مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد(7) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (4) No. (7) 2020

تباين الجفاف السنوي في المنطقة الساحلية من سوريا خلال الفترة 1960-2016

د. ميشيل سكاف *

م. ياسمين يوسف**

(تاريخ الإيداع 8/10 /2020. قُبِل للنشر في 7 /10/2020)

□ ملخّص □

يُعد الجفاف أحد أهم الأخطار التي تؤثر سلباً في الموارد المائية، الانتاج الزراعي والنظم البيئية الطبيعية. تم استخدام الانحرافات القياسية الشهرية المثقلة لكميات الهطل من أجل تقدير شدة الجفاف وتكراره في ثلاث محطات وهي اللاذقية وطرطوس وصافيتا الواقعة في المنطقة الساحلية من سوريا خلال الفترة الممتدة من عام 1960حتى عام 2016.

استخدمت خطوط الاتجاه واختبار مان كندال Mann-Kendall test من أجل تحديد اتجاه وقيمة التغير في قيم مؤشر الجفاف واستخدم التحليل الاحصائي الوصفي خلال فترتي الدراسة 1960-1988 و1988-2016 من أجل تقدير التغيرات في تكرار الجفاف خلال العقود الأخيرة.

أظهرت النتائج أن الجفاف ظاهرة متكررة في المنطقة الساحلية في سوريا وأن الجفاف الشديد والمتطرف الشدة يمكن أن يحدث ولعدة سنوات متتالية. هذا وقد أظهرت النتائج وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة الجفاف في المحطات الثلاث بسبب التناقص الحاد في قيم المؤشر.

كذلك بينت النتائج تزايد تكرار الجفاف في العقود الأخيرة مع تراجع تكرار السنوات الرطبة وتزايد تكرار السنوات الجافة. هذه التغيرات في خصائص الجفاف يمكن أن تؤثر سلباً في الانتاج الزراعي وأن تعزز الضغوطات على الموارد المائية كما ويمكن أن تزيد من خطر حرائق الغابات وتدهور النظم البيئية الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: الجفاف- تغير المناخ – مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة- سوريا.

* مدرس _ قسم الحراج والبيئة _ كلية الزراعة _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سوريا

** طالبة دراسات عليا / ماجستير _ قسم الحراج والبيئة _ كلية الزراعة _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (4) العدد(7) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (4) No. (7) 2020

Annual drought variability in Syrian costal region during the period 1960-2016

Dr. Michael Skaf *
Eng. Yasmin Yousef **

(Received 10/8/2020. Accepted 7/ 10/2020)

□ ABSTRACT □

Drought is one of the main natural hazards adversely affecting water resources, agricultural production and natural ecosystems. Weighted monthly standardized precipitation anomalies were applied to evaluate drought intensity and frequency in three meteorological stations: Lattakia, Tartous and Safita which were located in the Syrian coastal region during the period 1960-2016. Trends with Mann-Kendall test were used to detect changes and significance in drought intensity. Descriptive analysis was utilized for two periods: 1960-1988 and 1988-2016 to assess changes in drought frequency in the last decades.

Results showed that drought is a recurring phenomenon in the Syrian coastal region and severe to extreme drought can occur and may last for several years. Increasing tendency in drought intensity was found in three stations related to decreasing tendency in drought index values. Also, results express increasing drought frequency in the last decades owing to the diminishing of wet years and enhancement of severe dry years.

These changes in drought characteristics may negatively affect agricultural production, exacerbate pressures on water resources and can aggravate the risk of forest fires and ecosystem degradation.

Keywords: Drought- Climate change- Weighted monthly standardized precipitation anomalies- Syria.

* Assistant professor _ Department Forestry and Ecology _ Faculty of Agriculture _ Tishreen University _ Lattakia _ Syria.
** Postgraduate Student _ Department Forestry and Ecology _ Faculty of Agriculture _ Tishreen University _ Lattakia _ Syria.

مقدمة:

يُعد الجفاف Drought أحد أهم الحوادث المناخية المتطرفة Extreme climatic events التي تشكل جزءاً من الدورة المناخية الطبيعية لأي منطقة في العالم، وهو ظاهرة معقدة تتطور ببطء ويصعب تحديد بدايتها ونهايتها وقد تستمر لأشهر أو لسنوات وتؤثر غالباً في مناطق جغرافية واسعة [1]. لذلك يكون للجفاف مجال كبير من التأثيرات البيئية [4–2]، والصحية [5]، والاقتصادية والاجتماعية [7,6]، والتي تصل إلى تهديد الأمن الغذائي [8] وتزايد النزاعات [10,9].

يعد الجفاف الخطر الطبيعي الأكثر كلفة بالنسبة للمجتمعات البشرية [12,11]. فعلى سبيل المثال قدرت الخسائر الناتجة عن الجفاف في أوروبا خلال الفترة 1976–2006 بحوالي مئة مليار يورو [13]، في حين تجاوزت التقديرات الأولية للخسائر الناجمة عن الجفاف الذي ضرب وسط الولايات المتحدة عام 2012 سبعة عشر مليار دولار [14]، وتبين لاحقاً أنها وصلت إلى ما يقارب ثلاثين مليار دولار [15].

يُعرف الجفاف على أنه فترة مطولة من الطقس الجاف غير الاعتيادي، والذي ينتج عنه نقص في توفر المياه يمكن أن يؤدي إلى خلل خطير في الميزان المائي للمناطق المتأثرة به [16].

تتفق جميع وجهات النظر على أن الجفاف ظرف مؤقت من عدم توفر الماء بصورة كافية بسبب نقص الهطولات عن معدلاتها الطبيعية، أو سوء توزعها خلال فترة من الزمن. وتُعد الفترة التي يتراكم خلالها العجز في الهطولات في غاية الأهمية لأنها تفصل عملياً بين مختلف أنماط الجفاف: الميتيورولوجي Meteorological drought والزراعي Agricultural drought والهيدرولوجي Hydrological drought [19–17] والتي يكون لها مجال واسع من التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية يطلق عليها مصطلح الجفاف الاقتصادي الاجتماعي Socio–Economic drought [21,20].

يعد الجفاف السبب الرئيس لتراجع حجز الكربون في النظم البيئية الأرضية [24–22] لذلك فهو يسبب خسائر فادحة للإنتاج الزراعي [28–25] والغابات [32–29] كما أنه يعد السبب المباشر لنشوب وانتشار حرائق الغابات [34,33].

