

دراسة تغير شدة الجفاف وتكراره في بعض أجزاء المنطقة الساحلية في سورية خلال الفترة 1960-2016

د. ميشيل سكاف*

راما بركات**

(تاريخ الإيداع 22 / 1 / 2020. قبل للنشر في 17 / 9 / 2020)

□ ملخص □

يعد الجفاف أحد أهم الحوادث المناخية المتطرفة غير الملائمة ذات التأثيرات السلبية المتعددة في الوسط الحيوي. تم استخدام القيم الشهرية لكميات الهطل ودرجات الحرارة العظمى والصغرى لفترة رصد امتدت من عام 1960 حتى عام 2016 لثلاث محطات ميثيورولوجية في المنطقة الساحلية (اللاذقية - طرطوس - صافيتا) من سوريا. تم حساب مؤشر كشف الجفاف RDI لتقدير شدة الجفاف على مستوى الفصول والسنوات وقد استخدمت علاقة هارغرفس وسماني لحساب قيم التبخر نتح الكامن. تم تحديد اتجاه وقيمة التغير في السلاسل الزمنية لقيم المؤشر باستخدام خطوط الاتجاه وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار مان كندال. استخدم توزع Logistic لتقدير التغير في تكرار الجفاف بين الفترتين الأولى (1960-1988) و الثانية (1988-2016) كما تم حساب فرق التكرار بين الفترتين.

أظهرت النتائج وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة الجفاف السنوي في المحطات الثلاث بسبب التزايد الحاد في شدة جفاف فصل الربيع حيث تناقصت قيم مؤشر الجفاف بمقدار تراوح بين 0.83 و 0.93 تلاح تناقص أقل حدة خلال فصل الشتاء. من جهة أخرى أظهرت النتائج تزايداً واضحاً في تكرار كل من الجفاف المتطرف الشدة والمتوسط الشدة في المحطات الثلاث خلال الفترة الثانية من الدراسة. إن هذا التزايد في شدة الجفاف وتكراره وخصوصاً خلال فصل الربيع سوف يشكل تحدياً أمام إدارة الموارد المائية والإنتاج الزراعي في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: سوريا- المناخ الزراعي- الارصاد الزراعية- تغير المناخ- الجفاف

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

**قائم بالأعمال- قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - سورية

Studying changes in drought intensity and frequency in some parts of Syrian coastal region during the period 1960-2016

Dr. Michael skaf*
Rama barakat**

(Received 22 / 1 / 2020. Accepted 17 / 9 /2020)

□ ABSTRACT □

Drought is considered as one of the most important extreme climatic events which adversely affecting the biosphere.

Monthly precipitation and maximum and minimum temperatures data for three meteorological stations located in Syrian coastal region (latakia-tartous-safita) were used during the period 1960-2016. Reconnaissance drought index (RDI) was applied to evaluate drought intensity at seasonal and annual time scales. Hargreaves and Sammani equation was used to calculate potential evapotranspiration. Trends with Mann-Kendall test were used to detect changes in drought intensity. Whereas logistic distribution and differences in drought frequency were computed for two period 1960-1988 and 1988-2016, to estimate changes in drought frequency.

Results showed significant increase in annual drought intensity owing to decreasing tendency in drought index values during spring and winter (ranging from 0.83 to 0.93 in spring) during the study period.

Also results showed increasing in extreme and moderate drought frequency at the last decades. These changes in drought characteristics well pose a big challenges for water resources management and agricultural production in this region.

Keywords: Syria -agro climatology -agro meteorology -climate change -drought.

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

** Academic Assistant- Forestry & Ecology Department- Agriculture Faculty- Tishreen University- Syria.

مقدمة:

يعد الجفاف Drought أحد أهم الحوادث المناخية المتطرفة Extreme climatic events التي يتكرر حدوثها في مختلف مناطق العالم. لكن تأثير التسخين العالمي Global warming في تغير الخصائص الترموديناميكية والديناميكية للدورة الهيدرولوجية Hydrological cycle (Held&Soden,2006;Giorgi *et al.*,2014)، أدى إلى تغير نماذج الهطل Precipitation patterns (Trenberth.2011;Pendergrass&Hartman.2014) وإلى تزايد شدة وتكرار هذه الظاهرة في الكثير من مناطق العالم (Dai *et al.*,2013;Cook *et al.*,2014)، ومنها المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط (Mariotti *et al.*,2008;Hoerling *et al.*,2012;Seager *et al.*,2014). تخضع المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط لدورة فصلية واضحة وحادة تتميز بشتاء بارد نسبياً وماطر وصيف حار وجاف (Kelley *et al.*,2012). هذا وتتأثر كميات ومواعيد الهطل في هذه المناطق إلى حد كبير بتذبذب البحر المتوسط Mediterranean oscillation الذي يرتبط بعلاقة فصلية واضحة مع عمليات جوية واسعة النطاق أهمها تذبذب شمال الاطلسي North Atlantic oscillation (NAO) والتذبذب القطبي Arctic oscillation (Dunkeloh&Jacobit,2003).

تعد المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط نقاطاً ساخنة بالنسبة لتغير المناخ Climate change hot spots بسبب التغيرات المسجلة والمتوقعة والتي تشمل ارتفاع درجات الحرارة وتراجع الهطل (Diffenbaugh&Giorgi.2012)، وما يتبع ذلك من تأثيرات اقتصادية واجتماعية وبيئية وخصوصاً في منطقة الشرق الأوسط التي تعاني أصلاً من شح المياه (Arnell.2004;Gosling&Arnell.2013;Barlow *et al.*,2016). أشارت دراسة Nicault وآخرون عام 2008 إلى أن الجفاف الشديد المسجل في الأجزاء الشرقية من حوض البحر المتوسط خلال أواخر القرن العشرين يعد الأشد قسوة خلال الخمسة عشر عاماً الأخيرة. كذلك أشارت دراسة Hoerling وآخرون عام 2012 إلى أن نموذجاً واحداً فقط من أصل اثنين وعشرين من نماذج التنبؤ الثنائية للغلاف الجوي والمحيطات، استطاع أن يولد جفافاً مشابهاً لما حدث في الواقع خلال السنوات الأخيرة في المنطقة. تشير الكثير من الدراسات الحديثة إلى الدور البالغ الأهمية لكميات التبخر نتح الكامن في تحليل الجفاف، وذلك بسبب التأثير الكبير والمباشر لارتفاع درجات الحرارة في زيادة كميات التبخر نتح الكامن من خلال تزايد قيم فرق الإشباع Vapor pressure deficit VPD (Teuling *et al.*,2013;Aghakouchak *et al.*,2014)، لذلك فقد تم اختيار مؤشر كشف الجفاف والذي يأخذ بعين الاعتبار كل من كميات الهطل وكميات التبخر نتح الكامن خلال الفترات المختلفة من أجل تحليل الجفاف الفصلي والسنوي في بعض أجزاء المنطقة الساحلية حيث تنتشر النظم البيئية الزراعية والزراعية الحراجية الهامة.

يتوقع أن تزداد قسوة الجفاف وما يرتبط بها من تأثيرات اقتصادية واجتماعية مع تغير المناخ لذلك ومن أجل التأقلم الأمثل مع هذه التغيرات فإنه من الضروري معرفة التغير في خصائص الجفاف لوضع الاستراتيجيات المناسبة لمواجهة خطره المتعدد الجوانب وتخفيف تأثيراته السلبية إلى أقل حد ممكن. وقد تركزت أهداف البحث في اتجاهين الأول تحديد اتجاه وقيمة التغير في شدة الجفاف الفصلي والسنوي والثاني تقدير التغير في تكرار الجفاف خلال العقود الأخيرة.

