ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

Statistical Climatic Analysis of Minimum Temperature and Frost Days in Al-Hawija District

Mustafa Saad Abd
graduate student
Rafi' khudhair Ibrahim
Tikrit University College of Education for Human Sciences
* *Corresponding author: E-mail* : **ms٢٣٠٠٠٢٧ped@st.tu.edu.iq**

***Keywords*:**
Minimum temperature,
frost frequency,
climate change,
statistical analysis,
Hawija District .

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 3 Feb 2026
Received in revised form 25 Mar 2026
Accepted 27 Mar 2026
Final Proofreading 30 Sept 2026
Available online 30 Sept 2026
E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

A B S T R A C T

The research follows a logical sequence that begins from a general perspective and moves toward specific details. It starts by defining the geographical scope of Al-Hawija district and a time frame spanning three decades, then proceeds directly to the practical application by monitoring major thermal variables. The study proves a continuous, gradual increase in minimum temperatures attributed to the effects of global warming and climate change, which is particularly evident in Iraq. From this general rise, the researcher delves into the phenomenon of climatic fluctuation, explaining that despite the general warming of the atmosphere, thermal values have become more extreme and scattered, which accounts for the occurrence of sudden and severe cold waves.

Subsequently, the research explores the details of the frost phenomenon, analyzing it chronologically by confining it to the winter months, specifically January as the peak of this occurrence.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.33.9.1.2026.8

Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for Humanities Journal of Tikrit University for

التحليل المناخي الإحصائي لدرجة الحرارة الصغرى وأيام الصقيع في قضاء الحويجة

مصطفى سعد عبد/طالب دراسات عليا
رافع خضير ابراهيم/ جامعة تكريت/ كلية التربية للعلوم الانسانية

الخلاصة:

يعتمد البحث في هيكليته على تسلسل منطقي يبدأ من العام إلى الخاص، حيث يستهل الباحث دراسته بتحديد الإطار الجغرافي لقضاء الحويجة والزمني الممتد لثلاثة عقود، ثم ينتقل مباشرة إلى الجانب التطبيقي

من خلال رصد المتغيرات الحرارية الكبرى، حيث أثبتت الدراسة وجود ارتفاع تدريجي مستمر في درجات الحرارة الصغرى يعود إلى تأثيرات الاحتباس الحراري والتغير المناخي الذي يشهده العالم والعراق بشكل خاص، ومن هذا الارتفاع العام ينفذ الباحث إلى ظاهرة تذبذب المناخ، موضحاً أنه بالرغم من دفء الجو العام إلا أن القيم الحرارية أصبحت أكثر تطرفاً وتشتتاً، وهو ما يفسر حدوث موجات برد قاسية ومفاجئة.
بعد ذلك يتعمق البحث في تفاصيل ظاهرة الصقيع، فيقوم بتحليلها زمنياً من خلال حصرها في أشهر الشتاء وتحديداً شهر كانون الثاني كذروة لهذه الظاهرة، ثم ينتقل للتحليل النوعي عبر تقسيم الصقيع إلى فئات (خفيف، متوسط،
الكلمات المفتاحية: درجة الحرارة الصغرى، تكرار الصقيع، التغير المناخي، التحليل الاحصائي، قضاء الحويجة

المقدمة

يُعد تحليل درجة الحرارة الصغرى وأيام الصقيع أحد المرتكزات الأساسية لفهم ديناميكية التغيرات المناخية في البيئات الزراعية الهشة مثل قضاء الحويجة، الذي يعتمد بشكل واضح على استقرار الظروف الحرارية خلال فصلي الشتاء والربيع. ويهدف هذا الفصل إلى دراسة السلوك المناخي لدرجات الحرارة الصغرى وتحليل تكرار ظاهرة الصقيع وشدتها، فضلًا عن استكشاف التغيرات الزمنية في هذه الظواهر وتأثير التغير المناخي عليها خلال فترة الدراسة.

- **مشكلة البحث**

١ـ عدم وضوح طبيعة العلاقة بين الارتفاع العام في درجات الحرارة الصغرى الناتج عن التغير المناخي واستمرار تكرار وحدوث ظاهرة الصقيع في قضاء الحويجة .

٢ـ غياب دراسات مناخية تفصيلية توضح التغيرات الزمنية والمكانية لدرجات الحرارة الصغرى وأيام الصقيع في قضاء الحويجة بالاعتماد على بيانات طويلة الأمد .

٣ـ تزايد الآثار السلبية للصقيع على النشاط الزراعي في قضاء الحويجة في ظل ازدياد التذبذب وعدم الاستقرار الحراري الناتج عن التغير المناخي .

- **فرضية البحث**

١- توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين التغير المناخي وارتفاع الاتجاه العام لدرجات الحرارة الصغرى في قضاء الحويجة خلال مدة الدراسة (١٩٩٣- ٢٠٢٣) .

٢- على الرغم من ارتفاع المعدلات العامة لدرجات الحرارة الصغرى، فإن التغير المناخي أسهم في زيادة تذبذب القيم الحرارية وتطرفها، مما أدى إلى استمرار وتكرار ظاهرة الصقيع.

٣- يختلف تأثير التغير المناخي في درجات الحرارة الصغرى وتكرار أيام الصقيع مكانياً بين محطة الحويجة الافتراضية ومحطتي كركوك ومخمور تبعاً لاختلاف الخصائص الجغرافية

- **هداف البحث**

١- تحليل التغيرات الزمنية في درجات الحرارة الصغرى في قضاء الحويجة خلال مدة الدراسة (١٩٩٣–٢٠٢٣)

٢- تحديد اتجاهات التغير المناخي لدرجات الحرارة الصغرى باستخدام الأساليب الإحصائية وتحليل الاتجاه العام.

٣ - دراسة تكرار وحدّة ظاهرة الصقيع وعلاقتها بدرجات الحرارة الصغرى في منطقة الدراسة.

٤- بيان التباين المكاني لدرجات الحرارة الصغرى وأيام الصقيع بين محطة الحويجة الافتراضية ومحطتي كركوك ومخمور.

٥- توضيح أثر التغير المناخي في زيادة تطرف القيم الحرارية الصغرى وانعكاساته على النشاط الزراعي في قضاء الحويجة.

- **الدراسات السابقة**

١- هه له ت رشيد عبد الله (٢٠١٨)، تكرار موجات الحر والبرد في مدينة السليمانية، أظهرت الدراسة وجود علاقة طردية قوية بين النماذج الباردة والرطبة وزيادة تكرار الصقيع، حيث سجل النموذج البارد تأثيراً تصاعدياً بنسبة (٤٧%، ٥٩%، ٨١%) في المحطات الشمالية ومخمور والجنوبية تواليا، بينما تراوح تأثير النموذج الرطب بين (٣٣%، ٢٩%، ١٩%) لنفس المحطات. في المقابل، برز التأثير السلبي للنماذج الحارة والجافة، إذ بلغت فاعلية النموذج الحار (-٤٧%، -٥٠%، -٨٩%)، بينما تفاوتت نسب النموذج الجاف بين (١٣% شمالاً) و (-٩% في مخمور) وصولاً إلى (-٤٠% جنوباً)، مما يؤكد دور البرودة والرطوبة كمحفزات أساسية للصقيع مقابل الدور المثبط للحرارة والجفاف (عبدالله، ٢٠١٨).

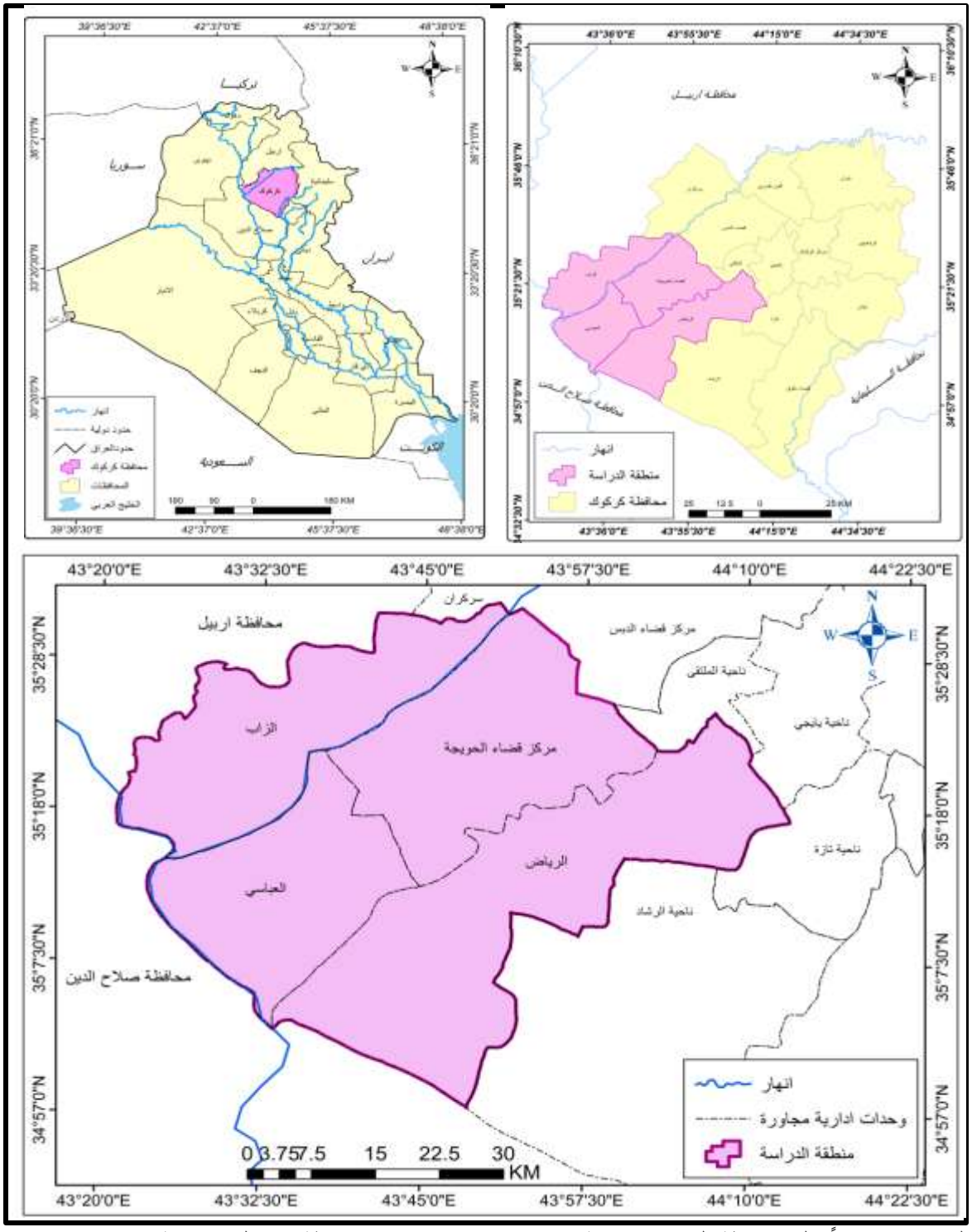
٢- دراسة بارق عبد اللطيف الجبوري (٢٠٢٤)، تناولت الدراسة أثر التطرف المناخي على تكرار ظاهرتي الضباب والصقيع في قضاء مخمور لمدة (١٩٩٢-٢٠٢٢) واوضحت الدراسة تباين العناصر المناخية بين محطات منطقة الدراسة، وهذا أدى إلى تباين تكرار ظاهرتي الضباب والصقيع في منطقة الدراسة، اذ بينت أن درجات الحرار تتخفض بالاتجاه شمالا والعكس نحو الجنوب، حيث بلغ معدل الأشهر للحرارة كالآتي (١٤.٩٧م) في المحطة الشمالية (١٥,٨٢م) في محطة مخمور (١٦.٤٠م) في المحطة الجنوبية، وأظهرت زيادة كمية الامطار الساقطة بالاتجاه نحو الاشمال وتقل بالاتجاه نحو الجنوب، بينما بلغ المجموع السنوي للأمطار كالاتي (٢٥٤,٧٣ ملم) في المحطة الشمالية (٢٤٨.٦ ملم) في محطة مخمور (٢١٥.٥ملم)وجاء هذا التباين تبعا لتأثر الضوابط المناخية الثابتة والمتحركة (الجبوري، ٢٠٢٥).

- **حدود منطقة الدراسة**

أ- الحدود المكانية

تمثلت الحدود المكانية للدراسة بقضاء الحويجة الواقع ضمن محافظة كركوك والمتكون من أربع نواح هي (المركز، الرياض، العباسي، الزاب)، فهو يقع بين دائرتي عرض (30 75 34°-

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على خريطة العراق الادارية بمقياس ١/١٠٠٠٠٠٠، وخريطة كركوك الادارية بمقياس رسم١/٢٥٠٠٠٠، والمرئية الفضائية للقمر الصناعي Landsat 8، باستخدام برنامج Arc Map .V.10.8

10 33 35°) شمالاً، وبين خطي طول (22 43° – 14 44°) شرقاً. خريطة (١)، والتي تتمثل بالرقعة الجغرافية البالغة (٢٧٢٥،١) كم، وتضم منطقة الدراسة أربع محطات مناخية الاولى كركوك والثانية مخمور ومحطتين افتراضيتين ، وهما : الاولى تقع شمال شرق منطقة الدراسة والثانية تقع جنوب منطقة الدراسة , يمثل جدول (١) حدود محطات الدراسة .

يقع قضاء الحويجة في الجزء الغربي من محافظة كركوك، ويتميز بحدود جغرافية وإدارية تشكل هويته كمنطقة التقاء بين عدة محافظات عراقية. من الناحية الشمالية والشمالية الشرقية، يرسم نهر الزاب الصغير حدوداً طبيعية بارزة تفصل القضاء عن مناطق تابعة لمحافظة أربيل وقضاء الدبس. أما باتجاه الغرب والجنوب الغربي، فيمتد القضاء بحدود إدارية طويلة وممتدة تفصله عن محافظة صلاح الدين، مشكلاً بذلك نطاقاً جغرافياً واسعاً يمثل المنطقة الانتقالية بين السهل الرسوبي والاراضي المتموجة .

وفي جهة الشرق والجنوب الشرقي، يرتبط القضاء بحدود إدارية متداخلة مع باقي الوحدات الإدارية التابعة لمحافظة كركوك، حيث يجاور مناطق إدارية مثل ناحية الرشاد، وقضاء داقوق، ومركز قضاء كركوك، مما يعزز من مركزه داخل المحافظة. وتتحدد المساحة الكلية لهذا النطاق الجغرافي بالكامل ضمن الإحداثيات التي تمتد فهو يقع بين دائرتي عرض (30 75 34° –10 33 35°) شمالاً، وبين خطي طول (43° 22– 41 44°) شرقاً. والتي تتمثل بالرقعة الجغرافية البالغة (٢٧٢٥،١) كم،

جدول رقم (١) يبين حدود محطات منطقة الدراسة

المحطة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع عن مستوى سطح البحر (م)
كركوك	٣٥.٢٨١٠°	٤٤.٢٠٨°	٣٣١
مخمور	٣٥.٧٧٤٧٩٢١°	٤٣.٥٧٩٣٢٧١°	٢٧٠
محطة افتراضية	٣٥.٤٨٠٣٠٠°	٤٣.٨٥١٥٠٠°	٢٠٠

المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

ب–الحدود الزمانية

تتمثل الحدود الزمانية للدراسة بالمدة الواقعة ما بين تركيزها (١٩٩٤–٢٠٢٤). وذلك في ضوء البيانات التي تم الحصول عليها واعتمادها في الدراسة.

١ـ التحليل الاحصائي لدرجة الحرارة الصغرى

١ـ١ المعدل العام لدرجة الحرارة الصغرى

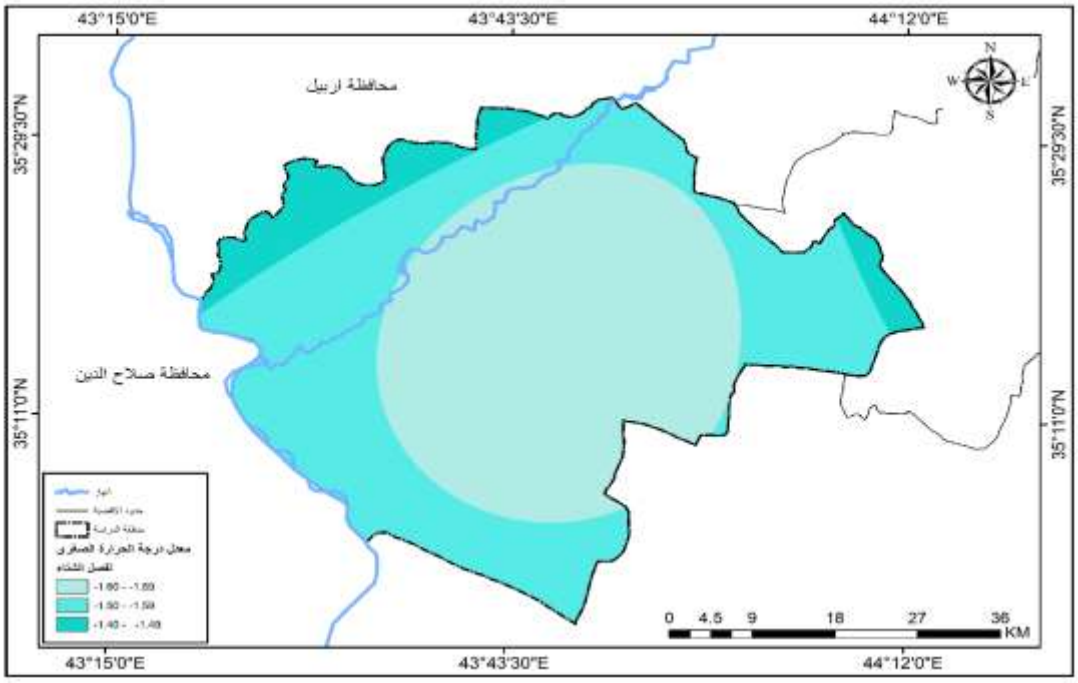
يُظهر الجدول (٢) تباينًا حراريًا واضحًا يعكس تأثير التغير المناخي في تزايد فرص حدوث الصقيع شتاءً. إذ توضح الخريطة (٣) معدل درجة الحرارة الصغرى خلال فصل الشتاء في قضاء الحويجة، مبيّنة مناطق التركّز الأبرد. كما تُظهر الخريطة (٤) معدل درجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع وما يرافقه من تدرّج حراري مكاني. في حين تبيّن الخريطة (٤) معدل درجة الحرارة الصغرى لفصل الصيف، مؤكدة ارتفاع القيم الدنيا وتراجع احتمالية الصقيع. أما الخريطة (٥) فتوضح معدل درجة الحرارة الصغرى لفصل الخريف، والتي تعكس مرحلة الانتقال الحراري نحو الانخفاض الشتوي. إذ تسجل أشهر الشتاء أدنى القيم، ولاسيما كانون الثاني الذي بلغت فيه الحرارة الصغرى −٢.٢٣°م في الحويجة مقابل −٢.٣٣°م في كركوك و−٢.٦٨°م في مخمور، مما يدل على تعرض المنطقة لظروف حرارية مواتية لتشكل الصقيع. ويستمر هذا الانخفاض في شباط بقيم سالبة تراوحت بين −١.٩٥°م و−٢.١٣°م، فيما بلغ المعدل الشتوي −١.٤٣°م في الحويجة، وهو أقل حدة مقارنة بمخمور، ما يعكس أثر الموقع الجغرافي والانفتاح السهلي. ومع الانتقال إلى الربيع ترتفع الحرارة الصغرى إلى ٧.٥١°م في الحويجة، مما يؤدي إلى تراجع الصقيع، بينما تسجل أشهر الصيف أعلى

جدول (٢) المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية لدرجات الحرارة الصغرى (م) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)

المحطة	مخمور	كركوك	الحويجة
كانون الأول	-0.24	-0.23	-0.1
كانون الثاني	-2.68	-2.33	-2.23
شباط	-2.13	-2.01	-1.95
فصل الشتاء	-1.68	-1.52	-1.43
آذار	1.57	1.59	2.06
نيسان	6.04	6.13	6.67
ايار	13.02	13.16	13.79
فصل الربيع	6.88	6.96	7.51
حزيران	19.26	19.6	19.98
تموز	23.43	23.49	23.61
آب	24.14	24.37	24.23
فصل الصيف	22.28	22.49	22.61
ايلول	18.8	18.94	19.17
تشرين الأول	12.09	12.25	12.74
تشرين الثاني	3.8	4	4.31
فصل الخريف	11.56	11.73	12.07
السنوي المعدل	9.76	9.91	10.19

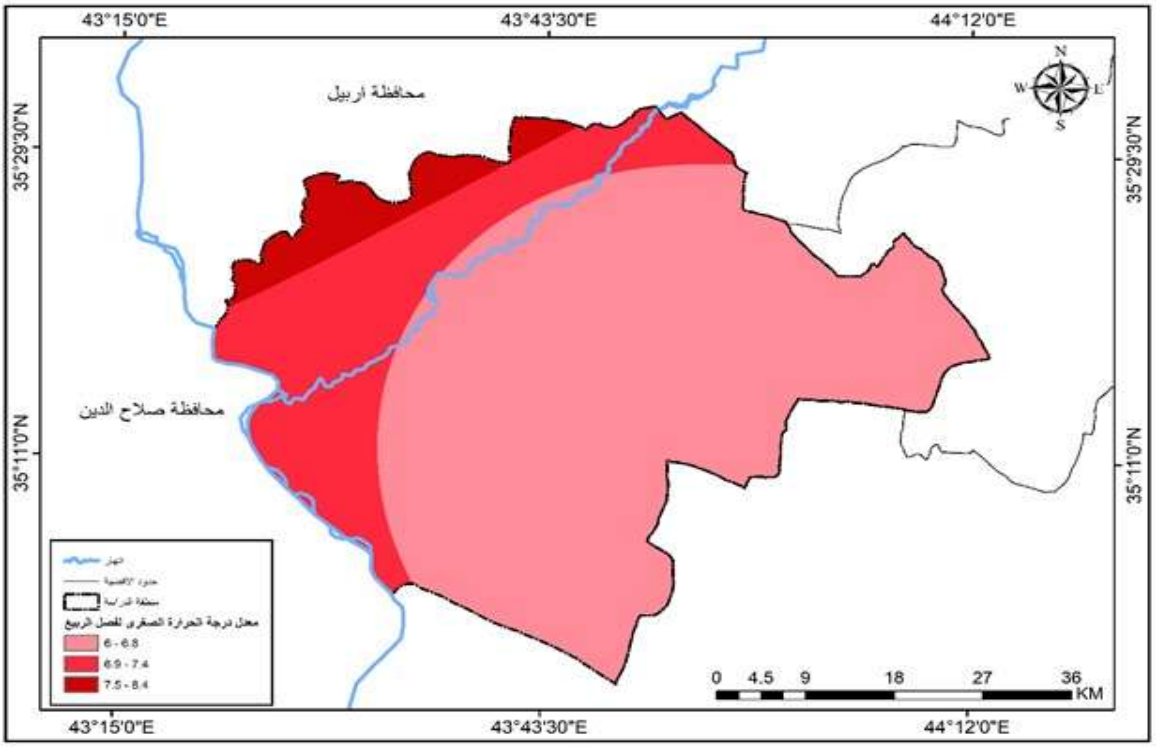
المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

خريطة (٢) معدل درجة الحرارة الصغرى لفصل الشتاء



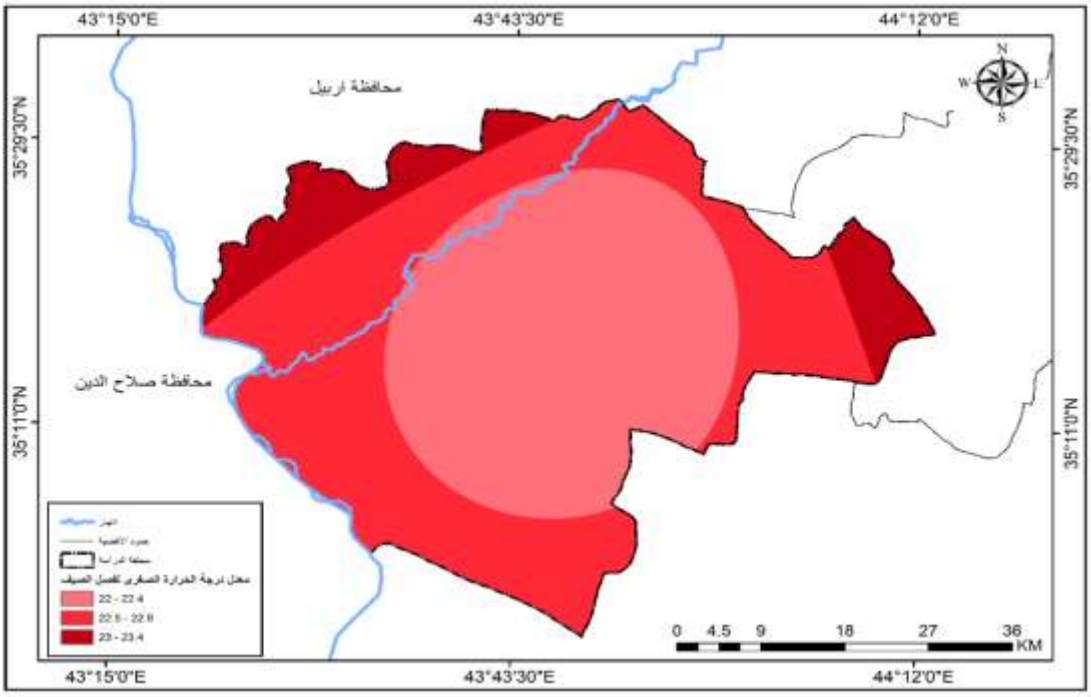
المصدر: اعتماد على بيانات جدول (٢)

خريطة (٣) معدل درجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع



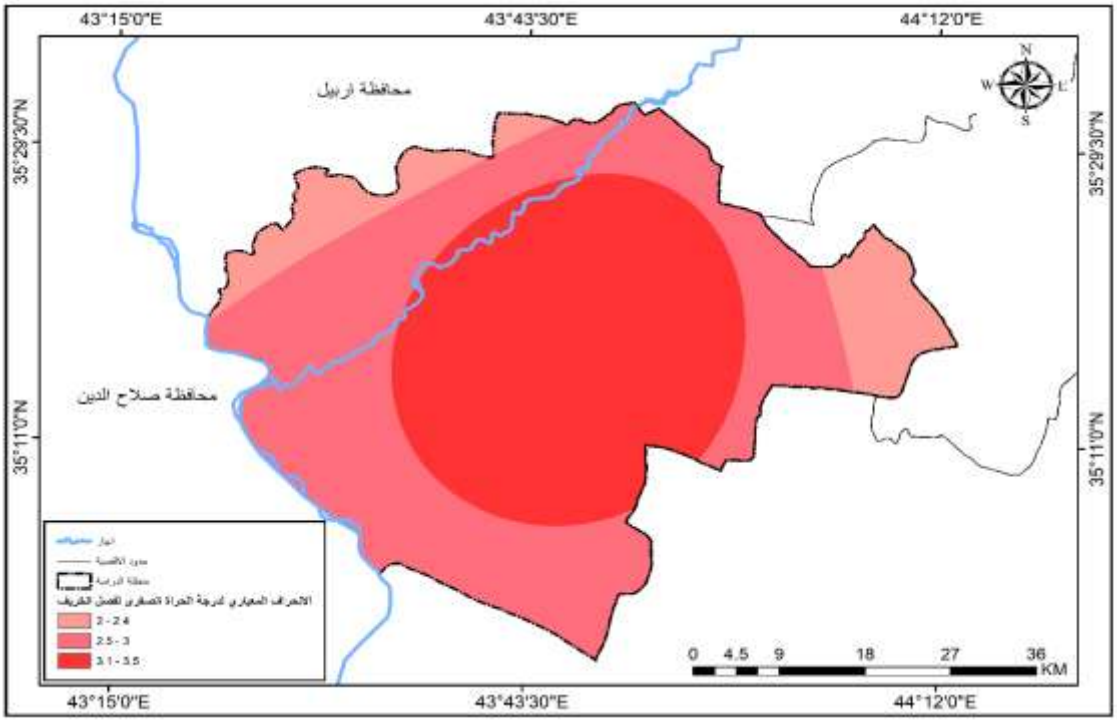
المصدر : اعتماد على بيانات جدول (٢)

خريطة (٤) معدل درجة الحرارة الصغرى لفصل الصيف



المصدر : اعتماد على بيانات جدول (٢)

خريطة (٥) معدل درجة الحرارة الصغرى لفصل الخريف



المصدر: اعتماد على بيانات جدول (٢)

القيم بمتوسط ٢٢.٦١°م، مؤكدة انعدام الصقيع صيفًا. ويُلاحظ أن المعدل السنوي للحرارة الصغرى في الحويجة بلغ ١٠.١٩°م وهو أعلى من كركوك ومخمور، ما يشير إلى اتجاه عام نحو الارتفاع الحراري المتوافق مع التغير المناخي، إلا أن استمرار القيم السالبة شتاءً يفسر بقاء خطر الصقيع وتأثيره المباشر في النشاط الزراعي بقضاء الحويجة.

١-٢ الانحرافات المعيارية لدرجة الحرارة الصغرى

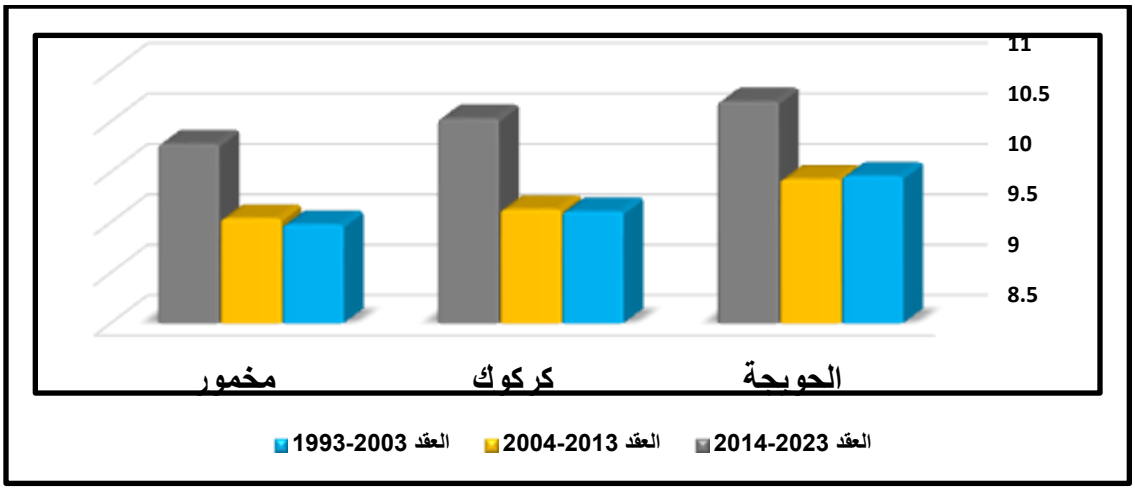
يُظهر الجدول(٣) والشكل (١) تصاعداً مستمراً في قيم الانحرافات المعيارية السنوية لدرجة الحرارة الصغرى عبر العقود الثلاثة، حيث سجل العقد الأول (١٩٩٣–٢٠٠٣) أدنى القيم بمعدل (٩.٩٦) في الحويجة و(٩.٦١) في كركوك و(٩.٤٨) في مخمور، لتشهد هذه القيم قفزة نوعية وملموسة خلال العقد الأخير (٢٠١٤–٢٠٢٣) ببلوغها ذروة التطرف عند (١٠.٧) في الحويجة و(١٠.٥٣) في كركوك و(١٠.٢٨) في مخمور، وهذا الارتفاع الرقمي الواضح يعكس تزايد حالة عدم الاستقرار المناخي وتشتت درجات الحرارة الصغرى وابتعادها عن أوساطها الحسابية المعتادة بمرور الزمن، مما يؤكد تفاقم ظاهرة التغير المناخي في منطقة الدراسة واتجاهها نحو مستويات أكثر حدة وتطرفاً في السنوات الأخيرة.

جدول (٣) الانحرافات المعيارية الشهرية والفصلية والسنوية للحرارة الصغرى (م) لعقود فترة الدراسة

الأشهر	2003-1993			٢٠١٣-٢٠٠٤			٢٠٢٣-٢٠١٤		
	الحويجة	كركوك	مخمور	الحويجة	كركوك	مخمور	الحويجة	كركوك	مخمور
كانون الأول	0.16	-0.18	-0.01	-1.13	-1.1	-1.32	0.65	0.59	0.58
كانون الثاني	-1.51	-1.84	-2.09	-2.88	-3.01	-2.92	-2.36	-2.2	-3.1
شباط	-2.02	-2.13	-2.4	-2.35	-2.35	-2.53	-1.47	-1.52	-1.42
فصل الشتاء	-1.12	-1.38	-1.5	-2.12	-2.15	-2.26	-1.06	-1.04	-1.31
آذار	1.48	1.22	1.22	1.93	1.4	1.3	2.83	2.19	2.22
نيسان	6.86	6.54	6.32	6.62	6.02	5.96	6.53	5.78	5.82
ايار	13.38	12.51	12.42	13.95	13.2	13.21	14.08	13.82	13.5
فصل الربيع	7.24	6.76	6.65	7.5	6.87	6.82	7.81	7.26	7.18
حزيران	19.28	18.99	18.51	20.21	19.62	19.68	20.52	20.26	19.67
تموز	23.3	23.02	23.02	23.32	22.93	23.08	24.23	24.58	24.23
آب	23.35	23.43	23.26	24.36	24.45	24.26	25.08	25.33	25
فصل الصيف	21.98	21.81	21.6	22.63	22.33	22.34	23.28	23.39	22.97
ايلول	19.09	18.58	18.63	18.69	18.51	18.4	19.73	19.76	19.39
تشرين الأول	12.34	11.76	11.68	12.24	11.93	11.59	13.67	13.11	13.05
تشرين الثاني	3.84	3.38	3.26	4.18	4	3.8	4.96	4.67	4.39
فصل الخريف	11.76	11.24	11.19	11.7	11.48	11.26	12.79	12.51	12.28
المعدل السنوي	9.96	9.61	9.48	9.93	9.63	9.54	10.7	10.53	10.28

المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (١) المعدلات السنوية للانحرافات المعيارية للحرارة الصغرى (م) لعقود فترة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (٢).

كما أظهر الجدول (٣)، تذبذباً واضحاً مرتبطاً بتأثيرات التغير المناخي، إذ سجلت أشهر الشتاء قيماً سالبة للانحرافات خلال المدة ١٩٩٣–٢٠٠٣ بلغت في كانون الثاني –٠.١٨ في الحويجة و–٠.٠١ في كركوك، وازدادت حدتها خلال ٢٠٠٤–٢٠١٣ لتصل إلى –١.٣٢ في الحويجة و–٢.٣٦ في كركوك، ما يعكس تزايد احتمالية حدوث الصقيع. كما يلاحظ استمرار القيم السالبة في شباط وكانون الأول، حيث بلغت في شباط –٢.٠٢ في الحويجة و–٢.٤٥ في كركوك، وهو ما يدل على تعمق البرودة الشتوية. في المقابل، أظهرت أشهر الصيف قيماً موجبة مرتفعة تجاوزت ٢٣°م في تموز وآب، ما يشير إلى اتساع المدى الحراري السنوي. ويبرز التباين المكاني بين الحويجة وكركوك ومخمور بوصفه نتيجة لاختلاف الموقع الجغرافي والارتفاع والتأثيرات القارية. إن هذا النمط الحراري يعكس بوضوح أثر التغير المناخي في زيادة تطرف درجات الحرارة الصغرى وتكرار أيام الصقيع شتاءً، مقابل تصاعد الدفء صيفاً في درجات الحرارة الصغرى.

تجدر الإشارة إلى أن قيم الانحراف المعياري الواردة في جدول (٣) لا تعبّر عن درجات حرارة فعلية، وإنما تمثل مقدار التشتت والتباين حول المعدل العام لدرجة الحرارة الصغرى . وتشير القيم السالبة المرتفعة خلال أشهر الشتاء إلى زيادة تذبذب درجات الحرارة الصغرى وانحرافها عن المتوسط، وهو ما يعكس عدم الاستقرار الحراري وارتفاع احتمالية حدوث موجات برد مفاجئة تؤدي إلى تشكل الصقيع. في المقابل، تعكس القيم الموجبة خلال أشهر الصيف استقرارًا نسبيًا في الحرارة الليلية، رغم ارتفاع المعدلات العامة.

١-٣ تحليل الاتجاه العام لدرجة الحرارة الصغرى

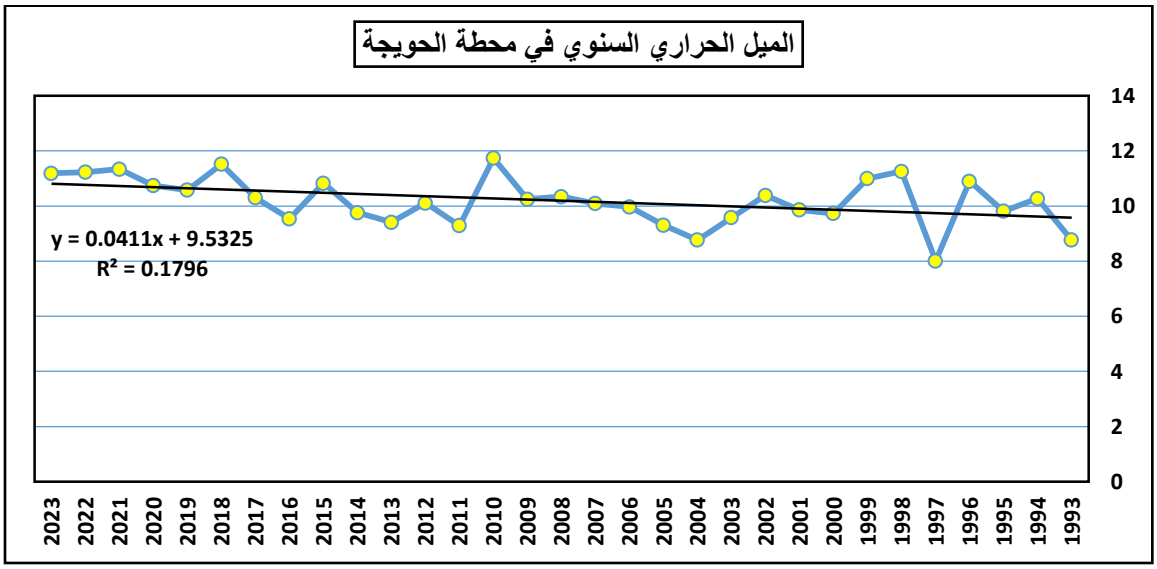
تعكس معاملات الاتجاه الواردة في الجدول (٤) وجود ميل حراري موجب لدرجات الحرارة الصغرى في محطات الدراسة كافة، ما يدل على تصاعد تدريجي في المعدلات الحرارية الدنيا. إلا أن هذا الاتجاه لا يعني بالضرورة اختفاء موجات البرد أو الصقيع، بل يشير إلى تغير في طبيعة النظام الحراري، يتمثل بارتفاع المعدل العام مقابل زيادة تطرف القيم القصوى، وهو ما ينسجم مع خصائص التغير المناخي الحديث خلال المدة ١٩٩٣–٢٠٢٣، إذ بلغ معامل الاتجاه في محطة الحويجة ٠.٠٤١١°م سنوياً، وبمعدل تغير سنوي قدره ٠.١٣٣% ونسبة تغير كلية بلغت ٠.٤٠٣%، ما يعكس تأثيراً مباشراً للتغير المناخي في رفع القيم الحرارية الدنيا. كما تؤكد محطة كركوك هذا الاتجاه بقيمة ميل أعلى بلغت ٠.٠٤٨٧°م سنوياً ونسبة تغير كلية ٠.٥٠٧%، بينما سجلت محطة مخمور ٠.٠٤٤°م سنوياً وبنسبة تغير كلية ٠.٤٥١%، وهو ما يدل على تجانس إقليمي في السلوك الحراري. وتُظهر الأشكال (٢، ٣، ٤) تذبذباً سنوياً محدوداً يقابله اتجاه عام نحو الارتفاع المستمر في الحرارة الصغرى، الأمر الذي يسهم في تقليص تكرار وشدة أيام الصقيع في

جدول (٤) نسبة التغير في درجات الحرارة الصغرى (م) للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)

المحطة	معامل الاتجاه	عدد السنوات	المعدل	نسبة التغير للسنوات	نسبة التغير للمعدل
الحويجة	0.0411	31	10.19	0.133%	0.403%
كركوك	0.0487	31	9.61	0.157%	0.507%
مخمور	0.044	31	9.76	0.142%	0.451%

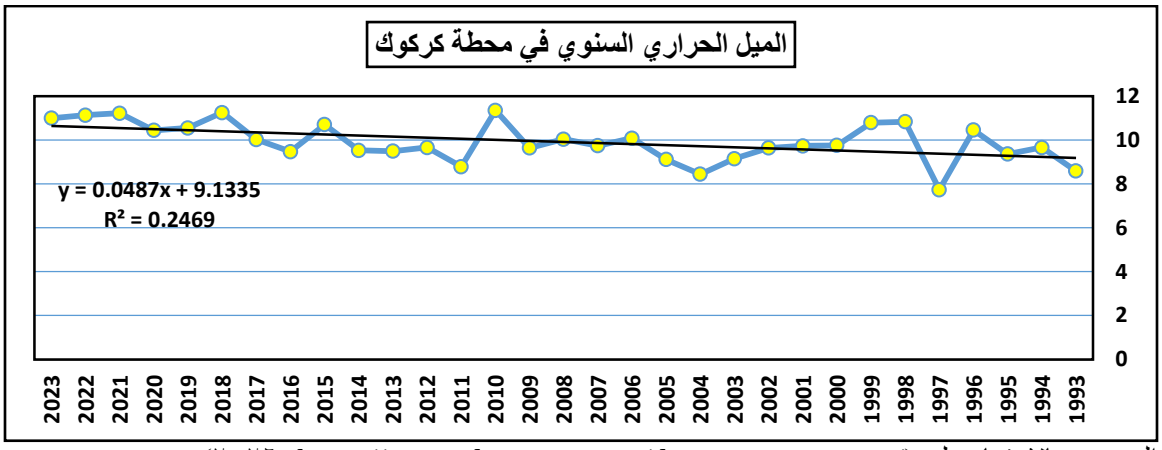
المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (٢) الميل الحراري السنوي في محطة الحويجة



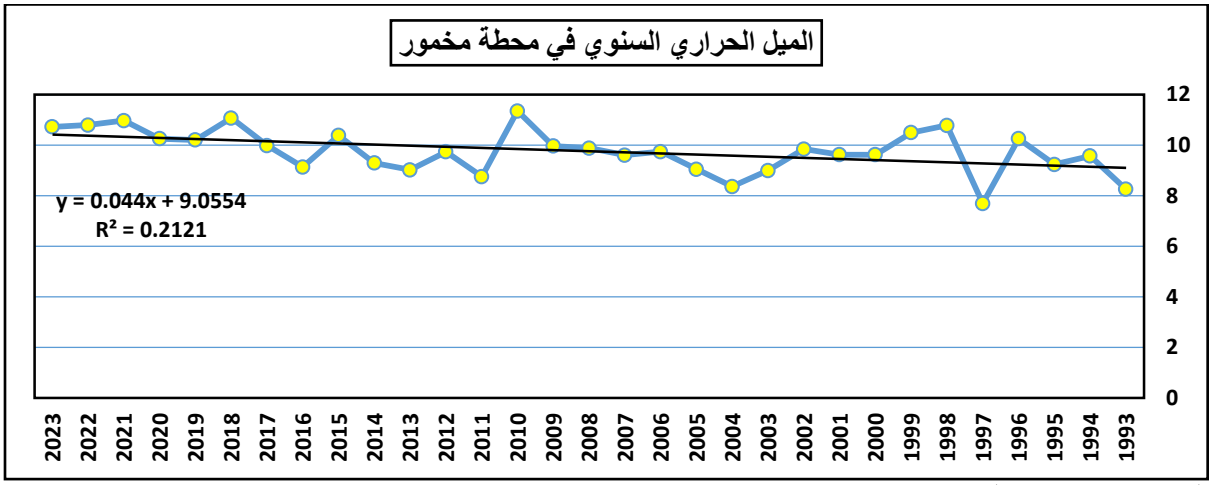
المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (٣) الميل الحراري السنوي في محطة كركوك



المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (٤) الميل الحراري السنوي في محطة مخمور



المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

قضاء الحويجة. ويعكس هذا الارتفاع تغيراً في الخصائص المناخية المحلية، بما يتوافق مع عنوان الفصل والرسالة، حيث يؤدي ارتفاع الحرارة الصغرى إلى ضعف فرص الانخفاض الحراري الحاد المسؤول عن حدوث الصقيع.

٢ـ التحليل الإحصائي لأيام حدوث الصقيع

٢ـ١ تكرارات حدوث الصقيع

يستخدم التحليل الاحصائي لإيجاد ومعالجة الارقام وذلك بإنشاء قاعدة بيانات بين المتغيرات الخاصة بالصقيع مع التطرفات المناخية في منطقة الدراسة اذ قسمت الى نماذج حرارية ومطرية لمدة البالغة (٣٠).

يُظهر تحليل جداول (٥) خريطة (٦) معدل تكرار الصقيع لفصل الشتاء خريطة (٧) معدل تكرار الصقيع لفصل الربيع و خريطة (٨) معدل تكرار الصقيع لفصل الخريف. تكرار الصقيع لمحطات الحويجة وكركوك ومخمور خلال المدة ١٩٩٣–٢٠٢٣ تباينًا مكانيًا وزمانيًا واضحًا يرتبط بدرجة الحرارة الصغرى وتأثيرات التغير المناخي. إذ سجل الصقيع الكلي أعلى مجموع سنوي في محطة مخمور بواقع ١٤.٨١ يومًا، تلتها كركوك بـ١٣.٦٨ يومًا ثم الحويجة بـ١٢.١ يوم، ما يعكس تأثير الموقع الجغرافي والارتفاع النسبي. ويتركز حدوث الصقيع في أشهر الشتاء ولاسيما كانون الثاني وشباط، حيث بلغت القيم القصوى ١٣.٩١ يومًا في مخمور و١٢.٩١ يومًا في كركوك و١١.٤٨ يومًا في الحويجة، في حين ينعدم الصقيع خلال أشهر الصيف. كما يبيّن الصقيع الخفيف تفوق مخمور بمجموع ٩.٩ يومًا سنويًا مقابل ٩.٥٥ في كركوك و٧.٦٨ في الحويجة، بينما يسجل الصقيع المتوسط قيمًا أقل نسبيًا لا تتجاوز ٤.٧١ يومًا في مخمور. ويعكس هذا التدرج المكاني ازدياد تأثر المناطق الأبعد عن التأثيرات الحضرية بالانخفاضات الحرارية الصغرى، مع دلالة على تغير في نمط وشدة الصقيع ضمن سياق التغير المناخي في قضاء الحويجة ومحيطه.

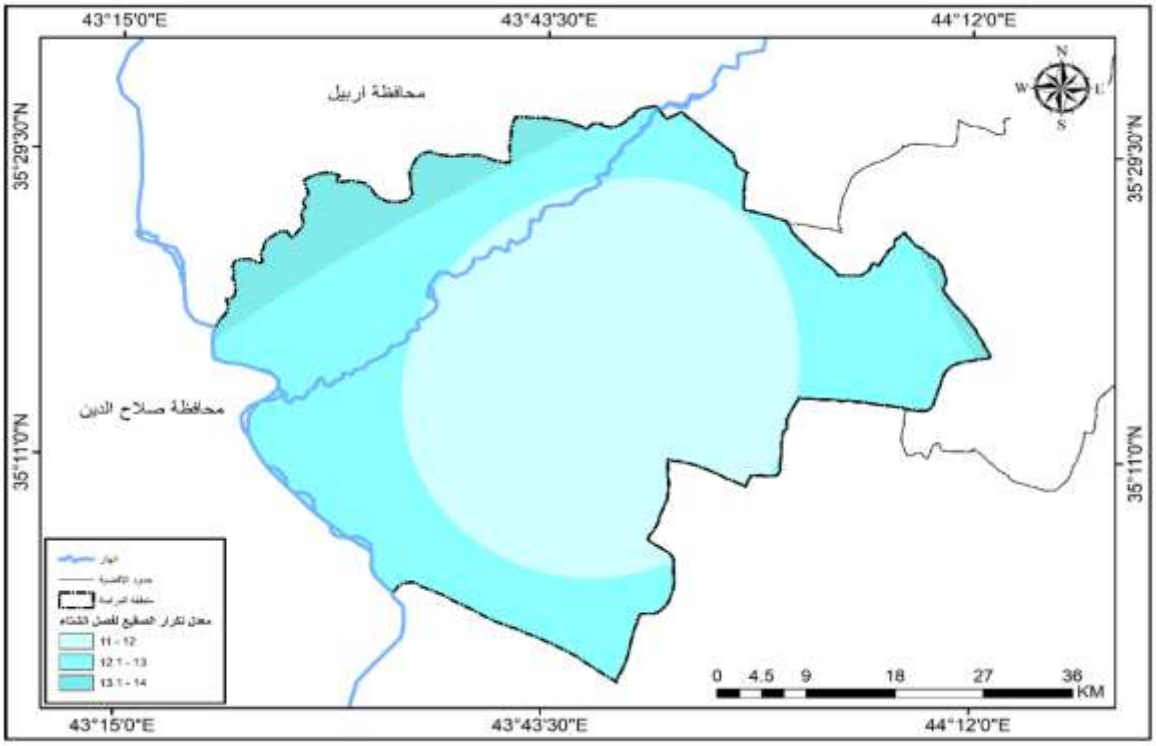
تُظهر نتائج جدول (٤) أن تكرار الصقيع يتركز زمانيًا في فصل الشتاء، مع تباين مكاني

جدول (٥) معدلات مجموع التكرارات الشهرية والفصلية والسنوية للصقيع في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)

المحطة	الحويجة	كركوك	مخمور
كانون الأول	٢.١٩	٢.٤٥	٢.٩٧
كانون الثاني	٥.٥٢	٥.٩٤	٦.٦٥
شباط	٣.٧٧	٤.٥٢	٤.٢٩
فصل الشتاء	11.48	12.91	13.91
آذار	٠.٤٨	٠.٦١	٠.٦٥
نيسان	٠	٠	٠
ايار	٠	٠	٠
فصل الربيع	0.48	0.61	0.65
حزيران	٠	٠	٠
تموز	٠	٠	٠
آب	٠	٠	٠
فصل الصيف	0	0	0
ايلول	٠	٠	٠
تشرين الأول	٠	٠	٠
تشرين الثاني	٠.١٣	٠.١٦	٠.٢٦
فصل الخريف	0.13	0.16	0.26
المجموع السنوي	12.1	13.68	14.81

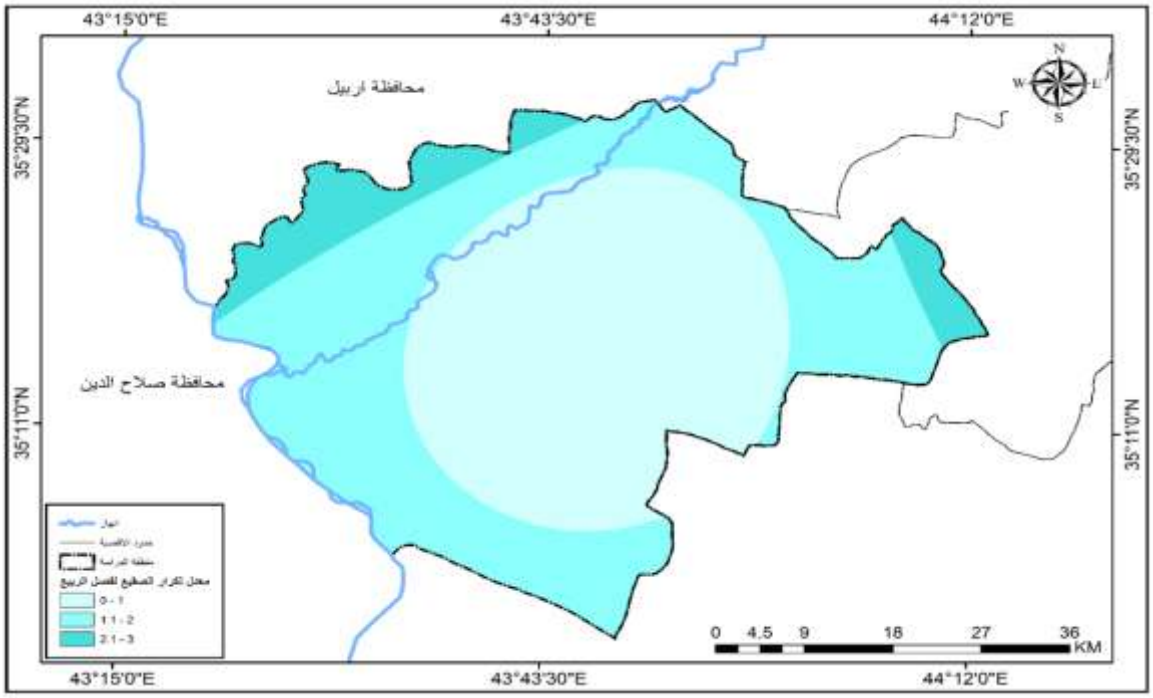
المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

خريطة (٦) معدل تكرار الصقيع لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الشتاء



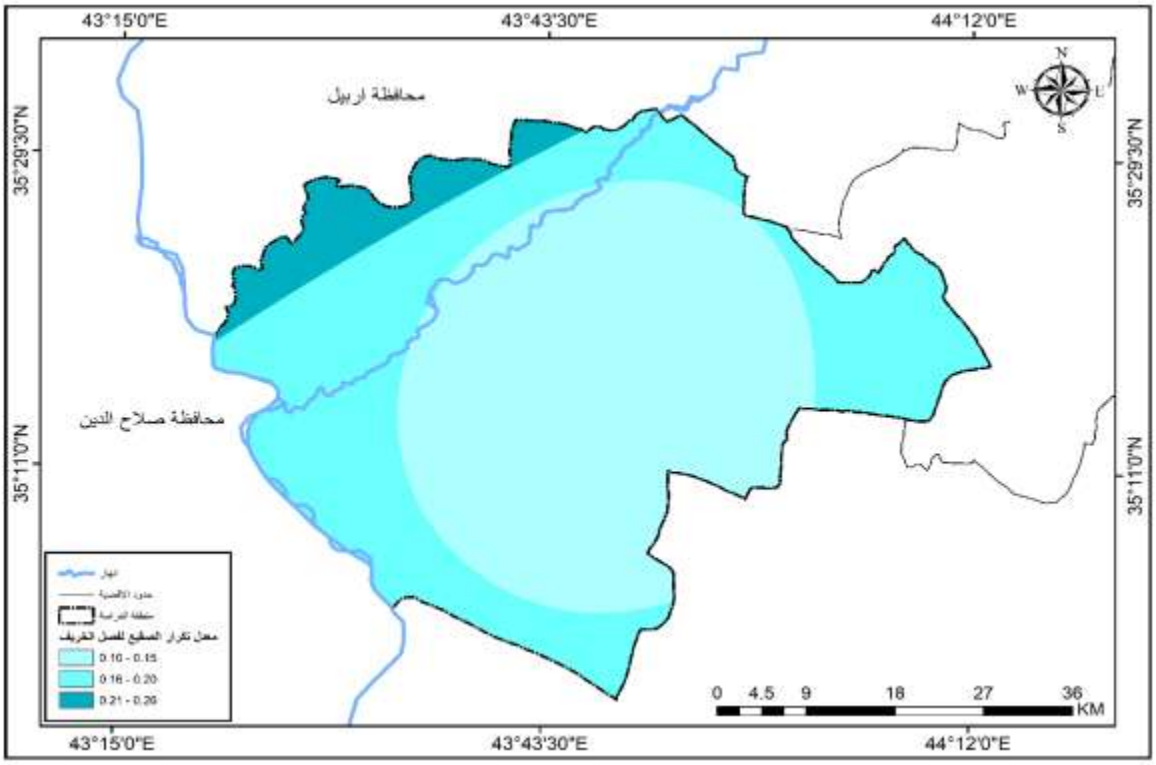
المصدر : اعتماد على بيانات جدول (٤)

خريطة (٧) معدل تكرار الصقيع لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الربيع



المصدر: اعتماد على بيانات جدول (٤).

خريطة (٨) معدل تكرار الصقيع لدرجة الحرارة الصغرى لفصل الخريف



المصدر : اعتماد على بيانات جدول (٤)

واضح بين محطات الدراسة، حيث تسجل مخمور أعلى القيم، تليها كركوك ثم الحويجة. ويُعزى هذا التفاوت إلى اختلاف الموقع الجغرافي والارتفاع النسبي، فضلًا عن التأثر بدرجة الانفتاح التضاريسي. كما تشير النتائج إلى أن التغير المناخي لم يؤدِّ إلى اختفاء الصقيع، بل أسهم في إعادة توزيعه زمانيًا وزيادة تذبذبه، خاصة خلال السنوات الحديثة.

٢-٢ تحليل شدة الصقيع

٢-٢-١ الصقيع خفيف الشدة (٠ الى -٢)

يُظهر جدول (٦) والشكل (٥) (٠ إلى -٢) تركز حدوثه زمانيًا في فصل الشتاء، ما يعكس الارتباط المباشر بين انخفاض درجات الحرارة الصغرى وظروف الصقيع في قضاء الحويجة ضمن سياق التغير المناخي. تسجل محطة الحويجة مجموعًا سنويًا قدره ٧.٦٨ يوم، وهو أقل من كركوك ٩.٥٥ ومخمور ٩.٩ يوم، مما يدل على تأثير الموقع الجغرافي والارتفاع النسبي في تعزيز برودة مخمور. يبلغ الذروة الشتوية في كانون الثاني بواقع ٧.٢٩ أيام في الحويجة مقابل ٨.٩ في كركوك و٩.١٧ في مخمور، ما يؤكد سيادة الكتل الهوائية الباردة شتاءً. تنعدم حالات الصقيع خلال أشهر الصيف تمامًا، ما يعكس الارتفاع العام للحرارة

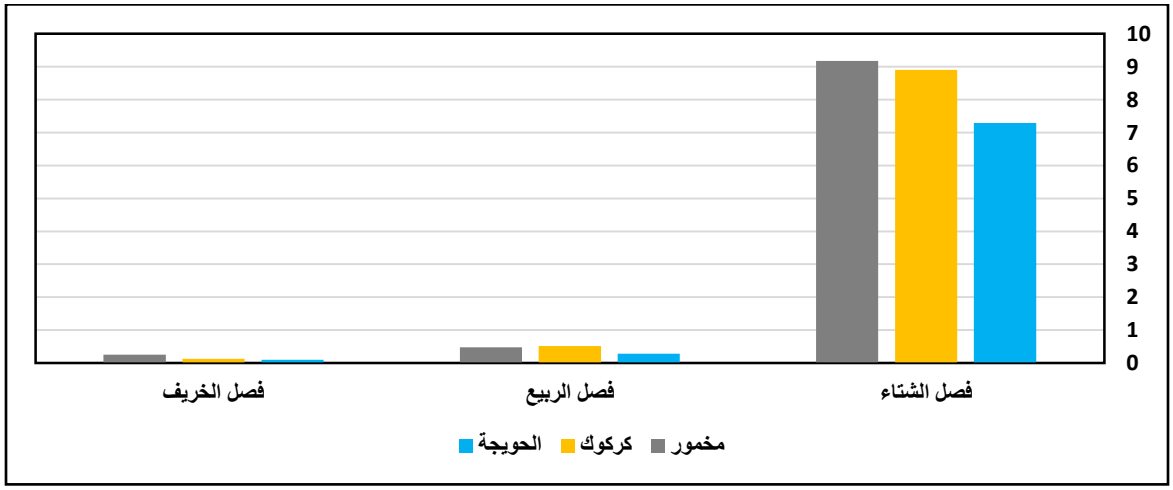
الصغرى صيفًا. كما يظهر تراجع واضح في الربيع والخريف بقيم محدودة لا تتجاوز ٠.٥٢ يوم، وهو مؤشر على تقلص مواسم الصقيع. يعكس هذا التوزيع الزماني والمكاني حساسية الصقيع للتغيرات الحرارية المرتبطة بالتغير المناخي في المنطقة.

جدول (٦) معدلات مجموع التكرارات الشهرية والفصلية والسنوية للصقيع خفيف الشدة (٠ الى -٢) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)

المحطة	الحويجة	كركوك	مخمور
كانون الأول	١.٥٨	١.٩	٢.٢٦
كانون الثاني	٣.٦١	٤.١	٤.٣٩
شباط	٢.١	٢.٩	٢.٥٢
فصل الشتاء	7.29	8.9	9.17
آذار	٠.٢٩	٠.٥٢	٠.٤٨
نيسان	٠	٠	٠
ايار	٠	٠	٠
فصل الربيع	0.29	0.52	0.48
حزيران	٠	٠	٠
تموز	٠	٠	٠
آب	٠	٠	٠
فصل الصيف	0	0	0
ايلول	٠	٠	٠
تشرين الأول	٠	٠	٠
تشرين الثاني	٠.١	٠.١٣	٠.٢٦
فصل الخريف	0.1	0.13	0.26
المجموع السنوي	7.68	9.55	9.9

المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (٥) معدلات مجموع التكرارات الفصلية للصقيع خفيف الشدة (٠ الى -٢) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)



المصدر: بالاعتماد على الجدول (٦).

٢-٢-٢ الصقيع متوسط الشدة (-٢.١ الى -٥)

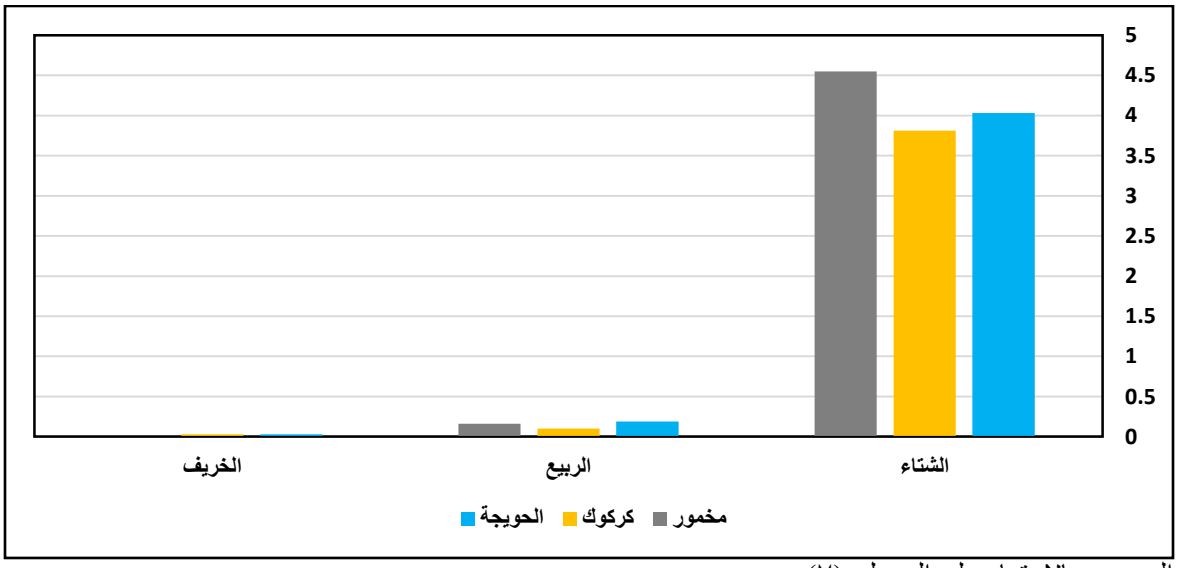
يُظهر جدول (٧), معدلات تكرار الصقيع متوسط الشدة في قضاء الحويجة مقارنة بمحطتي كركوك ومخمور تركز الظاهرة خلال فصل الشتاء بشكل واضح، إذ سجلت الحويجة أعلى مجموع شتوي بلغ ٤.٠٣ يوم مقابل ٣.٨١ في كركوك و٤.٥٥ في مخمور، ما يعكس تأثر المنطقة بانخفاضات حرارية شتوية مرتبطة بالتغيرات المناخية. وتبرز ذروة الصقيع في كانون الثاني بواقع ١.٩ يوم في الحويجة و١.٧٧ في كركوك و٢.١٩ في مخمور، بينما ينخفض التكرار في كانون الأول وشباط. ويكاد الصقيع ينعدم خلال الفصول الدافئة، حيث تسجل أشهر نيسان حتى أيلول صفراً في جميع المحطات، مما يدل على تركز الصقيع زمانياً في الشتاء فقط كما يظهر في الشكل (٦). كما يظهر ضعف واضح في الخريف بواقع ٠.٠٣ يوم في الحويجة وكركوك وانعدامه في مخمور. ويعكس المجموع السنوي تفوق محطة مخمور بـ٤.٧١ يوم مقابل ٤.٢٦ في الحويجة و٣.٩٤ في كركوك، ما يشير إلى تأثير الموقع الجغرافي والارتفاع النسبي في تباين حدوث الصقيع. ويؤكد هذا النمط المناخي أن التغير المناخي أسهم في تعزيز تذبذب درجات الحرارة الصغرى شتاءً وزيادة احتمالية الصقيع في قضاء الحويجة ضمن الإطار الإقليمي.

جدول (٧) معدلات مجموع التكرارات الشهرية والفصلية والسنوية للصقيع متوسط الشدة (-٢.١ الى -٥) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)

المحطة	الحويجة	كركوك	مخمور
كانون الأول	٠.٥٥	٠.٥٢	٠.٦٥
كانون الثاني	١.٩	١.٧٧	٢.١٩
شباط	١.٥٨	١.٥٢	١.٧١
الشتاء	4.03	3.81	4.55
آذار	٠.١٩	٠.١	٠.١٦
نيسان	٠	٠	٠
ايار	٠	٠	٠
الربيع	0.19	0.1	0.16
حزيران	٠	٠	٠
تموز	٠	٠	٠
آب	٠	٠	٠
الصيف	0	0	0
ايلول	٠	٠	٠
تشرين الأول	٠	٠	٠
تشرين الثاني	٠.٠٣	٠.٠٣	٠
الخريف	0.03	0.03	0
المجموع السنوي	4.26	3.94	4.71

المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (٦) معدلات مجموع التكرارات الفصلية للصقيع متوسط الشدة (-٢.١ الى -٥) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)



المصدر: بالاعتماد على الجدول (٧).

٢-٢-٣ الصقيع الشديد (-٥.١) فأقل

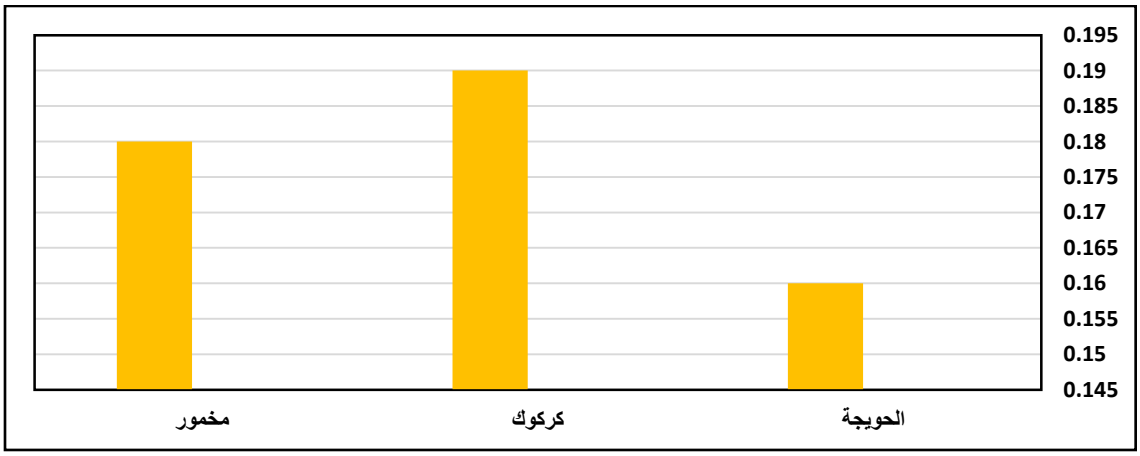
يُظهر جدول (٨) والشكل (٧), معدلات تكرار الصقيع الشديد (-١.٥°م) أن حدوث الصقيع

جدول (٨) معدلات مجموع التكرارات الشهرية والفصلية والسنوية للصقيع الشديد (-٥.١ فأقل) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)

المحطة	الحويجة	كركوك	مخمور
كانون الأول	٠.٠٦	٠.٠٣	٠.٠٦
كانون الثاني	٠	٠.٠٦	٠.٠٦
شباط	٠.١	٠.١	٠.٠٦
الشتاء	0.16	0.19	0.18
آذار	٠	٠	٠
نيسان	٠	٠	٠
ايار	٠	٠	٠
الصيف	0	0	0
حزيران	٠	٠	٠
تموز	٠	٠	٠
آب	٠	٠	٠
الربيع	0	0	0
ايلول	٠	٠	٠
تشرين الأول	٠	٠	٠
تشرين الثاني	٠	٠	٠
الخريف	0	0	0
المجموع السنوي	0.16	0.19	0.19

المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

جدول (٧) معدلات مجموع التكرارات الفصلية والسنوية للصقيع الشديد (-٥.١ فأقل) في محطات منطقة الدراسة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)



المصدر: بالاعتماد على الجدول (٨).

في قضاء الحويجة يرتبط بشكل واضح بفصل الشتاء فقط، إذ بلغ المعدل الشهري فيه ٠.١٦ وهو الأعلى مقارنة ببقية أشهر السنة التي سجلت صفراً مطلقاً. ويتركز الصقيع في أشهر كانون الأول وشباط بقيم ٠.٠٦ و٠.١٠ على التوالي، بينما يغيب تماماً في آذار وما بعده، ما يعكس سيادة تأثير الكتل الهوائية الباردة شتاءً فقط. وعند المقارنة المكانية، تتقارب محطة الحويجة مع كركوك ومخمور، إذ بلغ المجموع السنوي ٠.١٦ في الحويجة مقابل ٠.١٩ في كل من كركوك ومخمور، مما يدل على تشابه الخصائص المناخية العامة مع اختلاف طفيف يعود للموقع الجغرافي والارتفاع. ويُلاحظ أن الحويجة أقل تعرضاً نسبياً للصقيع مقارنة بالمحطتين الأخريين، وهو ما يمكن ربطه بانخفاض شدة البرودة الصغرى فيها. وتدعم هذه النتائج فرضية الرسالة بأن التغير المناخي أسهم في تقليص عدد أيام الصقيع وحصرها زمنياً في نطاق شتوي ضيق.

٢-٣ تحليل الاتجاه العام لتكرارات الصقيع

يُظهر جدول (٩) والأشكال (٨, ٩, ١٠) وجود اتجاه تصاعدي واضح في تكرار أيام الصقيع خلال المدة ١٩٩٣–٢٠٢٣، وهو ما يعكس أثر التغير المناخي على سلوك درجات الحرارة الصغرى في قضاء الحويجة ومحيطه. فقد سجلت محطة الحويجة ميلًا سنويًا مقداره ٠.١٠٤ وبمعدل تكرار بلغ ١٢.١ يومًا، مع نسبة تغير سنوية ٠.٣٤% ونسبة تغير للمعدل وصلت إلى ٠.٨٦%، ما يدل على ازدياد تدريجي في حدوث الصقيع. وتؤكد محطتا كركوك ومخمور هذا الاتجاه بوضوح أكبر، إذ ارتفع معامل الاتجاه إلى ٠.١٣٩٥ في كركوك و٠.١٥٦٥ في مخمور، ورافق ذلك ارتفاع المعدل إلى ١٣.٦٨ و١٤.٨١ يومًا على التوالي، مع نسب تغير سنوية بلغت ٠.٤٥% و٠.٥١%. وتُظهر الأشكال البيانيه تذبذبًا سنويًا ملحوظًا يتخلله اتجاه عام

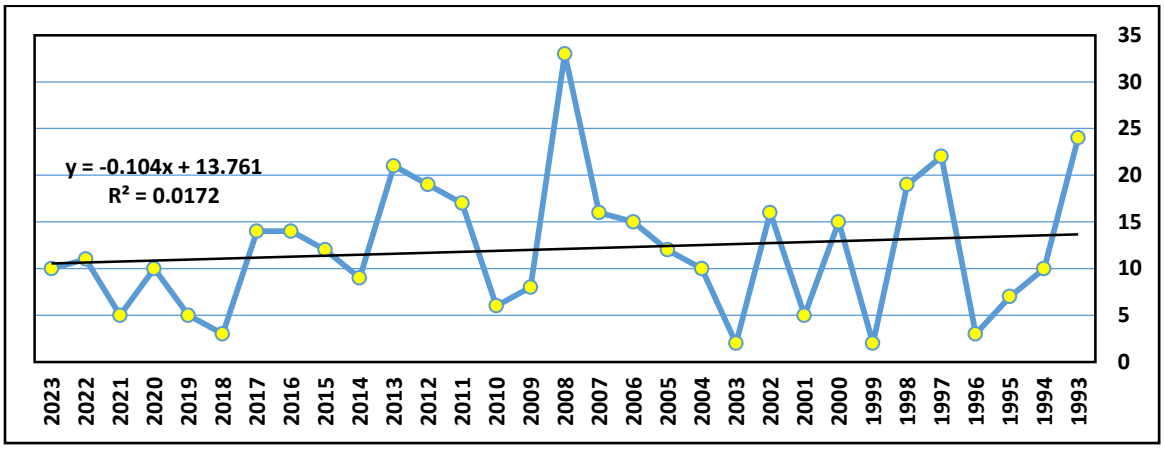
متصاعد، خاصة في السنوات الأخيرة، ما يشير إلى زيادة تواتر الظروف الباردة المتطرفة. ويعكس هذا التباين المكاني بين المحطات تأثر قضاء الحويجة بالخصائص المناخية الإقليمية المحيطة، ويؤكد أن التغير المناخي لم يقتصر على ارتفاع الحرارة فقط، بل أسهم أيضًا في زيادة عدم الاستقرار الحراري وارتفاع احتمالية حدوث الصقيع.

جدول (٩) نسبة التغير في تكرارات الصقيع للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)

المحطة	معامل الاتجاه	عدد السنوات	المعدل	نسبة التغير للسنوات	نسبة التغير للمعدل
الحويجة	0.104-	31	12.1	0.34%	0.86%
كركوك	0.1395-	31	13.68	0.45%	1.02%
مخمور	0.1565-	31	14.81	0.51%	1.06%

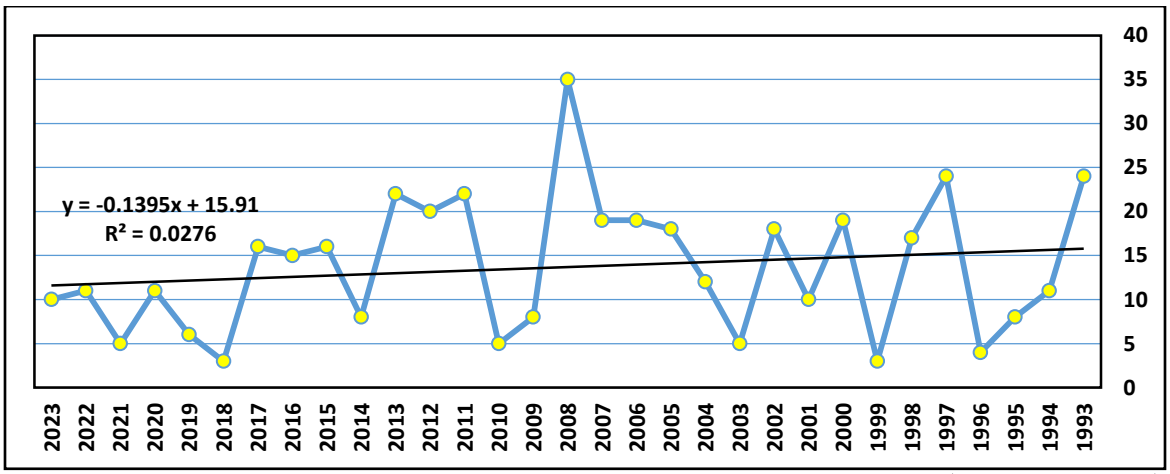
المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (٨) الميل السنوي لتكرار الصقيع في محطة الحويجة للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)



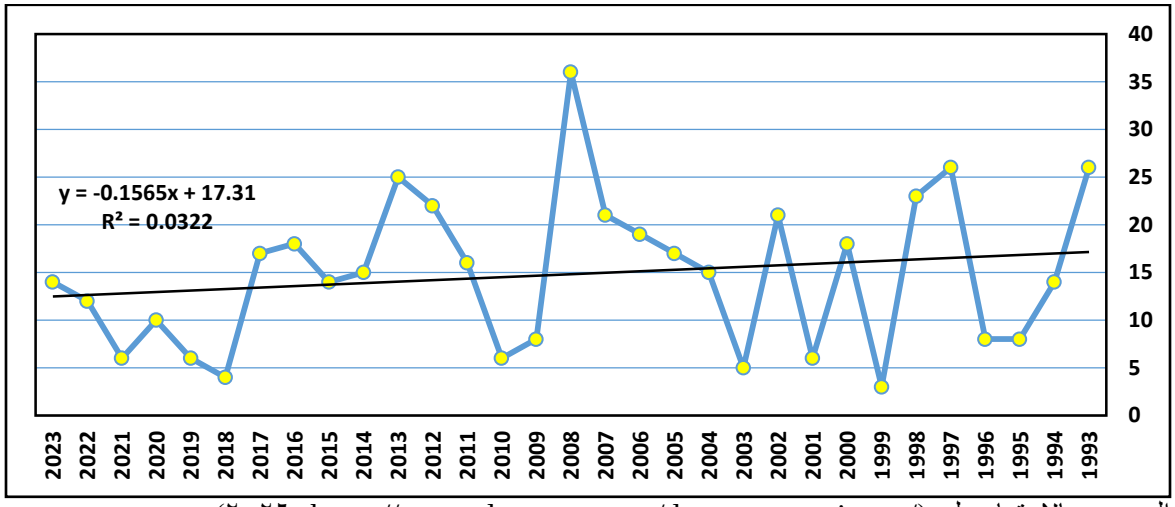
المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (٩) الميل السنوي لتكرار الصقيع في محطة كركوك للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)



المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

شكل (١٠) الميل السنوي لتكرار الصقيع في محطة مخمور للمدة (١٩٩٣-٢٠٢٣)



المصدر: بالاعتماد على (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/، ٢٠٢٦)

الاستنتاجات

١- وجود اتجاه عام لارتفاع درجات الحرارة الصغرى في محطات الدراسة خلال مدة الدراسة (١٩٩٣-٢٠٢٣)، إذ بلغ معامل الاتجاه السنوي في محطة الحويجة نحو (٠.٠٤١١°م)، مما يدل على تأثير واضح للتغير المناخي في رفع القيم الحرارية الدنيا .

٢- استمرار حدوث ظاهرة الصقيع رغم ارتفاع المعدلات الحرارية الصغرى، إذ سجلت محطة الحويجة معدلًا سنويًا يقارب (١٢.١) يوم صقيع، مما يشير إلى أن التغير المناخي يزيد من تذبذب الحرارة ولا يؤدي بالضرورة إلى اختفاء الصقيع .

٣- تباين مكاني واضح في تكرار الصقيع بين محطات الدراسة، حيث سجلت محطة مخمور أعلى معدل سنوي للصقيع (١٤.٨١ يومًا) تلتها كركوك (١٣.٦٨ يومًا) ثم الحويجة (١٢.١ يومًا)، ويعود ذلك إلى اختلاف الموقع الجغرافي والارتفاع عن مستوى سطح البحر .

٤- تركز حدوث الصقيع زمانيًا في فصل الشتاء وبشكل خاص في شهري كانون الثاني وشباط، بينما ينعدم تقريبًا خلال أشهر الصيف، نتيجة الارتفاع الكبير في درجات الحرارة الصغرى خلال هذا الفصل .

٥- وجود علاقة ارتباط عكسي متوسطة بين درجات الحرارة الصغرى وتكرار الصقيع، إذ كلما ارتفعت الحرارة الصغرى تقل احتمالية حدوث الصقيع، وقد بلغ معامل الارتباط في محطة الحويجة (-٠.٤٢)، مما يؤكد تأثير التغير المناخي في تقليص شدة الصقيع نسبيًا.

التوصيات

١- ضرورة تعزيز الدراسات المناخية المحلية في قضاء الحويجة والمناطق المجاورة من خلال توسيع شبكة المحطات المناخية وتحسين دقة البيانات المناخية، لما لها من أهمية في متابعة التغيرات في درجات الحرارة الصغرى وتكرار الصقيع.

٢- تطوير أنظمة إنذار مبكر لظاهرة الصقيع تعتمد على التحليل الإحصائي والبيانات المناخية الحديثة، وذلك بهدف تقليل الأضرار التي قد تصيب النشاط الزراعي، ولاسيما المحاصيل الحساسة للانخفاضات الحرارية.

٣- تشجيع استخدام الأساليب الزراعية الوقائية مثل اختيار المحاصيل المقاومة للصقيع وتطبيق تقنيات الحماية الزراعية، كاستخدام البيوت البلاستيكية والري الليلي، للتقليل من تأثير موجات الصقيع في الإنتاج الزراعي.

٤- تعزيز التعاون بين المؤسسات الأكاديمية والجهات الزراعية من أجل توظيف نتائج الدراسات المناخية في التخطيط الزراعي وإدارة الموارد الطبيعية بما ينسجم مع التغيرات المناخية في المنطقة.

٥- إجراء دراسات مستقبلية أكثر تفصيلاً تربط بين التغير في درجات الحرارة الصغرى وعناصر مناخية أخرى مثل الرياح والغيوم والكتل الهوائية، لفهم العوامل المتحكمة في تكرار الصقيع بصورة أدق في قضاء الحويجة.

References

(1) https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/. (2026).

(2) Bariq Abdul Latif Sabbar Al-Jubouri (2025) The impact of climatic extremes on the frequency of frost in Makhmour District for the period 1992-2022, pp. 245-269

(3) Halat Rashid Abdullah (2018) Frequency of heat and cold waves in Sulaymaniyah City. Tikrit University Journal of Human Sciences, pp. 234-253