يؤدي الجفاف إلى تراجع التدفق وإلى نقص توفر الموارد المائية [36,35]، الأمر الذي يمتلك تأثيرات بيئية واقتصادية تتجلى في تدهور البيئات المائية [38,37] وتراجع انتاج الطاقة في المحطات الكهرومائية [39].

يتحدد التوزع المكاني والزمني للموارد المائية بالنظام الهيدرولوجي الذي يعد الأكثر تغيراً خلال الزمن. وذلك بسبب الارتباط الوثيق لمختلف العمليات الهيدرولوجية بتبادل الطاقة بين الغلاف الجوي والمحيطات وسطح اليابسة [40]. لذلك فقد أدى التغير في الخصائص الديناميكية والترموديناميكية للدورة الهيدرولوجية بتأثير التسخين العالمي Global Warming [42,41] إلى حدوث تغيرات واضحة في نماذج الهطل [43]، وإلى تزايد شدة وتكرار الجفاف في الكثير من مناطق العالم [45,44] ومنها المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط [47,46].

تختلف حوادث الجفاف عن بعضها من حيث الشدة والاستمرارية والامتداد المكاني والتكرار ووقت حدوث الظاهرة [48]. غير أن خطر الجفاف في أي منطقة لا يتحدد بأبعاد حوادث الجفاف فقط بل يرتبط إلى حد كبير بحساسية النظم البيئية والاجتماعية تجاه هذه الظاهرة [50,49].

يتوقع تزايد كل من شدة وتكرار الحوادث المناخية المتطرفة ECE وأهمها الجفاف مع استمرار التسخين في مختلف مناطق العالم [51] ومنها المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط [53,52]. لذلك فإن دراسة التغير في خصائص الجفاف في المنطقة الساحلية من سوريا، حيث تنتشر أهم النظم البيئية الحراجية والعديد من الزراعات الهامة، تعد في غاية الأهمية من أجل الاستثمار الأمثل للموارد المائية والتخطيط الزراعي وإدارة الغابات بالشكل الذي يضمن التنمية المستدامة لمختلف الموارد البيئية في هذه المنطقة. وقد تركزت أهداف البحث في تقدير شدة الجفاف وتكراره خلال المواسم الممتدة من عام 1960 إلى عام 2016 وتحديد اتجاه وقيمة التغير في هذه الخصائص في ظل التغيرات المناخية الراهنة.

مواد البحث وطرائقه:

استخدمت لإنجاز البحث كميات الهطل الشهرية لثلاث محطات مناخية تصف جزءاً هاماً من المنطقة الساحلية وتمتلك سلسلة رصد مستمرة من عام 1960 حتى عام 2016. والجدول (1) يبين إحداثيات المحطات المختارة.

جدول (1) إحداثيات المحطات المناخية المستخدمة في البحث (عن بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية)

المنطقة	خط الطول	خط العرض	الارتفاع عن سطح البحر(م)	التصنيف المناخي
اللاذقية	35°45́	35°33́	8	شبه رطبة
طرطوس	35°88́	34°88́	5	شبه رطبة
صافيتا	36°13́	34°81́	359	رطبة

تم تقدير شدة جفاف المواسم المختلفة باستخدام مؤشر الانحرافات القياسية الشهرية المثقلة (Sn) Weighted monthly standardized precipitation anomalies [54]، وذلك بأخذ أشهر الفترة المطيرة من كل موسم والممتدة من تشرين الأول إلى حزيران. حيث تم حساب قيمة المؤشر باستخدام العلاقة التالية:

$$Sn = \sum_{i=1}^{n} \frac{logp_i - \overline{logp_i}}{\sigma_i} \cdot \frac{\overline{p_i}}{\overline{p_a}}$$

حيث Sn محصلة الانحرافات القياسية المثقلة لكميات الهطل الشهرية لكل موسم ماطر بدءاً من شهر تشرين الأول i=1 وحتى شهر حزيران i=9 من كل عام.

$logp_i$: اللوغاريتم العشري لأمطار الشهر المدروس i.

$\overline{logp_i}$: معدل قيم pi log للشهر i خلال كامل سنوات الدراسة.

σ_i : الانحراف المعياري لقيم log pi للشهر i خلال سنوات الدراسة.

$\frac{\overline{p_i}}{\overline{p_a}}$: عامل التثقيل weighting factor الذي يعبر عن حصة الشهر المدروس من أمطار الموسم حيث $\overline{p_i}$ المعدل العام لكميات الهطل خلال الشهر المدروس و$\overline{p_a}$ المعدل العام لكميات الهطل للموسم الماطر في المنطقة.

بعد حساب قيم Sn لكامل السلسلة الزمنية تتم معايرة هذه القيم مرة أخرى من أجل تلافي التصغير الناتج عن الزيادة أو النقص خلال الأشهر المختلفة للحصول على قيمة Sn القياسية ومن ثم يتم تقدير جفافية أو رطوبة كل موسم وفق الحدود المقترحة من قبل Agnew عام 2000 [55]، وذلك بالنسبة للمؤشرات القياسية على الشكل التالي:

إذا كانت قيمة المؤشر أقل من 1.65-	فهذا يعني جفاف متطرف الشدة
1.65- حتى 1.28-	جفاف شديد
1.28- حتى 0.84-	جفاف معتدل
0.84- حتى 0.5-	جفاف خفيف
0.5- حتى 0.5	قريب من المعدل
0.5 حتى 0.84	رطوبة خفيفة
0.84 حتى 1.28	رطوبة معتدلة
1.28 حتى 1.65	رطوبة شديدة
أكثر من 1.65	رطوبة متطرفة

استخدمت خطوط الاتجاه Trends من أجل تقدير اتجاه وقيمة التغير في قيم مؤشر الجفاف في المحطات المدروسة وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار مان كندال Mann-Kendall test [56].

تمت دراسة التغير في الخصائص الإحصائية لقيم مؤشر الجفاف خلال العقود الأخيرة بتقسيم السلسلة الزمنية لقيم المؤشر الى فترتين متساويتين تشمل الفترة الأولى المواسم الممتدة من عام 1960 وحتى عام 1988 في حين تشمل الفترة الثانية المواسم الممتدة من عام1988 حتى عام 2016.

