

عدم ثبات خصائص الجفاف في بعض أجزاء المنطقة الساحلية من سوريا خلال الفترة 1960-2016

د. ميشيل سكاف*

راما بركات**

(تاريخ الإيداع 4 / 11 / 2020. قبل للنشر في 19 / 4 / 2021)

□ ملخص □

تتصف حوادث الجفاف بانحراف مستمر في توفر المياه وتزايد في القدرة التبخرية للغلاف الجوي. تم استخدام معطيات ميتيورولوجية شهرية لقيم الهطل ودرجات الحرارة العظمى والصغرى لثلاث محطات (اللاذقية-طرطوس-صافيتا) من أجل تقدير خصائص الجفاف في المنطقة الساحلية في سوريا خلال الفترة 1960-2016. تم استخدام مؤشر انحراف الميزان المائي (WBAI) لتوصيف الجفاف على مستوى الموسم الماطر (من أيلول الى حزيران) وعلى مستوى الأشهر (من تشرين الثاني حتى حزيران) بتطبيق نافذة شهرية مزاحة تأخذ بعين الاعتبار كميات الهطل للشهر المدروس والشهرين السابقين. استخدمت خطوط الاتجاه لتقدير اتجاه وقيمة التغير واستخدم اختبار مان كندال من أجل التحقق من معنوية التغير في قيم مؤشر الجفاف خلال مختلف الفترات الزمنية وللتحقق من حدوث التغير في استمرارية الجفاف ضمن المجالات المختلفة الشدة. تم تطبيق توزيع Logistic والتحليل الاحصائي الوصفي من أجل مقارنة تكرار الجفاف واحتمالية حدوثه خلال فترتي الدراسة 1960-1988 و1988-2016. أظهرت النتائج تزايد شدة الجفاف على مستوى الموسم الماطر والأشهر بدءا من كانون الأول وحتى حزيران وكذلك تزايد فترات الجفاف الشديد والمتطرف الشدة وطول فترات الجفاف المستمر. عدا ذلك فقد تزايد تكرار الجفاف واحتمالية حدوثه خلال العقود الأخيرة. تشمل النتائج التي توصلنا إليها في هذا البحث تغيرات في شدة واستمرارية وتكرار الجفاف في المحطات الثلاث خلال الفترة الثانية من الدراسة وهذا سوف يشكل تحديا أمام إدارة الموارد المائية والانتاج الزراعي وحماية النظم البيئية من الأمراض والحشرات وحرائق الغابات.

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ-الحوادث المتطرفة- الجفاف-مؤشر انحراف الميزان المائي-سوريا.

* دكتور - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - سورية

** طالبة ماجستير - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - سورية

Nonstationarity of drought characteristics in some parts of Syrian costal region during the period 1960-2016

Dr. Michael skaf*
Rama barakat**

(Received 4 / 11 / 2020. Accepted 19 / 4 / 2021)

□ ABSTRACT □

Drought events are characterized by a continuous decline of water availability and an increase in evaporative demand. Monthly rainfall and maximum and minimum temperatures data for three meteorological stations (Lattakia-Tartous-Safita) were used to evaluate drought characteristics in Syrian costal region during the period 1960-2016. Water Balance Anomaly Index (WBAI) was applied to identify drought at the rainy season (from September to June) and monthly time scales (from November to June) using monthly sliding windows (precipitation amount of current month and the previous two months).

Trends with mann-kendall test were used to detect significant changes in drought index values at different time scales, and to detect changes in drought duration with different intensities. Logistic distribution and descriptive analysis were utilized to compare drought frequency and probability of its occurrence at two study periods: 1960-1988 and 1988-2016.

Results showed increasing drought intensity at annual and monthly time scales from December to June, and an increment of severe and extreme dry periods, with enhancement in duration of consecutive dry months. Furthermore, drought frequency and probability of dry years had increased in the last decades.

Our findings imply changes in drought intensity duration and frequency in the three studied stations during the second half of the study period, and this will pose big challenges for water resources management, agricultural production and ecosystems protection against pathogens, insects and forest fires.

Keyword: Climate change- Extreme climatic events - Drought-Water balance anomaly index- Syria

* PHD in meteorology, climatology and agrometeorology- forestry & Ecology department - Agriculture Faculty- Tishreen University- Lattakia, Syria .

**Postgraduate student- Forestry & Ecology Department- Agriculture Faculty- Tishreen University- Syria.

مقدمة:

تتعرض النباتات خلال دورة حياتها للعديد من الإجهادات البيئية القاسية، التي تؤثر سلباً في نموها وإنتاجيتها وتشمل إجهادات حيوية Biotic stresses وإجهادات لحيوية Abiotic stresses أهمها الحوادث المناخية المتطرفة (ECE) Extreme climatic events (Cramer *et al.*, 1996; Lichtenthaler, 1996; Osmond *et al.*, 1987; Reyer *et al.*, 2013).

يعرف الإجهاد Stress على أنه الحالة التي يتعرض فيها النبات لظروف بيئية حرجة تتجاوز المجالات التي يتعرض لها في الحالة الطبيعية، مما يؤدي إلى تأذي وظائفه الحيوية الرئيسية (Chapin, 1991; Korner *et al.*, 2003; Hegeral *et al.*, 2011).

بعد الجفاف Drought الإجهاد البيئي الأكثر تأثيراً في الغطاء النباتي إذ تفوق تأثيراته الإجهادات الأخرى مجتمعة (Boyer, 1982)، وقد أكدت دراسة Zscheischler وآخرون عام 2013 هذا الأمر من خلال دراسة شملت ثلاثين عامًا ولمختلف المناطق المناخية في العالم. إذ تبين أن 56% من تراجع إنتاجية الغطاء النباتي كان بتأثير الجفاف. يتوقع أن تزداد شدة الجفاف واستمراره وتكراره خلال العقود القادمة في الكثير من المناطق الزراعية حول العالم في ظل التغيرات المناخية الراهنة (Dai, 2013; Trenberth *et al.*, 2014)، الأمر الذي يهدد إنتاج المحاصيل والأمن الغذائي على مستوى المناطق والقارات (Parry *et al.*, 2016; Zipper *et al.*, 2016; Lesk *et al.*, 2013; Wheeler and von Braun, 2004).

الاحتياجات الغذائية المتنامية لأعداد البشر المتزايدة في ظل هذه التغيرات يتطلب الإحاطة بالعوامل المتكيفة بالإنتاج الزراعي، من أجل وضع الخطط الفعالة لمواجهة الجفاف وتخفيف تأثيراته في المستقبل، لضمان وجود إمدادات كافية ومستقرة من الغذاء وسد الفجوة الموجودة بين إنتاج المحاصيل والحاجة لها (Lobell *et al.*, 2009; Van *et al.*, 2013). مع تجنب التأثيرات السلبية للتغير في استخدامات الأراضي (Foly, 2005; Wright and Wimberly, 2013)، بما يحقق الأمن الغذائي والتنمية المستدامة (McLaughlin and Kinzelbach, 2015).

نظراً لدور كل من نقص الأمطار وتزايد القدرة التخيرية للغلاف الجوي في قسوة الجفاف، فإن حوادث الجفاف ترتبط بتأثيرات متبادلة ومعقدة بين كميات وتوزعات الهطل ودرجات الحرارة وفرق الإشباع (Vapor pressure deficit (VPD) (Vicente Serrano *et al.*, 2012; Zhao and Dai, 2015)، الأمر الذي يجعل من تقدير تأثيرات الجفاف في الإنتاج الزراعي تحدياً كبيراً (Liu *et al.*, 2016). لذلك فإن المؤشرات التي تأخذ بعين الاعتبار كل من توفر الماء (كميات الهطل) والحاجة له (كميات التبخر نتح الكامن) تعد في غاية الأهمية لتقدير خصائص الجفاف الزراعي agricultural drought وخصوصاً في المناطق القاحلة Arid regions وشبه الرطبة الجافة Dry sub humid regions (Vicente Serrano *et al.*, 2015).

طرائق البحث ومواده:

استخدمت لإنجاز البحث القيم الشهرية لكميات الهطل ومتوسطات درجات الحرارة العظمى والصغرى لفترة رصد امتدت من عام 1960 حتى عام 2016 لثلاث محطات تمثل جزءاً هاماً من المنطقة الساحلية والجدول (1) يبين أحداثيات المحطات المختارة.

