



دراسة بعض مؤشرات الجفاف وعلاقتها بسماكة حلقات النمو عند الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. في موقعي جبل النبي متى وعين عفان- طرطوس / سورية

Studying Some of Drought Indices and Their Relationship with Tree Rings Width of *Pinus brutia* Ten. in Nabi Mata and Ein Affan Forests (Tartous/ Syria)

د. وائل علي⁽¹⁾

د. ليلى عبود⁽¹⁾

م. هبة سلهب⁽¹⁾

Eng. Heba Salhab⁽¹⁾

Dr. Leila Abboud⁽¹⁾

Dr. Wael Ali⁽¹⁾

heba.salhab@yahoo.com

or

waelali15@hotmail.com

(1) قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سورية.

(1) Department of Forestry and Ecology, Fac.of Agriculture, Tishreen University, Syria.

الملخص

يعدّ الجفاف حدثاً مناخياً متطرفاً ذو تأثير مباشر في نمط الحياة والنشاطات البشرية على سطح الأرض، وهو من الظواهر المهمة التي تستحق الدراسة. استخدم في هذا البحث ستة مؤشرات للجفاف والقحولة، وهي: محصلة الانحرافات القياسية الشهرية المثقلة، مؤشر كشف الجفاف، مؤشر القحولة، مؤشر القحولة لأمبرجيه، المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف، ومؤشر التوفر الرطوبي. وذلك بهدف دراسة شدة الجفاف، وعلاقة الارتباط بين هذه المؤشرات وسماكة حلقات النمو للصنوبر البروتي في موقعي عين عفان وجبل النبي متى في محافظة طرطوس (سورية)، لفترة امتدت حتى 30 سنة (1984 إلى 2013). استخدمت تقانات التأريخ الشجري المناخي Dendroclimatology لدراسة تأثير الجفاف في حلقات النمو لأشجار الصنوبر البروتي في كل موقع. وقد تبين وجود علاقة ارتباط ضعيفة وسلبية بين المؤشرات المستخدمة ومؤشر حلقات النمو في موقع جبل النبي متى، في حين كانت إيجابية ومعنوية في موقع عين عفان، وصلت إلى قيمة 0.51 مع مؤشر سيليانينوف، وظهر الجفاف متطرف الشدة في بعض المواسم لدى استخدام مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة (Sn)، إلا أنه كان غائباً تماماً خلال كامل سنوات الدراسة بالنسبة للمؤشرات الأخرى، وبشكل عام ظهر اتجاه نحو تناقص الجفاف في كلا الموقعين.

الكلمات المفتاحية: سورية، الجفاف، الصنوبر البروتي، حلقات النمو، عين عفان، جبل النبي متى، علم التأريخ المناخي الشجري (علم المناخ الشجري).

Abstract

Drought is an extreme climatic event, that has a direct influence on lifestyle and human activities on Earth. It is an important phenomenon worthy of study. In order to characterize drought intensity in Ein Affan and Nabi Mata Mountain (Tartous / Syria), during the last 30 years (1984-2013), six indices of drought and aridity were tested (Sn, RDI, AI, AIE, HIC, P-ETP). To investigate the effect of drought on *Pinus brutia* tree rings, dendroclimatological analysis was examined. Results showed that, the correlations between drought indices and tree-ring index were weak, negative and nonsignificant in Nabi Mata Mountain, while they were positive and significant (P-value= 0.05) in Ein Affan Extreme drought was found in some seasons for Sn drought index, but it was completely absent during all the years of study for other indices. In general, there has been a decrease in drought in both sites.

Keywords: Syria, Drought, *Pinus brutia*, Tree Rings, Ein Affan, Nabi Mata Mountain, Dendroclimatology.

المقدمة

برز الجفاف خلال العقود الماضية كظاهرة طبيعية بالغة الخطورة، تؤثر بشكل كبير في الحياة على سطح الكرة الأرضية. والجفاف ظاهرة خطيرة، واسعة الانتشار تسبب الخسائر البيئية والاقتصادية حول العالم (Bryant، 2005). تظهر الآثار السلبية للجفاف في مختلف نواحي الحياة في المنطقة المتضررة، ولاسيما في النظام البيئي وقطاع الزراعة، وعلى الرغم من أن الجفاف قد يستمر لسنوات عديدة، إلا أن فترة قصيرة من الجفاف الشديد كفيلاً بإلحاق أضرار هائلة.

يوجد تعريف متنوع للجفاف، تختلف وفق المجالات المتأثرة به تبعاً للاحتياجات المكانية والزمانية للماء اللازم للنشاطات البشرية المختلفة (Passioura، 2007؛ Wilhite و Glantz و Palmer، 1985؛ Palmer، 1965). بشكل عام يعرف الجفاف على أنه "نقص الهطل عما هو متوقع (أي عن مستواه الطبيعي للفترة والمنطقة)، والذي يؤدي عندما يستمر لفترة زمنية تطول لفصل أو أكثر، إلى عدم إمكانية توفر احتياجات الوسط البيئي والنشاطات البشرية" (Hayes وزملاؤه، 2011). والجفاف ظاهرة مناخية طبيعية متكررة، وهو يحدث في كل الأنظمة المناخية، وفي المناطق ذات الأمطار الكثيرة والقليلة، وهو صفة مؤقتة مقارنة بالتحولة التي هي ميزة دائمة للمناخ ومحصورة بالمناطق قليلة الأمطار (Wilhite، 2000)، ويعد الجفاف من أعقد المخاطر التي تواجه الإنسان، إذ يصعب فهم وتفسير حدوثه، وهو يؤثر في عدد كبير من الناس مقارنة بالأخطار الطبيعية الأخرى (Hagman، 1984). ويميز العلماء بين أربعة أنماط للجفاف هي:

- الجفاف المبيئورولوجي Drought Meteorological

- الجفاف الزراعي Drought Agricultural

- الجفاف الهيدرولوجي Hydrological Drought

- الجفاف الاجتماعي الاقتصادي Drought Socioeconomic: وهذا النمط من الجفاف يمكن عده نتاجاً للأنماط السابقة. (Wilhite و Glantz، 1985).

شهدت منطقة البحر المتوسط خلال الـ 900 سنة الماضية العديد من الفترات الجافة، لكن هناك حيرة في تحديد طبيعة الجفاف ومدى انتشاره وشموليته في هذه المنطقة (Cook وزملاؤه، 2016).

يؤثر تكرار الجفاف بشكل كبير في نمو أشجار الغابات، ويعد تحليل التأريخ الشجري المناخي (Dendroclimatology) إحدى الطرائق المتبعة لتوضيح العلاقة بين المناخ والنمو، ولاسيما بالنسبة للأشجار التي تنمو في مناطق انتشارها الطبيعية، ويعرف التأريخ الشجري المناخي بأنه "العلم الذي يهتم بدراسة العلاقة بين حلقات النمو والمناخ، وهو علم يهتم بدلالات الزمن والتواريخ والحوادث المناخية كافة، ويعيد تركيب السلاسل الزمنية للمناخ اعتماداً على حلقات نمو الأشجار" (Fritts، 1976). إذ أن سماكة حلقات نمو الأشجار تتأثر بقوة بالحوادث المناخية، فالسنوات التي تحدث فيها أحداث متطرفة، مثل: الصقيع وموجات الحر والجفاف... الخ، تسجل ردود أفعال متشابهة لدى الأشجار، وهذا يعتمد على حساسية الأشجار للعجز المائي والتطرف الحراري (Badeau و Bréda، 2008)، فتبدل الظروف المبيئورولوجية بين عام وآخر نتيجة لتذبذب المناخ يسجل من خلال تعاقب حلقات النمو الضيقة والعريضة. ويُدرس في هذا البحث الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten.

