

تحليل الجفاف في الحسكة والقامشلي خلال الفترة 1957-2012 باستخدام مؤشر انحرافات الهطل المعدل Modified rainfall anomaly index

د. ميشيل سكاف*

راما بركات**

(تاريخ الإيداع 9 / 3 / 2020. قبل للنشر في 28 / 9 / 2020)

□ ملخص □

يعد الجفاف أحد الظواهر الميئورولوجية غير الملائمة التي تؤثر سلبا في الموارد المائية والمزروعات والنظم البيئية. استخدمت قيم الهطل الشهرية لمحطتي الحسكة والقامشلي لتقدير الخصائص المكانية والزمنية للجفاف خلال الفترة 1957-2012 في منطقة الجزيرة التي تصنف كأحد أهم مناطق إنتاج الحبوب في سورية. تم استخدام مؤشر انحرافات الهطل المعدل Modified rainfall anomaly index لحساب شدة وتكرار الجفاف على مستوى الفصول والموسم الماطر. وقد استخدمت خطوط الاتجاه مع اختبار مان-كندال Mann Kendall test لتقدير اتجاه ومعنوية التغير، كما تم تحليل السلاسل الزمنية باختبار تايلور (Tylor2000) لتحديد فترة حدوث التغير. كذلك استخدمت المخططات النقطية Scattergram والتحليل الوصفي Descriptive analysis لتقدير التغير في تكرار الجفاف بين الفترتين 1958-1985 و 1985-2012.

أظهرت النتائج وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة جفاف الموسم الماطر نتيجة التناقص الحاد في قيم مؤشر الجفاف خلال فصلي الربيع (بمقدار -0.94 و-1.33) والشتاء (بمقدار -0.93 و-0.86) في الحسكة والقامشلي على التوالي. كذلك لوحظ وجود انزياح واضح نحو تزايد شدة وتكرار الجفاف منذ الموسم 1998-1999. هذه التغيرات سوف تشكل تحديا أمام إدارة الموارد المائية واستقرار الإنتاج الزراعي واستثمار المراعي الطبيعية وإعادة تأهيلها.

الكلمات المفتاحية: الجفاف-تغير المناخ-مؤشر انحرافات الهطل المعدل-سورية.

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

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

Drought analysis in Al-Hassaka and Al-Qamshli during the period 1957-2012 using modified rainfall anomaly index

Dr. Michael skaf*
Rama barakat**

(Received 9 / 3 / 2020. Accepted 28 / 9 / 2020)

□ ABSTRACT □

Drought is one of the most adverse meteorological phenomenon affecting water resources, agricultural production and natural ecosystems. Monthly rainfall data for two meteorological station (Al-Hassaka and Al-Qamshli) located in Syrian Aljazeera region were used to identify spatiotemporal characteristics of drought during the period 1957-2012 in this region which classified as the most important for cereals crops production. Modified rainfall anomaly index was applied to evaluate drought intensity and frequency at seasonal and annual time scale. Trends with mann-kendall test and point change analysis were used to detect changes in drought intensity and determine years of change. Scattergram with descriptive analysis were utilize for two period 1958-1985 and 1985-2012 to estimate changes in drought frequency. Results showed a significant changes in drought intensity during rainy season in both stations related to decreasing tendency in drought index values in spring (-0.94 , -1.33) and winter (-0.93 , -0.86) in Al-Hassaka and Al-Qamshli respectively. Distinct shift to more intense and frequent droughts was observed since 1998-1999. This changes well pose big challenges for water resources management, stability of agricultural production and rangelands exploitation and restoration.

Key words: Drought-Climate change-Modified rainfall anomaly index-Syria.

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

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

مقدمة

يتحدد التوزيع المكاني والزمني للموارد المائية بالنظام الهيدرولوجي Hydrological system الذي يعد الأكثر تغيراً خلال الزمن، وذلك بسبب الارتباط الوثيق بين مختلف العمليات الهيدرولوجية من حيث تبادل الطاقة بين الغلاف الجوي والمحيطات وسطح اليابسة (Trenberth *et al.*,2007 ; Seneveratne *et al.*,2010)، لذلك فقد أدى التغير في الخصائص الديناميكية والترموديناميكية للدورة الهيدرولوجية hydrological cycle بتأثير التسخين العالمي Global warming (Held and Soden,2006 ; Seager *et al.* 2010 ; Giorgi *et al.*,2014) إلى حدوث تغيرات واضحة في نماذج الهطل (Pendergrass and Hartman,2014 ; Fischer and Knutti,2016) وإلى تزايد شدة وتكرار الجفاف في الكثير من مناطق العالم (Dai *et al.*,2013 ; Spinioni *et al.*,2014) ومنها المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط (Spinioni *et al.*,2012 ; Hoerling *et al.*,2012 ; *al.*,2018).

يعد الجفاف ظاهرة طبيعية تتصف بسيادة ظروف تسبب نقص وفرة المياه عن معدلاتها الطبيعية خلال فترات زمنية طويلة نتيجة تراجع كميات الهطل، أو تزايد القدرة التخيرية للغلاف الجوي، أو اجتماع كلا الحدثين. وهو ظاهرة مؤقتة بعكس القحولة Aridity التي تعد صفة مناخية دائمة لمناطق جغرافية محددة تتميز بتدني معدلات الهطل وارتفاع معدلات التبخر نتج الكامن (Dai,2011 ; Whilite *et al.*,2014).

تختلف حوادث الجفاف عن بعضها من حيث الشدة Intensity والاستمرارية Duration والامتداد المكاني Areal extent (Halwatura *et al.*,2015) غير أن تأثيرات الجفاف لا تتحدد بأبعاد حادثة الجفاف فقط، بل ترتبط إلى حد كبير بحساسية النظم البيئية والاجتماعية تجاه هذه الظاهرة (Wihlita *et al.*,2007). ويكون لكل من التكرار Frequency وتوقيت حدوث الجفاف أهمية كبيرة بالنسبة لقدرة النظم البيئية على تحمل التأثيرات السلبية لهذه الظاهرة. يعد الجفاف السبب الرئيسي لتراجع حيز الكربون في مختلف النظم البيئية الأرضية (Schwalm *et al.*,2012 ; Lobell *et al.*,2016 ; Frank *et al.*,2015 ; Xiao *et al.*,2016). لذلك فهو يسبب خسائر فادحة للإنتاج الزراعي (Pasho *et al.*,2017 ; Araujo *et al.*,2016 ; Meng *et al.*,2016 ; *al.*,2011) والغابات (Haddad *et al.*,2002 ; Sala *et al.*,2018) والمراعي الطبيعية (Camarero *et al.*,2011 ; *al.*,2012) ويكون للجفاف دور بالغ الأهمية في تدهور الغطاء النباتي وتصحر المناطق القاحلة تحت ظروف سوء الإدارة واجتماع حوادث الجفاف مع الرعي الجائر (Vicente Serrano *et al.*,2012 ; Gouvia *et al.*,2016). يتوقع أن تزداد شدة الجفاف واستمراريته وتكراره خلال العقود القادمة في الكثير من مناطق العالم (Cook *et al.*,2016 ; Donat *et al.*,2014 ; Prudhomme *et al.*,2014 ; *al.*,2014) ومنها المناطق المحيطة بحوض المتوسط (Orlowsky and seneviratne,2013 ; Spinioni *et al.*,2018) الأمر الذي يهدد استقرار الإنتاج الزراعي والنظم البيئية الطبيعية في المنطقة ويخلق ظروفاً أكثر قسوة بسبب نقص الموارد المائية.

يتضح من كل ما تقدم أهمية تقدير التغير في الخصائص المكانية والزمانية للجفاف من أجل التخطيط الزراعي الأمثل لمواجهته والاستعداد لتخفيف تأثيراته السلبية في المستقبل. لذلك تركزت أهداف البحث على دراسة التغير في كل من شدة وتكرار الجفاف الفصلي والسنوي في محطتي الحسكة والقامشلي في منطقة الجزيرة السورية، حيث تنتشر أهم

الزراعات الاقتصادية للحبوب في سورية، خلال فترة زمنية طويلة تمتد من عام 1957 حتى عام 2012 مع تحديد فترة حدوث التغير.

