تأثير تغيّر المناخ على مستقبل زراعة المحاصيل

فـــى مصـــر

د. كمال الدين يوسف جعفر

خبير الأرصاد الجوية وتطبيقاتها

- الهيئة العامة للأرصاد الجوية

مقدمـــة

وفي نهاية القرن، من خلال تأثيره على محصولين أحدهما شتوي هو القمح والآخر صيفي هو الذرة. وهذا كله باستخدام بيانات الأرصاد الجوية، ومعادلات أو شروط لتقدير المؤشرات اللازمة، وكذلك الاحتياجات المناخية لمحصولي القمح والذرة.

المشكلة هي أن المناخ يتغير ببطيء ولكن الطقس يتغير بشكل ملحوظ، مما يؤثر على المحاصيل تأثيرا شديدا بسبب تزايد القيم المتطرفة نحو الحرارة الأشد، وفي مصر يعتمد الاقتصاد الزراعي على المحاصيل الإستراتيجية الشتوية والصيفية ومنها محصولي القمح والذرة، لسد فجوة غذائية كبيرة للسكان.

ومن المهم لعلماء الزراعة دراسة وفهم العلاقة الجديدة بين المناخ الجديد والمحاصيل المحتمل تأثرها أو اندثارها أو استحداثها. من هنا جاءت هذه المقالة لتعطي مثلا لتفاعل تغير المناخ في مصر مع محصولي القمح والذرة.

في المقالة السابقة، تكلمنا عن الأساس العلمي لتغير المناخ ودرسنا تأثيره على الطقس في مصر الذي يؤثر مباشرة على جميع النظم الزراعية والمائية والبيئية. وانتهينا إلى أن المناخ في مصر يتغير ببطيء واستمرار، فتزداد درجات حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نتيجة تزايد الإشعاع الأرضي طويل الموجة العائد إلى سطح الأرض بمعدل أكبر من المغادر منها بسبب تلوث الجو، والطقس يتغير سريعا لأكثر احترار في الصيف وأقل برودة في الشتاء، وكل هذا بمقادير تم تحديدها في المقال السابق وينبغي الرجوع إليها.

وهنا نضع رؤية عامة عن كيفية تأثير تغير المناخ على مستقبل زراعة المحاصيل في مصر، من خلال تحديد احتمالات تأثير تغير المناخ على زراعة المحاصيل بعد ١٠ سنوات، و٣٠ سنة، لذلك هدفنا في هذه المقالة للآتي :

١- دراسة تأثير تغير المناخ على الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والذرة في مصر.

٢- دراسة تأثير تغير المناخ على فترة مواعيد الزراعة الممكنة لمحصولي القمح والذرة في مصر.

٣- دراسة تأثير تغير المناخ على إنتاج وإنتاجية محصولي القمح والذرة في مصر.

٤- التعرف على احتمالات تأثير تغير المناخ على هذه الخصائص لمحصولي القمح والذرة مستقبلا في مصر.

١- الاحتياجات المائية للقمح والذرة

جاء تعريف الاحتياجات المائية للمحاصيل في منشور الفاو ٢٤ (Doorenbos وPruitt 1977) على أنها "عمق الماء اللازم لتعويض ما يتم فقدانه من المياه خلال عملية البخرنتح من المحصول، الخالي من الأمراض، الذي ينمو في حقل واسع تحت ظروف تربة لا تعاني من نقص في المياه أو الخصوبة، وتحقق أعلى إنتاج في ظروف بيئة النمو المتاحة،وبالتالي فإن الاحتياجات المائية للمحاصيل تساوي البخرنتح من المحصول (ETc)، وهي تعتمد على البخرنتح القياسي (تأثير المناخ) ومراحل نمو المحصول وطبيعة المحصول نفسه.أي أن الاحتياج المائي للمحصول يساوي نسبة معينة من البخرنتح القياسي (ETc = Kc ETo)، وهذه النسبة (Kc) تسمى معامل المحصول، وهي تختلف باختلاف مراحل نمو المحصول، وهي موجودة في جداول حسب نوع المحصول ومراحل نموه.

البخرنتح القياسي
Reference Evapotranspiration (ETo)

جاء تعريفالبخرنتح القياسي(ETo)في منشور الفاو ٢٤ بأنه:»معدل البخرنتح من سطح حشائش واسع أخضر ينمو بنشاط، ويغطي التربة جيدا، طوله موحد بين ٨-١٥ سم، ينمو في تربة لا تعاني من أي تقصير في المياه أو السماد، ولا تعاني من أي أمراض أو حشرات».وبناء على ذلك فإن البخرنتح القياسي يعتمد على عناصر المناخ فقط، التي تستخدم في تقدير الطاقة بالجو المستخدمة في عملية البخرنتح، فليس لسطح الحشائش القياسي بهذه المواصفات مراحل نمو، بالإضافة إلى أن خصائص الحشائش معروفة ومحددة. والبخرنتح القياسي يعتبر مؤشر مناخي مهم، وذو صلة قوية بالزراعة؛ فهو الخطوة الأساسية والمهمة في تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية.

٢-فترة مواعيد الزراعة الممكنة للقمح والذرة:

هي فترة التواريخ التي يمكن زراعة المحصول خلالها ليحصل على احتياجاته المناخية بحيث يكمل دورة حياته ويعطي محصولا مجديا. ولتحديد مفهوم الاحتياجات المناخية للمحاصيل، فإن درجات حرارة الهواء تؤثر على نمو وتطور المحاصيل، فيزداد معدل التمثيل الضوئي مع زيادة درجة حرارة الهواء إلى حد أقصى معين يحتاجه المحصول، ثم يتناقص مع استمرار الزيادة في درجة الحرارة حتى تصل إلى درجة الحرارة القصوى والتي يتضرر بعدها النبات. أي أن نمو النبات يتوقف عندما تنخفض درجة الحرارة إلى أقل من قيمة دنيا معينة أو تتجاوز قيمة قصوى معينة. وبين هذه الحدود، هناك درجة حرارة مثالية يسير فيها النمو بأقصى ما يمكن. وتعرف هذه النقاط الثلاث بدرجات الحرارة الحدية. والقيم التقريبية لدرجات الحرارة الحدية معروفة بالنسبة لمعظم النباتات. فهي للمحاصيل ذات الموسم البارد: الحد الأدنى من ٠ إلى ٥ °م، والحد الأمثل من ٢٥ إلى ٣١ °م، والحد الأقصى ٣١ إلى ٣٧ °م. وبالنسبة للمحاصيل ذات الموسم الحار فهي: الحد الأدنى ١٥ إلى ١٨ °م، والحد الأمثل ٣١ إلى ٣٧ °م، والحد الأقصى ٤٥°م.

القمح: أصناف القمح شتوية أو ربيعية (بالنسبة إلى أوربا شديدة البرودة) وفقًا لاحتياجات التبريد وطول النهار المطلوب. ويتطلب القمح الشتوي فترة باردة جدا خلال النمو المبكر وفترة نهار طويلة. والقمح الربيعي لا يحتاج تبريداً شديدا وهو محايد لطول النهار، وتزرع أصنافه في ربيع المناطق الباردة، ودرجات حرارة المتوسط اليومي المثلى له هي: ١٥-٢٣ °م وتتراوح بين ٥ درجات مئوية كحد أدنى إلى درجة حرارة قصوى ٢٧°م. ودرجات الحرارة المرتفعة والتي تصل إلى ٣٠-٣٥ °م تضر بالنمو. ولهذه الأصناف احتياجات نوعية منها فترة برودة متوسطة في بداية الطور المبكر للنمو من أجل تفريع وسيقان أكثر، وتكون درجة الحرارة اليومية خلالها أقل من ٢٠ °م لمدة من ٢-٣ أسابيع. ووفقًا لمعهد بحوث المحاصيل الحقلية (مركز البحوث الزراعية) الجيزة، فإن أصناف القمح المزروعة في مصر هي من النوع الربيعي، ودورة حياته تتراوح بين ١٦٠-١٦٨ يوم، وتاريخ الزراعة المثالي هو خلال الأسابيع الثلاثة الأولى في شهر نوفمبر.

الذرة: تُزرع الذرة في المناخ الذي يتراوح من المعتدل إلى المداري خلال الفترة التي يكون فيها متوسط درجات الحرارة اليومية أعلى من ١٥°م، وهو نبات محايد أو قصير لطول فترة النهار ويستجيب جدًا للإشعاع الشمسي. ويكون المحصول جيدًا عندما يكون المتوسط اليومي لدرجة حرارة الهواء ٢٤ °م ودرجة حرارة ليلية أعلى من ١٥°م. ودرجة حرارة -١°م كافية للتأثير سلبًا على النبات، ودرجة حرارة من -٢ إلى -٣ °م تدمره. ودرجات الحرارة المرتفعة بشكل مفرط ضارة أثناء التشريب والمرحلة اللبنية للحبوب. وعندما يكون المتوسط اليومي لدرجة الحرارة خلال موسم النمو أكبر من ٢٠°م، تستغرق أصناف الحبوب المبكرة فترة تتراوح من ٨٠ إلى ١١٠ يومًا والأصناف المتوسطة تحتاج لفترة تتراوح من ١١٠ إلى ١٤٠ يومًا. وعندما يكون متوسط درجات الحرارة اليومية أقل من ٢٠°م، تمتد الأيام حتى النضج من ١٠ إلى ٢٠ يومًا لكل انخفاض بمقدار ٠,٥ °م اعتمادًا على الصنف. والذرة تتحمل الظروف الجوية الحارة والجافة طالما أن الماء بالتربة متوفر للنبات ودرجات الحرارة أقل من ٤٥°م. كما أن درجات الحرارة المتجمعة المطلوبة هي: للأصناف المتوسطة تتراوح بين ٢٥٠٠ إلى ٣٠٠٠ °م وللمبكرة حوالي ١٨٠٠ °م وللأصناف المتأخرة حوالي ٣٧٠٠ °م متجمعة.

