تغيّرات الهطل في منطقة الجزيرة السورية و آثارها الكامنة في الغطاء النباتي و إنتاجية المزروعات

Precipitation Change, and Its Potential Effects on Vegetation and Crop Productivity in Syrian Al Jazerah Region

د. ميشيل سكاف [1] و م. شِفا مثبوت [2]

(1)؛ جامعة تشرين – كلية الزراعة – قسم الحراج و البيئة .
(2)؛ مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقيّة.

المُلَخَّص

أشارت تقارير لجنة تغيرات المناخ (IPCC) إلى وجود تغيّر واضح في الدورة الهيدرولوجية نتيجةً للتسخين العام على مستوى سطح الأرض، تتنبأ النماذج الحديثة للدورة العامة للغلاف الجوي (GCMs) بحدوث تغيّرات ملحوظة في كميات و توزعات الهطل ذات انعكاسات مباشرة على النظم البيئية و الزراعية و الموارد المائية.

استُخدمت خطوط الاتجاه Trends و توزّع غاما Gamma Distribution، إضافةً إلى المتوسط المتحرّك Moving Average تحليل قيم الهطل الفصلية و السنوية لثلاث محطات (القامشلي – تل أبيض – الحسكة) تمثّل منطقة الجزيرة و لفترة امتدت من عام 1960 و حتى 2006 و ذلك لتحديد اتجاه التغيّر و تقدير قيمته ، كما استعمل مؤشر تركّز الهطل (PCI) لدراسة التغيّر في موسمية الهطل، وقد أشارت نتائج البحث إلى تناقص حاد في كميات الأمطار السنوية ناتج عن تراجع أمطار الربيع و الشتاء، إضافة إلى زيادة تركّز الهطل وخاصةً في القامشلي.

الكلمات المفتاحيّة: تغيّر الهطل، تغيّرات المناخ، الدورة الهيدرولوجية، المناخ الزراعي، مؤشر تركّز الهطل، توزّع غاما.

Abstract

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports indicate that an observed change in Hydrological cycle has been occurred as a result to a global warming in land surface. The recent General Circulation Models predict that an observed changes in precipitation quantities and distributions will occur which have direct results on Agro ecosystems and water resources. Trends, Gamma distribution and Moving average have been used for analyzing seasonal and annual rainfall values for the period (1960 - 2006) in three stations (Kamishli ,tel-Abiad- Hassakah) which represent AL Jazerah region to determined the trend of change and estimate its value . Precipitation Concentration Index (PCI) has been also used to study the rainfall seasonality. The study

©2010 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

showed that there was a sever decrease in annual rainfall quantities related to the decreasing in Spring and Winter rainfall quantities , and an increase in rainfall seasonality, especially in Kamishli station.

Key words: Precipitation Change, Climate change, Hydrological cycle, Agro -climatology, Precipitation Concentration Index, Gamma distribution.

مقدّمة

تعدّ التغيرات المناخية من أهم التحديات التي تواجه المجتمعات البشرية، حيث يتوقع أن تؤثّر في النظم البيئية لمختلف مناطق العالم (Vitousek ، 1994 ؛ IPCC، 2001 ؛ IPCC،2007).

فبالإضافة إلى ارتفاع الحرارة السطحية و زيادة تركيز CO_2 فإن التسخين العام سوف يغيّر نماذج الحركة العامة للغلاف الجوي و الدورة الهيدرولوجية الأمر الذي سيؤدي إلى تغيرات عميقة في نماذج الهطل لمعظم المناطق (Karl و Trenberth، 2003 ؛ Dore، 2005).

تعدّ المناطق الجافة و شديدة الجفاف من أكثر المناطق حساسية لتبدّل الظروف المناخية (Schlesinger وزملاؤه، 1990 ؛ Nicholson وزملاؤه، 1998؛ Evans و Geerken، 2004) ، وخاصة فيما يتعلّق بكميّة وطبيعة و توزّع الهطل (Ehleringer وزملاؤه، 1999؛ Huxman وزملاؤه ، 2004) و ذلك بسبب الدور الرئيس و المحدّد الذي تؤديه رطوبة التربة بالنسبة لمختلف العمليات في النظام البيئي (Noy-Meir، 1973؛ LeHouérou، 1988؛ Weltzin وزملاؤه، 2003؛ Fay، 2009) التي تشمل التنوّع النباتي الوظيفي (Paruelo وزملاؤه، 1996؛ Schwining و Ehleringer، 2001؛ Knapp وزملاؤه ، 2002) لذلك يتوقّع أن يكون لتغيّرات الهطل آثاراً أكبر في ديناميكية النظم البيئية بالمقارنة مع التأثيرات المفردة أو التفاعلية لارتفاع الحرارة وزيادة تركيز CO_2 في مثل هذه المناطق.(Knapp وزملاؤه، 2002 ؛ Weltzin وزملاؤه، 2003؛ Potts وزملاؤه، 2006).

إن التغيرات في كلّ من موسمية و تذبذبات الهطل و التي تتنبأ بها نماذج الدورة العامة للغلاف الجوّي (General Circulation Models(GCMs (Easterling وزملاؤه، 2000 ؛ Groisman وزملاؤه، 2005؛ IPCC،2007) يمكن أن تؤثر و بشكل كبير في التوزعات المكانية و الزمنية لرطوبة التربة و بالتالي يمكن أن تبدّل في درجة تأقلم الأنواع المختلفة و علاقتها المتبادلة مع بعضها و مع الأحياء الأخرى (Weltzin وزملاؤه، 2003 ؛ Huxman وزملاؤه، 2004).

يعدّ حوض المتوسّط منطقة مناخية انتقالية حيث يتوقع أن يكون لتغيرات المناخ تأثيرات عميقة للغاية و خاصة فيما يتعلّق بالنظم البيئية الزراعية و الموارد المائية (Lavorel وزملاؤه، 1998).

يتضح ممّا تقدّم أهمية تقدير التغيّر في كميات الهطل و توزعها و قيمها المتطرّفة في منطقة الجزيرة، التي تعدّ من أهم مناطق إنتاج الحبوب في سوريا- في تخطيط الإنتاج الزراعي و إدارة الموارد المائية بما يضمن تحقيق التنمية الزراعية المستدامة لهذه المنطقة .

تركّزت أهداف البحث في تقدير التغيّرات في كلّ من كمية وموسمية الهطل باستعمال أدق طرق الإحصاء الرياضي وأحدثها و ما قد يترتّب عليها من انعكاسات على النظم البيئية الطبيعية و الزراعية.

المعطيات وطرائق البحث

تمّ إنجاز البحث باستخدام القيم الشهرية للأمطار لثلاث محطات تمثّل منطقة الجزيرة لفترة رصد امتدّت من عام 1960 و حتى عام 2006 . تمّ الحصول عليها من المديرية العامة للأرصاد الجوية في دمشق، (الجدول 1).

الجدول 1. إحداثيات المحطات المدروسة.

المحطة	خط الطول	خط العرض	الارتفاع (م)
القامشلي	41˚ 12´ 14˝	37˚ 01´ 54˝	449
الحسكة	40˚ 42´ 58˝	36˚ 31´ 14˝	307
تل أبيض	38˚ 57´ 00˝	36˚ 42´ 00˝	348

جرت معالجة المعطيات باستعمال المؤشرات الإحصائية المعروفة كالمتوسّط الحسابي (Average) والانحراف المعياري (Standard Deviation) ومعامل التباين (Coefficient of Variation).

و قد تمّت دراسة تغيّرات الأمطار باستعمال عدّة طرق:

1) خطوط الاتجاه - Trends:

تمّ تحليل سلاسل الأمطار الفصلية و السنوية لكامل فترة الدراسة باستعمال المعادلات الخطية التي تسمح بتحديد اتجاه التغيّر وتقدير قيمته:

$$Y = a + b X$$

حيث أنّ:

Y القيمة المحسوبة بالترند.

a القيمة الابتدائية.

b معدّل النمو المطلق (السنوي).

x الزمن (السنوات).

2) توزّع غاما Gamma Distribution:

تحدث تغيرات أي عنصر مناخي وفق ثلاثة أنماط : تغيّر في المعدّل، أو تغير في المعدّل مترافق مع حدوث تغير في الانحرافات (التذبذب)، أو ثبات في المعدّل مع حدوث تغيّر في التذبذب.

لذلك استعمل توزّع غاما من أجل التقدير الدقيق لتغيّرات كميات الهطل وتوزّعها الاحتمالي بعد تقسيم السلاسل الزمنية للأمطار إلى مرحلتين:

تبدأ الأولى من عام 1960 وحتى عام 1983، أما الثانية فتمتدّ من عام 1984 حتى عام 2006.

تعدّ توزّعات غاما إحدى التوزعات الأكثر أهمية و استعمالاً في الدراسات الهيدرولوجية (Yue،2001؛ Shiau وزملاؤه، 2007) و يعد توزّع غاما غير الكامل Distribution Incomplete Gamma الأكثردقة في تمثيل بيانات الأمطار (Redmond، 2000).

يأخذ توزّع غاما غير الكامل الشكل التالي:

$$f(x) = \frac{1}{ß^{\alpha}\,\Gamma(\alpha)}\; x^{\alpha-1}\; e^{-x/ß} \qquad ; x > 0$$

تمّ حساب مؤشّر تركّز الهطل Precipitation Concentration Index لكل موسم لتحديد الاختلافات في طبيعة توزّع الأمطار بين المواسم المختلفة في كل محطة و الذي يأخذ الشكل التالي:

$$PCI = 100\; \frac{\sum p_i^2}{P^2}$$

Pi الهطول الشهري (مم).

P الهطول السنوي (مم).

و قد استعملت خطوط الاتجاه في تحديد اتجاه و مقدار تغيّر قيم المؤشّر للإحاطة بجميع التبدّلات في موسمية الهطل إن وجدت.

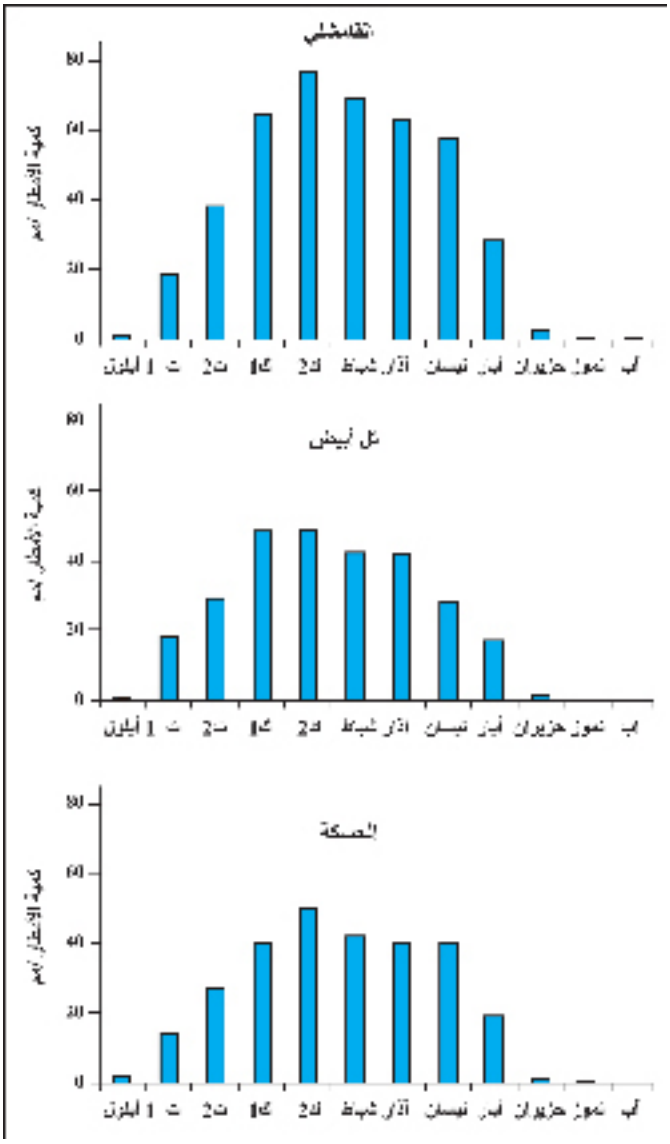
3) المتوسّط المتحرّك Moving Average:

استعمل المتوسّط المتحرك المحسوب لكل خمس سنوات لتحديد المسار العام للتغيّر في كمية الأمطار السنوية و ذلك بمقارنة قيمه المحسوبة لكامل الفترة مع معدّل أمطار الفترة الأولى (1960-1983).

النتائج و المناقشة

* دراسة المسارات العامة للأمطار و تبايناتها :

تمّ حساب المعدّلات الشهرية و الفصلية و السنوية لقيم الأمطار في المحطات الثلاث مع تبايناتها، وقد استعملت المعدّلات الشهرية لتوضيح مسارات الهطل في كلّ محطة كما هو مبيّن في الشكل (1)، ويلاحظ أنّ كانون الثاني هو الشهر الأكثر هطولاً في جميع المحطات، كما أنّ كميات الأمطار خلال شهري آذار و نيسان مرتفعة نسبياً بالمقارنة مع أشهر الشتاء، الأمر الذي يعدّ بالغ الأهمية بالنسبة لتغطية الاحتياجات المائية للمحاصيل ونباتات المراعي، حيث تتوافق هذه الفترة مع مرحلتي استطالة الساق و الإسبال بالنسبة للحبوب، و مرحلة استئناف النمو بالنسبة للأنواع النباتية المعمرة.



الشكل 1. مسارات الأمطار في القامشلي و تل أبيض و الحسكة وفق المعدلات المحسوبة من (1960-2006).

يبيّن الجدول (2) المعدّلات الفصلية والسنوية المحسوبة لكامل فترة الدراسة مع معامل التباين و منها نلاحظ أنّ نظام الهطل في المنطقة متوسطي نموذجي من الشكل شتاء- ربيع- خريف، حيث أن أمطار الشتاء هي الأعلى وتشكّل تقريباً نصف أمطار الموسم تليها أمطار الربيع فالخريف . تزيد أمطار الربيع عن ضعف أمطار الخريف في القامشلي و الحسكة و تقترب من الضعف في تل أبيض، و لهذا الأمر أهمية كبيرة من الناحيتين البيئية و الزراعية حيث يعدّ فصل الربيع فترة النمو الأعظمي في المناطق المتوسطية نظراً لتوافر درجات الحرارة المناسبة مع توافر مخزون كافٍ من الماء المتاح في التربة خلال هذه الفترة .

الجدول 2. المعدّلات الفصلية و السنوية للأمطار تبايناتها في القامشلي و تل أبيض و الحسكة المحسوبة للفترة 1960-2006.

المحطة	الفترة	الخريف	الشتاء	الربيع	الموسم الماطر
القامشلي	المعدّل	58.6	210.4	149.5	418.6
	CV%	64.6	40.6	51.2	33.0
تل أبيض	المعدّل	48.7	139.8	87.8	276.3
	CV%	63.9	38.0	59.8	31.2
الحسكة	المعدّل	42.8	131.2	98.6	218.1
	CV%	82.3	43.5	61.2	37.6

يتضّح من الجدول (2) أيضاً وجود تفاوت كبير بين المواسم وهذا يظهر من خلال القيم المرتفعة لمعامل التباين (CV%) التي تزيد عن 30 % في المحطات الثلاث. يلاحظ أيضاً أن التباين يكون أكبر خلال الفصول حيث بلغ أعلى قيمة في الخريف ثم الربيع فالشتاء .

* دراسة تغيّرات الهطل في منطقة الجزيرة:

1) باستعمال خطوط الاتجاه Trends:

تبيّن من خلال تحليل سلاسل الهطل الفصلية والسنوية لكامل فترة الدراسة باستخدام المعادلات الخطية وجود تناقص حادّ في كميات الأمطار السنوية في المحطات الثلاث كما هو موضّح في الشكل (2) والجدول (3)، حيث تراجعت كميات الأمطار في القامشلي بمقدار 29 مم لكل عقد، وفي الحسكة بمقدار 17.7مم لكل عقد، أما في تل أبيض فقد تراجعت بمقدار 12.8 مم لكل عقد، الأمر الذي أدّى إلى تناقص كميات الأمطار السنوية خلال فترة الدراسة بمقدار 27.7 % في القامشلي، و 26 % في الحسكة، و 19.2 % في تل أبيض.

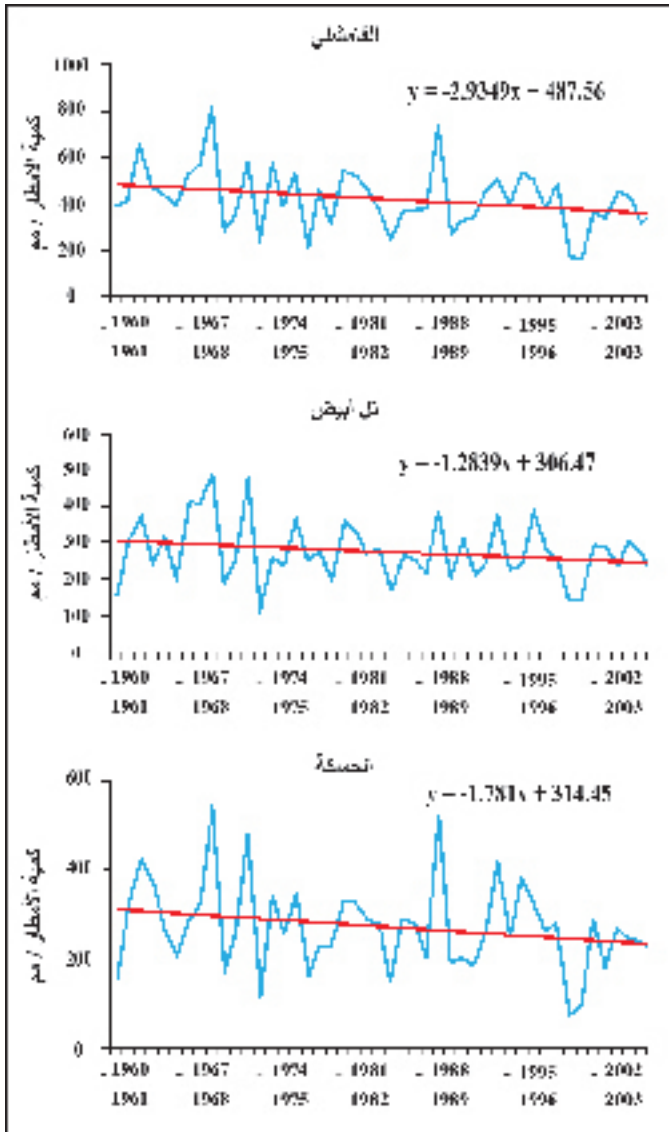
الجدول 3. ثوابت معادلات الاتجاه التي تظهر اتجاه ومقدار التغير في كميات الأمطار الفصلية و السنوية في القامشلي و تل أبيض و الحسكة للفترة (1960-2006).

المحطة	الفترة	ثوابت المعادلة		قيمة	%
		a	b	التغيّر(مم)	
القامشلي	الخريف	58.99	-0.01	-0.7	-1.18
	الشتاء	229.40	-0.81	-37.2	-16.2
	الربيع	199.10	-2.11	-97.1	-48.8
	الموسم الماطر	487.50	-2.93	-135.0	-27.7
تل أبيض	الخريف	39.89	0.375	+17.3	+43.4
	الشتاء	157.60	-0.759	-34.9	-22.1
	الربيع	108.90	-0.89	-41.4	-38.0
	الموسم الماطر	306.40	-1.28	-59.0	-19.3
الحسكة	الخريف	32.79	+0.43	+19.6	+59.8
	الشتاء	149.00	-0.76	-35.0	-23.5
	الربيع	132.60	-1.45	-66.5	-50.2
	الموسم الماطر	314.40	-1.78	-81.9	-26.1

يتضّح من خلال الرجوع إلى المعادلات الفصلية (الجدول 3) أن التناقص الحاد في قيم الأمطار السنوية ناتج عن تناقص أمطار الربيع بالدرجة الأولى يليه تناقص أمطار الشتاء ، فعلى الرغم من تزايد أمطار الخريف في الحسكة (4.2 مم/عقد) و تل أبيض (3.7 مم/عقد) إلا أن هذا التزايد لا يقارن بالتناقص الكبير في فصلي الشتاء والربيع. ولا شك أن هذه التغيرات سوف تمتلك تأثيرات ملحوظة على إنتاجية محاصيل الحبوب و الغطاء النباتي الرعوي،فمن المعروف أن المرحلة الحرجة بالنسبة لاستهلاك النجيليات للماء تتوافق مع الفترة من استطالة الساق و حتى الإزهار، حيث يتطلّب النبات في هذه المرحلة أكثر من 40 % من الاحتياجات الكلية لكامل دورة حياته (Ivanov، 1971) لذلك ترتبط إنتاجية المزروعات إلى حدٍّ كبير بكمية الماء المتاح في قطاع التربة (0-100سم) خلال هذه الأطوار، حيث تعدّ الرطوبة جيدة إذا كانت أكثر من 120 مم و مقبولة إذا كانت قريبة من 100 مم، و سيئة إذا قلّت عن 80 مم،(Verigo و Razomova، 1963؛ Razomova، 1975).

تعدّ أمطار الشتاء الأكثر أهمية في إغناء طبقات التربة بالماء المتاح حتى أعماق ملحوظة، والتي يستفيد منها الغطاء النباتي في الفترات اللاحقة (Schwining و Sala، 2004). وذلك لتدني مستويات التبخر نتح خلال هذه الفترة.

إنّ التناقص الكبير في أمطار الشتاء في المنطقة سيكون له انعكاس واضح على توافر الرطوبة المتاحة في القطاع المتري بالنسبة للمزروعات والغطاء النباتي الطبيعي، وخاصة إذا استمر هذا النقص في عام معيّن خلال فصل الربيع. تتوافق المرحلة الحرجة لاحتياجات النجيليات للماء و كذلك استئناف العديد من الشجيرات التابعة للعائلة الرمرامية Chenopodiaceae والمركّبة Asteraceae للنمو، إضافة إلى نمو الكثير من الحوليات الربيعية والصيفية مع فصل الربيع لذلك فإن التناقص الحاد في أمطار الربيع سيؤدّي إلى تدنّي إنتاجية ونوعية الحبوب وإلى نقص التغطية وتراجع الإنتاجية الأولية للغطاء النباتي الطبيعي، الأمر الذي يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في تأمين مياه الري بالنسبة للمحاصيل إذا أمكن و إدارة المراعي الطبيعية بحيث يتم تخفيض درجة استغلال المرعى أو

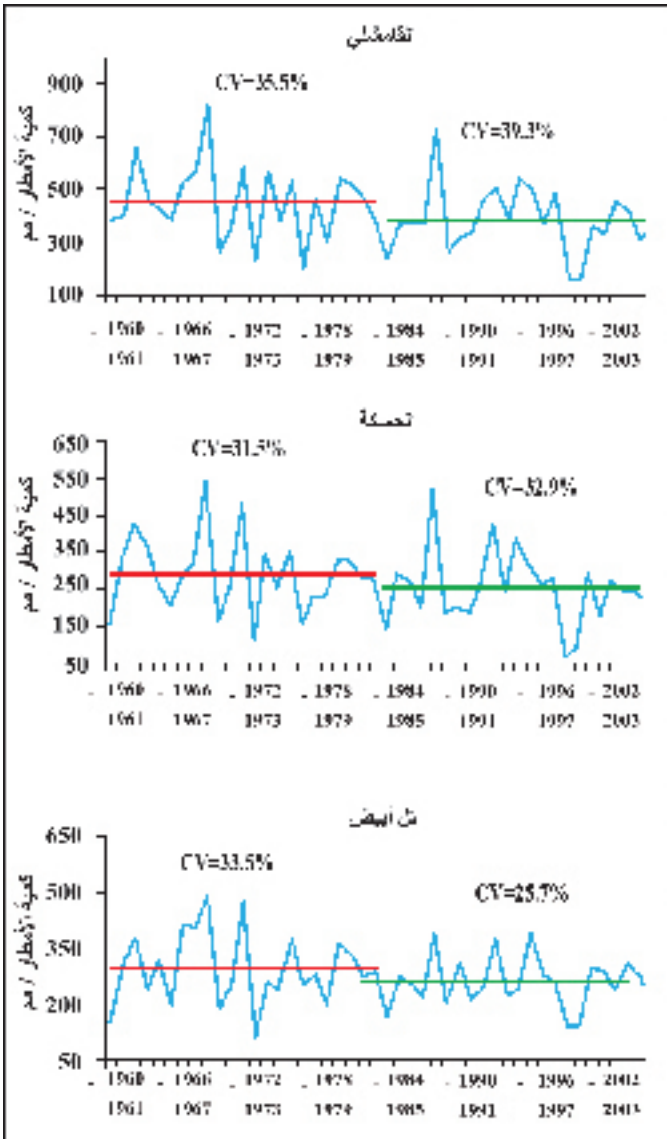


الشكل 2. التباينات الموسمية في كميات الأمطار و الاتجاه العام للتغيّر في القامشلي و تل أبيض و الحسكة للفترة (1960-2003).

الحمولات الحيوانية أو كليهما معاً.

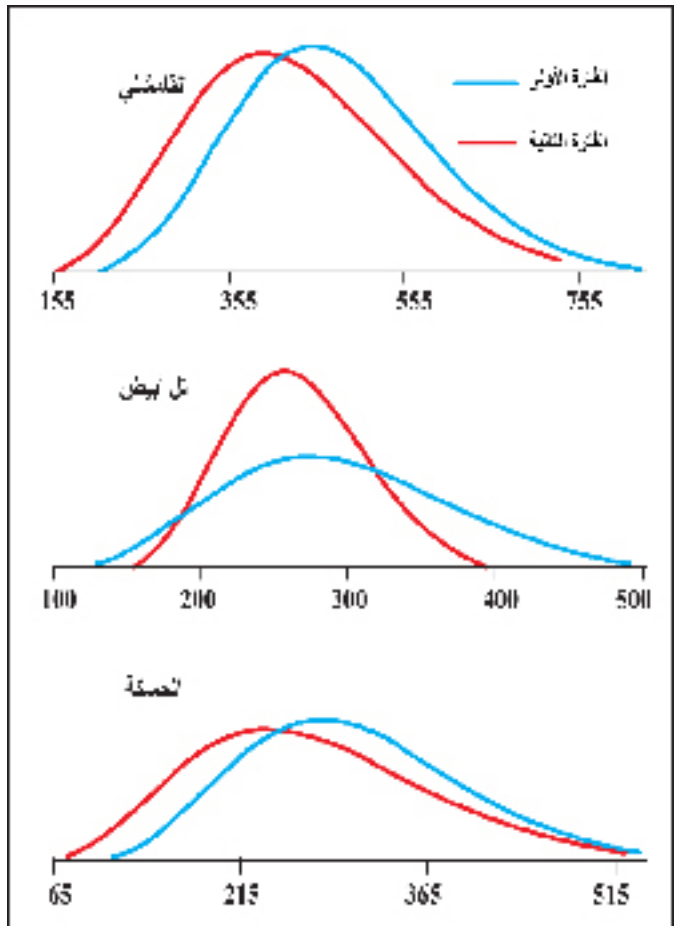
2) بمقارنة الفترتين الأولى و الثانية :

لقد سمح تقسيم فترة الدراسة بإظهار الفروق الواضحة بين المرحلتين الأولى و الثانية سواء باستخدام الطرق الإحصائية البسيطة في المقارنة (الشكل 3)، أو باستخدام توزّع غاما (الشكل 4).



الشكل 3. التغيّر في المعدّلات السنوية للأمطار و تبايناتها في القامشلي و تل أبيض و الحسكة خلال الفترتين (1960-1983) و (1984-2003).

يتضّح من الشكل (3) وجود تناقص واضح في معدّلات الأمطار خلال الفترة الثانية في المحطات الثلاث و يترافق ذلك مع تزايد قيمتي معامل التغيّر في القامشلي و الحسكة أي أنّ هناك تغيّراً في كلّ من المعدّل و القيم المتطرّفة لهاتين المحطتين، و خاصة القامشلي.

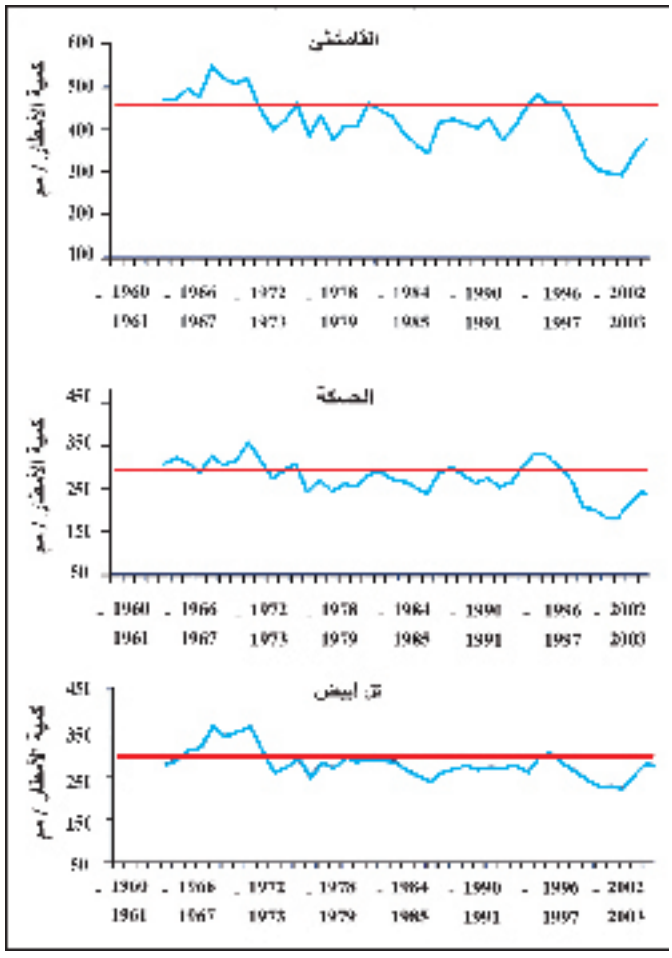


الشكل 4. الاختلافات في التوزّع الاحتمالي لقيم الأمطار السنوية المحسوب بطريقة غاما بين الفترتين الأولى و الثانية في القامشلي و تل أبيض و الحسكة

يظهر من الشكل (4) وجود انزياح واضح في معدلات الأمطار باتجاه التناقص في المحطات الثلاث خلال الفترة الثانية من الدراسة، و يترافق ذلك مع تغيّر واضح في التوزّع الاحتمالي للقيم بما فيها القيم المتطرّفة، حيث يلاحظ تراجع الاحتمالية في كميات الهطل المرتفعة، وتزايدها بالنسبة للكميات المنخفضة في القامشلي و الحسكة، أمّا في تل أبيض فيلاحظ تراجع احتمالية كلّ من القيم المرتفعة و المنخفضة لكنّ هذا التراجع يكون أكبر بالنسبة للقيم المرتفعة.

3) باستعمال قيم المتوسّط المتحرّك:

تمّت مقارنة قيم المتوسط المتحرك المحسوب لكل خمس سنوات لسلاسل الأمطار السنوية في المحطات الثلاث مع معدّلات الفترة الأولى كما هو مبيّن في الشكل(5) . و منه نلاحظ أن مسار هذه القيم يتجه نحو الانخفاض مبتعداً عن مستوى المتوسّط العام للفترة الأولى ممّا يؤكّد الاتجاه الواضح نحو تناقص الأمطار خلال السنوات الأخيرة .



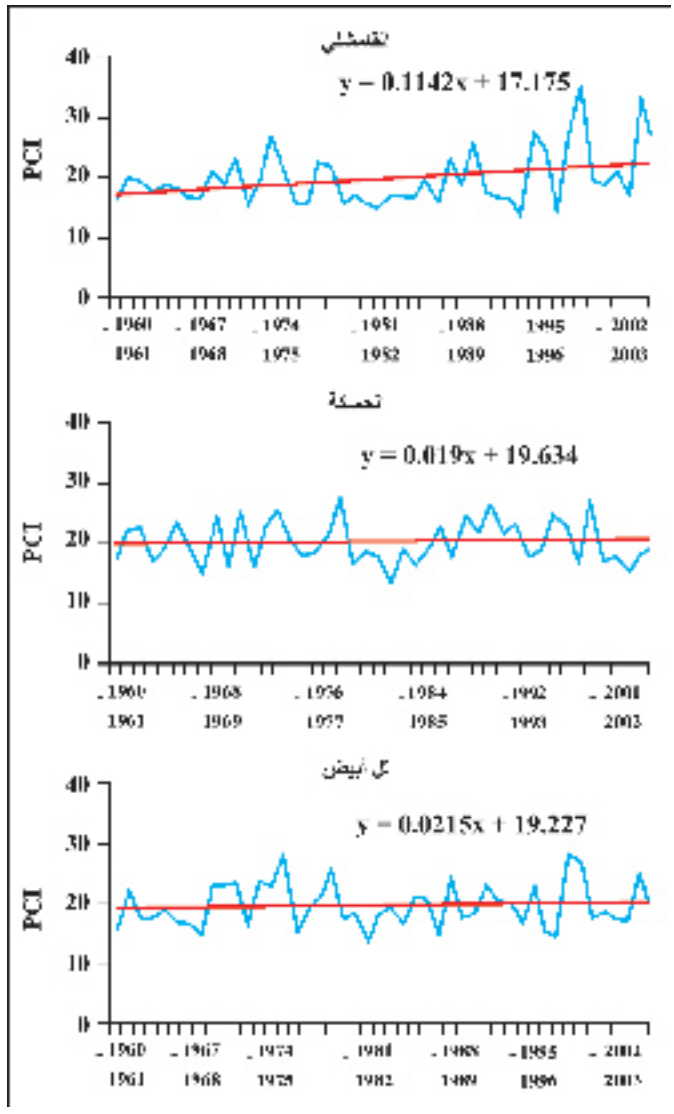
الشكل 5. الاتجاه العام لقيم المتوسّطات المتحرّكة المحسوبة لكامل فترة الدراسة بالنسبة إلى معدّل أمطار الفترة (1960-1983) في القامشلي و الحسكة و تل أبيض.

⋆ دراسة تغيّرات موسمية الهطل في منطقة الجزيرة :

أظهرت قيم مؤشر تركّز الهطل (PCI) المحسوبة للمحطات الثلاث خلال فترة الدراسة تبايناً واضحاً بين عام و آخر، حيث تراوحت بين (13.6 و 35.2) في القامشلي، و (13.3 و27) في الحسكة، و (13.9 و 28.3) في تل أبيض .

و بتحليل السلسلة الزمنية لهذه القيم يتضّح وجود تزايد ملحوظ في قيم المؤشر في القامشلي بلغ 5.2 % و تزايد بسيط في تل أبيض و الحسكة لم يتجاوز 1 % (الشكل 6).

يشير هذا التزايد في القامشلي إلى حدوث تغيّر واضح في موسمية الهطل يتجلّى بتركّز الأمطار خلال فترة زمنية أقل بالمقارنة مع السابق ولهذا الأمر أهمية بيئية كبيرة، حيث أنه مع تزايد طول الفترة الجافة الخالية من الأمطار يزداد الإجهاد المائي بالنسبة للغطاء النباتي و المزروعات.



الشكل 6. الاتجاه المتزايد لقيم مؤشّر تركّز الهطل في القامشلي و الحسكة و تل أبيض.

الاستنتاجات:

1 - يُلاحظ وجود تناقص حاد في كميات الأمطار السنوية خلال فترة الدراسة في المحطات الثلاث، بلغ 27.7 % في القامشلي و 26 % في الحسكة و 19.2 % في تل أبيض. و يعود هذا التناقص بالدرجة الأولى إلى تراجع كميات الأمطار في الربيع ثم الشتاء، و على الرغم من وجود زيادة ملحوظة في أمطار الخريف في الحسكة و تل أبيض إلا أنها لا تتناسب مع التناقص الكبير لكلا الفصلين الآخرين.

2 - أظهرت دراسة تغيّر الأمطار باستعمال توزّع غاما الناقص وجود انزياح واضح في المعدّلات مع اختلاف ملحوظ في التوزّع الاحتمالي لقيم الأمطار في المحطات الثلاث.

3 - بيّنت الدراسة وجود زيادة واضحة في تركّز الهطل في القامشلي، إلا أنّ هذه الزيادة كانت طفيفة في تل أبيض و الحسكة.

4 - أشارت دراسة تغيّرات الأمطار باستعمال المتوسط المتحرّك إلى اتجاه واضح نحو التناقص خلال العقود الثلاثة الأخيرة.

المراجع

Dore, M. H. I. 2005. Climate change and changes y global precipitation patterns: What do we know?. Environment. International. 31: 1167-1181.

Easterling, J; L. Evans, P. Ya. Groisman, T. R. Karl; K. E. Kunkel; and P.Ambenje. 2000. Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. Bull. American Meteorology Society. 81: 417– 42.

Ehleringer, J. R; S. Schwinning; R. Gebauer. 1999. Water use in arid land ecosystems. In: Press, M.C., Scholes, J. D., Barker, M. G. (Eds.), Physiological Plant Ecology. Blackwell Science. Boston:.347–365.

Evans, J., R, Geerken. 2004. Discrimination between climate and human-induced dry land degradation. Journal of Arid Environments .57:535–554.

Fay, P. 2009. Precipitation variability and primary productivity in water-limited ecosystems: how plants 'leverage' precipitation to 'finance' growth. New Phytologist.181:5:8

Groisman, P. Y; R.W. Knight; D. R. Easterling; T. R. Karl ;G.C. Hegerl; and V. Razuvaev. 2005. Trends in intense precipitation in the climate record. Journal of Climate. 18: 1326–1350.

Huxman, T. E; J. M. Cable; D. D. Ignace,; A. J. Eilts; N. B. English; J. Weltzin; and D. G. Williams. 2004. Response of net ecosystem gas exchange to a simulated precipitation pulse in a semi-arid grassland: the role of native and non-native grasses and soil texture. Oecologia .141, 295–305.

IPCC. 2001. Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I in the Third

D. C. Goodrich. 2006. The sensitivity of ecosystem carbon exchange to seasonal precipitation and woody plant encroachment. Oecologia. 150: 453–463.

Redmond, K. T. 2000: Integrated climate monitoring for drought detection, in Drought.: A Global Assessment, edited byWilhite, D. A.,Routledge, 145–158.

Shiau, J. T; S. Feng, and S. Nadarajah. 2007. Assessment of hydrological droughts for the Yellow River, China using copulas. Hydrological Processes. 21: 2157–2163.

Schlesinger, W. H, J. F, Reynolds, G. L. Cunningham, L. F, Huenneke, W. M, Jarrell, R. A, Virginia, and W.G, Whitford. 1990. Biological feedbacks in global desertification. Science 247: 1043–1048.

Schwinning, S. and O. E. Sala. 2004. Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems. Oecologia 141: 211-220

Schwinning, S; J. R. Ehleringer. 2001. Water use trade-offs and optimal adaptations to pulse-driven arid ecosystems. Journal of Ecology . 89: 464–480.

Ulanova, E. S. 1975. Agrometerological conditions and productivity of Wheat L: Hydro – Meteo press ,302 pp.

Verigo, S.A. and L. A. Razomova.1963. Soilmoistureandits role in Agricultural production. L:Hydro – Meteo press , 289 pp.

Vitousek, P. M. 1994. Beyond global warming—ecology and global change. Ecology, 75: 1861–1876.

Weltzin, J. F; M. E. Loik; S. Schwinning; D. G. Williams; P. Fay; B. Haddad; J. Harte; T.E . Huxman ; A.K. Knapp; ; G. Lin; W.T. Pockman; M. R. Shaw ; E. Small; M. D. Smith; S. D. Smith; D. T. Tissue; and J. C. Zak. 2003. Assessing the response of terrestrial ecosystems to potential changes in precipitation. Bio Science. 53: 941–952.

Yue, S. 2001. A bivariate gamma distribution for use in multivariate flood frequency analysis. Hydrological Processes.15: 1033–1045.

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton JT, Ding Y,Griggs DJ, et al (eds). Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon S, QinD, Manning M, et al., (eds). Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press.

Ivanov. P. K. 1971. Spring Wheat. M: Kolos-press. 1971.262pp.

Karl, T. R and K. E. Trenberth, 2003.Modern global climate change .Science. 302: 1719–1723.

Knapp, A. K; P. A Fay; J. M. Blair; S. L Collins; M. D. Smith; J. D. Carlisle; C. W. Harper; B.T. Danner; M. S. Lett; and J. K. McCarron. 2002. Rainfall variability, carbon cycling, and plant species diversity in a mesic grassland. Science. 298: 2202–2205.

Lavorel, S.; J. Candell; S. Rambal; and J. Terradas. 1998 . Mediterranean terrestrial ecosystems : research priorities on global change effect . Global Ecology and Biogeography Letters 7 : 157-166 .

Le Houérou, H. N; R.L. Bingham ; Skerbek .W. 1988. Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. Journal of Arid Environment.15:1–18.

Nicholson, S. E; C. J. Tucker; M.B. Ba. 1998. Desertification, drought and surface vegetation: an example from the west African Sahel. Bulletin of the American Meteorological Society. 79: 815–829.

Noy-Meir, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. Annual Review of Ecology and Systematics. 4:25–51.

Paruelo, J. M; W. K. Lauenroth . 1996. Relative abundance of plant functional types in grasslands and shrublands of North America. Ecological Applications, 6, 1212–1224.

Potts, D. L; T. E. Huxman; R. L. Scott; D. G. Williams;