طرائق البحث ومواده:

استخدمت لإنجاز البحث قيم الهطل الشهرية لمحطتي الحسكة والقامشلي لفترة رصد امتدت من عام 1957 حتى عام 2012 والجدول (1) يبين احداثيات المحطتين.

الجدول (1) احداثيات المحطات المختارة في الدراسة وتصنيفها المناخي (عن بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية).

المحطة	الارتفاع عن سطح البحر (م)	خط الطول	خط العرض	التصنيف المناخي
الحسكة	300	40° 45'	36° 30'	جافة
القامشلي	467	41° 13'	37° 03'	شبه جافة

تم استخدام مخططات الصندوق Box plot لدراسة أهم الخصائص الإحصائية لكميات الهطل الفصلية والسنوية. وتم حساب معامل التباين Coefficient of variation (Cv%) لكل فترة.

استخدم مؤشر انحراف الهطل المعدل Modified rainfall anomaly index (mRAI) (Hansel *et al.*, 2015) من أجل تقدير شدة الجفاف الفصلي والسنوي في موقعي الدراسة:

$$mRAI_i = \pm 1.7 \cdot |P_i - \bar{P}| / |\bar{E} - \bar{P}|$$

حيث:

P_i : كمية الهطل خلال الفترة المدروسة (شهر-فصل-موسم ماطر....).

\bar{P} : قيمة الوسيط لسلسلة الهطل خلال الفترة المدروسة.

\bar{E} : متوسط أعلى وأدنى القيم التي تمثل 10% من أعلى وأدنى كميات هطل في السلسلة حيث تؤخذ أدنى 10% في حال كانت قيمة الهطل اعلى من الوسيط.

تأخذ العلاقة الإشارة الموجبة في حال كانت كمية الهطل للفترة المدروسة اكبر من الوسيط، في حين تأخذ العلاقة الإشارة السالبة في حال كانت كمية الهطل للفترة المدروسة اصغر من الوسيط.

وقد تم استخدام الحدود المقترحة من قبل Agnew عام 2000 للمؤشرات القياسية والتي تحدد شدة الجفاف أو الرطوبة تبعاً للمجالات التالية:

التصنيف	قيمة المؤشر
جفاف متطرف	> -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	0.5 حتى 0.84
رطوبة معتدلة	0.84 حتى 1.28
رطوبة شديدة	1.28 حتى 1.65
رطوبة متطرفة	1.65 <

تم تقدير اتجاه ومقدار التغير في قيم مؤشر الجفاف باستخدام خطوط الاتجاه Trends وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار مان كندال Mann-Kendall test (Kendall, 1975).

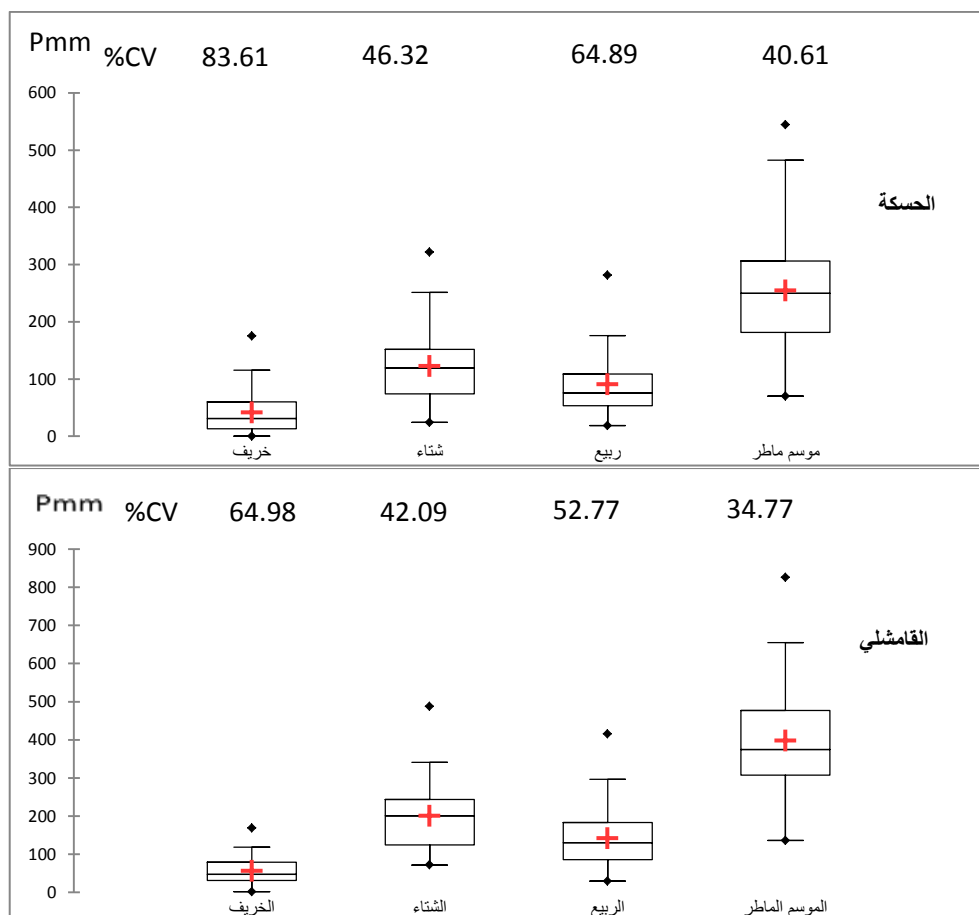
تم تحديد فترة حدوث التغير Point of change من خلال الدمج بين مفهوم المجموع التراكمي Cumulative sum والمقارنة Bootstrapping (Taylor, 2000) لتحديد فيما إذا كان هناك تغير في السلسلة الزمنية لقيم المؤشر الفصلية والسببية وفترة حدوثه مع مستوى الثقة.

تم حساب تكرار الجفاف الفصلي والسنوي ضمن المجالات المختلفة الشدة، وتم تقدير التغير في تكرار الجفاف السنوي والرابعي بتقسيم السلسلة الزمنية لقيم المؤشر الى فترتين متساويتين الأولى من عام 1958 حتى عام 1985 والثانية من عام 1985 حتى عام 2012 وتحديد الخصائص الإحصائية لكل سلسلة باستخدام المخططات النقطية (Scattergrams) ومن ثم مقارنة هذه الخصائص للفترات التي ثبت فيها حدوث تغير معنوي.

1- الخصائص العامة لهطولات الحسكة والقامشلي:

يبين الشكل (1) أهم الخصائص الإحصائية لهطولات الفصول والموسم الماطر في محطتي الحسكة والقامشلي، ومنه نلاحظ أن كميات الهطل في القامشلي أعلى وبشكل ملحوظ مما هي عليه في الحسكة، إذ يبلغ معدل الهطل 397مم في القامشلي مقابل 254مم في الحسكة. وهنا نلاحظ في كلا المحطتين أن فصل الشتاء يمتلك الحصة الأكبر من هطولات الموسم الماطر يليه فصل الربيع الذي يزيد معدل هطولاته عن ضعف معدل الخريف، الأمر الذي يمتلك أهمية كبيرة بالنسبة لإنتاج محاصيل الحبوب في هذه المنطقة، إذ إن بداية الربيع تتوافق مع الفترة الحرجة بالنسبة لاحتياجات كل من القمح والشعير للماء وهي مرحلة استطالة الساق - الإنبال.

