأثيرًا في نمو الأشجار وإنتاجيتها وجودة ثمارها. ومن ثم فإن أي تغير في معدلات درجات الحرارة قد ينعكس على كمية الإنتاج وجودته، ويؤثر في الجدوى الاقتصادية لزراعة البرتقال؛ لما لذلك من آثار على النشاط الزراعي وسوق العمل في منطقة الدراسة.

اهداف الدراسة:

1- تحليل وقياس مقدار التغير في درجات الحرارة بمنطقة الزاوية خلال الفترات الثلاث: (1961–1990)، و(1991–2020)، و(2021–2050).

2- تقدير أثر التغير في درجات الحرارة على نمو أشجار البرتقال بمنطقة الزاوية، من خلال دراسة التغير في كمية الحرارة المتجمعة اللازمة للنمو، وانعكاس ذلك على مواعيد الزراعة، ومراحل النمو، وفترة النضج والجني، والإنتاجية خلال فترات الدراسة.

مشكلاتها:

1- هل حدث تغير في درجات الحرارة بمنطقة الزاوية خلال الفترات الثلاث (1961–1990)، و(1991–2020)، و(2021–2050)؟

2- ما أثر التغير في درجات الحرارة على كمية الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال بمنطقة الزاوية خلال الفترات الثلاث؟

فرضياتها:

1- تتجه درجات الحرارة في منطقة الزاوية إلى التغير خلال الفترتين (1991–2020) و(2021–2050) مقارنة بالفترة المرجعية (1961–1990).

2- ينعكس التغير في درجات الحرارة على كمية الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال، بما يؤثر في توقيت مراحل النمو والإنتاجية.

حدودها:

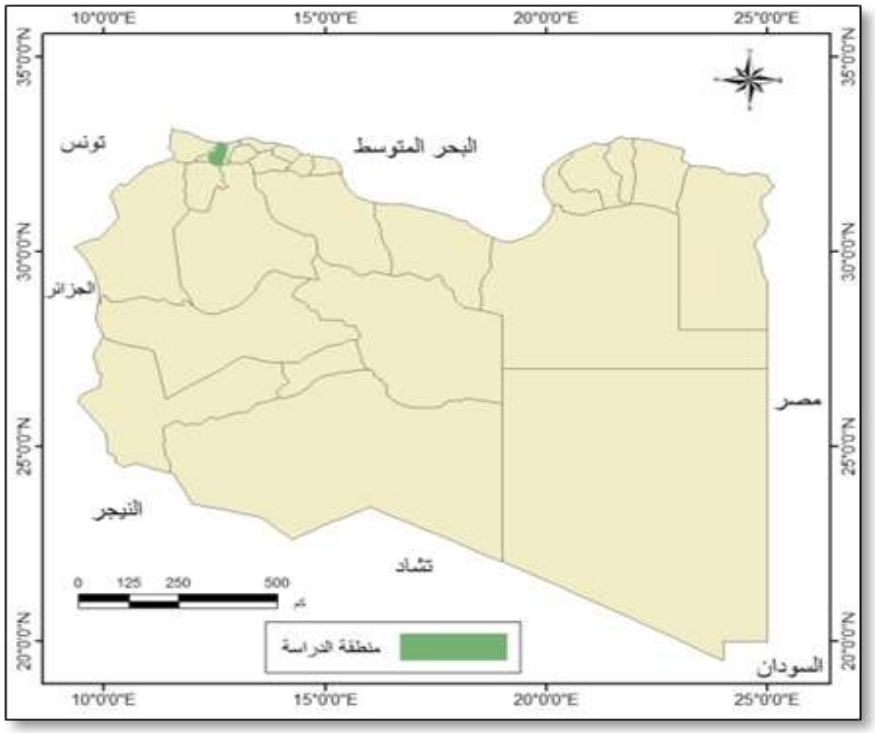
أولاً– الحدود المكية:

تقع منطقة الزاوية في شمال غرب ليبيا، ووسط إقليم سهل الجفارة الذي يغلب عليه الاستواء؛ وتتميز المنطقة بمعالم عمرانية وحضرية، كما يحيط بها غطاء نباتي في الأراضي الريفية المجاورة للمراكز العمرية، وتمتد بمحاذاة البحر المتوسط الذي يحدها من الشمال، أما من الشرق فتحدّها منطقة الجفارة، ومن الغرب منطقة صرمان وصبراتة ومن الجنوب المنحدرات الشمالية للجبل الغربي، وتتدرج في ارتفاعها كلما اتجهنا جنوبا ويصل ارتفاعها عند الساحل حوالي 15 مترا، بينما في جزئها الجنوبي يصل إلى 380 متر، وتبلغ مساحتها 1840 كم2 التي تمثل في مجملها نحو 10.2 % من مساحة السهل، ويبلغ امتدادها من منطقة جود دائم شرقاً إلى منطقة المطرد غرباً بمسافة تقدر بنحو 23 كم، وتمتد نحو الجنوب من ساحل البحر لمسافة تصل إلى 65 كم. وبحسب الإحداثيات الجغرافية تقع منطقة الدراسة بين خطي طول ً14 َ20 ْ12 – ً43 َ50 ْ12 شرقاً ودائرتي عرض ً17 َ12 ْ32 – ً57 َ47 ْ32 شمالاً[عثمان، 2023، ص7] ، كما هو مبين في الخريطة (1).

