مقرر التصحر و طرق التحكم فيه

المحاضرة الثانية

الجفاف وأنواعه و مؤشرات قياسه .
التدهور الكيميائي و الفيزيائي و الحيوي للأرض و مؤشراته والتحكم به .

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 ١٠٠٠ ملم في منطقة ما ثم انخفض هذا المعدل الى ٨٠٠ ملم فذلك يعني حصول جفاف في المنطقة بالرغم من أن الكمية ٨٠٠ 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

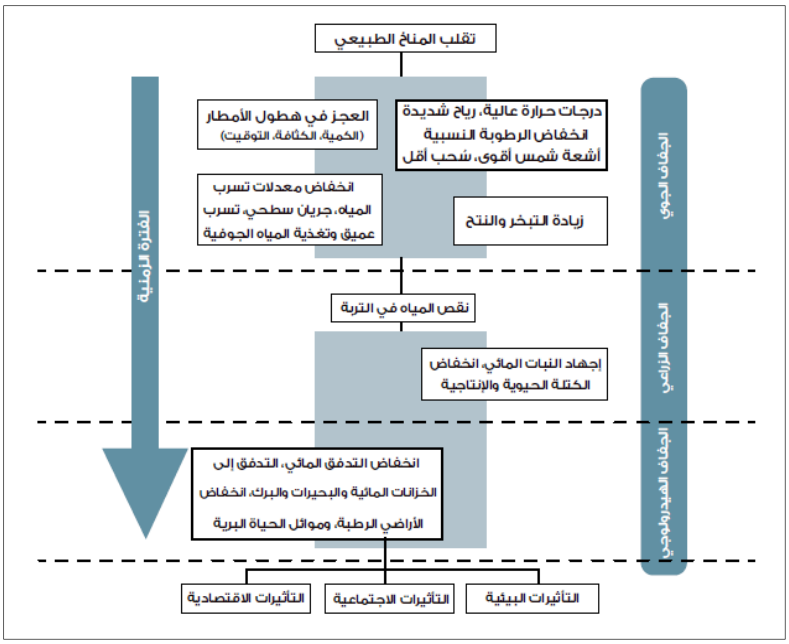
يؤثر الجفاف الزراعي أساسا على إنتاج الأغذية والزراعة . يحدث الجفاف الزراعي نتيجة الاستمرار في نقص هطول الأمطار الأمر الذي يؤدي للعجز في رطوبة التربة ، وانخفاض مستويات المياه الجوفية المخزنة ، وهلم جرا. رطوبة التربة السطحية تؤدي الى قصور في وقف إنبات الزرع ، مما أدى إلى انخفاض الكساء النباتي.

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 ٣ ، ٦ ، ١٢ ، ٢٤ 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 ١٠٠٠ ملم تساوي ٩٠٠ 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 ١٠٠ ملم تساوي ١٢٠ 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 .

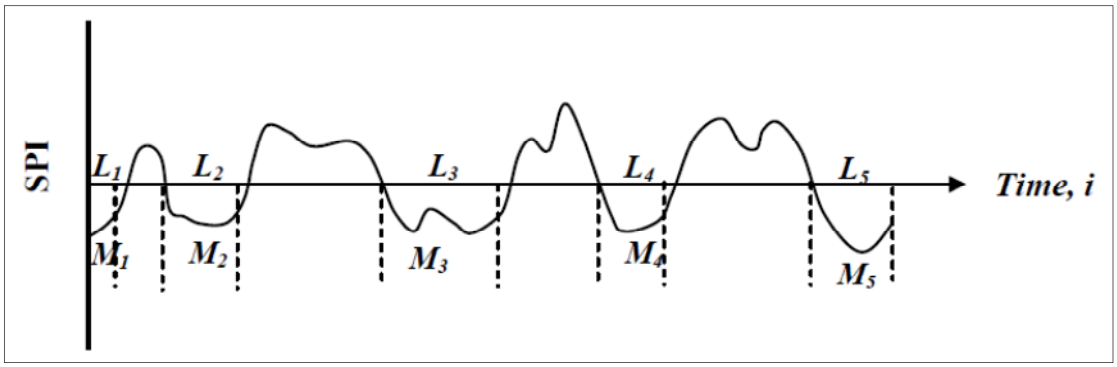
التحليل الرياضي لدليل المطر القياسي SPI

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

١- 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

٢- 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

٣- 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

٤- 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 ٠ – ١٠٠ 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