النتائج والمناقشة:

1. الخصائص العامة لهطولات المحطات الساحلية خلال فترة الدراسة:

يبين الشكل (1) معدلات الهطل الشهرية في اللاذقية وطرطوس وصافيتا المحسوبة للفترة 1960-2016 مع أهم الخصائص الإحصائية، ومنه نلاحظ أن نظام الهطل في المحطات الثلاث متوسطي نموذجي حيث تتركز معظم الهطولات خلال أشهر الشتاء وتنحسر عملياً خلال أشهر الصيف. كذلك يتضح من الشكل أن ذروة الهطل تكون في كانون الثاني في كل من طرطوس وصافيتا بينما تكون في كانون الأول في اللاذقية. ويلاحظ أن أعلى المعدلات الشهرية سجلت في صافيتا تليها طرطوس ثم اللاذقية الأمر الذي انعكس على معدل الموسم الماطر والذي بلغ 1080 مم في صافيتا و838 مم في طرطوس و746 مم في اللاذقية. بالمقابل فإن التباين في كميات الهطل بين المواسم كبير للغاية في المحطات الثلاث وخلال جميع الأشهر وخصوصا

في بداية ونهاية الموسم الماطر، وهذا يظهر بشكل واضح من خلال أعلى وأدنى القيم ومن خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين التي تقل خلال أشهر الشتاء بالمقارنة مع أشهر الخريف والربيع إلا أنها مع ذلك مرتفعة للغاية إذ لم تتدنى خلال أقل الأشهر تباينا عن 46% في صافيتا و50% في طرطوس و62% في اللاذقية.

2. تقدير الخصائص المكانية والزمنية للجفاف في منطقة الدراسة:

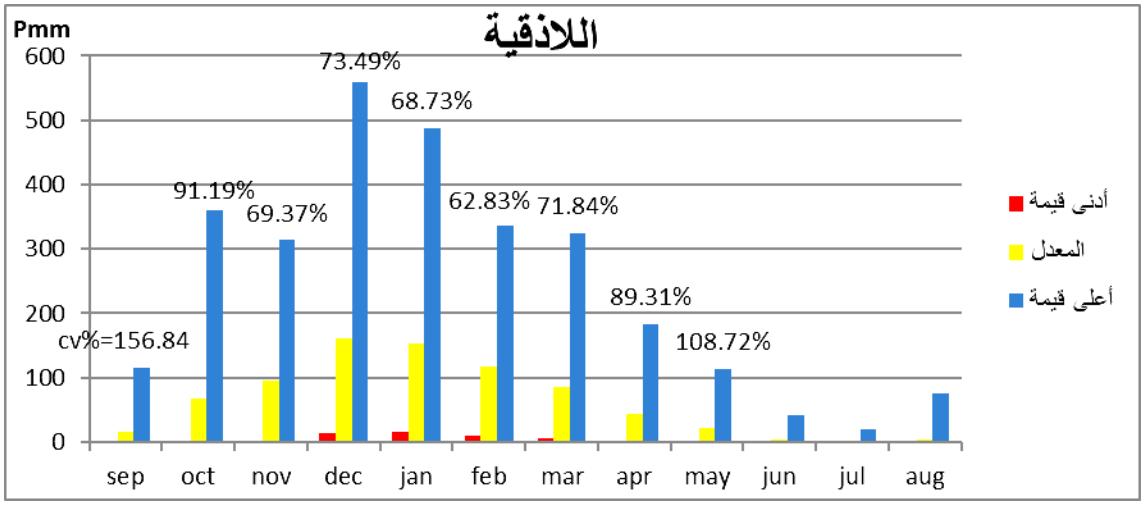
يظهر الشكل (2) تغير قيم مؤشر الجفاف بين المواسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016 في المحطات المدروسة، ومنه يتضح أن الجفاف يتكرر بشكل كبير في المنطقة الساحلية وقد يكون شديد إلى متطرف الشدة في بعض المواسم، كما أنه قد يشمل جميع المحطات. وقد كان الموسم 2013–2014 أشد المواسم جفافا في جميع المحطات، حيث انخفضت قيمة مؤشر الجفاف إلى–3.89 في اللاذقية و–3.4 في طرطوس و–3.75 في صافيتا، تلاه الموسم 1972–1973 الذي كان متطرف الجفاف في كل من اللاذقية وطرطوس بقيم وصلت إلى–1.97 و–2.07 على التوالي وشديد الجفاف في صافيتا بقيمة وصلت –1.63. أما الموسم 1988–1989 فقد كان متطرف الجفاف في صافيتا بقيمة –1.87. كذلك كان الموسم 2015–2016 متطرف الجفاف في اللاذقية في حين كان الموسم 2000–2001 متطرف الجفاف في طرطوس وشديد الجفاف في اللاذقية.

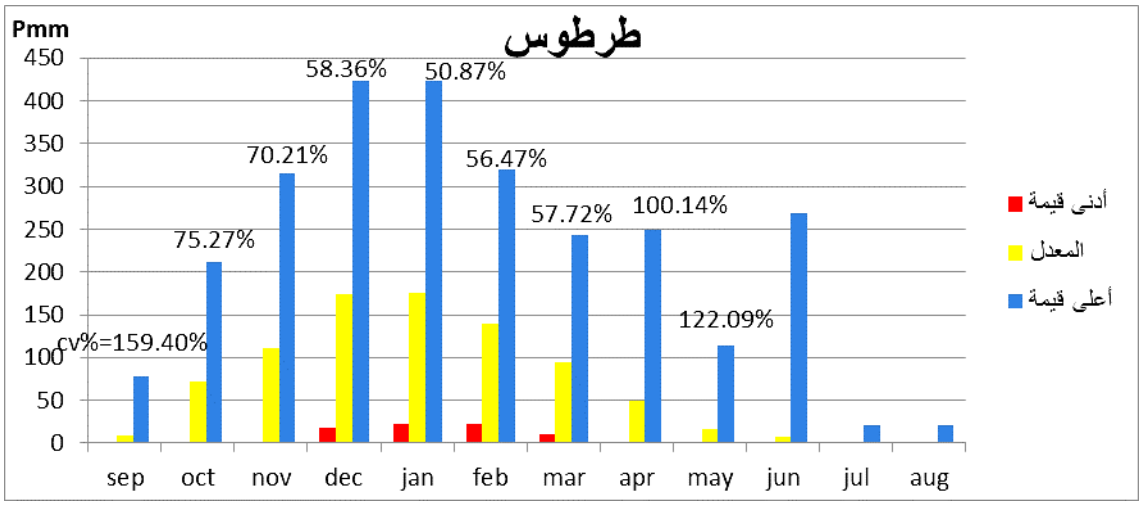
يتضح من تحليل السلاسل الزمنية لقيم مؤشر الجفاف باستخدام خطوط الاتجاه Trends وجود منحى واضح نحو تزايد شدة الجفاف في المحطات الثلاث، والذي يظهر من خلال التناقص الحاد في قيم مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة كما هو مبين في الشكل (2) والجدول (2)، حيث نلاحظ أن أكبر معدل للتناقص كان في اللاذقية ثم طرطوس يليه معدل التناقص في صافيتا، والذي كان الأقل نسبياً.