ثانياً: الحدود الزمنية.

اعتمدت هذه الدراسة على بيانات المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة المسجلة بمحطة أرصاد الزاوية خلال الفترة (1961–2020)، كما استندت إلى بيانات درجات الحرارة اليومية لفترة الأساس (1961–1990)، لاستخدامها في بناء نموذج التصغير الإحصائي (SDSM) للبيانات المناخية وإجراء النمذجة المناخية المستقبلية للفترة (2021–2050)، بهدف التنبؤ بالتغيرات المستقبلية في درجات الحرارة بمنطقة الزاوية وتقييم انعكاساتها على نمو أشجار البرتقال.

الخريطة (1) منطقة الدراسة.



المصدر: أسمهان علي المختار عثم، تحليل ونمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة (1961– 2099)، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، الزاوية، ليبيا، 2023 م، ص8.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة لمنطقة الزاوية للفترة (1961–1990)، لاستخدامها في عمليات النمذجة المستقبلية لتقييم آثار تغير المناخ باستخدام تقنية ((Statistical Downscaling Model (SDSM)، وبالاعتماد على سيناريوهات التغير المناخي ((A2a) (B2a))؛ وهي سيناريوهات معتمدة لدى الفريق المعني بالتغير المناخي IPCC في تقرير عرف باسم SRES في سنة 2000 لوضع توقعات للمناخ والبيئة بالاعتماد على غازات الاحتباس الحراري؛ وذلك بهدف التنبؤ بدرجات الحرارة خلال الفترة المستقبلية (2021–2050). وبعد ذلك، جرى تطبيق قرينة (مؤشر) الحرارة المتجمعة على الفترات الثلاث (1961–1990)، و(1991–2020)، و(2021–2050)، بهدف تقييم أثر التغير في درجات الحرارة على كمية الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال، وتحديد انعكاس ذلك على مراحل النمو، وفترة النضج، وإنتاجية المحصول في منطقة الزاوية.

المبحث الأول: التغير في درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة (1961 – 2050م).

تعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية تأثيرًا في البيئة، إذ ينعكس أي تغير في خصائصها بصورة مباشرة على الغطاء النباتي، سواء كان طبيعيًا أم زراعيًا، وتؤثر التغيرات في الخصائص الحرارية لأي منطقة في نمو المحاصيل الزراعية وإنتاجيتها وجودتها، نظرًا لاختلاف احتياجاتها الحرارية باختلاف فصول السنة؛ فبعض المحاصيل تُزرع خلال الفصل البارد، في حين تُزرع محاصيل أخرى خلال الفصل الدافئ، تبعًا لمتطلباتها الحراري، وتتميز منطقة الزاوية بتباين خصائصها الحرارية على مدار السنة، حيث يسودها فصل صيف حار وجاف، وفصل شتاء معتدل ورطب، وهو ما يجعل درجة الحرارة عاملًا رئيسيًا في تحديد أنواع المحاصيل الزراعية ومواعيد زراعتها ومراحل نموها. ومن ثم، فإن أي تغير في هذه الخصائص الحرارية قد ينعكس على الاحتياجات الحرارية للمحاصيل، ولا سيما أشجار البرتقال، مما يؤثر في مراحل نموها، وفترة نضجها، وكمية إنتاجها وجودته، الأمر الذي ينعكس بدوره على الإنتاج الزراعي في منطقة الدراسة.

ومن خلال الجدول (1) والشكل (1) تشير النتائج إلى وجود تغيرات واضحة في متوسط درجات الحرارة الشهرية في منطقة الدراسة خلال الفترات الزمنية الثلاث (1961–1990)، (1990–2020)، و(2021–2050)، وذلك اعتمادًا على مخرجات نموذج SDSM. وتُظهر النتائج تباينًا ملحوظًا في السلوك الحراري عبر الزمن، بما يعكس استجابة مناخ المنطقة للتغيرات المناخية المتوقعة.

ويُلاحظ أن الفترة المستقبلية (2021–2050) تغير في توزيع في الأنماط الحرارية الشهرية مقارنة بالفترة المرجعية (1961–1990)، حيث تسجل بعض أشهر الشتاء والربيع ارتفاعًا واضحا في متوسطات درجات الحرارة تتراوح بي (3–8 ^{0}م)، في حين تُظهر أشهر الخريف والصيف انخفاضًا وتذبذبًا في القيم مقارنة بمعدلات الفترة الأولى.

