مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

مراقبة استجابة مجموعات الأرز اللبناني *Cedrus libani* A. Richard الطبيعية في سورية للمتغيرات المناخية باستخدام الصور الفضائية MODIS NDVI

الدكتور عماد قبيلي*
الدكتور علي ثابت**
عبير ابراهيم***

(تاريخ الإيداع 27 / 7 / 2015. قبل للنشر في 23 / 11 / 2015)

□ ملخّص □

حللت الدراسة التباين الزمني للصور الفضائية MODIS NDVI لمجموعات الأرز اللبناني الطبيعية في القسم الشمالي الرطب من سلسلة الجبال الساحلية السورية على سفحها الشرقي (صلنفة، جوبة برغال)، و علاقتها مع المتغيرات المناخية (درجة الحرارة، الهطول المطري) خلال الفترة 2004–2014.

أُختبر التباين في قيم مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (NDVI) السنوية و الفصلية لمجموعات الأرز، و التأثير التراكمي للمتغيرات المناخية (درجة الحرارة، الهطول المطري) في هذه المجموعات الحرجية باستخدام علاقات الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) ومعامل الارتباط (Pearson).

أظهرت قيم الـ NDVI لمجموعات الأرز اللبناني تزايداً معنوياً في صلنفة و جوبة برغال (0.006، 0.004 / سنة) على التوالي. وجد إن قيم الـ NDVI السنوية ترتبط معنوياً مع المعدل السنوي للأمطار في جوبة برغال (R= 0.689). كما لوحظ اتجاهاً معنوياً نحو التزايد في قيم الـ NDVI الفصلية في صيف صلنفة و شتاء جوبة برغال (R= 0.638, R= 0.724) على التوالي.

أظهرت النتائج وجود تأثير تراكمي لدرجة الحرارة في الأرز اللبناني في صلنفة و جوبة برغال في الخريف و الشتاء، في حين لوحظ التأثير التراكمي للأمطار في الخريف و الصيف.

الكلمات المفتاحية: الأرز اللبناني، المناخ، مؤشر الاختلاف النباتي القياسي (NDVI)، صور فضائية متوسطة الدقة MODIS.

* أستاذ، قسم حراج وبيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
** أستاذ مساعد، قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، جامعة حلب، سورية.
*** طالبة دراسات عليا(دكتوراه)، قسم حراج وبيئة، جامعة تشرين،اللاذقية، سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

Monitoring the response of natural stands of *Cedrus libani* A. Richard in Syria to climatic variables by MODIS NDVI

Dr. Emad Koubaily *
Dr.Ali Thabeet **
Abeer Ibrahem***

(Received 27 / 7 / 2015. Accepted 23 / 11 /2015)

□ ABSTRACT □

This study was analyzed the temporal variation of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of natural stands of *cedrus libani* in the northern humid part and eastern exposure of the Syrian coastal mountains (Slenfeh, Jawbat Burghal), and its correlation with climatic variables (temperature and precipitation) during the period of 2004-2014. We examined the interannual and seasonal variation in NDVI values of *Cedrus* stands, and accumulative effects of climatic variables (temperature and precipitation) on stands using simple linear regression and correlation (Pearson). The NDVI values of *Cedrus libani* stands showed significant increase in Slenfeh and Jawbat Burghal (0.006, 0.004 /year) respectively. We found that the annual mean NDVI was significantly correlated with annual mean precipitation in Jawbat Burghal (R = 0.689).The significant increase trend of seasonal mean NDVI was in Slenfeh summer and Jawbat Burghal winter (R = 0.638, R = 0.724) respectively. The results showed, there were accumulative effects of temperature on *Cedrus libani* in Slenfeh and Jawbat Burghal in autumn and winter, while the accumulative effects of precipitation in autumn and summer were noted.

Key Words: *Cedrus libani*, Climate, Normalized difference vegetation index (NDVI), MODIS.

*** Professor , Department of Ecology and Foresty ,Tishreen University, Syria .**
****Associate Professor, Department of Ecology and Foresty, Aleppo University , Syria**
*****Postgraduate student , Department of Ecology and Foresty, Tishreen University, Syria .**

مقدمة:

تُعدُّ المنطقة المتوسطية بقعةً ساخنةً للتنوع الحيوي لغناها بنظمها البيئية من جهة و لكونها من المناطق التي خضغت للضغط البشري المتواصل خلال آلاف السنين من جهة أخرى (Hajar *et al.*, 2010). كما يشكل مناخ المنطقة المتوسطية منطقة انتقالية بين المناخ الجاف في شمال إفريقيا و المناخ المعتدل و الماطر في وسط أوروبا و هو يتأثر بالعمليات الجوية المختلفة للعروض الوسطى و المدارية، بالتالي فإن أي تبدلات في الدورة العامة للغلاف الجوي يمكن أن تقود إلى تغيرات عميقة في مناخ المنطقة المتوسطية (Giorgi, 2006).

تخضع المنطقة المتوسطية وخاصةً القسم الجنوبي و الشرقي منها لتأثير التغيرات المناخية المتمثلة بارتفاع درجات الحرارة و انخفاض معدل الهطول المطري مع زيادة في شدة و تكرار الحوادث المتطرفة (جفاف، صقيع،..إلخ) (IPCC, 2007). فقد تمّ التنبؤ بانخفاض في كمية الأمطار بحوالي (20–25%) عن المتوسط الحالي لكمية الأمطار بحلول عام 2050 في كل من إفريقيا الشمالية و بعض أجزاء السعودية و إيران و سورية و الأردن إضافةً إلى ارتفاع في درجة الحرارة بين 2–2.75 م° في المناطق الداخلية و حوالي 1.5 م° في المناطق الساحلية لهذه البلدان (The Second World Water Forum change, 2000).

أصبح التسخين الحراري من أولويات المواضيع البحثية العالمية، و في مقدمتها دور الغابات في التسخين الحراري من خلال تأثيرها في المناخ عن طريق العمليات الفيزيائية و الكيميائية و الحيوية و التي تتأثر بدورها بالنشاط البشري و الدورة الهيدرولوجية و بتركيب الغلاف الجوي. كما انبثقت أبحاث عديدة لدراسة الأثر المتبادل بين الغابة و المناخ، حيث وجد أن الغابات في نطاقات مناخية مختلفة (مع وجود أنواع نباتية مختلفة و في المناطق المختلفة و خلال مراحل التعاقب المختلفة) تتفاعل مع التغير المناخي بشكل مختلف بسبب حساسيتها المختلفة و مرونتها المختلفة أيضاً للاضطراب (Bonan, 2008).

يعمل الارتفاع في متوسط درجات الحرارة على تنشيط الإنتاج النباتي؛ فقد لوحظ ارتفاع في النمو السنوي لأشجار أغلب الأنواع الحراجية في أوروبا، و بالمقابل أظهرت الدراسات الحديثة انخفاضاً في نمو الأنواع الحراجية الواقعة على حدود توزعها الجغرافي (Spiecker *et al.*, 1996).

يمكن أن تزودنا الصور الفضائية المحسوبة على أساس مؤشر الاختلاف النباتي القياسي الـ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) بمعطيات زمنية طويلة، و التي تُعدّ بمثابة أداة فعالة في فهم الحوادث البيئية الماضية ومراقبة الظروف الحالية و التنبؤ بالتغيرات البيئية المستقبلية المتوقعة. تُستخدم السلاسل الزمنية لـ NDVI بشكل واسع في مراقبات الغابات و ظروف نموها (Maselli, 2004)، كما تستخدم في كشف العلاقة المتبادلة بين المناخ و النظم البيئية الحراجية (Luo *et al.*, 2006). حيث يرتبط الـ NDVI مع المساحة الورقية للأشجار والتغطية التاجية للأشجار والإنتاجية النباتية وكمية الكلوروفيل و بالتالي فهو يُعد مؤشراً جيداً للحالة الفينولوجية و الفيزيولوجية للغطاء النباتي (spanner *et al.*, 1990).

