

## Estimating Drought Severity and Frequency in Jableh (Lattakia-Hmeimim Airport) Using the Reconnaissance Drought Index (RDI)

Lawrence Mrhej\*   
Dr. Adham Jalab\*\*  
Dr. Abeer Ibrahim\*\*\*

(Received 31 / 8 / 2025. Accepted 15 / 2 / 2026)

### □ ABSTRACT □

Drought is one of the most important extreme hydroclimatological phenomena, that poses a major challenge to sustainable development and environmental stability, drought today is one of the major threats facing Syria, due to its negative impacts in agriculture, the economy and the environment. This study aims to estimate the severity and frequency of drought at the (monthly, seasonal and annual) levels in Jableh (Lattakia-Hmeimim Airport) during the period (1960-2023) using the Reconnaissance Drought Index (RDI). The results showed that May was the month most exposed to extreme drought and March to severe drought, while January was the month most exposed to moderate drought. Autumn was the most exposed to extreme and moderate drought, while spring was the most exposed to severe drought. At the annual level, extreme drought occurred three times at the study station with a recurrence rate of (4.76%). The hydrological year (2013-2014) was the most extreme, with an RDI value of (-3.07), followed by the hydrological year (1972-1973) with an RDI value of (-2.16).

**Keywords:** Drought, Reconnaissance Drought Index (RDI), Precipitation, Jableh (Lattakia-Hmeimim Airport).

**Copyright**



:Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

\* Master Student - Faculty of Agricultural Engineering - Latakia University(formerly Tishreen) - Latakia - Syria. [loransmrhej@gmail.com](mailto:loransmrhej@gmail.com)

\*\*Professor - Faculty of Agricultural Engineering - Latakia University(formerly Tishreen) - Latakia - Syria.

\*\*\*Assistant Professor - Higher Institute for Environmental Research - Latakia University(formerly Tishreen) - Latakia - Syria.

## تقدير شدة الجفاف وتكراره في جبلة (مطار اللاذقية-حميميم) باستخدام مؤشر الكشف عن الجفاف (RDI)

لورانس مرهج\*  
د. أدهم جلب\*\*  
د. عبير ابراهيم\*\*\*

(تاريخ الإيداع 31 / 8 / 2025. قبل للنشر في 15 / 2 / 2026)

### □ ملخص □

يعد الجفاف أحد أهم الظواهر الهيدرولوجية المتطرفة، والتي تشكل تحدياً كبيراً للتنمية المستدامة والاستقرار البيئي، ويات الجفاف اليوم أحد التهديدات الكبرى التي تتعرض لها سورية، لما له من تأثيرات سلبية في الزراعة، الاقتصاد والبيئة. تهدف هذه الدراسة إلى تقدير شدة الجفاف وتكراره على المستوى (الشهري، الفصلي والسنوي) في جبلة (مطار اللاذقية-حميميم) خلال الفترة (1960-2023) باستخدام مؤشر كشف الجفاف (RDI) Reconnaissance Drought Index. أظهرت النتائج أنّ شهر أيار هو الأكثر تعرضاً للجفاف المتطرف وشهر آذار للجفاف الشديد، في حين كان شهر كانون الثاني هو الأكثر تعرضاً للجفاف المعتدل، وكان فصل الخريف هو الأكثر تعرضاً للجفاف المتطرف والمعتدل، بينما كان فصل الربيع أكثر تعرضاً للجفاف الشديد. أما على المستوى السنوي، فقد وقع الجفاف المتطرف ثلاث مرات في محطة الدراسة بنسبة تكرار (4.76%)، وكان العام الهيدرولوجي (2013-2014) هو الأشد تطرفاً، إذ بلغت قيمة RDI (-3.07)، تلاه العام الهيدرولوجي (1972-1973) بقيمة RDI بلغت (-2.16).

الكلمات المفتاحية: الجفاف، مؤشر الكشف عن الجفاف (RDI)، الهطل المطري، جبلة (مطار اللاذقية-حميميم).

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

\*طالب ماجستير- كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا. [loransmrhej@gmail.com](mailto:loransmrhej@gmail.com)  
\*\*أستاذ- كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا.  
\*\*\*مدرس- المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا.

**مقدمة:**

يؤثر التغير المناخي بشكل كبير في حفظ وإنتاجية وإدارة النظم البيئية الحراجية في جميع مناطق العالم [1]، وتتنبأ النماذج المناخية لمنطقة البحر المتوسط بارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي، انخفاض الهطل المطري، فترات جفاف أطول، موجات حر أكثر تواتراً، وظواهر هطول أمطار غزيرة [2]. ستؤدي هذه الظواهر المناخية المتطرفة إلى تغيير الفينولوجيا النباتية، تقليل النمو، الحد من المنتجات الحراجية غير الخشبية، زيادة تدهور الغابات وعمليات الانقراض، تغيير توزيع الأنواع، وزيادة الآفات وحرائق الغابات [3]. ويُعد حوض البحر المتوسط على وجه الخصوص نقطة ساخنة لتغير المناخ؛ وقد كشفت الدراسات الحديثة أنّ هذه المنطقة ترتفع درجة حرارتها بمعدل أسرع بنسبة 20% من المتوسط العالمي [4]. ومن المتوقع أن تؤدي درجات حرارة الهواء المتزايدة إلى تكثيف الجفاف في المنطقة، بالإضافة إلى ارتفاع درجات حرارة سطح البحر، وهذا الأخير بدوره يؤدي إلى حدوث ظواهر جوية متطرفة مثل موجات الحر أو هطول الأمطار الغزيرة في أجزاء مختلفة من المنطقة [5, 6]. كما يمكن أن تؤدي هذه الزيادات إلى تفاقم الجفاف عن طريق تقليل محتوى رطوبة التربة مع ارتفاع معدلات التبخر، وقد تمّ تحديد اتجاهات تصاعدية متفاوتة في درجات حرارة سطح البحر في السنوات الأخيرة في جميع أنحاء المنطقة [7, 8]. ونظراً لتأثير البحر المتوسط في تشكيل مناخ منطقة الساحل في سورية، فمن المهم مراقبة التباين الزمني في أنماط الجفاف عن كثب. في السنوات الأخيرة، كان هناك قلق متزايد بشأن وجود تغيرات واتجاهات مفاجئة في بيانات الأرصاد الجوية الهيدرولوجية بسبب تغير المناخ [9]. يرتبط الجفاف غالباً بانخفاض كميات الأمطار التي تتساقط خلال فترة زمنية معينة، وقد تكون طويلة، فصل أو سنة، كما تلعب درجات الحرارة، الرياح القوية، الرطوبة النسبية المنخفضة وزمن هطول الأمطار وفعاليتها دوراً كبيراً في حدوث الجفاف [10]. وهو يختلف عن التحولة التي تعبر عن حالة طبيعية دائمة لمناطق جغرافية محددة وتقترب بفضالة كميات الأمطار السنوية أو الفصلية وارتفاع معدلات التبخر الممكن [11]. بالمقارنة مع الكوارث الطبيعية الأخرى، غالباً ما يتطور الجفاف تدريجياً دون سابق إنذار، مما يؤثر على مساحة أكبر على مدى فترة طويلة [12]. ويمكن تصنيف الجفاف إلى أربع فئات رئيسية هي الجفاف الميثورولوجي، الجفاف الزراعي، الجفاف الهيدرولوجي والجفاف الاجتماعي-الاقتصادي [13]. الجفاف الميثورولوجي، وهو النوع الأكثر شيوعاً، يمكن تفسيره بإيجاز على أنه انخفاض الهطول المطري إلى ما دون المعدل خلال فترة زمنية معينة، مثل موسم أو عام، بينما يُعبر عن الجفاف الزراعي بوجود رطوبة غير كافية في التربة تؤثر على نمو المحاصيل [14, 15]. في حين يشير الجفاف الهيدرولوجي إلى حالة تنخفض فيها موارد المياه السطحية والجوفية بسبب نقص هطول الأمطار [15]. بينما يتميز الجفاف الاجتماعي-الاقتصادي باختلال التوازن في العرض والطلب على المياه، مما قد يؤثر سلباً على حياة الناس اليومية [16, 17, 18]. عادةً ما يتم تقييم الجفاف باستخدام مؤشرات الجفاف، والتي تُحسب بناءً على المتغيرات الميثورولوجية والهيدرولوجية، بما في ذلك هطول الأمطار، التبخر-نتح، درجة الحرارة وتدفق المجاري المائية [19, 20]. تُستخدم هذه المؤشرات لتحديد مدة الجفاف، امتداده المكاني، تكراره وشدته [21]. هناك العديد من أنواع مؤشرات الجفاف المختلفة، ولكل منها مزاياها وقيودها، ويعتمد اختيار المؤشر الذي يجب استخدامه على نوع الجفاف السائد، الظروف الهيدرولوجية في المنطقة ونوعية البيانات المتاحة [22]. ومن ضمن مؤشرات الجفاف الأكثر استخداماً مؤشر هطول الأمطار القياسي Standardized Precipitation Index (SPI)، مؤشر هطول الأمطار والتبخر-نتح القياسي Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي

الإقليمي والعالمي [14, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32].  
(RDI) Reconnaissance Drought Index، والتي تُعرف جميعها بأنها موثوقة لتقييم الجفاف على المستويين

### أهمية البحث وأهدافه:

في ضوء التغير المناخي الذي نشهده اليوم، وما يرافقه من انخفاض واضح في كميات الأمطار الهاطلة، وتغير وعدم انتظام مواعيد هطولها أو تأخرها وعلى وجه الخصوص في المنطقة الساحلية، إضافة إلى زيادة تكرار حوادث الجفاف في السنوات الأخيرة، وما يتبع ذلك من آثار سلبية وخطيرة على الإنتاج الزراعي والبيئة والمجتمع. يهدف هذا البحث إلى دراسة خصائص الهطل المطري على المستوى (الشهري، الفصلي والسنوي)، إضافة إلى تقدير شدة وتكرار الجفاف (الشهري، الفصلي والسنوي) باستخدام مؤشر كشف الجفاف (RDI)، وذلك في جيلة (مطار اللاذقية-حميميم) خلال الفترة (1960-2023).

