

تغير خصائص الهطل الفصلي والسنوي في المنطقة الساحلية من سورية خلال الفترة 1960-2010

الدكتور ميشيل سكاف*

رنا صقر**

(تاريخ الإيداع 24 / 11 / 2014. قبل للنشر في 16 / 4 / 2015)

□ ملخص □

تعد تغيرات نماذج الهطل أحد أهم الأخطار التي تواجه النظم البيئية الأرضية ، وموارد المياه في مختلف مناطق العالم. تم استخدام قيم الهطل الشهرية لست محطات متهورولوجية في المنطقة الساحلية من سورية ، ولفترة رصد تمتد من عام 1960 حتى عام 2010 ، من أجل دراسة التغير في خصائص الهطل في هذه المنطقة. تم استخدام خطوط الاتجاه مع اختبار مان كندال ، وكذلك توزع غاما ، إضافة إلى مؤشر تركيز الهطل من أجل كشف التغير في كل من كميات الهطل للفصول ، والموسم الماطر ، وموسمية الهطل. أظهرت النتائج وجود اتجاه واضح نحو تناقص الهطل للموسم الماطر في جميع المحطات وصل إلى 30% في بعضها، هذا التناقص ناتج عن تراجع كل من هطولات الربيع والشتاء ، حيث تراوحت قيمة التناقص لفصل الربيع بين 38.5 و 50.2% ، لفصل الشتاء بين 14% و 38% ، وعلى الرغم من التناقص الحاد في هطولات الموسم الماطر فإن موسمية الهطل عملياً لم تتغير. هذه التغيرات في نماذج الهطل سوف تشكل تحدياً كبيراً لإدارة الموارد المائية ، والانتاج الزراعي ، وإدارة الغابات.

الكلمات المفتاحية: سورية - تغير الهطل - توزع غاما - مؤشر تركيز الهطل

*مدرس - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
**طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الحراج والبيئة - كلية الزراعة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Changes in seasonal and annual precipitation characteristics in the Syrian coastal region during the period 1960-2010

Dr. Michael Skaf^{*}
Rana Saker^{**}

(Received 24 / 11 / 2014. Accepted 16 / 4 / 2015)

□ ABSTRACT □

Changes in precipitation patterns are considered one of most important hazards facing terrestrial ecosystems and water resources worldwide. Monthly rainfall data for six meteorological stations located in the Syrian coastal region were used to study changes in precipitation characteristics during the period 1960-2010. Trends with mann- Kendall Test, Gamma Distribution and Precipitation Concentration Index (PCI) were applied to detect changes in seasonal and annual precipitation amount in addition to seasonality. Results showed significant negative trends in annual precipitation in all stations up to 30% in some cases, which could be related to the decrease in spring and winter rainfall amounts that ranged between 38.5% to 50.2% in spring and 14% to 38% in winter. Despite significant decrease in annual precipitation, there were no significant trends in seasonality. These changes in precipitation patterns would pose big challenges to water resources management , agricultural production and forests management.

Key Words: Syria- Precipitation change - Gamma Distribution - PCI

*Assistant Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria

**Postgraduate Student, Department of Forestry and Ecology, faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

تعد تغيرات المناخ من أهم التحديات التي تواجه المجتمعات البشرية في السنوات الأخيرة (IPCC 2007;2012) ، ولاسيما أن هذه التغيرات لا تقتصر على ارتفاع درجات الحرارة السطحية وزيادة تركيز Co2، إذ إن تزايد نشاط الدورة الهيدرولوجية بتأثير التسخين العام (Huntington 2006;Seager *et al* 2010)، أدى إلى حدوث تغيرات واضحة في الحركة العامة للغلاف الجوي General circulation والدورة الهيدرولوجية Hydrological Cycle ، مما أدى - وسوف يؤدي - إلى حدوث تغيرات عميقة في نماذج الهطل Precipitation Patterns في مختلف مناطق العالم (Dore 2005;Trenberth 2011)، بما فيها حوض البحر المتوسط (Philandras *et al* 2011).

تعد تغيرات نماذج الهطل أحد أهم الأخطار التي تهدد النظم البيئية الأرضية وموارد المياه في مختلف مناطق العالم، ولاسيما تلك التي تقع تحت إجهاد بيئي مستمر ، بسبب نظام الأمطار الفصلياً والجفاف المناخي (Aridity)، كما هو الحال في مناطق شرق المتوسط التي تزداد حساسيتها تجاه تذبذب المناخ عاماً بعد آخر ، مع تزايد أعداد السكان ، وتنامي النشاطات البشرية ، وزيادة الطلب على الموارد بما فيها الموارد المائية المحدودة أصلاً (Le Houerou 1996; Bates *et al* 2008).

تخضع المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط لدورة فصلية واضحة وحادة ، تتميز بشتاء بارد نسبياً ورطب، وصيف حار وجاف (Ulbrich *et al* 2012) ، وتتعلق كميات الهطل وتوزعه ضمن الموسم الماطر بفترات تحرك المنخفضات الجوية ومسارها داخل المنطقة ، التي ترتبط بتبدلاتها بين المواسم والعقود على نحو وثيق بعمليات جوية واسعة النطاق، أهمها التذبذب الأطلسي الشمالي "NAO" (North Atlantic Oscillation) (Hurrell&Deser 1995; Jones *et al* 2003; Mariotti&Dell'Aquila 2011; Hurrell 2009).

يعد توفر رطوبة التربة أحد أهم العوامل المحددة لانتشار النباتات وبقائها في مختلف مناطق العالم (Osmod *et al* 1987;Kleidon&Mooney 2000;Engelbrecht *et al* 2007) ، وأحد أهم المتحركات بتدفق الماء والكربون في مختلف النظم البيئية الأرضية، وبالتالي إنتاجيتها (Granier *et al* 2007;Zhang *et al* 2002)، لذلك فإن التغير في كميات الهطل وتوزعه قد يقود إلى تبدلات كبيرة في مستوى الموارد ، سواء على نحو مباشر عن طريق تغيير مستويات الماء المتاح في التربة ، أو غير مباشر عن طريق تأثيرات رطوبة التربة في توفر الموارد الأخرى كالعناصر وأهمها الآزوت ، الأمر الذي قد يؤدي إلى تغيير النظم البيئية بطريقة تسلسلية Hierarchical من خلال ردود الفعل الفيزيولوجية للأنواع السائدة ، والتأقلم على مستوى المجتمع ، وتغيير تركيب المجتمعات (Knapp *et al* 2008; Smith *et al* 2009; Adams *et al* 2012).