فترة النمو المناخية والفترة الممكنة لمواعيد للزراعة:

إذا ربطنا بين القيم الحدية لدرجات الحرارة التي ينمو خلالها محصول ما، وبين البيانات اليومية للمتوسط اليومي لدرجات حرارة منطقة ما لعدة سنوات، فإننا نستطيع تحديد عدد الأيام من السنة التي تناسب نمو هذا المحصول. وهذه تسمى فترة النمو المناخية. وقد وجد (Gafar, ٢٠١٠) أن متوسط هذه الفترة للقمح تتراوح بين ٢٤٠ يوم في طنطا و٢٠٧ يوم في أسيوط وحتى ١٥٦ يوم في قنا. والقمح في مصر يحتاج على الأقل إلى ١٦٠ يوم ليكمل دورة نموه، لذلك فإن الفترة الممكنة للزراعة في طنطا هي ٨٠ يوما تبدأ من ١١ أكتوبر، وكذلك في أسيوط تساوي ٤٧ يوما، أما في قنا فليس هناك فرصة لزراعة القمح بإنتاج جيد. ووجد أيضا أن فترة النمو المناخي للذرة في مصر تتراوح بين ١٩٦ يوم في طنطا شمالا إلى ٢٧١ يوم في قنا جنوبا، بينما يحتاج الذرة في مصر إلى ١٢٠ يوما ليكمل دورة نموه، وبالتالي فإن فترة الزراعة في طنطا هي ٧٦ يوما تبدأ من أول أبريل، وفي قنا ١٥١ يوم تبدأ من ١٧ فبراير.

٣- إنتاجية محصولي القمح والذرة:

يعتمد نمو النبات على زيادة المادة الجافة بزيادة التمثيل الضوئي نهاراوعلى الفقد بالتنفس ليلا، ويُعرف الصافي باسم التمثيل الضوئي الصافي، يزيد معدل التنفس (الهدم) مع ارتفاع درجة الحرارة في الليل، وفي المناخ المعتدل يكون معدل التنفس لمعظم النباتات من ٢٠ إلى ٣٠٪ من معدل التمثيل الضوئي، ويحدث التمثيل الضوئي بشكل رئيسي في الأوراق أثناء النهار، كما يحدث التنفس بشكل أساسي في الجذور أثناء الليل؛ لذلك فإن درجات الحرارة أثناء النهار والليل لها آثار متعاكسة على التمثيل الضوئي الصافي. فتزيد درجة الحرارة المرتفعة في الليل من الفقدان بالتنفس فتقلل من التمثيل الضوئي الصافي، وهذا ما يفسر لماذا يكون إنتاج القمح قليلا في المناطق الاستوائية، حيث يكون المدى في درجات الحرارة قليلا.

كما يدعو استمرار درجات حرارة الهواء بين قيمها الحدية إلى استمرار عملية التمثيل الضوئي وبالتالي النمو وتكوين المادة الجافة؛ لأنها تؤثر على العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تتحكم في التفاعلات البيولوجية في النباتات، وعلى معدل انتشار الغازات والسوائل في النبات، وعلى درجة ذوبان المواد المختلفة في المحلول داخل النبات. لذلك فإن هناك تناسبا طرديا بين درجات الحرارة المتجمعة فوق صفر النمو أثناء فترة دورة المحصول وبين إنتاجيته.

١- تأثير تغير المناخ على البخرنتح القياسي والاحتياجات المائية:

الاحتياجات المائية للمحاصيل (ETc) تساوي نسبة (Kc) من البخرنتح القياسي (ETo). لذلك سندرس تأثير تغير المناخ على البخرنتح القياسي أولا.

يوضح الشكل (١) السلسلة الزمنية لكمية البخرنتح في كل مصر لفترة ٣٤ سنة من بيانات ناسا لجميع محطات الدراسة. تشير السلسلة إلى أن هناك تغير بالزيادة في كمية البخرنتح القياسي بمعدل سنوي ٠,٠٠٩ ملم/سنة، وهذا يعني أن مقدار الزيادة في كمية البخرنتح القياسي خلال الفترة المناخية القياسية (٣٠ سنة) تساوي ٠,٢٧ ملم. والمعدل السنوي للبخرنتح القياسي هو ٦,٢٦ مم/سنة، أي أن النسبة المئوية للتغير بالزيادة في ٣٠ سنة يساوي ٤,٣٪ من المعدل السنوي.

أما الشكلين (٢)، (٣) خريطان توضحان التوزيع الجغرافي لمتوسط كمية البخرنتح القياسي للخمس سنوات الأولي (١٩٨٤-١٩٨٨) من فترة الدراسة والخمس سنوات الأخيرة منها (٢٠١٤-٢٠١٨). يتضح أن خطوط تساوي كمية البخرنتح القياسي في كلا الشكلين متقاربة في شمال ووسط مصر حتى خط ٧ ملم، وأن هناك فرقا ملحوظا بين الفترتين في كمية البخرنتح القياسي في جنوب البلاد، حيث شهد خطي ٨ و٩ ملم إزاحة ملحوظة نحو الشمال مع زيادة نطاقيهما في الجنوب. لذلك يتوقع أن تزداد الاحتياجات المائية للمحاصيل في جنوب مصر عنها في الشمال والوسط؛ لأنها تزداد بزيادة البخرنتح القياسي.

البخرنتح القياسي ظاهرة مناخية تعتمد على محصلة الطاقة الشمسية والأرضية ودرجة حرارة الهواء وسرعة الرياح والرطوبة النسبية. وقد لاحظنا أن التغير الملحوظ بالزيادة كان في درجة حرارة الهواء فقط والذي سببه انحباس بعض الطاقة الأرضية في الجو بمرور العقود من الزمن، ولم يكن هناك تغيرات معنوية في الطاقة الشمسية الواردة أو سرعة الرياح أو الرطوبة النسبية. لذلك فإن السبب في هذه الزيادة البسيطة في البخرنتح القياسي؛ ٠,٢٧ ملم كل ٣٠ سنة أو ٤,٣ ٪ من المعدل السنوي كل ٣٠ سنة، هي الزيادة في درجة حرارة الهواء فقط.

تأثير تغير المناخ على الاحتياجات المائية للقمح والذرة:

الشكل (٤) يوضح السلسلة الزمنية لكمية الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والذرة في مصر لفترة ٣٤ سنة من بيانات ناسا لجميع محطات الدراسة. والأشكال من (٥) إلى (٨) خرائط توضح التوزيع الجغرافي لكمية الاحتياجات المائية لمحصولي القمح ثم الذرة للخمس سنوات الأولي (١٩٨٤-١٩٨٨) من فترة الدراسة والخمس سنوات الأخيرة منها (٢٠١٤-٢٠١٨).

القمح: تشير السلسلة إلى أن هناك تغير بالزيادة في كمية الاحتياجات المائية لمحصول القمح بمعدل موسمي١,٦٥٣ ملم/موسم وهذا يعني أن مقدار الزيادة في كمية الاحتياجات المائية لمحصول القمح خلال الفترة المناخية القياسية (٣٠ سنة) تساوي ٤٩,٦ ملم. والمعدل الموسمي للاحتياجات المائية لمحصول القمح هو ٥٣٣ ملم/موسم، أي أن النسبة المئوية للتغير في ٣٠ سنة يساوي ٩٪ من المعدل السنوي.