أنموذجي لمثل هذه الدراسات، كونه ينمو طبيعياً في المنطقة، ويتميز بحلقات نمو واضحة. وهو واسع الانتشار شرقي المتوسط، ويمتد من شمال شرقي اليونان إلى جزر بحر إيجه وقبرص، والسواحل الجنوبية لتركيا وصولاً إلى سورية ولبنان والعراق (Barbero و Quezel، 1992؛ Boydak، 2004؛ Farjon، 2013).

والصنوبر البروتي عموماً نوع مقاوم للجفاف، ويمكن أن ينمو في مناطق يصل فيها الهطل إلى 400 ملم (Nahal، 1983). وكان محوراً للعديد من دراسات علم التأريخ المناخي الشجري (Dendroclimatology) في المنطقة المتوسطة منها: (Kienast وزملاؤه، 1987؛ Barbero و Quezel، 1992؛ Touchan وزملاؤه، 2005؛ Sarris وزملاؤه، 2007؛ Griggs وزملاؤه، 2013). يتضح مما سبق أهمية دراسة الجفاف كظاهرة طبيعية غير ملائمة، ولاسيما في المناطق المتوسطة، إذ تنتشر الكثير من النظم البيئية الزراعية والحراجية، وذلك باستخدام مجموعة من المؤشرات التي يعتمد بعضها على الهطل، وبعضها الآخر على الهطل والتبخر- نتج، أو الهطل والحرارة، لما له من تأثير مباشر في النظم البيئية والموارد المختلفة.

هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة علاقة الارتباط بين حلقات النمو للصنوبر البروتي ومؤشرات الجفاف المختلفة، وتقدير معنوية هذا الارتباط، مع تحديد اتجاه ومقدار التغير في قيمة هذه المؤشرات، وتأثيرها في النمو القطري للصنوبر البروتي، في موقعي عين عفان وجبل النبي متى في محافظة طرطوس (سورية).

مواد البحث وطرائقه

منطقة الدراسة:

تمت الدراسة في موقعين في محافظة طرطوس/ سورية، هما:

- موقع جبل النبي متى: وهو موقع تحريج اصطناعي يتبع إدارياً لمنطقة الدريكيش، ويبعد عن مركز محافظة طرطوس نحو 55 كم، وعن منطقة الدريكيش نحو 20 كم، ويرتفع عن سطح البحر نحو 1075 م.
- موقع عين عفان: يتبع إدارياً لمنطقة صافينا، ويبعد عنها نحو 10 كم، وعن مركز محافظة طرطوس نحو 45 كم، ويرتفع فوق سطح البحر نحو 390 م.

الحصول على السلاسل الزمنية لحلقات النمو:

تم في شهر كانون الثاني/ يناير من العام 2014 تحديد 10 أشجار سائدة (Dominant Trees) في كل موقع (الحد المقبول إحصائياً 7 إلى 10)، كون هذه الأشجار تتأثر بعوامل التربة والمناخ فقط، وتأثرها بالعمليات التربوية قليل جداً، وتتميز بأقطار ضخمة وتيجان مضاءة ومتجانسة. استخدم مسبر بريسلر بطول 40 سم لأخذ العينات من الأشجار على مستوى ارتفاع الصدر (130سم)، إذ أخذت من كل شجرة عينتان (سيران) متعامدتان شرق - غرب، وشمال - جنوب. بعد أخذ العينات وضعت السبرات في مساطر خشبية ذات مجاري مفتوحة مخصصة لاستيعابها، وتم تثبيتها بدقة وعناية، وسُجل عليها رقم الشجرة وتاريخ السبر وجهته، وبعد جفاف السبرات تم صقلها باستخدام ورق الزجاج حتى أصبحت حلقات النمو واضحة تماماً (Smiley و Stokes، 1996). بعد معاملة العينات تمت عملية التأريخ البيئي (-Cross dating) من أجل توثيق الحلقات الضيقة والسميكة، واكتشاف السبرات الشاذة وحلقات النمو الكاذبة (Yamaguchi، 1991)، وذلك بمقارنة السبرتين المأخوذتين من كل شجرة ببعضهما البعض، ومن ثم المقارنة ما بين السبرات كافةً، وبعد ذلك تم ربط حلقات النمو مع تاريخ تشكلها بدءاً من القشرة حتى المركز، ووفق عدد حلقات النمو في العينات حددت الفترة التي تغطيها الدراسة بـ 30 سنة.

تم قياس سماكة حلقات النمو عن طريق سحب العينات بواسطة الماسح الضوئي، وإدخالها إلى جهاز الحاسوب، ومن ثم قياس عرضها باستخدام مسطرة القياس في برنامج Adobe Photoshop CS4 بدقة 0.01mm.

المعطيات الميكتورولوجية:

استخدمت بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية بدمشق (سورية) والخاصة بمحطتي دوير رسلان بالنسبة لموقع جبل النبي متى، وصافينا بالنسبة لموقع عين عفان، إذ شملت هذه البيانات القيم الشهرية للهطل ولدرجات الحرارة العظمى والصغرى والجافة، لفترة رصد امتدت من عام 1984 إلى 2013 م.

تم ترتيب البيانات كسنوات هيدرولوجية تمتد من تشرين أول/ أكتوبر للعام السابق لتشكل حلقة النمو حتى أيلول/ سبتمبر لسنة تشكلها، وذلك وفقاً لعدة مراجع في مجال بحوث علم المناخ الشجري في المنطقة المتوسطية: (Akkemik وزملاؤه، 2008؛ Kiaei وBakhshi، 2011؛ Kose وزملاؤه، 2012).

استخدمت بعض المؤشرات الإحصائية، كالمتوسط الحسابي، والانحراف المعياري، ومعامل التباين من أجل إظهار الخصائص الإحصائية للسلاسل الزمنية لقيم العناصر المناخية المستخدمة في الدراسة، ولتحديد مقدار انحراف هذه القيم عن متوسطها العام، وذلك باستخدام برنامج SPSS الإصدار 17.

وتم استخدام معامل الارتباط بيرسون لدراسة علاقة الارتباط بين المؤشرات المناخية المدروسة ومؤشر حلقات النمو (إذ تم التحقق من شروط استخدام هذا النوع من الارتباط، فكانت البيانات المستخدمة في هذا البحث كمية و خاضعة للتوزيع الطبيعي)، وهو يحسب وفق المعادلة التالية:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$$

حيث: **r**: معامل الارتباط بيرسون، **\bar{x}** : متوسط المتغير **x**، **\bar{y}** : متوسط المتغير **y**
تم تحليل سلاسل البيانات المدروسة باستعمال خطوط الاتجاه Trend، والتي تمثل بمعادلة الانحدار الخطي البسيط التي تسمح بتحديد اتجاه التغير، وهي من الشكل:

$$Y = a + b X$$

حيث: **Y**: القيمة المحسوبة بالترند

a: ثابت الانحدار، أو الجزء المقطوع من محور العينات بخط الانحدار.

b: ميل الانحدار، أو معدل التغير لـ **y** لكل وحدة واحدة من **x**.

x: الزمن (السنوات).

وتم حساب قيمة التغير التي تعبر عن الفرق بين القيمة النهائية والقيمة الابتدائية لخط الانحدار المستقيم، إذ تعبر عن اتجاه تغير القيم ومقدارها التي يمثلها هذا الخط عبر الزمن.