طرائق البحث ومواده

استخدمت لإنجاز الدراسة القيم الشهرية لكميات الهطل ومتوسطات درجات الحرارة العظمى والصغرى لثلاث محطات هي: اللاذقية وطرطوس وصافيتا، والتي تمثل جزءا هاما من المنطقة الساحلية في سوريا وتمتلك فترة رصد طويلة ومستمرة تشمل الفترة 1960-2016. والجدول (1) يبين احداثيات المحطات المختارة. الجدول (1) احداثيات المحطات الساحلية المختارة في الدراسة وتصنيفها المناخي (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	شبه رطبة
طرطوس	°35 53'	°34 53'	15	شبه رطبة
صافيتا	°36 08'	°34 49'	350	رطبة

تم استخدام مخططات الصندوق Box plot لتحديد أهم الخصائص الاحصائية لكميات الهطل الفصلية والسنوية ولكميات التبخر نتح الكامن الفصلية، كما تم حساب معامل التباين Coefficient of variation (%CV) لقيم كل فترة.

تم تقدير شدة الجفاف على مستوى الفصول والسنوات باستخدام مؤشر كشف الجفاف Reconnaissance (RDI) drought index (Tsakiris et al., 2007) والذي يحسب بالطريقة التالية:

$$a_j = \frac{\sum P_j}{\sum ETP_j}$$

حيث P_j و ETP_j هي كميات الهطل والتبخر نتح الكامن على التوالي للفترة المدروسة (فصل-موسم ماطر-عام هيدرولوجي....). وقد تم حساب كميات التبخر نتح الشهرية بطريقة Hargreaves و Sammani (Hargreaves & Sammani 1985). كذلك اعتمدت الأعوام الهيدرولوجية لحساب الجفاف السنوي.

بعد حساب a_j يتم حساب القيمة القياسية ل RDI:

$$RDI_{ST} = \frac{Y_j - \bar{Y}_j}{\sigma_j}$$

حيث Y_j اللغاريتم الطبيعي ل a_j

\bar{Y}_j المتوسط الحسابي لقيم Y_j

σ_j الانحراف المعياري لقيم Y_j

وقد تم تقدير شدة الجفاف وفقا للحدود التي اقترحها Agnew عام 2000 حيث يصنف الجفاف تبعا للمجالات التالية:

التصنيف	قيمة المؤشر
جفاف متطرف الشدة	> -1.65
جفاف شديد	-1.65 حتى -1.28
جفاف معتدل	-1.28 حتى -0.84
جفاف خفيف	-0.84 حتى -0.5

قريب من المعدل	0.5- حتى 0.5
رطوبة خفيفة	0.84 حتى 0.5
رطوبة معتدلة	1.28 حتى 0.84
رطوبة شديدة	1.65 حتى 1.28
رطوبة متطرفة	1.65 <

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

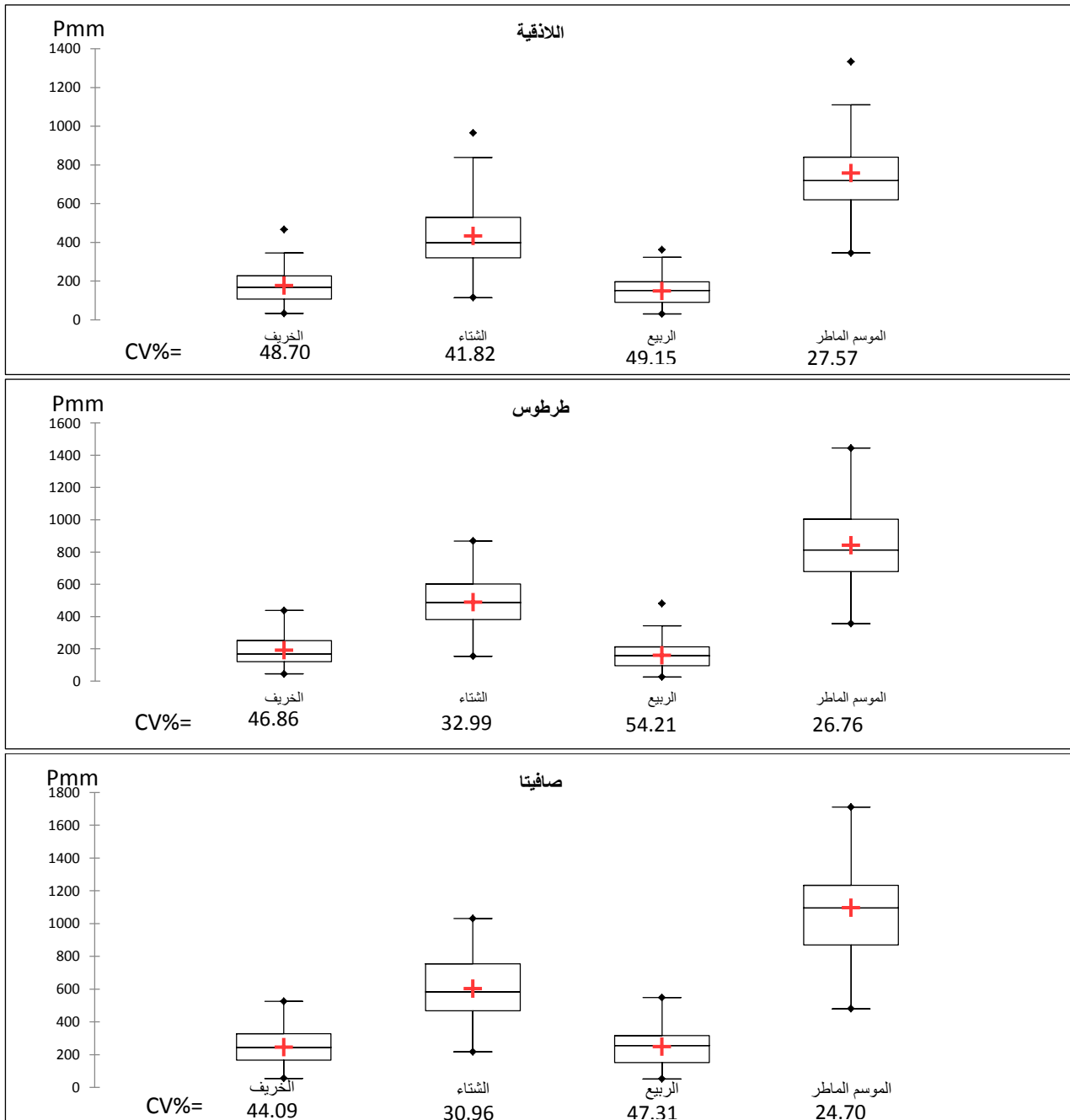
تمت دراسة التغير في توزيع قيم مؤشر الجفاف خلال الفترتين 1960-1988 و 1988-2016 باستخدام توزيع Logistic لكل من الربيع والموسم الماطر والتي أظهرت تغيرا واضحا بالنسبة لزيادة شدة الجفاف، كما تم حساب فرق التكرار بين الفترتين لتقدير التغير في تكرار الجفاف ضمن المجالات المختلفة الشدة.