ويتضح من الخرائط أن خطوط تساوي كمية الاحتياجات المائية لمحصول القمح قد أزيحت قليلا نحو الشمال مع زيادة هذه الإزاحة في جنوب مصر حيث نجد أن خطي التساوي ٧٠٠، ٨٠٠ ملم قد انزاحا بشكل ملحوظ، واتسع نطاقيهما، بالإضافة لظهور خط التساوي ٨٥٠ ملم في جنوب شرق مصر حيث لم يظهر في خريطة الفترة الأولى بالشكل (٥). وبالمقارنة مع الشكلين (٢)، (٣) نلاحظ أن هذه الزيادة في كمية الاحتياجات المائية للقمح في جنوب مصر ترجع أساسا إلى زيادة كمية البخرنتح القياسي في هذه ا

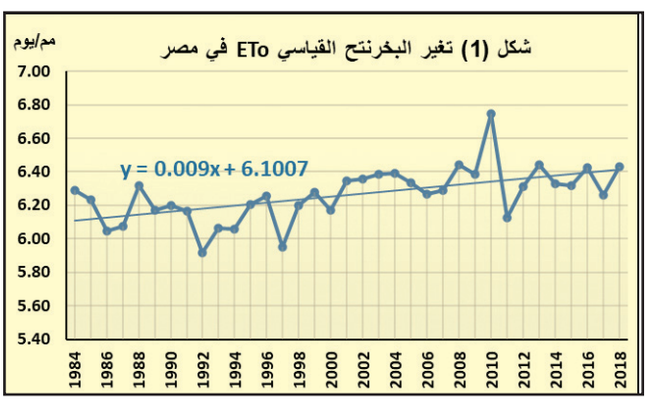
الذرة: تشير السلسلة إلى أن هناك تغير بالزيادة في كمية الاحتياجات المائية لمحصول الذرة بمعدل موسمي ٠,٨٤١٨ ملم، وهذا يعني أن مقدار الزيادة في كمية الاحتياجات المائية لمحصول الذرة خلال الفترة المناخية القياسية (٣٠ سنة) تساوي ٢٥,٢٥٤ ملم. والمعدل الموسمي للاحتياجات المائية لمحصول الذرة هو ٨٥١ ملم/موسم، أي أن النسبة المئوية للتغير في ٣٠ سنة يساوي ٣٪ من المعدل السنوي.

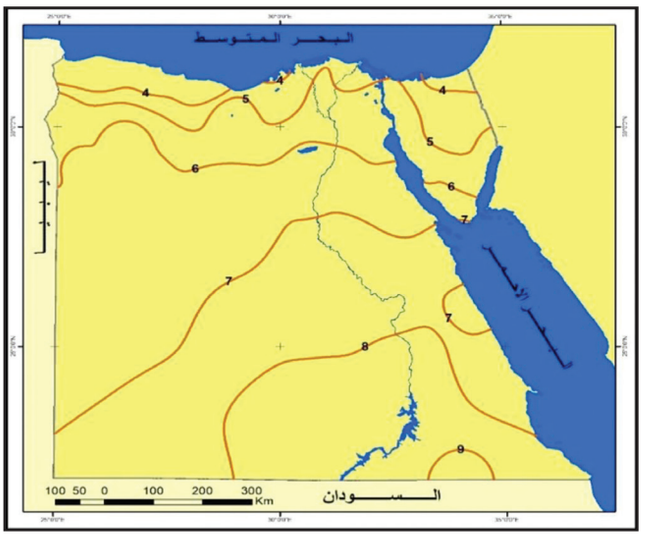
ويتضح من الشكلين (٧)، (٨)أن خطوط تساوي كمية الاحتياجات المائية لمحصول الذرة لم تتغير كثيرا من الفترة الأولى إلى الثانية في شمال مصر، بينما اتضحت إزاحة الخطوط نحو الشمال بشكل ملحوظ في جنوب مصر بداية من خط ٩٠٠ ملم وازداد نطاقها، وظهر خط جديد ١٢٠٠ ملم في الفترة الثانية،

سلسل	Symble	English Name	Unit	المعنى العربي	الوحدة
1	CGD Wheat	Number of climate-appropriate days for wheat growth	Days	عدد الأيام المناسبة مناخيا لنمو القمح	أيام
2	PPwheat	Planting Period of wheat	Days	المدة المتاحة لزراعة القمح	أيام
3	CGDD Wheat	Accumulated Growing Degree Days climatically suitable of wheat	Degrees	تراكم درجات الحرارة اليومية المناسبة مناخيا لنمو القمح	درجات
4	Wheat GDD	Wheat Growing Degree Days	Degrees	تراكم درجات الحرارة اليومية أثناء موسم نمو القمح	درجات
5	ETwheat	Evapotranspiration from wheat surface	mm/Season	البخرنتح من محصول القمح أثناء موسم نموه (الاحتياجات المائية للقمح)	مم/الموسم
6	CGD Maize	Number of climate-appropriate days for Maize growth	Days	عدد الأيام المناسبة مناخيا لنمو الذرة	أيام
7	PPmaize	Planting Period of maize	Days	المدة المتاحة لزراعة الذرة	أيام
8	CGDD Maize	Climatic Growing Degree Days of maize	Degrees	عدد درجات الحرارة (المتوسط اليومي) الحراكمة والمناسبة مناخيا لنمو الذرة	درجات
9	Maize GDD	Maize Growing Degree Days	Degrees	تراكم درجات الحرارة اليومية أثناء موسم نمو الذرة	درجات
10	ETmaize	Evapotranspiration from maize surface	mm/Season	البخرنتح من محصول الذرة أثناء موسم نموه (الاحتياجات المائية للذرة)	مم/الموسم

جدول تعريفات المؤشرات المناخية الزراعية المستنتجة

شكل (1) تغير البخرنتح القياسي ETo في مصر





شكل (٢) كمية البخرنتح القياسي [مم/يوم] خلال المدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر

بزيادة ٥٠ ملم عن الفترة الأولى.

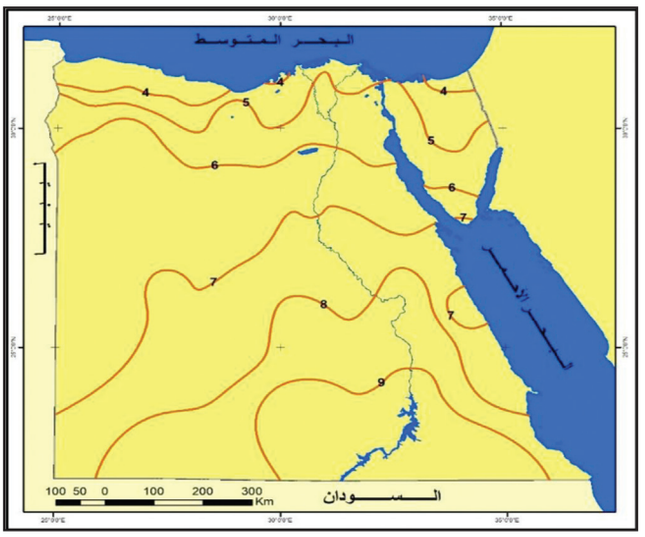
من هذه الدراسة يتضح أن الزيادة في الاحتياجات المائية لمحصول القمح كانت بمقدار ٩ ٪ كل ٣٠ سنة وللذرة كانت بمقدار ٣ ٪ كل ٣٠ سنة. أي أن الزيادة في الاحتياجات المائية للقمح أكثر منها للذرة بمرور العقود من الزمن، وأنه يتوقع أن تزيد هذه النسب في جنوب مصر وتقل في شمالها. كما يلاحظ من الخرائط أن المساحة الممكنة لزراعة القمح ستنحسر، بينما المساحة الممكنة لزراعة الذرة لن تتأثر.

٢- تأثير تغير المناخ على فترة مواعيد الزراعة الممكنة لمحصولي القمح والذرة:

فترة مواعيد الزراعة الممكنة لأي محصول هي التواريخ التي يمكن زراعة المحصول خلالها ليحصل على متطلباته المناخية بحيث يكمل دورة حياته ويعطي محصولا مجديا. ونحصل عليها بعد الحصول أولا على عدد الأيام المناسبة مناخيا لنمو المحصول ثم نطرح منه عدد أيام دورة نمو المحصول وراثيا. وأصناف القمح في مصر كلها تتطلب من ١٦٠ إلى ١٦٨ يوم حتى تكمل دورتها بإنتاج مجدي (Gafar, 1994).

والشكل (٩) يعرض تغير عدد الأيام المناسبة مناخيا لنمو القمح والذرة عبر الزمن. ويتضح منه أن المعدل الموسمي للتغير بالنسبة للقمح هو -٠,٥٤٥ يوم، وبالنسبة للذرة هو +٠,٥٧٩ يوم. أي أن التغير كل ٣٠ سنة للقمح هو حوالي -١٦ يوم وللذرة هو حوالي +١٧ يوم على كل مصر بشكل عام. ويتضح هنا أن التغير في عدد الأيام المناسبة مناخيا للنمو هي التي ستؤثر على فترة مواعيد الزراعة لأن دورة نمو المحاصيل لا تتغير كثيرا مع تغير المناخ للصنف الواحد. ويعرض الشكل (١٠) يعرض تغير عدد أيام فترة مواعيد الزراعة الممكنة للقمح والذرة على مصر بمرور السنين. والأشكال من (١١) إلى (١٤) توضح التوزيع المكاني لفترة المواعيد الممكنة للمحصولين، ولمدة الخمس سنوات الأولي (١٩٨٤-١٩٨٨) ومدة الخمس سنوات الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨).