تُقدّم الصور الفضائية المتوسطة الدقة لـ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) المحسوبة على أساس المؤشر النباتي الأكثر استخداماً الـ NDVI صوراً متكررةً و فعالةً في تحديد حالة الغطاء النباتي و في مراقبة ديناميكية الغابات في ظل التغيرات البيئية العالمية المختلفة و خاصةً التغيرات المناخية (Van Leeuwen *et al.*, 2006).

إن التراجع الكبير في مساحة الأرز اللبناني الطبيعية في سورية نتيجةً للاستغلال الجائر خلال العقود الماضية؛ جعل هذا النوع الحراجي المهم من أكثر الأنواع المحلية حساسيةً اتجاه التغيرات المناخية الحالية و المتوقعة. حيث يقتصر وجود هذا النوع الحراجي في القسم الشمالي الرطب من سلسلة الجبال الساحلية السورية على سفحها الشرقي. فقد تحوّلت الغابات الطبيعية للأرز اللبناني إلى بقع صغيرة المساحة و رغم إنها متنوعة البنية و التركيب (الشاطر و آخرون، 2006) و لكنها متجزئة متدهورة، و متواجدة بشكل رئيسي في الارتفاعات العليا، و بالتالي فإنه من المتوقع أن يعاني الأرز اللبناني بشكل فعلي من التأثيرات المستقبلية للتغير المناخي (Hajar *et al.*, 2010, Bell, 2008). حيث ستؤثر درجة الحرارة الأحر على نمو الأشجار الفتية و ستزيد من انتشار الأمراض و الإصابات الحشرية ....إلخ، كما لن تجد مجموعات الأرز عندئذ مكاناً آخر لتمتد إليه؛ كونها قد وصلت حديثاً إلى الارتفاعات الأعلى في المناطق الجبلية، مما سيجعل مستقبل غابات الأرز اللبناني غير واضح و غير مؤكد و بشكل خاص في ظل تراجع التجدد الطبيعي لهذا النوع الحراجي (الشاطر و آخرون، 2006).

يتوقف مدى تأثير التغير المناخي في نمو الغابات على شدته من جهة و على قدرة المجموعات الحرجية على التكيف ضمن الموقع أو التمدد إلى أماكن جديدة أكثر ملائمةً من جهة أخرى. و من هنا تأتي أهمية تطبيق خطط الإدارة المناسبة الفعالة بما يخدم تحقيق تأقلم المجموعات الحرجية مع الظروف المناخية الجديدة.

أهمية البحث وأهدافه:

مع تدهور غابات الأرز اللبناني في مناطق انتشارها الطبيعية عامةً و في سورية خاصةً و تقلص مساحتها؛ كان لابد من حمايتها من كل أشكال التعديات من جهة، مع ضرورة تأهيل نظمها البيئية الحراجية المتدهورة من جهة أخرى.

وقد تنبهت الجهات المسؤولة لذلك مؤخراً فتم إعلان المنطقة الطبيعية الرئيسة لتوزع الأرز اللبناني في سورية جزءاً من محمية بيئية طبيعية حراجية سميت بمحمية الأرز و الشوح و ذلك في عام 1996 و على مساحة كلية قدرها 1350 هكتار (وزارة الدولة لشؤون البيئة، 1998).

و تُعدّ ملاحظة و مراقبة الغابات و توفر المعلومات حول تباين ظروف نموها مع الزمن و العوامل المؤثرة في ذلك؛ حجر الأساس في إدارة حراجية سليمة قادرة على اتخاذ القرارات المناسبة لتطوير الغابات و لمنع تدهورها دون أي تأخير. و من هنا تأتي أهمية دراسة استجابة المجموعات الحراجية الطبيعية المتبقية من غابة الأرز اللبناني للتباينات المناخية؛ بما يخدم في فهم وضعها الراهن و العوامل المؤثرة في ديناميكيتها السابقة، و بالتالي تحديد ديناميكيتها المستقبلية في ظل التباينات المناخية الراهنة و المستقبلية؛ بهدف الوصول إلى تطبيق إدارة حراجية سليمة لغابة الأرز اللبناني؛ تسمح بالمحافظة على مجموعاتها الحراجية المتبقية من جهة و تزيد من مقدرتها على مواجهة التغيرات المناخية المتوقعة من جهة أخرى (عن طريق تحسين بنيتها الحراجية و زيادة فرص تجددها الطبيعي...إلخ).

و يهدف هذا البحث إلى:

1- تحديد التباين السنوي و الفصلي في نمو مجموعات الأرز اللبناني الطبيعية في ظل التباينات المناخية (درجة الحرارة، الهطول المطري) خلال الفترة 2004-2014.

2- دراسة التأثيرات التراكمية للمتغيرات المناخية (درجة الحرارة، الهطول المطري) في نمو مجموعات الأرز اللبناني الطبيعية خلال الفترة 2004-2014.

طرائق البحث و مواده:

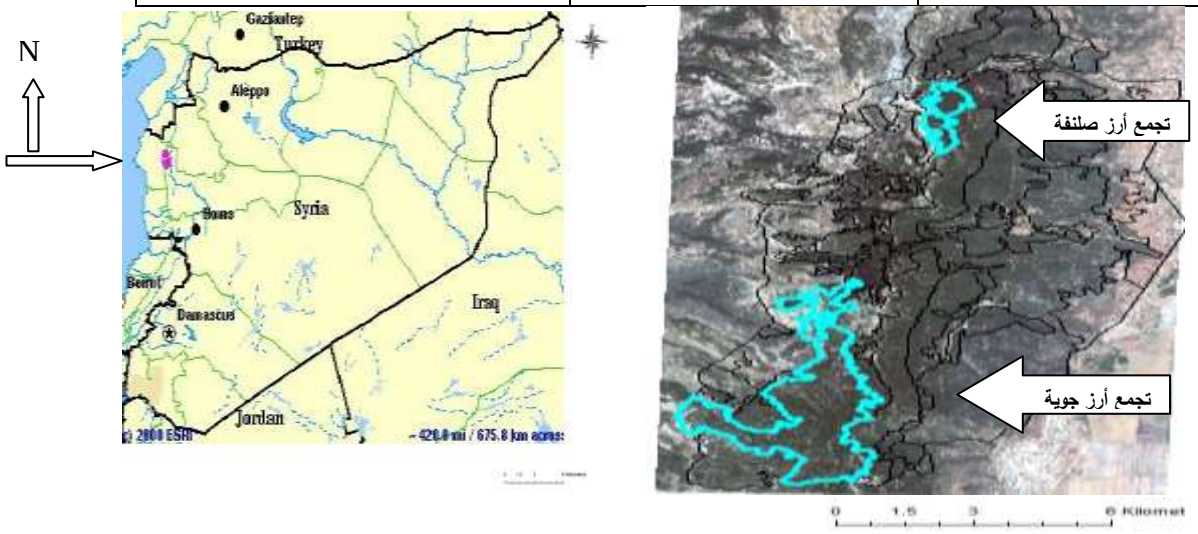
1- موقع الدراسة:

أُعلن المعقل الوحيد لانتشار الأرز اللبناني طبيعياً في سورية كمحمية منذ عام 1996 تحت اسم محمية الأرز و الشوح. تقع محمية الأرز و الشوح بين خطي طول ' 36°10 و ' 36°17 شرقاً و بين خطي عرض ' 35°29 و'35°41 شمالاً في الجزء الشمالي من سلسلة الجبال الساحلية السورية (شكل 1). يسود غابات الأرز والشوح مناخ متوسطي نموذجي يتميز بقليل من الأمطار الصيفية التي تتوافق مع درجات الحرارة العظمى مما ينتج عنه فترة جافة تدوم 3-4 أشهر (حزيران، تموز، آب، أيلول). استناداً إلى المعطيات المسجلة في محطتي صلنفة وجوبة برغال؛ يتراوح الهطول المطري بين 1390 و 2092 ملم، و يمكن أن تهبط درجة الحرارة الدنيا إلى (- 10 م°)، و يتراوح متوسط درجة الحرارة الدنيا لأبرد شهرين (كانون الثاني وشباط) ما بين 0.8 و 2.4 م° حسب الارتفاع عن سطح البحر والاتجاه (وزارة الدولة لشؤون البيئة، 1998).

