



مجلة التربية للعلوم الإنسانية

مجلة علمية فصلية محكمة، تصدر عن كلية التربية للعلوم الإنسانية / جامعة الموصل



قياس الجفاف الفصلي في محافظة نينوى باستخدام مؤشر المطر القياسي (SPI) للمواسم المطرية للمدة (2012-2022)

خضر رشيد عبدالرحمن¹

قسم الجغرافيا، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل / الموصل - العراق¹.

الملخص

معلومات الارشفة

يهدف هذا البحث إلى تحليل التباين المكاني والزمني لشدة وتكرار الجفاف والرطوبة الموسمية في محافظة نينوى، شمال العراق، خلال فصول الخريف والشتاء والربيع للمدة (2012-2022)، بهدف فهم التغيرات المناخية وانعكاساتها على الموارد الطبيعية. وتبرز أهمية الدراسة في كون المحافظة تُعد من المناطق الزراعية الرئيسية في العراق، مما يجعل تحليل ظروفها المناخية أساساً لتخطيط السياسات الزراعية وإدارة الموارد المائية للمشاريع الزراعية.

تاريخ الاستلام : 2025/8/3

تاريخ المراجعة : 2025/8/27

تاريخ القبول : 2025/9/22

تاريخ النشر : 2026/3/1

الكلمات المفتاحية :

اعتمدت الدراسة المنهجين الاستقرائي التحليلي والوصفي، مدعومين بوسائل كمية باستخدام مؤشر المطر القياسي (SPI)، استناداً إلى بيانات شهرية لـ34 محطة مناخية افتراضية عبر بيانات الأقمار الصناعية المتاحة على موقع وكالة ناسا <https://power.larc.nasa.gov>. أظهرت النتائج أن الجفاف الخفيف ساد فصل الخريف في 33 محطة، مع تسجيل حالة رطوبة خفيفة واحدة فقط. أما فصل الشتاء فاتسم باستقرار نسبي دون تطرف مناخي، في حين أظهر الربيع نسباً مرتفعة من الرطوبة الخفيفة (40.88%)، إلى جانب حالات محدودة من الجفاف المتطرف في جنوب غرب المحافظة. كما لم تُسجل أية رطوبة متطرفة خلال مدة الدراسة، ما يشير إلى نمط مناخي يميل للجفاف الخفيف والمعتدل، مع تباين ملحوظ زمنيًا ومكانيًا.

الجفاف، الجفاف المناخي، الأمطار، التغير المناخي، مؤشر المطر القياسي.

معلومات الاتصال

خضر رشيد عبدالرحمن

Khder.rasheed@uomosul.edu.iq

يوصي البحث بتبني استراتيجيات مستدامة لإدارة المياه، والرصد المناخي، وتحسين كفاءة الزراعة عبر تقنيات مقاومة للجفاف.

DOI: *****, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Journal of Education for Humanities

A peer-reviewed quarterly scientific journal issued by College of Education for Humanities / University of Mosul



Seasonal Drought Assessment in Nineveh Governorate Using Standardized Precipitation Index (SPI) for the Rainy Seasons (2012–2022)

Khudhur Rasheed Abdulrahman ¹

Department of Geography, College of Education for Humanities, University of Mosul/ Mosul - Iraq¹.

Article information

Received : 3/8/2025

Revised 27/8/2025

Accepted : 22/9/2025

Published 1/3/2026

Keywords:

drought, climatic drought, rainfall, climate chang, SPI.

Correspondence:

Khudhur Rasheed

Khder.rasheed@uomosul.edu.iq

q

Abstract

This study analyzes the spatial and temporal variability of seasonal drought and wetness in Nineveh Governorate, northern Iraq, during autumn, winter, and spring between 2012 and 2022. As Nineveh is a key agricultural region, understanding seasonal climate variability is vital for planning agricultural policies and managing water resources for agricultural projects

Using the Standardized Precipitation Index (SPI) and monthly rainfall data from 34 virtual meteorological stations (sourced from <https://power.larc.nasa.gov>), the study employed descriptive and analytical methodologies supported by quantitative techniques.

The findings indicate that mild drought conditions dominated during autumn, while winter was characterized by relative climatic stability without signs of extreme wetness or dryness. In spring, light wetness prevailed in most stations, with a few cases of extreme drought observed in southwestern parts of the governorate.

The study concludes that Nineveh exhibits a general climatic trend toward mild to moderate drought. It recommends adopting proactive water management strategies and enhancing climate monitoring systems.

DOI: *****, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

المقدمة

تحظى الدراسات المناخية باهتمام كبير في كثير من المواضيع ذات العلاقة بحياة الانسان ونشاطاته المختلفة، ويعد الجفاف أحد الظواهر المناخية وهي ظاهرة ليست حديثة العهد، بل هي ظاهرة متكررة الحدوث وقد تصل اوقات الجفاف الى أشهر او سنوات، وهي من المشاكل الكبيرة التي تعاني منها كثير من الدول ذات المناخات الجافة وشبه الجافة وعلى رأسها منطقة الدراسة.

تُعد مواسم الجفاف من الظواهر الجغرافية البارزة، نظرًا لأن انخفاض الهطول المطري لفترات ممتدة (موسمية أو سنوية) يمكن أن يحدث في جميع المناطق المناخية تقريبًا، وقد يؤدي إلى وقوع تأثيرات بيئية واجتماعية واسعة النطاق. ويصفها Hussain et al. (2024) بأنها نقص في الهطول المطري يمتد على مدى موسم أو سنة كاملة، وقد يحدث في معظم الأقاليم المناخية حول العالم، مؤثرًا في مناطق جغرافية واسعة. كما يؤكد Ahmad & Kam (2024) أن "الجفاف يمثل خطرًا طبيعيًا واسع الانتشار يمكن أن يؤثر بشدة في النظم البيئية والمجتمعات على مستوى العالم". لذلك، يحظى موضوع الجفاف الموسمي والامتداد الجغرافي له بقدر عالٍ من الاهتمام الأكاديمي والبحثي في الوقت الراهن.

وبذلك تعاني الكثير من دول العالم ومنها العراق بشكل عام ومنطقة الدراسة بشكل خاص من مشكلة الجفاف مما يظهر الحاجة الفعلية لتشخيص ودراسة هذه المشكلة وتحديد المواسم والفصول الجافة وتكرارها وذلك بالاعتماد على واحدة من أهم مؤشرات الجفاف وهو مؤشر المطر القياسي (Standardized Precipitation Index-SPI) الذي يُعدّ مقياساً أساسياً لمراقبة الجفاف المناخي، إذ يعبر عن انحراف كميات الأمطار عن متوسطها التاريخي للفترة نفسها، بعد تحويل هذه الانحرافات إلى توزيع معياري تكون قيمته الوسطية مساوية للصفر والانحراف المعياري مساوياً للواحد.

أولاً: هدف الدراسة

تهدف الدراسة إلى:

1. معرفة مفهوم الجفاف وأسبابه.
2. تحليل التباين المكاني لحدوث المواسم الجافة والرطوبة خلال فصول الشتاء والربيع والخريف في محافظة نينوى.
3. تحديد التكرار الزمني للمواسم الجافة والرطوبة في الفصول المدروسة خلال المواسم المطرية الممتدة بين عامي 2012 و2022.

ثانياً: أهمية الدراسة

تتبع أهمية هذه الدراسة من تسليطها الضوء على ظاهرة الجفاف في محافظة نينوى، التي تُعدّ إحدى أهم المناطق الزراعية في العراق، لما لها من دور محوري في الأمن الغذائي الوطني. إن اعتماد مؤشر المطر القياسي (Standardized Precipitation Index - SPI) في قياس الجفاف الفصلي يتيح فهماً أعمق للتغيرات المناخية وتأثيراتها في الموارد الطبيعية، ولا سيما المياه والتربة، وعلى الأنشطة الاقتصادية المرتبطة بها، خصوصاً في قطاعي الزراعة وإدارة المياه.

وتوفّر الدراسة قاعدة علمية موثوقة يمكن الاستناد إليها في صياغة تدابير وقائية واستراتيجيات للتكيف مع تقلبات المناخ، بما يعزز التخطيط البيئي والإدارة المستدامة للموارد المائية. كما تمثل نتائج البحث أداة داعمة لصناع القرار والمؤسسات المعنية بالبيئة والتنمية، من خلال إرساء سياسات قائمة على أسس علمية للحد من تأثيرات الجفاف والمساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

ثالثاً: مشكلة الدراسة

تتمحور مشكلة هذه الدراسة حول التساؤل الرئيس الآتي: هل هناك تباين زمني ومكاني في شدة وتكرار المواسم الجافة في محافظة نينوى؟

ويتفرع عن هذا التساؤل الرئيس عدد من التساؤلات الثانوية، وهي:

1. ما مفهوم الجفاف، وما هي أسبابه المختلفة؟
2. ما العوامل المناخية والجغرافية المؤثرة في تباين شدة وتوزيع الجفاف في محافظة نينوى؟
3. كيف يمكن تحديد المواسم الجافة والرطبة في محافظة نينوى باستخدام مؤشر المطر القياسي (SPI)؟

رابعاً: فرضية الدراسة

تحاول هذه الدراسة الإجابة على تساؤلات البحث لتحقيق أهداف الدراسة المشار إليها سابقاً من خلال الافتراضات الآتية:

1. هناك تباين واضح في شدة وتكرار المواسم الجافة والرطبة في محافظة نينوى خلال الفصول المختلفة، مما يعكس تأثير التغيرات المناخية في المنطقة.
2. تؤدي العوامل الجغرافية والمناخية، مثل الموقع الفلكي والموقع الجغرافي والتضاريس ونظام الكتل الهوائية والمنخفضات والمرتفعات الجوية، دوراً رئيسياً في تحديد طبيعة المناخ في نينوى وشدة الجفاف أو الرطوبة.
3. يُعد مؤشر المطر القياسي (SPI) أداة فعالة ودقيقة في تحليل وتحديد المواسم الجافة والرطبة، بما يوفر بيانات كمية موثوقة تساهم في دراسة التغيرات المناخية.

خامساً: منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على مناهج وأساليب البحث التي تتلاءم مع طبيعة الدراسة بغية الوصول للأهداف المرجو تحقيقها، كالمناهج الاستقرائي التحليلي، والمنهج الوصفي؛ لكونهما المناهج الأمثل لمثل هذه الدراسات مدعمان بالوسائل الكمية من خلال جمع البيانات المتعلقة بمنطقة الدراسة والمتمثلة بالبيانات الإحصائية الخاصة بالأمطار التي تم الحصول عليها من موقع ناسا (<https://power.larc.nasa.gov>)، واستخدمت الدراسة مؤشر (Standardized Precipitation Index SPI) لقياس الجفاف والذي يعتمد على عنصر مناخي واحد وهو الأمطار وسيتم تطبيق هذا المؤشر على 34 محطة افتراضية في محافظة نينوى خلال الفترة من (2012-2022).

سادساً: هيكلية الدراسة

تضمنت الدراسة المقدمة ومن ثم تم تقسيم البحث إلى ثلاثة مباحث:

تتألف **المبحث الأول**: مفهوم الجفاف وأسبابه في منطقة الدراسة، فضلاً عن شرح مؤشر المطر القياسي (Standardized Precipitation Index -SPI): بينما تتألف **المبحث الثاني**: المواسم الجافة والرطبة خلال الفصول (الخريف، الشتاء والربيع) في محافظة نينوى، في حين اختص **المبحث الثالث** بتحليل تكرار المواسم الجافة والرطبة خلال الفصول (الخريف، الشتاء والربيع) في محافظة نينوى. وخلصت الدراسة بمجموعة من **الاستنتاجات والمقترحات**.

