تغيّر المناخ وتأثيره على الطقس في مصر

مدخل: قال تعالى: «ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ» الروم ٤١. تحتمل الآية الإشارة إلى الإفساد البيئي بتلويث الهواء الذي يسببه الإنسان، فيصيبه الله بالكوارث المناخية التي تدمر بعض ما أنجزه من حضارة لعله يعود عن إفساده. وبالفعل تنبه الإنسان وبدأت مسيرة العودة بمؤتمرات دولية عقد آخرها رقم ٢٧ في مصر نوفمبر ٢٠٢٢. ولأن العلاج منطلق من خلال محاولات التكيف والتخفيف من قبل جميع العلماء، وعملهم يتطلب معرفة بالأساس العلمي للتغيرات المناخية وتأثيراتها. لذلك أحببت أن أساهم بهذه المقالة البحثية التي تشرح الأساس العلمي لتغير المناخ وتقييمه وكيفية تأثيره على الطقس في مصر، والطقس هو المؤثر المباشر على جميع النظم البيئية.

د. كمال الدين يوسف جعفر
خبير الأرصاد الجوية وتطبيقاتها
- الهيئة العامة للأرصاد الجوية

أولا: المقدمة

انتهت تقارير الهيئة الدولية الحكومية المعنية بتغير المناخ (IPCC) والمنبثقة عن الأمم المتحدة، إلى أن الطاقة المختزنة في كوكب الأرض تزداد بمرور عقود السنين منذ الثورة الصناعية بشكل غير اعتيادي، مما أدى إلى الاحترار الكوني للكوكب الذي صار يهدد كل النظم البيئية والزراعية والمائية، وبالتالي يهدد كل الحياة على الأرض. أهم هذه التقارير هو الخامس ٢٠١٣ الذي سبق مؤتمر باريس الحاسم ٢٠١٥، وآخرها التقرير السادس ٢٠٢١ (www.ipcc.ch). وقد أكدت أن تغير المناخ (Climate Change) حقيقة، حيث زادت درجة حرارة الغلاف الجوي بأكثر من درجة مئوية منذ الثورة الصناعية بمعدل لم يسبق له مثيل، وهي مستمرة في الزيادة لأن سببها الزيادة المستمرة لغازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الأنشطة البشرية، وهذا يهدد

بكوارث مناخية مثل الغرق بالأعاصير أو الموت بالجفاف أو حرائق الغابات. كما أكدت أيضا أن معدل الزيادة في درجات حرارة الهواء يختلف من منطقة لأخرى. ولهذا تقوم الدول بتقييم تغير مناخها لتحديد أكثر، ولدراسة تأثيره على الطقس الذي يؤثر مباشرة على كل النظم البيئة والزراعية والمائية، وهذا استعدادا للتكيف والتأقلم والتخفيف المطلوب.

ورغم أن المناخ يتغير ببطيء، إلا أن الطقس وقيمه المتطرفة تتغير بقوة فتؤثر بشدة على المنظومة البيئية والزراعية. وعلماء البيئة والزراعة يهمهم فهم مدى تأثير تغير المناخ على تركيبة البيئة النباتية والمحاصيل الزراعية في أي منطقة في مصر، لذلك كان هذا البحث لتقييم تغير المناخ بخرائط تفصيلية، وتقييم تأثيره على الطقس، المؤثر المباشر على البيئة والزراعة، وتأثير المناخ ما هو إلا تجميع تأثيرات الطقس المتقلب.

ثانيا: الأساس العلمي، وبعض أعمال الهيئة المعنية بتغير المناخ (IPCC)

المناخ هو العنصر الأساسي المشكّل للنظام البيئي الحيوي الذي يعيش فيه النبات والحيوان والإنسان في علاقات متكاملة على سطح الأرض، وتغير المناخ يعني خلخلة هذه العلاقات لتؤثر سلبا على هذا التكامل. والنبات هو أكثر الأحياء تأثرا بتغير المناخ بسبب ضرورة تعرضه وتعايشه المباشر مع الجو. لذلك فإن تغير المناخ قد يؤدي لانقراض نباتات أو محاصيل أو أصناف في منطقة ما وتولّد أخرى مناسبة للمناخ الجديد، وقد يؤثر هذا التغير سلبا على نموه وإنتاجيته. وسنبدأ بتعريفات بعض المصطلحات الهامة لنزيل اللبس المنتشر بخصوصها.

الطقس (Weather)

هو الحالة الراهنة للغلاف الجوي لمنطقة معينة، سواء في عناصره أو ظواهره. والعناصر مثل: درجات الحرارة، والهطول (أمطار أو ثلج)، والرطوبة الجوية، وسرعة واتجاه الرياح، والضغط الجوي، وطاقة الإشعاع الشمسي، ومدة سطوع الشمس. وكل عنصر من هذه العناصر له قيمة عظمى، وقيمة صغرى، ومتوسط يومي، وقيم ساعية. والظواهر مثل: السحب، والضباب، والندى، والصقيع، والعواصف، والشرد.

المناخ (Climate)

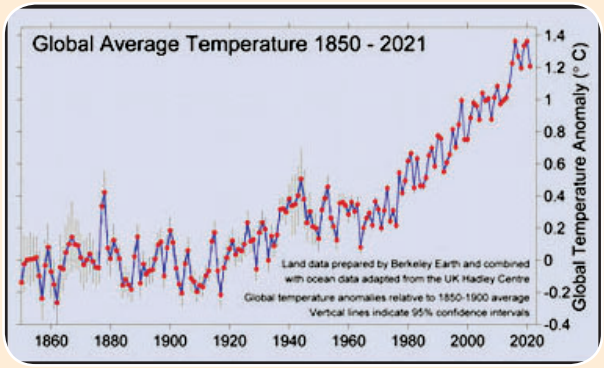
هو الحالة الجوية السائدة أو المعتادة ليوم أو شهر أو موسم أو سنة في منطقة معينة، ويحدد اصطلاحا بإحصاءات ٣٠ سنة أو أكثر لعناصر وظواهر الطقس. والإحصاءات تشمل المتوسطات والتباينات وترددات القيم المرتفعة أو المنخفضة لهذه المنطقة، خلال الفترة القياسية ٣٠ سنة. كما يتضمن المناخ وصفا للنظام المناخي للأرض (الأغلفة الخمسة) عموما مثل درجات حرارة سطح المحيط أو مقدار تغير الغطاء الخضري أو الثلجي. والمناخ في الأصل مستقر (أو يتغير عبر آلاف السنين) ويؤدي إلى خطوط تساوي ثابتة لعناصر المناخ المختلفة أيا كانت الفترة المناخية سواء آخر ٣٠ سنة أو ما قبلها. وقد أدى هذا إلى وضع خرائط تصانيف مناخية للعالم أشهرها تصنيف كوبن، وكل منطقة مناخية متجانسة به لها رمز يدل عليها ويدل على نوعية النباتات المناسبة لها. من هنا فإن المناخ هو المنشئ والصانع لبيئة أي منطقة، وثباته يعني ثبات بيئته التي صنعها. فإذا تغير هذا المناخ فإن البيئة التي يصنعها تتغير.

التغيرات المناخية المعاصرة (Climatic Variations)

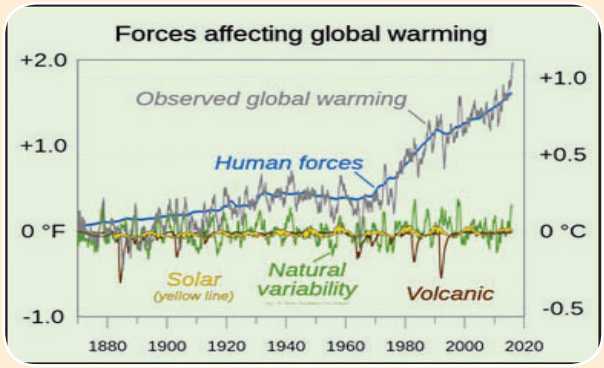
هي التغيرات المرصودة فعلا ويمثلها (شكل ١)، وهي تقلبات صاعدة وهابطة لقليل من السنوات حول نزعة (ترند Trend) صاعدة ببطيء منذ الثورة الصناعية بميل متغير حتى منتصف الستينات ثم زاد الميل في صورة خط مستقيم بميل ثابت تقريبا بعد ١٩٦٥. وأسباب هذه التغيرات متداخلة بين البشرية للنزعة الصاعدة والطبيعية للتذبذبات حول هذه النزعة. وفي تعريفات الـ IPCC التغيرات المناخية (Climatic Variations) هي: مصطلح عام يشمل كل أنواع التغير في المناخ على أي مستوى زمني ولأي سبب طبيعي أو بشري في داخل النظام المناخي أو خارجه. فهو يشمل التقلبات المناخية (Climatic Variability) الدورية التي تعود لأسباب طبيعية دورية، أو تغير المناخ (Climate Change) المستمر والذي يعود سببه إلى النشاط الإنساني بداية من الثورة الصناعية.

تغير المناخ (Climate Change)

هو النزعة نفسها (الترند) التي تسارعت من ١٩٦٥ في شكل خط مستقيم بميل ثابت تقريبا باللون الأزرق (شكل ٢)، وهو تزايد بطيء ومستمر في درجات حرارة الهواء القريب من سطح الأرض، وسبب هذا التغير هو الزيادة المستمرة لغازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الأنشطة البشرية. لذلك فهو ظاهرة عالمية أدت إلى زيادة دفء كوكب الأرض (Global Warming). وهي محل اهتمام وقلق العالم، ومحل اهتمامنا نحن في هذا البحث.



شكل (١) التغيرات المناخية المرصودة فعلا



شكل (٢) تغير المناخ والتقلبات المناخية

وفي تعريفات الـ WMO تغير المناخ (Climate Change) هو: التغير في المناخ الذي يُنسب بشكل مباشر أو غير مباشر إلى النشاط البشري، سواء النشاط الذي يغير من تركيب الغلاف الجوي بغازات الاحتباس الحراري بشكل مباشر أو نشاطات استخدام الغابات والأراضي التي تؤدي إلى قلة امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الجو. ويتم ملاحظته على مدى فترات زمنية طويلة.