يتواجد التجمع الرئيسي للأرز اللبناني ابتداءً من ارتفاع 1000 م عن سطح البحر على ترب ناشئة على الصخور الكلسية الجوراسية القاسية وكلها مكونة من الكلس القاسي والكلس الدولوميتي (مرتيني، 1989). يتراوح عمق التربة التي ينمو فيها الأرز بين 15 و105 سم، كما تمتاز الترب التي ينمو عليها عادة بحموضة معتدلة (فارس و آخرون، 1991). يعاني الأرز اللبناني في محمية الأرز و الشوح من تدهور كبير فقد تراجعت غاباته و اختلطت مع أنواع نباتية أخرى عديدة، ليشكل حوالي 26.53% من الغطاء الأرضي في صلنفة مقابل حوالي 15.40% من الغطاء الأرضي في جوبة برغال (إبراهيم و آخرون، قيد النشر). (جدول 1).

جدول 1: النسب التي تشغلها الأغطية الأرضية في منطقتي صلنفة و جوبة برغال.

النوع الأرضي	النسبة المشغولة (%)-صلنفة	النسبة المشغولة (%)-جوبة برغال
الأرز اللبناني	26.53	15.40
الأنواع عريضات الأوراق	46.66	58.09
المناطق المفتوحة	26.82	26.511



شكل1: موقع محمية الأرز و الشوح من القطر العربي السوري و تجمعات الأرز اللبناني فيها.

2 – البيانات المناخية:

أُستخدمت القيم الشهرية لمتوسط درجة الحرارة للفترة 2004–2010 في صلنفة و 2004–2013 في جوبة برغال، و كمية الأمطار للفترة 2004–2014 و ذلك لمحطتي صلنفة و جوبة برغال. (جدول 2).

جدول 2: خصائص المحطات المناخية المستخدمة في البحث.

المحطة	خط الطول الجغرافي	خط العرض الجغرافي	الارتفاع عن سطح البحر(م)	المتوسط السنوي لدرجة الحرارة(م°)	المعدل السنوي للأمطار (ملم)
صلنفة	°36.1897	°35.5722	1173	13.32	1257.21
جوبة برغال	°36.166	°35.497	850	14.1	1513.71

3 – بيانات الصور الفضائية:

أُستخدمت منتجات الدلائل النباتية للصور الفضائية MODIS المصححة راديومترياً MOD13Q1 و استخدم منتج الـ NDVI خلال الفترة 2004–2014. حصلنا على هذه الصور من خلال تحميلها من الموقع الالكتروني للهيئة الأمريكية لمسح الأراضي USGS (United States Geological Survey) (http://earthexplorer.usgs.gov//) المقدمة من قبل الشركة (National Aeronautics and Space Administration) NASA كل 16 يوماً و بدقة مكانية 250 × 250 م و المُرجعة مكانياً وفق نظام الإرجاع الجغرافي العالمي WGS_1984.

4 – منهجية البحث:

4 – 1– تحديد الخصائص المناخية:

تم حساب المتوسط الحسابي لدرجة الحرارة و مجموع كمية الأمطار للفترة المدروسة في محطتي صلنفة و جوبة برغال على المستويات الزمنية السنوية و الفصلية. باعتبار أشهر الخريف (أيلول، تشرين الأول، تشرين الثاني) و الشتاء (كانون الأول، كانون الثاني، شباط) و الربيع (آذار، نيسان، آيار) و الصيف (حزيران، تموز، آب).

4 – 2– تحديد قيمة مؤشر الاختلاف النباتي القياسي الـ NDVI لمجموعات الأرز اللبناني الطبيعية:

تم اقتطاع منطقة الدراسة الممثلة بتجمعات الأرز اللبناني الطبيعية في منطقتين صلنفة و جوبة برغال؛ باستخدام أداة Subset Image من خلال برنامج تحليل الصور الفضائية (ERDAS IMAGINE 8.4) لصور MODIS NDVI و التي تمثل قيم مؤشر NDVI مباشرة؛ و الذي يحسب عادة باستخدام برنامج ERDAS IMAGINE 8.4 وفق العلاقة التالية (Sellers, 1989):

$$NDVI = NIR - R / NIR + R$$

حيث: NIR = الانعكاس في القناة تحت الحمراء القريبة، R = الانعكاس في القناة الحمراء .

قُسمت منطقة تواجد الأرز اللبناني الشبه نقية في صلنفة (35.3 هـ) و في جوبة برغال (219.43 هـ) (إبراهيم و آخرون، قيد النشر) إلى شبكة مربعات (200×200 م)، حُددت مراكز المربعات الحاوية على أرز لبناني بنسبة أكبر من 50 % باستخدام جهاز تحديد المواقع الجغرافية GPS. تم الاعتماد على الملاحظات والمشاهدات الحقلية و على الصورة الجوية 2013 لـ (Google Earth) والتي تتميز بدقة مكانية (2 م) من أجل المساعدة في تحديد تلك المربعات. في النهاية حصلنا على 9 مربعات للأرز اللبناني في صلنفة و 39 مربعاً في جوبة برغال. أُستخرجت قيم مؤشر الـ NDVI لمراكز المربعات و تم ذلك كله باستخدام برنامج ArcGIS 9.3. و من ثم:

–تمّ حساب الـ NDVI شهرياً خلال الفترة 2004– 2014 ومن ثم قمنا بحساب المتوسط الحسابي لكل سنة.

-تمّ تحديد اتجاه و مقدار تغير مؤشر الـ NDVI لعينات الأرز اللبناني المدروسة خلال الفترة 2004- 2014، كما تمّ تحديد معنوية هذا التغير باستخدام الاختبار الإحصائي F-test.

-تمّ حساب معدل الـ NDVI الفصلي (الخريف، الربيع، الصيف، الشتاء) وتحديد اتجاه و مقدار التغير الفصلي لهذا المؤشر خلال الفترة 2004- 2014.

4-3- تحديد التغيرات في متوسطات درجة الحرارة و كمية الأمطار:

أُستخدمت معادلة الانحدار الخطي البسيط لدراسة الاتجاه العام لمؤشر الـ NDVI على المستوى السنوي والفصلي خلال الفترة 2004-2014. كما استخدمت معادلة الانحدار الخطي لدراسة التغيرات في كل من درجات الحرارة و كميات الأمطار خلال نفس الفترة على المستويات الزمنية السنوية و الفصلية، و تحديد قيمة هذا التغير. كما تم تحديد معنوية هذا التغير إحصائياً باختبار F (F-test) عند مستوى المعنوية ($P<0.05$) باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS.