سابعاً: الحدود المكانية والزمانية لمنطقة الدراسة:

أ. الحدود المكانية:

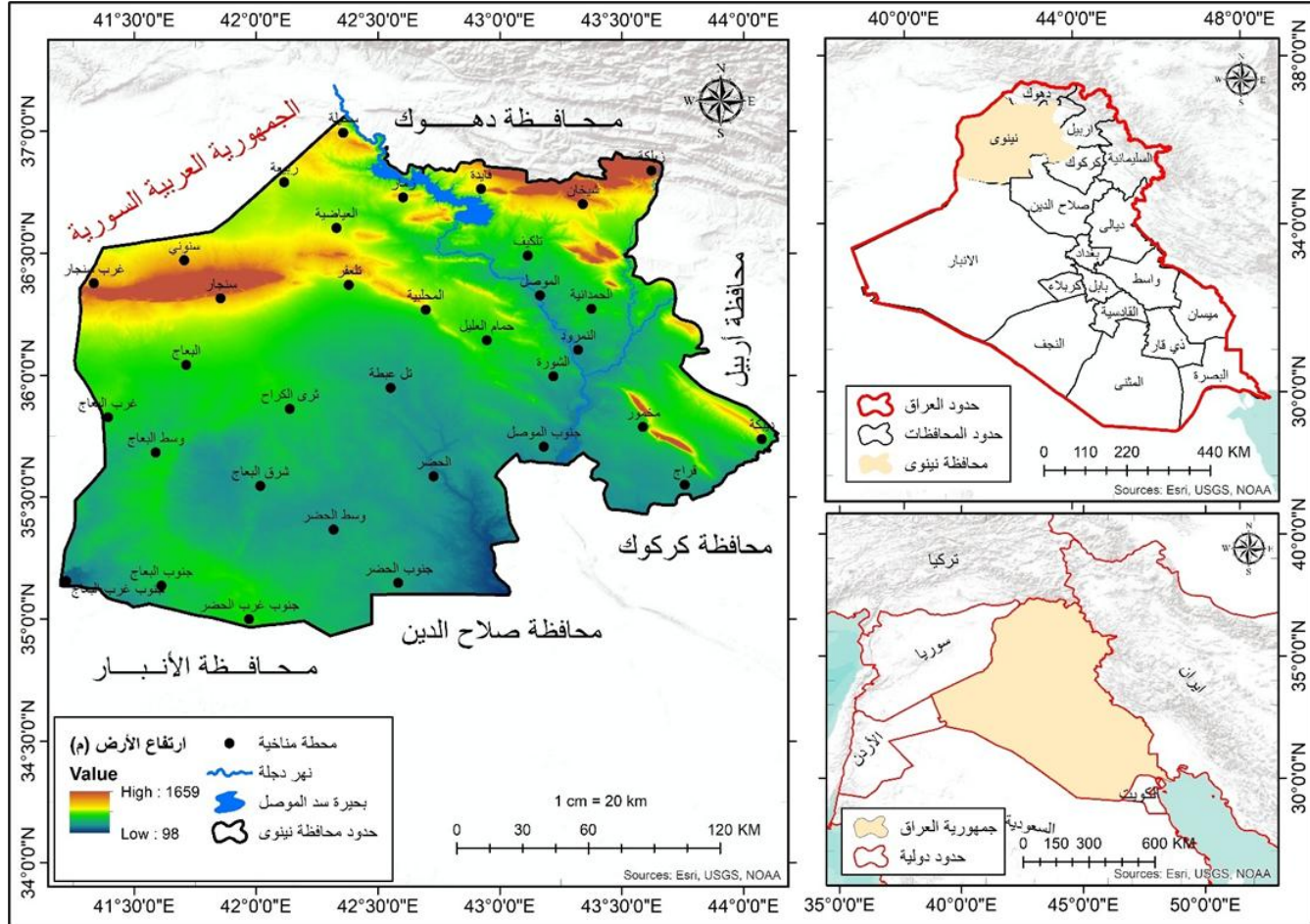
تتمثل الحدود المكانية بالحدود الإدارية لمحافظة نينوى الواقعة في أقصى الشمال الغربي من العراق، يحدها من جهة الشمال محافظة دهوك، ومن جهة الغرب الجمهورية العربية السورية، ومن جهة الشرق محافظة أربيل، ومن الجنوب كل من محافظة كركوك وصلاح الدين والأنبار. تُشكل المحافظة مساحة قدرها (37323) كم²، تتكون محافظة نينوى من تسعة أضية وهي (الموصل، تلعفر، تلكيف، الشخان، الحمدانية، مخمور، سنجار، البعاج والحضر). أما فلكياً فتتمتد المحافظة بين دائرتي عرض (34° 55' 50") و (37° 03' 59") شمالاً، وقوسي طول (41° 11' 53") و (44° 08' 28") شرقاً (خريطة 1).

ب. الحدود الزمانية:

تتمثل الحدود الزمانية الفترة الممتدة بين (2012-2022) ممثلة ببيانات الأمطار لأربعة وثلاثين محطة، ويوضح لنا الجدول (1) والخريطة (1) الموقع الاحداثي والارتفاعات لمحطات منطقة الدراسة.

قياس الجفاف الفصلي في محافظة نينوى باستخدام مؤشر المطر القياسي (SPI) ... (خضر رشيد)

خريطة (1) الموقع الجغرافي والفلكي لمحافظة نينوى ومحطات الدراسة



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج (ArcMap10.8) واعتماداً على:

- نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة (30 متر) بواسطة المكون (SRTM) عبر الموقع www.usgs.gov

جدول (1) احداثيات وارتفاعات محطات منطقة الدراسة

ت	المحطة	ارتفاع المحطة (م)	دائرة عرض (شمالاً)	خط طول (شرقاً)
1	سحيلة	448	36° 59' 37"	42° 21' 27"
2	زليكة	1025	36° 50' 15"	43° 37' 19.2"
3	ربيعة	384	36° 47' 26.5"	42° 6' 55.8"
4	فايدة	398	36° 45' 48.2"	42° 55' 24.2"
5	زمار	443	36° 43' 41.9"	42° 36' 12.2"
6	شيخان	531	36° 42' 3.2"	43° 20' 27.6"
7	العباضية	392	36° 36' 12.2"	42° 19' 48.7"
8	تلكيف	280	36° 29' 24.7"	43° 6' 52.6"
9	سنوني	502	36° 28' 14.5"	41° 42' 20.5"
10	غرب سنجار	496	36° 22' 37.2"	41° 20' 6"
11	تلعفر	352	36° 22' 9.1"	42° 22' 51.2"
12	الموصل	210	36° 19' 34.7"	43° 9' 55.4"
13	سنجار	513	36° 18' 52.6"	41° 51' 14.4"
14	الحمدانية	271	36° 16' 17.8"	43° 22' 34"
15	المحلبية	342	36° 16' 3.7"	42° 41' 49.2"
16	حمام العليل	300	36° 08' 34.1"	42° 56' 48.5"
17	النمرود	194	36° 06' 13.7"	43° 19' 17.4"
18	البعاج	317	36° 02' 29"	41° 42' 48.6"
19	الشورة	240	35° 59' 40.2"	43° 13' 12"
20	تل عبطة	224	35° 56' 51.7"	42° 33' 9.4"
21	ثرى الكراح	285	35° 51' 42.5"	42° 08' 20"
22	غرب البعاج	308	35° 49' 36.1"	41° 23' 36.6"
23	مخمور	274	35° 47' 15.7"	43° 35' 12.8"
24	ديبكة	382	35° 44' 13.2"	44° 04' 28.9"
25	جنوب الموصل	216	35° 42' 20.5"	43° 10' 51.6"
26	وسط البعاج	285	35° 40' 56.3"	41° 35' 19"
27	الحضر	195	35° 35' 5.3"	42° 43' 41.9"
28	قراج	215	35° 32' 58.6"	43° 45' 31"
29	شرق البعاج	236	35° 32' 44.5"	42° 01' 4.8"
30	وسط الحضر	204	35° 21' 58.3"	42° 19' 6.6"
31	جنوب غرب البعاج	156	35° 09' 19.4"	41° 13' 18.5"
32	جنوب الحضر	231	35° 08' 51.4"	42° 35' 2"
33	جنوب البعاج	266	35° 08' 9.2"	41° 36' 43.6"
34	جنوب غرب الحضر	322	34° 59' 57.5"	41° 58' 16"

المصدر: اعتماداً على الخريطة (1).

1- الجفاف وأسبابه:

1-1 مفهوم الجفاف:

عرّف Thornthwaite (1948) الجفاف (Drought) بأنه الحالة التي تكون فيها رطوبة الغلاف الجوي ورطوبة التربة غير كافيتين لتلبية متطلبات النتح والتبخر الضرورية لنمو وتطور الغطاء النباتي. ويُعد هذا التعريف جزءاً من الإطار النظري الذي وضعه لقياس التوازن المائي، والذي يعتمد على العلاقة بين الهطول، ودرجة الحرارة، والتبخر المحتمل (Potential Evapotranspiration). وعلى الرغم من أن المصطلحات التي استخدمها Thornthwaite كانت سابقة للتعريفات الحديثة للجفاف المناخي، إلا أنه مهّد لفهم الجفاف بوصفه اختلالاً في توازن الرطوبة المناخية، لا مجرد انخفاض في كمية الأمطار.

تعرف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) الجفاف بأنها ظاهرة بطيئة الظهور ناجمة عن نقص هطول الأمطار لفترة طويلة ضمن دورة المناخ الطبيعية ويمكن ان تحدث هذه الظاهر في أي منطقة جغرافية (WMO, 2023). في حين تعرف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) الجفاف المناخي على أنه فترات مستمرة من انخفاض معدلات الهطول، مما يؤدي تدريجياً إلى عجز في كل من رطوبة التربة، وجريان الأنهار، وتخزين المياه، وبالتالي التقليل من الإمدادات المائية (أي الجفاف الهيدرولوجي). كما أن ازدياد الطلب التخيري الجوي (Atmospheric Evaporative Demand) يزيد من إجهاد المياه في النباتات، مسبباً حالات من الجفاف الزراعي والإيكولوجي (IPCC, 2023).

هناك العديد من التعاريف الخاصة بالجفاف المناخي تتوافق مع التعريفين السابقين فيُعرف بأنه سيادة فترات طويلة من انعدام الهطول المطري أو قلته، مما يؤدي إلى انخفاض كبير في توفر المياه في وقت ومكان محددين (Holgata et al., 2025; Kuśmierk-Tomaszewska & Źarski, 2021). كما يُعرّف بأنه فترة ممتدة من نقص الهطولات المطرية أو انعدامها، والتي يمكن أن تؤدي بدورها إلى حدوث الجفاف الزراعي والهيدرولوجي، مما يؤثر في رطوبة التربة، وجريان الأنهار، والمياه الجوفية، ونضوب الآبار والعيون (Entekhabi, 2023; Keune et al., 2025; Xu et al., 2023).

هناك من يُعرّف الجفاف استناداً إلى نسبة الأمطار، مثل أن تكون أقل من 75% من المعدل الطبيعي، كما هو الحال لدى إدارة الأرصاد الجوية الهندية (IMD) التي تُعد أي انخفاض في الهطول المطري إلى أقل من 75% من المتوسط طويل الأمد جفافاً. وقد تعرّض هذا الأسلوب لانتقادات واسعة بسبب طابعه الكمي المحدد الذي قد لا يعكس بدقة شدة الجفاف أو آثاره البيئية والاجتماعية المتنوعة (Masroor et al., 2020).

يُعرّف موسم الجفاف بأنه الفترة المناخية التي تتخفّض خلالها كميات الهطول المطري بشكلٍ ملحوظ عن المعدل الطبيعي، مما يؤدي إلى اختلال في التوازن الرطوبي خلال فصل معين من فصول السنة. ويظهر هذا الجفاف الموسمي نتيجة قلة التساقطات أو انعدامها في موسم مطري محدد، مثل الخريف أو الشتاء أو الربيع، الأمر الذي يُفضي إلى عجز مائي يؤثر في رطوبة التربة والغطاء النباتي والمياه السطحية.

1-2 أسباب الجفاف:

هناك مجموعة من العوامل والمحددات الطبيعية التي تتفاعل فيما بينها في تحديد الظروف المناخية في منطقة الدراسة التي تسبب في ظهور الجفاف، ومن أهم هذه العوامل هي:

1. تزايد القوة المُتحكّمة للمرتفع السيبيري وتحول مسارات المنخفضات الجوية الاطلسية نحو شمال البحر المتوسط، مما يعيق وصول الكتل الهوائية الرطبة وبالتالي انخفاض في كميات الهطول فوق المنطقة (Barlow et al., 2016).

2. تراجع تكرار منخفضات البحر المتوسط وتغير مسار التيارات الهوائية الغربية نتيجة للظواهر المناخية المتقلبة وارتفاع درجات الحرارة، مما أثر في تواتر الأمطار في فصلي الشتاء والربيع (Zittis et al., 2022).

3. زيادة كميات التبخر الناتجة عن ارتفاع درجات الحرارة المرتبطة بالتغير المناخي تؤدي إلى نقصان الرطوبة في التربة والمسطحات المائية، كما أن الشدة العالية للأمطار المتلاحقة التي تتساقط بكميات كبيرة خلال فترة قصيرة تُسهم في جفاف التربة عبر جريانها السطحي بدل تسربها داخل التربة (Bevacqua et al., 2024; Zhang et al., 2024).