حيث تشير قيم الفارق الحراري بين الفترة الأولى والفترتين الثانية والثالثة يصل الى (–9 ^{0}م) في الخريف ويصل إلى (–8 ^{0}م) في الصيف مما يؤكد أن التغير المناخي لا يتجلى في زيادة أو نقصان منتظم لدرجات الحرارة، بل في تحول في النمط الفصلي وتذبذب التوزيع الحراري عبر أشهر السنة، وهو ما يعكس تغيرًا في الخصائص المناخية المحلية للمنطقة.

وتُعد هذه التغيرات ذات دلالة تطبيقية مهمة، إذ تؤثر مباشرة على التوازن الحراري الزراعي، وما يترتب عليه من تغير في كمية الوحدات الحرارية المتجمعة اللازمة لنمو أشجار البرتقال، وانعكاس ذلك على مواعيد النمو والإزهار والنضج، إضافة إلى تأثيره المحتمل في كمية الإنتاج وجودة الثمار بمنطقة الزاوية.

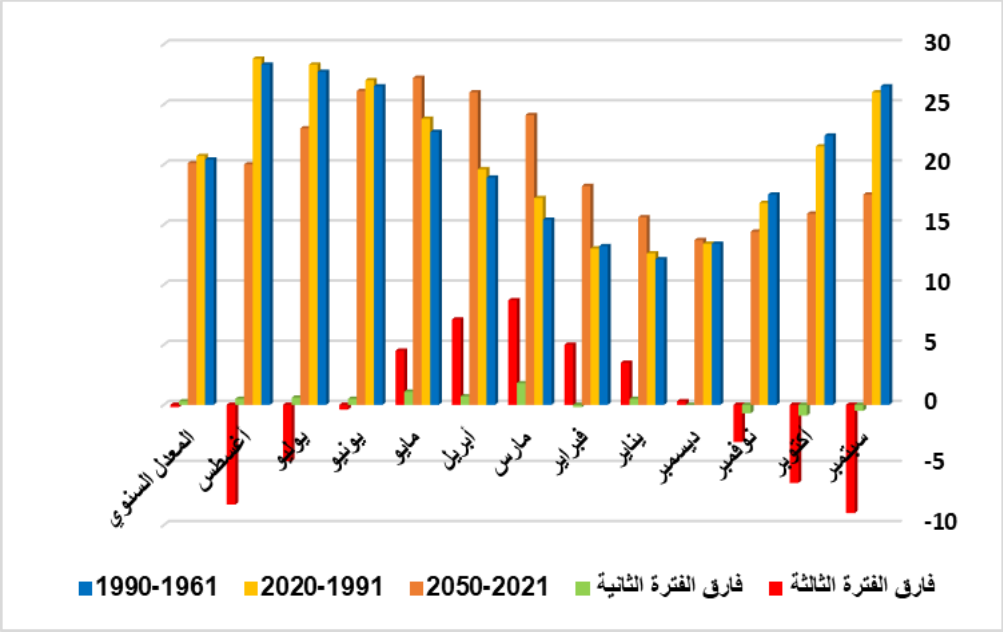
وبناءً على ذلك، تؤكد النتائج أن التغير المناخي المتوقع لا يقتصر على ارتفاع المتوسطات الحرارية فحسب، بل يمتد ليشمل إعادة تشكيل البنية الموسمية للحرارة، الأمر الذي يستدعي إدماجه في خطط التكيف الزراعي وإدارة الموارد الزراعية في المنطقة.

الجدول 1: متوسط درجات الحرارة الشهرية في منطقة الزاوية خلال الفترات (1961–1990)، و(1991–2020)، و(2021–2050)، ومقدار التغير مقارنة بفترة الأساس (1961–1990).

الحرارة / الاشهر	درجة الحرارة المتوسطة			الفارق في التغير عن الفترة الأولى	
	1961–1990	1991–2020	2021–2050	الفترة الثانية	الفترة الثالثة
سبتمبر	26.5	26.0	17.5	−0.5	−9
أكتوبر	22.4	21.5	15.9	−0.9	−6.5
نوفمبر	17.5	16.8	14.4	−0.7	−3.1
ديسمبر	13.4	13.4	13.7	0	0.3
يناير	12.1	12.6	15.6	0.5	3.5
فبراير	13.2	13.0	18.2	−0.2	5
مارس	15.4	17.2	24.1	1.8	8.7
أبريل	18.9	19.6	26.0	0.7	7.1
مايو	22.7	23.8	27.2	1.1	4.5
يونيو	26.5	27.0	26.1	0.5	−0.4
يوليو	27.7	28.3	23.0	0.6	−4.7
أغسطس	28.3	28.8	20.0	0.5	−8.3
المعدل السنوي	20.4	20.7	20.1	0.3	−0.2

المصدر: عمل الباحثون بالاعتماد على .SDSM

الشكل 1: التغير في درجات الحرارة في منطقة الزاوية خلال الفترة (1961 – 2050م) مع فارق التغير عن الفترة الأولى.