تم استخدام مخططات الصندوق Box plot لتحديد أهم الخصائص الإحصائية لكميات الهطل والتبخر نتح الكامن الشهرية، كما تم حساب معامل التباين Coefficient of variation (%CV) لقيم كل شهر.
جدول (1) احداثيات المحطات المختارة في الدراسة (عن بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية)

المحطة	خط الطول	خط العرض	الارتفاع عن سطح البحر (م)	التصنيف المناخي
اللاذقية	°35 45'	°35 33'	8	منطقة شبه رطبة
طرطوس	°35 53'	°34 53'	15	منطقة شبه رطبة
صافيتا	°36 08'	°34 '49	350	منطقة رطبة

استخدم مؤشر انحراف الميزان المائي (WBAI) Water balance anomaly index لتقدير شدة الجفاف على مستوى الأشهر والموسم الماطر حيث تم حساب قيم المؤشر للفترة من تشرين الثاني وحتى نهاية حزيران بنافذة مزاحة قدرها شهر واحد. وذلك بأخذ كميات الهطل لكل ثلاثة أشهر وما يقابلها من كميات تبخر نتح كامن لحساب قيمة المؤشر لشهر معين. على اعتبار أن الشهر لن يكون جافا إذا كان مسبوقا بكميات هطل جيدة خلال الشهرين السابقين. يعد هذا المؤشر بمثابة بديل مطور عن مؤشر انحراف الهطل Rainfall anomaly index RAI (Van Rooy, 1965) ويسمح بتقدير شدة الجفاف على مستوى مختلف المقاييس الزمنية بكفاءة عالية مشابهة لمؤشر الهطل والتبخر نتح القياسي SPEI Standardized precipitation evapotranspiration index والذي طوره Vicente-Serrano وأخرون عام 2010 كبديل عن مؤشر الهطل القياسي SPI Standardized precipitation index والذي وضعه Mckee وأخرون عام 1993.

يتم حساب مؤشر WBAI باستخدام العلاقة التالية

$$WBAI = \pm 3 \frac{|WB_i - \overline{WB}|}{|\bar{E} - \overline{WB}|}$$

حيث

WB_i : الميزان المائي للفترة i (شهر-فصل-موسم ...) ويمثل الفرق بين كمية الهطل والتبخر نتح الكامن (مم).

\overline{WB} : معدل الميزان المائي للفترة المدروسة لكامل السلسلة الزمنية (مم).

\bar{E} : متوسط أعلى أو أدنى عشر قيم في السلسلة . حيث يؤخذ متوسط أعلى عشر قيم في حال الانحرافات الإيجابية ومتوسط أقل عشر قيم في حال الانحرافات السلبية.

يتم تصنيف شدة جفاف أو رطوبة الفترات المختلفة تبعا للحدود التالية لقيم المؤشر:

أقل من -3	جفاف متطرف الشدة
-2 إلى -2.99	جفاف شديد
-1 إلى -1.99	جفاف متوسط الشدة
-0.99 إلى 0.99	قريب من المعدل
1 إلى 1.99	رطوبة معتدلة
2 إلى 2.99	رطوبة شديدة
أكبر من 3	رطوبة متطرفة

وقد تم حساب القيم الشهرية لكميات التبخر نتح الكامن بطريقة Hargreaves و Sammani (Hargreaves & Sammani 1985) وذلك وفق العلاقة التالية:

$$ETP = R_s \times (T_{med} + 17.78) \times 0.0135$$

حيث:

ETP : التبخر نتح الممكن (ملم/اليوم).

T_{med} : متوسط درجات الحرارة اليومية (درجة مئوية) والذي يعبر عن معدل درجات حرارة أيام الشهر المدروس.

R_s : محصلة الاشعاع الوارد مقدرا ب (ملم /اليوم).

وتحسب من العلاقة :

$$R_s = R_0 \times K_t \times (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

حيث تستخرج قيمة R_0 من جداول خاصة وتقدر بالميجا جول / m^2 /اليوم ثم تحول القيم الى ما يكافئها من ميليمترات ماء في اليوم بضرب القيمة ب 0.408.

K_t : ثابت يتعلق بمنطقة الدراسة وتبلغ قيمته 0.19 في المناطق الساحلية و 0.162 في المناطق الداخلية.

T_{max} : درجة الحرارة العظمى اليومية (درجة مئوية).

T_{min} : درجة الحرارة الصغرى اليومية (درجة مئوية).

استخدمت خطوط الاتجاه Trends لتحديد اتجاه وقيمة التغير في قيم مؤشر الجفاف وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار مان كندال Mann-Kendall test.

لدراسة التغير في تكرار الجفاف تم تقسيم فترة الدراسة إلى فترتين متساويتين الأولى من عام 1960 حتى عام 1988 والثانية من عام 1988 حتى عام 2016 وتم تطبيق توزيع Logistic على كل سلسلة لتقدير الانزياح الحاصل في التوزيع التكراري لقيم مؤشر الجفاف ضمن المجالات المختلفة. ولإظهار الفروقات في تكرار الجفاف بين الفترتين تم حساب تكرار الجفاف ضمن مختلف مجالات المؤشر لكل فترة ومن ثم تم حساب الفرق في التكرار بين الفترتين.

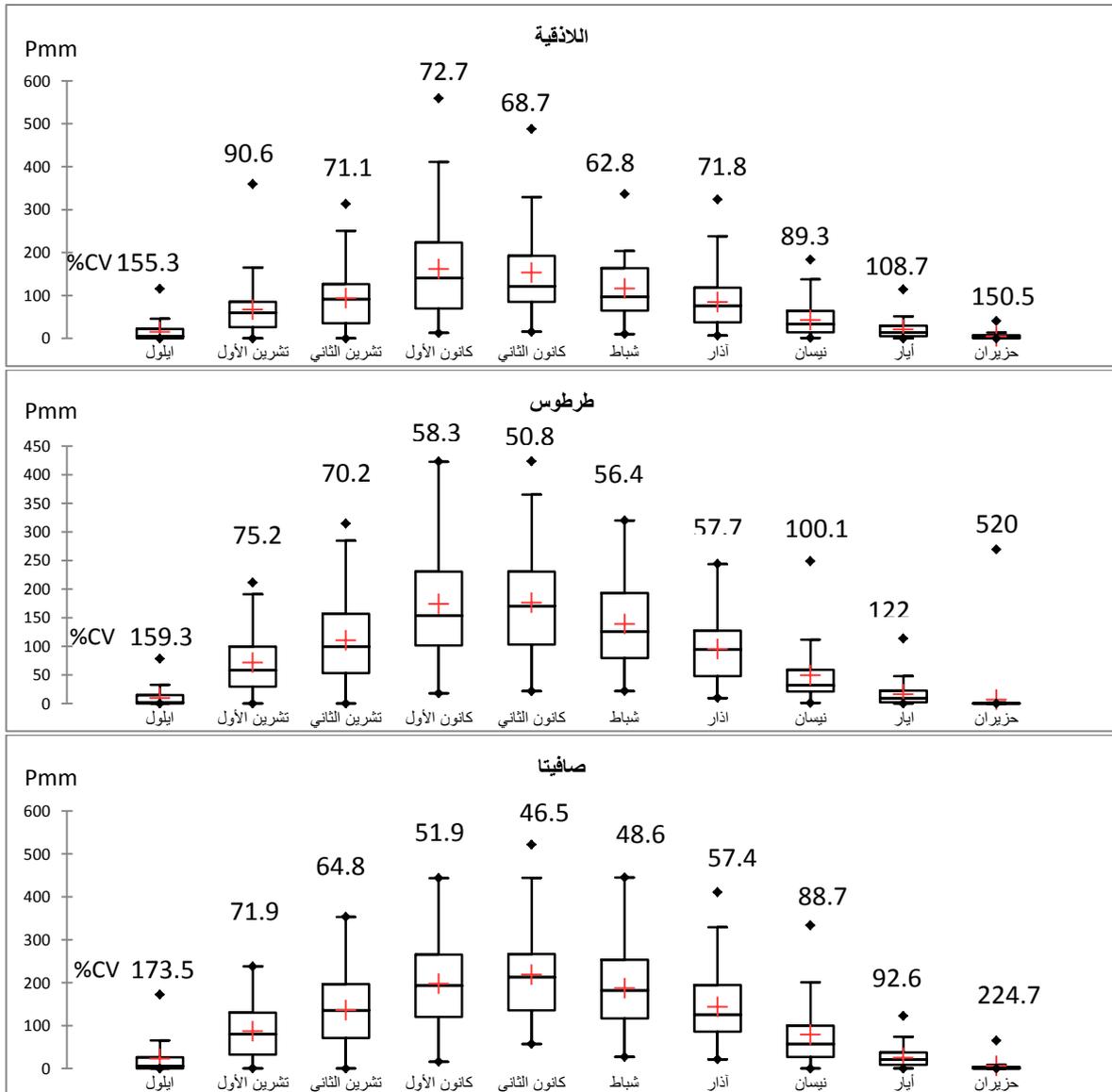
النتائج والمناقشة:

1- خصائص الهطل والتبخر نتح الكامن في المحطات الساحلية المدروسة:

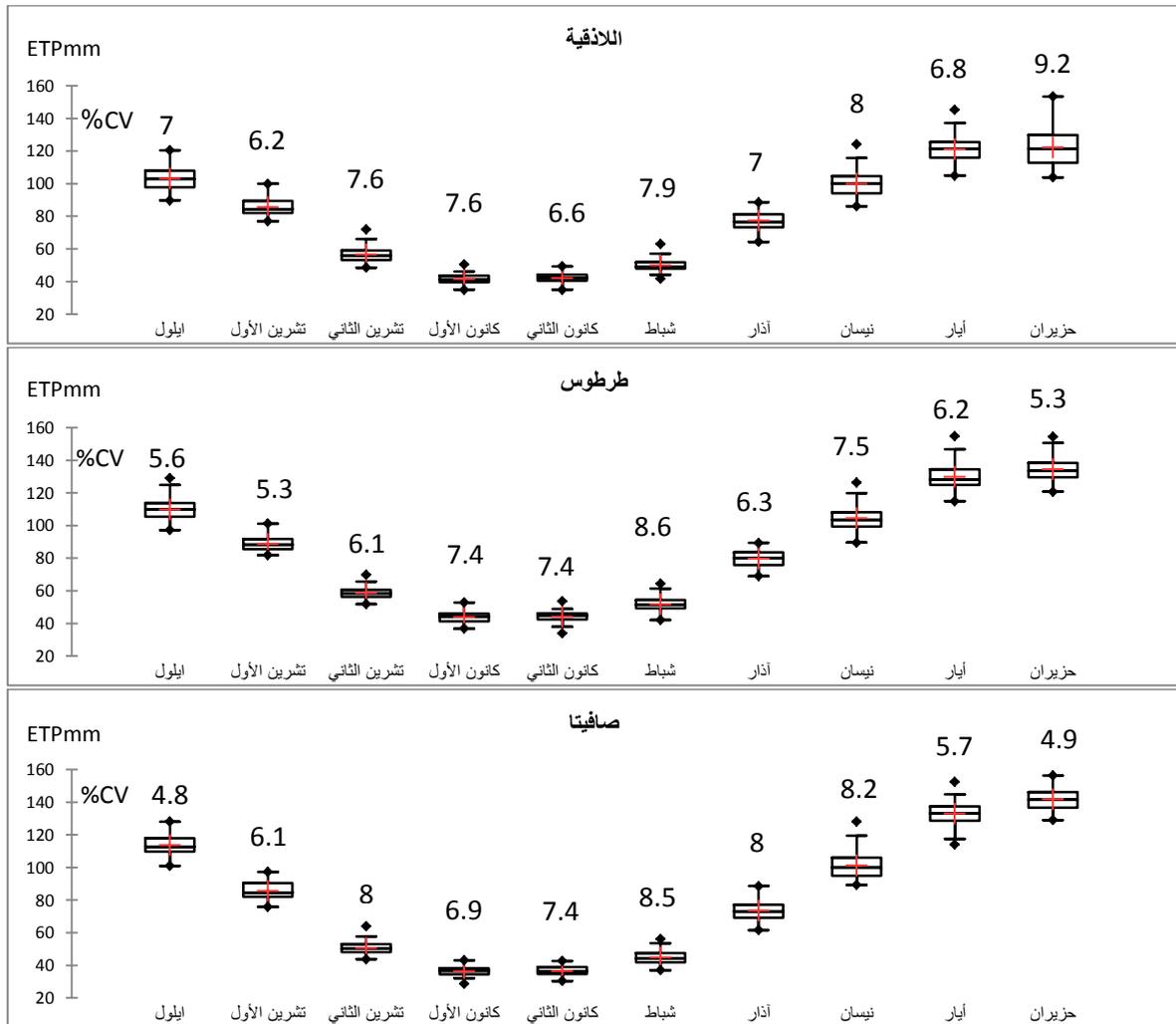
يبين الشكل(1) الخصائص الإحصائية لكميات الهطل الشهرية في اللاذقية وطرطوس وصافيتا المحسوبة للفترة 1960-2016 ومنها نلاحظ أن نظام الهطل في المنطقة متوسطي نموذجي حيث تتركز معظم الهطولات خلال أشهر الشتاء وتتحسر خلال أشهر الصيف الجاف حيث كان أعلى معدل في كانون الثاني في كل من طرطوس وصافيتا بينما كان في كانون الاول في اللاذقية . من جهة أخرى يلاحظ عدم انتظام الهطل خلال جميع الأشهر والذي يظهر من خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين ومن الفرق بين المتوسط والوسيط مع وجود قيم شاذة تتجاوز مجال توزيع كل سلسلة . كذلك يتضح من الشكل(1) أن التباين يزداد في الأشهر الانتقالية أي خلال بداية الخريف ونهاية الربيع. ومع أن أشهر الشتاء كانت أقل تباينا فإن قيم معامل التباين لم تقل عن 46% لشهر كانون الثاني في صافيتا، والتي تسجل فيها أعلى هطولات بين المحطات الثلاث.

يبين الشكل(2) الخصائص الإحصائية لكميات التبخر نتح الكامن للمحطات المدروسة المحسوبة للفترة 1960-2016 ومنه يتضح وجود مسار سنوي واضح لكميات التبخر نتح الكامن يتوافق مع المسار السنوي لدرجات الحرارة ويتعكس مع مسار الهطل في جميع المحطات، إذ نلاحظ أن معدلات التبخر نتح الكامن تكون متدنية خلال الأشهر

الأكثر هطلا وتزيد بشكل ملحوظ في بداية الخريف ونهاية الربيع وبداية الصيف. وهنا نجد أن معامل التباين محدود للغاية ولا يزيد عن 9% حتى خلال أكثر الأشهر تباينا.



الشكل (1) الخصائص الإحصائية لهطولات الأشهر الماطرة والمحسوبة للفترة 1960-2016 في المحطات الساحلية المدروسة.



الشكل (2) الخصائص الإحصائية لكميات التبخر نتح الشهرية المحسوبة للفترة 1960-2016 في المحطات الساحلية المدروسة.

2-دراسة خصائص الجفاف و تغيراتها في المنطقة الساحلية:

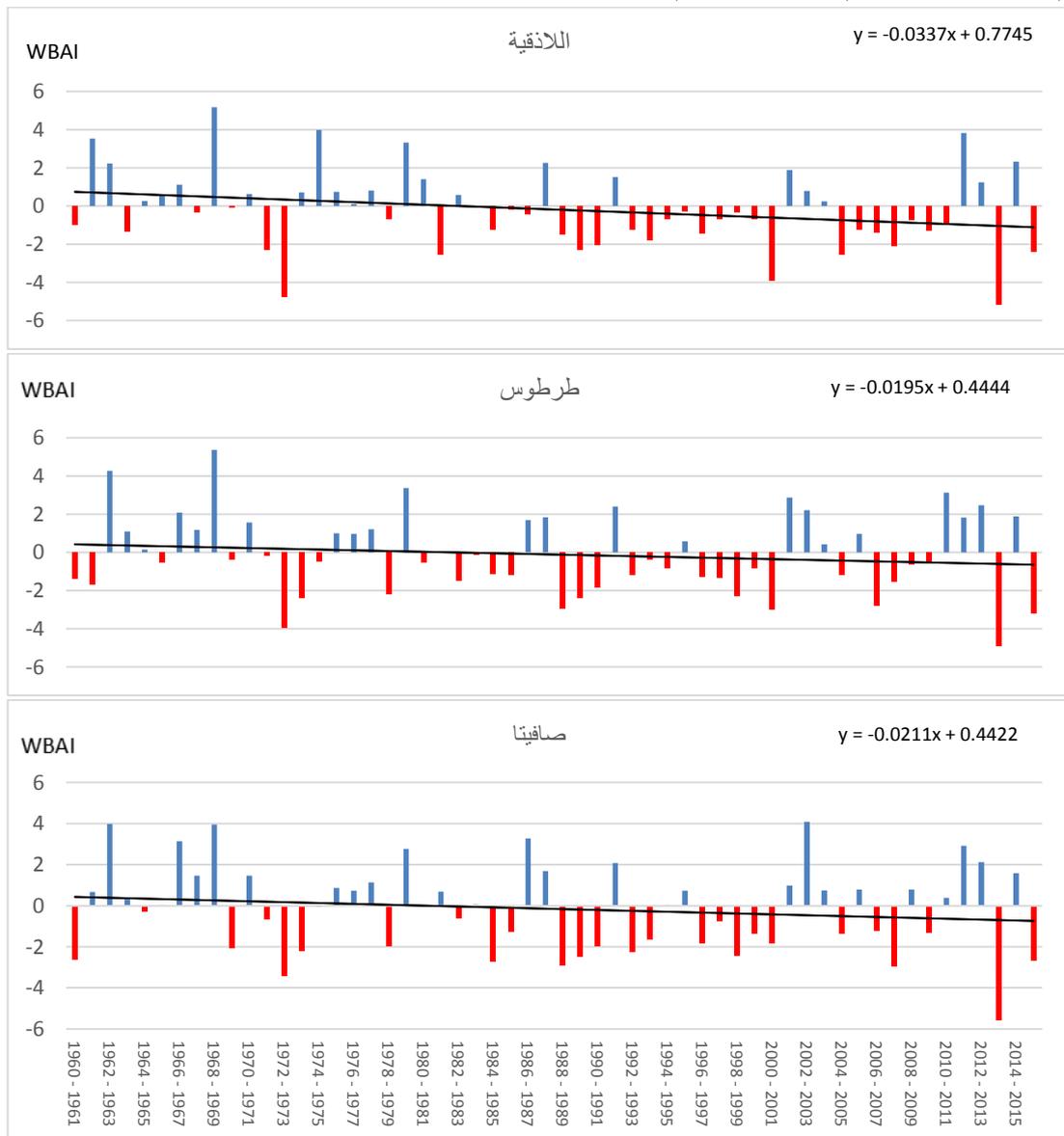
1-2 تقدير شدة جفاف الأشهر والمواسم وتغيراتها في المحطات الساحلية خلال الفترة 1960-2016:

يبين الشكل (3) تغير قيم مؤشر انحراف الميزان المائي للمواسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016 في اللاذقية وطرطوس وصافيتا، ومنه يتضح أن الجفاف يتردد بشكل ملحوظ في المنطقة الساحلية وقد يكون شديد أو متطرف الشدة كما أنه قد يتكرر لمواسم متتالية. وقد كانت أشد المواسم جفافاً الموسم 2013-2014 الذي كان متطرفاً في شدة جفافه وشمل جميع المحطات إذ انخفضت قيمة المؤشر إلى -5.16 في اللاذقية و-4.91 في طرطوس و-5.56 في صافيتا، تلاه الموسم 1972-1973 بقيم وصلت إلى -4.77 في اللاذقية و-3.93 في طرطوس و-3.41 في صافيتا. أما الموسم 2000-2001 فقد كان متطرفاً في اللاذقية وشديد الجفاف في طرطوس وصافيتا في حين كان الموسم 2015-2016 متطرفاً في طرطوس فقط.

من جهة أخرى نلاحظ تزايد تكرار الجفاف في المحطات الثلاث خلال العقدين الأخيرين. يتضح من الشكل (3) أن هناك اتجاها واضحا نحو تزايد شدة الجفاف خلال الموسم الماطر في جميع المحطات والذي يظهر من خلال التناقص الحاد في قيم المؤشر، غير أن هذا التغير لم يكن معنويا إلا في اللاذقية عند مستوى 0.05.

إن المخططات المدرجة في الشكل (3) تظهر وبشكل واضح التزايد في عدد المواسم الجافة المتكررة خلال العقود الأخيرة إذ نلاحظ أن عدد هذه المواسم في اللاذقية خلال الفترة الأولى (1960-1988) لم يتجاوز الموسمين في حين أن الفترة الثانية (1988-2016) شهدت عددا من المواسم الجافة المستمرة بلغ 9 مواسم تلتها فترة جافة أخرى استمرت ل 7 مواسم متتالية.

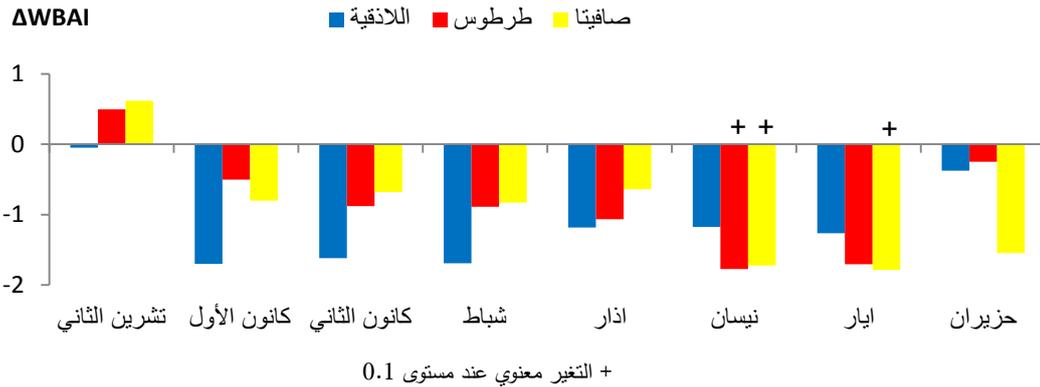
كذلك نلاحظ وجود صورة مشابهة لكنها أقل حدة في طرطوس وصافيتا إذ لم يتجاوز عدد المواسم الجافة المتتالية 4 مواسم خلال الفترة الأولى في حين تكررت المواسم الجافة المتتالية بشكل ملحوظ خلال الفترة الثانية وكان أطولها 5 مواسم جافة مستمرة منذ عام 1996 حتى عام 2001.



الشكل (3) اتجاه التغير في قيم مؤشر WBAI للموسم الماطر خلال الفترة 1960-2016 في المحطات الساحلية المدروسة.

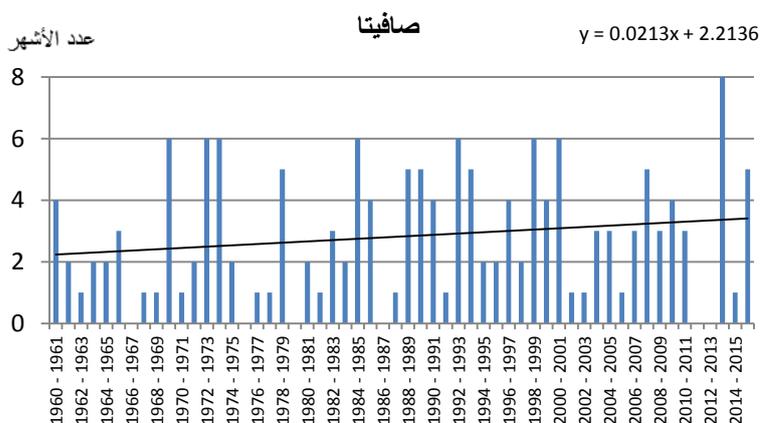
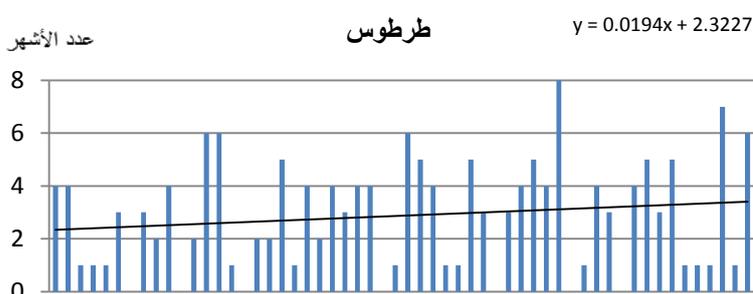
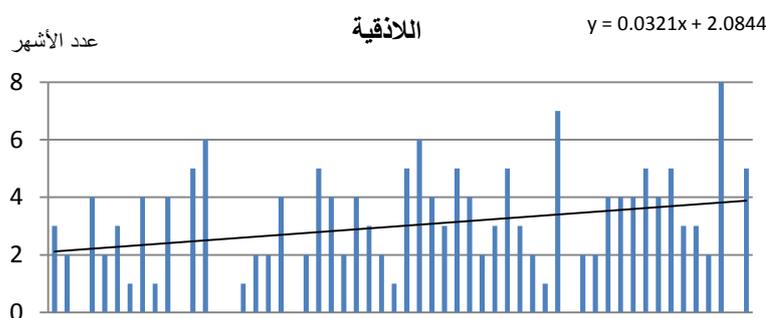
ويكون لهذا الأمر بالغ الأهمية بالنسبة للأشجار الحراجية فقد أظهرت أبحاث عديدة على أن الجفاف يمتلك تأثيرات متأخرة يمكن أن تستمر لعدة سنوات وأن الأشجار التي تعرضت للجفاف الشديد تحتاج الى فترة تتراوح بين سنتين وأربع سنوات لكي تعود إلى نشاطها الطبيعي قبل حادثة الجفاف (Andereg *et al.*, 2015; Camarero *et al.*, 2018)، لذلك فإن تكرار الجفاف خلال فترة أقل من الفترة اللازمة لتعافي الأشجار يمكن أن يضعف مرونتها وقد يسبب الموت لبعض الأنواع وخصوصا الأفراد الضعيفة منها، الأمر الذي يؤدي إلى تدهور النظام البيئي الحراجي في المنطقة.