تعد المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسط مناطق مناخية انتقالية بين المناخ الحار والجاف في شمال إفريقيا وجنوب غرب آسيا، وبين المناخ المعتدل والرطب في وسط أوروبا، لذلك فإن أي تغيير في خصائص الدورة العامة للغلاف الجوي، وما يرتبط به من تغيير في الخصائص الزمنية والمكانية لتحرك المنخفضات الجوية داخل المنطقة، يمكن أن يؤدي إلى حدوث تبدلات عميقة في نماذج الهطل (Giorgi and Lionello, 2008;Mariotti 2010).

أهمية البحث وأهدافه:

من كل ما تقدم تتضح الحاجة الماسة لدراسة التغير في خصائص الهطل في المنطقة الساحلية من سورية ، التي تنتشر فيها الكثير من الزراعات المهمة ، إضافة إلى العديد من النظم البيئية الحراجية والحراجية الزراعية، الأمر الذي يعد في غاية الأهمية من أجل إدارة الموارد المائية ، وتخطيط الإنتاج الزراعي ، وإدارة النظم البيئية المختلفة. لذلك فقد تركزت أهداف البحث على دراسة التغير في أهم خصائص الهطل على مستوى الفصول والموسم الماطر في هذه المنطقة خلال الفترة 1960-2010

طرائق البحث و مواده:

استخدمت لانجاز البحث بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية لقيم الهطل الشهرية لست محطات تمثل جزءاً مهماً من المنطقة الساحلية ، ولفترة رصد امتدت من عام 1960 حتى عام 2010. ويبين الجدول (1) إحصائيات المحطات المدروسة.

جدول(1)إحصائيات المحطات المختارة (عن بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية)

المحطة	خط الطول	خط العرض	الارتفاع عن سطح البحر(م)	التصنيف المناخي
مطار الباسل	36°03'	35°27'	47	شبه رطبة
صافيتا	36°08'	34°49'	350	رطبة
طرطوس	35°53'	34°53'	15	شبه رطبة
القرداحة	35°56'	35°24'	350	رطبة
عين عبدو	36°03'	35°41'	500	رطبة
وادي قنديل	36°32'	35°08'	35	شبه رطبة

تم استخدام معادلات الانحدار الخطي Trends لتحديد اتجاه التغير وقيمته في كميات الهطل الفصلية والموسمية ، خلال الفترة 1960-2010 ، وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار مان كندال Mann-Kendal Test.

يعد توزيع غاما غير الكامل Incomplete Gamma Distribution من أفضل التوزيعات لتمثيل بيانات الأمطار (Aksoy, 2000)، لذلك استخدم هذا التوزيع من أجل التقدير الدقيق لتغيرات كميات الهطل وكثافتها الاحتمالية ، بعد تقسيم السلاسل الزمنية إلى فترتين متساويتين ، الأولى من عام 1960 حتى عام 1985، والثانية من عام 1985 حتى عام 2010.

تمت دراسة التغير في موسمية الهطل من خلال تحليل السلاسل الزمنية لقيم مؤشر تركيز الهطل (PCI) Precipitation Concentration Index(Oliver 1980)المحسوب لكل موسم بالعلاقة التالية:

$$PCI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} P_i)^2} \cdot 100$$

حيث: P_i كمية الهطل الشهرية

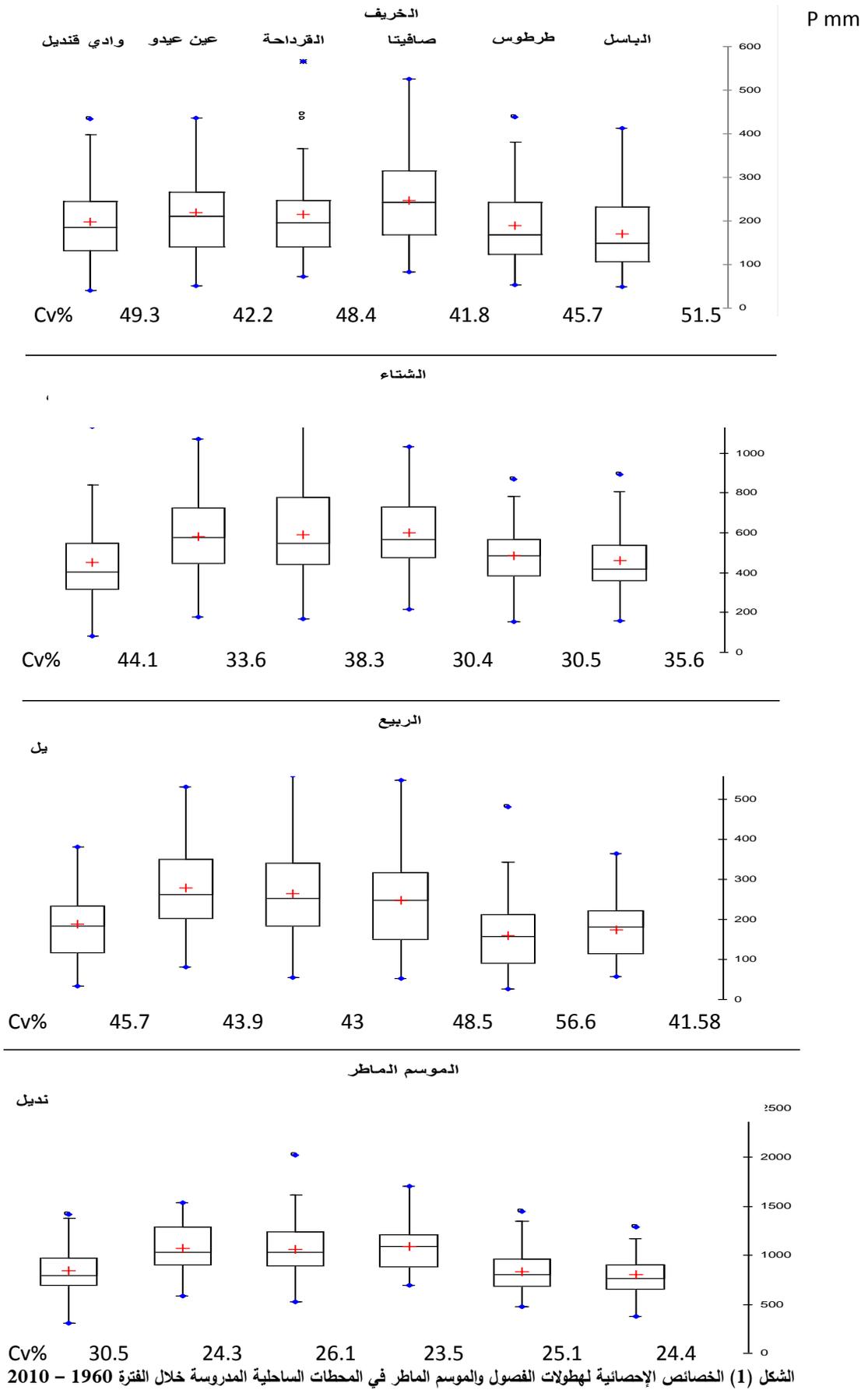
يتم تحديد موسمية الهطل تبعاً للحدود التالية لقيم المؤشر

موسمية الهطل	قيمة PCI
منتظم	أقل من 10
متوسط الموسمية	من 10-15
موسمي	من 15-20
شديد الموسمية	من 20-50
غير منتظم	أكثر من 50

النتائج والمناقشة:

1-دراسة الخصائص العامة لهطولات الفصول والموسم الماطر في المنطقة الساحلية:

يبين الشكل (1) أهم الخصائص الإحصائية لهطولات الفصول والموسم الماطر في المحطات المختارة في المنطقة الساحلية، ومنه نلاحظ أن معدلات الهطل في المنطقة مرتفعة نسبياً ، حيث تتراوح بين 765مم (مطار الباسل) و 1091مم (صافيتا) ، يتركز الجزء الأكبر منها خلال فصل الشتاء ، الذي يزيد معدل الهطل فيه عن مجموع معدلي الخريف والربيع في جميع المحطات. وعلى الرغم من ارتفاع معدلات الهطل في المنطقة فإن التباين كبير للغاية بين المحطات وبين الفصول والموسم ، وهذا يظهر على نحو واضح من خلال أعلى القيم وأدناها ، ومن خلال النسب المرتفعة لمعامل التباين (Cv%) Coefficient of variation خلال الفصول ، ولاسيما الخريف والربيع ، ومع أن هطولات الشتاء أقل تبايناً ، فإن معامل التباين لا يقل عن 30% ، الأمر الذي يعكس على نحو كبير على تذبذب الهطل ، إذ يمكن أن تتجاوز كمية الهطل لفصل الشتاء في بعض المواسم المعدل العام للموسم الماطر في المنطقة، كذلك فإن هطولات الخريف أو الربيع قد تزيد عن هطولات الشتاء في بعض المواسم. من جهة أخرى يتضح عدم الانتظام في توزيع الهطل سواء خلال الفصول ، أو الموسم الماطر الذي يظهر من خلال عدم تطابق قيمة المتوسط مع الوسيط ، ومن خلال ابتعاد قيمة كل منهما عن أعلى قيمة بمقدار يزيد وعلى نحو واضح عن أدنى قيمة ، وهذا يشير إلى أن معدلات الفصول ناتجة عن عدد كبير من المواسم ذات الهطل المتدني نسبياً ، مقابل عدد محدود من المواسم ذات الهطل المرتفع على نحو ملحوظ ، الأمر الذي يؤدي إلى رفع قيمة المعدل.

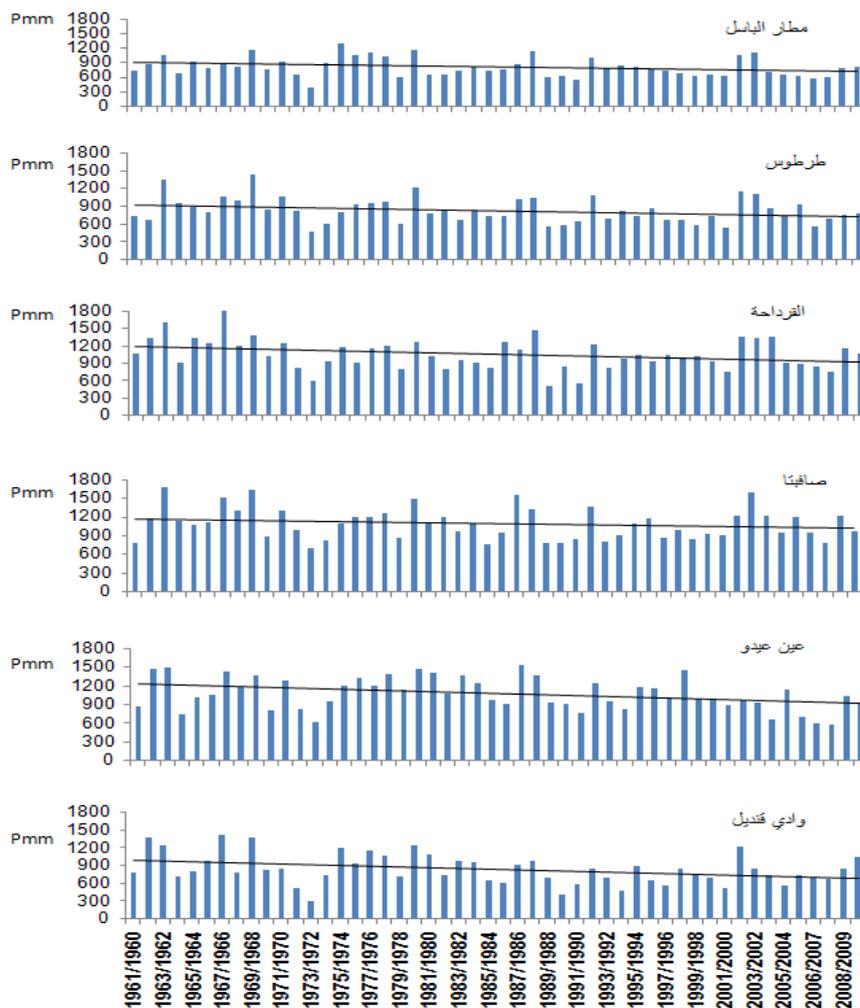


2-دراسة تغير خصائص الهطل في المنطقة الساحلية:

1-2 دراسة التغير في معدلات الهطل الفصلية والموسمية باستخدام خطوط الاتجاه:

يبين الشكل (2) كميات الهطل للمواسم الممتدة من عام 1960 حتى عام 2010 في المحطات المختارة من المنطقة الساحلية مع الاتجاه العام للتغير، ومنه يتضح التباين الكبير في كميات الهطل بين المواسم ، كما يظهر الاتجاه الواضح نحو تناقص معدلات الهطل في مختلف أجزاء المنطقة ، إذ تراجعت هطولات الموسم الماطر على نحوٍ حاد ومعنوي في جميع المحطات (الجدول 2) ، بمقدار تراوح بين 165 مم (صافيتا) و 319 مم (عين عيدو) خلال كامل فترة الدراسة ، وهذا شكّل نسبة تناقص قدرها 14% و 25.8% على التوالي. وعلى الرغم من أن كمية التناقص في وادي قنديل كانت أقل من عين عيدو ، إلا أنها شكّلت نسبياً تراجعاً أكبر بلغ حوالي 30%.

يتبين من النتائج المدرجة في الجدول (2) أن الاتجاه الواضح نحو تناقص هطولات الموسم الماطر ناتج عن التناقص الحاد في كميات الهطل خلال الشتاء والربيع ، إذ تراجعت أمطار الشتاء على نحوٍ كبير في جميع المحطات إلا أن التغير لم يكن معنوياً إلا في وادي قنديل ، إذ بلغت قيمة التناقص 215.5 مم ، وشكّلت نسبة 38.2%، في حين تراوحت قيمة التناقص لباقي المحطات بين 91.7 مم و 118.7 مم. أما خلال الربيع فقد كان التغير معنوياً في جميع المحطات، إذ تراوحت قيمة التناقص بين 180 مم و 158.6 مم ، وشكّلت نسبة تراجع كبيرة للغاية في هطولات هذا الفصل لم تقل عن 38% في أي محطة ، ووصلت إلى 50% في طرطوس.



الشكل (2) اتجاه التغير في كميات الهطل للموسم الماطر في المحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة 1960 - 2010

جدول (2) اتجاه وقيمة التغير في كميات الهطل لفصول والموسم الماطر للمحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة (1960-2010)

معنوية التغير	قيمة التغير			المعدل مم	الفترة	المحطة
	% لكامل الفترة	مم لكامل فترة الدراسة	مم/عقد			
	1.57	2.65	0.53	169.6	خريف	مطارالباسل
	-19.6	-100.3	-20.06	458.9	شتاء	
*	-38.5	-82.15	-16.43	174.1	ربيع	
*	-21.43	-179.8	-35.96	802.7	موسم ماطر	
	-0.34	-0.65	-0.13	189.8	خريف	طرطوس
	-17.25	-91.75	-18.35	485	شتاء	
*	-50.25	-108.25	-21.65	160.2	ربيع	
+	-21.4	-200.65	-40.13	834.9	موسم ماطر	
	20.11	44.85	8.97	245.9	خريف	صافيتا
	-14.07	-91.05	-18.21	600.7	شتاء	
+	-38.85	-119.5	-23.9	246.6	ربيع	
+	-14.05	-165.5	-33.1	1093.2	موسم ماطر	
	-4.14	-9.05	-1.81	213.9	خريف	القداحة
	-18.3	-118.75	-23.75	588.2	شتاء	
*	-42.18	-142	-28.4	264.2	ربيع	
+	-22.4	-269.9	-53.98	1066.4	موسم ماطر	
	-2.14	-4.75	-0.95	218.8	خريف	عين عيدو
	-15.2	-100.3	-20.06	580.1	شتاء	
**	-44.26	-158.6	-31.72	277.4	ربيع	
*	-25.8	-319.85	-63.97	1076.3	موسم ماطر	
	12.17	22.7	4.54	198.2	خريف	وادي قنديل
+	-38.26	-215.55	-43.11	453.4	شتاء	
*	-43.92	-106.5	-21.3	188.2	ربيع	
*	-30.17	-299.4	-59.88	839.8	موسم ماطر	

+ : التغير معنوي عند مستوى 90% * عند مستوى 95% ** عند مستوى 99%

2-2 دراسة الانزياح في خصائص الهطل باستخدام توزيع غاما غير الكامل:

يتضح من تطبيق توزيع غاما على فترتي الدراسة (1960-1985) و (1985 - 2010) لكل من الشتاء والربيع - التي ظهر التغير واضحاً خلالها باستخدام خطوط الاتجاه - وجود انزياح واضح في كميات الهطل ، وتغير ملحوظ في التوزيع التكراري ، وبالتالي الكثافة الاحتمالية لمجالات الهطل المختلفة في جميع المحطات ، كما هو مبين في الجدول (3) والشكلين (3) و (4)، حيث نلاحظ التناقص الواضح في المعدل لكلا الفصليين، إضافة إلى التغير في طبيعة التوزيع خلال الفترة الثانية ، إذ تزايدت الكثافة الاحتمالية لمجالات الهطل المتدني مقارنةً مع الفترة الأولى. وقد تراوحت قيمة الفرق بين متوسط الفترة الأولى والثانية لفصل الشتاء بين (38.9 مم و 129.5 مم)، أما خلال الربيع فقد تراوح الفرق بين (40.6 مم و 70.6 مم)، من جهة

أخرى نلاحظ أن الانحراف المعياري تناقص على نحوٍ كبير في فصل الشتاء خلال الفترة الثانية في جميع المحطات، وفي أربع محطات في فصل الربيع، وهذا ناتج عن تراجع التكرار لمجالات الهطل الكبيرة خلال الفترة الثانية، وتذبذب الهطل ضمن مجال أضيق نسبياً من السابق باتجاه كميات هطل أقل. إن هذه النتائج تؤكد ما تم الحصول عليه باستخدام خطوط الاتجاه، واختبار مان كندال، وتفسر آلية التناقص من خلال تزايد الكثافة الاحتمالية لمجالات الهطل المتدنية نسبياً خلال العقدين الأخيرين مقارنة مع الفترة السابقة.

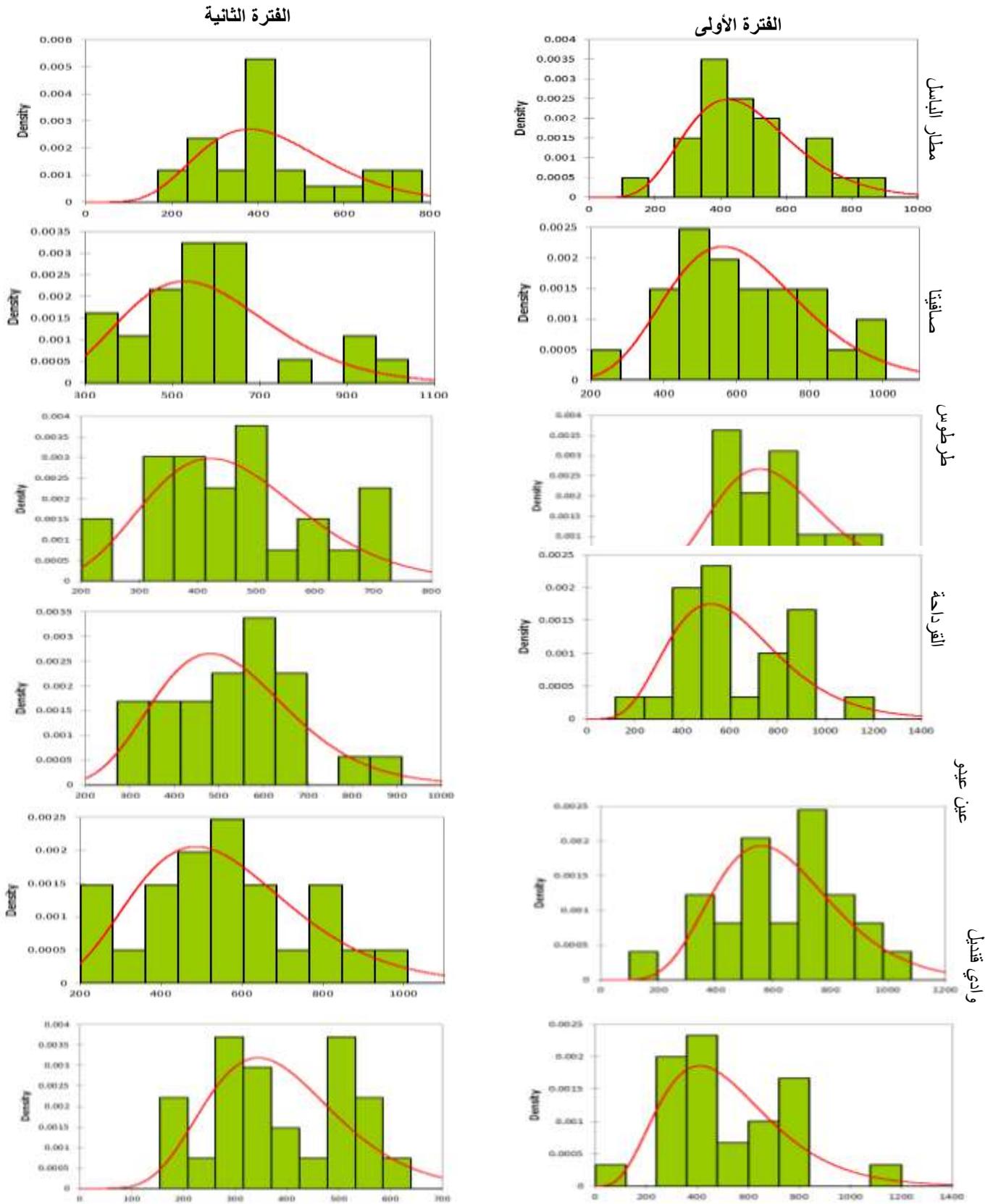
2-3 دراسة التغير في تركيز الهطل:

يبين الشكل (5) قيم مؤشر تركيز الهطل خلال المواسم المختلفة مع اتجاهات السلاسل الزمنية لهذه القيم في المحطات الساحلية المدروسة، حيث نلاحظ أن قيم المؤشر تتراوح بين 11.1 و 30.9، ما يعني أن توزيع الهطل في المحطات يتذبذب من عام إلى آخر بين متوسط الموسمية وشديد الموسمية، مع ملاحظة أن خطوط الاتجاه لجميع المحطات تقع ضمن مجال التوزيع الموسمي (PCI بين 15 و 20). هذا ولم تظهر تغيرات ملحوظة في قيم مؤشر تركيز الهطل، إذ إن التغير ضعيف وغير معنوي، ويتجلى في تزايد محدود في صافيتا وعين عيدو و طرطوس، وتناقص بسيط في مطار الباسل، وثبات في كل من القرداحة ووادي قنديل.

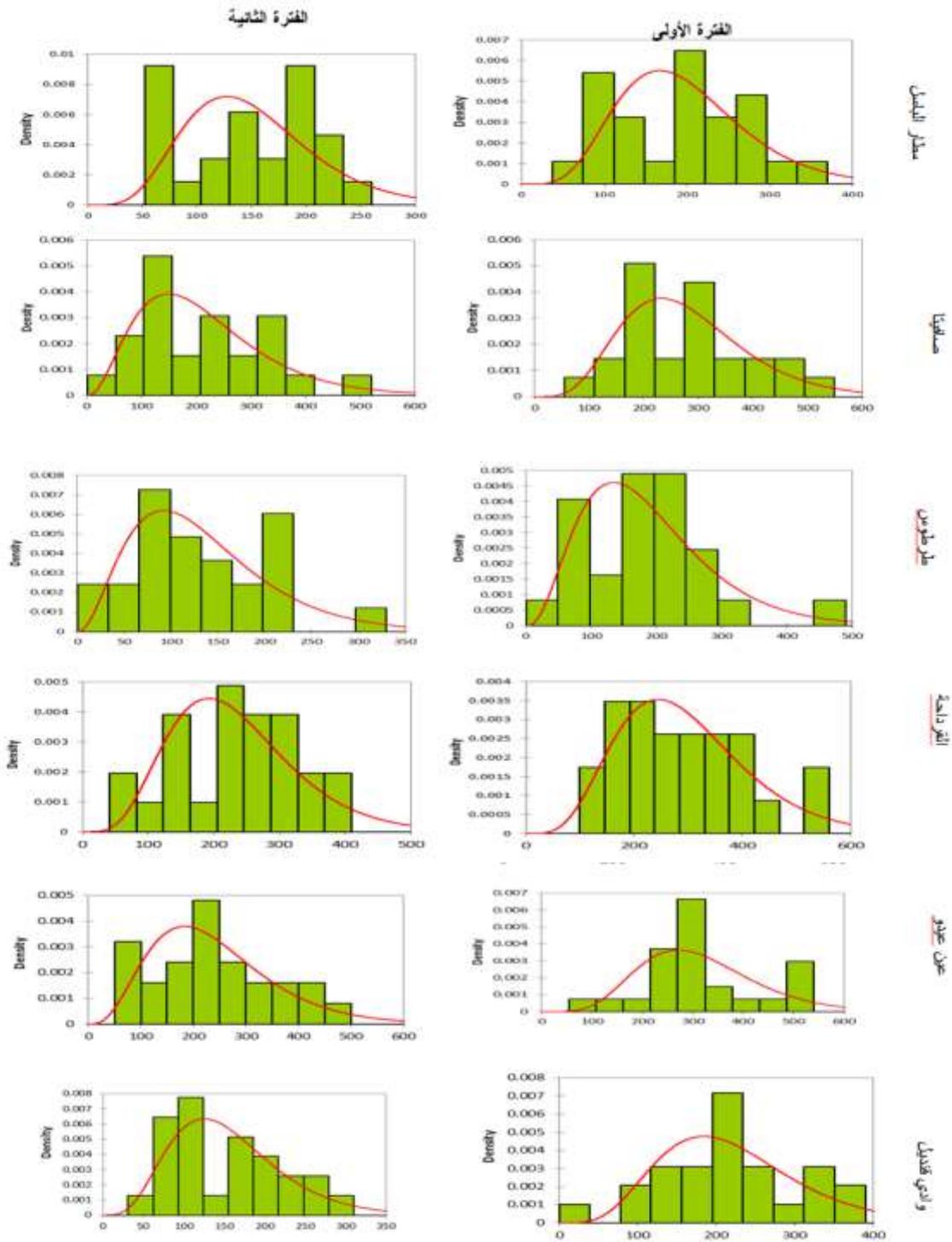
جدول (3) تغير أهم الخصائص الإحصائية لهطولات الشتاء والربيع بين الفترتين (1985-1960) و (2010-1985) في المحطات الساحلية باستخدام توزيع غاما

المحطة	الشتاء		الربيع	
	الفترة الأولى	الفترة الثانية	الفترة الأولى	الفترة الثانية
مطار الباسل	\bar{X}	481.6	436.3	197.4
	S	169.4	156.5	77.7
	SKw	0.67	0.75	0.13
صافيتا	\bar{X}	620.1	581.2	279.6
	S	190.2	176.7	114.6
	SKw	0.15	0.89	0.52
طرطوس	\bar{X}	506.4	463.6	186.6
	S	155.8	139.3	98.6
	SKw	0.34	0.38	1.03
القرداحة	\bar{X}	615.1	561.4	295.3
	S	244.5	205.8	122.2
	SKw	0.49	0.21	0.59
عين عيدو	\bar{X}	633.5	526.7	314.4
	S	217.6	156.2	116.6
	SKw	0.18-	0.3	0.35
وادي قنديل	\bar{X}	518.2	388.7	220.9
	S	236.2	131.5	90.2
	SKw	0.67	0.08	0.07

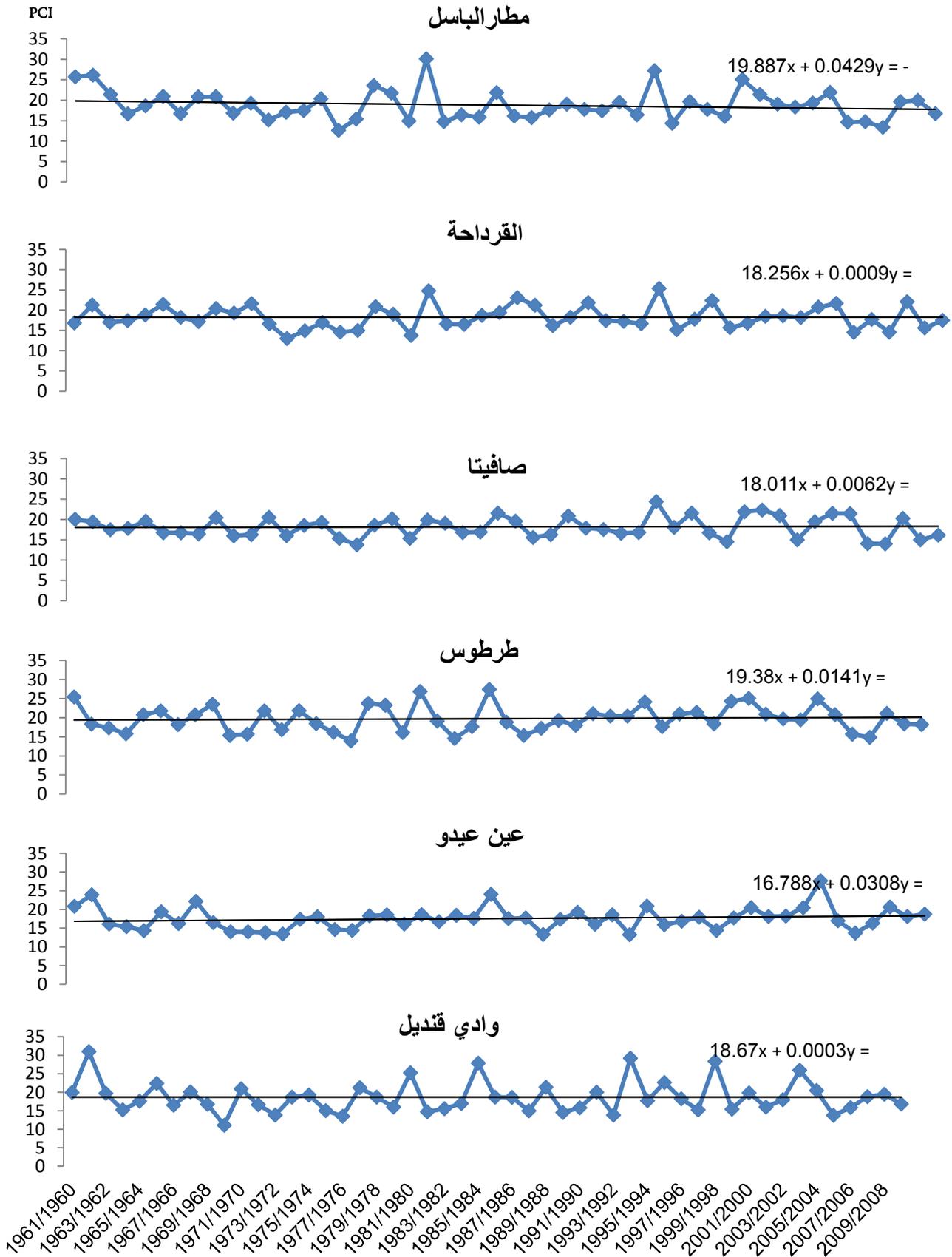
حيث: \bar{X} المتوسط الحسابي S: الانحراف المعياري SKw: معامل الالتواء



الشكل (3) تغير التوزيع التكراري لهطولات الشتاء للمحطات الساحلية المدروسة خلال الفترتين (1960-1985) و (1985 - 2010) باستخدام توزيع غاما



الشكل (4) تغير التوزيع التكراري لهطولات الربيع للمحطات الساحلية المدروسة خلال الفترتين (1960-1985) و (1985 - 2010) باستخدام توزيع غاما



الشكل (5) اتجاه التغير في قيم مؤشر تركيز الهطل في المحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة 1960 - 2010

يتضح من خلال النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث وجود تغير واضح في خصائص الهطل في المنطقة الساحلية من سورية خلال فترة الدراسة 1960-2010 ، يتجلى في تناقص معدلات الهطل خلال الشتاء والربيع ، وتزايد الكثافة الاحتمالية لكميات الهطل المتدنية خلال العامين الأخيرين ، الذي انعكس على التناقص الواضح في معدلات الموسم الماطر، الأمر الذي سيكون له تأثيرات سلبية ومباشرة على الموارد المائية ، والغطاء النباتي الطبيعي ، والمزروعات في هذه المنطقة، ولاسيما أن تأثيرات تغير نماذج الهطل في النظم البيئية تفوق التأثيرات المفردة أو التفاعلية لزيادة تركيز CO_2 وارتفاع الحرارة (Weltzen *et al* 2003; Knapp *et al* 2008)

تتفق هذه النتائج مع أهم الدراسات الشاملة لمنطقة حوض المتوسط ، التي تؤكد تناقص معدلات الهطل وتزايد الجفاف في مختلف أجزاء هذه المنطقة (Hoerling *et al* 2012; Philandras *et al* 2011)، وتفسر هذه التغيرات بتأثير التسخين العام ، ولاسيما ارتفاع حرارة المحيطات في المناطق المدارية وفوق المدارية على اتساع نطاق الضغط المرتفع فوق المداري (Lu *et al* 2007) ، وما ينتج عنه من انحراف في مسار تحرك المنخفضات الجوية باتجاه الشمال في نصف الكرة الشمالي (Yin 2005; Previdi&Liepert 2007).

إن التناقص الحاد في هطولات الشتاء والربيع سيكون له تأثيرات كبيرة في توفر الموارد المائية وفي تعديل الخصائص الهيدرولوجية والبيوكيميائية للبيئات المائية ، إذ إن تراجع التدفق في الجداول والأنهار ، وتدني مستوى الماء في الأحواض والسدود (Dahmet *et al* 2003; Milly *et al* 2005)، سيسبب زيادة التلوث مما سينعكس سلباً على التنوع الحيوي لهذه الأوساط المائية المهمة (Vorosmarty *et al* 2010; Woodward *et al* 2010).

تتوافق فترة النشاط الأعظمي للنظم البيئية المتوسطة مع فصل الربيع ، حيث يتعاطم خلال هذه الفترة نمو النباتات ونشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة ، بسبب مستويات الحرارة المناسبة ، وتوفر مخزون كافٍ من رطوبة التربة (Garcia *et al* 2002)، لذلك فإن تناقص هطولات الشتاء والربيع التي تعد المصدر الرئيسي لإغناء طبقات التربة بالماء المتاح الذي تستفيد منه النباتات لاحقاً في نموها وبقائها (Rambalet *et al* 2003)، سيكون له تأثير سلبي كبير على إنتاجية النظم البيئية، ولاسيما أن توفر الماء يعد المتحكم الأساسي لتدفق الكربون في مختلف النظم البيئية والمناطق المناخية (Granier *et al* 2007; Schwalm *et al* 2010; Chen *et al* 2013).

إن التغيرات الواضحة في خصائص الهطل سوف تؤثر بدون شك في المقننات المائية للمحاصيل المروية ، كالخضار والأشجار المثمرة ولاسيما الحمضيات ، وكذلك مواعيد الري، إذ إن تناقص كميات الهطل وتراجع هطولات الربيع يتطلب زيادة الحاجة لعمليات الري ، وضرورة التذكير بها، إضافة إلى أهمية اتباع الأساليب الكفيلة بالحد من هدر المياه عن طريق استخدام طرق الري الحديثة ، وأهمها الري بالتنقيط.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- 1- بينت دراسة خصائص الهطل خلال الفترة 1960-2010 وجود تباين كبير في كميات الهطل وتوزعها بين الفصول والمواسم في مختلف أجزاء المنطقة الساحلية.
- 2- أظهرت نتائج الدراسة وجود تغير واضح ومعنوي في كميات الهطل للموسم الماطر ، إذ تراوحت قيمة التناقص بين 14 و 30 %، وذلك بسبب التراجع الحاد والمعنوي في هطولات الربيع ، إضافة إلى التناقص الكبير في هطولات الشتاء.

- 3- أكد استخدام توزيع غاما خلال فترتي الدراسة (1960-1985) و (1985-2010) وجود انزياح واضح نحو تناقص معدلات الهطل خلال العقدین الأخيرین لكل من الشتاء والربيع ، مع تزايد ملحوظ في تكرار كميات الهطل المتدنية ، مقارنة مع الفترة الأولى.
- 4- بينت الدراسة عدم وجود تغيرات معنوية في موسمية الهطل في المنطقة الساحلية، على الرغم من التغير الكبير في كميات الهطل للفصول والموسم الماطر.

التوصيات:

- 1- ضرورة التعمق في دراسة تغير خصائص الهطل باستخدام المعطيات اليومية ، ولأعداد أكبر من المحطات نظراً للتنوع التضاريسي الكبير في المنطقة الساحلية ، الذي يتداخل على نحو معقد مع خصائص الدورة العامة للغلاف الجوي.
- 2- ضرورة التكامل بين الدراسات المناخية وتقنيات الاستشعار عن بعد ، من أجل الإحاطة بتأثيرات تغير الهطل على مختلف النظم البيئية الزراعية والحراجية.

المراجع:

1. ADAMS, H. D.; LUCE, C. H.; BRESHEARS, D. D.; ALLEN, C. D.; WEILER, M.; HALE, V. C.; SMITH, A.; and HUXMAN, T. E. *Ecohydrological consequences of drought and infestation triggered tree die-off: in sights and hypotheses*. *Ecohydrology*, Vol. 5, 2012, 145-159.
2. AKSOY, H. *Use of gamma distribution in hydrological analysis*. *Turkey Journal of Engineering Environmental sciences*, Vol. 24, 2000, 419-428.
3. BATES, B. C.; KUNDZEWICZ, Z. W.; WU, S.; and PALUTIKOF, J. P. *Climate Change and Water*. Technical Paper, International Panel on Climate Change (IPCC) Secretariat, Geneva. 2008.
4. Chen, T.; Werf, G. R.; Jeu, R. A. M.; Wang, G.; and Dolman, A. J. *A global analysis of the impact of drought on net primary productivity*, *Hydrol. Earth Syst. Sc.*, Vol. 17, 2013, 3885-3894.
5. DAHM, C. N.; Baker, M. A.; Moore, D. I.; and Thibault, J. R. *Coupled biogeochemical and hydrological responses of streams and rivers to drought*. *Freshwater Biology*, Vol. 48, 2003, 1219-1232.
6. DORE, M. H. I. *Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know ?*. *environment international*, Vol. 31, 2005, 1167-1181.
7. ENGELBRECHT, B. M. J. *et al. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests*. *Nature*, Vol. 447, 2007, 80-82.
8. GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; ROLDAN, A.; and MARTIN, A. *Effect of plant cover decline on chemical microbiological parameters under Mediterranean climate*. *Soil Biology & Biochemistry* Vol. 34, 2002, 635-642.
9. GIORGI, F.; and LIONELLO, P. *Climate change projections for the Mediterranean region*. *Global and Planetary Change*, Vol. 63, 2008, 90-104.
10. GRANIER, A.; REICHSTEIN, M.; BREDA, N.; JANSSENS, I. A.; FALGE, E.; CIAIS, P. *et al. Evidence for soil water control on carbon and water dynamics in European forests during the extremely dry year: 2003*. *Agric. For. Meteorol.*; Vol. 143, 2007, 123-145.

11. HOERLING, M.; J. Eischeid, J.; Perlwitz, X.; Quan, W. Zhang, T. and Pegion, P. *On the Increased Frequency of Mediterranean Drought*, J. Climate, Vol. 25, 2012, 2146-2161.
12. HUNTINGTON, T. G. *Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis*. J Hydrol. Vol. 319, 2006,83–95.
13. HURRELL, J. W. *Decadal trends in the North Atlantic Oscillation*. Regional temperatures and precipitation Science, Vol. 269, 1995, 676–679.
14. HURRELL, J. W.; and DESER, C. *North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation*. J. Mar. Syst., Vol. 78, 2009, 28–41.
15. IPCC. *Climate change: the physical science basis*. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; and MILLER, H. L. *Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, 2007, 996 pp.
16. IPCC. *Summary for policymakers*. In Field C. B. et al. eds. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*, pp. 1–19. *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, and New York, USA, Cambridge University Press. 2012.
17. JONES, P.; OSBORN, T.; and BRIFFA, K. *Pressure-based measures of the North Atlantic Oscillation (NAO): A comparison and an assessment of changes in the strength of the NAO and its influence on surface climate parameters*. *The North Atlantic Oscillation, Climatic Significance and Environmental Impact*. Geophys. Monogr.; Vol. 134, 2003, 51–62.
18. KLEIDON, A.; and MOONEY, H. A. *A global distribution of biodiversity inferred from climatic constraints: results from a process-based modelling study*. Global Change Biology, Vol. 6, 2000, 507–523.
19. KNAPP, A. K.; BEIER, C.; BRISKE, D. D.; CLASSEN, A. T.; LUO, Y.; REICHSTEIN, M.; SMITH, M. D.; SMITH, S. D.; BELL, J. E.; FAY, P. A.; et al. *Consequences of more extreme precipitation regimes for terrestrial ecosystems*. Bioscience, Vol. 58, 2008, 811–821.
20. KNAPP, A.K.; FAY, P.A.; BLAIR, J. M.; COLLINS, S. L.; SMITH, M. D.; CARLISLE, J. D.; HARPER, C. W.; DANNER, B. T.; LETT, M. S.; and MCCARRON, J. K. *Rainfall variability, carbon cycling, and plant species diversity in a mesic grassland*. Science, Vol. 298, 2002, 2202–2205.
21. LE HOUEROU, H. N. *Climate change, drought and desertification*. Journal of Arid Environments, 34, 1996, 133–185.
22. LU, J.; R. G. VECCHI, and T. REICHLER,; *Expansion of the Hadley cell under global warming*. Geophys. Res. Lett., Vol. 34, 2007, L06805.
23. MARIOTTI, A. *Recent changes in the Mediterranean water cycle: A pathway toward long-term regional hydroclimatic change*. J. Climate, Vol. 23, 2010, 1513–1525.
24. MARIOTTI, A.; and DELL'AQUILLA, A. *Decadal climate variability in the Mediterranean region: Roles of large-scale forcings and regional processes*. Climate Dyn., Vol. 38 (5-6), 2011, 1129-1145.
25. MILLY, P. C. D.; Dunne, K.A.; and Vecchia, A. V. *Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate*. Nature, Vol. 438, 2005, 347–350.
26. OLIVER, J. E. *Monthly precipitation distribution: a comparative index*. Professional Geographer, Vol. 32, 1980, 300–309.

27. 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, Vol. 37, 1987,38–48.
28. PHILANDRAS, C. M.; NASTOS, P. T.; KAPSOMENAKIS, J.; DOUVIS, K. C.; TSELIODIS, G.; and ZEREFOS, C. S. *Long term precipitation trends and variability within the Mediterranean region*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., Vol. 11, 2011, 3235-3250,
29. PREVIDI, M.; AND LIEPERT, B. G. *Annular modes and Hadley cell expansion under global warming*. Geophys. Res. Lett., Vol. 34, 2007, L22701.
30. RAMBAL, S. OURCIVAL, J.M. JOFFRE, R. MOUILLOT, F. NOUVELLON, Y. REINCHSTEIN, M. ROCHETEAU, A. *Drought controls over conductance and assimilation of a Mediterranean evergreen ecosystem: scaling from leaf to canopy*. Glob. Change Biol. 9, 2003, 1813–1824.
31. SCHWALM, C. R.; WILLIAMS, C. A.; SCHAEFER, K.; ARNETH, A.; BONAL, D.; BUCHMANN, N.; CHEN, J.; LAW, B. E.; LINDROTH, A.; LUYSSAERT, S.; REICHSTEIN, M.; and RICHARDSON, A. D. *Assimilation exceeds respiration sensitivity to drought: A FLUXNET synthesis*, Glob. Change Biol.; Vol. 16, 2010, 657–670.
32. SEAGER, R.; NAIK, N.; and VECCHI, G. A. *Thermodynamic and dynamic mechanisms for large-scale changes in the hydrological cycle in response to global warming*. J. Climate, Vol. 23, 2010, 4651–4668.
33. SMITH, M. D.; KNAPP, A. K.; and COLLINS, S. L. *A framework for assessing ecosystem dynamics in response to chronic resource alterations induced by global change*. Ecology, Vol. 90, 2009, 3279-3289.
34. TRENBERTH, K. E. *Changes in precipitation with climate change*. Climate Research, Vol. 47, 2011, 123-138.
35. ULBRICH, U.; LIONELLO, P.; BELUŠIĆ, D.; et al. *Climate of the Mediterranean: Synoptic Patterns, Temperature, Precipitation, Winds, and Their Extremes*. PP,301-334. in: *The Climate of the Mediterranean Region From the Past to the Future*. Edited by Lionello. P, Elsevier, 2012 , 496 P.
36. VOROSMARTY, C. J.; McIntyre, P. B.; Gessner, M. O. et al . *Global threats to human water security and river biodiversity*. Nature, Vol. 467, 2010, 555–561.
37. WELTZIN, J. F.; LOIK, M. E.; SCHWINNING, S.; WILLIAMS, D. G.; et al . *Assessing the response of terrestrial ecosystems to potential changes in precipitation*. Bioscience, Vol. 53, 2003 , 941–952.
38. WOODWARD, G, Perkins, D. M, and Brown, L. E. *Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organisation*. Philosophical Transactions of the Royal Society, Vol. 365, 2010, 2093–2106.
39. YIN, J. H. *A consistent poleward shift of the storm tracks in simulations of 21st century climate*. Geophys. Res. Lett., Vol. 32, 2005, L18701.
40. ZHANG, Y. M.; MORAN, S.; NEARING, M. A.; PONCE CAMPOS, G. E.; et al. *Extreme precipitation patterns and reductions of terrestrial ecosystem production across biomes*. Journal of geophysical research, biogeosciences, Vol. 118, 2013, 1–10.