4 -4- دراسة التباينات السنوية والفصلية في مؤشر الـ NDVI و تأثير التراكم للمتغيرات المناخية في مجموعات الأرز اللبناني الطبيعية في صلنفة و جوبة برغال:

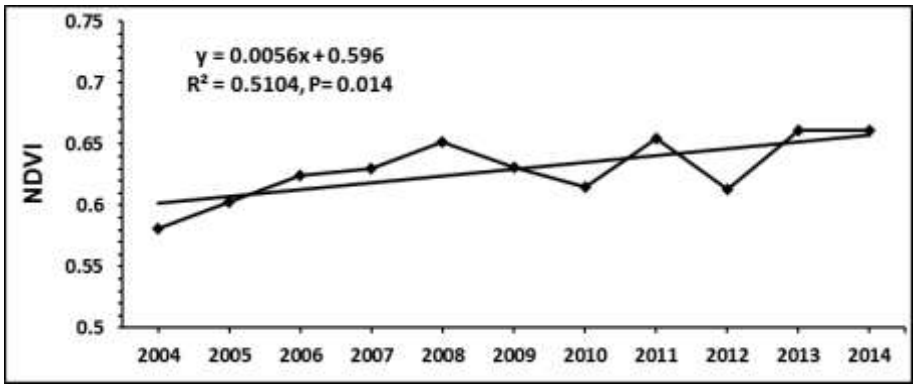
دُرست معاملات الارتباط البسيط (ارتباط Pearson) بين متوسط درجة الحرارة و مجموع كمية الأمطار على مستويات زمنية مختلفة (سنوية، فصلية) من جهة و قيمة مؤشر الـ NDVI المحسوبة لعينات الأرز اللبناني خلال الفترة الزمنية 2004-2014 من جهة أخرى؛ مع تحديد معنوية هذا الارتباط . حُسبت معادلة الانحدار الخطي بين متوسط درجة الحرارة و مجموع كمية الأمطار مجتمعةً على المستويين الزمنين السنوي و الفصلي من جهة وقيمة مؤشر الـ NDVI لعينات الأرز اللبناني من جهة أخرىوذلك من أجل معرفة مدى تأثُر قيم NDVI بدرجات الحرارة وكميات الأمطار. أُستخدم برنامج SPSS لإجراء حميع الاختبارات والتحاليل الإحصائية.

النتائج و المناقشة:

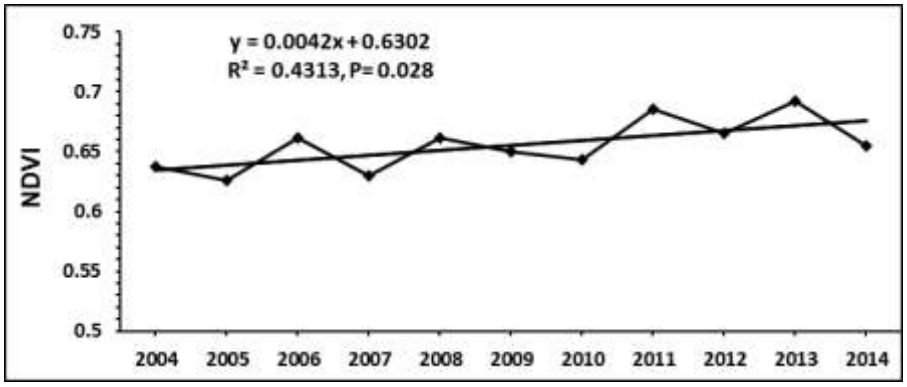
1-التباين في قيم الـ NDVI السنوية لمجموعات الأرز اللبناني الطبيعية وعلاقته بالمناخ:

1-1-الاتجاه العام السنوي لمؤشر الـ NDVI في صلنفة و جوبة برغال:

أظهر المتوسط السنوي لـ NDVI في منطقتي تجمع الأرز اللبناني اتجاهاً متزايداً بشكل معنوي خلال الفترة 2004-2014؛ فقد بلغت الزيادة السنوية لمعدل الـ NDVI قيمةً (0.006) في صلنفة ($R= 0.714, P= 0.014$) (شكل 2)، وكان مقدار هذا الزيادة السنوية لـ NDVI(0.004) في جوبة برغال ($R= 0.657, P= 0.028$)(شكل 3).



شكل 2: اتجاه المتوسط السنوي لـ NDVI في صلنفة خلال الفترة 2004-2014.

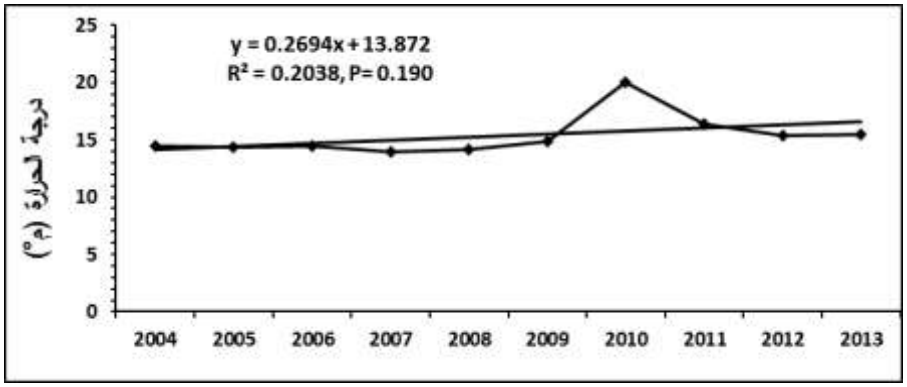


شكل 3: اتجاه المتوسط السنوي لـ NDVI في جوبة برغال خلال الفترة 2004-2014.

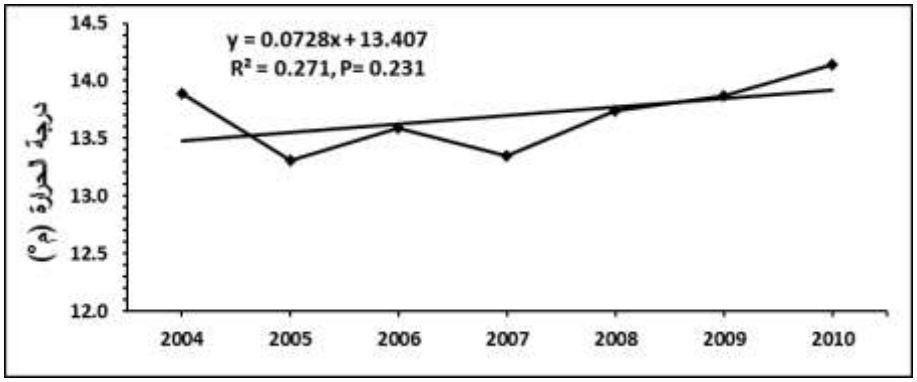
تتفق هذه النتائج مع ما توصلت له دراسة إسماعيل (2014)، حيث سجلت زيادة سنوية غير معنوية في قيمة الـ NDVI في صلنفة خلال الفترة 2001- من 2011 و بمعدل (0.008 بالسنة)؛ و ذلك باستخدام صور MODIS NDVI.

1-2-الاتجاه العام السنوي لمتوسط درجة الحرارة و كمية الأمطار في صلنفة و جوبة برغال:

ترافقت الزيادة في قيم الـ NDVI السنوية مع زيادة غير معنوية في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة خلال السنوات العشر المدروسة في كلٍّ من صلنفة و جوبة برغال؛ فقد كان متوسط هذه الزيادة السنوية في جوبة برغال (0.269 م°/سنة) (R= 0.451, *P*=0.190) (شكل 4). أما في صلنفة فقد ازداد متوسط درجة الحرارة السنوية بمعدل (0.073 م°/سنة) (R= 0.521, *P*= 0.231) (شكل 5).

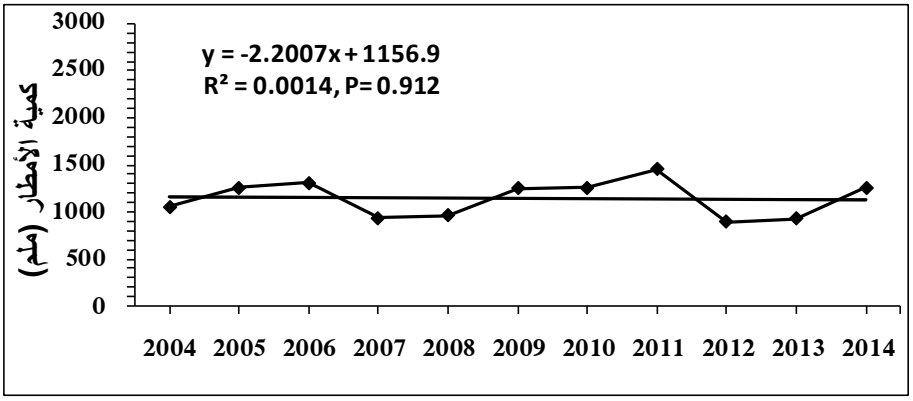


شكل 4: اتجاه المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في جوبة برغال خلال الفترة 2004-2013.