- تم حساب التبخر- نتح (ETP) وفق علاقة Hargreaves باستخدام برنامج مناخي متخصص هو Drin C الإصدار 1.5 (Tigkas وزملاؤه، 2013)، وذلك بالاعتماد على القيم الشهرية لدرجات الحرارة الصغرى، والعظمى والجافة، وخط العرض. استخدمت المؤشرات القياسية التالية:

- محصلة الانحرافات القياسية المثقلة للهطولات الشهرية (S_n) Sums of weighted standardized monthly precipitation anomalies وتحسب بالعلاقة التالية:

$$S_n = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\log P_i - \overline{\log P_i}}{\sigma_i} \right) \times \frac{P_i}{\overline{P_a}}$$

حيث:

S_n: محصلة الانحرافات القياسية المثقلة للأمطار لكل موسم هطل بدءاً من الشهر الأول **i=1** حتى الشهر **i=n** الأخير.

n: عدد الأشهر المطيرة، وتم تحديد الفترة من تشرين الأول/ أكتوبر حتى أيار/مايو من كل عام للحساب.

$\log P_i$: اللوغاريتم العشري للأمطار الشهر المدروس **i**.

$\overline{\log P_i}$: معدل قيم **$\log P_i$** للشهر **i** خلال فترة الدراسة.

σ_i : الانحراف المعياري **$\log P_i$** لقيم للشهر **i** خلال فترة الدراسة.

$\frac{P_i}{\overline{P_a}}$: عامل التنقيط Weighting Factor الذي يعبر عن حصة الشهر المدروس من أمطار الموسم.

حيث: **$\overline{P_a}$** : المعدل العام للشهر المدروس، و **$\overline{P_a}$** : المعدل العام للموسم الماطر.

- مؤشر كشف الجفاف (RDI) Reconnaissance Drought Index:

وقد تم حسابه أيضاً باستخدام البرنامج المناخي Drin C الإصدار 1.5 (Tigkas وزملاؤه، 2013)، وذلك وفق التسلسل التالي:

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

حيث: P_j هي الأمطار، و ETP_j التبخر - نتح المحسوبة للفترة j من العام الهيدرولوجي.

- حساب القيمة المعدلة لـ RDI باستخدام العلاقة البسيطة:

$$RDI_j = \frac{a_j}{\bar{a}_j} - 1$$

- حساب القيمة القياسية (standardized) لـ RDI:

$$RDI_{st} = \frac{y_j - \bar{y}_j}{\sigma_i}$$

حيث y_j : اللغاريتم الطبيعي لـ a_j ، \bar{y}_j : المتوسط الحسابي لقيم y_j ، σ_i : الانحراف المعياري لقيم \bar{y}_j .
كما استخدمت مؤشرات جفاف غير قياسية: وتستخدم للدلالة على الواقع الفعلي للجفاف عند المقارنة بين المواقع المختلفة ومنها:
- مؤشر القحولة: Aridity Index (AI): ويحسب من العلاقة:

$$AI = \frac{P}{ETP}$$

حيث:

P : كمية الأمطار السنوية (مم)، ETP : كمية التبخر - نتح الكامن السنوية (مم).
- مؤشر القحولة لأمبرجيه Aridity Index OF Emberger (AIE):

$$AIE = \frac{100P}{M^2 - m^2}$$

حيث:

P : كمية الأمطار السنوية (مم)، M : متوسط درجات الحرارة العظمى لأحر شهر في السنة (م°).
 m : متوسط درجات الحرارة الصغرى لأبرد شهر في السنة (م°).
- المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف (HTC):

$$HTC = \frac{\sum P}{0.1 \sum t > 10C^\circ}$$

حيث: P : مجاميع الهطولات (المعدل العام للهطول السنوي مقدراً بالمم)، $t > 10C^\circ$ التراكم الحراري النشط (أكبر من عشر درجات مئوية)

- مؤشر التوفر الرطوبي:

$$P - ETP$$

الذي يعبر عن العجز المائي السنوي أو الشهري أو الفصلي حسب استخدامه.
فإذا كان الناتج سالباً يدل ذلك على وجود عجز مائي، أما إذا كان موجباً فيدل ذلك على وجود فائض مائي.

الجدول 1. حدود المؤشرات القياسية المستخدمة.

AIE		AI		HTC		RDI		Sn	
قاحلة	30>	شديد القحولة	0.05>	جفاف متطرف	0.2 >	جفاف متطرف	2->	جفاف متطرف	<1.65-
شبه قاحلة	50_30	قاحلة	0.2_0.05	شديد الجفاف	0.4_0.2	جفاف شديد	1.5 - _1.99 -	جفاف شديد	1.28 - _ 1.65 -
شبه رطبة	90 -50	شبه قاحلة	0.5_0.2	جاف	0.7_0.4	جفاف معتدل	1- _1.49 -	جفاف معتدل	0.84 - _ 1.28 -
رطبة	90<	شبه رطبة. قاحلة	0.65_0.5	شبه جاف	1_0.7	قريب من المعدل	0.99 _0.99 -	قريب من المعدل	0.5 _ 0.5 -
		شبه رطبة الى رطبة	1_0.65	شبه رطب	1.3_1			رطوبة خفيفة	0.84 _ 0.5
		رطبة	1<	رطب	1.6_1.3			رطوبة معتدلة	1.28 _ 0.84
				رطب جداً	1.6 <			رطوبة شديدة	1.65 _ 1.28
								رطوبة متطرفة	1.65 <

