



ISSN: 1608-9391  
e-ISSN: 2664-2786

Received:21/8/2021  
Accepted:26/9/2021

## دراسة تأثير المقذوفات الكتلية الاكليلية والتوهج الشمسي على العواصف الرعدية في مدينة الموصل للدورتين الشمسيتين 23 و 24

\*محمد عكيل رمضان      \*\*عماد أحمد حسين

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة الموصل

\*E-mail: [Mohammed.scp102@student.uomosul.edu.iq](mailto:Mohammed.scp102@student.uomosul.edu.iq)

\*\*E-mail: [dr.imad1972@uomosul.edu.iq](mailto:dr.imad1972@uomosul.edu.iq)

### الملخص

تعتبر دراسة تأثير النشاط الشمسي على مناخ الكرة الأرضية من الأمور المهمة للتنبؤ بتغير عناصر المناخ لفترات طويلة وقد اقتصر معظم البحوث على دراسة علاقة البقع الشمسية مع تغير أحد عناصر المناخ. تم في هذا البحث دراسة تأثير النشاطات الشمسية لكل من المقذوفات الكتلية الاكليلية والتوهج الشمسي على عنصر مناخي في طبقة التروبوسفير والمتمثل بالعواصف الرعدية خلال موسم الشتاء في مدينة الموصل للدورتين الشمسيتين 23 و 24 على التوالي. تم جمع البيانات الخاصة بالمقذوفات الكتلية الاكليلية من قاعدة البيانات ساهو/ لاسكو (SOHO/LASCO CME Catalog) واخذت بيانات التوهج الشمسي من موقع (NOAA) الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، وقد استخدمت البيانات المناخية الخاصة بالعواصف الرعدية لمواسم الشتاء من الفترة (1996-2019) من محطة الرصد في مدينة الموصل من الهيئة العامة للأشياء الجوية والرصد الزلزالي العراقية. تم تحليل البيانات باستخدام البرنامج الاحصائي (Minitab 19.0)، وأظهرت النتائج ان هناك علاقة عكسية بين المعدلات الشهرية لأنشطة الشمسية مع المعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية، ويستثنى من ذلك الطور المساعد للدورة الشمسية 24 للفترة الزمنية (2008-2013) حيث أظهرت النتائج تواجد علاقة طردية بينهما.

**الكلمات الدالة:** المقذوفات الكتلية الإكليلية، التوهج الشمسي، العلاقة الشمسية - المناخ، العواصف الرعدية.

### المقدمة

ان العلاقة بين النشاط الشمسي والعواصف الرعدية قد درست منذ فترة طويلة وكان اغلبها مع البقع الشمسية، فكانت اول محاولة من قبل العالم Fritz حيث درس علاقة تكرار العواصف الرعدية وعدد البقع الشمسية في 58 محطة ارضية فوق اوربا و3 محطات ارضية لشمال أمريكا للفترة ما بين (1875-1755)، وكانت النتيجة غير حاسمة. فقد وجد ان العلاقة في بعض المحطات كانت ايجابية والأخرى سلبية (Fritz, 1878). اما في عام 1934 فقد استخدم الباحث Brooks بيانات عالمية واسعة من 22 محطة ارضية ووجد ان معظم الحالات كانت ذات علاقة موجبة بين تكرار العواصف الرعدية وعدد البقع الشمسية، وبين ايضا بان العلاقة تزداد عند القطب وتقل نحو خط الاستواء (Brooks, 1934).

من جهة أخرى درس العالم Aniol علاقة متوسط تكرار العواصف الرعدية مع عدد البقع الشمسية في جنوب المانيا للفترة ما بين (1950-1881) وكانت النتيجة علاقة غير واضحة. حيث كان معامل الارتباط (-0.02)، ولقد لاحظ بان العلاقة تتغير حسب الزمن فالعلاقة سالبة ما بين (1913-1889) حيث معامل الارتباط (-0.55) بينما كانت العلاقة موجبة في الفترة (1944-1923) حيث كان معامل الارتباط (+0.74). (Aniol, 1952). اما الدراسة التي قدمها Stringfellow فقد وجد بان العلاقة بين متوسط حدوث البرق وعدد البقع الشمسية في بريطانيا للفترة ما بين (1973-1930) كانت موجبة وذات معامل ارتباط (+0.8) (Stringfellow, 1974).

في (2001) قدم Schlegel وآخرون دراسة حول علاقة تكرار البرق المقاس ليس فقط مع عدد البقع الشمسية ولكن مع المعلمات الأخرى التي تميز النشاط الشمسي (Ap, F10.7 and cosmic ray flux)، ولقد وجدوا ارتباطا كبيرا بين تكرار البرق مع عدد البقع الشمسية و Ap بينما هناك ارتباط معاكس مع فيض الاشعاع الكوني فوق المانيا، وتحليل مماثل مع بيانات من النمسا أسفر عن نتائج غير حاسمة (Schlegel et al., 2001). ومن جهة أخرى قدمت دراسة في عام 2011 تبين تأثير النشاط الشمسي على المناخ للمدى الطويل وتأثيره على البرق ولاحظت ان زيادة النشاط الشمسي يؤدي الى زيادة في تعزيز عمليات تكوين البرق بموسم الشتاء (Siingh et al., 2011). كما تم دراسة تأثير النشاط الشمسي على البرق والعواصف الرعدية فوق مدينة بغداد لفترة (2012-2008) أوضحت النتائج وجود علاقة طردية بين النشاط الشمسي والعواصف الرعدية (مجمان، 2015). يمكن استخلاص عدة استنتاجات من هذه الدراسات وغيرها:

- 1) معظم الدراسات تناولت تأثير النشاط الشمسي المتمثل فقط بعدد البقع الشمسية مع العواصف الرعدية والبرق.
- 2) ان تأثير العواصف الرعدية بالنشاط الشمسي لم يدرس بشكل دقيق وواسع يعتمد على أسس مقنعة.
- 3) نلاحظ اختلاف معامل الارتباط بين النشاط الشمسي وتكرار العواصف الرعدية مع اختلاف المواقع على سطح الأرض وكذلك مع الزمن.

لا تقتصر النشاطات الشمسية على عدد البقع الشمسية فقط، حيث تتضمن النشاطات الشمسية جزئياً: أولاً العمليات التي تحدث على سطحها، منها البقع الشمسية (Sunspots) والوهج الشمسي (Prominences) والشعيلات الشمسية (Faculae) وغيرها، ثانياً الرياح الشمسية (Solar winds) وتنقسم الى المقذوفات الكتلية الاكليلية (CMEs) والتوهج الشمسي (Solar flare) والجسيمات الشمسية عالية الطاقة (SEPs) (Hanslmeier, 2007).

لأثبت مدى تأثير النشاطات الشمسية على تغير مناخ الارض يحتاج الى كثير من الدراسات التي تحتوي على البيانات الشمسية والمناخية الدقيقة والطويلة المدى. ولهذا جاءت هذه الدراسة لتعزز هذا المفهوم ولتقدم دراسة حول تأثير المقذوفات الكتلية الاكليلية والتوهج الشمسي على العواصف الرعدية فوق مدينة الموصل للفترة (2019-1996).

### المقذوفات الكتلية الاكليلية والتوهج الشمسي

المقذوفات الكتلية الإكليلية هي انفجار كبير على شكل سحابة من البلازما تندفع الى خارج الشمس (الفضاء) تحتوي على جسيمات مشحونة وتتراوح سرعتها ما بين (400-750 Km/s)، وتتسأ من تجمعات البقع الشمسية أو الوهج الشمسي وقد تصل الارض خلال يومين الى أسبوع.

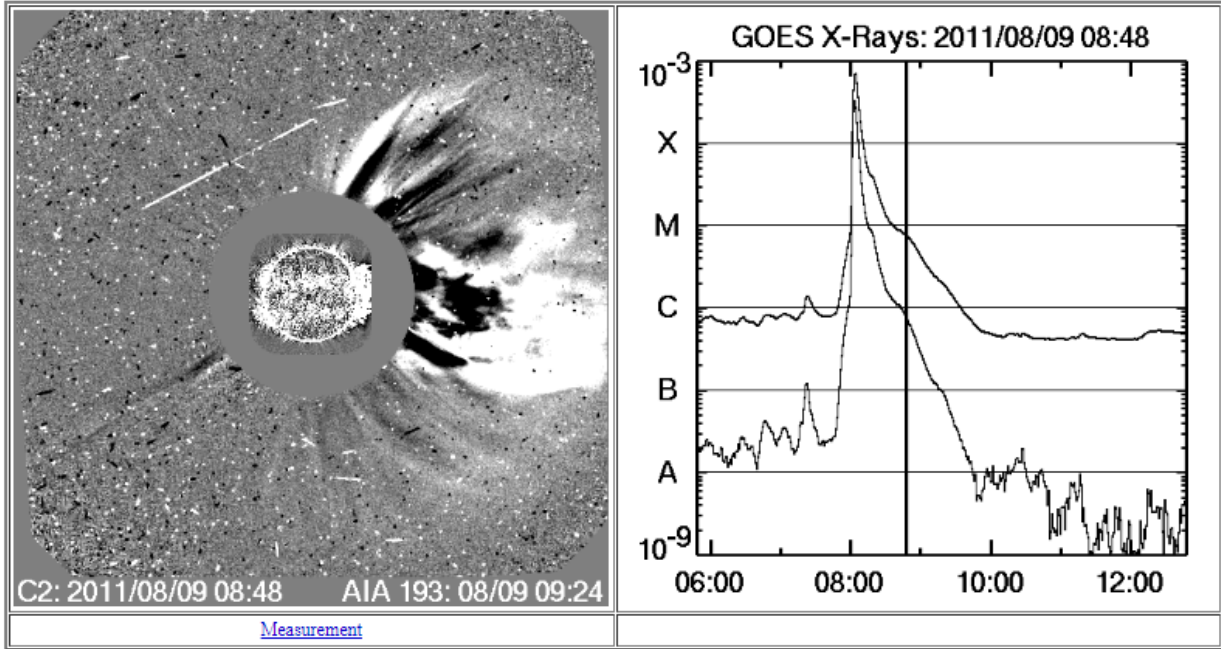
أن التوهج الشمسي هو سطوع مفاجئ قوي يحدث على سطح الشمس على شكل طاقة من طيف كهرومغناطيسي تصل طاقته الى (  $6 \times 10^{25}$  joules ) (Malandraki and Crosby, 2020). تؤدي النشاطات الشمسية دورا مهما بالتأثير على البيئة الفضائية القريبة من الارض وعلى طبقات الغلاف الجوي الأرضي. هذه النشاطات تنطلق على شكل إشعاعات شمسية أو على شكل كتل من البلازما المشحونة التي تضغط على المجال المغناطيسي الارضي وتتفاعل معه في شكل عاصفة مغناطيسية أرضية بالإضافة الى الاشعة الكونية، وكل هذه العوامل تكون أحد الاسباب في التغيرات المناخية على كوكب الارض (Vardavas and Taylor, 2007). يؤكد العديد من علماء المناخ على إمكانية ان تؤدي البقع الشمسية والرياح الشمسية دورا في تغير المناخ، ولكن بالمقابل فان الكثير منهم يعتقد ان هذا التأثير قليل وهم يعززون هذه التغيرات الى النشاطات الصناعية.

### مصادر البيانات الشمسية والمناخية

تم جمع البيانات الخاصة بالمقذوفات الكتلية الاكليلية (Coronal Mass Ejection: CME) من قاعدة البيانات ساهو/ لاسكو (Large Angle and Spectrometric: LASCO , Solar and Heliospheric Observatory: SOHO) ([https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME\\_list](https://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list))، التي توفر جميع البيانات الخاصة بالمقذوفات الكتلية طيلة أيام السنة للفترة الزمنية المحددة (1996-2019) وهي تمثل الدورات الشمسية 23 و 24 على التوالي (الدورة الشمسية هو التغير الدوري في النشاط الشمسي بما في ذلك التغيرات في مستويات الإشعاع الشمسي، وكذلك تغيرات في مظهر الشمس، مثل البقع الشمسية ووهج الشمس. تمتد الدورة الشمسية لمدة حوالي 11 عاما، وهي تختلف ما بين 9 سنوات إلى 13 سنة). كان عدد الاحداث خلال هذه الفترة 30016 حدث ثم تم اختيار الأحداث الشمسية المتعلقة بالدراسة ذات سرعة خطية اكبر او تساوي (500 Km/s) والاحداث الشمسية من نوع الهالة الجزئية (Partial Halos) حيث تكون زاوية تموضع مركزي ( $CAP \geq 120^\circ$ )، والتي فقط تصل الى الأرض عن طريق مقارنتها بقاعدة البيانات المنظومة (CACTus Catalog) (Computer Aided CME Tracking: ) (CACTUS وهو برنامج طوره مركز تحليل البيانات للتأثيرات الشمسية البلجيكي الذي يتتبع المقذوفات الكتلية الاكليلية القادمة الى الأرض بمساعدة الكمبيوتر (<https://secchi.nrl.navy.mil/cactus/>) فكان عدد الاحداث خلال هذه الفترة وبعد التصفية 1343 حدث.

واما بيانات التوهج الشمسي فقد حددت بنوع (M،X) فقط (يصنف قوة التوهج الشمسي وشدة الاشعاع المنبعث منه عن طريق الاشعة السينية الضعيفة Soft X-ray classification والصنف ( $X > 10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$ ) هو اقوى الانواع ثم يليه ( $10^{-5}$  to  $10^{-4} \text{ Wm}^{-2}$ )) واخذت من موقع (NOAA) (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) من خلال قاعدة بياناته من عام (1996-2019) (<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-flares/x-rays/goes>)، وكان عدد التوهجات الشمسية 2343 حدث، والشكل (1) يوضح احد المقذوفات الكتلية الإكليلية والتوهج المصاحب معها.

تم استخدام البيانات المناخية اليومية الخاصة بالعواصف الرعدية لمواسم الشتاء من الفترة (1996-2019) من محطة الرصد في مدينة الموصل من الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية (الهيئة العامة للأرصاد العراقية) مع وجود فقدان للبيانات للعامين (2015 و 2016). احداثيات محطة الرصد بخط العرض  $36^\circ 19'$  وخط طول  $43^\circ 09'$  وارتفاع 222م عن مستوى سطح البحر، كما في الشكل (2).



الشكل 1: منحني التوهج الشمسي منوع (X) الذي حدث في (9 August 2011) المصاحب للمقذوفة الكتلية الاكليلية.



الشكل 2: مدينة الموصل-العراق

### النتائج والمناقشة

أستخدم في هذا البحث برنامج (Minitab 19.0) لتحليل الأحداث الشمسية مع العواصف الرعدية اذ يعد واحدا من أفضل البرامج الاحصائية العلمية سهلة الاستخدام والتي تتعامل مع البيانات الكبيرة. حيث يمتاز بتكوين وأنشاء الجداول والتحليل الدقيق للرسوم البيانية، وتم في هذا البحث إيجاد معامل الارتباط الخطي بيرسون (Pearson's correlation coefficient) والترابط الثنائي بين المتغيرات المستقلة والتابعة (Correlations Bivariate). (Currell, 2015).

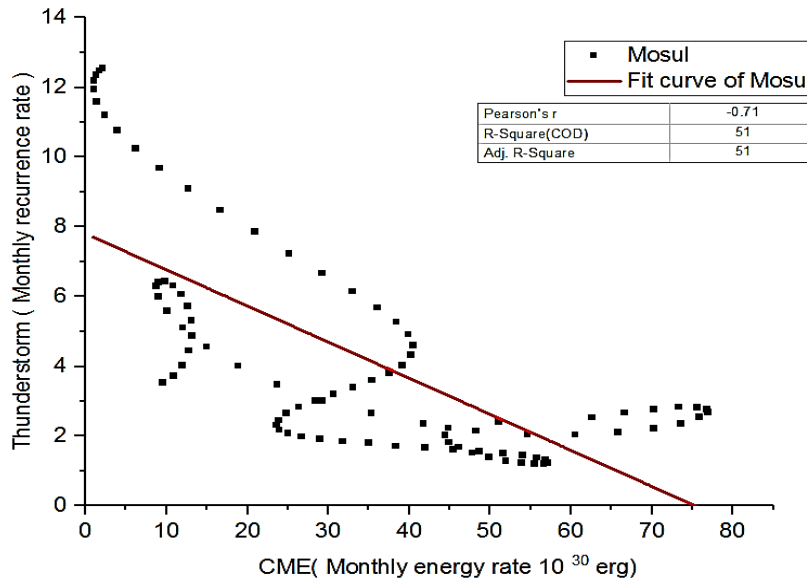
## 1- تحليل العلاقة بين طاقات المقذوفات الكتلية الاكليلية والعواصف الرعدية في مدينة الموصل

## أ - الدورتان الشمسيتان 23 و24

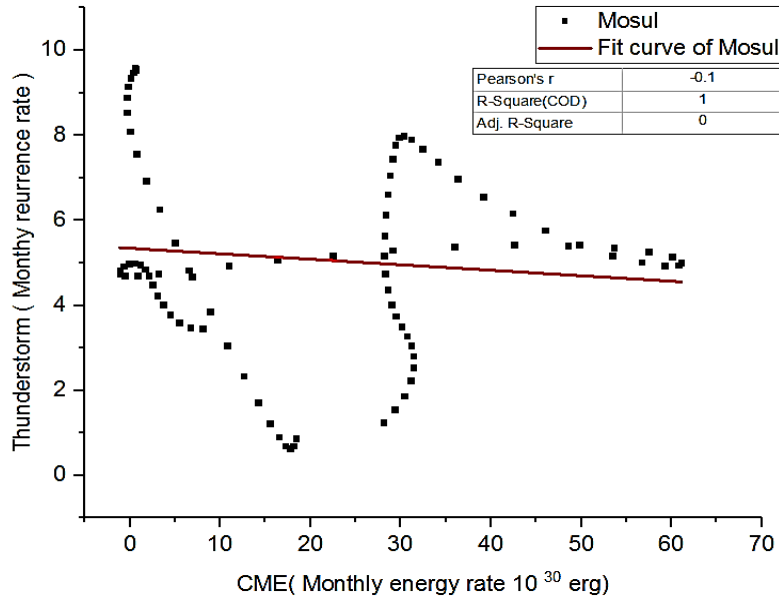
يوضح الشكل (3) العلاقة الإحصائية بين المعدل الشهري لطاقات المقذوفات الكتلية الاكليلية والمعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية فوق مدينة الموصل للدورتين الشمسيتين 23 (1996-2007) و24 (2008-2019). وقد كانت العلاقة متوسطة عكسية للدورة 23 حيث بلغ معامل بيرسون له ( $R=-0.71$ )، أما معامل بيرسون لدورة 24 فقد كان غير واضح وبلغ مقداره ( $R=-0.1$ ).

## ب - الطور المساعد للدورتين 23 و24

تتمثل العلاقة بين المعدل الشهري لطاقات المقذوفات الكتلية الاكليلية والمعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية للطور المساعد للدورات الشمسية 23 و24 بالشكل (4)، ونلاحظ أن الطور المساعد للدورة 23 ذو تأثير عكسي قوي حيث بلغ معامل بيرسون للارتباط الخطي ( $R=-0.85$ ) وبدلالة إحصائية ( $Sig=0.000$ )، أما منحنى الطور المساعد للدورة الشمسية 24 ذو علاقة طردية ضعيفة وقد بلغ معامل ارتباط بيرسون ( $R=0.38$ ) وبدلالة إحصائية ( $Sig=0.008$ ).

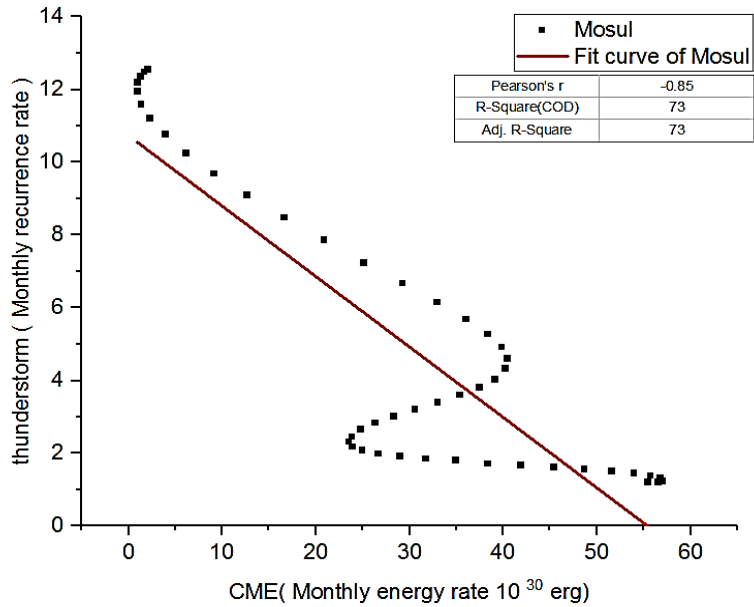


## (أ) الدورة الشمسية 23

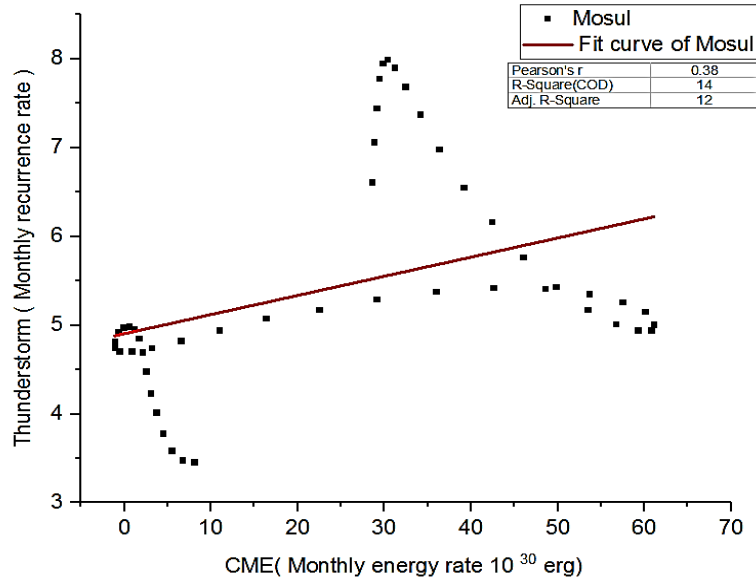


(ب) الدورة الشمسية 24

الشكل 3: العلاقة بين المعدل الشهري لطاقات المقذوفات الكتلية الإكليلية والمعدل الشهر لتكرار العواصف الرعدية (أ) للدورة الشمسية 23 و (ب) للدورة الشمسية 24



(أ) الطور الصاعد للدورة الشمسية 23

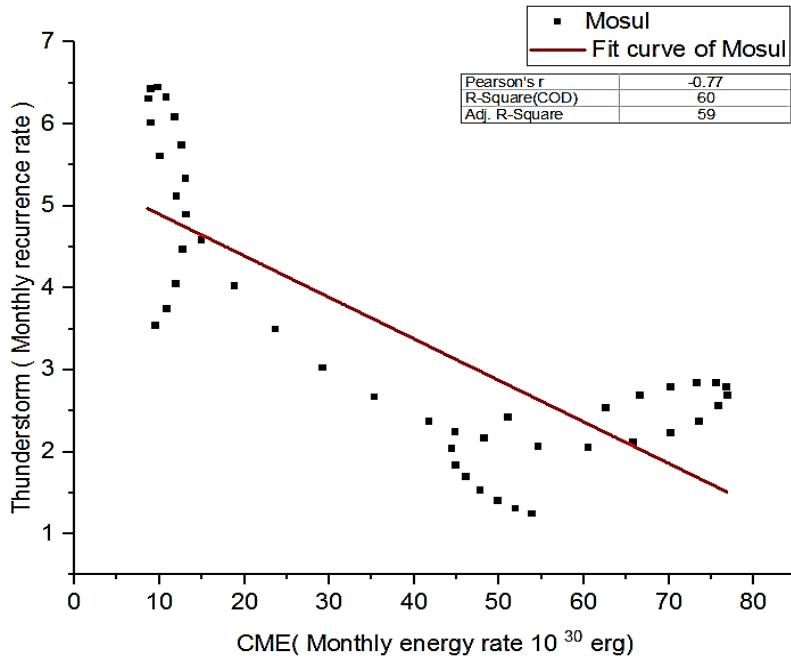


(ب) الطور الصاعد للدورة الشمسية 24

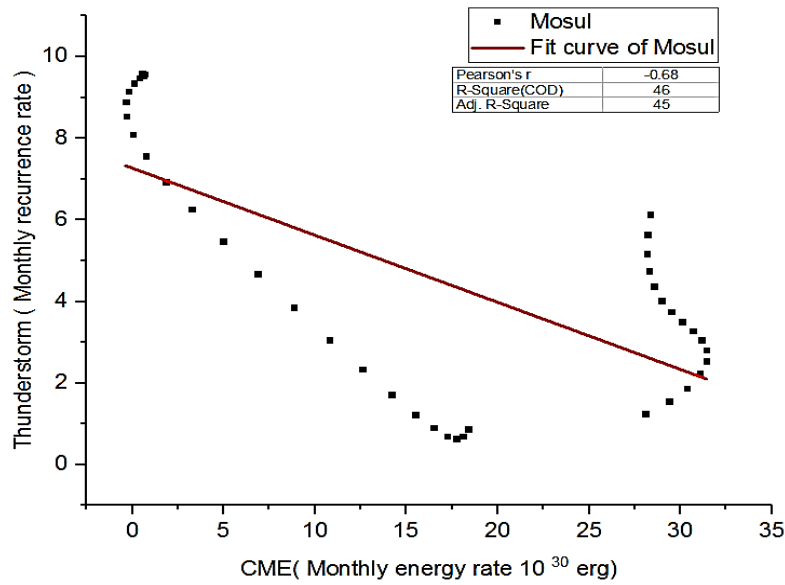
الشكل 4: العلاقة بين المعدل الشهري لطاقات المقذوفات الكتلية الإكليلية والمعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية (أ) الطور الصاعد للدورة الشمسية 23 و(ب) الطور الصاعد للدورة الشمسية 24

### ج - الطور النازل للدورتين الشمسيتين 23 و 24

يبين الشكل (5) علاقات الانتشار لمنحنيات الطور النازل للدورتين الشمسيتين 23 و 24 بين المعدل الشهري لطاقات المقذوفات الكتلية الاكليلية والمعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية، وأوضحت النتائج معاملات الارتباط الخطية ان العلاقة عكسية قوية على التوالي ( $R_{23}=-0.77, R_{24}=-0.68$ ) وبدلالة احصائية ( $Sig_{23}=0.00, Sig_{24}=0.00$ ) على التوالي.



(أ) الطور النازل لدورة الشمسية 23



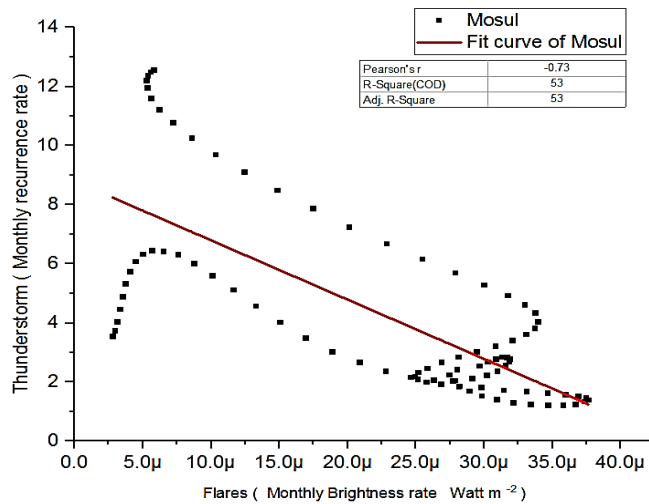
(ب) الطور النازل لدورة الشمسية 24

الشكل 5: العلاقة بين المعدل الشهري لطاقات المفذوفات الكتلية الإكليلية والمعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية (أ) الطور النازل لدورة الشمسية 23 و(ب) الطور النازل لدورة الشمسية 24

## 2- تحليل العلاقة بين طاقات التوهج الشمسي والعواصف الرعدية فوق مدينة الموصل

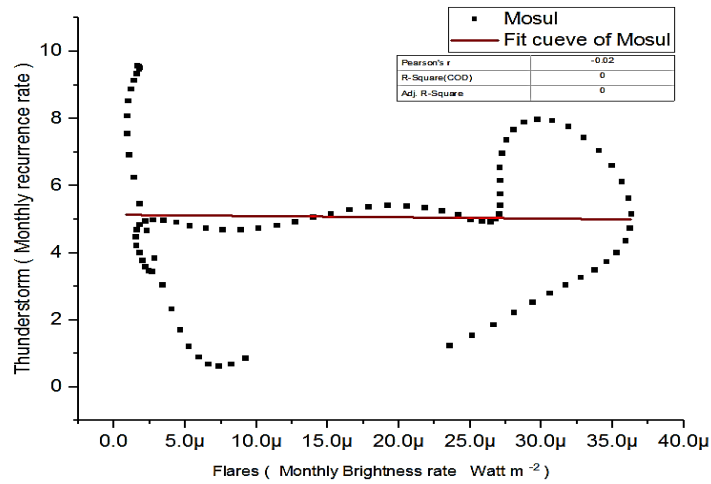
### أ - الدورتان الشمسيتان 23 و 24

يوضح الشكل (6) التحليل الإحصائي للعلاقة بين المعدل الشهري لطاقات التوهج الشمسي للدورات 23 و 24 مع المعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط الخطي بيرسون للدورة الشمسية 23 ( $R=-0.73$ ) وهي قيمة عكسية قوية ذات دلالة احصائية ( $Sig=0.00$ )، وللدورة الشمسية 24 كان معامل الارتباط ( $R=-0.02$ ) وهي علاقة غير واضحة كما موضح في الرسم البياني حيث بلغ مستوى الدلالة ( $Sig=0.842$ ).



(أ) الدورة الشمسية 23





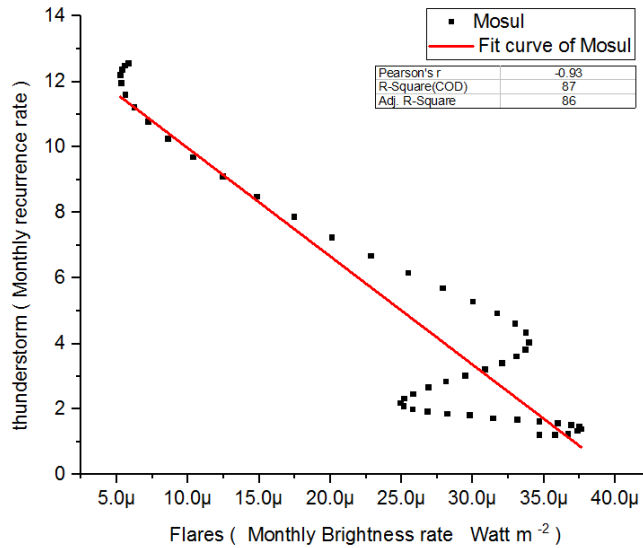
### (ب) الدورة الشمسية 24

الشكل 6: العلاقة بين المعدل الشهري لطاقت التوهج الشمسي والمعدل الشهر لتكرار العواصف الرعدية (أ) للدورة الشمسية 23

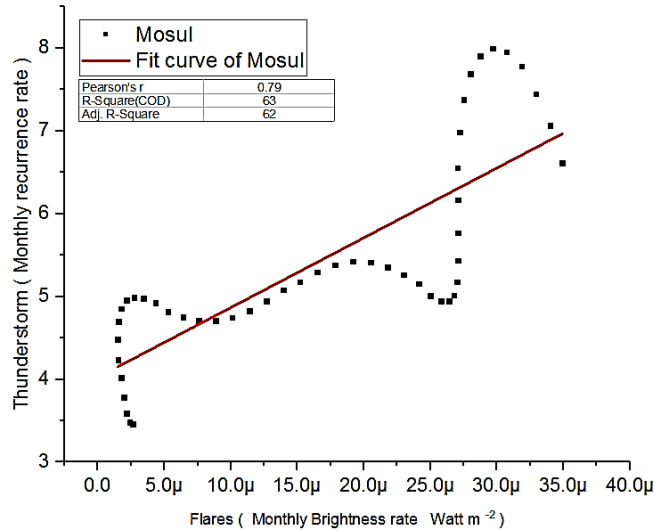
و (ب) للدورة الشمسية 24

ب - الطور الصاعد للدورتين 23 و 24

بلغ معامل الترابط الخطي بيرسون للمعدل الشهري لمنحي طاقت التوهج الشمسي للطور الصاعد للدورة الشمسية 23 مع المعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية ( $R=-0.93$ )، ويمثل علاقة عكسية قوية وبدلالة إحصائية ( $Sig=0.00$ )، بينما يمثل منحنى الطور الصاعد للدورة الشمسية 24 علاقة طردية قوية حيث بلغ معامل الارتباط الخطي ( $R=0.79$ ) وبدلالة إحصائية ( $Sig=0.00$ ) كما في الشكل (7).



### (أ) الطور الصاعد للدورة الشمسية 23

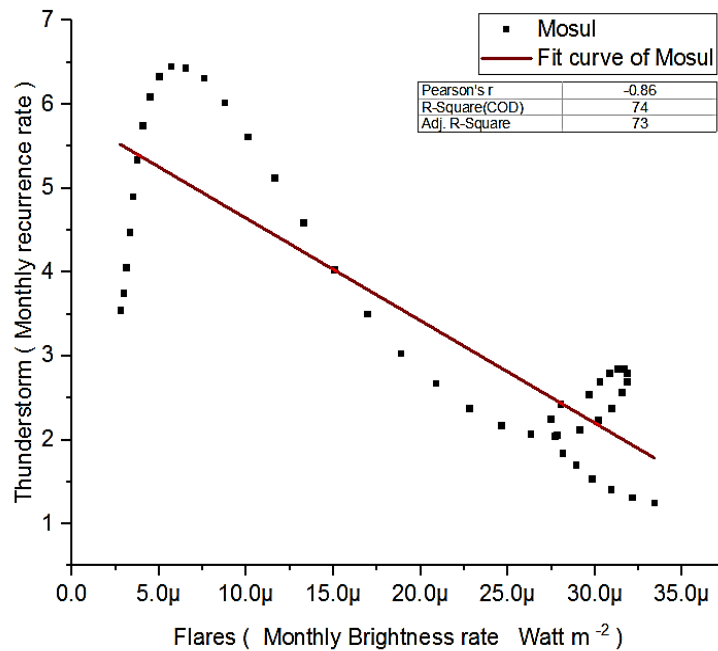


### (ب) الطور الصاعد للدورة الشمسية 24

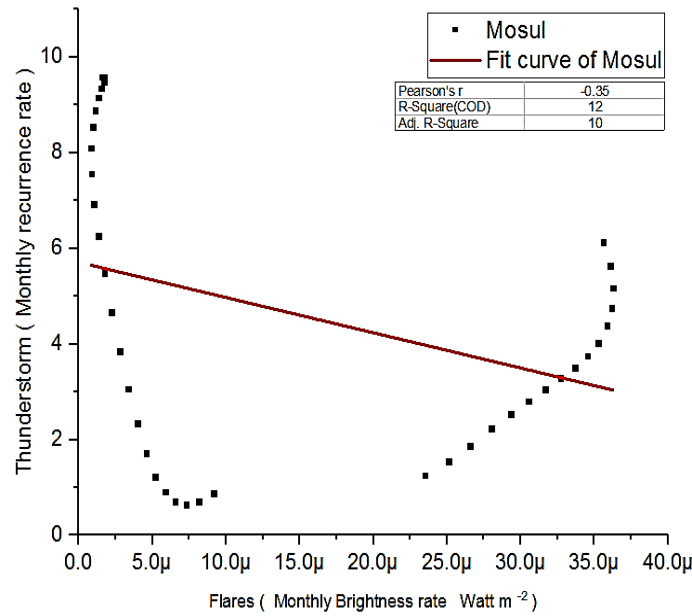
الشكل 7: العلاقة بين المعدل الشهري لطاقت التوهج الشمسي والمعدل الشهر لتكرار العواصف الرعدية (أ) الطور الصاعد للدورة الشمسية 23 و (ب) الطور الصاعد للدورة الشمسية 24

### ج - الطور النازل للدورات الشمسية 23 و 24

يوضح الشكل (8) المنحني للطور النازل للدورات الشمسية 23 و 24 وهما يمثلان علاقة عكسية قوية وضعيفة على التوالي بين المعدل الشهري لطاقت التوهج الشمسي مع المعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية حيث بلغ معامل الارتباط  $(R_{23} = -0.86, R_{24} = -0.35)$  على التوالي وبدلالة احصائية  $(Sig_{24} = 0.024, Sig_{23} = 0.00)$  على التوالي.



### (أ) الطور النازل للدورة الشمسية 23



(ب) الطور النازل للدورة الشمسية 24

الشكل 8: العلاقة بين المعدل الشهري لطاقات التوهج الشمسي والمعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية (أ) الطور النازل للدورة الشمسية 23 و (ب) الطور النازل للدورة الشمسية 24

#### الاستنتاجات

- ليس هناك شك في ان تأثير النشاط الشمسي على تكرار العواصف الرعدية ضعيف مقارنة بعوامل الإحصادات الجوية ومع ذلك فان تحليلنا يظهر ان مثل هذا التأثير يمكن ان يكون مهما حيث نستنتج من التحليل الاحصائي ما يلي:
- نستنتج من خلال التحليل الاحصائي بين علاقة المعدل الشهري لطاقات المقذوفات الكتلية الاكليلية والمعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية بطبقة التوربوسفير في مدينة الموصل للدورة الشمسية 23 ان العلاقة عكسية بشكل عام، حيث بلغ معامل بيرسون للارتباط الخطي ( $R=-0.71$ )، بينما كان معامل الارتباط الخطي للدورة الشمسية 24 ( $R=-0.01$ ) وهو يمثل عدم وجود علاقة واضحة.
- عند تحليل منحنيات الطور الصاعد لدورات الشمسية 23 و 24 إحصائيا فان العلاقة بين المعدل الشهري لطاقات المقذوفات الكتلية الإكليلية مع المعدل الشهري لتكرار العواصف الرعدية، يتضح لنا بان منحنى الطور الصاعد للدورة الشمسية 23 يكون عكسيا قويا حيث بلغ معامل الارتباط الخطي ( $R=-0.77$ ) بينما منحنى الصعود للدورة 24 يكون طرديا ضعيفا ( $R=0.38$ ) وهذا ما يتفق مع دراسة مجمان عند دراسة تأثير النشاطات الشمسية على العواصف الرعدية فوق مدينة بغداد لفترة الزمنية (2008-2012)، ويتبين ان كل المنحنيات ذات دلالة احصائية بينما منحنيات الطور النازل تمثل علاقات ارتباط قوية عكسية بين العناصر المستقلة والتابعة .
- أثبتت النتائج الإحصائية العلاقة بين المعدل الشهري لطاقات التوهج الشمسي مع المعدلات الشهرية لتكرار العواصف الرعدية فوق مدينة الموصل ان الدورة 23 يبلغ معامل بيرسون للارتباط الخطي لها ( $R=-0.71$ ) بينما للدورة الشمسية 24 قد بلغ ( $R=-0.01$ ) هو يمثل علاقة غير واضحة نسبياً.
- عند تجزئة منحنيات الدورة الشمسية 23 و 24 يتضح لنا أن المنحنى للطور الصاعد للدورة الشمسية 23 يرتبط بشكل عكسي تام وقد بلغ معامل الارتباط الخطي ( $R=-0.93$ )، والتحليل الاحصائي لمنحنى الصعود للدورة 24 يبين أن الترابط يكون

طرديا قويا وقد بلغ ( $R=0.79$ )، بينما منحنيات الطور النازل للدورات الشمسية 23 و 24 تظهر لنا علاقات الترابط تكون عكسية وجميع المنحنيات ذات دلالة إحصائية وهذا يعود لطبيعة التوهجات الشمسية التي هي عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية ولا يستغرق وصولها وقتا طويلا لطبقة التروبوسفير للأرض وتفاعله معها.

نستج بشكل عام ان المقذوفات الكتلية الاكليلية والتوهج الشمسي والتان هما عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية وبيروتونات والكترونات ذات سرعة عالية تمنع وصول الاشعة الكونية ذات الطاقة العالية والتي تأتي من الفضاء الخارجي الى طبقات جو الأرض العليا. وهذا يؤدي الى التقليل او الحد من عمليات التأين التي تحدث نتيجة تفاعل الاشعة الكونية مع غازات الطبقات العليا للغلاف الجوي الأرضي، وهذا بدوره يؤثر على كهربائية الغلاف الجوي وكذلك يقلل من احتمالية تكون نوى التكاثف الضرورية لتكون السحاب وبذلك تقل تكرار حدوث الظروف الجوية التي تسبب العواصف الرعدية. كذلك فان الدورة الشمسية 24 هي أضعف دورة من دورات القرن المنصرم ولذلك نجد تأثيرها غير واضح.

#### المصادر العربية

مجمان، علياء فالح (2015). تأثير النشاط الشمسي على البرق والعواصف الرعدية فوق مدينة بغداد. رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة المستنصرية.

#### المصادر الأجنبية

- Aniol, R. (1952). Schwankungen der Gewitterhäufigkeit in Süddeutschland. *Meteorologische Rundschau.*, 3 (4), 55–56.
- Brooks, C.E.P. (1934). The variation of the annual frequency of thunderstorms in relation to sunspots. *Quarterly J. the Royal Meteorolog. Soc.*, 60, 153–165.
- Currell, G. (2015). "Scientific Data Analysis". Oxford University Press, USA.
- Fritz, H. (1878). Die wichtigsten periodischen Erscheinungen der Meteorologie und Kosmologie. In: *Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem, Deel III, Haarlem.*
- Hanslmeier, A. (2007). "The Sun and Space Weather Astrophysics and Space Science Library". Springer. 2<sup>nd</sup> ed., 19p.
- Malandraki, O.E.; Crosby, N.B. (2020). "Astrophysics and Space Science Library 444 Solar Particle Radiation Storms Forecasting and Analysis the HESPERIA HORIZON 2020 Project and Beyond". pp. 29-36.
- Schlegel, K.; Diendorfer, G.; Thern, S.; Schmidt, M. (2001). Thunderstorms, lightning and solar activity-Middle Europe. *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Phys.*, 63, 1705-1713.
- Siingh, D.; Singh, R.P.; Singh, A.K.; Kulkarni, M.N.; Gautam, A.S.; Singh, A.K. (2011). Solar Activity, Lightning and Climate. *Surveys in Geophys.*, 32(6), 659–703.
- Stringfellow, M.F. (1974). Lightning incidence in Britain and the solar cycle. *Nature.*, 249, 332–333.
- Vardavas, I.; Taylor, F. (2007). Radiation and Climate. Radiation and Climate. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199227471.001.0001>.

## **Studying the Effect of Coronal Mass Ejections and Solar Flares on Thunderstorms in the City of Mosul for Solar Cycles 23 and 24**

**Mohammed A. Ramadan**

**Imad A. Hussain**

*Department of Physics/ College of Science/ University of Mosul*

### **ABSTRACT**

The study of the impact of solar activity on the Earth's climate is an important matter for predicting the change of climate elements for long periods. Most research has been limited to studying the relationship of sunspots with a change in one of the climate elements. In this research, the effect of the solar activities of coronal mass ejections and solar flare on a climatic element in the troposphere, represented by thunderstorms during the winter season in the city of Mosul for the 23 and 24 solar cycles, respectively, was studied. The data on coronal mass ejections were collected from the SOHO/LASCO CME Catalog database and solar flare data were taken from the website National Oceanic and Atmospheric (NOAA). Climatic data on thunderstorms for the winter seasons from the period (1996-2019) were used from the monitoring station in the city of Mosul from the Iraqi General Authority for Meteorology and Seismic Monitoring. The parameters were analyzed using the statistical program (Minitab 19.0). The results showed that there is an inverse relationship between the monthly rates of solar activities with the monthly rate of thunderstorm frequency, with the exception of the rising phase of the solar cycle 24 for the time period (2008-2013), where the results showed the existence of a positive relationship between them.

**Keywords:** coronal mass ejections, solar flare, Solar-weather relationship, Thunderstorms.