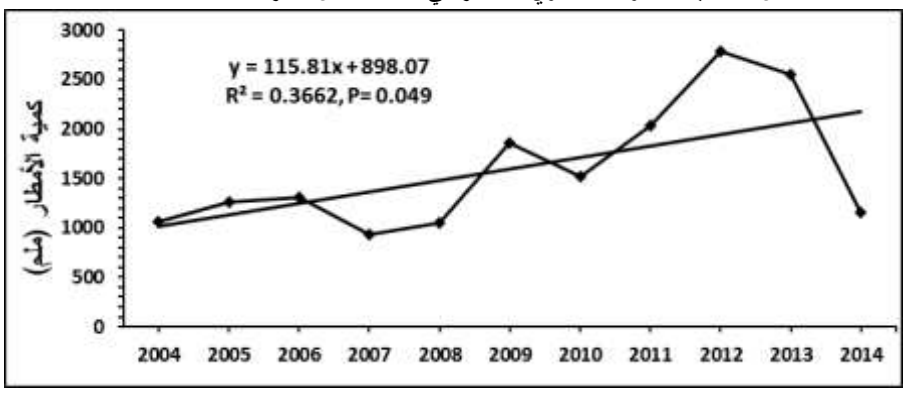


شكل 5: اتجاه المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في صلنفة خلال الفترة 2004-2010.

كما ترافقت الزيادة في قيم الـ NDVI السنوية مع تناقص في المتوسط السنوي للأمطار في صلنفة بشكل غير معنوي بمعدل 2.20 ملم/سنة (R= 0.038, *P*= 0.912) (شكل 6). في حين ازداد المتوسط السنوي للأمطار معنوياً في جوبة برغال بمقدار 115.81 ملم/سنة (R= 0.605, *P*= 0.049) خلال الفترة 2004- 2014 (شكل 7).



شكل 6: اتجاه المتوسط السنوي للأمطار في صلنفة خلال الفترة 2004-2014.



شكل 7: اتجاه المتوسط السنوي للأمطار في جوبة برغال خلال الفترة 2004-2014.

1-3-العلاقة بين مؤشر الـ NDVI و المتوسط السنوي لدرجة الحرارة و كمية الأمطار:

من خلال الأشكال البيانية 2، 3، 4، 5، 6، 7، يمكننا ملاحظة ما يلي:

- بلغ الـ NDVI في صلنفة قيماً مرتفعة في الأعوام 2014، 2013، 2011، 2008 و قيماً دنيا في الأعوام 2012، 2010، 2004. توافقت القيمة العليا لـ NDVI في صلنفة في عام 2011 مع القيمة العليا لأمطار العام

نفسه، بينما توافقت القيم العليا لـ NDVI في عامي 2013 و 2008 مع القيم الدنيا لأمطار هذه الأعوام. في حين توافقت القيمة الدنيا لـ NDVI في عام 2012 مع القيمة الدنيا لأمطار هذا العام، و توافقت القيم الدنيا لـ NDVI في عامي 2010 و 2004 مع ذروة درجة حرارة هذين العامين.

– بلغ الـ NDVI في جوبة برغال قيماً مرتفعة في الأعوام 2013، 2011، 2008، 2006 و قيماً دنيا في الأعوام 2010، 2007، 2005. انسجمت الذورة العليا لـ NDVI في جوبة برغال في عام 2013 مع القيمة العليا لأمطار العام نفسه، بينما توافقت الذروة العليا لـ NDVI في عام 2008 مع القيمة الدنيا لأمطار هذا العام. في حين توافقت القيمة الدنيا لـ NDVI في عامي 2010، 2007 مع القيم الدنيا لأمطار هذين العامين، و توافقت القيمة الدنيا لـ NDVI في عام 2010 مع ذروة درجة حرارة هذا العام.

من خلال ما سبق يمكن القول أن السنوات 2013، 2011، 2008 من السنوات الجيدة بالنسبة للأرز اللبناني مقارنةً بالسنة 2010 والتي كانت غير ملائمة للأرز اللبناني في كلٍّ من صلنفة و جوبة برغال؛ حيث كانت 2010 سنة حارة في المنطقتين المذكورتين.

أظهرت معاملات الارتباط المحسوبة وجود علاقة ارتباط إيجابية غير معنوية بين القيم السنوية لـ NDVI والمعدل السنوي للأمطار في صلنفة ($R= 0.056, P= 0.870$)؛ بينما كانت هذه العلاقة موجبة ومعنوية في جوبة برغال ($R= 0.689, P= 0.019$) (جدول 3).

أما بالنسبة لدرجات الحرارة، فقد كانت علاقات الارتباط مع قيم الـ NDVI غير معنوية في كلٍّ من صلنفة و جوبة برغال ($P>0.05$) (جدول 3). تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Hughes وآخرون (2001)؛ من إن الهطل المطري هو العامل المحدد الأكثر أهمية لنمو الأرز اللبناني في المنطقة المتوسطية التركية.

جدول 3: معامل الارتباط (r) بين مؤشر الـ NDVI و المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (T) و المعدل السنوي للأمطار (P).

المنطقة	NDVI	P	T
صلنفة	R	0.056	-0.091
	P_value	0.87	0.846
جوبة برغال	R	0.689	0.122
	P_value	*0.019	0.737

***: التغير معنوي عند المستوى 5%.**

2–التباين في قيم الـ NDVI الفصلية لمجموعات الأرز اللبناني الطبيعية وعلاقته بالمناخ:

2–1–الاتجاه العام لمؤشر الـ NDVI الفصلي في صلنفة و جوبة برغال:

لوحظ زيادة في قيم الـ NDVI في الفصول الأربعة في كلٍّ من صلنفة و جوبة برغال، إذ بلغت هذه الزيادة أعلى قيمة لها في فصل الشتاء في كلٍّ من صلنفة و جوبة برغال وبمقدار 0.009، 0.013 =S بالسنة على التوالي. بينما سجلت أدنى قيمة في فصل الربيع في صلنفة و جوبة برغال أيضاً و بمقدار 0.002، S=0.001 بالسنة على التوالي (جدول 4).

أظهر المتوسط لـ NDVI للأرز اللبناني في صيف صلنفة زيادة معنوية خلال الفترة 2004-2014؛ (S= 0.006 (بالسنة (R= 0.638, P= 0.034)، بينما حقق فصل الشتاء في جوبة برغال زيادةً معنويةً خلال هذه الفترة (S= 0.013 بالسنة) (R= 0.724, P= 0.012) (جدول 4).

جدول 4: تغير قيم الـ NDVI الفصلية (S) و معامل الارتباط (R) لاتجاه انحدار الـ NDVI الفصلي في منطقتي الدراسة.

المنطقة	المؤشر	الخريف	الربيع	الصيف	الشتاء
صلنفة	S	0.005	0.002	0.006	0.009
	R	0.591	0.287	*0.638	0.361
جوبة برغال	S	0.002	0.001	0.005	0.013
	R	0.203	0.058	0.219	*0.724

***: التغير معنوي عند المستوى 5%.**

1-2-الاتجاه العام لمتوسطات درجة الحرارة و كمية الأمطار الفصلية في صلنفة و جوبة برغال:

كانت التغيرات الفصلية في العناصر المناخية (درجة الحرارة، الأمطار) غير معنوية خلال الفترة 2004-2014 في صلنفة و جوبة برغال ما عدا أمطار الربيع في جوبة برغال و التي إزدادت بمعدل 14.22 ملم/سنة (R= 0.62, P= 0.042) (جدول 5، 8،7).