القمح: تشير السلسلة إلى أن هناك تغير بالنقصان في فترة مواعيد الزراعة الممكنة لزراعة القمح بمعدل سنوي (-٠,٥٤٥) يوم، وهذا يعني أن مقدار هذا النقص خلال الفترة المناخية القياسية (٣٠ سنة) هو حوالي -١٦ يوم. ولما كان المعدل (متوسط ٣٤ سنة) السنوي العام لفترة الزراعة الممكنة هي ٤٦

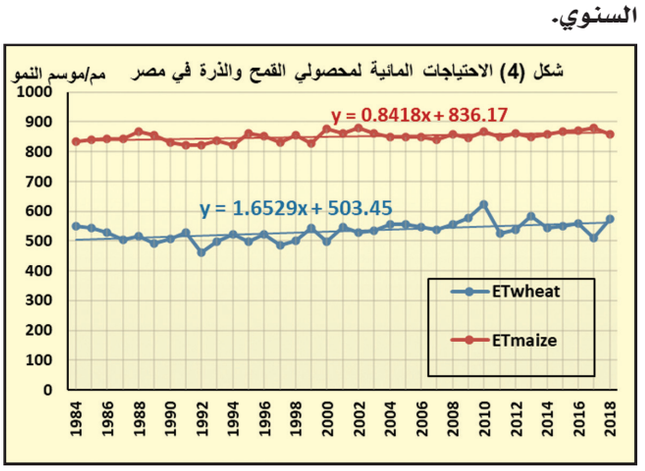


شكل (٣) كمية البخرنتح القياسي [مم/يوم] خلال المدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر

يوم، فإن هذا يعني أن النسبة المئوية للتغير في ٣٠ سنة تساوي حوالي (-٣٥)٪ من المعدل السنوي.

ويتضح من خرائط التساوي (١١)، (١٢) أن شمال مصر يمر بها الخطوط ١٠٥، ١٢٠، ١٣٥ يوما، ظهرت في المدة الأولى وتراجعت نحو الشمال فلم تظهر في المدة الأخيرة. كما نلاحظ أن خط ٤٥ يوم الذي كان ينصف مصر تقريبا إلى شمال غرب وجنوب شرق كما في الشكل (١١) قد أزيح تجاه الشمال بدرجة كبيرة وأصبح يمر في نطاق دائرة عرض ٢٩ درجة شمالا بحيث صارت ثلاثة أرباع مساحة مصر لها فترة زراعة ممكنة أقل من ٤٥ يوم.ويتضح من الشكل (١٢) أن الفرصة الآن ضعيفة لزراعة القمح في جنوب شرق مصر، إذ أن الفترة الممكنة لزراعته ١٥ يوم أو أقل، وهي فترة قصيرة لا تكفي للاستعدادات الزراعية، وبعد فترة مناخية واحدة ستنعدم هذه الفرصة تماما. وكذلك ستقل فرصة زراعة القمح كلما اتجهنا شمالا بمرور العقود، وبالتالي سيتقلص نطاق زراعة القمح كلما اتجهنا من جنوب مصر إلى شمالها.

الذرة: تشير السلسلة الزمنية بشكل (١٠) إلى أن هناك تغير بالزيادة في فترة مواعيد الزراعة الممكنة بمعدل سنوي ٠,٥٧٩ يوم، وهذا يعني أن مقدار الزيادة خلال الفترة المناخية القياسية (٣٠ سنة) هو +١٧ يوم تقريبا. ولما كان المتوسط السنوي لمدة الزراعة الممكنة للذرة هي ١٥٧ يوم، فإن هذا يعني أن النسبة المئوية للتغير في ٣٠ سنة تساوي ١١٪ تقريبا من المعدل السنوي.



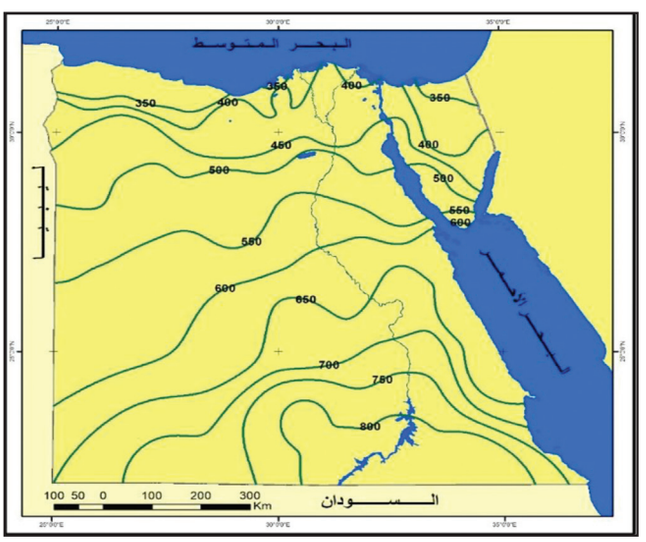
كما يتضح من الخريطتين (١٣) و (١٤) أن الفترة الممكنة لزراعة الذرة تزداد بشكل عام في كل مناطق مصر بمرور العقود من السنين. فكانت أقل مدة زراعة ١٢٠ يوم في الصحراء الغربية و٩٠ يوم في سيناء خلال المدة الأولى من فترة الدراسة وزادت إلى ١٣٥ يوم في الصحراء الغربية و١٢٠ يوم في سيناء في المدة الأخيرة من فترة الدراسة. كما يلاحظ أن فترة مواعيد الزراعة تزداد كلما اتجهنا شمالا نحو البحر المتوسط وشرقا نحو البحر الأحمر بمرور العقود من السنين. أي أن فترة مواعيد الزراعة الممكنة للذرة مناسبة جدا في مصر حاليا ومناسبة أكثر وأكثر مستقبلا مع تغير المناخ بمرور العقود من السنين.

٣- تأثير تغير المناخ على إنتاج وإنتاجية محصولي القمح والذرة:

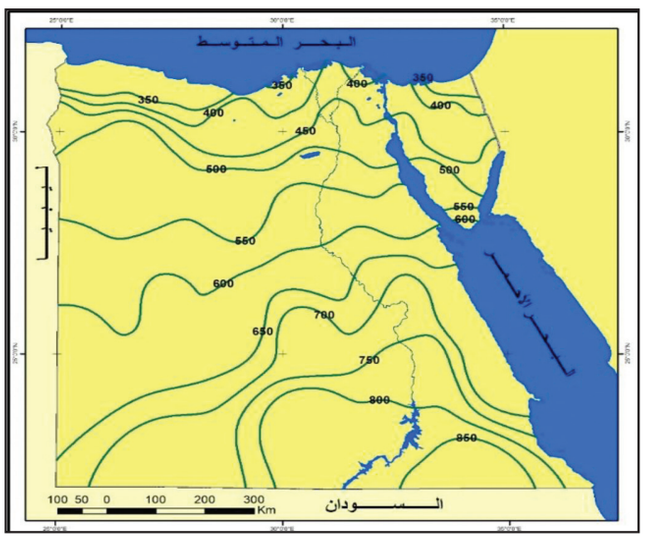
الإنتاج الكلى للقمح سيتأثر سلبا بتغير المناخ في مصر عبر السنين، وذلك لأن عدد الأيام المناسبة لنمو القمح مناخيا في مصر تقل،الإنتاج الكلى للقمح سيتأثر سلبا بتغير المناخ في مصر عبر السنين، وذلك لأن عدد الأيام المناسبة لنمو القمح مناخيا في مصر تقل، وكذلك فترة مواعيد الزراعة الممكنة لزراعة القمح تقل، ومعدل القلة أكثر في الجنوب، وبالتالي فإن المساحة والفترة المتاحة للزراعة تنحسر تدريجيا بمرور العقود من السنين من الجنوب إلى الشمال، إن لم يتم التأقلم بأصناف جديدة تتحمل الحرارة وتكون دورة حياتها أقل. أما الإنتاج الكلى للذرة فسيتأثر إيجابيا بتغير المناخ لأن عدد الأيام المناسبة لنموه مناخيا يزداد، وكذلك فترة زراعته الممكنة تزداد، وبالتالي فيتوقع زيادة إنتاجه الكلى إذا زادت المساحة المنزرعة حتى بنفس الأصناف الحالية.

أما إنتاجية الفدان الواحد من المحصول فإنها تتناسب طرديا مع درجات الحرارة المتجمعة خلال موسم النمو طالما كان التجميع بين الحدود المناسبة للنمو وطالما كانت العناصر الزراعة للإنتاج مثالية بقدر الإمكان. وبالطبع فإن عملية الإنتاج الزراعي هي نتاج لاستغلال الإشعاع الشمسي المرئي عن طريق عملية البناء الضوئي لتكوين المادة الجافة للنبات، إلا أن الحدود المناسبة لدرجات الحرارة توفر الفرصة لهذا الاستغلال.