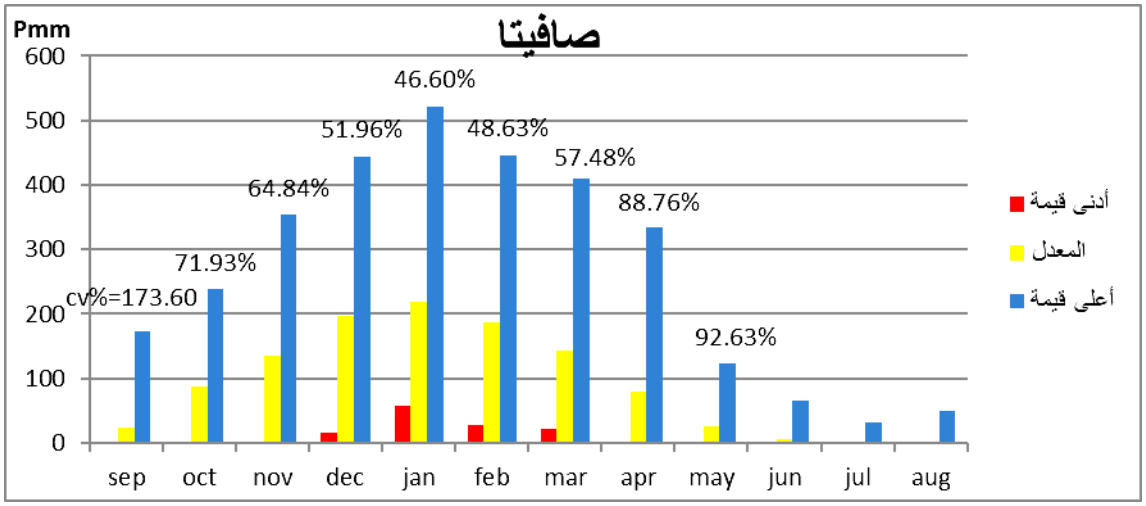
جدول (2) التغير في قيم مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة Sn مع الاتجاه العام للتغير في المحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة 2016–1960.

المحطة	قيمة التغير		المعنوية
	لكل عقد	لكامل فترة الدراسة	
اللاذقية	0.142-	0.65-	+
طرطوس	0.125-	0.575-	
صافيتا	0.085-	0.391-	

+ التغير معنوي عند مستوى 0.1





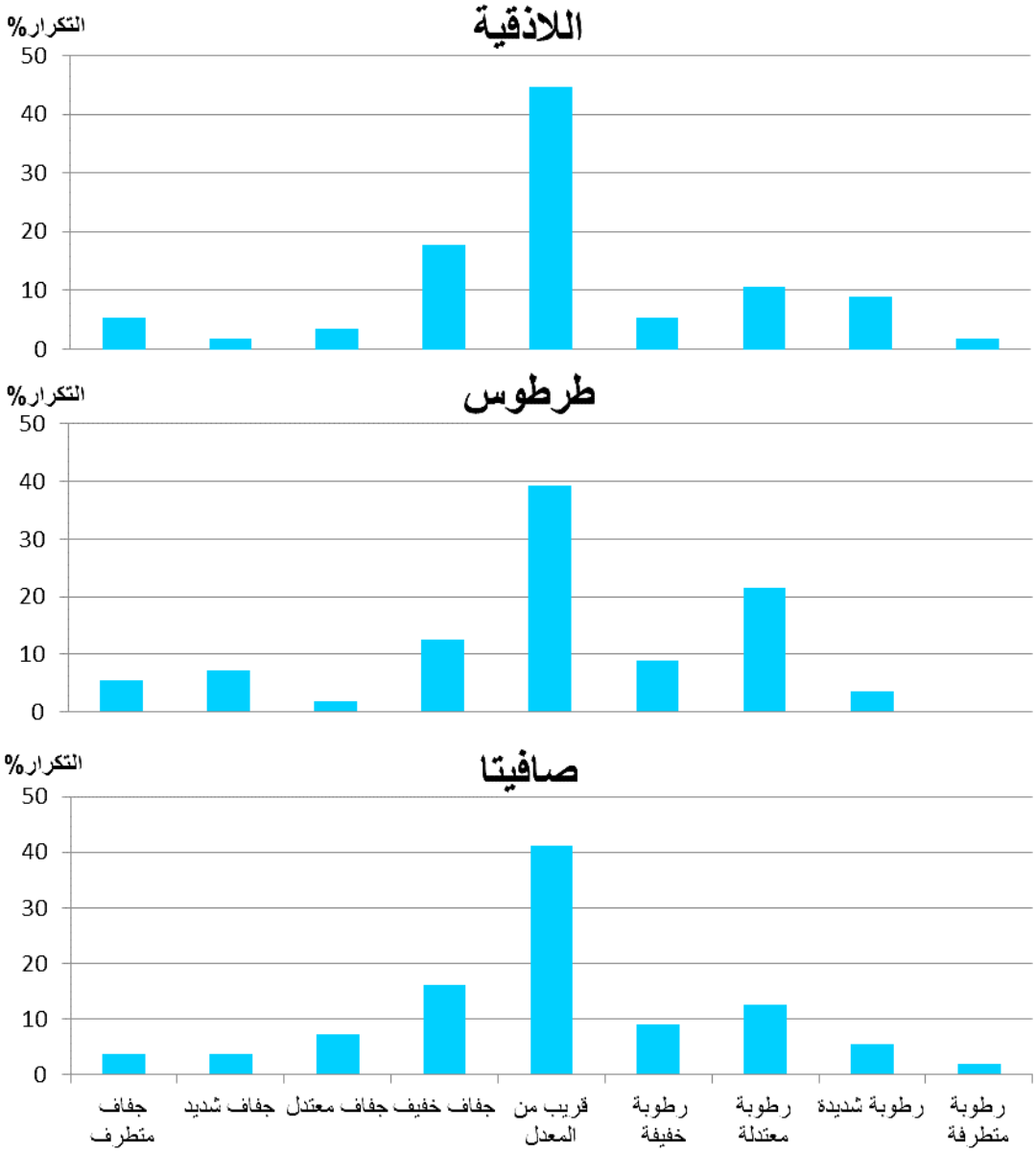


الشكل (1) معدلات الهطل الشهرية وأهم خصائصها الاحصائية المحسوبة خلال الفترة 2016-1960 في المحطات الساحلية.