التدهور الكيميائي و مؤشرات قياسه و طرق مقاومته

عندما تتكون الأرض تحت ظروف جوية رطبة يتوالى نفاذ الماء خلال طبقات الأرض مذيبا و ناقلا معه مختلف الكاتيونات الأرضية و يحل الهيدروجين محل هذه الكاتيونات على سطح الغرويات الأرضية و يتكون في هذه الظروف **الأراضي الحامضية** لأن الرقم الهيدروجيني – رقم pH في هذه الأراضي يكون على الجانب الحامضي أي أقل من ٧ .

ويزداد حلول الهيدروجين و بالتالي درجة حموضة الأرض بزيادة غسيل الأرض ، و تقل الحموضة إذا كان الغسيل متوسطا تاركا نسبة من الكاتيونات القاعدية على سطوح الطين و تكون الأرض حول درجة التعادل .

و ثمة عوامل محلية أي تنبع من ظروف خاصة بأرض معينة قد تحول الرقم الهيدروجيني الخاص بالأرض عما يتوقع ، و أهم هذه العوامل و أشدها أثرا هو تركيز ثاني أكسيد الكربون في النظام الأرضي فكلما زاد هذا التركيز كلما انخفض الرقم الهيدروجيني ، و في حالة الأرض المتعادلة يكون تأثير هذا العامل شديد الوضوح فزيادة تركيز ثاني اكسيد الكربون عن تركيزه في الجو يؤدي الى خفض واضح في الرقم الهيدروجيني للأرض المتعادلة .

و ماء المطر عادة ذو حموضة ضعيفة نظرا لاحتوائه على نسبة صغيرة من ثاني اكسيد الكربون أما في المناطق الصناعية حيث تكثر الغازات التي تتصاعد من المصانع و يزداد تركيز ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النتروجين فان ماء المطر يكون زائد الحموضة **المطر الحامضي** كما تزداد الحموضة في ماء المطر الذي يسقط في المناطق السكنية عن غيرها من المناطق نتيجة لمركبات الكبريت الناتجة عن احتراق الوقود فيزداد حامض الكبريتيك فيه.

وبوصول مياه الامطار الى سطح الأرض و أثناء تدفقها على هذا السطح أو اختراقها له في طريقها الى باطن الأرض تذيب مواد مختلفة و يصبح محتواها من الاملاح أكثر تركيزا ، ويتوقف مقدار ما يحمله الماء من هذه المواد على مكونات الأرض التي يتدفق عليها أو يرشح خلالها و مدة تلامسه مع المكونات الأرضية ، و درجة ذوبان هذه المكونات و حالتها الفيزيائية ، فالكتل الصخرية شديدة التماسك تختلف في ذوبانها عن المساحيق كما تؤثر درجة الحرارة على درجة ذوبان المواد بالماء .

و عند وصول الماء الى الوديان تبدأ مجموعة من التفاعلات الكيميائية تكون نتيجتها دائما تحول الأرض الى الجانب الحامضي ، ويحدث التدهور الكيميائي أسرع كثيرا من حدوثه نتيجة سقوط الأمطار العادية التي لا تحتوي على الأحماض .

وجد ان انخفاض حموضة الأرض ليست هي السبب المباشر للأضرار التي يعاني منها النبات النامي في الأراضي الحامضية ، إنما يكون الضرر نتيجة وجود الألمنيوم المتبادل بالأراضي الحامضية .

كما وجد أعراض نقص الكالسيوم على النبات النامي في الأراض الحامضية و لذلك فإن أضافة كربونات الكالسيوم لهذه الأراضي يعتبر علاج لها .

كما يتأثر يسر بعض العناصر الغذائية للنبات بدرجة حموضة الأرض مثل الفوسفور فهو أكثر ما يكون يسرا في الوسط المتعادل و التحول الى الحموضة يؤدي الى ترسب الفوسفور و الغالب أن التفاعل السائد في هذه الحالة هو الترسيب على صورة فوسفات حديد و ألمنيوم .