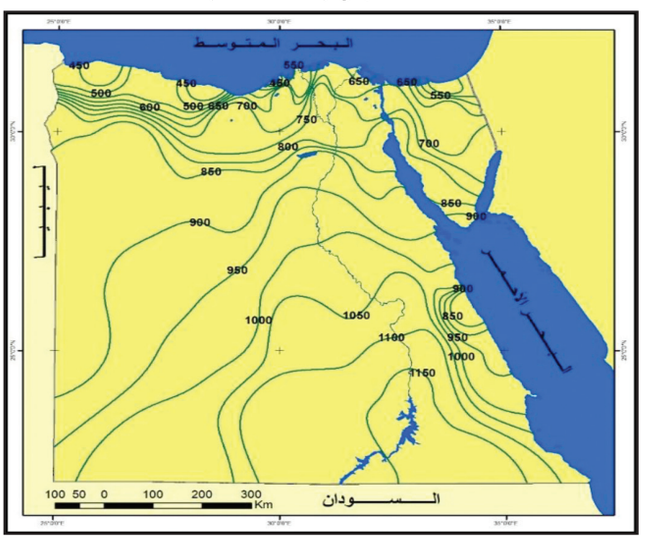
وبالنسبة للقمح خصوصا فإن له متطلب نوعي مهم قد يختل مع تقلب وتغير المناخ، وهو أنه يحتاج إلى فترة برودة خلال نموه المبكر من أجل تفريع وسيقان أكثر في النبتة الواحدة، وبالتالي إزهار أكثر وإنتاجية أعلى، وهذا المتطلب يتحقق إذا كانت درجة الحرارة المتوسطة أقل من ٢٠ °م خلال الطور المبكر للنمو ولمدة



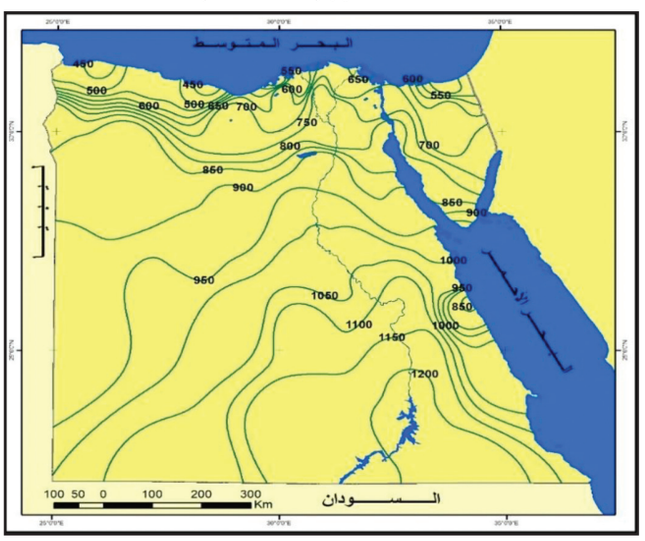
شكل (٥) كمية البخرنتح لمحصول القمح (الاستهلاك المائى) للمدة الأولى (١٩٨٤- ١٩٨٨)



شكل (٦) كمية البخرنتح لمحصول القمح (الاستهلاك المائى) للمدة الأخير (٢٠١٤- ٢٠١٨)



شكل (٧) كمية البخرنتح لمحصول الذرة (الاستهلاك المائى) للمدة الأولى (١٩٨٤- ١٩٨٨)



شكل (٨) كمية البخرنتح لمحصول الذرة (الاستهلاك المائى) للمدة الأخير (٢٠١٤- ٢٠١٨)

من ٢ إلى ٣ أسابيع (Gafar ٢٠١٠). فإذا حصل القمح على البرودة اللازمة أو كانت هناك معالجة زراعية لهذا المتطلب فإن الإنتاجية ستتناسب مع درجات الحرارة المتجمعة.

الشكل (١٥) يوضح السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو محصولي القمح والذرة في مصر لفترة ٣٤ سنة من بيانات ناسا لجميع محطات الدراسة. وتشير هذه السلسلة إلى أن هناك تغير بالزيادة لدرجات الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو محصول القمح بمعدل سنوي ٣,٥٤ درجة مئوية خلال موسم النمو، وهذا يعني أن مقدار الزيادة في درجات الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو محصول القمح خلال الفترة المناخية القياسية (٣٠ سنة) هو ١٠٣ درجة مئوية، أي بنسبة ٦٪ تقريبا من المعدل السنوي الذي يقدر بـ ١٧٠٤ درجة مئوية. أي أن إنتاجية الفدان يمكن أن تزداد في الأماكن التي ستتوفر فيها فترة زراعة مناسبة واحتياجات البرودة اللازمة.

أما الذرة فإن فترة بَذْره مناسبة وتزداد في معظم أنحاء مصر كما اتضح من قبل، وليس له احتياجات نوعية شاذة عن مناخ مصر خلال الفترة الممكنة مناخيا لزراعته، والسلسلة الزمنية الخاصة به بالشكل (١٥) تشير إلى زيادة درجات الحرارة المتجمعة عبر العقود من السنين بمعدل سنوي ٢,٦٩ درجة مئوية خلال الموسم، وخلال الفترة المناخية القياسية تكون الزيادة ٨٠,٧ درجة مئوية، بنسبة ٣,٠ ٪ من المعدل السنوي الذي يقدر بـ ٢١٧٤ درجة مئوية متجمعة خلال الموسم. مما يدل على إمكانية زيادة الإنتاجية السنوية للفدان الواحد للذرة.

٤- احتمالات تغير المناخ والطقس وتأثيرهما مستقبلاً على زراعة المحاصيل في مصر:

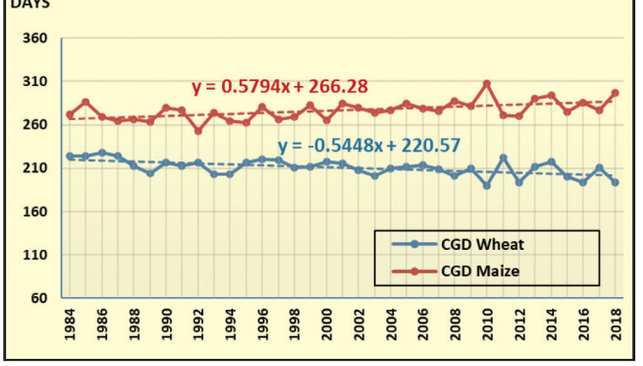
دراسة الاحتمالات والتوقعات تفيد في وضع رؤية مستقبلية نحو تحديد ما ينبغي عمله عموما. وهنا، فإن التوقعات المستقبلية لتغير المناخ سوف تساعد في وضع المشاريع والبحوث والتجارب الحقلية الاستكمالية اللازمة لتحديد أكثر ولمحاصيل أكثر، كما ستساعد في وضع الخطط الزراعية والبيئية اللازمة للتكيف والتأقلم مع تغير المناخ وكذلك التخفيف من حدته مستقبلا.

الجدول الآتي يبين العناصر المناخية الأساسية والمشتقة ذات العلاقة بأهداف المقالة والتي تتغير معنويا؛ أسماؤها ورموزها ووحدتها ومعدلها السنوي (الذي يمثل المناخ الحالي)، ومعدل تغيرها السنوي، ومقدار تغيرها بعد ١٠ سنوات ثم بعد الفترة المناخية القياسية (٣٠ سنة) والنسبة المئوية لهذا المقدار من معدلها السنوي، وكذلك مقدار التغير في نهاية القرن. كما حسبنا في هذا الجدول المقدار الذي سيصير له كل عنصر بعد ١٠ سنوات وبعد ٣٠ سنة وفي نهاية القرن. وكذلك حسبنا عدد السنوات التي بعدها سيكون العنصر قد تغير بمقدار ١٠ ٪ و٢٠٪ من قيمة معدله (المناخ الحالي) سواء بالزيادة أو بالنقصان.

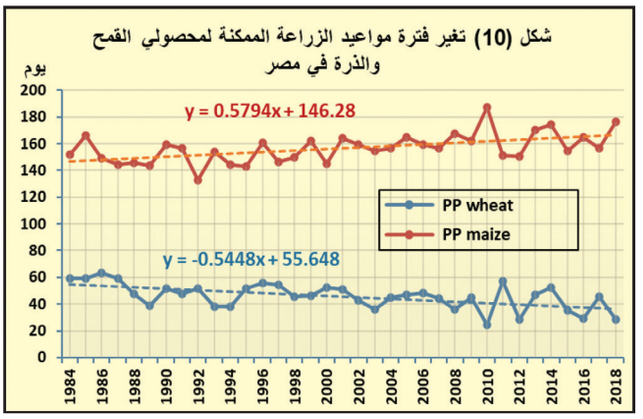
يوضح الجدول أنه من المتوقع أن تستمر درجات الحرارة في التزايد عبر العقود من الزمن إذا استمرت نفس الأسباب التي أكدتها هذه الدراسة وهي تزايد غازات الاحتباس الحراري في الجو والتي يسببها النشاط الإنساني عموما. ولكننا قد افترضنا معدلا ثابتا لزيادة درجة الحرارة وهو السائد منذ ١٩٦٥. فبعد عقد ستزداد درجة الحرارة العظمى بمقدار ٠,٣٤ °م والصغرى بمقدار ٠,٤٢ °م والمتوسط اليومي بمقدار ٠,٣٨ °م، وبعد مرور دورة مناخية قياسية ٣٠ سنة ستزداد العظمى بمقدار ١,٠١ °م والصغرى بمقدار ١,٢٥ °م والمتوسط اليومي بمقدار ١,١٣ °م.