الشكل (2) تغير قيم مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة Sn مع الاتجاه العام للتغير في المحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة 2016-1960.

3. تكرار المواسم الجافة والرطبة وتغيراتها في منطقة الدراسة:

يتضح من دراسة تكرار المواسم الجافة والرطبة في المحطات الثلاث (الشكل 3) أن الجفاف يتكرر بنسب ملحوظة في المنطقة وضمن جميع المجالات والتي تشمل الجفاف متطرف الشدة، فعلى الرغم من أن أعلى نسب للتكرار كانت للمواسم القريبة من المعدل إلا أن نسبة تكرار الجفاف الكلي (ضمن جميع المجالات) بلغت 28.6% في اللاذقية و26.8% في طرطوس و30.4% في صافيتا. كذلك يلاحظ أن نسبة تكرار المواسم الجافة يزيد عن نسبة تكرار المواسم الرطبة في كل من اللاذقية وصافيتا ويقل عنها في طرطوس.



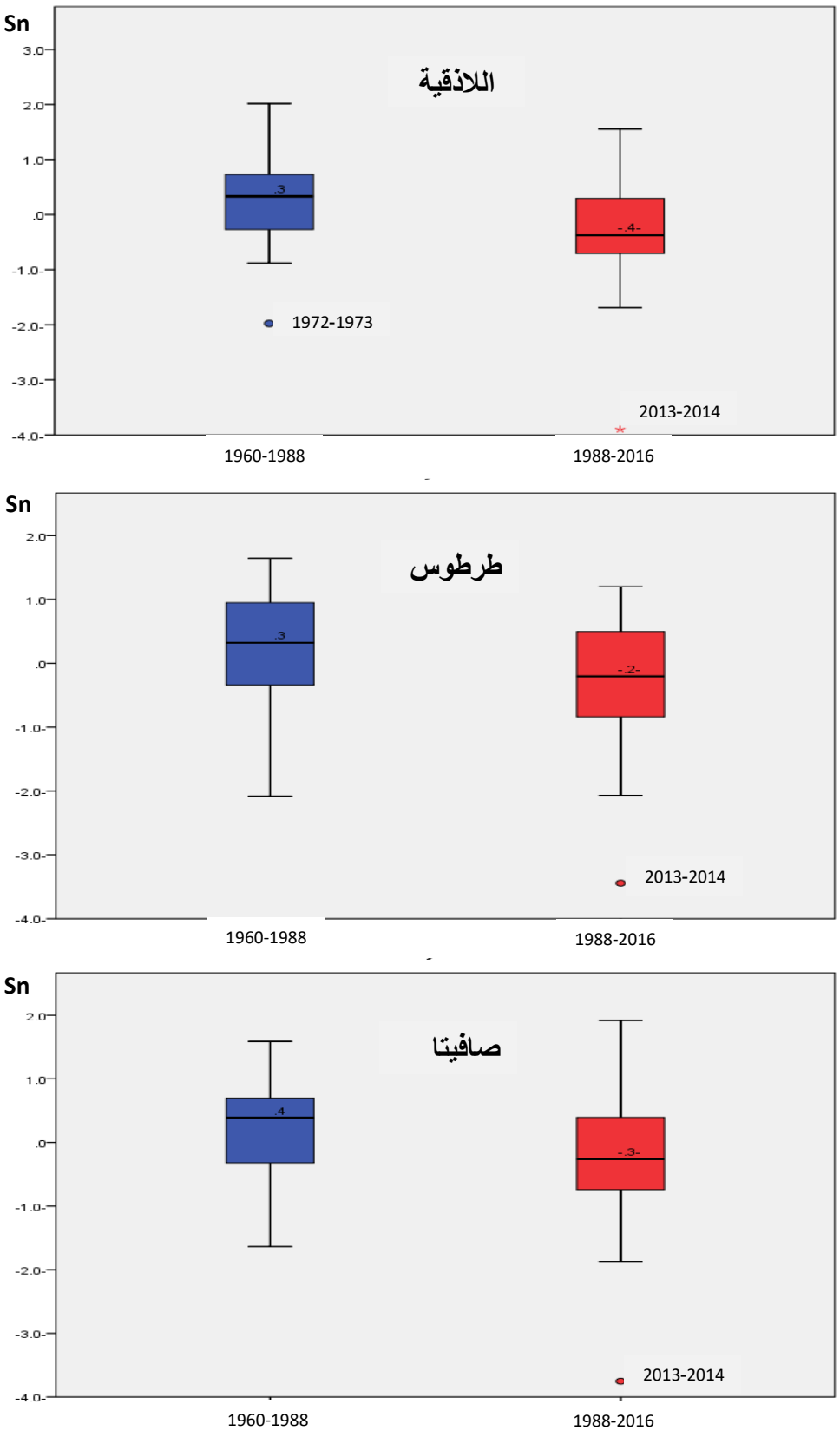
الشكل (3) نسبة تكرار الجفاف والرطوبة ضمن المجالات المختلفة الشدة لمؤشر الانحرافات القياسية المثقلة Sn خلال الفترة 1960-2016 في المحطات الساحلية.

يتبين من مقارنة الخصائص الاحصائية لقيم مؤشر الجفاف بين الفترتين الأولى (1960–1988) والثانية (1988–2016)، الموضحة في الشكل (4)، أن هناك تغيراً واضحاً في تكرار المواسم الأشد جفافاً. حيث يلاحظ الانزياح في قيم الوسيط لمؤشر الجفاف في المحطات الثلاث نحو التناقص، والتي تراجعت في اللاذقية من 0.3 إلى –0.4 وفي طرطوس من 0.3 إلى –0.2 وفي صافيتا من 0.4 إلى –0.3. من جهة أخرى نلاحظ أن أدنى قيمة للمؤشر خلال الفترة الأولى كانت –1.97 في اللاذقية و–2 في طرطوس و–1.63 في صافيتا، في حين أن أدنى قيمة خلال الفترة الثانية كانت –3.89 في اللاذقية و–3.44 في طرطوس و–3.75 في صافيتا وذلك خلال الموسم 2013–2014 الذي كان الأشد قسوة خلال كامل فترة الدراسة. بالمقابل يلاحظ تراجع أعلى قيمة للمؤشر خلال الفترة الثانية مقارنة بالأولى من +2 إلى +1.55 في اللاذقية ومن +1.64 إلى +1.19 في طرطوس أما في صافيتا فقد تزايدت أعلى قيمة للمؤشر خلال الفترة الثانية حيث وصلت إلى +1.91 بعد أن كانت خلال الفترة الأولى+1.58.