### طرائق البحث ومواده:

#### البيانات المناخية:

استُخدم لإنجاز هذا البحث البيانات الشهرية للأمطار ودرجات الحرارة الجافة المُسجلة خلال الفترة (1960-2023) في جيلة (مطار اللاذقية-حميميم)، والتي تم الحصول عليها من المديرية العامة للأرصاد الجوية في دمشق، ويظهر الجدول (1) الموقع الجغرافي والمعدل السنوي للهطل ودرجة الحرارة الجافة لمحطة (مطار اللاذقية-حميميم) خلال الفترة (1960-2023).

الجدول (1) الموقع الجغرافي والمعدل السنوي للهطل ودرجة الحرارة الجافة لمحطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

المحطة المناخية	الارتفاع (م)	خط العرض (°)	خط الطول (°)	معدل درجة الحرارة الجافة السنوي (م)	معدل الهطل السنوي (مم)
جيلة (مطار اللاذقية-حميميم)	48	35.4	35.93	19.2	839.6

### حساب شدة الجفاف بواسطة مؤشر الكشف عن الجفاف (RDI):

يتميز دليل الكشف عن الجفاف (RDI) ببساطته واحتياجه إلى عدد قليل نسبياً من البيانات. يمثل هذا الدليل النسبة بين مجاميع الهطولات المطرية (P) Precipitation والتبخر-نتح الكامن Potential Evapotranspiration (PET) [33]، ويحسب لأي مدة زمنية (شهر، شهرين، فصل، موسم، سنة ... إلخ) بالاعتماد على البرنامج DrinC الإصدار 1.5 [34]، وفقاً للخطوات الآتية:

أ. تُحسب القيمة الأولية للمؤشر ( $\alpha_o$ ) لفترة زمنية معينة، نهاية الشهر (j) خلال السنة (i)، بالعلاقة التالية:

$$\alpha_o^i = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}}$$

(تتراوح قيمة i بين 1 و n، وقيمة j بين 1 و 12).

تمثل كل من  $P_{ij}$  و  $PET_{ij}$  قيم الهطولات المطرية وقيم التبخر-نتح الكامن على التوالي، وذلك للشهر (j) من السنة الهيدرولوجية (i)، والتي تبدأ عادةً في البلدان المتوسطية في شهر تشرين الأول، وتمثل (n) العدد الكلي لسنوات البيانات المتوفرة. ويمكن لهذه العلاقة أن تحسب لأية فترة من السنة.

ب. يُحسب الـ RDI المعدل (RDI<sub>ln</sub>) لكل سنة باستخدام العلاقة التالية:

$$RDI_{ln}^i = \frac{\alpha_o^i}{\bar{\alpha}_o} - 1$$

وتمثل  $\bar{\alpha}_o$  المتوسط الحسابي لقيم  $\alpha_o$  المحسوبة لعدد سنوات القياسات n.

ج. وأخيراً يُحسب الـ RDI القياسي (RDI<sub>st</sub>) بطريقة مشابهة لحساب مؤشر الهطل القياسي (SPI)، بالعلاقة التالية:

$$RDI_{st}^i = \frac{y^i - \bar{y}}{\sigma_y}$$

حيث تمثل  $y^i$  اللوغاريتم الطبيعي لقيم  $\alpha_o^i$  ( $\ln(\alpha_o^i)$ )،  $\bar{y}$  متوسطها الحسابي و  $\sigma_y$  انحرافها المعياري. وتفترض العلاقة الأخيرة (RDI<sub>st</sub>) أن قيم  $\alpha_o$  تتبع التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي الذي يتطابق بشكل جيد مع توزيع البيانات. لتقدير شدة الجفاف حسب قيم الـ (RDI<sub>st</sub>) المحسوبة تُستخدم نفس العتبات التالية الموضوعة لدليل الـ (SPI) كما هو موضح في الجدول (2).

الجدول (2) تصنيف شدة الجفاف حسب دليل الكشف عن الجفاف (RDI).

قيم الـ RDI	شدة الجفاف
+2 وأكثر	متطرف الرطوبة
1.5 حتى 1.99	رطب جداً
1 حتى 1.49	متوسط الرطوبة
-0.99 حتى 0.99	قريب من الحالة الطبيعية
-1 حتى -1.49	جفاف معتدل
-1.5 حتى -1.99	جفاف شديد
-2 وأقل	جفاف متطرف

تُعرف حادثة الجفاف هنا بالنسبة للمقياس الزمني (i) على أنها الفترة التي يكون خلالها قيمة دليل الـ RDI<sub>st</sub> سالبة بشكل مستمر، أي عندما تصل قيمة هذا الدليل إلى القيمة -1 أو أقل. وتنتهي حادثة الجفاف عندما تصبح قيمة الـ RDI<sub>st</sub> موجبة. ويمكن حساب شدة الجفاف بجمع قيم الـ RDI<sub>st</sub> لكل الأشهر التي تميز حادثة الجفاف.

حساب التبخر-نتح الكامن (ETP):

تم حساب التبخر-نتح الكامن حسب علاقة بلانيه-كرايدل [35]، باستخدام برنامج DrinC الإصدار 1.5 [34]، والتي تأخذ الشكل التالي:

$$ETP = Kc * (0.46 * T + 8) * (p/100)$$

حيث:

ETP: التبخر-نتح الكامن (مم).

Kc: معامل استهلاك النبات للماء، ويساوي 0.85 للمناطق الرطبة ونصف الرطبة، و 0.65 للمناطق الجافة ونصف الجافة.

T: متوسط درجة الحرارة الشهرية الجافة (°م).

p: النسبة المئوية لساعات النهار الشهرية من إجمالي ساعات النهار السنوية.

### حساب معامل التباين أو الاختلاف (CV) Coefficient of Variation:

تمّ حساب معامل التباين للهطل المطري باستخدام العلاقة التالية:

$$CV = (S/\bar{x}) * 100$$

حيث:

CV: معامل التباين كنسبة مئوية.

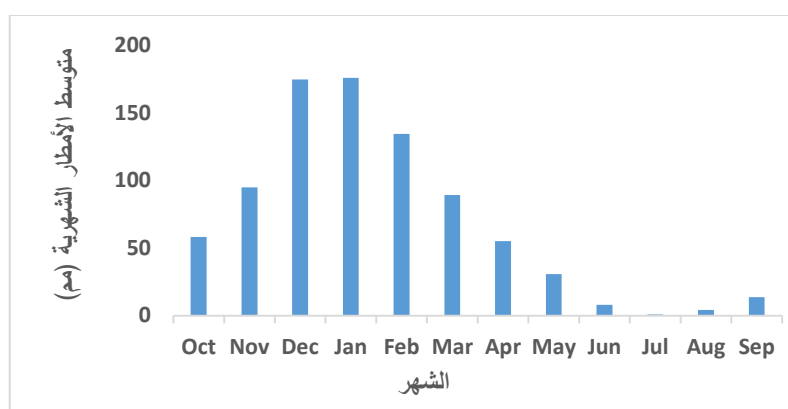
S: الانحراف المعياري المحسوب وفق دالة (STDEV) في برنامج Excel.

$\bar{x}$ : المتوسط الحسابي المحسوب وفق دالة (AVERAGE) في برنامج Excel.

### النتائج والمناقشة:

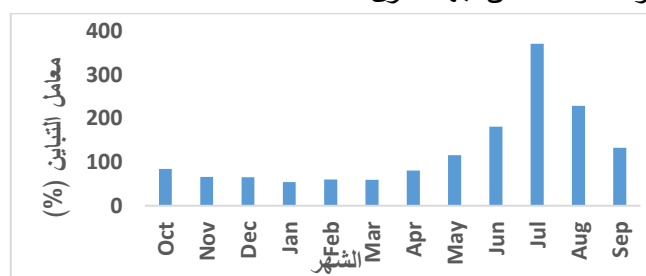
#### الخصائص الإحصائية للهطل في محطة الدراسة:

يظهر الشكل (1) المعدلات الشهرية للهطل المطري، ويُلاحظ أنّ أشهر فصل الشتاء هي أكثر الأشهر هطلاً، وأنّ شهر كانون الثاني هو الأكثر تسجيلاً للهطل بنسبة 20.9% من معدل الهطل السنوي. وسُجّلت كميات ملحوظة من الهطل في أشهر فصلي الربيع والخريف، بينما كانت أشهر فصل الصيف جافة وتكاد تخلو من الهطل.