التقلبات المناخية (Climatic Variability)

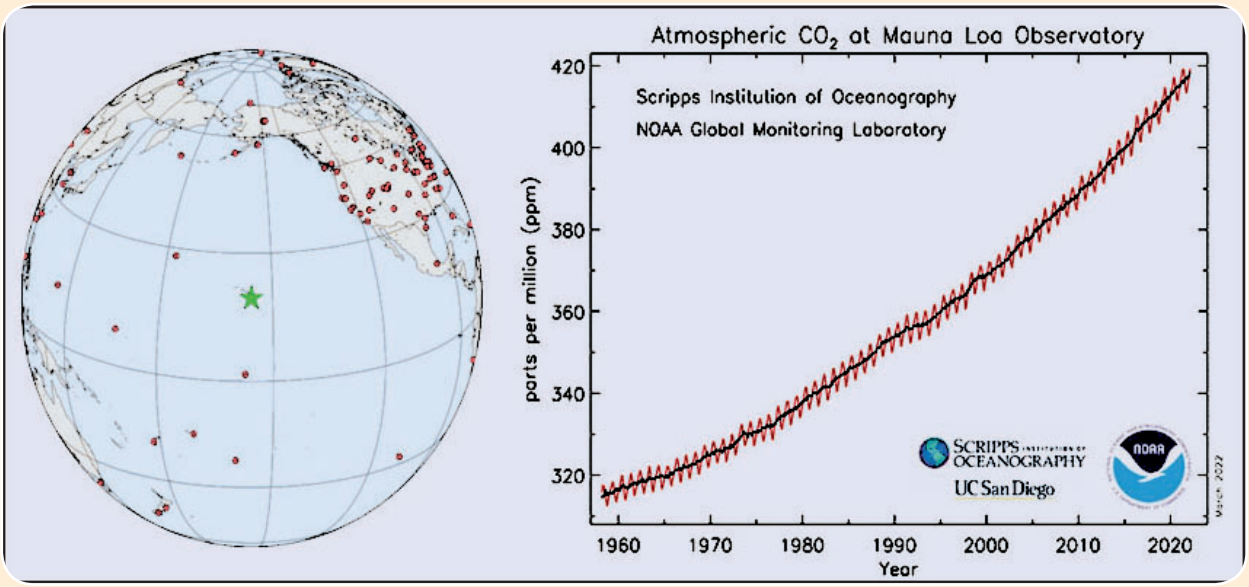
هي التقلبات قصيرة المدى حيث تزداد وتنخفض درجات الحرارة حول خط تغير المناخ الصاعد (النزعة أو الترند) في خلال قليل من السنوات (شكل ٢)، وهي تغيرات دورية ومعتادة وأسبابها داخلية طبيعية مثل ظاهرة "التذبذب الجنوبي (ENSO) أو تباينات الإشعاع الشمسي. والمشكلة أن هذا الخط الصاعد يأخذ المنحنى المتذبذب للتقلبات المناخية معه لأعلى مما يؤثر على الطقس بزيادة الأيام الحارة والقيم المتطرفة الحارة لكثير من السنوات. وبعد فصل التقلبات عن التغيرات المناخية ظهرت باللون الأخضر (شكل ٢) حول الخط الأفقي الذي يمثل المعدلات المناخية العادية والتي اعتبرت صفرا تتغير حوله الانحرافات. وفي تعريفات الـ IPCC التقلبات المناخية: هي التباينات في متوسط حالة المناخ من الإحصاءات المناخية (مثل الانحرافات المعيارية، وحدوث الظواهر المتطرفة). وقد تعزى التقلبات المناخية إلى عمليات داخلية طبيعية في إطار نظام المناخ (التقلبات الداخلية) أو إلى تباينات في المؤثر الإشعاعي الخارجي الطبيعي المنشأ (التقلبات الخارجية).

وسبب التغيرات المناخية الطبيعية الداخلية هو أن مكونات النظام المناخي لها أوقات استجابة مختلفة للمؤثر الخارجي وتفاعلات غير خطية وبالتالي لا تتوازن مع بعضها أبدا فتتغير باستمرار. فمثلا في حالة أن المؤثر الخارجي هو أشعة الشمس فإن الهواء فوق المحيط يستجيب للتسخين في حدود أيام بينما المحيط يستجيب في سنين وهذا بسبب السعة الحرارية العالية لمياه المحيط (IPCC, ٢٠٠٢).

وفي النهاية فإن المناخ يتغير ويغير معه كل النظم البيئية، وبالتالي فإن التصنيفات المناخية مثل تصنيف كوبن المشار إليه سابقا مهددة بالتغير. وإذا لم يكن المناخ يتغير لكان خط النزعة (الترند) في شكل (٢) أفقيا تماما وحوله التقلبات المناخية كما باللون الأخضر.

غازات الاحتباس الحراري وقياسها

تغير المناخ سببه النشاط البشري المسرف في انبعاث غازات الاحتباس الحراري إلى الغلاف الجوي. وهذه الغازات تمتص الأشعة الأرضية طويلة الموجة ثم تعيد إشعاع بعضها إلى الأرض فيؤدي ذلك إلى اختزان قدر من الحرارة في الغلاف الجوي ليجعله عند ١٤°م، فإذا زادت هذه الغازات عن الطبيعي فإن الاختزان يزيد ويقل هروب الأشعة الأرضية إلى الفضاء، فيحدث الاحترار الكوني الذي أوصل درجة حرارة الغلاف الجوي إلى أكثر من ١٥°م. وهذه الغازات هي: ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، والميثان (CH_4)، وأكسيد النيتروجين (N_2O)، والغازات المفلورة. وأهمها هو ثاني أكسيد الكربون الذي يدخل إلى الغلاف الجوي بشكل طبيعي من خلال تنفس الكائنات الحية والاحتراق الطبيعي للغابات، وبشكل مفتعل من احتراق الوقود الأحفوري (الفحم والغاز الطبيعي والنفط)، وعمر هذا الغاز بعد ما يصعد في الغلاف الجوي أكثر من ١٠٠ سنة. وتتم إزالة أو امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي جراء امتصاص النباتات له كجزء من عملية التمثيل الضوئي أو ذوبانه في الأمواج الشديدة للبحار والمحيطات. والكربون الداخل والخارج من الغلاف الجوي يسمى الدورة العامة



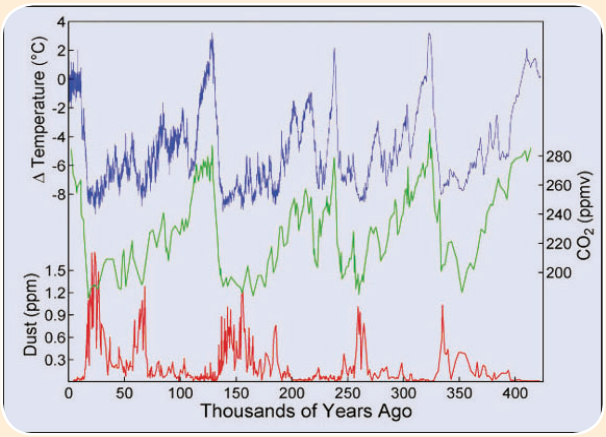
شكل (٣) قياس غازات الاحتباس الحراري - مرصد ماونا لوا (MLO)

للكربون في الطبيعة. ويقاس تركيز غازات الدفيئة بأجزاء في المليون أو أجزاء في المليار. كما يعتبر بخار الماء من غازات الدفيئة، وهو أكثر غازات الاحتباس الحراري وفرة في الغلاف الجوي، إلا أن عمره في الغلاف الجوي حوالي ٧ أيام فقط. والأنشطة البشرية لها تأثير ضئيل على تركيزه، من خلال الري وإزالة الغابات، لذلك لم يعتبر من ضمن مؤشرات تغير المناخ.

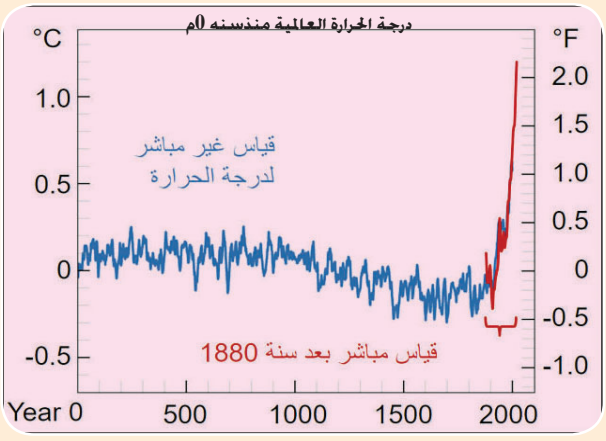
تقاس غازات الدفيئة بعد استقرار وثبات نسبتها في الهواء، وهذا يكون بعيدا عن المدن وفي الأماكن المرتفعة. لذلك نجد أن مركز الرصد هو في جزيرة هاواي وسط المحيط الهادي (النجمة بشكل ٣) وعلى ارتفاع ٣٣٩٧ مترا، وشبكة المحطات التابعة له حول العالم (النقط باللون الأحمر). وهذا المركز هو مرصد «ماونا لوا» التابع لإدارة المحيطات والغلاف الجوي الأمريكية (NOAA)، والنتيجة النهائية هي زيادة مطردة لجميع غازات الاحتباس الحراري وأهمها ثاني أكسيد الكربون كما في الشكل (٣). وهي زيادة غير طبيعية، حيث وصل تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى أكثر من ٤٢٠ جزء في المليون والطبيعي ألا يزيد عن ٣٠٠ جزء في المليون. (www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo).

نظرة إلى التغيرات المناخية وعلاقتها بثاني أكسيد الكربون عبر التاريخ الجيولوجي للأرض

شكل (٤) يبين التاريخ الجيولوجي لتغير المناخ وتركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الغلاف الجوي عبر العصور الغابرة في التاريخ، منذ ٤٠٠ ألف سنة حتى الآن. نلاحظ



شكل (4) التاريخ الجيولوجي للتغيرات المناخية وتركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو



شكل (5) التغيرات المناخية منذ ألفي سنة

أن تغيرات درجة الحرارة باللون الأزرق كانت بين -٨ إلى ٢,٥ حول ١٤ °م. بينما تغيرات CO٢ باللون الأخضر كانت بين ١٨٠ إلى ٣٠٠ جزء في المليون، أي لم تزد النسبة عن ٣٠٠ جزء في المليون بأي حال من الأحوال. والأهم من هذا هي أن هذه التغيرات كانت تحدث عبر آلاف السنين مما أتاح للبيئة أن تتكيف أولا بأول. بينما حاليا زادت حرارة الكوكب أكثر قليلا من درجة كاملة منذ الستينات، وزادت نسبة CO٢ إلى ٤٢٠ جزء في المليون حتى الآن. أي أن التغيرات المناخية وتركيز CO٢ كانت ظاهرة طبيعية عبر آلاف السنين وفسرت بالدورات المناخية الطويلة مثل دورة ميل محور الأرض كل ١١ ألف سنة، إلا أن الزيادات الحالية غير طبيعية فقد شاهدناها تحدث واضحة في حياتنا منذ منتصف الستينات فقط. مما يدل على أن السبب بشري، وقد تفاقم مع الإسراف في استخدام الطاقة من البشرية المتزايدة باستمرار. ونماذج المحاكاة تتوقع استمرار الاحترار. أما شكل (٥) فيبين التغيرات المناخية منذ ألفي سنة، ويتضح منه أن الألف الأولى كانت تقلبات مناخية فقط، بينما في الألف الثانية كانت تبريدا نسبيا حوله التقلبات، وانتهت بتسخين ملحوظ منذ الثورة الصناعية، ثم تسارع أكثر وبشكل غير طبيعي منذ منتصف الستينات وكما ظهر أكثر في الأشكال السابقة (١)، (٢)

النظام المناخي للأرض Climatic System

احترار كوكب الأرض يؤدي إلى ارتباك وخلل في تفاعلات النظام المناخي للأرض. وهو المكونات الخمسة في النظام الجيوفيزيائي، الغلاف الجوي وأربعة أغلفة أخرى تتفاعل مباشرة مع الغلاف الجوي، وتحدد بشكل مشترك مناخ الغلاف الجوي. وهي كالآتي: الغلاف الجوي Atmosphere، والغلاف المائي Hydrosphere أي المحيطات والبحار والأنهار وبحيرات المياه العذبة، وكذلك المياه الجوفية الموجودة تحت سطح الأرض. والغلاف الجليدي Cryosphere وهو الجليد البحري، وجليد البحيرات، وجليد الأنهار، والغطاء الثلجي عموما بم فيها الأراضي المتجمدة. والغلاف الحيوي Biosphere وهو كل الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية في البر والبحر. والغلاف الصخري Lithosphere وهو القارات أو قيعان المحيطات.