تشير النتائج المبينة في الشكل(4) إلى التغير في القيم الشهرية لمؤشر انحراف الميزان المائي والمحسوب كنافذة مزاحة من تشرين الثاني وحتى حزيران ومنها يلاحظ وجود تغير واضح نحو تزايد شدة الجفاف لجميع الأشهر من خلال تناقص قيم المؤشر بدءا من كانون الأول وحتى حزيران في جميع المحطات. وقد كان التغير كبيرا في أشهر الشتاء في اللاذقية الأمر الذي انعكس على تزايد شدة جفاف الموسم الماطر، في حين كان التناقص أكثر وضوحا خلال أشهر الربيع في طرطوس وصافيتا حيث كان التغير معنويا لشهر نيسان في طرطوس ولشهر نيسان وإيار في صافيتا.



الشكل(4) اتجاه وقيمة التغير في القيم الشهرية لمؤشر انحراف الميزان المائي WBAI خلال الفترة 1960-2016 في المحطات الساحلية المدروسة.

2-2 استمرارية الجفاف وتغيراتها خلال الفترة 1960-2016 في منطقة الدراسة:



الشكل (5) التغير في عدد الفترات الجافة الكلية (متوسطة-شديدة-متطرفة الجفاف) خلال المواسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016 مع الاتجاه العام للتغير في المحطات الساحلية المدروسة.

الجدول (2) اتجاه وقيمة التغير في عدد الأشهر الجافة وفي أطول فترة جافة مستمرة (مقدرة بالأشهر)

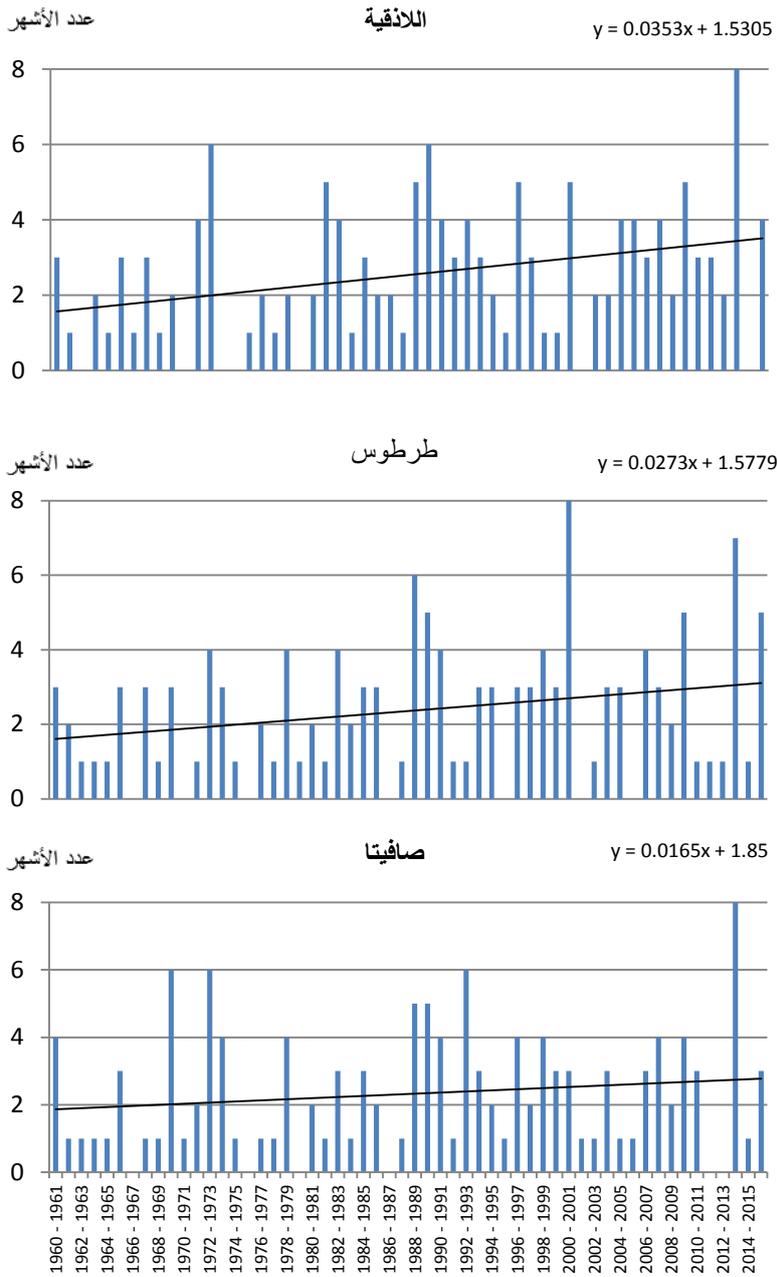
خلال الفترة 1960-2016 في المنطقة الساحلية

المحطة	عدد فترات الجفاف متوسطة الشدة	عدد فترات الجفاف الشديد	عدد فترات الجفاف متطرفة الشدة	أطول فترة جافة مستمرة
اللاذقية	0.21	0.28	1.31	1.97
طرطوس	0.14	0.11	0.83	1.52
صافيتا	-0.62	0.7	1.12	0.92

يوضح الشكل (5) التغير في عدد الفترات الشهرية الجافة (متوسطة و شديدة ومتطرفة الجفاف) في المحطات الساحلية بين المواسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016. حيث يلاحظ وجود تفاوت كبير بين المواسم إذ تغيب الفترات الجافة في بعض المواسم جيدة الهطل في حين قد تشمل الأشهر الجافة كامل الموسم في بعض الحالات وهذا ينطبق على المحطات الثلاث.

من جهة اخرى يظهر الشكل (5) اتجاه ومعدل التغير في عدد الفترات الشهرية الجافة ومنه يلاحظ وجود اتجاه واضح نحو تزايد طول الفترات الجافة في المحطات الثلاث والذي كان في اللاذقية أعلى من صافيتا وطرطوس حيث بلغ معدل الزيادة 0.32 شهر جاف لكل عقد في حين كان معدل الزيادة 0.19 و 0.19 شهر جاف لكل عقد في كل من صافيتا وطرطوس على التوالي.

يبين الجدول (2) اتجاه ومعدل التغير في طول الفترات الجافة ضمن المجالات مختلفة الشدة (متوسطة وشديدة ومتطرفة) حيث يلاحظ وجود تفاوت بين المحطات فقد تزايدت الفترات متطرفة الجفاف في جميع المحطات إلا أن الفترات متوسطة الشدة في جفافها تزايدت في اللاذقية وطرطوس فقط وتناقصت في صافيتا.