وإذا تصورنا أن الزيادة بمقدار ١٠٪ من المعدل الحالي (٢,٢)°م

شكل (9) تغير عدد الأيام المناسبة مناخيا لنمو القمح والذرة في مصر



شكل (10) تغير فترة مواعيد الزراعة الممكنة لمحصولي القمح والذرة في مصر

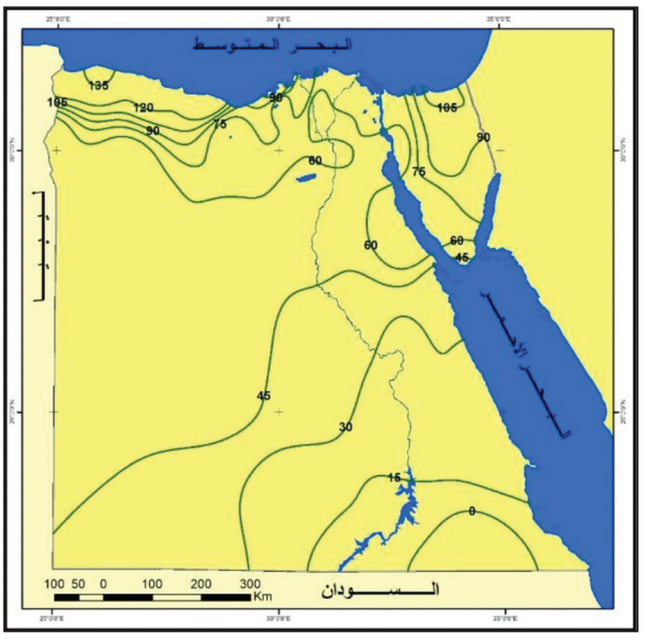


تمثل خطرا على مصر، أما الزيادة بمقدار ٢٠٪ من المعدل الحالي (٤,٤)°م، فهي تمثل خطرا شديدا لا يمكن تحمله. وقد حسبنا عدد السنوات اللازمة لبلوغ هاتان النسبتان لجميع العناصر بالجدول من ٢٠١٩، وهي السنة تلي نهاية فترة الدراسة ٣٤ سنة. ثم حددنا السنة التي سيحدث فيها هذا التغير (١٠٪، ٢٠٪) وكانت النتائج كما في الأعمدة الأربعة الأخيرة من الجدول.

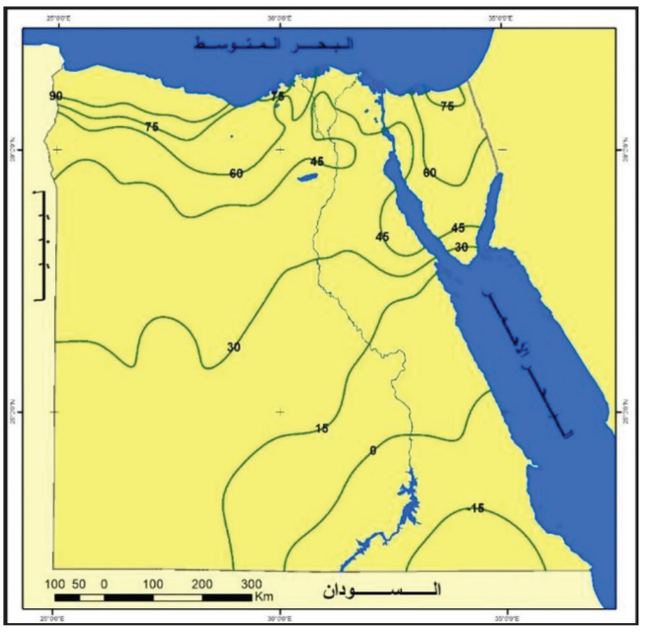
واضح من الجدول أن درجة الحرارة الصغرى هي الأسرع في الزيادة وتحتاج فقط إلى ٣٨ سنة من ٢٠١٩ حتى تزداد ١٠٪ (١,٥٨ °م) من المعدل الحالي (١٥,٨ °م)، وهذا يحدث في سنة ٢٠٥٧. أما العظمى فإنها تزداد ببطء وتحتاج ٨٥ سنة حتى تزداد بنسبة ١٠٪ (٢,٨٦ °م)، أي في سنة ٢١٠٤. والمتوسط اليومي يحتاج ٥٩ سنة حتى يزداد بنسبة ١٠٪ (٢,٢٢ °م) من معدله (٢٢,٢ °م)، أي في سنة ٢٠٧٨. أما كمية الأمطار فإنها تتناقص ببطء، وستقل ٩,٠٠ مم (١٠٪) من معدلها الحالي (٩٠,٠ مم) بحلول سنة ٢١٠٠. وكذلك يمكن ذكر ما سبق في حالة التغير بنسبة ٢٠ ٪ من المعدل مع ملاحظة الأعمدة الأخيرة من الجدول.

البخرنتح القياسي يزداد ببطء شديد، فهو يحتاج إلى ٧٠ سنة من سنة ٢٠١٩ حتى يزداد ١٠٪ (٠,٦٣ مم/يوم) من المعدل السنوي الحالي (٦,٢٦ مم/يوم) وهذا يحدث في سنة ٢٠٨٩. والاحتياجات المائية ستزداد لمحصولي القمح والذرة. للقمح: تحتاج إلى ٣٢ سنة حتى تزداد بنسبة ١٠٪ وإلى ٦٥ سنة حتى تزداد بنسبة ٢٠٪. وللذرة: تحتاج احتياجاته المائية إلى ١٠١ سنة حتى تزداد بنسبة ١٠٪ وإلى ٢٠٢ سنة حتى تزداد بنسبة ٢٠٪. ويمكن تفسير ذلك بأن معدل تغير المناخ في الشتاء أعلى منه في الصيف.

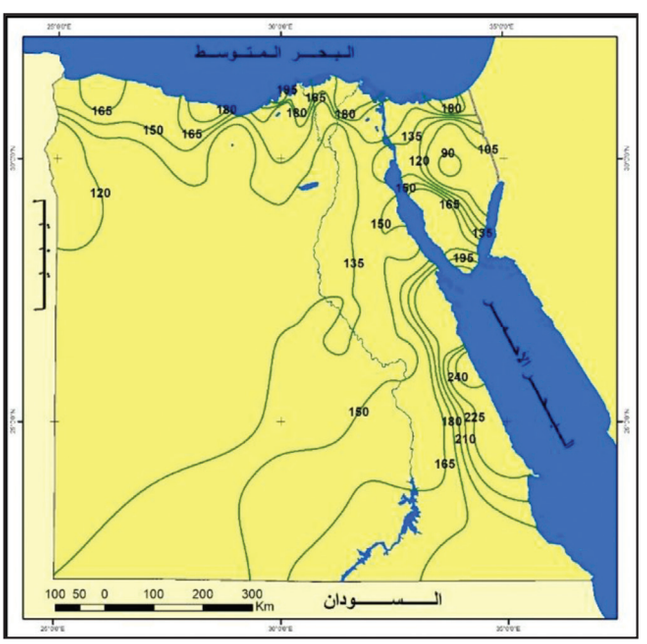
نلاحظ في الجدول الأثر الكبير لتغير المناخ على الطقس مستقبلا، مما سيؤثر سلبا على المحاصيل الزراعية بشكل كبير، ففي الجدول من الصف ٨ إلى الصف ١٨ نلاحظ تغير سريع في عدد أيام تجاوز بعض عناصر ومظاهر الطقس لقيم محددة. فعدد الأيام الحارة ستزداد وعدد الأيام الباردة ستقل، وعدد



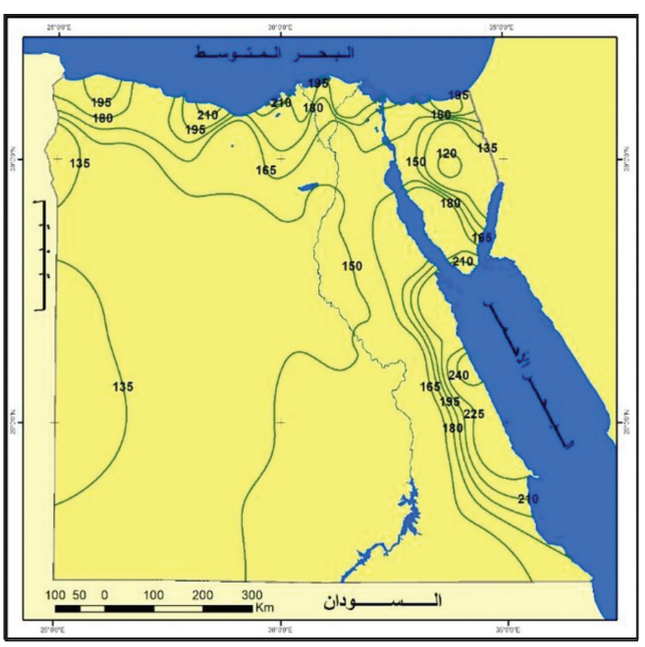
شكل (١١) فترة مواعيد الزراعة الممكنة للقمح خلال المدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر



شكل (١٢) فترة مواعيد الزراعة الممكنة للقمح خلال المدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر



شكل (١٣) فترة مواعيد الزراعة الممكنة للذرة خلال المدة الأولى (١٩٨٤-١٩٨٨) في مصر



شكل (١٤) فترة مواعيد الزراعة الممكنة للذرة خلال المدة الأخيرة (٢٠١٤-٢٠١٨) في مصر

الأيام الممطرة بأي كمية ستقل، وعدد أيام التكاثف ستقل، وعدد أيام الصقيع ستقل، وعدد أيام العواصف الترابية ستزداد قليلا، وهذا كله بالتفصيل الآتي.