المصدر: عمل الباحثون بالاعتماد على الجدول 1.

المبحث الثي التغير في درجة الحرارة المتجمعة للفترة 1961 –2050.

درجة الحرارة المتجمعة: Accumulated Temperature:

لكل نبات يحتاج خلال فترة نموه ليصل إلى النضج إلى عدد معين من الوحدات الحرارية التي يجب تتجمع في مراحل نموه الجدول (2)، ويطلق على هذه الوحدات اسم الحرارة المتجمعة وهي: درجات الحرارة التي تتجمع خلال فصل النمو، وفوق الحد الأدنى لنمو النبات (صفر النمو). ويمكن تحسب الحرارة المتجمعة ليوم واحد أو لأسبوع أو شهر أو لأي فترة غير ذلك، أما الحرارة المتجمعة لفصل النمو فهي مجموع درجات الحرارة التي تتجمع في جميع الأشهر التي يشملها هذا الفصل، وعلى هذا الأساس ف كل نبات يحتاج لكي يتم حياته إلى عدد معين من الأيام وإلى عدد معين أيضًا من الوحدات الحرارية اليومية، ومعرفة مجموع الوحدات الحرارية اليومية تعد ضرورية لتحديد فترات النمو ومواعيد النضج والحصاد للمحاصيل المزروعة كما يمكن مساعدة المزارعين في تحديد مواعيد استخدام المبيدات الحشرية، وحساب الحرارة المتجمعة لفصل النمو له أهمية كبيرة في تحديد نوع المحاصيل التي يمكن زراعتها في اي منطقة [Li, X., Yang. 2023.p13]،

يتوقع تقرير التقييم الخامس الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) ارتفاعاً كبيراً في درجات الحرارة العالمية بطول نهاية القرن، مما سيؤدي إلى تفاقم الكوارث الطبيعية المتطرفة، وزيادة التحديات المتعلقة بالتكيف مع التغيرات في النظم البيئية، وضمان استقرار الإمدادات الغذائية، وتُعد مقاييس درجات الحرارة مثل درجات الحرارة المتجمعة بالغة الأهمية لفهم الظروف الحرارية التي تؤثر على نمو المحاصيل وأنظمة الزراعة؛ إذ تُعد دراسة التباينات في درجات الحرارة المتجمعة ركيزة أساسية لتعديل الهياكل الزراعية، وزراعة محاصيل جديدة، والوقاية من الكوارث التي قد تلحق بالمحاصيل [عجيل، 2022، ص 200]، ويمكن حساب درجات الحرارة المتراكمة من المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة، ومن الأشهر التي يزيد فيها المعدل عن صفر النمو، ويمكن حساب الحرارة المتراكمة باستخدام العلاقة التالية [غانم، 2010، ص160]:

ح ت = (ح − ح ن) × ن

حيث:

ح ت: درجات الحرارة المتراكمة.

ح: المتوسط الشهري لدرجات الحرارة.

ح ن: درجة البات (صفر النمو).

ن: عدد أيام الشهر.

الجدول 2: درجة الحرارة (م) الدنيا والمثلى والعظمى لبعض لمحصول البرتقال.

صفر النمو	درجة الحرارة الدنيا الضارة	درجة الحرارة المثلى	درجة الحرارة العظمى الضارة
12	4	30−15	49

المصدر: هيفاء نوري عيسى العنكوشي، علاقة الخصائص المناخية بزراعة المحاصيل الزراعية في محافظة النجف، رسالة ماجستير قدمت إلى مجلس كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، العراق، 2004، ص130.

تُعدُّ درجة الحرارة من أهم العوامل المناخية المؤثرة في زراعة الحمضيات، إذ تلعب دورًا رئيسيًا في تحديد نمو الأشجار، وموعد نضج الثمار، وجودتها، وإنتاجيتها. وبوجه عام، تحتاج أشجار الحمضيات إلى درجات حرارة معتدلة خلال مراحل النمو الخضري، بينما تتطلب درجات حرارة دافئة خلال فترة نمو الثمار ونضجها، ويتراوح المجال الحراري الملائم لنموها بين (12–30) درجة مئوية، في حين يتأثر نموها سلبًا عند انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من (5) درجات مئوية، كما أن

تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة جدًا، تقترب من (49) درجة مئوية، يؤدي إلى حدوث أضرار فسيولوجية قد تؤثر في الأشجار والثمار.

كما يسهم الارتفاع الشديد في درجات الحرارة خلال فصل الصيف في تسريع نضج الثمار؛ مما قد يؤدي إلى انخفاض وزنها وتراجع جودتها نتيجة زيادة معدلات فقدان الماء والتنفس، ويختلف تأثير الحرارة المرتفعة باختلاف مدة التعرض لها، ومرحلة نمو النبات، والظروف المناخية السائدة في المنطقة. لذلك، ينبغي مراعاة الاحتياجات الحرارية للأنواع والأصناف المختلفة من الحمضيات، إذ تختلف متطلباتها الحرارية تبعًا لخصائصها الوراثية.