يبين الجدول (3) الانزياح الواضح نحو ظروف أشد جفافاً خلال الفترة الثانية من الدراسة في المحطات الثلاث فقد تناقصت قيم المؤشر عند جميع مستويات الاحتمالية وبشكل واضح باستثناء المستوى 95% في صافيتا والذي شهد تزايداً خلال الفترة الثانية. إن الانزياح الكبير في قيم مؤشر الجفاف عند المستويين 5% و10% يشير إلى تزايد تكرار الجفاف المتطرف والشديد في جميع المحطات خلال الفترة الثانية وإلى إمكانية تكرار الجفاف الشديد والمتطرف الشدة خلال الأعوام القادمة.

جدول (3) تغير قيم مؤشر الجفاف عند مختلف مستويات الاحتمالية بين فترتي الدراسة 1960–1988 و1988–2016 في المحطات الساحلية.

المحطة		قيم مؤشر الجفاف عند مختلف مستويات الاحتمالية						
		%5	%10	%25	%50	%75	%90	%95
اللاذقية	الفترة الأولى	1.48–	1.75–	0.27–	0.33	0.78	1.48	1.79
	الفترة الثانية	2.9–	1.46–	0.74–	0.37–	0.43	1.16	1.51
طرطوس	الفترة الأولى	1.45–	0.65–	0.39–	0.32	0.97	1.27	1.56
	الفترة الثانية	2.82–	1.68–	0.85–	0.2–	0.64–	1.06	1.17
صافيتا	الفترة الأولى	1.4–	0.82–	0.33–	0.38	0.72	1.27	1.47
	الفترة الثانية	2.9–	1.4–	0.74–	0.26–	0.4	1.17	1.65



الشكل (4) مقارنة الخصائص الاحصائية لقيم مؤشر الجفافSn بين الفترتين 1988-1960 و2016-1989.

يتضح من النتائج، التي تم التوصل إليها في هذا البحث، وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة الجفاف وتكراره خلال العقود الأخيرة في المنطقة الساحلية من سوريا. وهذه النتائج تتوافق مع الأبحاث العالمية حول تزايد قسوة هذه الظاهرة في العديد من مناطق العالم [57,40] وفي المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط [58,47].

إن هذا التزايد في قسوة الجفاف في المنطقة يعد من أهم المشاكل التي تواجه إدارة الموارد المائية في منطقة المتوسط [60,59] إذ إن التزايد في شدة الجفاف وفي تكرار المواسم الجافة المتتالية يمكن أن يؤدي إلى نقص التدفق وتراجع وفرة الموارد المائية [36] وإلى زيادة تلوث وتدهور البيئات المائية [61].

يشكل التزايد في شدة جفاف الموسم الماطر في المنطقة الساحلية تهديداً مباشراً لإنتاجية المحاصيل المختلفة (وخصوصاً عند توافق حدوثه مع الأطوار الحساسة تجاه الاجهاد المائي) [64-62]، والأشجار المثمرة وأهمها الزيتون [65] والحمضيات [66]. كذلك فإن التزايد في شدة وتكرار هذه الظاهرة يؤدي الى تراجع انتاجية الغابات [30] وضعف الأشجار في مواجهه الاعداء الحيوية [67]. من جهة أخرى فإنه من المتوقع أن يزداد خطر نشوب حرائق الغابات والذي يرتبط بشكل مباشر بحدوث الجفاف خلال السنوات القادمة مع تزايد شدة هذه الظاهرة [68].

يؤدي نقص الهطولات خلال المواسم الجافة إلى تزايد الحاجة لمياه الري [69] لذلك فإن نقص توفر الموارد المائية بتأثير الجفاف والذي يؤدي إلى تراجع الامدادات المائية اللازمة لري الحمضيات سوف يؤدي إلى تراجع انتاجيتها وإلى تدني نوعية الثمار [70]. إن تفاقم المشكلات الناتجة عن تزايد شدة وتكرار الجفاف سوف يتطلب بالتأكيد وضع الاستراتيجيات المناسبة لإدارة الموارد المائية وتخطيط الانتاج الزراعي وصيانة النظم البيئية الحراجية بالشكل الذي يحد من التأثيرات السلبية لهذه الظاهرة ويضمن التنمية المستدامة للمنطقة.

الاستنتاجات:

1- تبين من دراسة الخصائص العامة للهطولات وجود تباين كبير بين المواسم خلال جميع الأشهر وهذا يظهر من أعلى وأدنى القيم ومن خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين حتى خلال أكثر الأشهر هطلاً.

2- تتضح من خلال الدراسة أهمية استخدام مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة في كشف سوء توزع الهطل خلال الموسم الماطر مقارنة مع المؤشرات الاخرى التي تأخذ بعين الاعتبار انحراف قيم الهطولات عن معدلاتها فقط.

3- بينت نتائج البحث أن الجفاف ظاهرة متكررة بشكل كبير في المنطقة الساحلية وقد يكون شديد أو متطرف الشدة كما أنه قد يستمر لسنوات متتالية.

4- أكدت نتائج البحث على أن الموسم 2013-2014 هو الأشد جفافاً خلال الفترة 1960-2016.

5- أظهر تحليل السلاسل الزمنية لقيم مؤشر الجفاف وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة الجفاف في المنطقة.

6- يتضح من خلال نتائج البحث وجود تزايد في تكرار الجفاف خلال العقود الاخيرة وفي تزايد احتمال حدوث الجفاف الشديد والمتطرف الشدة الأمر الذي يشكل تهديداً لإدارة الموارد المائية والنظم البيئية الزراعية والحراجية في المنطقة.

المقترحات:

1- ضرورة التعمق في دراسة الجفاف على مختلف المقاييس الزمنية وتقدير تأثيراته في مختلف الزراعات الهامة والنظم البيئية الحراجية.

2- الربط بين مؤشرات الجفاف ومؤشرات الاستشعار عن بعد لدراسة تأثير الجفاف في مختلف النظم البيئية على نطاق واسع.

المراجع:

1-Dai, A. (2011*). Drought under global warming: a review*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. 2(1). 45-65.

2-Ivits, E. Horion, S. Fensholt, R. & Cherlet, M. (2014). *Drought footprint on European ecosystems between 1999 and 2010 assessed by remotely sensed vegetation phenology and productivity*. Global Change Biology. 20(2). 581-593.

3- Anderegg, W. R, Klein. T, Bartlett. M, Sack, L. Pellegrini, A. F, Choat, B. & Jansen, S. (2016). *Meta-analysis reveals that hydraulic traits explain cross-species patterns of drought-induced tree mortality across the globe*. Proceedings of the National Academy of Sciences. 113(18). 5024-5029.