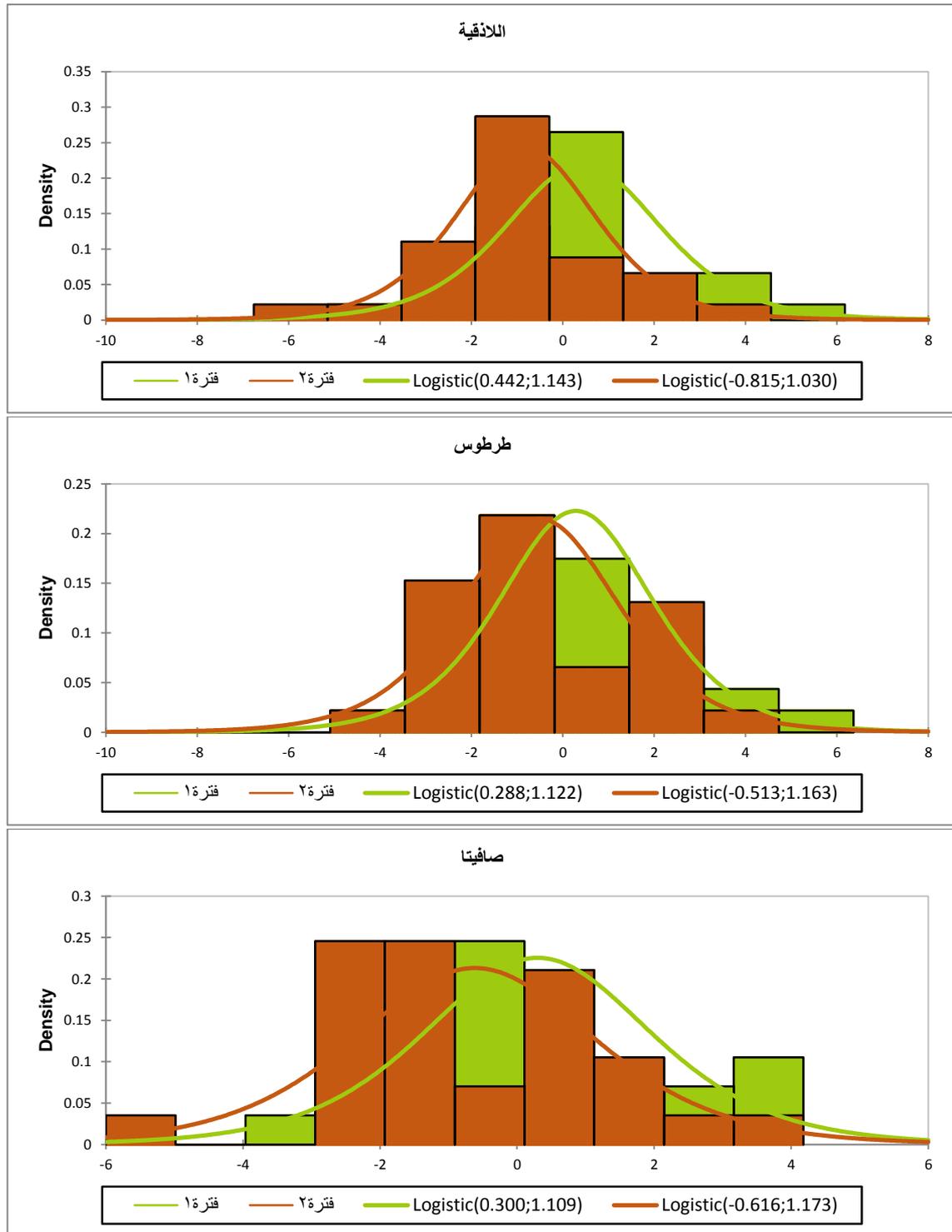


الشكل (6) التغير في طول فترات الجفاف المستمر خلال الموسمين الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016 مع الاتجاه العام للتغير في المحطات الساحلية.

بالمقابل فقد كانت الزيادة في الفترات شديدة الجفاف في صافيتا أكبر وبشكل ملحوظ من كلا المحطتين اللتين شهدتا زيادة أقل وضوحاً في فترات الجفاف الشديد. تتفاوت فترات الجفاف المستمر بين الموسمين والمحطات كما هو مبين في الشكل (6) إذ يلاحظ أن الجفاف قد يستمر خلال كامل الموسم الماطر كما حدث في اللاذقية وصافيتا في الموسم 2013-2014 وفي طرطوس خلال الموسم 2000-2001. وتحليل السلاسل الزمنية لطول فترات الجفاف المستمر يتضح أن هناك تزايداً واضحاً في طول الفترات الجافة المستمرة لجميع المحطات وقد بلغت هذه الزيادة خلال كامل فترة الدراسة 1.97 شهراً في اللاذقية و 1.52 شهراً في طرطوس و 0.92 شهراً في صافيتا. إن هذا التزايد في طول الفترات الجافة المستمرة يعكس بشكل مباشر على زيادة قسوة الجفاف إذ أن درجة الإجهاد المائي التي يتعرض لها الغطاء النباتي لا تعتمد فقط على شدة الجفاف وإنما على استمراريته أيضاً.

3- تغير تكرار الجفاف في المحطات الساحلية المدروسة :

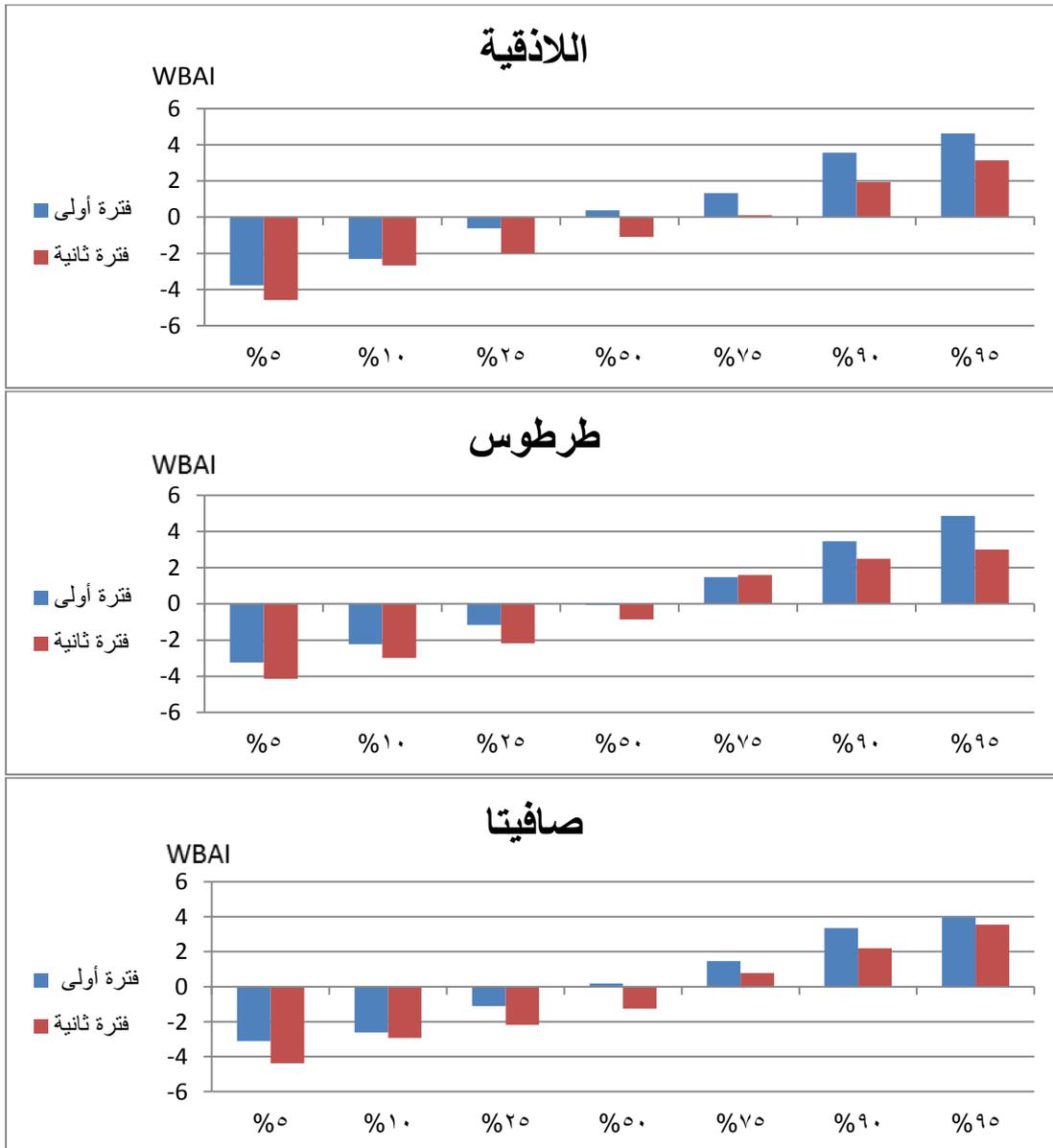
بعد تقسيم سلسلة قيم مؤشر الجفاف للموسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016 إلى سلسلتين متساويتين (الأولى من 1960 حتى 1987 والثانية من عام 1987 حتى عام 2016) وتطبيق توزيع Logistic على كل منهما، تبين وجود انزياح واضح نحو ظروف أشد جفافاً في المحطات الثلاث كما هو مبين في الشكل (7). فقد تزايد تكرار الموسمين الجافة في المجال السالب القريب من المعدل على حساب الموسمين القريبة من المعدل كما تزايد تكرار الموسمين الشديدة والمتطرفة الجفاف.