تغيرات النظام المناخي العالمي من التقرير الخامس (IPCC ٢٠١٣)

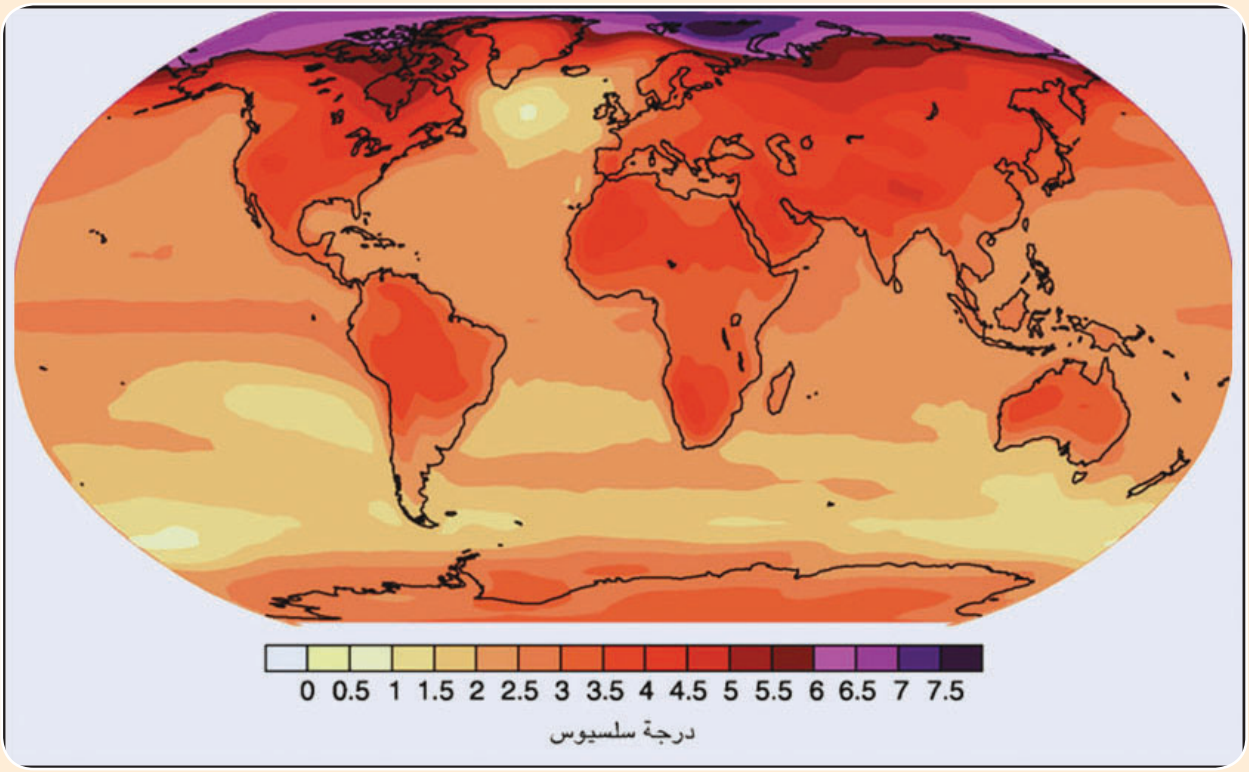
انتهت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) إلى أن الاحترار قد عم النظام المناخي كله، فقد حدث احترار للغلاف الجوي والمحيطات، وتضاءلت كميات الجليد والثلوج، وارتفع مستوى سطح البحر ولو قليلا. وقد استحوذت المحيطات على أكثر الطاقة المخزونة في النظام المناخي، باعتبار أن المحيطات تمتص أكثر من ٩٠٪ من الطاقة. ومستوى سطح البحر ارتفع إلى حوالي ٢٠ سم. أما الغلاف الجليدي، فقد فقدت الصفحات الجليدية في جرينلاند والمناطق القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) كتلاً جليدية خلال العقدين الأخيرين، واستمر تقلص حجم الأنهار الجليدية على نطاق العالم تقريباً، واستمر نقصان حجم الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية والغطاء الجليدي الربيعي في نصف الكرة الأرضية الشمالي. وانتهى التقرير الخامس إلى الخلاصة بأن: التأثير البشري على النظام المناخي صار واضحا.

خطر الاحترار العالمي بمقدار أكثر من ١,٥ °م (تقرير خاص IPCC ٢٠١٩)

قدم التقرير الخامس ٢٠١٣ للهيئة (IPCC) الإسهام العلمي في اتفاق باريس (٢٠١٥) الذي يرمي إلى تعزيز التصدي العالمي لخطر تغير المناخ من خلال الإبقاء على زيادة المتوسط العالمي لدرجات الحرارة بما يقل عن ٢,٠ °م قياساً بمستويات ما قبل عصر النهضة الصناعية، ومواصلة الجهود للإبقاء على هذه الزيادة في حدود ١,٥°م. حيث رأى الكثير أن وصول مستوى الاحترار العالمي إلى ما يقرب من ٢,٠°م أمر خطير، ولذا قدمت الـ (IPCC) تقرير خاص في (٢٠١٨) لتقييم آثار الاحترار العالمي بمقدار١,٥ °م فوق مستويات ما قبل عصر النهضة الصناعية، وكانت النتائج الرئيسة كالآتي: ١- من المرجح أن يبلغ الاحترار العالمي ١,٥°م بين عامي ٢٠٣٠ و٢٠٥٢ إذا ما استمر في الزيادة بالمعدل الحالي. ٢- والاحترار الناجم عن الانبعاثات البشرية منذ الثورة الصناعية حتى الآن سيستمر وسيسبب مزيداً من التغييرات في نظام المناخ. ٣- والمخاطر ستزداد مع احترار عالمي بمقدار ١,٥°م قياساً بالوضع الحالي، لكنها أقل قياساً بأوضاع يكون فيها الاحترار بمقدار ٢,٠°م.

التوزيع الجغرافي لتغير المناخ عبر العالم

المقدار المتوسط للتغير في درجة الحرارة على مستوى العالم يقدر بأكثر من ١,٠ °م قليلا، ولكن هذا التغير يختلف من منطقة لأخرى في الغلاف الجوي قرب سطح الأرض كما يبين شكل (٦). فهي على اليابسة أعلى منها على الماء، وفي نصف الكرة الشمالي أعلى من النصف الجنوبي، وفي العروض الشمالية العليا في المناطق القطبية الشمالية تصل إلى أكثر من ٧°م،



شكل (٦) التوزيع الجغرافي لتغير المناخ عبر العالم منذ الثورة الصناعية

ونلاحظ في مصر أنها من ٢-٣ درجات حسب التقدير من اللون.

ثالثا: المحطات والبيانات المناخية المستخدمة

يحتاج تقييم تغير المناخ وتأثيراته بيانات سنوات طويلة تصل إلى ثلاث دورات مناخية على الأقل، وإلى مساحة واسعة من الكرة الأرضية، وحل هذه المشكلة أن نربط الدراسات المحلية كهذه بما انتهت إليه الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، وهذا ما فعلناه سابقا. وكذلك تحتاج دراسة تأثير تغير المناخ على الطقس إلى ٣٠ سنة على الأقل من البيانات اليومية المتصلة لعدد كثير من المحطات كي يمكن عدّ الأيام الحارة أو الباردة وغيرها، ورسم خطوط التساوي اللازمة. والمتوافر لنا من المصادر المعتمدة هو قيم شهرية لعدة سنوات لخمسة عناصر، ولعدد من المحطات لا يكفي. لذلك سنستعين بالبيانات المتوفرة ومقارنتها ببيانات مُنزّلة من موقع ناسا باور (NASA Power) لتصحيحها فنحصل على بيانات يومية معالجة ومتصلة.

توافر لنا من هيئة الأرصاد المصرية المتوسطات الشهرية لخمسة عناصر هي: درجتي الحرارة العظمى والصغرى °م والرطوبة النسبية ٪ وسرعة الرياح السطحية على ارتفاع ١٠ متر م/ث وكمية الأمطار الشهرية ملم/شهر، لمدة ٥١ سنة من ١٩٦٨ إلى ٢٠١٨، لإحدى عشرة محطة على امتداد وادي النيل من الإسكندري حتى أسوان. وللحصول على بيانات يومية وعدد كثير من المحطات فقد تم تنزيلها من موقع ناسا (NASA): https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer للقيم اليومية لنفس العناصر السابقة ولفترة ٣٤ سنة من ١٩٨٤ إلى ٢٠١٨ ولنفس المحطات الأرضية بالإضافة إلى ٤١ محطة أخرى ليكون العدد الإجمالي ٥٢ محطة موزعة بحيث تمثل كل مناطق مصر وبحيث يمكن رسم خطوط التساوي بشكل جيد.

تمت معالجة البيانات بملء المفقود وحساب العناصر المشتقة ومؤشرات الطقس، وكذلك تمت المقارنة مع بيانات هيئة الأرصاد وعمل التصحيح اللازم. حيث أخذت فترة مشتركة بين المجموعتين وكانت النتيجة أن معامل التحديد قوي جدا لجميع العناصر ماعدا الأمطار، مما يدل على أن بيانات ناسا منتظمة ومتوازية مع بيانات الهيئة مما يعزز الثقة بها. وكانت معاملات التصحيح هي ٠,٩٨٩٨ الدرجة الحرارة العظمى، ٠,٩٧٧٥ للصغرى، ١,١٧٨٧ للرطوبة النسبية، ٠,٦٦٧٨ لسرعة الرياح. لذلك ضربت هذه النسب في

بيانات ناسا لتصحيحها ولتتوافق مع بيانات الهيئة. أما معامل التحديد (r2) للأمطار فكان ضعيف جدا مما يدل على عدم وجود ارتباط بين بيانات المجموعتين لعنصر الأمطار، ولكن مجموع الأمطار السنوي للمجموعتين متقارب. وهكذا تم الحصول على بيانات يومية ومتصلة لأربعة عناصر مناخية ولفترة ٣٤ سنة على ٥٢ محطة أرصاد مفترضة في مصر.

قياس تأثير تغير المناخ على الطقس

ذكرنا في الأساس العلمي أن خط الميل الصاعد لتغير المناخ يأخذ التقلبات الطبيعية معه لأعلى مما يتوقع أن تزداد الأيام الحارة وتقل الأيام الباردة. ولكي ندرس مدى تأثير تغير المناخ على الطقس عموما، فقد حسبنا بعض المؤشرات الدالة على تغير الطقس وهي: ١- عدد أيام الطقس الحار: وهي عدد الأيام التي كانت فيها درجة الحرارة العظمى أعلى من ٣٥مْ وأعلى من ٤٠ مْ خلال السنة. ٢- عدد أيام الطقس البارد: وهي عدد الأيام التي كانت فيها درجة الحرارة الصغرى أقل من ١٠مْ وأقل من ٥ مْ. ٣- عدد أيام الطقس المتكاثف، وتمثل بعدد أيام احتمال حدوث شبورة أو ضباب أو ندى، وهي عدد الأيام التي قلت فيها درجات الحرارة الصغرى عن نقطة الندى، أو هي الأيام التي وصلت فيها الرطوبة النسبية إلى ١٠٠٪ أو قريبا منها، وهذه الأيام تدل على الطقس المستقر، ولها علاقة بالأمراض الفطرية للنباتات. ٤- عدد الأيام الممطرة بأي كمية يمكن قياسها، وهي أي كمية تساوي أو تزيد عن ٠,١ مم/يوم ولها علاقة بالطقس الغير مستقر. وكذلك عدد الأيام الممطرة أكثر من ٥ ملم، ولها علاقة بالري وملئ الآبار. ٥- عدد أيام احتمال حدوث الصقيع، وهي الأيام التي تقل فيها الرطوبة النسبية عن ٥٠٪ وتقل فيها سرعة الرياح عن ٢ م/ث وتقل فيها درجة الحرارة الصغرى عن ٤مْ وبالتأكيد ستقل عن ٤ مْ عند سطح التربة، وعندئذ يبدأ تحول المحلول داخل أوراق النبات إلى حالة التمدد والتحول إلى الحالة الثلجية الصلبة التي تؤدي إلى انفجار الخلية النباتية إذا كانت حساسة ولم يتحمل جدارها تمدد الثلج. ٦- عدد الأيام التي تكون فيها الرياح ضارة بالنبات، وهي عندما تكون سرعتها على ارتفاع ٢ م أكبر من أو يساوي ٥ م/ث.

رسم خرائط خطوط تساوي العناصر المناخية وإظهارها لتغير المناخ

تم رسم خرائط خطوط تساوي العناصر المناخية ومؤشرات الطقس بطريقة تبين تأثير تغير المناخ على مدى إزاحة هذه الخطوط. لذلك حاولنا عزل تغير المناخ عن التقلبات المناخية بقدر الإمكان، وهذا بحساب الإجمالي الإحصائي لكل عنصر أو مؤشر للسنوات الخمس الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) من فترة الدراسة ثم الإجمالي الإحصائي للسنوات الخمس الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨)، بحيث أن قفزة السنوات من منتصف المدة الأولى إلى منتصف الأخيرة تساوي ٣٠ سنة تقريبا، ستوضح تأثير تغير المناخ على إزاحة خطوط التساوي. وكذلك تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS ١٠,٣) لرسم خريطتين لكل عنصر مناخي أو مؤشر للطقس، الأولى لمتوسط مدة الخمس سنوات الأولى والثانية لمدة الخمس سنوات الأخيرة. وهذا لإظهار تأثير تغير المناخ خلال قفزة مناخية قياسية على مقدار إزاحة خطوط التساوي لجميع العناصر والمؤشرات تحت الدراسة.

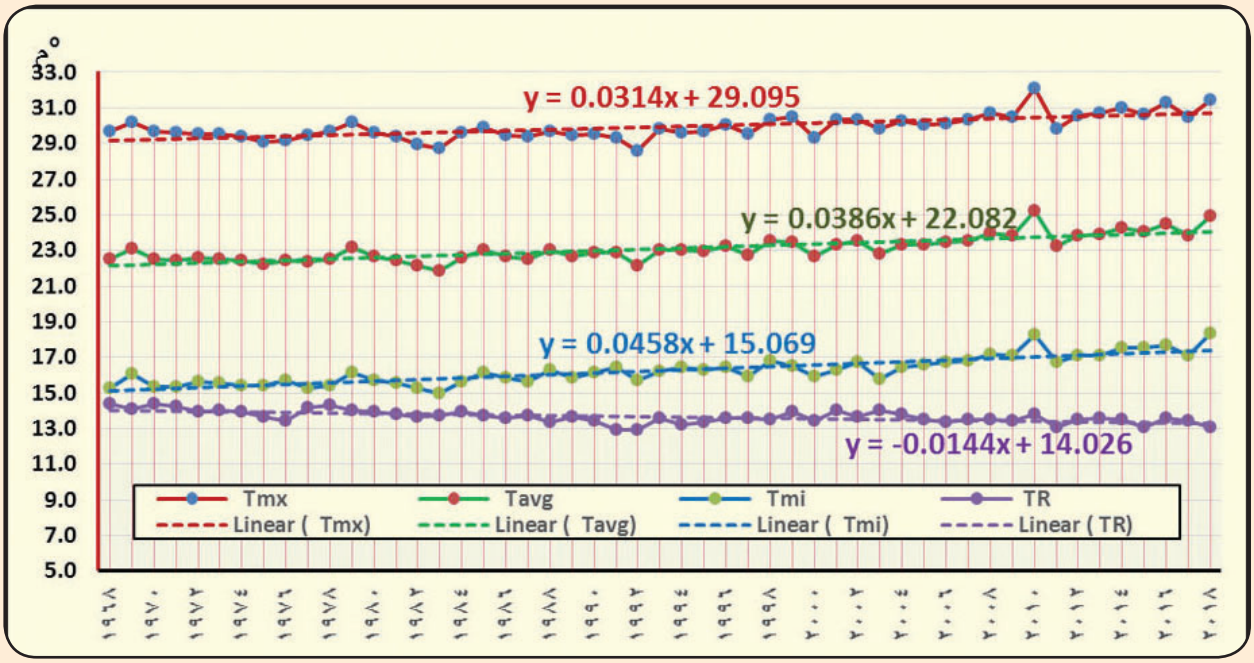
رابعا: النتائج والمناقشة

يختلف تغير المناخ من منطقة لأخرى، وينتج عنه تغير أشد في الطقس من مدينة لأخرى في نفس المنطقة، فزيادة درجة واحدة للحرارة في منطقة قريبة من المياه تزيد رطوبتها أو أمطارها، وفي منطقة صحراوية تزيد من جفافها وتصحرها. لذلك سنعرض في هذا الفصل نتائج تقييم تغير المناخ في مصر وتأثيره على الطقس.

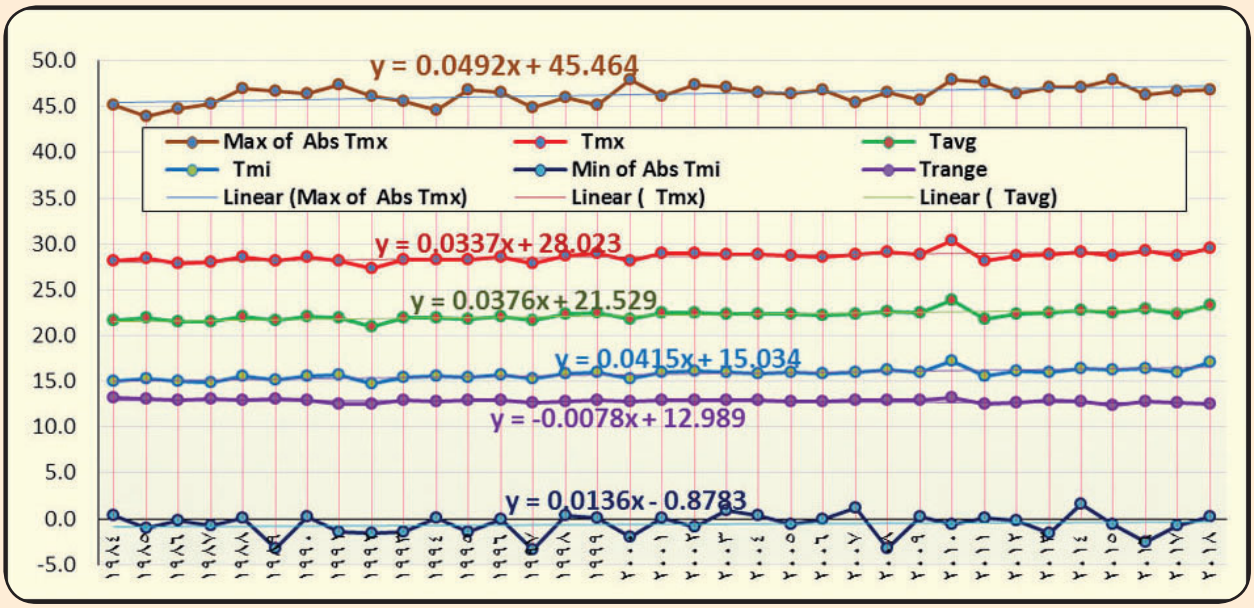
تقييم تغير المناخ في مصر

١- تغير درجات الحرارة

بداية نحن ندرس التوقعات باستخدام بيانات الفترة بعد منتصف الستينات والتي لاحظنا من النتائج العالمية لـ IPCC أن تغير المناخ خلالها يعتبر خطيا بميل ثابت تقريبا، وهذا ما سنعتمد عليه في التوقعات التي سنستنتجها، أي أن استنتاجاتنا تبدأ من ١٩٦٥ وليس من بداية الثورة الصناعية. بيانات محطات هيئة الأرصاد تمثل القيم الشهرية لعناصر درجات الحرارة والأمطار لـ ١١ محطة لفترة ٥١ سنة. رُسمت منها السلسلة الزمنية كما بالشكل (١) الذي يبين أن ميل توجه (Trend) درجات الحرارة الصغرى (باللون الأزرق) هو +٠,٠٤٥٨ °م/سنة، والعظمى (باللون الأحمر) وهو +٠,٠٣١٤ °م/سنة، والمتوسط اليومي (باللون الأخضر) +٠,٠٣٨٦ °م/سنة، والمدى الحراري (باللون البنفسجي) هو -٠,٠١٤٤ °م/سنة. وبالنسبة للفترة القياسية (٣٠ سنة) فإن مقدار التغير هو +١,٣٧°م/٣٠سنة للصغرى، و+٠,٩٤°م/٣٠سنة للعظمى، و+١,١٦°م/٣٠سنة للمتوسط



شكل (١) تغير دراجات الحرارة فى مصر (١١ محطة EMA)



شكل (٢) تغير دراجات الحرارة فى مصر (٥٢ محطة NASA)

اليومي، و-٠,٤٣°م/ ٣٠سنة للمدى الحراري. فالتغير في درجة الحرارة الصغرى أكبر منه في العظمى لذلك كان التغير في المدى الحراري سالبا.

محطات ناسا الـ ٥٢:

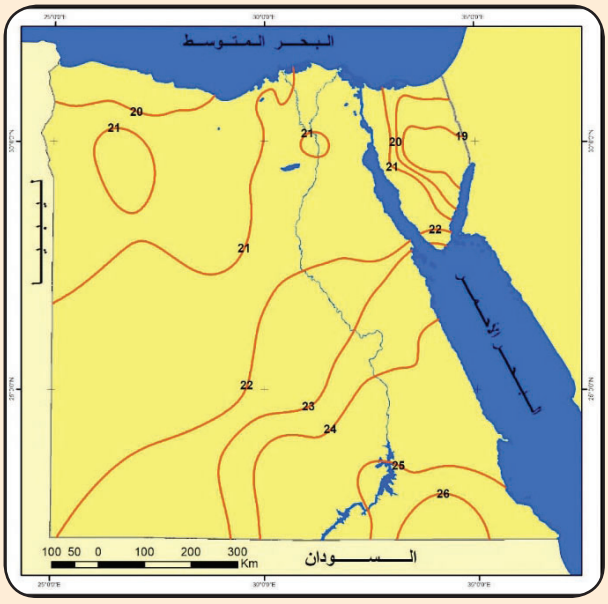
تم حساب إحصاءات الفترة (١٩٨٤-٢٠١٨)، ورسمت السلاسل الزمنية لجميع عناصرها الأساسية والمستنتجة على جميع أنحاء مصر. ورسمت خرائط خطوط التساوي من حساب الإحصاءات السنوية لكل محطة على حدة للخمس سنوات الأولى ثم الأخيرة من هذه الفترة. الشكل (٢) يبين أن ميل درجة الحرارة الصغرى هو +٠,٠٤١٥ وللعظمى هو +٠,٠٣٣٧ وللمتوسط اليومي هو +٠,٠٣٧٦، أي أن مقدار التغير في درجات الحرارة خلال الفترة المناخية القياسية (٣٠سنة) يساوي ١,٢٦ °م للصغرى و١,٠١ °م للعظمى و١,١٣ °م

للمتوسط اليومي. والتغير في درجة الحرارة الصغرى أكبر من التغير في العظمى أيضا، مما يؤدي إلى نقص المدى الحراري (TR) بمرور السنين كما ذكرنا وكما يتضح من الشكل (١ أو ٢) باللون البنفسجي، وهذا يؤثر سلبا على إنتاجية المحاصيل حيث سيزداد التنفس أو الهدم ليلا في النباتات. وواضح أن نتائج بيانات ناسا بعد تصحيحها كما ذكرنا متقاربة مع نتائج البيانات الأرضية نفسها. لذلك سنعتمد على نتائج بيانات ناسا لكثرة محطاتها وتمثيلها لكل مناطق مصر.

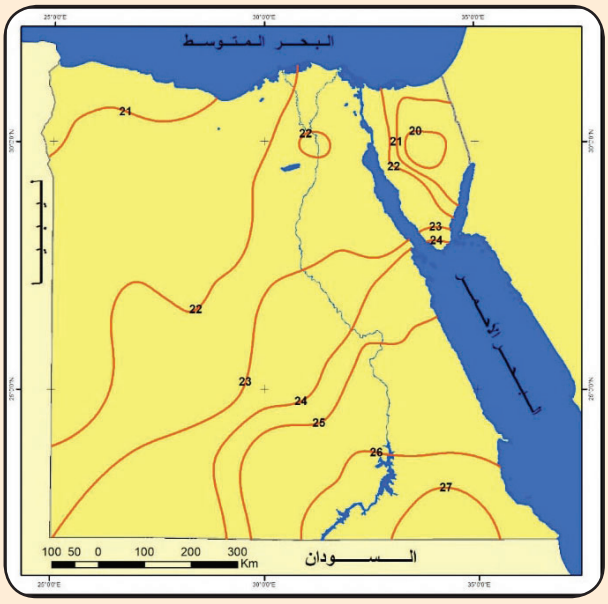
تغير القيم المتطرفة:

تزداد العظمى المطلقة بمعدل ١,٤٨ درجة كل ٣٠ سنة (شكل ٢ باللون البني)، بينما تزداد الصغرى المطلقة بمعدل ٠,٤١ درجة كل ٣٠ سنة (شكل ٢ باللون الأزرق الغامق) والأمر هنا معكوس، أي أن القيم المتطرفة العظمى هي التي تزداد بوتيرة أسرع من القيم المتطرفة الصغرى، مما ينذر بموجات حرارية أشد بمرور السنين. وكل هذه النتائج متماشية مع نتائج الـ (IPCC)، مع خصوصية القيم على مصر.

الخريطتان في الشكلين (٣)، (٤) يبينان التوزيع الجغرافي لخطوط تساوي المتوسط اليومي لدرجة الحرارة لمدتي الخمس سنوات الأولى والأخيرة من فترة بيانات ناسا. ويتضح من الشكلين إزاحة واضحة للخطوط إلى الشمال. فإذا تتبعنا خط ٢٢ °م في الخريطة الأولى (شكل ٣) سنجده يمسح أكثر من نصف مساحة مصر شمالاً تقريباً، بينما في الخريطة الثانية شكل (٤) يمسح أقل من ثلثها تقريبا. وهذا يزيح نطاق زراعة المحاصيل الشتوية إلى الشمال بمرور السنين، ويجعل زراعة المحاصيل الشتوية أصعب في جنوب مصر بمرور السنين. كما نلاحظ في الخريطتين أن خط ٢٥ °م قد أزيح نحو الشمال في مساحة كبيرة ووصل إلى شمال الأقصر في غضون فترة مناخية واحدة، وهذا يؤثر سلبا على نمو القمح جنوب مصر فوق هذه الدرجة ٢٥ °م، وإذا استمرت أسباب تغير المناخ فربما يقترب هذا الخط من الدلتا في غضون ثلاث دورات مناخية.



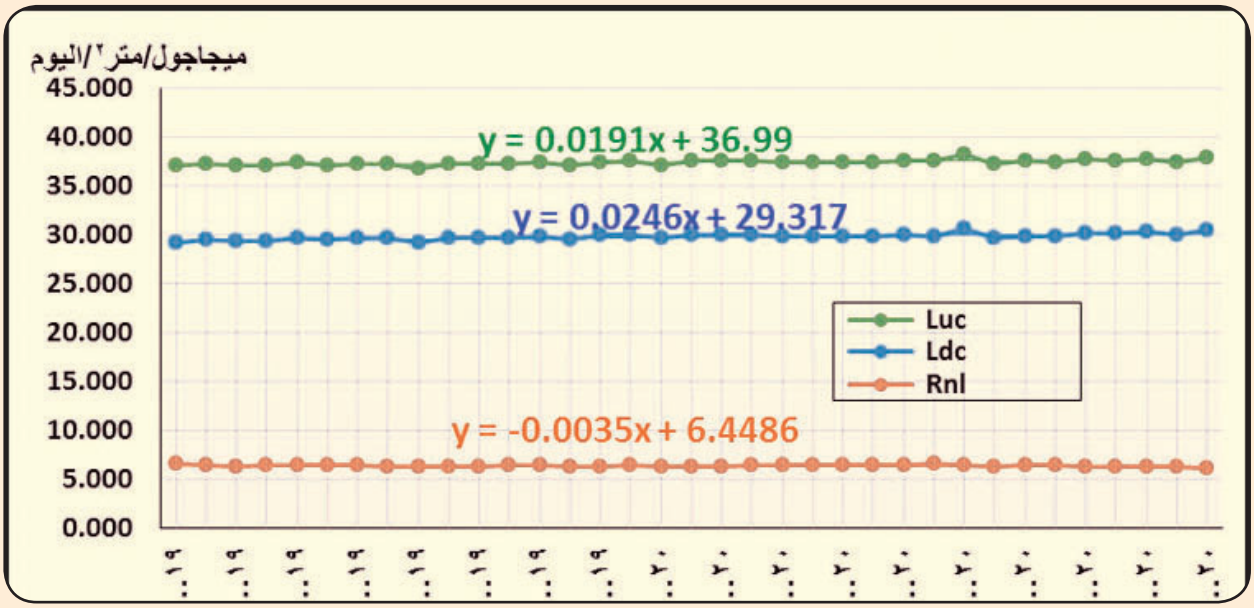
شكل (٣) المتوسط اليومي لدرجات الحرارة (السنوية) للمدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر



شكل (٤) المتوسط اليومي لدرجات الحرارة (السنوية) للمدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر

٢- تغير الرطوبة الجوية وسرعة الرياح ومدة سطوع الشمس

سجلت السلسلة الزمنية لهذه العناصر تغيرا طفيفا جدا، فزاد ضغط بخار الماء الفعلي (e) بمقدار ٠,٠٩٩ كيلوباسكال/٣٠ سنة، وكانت الزيادة في ضغط بخار الماء أعلى حيث سجلت ٠,٢١ كيلوباسكال/٣٠، وهذا بسبب زيادة المتوسط اليومي لدرجة الحرارة بمرور السنين. وهذا يعني أن الرطوبة المطلقة ستزداد على مستوى مصر وأن الرطوبة النسبية (e/es) ستقل، وبالفعل كان معدلها -٠,٢٢ ٪/٣٠سنة. وهذا يعني أن الرطوبة ستلعب دور غازات الاحتباس الحراري دون أن تتكثف وستعمل على زيادة الاحترار في مصر. اما سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر فقد سجلت ٠,٠٢٤ م/ث كل فترة مناخية، أي ما يمثل ١,١٪ من المعدل السنوي الذي يقدر



شكل (٥) تغير ميزانية الإشعاع طويل الموجة فوق سطح الحشائش القياسى
لفترة الدراسة ٣٤ سنة من بيانات ناسا فى مصر

بـ ٢,١ م/ث. كذلك هناك زيادة سنوية طفيفة في مدة سطوع الشمس تمثل ٠,٠٦ ساعة خلال الفترة المناخية أو حوالي ٠,٦٧٪ من المعدل السنوي الذي يقدر بـ ٩,٦ ساعة. أما الأمطار، فقد بين توزيعها أنها تسقط على الساحل الشمالي وشمال مصر حتى بني سويف فقط. والسلسلة الزمنية لكل المحطات التي وقعت في هذه المنطقة سجلت قلة بمقدار ٣,٣ مم/٣٠ سنة وبنسبة حوالي -٤٪ من متوسط الفترة الذي يقدر بـ ٩٠ مم/سنة. إلا أن خطوط التساوي بينت زيادة ملحوظة في كمية الأمطار السنوية على الساحل الشمالي من متوسط الخمس سنوات الأولى إلى الأخيرة من فترة الدراسة.

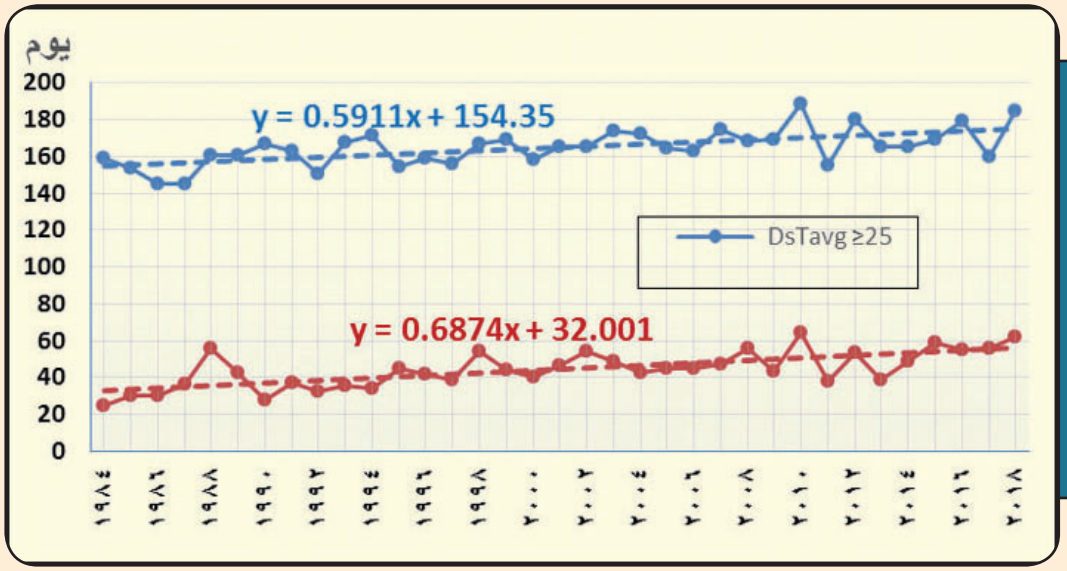
٣- تغير الإشعاع طويل الموجة فوق سطح الحشائش القياسي

الشكل (٥) يمثل السلسلة الزمنية لتغير الإشعاع طويل لموجة فوق سطح حشائش ممتد. والأرض بعد امتصاصها لبعض الأشعة الشمسية تشع طاقة بموجات طويلة (Luc)، فتعيد غازات الاحتباس الحراري بالجو جزء منها إلى سطح الأرض مرة أخرى (Ldc)، والفرق بينهما بعد إضافة تأثير السحب (Rnl) يهرب إلى الفضاء الخارجي. والوحدات المستخدمة في عناصر هذه الميزانية هي الميجاجول/ م٢/يوم. والشكل يبين أن ميل خط الإشعاع طويل الموجة العائد (Ldc) بسبب غازات الجو هو (٠,٠٢٤٦) أعلى من ميل خط الإشعاع طويل الموجة الخارج (Luc) من السطح القياسي (٠,٠١٩١). والمنحنى البنفسجي يمثل محصلة الاشعاع طويل الموجة (Rnl) وهو الجزء الهارب إلى الفضاء. وميل هذا المنحى سالب ويساوى (-٠,٠٠٣٥)، وعلامة السالب تعنى أن الجزء الهارب إلى الفضاء يقل بمرور السنين مما يدل على تزايد الطاقة المحبوسة بمرور السنين.

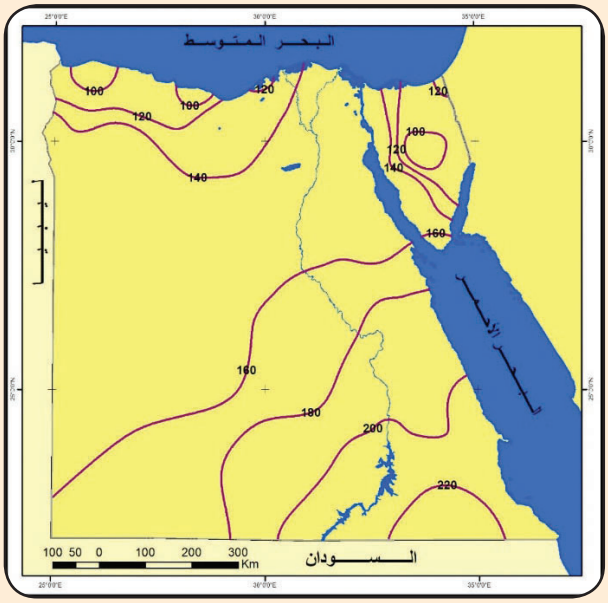
وهذه نتيجة مهمة لهذا العمل تبين أن احترار جو مصر هو بسبب زيادة غازات الاحتباس الحراري المستمر في أجوائها. وهذه النتائج متوافقة مع تقارير الـ (IPCC) وكذلك مع رصدات مرصد ماونا لوا (MLO) التي توضح التزايد المستمر والمضطرد لغازات الاحتباس الحراري على مستوى العالم. أي أن سبب تغير المناخ في مصر هو التزايد المستمر لغازات الاحتباس الحراري في الجو عبر العالم والناتج من الإسراف في حرق الوقود الأحفوري بواسطة الإنسان عالميا.

تأثير تغير المناخ على الطقس في مصر

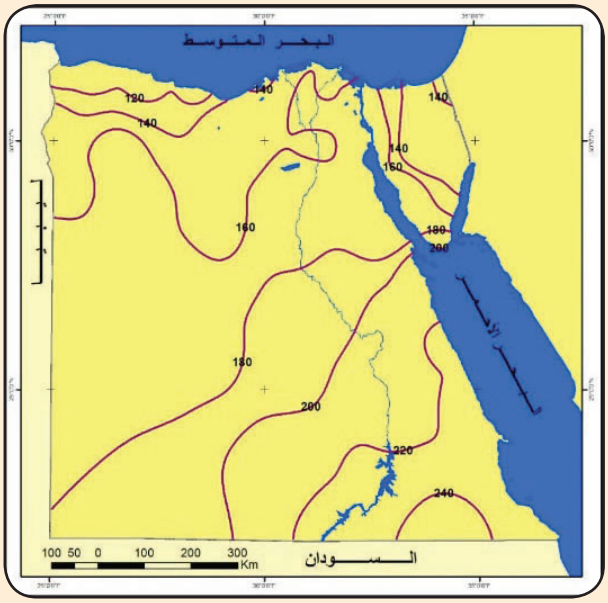
الطقس إما أن يكون حارا أو باردا أو ممطرا أو ضبابيا مستقرا أو عاصفا متربا. والسؤال: إلى أي اتجاه من هذه الأنواع يميل الطقس للتغير بمرور السنين؟ أو ما هو تأثير تغير المناخ على الطقس؟ وسيتم الإجابة على هذا السؤال بملاحظة تغير عدد أيام القيم المرتفعة أو



شكل (٦) تغير عدد الايام التى تجاوز فيها المتوسط اليومى لدرجات الحرارة ٢٥ أو ٣٠م فى مصر



شكل (٧) عدد الأيام متوسط درجة الحرارة ≤≤ ٢٥م للمدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر



شكل (٨) عدد الأيام متوسط درجة الحرارة ≤≤ ٢٥م للمدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر

المنخفضة لمختلف العناصر.

١- تغير عدد أيام تجاوز المتوسط اليومي لدرجة الحرارة قيم معينة

يبين الشكل (٦) التغير التاريخي لعدد الأيام التي تساوى أو تزيد فيها درجات حرارة المتوسط اليومي عن ٢٥ °م (Tavg≥٢٥) وكذلك عن ٣٠°م (Tavg≥٣٠). ويتضح من الشكل أن الزيادة السنوية في عدد أيام تجاوز المتوسط اليومي ٢٥°م هو ٠,٥٩١ يوم/سنة أو ٧,١٧/٣٠ سنة، وهو ما يمثل ١١٪ من المعدل الذي يقدر بـ ١٦٥ يوم. وبالمثل عدد أيام تجاوز المتوسط اليومي ٣٠°م هو ٢٠,٦ يوم/٣٠سنة وهو ما يمثل ٤٦٪ من المعدل الذي يقدر بـ ٤٤ يوم. وهذه نتائج خطيرة، حيث تعطي مؤشرا سلبيا على زراعة محصول القمح في مصر والذي لا تتحمل أصنافه المصرية أكثر من ٢٥°م متوسط يومي.

الخريطتان (٧)، (٨) تبين خطوط تساوي هذه الأيام، بين بداية ونهاية فترة الدراسة. والتي تبين تفصيلات تغير

المناخ في مناطق مصر المختلفة. ويلاحظ أن خط ١٦٠ يوم في الشكل (٧) قد أزيح نحو الشمال كثيرا في الشكل (٨) حتى صارت ثلاث أرباع مساحة مصر في الجنوب لها أكثر من ١٦٠ يوم في السنة درجة حرارتها اليومية > ٢٥ °م، وهذا كله في خلال فترة مناخية واحدة. وكذلك انزاحت كل الخطوط ذات القيم العليا إلى الشمال وبمعدل أكبر في جنوب مصر، وكل هذا يؤثر سلبا على الفترة المتاحة لنمو المحاصيل الشتوية في مصر.

٢- تأثير تغير المناخ على عدد الأيام الحارة والباردة

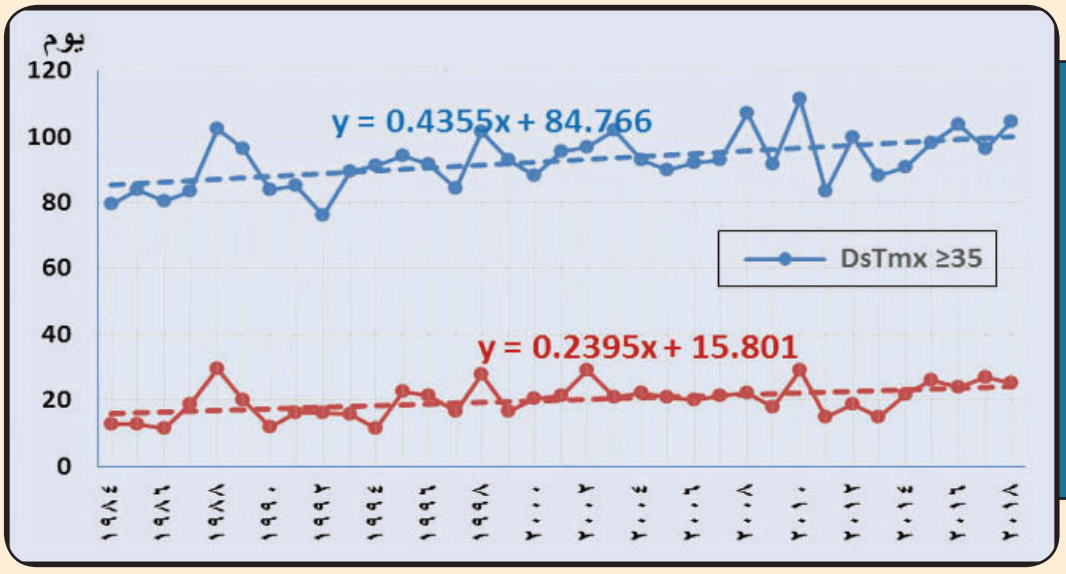
يبين الشكل (٩) التغير التاريخي لعدد الأيام التي تساوى أو تزيد فيها درجات الحرارة العظمى عن ٣٥ °م (Tmx≥٣٥) وعن ٤٠ °م (Tmx≥٤٠). كما يبين الشكل (١٠) التغير التاريخي لعدد الأيام التي تساوى أو تقل فيها درجات الحرارة الصغرى عن ١٠ °م (Tmi≤١٠) وكذلك عن ٥°م (Tmi>٥).

يتضح من الشكل (٩) أن التغير السنوي لزيادة عدد أيام تجاوز العظمى ٣٥°م هو ٠,٤٣٦ يوم/سنة، أي ١٣,١ يوم/٣٠سنة وهو ما يمثل ١٤٪ من المعدل والذي يقدر بـ ٩٣ يوم في السنة. وعدد أيام تجاوز العظمى ٤٠°م هو ٧,٢ يوم/٣٠ سنة، وهو ما يمثل ٣٦٪ من المعدل الذي يقدر بـ ٢٠ يوم كل سنة. أي أن الطقس يتغير لأكثر حرارة، فعدد أيام العظمى أعلى من ٤٠°م سيتضاعف تقريبا في خلال ثلاث دورات مناخية، حيث سيصير ٤١ يوم بدلا من ٢٠ يوم. ويحتمل أن يقلل هذا من إنتاجية المحاصيل التي تزرع صيفا ولا تتحمل أكثر من ٤٠ °م مثل الطماطم (Gafar ٢٠١٠).

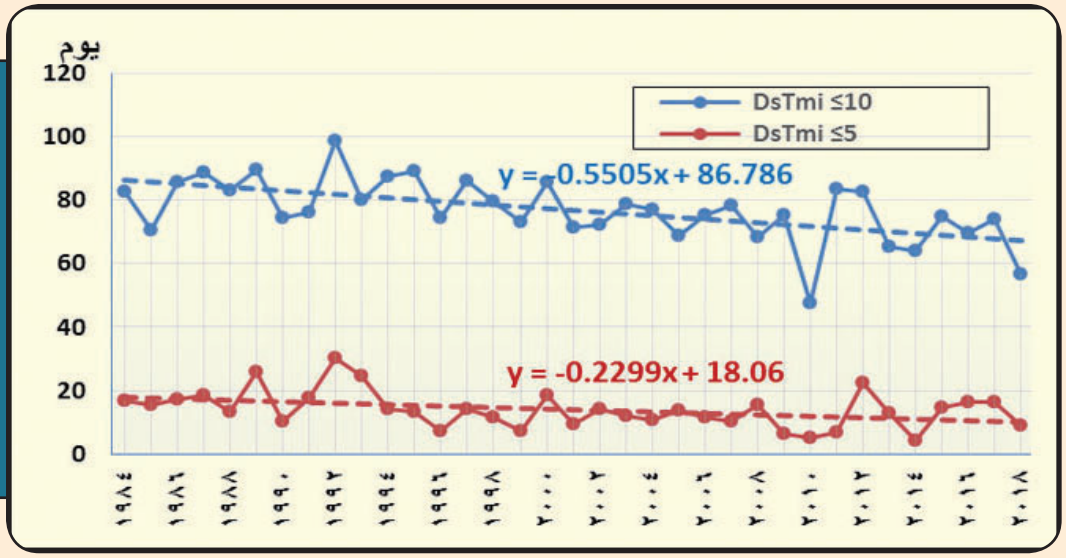
يتضح من الشكل (١٠) أن التغير السنوي في عدد أيام انخفاض الصغرى عن ١٠°م هو -٠,٥٥٠٥ يوم/سنة أو -١٦,٥ يوم/٣٠ سنة، وهو ما يمثل ٢١,٥٪ من المعدل الذي يقدر بـ ٧٧ يوم. وعدد أيام انخفاض الصغرى عن ٥°م هو -٧ يوم/٣٠سنة وهو ما يمثل ٥٠٪ من المعدل الذي يقدر بـ ١٤ يوم. وهذا يعني أنه بمرور دورتين مناخيتين فقط ستزداد الصغرى عن ٥°م. والقمح محصول شتوي يحب البرودة ليزداد تفريعه أو عدد الأشطاء (Gafar ٢٠١٠). وهذا يعني أن عدد فروع نبتة القمح ستقل بمرور السنين.

أما الخرائط الثمانية من (١١ حتى ١٨) فهي تبين تفصيلات عدد الأيام الحارة والباردة في مناطق مصر المختلفة، عن طريق توزيع خطوط تساوي عدد أيام زيادة العظمى عن ٣٥°م و٤٠°م وعدد أيام انخفاض الصغرى عن ١٠°م و٥°م، وهذا بالانتقال من بداية لنهاية فترة الدراسة، لتبين تأثير تغير المناخ على الطقسين الحار والبارد عبر المكان والزمان. وهي تدل على أن الطقس الحار يزداد جنوبا وأن الاحترار في الجنوب أكثر منه في الشمال. كما أن الطقس البارد يقل جنوبا وقلته في الجنوب أكثر من قلته في الشمال.

فنلاحظ في الخريطتين (١١ و١٢) أن خط ١٢٠ يوم فأكثر من عدد أيام تجاوز العظمى ٣٥°م كان يغطي ثلث مساحة مصر جنوبا في المدة الأولى من الفترة وصار يغطي نصفها تقريبا في المدة الثانية. وكذلك في الخريطتين (١٣ و١٤) نلاحظ أن خط ٢٠ يوم فأكثر لتجاوز العظمى ٤٠°م كان يغطى ثلث مساحة مصر



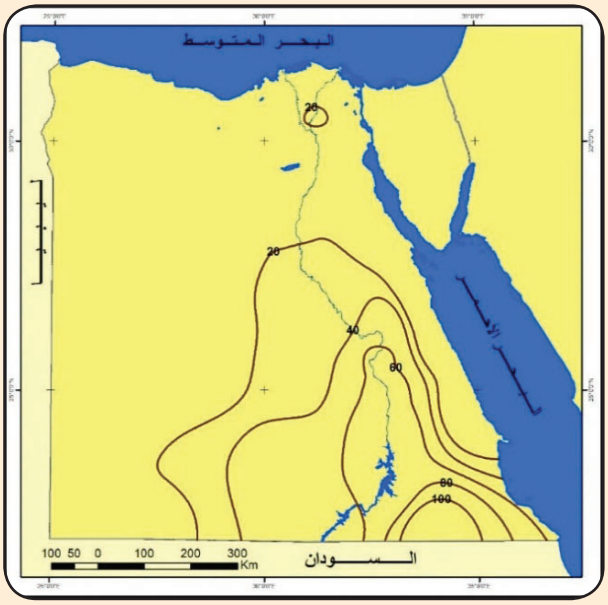
شكل (٩) تغير عدد الايام التى تساوى أو تزيد فيها درجات الحرارة العظمى ٣٥ أو ٤٠°م فى مصر



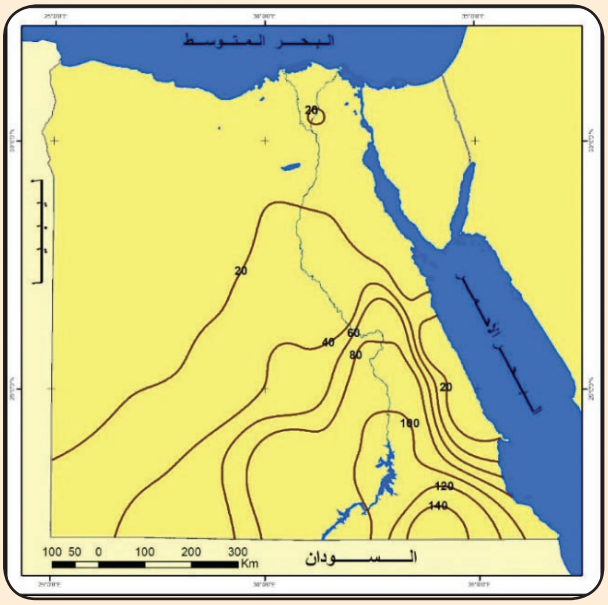
شكل (١٠) تغير عدد الايام التى تساوى أو تقل فيها درجات الحرارة الصغرى ٥ أو ١٠°م فى مصر

تقريبا في الجنوب خلال المدة الأولى، وصار يغطي نصفها الجنوبي تقريبا في المدة الأخيرة من فترة الدراسة. وكل ما سبق يحدث في غضون فترة مناخية قياسية واحدة (٣٠ سنة)، أي أن مساحة مصر تزداد احترار من الثلث إلى النصف خلال الفترة المناخية الواحدة، أي أن المساحة الحارة تزداد بمعدل السدس خلال فترة مناخية واحدة، وهذا يعني أنه في خلال ثلاث فترات مناخية ستصير مصر كلها حارة جدا صيفا.

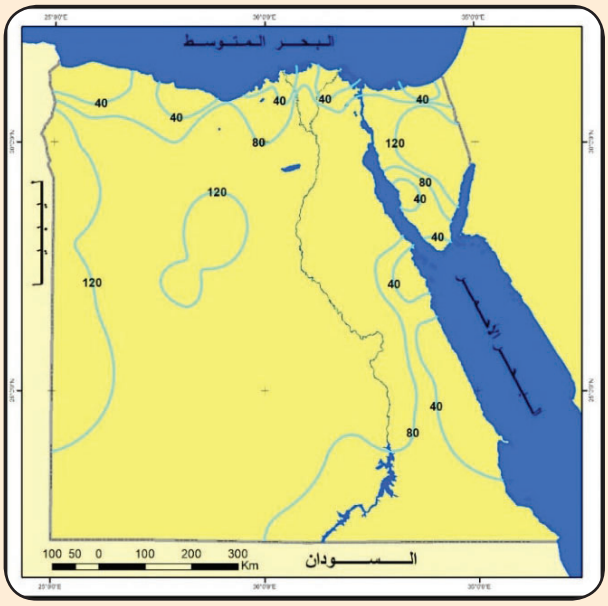
أما أيام البرودة، فنلاحظ في الخريطتين (١٥ و١٦) أن عدد أيام درجة الحرارة الصغرى أقل من ١٠°م تقل من المدة الأولى إلى المدة الأخيرة من الفترة، وخصوصا في المناطق البعيدة عن السواحل، وهذا لدرجة أن خط ١٢٠ يوم كان موجودا بالصحراء الغربية بالمدة الأولى واختفى منها في المدة الأخيرة. وكذلك في الخريطتين (١٧ و١٨) نلاحظ أن عدد أيام الصغرى أقل من ٥°م قلت من المدة الأولى إلى المدة الأخيرة من الفترة. وهذا لأن المساحة بالصحراء الغربية التي كان بها عدد أيام ٢



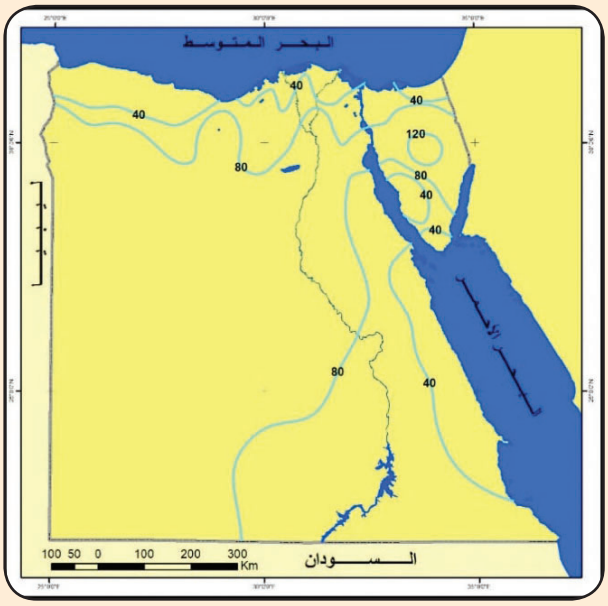
شكل (١٣) عدد الأيام لدرجة الحرارة العظمى ≤ ٤٠ م للمدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر



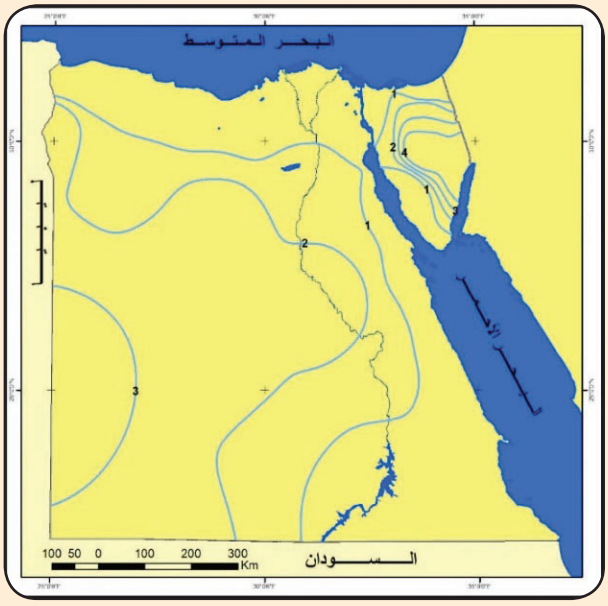
شكل (١٤) عدد الأيام لدرجة الحرارة العظمى ≤ ٤٠ م للمدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر



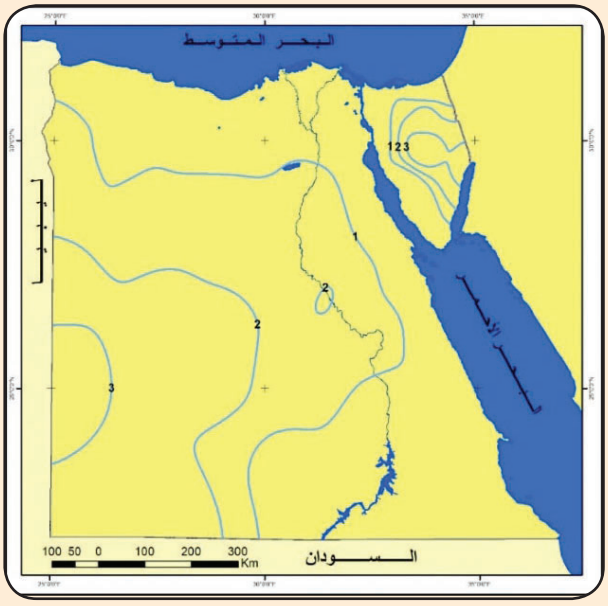
شكل (١٥) عدد الأيام لدرجة الحرارة الصغرى ≤ ١٠ م للمدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر



شكل (١٦) عدد الأيام لدرجة الحرارة الصغرى ≤ ١٠ م للمدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر



شكل (١٧) عدد الأيام لدرجة الحرارة الصغرى ≤ ٥ م للمدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر

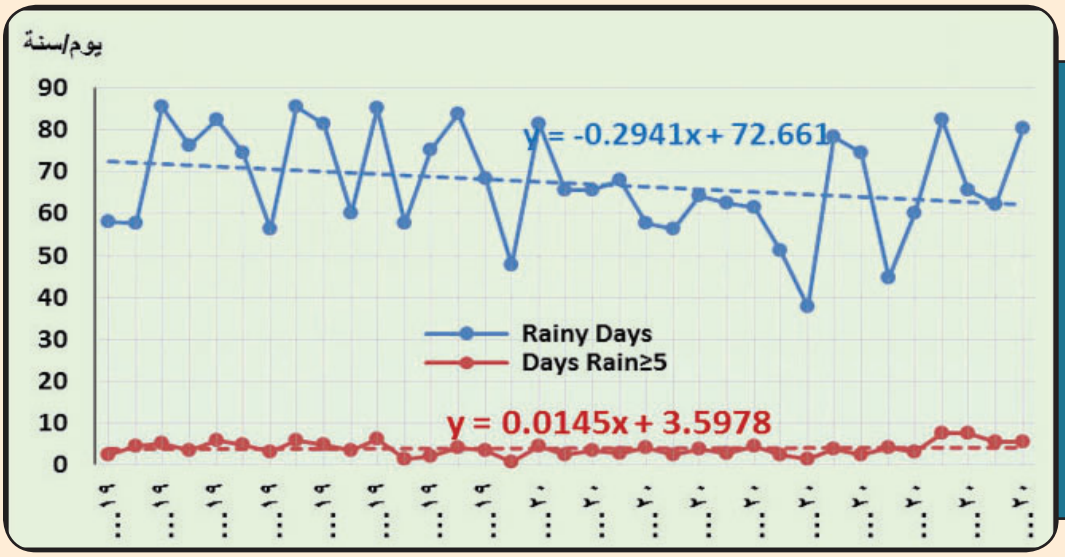


شكل (١٨) عدد الأيام لدرجة الحرارة الصغرى ≤ ٥ م للمدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر

فأكثر قلت بشكل ملحوظ في المدة الأخيرة. ونلاحظ في النهاية أن كل هذه النتائج متوافقة مع نتائج هيئة الـ (IPCC, ٢٠١٣).

٣- تأثير تغير المناخ على عدد الأيام الممطرة

يوضح الشكل (١٩) السلسلة الزمنية لعدد الأيام الممطرة بأي كمية مطر يمكن قياسها (≥ ٠,١ مم/يوم)، وكذلك عدد الأيام ≥ ٥ ملم/يوم، للمحطات التي تسقط عليها الأمطار. تشير السلسلة إلى أن هناك تغير بالنقصان في عدد الأيام الممطرة (≥ ٠,١ مم/يوم)، بمعدل -٨,٨/ ٣٠ سنة، وهو يمثل ١٣٪ من المعدل



شكل (١٩) تغير عدد الايام الممطرة بأي كمية وبكمية ≥ ٥مم على محطات الساحل الشمالى وشمال مصر

السنوي الذي يقدر بـ ٦٧ يوم. كما تشير السلسلة إلى تغير بالزيادة في عدد الأيام الممطرة بمقدار> ٥ ملم/يوم بمعدل ٠,٤٣٥ يوم/٣٠ سنة، بنسبة مئوية حوالي ١١٪ من المعدل الذي يقدر بـ ٤ يوم. أي أن عدد الأيام الممطرة مطرا خفيفا تقل وعدد الأيام الممطرة مطرا متوسطا إلى غزير تزداد قليلا.

٤- تأثير تغير المناخ على عدد أيام التكاثف، والصقيع، والعواصف:

تشير السلسلة الزمنية لعدد أيام احتمال حدوث التكاثف (ضباب أو شبورة أو ندى) إلى أن هناك تغير بالنقصان في عدد أيام حدوث التكاثف بمعدل ٩,٩ يوم/٣٠سنة، أي بنسبة ٢٧,٥٪ من المعدل السنوي الذي يقدر بـ ١٢١ يوم/سنة، ولعل هذا يرجع إلى زيادة درجة الحرارة الصغرى مع انخفاض قليل في الرطوبة النسبية بمرور السنين كما أشرنا من قبل. كما تشير سلسلة الصقيع المحتمل إلى أن هناك تغير بالنقصان في عدد أيام احتمال حدوث الصقيع بمعدل -١,٢ يوم/٣٠سنة، أي أن النقصان بنسبة ٥٣,٥٪ من المعدل السنوي الذي يقدر بـ ٢,٢ يوم/سنة. وهذا أمر متوقع طالما أن درجة الحرارة الصغرى تزداد، وعدد أيام وصول درجة الحرارة الصغرى لقرب الصفر قليل في مصر عموما. وكذلك تشير السلسلة الزمنية لعدد أيام العواصف المثيرة للأتربة والرمال لفترة الدراسة إلى زيادة طفيفة بمعدل ٠,١٤ يوم/٣٠سنة، أي حوالي ٩٪ من المعدل السنوي الذي يقدر بـ ١,٦ يوم/سنة.

خامسا: الخلاصة والتوصيات

المناخ يتغير في مصر على المدى الطويل ببطيء مستمر، فتزداد درجات حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نتيجة تزايد الإشعاع الأرضي طويل الموجة العائد إلى سطح الأرض بمعدل أكبر من المغادر منها، بسبب التزايد المستمر لغازات الاحتباس الحراري في الجو عبر العالم، والناتج من الحرق المتزايد للوقود الأحفوري نتيجة النشاط البشري في العالم عموما، وكذلك تجريف وحرق الغابات التي كانت تمتص بعضا من غاز ثاني أكسيد الكربون. تتزايد درجة الحرارة كل ٣٠ سنة للصغرى بمقدار١,٢٥ °م وللعظمى ١,٠١ °م وللمتوسط اليومي ١,١٣ °م، وهذه المعدلات هي منذ ١٩٦٥ فقط. والمعدل السنوي لدرجة حرارة المتوسط اليومي حاليا هي ٢٢,٢ °م، ستزداد بنسبة ١٠٪ منه (٢,٢٢°م) بعد حوالي ٥٩ سنة وهذا إنذار خطر من الآن. وكذلك كل ٣٠ سنة تقل كمية الأمطار السنوية قليلا بمقدار ٣,٣٢ مم بنسبة ٣,٧٪ من المعدل السنوي كل ٣٠ سنة. والطقس يتغير سريعا لأكثر احترار في الصيف وأقل برودة في الشتاء، فكل ٣٠ سنة تزداد عدد أيام درجة الحرارة العظمى أكبر من ٣٥ °م بنسبة ١٤,١٪ وأكبر من ٤٠ °م بنسبة ٣٥,٧٪ من معدلها السنوي، وتقل عدد أيام درجة الحرارة الصغرى أقل من ١٠ °م بنسبة ٢١,٥٪ وأقل من ٥ °م بنسبة ٤٩,٦٪ من معدلها

السنوي المعتاد. وكل ٣٠ سنة تقل عدد الأيام الممطرة بأي كمية يمكن قياسها بنسبة ١٥,٨٪، أما عدد الأيام الممطرة بكمية أكبر من ٥ مم فإنها تزداد بنسبة ١٠,٧٪ من معدلها السنوي. وعدد أيام الشبورة والضباب والندى تقل بنسبة ١٥,٩٪، وأيام العواصف تزداد بنسبة ٨,٨٪ من معدلها السنوي، وكل هذا كل ٣٠ سنة. وهذه النسب خطيرة ستؤثر سلبا على جميع المحاصيل الزراعية وخصوصا الشتوية منها. كما أن تغير المناخ لأكثر احترار، وأيام حارة أكثر وأيام برودة أقل، كل هذا بالطبع سيؤثر على البيئة الطبيعية والبيئة الحيوية في عموم مصر. ويوصي هذا البحث باستمرار المؤسسات المعنية بتغير المناخ في مصر بعمل دراسات مفصلة عن تغير المناخ موسميا وفي نطاقات مختلفة لكل مصر بخرائط مفصلة لكل موسم ولكل شهر، وكذلك أثرها تفصيليا على الطقس الذي يؤثر مباشرة على الزراعة والمياه والبيئة. حيث جاءت ملامح في هذا البحث تشير إلى أن معدل تغير المناخ في الشتاء أعلى منه في الصيف، وأنه يختلف قليلا بين شمال وجنوب مصر. كما يوصي بالمشاركة في عمليات التخفيف العالمية بتقليل العوادم والحفاظ على البيئة بتشجير الطرق بأشجار تتحمل الحرارة وقلة المياه وكذلك ترشيد استهلاك الطاقة والوقود والمياه.

بعض المراجع

.S.N	
1	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠١٣): تغير المناخ ٢٠١٣، الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، الأساس العلمي الفيزيائي.
2	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠١٩): الاحترار العالمي بمقدار ١,٥درجة مئوية، ملخص لصانعي السياسات، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.
3	Gafar, K.Y. (2010). «Agroclimatic Suitability for Some Crops in Arid Zones», ph. Thesis.Al-Azhar University, Faculty of Science, Astronomy and Meteorology Department.
4	Gafar, K.Y. (2013). « A Method for Estimating Important Agro-climatic Factors Using the Basic Meteorological Elements, in Egypt Egyptian Meteorological Authority - International Meteorological Research Bulletin - ISSN 1687 - 1014 Vol. 26 - 2013.
5	https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/?fbclid=IwAR08DqY47LI1ZuSvoS2KMsAnGvb9zB1QkoNiMamfa6Wo__ossZH3KX6HhQLw
8	IPCC, (2019). Global Warming of 1. 5°C.An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways.
10	IPCC, (2013). Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 1535.