النتائج والمناقشة:

1- الخصائص الإحصائية للهطل والتبخر نتح الكامن:

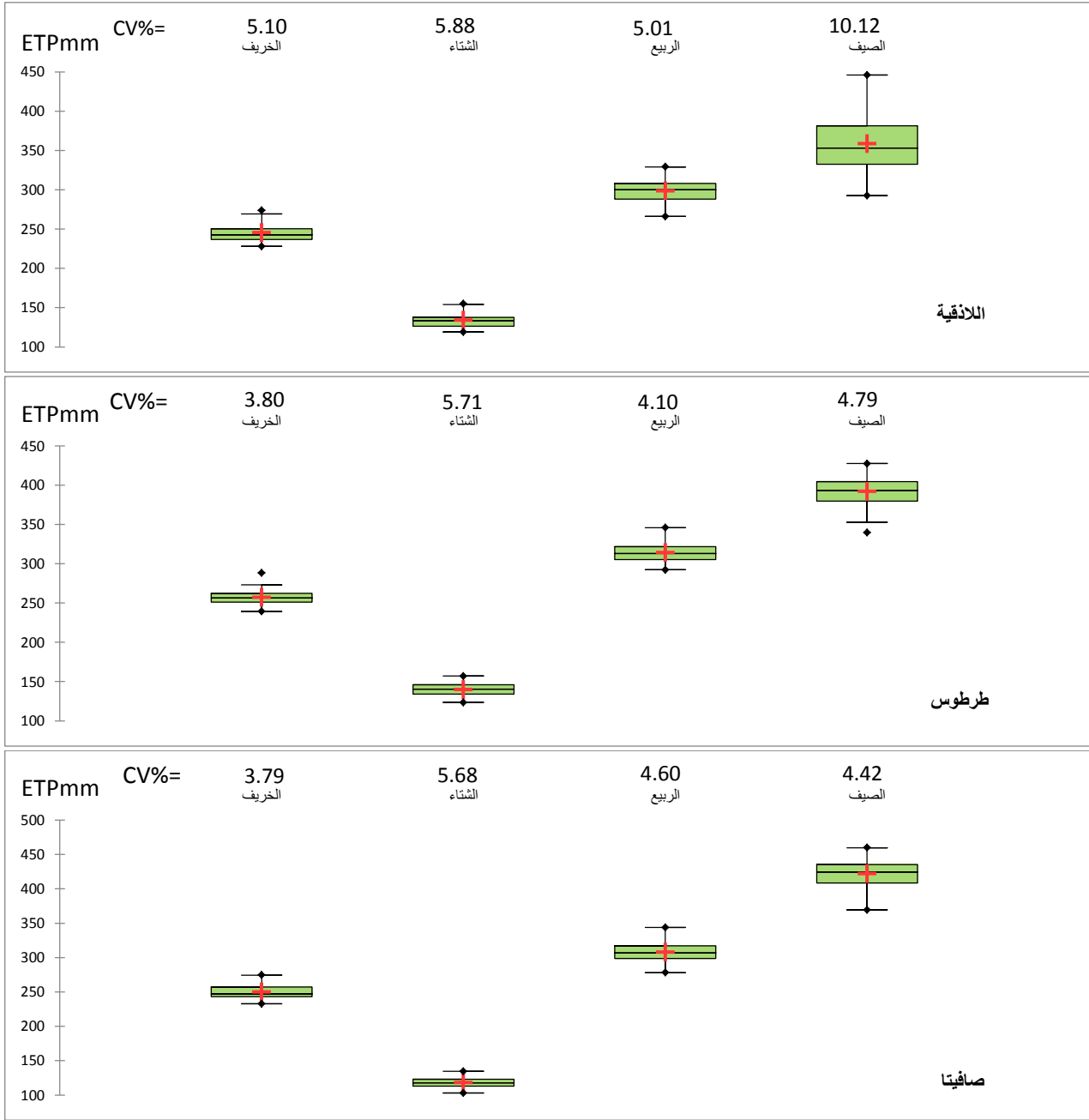
يبين الشكل (1) أهم الخصائص الإحصائية لهطولات الفصول والموسم الماطر في المحطات المدروسة، ومنه نلاحظ أن كميات الهطل في صافيتا أعلى وبشكل ملحوظ من كل من اللاذقية وطرطوس إذ بلغ معدل الهطل في صافيتا 1096 مم مقابل 756 مم في اللاذقية و841 مم في طرطوس. يتضح أيضا من الشكل (1) أن فصل الشتاء يمتلك الحصة الأكبر من هطولات الموسم الماطر إذ أن معدلاته في المحطات الثلاث تزيد عن مجموع معدلات فصلي الخريف والربيع.

تبين المخططات المدرجة في الشكل (1) التباين الكبير في كميات الهطل على مستوى الفصول والموسم الماطر، والذي يظهر من خلال أعلى وأدنى قيمة ومن خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين، كذلك يتضح عدم الانتظام في توزيع الهطل والذي يظهر من خلال الفرق بين قيمة المتوسط والوسيط وابتعاد أكبر وأدنى القيم عن معدلاتها. وعلى الرغم من أن قيمة معامل التباين لفصل الشتاء أقل مما هي عليه للربيع والخريف إلا أنها مع ذلك مرتفعة وتزيد عن 40% في اللاذقية وعن 30% في كل من طرطوس وصافيتا. من جهة أخرى نلاحظ أن تباين الهطل للموسم الماطر أقل من تباين هطولات الفصول لكنه مع ذلك كبير للغاية وهذا يظهر من خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين التي تجاوزت 24% في جميع المحطات. تشير النقاط الواقعة خارج مخطط الصندوق الى القيم الشاذة المتطرفة والتي تبتعد بمقدار يزيد عن ضعفي الانحراف المعياري للسلسلة.



الشكل (1) الخصائص الإحصائية لهطولات الفصول والموسم الماطر في محطات اللاذقية وطرطوس وصافيتا خلال الفترة 1960-2016

يوضح الشكل (2) أهم الخصائص الإحصائية للتبخر نتح الكامن في المحطات الثلاثة، ومنه نلاحظ أن قيم التبخر نتح الكامن أكثر انتظاماً وأقل تبايناً من كميات الهطل، كما أن معدلات التبخر نتح خلال فصل الصيف متقاربة في المحطات المدروسة وتزيد بشكل واضح عن قيم باقي الفصول تليها معدلات الربيع ثم الخريف. أما خلال فصل الشتاء فكميات التبخر نتح قليلة نتيجة لتدني درجات الحرارة العظمى والصغرى خلال هذه الفترة من العام مقارنة بباقي الفصول. ويلاحظ بأن معامل التباين قليل نسبياً في جميع الفصول.



الشكل (2) الخصائص الإحصائية لكميات للتبخير نتج الكامن الفصلية في محطات اللاذقية وطرطوس وصافيتا خلال الفترة 1960-2016

2- تغير شدة الجفاف الفصلي والسنوي في المحطات الساحلية المدروسة:

يبين الشكل (3) تغير قيم مؤشر كشف الجفاف RDI خلال المواسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016 في المحطات المدروسة، ومنه يتضح التباين الكبير في ظروف الجفاف والرطوبة بين المواسم المختلفة، كما يظهر التكرار الكبير للجفاف في المنطقة والذي قد يستمر لمواسم متتالية أحيانا إنما بشدات متفاوتة. يتضح من الشكل (3) أن الموسم 2013-2014 كان أشد المواسم جفافا خلال كامل فترة الدراسة وفي جميع المحطات إذ انخفضت قيمة المؤشر إلى -2.95 في اللاذقية و -3.01 في طرطوس و -3.13 في صافيتا، تلاه

الموسم 1972-1973، والذي كان أيضا متطرفا في شدة جفافه حيث انخفضت قيم مؤشر الجفاف الى -2.89 في اللاذقية و -2.14 في طرطوس و -1.73 في صافيتا. أما الموسم 2000-2001 فقد كان متطرفا في جفافه فقط في اللاذقية بقيمة وصلت الى -2.08 .

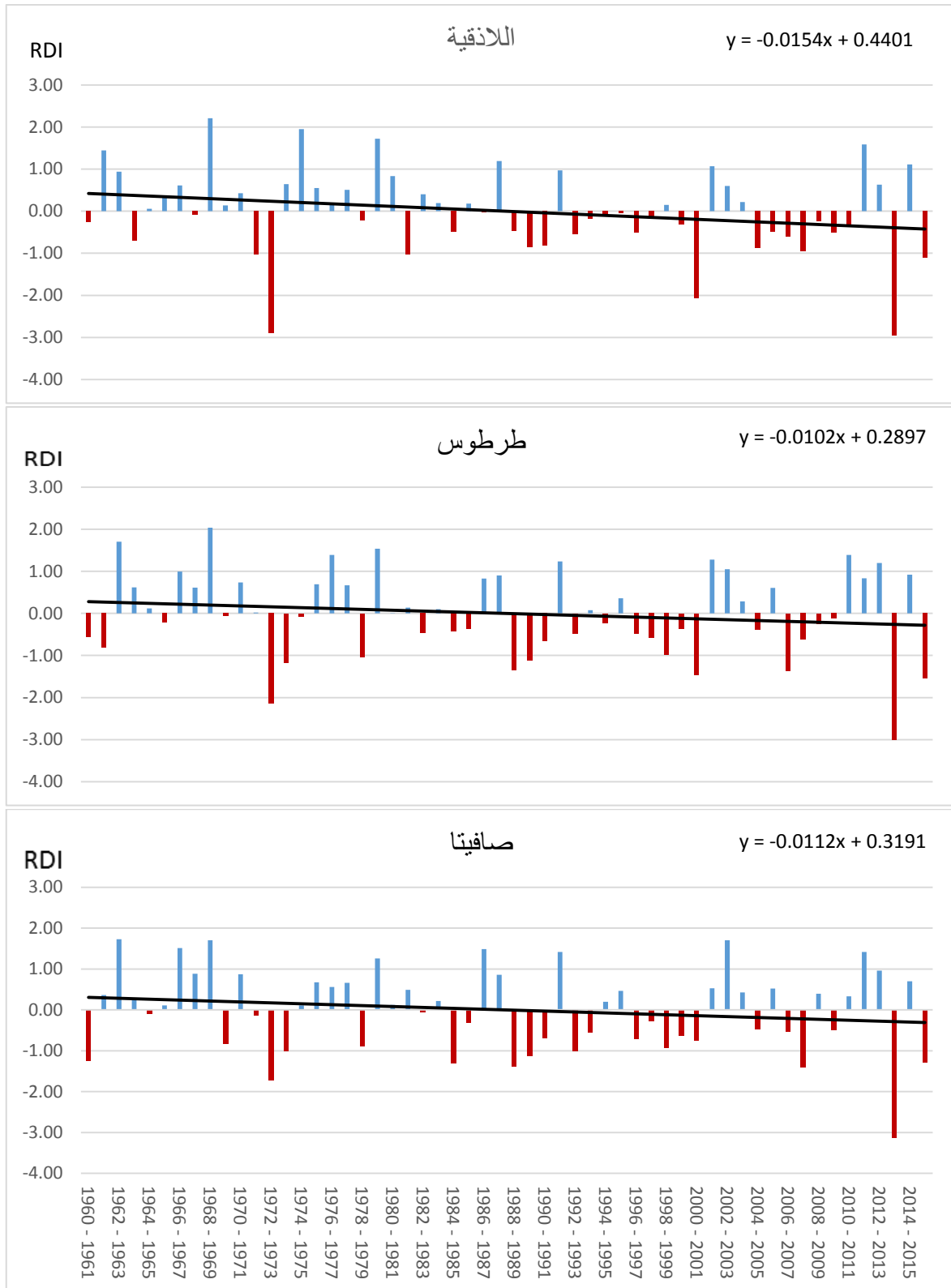
يتضح من تحليل السلاسل الزمنية لقيم المؤشر خلال المواسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2016 (الشكل 3 والجدول 2) وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة الجفاف السنوي في جميع المحطات إذ تناقصت قيم المؤشر بمقدار 0.154 و 0.102 و 0.112 لكل عقد في كل من اللاذقية وطرطوس وصافيتا على التوالي. وعلى الرغم من حدة التناقص فإن التغير لم يكن معنويا إلا في اللاذقية فقط.

إن تزايد شدة الجفاف السنوي ناتج عن تزايد شدة جفاف فصل الربيع والشتاء حيث كان التناقص في قيم مؤشر الجفاف معنويا خلال فصل الربيع في كل من طرطوس وصافيتا، في حين اقتصر التغير معنوية التغيرات الفصلية في اللاذقية على فصل الشتاء.

الجدول (2) اتجاه ومعنوية التغير في القيم الفصلية والسنوية لمؤشر RDI خلال الفترة 1960-2016 في المحطات الساحلية المدروسة

المحطة	الفترة	قيمة التغير لكل عقد	قيمة التغير لكامل الفترة	معنوية التغير
اللاذقية	الخريف	0.004	0.0224	-
	الشتاء	-0.156	-0.8736	+
	الربيع	-0.155	-0.868	-
	العام الهيدرولوجي	-0.154	-0.8624	*
طرطوس	الخريف	0.017	0.0952	-
	الشتاء	-0.105	-0.588	-
	الربيع	-0.149	-0.8344	+
	العام الهيدرولوجي	-0.102	-0.5712	-
صافيتا	الخريف	لا يوجد تغير	لا يوجد تغير	-
	الشتاء	-0.095	-0.532	-
	الربيع	-0.167	-0.9352	+
	العام الهيدرولوجي	-0.112	-0.6272	-

+ التغير معنوي عند مستوى 0.1 * التغير معنوي عند مستوى 0.05 - لا يوجد معنوية



الشكل (3) تغير القيم السنوية لمؤشر كشف الجفاف RDI في محطات اللاذقية وطرطوس وصافيتا خلال الفترة 1960-2016

3- التغيير في تكرار الجفاف في المحطات الساحلية المختارة:

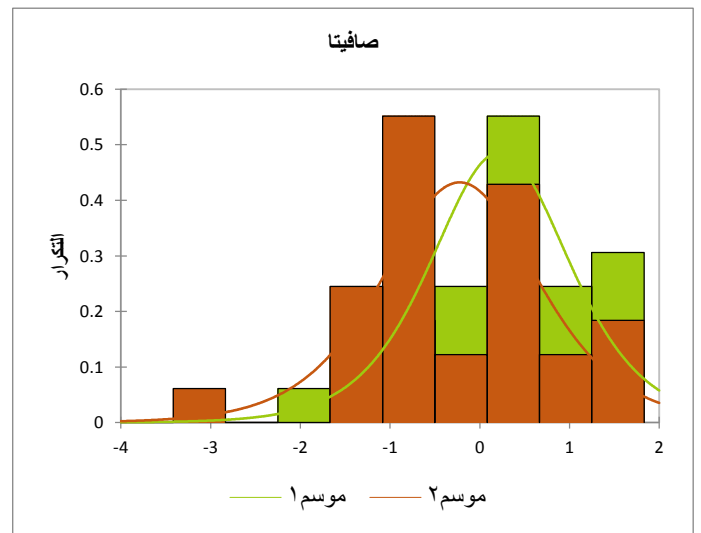
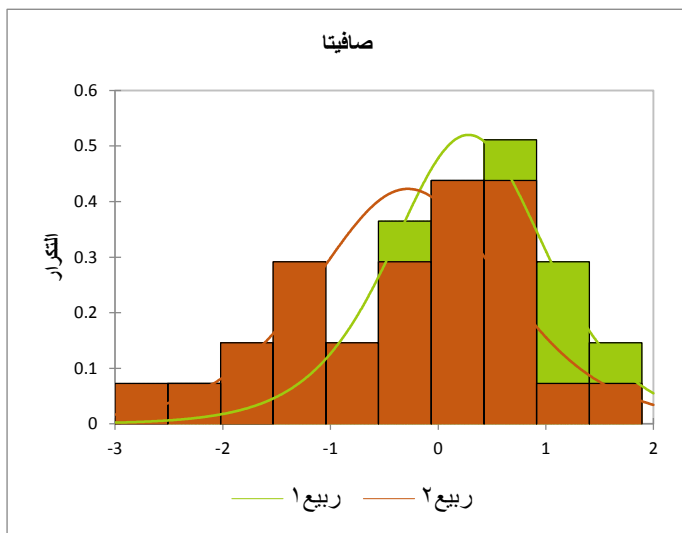
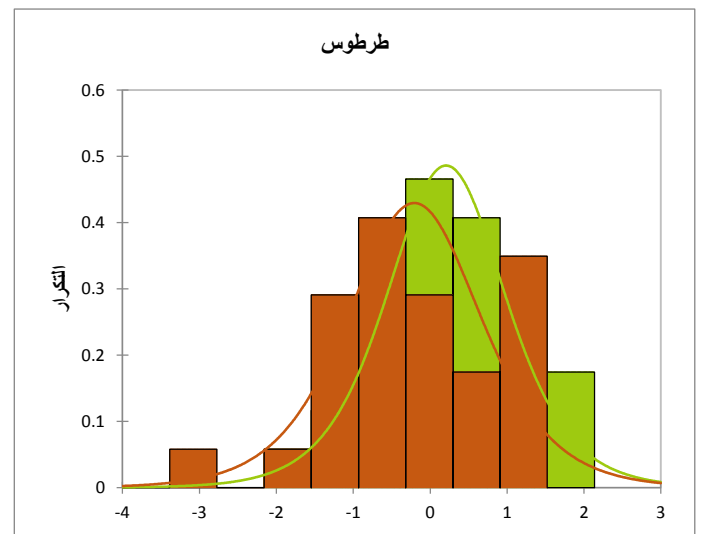
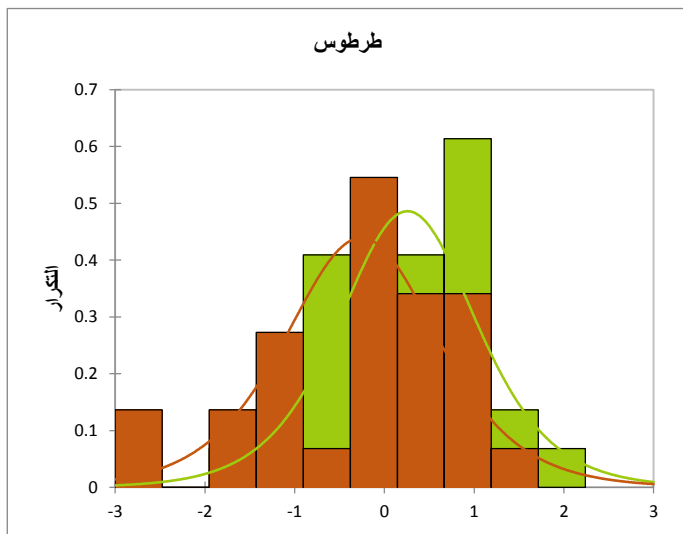
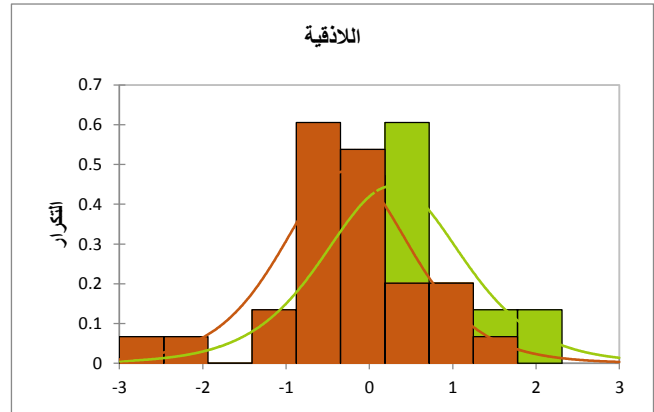
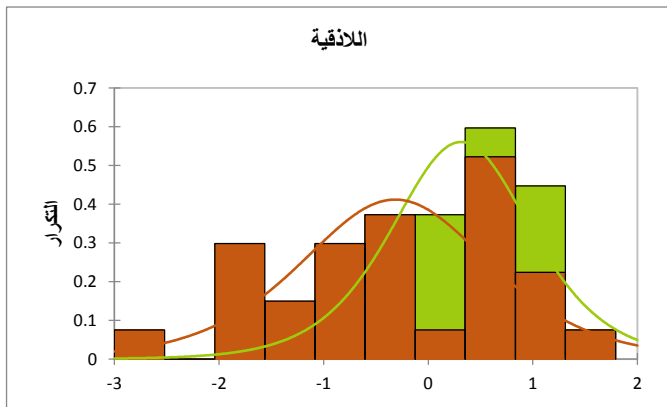
يلاحظ من الشكل(4) الاختلاف في تكرار الجفاف ضمن المجالات مختلفة الشدة خلال كل من فصل الربيع والموسم الماطر بين الفترة الاولى (1960-1988) و الفترة الثانية (1988-2016)، حيث نجد الانزياح الواضح في جميع المحطات نحو تزايد تكرار الجفاف الشديد والمتطرف الشدة مقابل تناقص تكرار المواسم الرطبة وشديدة الرطوبة خلال الفترة الثانية من الدراسة. عدا ذلك فقد تزايد تكرار المواسم القريبة من المعدل، والتي تمتلك قيم سلبية للمؤشر مقابل تناقص تكرار القيم الايجابية وهذا يؤكد على الانزياح نحو ظروف أكثر جفافا في المنطقة.

يظهر الشكل(5) صورة أكثر وضوحا لتغيير تكرار الجفاف ضمن المجالات مختلفة الشدة خلال الموسم الماطر، وذلك من خلال فرق التكرار لكل مجال بين الفترتين الاولى والثانية، حيث نلاحظ التزايد في تكرار الجفاف الخفيف في جميع المحطات مقابل تناقص تكرار المواسم القريبة من المعدل. كذلك فقد تزايد تكرار الجفاف الشديد في كل من طرطوس وصافيتا في حين ازاد تكرار الجفاف المعتدل والمتطرف الشدة في اللاذقية. بالمقابل نلاحظ التناقص الواضح في تكرار المواسم الرطبة ضمن مختلف المجالات.

يبين الشكل(6) التغيير الحاد في تكرار الجفاف خلال فصل الربيع، إذ نلاحظ أن تكرار الجفاف المعتدل والمتطرف الشدة تزايد في جميع المحطات. كذلك تزايد تكرار الجفاف الشديد في صافيتا وطرطوس والجفاف الخفيف في اللاذقية. بالمقابل فقد تناقص تكرار السنوات التي تميزت بربيع جيد الهطل إنما بدرجات متفاوتة بين المحطات المختلفة.

تشير النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة وبشكل واضح إلى التزايد الحاد في شدة وتكرار الجفاف في المنطقة الساحلية الأمر الذي يهدد استقرار النظم البيئية ويشكل عائقا أمام تطوير الانتاج الزراعي وإدارة الموارد المائية. تتفق نتائج هذا البحث مع الدراسات الشاملة لحوض البحر المتوسط والتي تؤكد على تزايد الجفاف في هذه المنطقة(Sousa *et al.*,2011;Spinioni *et al.*,2014) وتفسر هذه التغيرات بتأثير ارتفاع حرارة المحيطات في المناطق المدارية وفوق المدارية وما ينتج عن ذلك من اتساع في نطاقات الضغط المرتفع فوق المداري و ما يتبعه من تراجع في أعداد المنخفضات الجوية فوق المنطقة وتناقص كميات الهطل المتولدة في كل عاصفة مطرية(Black *et al.*,2010; Zappa *et al.*,2015).

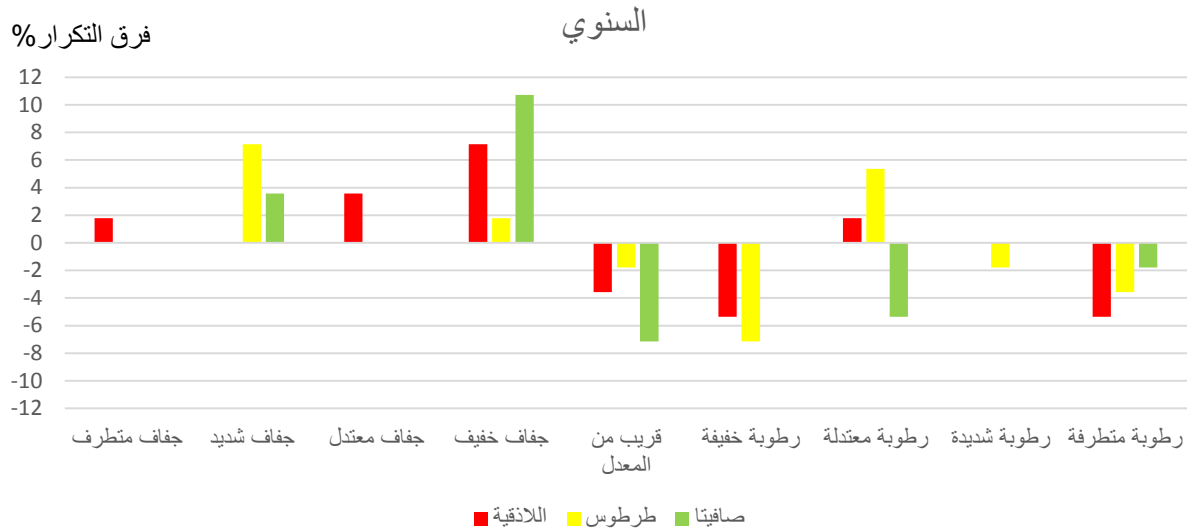
إن التغييرات الملاحظة في شدة وتكرار الجفاف سوف تؤدي الى تراجع وفرة الموارد المائية (García-Ruiz *et al.* 2011) وإلى تراجع التدفق في الجداول والانهار (Stoelzle *et al.*,2014; Feyen and Dankers.2009)، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة تلوث وتدهور هذه البيئات المائية الهامة(Vorosmarty *et al.*,2010;Lake.2011).



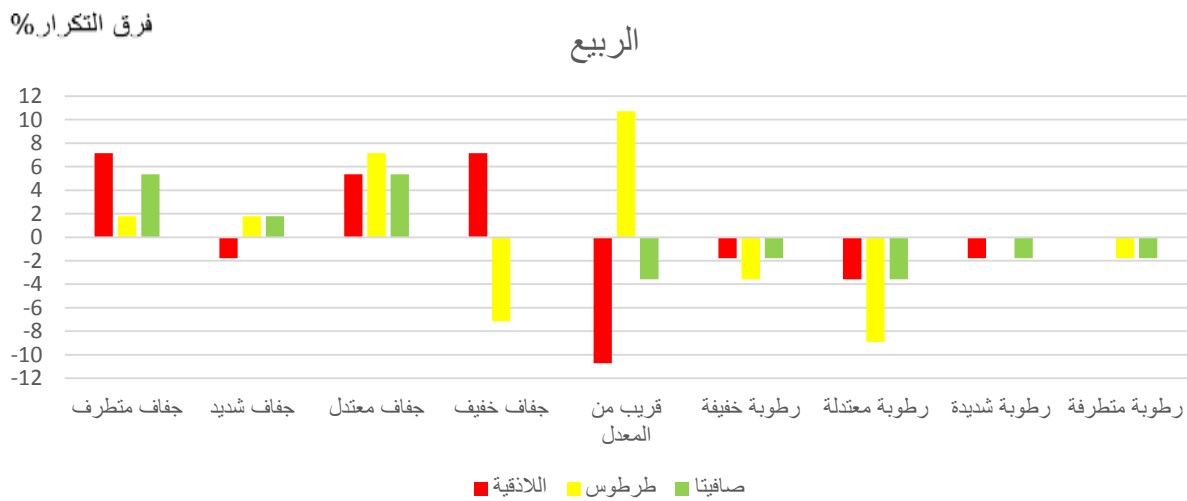
فترة ثانية

فترة أولى

الشكل (4) اختلاف التوزيع التكراري لكل من القيم السنوية وقيم فصل الربيع لمؤشر RDI بين الفترتين 1960-1988 و 1988-2016 في المحطات الساحلية المدروسة.



الشكل (5) التغير في نسبة تكرار السنوات الجافة والرطوبة ضمن المجالات المختلفة لمؤشر RDI بين الفترتين 1988-1960 و 1988-2016 في المحطات الساحلية المدروسة.



الشكل (6) التغير في نسبة تكرار الجفاف والرطوبة ضمن المجالات المختلفة لمؤشر RDI خلال فصل الربيع بين الفترتين 1960-1988 و 1988-2016 في المحطات الساحلية المدروسة.

إن تزايد شدة وتكرار الجفاف سواء خلال فصل الشتاء أو الربيع سوف يؤدي إلى تزايد احتمال حدوث موجات الحر خلال فصل الصيف الذي يلي المواسم الجافة (Vatuard *et al.*, 2007; Muller & Seneviratne, 2012; Whan *et al.*, 2015).

تعد أمطار الشتاء المصدر الرئيسي لدعم الموارد المائية في المناطق المتوسطة (Quadrelli *et al.*, 2001; Lionello and Giorgi 2007; Kelly *et al.*, 2012). لذلك فإن تزايد شدة الجفاف وتكراره خلال فصل الشتاء يمكن أن يؤثر بشكل واضح في وفرة الموارد المائية السطحية والجوفية في المنطقة (Rojas *et al.* 2013; Pedro-).

(Monzonis *et al.*,2015). كما أن تزايد العجز المائي بتأثير الجفاف سيكون له تأثيرات مباشرة في تراجع إنتاجية الزراعات البعلية وأهمها الزيتون (Moriana *et al.*,2003) وفي زيادة الحاجة للمياه وضرورة التبريد بعمليات الري بالنسبة للزراعات المروية وأهمها الحمضيات، وخصوصا إذا ترافق جفاف الشتاء بجفاف لاحق خلال الربيع. إن تزايد شدة جفاف فصل الربيع والذي يعد فصل النمو الاعظمي في المناطق المتوسطة سيكون له تأثيرات عميقة في الغطاء النباتي (Vicente Serrano *et al.*,2013;Zeppel *et al.*,2013)، من خلال التأثيرات المباشرة كتراجع انتاجية المزروعات (Zepper *et al.*,2016;Lesk *et al.*,2016)، والغابات (Pasho *et al.*,2013;Camarero *et al.*,2011)، وغير المباشرة كتعديل نظم الاضطراب مثل انتشار الحشرات والأمراض (Jactel *et al.*,2012;Andereg *et al.*,2015)، وتزايد خطر نشوب وانتشار حرائق الغابات (Westerling *et al.*,2006 ;Gudmundsen *et al.*,2014;Russo *et al.*,2017).

تحتاج الأشجار الحراجية إلى عدة سنوات للتعافي من تأثيرات الجفاف الحاد (Reyer *et al.*,2013) لذلك فإن التزايد في تكرار الجفاف يمكن أن يؤدي الى اضعاف الأشجار بشكل كبير وحدوث الموت في الكثير من الحالات (Camarero *et al.*,2015;Greenwood *et al.*,2017)، الأمر الذي قد يكون له عواقب بيئية وهيدرولوجية خطيرة في المنطقة (Adams *et al.*,2012).

إن هذه التأثيرات السلبية المختلفة لتغير خصائص الجفاف في المنطقة تتطلب وضع الإستراتيجيات المناسبة لمواجهة هذه الظاهرة بالشكل الذي يخفف من تأثيراتها السلبية الى أكبر حد ممكن وتتضمن هذه الاستراتيجيات مجموعة من الاجراءات أهمها زراعة الأصناف المقاومة للجفاف وتحسين تقنيات حصاد المياه اضافة الى اجراءات الري التكميلي في حال توفر المياه واتباع طرق الري الحديثة التي تقلل قدر الامكان من الهدر.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- 1- بينت نتائج البحث وجود تباين واضح في كميات الهطل على مستوى الفصول والمواسم الأمر الذي يزيد من احتمال حدوث الجفاف الفصلي والسنوي في المنطقة، وعلى الرغم من أن التباين في كميات التبخر نتج أقل وبشكل ملحوظ من الأمطار إلا أن ارتفاع القيم في بعض المواسم يمكن أن يزيد من شدة الجفاف ويعزز تأثيراته السلبية.
- 2- أظهرت نتائج البحث وجود تزايد حاد في شدة جفاف الموسم الماطر في المحطات الثلاث وذلك بسبب التزايد الواضح في شدة جفاف كل من الربيع والشتاء الأمر الذي يشكل تهديدا لوفرة الموارد المائية واستقرار النظم البيئية والزراعية.

- 3- أكدت النتائج وجود انزياح واضح نحو تزايد تكرار الجفاف في كل من الموسم الماطر وفصل الربيع خلال الفترة الثانية من الدراسة مع زيادة في تكرار الجفاف متطرف الشدة في جميع المحطات والذي يمكن أن ينعكس سلبا على النظم البيئية الحراجية وخصوصا في حال تكرار الجفاف قبل تعافي الأشجار من تأثيرات حوادث الجفاف السابقة.

التوصيات:

- 1- ضرورة التعمق في دراسة الجفاف وتأثيراته وخصوصا في الانتاج الزراعي من خلال الربط بين مؤشرات الجفاف ومؤشرات الاستشعار عن بعد، التي تسمح بدراسة هذه التأثيرات على نطاق واسع.

2- ضرورة وضع استراتيجيات بعيدة المدى لمواجهة خطر الجفاف والانتقال من مراقبة هذه الظاهرة إلى الاستعداد لمواجهةها من خلال الإدارة المثلى للموارد المائية والتخطيط الزراعي بالشكل الذي يخفف من التأثيرات السلبية للجفاف إلى أقل حد ممكن.

References:

1. Adams, H. D., Luce, C. H., Breshears, D. D., Allen, C. D., Weiler, M., , V. C Hale.A.,Smith, and Huxman, T. E. *Ecohydrological consequences of drought- and infestation-triggered tree die-off: Insights and hypotheses..* Ecohydrology, 2012.5, 145–159.
2. AghaKouchak, A., L. Cheng, O. Mazdiyasi, and A. Farahmand,: *Global warming and changes in risk of concurrent climate extremes: Insights from the 2014..California drought.* Geophys. Res. 2014.Lett., 41, 8847–8852.
3. Agnew,C.T. *Using the SPI to identify drought.* Drought Network News 2000.12:6–12
4. Anderegg, W.R.L., Hicke, J.A., Fisher, R.A., Allen, C.D., Aukema, J., Bentz, B., Hood, S., Lichstein, J.W., Macalady, A.K., McDowell, N., Pan, Y., Raffa, K., Sala, A., Shaw, J.D., Stephenson, N.L., Tague, C., Zeppel, M.,. *Tree mortality from drought, insects, and their interactions in a changing climate..*New Phytol. 2015.208, 674–683.
5. Arnell NW *Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios..*Glob Environ Chang 2004.14(1):31–52
6. Barlow, M., B. Zaitchik, S. Paz, E. Black, J. Evans, and A. Hoell,: *A review of drought in the Middle East and southwest Asia.* J. Climate, 2016.29.8547-8574.
7. Black E, Brayshaw DJ, Rambeau CMC *Past, present and future precipitation in the Middle East: insights from models and observations.* Philos Trans R Soc A 2010.368(1931):5173–5184.
8. Camarero, J., Manzanedo, R., Sanchez-Salguero, R., Navarro-Cerrillo, R., *Growth response to climate and drought change along an aridity gradient inthe southernmost Pinus nigra relict forests.* Ann. For. Sci. 2013.70, 769–780.
9. Camarero, J.J.; Gazol, A.; Sangüesa-Barreda, G.; Oliva, J.; Vicente-Serrano, S.M. :*To die or not to die: Early warnings of tree dieback in response to a severe drought.* J. Ecol., 2015.103, 44–57.
10. Cook BI, Smerdon JE, Seager R, Coats S *Global warming and twenty-first century drying.* Clim Dyn 2014.43: 2607–2627.
11. Dai. A. *Increasing drought under global warming in observations and models.* Nature Climate Change 2013.3(1):52.
12. Diffenbaugh NS, Giorgi F *Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble.* 2012.Clim Chang 114:813–822
13. Dunkeloh A and Jacobeit J *Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98 Int.* 2003.J. Climatol. 23 1843–66
14. Feyen, L. and Dankers, R.: *Impact of global warming on streamflow drought in Europe,* 2009.J. Geophys. Res., 114, D17116.
15. García-Ruiz, J.M.; López-Moreno, J.I.; Vicente-Serrano, S.M.; Lasanta-Martínez, T.; Beguería, S. *Mediterranean water resources in a global change scenario.* Earth Sci. Rev. 2011., 105, 121–139.

16. Giorgi, F., Coppola, E., and Raffaele, F.: *A consistent picture of the hydroclimatic response to global warming from multiple indices: Modeling and observations*, J. Geophys. Res., 119, 11695–11708.
17. Gosling S, Arnell N *A global assessment of the impact of climate change on water scarcity*. Clim Chang 2013.: 1–15.
18. Greenwood, S.; Ruiz-Benito, P.; Martínez-Vilalta, J.; Lloret, F.; Kitzberger, T.; Allen, C.D.; Fensham, R.; Laughlin, D.C.; Kattge, J.; Bönisch, G.; et al. *Tree mortality across biomes is promoted by drought intensity, lower wood density and higher specific leaf area*. Ecol. Lett. 20, 539–553.
19. Gudmundsson, L., F. Rego, M. Rocha, and S. I. Seneviratne, *Predicting above normal wildfire activity in southern Europe as a function of meteorological drought*. Environ. Res. Lett., 9, 084008.
20. 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, Paper No. 85-2517, 1985*.
21. Held I and Soden B: *Robust responses of the hydrological cycle to global warming* J. Clim. 2006.19 5686–99
22. Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., Pegion, P.: *On the increased frequency of Mediterranean drought*. J. Clim. 2012.. 25 (6), 2146–2161.
23. Jactel H, Petit J, Desprez-Loustau ML, Delzon S, Piou D, Battisti A, et al. *Drought effects on damage by forest insects and pathogens: 2012.a meta-analysis*. Glob Chang Biol. 2012. 18(1):267–76.
24. Kelley C, Ting M, Seager R and Kushnir Y *Mediterranean precipitation climatology, seasonal cycle, and trend as simulated by CMIP5* Geophys. Res. 2012.Lett. 39 L21703
25. Lake, S.: *Drought and Aquatic Ecosystems: effects and responses*, Wiley, Chichester, 2011.400 pp.
26. Lesk C, Rowhani ,P and Ramankutty,N: *Influence of extreme weather disasters on global crop production* Nature 2016.529 84–7.
27. Lionello P and Giorgi F *Winter precipitation and cyclones in the Mediterranean region: future climate scenarios in a regional simulation*. Adv. Geosci. 2007.12 153–8
28. Mariotti A, Zeng N, Yoon J-H, Artale V, Navarra A, Alpert P and Li L ZX: *Mediterranean water cycle changes: transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations* Environ. Res. 2008.Lett. 3 044001.
29. Moriana O, Orgaz F, Fereres E, Pastor M *Yield responses of a mature olive orchard to water deficits*. Journal of the American Society of Horticultural 2003.Science, 128,425–431.
30. Mueller, B., and S. I. Seneviratne, *Hot days induced by precipitation deficits at the global scale*. Proc.Natl.Acad. 2012.Sci. USA, 109, 12 398–12 403.
31. Nicault A, Alleaume S, Brewer S, Carrer M, Nola P, Guiot J. *Mediterranean drought fluctuation during the last 500 years based on tree-ring data*. Climate Dynamics 2008.; 31(2–3):227–245.
32. 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. 2011.151, 1800–1811.
33. Pedro-Monzonís 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 2015.; 527:482–93.

34. Pendergrass, A. G. and Hartmann, D. L.: *Changes in the distribution of rain frequency and intensity in response to global warming*, J.Climatol., 2014.27, 8372–8383.
35. Quadrelli R, Pavan Vand Molteni F: *Wintertime variability of Mediterranean precipitation and its links with large-scale circulation anomalies* Clim. Dyn. 2001.17 457–66
36. 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. 2013.19. 75-89.
37. Rojas M, Li L Z, Kanakidou M, Hatzianastassiou N, SezeGand Le TreuthH: *Winter weather regimes over the Mediterranean region: their role for the regional climate and projected changes in the twenty-first century* Clim. Dyn. 2013.41 551–71
38. Russo, A.; Gouveia, C.M.; Páscoa, P.; DaCamara, C.C.; Sousa, P.M.; Trigo, R.M.: *Assessing the role of drought events on wildfires in the Iberian Peninsula*. Agric. For. Meteorol., 2017.237, 50–59.
39. Seager, R., H. B. Liu, N. Henderson, I. Simpson, C. Kelley, T. Shaw, Y. Kushnir and M. F. Ting: *Causes of Increasing Aridification of the Mediterranean Region in Response to Rising Greenhouse Gases*. *Journal of Climate*, 2014.27(12), 4655-4676.
40. Sousa PM, Trigo RM, Aizpurua P et al. *Trends and extremes of drought indices throughout the 20th century in the Mediterranean*.: Natural Hazards and Earth Systems Sciences, 2011.11, 33–51.
41. Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P., Vogt, J.V.: *World drought frequency, duration, and severity for 1951–2010*. J. Climatol. 2014.34 (8), 2792–2804.
42. Stoelzle, M., Stahl, K., Morhard, A., and Weiler, M.: *Streamflow sensitivity to drought scenarios in catchments with different geology*, Geophys. 2014.Res. Lett., 41, 6174–6183.
43. Teuling AJ, Van LoonAF, Seneviratne SI, Lehner I, Aubinet M, Heinesch B, Bernhofer C, Grünwald T, Prasse H, Spank U: *Evapotranspiration amplifies European summer drought*. Geophys 2013.Res Lett 40(10):2071–2075
44. Trenberth, K. E.: *Changes in precipitation with climate change*, Clim. 2011.Res., 47, 123–138.
45. Tsakiris, G.; Pangalou, D.; Vangelis, H. *Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI)*. Water Resour. Manag. 2007, 21, 821–833.
46. Vautard, R., and Coauthors.: *Summertime European heat and drought waves induced by wintertime Mediterranean rainfall deficit*. Geophys. 2007.Res. Lett., 34, L07711.
47. Vicente-Serrano S.M., Gouveia C., Camarero J.J., Beguería S., Trigo R.M., López-Moreno J.I., Azorín-Molina C., Pasho E., Lorenzo-Lacruz J., Revuelto J, Morán-Tejeda E., Sanchez-Lorenzo A.: *Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013.110:52-57,.
48. 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. M: *Global threats to human water security and river biodiversity*, . Nature, 2010.467, 555–561.
49. Westerling, A.L.; Hidalgo, H.G.; Cayan, D.R.; Swetnam, T.W. *Warming and earlier spring increases western U.S. forest wildfire activity*. Science.2006. 313(5789): 940-943.

50. Whan, K., J. Zscheischler, R. Orth, M. Shongwe, M. Rahimi, E. O.Asare, and S. I. Seneviratne.,: *Impact of soil moisture on extreme maximum temperatures in Europe*. Wea. Climate Extremes, 2015. 9, 57–67.
51. Zappa G· Matthew K. Hawcroft ·Len Shaffrey · Emily Black · David J. Brayshaw. *Extratropical cyclones and the projected decline of winter Mediterranean precipitation in the CMIP5 models*. Clim Dyn 2015.45:1727–1738.
52. Zeppel,M, Wilks J, and Lewis, J *Impacts of extreme precipitation and seasonal changes in precipitation on plants* . Biogeosciences Discuss., 2013.10, 16645–16673, 2013
53. Zipper, S.C.; Qiu, J.; Kucharik, C.J.: *Drought effects on US maize and soybean production: Spatiotemporal patterns and historical changes*. Environ. 2016.Res. Lett. **2016**, 11, 094021.