الشكل(7) تغير تكرار الجفاف للموسم الماطر ضمن المستويات مختلفة الشدة بين الفترتين 1960-1988 و1988-2016 في المحطات الساحلية.

يتضح من دراسة الخصائص الاحصائية لقيم مؤشر الجفاف خلال فترتي الدراسة في المحطات الثلاث وجود تفاوت واضح في هذه الخصائص كما هو مبين في الشكل(8) فقد انزلت قيمة المتوسط في اللادقية من 0.44 الى - 0.81 وفي طرطوس من 0.28 الى -0.51 وفي صافيتا من 0.29 الى -0.61. أما قيمة الوسيط فقد تناقصت من

0.38 الى -1.08 في اللاذقية ومن -0.06 الى -0.85 في طرطوس ومن 0.18 الى -1.24 في صافيتا ، في نفس الوقت فقد تناقصت أصغر قيمة لمؤشر الجفاف من -4.77 الى -5.16 في اللاذقية ومن -3.93 الى -4.91 في طرطوس ومن -3.41 الى -5.56 في صافيتا. بالمقابل فقد تراجعت أكبر قيمة للمؤشر من 5.17 الى 3.82 في اللاذقية ومن 5.36 الى 3.12 في طرطوس أما في صافيتا فقد تزايدت هذه القيمة بمقدار طفيف من 3.98 الى 4.08 . وقد ترافقت هذه التغيرات بتناقص قيم المؤشر عند مختلف القيم الاحتمالية خلال الفترة الثانية من الدراسة في جميع المحطات.



الشكل (8) تغير القيم الاحتمالية لمؤشر الجفاف WBAI خلال الموسم الماطر بين فترتي الدراسة 1960-1988 و 1988-2016 في المحطات الساحلية.

تتفق النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث مع العديد من الدراسات التي تؤكد تزايد شدة وتكرار الجفاف في الكثير من مناطق العالم (Dai,2013;Trenberth *et al.*,2014) ومنها المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط (Hoerling *et al.*,2019;Spinoni *et al.*,2012) وسوريا (Skaf and Mathbout 2010;Mathbout *et al.*,2018). إن التزايد في شدة الجفاف واستمراره سوف يؤدي بدون شك إلى تراجع التدفق ونقص وفرة الموارد المائية (Gosling *et al.*,2015;Pedro-monzonis *et al.*,2013;and Arnell 2013)، الأمر الذي يؤثر سلباً في الأمن المائي للتجمعات البشرية والتنوع الحيوي في البيئات المائية في هذه المنطقة (Vorosmarty *et al.*,2010;Stahl *et al.*,2016). إن الاتجاه العام نحو تزايد شدة جفاف الأشهر خلال الشتاء والربيع سوف يؤثر بشكل مباشر في مخزون الماء المتاح في التربة خلال هذين الفصل وسوف ينعكس سلباً على نمو الأشجار الحراجية (Granier *et al.*,2007;Pasho *et al.*,2011) وقد يكون للجفاف تأثيرات متأخرة تظهر خلال الأعوام التالية لحدوثه (Andereg *et al.*,2015;Camarero *et al.*,2018) مما يؤدي إلى إضعاف الأشجار وموت بعض الأفراد أحياناً (Allen *et al.*,2010;Mcdwel *et al.*,2015)، من جهة أخرى فإن تزايد شدة الجفاف وخصوصاً خلال فصل الربيع سوف يؤدي إلى تراجع إنتاجية الأشجار المثمرة وأهمها الزيتون (Greven *et al.*,2009; Guerfel *et al.*,2009)، وزيادة حاجتها للري التكميلي (Fernandez *et al.*,2006). وكذلك ضرورة التكبير بعمليات الري وزيادة المقننات المائية بالنسبة للزراعات المروية وأهمها الحمضيات (Shackle *et al.*,1997;Siebert and doll 2010;Rio *et al.*,2018).

يعد الجفاف السبب المباشر لنشوب وانتشار حرائق الغابات لذلك فإن تزايد شدة وتكرار الجفاف خلال العقود الأخيرة يمكن أن يهدد استقرار النظم البيئية الحراجية في المنطقة وخصوصاً خلال المواسم التي يكون فيها الربيع جافاً (Westerling *et al.*,2006;Parks *et al.*,2016;Westerling.2016).

إن الأخطار المتعددة المرافقة لتزايد شدة الجفاف وتكراره في ظل التغيرات المناخية الراهنة تتطلب وضع الاستراتيجيات والخطط الفعالة لمواجهة الجفاف وإدارة الموارد المائية والنظم البيئية المختلفة في الشكل الذي يضمن التنمية المستدامة لهذه المناطق الحيوية الهامة.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- 1- يتضح من دراسة خصائص الهطل والتبخر نتح الكامن وجود تباين كبير في كميات الهطل الشهرية خلال جميع الأشهر وخصوصاً خلال بداية ونهاية الموسم الماطر الأمر الذي يلعب دوراً بالغ الأهمية في إمكانية حدوث الجفاف حتى خلال أكثر الأشهر هطلاً في حين أن التباين في كميات التبخر نتح الكامن محدود نسبياً خلال جميع الأشهر إلا أنه يمكن أن يعزز أو يخفف من قسوة الجفاف.
- 2- بينت نتائج البحث وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة جفاف الموسم الماطر في جميع المحطات وهذا يعود إلى التزايد في شدة الجفاف خلال جميع الأشهر بدءاً من كانون الأول وحتى أيار.
- 3- أظهرت نتائج البحث وجود تزايد واضح في استمرارية الفترات الجافة الكلية (المتوسطة والشديدة والمتطرفة الجفاف) إضافة إلى التزايد في طول فترات الجفاف المستمر في جميع المحطات.

4- أكدت نتائج الدراسة على انزياح مناخ المنطقة الساحلية خلال العقود الاخيرة باتجاه ظروف أشد جفافا. وذلك بسبب تناقص القيم الاحتمالية لتكرار المواسم الرطبة أو القريبة من المعدل وتزايد تكرار الجفاف بمستويات مختلفة الشدة، الأمر الذي يشكل تهديدا مباشرا للموارد المائية والنظم البيئية الزراعية والزراعية الحراجية في المنطقة.

التوصيات:

- 1- يمكن اعتبار مؤشر انحراف الميزان المائي WBAI مؤشرا بالغ الأهمية لتوصيف الجفاف على مختلف المقاييس المكانية والزمنية كونه يأخذ بعين الاعتبار كل من كميات الهطل والتبخر نتح الكامن. SPEI.
- 2- ضرورة التعمق في دراسة تأثير الجفاف في النظم البيئية الزراعية والحراجية من خلال الربط بين مؤشر الجفاف ومؤشرات الاستشعار عن بعد على مستوى مختلف المقاييس الزمنية.

References:

1. Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A., Cobb, N., *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests*. For. Ecol. Manage, 259, 2010, 660–684.
2. Anderegg, W.R.L., Schwalm, C., Biondi, F., Camarero, J.J., Koch, G., Litvak, M. *Pervasive drought legacies in forest ecosystems and their implications for carbon cycle models*. Science, 349, 2015, 528–532.
3. Boyer, J.S. *Plant productivity and environment*. Science, 218, 1982, 443–448.
4. Camarero, J. J., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Cantero, A., Sánchez-Salguero, R., Sánchez-Miranda, A., Granda, E., Serra-Maluquer, X., and Ibáñez, R.: *Forest growth responses to drought at short- and long-term scales in Spain: Squeezing the stress memory from tree rings*. Front. Ecol. Evol., 6, 2018, article 9.
5. Chapin, F. *Integrated responses of plants to stress*. BioScience, 41, 1991, 29–36.
6. Cramer, G.R., Urano, K., Delrot, S., Pezzotti, M., Shinozaki, K. *Effect of abiotic stress on plant: a systems biology perspective*. BMC plant biology, 11, 2011, 163–167.
7. Dai, A. *Increasing drought under global warming in observations and models*. Nature Climate Change, 3, 1, 2013, 52.
8. Fernandez, J.E., Diaz-Espejo, A., Infante, J.M., Duran, P., Palomo, M.J., Chamorro, V., Giron, I.F., Villagarcia, L., *Water relations and gas exchange in olive trees under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying*. Plant Soil, 284, 2006, 273–291
9. Foley, J. A. *Global consequences of land use*. Science, 309, 2005, 570–4
10. Gosling, S., Arnell, N. *A global assessment of the impact of climate change on water scarcity*. Clim Chang, 2013, 1–15.
11. Granier, A., Reichstein, M., Breda, N. *Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003*. Agricultural and Forest Meteorology, 143, 2007, 123–145.
12. Greven, M., Neal, S., Green, S., Dichio, B., Clothier, B., *The effect of drought on water use, fruit development and oil yield from young olive trees*. Agr. Water Manage. 96, 2009, 1525–1531.
13. Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W., Zarrouk, M., *Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (Olea europaea L.) cultivars*. Sci. Hortic. 119, 2009, 257–263.

14. Hargreaves, G. H. and Samani, Z. A.: *Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature*, in: *Proceedings of the Winter Meeting of American Society of Agricultural Engineers*, Chicago, IL, 1985, Paper No. 85-2517.
15. Hegerl, G. C., H. Hanlon, and C. Beierkuhnlein., *Climate science: Elusive extremes*. Nat.Geosci., 4, 2011,142–143.
16. Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., Pegion, P. 2012. On the increased frequency of Mediterranean drought. *J. Clim.* 25 (6), 2146–2161.
17. Kendall, M. *Rank Correlation Methods*, 4th ed.; Charles Gri_n: London, UK, 1975.
18. Korner, C. *Limitation and stress – always or never?*. Journal of Vegetation Science, 14, 2003,141–143.
19. Lesk, C., Rowhani, P., and Ramankutty, N. *Influence of extreme weather disasters on global crop production*. Nature, 529, 2016, 84–87.
20. Lichtenthaler, H K. *Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plants*. Journal of plant physiology ,184,1996,4-14.
21. Liu, W. B. and Sun, F. B.: *Assessing estimates of evaporative demand in climate models using observed pan evaporation over China*. J. Geophys. Res.-Atmos., 121, 2016, 8329–8349.
22. Lobell, D.B, Cassman, K.G and Field, C.B . *Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes* *Annu. Rev. Environ. Resour.* 34, 2009, 179–204.
23. Mathbout, Shifa & Lopez-Bustins, Joan & Martin-Vide, Javier & Bech, Joan & Rodrigo, Fernando.. *Spatial and temporal analysis of drought variability at several time scales in Syria during 1961–2012*. Atmospheric Research., 200, 2018. 153-168.
24. McDowell NG, Allen C. *Darcy's law predicts widespread forest loss due to climate warming*. Nature Climate Change ,5, 2015, 669–672.
25. McLaughlin, D., and Kinzelbach, W. *Food security and sustainable resource management*. Water Resour. Res. 5149, 2015, 66–85
26. Osmond, C.B.; Austin, M.P.; Berry, J.A.; Billings, W.D.; Boyer, J.S.; Dacey, J.W.H.; Nobel, P.S.; Smith, S.D.; and Winner, W.E. *Stress physiology and the distribution of plants*. BioScience, 37, 1987, 38-48.
27. Parks, S. A., C. Miller, J. T. Abatzoglou, L. M. Holsinger, M.-A. Parisien, and S. Z. Dobrowski., *How will climate change affect wildland fire severity in the western US?*. Environ. Res. Lett., 11, 2016, L035002.
28. Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., and Fischer, G. *Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios*. Glob. Environ. Change, 14, 2004, 53–67
29. Pasho, E., Camarero, J.J., de Luis, M., Vicente-Serrano, S.M.,. *Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain*. Agric. For. Meteorol. 151, 2011, 1800–1811.
30. Pedro-Monzonis M, Solera A, Ferrer J, Estrela T, Paredes-Arquiola J. *A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management*. J Hydrol. Elsevier, 527, 2015, 482–493.

31. Reyer, Christopher & Leuzinger, Sebastian & Rammig, Anja & Wolf, Annett & Bartholomeus, Ruud & Bonfante, A. & De Lorenzi, Francesca & Dury, Marie & Gloning, Philipp & Jaoudé, Renée & Klein, Tamir & Kuster, Thomas & Martins, Mónica & Niedrist, Georg & Maria, Riccardi & Wohlfahrt, Georg & Angelis, Paolo & De Dato, Giovanbattista & François, Louis & Pereira, Marizia. *A plant's perspective of extremes: Terrestrial plant responses to changing climatic variability*. *Global change biology*, 19, 2013,75-89.
32. Rio, M., Rey, D., Prudhomme, C., Holman, I.P.,. *Evaluation of changing surface water abstraction reliability for supplemental irrigation under climate change*. *Agric. Water Manag.* 206, 2018,200–208.
33. Shackel, K.A., Ahmadi, H., Biasis, W., Buchner, R., Goldhamer, D., Gurusinghe, S., Hasey, J., Kester, D., Krueger, B., Lampinen, B., McGourty, G., Micke, W., Mitcham, E., Olson, B., Pelletrua, K., Philips, H., Ramos, D., Schwankl, L., Sibbett, S., Snyder, R., Southwick, S., Stevenson, M., Thorpe, M., Weinbaum, S., Yeager, J., *Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees*. *Hort Technology* 7, 1997,23–29.
34. Siebert, S., and Döll, P.,. *Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation*. *J. Hydrol.* 384 ,2010,198–217.
35. Stahl, K., Kohn, I., Blauhut, V., Urquijo, J., De Stefano, L., Acácio,V., Dias, S., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Kampragou, E., Van Loon, A. F., Barker, L. J., Melsen, L. A., Bifulco, C., Musolino,D., de Carli, A., Massarutto, A., Assimacopoulos, D., and Van Lanen, H. A. J. *Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 2016,801–819.
36. Skaf, M., Mathbout, S.,. *Drought changes over last five decades in syria*. *Mediterranean options N:95 Economics of drought and drought preparedness in a climate change context: 2010*,107-112.
37. Spinoni, J., Barbosa, P., De Jager, A., McCormick, N., Naumann, G., Vogt, J.V., Magni, D.,Masante, D., Mazzeschi, M., 2019. A new global database of meteorological drought events from 1951 to 2016. *J. Hydrol.: Reg. Stud.* 22, 100593.
38. Trenberth, K. E., A. Dai, G. d. Schrier, P. D. Jones, J. Barichivich, K.R. Briffa, and J. Sheffield,. *Global warming and changes in drought*. *Nat. Climate Change*, 4, 2014,17–22.
39. van Ittersum,M.K., Cassman,K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. *Yield gap analysis with local to global relevance—a review* *Field Crops. Res.* 143, 2013,4–17
40. Van Rooy, M.P. *A Rainfall anomaly index (RAI) independent of time and space*. *Notos* ,575 ,14,1965,43–48.
41. Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., and López-Moreno, J. I.: *A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index – SPEI*. *J. Climate*,23, 2010,1696–1718.
42. Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Camarero,J. J., López-Moreno, J. I., Azorin-Molina, C., Revuelto,J., Morán-Tejeda, E., and Sanchez-Lorenzo, A.:*Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications*. *Earth Interact.*, 2012,16.Ei000434.
43. Vicente-Serrano, S.M.; Cabello, D.; Tomás-Burguera, M.; Martín-Hernández, N.; Beguería, S.;Azorin-Molina, C.; Kenawy, K.E. *Drought variability and land degradation in semiarid regions: Assessment using remote sensing data and drought indices (1982–2011)*. *Remote Sens*, 7, 2015,4391–4423.

44. Vorosmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C., and Davies, P. *Global threats to human water security and river biodiversity*. Nature, 467,2010, 555–561.
45. Westerling, A.L, Hidalgo, H.G, Cayan, D.R., Swetnam, T.W. *Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity*. Science 313, 2006,940–943.
46. Westerling, A. L. *Increasing western US forest wildfire activity: Sensitivity to changes in the timing of spring*. Philos. Trans. Roy. Soc. London, 371B, 2016,E20150178.
47. Wheeler, T., von Braun, J. *Climate change impacts on global food security*. Science ,341,2013,508–513
48. Wright, C.K., and Wimberly, M.C. *Recent land use change in the western corn belt threatens grasslands and wetlands* . Proc.Natl. Acad. Sci, 110,2013, 4134–4139
49. Zhao, T., and A. Dai,. *The Magnitude and Causes of Global Drought Changes in the 21st Century under a Low-moderate Emissions Scenario*. J.Climate.,28,2015.4490-4512.
50. Zipper, S. C., Qiu, J., Kucharik, C. J . *Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes* . Environ. Res. Lett. **11**, 2016,L094021.
51. Zscheischler, J., Mahecha,M.D., Harmeling, S., Reichstein, M. *Detection and attribution of large spatiotemporal extreme events in Earth observation data*. Ecol Inform.15,2013,66–73.