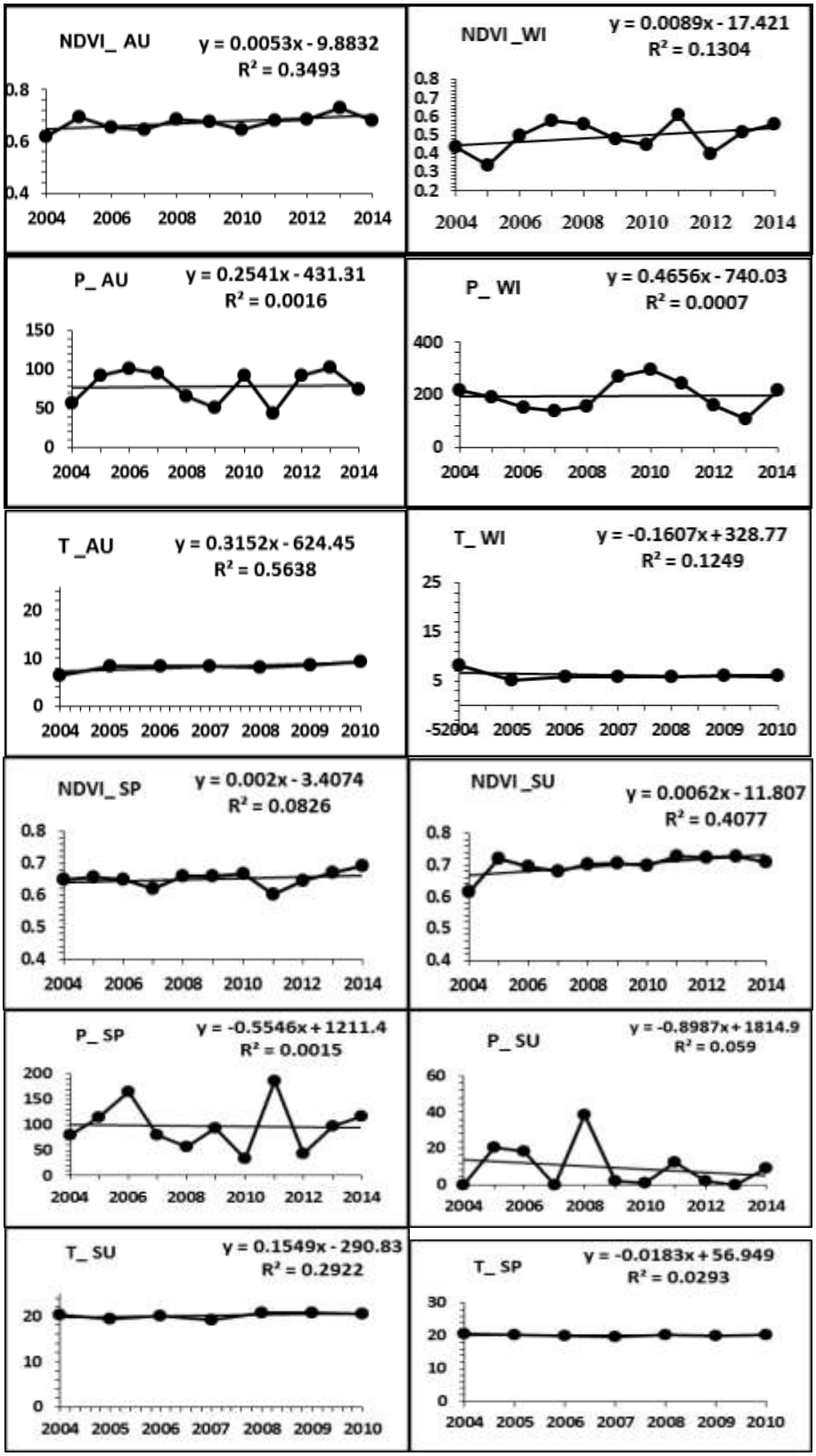
توافقت الزيادة المعنوية في قيم الـ NDVI لصيف صلنفة مع تغيرات مناخية غير معنوية في هذا الفصل متمثلةً بزيادة درجة الحرارة بمقدار 0.155 م°/سنة و تناقص في كمية الأمطار بمقدار 0.899 ملم/سنة. كما توافقت الزيادة المعنوية في قيم الـ NDVI لشتاء جوبة برغال مع تغيرات مناخية غير معنوية في هذا الفصل متمثلةً بتناقص في درجات الحرارة بمقدار 0.033 م°/سنة و زيادة في كمية الأمطار بمقدار 19.994 ملم/سنة (جدول 5، 8،7).

جدول 5: اتجاه تغيرات متوسطات درجة الحرارة و كمية الأمطار السنوية و الفصلية خلال فترة الرصد في منطقتي الدراسة.

المستوى الزمني	صلنفة-حرارة		جوبة برغال-حرارة		صلنفة-أمطار		جوبة برغال-أمطار	
	مقدار الميل	P-value	مقدار الميل	P-value	مقدار الميل	P-value	مقدار الميل	P-value
المعدل السنوي	0.073	0.271	0.269	0.19	-2.201	0.912	115.809	*0.049
الخريف	0.315	0.052	0.273	0.205	0.254	0.907	3.633	0.418
الشتاء	-0.161	0.437	-0.033	0.861	0.466	0.938	19.994	0.089
الربيع	-0.018	0.714	0.257	0.317	-0.555	0.91	14.22	*0.042
الصيف	0.155	0.21	0.58	0.061	-0.899	0.472	0.757	0.594

***: التغير معنوي عند المستوى 5%.**

جدول 7: تغيرات الـ NDVI و درجة الحرارة و الأمطار في صلنفة خلال الفترة 2004 -2014.