عدد أيام زيادة درجة حرارة المتوسط اليومي عن ٢٥ °م بنسبة ١٠٪ و ٢٠٪ من المعدل السنوي هي ١٦,٥ يوم و ٣٣ يوم، وهذا سيحدث بعد ٢٨ سنة و ٥٦ سنة، أي في سنة ٢٠٤٧ وسنة ٢٠٧٥ علي التوالي، وهذا بالتأكيد سيقلل من عدد الأيام المتاحة لنمو المحاصيل الشتوية بمرور السنين. وبالمثل عن عدد أيام زيادة درجة حرارة المتوسط اليومي عن ٣٠ °م كما بالجدول.

عدد أيام زيادة درجة الحرارة العظمى عن ٣٥ °م بنسبة ١٠٪ و ٢٠٪ من المعدل السنوي هي ٩,٣ يوم و ١٨,٥ يوم، وهذا سيحدث بعد ٢١ سنة و ٤٣ سنة، أي في سنة ٢٠٤٠ وسنة ٢٠٦٢ علي التوالي، وهذا بالتأكيد يزيد من عدد الأيام المتطرفة في الحرارة ويؤثر سلبا على المحاصيل ويزيد من استهلاك الطاقة. وبالمثل عن عدد أيام زيادة درجة الحرارة العظمى عن ٤٠ °م . كما بالجدول.

عدد أيام قلة درجة الحرارة الصغرى عن ١٠ °م بنسبة ١٠٪ و ٢٠٪ من المعدل السنوي هي ٧,٧ يوم و ١٥,٤ يوم، وهذا سيحدث بعد ١٤ سنة و ٢٨ سنة، أي في سنة ٢٠٣٣ وسنة ٢٠٤٧ علي التوالي، وهذا بالتأكيد سيؤثر على المحاصيل المحبة للبرودة. وبالمثل عن عدد أيام زيادة درجة الحرارة الصغرى عن ٥ °م كما بالجدول.

عدد الأيام الممطرة أقل من ٥ ملم/يوم سيقل بنسبة ١٠٪ و ٢٠٪ من المعدل السنوي هي ٣,٦ يوم و ٧,٢ يوم، وهذا سيحدث بعد ١٩ سنة و ٣٨ سنة، أي في سنة ٢٠٣٨ وسنة ٢٠٥٧ علي التوالي. ولكن عدد الأيام الممطرة بأكثر من ٥ ملم/يوم يزيد وإن كان

بوتيرة أقل.

ظواهر التكاثف ستقل سواء الشبورة أو الضباب أو الندى، حتى إنها في سنة ٢٠٥٧ ستكون قد قلت ١٢,٤ يوم من معدلها (٦٢ يوم/سنة) وهو ما يمثل ٢٠ ٪ من هذا المعدل، وبعد هذه السنة ستكون عدد أيام احتمال التكاثف ٤٩,٤ يوم. كما أن عدد أيام هبوط درجة الحرارة الصغرى للدرجة التي تُحدث الصقيع ستقل ٢٠٪ من معدلها بعد ١١ سنة أي في سنة ٢٠٣٠، وفرصة حدوثها في مصر مستقبلا يقل عن يومين كل سنة. أيام العواصف الترابية تزداد قليلا وهي بطبيعتها قليلة كمتوسط عام على كل مصر كما يوضح الجدول.والخلاصة هي أن تغير المناخ يزيد من استهلاك مياه الري عموما،من هنا يهتم الزراعيين بترشيد استهلاك مياه الري بالطرق المتاحة لذلك. تغير المناخ سيقلل من عدد الأيام الممكنة للبذر لمحصول القمح، مما سيقلل من فرصة زراعته في مصر. ولكنه سيزيد من عدد الأيام الممكنة للبذر لمحصول الذرة مما سيزيد من فرصة زراعته بمصر.ارتفاع الحرارة سيؤثر على نمو ومراحل تطور المحاصيل الشتوية عموما، وتغير الطقس بزيادة عدد الأيام الحارة سيلاحق محصول القمح خصوصا في طوره اللبني أو العجيني مما قد يجففه قبل تمام النضج ويؤثر على انتاجيته، وكل هذا يؤثر في النهاية على إنتاجية المحاصيل الشتوية. كما أن زيادة الاحتياجات المائية للمحاصيل مع قلة الإنتاجية ستقلل من كفاءة استخدام المياه، مما سيجعل هناك حاجة لمياه أكثر تعوض الإنتاجية بزراعة مساحات أخرى. من هنا فإنه يتوقع أن يؤثر تغير المناخ سلبا على زراعة المحاصيل في مصر بشكل كبير خصوصا أن البيئة الزراعية في مصر قاحلة لا أمطار فيها يمكن الاعتماد عليها في الزراعة (باستثناء الساحل الشمالي الغربي فقط) وري المحاصيل كلها يعتمد على مياه النيل الآتية من خارج الحدود، والتي تعتبر محدودة بكميات وفقاً للاتفاقيات الدولية بين دول حوض النيل.

ستتأثر المحاصيل الزراعية عموما والشتوية خصوصا بالسلب، لذلك يحاول الزراعيين استحداث تراكيب محصولية جديدة للتأقلم والتكيف عبر اختيار أصناف جديدة متحملة للحرارة وذات دورة نمو أقل، مع تغيير في مواعيد الزراعة لتكون مناسبة للمناخ الجديد.بهذا التغير في المناخ وبهذه التأثيرات في مجال الزراعة والمياه، نوصي بالآتي إلى من يهمه الأمر بالمؤسسات المعنية بالدولة.

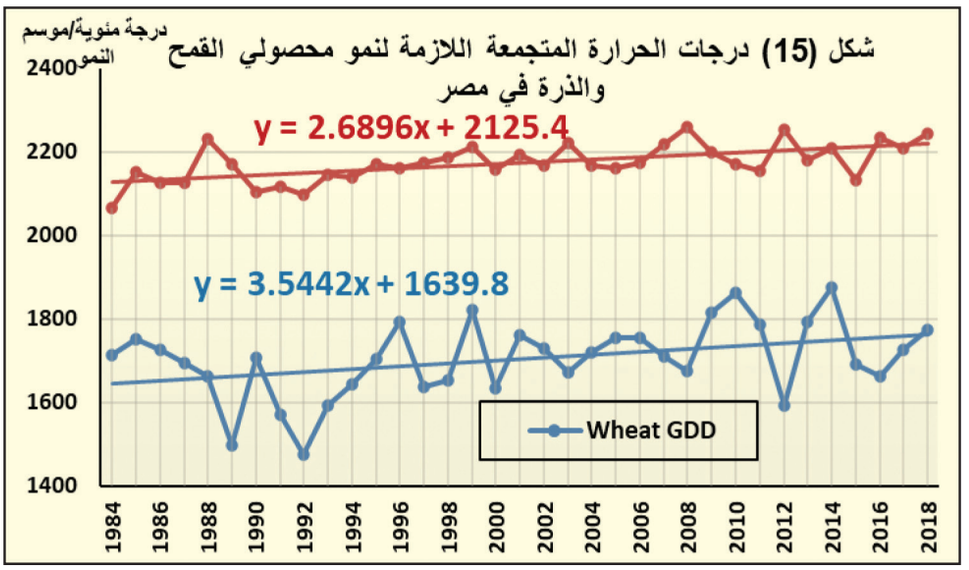
استمرار المؤسسات المعنية بتغير المناخ في مصر بعمل دراسات مفصلة عن تغير المناخ موسميا وفي نطاقات مختلفة عرضيا وطوليا لكل مصر بخرائط مفصلة لكل موسم ولكل شهر، وكذلك أثرها تفصيليا على الزراعة والمياه والبيئة. حيث جاءت ملامح في هذه المقالة تشير إلى أن معدل تغير المناخ في الشتاء أعلى منه في الصيف، وأنه يختلف بين شمال وجنوب مصر.

التركيز على دراسة تأثير تغير المناخ على الطقس والظواهر الجوية المختلفة تفصيليا أو موسميا وفي نطاقات مختلفة في مصر، وأثر ذلك على الزراعة والمياه والبيئة. حيث اتضح في هذه المقالة أن التغير في عدد أيام حدوث ظاهرة جوية معينة واضح وكبير.

استمرار الزراعيين في تجاربهم نحو استنباط أصناف محاصيل متحملة للحرارة أو تحتاج لبرودة أقل لتكمل دورة حياتها بإنتاج اقتصادي لسد الفجوة الغذائية المتوقعة. وكذلك إجراء التجارب والأبحاث الحقلية اللازمة لدراسة مواعيد الزراعة الأنسب وربطها بتغير المناخ المتوقع، وكذلك ربطها بشكل منفصل مع التقلبات المناخية الدورية، وهذا ليمكن إجراء توقعات تأثير تغير المناخ وتقلبه معا. وكذلك دراسة كل المعاملات الزراعية اللازمة لمواجهة مشكلة تغير وتقلب المناخ، والتي من شأنها مواكبة مسيرة التكيف والتأقلم العالمية مع المناخ الجديد.