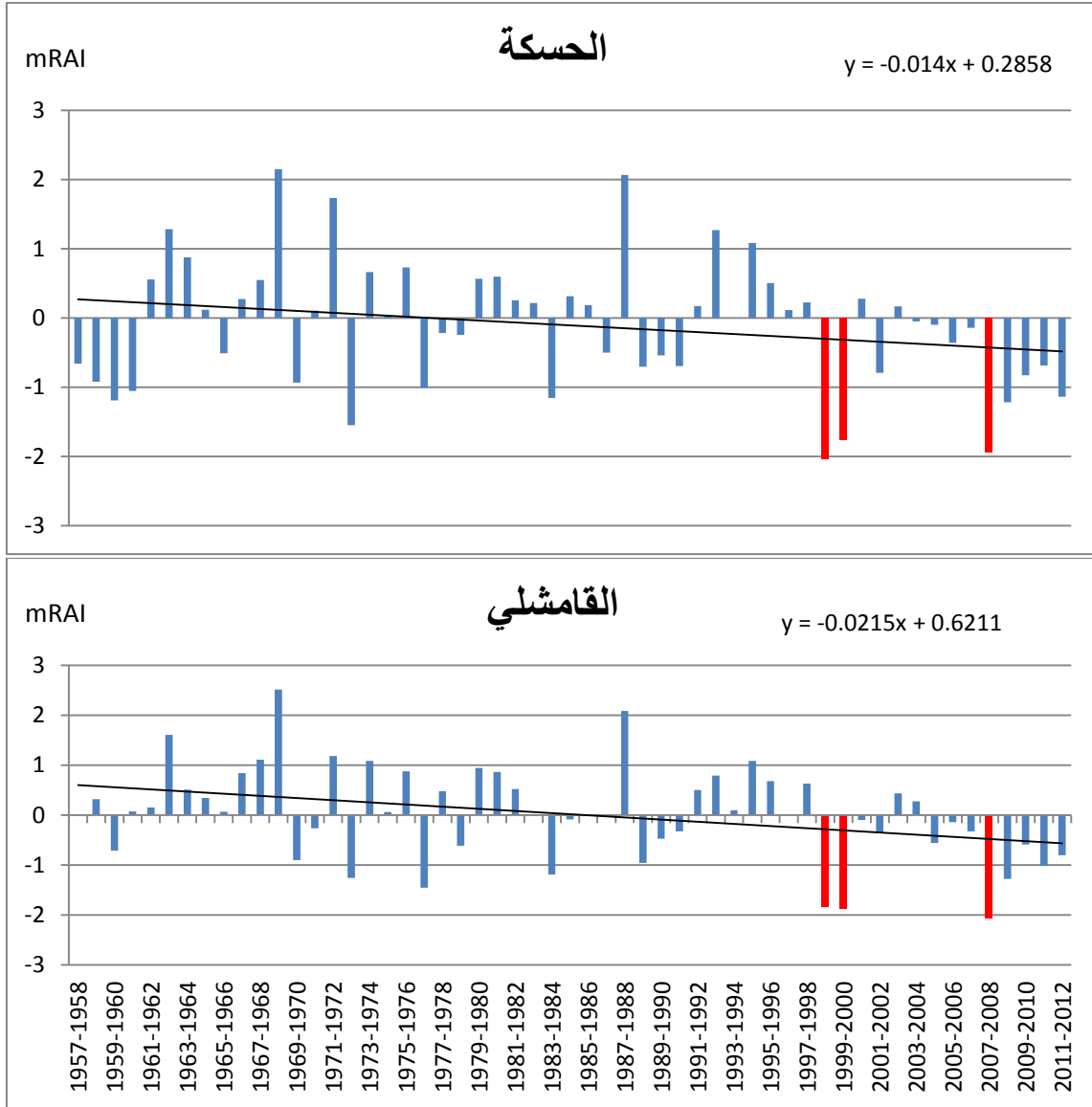
يلاحظ من الشكل (1) أيضاً وجود تباين كبير في كميات الهطل على مستوى المواسم والفصول، والذي يظهر من خلال أعلى وأدنى قيمة، إضافة إلى عدم انتظام توزع الهطل والذي يظهر من اختلاف قيمة المتوسط والوسيط وابتعاد أكبر وأدنى القيم عن معدلاتها. وعلى الرغم من أن قيمة معامل التباين لفصل الشتاء أقل مما هي عليه في الربيع والخريف، إلا أنها مرتفعة للغاية وتزيد عن 46% في الحسكة و42% في القامشلي، مما ينعكس بشكل واضح على التباين الكبير بين المواسم والذي يزيد عن 34% في القامشلي و 40% في الحسكة.



الشكل (1) الخصائص الإحصائية لهطول الفصول والموسم الماطر في محطتي القامشلي والحسكة خلال الفترة 1957-2012.

2- تغير شدة الجفاف الفصلي والسنوي في محطتي الحسكة والقامشلي:

يبين الشكل (2) تغير قيم مؤشر mRAI السنوية في محطتي الحسكة والقامشلي خلال الفترة 1957-2012 ومنه يتضح أن الجفاف يتكرر بشكل ملحوظ في المنطقة وخصوصاً خلال السنوات الأخيرة، وقد كانت أشد المواسم جفافاً في الحسكة الموسم 1998-1999 حيث انخفضت قيمة المؤشر إلى أقل من -2 تلاه كل من الموسمين 2007-2008 و 1999-2000 بقيمة وصلت إلى -1.49 و -1.75 على التوالي. أما في القامشلي فقد كان أشد المواسم جفافاً الموسم 2007-2008 حيث تجاوزت قيمة المؤشر -2 تلاه كل من الموسم 1999-2000 و 1998-1999 بقيمة وصلت إلى -1.87 و -1.89 على التوالي. بالمقابل يتبين أن أفضل المواسم من حيث التوفر الرطوبي كان الموسم 1968-1969 في كلا المحطتين حيث ارتفعت قيمة المؤشر إلى 2.51 في القامشلي و 2.14 في الحسكة تلاه الموسم 1987-1988 والذي تجاوزت فيه قيمة المؤشر +2 في كلا المحطتين بشكل متقارب. من جهة أخرى يلاحظ من الشكل (2) أن الجفاف يمكن أن يتكرر لمواسم متتالية كما حدث خلال العقدين الأخيرين وقد يكون متطرف الشدة كما هو الحال في الموسمين 1998-1999 و 1999-2000. كذلك نلاحظ غياب المواسم جيدة الهطل خلال السنوات الأخيرة في منطقة الدراسة مع تزايد واضح في تكرار الجفاف بشداته المختلفة.



الشكل(2)تغير قيم مؤشر انحرافات الهطل المعدل mRAI المحسوب للمواسم الممتدة من عام 1957 حتى عام 2012 مع الاتجاه العام للتغير.

يتبين من الشكل(2) والجدول(2) وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة الجفاف السنوي في منطقة الدراسة والذي يظهر من خلال التناقص الملحوظ والمعنوي في قيمة مؤشر الجفاف في كلا المحطتين، مع ملاحظة أن هذا التناقص كان أكبر وأكثر حدة في القامشلي ويعود ذلك الى التناقص الحاد والمعنوي في فصل الربيع والتناقص الأقل حدة في فصل الشتاء. أما في الحسكة فقد كان التناقص حادا ومعنويا في كل من فصلي الربيع والشتاء. وعلى الرغم من التزايد غير المعنوي في قيمة مؤشر الجفاف خلال فصل الخريف في الحسكة فإن هذه الزيادة لا توازي التناقص الحاد لكلا الفصلين.

الجدول (2) اتجاه وقيمة التغير في القيم الفصلية والسنوية لمؤشر mRAI في القامشلي والحسكة خلال الفترة 1957-2012

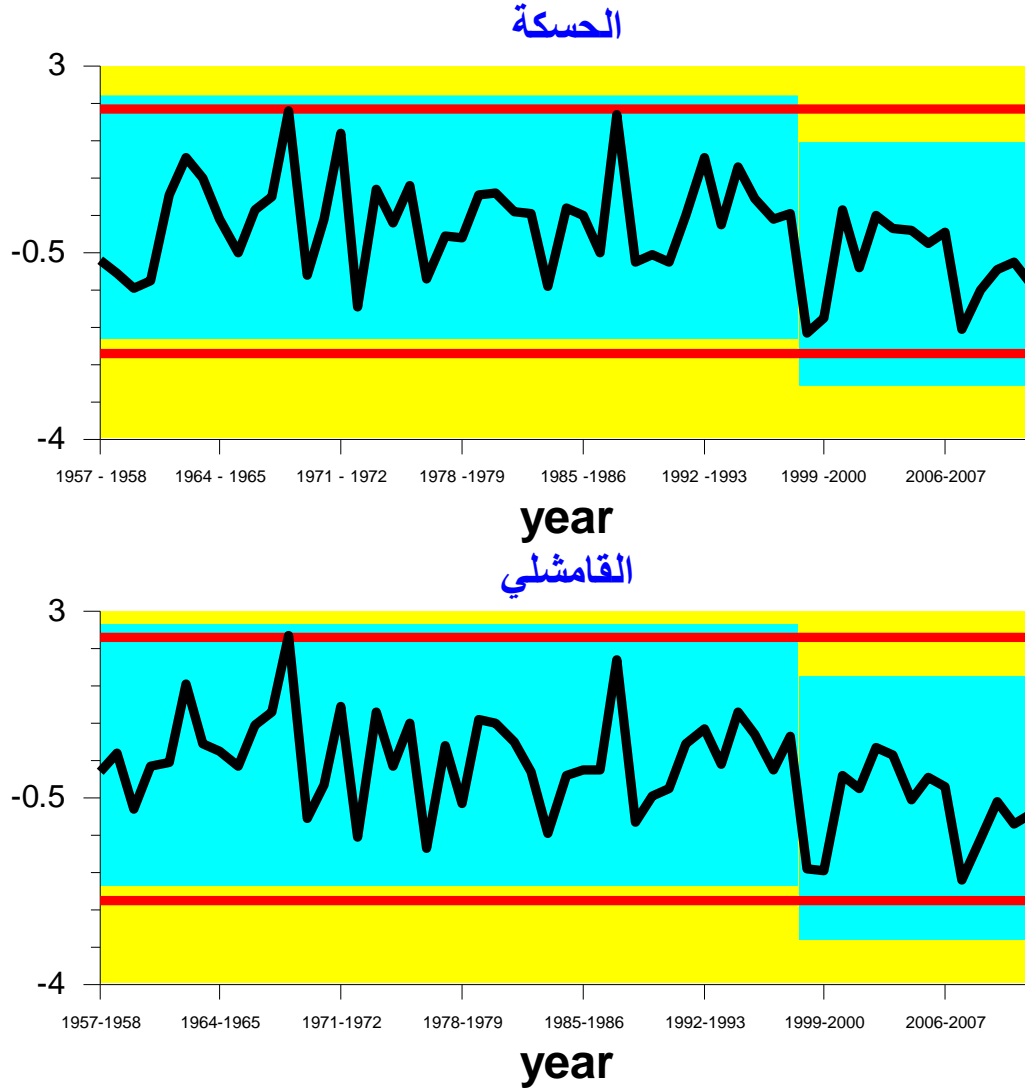
المحطة	الفترة	التغير لكل عقد	التغير لكامل الفترة	المعنوية
القامشلي	خريف	-0.074	-0.407	
	شتاء	-0.158	-0.869	
	ربيع	-0.242	-1.331	**
	سنوي	-0.215	-1.1825	**
الحسكة	خريف	0.094	0.517	
	شتاء	-0.17	-0.935	+
	ربيع	-0.172	-0.946	*
	سنوي	-0.14	-0.77	*

+ التغير معنوي عند مستوى 0.1 * التغير معنوي عند مستوى 0.05 ** التغير معنوي عند مستوى 0.01 يظهر الشكل (3) فترة حدوث التغير في القيم السنوية لمؤشر الجفاف في كلا المحطتين ومنه يتضح أن الانزياح نحو ظروف أشد جفافاً بدأ خلال الموسم 1998-1999، والذي كان متطرفاً في شدة جفافه، تلتها مجموعة من المواسم الجافة كان أشدها قسوة 1999-2000 و 2007-2008. ويلاحظ أن مقدار التغير في قيمة مؤشر الجفاف متشابهة في كلا المحطتين كما هو موضح في الجدول (3) إلا أن مستوى الثقة كان أعلى نسبياً في الحسكة.

الجدول (3) فترات حدوث الانزياح في قيم مؤشر الجفاف mRAI

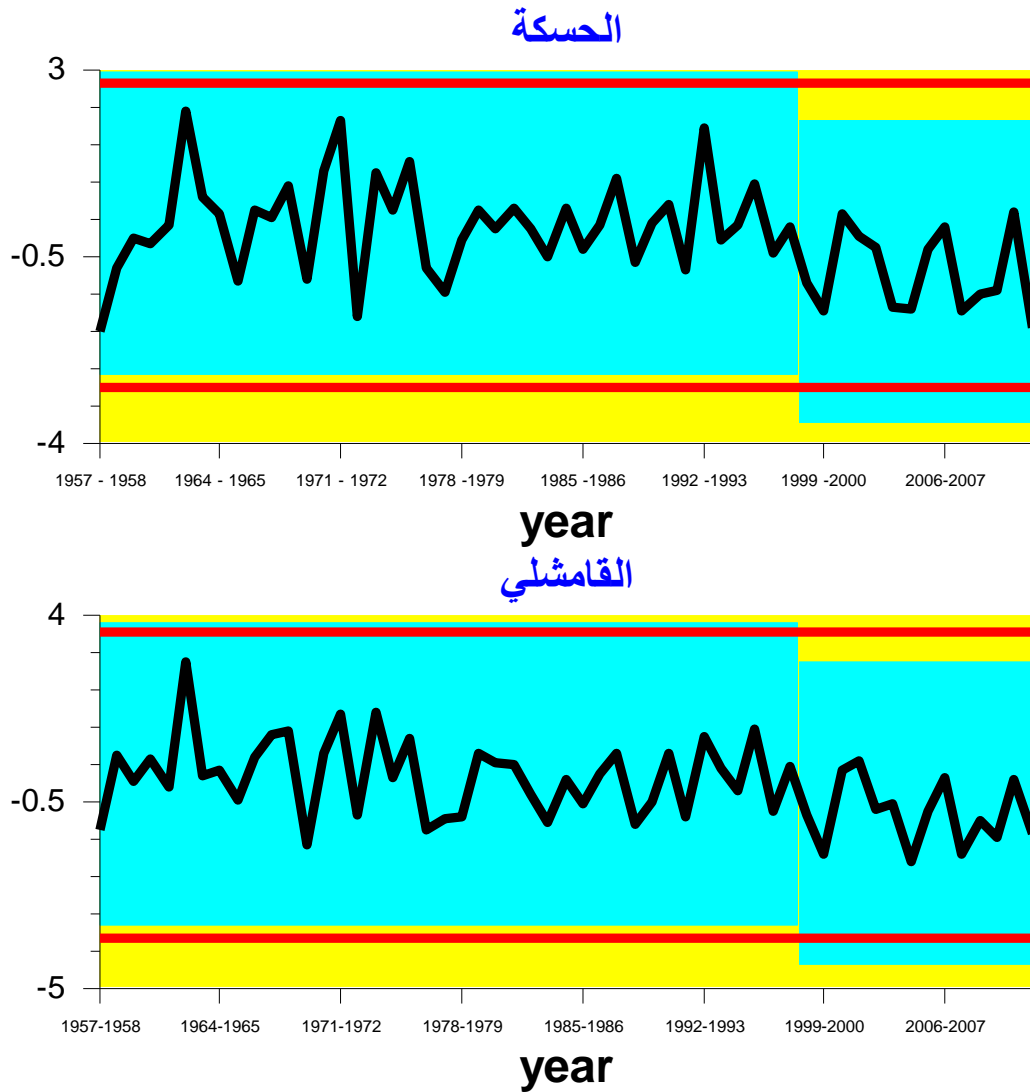
لكل من الربيع والموسم الماطر في الحسكة والقامشلي خلال الفترة 1957-2012.

المحطة	الفترة	نقطة التغير	مستوى الثقة	من	الى	مستوى التغير
الحسكة	الربيع	1999-1998	100%	0.1045	-0.82114	1
	السنوي	1999-1998	100%	0.11678	-0.75648	4
القامشلي	الربيع	1999-1998	95%	0.12486	-0.80286	1
	السنوي	1999-1998	94%	0.27265	-0.72849	4



الشكل (3) فترات حدوث التغير في القيم السنوية لمؤشر mRAI المحسوب للفترة 1957-2012 في الحسكة والقامشلي.

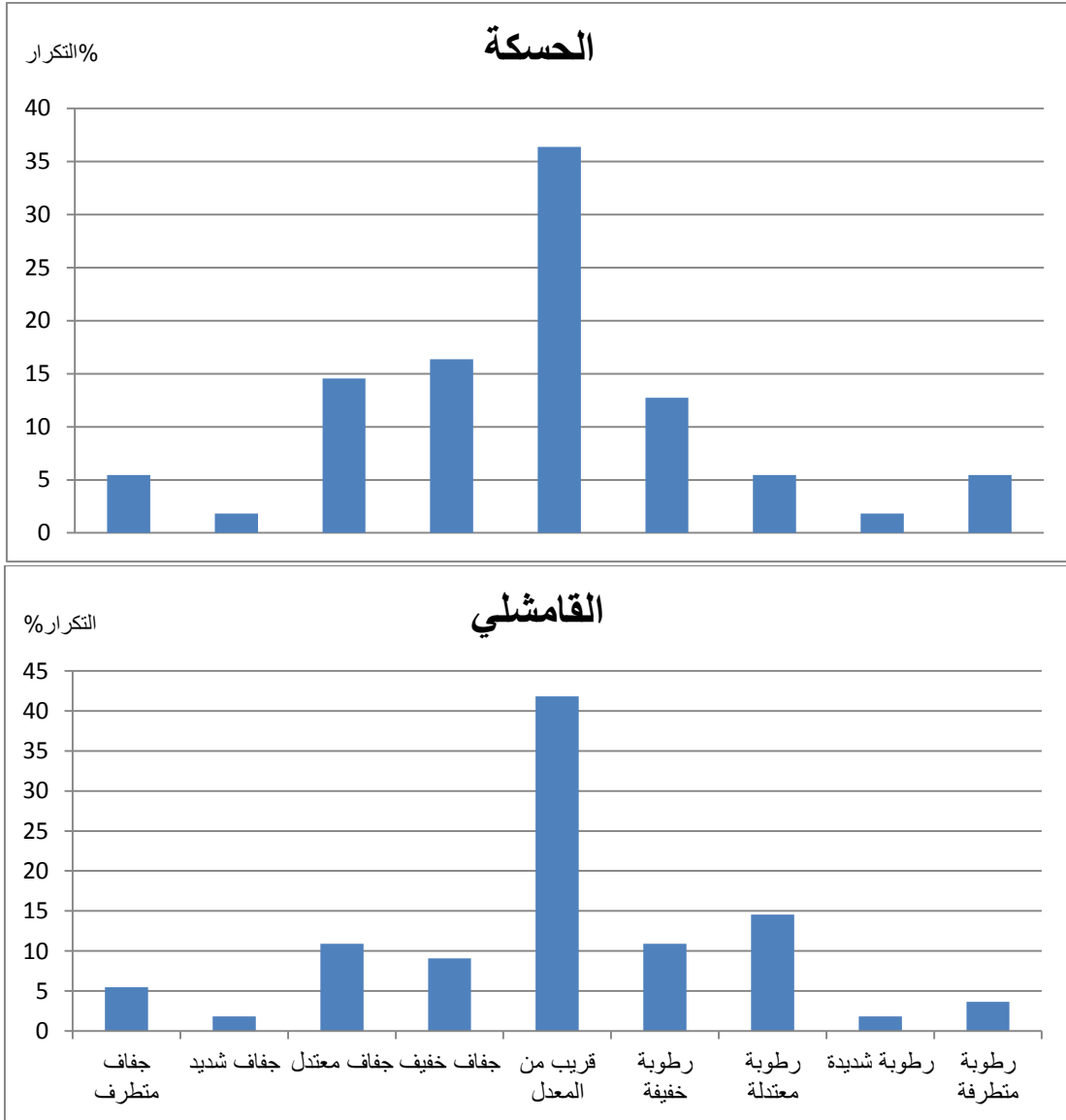
إن هذا الانزياح في القيم السنوية لمؤشر الجفاف ناتج عن التغير الحاد خلال فصل الربيع والذي حدث خلال الموسم 1999-1998 كما هو مبين في الشكل (4) والجدول (3) حيث انزلت قيمة مؤشر الجفاف بنفس الوتيرة في كلا المحطتين من 0.1 + إلى -0.8 وبمستوى ثقة مرتفع بلغ 95% في القامشلي و 100% في الحسكة.



الشكل (4) فترات حدوث التغير في قيم مؤشر mRAI المحسوبة لفصل الربيع خلال الفترة 1957 - 2012 في الحسكة والقامشلي

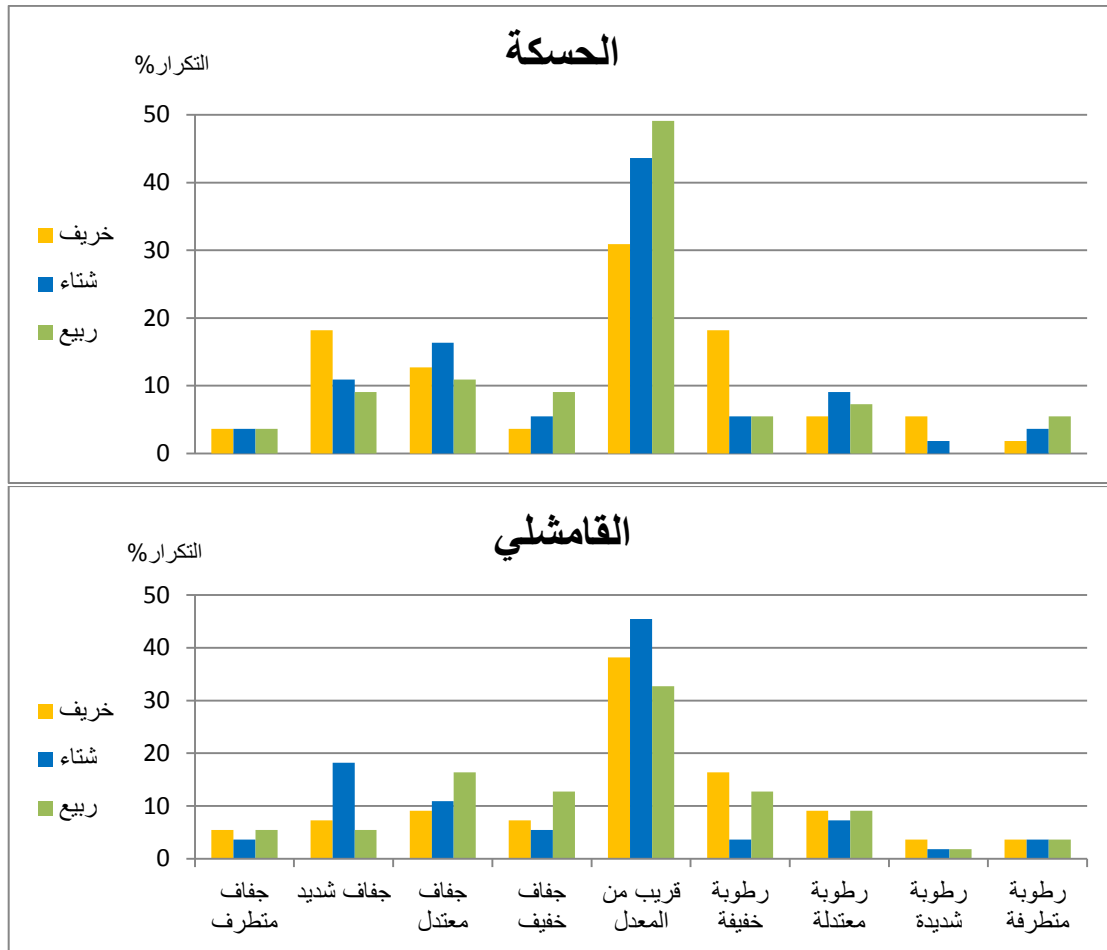
3- تكرار الجفاف الفصلي والسنوي وتغيراته في محطتي الحسكة والقامشلي:

يتضح من الشكل (5) أن الجفاف يتكرر في كلتا المحطتين بشكل ملحوظ غير أن نسبة تكراره ضمن المجالات مختلفة الشدة في الحسكة (38%) تزيد بحوالي 11% عن ما هي عليه في القامشلي (27%)، أما نسبة السنوات القريبة من المعدل فهي أعلى في القامشلي وتزيد عن 41% مقابل حوالي 36% في الحسكة لكن الملاحظ أن نسبة تكرار الجفاف الشديد والمتطرف الشدة متساو في كلا المحطتين. من جهة أخرى نلاحظ أن نسبة تكرار السنوات الأعلى من المعدل تزيد وبشكل واضح في القامشلي عن ما هي عليه في الحسكة مما يسمح بالحصول على مستوى أعلى من انتاجية الحبوب في حال كان توزع الهطل موافقا للفترات الحرجة بالنسبة لاحتياجات النبات من الماء.



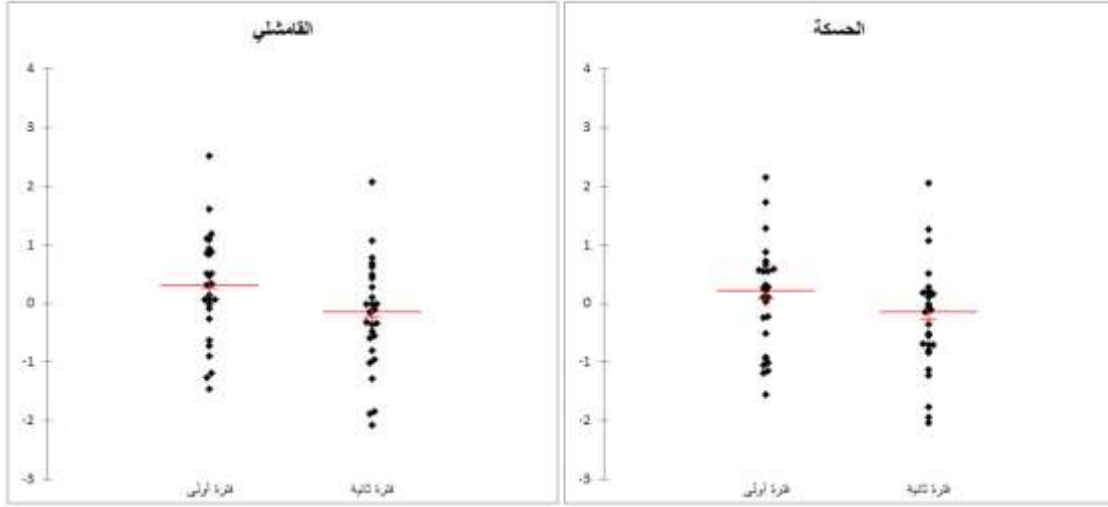
الشكل (5) نسبة تكرار السنوات الجافة والرطبة ضمن المجالات مختلفة الشدة تبعاً لمؤشر mRAI لكل من الحسكة والقامشلي خلال الفترة 2012-1957.

إن نسب التكرار المرتفعة للجفاف السنوي ناتجة عن التكرار الملحوظ خلال جميع الفصول بما فيها فصل الشتاء كما هو مبين في الشكل (6). حيث يلاحظ تكرار الجفاف الشديد والمتوسط الشدة بشكل واضح. لكن بالمقابل نلاحظ وجود نسبة كبيرة لتكرار السنوات القريبة من المعدل خلال فصل الشتاء في كلا المحطتين والتي بلغت 43.6% في الحسكة و 45.4% في القامشلي. ويكون لهذا أهمية كبيرة إذا أخذنا بعين الاعتبار تركيز معظم كميات الهطل خلال هذا الفصل في المناطق المتوسطة، ودور هذه الهطولات في إغناء مخزون التربة من الماء المتاح نظراً لتدني درجات الحرارة خلال هذه الفترة من العام وبالتالي تناقص معدلات التبخر نتج الكامن. من جهة أخرى نلاحظ ارتفاع نسبة تكرار السنوات القريبة من المعدل خلال فصل الربيع في الحسكة (49%) بالمقارنة مع القامشلي (32.7%). وهذا يمكن أن يعوض النقص في معدل هطولات الحسكة بالمقارنة مع القامشلي بالنسبة لنجاح زراعة الحبوب.



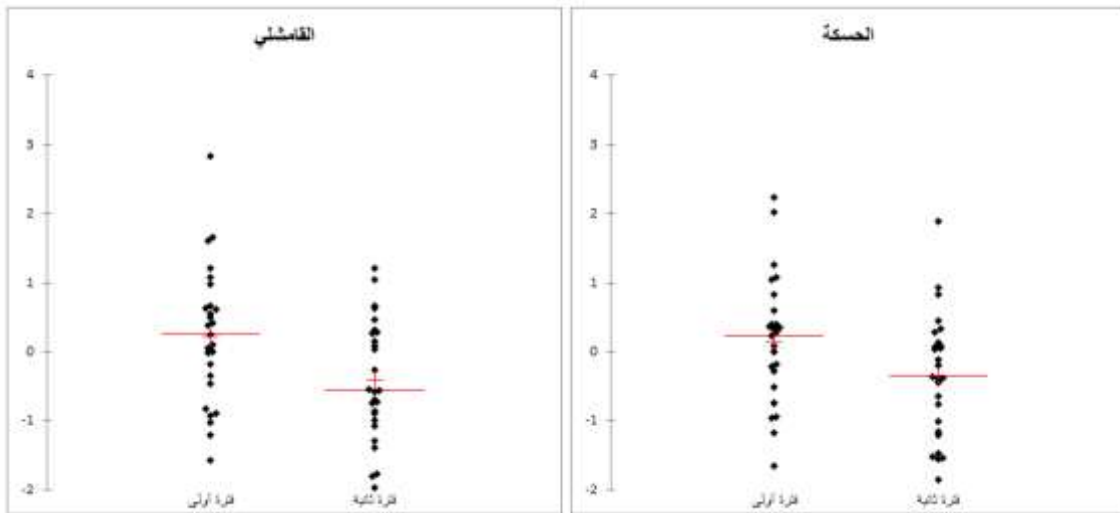
الشكل (6) نسبة تكرار الجفاف الفصلي في محطتي الحسكة والقامشلي ضمن المجالات مختلفة الشدة لمؤشر mRAI المحسوب للفترة 2012-1957

يبين الشكل (7) الاختلاف الواضح في الخصائص الإحصائية للقيم السنوية لمؤشر الجفاف بين الفترتين 1985-1958 و 2012-1985 ، إذ يلاحظ الانزياح الواضح نحو تزايد تكرار المواسم الأشد جفافاً خلال الفترة الثانية. فقد تغيرت قيمة المتوسط في الحسكة بين الفترتين الأولى والثانية من 0.084 الى -0.27 وفي القامشلي من 0.26 الى -0.22. كذلك تغيرت قيمة الوسيط في الحسكة من 0.21 الى -0.14 وفي القامشلي من 0.32 الى -0.13. عدا ذلك يلاحظ التغير في قيم الجفاف الشديد والمتطرف الشدة والتي تزايدت خلال الفترة الثانية من الدراسة، حيث أن قيمة المؤشر لأشد المواسم جفافاً في الحسكة خلال الفترة الأولى كانت -1.54 في حين وصلت هذه القيمة خلال الفترة الثانية الى -2.03. أما في القامشلي فقد كانت قيمة المؤشر لأشد المواسم جفافاً خلال الفترة الأولى -1.45 مقابل -2.06 خلال الفترة الثانية.



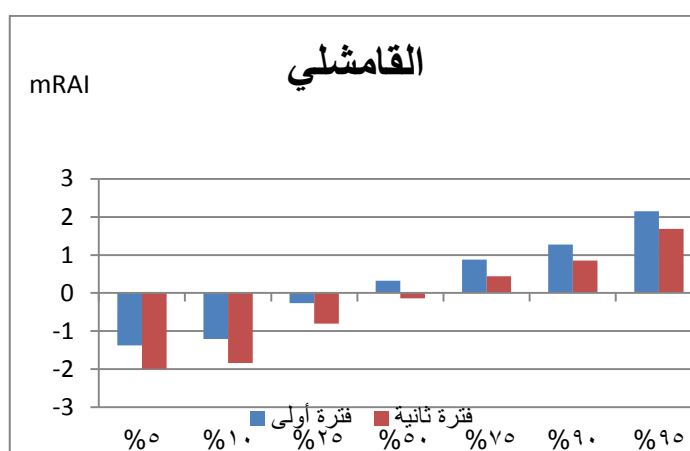
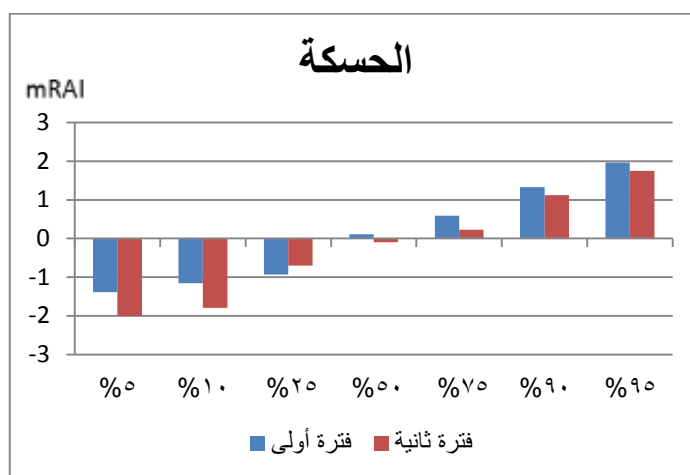
الشكل (7) اختلاف الخصائص الإحصائية لقيم المؤشر السنوية لمحطتي الحسكة والقامشلي بين الفترتين 1958-1985 و 1985-2012

يتضح من الشكل (8) التغير الواضح في الخصائص الإحصائية لقيم مؤشر الجفاف لفصل الربيع خلال الفترة الثانية من الدراسة فقد انزاحت قيمة المتوسط من 0.15 إلى -0.35 في الحسكة و من 0.22 إلى -0.4 في القامشلي وبشكل مشابه انزاحت قيمة الوسيط من 0.23 إلى -0.35 في الحسكة ومن 0.25 إلى -0.56 في القامشلي. وبالمقابل تغيرت قيمة أشد المواسم جفافاً من -1.65 خلال الفترة الأولى إلى -1.85 خلال الفترة الثانية في الحسكة، ومن -1.57 إلى -1.97 في القامشلي.



الشكل (8) اختلاف الخصائص الإحصائية لقيم مؤشر الجفاف خلال فصل الربيع بين الفترتين 1958-1985 و 1985-2012 في محطتي الحسكة والقامشلي.

يعكس هذا التغير الواضح في الخصائص الإحصائية لقيم مؤشر الجفاف خلال الفترة الثانية التزايد في تكرار الجفاف الأشد قسوة سواء خلال فصل الربيع أو المواسم خلال العقود الأخيرة والذي يظهر من خلال تركيز النقاط ضمن مجالات الجفاف الشديد والمنطرف الشدة. والشكل (9) يوضح التغير في القيم السنوية لمؤشر mRAI بين الفترتين الأولى والثانية عند مختلف مستويات الاحتمالية، حيث يلاحظ التناقص الواضح في قيم المؤشر عند مختلف المستويات خلال الفترة الثانية من الدراسة مما يؤكد على الانزياح الواضح نحو ظروف أشد جفافا خلال العقود الأخيرة.



الشكل (9) تغير القيم السنوية لمؤشر mRAI بين الفترتين 1985-1958 و 2012-1985 عند مختلف مستويات الاحتمالية في محطتي الحسكة والقامشلي.

يعد الجفاف الإجهاد الرئيسي بالنسبة للنظم البيئية الارضية (Zscheischler *et al.*, 2013; He *et al.*, 2014) لذلك فإن التغير الحاصل في خصائص الجفاف والذي يتجلى في الانزياح نحو ظروف مناخية أشد جفافا يشكل تهديدا مباشرا للتنمية المستدامة في المنطقة، إذ إن تزايد شدة الجفاف وتكراره سوف يؤدي إلى تراجع الجريان والتدفق وتناقص وفرة الموارد المائية في المنطقة (Chew and Small, 2014; Saft *et al.*, 2015)، وإلى تراجع إنتاجية المراعي وتدني نوعية العلف (Deleglise *et al.* 2015)، وإلى تراجع إنتاجية المحاصيل وخصوصا إذا تراكمت الفترات الجافة

مع ارتفاع في درجات الحرارة خلال مراحل التكاثر الجنسي (Sehgal et al., 2018)، إذ تشير نتائج الأبحاث المختلفة، حول تأثير الجفاف في إنتاجية المحاصيل، إلى تراجع إنتاجية القمح بمقدار يتراوح بين 8% و 92%، وذلك تبعاً لشدة الإجهاد المائي واستمراره، إضافة إلى الظروف البيئية للموقع، والمرحلة التطورية التي تتوافق مع فترة الجفاف (Farooq et al., 2014). أما في البقوليات فقد أكدت أبحاث عديدة وجود تراجع واضح في الإنتاجية تراوح بين 24% و 87% وذلك تبعاً لنوع المحصول البقولي وشدة واستمرارية الجفاف والمرحلة التطورية (Farooq et al., 2017). إضافة إلى ذلك فإن تزايد شدة وتكرار الجفاف سوف يؤدي إلى تزايد الحاجة للري بالنسبة للمحاصيل المروية (Rodriguez-Diaz et al., 2007; Zhang and Cai 2013). إن الاتجاه الواضح نحو ظروف أشد جفافاً وما يرافق ذلك من تأثيرات سلبية لهذه الظاهرة سيكون لها نتائج اقتصادية واجتماعية كبيرة (Ding et al., 2011; Bachmair et al., 2015) إضافة إلى العديد من التأثيرات الصحية على سكان المنطقة (Ebi and Bowen 2016; Bifulco and Ranieri 2017).

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- 1- يتضح من دراسة الخصائص الإحصائية للهطل وجود تباين كبير في كميات الهطل بين السنوات سواء على مستوى الفصول أو الموسم الماطر وهذا ينعكس بشكل واضح على تكرار الجفاف بنسب مرتفعة خلال الموسم الماطر وصلت الى حوالي 27% في القامشلي و 38% في الحسكة.
- 2- يتبين من نتائج البحث وجود اتجاه واضح نحو تزايد شدة جفاف الموسم الماطر بسبب التناقص الحاد في قيم مؤشر الجفاف خلال فصلي الربيع والشتاء وهذا يشكل تهديداً مباشراً للإنتاج الزراعي ووفرة الموارد المائية في المنطقة.
- 3- أظهرت نتائج البحث وجود انزياح واضح نحو ظروف أشد جفافاً منذ الموسم 1998-1999 والذي نتج عن الانزياح الحاد خلال فصل الربيع منذ ذلك الموسم مما يؤدي لزيادة الاجهاد الذي تتعرض له النظم البيئية الزراعية والطبيعية ويحتم زيادة المقننات المائية بالنسبة للزراعات المروية.
- 4- يلاحظ من خلال تحليل الجفاف في منطقة الدراسة وجود تزايد في تكرار الجفاف الأشد قسوة خلال العقود الاخيرة الأمر الذي ينعكس سلباً على انتاجية المزروعات والمراعي الطبيعية في المنطقة.

التوصيات:

- 1- التعمق في دراسة الجفاف في المنطقة على مستوى الفترات الشهرية والعشرية لما لذلك من أهمية بالنسبة للزراعات الاستراتيجية والغطاء النباتي الطبيعي، مما يسمح بوضع الخطط الفعالة لمواجهة الجفاف وتخفيف تأثيراته في المستقبل.
- 2- دراسة ردود فعل مختلف أشكال النظم البيئية الطبيعية والمزروعة اتجاه الاجهاد المائي من خلال التكامل بين مؤشرات الجفاف ومؤشرات الاستشعار عن بعد.

Reference:

1. Araujo J A, Abiodun B J and Crespo *Impacts of drought on grape yields in Western Cape, South Africa Theor .* 2016. *Appl. Climatol.* 123 . 117–30.
2. Agnew, C.T. *Using the SPI to identify drought.* Drought Network News 2000.12:6–12
3. Bachmair, S., Kohn, I., Stahl, K. *Exploring the link between drought indicators and impacts.* 2015. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 15, 1381–1397.
4. Bifulco, M., Ranieri, R. *Impact of drought on human health.* 2017. *Eur. J. Intern. Med.* 46, e9–e10.
5. 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.* 2018. *Front. Ecol. Evol.*, 6.
6. Chew, C. C., and Small, E. E.: *Terrestrial water storage response to the 2012 drought estimated from GPS vertical position anomalies.* 2014. *Geophysical Research Letters*, 41(17), 6145–6151.
7. Cook BI, Smerdon JE, Seager R, Coats S *Global warming and twenty-first century drying.* 2014. *Clim Dyn* 43: 2607–2627.
8. Dai, A: *Drought under global warming: A review.* 2011. *Wiley Interdiscip. Rev.: Climate Change*, 2, 45–65.
9. Dai. A.. *Increasing drought under global warming in observations and models.* 2013. *Nature Climate Change* 3(1):52.
10. Deleglise, C., Meisser, M., Mosimann, E., Spiegelberger, T., Signarbieux, C., Jeangros, B., and Buttler, A. *Drought induced shifts in plants traits, yields and nutritive value under realistic grazing and mowing managements in a mountain grassland.* 2015. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 213, 94–104.
11. Ding Y, Hayes MJ, Widhalm M .*Measuring economic impacts of drought: a review and discussion.* 2011. *Disaster Prevention and Management* 20(4):434{446}
12. Donat MG, Lowry AL, Alexander, LV, O’Gorman PA, Maher N. *More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions.* 2016. *Nature Climate Change*, 6, 508–513.
13. Ebi, K.L., Bowen, K. *Extreme event as sources of health vulnerability: drought as an example.* 2016. *Weather Clim. Extremes* 11, 95–102.
14. Farooq, M., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharadwaj, N., Alghamdi, S. S.,... *Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling.* 2017. *Crop Sci.* 203, 81–102.
15. Farooq, M., Hussain, M., and Siddique, K. H. M. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Crit. Rev. Plant Sci.* 33, 331–349.
16. Fischer, E. M. and Knutti, R.: *Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models.* 2016. *Nat. Clim. Change*, 6, 986–990.
17. Frank DA, Reichstein M, Bahn M, Thonicke K, Frank D, Mahecha MD,. *Effects of climate extremes on the terrestrial carbon cycle: concepts, processes and potential future impacts.* 2015. *Glob Chang Biol.*;21(8):2861–80.
18. Giorgi, F., Coppola, E., and Raffaele, F. *A consistent picture of the hydroclimatic response to global warming from multiple indices: Modeling and observations.* 2014. *J. Geophys. Res.*, 119, 11695– 11708.
19. Gouveia, C.M.; Páscoa, P.; Russo, A.; Trigo, R.M. *Land degradation trend assessment over Iberia during 1982–2012.* 2016. *Cuad. Investig. Geogr.*, 42, 89–112.

20. Haddad, N.M.; Tilman, D.; Knops, J.M. *Long-term oscillations in grassland productivity induced by drought*. 2002. *Ecology Letters*. 5: 110-120.
21. Haensel, Stephanie & Schucknecht, Anne & Matschullat, Jörg. *The Modified Rainfall Anomaly Index (mRAI)—is this an alternative to the Standardised Precipitation Index (SPI) in evaluating future extreme precipitation characteristics?*. 2015. *Theoretical and Applied Climatology*. 1-18. 10.1007/s00704-015-1389-y.
22. Halwatura D, Lechner AM, Arnold S .*Drought severity–duration–frequency curves: a foundation for risk assessment and planning tool for ecosystem establishment in post-mining landscapes*. 2015. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 1069-1091.
23. He, B., Ciu, X., Wang, H., Chen, A. *Drought: the most important physical stress of terrestrial ecosystems*. 2014. *Acta Ecol. Sin.* 34, 179–183.
24. Held I and Soden B. *Robust responses of the hydrological cycle to global warming* . 2006 .*J. Clim.* 19 5686–99.
25. Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., Pegion, P. *On the increased frequency of Mediterranean drought*. 2012.*J. Clim.* 25 (6), 2146–2161.
26. Kendall, M. *Rank Correlation Methods*, 4th ed.; Charles Gri_n: London, UK, 1975.
27. Lobell, D. B., Schlenker, W. & Costa-Roberts, J. *Climate trends and global crop production since 1980*. 2011. *Science* 333, 616–620.
28. Meng, Q., Chen, X., Lobell, D. B., Cui, Z., Zhang, Y., Yang, H., and Zhang, F.: *Growing sensitivity of maize to water scarcity under climate change*. 2016. *Sci. Rep.*, 6, 19605,.
29. Orłowski B, Seneviratne SI .*Elusive drought: uncertainty in observed trends and short- and long-term CMIP5 projections*. 2013.*Hydrol Earth Syst Sci* 17(5):1765–1781.
30. Pascoa, P.; Gouveia, C.M.; Russo, A.; Trigo, R.M. *The role of drought on wheat yield interannual variability in the Iberian Peninsula from 1929 to 2012*. 2017.*Int. J. Biometeorol.* 61, 439–451.
31. 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*. 2011.*Agricultural and Forest Meteorology*, **151**, 1800–1811.
32. Pendergrass, A. G. and Hartmann, D. L. *Changes in the distribution of rain frequency and intensity in response to global warming*.2014.*J.Climate*, 27, 8372–8383.
33. Prudhomme C, Giuntoli I, Robinson EL, Clark DB, Arnell NW, Dankers R, Wisser D . *Hydrological droughts in the twenty-first century, hotspots and uncertainties from a global multimodel ensemble experiment*. 2014.*Proc Natl Acad Sci* 111(9):3262–3267.
34. Rodriguez Diaz, J.A., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., Camacho, E. *Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain*. 2007. *Reg. Environ. Chang.* 7, 149–159.
35. Saft, M., Western, A.W., Zhang, L., Peel, M.C., Potter, N.J.*The influence of multiyear drought on the annual rainfall-runoff relationship: an Australian perspective*.2015.*Water Resoures Res.* 51:2444–2463,.
36. Sala, O. E., Gherardi, L. A., Reichmann, L., Jobbagy, E., & Peters, D.. *Legacies of precipitation fluctuations on primary production: Theory and data synthesis*. 2012. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 367, 3135–3144.
37. Schwalm CR, Williams CA, Schaefer K et al. *Reduction in carbon uptake during turn of the century drought in western North America*. 2012.*Nature Geoscience*, 5, 551–556.

38. Seager R, Naik N, Vecchi GA. *Thermodynamic and Dynamical Mechanisms for Large-Scale Changes in the Hydrological Cycle in Response to Global Warming*. 2010. *Journal of Climate* 23(17):4651.
39. Sehgal A, Sita K, Siddique KHM, Kumar R, Bhogireddy S, Varshney RK, Hanumantha Rao B, Nair RM, Prasad PVV and Nayyar H. *Drought or/and Heat-Stress Effects on Seed Filling in Food Crops: Impacts on Functional Biochemistry, Seed Yields, and Nutritional Quality*. 2018. *Front. Plant Sci.* 9:1705.
40. Seneviratne SI, Corti T, Davin EL, Hirschi M, Jaeger EB, Lehner I, Orlowsky B, Teuling AJ. *Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: a review*. 2010. *Earth Sci Rev*, 99:125–161.
41. Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P., Vogt, J.V. *World drought frequency, duration, and severity for 1951–2010*. 2014. *Int. J. Climatol.* 34 (8), 2792–2804.
42. Spinoni, Jonathan & Vogt, Jürgen & Naumann, Gustavo & Barbosa, Paulo & Dosio, Alessandro. *Will drought events become more frequent and severe in Europe?*. 2018. *International Journal of Climatology*. 38. 1718-1736. 10.1002/joc.5291.
43. Taylor, W.A. *Change-point analysis: A powerful new tool for detection changes*. 2000.
44. Trenberth, K. E., Smith, L., Qian, T., Dai, A., and Fasullo, J. *Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data*. 2007. *J. Hydrometeorol.*, 8, 758–769.
45. Vicente-Serrano, S.M., Zouber, A., Lasanta, T., Pueyo, Y. *Dryness is accelerating degradation of vulnerable shrublands in semiarid Mediterranean environments*. 2012. *Ecol. Monogr.* 82 (4), 407–428.
46. Wilhite DA, Sivakumar MVK, Pulwarty RS. *Managing drought risk in a changing climate: the role of national drought policy*. 2014. *Weather Clim Extrem* 3: 4–13.
47. Wilhite DA, Svoboda MD and Hayes MJ. *Understanding the complex impacts of drought: a key to enhancing drought mitigation and preparedness*. 2007. *Water Resour. Manage.* 21 763–74.
48. Xiao J, Liu S, Stoy PC. *Impacts of extreme climate events and disturbances on carbon dynamics*. 2016. *Biogeosciences*, **13**, 3665-3675.
49. Zhang, X., and X. Cai. *Climate change impacts on global agricultural water deficit*. 2013. *Geophysical Research Letters* 40:1111–1117.
50. Zscheischler J, Mahecha MD, Harmeling S, Reichstein M. *Detection and attribution of large spatiotemporal extreme events in Earth observation data*. 2013. *Ecol Inform.* 15:66–73.