4-Xu, H. J. Wang, X. P. Zhao, C. Y. & Yang, X. M. (2018). *Diverse responses of vegetation growth to meteorological drought across climate zones and land biomes in northern China from 1981 to 2014*. Agricultural and forest meteorology. 262. 1-13.

5-Stanke, C. Kerac, M. Prudhomme, C. Medlock, J. & Murray, V. (2013). *Health effects of drought: a systematic review of the evidence*. PLoS currents, *5*.

6-Carroll, N. Frijters, P, & Shields, M. A. (2009). Quantifying the costs of drought: new evidence from life satisfaction data. Journal of Population Economics. 22(2). 445-461.

7- Ding, Y. Hayes, MJ. Widhalm, M. (2011). *Measuring economic impacts of drought: a review and discussion*. Disaster Prevention and Management. 20(4):434- 446.

8-Li, X. Waddington, SR. Dixon, J. Joshi, AK. Vicente, MC. (2011). *The relative importance of drought and other water-related constraints for major food crops in South Asian farming systems*. Food Security. 3(1):19-33.

9-Hsiang, S. M, Burke, M. & Miguel, E. (2013). *Quantifying the influence of climate on human conflict*. Science. 341(6151).

10-Selby, J. & Hoffmann, C. (2014). *Beyond scarcity: Rethinking water, climate change and conflict in the Sudans.* Global Environmental Change. 29. 360-370.

11-Wilhite, D.A.(2000). *Drought as a natural hazard: Concepts and definitions*. In Drought: A Global Assessment; Routledge: Abingdon, UK, 1, 3–18.

12-Botterill, LC. & Hayes, MJ. (2012). *Drought triggers and declarations: science and policy considerations for drought risk management*. Natural hazards. 64(1), 139-151.

13-(EC) European Commission (2007): Communication Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union, COM(2007) 414 final, European Commission, Brussels, 2007.

14-USDA, (2013). Crop production 2012 summary. USDA Doc, 95 pp.

15-National Centers for Environmental Information 2017 Billion dollar weather and climate disasters: Overview, NOAANCEI.

16-Glickman, T.S, Ed. (2000). Glossary of Meteorology. 2nd ed. Amer. Meteor. Soc, 855 pp.

17-McKee, T. B, Doesken, N. J, & Kleist, J. (1993). *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. In: Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Boston.17(22). 179-184.

18-Vicente-Serrano, S. M. (2006). *Differences in spatial patterns of drought on different time scales: an analysis of the Iberian Peninsula*. Water resources management. 20(1). 37-60.

19-Lorenzo-Lacruz, J. Vicente-Serrano, S. M, González-Hidalgo, J. C. López-Moreno, J. I. & Cortesi , N. (2013). *Hydrological drought response to meteorological drought in the Iberian Peninsula*. Climate Research. *58*(2). 117-131.

20-(AMS) American Meteorological Society. (2004). *Statement on meteorological drought*. Bulletin of the American Meteorological Society. 85. 771-773.

21-Mishra, A. K. & Singh, V. P. (2010). *A review of drought concepts*. Journal of hydrology. 391(1-2), 202-216.

22-Schwalm, C. R., Williams, C. A., Schaefer, K., Baldocchi, D., Black, T. A., Goldstein, A. H., Law, B.E., Oechel, W.C. and Scott, R. L. (2012). *Reduction in carbon uptake during turn of the century drought in western North America*. Nature Geoscience. 5(8). 551-556.

23-Reichstein, M., Bahn, M., Ciais, P., Frank, D., Mahecha, M. D., Seneviratne, S. I., Zscheischler, J., Beer, C., Buchmann, N., Frank, D.C. & Papale, D. (2013). *Climate extremes and the carbon cycle*. Nature. 500(7462). 287-295.

24- Clark, J. S., Iverson, L., Woodall, C. W., Allen, C. D., Bell, D. M., Bragg, D. C., D'Amato, A.W., Davis, F.W., Hersh, M.H., Ibanez, I. & Jackson, S. T. (2016). *The impacts of increasing drought on forest dynamics, structure, and biodiversity in the United States*. Global change biology. *22*(7). 2329-2352.

25-Boyer, J.S., Byrne, P., Cassman, K.G., Cooper, M., Delmer, D., Greene, T., Gruis, F., Habben, J., Hausmann, N., Kenny, N. & Lafitte, R. (2013). *The US drought of 2012 in perspective: A call to action.* Global Food Security. *2*(3). 139-143.

26-Lobell, D. B., Roberts, M. J., Schlenker, W., Braun, N., Little, B. B., Rejesus, R. M., & Hammer, G. L. (2014). *Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest*. Science. 344(6183). 516-519.

27-Zipper, S. C., Qiu, J., & Kucharik, C. J. (2016). *Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes.* Environmental Research Letters. 11(9). 094021.

28-Lesk, C. Rowhani, P. & Ramankutty, N. (2016). *Influence of extreme weather disasters on global crop production*. Nature. 529. 84–87.

29-Jump, A. S., Hunt, J. M., & Penuelas, J. (2006). *Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of Fagus sylvatica*. Global Change Biology. 12(11). 2163-2174.

30-Pasho, E., Camarero, J. J., de Luis, M., & Vicente-Serrano, S. M. (2011). *Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain.* Agricultural and Forest Meteorology. 151(12). 1800-1811.

31-Allen, C.D., Breshears, D.D. & McDowell, N.G. (2015). *On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die off from hotter drought in the* Anthropocene. Ecosphere. 6. 129.

32-Camarero, J., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Cantero, A., Sánchez-Salguero, R., Sánchez-Miranda, A., Granda, E., Serra-Maluquer, X. & Ibáñez, R. (2018). *Forest growth responses to drought at short-and long-term scales in Spain: squeezing the stress memory from tree rings*. Frontiers in Ecology and Evolution. 6. 9.

33-Pausas, J. G., & Fernández-Muñoz, S. (2012). *Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime*. Climatic change. 110(1-2). 215-226.

34-Russo, A., Gouveia, C. M., Páscoa, P., DaCamara, C. C., Sousa, P. M., & Trigo, R. M. (2017). *Assessing the role of drought events on wildfires in the Iberian Peninsula*. Agricultural and Forest Meteorology. 237. 50-59.

35-Feyen, L. and Dankers, R. (2009). *Impact of global warming on streamflow drought in Europe*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 114(D17). 116.

36-Arnell, N. W, & Gosling, S. N. (2013). *The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale*. Journal of Hydrology. 486. 351-364.