4. خصائص التربة الرملية ذات المسامية العالية في أجزاء واسعة من منطقة الدراسة والعراق تجعلها غير قادرة على الاحتفاظ بالمياه بشكل كافٍ، مما يتسبب في فقدان سريع للرطوبة وزيادة تصحر التربة، خاصة تحت ظروف المناخ الجاف (Alghamdi et al., 2023).

5. الممارسات البشرية غير المستدامة مثل الإفراط في سحب المياه الجوفية، التوسع الزراعي غير الموجه، وسوء إدارة الموارد المائية، تُعتبر من العوامل الرئيسة التي تُفاقم ظاهرة الجفاف وتساهم في تحويل المناطق إلى أراضٍ قاحلة (Kim & Garcia, 2023).

1-3 مؤشر المطر القياسي (Standardized Precipitation Index -SPI):

استُخدمت العديد من المؤشرات لتقييم الجفاف عالمياً. استخدم العديد من الباحثين مؤشر إمدادات المياه السطحية (surface water supply index-SWSI) لتقييم التقلبات الهيدرولوجية (Dezman et al., 1983; Khan et al., 2018; Y. O. Kim et al., 2012) ومع ذلك، نظراً لتعقيده، لا يُستخدم على نطاق واسع. في حين يُعد مؤشر شدة الجفاف لبالمر (Palmer drought severity index-PDSI) مؤشراً شائع الاستخدام لتقييم الجفاف (Palmer, 1965) إلا أن من عيوب هذا المؤشر عدم قابليته للمقارنة بين المناطق (Mares et

(Palfai aridity index-PAI) فهو مؤشر آخر (al., 2016; Mo et al., 2017). اما مؤشر جفاف بالفاي (Morid) (Decile index) (Pálfai, 2002). كما يُستخدم مؤشر العُشر (et al., 2006)، ومؤشر رطوبة المحاصيل (crop moisture index) (Palmer, 1968)، ومؤشر شذوذ هطول الأمطار (rainfall anomaly index) (Van Rooy, 1965)، ومؤشر رطوبة المحاصيل الجوية (atmospheric crop moisture index) (Uang-aree et al., 2017) لمراقبة الجفاف. كما استخدم العديد من الباحثين مجموعات بيانات الاستشعار عن بُعد لمراقبة الجفاف (AghaKouchak et al., 2015;) (Muthumanickam et al., 2011; Prakash, 2018).

تم استخدام مؤشر المطر القياسي (SPI) الذي اقترحه McKee et al. (1993) في هذه الدراسة، لما يتمتع به من ميزات كثيرة، إذ يعتمد على عنصر مناخي واحد فقط وهو المطر مقارنة مع المؤشرات الاخرى التي تعتمد على عدة عناصر مناخية مما يشكل صعوبة في تقييم الجفاف في حالة عدم توفر بعض بيانات الأنواء الجوية الهيدرولوجية.

في هذا المؤشر يتم تحويل بيانات الهطول الأمطار إلى قيم معيارية (Normalized Values)، ويُستخدم SPI لتقييم ظروف الجفاف بناءً على التوزيع الاحتمالي للهطول المطري طويل الأمد، ويُعد المؤشر فعالاً في تقدير مقدار الجفاف وشدته ومداه المكاني. تم استخدام الهطول المطري الشهري لتحديد مؤشر المطر القياسي، وصُنفت قيم SPI على المقياس الذي قدمه McKee et al. (1993) والمبين في الجدول 2، إذ تم حساب مؤشر SPI باستخدام بيانات هطول الأمطار على مدار 35 عامًا وملاءمة بيانات الهطول المطري طويل الأمد على توزيع احتمالي ثم تم تحويلها إلى مؤشر.

يُعد SPI أحد المؤشرات الفعالة لتقييم الجفاف خلال فترة زمنية محددة على منطقة ما (Payab & Türker, 2018)، إذ يوفر تقيماً طويلاً للأمد للهطول المطري من خلال مقارنة القيم التراكمية التاريخية لهطول الامطار، ومن خلاله يتم تحويل قيم الأمطار إلى توزيع طبيعي بمتوسط يساوي صفر وانحراف معياري واحد (Bhanu Kumar et al., 2010). تمثل القيم الموجبة والمرتفعة لـ SPI حالات الرطوبة والظروف الرطبة غير الاعتيادية، في حين تشير القيم السالبة والمنخفضة إلى الظروف الجافة. وتُعد قيمة SPI التي تساوي أو تقل عن -1 مؤشراً على حالة الجفاف، بينما تشير القيمة الموجبة للمؤشر إلى انتهاء حالة الجفاف. وبما أن SPI يعتمد على بيانات مُعيرة إحصائياً (Normalized Data)، فإنه يمكن تقييم حالات الجفاف في مناطق مختلفة.

صُمم SPI لقياس عجز الهطول المطري على مقاييس زمنية مُتعددة. يُستخدم SPI لشهر واحد لتقييم الجفاف المناخي، ولثلاثة أشهر لتقييم الجفاف الزراعي، ولأثني عشر شهراً لتقييم الجفاف الهيدرولوجي. يقوم SPI لشهر

واحد، بمقارنة مجموع الهطول المطري لذلك الشهر في سنة معينة مع مجموع الهطول المطري لنفس الشهر في جميع سنوات السجل المناخي المتاحة، وبذلك يعكس ظروفًا قصيرة المدى ترتبط ارتباطاً وثيقاً بنوع الجفاف المناخي. أما SPI لثلاثة أشهر فيعكس ظروف الرطوبة المعتدلة ويتيح تقديراً موسمياً لهطول الأمطار، في حين يمكن لـ SPI لستة أشهر أن يكون فعالاً في إظهار الهطول المطري على مدى مواسم أو فصول مميزة. بينما يعكس SPI لاثني عشر شهراً أنماط الهطول المطري طويلة الأمد، حيث تتم مقارنة الهطول المطري لمدة اثني عشر شهراً متتالياً مع ما سُجّل في نفس الأشهر الاثني عشر المتتالية في جميع السنوات السابقة للبيانات المتاحة. وعندما تكون قيمة SPI أقل من أو تساوي -2، يتم تصنيف الحالة على أنها "جفاف متطرف"، وعندما تتراوح قيم SPI بين -2 و -1.5 تُصنّف على أنها "جفاف شديد"، أما عندما تتراوح القيم بين -1.5 إلى -1، فتُعدّ الحالة "جفافاً معتدلاً" (Tirivarombo et al., 2018). في دراستنا هذه تم حساب متوسط بيانات الهطول المطري الواردة من 34 نقطة في محافظة نينوى لتقييم ظروف الجفاف في منطقة الدراسة باستخدام SPI وكما في المعادلة (1):

$$SPI = \left(t - \frac{C_0 + C_1t + C_2t^2}{1 + d_1t + d_2t^2 + d_3t^3} \right) \times t \quad (1)$$

حيث إن:

SPI: مؤشر المطر القياسي (Standardized Precipitation Index).

$C_0, C_1, C_2, d_1, d_2, d_3$: ثوابت تجريبية مشتقة من طريقة تحويل الاحتمال التراكمي إلى توزيع طبيعي قياسي قيمها:

$$2.515517 : C_0$$

$$0.802853 : C_1$$

$$0.010328 : C_2$$

$$1.432788 : d_1$$

$$0.189269 : d_2$$

$$0.001308 : d_3$$

t : متغير مساعد يتم حسابه إما عن طريق المعادلة (2) إذا كان $0.5 \geq H$ أو عن طريق المعادلة (3) إذا كان $0.5 \leq H$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{H^2}\right)} \quad (2)$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H)^2}\right)} \quad (3)$$

حيث إن (H) تمثل الاحتمال التراكمي لقيم الهطول الموسمية بالنسبة للسلسلة الزمنية (Cumulative Probability of Precipitation)، ويتم حسابها من خلال المعادلة (4)، وإذا كانت قيمة $0.5 \leq H$ يتم ضرب معادلة حساب SPI (المعادلة رقم 1) بالإشارة السالبة وإذا كان $0.5 \geq H$ يتم ضرب معادلة حساب SPI (المعادلة رقم 1) بالإشارة الموجبة.

$$H = q + (1 - q) \times G(x) \quad (4)$$

حيث إن:

q : نسبة المواسم ذات الهطول الصفري إلى إجمالي السجلات ويمكن حسابها من خلال المعادلة (5) عندما يكون (m) عدد القيم التي تساوي صفر (عدد المواسم بدون مطر) و (n) إجمالي عدد القيم في السلسلة الزمنية (إجمالي عدد المواسم في الفترة المدروسة).
 G_x : دالة التوزيع الاحتمالي التراكمي (Gamma Distribution CDF) للهطول غير الصفري باستخدام توزيع غاما ويمكن حسابها من خلال المعادلة (6).

$$q = \frac{m}{n} \quad (5)$$

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x y^{\alpha-1} e^{y/-\beta} dy \quad (6)$$

حيث إن:

α : معامل الشكل (Shape parameter) في توزيع غاما ويحسب من بيانات الهطول وفق المعادلة (7).

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(\sqrt{\frac{4A}{3} + 1} + 1 \right) \quad (7)$$

حيث إن A يمثل ثابت المعاييرة (shape coefficient) في توزيع Gamma المستخدم لتمثيل بيانات الهطول المطري والذي يمكن حسابه من خلال المعادلة (8).

$$A = \ln(\tilde{x}) - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n} \quad (8)$$

حيث إن:

\tilde{x} : المتوسط الحسابي لقيم الهطول المطري المسجلة في فصل معين، محسوب عبر فترة الدراسة البالغة 10 مواسم مطرية متتالية.

x_i : قيمة الهطول المطري المسجلة في الفصل نفسه خلال الموسم المطري i من فترة الدراسة.
 n : عدد المواسم المطرية المدروسة.

أما β الموجود في المعادلة (6) فيمثل معامل المقياس (Scale parameter) ويُحسب من بيانات الهطول المطري عن طريق المعادلة (9). في حين تمثل $\Gamma(a)$: دالة غاما (Gamma function)، وهي تعميم لدالة المضروب (Factorial)، ويتم حسابها من خلال المعادلة (10) في حين ان y هو متغير تكامل (Integration variable) داخل المعادلة وان $e^{y/-\beta}$ جزء من توزيع غاما، حيث ان e هو ثابت أويلر (2.71828).

$$\beta = \frac{\tilde{x}}{a} \quad (9)$$

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} y^{a-1} e^{-y} dy \quad (10)$$

جدول (2) مقياس مؤشر المطر القياسي SPI

التصنيف	قيمة SPI
Extreme Wet رطوبة متطرفة	$2 \leq$
Severe Wet رطوبة شديدة	1.99 إلى 1.5
Moderate Wet رطوبة معتدلة	1 إلى 1.49
Mild Wet رطوبة خفيفة	0 إلى 0.99
Mild Drought جفاف خفيف	0 إلى -0.99
Moderate Drought جفاف معتدل	-1 إلى -1.49
Severe Drought جفاف شديد	-1.5 إلى -1.99
Extreme Drought جفاف متطرف	$-2 \geq$

Source: (McKee et al., 1993)

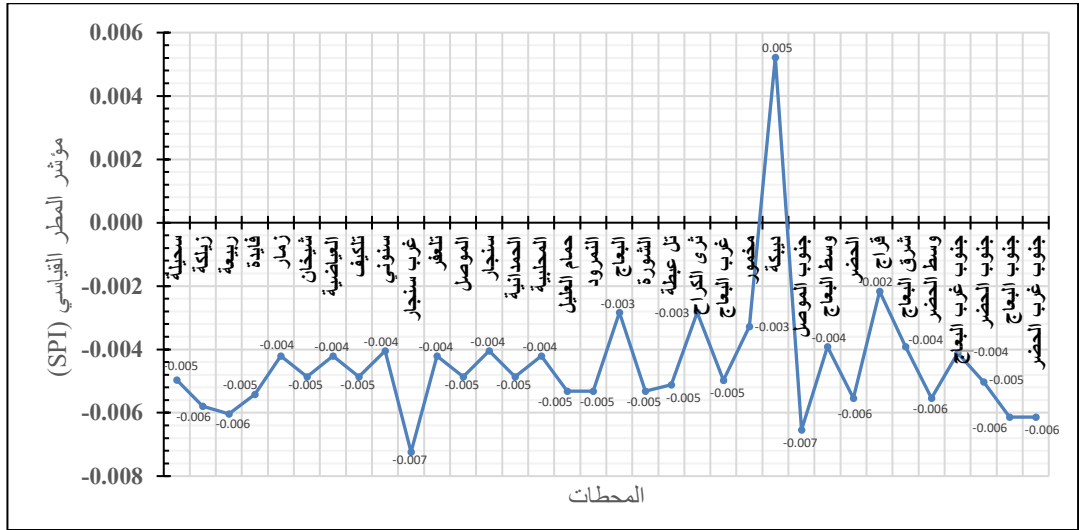
2-المواسم الجافة والرطبة خلال الفصول (الخريف، الشتاء والربيع) في محافظة نينوى:

2-1 فصل الخريف:

يعد فصل الخريف بداية موسم الامطار في منطقة الدراسة بعد جفاف استمر طيلة أشهر الصيف، إن أمطار الخريف منقطعة وغير منتظمة في الموعد، فقد يبدأ سقوطها في أواخر شهر ايلول، وقد يتأخر سقوطها الى أواسط شهر تشرين الأول بل إلى أواسط شهر تشرين الثاني في بعض الحالات، بصورة عامة يمكن اعتبار أوائل شهر تشرين الأول بداية موسم الامطار، إن موعد التساقط في هذا الفصل له علاقة بتوزيعات الضغط الجوي والكتل الهوائية وحركة المنخفضات الجوية حيث إن معظم أمطار منطقة الدراسة هي إعصارية تسببها المنخفضات الجوية القادمة من جهة البحر المتوسط والتي يتوقف توزيعها على توزيع الضغط الجوي.