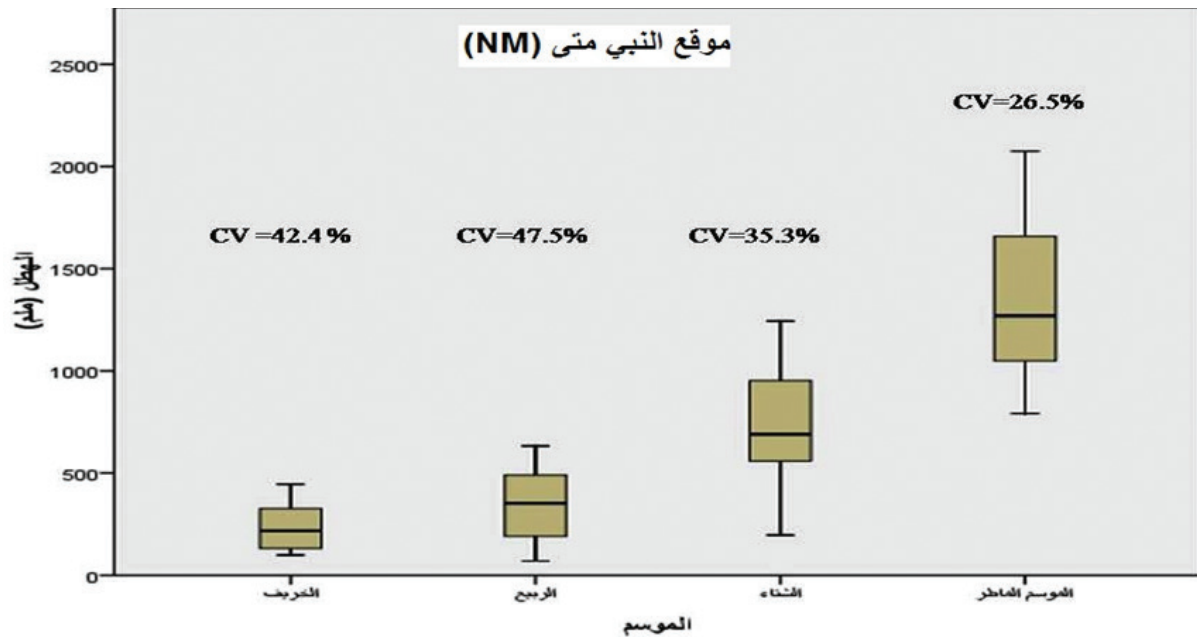
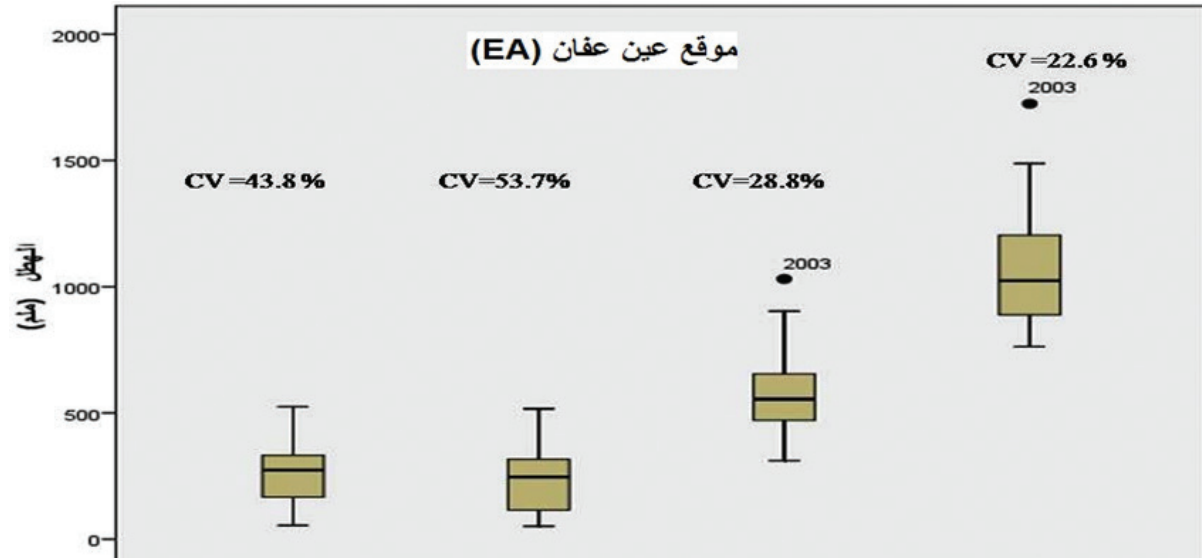
النتائج والمناقشة

دراسة الظروف المناخية العامة لمنطقة الدراسة:

تظهر الخصائص الإحصائية لمعدل الهطل خلال الفصول والموسم الماطر (الشكل 1) أن نظام الهطل في كلا الموقعين المدروسين متوسطي أنموذجي يأخذ الشكل (شتاء - خريف - ربيع) في موقع عين عفان، والشكل (شتاء - ربيع - خريف) في جبل النبي متى، إذ تقدمت هطولات الربيع على هطولات الخريف، أما معدل الهطل في الشتاء فهو أعلى بمرتين أو أكثر من معدل كل من الخريف والربيع.

كما يبين الشكل نفسه وجود قيمة مرتفعة لمعامل التباين في كميات الهطل بين الأعوام، وهذا يظهر من خلال أعلى وأدنى قيمة، ومن خلال قيم معامل التباين المرتفعة، ولاسيما بالنسبة لفصلي الربيع والخريف، إذ تكون هذه القيم هي الأعلى في الربيع يليه الخريف، وهي أعلى في موقع عين عفان مما هي عليه في موقع جبل النبي متى، أما هطولات الشتاء والموسم الماطر فكانت ذات معامل تباين أقل، وكانت في موقع جبل النبي متى أعلى من موقع عين عفان.

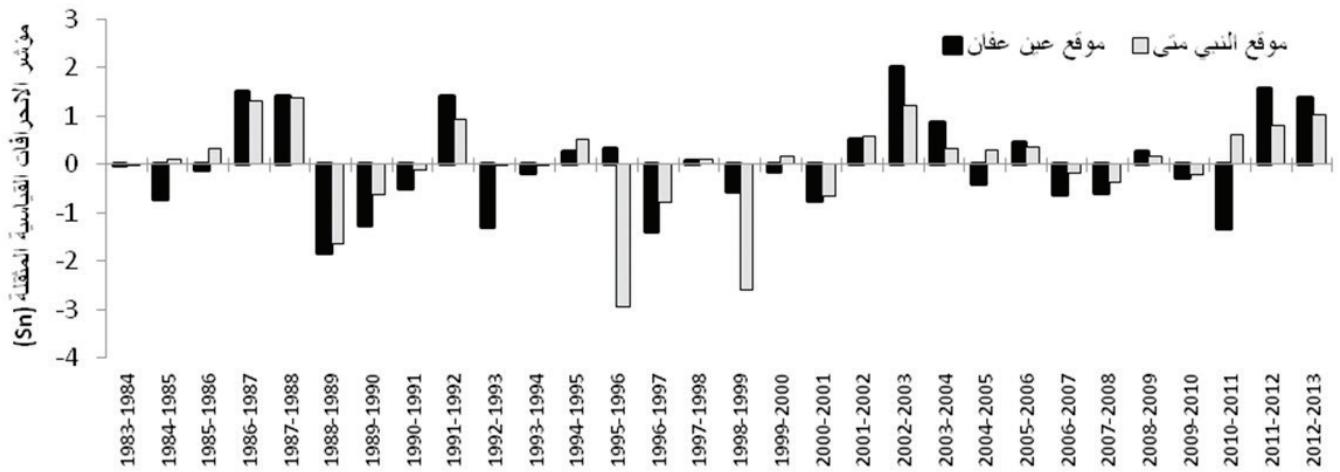
كذلك يظهر عدم انتظام في توزع الهطل من خلال ابتعاد قيمة الوسيط عن أعلى وأدنى قيمة بشكل غير منتظم، ولاسيما خلال فصل الشتاء والموسم الماطر. ويلاحظ شذوذ معدل الهطل للعام 2003 خلال الموسم الماطر وفصل الشتاء في موقع عين عفان، إذ ابتعدت عن المتوسط بأكثر من انحرافين معياريين، إذ بلغت قيمة الانحراف المعياري 248.9، وكان مجموع الهطل في الموسم الماطر (2002/2003): 1724.8 ملم، في حين كان معدله خلال فترة الدراسة 1081.3.



الشكل 1. أهم الخصائص الإحصائية لهطول الفصول والموسم الماطر في موقعي عين عفان وجبل النبي متى خلال الفترة من 1984 إلى 2013.

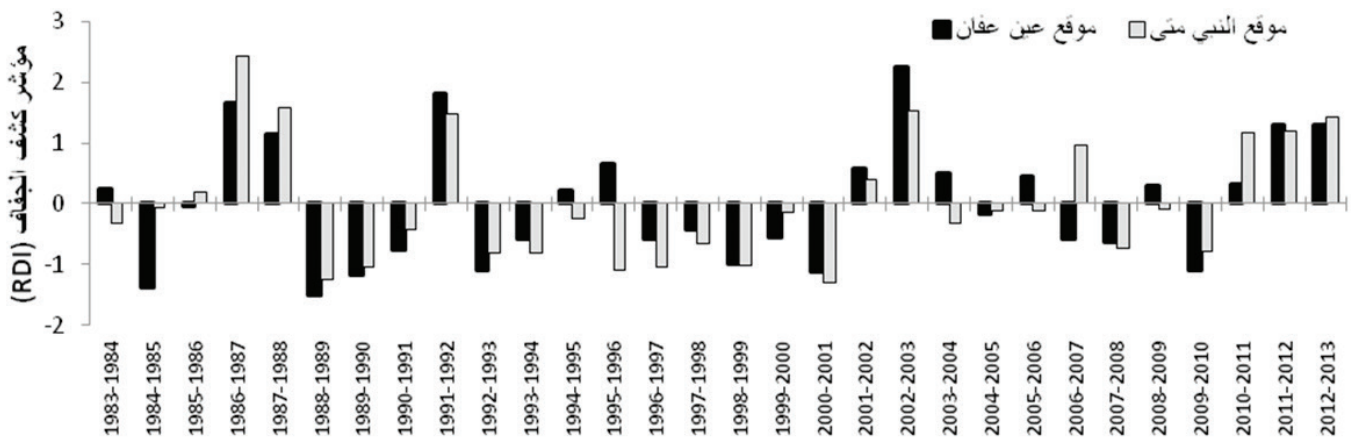
دراسة خصائص الجفاف في موقعي الدراسة:

يظهر الشكل 2 تغير قيم مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة (S_n) في موقعي الدراسة خلال فترة الدراسة البالغة 30 سنة (1984 - 2013)، إذ يلاحظ وجود جفاف متطرف في موقع النبي متى (NM) خلال المواسم 1989/1988 و1996/1995 و1999/1998، أما في موقع عين عفان (EA) فقد تميز الموسم 1988/1989 بجفاف متطرف، في حين كان الجفاف شديداً خلال المواسم 1993/1992 و1997/1996 و2010/2011، وتتميز الموسم 2002/2003 برطوبة متطرفة في عين عفان، والذي تميز بحلقة نمو سميكة نسبياً.

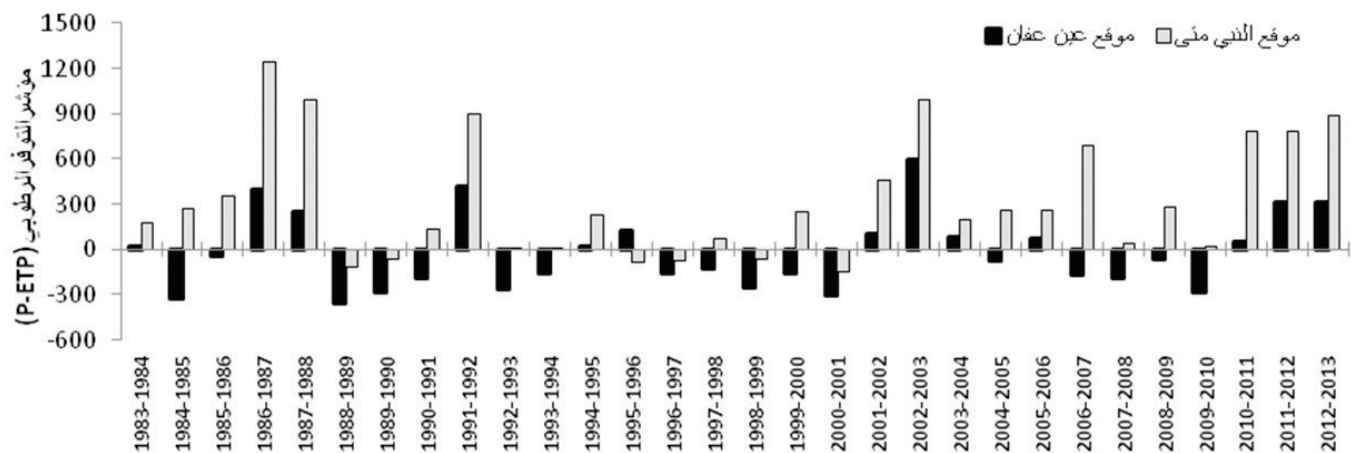


الشكل 2. تغير قيم مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة (Sn) في موقعي الدراسة خلال فترة الدراسة.

ويبين الشكل 3 تغير قيم مؤشر كشف الجفاف (RDI) للموسم الماطر في موقعي الدراسة، ومنه يُلاحظ غياب الجفاف المتطرف في كلا الموقعين، وتميز الموسم 1989/1988 بجفاف شديد في عين عفان، إذ انخفضت قيم المؤشر إلى ما دون (1.5).



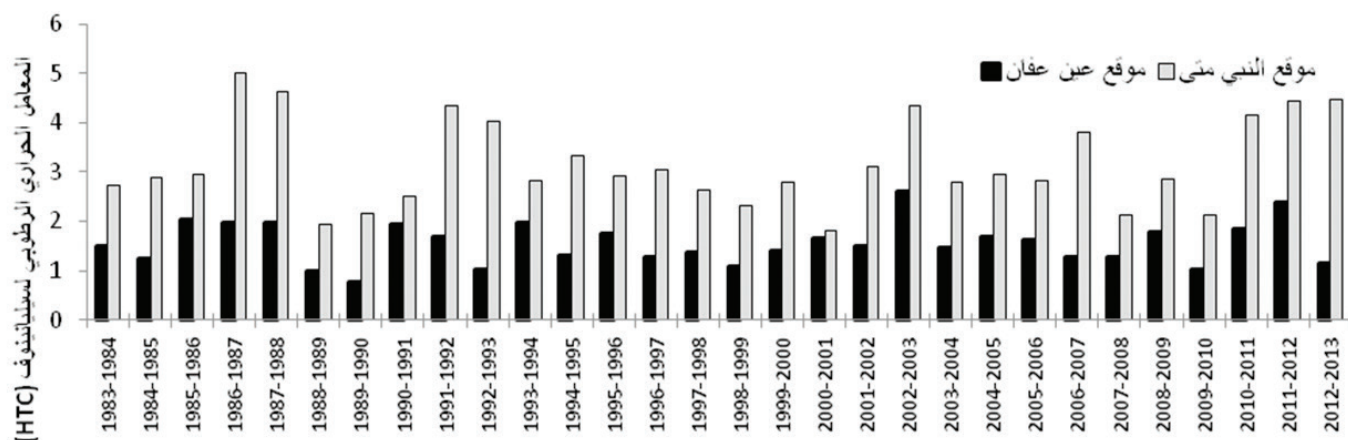
الشكل 3. تغير قيم مؤشر كشف الجفاف (RDI) في موقعي الدراسة خلال فترة الدراسة.



الشكل 4. تغيرات مؤشر التوفر الرطوبي (P-ETP) في موقعي الدراسة خلال فترة الدراسة.

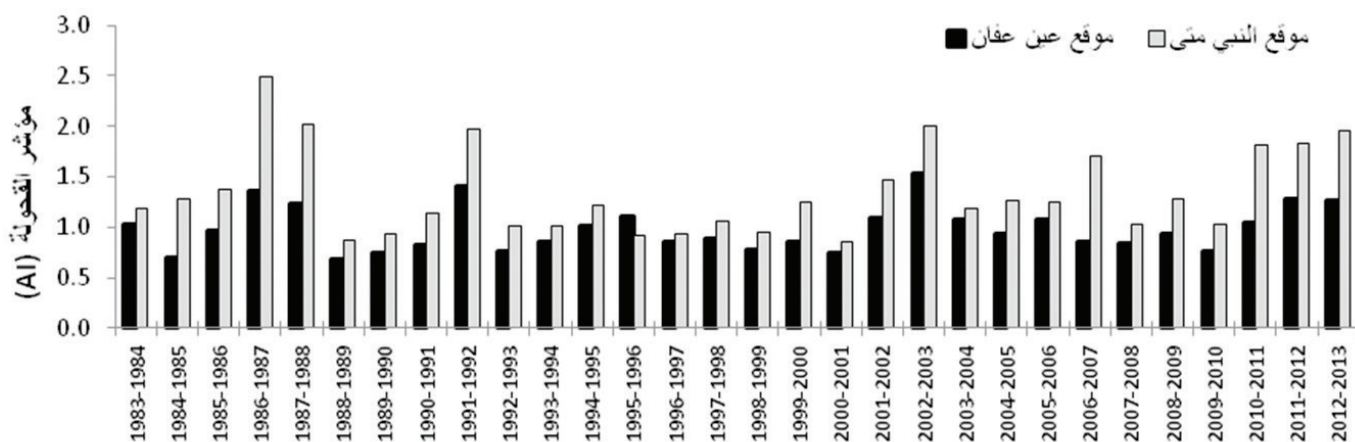
- تم حساب الميزان المائي لأنه يعطي صورة واضحة عن حالة الجفاف أو الرطوبة، وعن مقدار العجز المائي الواقع خلال فترات الجفاف المختلفة. ويلاحظ من الشكل 4 وجود تباين في مدى التوفر الرطوبي للموقعين المدروسين، إذ يظهر جلياً زيادة التوفر الرطوبي في غالبية سنوات الدراسة لموقع النبي متى، على حين كان يقابلها زيادة في العجز المائي وبدرجات متفاوتة في موقع عين عفان (بقيم تزيد عن 250 ملم)، إذ كانت قيم التبخر - نتح الممكن أعلى.

وأشارت دراسة الجفاف عن طريق حساب قيم المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف (HTC) والمبينة في الشكل 5 إلى أن مواسم الفترة المدروسة كافةً دون استثناء في جبل النبي متى كانت شديدة الرطوبة، في حين توزعت المواسم بين شبه رطبة ورطبة في موقع عين عفان، باستثناء الموسمين 1989/1988 و1990/1989 إذ كانا شبه جافين.

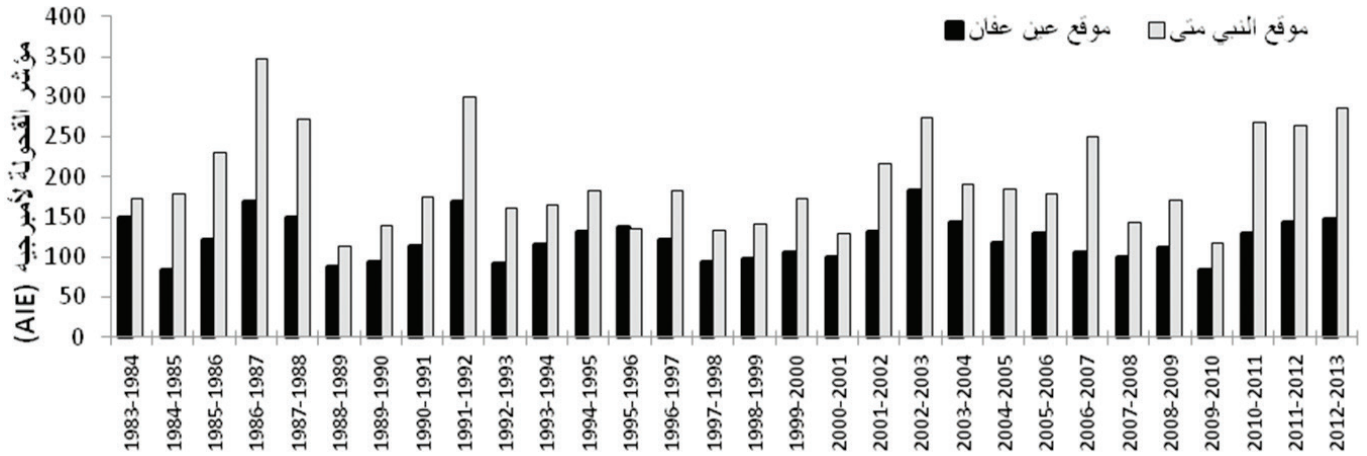


الشكل 5. تغيرات المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف (HTC) في موقعي الدراسة خلال فترة الدراسة.

يتضح من قيم مؤشر القحولة (AI)، ومؤشر القحولة لأمبرجيه (AIE) والموضحة في الشكلين 6 و7 أن معظم المواسم كانت رطبة، ولم تشاهد أي حالة قحولة في الموقعين المدروسين، إذ لم تقل قيم (AI) عن 0.68، وقيم (AIE) عن 0.834.



الشكل 6. تغيرات مؤشر القحولة (AI) في موقعي الدراسة خلال فترة الدراسة.



الشكل 7. تغيرات مؤشر القحولة لأمبرجيه (AIE) في موقعي الدراسة خلال فترة الدراسة.

أكدت جميع مؤشرات الجفاف المدروسة أن الموسم 1987/1986 كان الأكثر رطوبة، كما تميز الموسمان 1992/1991 و 2003/2002 برطوبة واضحة بالنسبة لأغلب المؤشرات، مما انعكس على حلقات النمو خلال هذه المواسم، إذ تميزت هذه الحلقات بسماكتها، وهذا يتوافق ما وجده Griggs وزملاؤه (2013)، الذين استخدموا حلقات نمو الصنوبر البروتي في قبرص لتفسير 40% من حوادث الجفاف وتكرارها. وقد ظهر الجفاف خلال الموسمين المتتاليين 1989/1988 و 1990/1989 بدرجة متفاوتة وفق كل مؤشر، وتشير الدراسات إلى أن الجفاف السنوي يمكن أن يحدث وسطياً مرة واحدة كل خمس سنوات (Griggs وزملاؤه، 2013)، وكذلك عند إعادة بناء الفترات الجافة والرطوبة في تركيا لفترة 350 سنة، تبين عدم وجود فترة جفاف امتدت لأكثر من سنتين متتاليتين (Cullen و D'Arrigo، 2001).

دراسة الارتباط بين مؤشر حلقات النمو ومؤشرات الجفاف:

يبين الجدول 1 قيم معاملات ارتباط بيرسون بين مؤشر حلقات النمو ومؤشرات الجفاف ومدى معنويتها، ففي موقع عين عفان كان الارتباط موجباً ومعنوياً مع مؤشرات الجفاف على مستوى معنوية (P-Value = 0.05)، ويعود هذا إلى كون هذا الموقع يمتد بين الطابقين البيومناخيين الحراري والحقيقي على ارتفاع نحو 390 م عن سطح البحر، وهو يتأثر بتغيرات كمية الهطل وتوزعها، وتتالي السنوات الجافة والرطوبة.

الجدول 2. قيم معامل الارتباط بين مؤشر حلقات النمو ومؤشرات الجفاف في موقعي عين عفان (EA) وجبل النبي متى (NM).

مستوى المعنوية	قيمة معامل الارتباط	موقع عين عفان
	1	مؤشر حلقات النمو
0.03	0.396*	مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة
0.01	0.444*	مؤشر كشف الجفاف
0.03	0.389*	مؤشر القحولة
0.04	0.376*	مؤشر القحولة لأمبرجيه
0.00	0.514**	المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف
0.03	0.397*	مؤشر التوفر الرطوبي
مستوى المعنوية	قيمة معامل الارتباط	موقع النبي متى
	1	مؤشر حلقات النمو
0.90	-0.02	مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة
0.60	-0.10	مؤشر كشف الجفاف
0.53	-0.12	مؤشر القحولة
0.66	-0.08	مؤشر القحولة لأمبرجيه
0.36	-0.17	المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف
0.57	-0.11	مؤشر التوفر الرطوبي

* تعني أن الارتباط معنوي على المستوى 5%. ** تعني أن الارتباط معنوي على المستوى 1%.

ويُلاحظ أن أعلى قيمة للارتباط كانت مع مؤشر سيليانينوف (HTC)، إذ بلغت 0.514 وكانت معنوية على المستوى (P-Value = 0.01)، مما يوضح دور هذا المؤشر في التأثير في سماكة حلقات النمو، إذ كلما ازدادت قيمته تزداد رطوبة المنطقة ضمن حدود معينة، وبالتالي تزداد سماكة حلقات النمو، وبالعكس كلما نقصت قيمته تتجه ظروف المنطقة نحو الجفاف، وينعكس تراجعاً في سماكة الحلقات. أما العلاقة بين مؤشر حلقات النمو ومؤشرات الجفاف في غابة النبي متى فكانت ضعيفة وسالبة، إذ لم تتجاوز أعلى قيمة للارتباط (-0.17)، وكانت مع مؤشر سيليانينوف (HTC)، ولم يكن هذا الارتباط معنوياً على أي مستوى، وقد تعود نتائج الارتباط الضعيفة إلى كون المنطقة تقع في الطابق البيومناخي العلوي (على ارتفاع يتجاوز 1000م)، وتتمتع بمناخ رطب وهطل غزير.

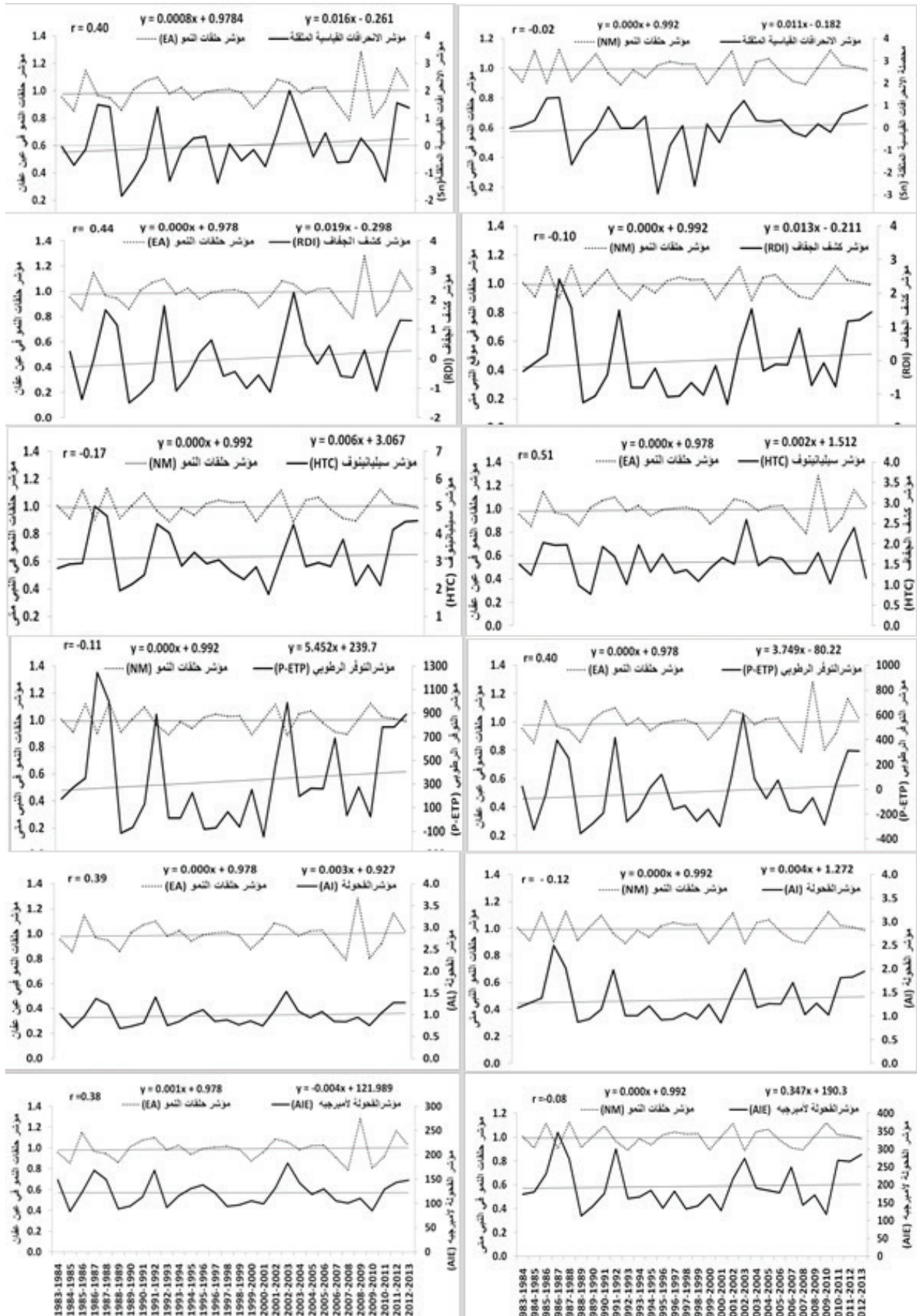
دراسة التغير في شدة الجفاف في موقعي الدراسة، وتأثيره في سماكة حلقات النمو السنوية:

لدى تحليل السلاسل الزمنية لقيم مؤشرات الجفاف والقحولة (مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة، مؤشر كشف الجفاف، مؤشر القحولة، مؤشر القحولة لأمبرجيه، المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف، ومؤشر التوفر الرطوبي)، والسلاسل الزمنية لمؤشر حلقات النمو باستخدام خطوط الاتجاه Trend والموضحة في الشكل 8 والجدول 3، لكامل فترة الدراسة الممتدة من 1984 إلى 2013، تبين من الأشكال البيانية أن ميول خطوط الانحدار الممثلة بقيمة b كانت منخفضة جداً، أي أن هناك زيادة طفيفة فقط في قيم مؤشرات الجفاف المدروسة عبر الزمن، وبالمقابل يُلاحظ ثبات نسبي في تغير قيم مؤشر حلقات النمو مع اتجاه إلى الزيادة خلال المواسم الأخيرة لفترة الدراسة، وكون الموقعين المدروسين يتمتعان برطوبة كافية (وفيرة)، وبالتالي احتياجات الصنوبر البروتي من الرطوبة مؤمنة، وظهر نسبياً أثر الجفاف فقط في حلقات النمو الضيقة والسميكة، التي تشكل ذرى منحنى مؤشر حلقات النمو، وكان تناغم تواتر فترات الجفاف والرطوبة مع الحلقات الضيقة والسميكة يزيد مع زيادة قيم معامل الارتباط.

الجدول 3. ثوابت معادلات الإنحدار الخطي، وقيمة واتجاه تغير مؤشرات الجفاف في موقعي الدراسة 1984 إلى 2013.

موقع عين عفان			موقع النبي متى			المؤشر
قيمة التغير	b	a	قيمة التغير	b	a	
0.33	0.011	-0.18	0.48	0.016	-0.26	مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة
0.39	0.013	-0.21	0.57	0.019	-0.30	مؤشر كشف الجفاف
0.18	0.006	3.07	0.06	0.002	1.51	المعامل الحراري الرطوبي لسيليانينوف
163.56	5.452	239.7	112.47	3.749	-80.22	مؤشر التوفر الرطوبي
0.12	0.004	1.27	0.09	0.003	0.93	مؤشر القحولة
10.41	0.347	190.3	-0.12	-0.004	122.0	مؤشر القحولة لأمبرجيه

مما سبق يُلاحظ أن هناك اتجاهاً نحو تناقص شدة الجفاف في موقعي الدراسة، وبالرغم من أن أغلب الدراسات تتوقع زيادة شدة للجفاف في منطقة البحر المتوسط (Christensen وزملاؤه، 2007)، إلا أن النتيجة التي تم الحصول عليها عليها تتسجم مع Touchan وزملائه (2005) عند إعادة تركيب سلاسل الهطول في شرقي المتوسط، إذ لاحظوا عدم وجود نزعة نحو فترات جفاف طويلة خلال القرنين الأخيرين، بل كان هناك تذبذب بين فترات الجفاف والرطوبة.



الشكل 8. اتجاه التغير في قيم مؤشرات الجفاف المدروسة وقيم مؤشر حقلات النمو السنوية في موقعي الدراسة خلال الفترة من 1984 إلى 2013.

الاستنتاجات والمقترحات

1. دلت قيم معامل الارتباط بين مؤشرات الجفاف ومؤشر حلقات النمو على وجود علاقة ارتباط ضعيفة وسلبية بالنسبة لموقع النبي متى، في حين كانت إيجابية ومعنوية في عين عفان، ووصلت إلى القيمة 0.51 مع مؤشر سليانينوف.
2. بينت نتائج البحث أن الجفاف متطرف الشدة ظهر في بعض المواسم لدى استخدام مؤشر الانحرافات القياسية المثقلة (Sn)، إلا أنه كان غائباً تماماً خلال كامل سنوات الدراسة عند استخدام مؤشر الكشف عن الجفاف (RDI) في الموقعين المدروسين.
3. لم تسجل أية حالة قحولة خلال فترة الدراسة في أي من الموقعين.
4. بينت الدراسة وجود اتجاه نحو تناقص شدة الجفاف من خلال زيادة قيم المؤشرات المدروسة. وعليه تقترح الدراسة:

- إجراء دراسات مماثلة على أنواع حراجية أخرى من الصنوبريات الموجودة في سورية، كالصنوبر الحلبي *Pinus halpensis*، والصنوبر الثمري *Pinus pinea*، وغيرها من الأنواع المحلية الطبيعية والمدخلة، لتشكيل صورة أوضح عن تأثير المناخ في النمو القطري للأشجار.
- تعميم هذه الدراسة على مناطق أخرى في القطر، ولاسيما في المناطق شبه الجافة والجافة، إذ يمكن أن يظهر الجفاف بقوة كعامل محدد للنمو.

المراجع

- Akkemik, Ü., R. D'arrigo, P. Cherubini, N. Köse and G. Jacoby. 2008. Tree ring reconstructions of precipitation and streamflow for northwestern Turkey. *International Journal of Climatology*, 28 (2):173–183.
- Boydak, M. 2004. Silvicultural characteristics and natural regeneration of *Pinus brutia* Ten. *J. Plant. Ecol.* 171(1/2):153–163.
- Bréda, N. and V. Badeau. 2008. Forest Tree Responses To Extreme Drought And Some Biotic Events: Towards a selection according to hazard tolerance? *Science Direct, j. Comptes Rendus Geoscience*, 340 (9–10):651–662.
- Bryant, E. A. 2005. *Natural Hazards*, book. Cambridge: Cambridge University Press. P. 294
- Christensen, J., B. Hewitson, A. Busuioic, A. Chen, X. Gao, I. Held, P. D. Jones, R. K. Kolli, W. T. Kwon, R. Laprise, V. Magana, L. Mearns, C. G. Menendez, J. Raisanen, A. Rinke, A. Sarr, and P. Whetton. 2007. Regional climate projections. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: 849–926
- Cook, B.I., K.J. Anchukaitis, R. Touchan, D.M. Meko, and E.R. Cook. 2016. Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years. *J. Geophys. Res. Atmos.*,121(5): 2060- 2074.
- D'Arrigo, R., and H.M. Cullen. 2001. A 350-year (AD 1628- 1980) reconstruction of Turkish precipitation. *Dendrochronologia*, 19(2):169–177 .
- Farjon, A. 2013. *Pinus brutia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2307- 8235:1- 6.
- Fritts, H. C.1976. *Tree Rings and Climate*, book. London: Academic Press, pp 211, 317, 567.
- Griggs, C., C. Pearson, S. W. Manning, and B. Lorentzen. 2013. A 250-year annual precipitation reconstruction and drought assessment for Cyprus from *Pinus brutia* Ten. tree-rings. *International Journal of Climatology*, 34(8):2702–2714.
- Hagman, G. 1984. *Prevention Better than Cure: Report on Human and Natural Disasters in the Third World*, Book. Papers on Internet. p 187.
- Hayes, M., M. Svoboda, N. Walland, M. Widhalm. 2011. The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended, National Drought Mitigation Center, American Meteorological Society journal: 485488-.
- Kiaei, M. and R. Bakhshi. 2011. A dendrochronological study on *Acer velutinum* in northern Iran. *Indian Journal of Science and Technology*,4 (11): 1547- 1550.
- Kienast, F., FH. Schweingruber, O.U. Br ker and E. Sch r. 1987. Tree-ring studies on conifers along ecological gradients and the potential of single-year analyses. *Canadian Journal of Forest Research*. 17(7) :683- 696.

- Kose, N., U. Akkemika, N H. Dalfesb, S M. Ozerenc and D. Tolunayd. 2012. Tree-ring growth of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* under different climate conditions throughout western Anatolia, *Dendrochronologia*. 30(4): 295- 301.
- Nahal, I. 1983. Le pin brutia (*Pinus brutia* Ten. subsp. *brutia*) (première partie). *Forêt Méditerranéenne* 5: 165-172.
- Palmer, W. C. 1965. Meteorological drought. Office of Climatology Research Paper 45, Weather Bureau, Washington, D.C., 58 pp.
- Passioura, J. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives, *Journal of Experimental Botany*, 58(2):113- 117.
- Quezel, P. and M. Barbero.1992. Le Pin d'Alepet les espèces voisines: répartition caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne*13(3): 158–170.
- Sarris, D., D. Christodoulakis and C. Korner. 2007. Recent decline in precipitation and tree growth in the eastern Mediterranean. *Glob. Chang. Biol.* 13(6): 1187- 1200.
- Stokes, M. and T. Smiley. 1996. *An Introduction to Tree-ring Dating*, University of Arizona Press , Tucson, Papers on Internet ,p73.
- Tigkas, D., H. Vangelis and D. Pangalou. 2013. Drin C (Drought Indices Calculator), Version 1.5, National Technical University of Athens, Centre for the Assessment of Natural Hazards & Proactive Planning & Lab. of Reclamation Works and Water Resources Management, April, 2013.
- Touchan, R., E. Xoplaki, G. Funkhouser, J. Luterbacher, MK. Hughes, N. Erkan, U. Akkemik and J. Stephan. 2005. Reconstructions of spring/summer precipitation for the Eastern Mediterranean from tree-ring widths and its connection to large-scale atmospheric circulation. *J. Climate Dynamics*. 25(1):75- 98.
- Wilhite, D. A., and M. H. Glantz. 1985. "Understanding the drought phenomenon: The role of definitions," *Water International*. 10(3):111- 20
- Wilhite, D. A. 2000."Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions", *Drought Mitigation Center Faculty Publications*. 69.
- Yamaguchi, D.K.,1991. A simple method for cross-dating increment cores from living trees, *Canadian Journal of forest research*. 21(3): 414- 416.

N° Ref: 805