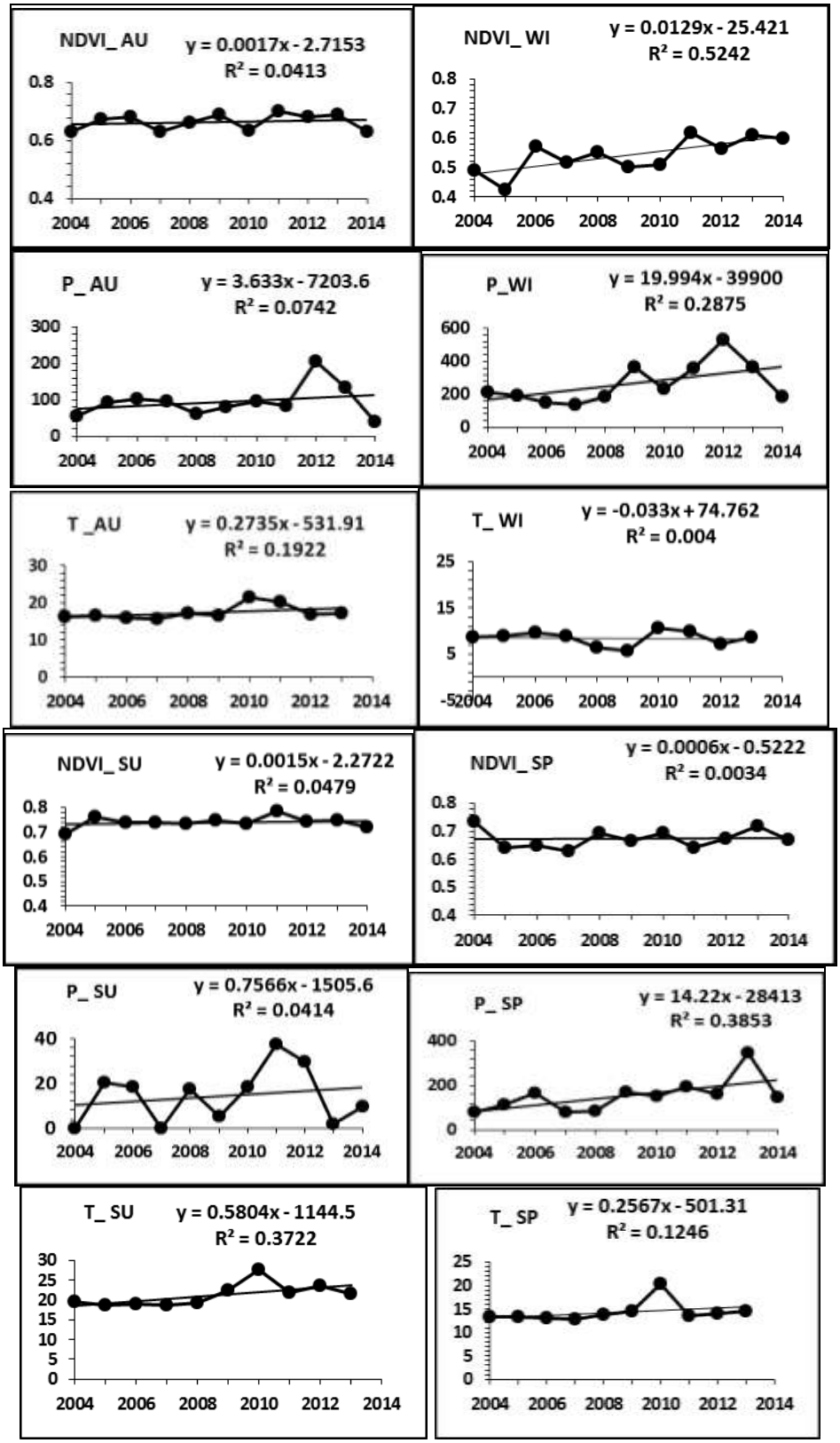


NDVI_AU: الخريف، NDVI_WI: الشتاء، NDVI_SP: الربيع، NDVI_SU: الصيف.

T_AU : درجة حرارة الخريف، T_WI: الشتاء، T_SP: الربيع، T_SU: درجة حرارة الصيف.

P_AU : أمطار الخريف، P_WI: الشتاء، P_SP: الربيع، P_SU: أمطار الصيف.

جدول 8: تغيرات الـ NDVI و درجة الحرارة و الأمطار في جوبة برغال خلال الفترة 2004 -2014.



NDVI_AU: الخريف، NDVI_WI: الشتاء، NDVI_SP: الربيع، NDVI_SU: الصيف.

T_AU : درجة حرارة الخريف، T_WI: الشتاء، T_SP: الربيع، T_SU: درجة حرارة الصيف.

P_AU : أمطار الخريف، P_WI: الشتاء، P_SP: الربيع، P_SU: أمطار الصيف.

2-3-العلاقة بين مؤشر الـ NDVI الفصلي و المتوسطات الفصلية لدرجة الحرارة و كمية الأمطار في صلنفة و جوبة برغال:

2-3-1-العلاقة بين مؤشر الـ NDVI الفصلي و متوسط درجة الحرارة و كمية الأمطار لنفس الفصل:

بالنسبة لموقع صلنفة، فقد لوحظ وجود علاقة إيجابية غير معنوية بين قيم لـ NDVI في فصلي الخريف والربيع مع درجات الحرارة لنفس الفصل (R= 0.451, R= 0.611) على التوالي، بينما كانت هذه العلاقة سلبية غير معنوية في الشتاء و الصيف (R= −0.031, R= −0.077) على التوالي. كانت علاقة الارتباط بين المتوسط الفصلي لـ NDVI مع كمية أمطار نفس الفصل إيجابية غير معنوية في فصلي الخريف و الصيف (R= 0.183, R= 0.219) على التوالي، بينما كانت هذه العلاقة سلبية مع أمطار الشتاء و الربيع (R= −0.12, R= −0.349) على التوالي (جدول 6).

أما بالنسبة لموقع جوبة برغال، كانت ارتباطات المتوسط الفصلي لـ NDVI في جوبة برغال مع درجات حرارة نفس الفصل إيجابية ضعيفة في كل الفصول ما عدا الخريف (R= −0.003)، و بلغت قيم معامل الارتباط مع درجات حرارة كلٍّ من الربيع و الصيف و الشتاء R= 0.285, R= 0.054, R= 0.098 على التوالي. في حين كان ارتباط المتوسط الفصلي لـ NDVI إيجابياً غير معنوي مع أمطار الفصل ذاته بالنسبة للخريف (0.451) والربيع (0.235) والشتاء (0.301) مع علاقة إيجابية أيضاً ولكن معنوية مع أمطار الصيف (0.624) (جدول 6).

جدول 6: معامل الارتباط بين الـ NDVI الفصلي و درجة حرارة (RT) و أمطار (RP) نفس الفصل، و مع درجة حرارة (RT_1) و أمطار(RP_1) الفصل السابق، مع درجة حرارة (RT_TSU) و أمطار (RP_PSU) الصيف .

المؤشر	الخريف		الربيع		الصيف		الشتاء	
	صلنفة	جوبة برغال	صلنفة	جوبة برغال	صلنفة	جوبة برغال	صلنفة	جوبة برغال
RT	0.451	-0.003	0.611	0.285	-0.077	0.054	-0.031	0.098
RP	0.183	0.45	-0.349	0.235	0.219	*0.624	-0.12	0.301
RT_1	-0.004	-0.027	-0.01	-0.11	-0.436	-0.078	0.066	0.2
RP_1	0.218	0.507	0.071	0.142	0.207	0.369	-0.308	0.145
RT_TSU	-0.004	-0.027	0.677	0.235	-0.436	-0.078	0.183	0.144
RP_PSU	0.218	0.507	0.032	-0.394	0.207	0.369	0.124	0.236

***: التغير معنوي عند المستوى 5%.**

2-3-2-العلاقة بين مؤشر الـ NDVI الفصلي و متوسط درجة الحرارة (RT_1) و كمية الأمطار (RP_1) الفصل السابق:

درست العلاقة بين مؤشر الـ NDVI الفصلي و متوسط درجة الحرارة (RT_1) و كمية الأمطار (RP_1) الفصل السابق لمعرفة الأثر التراكمي لدرجات الحرارة و كمية الأمطار في قيمة مؤشر الـ NDVI. فقد ارتبطت درجة حرارة الفصل السابق في كلٍّ من صلنفة و جوبة برغال سلبياً مع قيمة الـ NDVI الفصلية ما عدا في فصل الشتاء والذي سجل علاقة إيجابية (جدول 6).

لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية بين الـ NDVI الفصلية و أمطار الفصل السابق في كلٍّ من صلنفة و جوبة برغال ما عدا في فصل الشتاء في صلنفة؛ حيث كانت العلاقة سلبية (جدول 6).

تتواجد مجموعات الأرز اللبناني في جوبة برغال على ارتفاعات أقل نسبياً مقارنةً بصلنفة، و حسب He و آخرون (2005)، فإن تأثير التسخين الحراري على النظم البيئية الحراجية في المناطق المنخفضة الارتفاع و المرتفعة أكبر من المناطق المتوسطة الارتفاع؛ حيث تعدّ النظم الحراجية في النطاقات المتوسطة من توزعها غير حساسة للتسخين الحراري.

2-3-3-العلاقة بين مؤشر الـ NDVI الفصلي و متوسطات درجة الحرارة و كمية الأمطار فصل الصيف:

سجلت درجة حرارة الصيف علاقة سلبية مع قيم الـ NDVI الفصلية في صلنفة و جوبة برغال ماعدا فصلي الربيع و الشتاء فقد كانت العلاقة إيجابية؛ و بلغ معامل الارتباط القيمة الأكبر في الربيع بالنسبة لصلنفة (R= 0.677) و في الربيع بالنسبة لجوبة برغال (R= 0.235). كانت العلاقة ايجابية بين أمطار الصيف وقيم الـ NDVI الفصلية في صلنفة و جوبة برغال ماعدا ربيع جوبة برغال فقد كانت العلاقة سلبية (R= −0.394). بلغ معامل الارتباط أكبر قيمة له في خريف صلنفة (R= 0.218) و في خريف جوبة برغال (R= 0.507) (جدول 6).

مما سبق نستنتج وجود تأثير تراكمي لدرجة الحرارة على الأرز اللبناني في صلنفة و جوبة برغال في الخريف و الشتاء، فقد أثرت درجة حرارة الخريف في قيمة NDVI الشتاء. في حين كان التأثير التراكمي للأمطار على الأرز اللبناني في صلنفة و جوبة برغال في الخريف و الصيف، فقد أثرت أمطار الصيف في NDVI الخريف. و هذا يتفق مع Piao و آخرون (2006) ؛ الذي أشار إلى إن التباين في درجة حرارة و أمطار الفصل السابق يمكن أن يؤثر في نمو الغطاء النباتي في الفصل اللاحق من خلال تأثيرهما المشترك في رطوبة التربة

الاستنتاجات و التوصيات:

أظهرت نتائج هذه الدراسة ما يلي:

- اتجاه عام نحو الزيادة في قيم المؤشر النباتي NDVI لمجموعات الأرز اللبناني في صلنفة وفي جوبة برغال خلال الفترة 2004-2014؛ و كانت هذه الزيادة معنوية و بمعدل سنوي 0.006 في صلنفة و 0.004 في جوبة برغال و الذي يعكس الوضع الصحي الجيد لتجمعات الأرز اللبناني الطبيعية في سورية.
- وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين المعدل السنوي لـ NDVI و المعدل السنوي للأمطار في جوبة برغال (R= 0.689)؛ مما يُظهر أهمية الأمطار بالنسبة لنمو الأرز اللبناني في منطقة الدراسة.
- أظهر متوسط القيم لـ NDVI للأرز اللبناني في فصل صيف في صلنفة زيادة معنوية خلال الفترة 2004-2014 و بلغت هذه الزيادة (S= 0.006 بالسنة).
- أظهر متوسط القيم لـ NDVI للأرز اللبناني في فصل الشتاء في جوبة برغال زيادةً معنويةً خلال هذه الفترة و بلغت قيمة هذه الزيادة (S= 0.013 بالسنة).
- يوجد تأثير تراكمي لثلاثة أشهر (أشهر الخريف) لدرجة الحرارة في نمو الأرز اللبناني في صلنفة و جوبة برغال في الخريف و الشتاء.
- يوجد تأثير تراكمي لثلاثة أشهر (أشهر الصيف) للأمطار في نمو الأرز اللبناني في صلنفة و جوبة برغال في الصيف و الخريف.

في نهاية هذا البحث، نوصي بالتالي:

إجراء دراسة لتقدير نمو وإنتاجية الأرز اللبناني في صلنفة وجوبة برغال من خلال قياسات حقلية على الأرض ومقارنتها مع قيم المؤشر النباتي NDVI وربطها أيضاً مع العناصر المناخية.

ضرورة دراسة تأثير العناصر المناخية الأخرى المتمثلة بدرجة الحرارة الصغرى و التغطية الثلجية؛ لأن ذلك يمكن أن يكون له تأثير هام في نمو الأرز اللبناني.

المراجع:

– إبراهيم، عبير؛ قبيلي، عماد؛ ثابت، علي . *إعداد خارطة رقمية للانتشار الطبيعي للأرز اللبناني* Cedrus libani *A. Richard في سورية باستخدام تقانة الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية (GIS)*. مجلة البعث، سورية، قيد النشر.

– اسماعيل، فاطمة. *دراسة تأثير التغيرات المناخية على مجموعات السنديان شبه العزري في محافظة اللاذقية*. رسالة ماجستير في الزراعة، جامعة تشرين، 2014، ص 55.

– الشاطر، زهير؛ يونس، رامي؛ إيفا معلا؛ فادي، محمود. *دراسة تحليلية لغابة الأرز اللبناني* Cedrus libani *A. Richard في محميّة الشّوح والأرز في سورية*. مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية_ سلسلة العلوم البيولوجية، 2006، مجلد (28)، العدد (2).

– فارس، فاروق؛ عبيدو، محمد؛ حبيب، حسن؛ بطحة، عدنان. *دراسة أراضي وغابات المنطقة الساحلية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. محافظة اللاذقية: حصر وتقييم واستعمالات* . الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ووحدة الدراسات الهندسية للأراضي والمياه، جامعة دمشق، 1991، 183 ص + 4 خرائط.

– مرتيني،غالية. *دراسة بيئية لمحمية غابوية مزمع إنشاؤها في جبل النبي متى (سلسلة الجبال الساحلية السورية)*. رسالة ماجستير في الزراعة، جامعة حلب، 1989.

–وزارة الدولة لشؤون البيئة و برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) – وحدة التنوع الحيوي. *الدراسة الوطنية للتنوع الحيوي في الجمهورية العربية السورية*، 1998، 337 صفحة.

- BELL, B. *Threat to Lebanon's symbol of survival*. *BBC News*, 27 August. 2008 Available at: http://news.bbc.co.uk/1/hi/7583757.stm.

-Bonan, GB. *Forests and climate change: forcings, feedbacks,and the climate benefits of forests*. Science (New York, NY) , 2008, 320:1444–1449.

-GIORGI, F. *Climate change Hot-Spot*. Geophysical Research Letters, 2006, 33, L08707.

- HAJAR, L., FRANCOIS, L., KHATER, C., JOMAA, I., DÉQUÉ, M. and CHEDDADI, R. *Cedrus libani* (A. Rich) *distribution in Lebanon: Past, present and future*. Comptes Rendus Biologies, 2010, 333(8): 622-630.

-He HS, HAO ZQ, MLADENOFF DJ, SHAO GF, HU YM, CHANG Y. *Simulating forest cosystem response to climate warming incorporating spatial effects in north-eastern China. J Biogeog,r* , 2005, 32(12):2043–2056.

-HUGHES, M.K., P.I. KUNIHOLM, J. EISCHEID, G. GARFIN, C.B. GRIGGS & C.E. LATINI. *Aegean tree-ring signature years explained. Tree-ring Research*. 2001, 51: 67–74.

- IPCC (intergovernmental Panel on Climate Change). *Climatie Change 2007: the Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. 2007, Available online from://www.ipcc.ch.

-LUO M, PIWOWAR JM, IEEE. *Spatial and temporal responses of NDVI to climate and soil factors in the grassland-forest transition zone of Saskatchewan, Canada. In: 2006 IEEE international geoscience and remote sensing symposium*, vols 1–8. IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing (IGARSS). IEEE, New York, 2006, pp 2701–2704.

-MASELLI F. *Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data*. Remote Sens Environ, 2004, 89(4):423–433.

-SELLERS, P.J. *Vegetation-canopy spectral reflectance and biophysical processes. In Theory and Applications ofoptical Remote Sensing* . 1989, 279-335.

-SPANNER MA, PIERCE LL, RUNNING SW, PETERSON DL . *The seasonality of AVHRR data of temperate coniferous forests—relationship with leaf-area index*. Remote Sens Environ, 1990, 33(2):97–112.

-SPIECKER, H., MIELIKAINEN, K., KÔHL, M., SKOVSGARRD, J. *Growth Trends in European Forests*. Springer-Verlag, Heidelberg. 1996, 372.

-PIAO S, MOHAMMAT A, FANG J, CAI Q, FENG J. *NDVI-based increase in growth of temperate grasslands and its responses to climate changes in China*. Global Environ Chang. 2006, 16(4):340–348.

- The SECOND WORLD WATER FORUM .*Climate Change and Water Resources Management in The Southern Mediterranean and Middle East Countries*. 2000. Hague.

-VAN LEEUWEN WJD, ORR BJ, MARSH SE, HERRMANN SM. *Multi-sensor NDVI data continuity: uncertainties and implications for vegetation monitoring applications*. Remote Sens Environ. 2006, 100(1):67–81. doi:10.1016/j.rse.2005.10.002.