وتتميز أصناف الحمضيات الشتوية، مثل البرتقال والجريب فروت، بحاجتها إلى درجات حرارة معتدلة إلى منخفضة نسبيًا خلال فترة نضج الثمار، إذ تسهم هذه الظروف في تحسين جودة الثمار، واكتسابها اللون المميز، وارتفاع محتواها من السكريات، مع الحفاظ على توازن الحموضة.

وتُعدُّ درجة الحرارة من أهم العوامل البيئية المؤثرة في إنتاج البرتقال، إذ يتطلب النبات نطاقًا حراريًا ملائمًا لضمان النمو والإنتاج بكفاءة، ويؤدي انخفاض درجات الحرارة إلى زيادة تعرض الأشجار للإجهاد، كما يهيئ الظروف الملائمة لانتشار بعض الأمراض الفطرية، مثل أعفان الثمار، فضلًا عن إبطاء عمليات النمو والتطور. وفي المقابل، فإن ارتفاع درجات الحرارة إلى مستويات مرتفعة جدًا يؤدي إلى زيادة معدلات النتح وفقدان الماء، مما يسبب احتراق الأوراق، وتلف الثمار، وانخفاض جودتها وإنتاجيتها، وقد يؤثر سلبًا في النمو العام للأشجار.

وبوجه عام، تُعد المناطق ذات المناخ المعتدل والظروف الحرارية المتوازنة من أنسب البيئات لزراعة الحمضيات، حيث تسهم في تحقيق التوازن بين درجات الحرارة والرطوبة، مما ينعكس إيجابًا على نمو الأشجار، وزيادة الإنتاج، وتحسين جودة الثمار. ولتحديد عدد الوحدات الحرارية في أي منطقة جغرافية، لا بد من دراسة طول موسم النمو، ونوع المحاصيل المزروعة، وإمكانية التوسع في زراعتها مستقبلًا، فضلًا عن تقدير مواعيد الزراعة والفترة الزمنية اللازمة لوصول النباتات إلى مرحلة النضج، وتُعد الوحدات الحرارية مؤشرًا مهمًا في التخطيط الزراعي، إذ تساعد على اختيار المحاصيل والأصناف الملائمة للظروف المناخية السائدة، والتنبؤ بمواعيد النمو والإنتاج، ونظرًا للتغيرات المناخية وما يصاحبها من تغير في درجات الحرارة، فإن قيم الوحدات الحرارية لم تعد ثابتة، بل أصبحت عرضة للتغير من عام إلى آخر، الأمر الذي يستوجب إعادة تقييمها بصورة دورية لضمان دقة التنبؤات الزراعية وتحسين كفاءة الإنتاج [الفضلي، 2008، ص5]. ويوضح الجدول (3) إجمالي الوحدات الحرارية المتراكمة اللازمة لنمو محصول البرتقال، ابتداءً من مرحلة التزهير حتى مرحلة نضج الثمار، حيث يحتاج البرتقال إلى ما يتراوح بين (1600–3900) وحدة حرارية، ويختلف هذا الاحتياج باختلاف الصنف والظروف المناخية السائدة خلال موسم النمو.

الجدول 3: الحدود الحرارية لمحصول البرتقال

المحصول	موسم التزهير	موسم النضج	درجة الحرارة المتجمعة
البرتقال	الربيع	الشتاء	1600–3900

المصدر: هشام داود صدقي بدوي. المناخ وأثره على محاصيل الفاكهة في محافظتي مطروح وأسيوط، (دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي)، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة طنطا، 2007، ص1.

تشتهر منطقة الزاوية بزراعة الحمضيات بمختلف أنواعها، ويُعد البرتقال من أهم المحاصيل البستانية المزروعة فيها، نظرًا لملاءمة الظروف المناخية والبيئية لإنتاجه، ويبدأ موسم تزهير أشجار البرتقال مع بداية فصل الربيع، عادةً خلال شهر مارس، بينما يبدأ موسم نضج الثمار وجنيها مع بداية فصل الشتاء، خلال شهر ديسمبر، مع اختلاف طفيف في مواعيد

النضج تبعًا للصنف والظروف المناخية السائدة، ومن أشهر أصناف البرتقال المزروعة في منطقة الزاوية: أبو سُرّة، والحسنة، والسكري، والكيني التي تتميز بتفاوتها في موعد النضج، وجودة الثمار، وخصائصها الإنتاجية.