37-Bond, N. R, Lake, P. S, & Arthington, A. H. (2008). *The impacts of drought on freshwater ecosystems: an Australian perspective*. Hydrobiologia, 600(1), 3-16.

38-Lake, S. (2011): *Drought and Aquatic Ecosystems: effects and responses*, Wiley, Chichester. pp 400.

39-Van Vliet, M. T, Sheffield, J, Wiberg, D, & Wood, E. F. (2016). *Impacts of recent drought and warm years on water resources and electricity supply worldwide*. Environmental Research Letters. 11(12). 124021.

40-Trenberth, K. E., Smith, L., Qian, T., Dai, A., & Fasullo, J. (2007). *Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data*. Journal of Hydrometeorology. 8(4). 758-769.

41-Held, I. M., & Soden, B. J. (2006). *Robust responses of the hydrological cycle to global warming*. Journal of climate. 19(21). 5686-5699.

42-Seager, R., Naik, N., & Vecchi, G. A. (2010). *Thermodynamic and dynamic mechanisms for large-scale changes in the hydrological cycle in response to global warming*. Journal of Climate. 23(17). 4651-4668.

43-Trenberth, K. E. (2011). *Changes in precipitation with climate change*, Climate Research. 47(1-2) . 123–138.

44-Dai, A. (2013). *Increasing drought under global warming in observations and models*. Nature climate change. 3(1). 52.

45-Zarch, M. A. A., Sivakumar, B., & Sharma, A. (2015). *Droughts in a warming climate: A global assessment of Standardized precipitation index (SPI) and Reconnaissance drought index (RDI).* Journal of Hydrology, 526, 183-195.

46-Mariotti, A, Zeng, N, Yoon, J. H, Artale, V, Navarra, A, Alpert, P, & Li, L. Z. (2008). *Mediterranean water cycle changes: transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations*. Environmental Research Letters. 3(4). p044001.

47-Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., & Pegion, P. (2012). *On the increased frequency of Mediterranean drought*. Journal of climate. 25(6). 2146-2161.

48-Halwatura, D., Lechner, A. M., & Arnold, S. (2015). *Drought severity–duration–frequency curves: a foundation for risk assessment and planning tool for ecosystem establishment in post-mining landscapes.* Hydrology and Earth System Sciences. 19(2). 1069-1091.

49-Wilhite, D. A., M. D. Svoboda, and M. J. Hayes. (2007*). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness*. Water Resources Management. 21(5). 763-774.

50-Wilhite., DA. Sivakumar., MVK., Pulwarty., RS. (2014). *Managing drought risk in a changing climate: the role of national drought policy*. Weather and Climate Extremes. 3. 4−13.

51- Allan, R. P., & Soden, B. J. (2008). *Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes*, Science. 321(5895). 1481–1484.

52-Seager, R., Liu, H., Henderson, N., Simpson, I., Kelley, C., Shaw, T., Kushnir Y., & Ting, M. (2014). *Causes of increasing aridification of the Mediterranean region in response to rising greenhouse gases.* Journal of Climate. 27(12). 4655-4676.

53-Spinoni, J., Vogt, J. V., Naumann, G., Barbosa, P., & Dosio, A. (2018). *Will drought events become more frequent and severe in Europe?*. International Journal of Climatology. 38(4). 1718-1736.

54-Lyon, B. (2004). *The strength of El Niño and the spatial extent of tropical drought*. Geophysical Research Letters. 31(21).

55- Agnew, C. T. (2000). *Using the SPI to identify drought*. Drought Network News. 12. 6–11.

56-Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation measures*.Charles Griffin, *London*, 202. 15.

57-Trenberth, K. E., Dai, A., Van Der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R., & Sheffield, J. (2014). *Global warming and changes in drought*. Nature Climate Change. *4*(1). 17-22.

58-Raymond, F., Ullmann, A., Tramblay, Y., Drobinski, P., & Camberlin, P. (2019). *Evolution of Mediterranean extreme dry spells during the wet season under climate change*. Regional Environmental Change, 19, 2339-2351.

59-Vicente-Serrano, S. M., Lopez-Moreno, J. I., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Sanchez-Lorenzo, A., García-Ruiz, J. M.,... & Espejo, F. (2014). Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. *Environmental Research Letters*, 9(4), 044001.

60-Iglesias, A., Garote, L., Flores, F., Moneo, M. (2007). *Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean*. Water Resources Management. 21 (5). 227–288.

61-Petrovic, M., Ginebreda, A., Acuña, V., Batalla, R.J., Elosegi, A., Guasch, H., de Alda, M.L., Marcé, R., Muñoz, I., Navarro-Ortega, A. and Navarro, E. (2011). *Combined scenarios of chemical and ecological quality under water scarcity in Mediterranean rivers*. Trends in Analytical Chemistry. 30(8). pp.1269-1278.

62-Nayyar, H., Kaur, S., Singh, S., & Upadhyaya, H. D. (2006). *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. 86(13). 2076–2082.

63-Allahmoradi, P., C. Mansourifar, M. Saiedi, and S. Jalali Honarmand. (2013). *Effect of different water deficiency levels on some antioxidants at different growth stages of lentil (lens culinaris L.)*. Adv. Environ. Biol. 7. 535–543.

64-Maleki, A., A. Naderi, R. Naseri, A. Fathi, S. Bahamin, and R. Maleki. (2013). *Physiological performance of soybean cultivars under drought stress*. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 2. 38–44.

65-Moriana O, Orgaz F, Fereres E, Pastor M. (2003). *Yield responses of a mature olive orchard to water deficits*. Journal of the American Society of Horticultural Science. 128. 425–431.

66-García-Tejero, I., Durán-Zuazo, V. H., Arriaga-Sevilla, J., & Muriel-Fernández, J. L. (2012). *Impact of water stress on citrus yield*. Agronomy for sustainable development. *32*(3). 651-659.

67-Weed, A.S. Ayres, M.P. Hicke, J.A. (2013). *Consequences of climate change for biotic disturbances in North American forests*. Ecological Monographs. 83. 441–470.

68-Westerling, A.L. Hidalgo, H.G. Cayan, D.R. Swetnam, T.W. (2006). *Warming and earlier spring increases western U.S. forest wildfire activity*. Science. 313. 940–943.

69-Rio, M., Rey, D., Prudhomme, C., Holman, I.P., (2018). *Evaluation of changing surface water abstraction reliability for supplemental irrigation under climate change*. Agric. Water Manag. 206. 200‑208.

70-Carr, M. K. V. (2012). *The water relations and irrigation requirements of citrus (Citrus spp.): a review*. Experimental agriculture. 48(3). 347.