شكل (1) مؤشر المطر القياسي (SPI) لفصل الخريف للمدة (2012-2022)

لمحطات منطقة الدراسة



المصدر: من اعداد الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

يقدم الشكل (1) قيم مؤشر SPI المحسوبة لفصل الخريف، كما يقدم الجدول (3) كميات الهطول المطري (مم) وقيم مؤشر SPI والتصنيف المناخي المرتبط بالجفاف أو الرطوبة لفصل الخريف لـ 34 محطة مناخية في محافظة نينوى. تشير نتائج تحليل الجدول (3) إلى أن المنطقة المدروسة تخضع لمناخ يميل إلى "الجفاف الخفيف"، ولم تُرصد حالات تطرف مناخي حاد، سواء من حيث الجفاف الشديد أو الرطوبة العالية.

جدول (3) معدلات الأمطار ومؤشر المطر القياسي SPI لفصل الخريف للمدة (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة

ت	المحطة	الأمطار (مم)	SPI	الوصف
1	سحيلة	61.647	-0.005	جفاف خفيف
2	زيلكة	78.189	-0.006	جفاف خفيف
3	ربيعة	55.176	-0.006	جفاف خفيف
4	فايدة	68.865	-0.005	جفاف خفيف
5	زمار	51.049	-0.004	جفاف خفيف
6	شيخان	55.178	-0.005	جفاف خفيف
7	العياضية	51.049	-0.004	جفاف خفيف
8	تلكيف	55.178	-0.005	جفاف خفيف
9	سنوني	44.845	-0.004	جفاف خفيف
10	غرب سنجار	42.057	-0.007	جفاف خفيف
11	تلعفر	51.049	-0.004	جفاف خفيف
12	الموصل	55.178	-0.005	جفاف خفيف
13	سنجار	44.845	-0.004	جفاف خفيف
14	الحمدانية	55.178	-0.005	جفاف خفيف
15	المحلبية	51.049	-0.004	جفاف خفيف
16	حمام العليل	45.614	-0.005	جفاف خفيف
17	النمرود	45.614	-0.005	جفاف خفيف
18	البعاج	37.746	-0.003	جفاف خفيف
19	الشورة	45.614	-0.005	جفاف خفيف
20	تل عبطة	43.507	-0.005	جفاف خفيف
21	ثرى الكراح	37.746	-0.003	جفاف خفيف
22	غرب البعاج	37.051	-0.005	جفاف خفيف
23	مخمور	57.404	-0.003	جفاف خفيف
24	ديبكة	61.69	0.005	رطوبة خفيفة
25	جنوب الموصل	39.66	-0.007	جفاف خفيف
26	وسط البعاج	30.084	-0.004	جفاف خفيف
27	الحضر	35.745	-0.006	جفاف خفيف
28	قراج	49.58	-0.002	جفاف خفيف
29	شرق البعاج	30.084	-0.004	جفاف خفيف
30	وسط الحضر	35.745	-0.006	جفاف خفيف
31	جنوب غرب البعاج	25.031	-0.004	جفاف خفيف
32	جنوب الحضر	27.952	-0.005	جفاف خفيف
33	جنوب البعاج	24.094	-0.006	جفاف خفيف
34	جنوب غرب الحضر	24.094	-0.006	جفاف خفيف

المصدر: من اعداد الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

كما أظهرت بيانات الجدول (3) أن معدل الهطول المطري للمحطات المدروسة بلغ 49.1 ملم، إذ سجلت محطة (زيلكة) أعلى كمية هطول مطري (78.189 ملم)، مما يشير إلى تعرضها لمستويات أعلى من الرطوبة النسبية مقارنة ببقية المحطات. بينما سُجلت أدنى كمية هطول (24.094 ملم) في (جنوب البعاج و جنوب غرب الحضر)، مما يعكس ظروفًا أكثر جفافًا. عمومًا، تتركز المحطات ذات المعدلات المطرية المرتفعة في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية، بينما تقل معدلات الهطول في المناطق الجنوبية والغربية، مما قد يكون مرتبطًا بالتوزيع الطبوغرافي والتأثيرات المناخية الإقليمية.

على الرغم من هذا التباين في القيم المطلقة للهطول، إلا أن قيم مؤشر SPI تراوحت ضمن مدى ضيق جداً يتراوح بين -0.007 و +0.005، ما يشير إلى ظروف مناخية شبه طبيعية ذات انحراف بسيط عن المتوسط العام طويل الأمد (عشرة مواسم مطرية).

عند تصنيف قيم مؤشر المطر القياسي (SPI) لفصل الخريف، تبين أن 33 محطة سجلت قيماً سالبة طفيفة تقع ضمن المدى (0 إلى -0.99)، مما يشير إلى أن جميعها تعرضت لحالة جفاف خفيف (Mild Drought)، وهي حالة مناخية لا تمثل تطرفًا مناخيًا حادًا، لكنها تشير إلى بداية محتملة لنقصان في التوازن المائي، خصوصًا في المناطق التي تعتمد على الأمطار كمصدر رئيس للري. أما محطة (ديبكة) فقد كانت الوحيدة التي سجلت قيمة موجبة طفيفة (+0.005)، مما صنفها ضمن الرطوبة الخفيفة (Mild Wet)، في دلالة على تجاوزها الطفيف لمعدل الأمطار الطبيعي.

تشير هذه النتائج إلى تجانس نسبي في الحالة المناخية لمحافظة نينوى خلال فصل الخريف، حيث أظهرت معظم المحطات سلوكًا مناخيًا متماثلًا على الرغم من التباين الجغرافي الكبير في الموقع والارتفاع. على سبيل المثال، المحطات الواقعة في المرتفعات الشمالية والشرقية مثل (زيلكة وشيخان) سجلت معدلات أمطار أعلى نسبيًا من غيرها، لكنها لم تخرج عن نطاق الجفاف الخفيف نتيجة اعتماد SPI على الانحراف عن المتوسط المناخي وليس على القيم المطلقة للأمطار. في المقابل، سجلت محطات الجنوب الغربي أقل كميات مطرية، إلا أنها بقيت ضمن نفس التصنيف بسبب اعتماد المؤشر على النسبة لا على الكمية فقط.

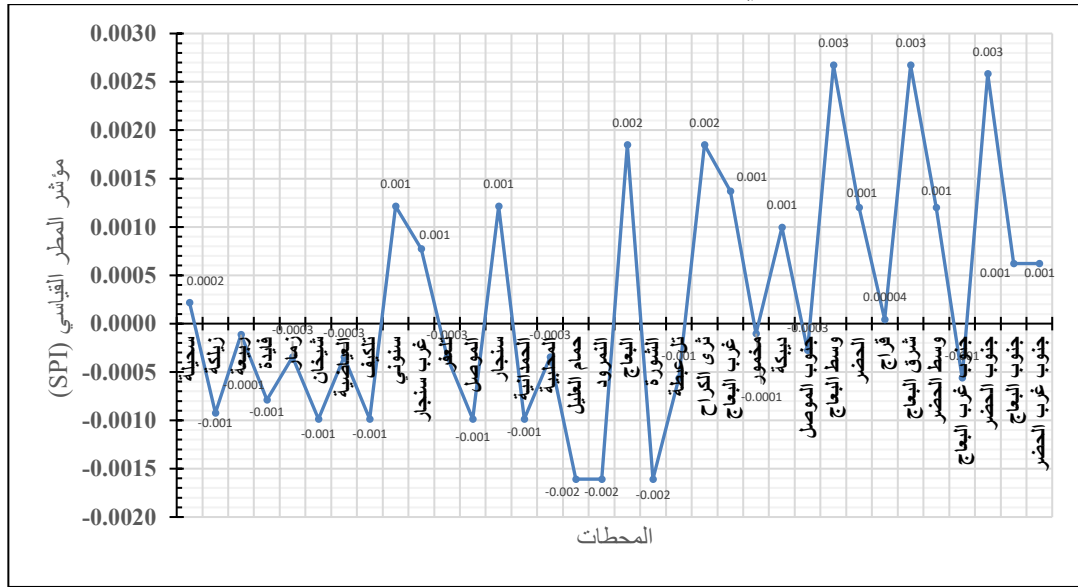
بناءً على هذه التحليلات، يمكن الاستنتاج أن محافظة نينوى قد عانت خلال فصل الخريف من حالة من الجفاف الخفيف ذات طابع عام يغلب على جميع مناطق المحافظة. لا توجد مؤشرات على جفاف متوسط أو شديد، كما أن حالات الرطوبة تكاد تكون منعدمة، باستثناء محطة واحدة. وعلى الرغم من أن الجفاف الخفيف لا يمثل تهديدًا فوريًا، إلا أن استمراره أو تكراره عبر عدة فصول أو أعوام متتالية قد يؤدي إلى تفاقم الآثار البيئية والزراعية، وهو ما يستدعي مراقبة دورية دقيقة للمؤشرات المناخية واعتماد استراتيجيات مبكرة لإدارة الموارد المائية.

2-2 فصل الشتاء :

يضم فصل الشتاء شهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط ويمثل فصل التركيز المطري في منطقة الدراسة، إذ يسجل هذا الفصل أعلى نسبة في كمية الامطار المتساقطة في الموسم المطري.

أظهرت بيانات الشكل (2) والجدول (4) ان معدل الهطول المطري للمحطات المدروسة بلغ 127.3 ملم، حيث سجلت محطة فايدة أعلى كمية هطول (169.13) ملم في فايدة، مما يشير إلى تعرضها لمستويات أعلى من الرطوبة النسبية مقارنة ببقية المحطات، في حين سجلت محطات (جنوب البعاج وجنوب غرب الحضر) أدنى كمية هطول (67.267) ملم، مما يعكس ظروفًا أكثر جفافًا.

شكل (2) مؤشر المطر القياسي (SPI) لفصل الشتاء للمدة (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة



المصدر: من اعداد الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

أما مؤشر SPI فقد تراوح بين -0.002 و +0.003، وهي قيم متقاربة جداً من القيمة المحايدة (0)، ما يشير إلى أن معظم المناطق لم تشهد انحرافات مناخية ملحوظة عن متوسطاتها طويلة الأمد (عشرة مواسم مطرية) خلال فصل الشتاء.

عند تصنيف قيم SPI لفصل الشتاء، يتبين أن حوالي نصف المحطات (16 محطة) سجلت قيماً موجبة طفيفة (من 0 إلى +0.003)، وصُنفت جميعها ضمن "الرطوبة الخفيفة" (Mild Wet)، مما يدل على تحسن طفيف في ظروف الهطول المطري مقارنةً بالقيم المناخية الاعتيادية. من بين هذه المحطات: ديبكا، البعاج، وسط البعاج، شرق البعاج، جنوب الحضر، وجنوب البعاج، وغيرها. أما النصف الآخر (18 من المحطات)

قياس الجفاف الفصلي في محافظة نينوى باستخدام مؤشر المطر القياسي (SPI)... (خضر رشيد)

جدول (4) معدلات الأمطار ومؤشر المطر القياسي SPI لفصل الشتاء للمدة (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة

ت	المحطة	الأمطار (مم)	SPI	الوصف
1	سحيلة	162.186	0.0002	رطوبة خفيفة
2	زيلكة	168.918	-0.001	جفاف خفيف
3	ربيعة	144.301	-0.0001	جفاف خفيف
4	فايدة	169.126	-0.001	جفاف خفيف
5	زمار	150.942	-0.0003	جفاف خفيف
6	شيخان	154.535	-0.001	جفاف خفيف
7	العياضية	150.942	-0.0003	جفاف خفيف
8	تلكيف	154.535	-0.001	جفاف خفيف
9	سنوني	127.586	0.001	رطوبة خفيفة
10	غرب سنجار	120.924	0.001	رطوبة خفيفة
11	تلعفر	150.942	-0.0003	جفاف خفيف
12	الموصل	154.535	-0.001	جفاف خفيف
13	سنجار	127.586	0.001	رطوبة خفيفة
14	الحمداية	154.535	-0.001	جفاف خفيف
15	المحلبية	150.942	-0.0003	جفاف خفيف
16	حمام العليل	137.519	-0.002	جفاف خفيف
17	النمرود	137.519	-0.002	جفاف خفيف
18	البعاج	113.573	0.002	رطوبة خفيفة
19	الشورة	137.519	-0.002	جفاف خفيف
20	تل عبطة	134.961	-0.001	جفاف خفيف
21	ثرى الكراح	113.573	0.002	رطوبة خفيفة
22	غرب البعاج	107.907	0.001	رطوبة خفيفة
23	مخمور	150.432	-0.0001	جفاف خفيف
24	ديبكة	150.52	0.001	رطوبة خفيفة
25	جنوب الموصل	109.167	-0.0003	جفاف خفيف
26	وسط البعاج	89.88	0.003	رطوبة خفيفة
27	الحضر	103.048	0.001	رطوبة خفيفة
28	قراج	126.847	0.00004	رطوبة خفيفة
29	شرق البعاج	89.88	0.003	رطوبة خفيفة
30	وسط الحضر	103.048	0.001	رطوبة خفيفة
31	جنوب غرب البعاج	67.37	-0.001	جفاف خفيف
32	جنوب الحضر	67.895	0.003	رطوبة خفيفة
33	جنوب البعاج	67.267	0.001	رطوبة خفيفة
34	جنوب غرب الحضر	67.267	0.001	رطوبة خفيفة

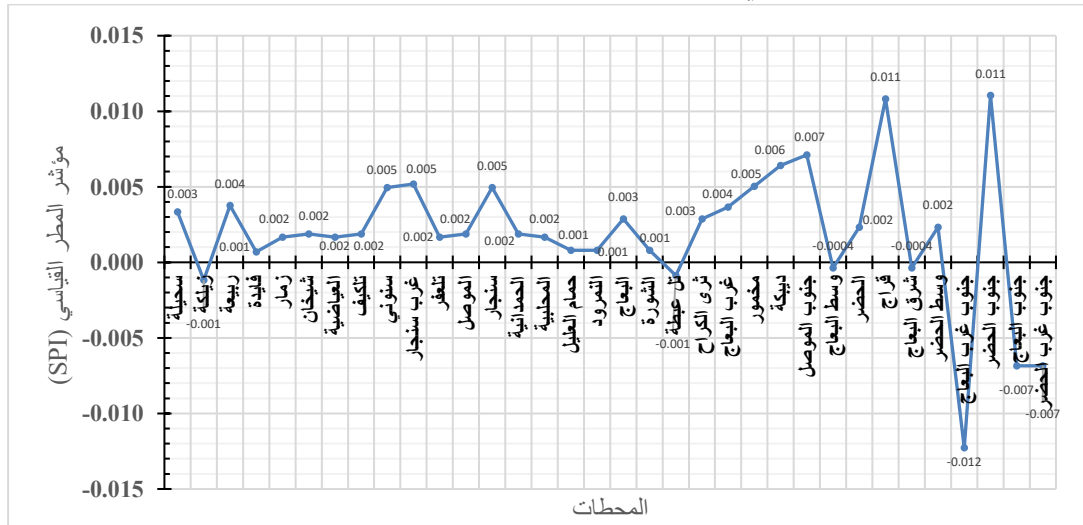
المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

فسجل قيماً سالبة طفيفة (من 0 إلى -0.002)، وتقع جميعها ضمن تصنيف "جفاف خفيف" (Mild Drought)، ما يدل على نقص طفيف في كميات الأمطار دون أن يصل إلى درجة التأثير الحاد أو المستديم. اللافت في التوزيع أن الحالة المناخية لفصل الشتاء تُظهر تجانساً كبيراً بين مختلف المحطات، سواء الواقعة في الشمال الشرقي ذي التضاريس المرتفعة أو في الجنوب الغربي ذي التضاريس المنخفضة. ويُعزى هذا التجانس إلى تقارب قيم SPI حول الصفر، وهو ما يعكس توازناً نسبياً في توزيع الأمطار على الرغم من التباين الجغرافي. كذلك، فإن غياب القيم المتطرفة في مؤشر SPI (سواء الرطوبة أو الجافة) يشير إلى أن الشتاء خلال هذه الفترة لم يتسم بأي مظاهر تطرف مناخي واضح، سواء في اتجاه الجفاف أو الرطوبة الفائضة. وعليه، يمكن القول إن محافظة نينوى شهدت خلال فصل الشتاء حالة مناخية مستقرة إلى حد كبير، تراوحت بين الجفاف الخفيف والرطوبة الخفيفة، دون تسجيل مؤشرات لحدوث جفاف معتدل أو شديد، أو رطوبة شديدة أو متطرفة. وهذه النتائج تعزز من فرضية أن فصل الشتاء خلال فترة الدراسة كان نسبياً أقرب إلى المعدلات الطبيعية، مع تذبذب طفيف غير مؤثر، وهو ما يدعم الاستقرار المناخي في هذا الفصل مقارنة بالخريف أو الربيع، الذين قد يشهدان تبايناً أكبر في القيم.

2-3 فصل الربيع:

يبدأ فصل الربيع مع بداية شهر آذار وينتهي مع نهاية شهر أيار، وتكون كمية الامطار في فصل الربيع اقل من فصل الشتاء، كما أن عدد المنخفضات الجوية والكتل الهوائية الباردة الرطبة المسؤولة عن التساقط في هذا الفصل تقل، كما ان أمطار فصل الربيع تتميز بقلّة استمرارها مقارنة مع فصل الشتاء.

شكل (3) مؤشر المطر القياسي (SPI) لفصل الربيع للمدة (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة



المصدر: من اعداد الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

جدول (5) معدلات الأمطار ومؤشر المطر القياسي SPI لفصل الربيع للمدة (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة

ت	المحطة	الأمطار (مم)	SPI	الوصف
1	سحيلة	137.066	0.003	رطوبة خفيفة
2	زيلكة	160.729	-0.001	جفاف خفيف
3	ربيعة	121.996	0.004	رطوبة خفيفة
4	فايدة	151.618	0.001	رطوبة خفيفة
5	زمار	121.516	0.002	رطوبة خفيفة
6	شيخان	127.478	0.002	رطوبة خفيفة
7	العباضية	121.516	0.002	رطوبة خفيفة
8	تلكيف	127.478	0.002	رطوبة خفيفة
9	سنوني	98.098	0.005	رطوبة خفيفة
10	غرب سنجار	91.377	0.005	رطوبة خفيفة
11	تلعفر	121.516	0.002	رطوبة خفيفة
12	الموصل	127.478	0.002	رطوبة خفيفة
13	سنجار	98.098	0.005	رطوبة خفيفة
14	الحمدانية	127.478	0.002	رطوبة خفيفة
15	المحلية	121.516	0.002	رطوبة خفيفة
16	حمام العليل	109.329	0.001	رطوبة خفيفة
17	النمرود	109.329	0.001	رطوبة خفيفة
18	البعاج	83.937	0.003	رطوبة خفيفة
19	الشورة	109.329	0.001	رطوبة خفيفة
20	تل عبطة	105.958	-0.001	جفاف خفيف
21	ثرى الكراح	83.937	0.003	رطوبة خفيفة
22	غرب البعاج	78.37	0.004	رطوبة خفيفة
23	مخمور	113.118	0.005	رطوبة خفيفة
24	دييكة	97.954	0.006	رطوبة خفيفة
25	جنوب الموصل	82.804	0.007	رطوبة خفيفة
26	وسط البعاج	66.991	-0.0004	جفاف خفيف
27	الحضر	79.94	0.002	رطوبة خفيفة
28	قراج	88.59	0.011	رطوبة خفيفة
29	شرق البعاج	66.991	-0.0004	جفاف خفيف
30	وسط الحضر	79.94	0.002	رطوبة خفيفة
31	جنوب غرب البعاج	46.155	-0.012	جفاف خفيف
32	جنوب الحضر	51.842	0.011	رطوبة خفيفة
33	جنوب البعاج	50.824	-0.007	جفاف خفيف
34	جنوب غرب الحضر	50.824	-0.007	جفاف خفيف

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

عند تحليل بيانات الشكل (3) والجدول (5) أظهرت البيانات ان معدل الهطول المطري في فصل الشتاء للمحطات المدروسة بلغ (104.3 ملم)، مع وجود تبايناً مكانياً في توزيع الهطول المطري، فأعلى كمية هطول سُجلت في محطة زيلكة (160.729 ملم)، مما يعكس تأثرها بأنظمة جوية رطبة مقارنة ببقية المحطات، في حين أن أقل كمية هطول لوحظت في جنوب غرب البعاج (46.155 ملم)، مما يعكس بيئة أكثر جفافاً. عمومًا، كانت المناطق الشمالية والشمالية الشرقية أكثر تعرضًا للأمطار، بينما كانت المناطق الجنوبية والغربية أكثر جفافاً، وهو نمط يتماشى مع التأثيرات الطبوغرافية والمناخية المحلية. ومع ذلك، فإن مؤشر SPI لفصل الشتاء أظهر تبايناً طفيفاً جدًا، حيث تراوحت قيمه بين -0.012 و $+0.011$ ، وهي مؤشرات تدل على استقرار نسبي في السلوك المناخي العام خلال هذا الفصل.

تشير النتائج إلى أن معظم محطات الدراسة، وتحديدًا 27 محطة من أصل 34، سجلت قيمًا موجبة طفيفة ضمن المدى (0 إلى $+0.011$)، مما يُصنف جميعها ضمن "الرطوبة الخفيفة" (Mild Wet). ويعكس ذلك تحسنًا طفيفًا في كميات الأمطار مقارنة بالمعدل المناخي طويل الأمد (عشرة مواسم مطرية)، دون أن يبلغ الحد الذي يُصنف كرطوبة معتدلة أو شديدة. ويُلاحظ أن هذا التحسن شمل محطات موزعة على مختلف أنحاء المحافظة، بما فيها المحطات الشمالية (مثل فايدة وسحيلة)، والوسطى (مثل الموصل)، والجنوبية (مثل جنوب الحضر)، وهو ما يعكس نمطًا عامًا من الوفرة النسبية للأمطار خلال هذا الفصل.

أما بقية المحطات، وعددها سبع فقط، فسجلت قيم SPI سالبة طفيفة لا تتجاوز -0.012 ، مما صنفها ضمن الجفاف الخفيف (Mild Drought). من أبرز هذه المحطات: جنوب غرب البعاج، جنوب البعاج، جنوب غرب الحضر، وشرق البعاج، وهي تقع جميعها في النصف الجنوبي والغربي من المحافظة. وهذا التوزيع يؤكد استمرارية ضعف الهطول المطري نسبيًا في تلك المناطق خلال معظم فصول السنة.

من حيث التوزيع المكاني، فإن الصورة العامة توحي بأن فصل الربيع يتميز بحالة من الاعتدال المناخي العام، حيث لم تسجل أي من المحطات حالات تطرف في الجفاف أو الرطوبة. وعلى الرغم من وجود بعض المحطات ذات كميات مطرية منخفضة، فإن مؤشر SPI لم يُظهر دلالة واضحة على وجود ضغط مناخي حاد، وذلك لأن المؤشر يقيس الانحراف النسبي وليس القيمة المطلقة للهطول. بالتالي، فإن المحطات ذات المعدلات المنخفضة، ولكن المتسقة عبر الزمن تظهر كمناطق شبه مستقرة مناخيًا.

بناءً على هذه المعطيات، يُمكن اعتبار فصل الربيع من الفصول التي ساهمت في استقرار الوضع المناخي في المحافظة خلال مدة الدراسة، حيث اتسمت الغالبية العظمى من المحطات بحالة رطوبة خفيفة.

3- تكرار المواسم الجافة والرطبة خلال الفصول (الخريف، الشتاء والربيع) في محافظة نينوى:

3-1 فصل الخريف:

عند تحليل بيانات مؤشر المطر القياسي SPI لتقييم الجفاف والرطوبة في فصل الخريف في محافظة نينوى خلال عشرة مواسم مطرية، موزعة على 34 محطة رصد مناخي (جدول 6 وجدول 7) أظهرت النتائج غياباً تاماً للحالات المصنفة ضمن "الرطوبة المتطرفة" ($SPI \geq +2$)، ما يشير إلى أن المحافظة لم تشهد خلال هذه الفترة أي خريف يمتاز بهطولات غزيرة واستثنائية. كما كانت حالات "الرطوبة الشديدة" محدودة جداً، إذ لم تتجاوز 15 حالة، وبنسبة بلغت 4.41% فقط من إجمالي المشاهدات.

أما بالنسبة لحالات الرطوبة ذات الشدة المتوسطة والخفيفة، فقد بلغت 64 حالة من نوع "رطوبة معتدلة" (SPI بين 1 و 1.49)، أي بنسبة 18.82%، و76 حالة "رطوبة خفيفة" (SPI بين 0 و 0.99)، وبنسبة 22.35%. مما يعني أن مجموع الحالات الرطبة بفئاتها الثلاث بلغ 155 حالة، ما يمثل 45.59% من إجمالي المواسم، وهو ما يعكس واقعاً مناخياً لا ينسجم بالوفرة المطرية، وإنما يميل إلى الرطوبة المحدودة.

في المقابل، أظهرت حالات الجفاف تفوقاً عددياً واضحاً؛ حيث بلغ عدد المواسم المصنفة ضمن "الجفاف الخفيف" (SPI بين 0 و -0.99) نحو 105 حالات، وهو ما يعادل 30.88% من الإجمالي، تلتها حالات "الجفاف المعتدل" (SPI بين -1 و -1.49) بعدد 75 حالة، بنسبة 22.06%. ما يجعل مجموع الحالات الجافة الخفيفة والمعتدلة 180 حالة، أي ما نسبته 52.94% من إجمالي المواسم.

أما الجفاف الحاد، فقد كان نادر الحدوث، حيث سُجلت أربع حالات فقط لجفاف شديد (SPI بين -1.5 و -1.99)، بنسبة 1.18%، وحالة واحدة فقط لجفاف متطرف ($SPI \leq -2$) بنسبة ضئيلة بلغت 0.29%. وقد تركزت هذه الحالات الاستثنائية في عدد محدود من المحطات الواقعة في الأجزاء الجنوبية والغربية من المحافظة، مثل دييكة، وقراج، وغرب البعاج، وجنوب غرب البعاج، ومخمور، وهي مناطق معروفة بتدني معدلات الهطول المطري الخريفي.

من خلال هذا التوزيع، يتضح بجلاء أن مناخ فصل الخريف في محافظة نينوى خلال العقد الماضي يميل بوضوح نحو حالات الجفاف، لا سيما الجفاف الخفيف والمعتدل، وهو ما يشكل تحدياً متزايداً أمام الأنشطة الزراعية المعتمدة على الأمطار، خصوصاً زراعة الحبوب مثل القمح والشعير. كما أن غياب المواسم الرطبة المتطرفة، إلى جانب هيمنة حالات الجفاف الخفيف، يعكس اتجاهاً مناخياً عاماً نحو الجفاف التدريجي المرتبط بتغير المناخ العالمي، كما أشارت إليه التقارير المناخية الدولية مثل تقرير WMO لعام 2024 وتقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2023).

جدول (6) تكرار المواسم الرطبة والجافة لفصل الخريف للمواسم المطرية (2012-2022)

لمحطات منطقة الدراسة حسب دليل المطر القياسي SPI

ت	المحطة	رطوبة متطرفة	رطوبة شديدة	رطوبة معتدلة	رطوبة خفيفة	جفاف خفيف	جفاف معتدل	جفاف شديد	جفاف متطرف
1	سحيلة	0	1	2	1	4	2	0	0
2	زيلكة	0	1	2	1	4	2	0	0
3	ربيعة	0	2	0	2	3	3	0	0
4	فايدة	0	1	2	1	5	1	0	0
5	زمار	0	0	3	1	4	2	0	0
6	شبخان	0	0	3	1	4	2	0	0
7	العياضية	0	0	3	1	4	2	0	0
8	تلكيف	0	0	3	1	4	2	0	0
9	سنوني	0	0	2	3	2	3	0	0
10	غرب سنجار	0	2	0	3	2	3	0	0
11	تلعفر	0	0	3	1	4	2	0	0
12	الموصل	0	0	3	1	4	2	0	0
13	سنجار	0	0	2	3	2	3	0	0
14	الحمدانية	0	0	3	1	4	2	0	0
15	المحلبية	0	0	3	1	4	2	0	0
16	حمام العليل	0	0	2	3	2	3	0	0
17	النمرود	0	0	2	3	2	3	0	0
18	البعاج	0	1	1	3	2	3	0	0
19	الثورة	0	0	2	3	2	3	0	0
20	تل عبطة	0	0	2	3	2	3	0	0
21	ثرى الكراج	0	1	1	3	2	3	0	0
22	غرب البعاج	0	1	1	3	4	0	1	0
23	مخمور	0	1	1	2	5	0	1	0
24	ديبكة	0	1	0	3	5	0	0	1
25	جنوب الموصل	0	1	1	3	1	4	0	0
26	وسط البعاج	0	0	2	3	3	2	0	0
27	الحضر	0	0	2	3	1	4	0	0
28	قراج	0	1	1	3	4	0	1	0
29	شرق البعاج	0	0	2	3	3	2	0	0
30	وسط الحضر	0	0	2	3	1	4	0	0
31	جنوب غرب البعاج	0	1	1	2	5	0	1	0
32	جنوب الحضر	0	0	3	2	1	4	0	0
33	جنوب البعاج	0	0	2	3	3	2	0	0
34	جنوب غرب الحضر	0	0	2	3	3	2	0	0
	مجموع التكرارات	0	15	64	76	105	75	4	1

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

جدول (7) توزيع حالات الرطوبة والجفاف حسب تصنيف مؤشر SPI لفصل الخريف للمواسم المطرية (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة

النسبة المئوية من المجموع (%)	عدد التكرارات	تصنيف SPI
0	0	رطوبة متطرفة ($\geq +2$)
4.41	15	طوبة شديدة (1.5 إلى 1.99)
18.82	64	رطوبة معتدلة (1 إلى 1.49)
22.35	76	رطوبة خفيفة (0 إلى 0.99)
30.88	105	جفاف خفيف (0 إلى -0.99)
22.06	75	جفاف معتدل (-1 إلى -1.49)
1.18	4	جفاف شديد (-1.5 إلى -1.99)
0.30	1	جفاف متطرف (≤ -2)
100	340	المجموع الكلي

المصدر: اعتماداً على بيانات الجدول (6).

عند تحليل التوزيع المكاني لمحطات الرصد المناخي الـ(34) في محافظة نينوى، تبين أن حالات الجفاف الأشد خلال فصل الخريف تركزت بشكل ملحوظ في الأجزاء الغربية والجنوبية الغربية من المحافظة. وتشمل هذه المناطق محطات مثل ديبكة، التي سجلت حالة جفاف متطرف واحدة، وهي الحالة الوحيدة من هذا النوع في كامل المحافظة خلال عشر سنوات. كما سجلت محطات قراج، غرب البعاج، جنوب غرب البعاج، ومخمور حالات جفاف شديد، وهي الحالات الأربع الوحيدة ضمن هذا التصنيف (SPI من -1.5 إلى -1.99).

وتقع جميع هذه المحطات في مواقع ذات خصائص جغرافية ومناخية معروفة بانخفاض معدلات الأمطار الموسمية، حيث تسود فيها الظروف شبه الجافة وتغلب عليها التربة الرملية أو الحجرية ذات القدرة المنخفضة على الاحتفاظ بالرطوبة. كما أن هذه المناطق تتعرض لتأثير ظل المطر الناجم عن المرتفعات الغربية والجنوبية من المحافظة، مما يقلل من كميات الهطول الواردة خلال بداية الموسم المطري.

في المقابل، أظهرت المحطات الواقعة في الشمال والشمال الشرقي مثل سحيلة وزيلكة وفايدة، نسبياً، أداءً أكثر توازناً من حيث التوزيع بين الحالات الرطبة والجافة، مع تسجيل عدد أعلى من حالات الرطوبة المعتدلة أو الشديدة، مقارنة بباقي المحطات. ويُعزى ذلك إلى تموضعها الجغرافي على حواف المنطقة الجبلية وتأثرها المباشر بالرطوبة القادمة من الجبال الشمالية الشرقية، ما يمنحها فرصاً أكبر للهطول المطري المبكر نسبياً. لهذا تعد هذه

المناطق من أكثر المناطق الملائمة لنجاح الزراعة البعلية لمحاصيل القمح والشعير بالإضافة إلى الحمص والبطيخ.

أما المحطات الواقعة في وسط المحافظة مثل الموصل، تلكيف، والحمدانية فقد سجلت غالبًا تكرارات عالية لحالات الجفاف الخفيف والمعتدل، مع غياب شبه تام للحالات الرطبة الشديدة أو المتطرفة، مما يعكس نمطًا انتقاليًا في التوزيع المناخي بين الأطراف الغربية الجافة، والمناطق الشمالية الأكثر مطرًا.

3-2 فصل الشتاء :

تغطي الجداول (8) و (9) تحليل تكرار الحالات المطرية الشتوية وفق مؤشر المطر القياسي (SPI) في 34 محطة مناخية موزعة على محافظة نينوى، خلال عشرة مواسم مطرية بين عامي 2012 و2022، ليكون إجمالي الحالات المدروسة (340 حالة شتوية).

أظهرت النتائج غياباً تاماً لفئة "الرطوبة المتطرفة" ($SPI \geq +2$) في كافة المحطات، وهو ما يدل على غياب المواسم الشتوية ذات الهطول الغزيرة والاستثنائية خلال فترة الدراسة. كما أن حالات "الرطوبة الشديدة" كانت محدودة، إذ بلغت 25 حالة فقط، تمثل 7.35% من مجموع الحالات. أما "الرطوبة المعتدلة" فقد بلغت 37 حالة فقط (10.88%)، في حين جاءت "الرطوبة الخفيفة" بالعدد الأكبر بين الحالات الرطبة مسجلة 99 حالة، أي ما يعادل 29.12%.

وبذلك يكون مجموع الحالات الرطبة (شديدة + معتدلة + خفيفة) قد بلغ 161 حالة، أي ما نسبته 47.35% من مجموع المواسم الشتوية، مما يعكس توازنًا نسبيًا بين الفترات الرطبة والجافة في فصل الشتاء.

في المقابل، كانت حالات الجفاف أكثر تكرارًا نسبيًا، فقد سجلت فئة "الجفاف الخفيف" (SPI بين 0 و-0.99) أعلى عدد من الحالات بواقع 123 حالة، وهي تمثل 36.18% من المجموع الكلي. أما حالات "الجفاف المعتدل" فقد سجلت 19 حالة فقط (5.59%)، في حين بلغت حالات "الجفاف الشديد" 37 حالة (10.88%)، وهي نسبة لافتة، تؤشر إلى وجود موجات جفاف واضحة الشدة في عدة مناطق. كذلك تم تسجيل حالة واحدة فقط من "الجفاف المتطرف" ($SPI \leq -2$)، أي بنسبة 0.29%، وكانت ضمن محطة جنوب الحضر، الواقعة في المناطق الجنوبية الغربية من المحافظة.

جدول (8) تكرار المواسم الرطبة والجافة لفصل الشتاء للمواسم المطرية (2012-2022)

لمحطات منطقة الدراسة

ت	المحطة	رطوبة متطرفة	رطوبة شديدة	رطوبة معتدلة	رطوبة خفيفة	جفاف خفيف	جفاف معتدل	جفاف شديد	جفاف متطرف
1	سحيلة	0	0	2	2	5	0	1	0
2	زليكة	0	1	0	5	2	1	1	0
3	ربيعة	0	1	1	3	4	0	1	0
4	فايدة	0	1	1	1	5	2	0	0
5	زمار	0	1	1	1	6	0	1	0
6	شيخان	0	1	1	2	4	1	1	0
7	العياضية	0	1	1	1	6	0	1	0
8	تلكيف	0	1	1	2	4	1	1	0
9	سنوني	0	1	1	3	3	1	1	0
10	غرب سنجار	0	0	1	5	2	1	1	0
11	تلعفر	0	1	1	1	6	0	1	0
12	الموصل	0	1	1	2	4	1	1	0
13	سنجار	0	1	1	3	3	1	1	0
14	الحمدانية	0	1	1	2	4	1	1	0
15	المحلبية	0	1	1	1	6	0	1	0
16	حمام العليل	0	2	0	2	5	0	1	0
17	النمرود	0	2	0	2	5	0	1	0
18	البعاج	0	0	2	2	4	1	1	0
19	الشورة	0	2	0	2	5	0	1	0
20	تل عبطة	0	1	1	2	5	0	1	0
21	ثرى الكراح	0	0	2	4	2	1	1	0
22	غرب البعاج	0	0	2	4	2	0	2	0
23	مخمور	0	0	2	4	2	2	0	0
24	ديبكة	0	0	2	4	2	0	2	0
25	جنوب الموصل	0	1	1	4	3	0	1	0
26	وسط البعاج	0	0	2	3	3	0	2	0
27	الحضر	0	0	2	3	3	1	1	0
28	قراج	0	1	0	4	3	1	1	0
29	شرق البعاج	0	0	2	3	3	0	2	0
30	وسط الحضر	0	0	2	3	3	1	1	0
31	جنوب غرب البعاج	0	1	0	4	3	1	1	0
32	جنوب الحضر	0	0	2	4	2	1	0	1
33	جنوب البعاج	0	1	0	4	3	0	2	0
34	جنوب غرب الحضر	0	1	0	4	3	0	2	0
	مجموع التكرارات	0	25	37	99	123	19	37	1

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

جدول (9) توزيع حالات الرطوبة والجفاف حسب تصنيف مؤشر SPI لفصل الشتاء للمواسم المطرية (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة

النسبة المئوية من المجموع (%)	عدد التكرارات	تصنيف SPI
0	0	رطوبة متطرفة ($\geq +2$)
7.35	25	رطوبة شديدة (1.5 إلى 1.99)
10.88	37	رطوبة معتدلة (1 إلى 1.49)
29.12	99	رطوبة خفيفة (0 إلى 0.99)
36.18	123	جفاف خفيف (0 إلى -0.99)
5.59	19	جفاف معتدل (-1 إلى -1.49)
10.88	37	جفاف شديد (-1.5 إلى -1.99)
0.29	1	جفاف متطرف (≤ -2)
100	340	المجموع الكلي

المصدر: اعتماداً على بيانات الجدول (8).

تكشف القراءة المكانية للبيانات أن المحطات الواقعة في الجزء الجنوبي الغربي من محافظة نينوى هي الأكثر تعرضاً للجفاف الشديد أو المتطرف، وتشمل على سبيل المثال: جنوب البعاج، جنوب غرب البعاج، شرق البعاج، وسط البعاج، غرب البعاج، وديبكة، والتي سجلت كل منها حالتين من الجفاف الشديد على الأقل خلال فترة الدراسة. ويعود ذلك إلى الخصائص المناخية لتلك المناطق التي تقع في ظل مطر جغرافي طبيعي وتتمتع بمعدلات أمطار شتوية منخفضة بسبب بعدها عن المسارات الرطبة المؤثرة القادمة من الشمال والشرق.

أما المناطق الواقعة في شمال المحافظة، مثل فايدة، شيخان، وزيلكة، فقد أظهرت أداءً مناخياً أكثر توازناً، حيث تكرر فيها حدوث رطوبة شديدة أو معتدلة، وهو ما يعكس تأثر هذه المناطق بالتيارات الرطبة الشتوية القادمة من جبال كردستان العراق. كما أن المناطق الوسطى مثل الموصل والحمدانية وتلك التي سجلت في الغالب حالات من "الرطوبة الخفيفة" و"الجفاف الخفيف"، ما يشير إلى طبيعة مناخية انتقالية.

الجدير بالذكر أن حالات الرطوبة الشديدة تركزت بنسبة أعلى في بعض المحطات مثل حمام العليل، النمرود، والشورة، وكلها تقع على الضفة الشرقية أو الجنوبية الشرقية لنهر دجلة، ما يشير إلى تأثير نسبي للرطوبة المحلية التي قد توفرها التربة الطينية الثقيلة والمياه الجوفية الضحلة في تلك المناطق.

يمتاز فصل الشتاء في محافظة نينوى بتوزيع شبه متوازن بين حالات الرطوبة والجفاف، مع تفوق طفيف للجفاف الخفيف. حالات الجفاف الشديد ظهرت بنسبة أعلى في الشتاء مقارنة بالخريف، ما يستدعي الانتباه إلى ظاهرة انخفاض التراكم المطري الشتوي في السنوات الأخيرة، الجنوب الغربي من المحافظة هو الأكثر تأثراً بالجفاف، ويشكل "بؤرة جفاف موسمي"، بينما يتمتع الشمال والشمال الشرقي بمناخ أكثر رطوبة نسبياً. غياب الرطوبة المتطرفة كلياً في فصل الشتاء مؤشر على أن الموسم لا يشهد حالات مناخية متطرفة إيجابية، مما يرفع من خطورة نقص التغذية المائية للتربة والمحاصيل.

3-3 فصل الربيع:

يُظهر تحليل تكرار الحالات المطرية في فصل الربيع خلال الفترة 2012-2022 اعتماداً على مؤشر SPI (جدول 10 وجدول 11) أن المحافظة سجلت أعلى نسب رطوبة ضمن الفئة "الرطوبة الخفيفة"، والتي ظهرت في 139 حالة تمثل 40.88% من إجمالي الحالات. ويعكس ذلك أن الهطولات الربيعية كانت في معظمها محدودة لكنها كافية لتجنب التصنيف ضمن حالات الجفاف، ما يميز فصل الربيع عن فصلي الشتاء والخريف.

من جهة أخرى، سجلت فئة "الجفاف الخفيف" 108 حالات، بنسبة 31.76%، وهي نسبة مرتفعة تدل على استمرار تعرض المحافظة لنقص في الأمطار الربيعية دون أن تصل لحدود الجفاف الحاد. ويدعم ذلك أيضاً انخفاض تكرار حالات "الجفاف المعتدل" إلى 12 حالة فقط (3.53%)، بينما ظهرت 20 حالة من "الجفاف الشديد" بنسبة (5.88%) و13 حالة من "الجفاف المتطرف" بنسبة (3.82%)، وهي نسبة مرتفعة نسبياً بالمقارنة مع الشتاء والخريف، مما يُظهر أن بعض محطات نينوى تعرضت لمواسم ربيعية جافة جداً في بعض السنوات. وعلى صعيد الرطوبة الشديدة والمتطرفة، فقد بلغت "الرطوبة الشديدة" 24 حالة (7.06%) و"الرطوبة المعتدلة" 21 حالة (6.18%)، بينما سجلت فقط 3 حالات "رطوبة متطرفة" (0.88%)، مما يشير إلى محدودية المواسم الربيعية الغزيرة على نطاق واسع خلال الفترة.

جدول (10) تكرار المواسم الرطبة والجافة لفصل الربيع للمواسم المطرية (2012-2022)

لمحطات منطقة الدراسة

ت	المحطة	رطوبة متطرفة	رطوبة شديدة	رطوبة معتدلة	رطوبة خفيفة	جفاف خفيف	جفاف معتدل	جفاف شديد	جفاف متطرف
1	سحيلة	0	0	2	3	3	1	0	1
2	زيلكة	0	1	0	5	2	1	1	0
3	ربيعة	0	0	2	4	3	0	0	1
4	فايدة	0	1	0	4	4	0	1	0
5	زمار	0	1	1	4	3	0	1	0
6	شيخان	0	1	0	5	3	0	1	0
7	العياضية	0	1	1	4	3	0	1	0
8	تلكيف	0	1	0	5	3	0	1	0
9	سنوني	0	0	2	3	4	0	0	1
10	غرب سنجار	0	1	1	4	3	0	0	1
11	تلعفر	0	1	1	4	3	0	1	0
12	الموصل	0	1	0	5	3	0	1	0
13	سنجار	0	0	2	3	4	0	0	1
14	الحمدانية	0	1	0	5	3	0	1	0
15	المحلبية	0	1	1	4	3	0	1	0
16	حمام العليل	0	1	0	4	4	0	1	0
17	النمرود	0	1	0	4	4	0	1	0
18	البعاج	0	1	1	3	4	0	0	1
19	الشورة	0	1	0	4	4	0	1	0
20	تل عبطة	0	1	0	4	4	0	1	0
21	ثرى الكراج	0	1	1	3	4	0	0	1
22	غرب البعاج	0	1	1	3	4	0	0	1
23	مخمور	0	1	0	5	3	0	0	1
24	ديبكة	0	0	2	3	4	0	0	1
25	جنوب الموصل	0	1	0	5	2	1	0	1
26	وسط البعاج	0	1	0	4	3	1	1	0
27	الحضر	0	1	0	5	2	1	1	0
28	قراج	0	0	1	5	3	0	0	1
29	شرق البعاج	0	1	0	4	3	1	1	0
30	وسط الحضر	0	1	0	5	2	1	1	0
31	جنوب غرب البعاج	1	0	1	3	3	2	0	0
32	جنوب الحضر	0	0	1	5	2	1	0	1
33	جنوب البعاج	1	0	0	4	3	1	1	0
34	جنوب غرب الحضر	1	0	0	4	3	1	1	0
	مجموع التكرارات	3	24	21	139	108	12	20	13

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على (<https://power.larc.nasa.gov>) ونتائج المعادلة (1).

جدول (11) توزيع حالات الرطوبة والجفاف حسب تصنيف مؤشر SPI لفصل الربيع للمواسم المطرية (2012-2022) لمحطات منطقة الدراسة

النسبة المئوية من المجموع (%)	عدد التكرارات	تصنيف SPI
0.88	3	رطوبة متطرفة ($\geq +2$)
7.06	24	طوبة شديدة (1.5 إلى 1.99)
6.18	21	رطوبة معتدلة (1 إلى 1.49)
40.88	139	رطوبة خفيفة (0 إلى 0.99)
31.77	108	جفاف خفيف (0 إلى -0.99)
3.53	12	جفاف معتدل (-1 إلى -1.49)
5.88	20	جفاف شديد (-1.5 إلى -1.99)
3.82	13	جفاف متطرف (≤ -2)
100	340	المجموع الكلي

المصدر: اعتماداً على بيانات الجدول (10).

عند النظر إلى التوزيع الجغرافي للمحطات الأكثر تعرضاً للجفاف الحاد في فصل الربيع، يتبين أن الحالات المصنفة ضمن "الجفاف المتطرف" ظهرت في محطات مثل سحيلة، ربيعة، سنوني، غرب سنجار، سنجار، البعاج، ثرى الكراح، غرب البعاج، مخمور، ديبكة، وجنوب الحضر. وهذه المحطات تقع معظمها في الجنوب الغربي والشمال الغربي من المحافظة، وهي مناطق تشتهر بندرة الهطولات في شهري نيسان وأيار. ويُعزى ذلك إلى الانسحاب المبكر للكتل الرطبة وانخفاض تأثير المنخفضات الربيعية في تلك المناطق.

في المقابل، أظهرت محطات أخرى مثل زيلكة، فايدة، شيخان، والموصل تسجيل حالات من "الرطوبة الشديدة" بنسب متفاوتة، نتيجة لوقوعها في مناطق ذات تضاريس مرتفعة نسبياً أو قريبة من خطوط التأثير المناخي للمنخفضات الشرقية.

ويمكن ملاحظة أن حالات "الرطوبة المتطرفة" وهي الأندر، ظهرت في ثلاث محطات فقط، جميعها في المناطق الجنوبية الغربية وهي: جنوب غرب البعاج، جنوب البعاج، وجنوب غرب الحضر، وهي نتيجة مفاجئة نسبياً تشير إلى إمكانية تعرض هذه المناطق أحياناً لموجات مطرية محلية استثنائية، ربما ناجمة عن عواصف رعدية أو حالات عدم استقرار حراري خلال الربيع.

الاستنتاجات:

1. سادت حالات الجفاف الخفيف كمظهر مناخي عام في محافظة نينوى خلال المواسم المطرية المدروسة، لا سيما في فصل الخريف، حيث سجلت 33 محطة من أصل 34 حالة جفاف خفيف وفق مؤشر SPI، مما يدل على بدء الموسم المطري بضعف في كميات الهطول.
2. أظهر فصل الشتاء توازنًا نسبيًا في الحالة المناخية، إذ توزعت القيم بين الرطوبة الخفيفة والجفاف الخفيف، دون تسجيل حالات تطرف مناخي (سواء جفاف أو رطوبة)، مما يشير إلى استقرار نسبي في هذا الفصل مقارنةً بالخريف والربيع.
3. شهد فصل الربيع أعلى نسبة من الرطوبة الخفيفة بين الفصول الثلاثة، حيث سجلت 139 حالة (40.88%) ضمن هذا التصنيف، مما يعكس تحسنًا نسبيًا في الهطولات خلال هذه الفترة، إلا أن الجفاف الخفيف بقي حاضرًا بنسبة (31.76%).
4. تُعد المناطق الجنوبية والغربية من محافظة نينوى الأكثر تعرضًا لحالات الجفاف الشديد والمتطرف، لا سيما في فصلي الشتاء والربيع، نتيجة لضعف الامتداد الفعال للمنخفضات الجوية.
5. سجلت حالات الجفاف الشديد والمتطرف في فصل الربيع نسبةً أعلى من مثيلاتها في الخريف والشتاء، مما يوضح أن نهاية الموسم المطري قد تكون أكثر عرضة لعدم الانتظام والتذبذب في الهطول.
6. لم تُسجل خلال فترة الدراسة أي حالة رطوبة متطرفة في الخريف أو الشتاء، وظهرت فقط ثلاث حالات نادرة في الربيع، مما يعكس غياب شبه تام للمواسم الرطبة الغزيرة في المنطقة، وهو ما يُعزز فرضية الانحسار التدريجي للمنخفضات الجوية الرطبة.
7. تُظهر قيم مؤشر SPI انحرافًا طفيفًا عن المعدل المناخي العام، حيث تراوحت معظم القيم ضمن النطاق $(0.01 \pm)$ ، وهو ما يدل على استقرار نسبي في السلوك المناخي على المدى المتوسط، لكن مع ميل واضح نحو الجفاف في بدايات ونهايات الموسم المطري.
8. على الرغم من التباين الكبير في كميات الأمطار المطلقة بين المحطات (من 24 إلى 170 ملم)، إلا أن تصنيفات SPI لم تعكس ذلك بشكل مباشر، وذلك لأن SPI يُقَوِّم الحالة المطرية بناءً على الانحراف عن المتوسط المناخي وليس القيم المطلقة.
9. المحطات الواقعة في شمال وشمال شرق المحافظة مثل فايدة، شيخان، وزيلكة أظهرت ميلًا أعلى نحو الحالات الرطبة المعتدلة والشديدة، بينما اقتصرت الحالات الرطبة في الجنوب الغربي على بعض الحالات المحلية الاستثنائية فقط.
10. تشير هذه النتائج إلى أن محافظة نينوى تقع ضمن نطاق مناخي هش، يتصف بضعف التوازن المائي وتكرار حالات الجفاف الخفيف، مما يتطلب اعتماد سياسات استباقية لإدارة الموارد المائية وتطوير خطط زراعية تتلاءم مع الطبيعة المتذبذبة للأمطار الموسمية.

المقترحات:

1. ضرورة وضع استراتيجيات إدارة موارد مائية مستدامة لمواجهة تحديات تزايد فترات الجفاف وضمان توفير المياه للقطاعات المختلفة.
2. تعزيز برامج الرصد المناخي وتحديث قواعد البيانات الخاصة بالمناخ في المحافظة، وذلك لتحليل التغيرات المناخية بشكل أكثر دقة.
3. تشجيع استخدام تقنيات الري الحديثة مثل الري بالتنقيط والزراعة الذكية مناخياً للتكيف مع تذبذب المواسم الجافة والرطبة.
4. تطوير خطط زراعية تتكيف مع التغيرات المناخية من خلال اختيار محاصيل مقاومة للجفاف وتحسين كفاءة استخدام المياه.
5. تنفيذ برامج توعية بيئية للسكان والمزارعين حول تأثير التغيرات المناخية على الموارد الطبيعية وأهمية ترشيد استهلاك المياه.
6. دعم الأبحاث والدراسات المتعلقة بالمناخ في محافظة نينوى، وتشجيع التعاون مع الجهات الأكاديمية والبحثية لوضع سياسات مناخية ملائمة.
7. توسيع نطاق التشجير وزيادة المساحات الخضراء للحد من آثار الجفاف والتصحر، وتعزيز المناخ المحلي.

قائمة المصادر والمراجع :

- ❖ AghaKouchak, A., Farahmand, A., Melton, F. S., Teixeira, J., Anderson, M. C., Wardlow, B. D., & Hain, C. R. (2015). Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. *Reviews of Geophysics*, 53(2), 452–480. <https://doi.org/10.1002/2014RG000456>
- ❖ Ahmad, D. M., & Kam, J. (2024). Disparity between global drought hazard and awareness. *Npj Clean Water*, 7(1), 75. <https://doi.org/10.1038/s41545-024-00373-y>
- ❖ Alghamdi, A. G., Majrashi, M. A., & Ibrahim, H. M. (2023). Improving the Physical Properties and Water Retention of Sandy Soils by the Synergistic Utilization of Natural Clay Deposits and Wheat Straw. *Sustainability*, 16(1), 46. <https://doi.org/10.3390/su16010046>
- ❖ Barlow, M., Zaitchik, B., Paz, S., Black, E., Evans, J., & Hoell, A. (2016). A Review of Drought in the Middle East and Southwest Asia. *Journal of Climate*, 29(23), 8547–8574. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00692.1>
- ❖ Bevacqua, E., Rakovec, O., Schumacher, D. L., Kumar, R., Thober, S., Samaniego, L., Seneviratne, S. I., & Zscheischler, J. (2024). Direct and lagged climate change effects intensified the 2022 European drought. *Nature Geoscience*, 17(11), 1100–1107. <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01559-2>
- ❖ Bhanu Kumar, O. S. R. U., Ramalingeswara Rao, S., Ranganathan, S., & Raju, S. S. (2010). Role of intra-seasonal oscillations on monsoon floods and droughts over India. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 46(1), 21–28. <https://doi.org/10.1007/S13143-010-0003-6>
- ❖ Dezman, L. E., Shafer, B. A., Simpson, H. D., & Danielson, J. A. (1983). Development of a Surface Water Supply Index- A Drought Severity Indicator for Colorado. In *International Symposium on Hydrometeorology June 13-17, 1982, Denver, Colorado*. American Water Resources Association, 1983. p 337-341.
- ❖ Entekhabi, D. (2023). Propagation in the Drought Cascade: Observational Analysis Over the Continental US. *Water Resources Research*, 59(9), 1–19. <https://doi.org/10.1029/2022WR032608>
- ❖ Holgate, C. M., Falster, G. M., Gillett, Z. E. et al. (2025). Physical mechanisms of meteorological drought development, intensification and termination: an Australian review. *Communications Earth & Environment*, 6(1), 220. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02179-3>
- ❖ Hussain, A., Reihanifar, M., Niaz, R., Albalawi, O., Maghrebi, M., Ahmed, A. T., & Danandeh Mehr, A. (2024). Characterizing Inter-Seasonal Meteorological

- Drought Using Random Effect Logistic Regression. *Sustainability*, 16(19), 8433. <https://doi.org/10.3390/su16198433>
- ❖ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (Eds.)]*. IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
 - ❖ Keune, J., Di Giuseppe, F., Barnard, C., Damasio da Costa, E., & Wetterhall, F. (2025). ERA5–Drought: Global drought indices based on ECMWF reanalysis. *Scientific Data*, 12(1), 616. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04896-y>
 - ❖ Khan, M. M. H., Muhammad, N. S., & El-Shafie, A. (2018). Wavelet-ANN versus ANN-based model for hydrometeorological drought forecasting. *Water (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/W10080998>
 - ❖ Kim, K., & Garcia, T. F. (2023). Climate Change and Violent Conflict in the Middle East and North Africa. *International Studies Review*, 25(4). <https://doi.org/10.1093/isr/viad053>
 - ❖ Kim, Y. O., Lee, J. K., & Palmer, R. N. (2012). Etude de prévision de la sécheresse en Corée. *Hydrological Sciences Journal*, 57(6), 1141–1153. <https://doi.org/10.1080/02626667.2012.702212>
 - ❖ Kuśmierk-Tomaszewska, R., & Źarski, J. (2021). Assessment of meteorological and agricultural drought occurrence in central poland in 1961–2020 as an element of the climatic risk to crop production. *Agriculture (Switzerland)*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/agriculture11090855>
 - ❖ Mares, C., Mares, I., & Mihailescu, M. (2016). Identification of extreme events using drought indices and their impact on the Danube lower basin discharge. *Hydrological Processes*, 30(21), 3839–3854. <https://doi.org/10.1002/HYP.10895>
 - ❖ Masroor, M., Rehman, S., Avtar, R., Sahana, M., Ahmed, R., & Sajjad, H. (2020). Exploring climate variability and its impact on drought occurrence: Evidence from Godavari Middle sub-basin, India. *Weather and Climate Extremes*, 30, 100277. <https://doi.org/10.1016/J.WACE.2020.100277>
 - ❖ McKee, T. B., Nolan, J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Amer. Meteor. Soc., January. [relationshipofdroughtfrequency.pdf](https://doi.org/10.1029/1993mo000921). Accessed 24 Aug 2025
 - ❖ Mo, X. G., Hu, S., Lin, Z. H., Liu, S. X., & Xia, J. (2017). Impacts of climate change on agricultural water resources and adaptation on the North China Plain.

- Advances in Climate Change Research, 8(2), 93–98.
<https://doi.org/10.1016/j.accre.2017.05.007>
- ❖ Morid, S., Smakhtin, V., & Moghaddasi, M. (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology*, 26(7), 971–985. <https://doi.org/10.1002/JOC.1264>
 - ❖ Muthumanickam, D., Kannan, P., Kumaraperumal, R., Natarajan, S., Sivasamy, R., & Poongodi, C. (2011). Drought assessment and monitoring through remote sensing and GIS in western tracts of Tamil Nadu, India. *International Journal of Remote Sensing*, 32(18), 5157–5176. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.494642>
 - ❖ National Aeronautics and Space Administration (NASA). NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) project. <https://power.larc.nasa.gov> Accessed 10 Jul 2024
 - ❖ Pálfai, I. (2002). Probability of drought occurrence in Hungary. *Quarterly J. Hungarian Meteorological Service*, 106(3-4), 265-275.
 - ❖ Palmer, W. C. (1965). *Meteorological drought: Vol. 30*. US Department of Commerce, Weather Bureau.
 - ❖ Palmer, W. C. (1968). Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index.
 - ❖ Payab, A. H., & Türker, U. (2018). Analyzing temporal–spatial characteristics of drought events in the northern part of Cyprus. *Environment, Development and Sustainability*, 20(4), 1553–1574. <https://doi.org/10.1007/S10668-017-9953-5>
 - ❖ Prakash, S. (2018). Capabilities of satellite-derived datasets to detect consecutive Indian monsoon droughts of 2014 and 2015. *Current Science*, 114(11), 2362–2368. <http://www.jstor.org/stable/26495803>
 - ❖ Thornthwaite, C. W. (1948). An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38(1), 55–94. <https://doi.org/10.2307/210739>
 - ❖ Tirivarombo, S., Osupile, D., & Eliasson, P. (2018). Drought monitoring and analysis: Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) and Standardised Precipitation Index (SPI). *Physics and Chemistry of the Earth*, 106, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.07.001>
 - ❖ Uang-aree, P., Kingpaiboon, S., & Khuanmar, K. (2017). The development of Atmospheric Crop Moisture Index for irrigated agriculture. *Russian Meteorology and Hydrology*, 42(11), 731–739. <https://doi.org/10.3103/S1068373917110073>
 - ❖ U.S. Geological Survey (USGS). <https://www.usgs.gov>. Accessed 11 Jul 2024
 - ❖ Van Rooy, M.P. (1965). A rainfall anomaly index independent of time and space, notes. *Weather Bureau South Africa*, 14, 43-48. SID. <https://sid.ir/paper/572292/en>
 - ❖ World Meteorological Organization (WMO). (2023). Definition of drought. Retrieved from <https://wmo.int/topics/drought>

- ❖ Xu, Z., Wu, Z., Shao, Q., He, H., & Guo, X. (2023). From meteorological to agricultural drought: Propagation time and probabilistic linkages. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 46, 101329. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101329>
- ❖ Zhang, Y., Liu, X., Wang, K., & Bai, P. (2024). Response of evapotranspiration to the 2022 unprecedented extreme drought in the Yangtze River Basin. *International Journal of Climatology*, 44(8), 2779–2791. <https://doi.org/10.1002/joc.8480>
- ❖ Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., Ciais, P., Cramer, W., Dahdal, Y., Fnais, M., Francis, D., Hadjinicolaou, P., Howari, F., Jrrar, A., Kaskaoutis, D. G., Kulmala, M., Lazoglou, G., Mihalopoulos, N., Lin, X., Rudich, Y., Sciare, J., Stenchikov, G., ... Lelieveld, J. (2022). Climate Change and Weather Extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. *Reviews of Geophysics*, 60(3). <https://doi.org/10.1029/2021RG000762>