يبين الجدول (4) والشكل (2)، التغير في الوحدات الحرارية المتراكمة اللازمة لنمو محصول البرتقال في منطقة الزاوية خلال الفترات (1961–1990)، و(1991–2020)، و(2021–2050)، وتوضح النتائج وجود تباين واضح في قيم الوحدات الحرارية بين أشهر السنة والفترات الزمنية المختلفة، بما يعكس تأثير التغيرات المناخية في النظام الحراري للمنطقة. بالنظر إلى المجموع الحراري السنوي المبين في الجدول (4) والشكل (2)، يتضح أنه بلغ (2783) وحدة حرارية خلال فترة الأساس (1961–1990)، ثم ارتفع إلى (2886) وحدة حرارية في الفترة الثانية (1991 – 2020)، قبل أن ينخفض إلى (2684) وحدة حرارية خلال الفترة المستقبلية (2021–2050)، وتشير هذه القيم إلى أن منطقة الزاوية ستظل ضمن النطاق الحراري الملائم لزراعة البرتقال، إذ تقع جميعها ضمن الاحتياجات الحرارية السنوية للمحصول التي تتراوح بين (1600–3900) وحدة حرارية، مما يؤكد استمرار ملاءمة الظروف الحرارية العامة للإنتاج. إلا أن الاعتماد على المجموع الحراري السنوي وحده لا يعكس بصورة دقيقة التأثيرات المتوقعة للتغيرات المناخية على النمو الفسيولوجي للبرتقال، إذ تكشف القيم الشهرية عن تغيرات واضحة في نمط توزيع الحرارة خلال السنة؛ فقد سجلت أشهر الربيع، ولا سيما مارس وأبريل، ارتفاعًا ملحوظًا في الوحدات الحرارية المتجمعة خلال الفترة المستقبلية، حيث ارتفع المجموع الحراري لشهر مارس من (80) إلى (351) وحدة حرارية، ولشهر آبريل من (184) إلى (397) وحدة حرارية، وهو ما يدل على تسارع تراكم الحرارة في بداية موسم النمو.

ومن الناحية المناخية، يُتوقع أن يؤدي هذا التسارع الحراري إلى تقديم مواعيد التزهير وعقد الثمار، واختصار المدة الزمنية اللازمة لاكتمال بعض المراحل الفينولوجية، الأمر الذي يزيد من احتمالية تعرض الأشجار للإجهاد الحراري والمائي خلال فترة تعد من أكثر مراحل النمو حساسية، كما أن الارتفاع السريع في درجات الحرارة قد ينعكس سلبًا على حجم الثمار وجودتها نتيجة تسارع عمليات النضج، واختلال التوازن بين تراكم السكريات والأحماض العضوية.

وفي المقابل، تشير النتائج إلى ارتفاع نسبي في الوحدات الحرارية خلال أشهر الشتاء، خاصة ديسمبر ويناير وفبراير، وهو ما قد يؤدي إلى انخفاض ساعات البرودة اللازمة لبعض العمليات الفسيولوجية المرتبطة بتطور الثمار واكتسابها اللون البرتقالي المميز؛ إذ إن ارتفاع درجات الحرارة الشتوية يحد من كفاءة تحلل الكلوروفيل وتكوين الأصباغ الكاروتينية، مما قد يؤثر في الجودة التسويقية للثمار رغم استمرار الإنتاج.

وعليه، فإن الخطر المناخي المتوقع لا يتمثل في نقص الاحتياجات الحرارية السنوية، وإنما في تغير توقيت توزيع الحرارة خلال الموسم الزراعي، وهو ما قد يؤدي إلى تغير المواعيد الفينولوجية للبرتقال، وزيادة تعرض الأشجار للإجهاد الحراري خلال مراحل التزهير والعقد، وانعكاس ذلك على كمية الإنتاج ونوعيته؛ لذلك تستدعي هذه النتائج إعادة النظر في برامج إدارة البساتين، من خلال تعديل مواعيد الري والتسميد بما يتوافق مع التغيرات الحرارية المتوقعة، واختيار أصناف أكثر قدرة على تحمل الإجهاد الحراري، مع تطبيق أساليب إدارة مائية أكثر كفاءة خلال أشهر الربيع، لضمان استدامة إنتاج البرتقال في منطقة الزاوية في ظل السيناريوهات المناخية المستقبلية.

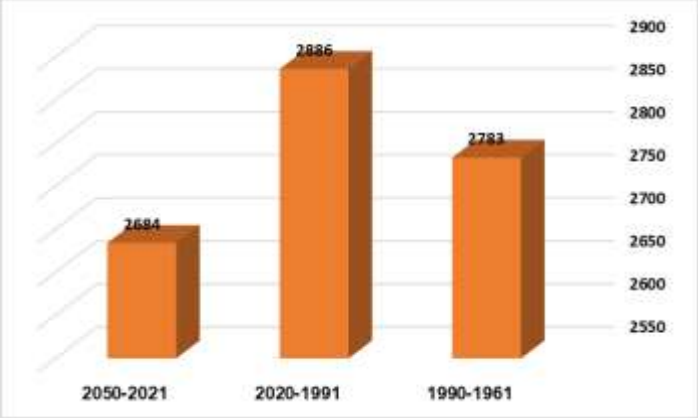
الجدول 4: التغير في درجات الحرارة المتجمعة لمحصول البرتقال في منطقة الزاوية خلال الفترة (1961 – 2050م).

الأشهر	1990-1961	2020-1991	2050-2021
سبتمبر	410	395	140
أكتوبر	298	270	97
نوفمبر	140	119	48

الأشهر	1990–1961	2020–1991	2050–2021
ديسمبر	17	18	29
يناير	−21	−6	86
فبراير	12	6	150
مارس	80	136	351
أبريل	184	205	397
مايو	308	340	447
يونيو	412	427	398
يوليو	461	481	317
أغسطس	482	495	224
السنوي	2783	2886	2684

المصدر: عمل الباحثون بالاعتماد على الجدول (1، 2).

الشكل 2: التغير في درجات الحرارة المتجمعة لمحصول البرتقال في منطقة الزاوية للفترة (1961 – 2050م).



المصدر: عمل الباحثون بالاعتماد على الجدول 4.

النتائج:

1- تظهر نتائج الفترة المستقبلية (2021–2050) تغيرًا واضحًا في التوزيع الموسمي للأنماط الحرارية الشهرية مقارنة بالفترة المرجعية (1961–1990)؛ حيث تسجل أشهر الشتاء والربيع ارتفاعًا ملحوظًا في متوسطات درجات الحرارة يتراوح بين (3–8 °م)، في حين تُظهر أشهر الخريف والصيف انخفاضًا وتذبذبًا في القيم الحرارية مقارنة بالفترة الأولى وهذا يتطابق مع دراسة (عثمان، 2023، ص354) أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى في فصلي الشتاء والربيع تتجه نحو الزيادة في متوسط درجة الحرارة مقارنة بفترة الأساس، كما أكدت على أن درجة الحرارة العظمى في فصلي الخريف والصيف ستشهد انخفاضا واضحا في الفترة المستقبلية، كما تشير فروق القيم الحرارية بين الفترتين الثانية والثالثة إلى انخفاض يصل إلى (−9 °م) في أشهر فصل الخريف و(−8 °م) في أشهر فصل الصيف، مما يؤكد أن التغير المناخي لا يتمثل في زيادة أو نقصان منتظم للحرارة، بل في إعادة تشكيل النمط الفصلي وتذبذب التوزيع الحراري عبر أشهر السنة.

2- أظهرت نتائج الدراسة أن المجموع الحراري السنوي في منطقة الزاوية بلغ (2783) وحدة حرارية خلال فترة الأساس، وارتفع إلى (2886) وحدة حرارية في الفترة الثانية، ثم انخفض إلى (2684) وحدة حرارية خلال الفترة المستقبلية (2021–

2050)، إلا أن جميع هذه القيم بقيت ضمن النطاق الحراري الملائم لزراعة البرتقال (1600–3900 وحدة حرارية)؛ مما يؤكد استمرار الملاءمة الحرارية العامة للمحصول.

3- بينت النتائج حدوث تغير واضح في التوزيع الشهري للحرارة المتجمعة، ولا سيما خلال أشهر الربيع (مارس–مايو)؛ حيث سجلت هذه الأشهر زيادة ملحوظة في الوحدات الحرارية خلال الفترة المستقبلية، مما يشير إلى احتمال تبكير مواعيد التزهير وعقد الثمار وتسارع المراحل الفينولوجية للبرتقال.

4- أوضحت الدراسة أن الارتفاع المتوقع في درجات الحرارة خلال فصل الربيع قد يؤدي إلى زيادة تعرض أشجار البرتقال للإجهاد الحراري والمائي، وهو ما قد ينعكس سلبًا على نمو الثمار، وحجمها، وجودتها نتيجة تسارع عمليات النضج واختلال التوازن الفسيولوجي للنبات.

5- كشفت النتائج أن الارتفاع النسبي في الوحدات الحرارية خلال أشهر الشتاء قد يؤثر في عمليات تلوين الثمار وجودتها التسويقية نتيجة انخفاض تأثير البرودة الشتوية، الأمر الذي يؤكد أن التحدي المستقبلي لا يتمثل في كمية الحرارة السنوية، وإنما في تغير نمط توزيعها الزماني خلال الموسم الزراعي.

6- تنذر النتائج إلى تسارع موسم نضج ثمار البرتقال، بحيث قد يقتصر موسم النضج مستقبلاً على شهر ديسمبر فقط؛ نتيجة حصول المحصول على وحداته الحرارية اللازمة للتزهير والنضج في فترة أقصر من السابق، مما قد يؤدي إلى انخفاض جودة الثمار أو التأثير على صلاحيتها.

التوصيات:

1- دعم المشاريع البحثية في مختلف المجالات، وخاصة الزراعية، نظرًا لأهميته الاستراتيجية في الحد من الخسائر الناتجة عن التغيرات المناخية.

2- استصلاح أراضٍ زراعية ذات قدرة أعلى على التكيف مع التغيرات المناخية، وإدخالها ضمن منظومة الإنتاج الزراعي.

3- توظيف التقنيات الحديثة، بما في ذلك الهندسة الوراثية، لاستنباط أصناف زراعية متأقلمة مع ارتفاع درجات الحرارة، وأقل استهلاكًا للمياه، وذات دورات نمو قصيرة، مع إنشاء بنك وراثي لحفظ وتحسين الأصول الوراثية النباتية.

4- إعادة تقييم التكيّف المكاني والزماني للمحاصيل وفقًا لملاءمة الظروف المناخية المستقبلية، وتحديد مواعيد الزراعة المناسبة لها.

5- ضرورة قيام وزارة الزراعة في الدولة الليبية بتوفير بيانات وإحصاءات دقيقة حول آثار التغيرات المناخية على القطاع الزراعي.

6- إنشاء برنامج وطني متخصص في بحوث التغيرات المناخية، بهدف تعزيز قدرة القطاع الزراعي على التكيف، مع التركيز على المناطق الزراعية الهشة والأكثر عرضة للتأثر.

قائمة المراجع

1- بدوي، هشام داود صدقي. (2007). المناخ وأثره على محاصيل الفاكهة في محافظتي مطروح وأسيوط: دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي (رسالة ماجستير غير منشورة). كلية الآداب، جامعة طنطا، ص120.

2- شرف، محمد إبراهيم محمد. (2007). جغرافية المناخ التطبيقي. دار المعرفة الجامعية.

3- عثمان، أسمهان علي المختار. (2023). تحليل ونمذجة درجات الحرارة في منطقة الزاوية للفترة (1961–2099) (رسالة دكتوراه غير منشورة). قسم الجغرافيا، جامعة الزاوية، ليبيا.

4- عثمان، أسمهان علي المختار. (2023). التباين في اتجاهات تغير درجة الحرارة العظمى على الساحل الليبي للفترة (1961–2099) باستخدام التقنيات المكانية. مجلة مداد الآداب، 13 (عدد خاص بمؤتمر قسم الجغرافيا)، 354.

5- الشلش، علي حسين. (1984). أثر الحرارة المتجمعة على نمو ونضج المحاصيل الزراعية في العراق. الجمعية الجغرافية الكويتية، ص61.

6- الفضلي، سعود عبد العزيز. (2008). المتطلبات الحرارية اللازمة لنمو المحاصيل الزراعية. جامعة البصرة، قسم الجغرافيا.

7- المنظور، وفاء موحان عجيل. (2022). المنظور الجغرافي للمناخ وأثره في زراعة وإنتاج الخضر الصيفية في محافظة القادسية. كلية الزراعة، جامعة القادسية، العراق، مجلد18، 2022، ص195.

8- غانم، علي أحمد. (2010). المناخ التطبيقي، دار المسيرة، عمّان، الأردن، مجلة أوروك للأبحاث الإنسانية، جامعة المثنى، العدد الأول، ص60.

9- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. (2015). منظمة الأغذية والزراعة وأهداف التنمية المستدامة السبعة عشر. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة.

10- Al-Sadi, S. M. S. (1981). Agricultural development of the Upper Euphrates Region of Iraq: Description, analysis and policy (Unpublished doctoral dissertation). Victoria University of Manchester.

11- Estimation of Plant Development Stages for 11 Crops under Lithuanian Conditions Based on the Sum of Growing Degree Days (GDD). (2025). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.17376314

12- Li, X., Yang, Q., Bao, L., Li, G., Yu, J., & Yu, L. (2023). Temporal trends and future projections of accumulated temperature changes in China. Agronomy, 13(5), 1203. https://doi.org/10.3390/agronomy13051203

- الشكر والتقدير
- التمويل: نعم ☐ لا ☐
- تضارب المصالح: نعم ☐ لا ☐
- توافرالبيانات: نعم ☐ لا ☐
- مساهمات المؤلفين:

ت	اسم المؤلف وإيميلة و رابط منصة ORCID iD	تصور أوفكرة الدراسة	جمع أو المساهمة في جمع البيانات	المساهمة في الدراسات السابقة	وضع منهجية الدراسة	إجراء التحاليل (الجانب العملى)	تحليل البيانات	تفسير ومناقشة النتائج	المواقة على النسخة النهائية
1	أسمهان علي عثمان a.almukhtar@zu.edu.ly https://orcid.org/0009-0008-6906-7162								√
2	. إيمان أبوالقاسم شلغوم a.shaghoum@zu.edu.ly https://orcid.org/0009-0005-0402-2383								√
3	أحمد حسن أبوشعالة ahaboshaala@elmergib.edu.ly https://orcid.org/0009-0001-4556-1819								√