العمل على تغيير السلوكيات الغذائية للسكان في مصر، بحيث يستخدم الذرة كغذاء رئيسي مع القمح، بسبب ملاءمتها لتغير المناخ المحتمل واحتمال زيادة إنتاجها مستقبلا، مع احتمال قلة انتاج القمح.

تعميق التعاون بين جميع العلماء المهتمين بتغير المناخ ومواجهته بالتكيف أو التخفيف في مجالات الزراعة والمياه والبيئة بالجامعات ومراكز الأبحاث المتنوعة بالمؤسسات المختلفة بالدولة، من أجل عمل نماذج رياضية فيزيائية زراعية وبيئية محلية تُجرب وتُطبق حقليا وتوصف وتُنشر اجتماعيا على نطاق واسع، بتحديد المشكلة وحلها ثم تطبيق النتائج.



شكل (15) درجات الحرارة المتجمعة اللازمة لنمو محصولي القمح والذرة في مصر

اسم المرجع

١- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠١٣): تغير المناخ ٢٠١٣، الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، الأساس العلمي الفيزيائي.

٢- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠١٩): الاحترار العالمي بمقدار ١,٥درجة مئوية، ملخص لصانعي السياسات، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.

٣- كمال الدين يوسف محمد جعفر (٢٠٠٧): تغير المناخ على مدينة العين وتأثيره على مستقبل الزراعة، مركز أبحاث العين، الإمارات.

جدول التغير المعنوى فى العناصر والمؤشرات المناخية بعد ١٠ سنوات وبعد ٣٠ سنه فى نهاية القرن مصر

م	رمز العنصر	إسم العنصر	الوحدة	المعدل السنوي (المناخ الآن)	التغير السنوي	التغير القياسى فى 30 سنة)	النسبة % التغير القياسى	التغير بعد 10 سنوات	التغير فى نهاية القرن	قيمة العنصر بعد 30 سنة	قيمة العنصر بعد 10 سنوات	قيمة العنصر فى نهاية القرن	مقدار 10%من المعدل	مقدار 20%من المعدل	عدد السنوات من 2019 التغير 10% من المعدل	عدد السنوات من 2019 التغير 20% من المعدل	السنة التى عندها يصل التغير 10% من المعدل	السنة التى عندها يصل التغير 20% من المعدل
1	Tmx	درجة الحرارة العظمى	م °	28.6	0.034	1.01	3.5	0.34	2.73	29.61	28.94	31.33	2.86	5.72	85	170	2104	2189
2	Tmi	درجة الحرارة الصغرى	م °	15.8	0.042	1.25	7.9	0.42	3.36	17.05	16.22	19.16	1.58	3.16	38	76	2057	2095
3	Tavg	المتوسط اليومي لدرجة الحرارة	م °	22.2	0.038	1.13	5.1	0.38	3.05	23.33	22.58	25.25	2.22	4.44	59	118	2078	2137
4	Rain	كمية الأمطار	مم/السنة	90	0.111-	3.32-	3.7-	1.11-	8.96-	86.68	88.89	81.04	9.00	18.00	81	163	2100	2182
5	ETo	البخرنتح القياسي من سطح الحشائش القياسي	مم/يوم	6.26	0.009	0.27	4.3	0.09	0.73	6.53	6.35	6.99	0.63	1.25	70	139	2089	2158
6	ETwheat	البخرنتح من محصول القمح أثناء موسم نموه (الاحتياجات المائية للقمح)	مم/الموسم	538	1.658	49.8	9.2	16.6	134.33	587.8	554.6	672.3	53.80	107.60	32	65	2051	2084
7	ETmaize	البخرنتح من محصول الذرة أثناء موسم نموه (الاحتياجات المائية للذرة)	مم/الموسم	850	0.841	25.2	3.0	8.4	68.10	875.2	858.4	918.1	85.00	170.00	101	202	2120	2221
8	DsTavg ≥25	عدد الأيام التي كان فيها المتوسط اليومي لدرجة الحرارة أعلى من أو يساوي 25 °م	أيام	165	0.591	17.73	10.7	5.91	47.88	182.73	170.91	212.88	16.50	33.00	28	56	2047	2075
9	DsTavg ≥30	عدد الأيام التي كان فيها المتوسط اليومي لدرجة الحرارة أعلى من أو يساوي 30 °م	أيام	44.4	0.687	20.62	46.4	6.87	55.68	65.02	51.27	100.08	4.44	8.88	6	13	2025	2032
10	DsTmx ≥35	عدد الأيام التي كانت فيها درجة الحرارة العظمى أعلى من أو يساوي 35 °م	أيام	92.6	0.436	13.07	14.1	4.36	35.28	105.67	96.96	127.88	9.26	18.52	21	43	2040	2062
11	DsTmx ≥40	عدد الأيام التي كانت فيها درجة الحرارة العظمى أعلى من أو يساوي 40 °م	أيام	20.1	0.240	7.19	35.7	2.40	19.40	27.29	22.50	39.50	2.01	4.02	8	17	2027	2036
12	DsTmi ≤10	عدد الأيام التي كانت فيها درجة الحرارة الصغرى أقل من أو يساوي 10 °م	أيام	76.9	0.551-	16.52-	21.5-	5.51-	44.59-	60.39	71.40	32.31	7.69	15.38	14	28	2033	2047
13	DsTmi ≤5	عدد الأيام التي كانت فيها درجة الحرارة الصغرى أقل من أو يساوي 5 °م	أيام	13.9	0.230-	6.90-	49.6-	2.30-	18.62-	7.00	11.60	4.72-	1.39	2.78	6	12	2025	2031
14	Rainy Days	عدد الأيام المعطرة بأي كمية	أيام	36	0.189-	5.68-	15.8-	1.89-	15.33-	30.32	34.11	20.67	3.60	7.20	19	38	2038	2057
15	Days Rain≥5	عدد الأيام التي كانت فيها كمية المطر أعلى من أو يساوي 5 مم	أيام	2	0.007	0.21	10.7	0.07	0.58	2.21	2.07	2.58	0.20	0.40	28	56	2047	2075
16	Days Condn	عدد أيام التكثف سواء في صورة شابورة أو ضباب أو ندى	أيام	62	0.329-	9.88-	15.9-	3.29-	26.67-	52.12	58.71	35.33	6.20	12.40	19	38	2038	2057
17	Frost Days	عدد أيام احتمال حدوث الصقيع	أيام	2.2	0.038-	1.15-	52.4-	0.38-	3.11-	1.05	1.82	0.91-	0.22	0.44	6	11	2025	2030
18	Windy Days≥5	عدد أيام سرعة الرياح أكثر من أو يساوي 5 م/ث	أيام	1.6	0.005	0.14	8.8	0.05	0.38	1.74	1.65	1.98	0.16	0.32	34	68	2053	2087

المراجع

م	اسم المرجع
١	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠١٣)؛ تغير المناخ ٢٠١٣، الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، الأساس العلمي الفيزيائي.
٢	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (٢٠١٩)؛ الاحترار العالمي بمقدار ١,٥ درجة مئوية، ملخص لصانعي السياسات، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.
٣	كمال الدين يوسف محمد جعفر (٢٠٠٧)؛ تغير المناخ على مدينة العين وتأثيره على مستقبل الزراعة، مركز أبحاث العين، الإمارات.
4	Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56(97), e156.
5	**5**-FAO 24, Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977). "Guidelines for Predicating Crop Water Requirements", FAO Irrigation and Drainage paper No.24, FAO, Rome.
6	**6**-Gafar, K.Y. (1994). "Water Requirements for some Egyptian crops", M.Sc. Cairo University, Faculty of Science, Astronomy and Meteorology Department.
7	**7**-Gafar, K.Y. (2009). " Improving the Penman-Monteith Model, of Estimating Reference Evapotranspiration, for Arid Climates", Egyptian Meteorological Authority - International Meteorological Research Bulletin – ISSN 1687 – 1014 – Vol. – 24 – 2009.
8	**8**-Gafar, K.Y. (2010). "Agroclimatic Suitability for Some Crops in Arid Zones", ph. Thesis. Al-Azhar University, Faculty of Science, Astronomy and Meteorology Department.
9	**9**-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.
10	10-https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/?fbclid=IwAR08DqY47LI1ZuSvoS2KMsAnGvb9zB1QkoNiMamfa6Wo_ossZH3KX6HhQLw
11	**11**-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.Intergovernmental Panel on Climate Change.
12	12-IPCC, Griggs, D. J., & Noguer, M. (2002). Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Weather, 57(8), 267-269.
13	**13**-IPCC, Stocker, T. F., et al. (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.
14	14-WMO (World Meteorological Organization) & Houghton, D. D. (2002). Introduction to climate change: lecture notes for meteorologists. Geneva, Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization.