مقرر التصحر و طرق التحكم فيه

المحاضرة الثانية

تأثير التغيرات المناخية على تدهور الأراضي و التصحر

الجفاف وأنواعه و مؤشرات قياسه .

تأثير التغيرات المناخية على تدهور الأراضي و التصحر

مقدمة :

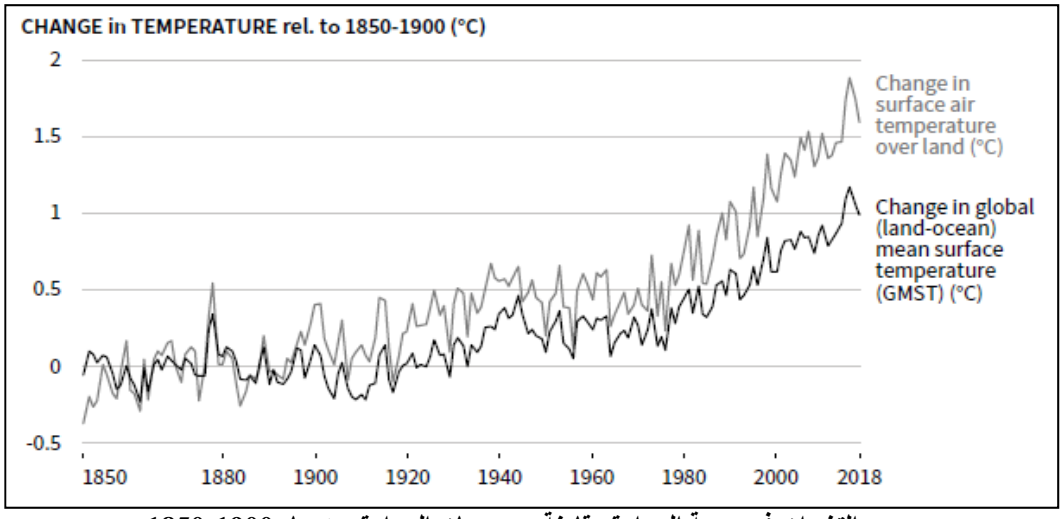
المناخ بمعناه الضيق يعرف عادة بأنه الحالة المتوسطة للطقس لفترة زمنية تزيد عن الثلاثين عاما ، و المناخ بمعناه الواسع منظومة شديدة التعقيد تتفاعل فيما بينها تتألف من الغلاف الجوي ، الغلاف المائي ، الجليدي ، اليابسة ، و الغلاف الحيوي و هذا النظام المناخي في تطور دائم مع الزمن تحت تأثير حركيته الداخلية الطبيعية و المؤثرات الخارجية و أهمها الشمس و التباين في كميات الأشعة الشمسية الواصلة و ثورات البراكين و النشاطات البشرية .

كان الميل نحو الاعتقاد أن كل ما يجري في مناخ الكرة الأرضية من تبدل و تغيرات هي طبيعية ، لكن عمليات تقييم المناخ المستندة على المبادئ الفيزيائية و المحاكاة النموذجية بينت أنه من المستبعد أن تفسر التأثيرات الطبيعية وحدها الأحترار العالمي المرصودة في الآونة الأخيرة ، حيث أمكن في الخمسين السنة الماضية رصد تأثير غازات الدفيئة في زيادة درجة الحرارة السطحية و تزايد التباين الحراري بين اليابسة و المحيطات و تقلص صفيحة الجليد البحري و انحسار الجليد .

يعرف تغير المناخ بأنه **التغير في المناخ الذي يعزى بصورة مباشرة أو غير مباشرة الى النشاط البشري و الذي يفضي الى تغير في مكونات الغلاف الجوي العالمي بالإضافة الى التقلب الطبيعي للمناخ على مدى فترات زمنية متماثلة .**

ساعد توفر البيانات المناخية و سهولة تبادلها بين دول العالم و توفر التقنيات المتطورة و البرامج الحاسوبية على رصد العديد من التغيرات في عناصر المناخ كدرجة حرارة سطح الأرض و كميات الهطول و تبدل الغطاء الثلجي بالإضافة الى القياسات الخاصة بمستوى سطح البحر و فيما يلي عرض موجز لأهم التغيرات المناخية المرصودة في العالم :

A. **التغيرات المرصودة في درجات الحرارة** : زاد المعدل العام لحرارة الأرض بنحو 0.74 درجة مئوية و ذلك خلال الفترة الممتدة بين 1906 - 2005 . بينما تشير الدراسات الحديثة للبيانات في النصف الشمالي للكرة الأرضية الى أن ارتفاع درجة الحرارة هو الأكثر بين القرون الماضية و إن سنين التسعينات هي الأكثر حرارة . وزادت الحرارة بمعدل 1.5 حتى عام 2020 . أن وتيرة ارتفاع درجة الحرارة على اليابسة أعلى مما هي عليه في المحيطات و ذلك بحوالي الضعف و خاصة منذ العام 1979 و بمعدل 0.27 م ° للعقد الواحد لليابسة و 0.13 م ° في العقد الواحد للمحيطات .
سجل احترار الجزء السفلي من التربوسفير بمعدل أقل من احترار سطح الأرض و تبرد الجزء الأسفل من طبقة الستراتوسفير بمقدار يتروح بين 0.3 – 0.6 م °خلال العقد الواحد . كما وجد تناقص كبير في عدد الأيام الباردة و ذلك بحوالي 75 % في العروض الوسطى مقابل زيادة في عدد الأيام الحارة بمعدل 10 % خلال المدة من 1951 - 2003 . الشكل التالي يوضح تغيرات درجات الحرارة بين عامي 1850-2018 :



التغيرات في درجة الحرارة مقارنة مع درجات الحرارة بين عام 1850-1900

B. **التغيرات المرصودة في الهطول و الرطوبة الجوية** : تبين البيانات المناخية زيادة كميات الهطول السنوي في مستوى العروض الوسطى و القطبية للنصف الشمالي من الكرة الأرضية ، و تناقص في الأمطار على العروض المدارية المتراوحة بين 10 شمال خط الاستواء و جنوبه . كما تبين تعرض العديد من الأقاليم مثل الساحل الإفريقي و حوض البحر المتوسط و جنوب إفريقيا الى نوبات الجفاف و زيادة كمية المياه المتبخرة من المحيطات بحدود 2 – 4 % خلال المدة الممتدة 1988 - 2004 و ذلك نتيجة لزيادة تسخينها و قد سجلت المناطق شبه القطبية و القطبية أكثر نسب بخار الماء .

C. **التغيرات المرصودة في الغطاء الثلجي و صفيحة الجليد الأرضي و البحري** : سجل انخفاض بنحو 10 % في حجم الغطاء الثلجي منذ أواخر الستينات و تناقص مقداره اسبوعان في فترة مكوث الغطاء الجليدي في البحيرات و الأنهار ، في خطوط العروض المتوسطة و القطبية في النصف الشمالي للأرض .
لا توجد أشارات كافية على انخفاض صفحة الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية خلال الشتاء عندما زادت درجات الحرارة في المنطقة المحيطة كما ظلت صفيحة الجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية ثابتة بل و زادت بصورة طفيفة .

يسجل الجدول التالي اهم التغيرات المناخية المسجلة بالفرن العشرين :

التغيرات المسجلة	المؤشر
تزايد بمقدار 0.6 م ° خلال القرن العشرين علما أن الزيادة فوق سطح اليابسة أكبر مما عليه فوق سطح المحيطات	متوسط الحرارة العام لسطح الأرض
تزايدت خلال القرن العشرين بدرجة أكبر من أي فترة خلال أخر ألف سنة علما بأن التسعينات كانت العقد الأكثر دفئا خلال الألف سنة هذه .	الحرارة في نصف الكرة الشمالي
تزايدت خلال الفترة من عام 1950 حتى عام 2000 فوق اليابسة علما أن وتيرة تزايد الحرارة الصغرى خلال الليل فاقت بمرتين وتيرة تزايد الحرارة العظمى النهارية	مجال الحرارة النهارية قرب سطح الأرض
تزايد	مؤشر الأيام الحارة
تناقص عمليا في جميع مناطق اليابسة خلال القرن العشرين	مؤشر الأيام الباردة (أيام الصقيع)
تزايدت بنسبة 5 - 10 % خلال القرن العشرين في نصف الكرة الشمالي ، علما بأن الهطولات تناقصت في بعض المناطق مثل شمال و غرب أفريقيا و بعض مناطق حوض المتوسط	الهطول فوق القارات
تزايدت في العروض المعتدلة و العليا من نصف الكرة الشمالي	حالات الهطول الغزير جدا
تزايد نطاق القحولة خلال فصل الصيف و ما يرتبط بها من انتشار للجفاف في مجموعة من المناطق . كبعض أجزاء أسيا و أفريقيا .	تكرار و قسوة الجفاف

<u>أسباب التغيرات المناخية</u>

A. **أسباب فلكية :** تربط تغير المناخ بتغير عناصر مدار الأرض حول الشمس و تذبذب ميل محور الأرض ، مما يؤدي الى تغير الطاقة الواصلة من الشمس الى المناطق المختلفة على سطح الأرض .
بداية التغيرات في مدار الأرض حول الشمس و يقصد بها تغيرات في الشكل الأهليلجي لمدار الأرض حول الشمس وهي تحدث خلال دورة يبلغ طولها 96000 سنة . كذلك ميلان محور الأرض حيث اكدت الدراسات أن ميل محور الأرض يتأرجح بين 21 و 24.4 درجة و تبلغ قيمته الحالية 23.45 درجة و تتم دروة التغير في مدة زمنية قدرها 41 000 سنة ، و تأرجح الأرض و هو تعبير عن تأرجح الأرض حول محورها و هو يحدث كل 21000 سنة . و تؤدي هذه الدورة الى تغير نمط الفصول ببطء شديد .

B. **النشاط الشمسي** : تفسر تغيرات المناخ بتغيير شدة الإشعاع الشمسي الوارد و تغير تركيبه الطيفي فالشمس نجم متحول ، بالتالي فإن الثابت الشمسي يخضع لتغييرات دورية ملحوظة نتيجة تطور نشاط الاحتراق على سطح الشمس . المؤكد أن التغيرات المناخية قد تكون مرتبطة بدورات البقع الشمسية والتي تتراوح مدتها من 7 - 17 سنة حيث يكون هناك أقصى نشاط شمسي مغناطيسي و التي تؤدي بالنتيجة الى أكبر قدر من القدرة الشمسية . وجد أن التغير في الثابت الشمسي بمقدار 1 % ربما سبب تغير بمقدار 0.6 درجة مئوية و 0.3 بالنسبة للألبيدو .

C. **الانفجارات البركانية :** تزود البراكين الغلاف الجوي بكميات ضخمة من الجزيئات و الحرارة و بخار الماء ، كما أن المقذوفات البركانية تنساب على السطح مبدلة خصائص السطح . أظهرت الحسابات الحرارية أن الثورات البركانية ربما تسبب تبريد يصل الى 0.3 درجة مئوية في درجة حرارة سطح الأرض و دفء بمعدل عدة درجات في الطبقة العليا من الغلاف الجوي .

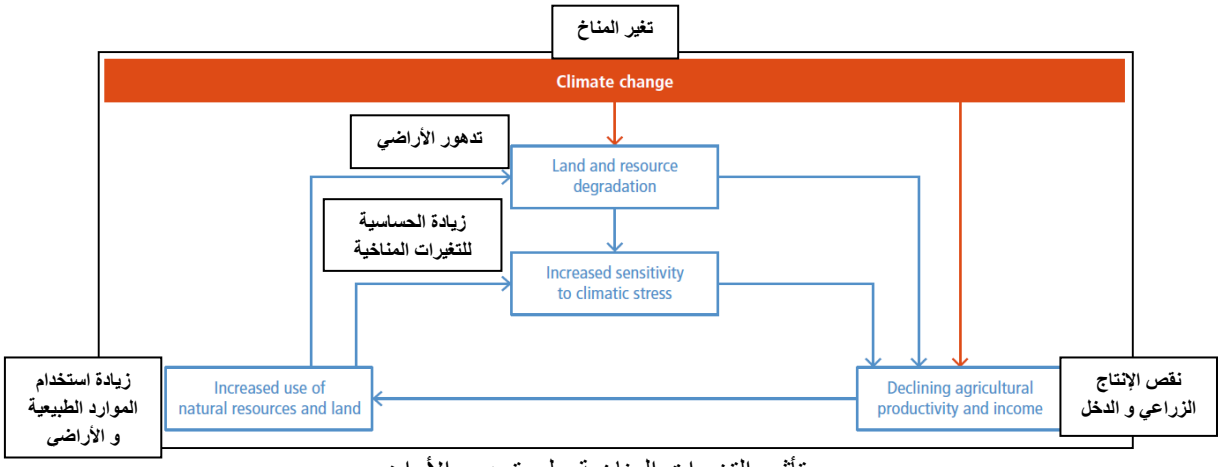
D. **العوامل البشرية :** أدت الأنشطة البشرية منذ ما قبل قيام الثورة الصناعية الى زيادة الانبعاث من غازات الدفيئة ، و قد عرف مصطلح غازات الدفيئة بأنها **" العناصر الغازية المكونة للغلاف الجوي الطبيعية و البشرية التي تمتص الأشعة تحت الحمراء الحرارية و تعيد بثها " .** زاد غاز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة 21 % من عام 1750 و حتى 2005 . و يأتي ما نسبته 75 % من غاز اكسيد الكربون من الوقود الاحفوري أما النسبة المتبقية فترجع الى نقص مساحة الغابات . يبين الجدول التالي التغير في تركيز غازات الدفيئة حتى عام 2000 :

تغير تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي حتى عام 2000 (عن IPCC 2001)

تركيز بعض غازات الدفيئة	التغيرات المسجلة
تركيز CO_2 في الغلاف الجوي	تزايد التركيز من 280 PPM قبل الثورة الصناعية حتى 368 PPM في عام 2000
تركيز CH_4 في الغلاف الجوي	تزايد التركيز من 700 ppb قبل الثورة الصناعية حتى 1750 ppb في عام 2000
تركيز N_20 في الغلاف الجوي	تزايد التركيز من 270 ppb قبل الثورة الصناعية حتى 316 ppb في عام 2000
تركيز O_3 في التربوسفير	تزايد التركيز بنسبة 35+ 15 % من بداية الثورة الصناعية حتى عام 2000 نسبة الزيادة تتغير بشكل كبير من منطقة لأخرى .
تركيز O_3 في الستراتوسفير	تناقص خلال الفترة من عام 1970 حتى عام 2000 نسبة التناقص تختلف بحسب الارتفاع و خط عرض المنطقة .

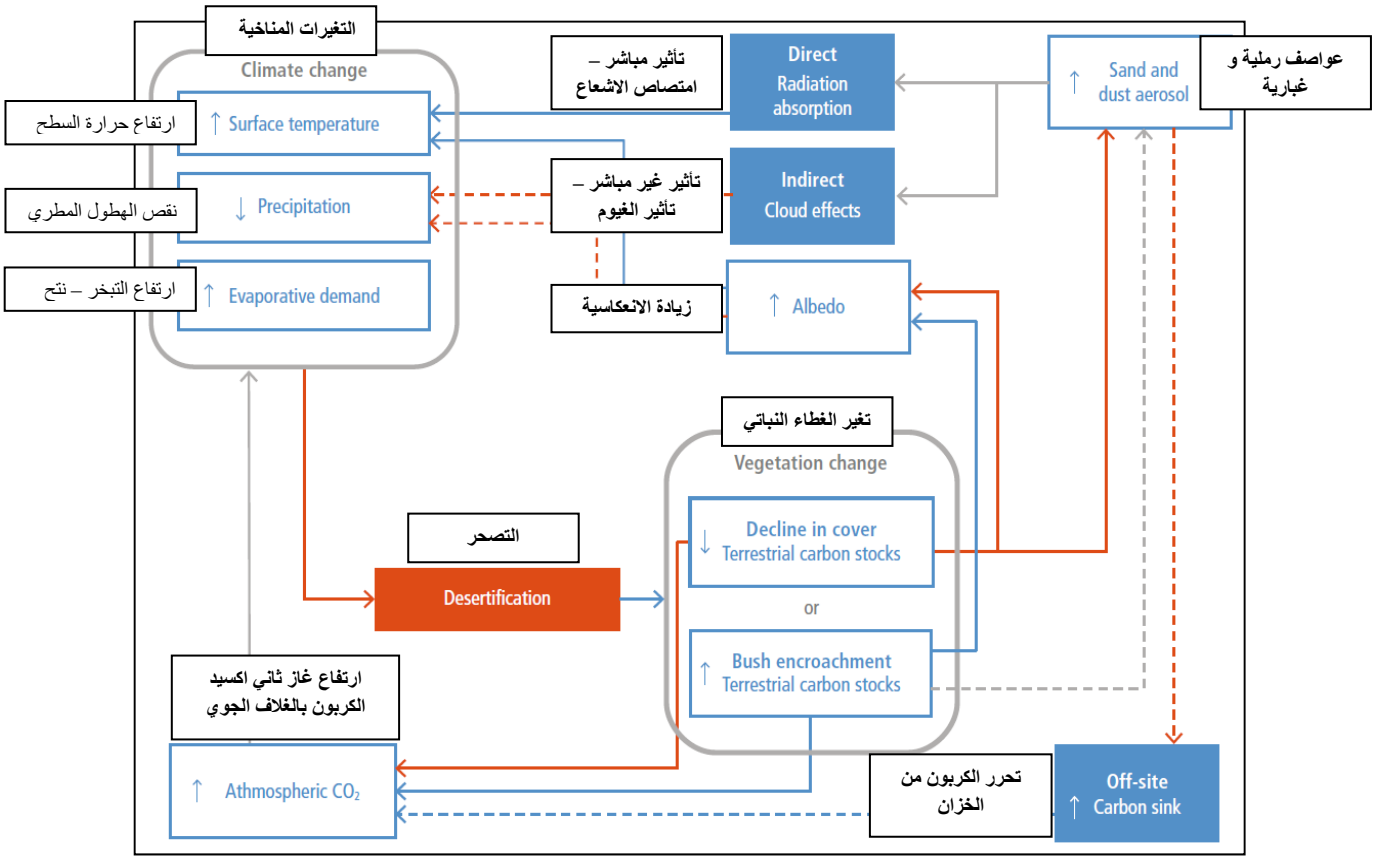
<u>التفاعل بين التغيرات المناخية و تدهور الأراضي</u>

يؤدي ارتفاع الحرارة عالميا الى تغيرات في الدورة الهيدرولوجية الأمر الذي يؤدي الى هطول مطري أكثر غزارة الذي يسبب بدوره الانجراف المائي . كما تؤدي تقلبات المناخ و الجفاف الى نقص في الإنتاج الزراعي الأمر الذي يؤدي زيادة استخدام موارد الأرض الطبيعية وهو بدوره يؤدي الى زيادة حساسية الأراضي للتغيرات المناخية و تدهور الأراضي . الشكل التالي يوضح كيفية تأثير التغيرات المناخية على تدهور الأراضي :



تأثير التغيرات المناخية على تدهور الأراضي

كما ان تدهور الأراضي يؤدي الى تأثير سلبي على اتجاه التغيرات المناخية حيث يؤدي تغيير استعمالات الأراضي و تحويل أراضي الغابات الى أراضي زراعية أو مراعي لانطلاق غازات الدفيئة من التربة و النباتات . بالإضافة الى ذلك فإن تغيير استعمالات الأراضي يؤدي الى تغير شكل السطح الأمر الذي يؤدي الى تعيير الألبيدو " الانعكاسية" و هو بدوره يؤدي الى التغير في درجات حرارة السطح و المحيط و يدفع باتجاه التغييرات المناخية . الشكل التالي يلخص العلاقة التفاعلية و التبادلية بين التغيرات المناخية من جهة و تدهور الأراضي و التصحر من جهة أخرى ، حيث يؤدي التغير المناخي المتمثل في نقص الهطول المطري "الجفاف " و زيادة درجات الحرارة و معدلات التبخر – نتح ، الى تدهور الأراضي و تصحر الأنظمة البيئية الهشة وبدوره التصحر يؤدي الى تغيير في الغطاء الأرضي و تغيير في انماط استخدام الأرض الذي يؤثر بدوره على الخزان الرئيسي للكربون " التربة + النبات" و هو ما يزيد من كميات غاز الكربون المنبعثة الى الغلاف الجوي و زيادة الألبيدو الانعكاسية نظرا لتغير شكل السطح و زيادة انجراف التربة و العواصف الغباريه و كلها امور تدفع الى مزيد من التغييرات المناخية .



العلاقة بين التغييرات المناخية و التصحر

الجفاف تعريفه أنواعه و مؤشرات قياسه

مقدمة :

إن حالات الجفاف جزء عادي من المناخ ، ومن الممكن أن تحدث في أي نظام مناخي في مختلف أنحاء العالم ، حتى في الصحارى والغابات المطيرة . وحالات الجفاف هي أحد أكثر الأخطار الطبيعية تكلفةً من سنة إلى أخرى ؛ وآثارها كبيرة وواسعة النطاق ، فهي تؤثر على قطاعات اقتصادية كثيرة وعلى أشخاص كثيرين في أي وقت من الأوقات .

تسهل مراقبة حالات الجفاف ، وذلك لأن بطء بدء حالات الجفاف يتيح وقتاً لمراقبة التغيرات التي تحدث في الهطول ، ودرجة الحرارة ، والحالة العامة لإمدادات المياه السطحية والمياه الجوفية في إقليم ما .وكثيراً ما تُستخدم المؤشرات أو الأرقام القياسية للجفاف لتتبُّع حالات الجفاف ، وهذه الأدوات تتباين تبعاً للإقليم والموسم.

وحالات الجفاف يمكن ، مثلها مثل الأخطار الأخرى ، توصيفها من حيث شدتها ، وموقعها ، ومدتها ، وتوقيتها . وقد تنشأ حالات الجفاف من طائفة متنوعة من العمليات المتعلقة بالأحوال الجوية الهيدرولوجية التي تخمد الهطول و/أو تحد من توافر المياه السطحية أو المياه الجوفية ، مما يؤدي إلى نشوء أوضاع أجفّ كثيراً من المعتاد أو تحدّ من توافر الرطوبة إلى حد يمكن أن يكون ضاراً . ومن المهم ملاحظة أن آثار حالات الجفاف يمكن أن تكون متباينة بقدر تباين أسبابها . فحالات الجفاف قد تؤثر تأثيراً سلبياً على الزراعة والأمن الغذائي ، وتوليد الطاقة الكهرومائية والصناعة ، وصحة الإنسان والحيوان ، وأمن سُبل العيش ، والأمن الشخصي (مثلاً ، سير المرأة مسافات طويلة لجلب المياه) ، والحصول على التعليم (مثلاً ، عدم ذهاب الفتيات إلى المدرسة بسبب تزايد الوقت الذي يقضينه في جلب المياه) . وهذه الآثار تتوقف على السياقات الاجتماعية - الاقتصادية التي تحدث فيها حالات الجفاف ، من حيث من أو ما الذي يتعرض لحالات الجفاف وأوجه الهشاشة المحددة للكيانات المعرّضة .

الجفاف هو فترة أو حالة طقس جاف بشكل غير عادي داخل منطقة جغرافية تتعرض عادة لهطول الأمطار. خلال الجفاف هناك نقص في هطول الأمطار . الجفاف يحدث في جميع المناطق المناخية . ومع ذلك ، خصائصه تختلف اختلافا كبيرا من منطقة إلى أخرى. نتائج الجفاف عادة تبدأ من نقص المياه الذي يتداخل بجدية مع النشاط البشري .الخزانات الفارغة ، وجفاف الآبار و ما يتنج عنه من تلف للمحاصيل . جديتها يعتمد على درجة نقص المياه ، وحجم المنطقة المتضررة ، والمدة والحرارة في فترة الجفاف .. إذا كانت فترة الجفاف قصيرة تسمى بموجة الجفاف .الجفاف هو عادة أكثر من 14 يوما دون هطول الأمطار ، في حين أن الجفاف الشديد قد يستمر لسنوات .

تعريف الجفاف:

أصبح الجفاف بوصفه أحد المخاطر الطبيعية موضوعا لكثير من الدراسات التي أجراها علماء من تخصصات ومهن شتى . ومن ثم اختلفت تعريفات الجفاف وفقا لطبيعة الاحتياجات من الماء أو الرطوبة . وقد مر تعريف الجفاف البسيط الذي يركز على تخلف المطر عن السقوط في موسمه المعتاد بتعديلات عديدة . ومن بين العبارات والتعريفات العديدة التي وضعت للجفاف هي الجفاف الموسمي والجفاف العارض والجفاف المتصل بالأحوال الجوية والجفاف الزراعي والجفاف الهيدرولوجي . واقترحت عبارات أخرى لوصف الجفاف وفقا لاستخدام الأرض أو حاجتها مثل "الجفاف الرعوي " و "الجفاف الإيكولوجي".

واقترحت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية تعريفين للجفاف :

- **تخلف المطر عن السقوط أو سوء توزيعه لفترة طويلة .**
- **فترة يسودها طقس جاف بدرجة غير عادية وتطول بما يكفي لكي يتسبب نقص الأمطار في اختلال هيدرولوجي خطير .**

إضافة لذلك ، فقد ورد في المادة 1 من اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر التعريف التالي : تعني كلمة "الجفاف " الظاهرة الطبيعية التي تحدث عندما يكون المطر أدنى بدرجة محسوسة من مستوياته المسجلة ، وهي تتسبب بذلك في وقوع اختلالات هيدرولوجية تؤثر تأثيرا ضارا على نظم إنتاج الموارد الأرضية .

كما تضمنت اتفاقية الأمم المتحدة التعريف التالي لتدبير يتصل بالجفاف: " يعني التخفيف من آثار الجفاف هو تلك الأنشطة التي تتعلق بالتنبؤ بالجفاف وترمي إلى التقليل من تعرض المجتمع والنظم الطبيعية في مواجهة الجفاف من حيث اتصالها بمكافحة التصحر."

الجفاف و أنواعه :

يعتبر الجفاف من الظواهر الطبيعية البالغة التعقيد و التي بدأ تأثيرها واضحا بشكل كبير على مستوى الحياة على الكرة الأرضية في العقود الاخيرة بسبب التغيرات المناخية التي تعاني منها الأرض بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري و الذي بدأ بشكل خطرا كبيرا لأجزاء كبيرة من الأرض مسببا مخاطر المجاعة التي بدأت تعاني منها دول عديدة في العالم و خصوصا في قارتي أسيا و إفريقيا . أن مصطلح الجفاف لا يعني دائما حصول تصحر

أو هي كلمة مرتبطة بالمناطق الجافة من العالم فقط و لكنها تعني حدوث أي نقص في كمية الأمطار الساقطة على منطقة معينة عن المعدل العام للأمطار في تلك المنطقة ، فعلى سبيل اذا كان معدل التساقط يساوي 1000 ملم في منطقة ما ثم انخفض هذا المعدل الى 800 ملم فذلك يعني حصول جفاف في المنطقة بالرغم من أن الكمية 800 ملم كافية للزراعة و محافظة على الغطاء النباتي في تلك المنطقة .

يعتبر الجفاف حدث هيدرولوجي متطرف ذو تأثير مباشر على نمط الحياة و النشاطات البشرية على الأرض اغلب تعاريف الجفاف تشير الى واحد او الى عدد من مكونات الدورة الهيدرولوجية بالإضافة للتأثيرات على الأنظمة البيئية او على مستعملي الماء المعنيين طبقا للأسلوب العلمي الذي يحلل الجفاف . **صنف الجفاف الى أربعة أصناف (مناخي و زراعي و هيدرولوجي و اقتصادي) . يعتمد تصنيف الجفاف المناخي على درجة الجفاف (طبيعية أو متوسطة أو عالية جدا) بالإضافة الى فترة الجفاف و هي خصائص مناخية تكون مرتبطة بموقع معين او منطقة معينة من الأرض و تشكل الأمطار الدور الأساس فيها حيث يؤدي نقص المطر الى حد كبير للتأثير على الانتاج الزراعي في تلك المنطقة . مجمل التأثيرات على النشاط الزراعي تتمثل بخفض ماء التربة بالإضافة إلى انخفاض مناسيب المياه الجوفية ، و التأثيرات على الخصائص الحيوية للنبات خلال مرحلة النمو ، لذلك أي تعريف للجفاف الزراعي يجب أن يفسر سهولة تأثر المحاصيل اثناء المراحل المختلفة من نمو المحصول .**

يشير الجفاف الهيدرولوجي الى النقص الحاصل في كمية المياه المتدفقة في الأنهار و الجداول و العيون و الآبار بالإضافة الى التغيير الكبير في حجم المياه السطحية للخزانات و البحيرات العذبة . بينما يرتبط مصطلح العجز الاقتصادي الى الفارق بين العرض و الطلب أي بمعنى اذا كان الانتاج الزراعي يفوق الطلب معنى هذا لا يوجد جفاف بالرغم من احتمالية نقص الأمطار في تلك المنطقة .

بمعنى أخر يمكن تعريف انواع الجفاف كالتالي :

الجفاف المناخي

هو مقدار الجفاف ومدة الجفاف .حيث يكون نتيجة الظروف الجوية من أوجه القصور أو/و التغيير في هطول الأمطار والذي يختلف من منطقة إلى أخرى.

الجفاف الزراعي

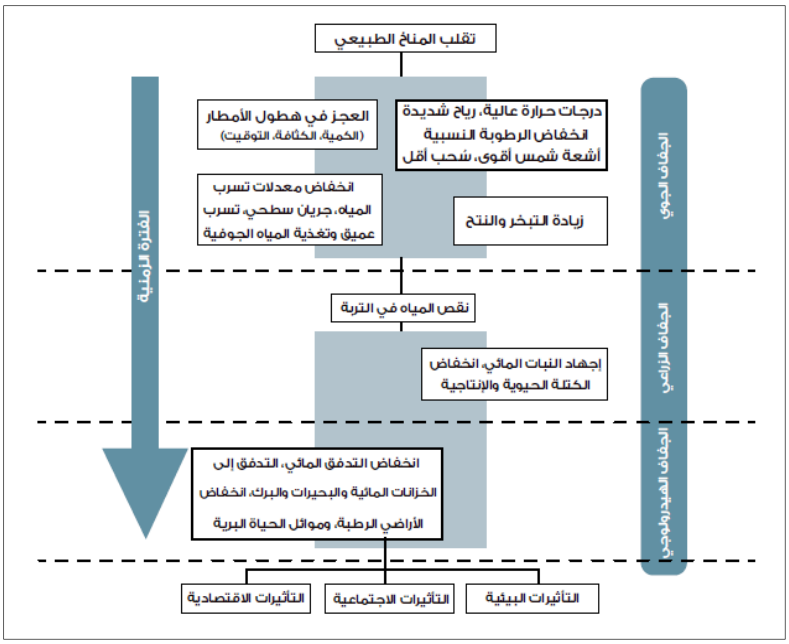
يؤثر الجفاف الزراعي أساسا على إنتاج الأغذية والزراعة . يحدث الجفاف الزراعي نتيجة الاستمرار في نقص هطول الأمطار الأمر الذي يؤدي للعجز في رطوبة التربة ، وانخفاض مستويات المياه الجوفية المخزنة ، وهلم جرا. رطوبة التربة السطحية تؤدي الى قصور في وقف إنبات الزرع ، مما أدى إلى انخفاض الكساء النباتي.

الجفاف الهيدرولوجي:

يرتبط الجفاف الهيدرولوجي مع آثار فترات نقص هطول الأمطار على إمدادات المياه .وغالبا ما تستخدم في أنظمة تخزين المياه مثل الخزانات المائية والأنهار لأغراض متعددة مثل السيطرة على الفيضانات ، والري ، والترفيه ، والملاحة ، والطاقة الكهرومائية ، وموائل الحياة البرية. التنافس على المياه في أنظمة التخزين تصاعد خلال الجفاف والنزاعات بين مستخدمي المياه زادت.

الجفاف الاجتماعي والاقتصادي

الجفاف الاجتماعي والاقتصادي يحدث عند الطلب على سلعة اقتصادية يفوق العرض نتيجة لنقص هذه السلعة المتصلة بالطقس و في إمدادات المياه .توريد سلع اقتصادية كثيرة ، مثل العلف والماء والحبوب الغذائية والأسماك وتوليد الطاقة الكهرومائية ، يعتمد على الاحوال الجوية. بسبب تقلب المناخ ، امدادات المياه كافية في بعض السنوات ولكنها ليست مرضيا لتلبية الاحتياجات الإنسانية والبيئية في السنوات المقبلة.



العلاقة بين انواع الجفاف

كثافة و شدة الجفاف

- بداية الجفاف

تكون بداية الجفاف ومدته ونهايته مراحل حاسمة. تؤدي موجات الجفاف الطويلة غير المتوقعة والتي لا يمكن التنبؤ بها إلى حدوث فوضى ولها عواقب كارثية.

فعليا لا يبدأ الجفاف بعد أخر مطر بل يبدأ ظهوره بعد فترة من الوقت عند جفاف رطوبة التربة ، لذلك يمكن القول أن الجفاف يبدأ عندما تجف التربة (الجفاف الزراعي) أو عند نضوب المياه من مكامنها (الجفاف الهيدرولوجي).

- شدة الجفاف

كلما قلت كمية المطر عن متوسط الهطول للسنوات العادية كلما زادت شدة الجفاف ، كذلك ترتبط شدة الجفاف بمدته ففي حالة جفاف قصير المدة تكون التربة قادرة على استعادة رطوبتها بكمية قليلة من الماء ، الامر الذي لايحدث بسهولة في الجفاف طويل المدة .

- تواتر الجفاف

تواتر او تكرار الجفاف في فترة محددة هو من اكثر الخصائص اهمية في تحليلات الجفاف ، حيث ان الفاصل الزمني بين فترتي جفاف و امكانية التنبؤ به يساعد في التخطيط للمشاريع .

- مدى الجفاف

يعبر عن مدى أنتشار الجفاف مكانيا من المستوى المحلي الى الاقليمي ، بعبارة أخرى هو التوزع المكاني للجفاف في منطقة واسعة .

قياس الجفاف

المؤشرات

هي متغيرات أو بارامترات تُستخدم لوصف أحوال الجفاف. ومن بين الأمثلة الهطول، ودرجة الحرارة، وتدفق المجاري المائية، ومستويات المياه الجوفية والمستودعات، ورطوبة التربة، والتراكم الثلجي .

الأرقام القياسية

هي تمثيلات عددية محسوبة لشدة الجفاف المقدرة باستخدام مُدخلات مناخية أومدخلات أحوال جوية هيدرولوجية من بينها المؤشرات المذكورة أعلاه. وهي تهدف إلى قياس الحالة النوعية للجفاف على أرض الواقع لفترة زمنية معينة. والأرقام القياسية هي من الناحية الفنية مؤشرات أيضاً.

يمكن تصنيف المؤشرات و الارقام القياسية لمراقبة الجفاف ضمن التصنيف التالي:

I. مؤشرات الأحوال الجوية .
II. مؤشرات رطوبة التربة .
III. مؤشرات الهيدرولوجيا .
IV. مؤشرات الاستشعار عن بعد .

سنعرض هنا مؤشر دليل المطر القياسي كمثال لمؤشرات الاحوال الجوية و مؤشرات الاستشعار عن بعد

دليل المطر القياسي SPI :

تم تطوير دليل المطر القياسي لفهم نقص الامطار على خصائص رطوبة التربة و المياه الجوفية و الخزانات السطحية و جريان الأنهار ، لذلك صمم دليل المطر القياسي ليناسب مقاييس زمنية مختلفة لتحليل الامطار هذه المقاييس تعكس تأثير الجفاف على الأنواع المختلفة لمصادر المياه ، فمثلا لتحليل رطوبة التربة و مدى تأثرها بتغيرات الامطار نعتمد على تحليل الفترات القصيرة للأمطار ، بينما لتحليل تغيرات تصريف الانهار و مناسيب المياه الجوفية نحتاج لتحليل فترات طويلة للأمطار ، لذلك يتم حساب دليل المطر القياسي لفترات تبلغ 3 ، 6 ، 12 ، 24 شهر حسب الغاية من التحليل .

يعتبر دليل المطر القياسي دليل نسبي في تصنيف فترات الجفاف و الرطوبة حيث يتعامل مع كل محطة مطرية بشكل منفرد و يمثل المعدل العام للمطر في تلك المحطة الحد الفاصل ما بين تصنيف الجفاف و تصنيف الرطوبة و بذلك فان مصطلح الجفاف لا يرتبط بالمحطات ذات معدلات المطر الواطئة كما لا يرتبط مصطلح الرطوبة بالمحطات ذات معدلات المطر العالية ، فعلى سبيل المثال اذا كانت كمية المطر الساقطة في سنة ما على المحطة المطرية ذات المعدل المطري 1000 ملم تساوي 900 ملم تصنف هذه السنة بأنها ضمن السنوات الجافة لتلك المحطة ، بينما اذا كانت كمية المطر الساقطة في سنة ما على المحطة المطرية ذات المعدل المطري 100 ملم تساوي 120 ملم تصنف هذه السنة بأنها ضمن السنوات الرطبة في تلك المحطة . لذلك يمكن الاستفادة من إمكانيات دليل المطر القياسي في متابعة تأثيرات التغيرات المناخية على أي موقع من العالم بالاستفادة من سجلات البيانات المطرية لتلك المنطقة حيث توضح قيم دليل المطر القياسي خصائص تعاقب فترات الجفاف و الرطوبة للمحطة المطرية تاريخيا و بذلك يمكن ملاحظة أي تغير غير طبيعي في خصائص المطر في تلك المحطة و خصوصا للفترات الحديثة مما يعطي استنتاجا بوجود او عدم وجود تغير مناخي في ذلك الموقع من العالم .

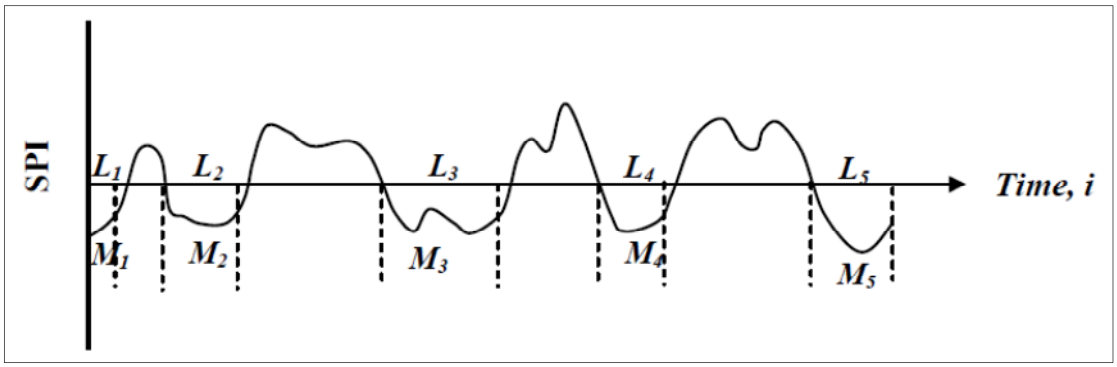
التحليل الرياضي لدليل المطر القياسي SPI

يقوم مبدأ التحليل بوساطة دليل المطر القياسي إحصائيا على مبدأ تحويل توزيع كاما لسلسلة البيانات الى التوزيع الطبيعي لذلك تكون قيمة الوسط لبيانات دليل المطر القياسي SPI تساوي صفرا بينما تعني القيم الموجبة لدليل المطر القياسي وجود زيادة في الأمطار عن المعدل العام للأمطار أي سنوات رطبة ، أما القيم السالبة لدليل المطر القياسي فتعني وجود نقص في الأمطار عن المعدل العام للأمطار أي سنوات جافة .

صنف العالم قيم SPI الى ثمانية أصناف تصف حالة المطر ما بين الجفاف و الرطوبة كما هو مبين بالجدول التالي :

تصنيف دليل المطر القياسي

قيم SPI	التصنيف
≥ 2	شديد الرطوبة جدا (Extremely wet)
1.5 – 1.99	شديد الرطوبة (Severely wet)
1 – 1.49	متوسط الرطوبة (Moderately wet)
0 – 0.99	معتدل الرطوبة (Mild wet)
-0.99 – 0	جاف معتدل (Mild drought)
-1.49 - - 1	جاف متوسط (Moderately drought)
- 1.99 - -1.5	شديد الجفاف (Severely drought)
≤ -2	شديد الجفاف جدا (Extremely drought)



مخطط يوضح فترات الجفاف لسلسلة زمنية للأمطار

L= استدامة الجفاف (drought duration).

M = قيمة الجفاف (drought magnitude) .

يمكن ملاحظة إن القيم الموجبة لدليل المطر القياسي SPI تمثل السنوات الرطبة و بالتالي فان الفرق بين قيمة المطر و معدل المطر السنوي يمثل الزيادة المطرية ، بينما القيم السالبة لدليل المطر القياسي تمثل السنوات الجافة لذلك فالفرق بين قيمة المطر و معدل المطر السنوي يمثل العجز المطري . تعرف فترة الجفاف المتعاقبة ضمن السلسلة الزمنية للأمطار بأنها استدامة الجفاف ، بينما تعرف كمية العجز المطري خلال تلك الفترة كمية الجفاف الكلي . يعرف معدل الجفاف بأنه حاصل قسمة كمية الجفاف الكلية على استدامة الجفاف .

مؤشرات الجفاف الاستشعارية :

يقدم الاستشعار عن بعد وسيلة هامة جدا لتتبع الجفاف لما له من ميزات يمكن تلخيصها كالتالي :

التغطية المكانية

يعد الاستشعار عن بعد مصدر هام جدا للحصول على بيانات تغطي مساحات واسعة ، فالبيانات الاستشعارية تغطي كامل كوكب الأرض ، وتكون مصدرا للمعلومات لاماكن من الصعب الوصول لها بالطرق التقليدية لأسباب طبيعية أو سياسية او عسكرية .

التغطية الزمنية

يمكن أن تكون ملاحظات الاستشعار عن بعد متكررة ، مما يعطي امكانية الحصول على معلومات دورية لنفس المكان مما يتيح تتبع و مراقبة ظاهرة ما و تقييم تأثير التدخلات .

الدقة

يمكن أن تكون المعلومات الاستشعارية دقيقة للغاية فيما يتعلق بأنواع معينة من القياسات الأرضية . تعتبر بيانات الاستشعار عن بعد موضوعية وليست مبنية على الآراء .

بعض المؤشرات المستخدمة التي تعتمد بيانات الاستشعار عن بعد في تقدير الجفاف

1- قرينة الغطاء النباتي

Normalized Difference Vegetation Index

يستخدم قيم الإشعاع المقيسة في كل من قنوات الأشعة المرئية الحمراء والأشعة القريبة من الأشعة تحت الحمراء تُستخدم لحساب الرقم القياسي الموحد الفرق للغطاء النباتي (NDVI) وهو يقيس خضرة الغطاء النباتي وقوته ويمكن أن يحدد إجهاد الغطاء النباتي المرتبط بالجفاف.

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

تتراوح قيمته بين 1- و 1

2- الرقم القياسي لأحوال الغطاء النباتي

Vegetation Condition Index

يُستخدم الرقم القياسي لأحوال الغطاء النباتي (VCI) لتحديد حالات الجفاف وتحديد بداية الجفاف ، لا سيما في المناطق التي تحدث فيها حالات الجفاف في مكان محدد وتكون غير محددة جيداً ، وهو يركز على أثر الجفاف

على الغطاء النباتي ويمكن أن يوفر معلومات عن بداية الجفاف ومدته وشدته بالإشارة إلى تغيرات الغطاء النباتي ومقارنتها بالقيم التاريخية.

(VCI) = (NDVI - NDVImin)/(NDVImax- NDVImin)*100

تتراوح قيمته بين 0 و 100

3- الرقم القياسي لأحوال درجة الحرارة

Temperature Condition Index

يُستخدم الرقم القياسي لأحوال درجة الحرارة (TCI) لتحديد الإجهاد الذي يتعرض له الغطاء النباتي نتيجة لدرجات الحرارة والرطوبة المفرطة ، وذلك لاستخدامه النطاقات الحرارية المسجلة بواسطة الأقمار الصناعية وتقدّر الأحوال بالنسبة إلى درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى وتعدَّل لتعكس استجابات الغطاء النباتي المختلفة لدرجة الحرارة.

(TCI) = (BTmax - BT)/(BTmax- BTmin)*100

تتراوح قيمته بين 0 و 100

4- الرقم القياسي لصحة الغطاء النباتي

Vegetation Health Index

يمثل إحدى المحاولات لمراقبة وتحديد الآثار الزراعية المترتبة على الجفاف باستخدام بيانات مستشعرة عن بُعد .وتُستخدم مجموع الرقم القياسي لأحوال الغطاء النباتي و الرقم القياسي لأحوال درجة الحرارة لتحديد وتصنيف الإجهاد الذي يتعرض له الغطاء النباتي بسبب الجفاف.

(VHI) = VCI * 0.5 + TCI * 0.5

تتراوح قيمته بين 0 و 100

<u>تصنيف الجفاف تبعا لقيم TCI و VCI و VHI</u>

تتراوح قيم مؤشر أحوال النبات و مؤشر أحوال درجة الحرارة و مؤشر صحة النبات بين 0 – 100 و يتم تصنيف الجفاف حسب قيم هذه المؤشرات كما في الجدول التالي :

تصنيف الجفاف تبعا TCI و VCI و VHI

Drought **درجة الجفاف**	**Values** **القيمة**
Extremely drought جفاف شديد جدا	Less than 10
V. High Drought جفاف شديد	20-10
Moderately Drought جفاف متوسط	30-20
Slightly Drought جفاف خفيف	40-30
Not affected غير متأثر بالجفاف	More than 40

المراجع :

- World Meteorological Organization, 2016: Drought Indices, (WMO-No. 1173), Geneva,
- World Meteorological Organization, 2012: Standardized Precipitation Index User Guide (WMO-No.1090), Geneva,
-
- أبو زخم عبد الله والصالح رجاء (2018) . المناخ و الأرصاد الجوية . منشورات جامعة دمشق ، الطبعة الأولى ، كلية الزراعة ،213 صفحة .
- رشيد ، تحليل فترات جفاف الأمطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي SPI . هندسة الرافدين ، 18(2) ، 2010 .
- دراسة حول مؤشر رصد التصحر في الوطن العربي ، جامعة الدول العربية ، المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، الخرطوم، السودان، 2003 .
- كريمة محمد وهيب ، التصحر اسبابه وتأثيراته وطرق مكافحته ، مجلة العلوم الزارعية العراقية ، جامعة بغداد، عدد 44 ، 2013 .