الشكل (1) معدلات الهطل الشهرية في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

يظهر الشكل (2) القيم المرتفعة لمعامل التباين أو الاختلاف للهطولات الشهرية، والتي لم تقل عن 54.7% في أكثر الأشهر هطلاً خلال فصل الشتاء (كانون الثاني)، بينما زادت عن ذلك وبشكل ملحوظ خلال أشهر فصلي الربيع والخريف، وأمّا الارتفاع الكبير لقيم معامل التباين خلال أشهر فصل الصيف فيعود إلى محدودية عدد الأيام الماطرة من جهة، وضآلة كميات الأمطار المتساقطة من جهة أخرى.



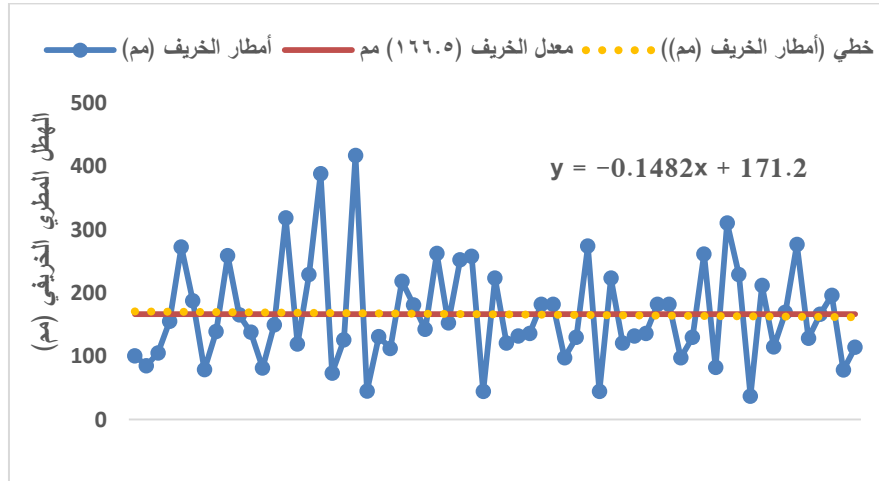
الشكل (2) معامل التباين (%) لكميات الهطل الشهرية في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

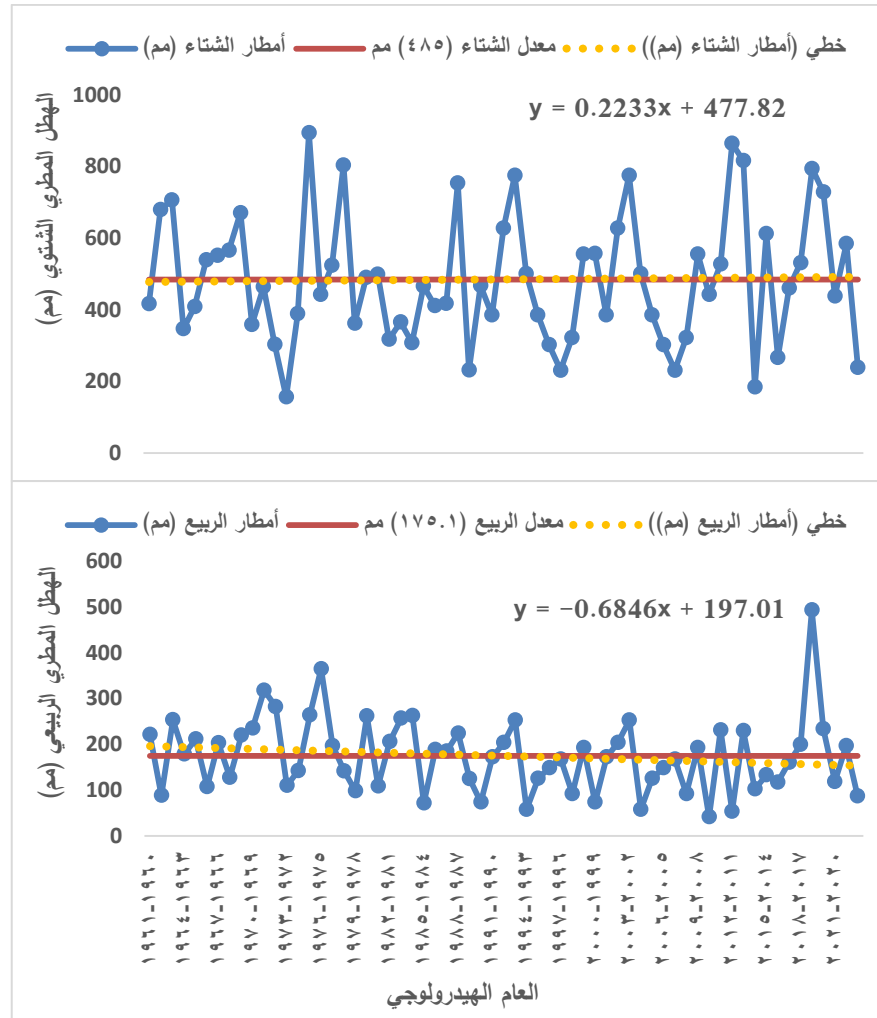
وعلى الرغم من أن هطولات الشتاء هي الأقل تبايناً مقارنةً بهطولات الخريف والربيع، إلا أنه مع ذلك يبقى معامل التباين مرتفعاً إذ بلغ 37% (الجدول 3).

الجدول (3) معدلات الهطل وتبايناته للفصول والعام الهيدرولوجي والموسم الماطر في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

الموسم الماطر	العام الهيدرولوجي	الربيع	الشتاء	الخريف	البارامترات الإحصائية
المتوسط (مم)	839.6	175.1	485	166.5	812.9
الوسيط (مم)	799.1	172.2	464.2	142.3	787.5
أدنى قيمة (مم)	327.4	41.5	156.9	36.8	306.9
أعلى قيمة (مم)	1427.2	493.6	894	417.4	1393.9
معامل التباين أو الاختلاف (%)	28.2	46.5	37	48.7	29.1

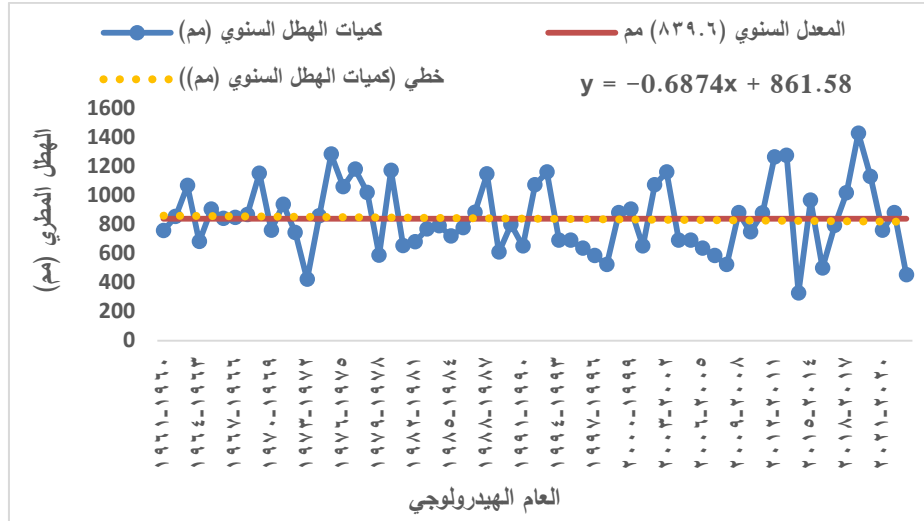
وتظهر هذه التقلبية بشكل واضح وجلي أيضاً من خلال تتاوب فترات العجز والفائض المطري كما يوضحها الشكل (3)، حيث سجّل العدد الأكبر من فترات العجز المطري في فصل الخريف وبلغ 37 موسم، تلاه فصل الشتاء بـ 34 موسم، وأخيراً فصل الربيع بـ 32 موسم. ويتضح أنّ النظام الفصلي المتوسط للهطل في محطة الدراسة يتبع النموذج: شتاء-ربيع-خريف. حيث سجّل فصل الشتاء وهو الفصل الرئيس للهطل نحو 57.7% من المعدل السنوي لكميات الهطل متجاوزاً بذلك معدلي الخريف والربيع بنحو مرتين ونصف.





الشكل (3) تذبذب كميات الهطل الفصلية في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

بلغ المعدل السنوي لكميات الهطل خلال الفترة (1960-2023) في محطة مطار اللاذقية (839.6) مم، وهو مرتفع نسبياً (الشكل 4)، وقد بلغ عدد سنوات الهطل التي تجاوزت كمياتها المعدل السنوي المحسوب خلال فترة الدراسة 31 سنة بنسبة 49.2%. وسُجّلت أقل كمية للهطل في العام الهيدرولوجي (2013-2014) وبلغت 327.4 مم بنسبة 38.9% من المعدل السنوي، بينما سُجّلت أكبر كمية من الهطل في العام (2018-2019) وبلغت 1427.2 مم بنسبة 169.9% من المعدل السنوي.



الشكل (4) تذبذب كميات الهطل السنوية في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

دراسة الجفاف وفقاً لمؤشر الكشف عن الجفاف (RDI):

## الجفاف الشهري:

تمّ حساب شدة الجفاف الشهري باستخدام مؤشر كشف الجفاف (RDI) لأشهر السنة باستثناء أشهر حزيران، تمّوز، آب وأيلول على اعتبار أنها أشهر جافة تماماً. ويُلاحظ من الجدول (4) أنّ شهر أيار هو الشهر الأكثر تعرضاً للجفاف المتطرف، حيث بلغت نسبة تفرده 15.87%، يليه شهر تشرين الأول والثاني وكانون الأول بنسبة تردد بلغت 7.94%، بينما كان شهر آذار هو الشهر الأكثر تعرضاً للجفاف الشديد بنسبة 7.94%، تلاه شهر شباط، نيسان وأيار بنسبة 4.76%، أمّا الجفاف المعتدل فكان الأكثر تردداً خلال شهر كانون الثاني بنسبة 7.94%، تلاه شهري تشرين الثاني وشباط بنسبة تردد بلغت 4.76%. ويتّضح أنّ شهر أيار هو الشهر الأكثر تعرضاً للجفاف على اختلاف شداته في محطة الدراسة يليه شهر تشرين الثاني.

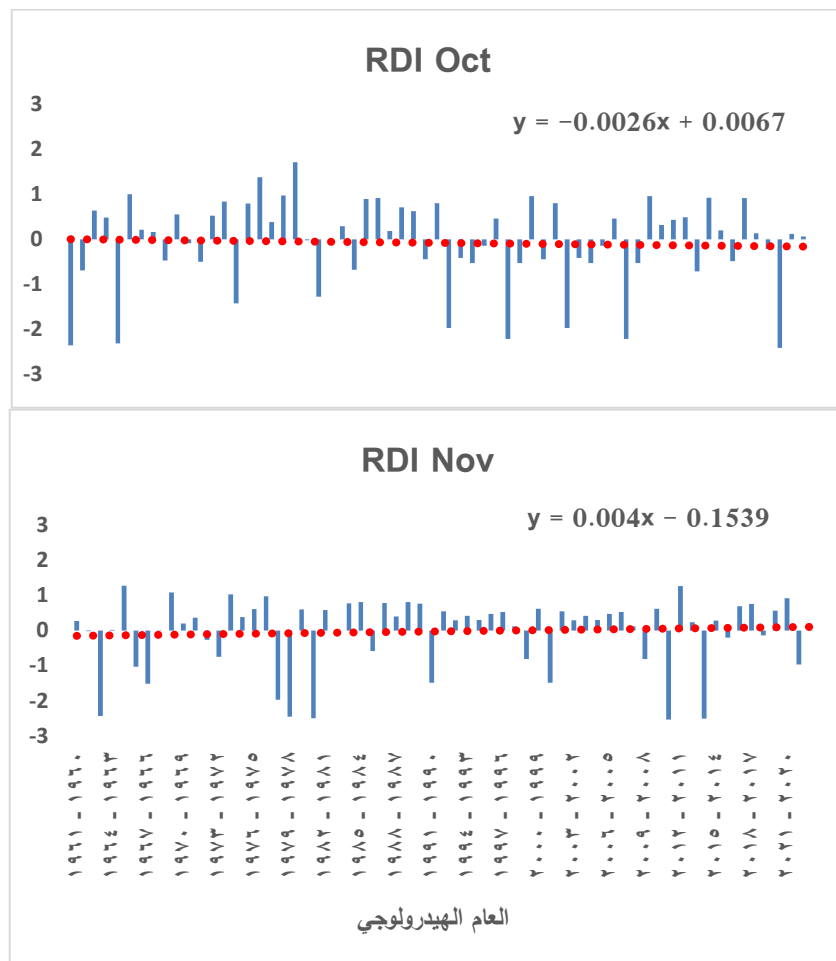
الجدول (4) عدد ونسبة مرات تكرار الجفاف الشهري وفقاً لشدته حسب مؤشر RDI

في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

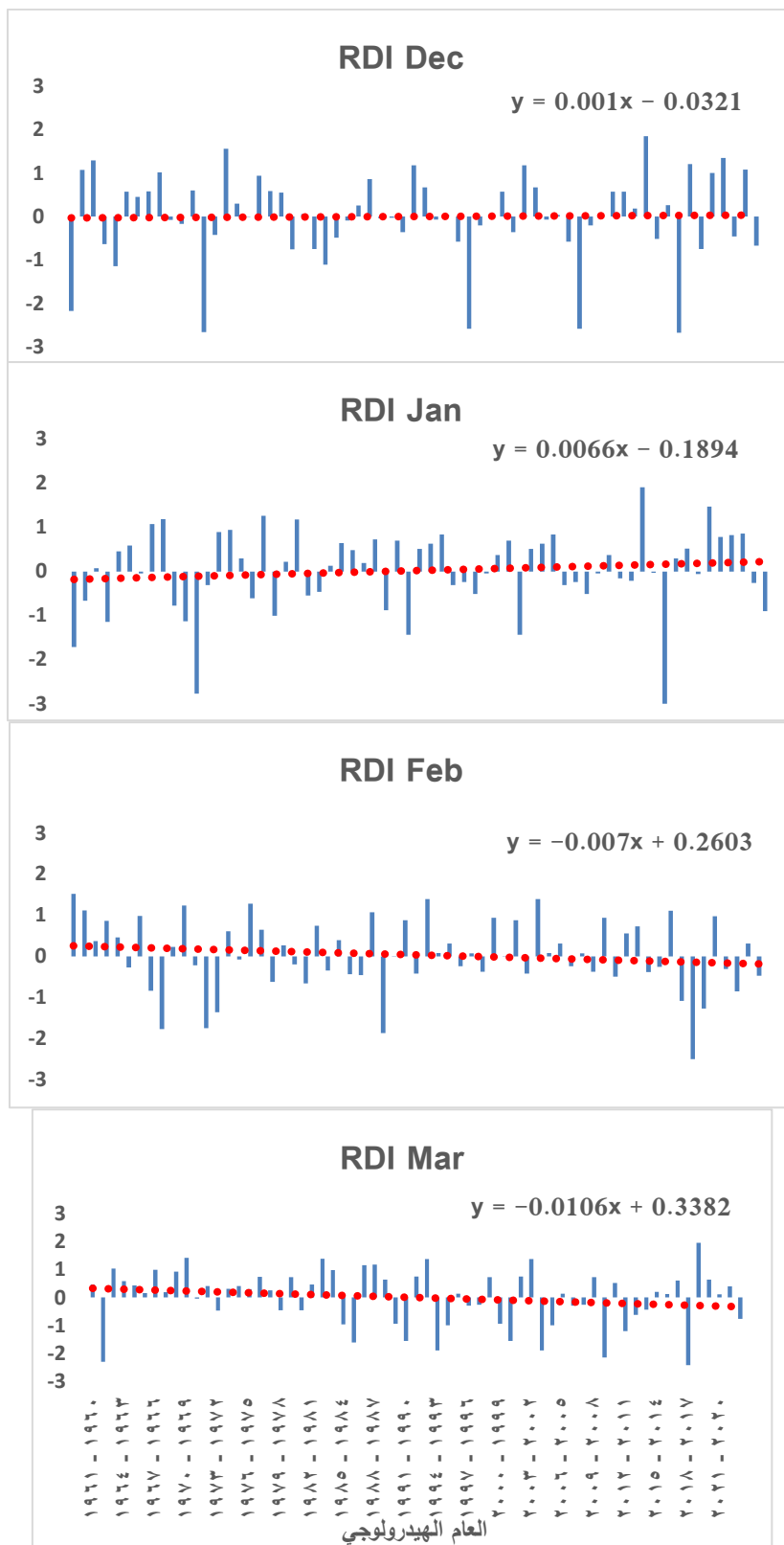
الشهر	جفاف متطرف	نسبة التكرار %	جفاف شديد	نسبة التكرار %	جفاف معتدل	نسبة التكرار %	المجموع
تشرين الأول	5	7.94	2	3.17	2	3.17	9
تشرين الثاني	5	7.94	2	3.17	3	4.76	10
كانون الأول	5	7.94	-	-	2	3.17	7
كانون الثاني	2	3.17	1	1.59	5	7.94	8
شباط	1	1.59	3	4.76	3	4.76	7
آذار	3	4.76	5	7.94	1	1.59	9
نيسان	4	6.35	3	4.76	1	1.59	8
أيار	10	15.87	3	4.76	1	1.59	14
المجموع	35	55.56	19	30.16	18	28.57	72

ينضح من الشكل (5) أنّ شهر تشرين الأول من العام الهيدرولوجي (2020-2021) كان الأشدّ تطرفاً، إذ بلغت قيمة RDI (-2.41)، بينما كان شهر تشرين الثاني من العام الهيدرولوجي (2010-2011) هو الأكثر جفافاً، حيث انخفضت قيمة RDI إلى (-2.54)، بينما شهد شهر كانون الأول من العام الهيدرولوجي (2015-2016) جفافاً متطرفاً بلغت قيمته (-2.67)، أمّا شهر كانون الثاني من العام الهيدرولوجي (2013-2014) كان الأكثر جفافاً بقيمة

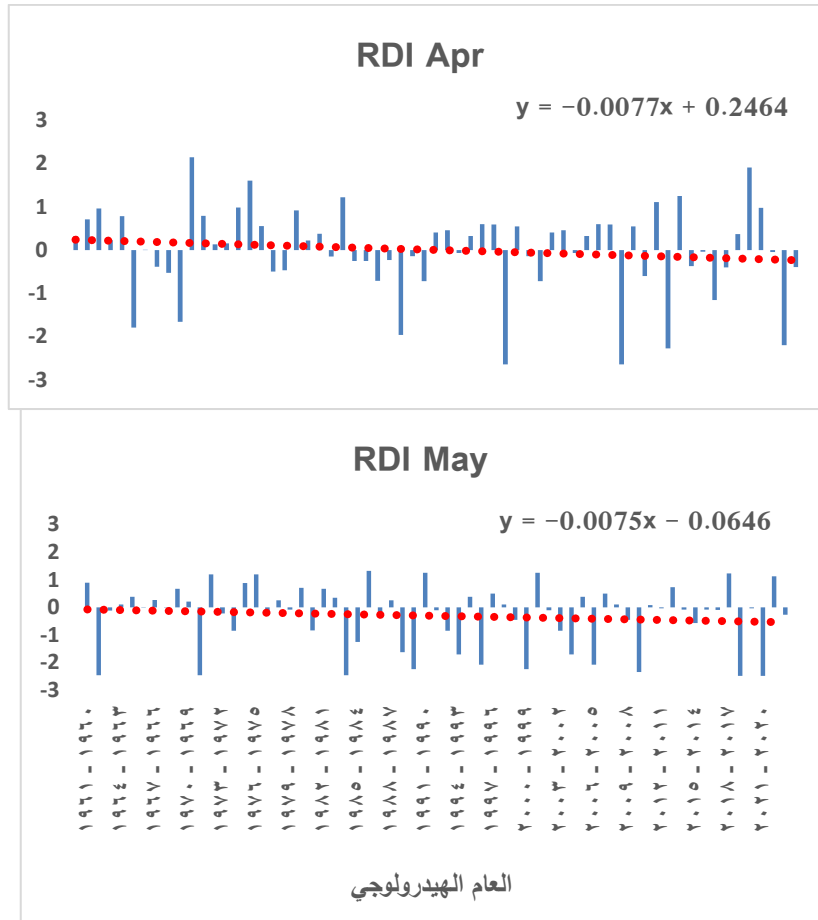
RDI بلغت (-3)، في حين شهدَ شهر شباط من العام الهيدرولوجي (2016-2017) جفافاً متطرفاً وصلت قيمته إلى (-2.5)، كذلك شهدَ شهر آذار حوادث جفاف متطرف في الأعوام الهيدرولوجية (1961-1962، 2009-2010 و 2017-2018) بقيم RDI بلغت (-2.29، -2.14 و -2.41) على التوالي، بينما تكرر الجفاف المتطرف خلال شهر نيسان في الأعوام الهيدرولوجية (1997-1998، 2007-2008، 2011-2012 و 2021-2022)، أما شهر أيار الذي تخلّله العدد الأكبر من حوادث الجفاف، فكان العام الهيدرولوجي (2018-2019) و(2020-2021) هما الأكثر جفافاً، حيث بلغت قيمة RDI (-2.49)، تلاه العام الهيدرولوجي (1970-1971) و(1983-1984) بقيمة جفاف متطرف بلغت (-2.47)، وكذلك العام الهيدرولوجي (1961-1962) بقيمة RDI بلغت (-2.46).



الشكل (5) التغيرات الشهرية لقيم مؤشر RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023)، يتبع.



الشكل (5) التغيرات الشهرية لقيم مؤشر RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023)، يتبع.



الشكل (5) التغيرات الشهرية لقيم مؤشر RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

#### الجفاف الفصلي:

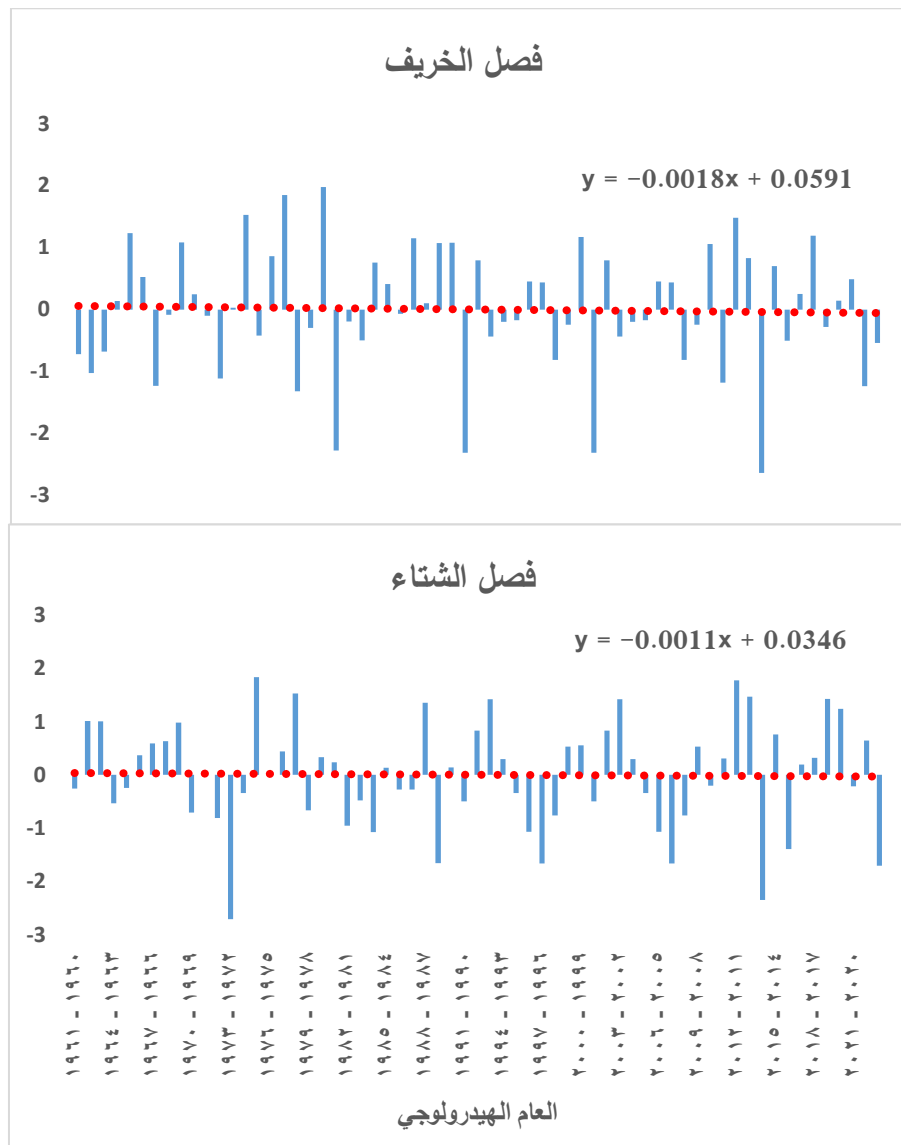
تمّ حساب شدة الجفاف الفصلي باستخدام مؤشر كشف الجفاف (RDI) لفصول السنة باستثناء فصل الصيف على اعتبار أنّه فصل حار وجاف تماماً (نظام الهطل المتوسطي النموذجي). حيث نلاحظ من الجدول (5) أنّ فصل الخريف هو الفصل الأكثر تعرضاً للجفاف المتطرف، حيث بلغت نسبة تفرده 6.35%، بينما تكرر الجفاف المتطرف خلال فصلي الشتاء والربيع بنسبة تكرر بلغت 3.17% لكلّ منهما، في حين كان فصل الربيع هو الفصل الأكثر تعرضاً للجفاف الشديد بنسبة 7.94%، تلاه فصل الشتاء بنسبة 6.35%، بينما لم يشهد فصل الخريف أي تردد للجفاف الشديد، لكنّه شهد أكبر تردد للجفاف المعتدل بنسبة 9.52%، مقارنةً بفصلي الشتاء والربيع، حيث بلغت نسبة تردد الجفاف المعتدل لكلّ منهما 6.35%.

الجدول (5) عدد ونسبة مرات تكرار الجفاف الفصلي وفقاً لشدته حسب مؤشر

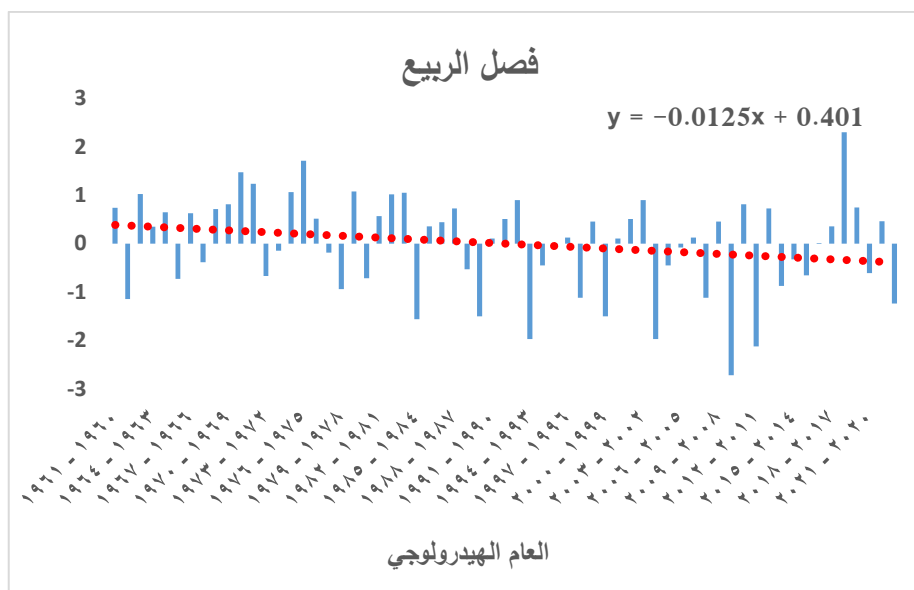
RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

الفصل	جفاف متطرف	نسبة التكرار %	جفاف شديد	نسبة التكرار %	جفاف معتدل	نسبة التكرار %	المجموع
الخريف	4	6.35	-	-	6	9.52	10
الشتاء	2	3.17	4	6.35	4	6.35	10
الربيع	2	3.17	5	7.94	4	6.35	11
المجموع	8	12.7	9	14.29	14	22.22	31

يتضح من الشكل (6) أنّ خريف العام الهيدرولوجي (2013-2014) كان الأشدّ تطرفاً، إذ بلغت قيمة RDI (-2.64)، تلاه خريف العام الهيدرولوجي (2000-2001) و(1990-1991) بقيمة RDI بلغت (-2.31)، كما شهد خريف العام الهيدرولوجي (1980-1981) جفافاً متطرفاً أيضاً بلغت قيمته (-2.28)؛ بينما كان شتاء العام الهيدرولوجي (1972-1973) هو الأكثر جفافاً، حيث انخفضت قيمة RDI إلى (-2.71)، تلاه شتاء العام الهيدرولوجي (2013-2014) بقيمة RDI بلغت (-2.34)، أما ربيع العام الهيدرولوجي (2009-2010) كان الأكثر جفافاً بقيمة RDI بلغت (-2.71)، كذلك شهد ربيع العام الهيدرولوجي (2011-2012) جفافاً متطرفاً أيضاً بلغت قيمته (-2.12).



الشكل (6) التغيرات الفصلية لقيم مؤشر RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023)، يتبع.



الشكل (6) التغيرات الفصلية لقيم مؤشر RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

#### الجفاف السنوي:

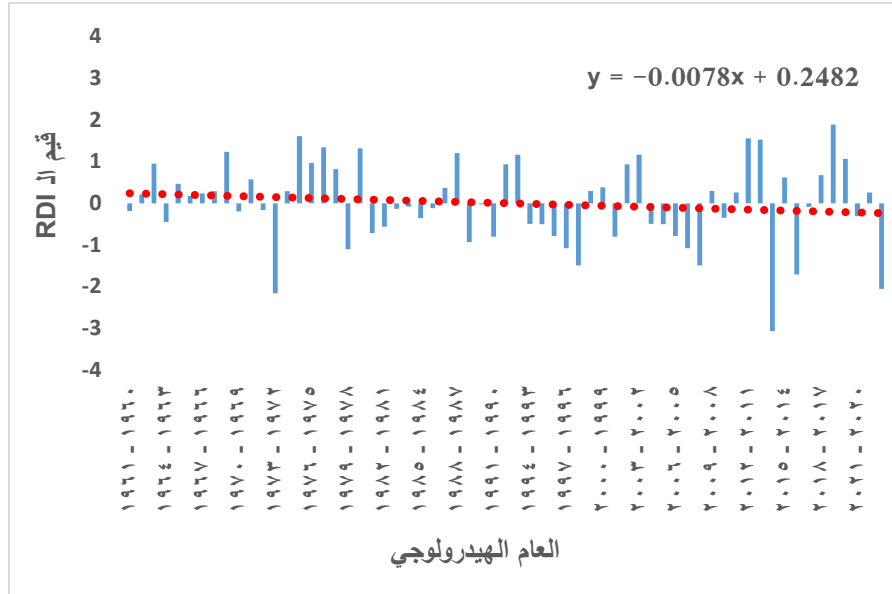
يشير الجدول (6) إلى وقوع الجفاف المتطرف 3 مرات في محطة الدراسة بنسبة تكرار 4.76%، بينما وقع الجفاف الشديد مرة واحدة بنسبة تردد بلغت 1.59%، أما الجفاف المعتدل وهو الأكثر تردداً في محطة الدراسة، فقد وقع 5 مرات بنسبة تكرار 7.94%. وبهذا يكون قد بلغ مجموع حوادث الجفاف السنوي بمختلف شداته 9 حوادث جفاف خلال الفترة (1960-2023)، وهو ما يشكل نسبة 14.29% من العدد الكلي لسنوات الدراسة.

الجدول (6) عدد ونسبة مرات تكرار الجفاف السنوي وفقاً لشدته حسب مؤشر

#### RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

شدة الجفاف	جفاف متطرف	نسبة التكرار %	جفاف شديد	نسبة التكرار %	جفاف معتدل	نسبة التكرار %	المجموع	نسبة التكرار %
المستوى السنوي	3	4.76	1	1.59	5	7.94	9	14.29

يتضح من الشكل (7) أنّ العام الهيدرولوجي (2013-2014) كان الأشد تطرفاً، إذ بلغت قيمة RDI (-3.07)، تلاه العام الهيدرولوجي (1972-1973) بقيمة RDI بلغت (-2.16)، كما شهد العام الهيدرولوجي (2022-2023) جفافاً متطرفاً أيضاً بلغت قيمته (-2.06)، بينما شهد العام الهيدرولوجي (2015-2016) جفافاً شديداً بلغت قيمته (-1.71)، كما سجّلت الأعوام الهيدرولوجية (2007-2008)، (2006-2007)، (1997-1998)، (1996-1997) و(1978-1979) جفافاً معتدلاً بلغت قيمته (-1.49)، (-1.08)، (-1.49)، (-1.08) و(-1.1) على التوالي.



الشكل (7) التغيرات السنوية لقيم مؤشر RDI في محطة الدراسة خلال الفترة (1960-2023).

تتفق النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث مع ما توصلت إليه الأبحاث السابقة؛ تم حساب شدة الجفاف للموسم الماطر باستخدام مؤشر الانحرافات القياسية الشهرية المثقلة للهطل (Sn) Weighted monthly standardized precipitation anomalies في ثلاث محطات مناخية (اللاذقية، طرطوس وصافيتا) خلال الفترة (1960-2016)، تبيّن أنّ الموسم (2013-2014) كان الأشدّ تطرفاً، حيث انخفضت قيمة المؤشر إلى ما دون (-3) في جميع المحطات، تلاه الموسم (1972-1973) الذي كان متطرف الجفاف في كلٍّ من اللاذقية وطرطوس وشديد الجفاف في صافيتا، بينما كان الموسم (2015-2016) متطرف الجفاف في اللاذقية ومعتدل الجفاف في كلٍّ من طرطوس وصافيتا، في حين كان الموسم (2006-2007) شديد الجفاف في طرطوس [36]. باستخدام مؤشر الجفاف (Sn) أيضاً للموسم الماطر خلال الفترة (1966-2008)، تبيّن أنّ الموسم (1972-1973) كان الأكثر قسوة، حيث شهدت محطة مطار اللاذقية (حميميم) ومحطة القرداحة في هذا العام جفافاً متطرفاً أيضاً [37]. تم تطبيق مؤشر الهطل القياسي (SPI) على البيانات المطرية لكلٍّ من محطة (بوقا، اللاذقية، القرداحة، مطار اللاذقية (حميميم)، وادي قنديل، الحفة، كسب وصلنفة) ما بين عامي (1993-2023) خلال الفترة الزمنية (من تشرين الأول وحتى آذار)، فتبيّن أنّ هذه الفترة من العام (2013-2014) كانت ذو جفاف متطرف في جميع المحطات باستثناء محطة صلنفة التي كانت ذو جفاف شديد، كذلك سجلت هذه الفترة من العام (2015-2016) جفافاً معتدلاً في كلٍّ من محطة بوقا ومطار اللاذقية، بينما كان الجفاف شديداً في باقي المحطات باستثناء القرداحة التي كانت ضمن المجال الطبيعي [38]. كذلك شهدت محطة صلنفة جفافاً شديداً في العام الهيدرولوجي (1978-1979)، بينما شهدت محطة كسب جفافاً شديداً في العام الهيدرولوجي (1996-1997)، أما في محطة اللاذقية، شهد العام الهيدرولوجي (2007-2008) جفافاً معتدلاً وذلك عند تطبيق مؤشر (SPI) في هذه المحطات الثلاث خلال الفترة (1978-2011) [39]. وعند تقدير الجفاف السنوي في بعض المواقع الجنوبية من سورية (دمشق، خرابو، درعا والسويداء) باستخدام مؤشر (SPI) أيضاً خلال الفترة (1958-2006)، كان العام الهيدرولوجي (1972-1973) ذو جفاف متطرف في محطة خرابو ومعتدل في

محطة دمشق والسويداء، بينما كان العام الهيدرولوجي (1978-1979) ذو جفاف شديد في كل من محطة خرابو، درعا والسويداء في حين كان ذو جفاف معتدل في دمشق [40]. أشارت الأبحاث العالمية أيضاً إلى تزايد شدة الجفاف وتكراره في المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط [41]، إذ يُعد هذا التزايد من أهم المشاكل التي تواجه إدارة الموارد المائية في منطقة المتوسط [42]، حيث يمكن أن يؤدي تزايد شدة وتكرار المواسم الجافة المتتالية إلى نقص تدفق الموارد المائية وتراجع وفرتها [43]، وإلى زيادة تلوث وتدهور البيئات المائية [44]، مما يؤدي إلى نقص إمدادات التجمعات السكانية بالماء [45]، وتراجع إنتاج الطاقة الكهرومائية [46]، واستنزاف المياه الجوفية [47]، وحدث خلل بين توفر الماء واستهلاكه [48]. إذ يشكل التزايد في شدة جفاف الموسم الماطر في المنطقة الساحلية تهديداً مباشراً لإنتاجية المحاصيل المختلفة وخاصةً عند توافق حدوثه مع الأطوار الحساسة تجاه الإجهاد المائي [49]، حيث أنّ مرحلة استطالة الساق، الإنبال ومرحلة امتلاء الحبوب بالنسبة للنجيليات، ومرحلة تشكل القرون وامتلائها بالنسبة للبقوليات، تتزامن مع فصل الربيع، وبالتالي فإن الاتجاه الواضح نحو تزايد الجفاف خلال هذا الفصل سيكون له تأثيرات واضحة في إنتاجية هذه المزروعات [50]. كما يؤثر الجفاف في إنتاجية الأشجار المثمرة وأهمها الزيتون [51]، والحمضيات [52]. كذلك يؤدي تزايد شدة الجفاف وتكراره إلى تراجع إنتاجية الغابات [53]، مما يؤثر في النمو السنوي للأشجار حتى في النظم البيئية المتأقلمة مع الجفاف [54]، حيث يقلل الجفاف من معدل التمثيل الضوئي وتراكم الكتلة الحيوية بشكل كبير [55]، ويضعف مقاومة الأشجار في مواجهة الأعداء الحيوية [56]، علماً أنّ أضراره قد تصل إلى حد الانتخاب ضد الأنواع الأقل مقاومة [57]، كما أنّ خطر نشوب حرائق الغابات يرتبط بشكل مباشر بحدوث الجفاف وتزايد شدته [58].

### الاستنتاجات والتوصيات:

- يمكن في ختام هذا البحث استنتاج ما يلي:
- سجّل فصل الشتاء وهو الفصل الرئيس للهطل المطري نحو 57.7% من المعدل السنوي لكميات الهطل (839.6) مم. وسُجّلت أقل كمية للهطل في العام الهيدرولوجي (2013-2014) وبلغت 327.4 مم، بينما سُجّلت أكبر كمية هطل في العام (2018-2019) وبلغت 1427.2 مم.
- بلغ عدد حوادث الجفاف على اختلاف شداته وفقاً للدراسة، 72 حادثاً للجفاف الشهري، 31 حادثاً للجفاف الفصلي و9 حوادث للجفاف السنوي.
- كان شهر أيار هو الأكثر تعرضاً للجفاف على اختلاف شداته في محطة الدراسة يليه شهر تشرين الثاني. كما كان شهر أيار أيضاً هو الأكثر تعرضاً للجفاف المتطرف بنسبة تكرار (15.87%)، بينما كان شهر آذار هو الأكثر تعرضاً للجفاف الشديد بنسبة تكرار (7.94%)، في حين كان شهر كانون الثاني هو الأكثر تعرضاً للجفاف المعتدل بنسبة تكرار بلغت (7.94%).
- كان فصل الخريف هو الأكثر تعرضاً للجفاف المتطرف والمعتدل بنسبة تكرار (6.35% و 9.52%) على التوالي، بينما كان فصل الربيع هو الأكثر تعرضاً للجفاف الشديد بنسبة تكرار (7.94%).
- على المستوى السنوي، وقع الجفاف المتطرف 3 مرات في محطة الدراسة بنسبة تكرار (4.76%)، وكان العام الهيدرولوجي (2013-2014) هو الأشد تطرفاً، إذ بلغت قيمة RDI (-3.07)، تلاه العام الهيدرولوجي (1972-1973) بقيمة RDI بلغت (-2.16).

- توصي الدراسة باستخدام مؤشر كشف الجفاف (RDI) كمؤشر فعال لمراقبة الجفاف وتحديد شدته، كونه يسهم في تقييم الجفاف بدقة في ظل ظروف الاحتباس الحراري، باعتباره يستخدم التبخر-نتح الكامن كدلالة عن درجة الحرارة إضافةً إلى الهطل المطري في حسابات الجفاف. كما توصي الدراسة بضرورة التوسع في دراسة الجفاف في محطات مناخية أخرى من المنطقة الساحلية، ومناطق أخرى من سورية، بما يسمح برصد أفضل لظروف الجفاف المستقبلية في المنطقة ويساعد في اتخاذ التدابير المناسبة لتخفيف آثار هذه الظاهرة.

## References:

- [1] W. Ciesla, "Climate change, forests and forest management, an overview", FAO, Rome, Italy, 1995.
- [2] R. Kovats, R. Valentini, LM. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell, JF. Soussana, VR. Barros, C. Field, D. Dokken, M. Mastrandrea, K. Mach, T. Bilir, M. Chatterjee, K. Ebi, Y. Estrada, R. Genova, G. Girma, E. Kissel, A. Levy, S. Macracken, P. Mastrandrea, L. White, \*Climate Change\*: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1267–1326, 2014.
- [3] V. Resco de Dios, C. Fischer, C. Colinas, "Climate change effects on Mediterranean forests and preventive measures", \*New Forest\*, vol. 33, no. 1, pp. 29–40, 2007.
- [4] B. Azzopardi, M. V. Balzan, S. Cherif, E. Doblas-Miranda, M. dos Santos, P. Dobrinski, "Climate and environmental change in the Mediterranean basin—current situation and risks for the future", First Mediterranean assessment report, MedECC, Marseille, France, 2020.
- [5] G. Lenderink, E. Van Meijgaard, & F. Selten, "Intense coastal rainfall in The Netherlands in response to high sea surface temperatures: analysis of the event of August 2006 from the perspective of a changing climate", \*Climate Dynamics\*, vol. 32, no. 1, pp. 19–33, 2009.
- [6] Y. Unal, E. Tan, & S. Menten, "Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006", \*Theoretical and Applied Climatology\*, vol. 112, no. 1, pp. 339–350, 2013.
- [7] B. Mohamed, A. M. Abdallah, K. Alam El-Din, H. Nagy, & M. Shaltout, "Inter-annual variability and trends of sea level and sea surface temperature in the Mediterranean Sea over the last 25 years", \*Pure and Applied Geophysics\*, vol. 176, no. 8, pp. 3787–3810, 2019.
- [8] N. Skliris, S. Sofianos, A. Gkanasos, A. Mantziafou, V. Vervatis, P. Axaopoulos, "Decadal scale variability of sea surface temperature in the Mediterranean Sea in relation to atmospheric variability", \*Ocean Dynamics\*, vol. 62, no. 1, pp. 13–30, 2012.
- [9] I. Dabanlı, Z. Şen, M. Ö. Yelegen, E. Şişman, B. Selek, & Y. S. Güçlü, "Trend assessment by the innovative-Şen method", \*Water Resources Management\*, vol. 30, no. 14, pp. 5193–5203, 2016.
- [10] D. Wilhite, "Drought", in \*Encyclopedia of Earth System Science\*, vol. 2, pp. 81–92, Academic Press, San Diego, California, 1992.
- [11] A. Iglesias, M. Moneo, A. Lopez-Francos, "Drought Management Guidelines Technical Annex", \*CIHEAM. Options Méditerranéennes\*, series. B, no. 58, pp. 175–196, 2007.
- [12] F. Oñate-Valdivieso, V. Uchuari, & A. Oñate-Paladines, "Large-scale climate variability patterns and drought: a case of study in South America", \*Water Resources Management\*, vol. 34, no. 6, pp. 2061–2079, 2020.

- [13] D. Wilhite, & M. Glantz, "Understanding the drought phenomenon: the role of definitions", \*Water International\*, vol. 10, no. 3, pp. 111–120, 1985.
- [14] H. Aksoy, M. Cetin, E. Eris, H. I. Burgan, Y. Cavus, I. Yildirim, "Critical drought intensity–duration–frequency curves based on total probability theorem-coupled frequency analysis", \*Hydrological Sciences Journal\*, vol. 66, no. 8, pp. 1337–1358, 2021.
- [15] A. Mishra, & V. Singh, "A review of drought concepts", \*Journal of Hydrology\*, vol. 391, no. 1–2, pp. 202–216, 2010.
- [16] S. S. Chandrasekara, H. H. Kwon, M. Vithanage, J. Obeysekera, & T. W. Kim, "Drought in South Asia: a review of drought assessment and prediction in South Asian countries", \*Atmosphere\*, vol. 12, no. 3, p. 369, 2021.
- [17] V. Gumus, L. D. Dinsever, & Y. Avsaroglu, "Analysis of drought characteristics and trends during 1965–2020 in the Tigris River basin, Turkey", \*Theoretical and Applied Climatology\*, vol. 151, no. 3-4, pp. 1871–1887, 2023.
- [18] M. Ionita, C. Boroneant, & S. Chelcea, "Seasonal modes of dryness and wetness variability over Europe and their connections with large scale atmospheric circulation and global sea surface temperature", \*Climate Dynamics\*, vol. 45, no. 9, pp. 2803–2829, 2015.
- [19] A. Dai, "Drought under global warming": a review, Wiley Interdisciplinary Reviews, \*Climate Change\*, vol. 2, no. 1, pp. 45–65, 2011.
- [20] A. Zargar, R. Sadiq, B. Naser, & F. I. Khan, "A review of drought indices", \*Environmental Reviews\*, vol. 19, pp. 333–349, 2011.
- [21] L. Xiao, X. Chen, R. Zhang, & Z. Zhang, "Spatiotemporal evolution of droughts and their teleconnections with large-scale climate indices over Guizhou province in southwest China", \*Water\*, vol. 11, no. 10, p. 2104, 2019.
- [22] M. Svoboda, & B. Fuchs, \*Handbook of drought indicators and indices\*, Vol. 2. Geneva: World Meteorological Organization, 2016.
- [23] H. Aksu, Y. Cavus, H. Aksoy, M. A. Akgul, S. Turker, & E. Eris, "Spatiotemporal analysis of drought by CHIRPS precipitation estimates", \*Theoretical and Applied Climatology\*, vol. 148, no. 1–2, pp. 517–529, 2022.
- [24] Y. Cavus, & H. Aksoy, "Critical drought severity/intensity– duration–frequency curves based on precipitation deficit", \*Journal of Hydrology\*, vol. 584, p. 124312, 2020.
- [25] E. Eris, Y. Cavus, H. Aksoy, H. I. Burgan, H. Aksu, & H. Boyacioglu, "Spatiotemporal analysis of meteorological drought over Kucuk Menderes River basin in the Aegean region of Turkey", \*Theoretical and Applied Climatology\*, vol. 142, no. 3–4, pp. 1515–1530, 2020.
- [26] D. Kingston, J. Stagge, L. Tallaksen, & D. Hannah, "European-scale drought: understanding connections between atmospheric circulation and meteorological drought indices", \*Journal of Climate\*, vol. 28, no. 2, pp. 505–516, 2015.
- [27] A. Manzano, M. A. Clemente, A. Morata, M. Y. Luna, S. Beguería, S. M. Vicente-Serrano, "Analysis of the atmospheric circulation pattern effects over SPEI drought index in Spain", \*Atmospheric Research\*, vol. 230, p. 104630, 2019.
- [28] S. Mathbout, J. A. Lopez-Bustins, J. Martin-Vide, J. Bech, & F. S. Rodrigo, "Spatial and temporal analysis of drought variability at several time scales in Syria during 1961–2012", \*Atmospheric Research\*, vol. 200, pp. 153–168, 2018.
- [29] Y. Mohammed, & A. Yimam, "Analysis of meteorological droughts in the Lake's region of Ethiopian Rift Valley using reconnaissance drought index (RDI)", \*Geoenvironmental Disasters\*, vol. 8, no. 1, p. 13, 2021.

- [30] Z. Pei, S. Fang, L. Wang, & W. Yang, "Comparative analysis of drought indicated by the SPI and SPEI at various timescales in inner Mongolia, China", *\*Water\**, vol. 12, no. 7, p. 1925, 2020.
- [31] C. Yang, Y. Tuo, J. Ma, & D. Zhang, "Spatial and temporal evolution characteristics of drought in Yunnan Province from 1969 to 2018 based on SPI/SPEI", *\*Water, Air, & Soil Pollution\**, vol. 230, no. 11, p. 269, 2019.
- [32] Y. Yue, S. H. Shen, & Q. Wang, "Trend and variability in droughts in Northeast China based on the reconnaissance drought index", *\*Water\**, vol. 10, no. 3, p. 318, 2018.
- [33] G. Tsakiris, D. Pangalou, & H. Vangelis, "Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI)", *\*Water resources management\**, vol. 21, no. 5, pp. 821-833, 2007.
- [34] D. Tigkas, H. Vangelis, & G. Tsakiris, "DrinC: A software for drought analysis based on drought indices", *\*Earth Science Informatics\**, vol. 8, no. 3, pp. 697-709, 2015.
- [35] H. Blaney, & W. Criddle, "Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data", Technical Paper No. 96, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, USA, 1950.
- [36] M. Skaf & Y. Yousef, "Annual drought variability in Syrian coastal region during the period 1960-2016", *\*Tartous University Journal for Research and Scientific Studies\**, (in Arabic), vol. 4, no. 7, pp. 95-111, 2020.
- [37] M. Skaf & S. Hamdan, "Study of drought spatio-temporal characteristics in Syrian coastal region during the period 1966-2008", *\*Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies\**, (in Arabic), vol. 35, no. 2, pp. 171-185, 2013.
- [38] R. Fayad & Y. Ali, "Spatiotemporal variations of rainfall in Lattakia Governorate using the Standardized Precipitation Index (SPI)", *\*Sirte University Journal of Humanities\**, (in Arabic), vol. 14, no. 2, pp. 16-33, 2024.
- [39] A. Jalab, I. Mahfoud & F. Ismaiel, "Temperature and rainfall changes in Lattakia, Kasaab and Slenfeh during 1978-2011", *\*Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies\**, (in Arabic), vol. 36, no. 3, pp. 285-303, 2014.
- [40] A. Jalab & T. Cheikho, "Estimating the severity and frequency of annual and seasonal droughts in some locations in the southern region of Syria", *\*Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies\**, (in Arabic), vol. 35, no. 1, pp. 41-54, 2013.
- [41] F. Raymond, A. Ullmann, Y. Trambly, P. Drobinski, & P. Camberlin, "Evolution of Mediterranean extreme dry spells during the wet season under climate change", *\*Regional Environmental Change\**, vol. 19, no. 8, pp. 2339-2351, 2019.
- [42] A. Iglesias, L. Garote, F. Flores, M. Moneo, "Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean", *\*Water Resources Management\**, vol. 21, no. 5, pp. 227-288, 2007.
- [43] N. W. Arnell, & S. N. Gosling, "The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale", *\*Journal of Hydrology\**, vol. 486, pp. 351-364, 2013.
- [44] M. Petrovic, A. Ginebreda, V. Acuña, R.J. Batalla, A. Elosegi, H. Guasch, M.L. de Alda, R. Marcé, I. Muñoz, A. Navarro-Ortega and E. Navarro, "Combined scenarios of chemical and ecological quality under water scarcity in Mediterranean rivers", *\*Trends in Analytical Chemistry\**, vol. 30, no. 8, pp. 1269-1278, 2011.
- [45] K. Stahl, I. Kohn, V. Blauhut, J. Urquijo, L. De Stefano, V. Acácio, and H. A. Van Lanen, "Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports", *\*Natural Hazards and Earth System Sciences\**, vol. 16, no. 3, pp. 801-819, 2016.

- [46] W. Wan, J. Zhao, E. Popat, C. Herbert, and P. Döll, "Analyzing the impact of streamflow drought on hydroelectricity production: a global-scale study", *\*Water Resources Research\**, vol. 57, no. 4, p. e2020WR028087, 2021.
- [47] S. Ashraf, A. Nazemi, and A. AghaKouchak, "Anthropogenic drought dominates groundwater depletion in Iran", *\*Scientific reports\**, vol. 11, no. 1, p. 9135, 2021.
- [48] Z. Huang, X. Yuan, and X. Liu, "The key drivers for the changes in global water scarcity: Water withdrawal versus water availability", *\*Journal of Hydrology\**, vol. 601, p. 126658, 2021.
- [49] H. Nayyar, S. Kaur, S. Singh, & H. D. Upadhyaya, "Differential sensitivity of Desi (small-seeded) and Kabuli (largeseeded) chickpea genotypes to water stress during seed filling: effects on accumulation of seed reserves and yield", *\*Journal of the Science of Food and Agriculture\**, vol. 86, no. 13, pp. 2076–2082, 2006.
- [50] J. Rane, A. K. Singh, M. Kumar, K. M. Boraiah, K. K. Meena, A. Pradhan, and P. V. Prasad, "The adaptation and tolerance of major cereals and legumes to important abiotic stresses", *\*International Journal of Molecular Sciences\**, vol. 22, no. 23, p. 12970, 2021.
- [51] O. Moriana, F. Orgaz, E. Fereres, M. Pastor, "Yield responses of a mature olive orchard to water deficits", *\*Journal of the American Society of Horticultural Science\**, vol. 128, no. 3, pp. 425–431, 2003.
- [52] I. García-Tejero, V. H. Durán-Zuazo, J. Arriaga-Sevilla, & J. L. Muriel-Fernández, "Impact of water stress on citrus yield", *\*Agronomy for sustainable development\**, vol. 32, no. 3, pp. 651-659, 2012.
- [53] E. Pasho, J. J. Camarero, M. de Luis, & S. M. Vicente-Serrano, "Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain", *\*Agricultural and Forest Meteorology\**, vol. 151, no. 12, pp. 1800-1811, 2011.
- [54] S. Rambal, J. M. Ourcival, R. Joffre, F. Mouillot, Y. Nouvellon, M. Reinchstein, A. Rocheteau, "Drought controls over conductance and assimilation of a Mediterranean evergreen ecosystem: scaling from leaf to canopy", *\*Global Change Biology\**, vol. 9, no. 12, pp. 1813–1824, 2003.
- [55] S. Dong, Y. Jiang, Y. Dong, L. Wang, W. Wang, Z. Ma, C. Yan, "A study on soybean responses to drought stress and rehydration", *\*Saudi Journal of Biological Sciences\**, vol. 26, no. 8, 2006–2017, 2019.
- [56] A. Weed, M. Ayres, J. Hicke, "Consequences of climate change for biotic disturbances in North American forests", *\*Ecological Monographs\**, vol. 83, no. 4, pp. 441–470, 2013.
- [57] N. Bréda and V. Badeau, "Forest tree responses to extreme drought and some biotic events: towards a selection according to hazard tolerance? ", *\*Comptes Rendus Géoscience\**, vol. 340, no. 9-10, 2008, pp. 651–662, 2008.
- [58] A. Westerling, H. Hidalgo, D. Cayan, T. Swetnam, "Warming and earlier spring increases western US forest wildfire activity", *\*Science\**, vol. 313, no. 5789, pp. 940–943, 2006.