و يسلك الموليدنيوم سلوك الفوسفور فيقل يسره للنبات بزيادة الحموضة الأرضية و يزداد بمعادلة هذه الحموضة باستعمال كربونات الكالسيوم .

أما بقية العناصر الصغرى مثل الحديد و المنغنيز و الزنك و البورون فتزيد صلاحيتها للامتصاص بزيادة حموضة الأرض حتى إذا زادت هذه الحموضة فان تركيز هذه العناصر الصغرى يزداد و قد يصل الى درجة السمية للنباتات .

يتأثر التدهور الكيميائي بعدة عوامل هي المناخ و الأرض و الطبوغرافية و العامل البشري .

عامل المناخ

يقدر التدهور الكيميائي بدليل المناخ في الموسم الممطر حيث يكون المطر p أكبر من PET (البخر نتح المحتمل) .

عامل الأرض

تعتبر الاراضي الاستوائية بصفة خاصة معرضة للتدهور الكيمائي اذا كانت غنية بمعدن الكاؤولينيت ذات السعة التبادلية المنخفضة ، وكذا تعتبر الأراضي الرملية ذات النفاذية العالية و الأراضي التي تحتوي نسبة ضئيلة من المادة العضوية معرضة للتدهور الكيميائي لانخفاض سعتهما التبادلية الكاتيونية . و في حال المستنقعات تنتج الحموضة من أكسدة الكبريت بعد تجفيفها مكونا حامض الكبريت و هو سام للنباتات لذا تعتبر هذه الأراضي ضمن الأراضي التي تلفت نتيجة وجود أو تكون المواد السامة بها .

عامل الطبوغرافية

يزداد تدفق الماء في المنحدرات الشديدة و بالتالي يقل نفاذ الماء خلال الأرض و يقل الغسيل ، و لذا فالطبوغرافية المستوية تزيد من احتمالات الغسيل و التحول الى أرض حامضية .

العامل البشري

تعمل النباتات النامية طبيعيا خصوصا في حالة نباتات الغابات كمخزن للكاتيونات و هذه الكاتيونات المخزونة في النباتات لا تفقد بالغسل بالماء بسهولة . و تعمل هذه النباتات على استرجاع الكاتيونات التي غسلت الى باطن الأرض عن طريق امتداد جذورها و امتصاصها لهذه الكاتيونات ، و لذا ففي وجود الغطاء النباتي الطبيعي يكون فقد القواعد من قطاع الأرض ضئيلا نسبيا .

و عندما يتدخل الانسان فيقطع الاشجار و يحرق النباتات تزداد عملية الغسيل كثيرا اذ يمكن غسل القواعد الموجودة في الرماد . و قد يزيد الانسان أيضا عملية الغسيل وحموضة الأرض باستخدامه اسمدة حامضية التأثير مثل الاسمدة الأمونيومية خصوصا في حالة الأراضي خشنة القوام منخفضة السعة التنظيمية . و قد تؤدي زراعة بعض الحاصلات الى زيادة حموضة الأرض اذا كان الجزء الذي يتم حصاده محتويا على مقادير كبيرة من الكاتيونات الممتصة من الأرض . كما أن الري الزائد قد يؤدي ايضا الى حموضة الأرض .

تدل الظواهر الآتية على التلف الكيميائي للتربة :

- جودة نمو النباتات المحبة للحموضة .
- تعجن التربة بعد سقوط الأمطار .
- عدم الاستجابة للتسميد .
- ظهور أعراض التسمم على الأوراق من زيادة الحديد و النحاس و المنغنيز و الألومنيوم و البورون و الزنك أو أعراض نقص البوتاسيوم ، الكبريت ، الفوسفور .
- زيادة أمراض النباتات .
- نقص الإنتاج .

وقد قامت منظمة الاغذية و الزراعة FAO بتدريج تدهور التربة كيميائيا تبعا لنسبة التشبع بالقواعد الى الدرجات الموضحة في الجدول التالي :

درجات التدهور الكيميائي (اذا كانت نسبة التشبع بالقواعد أقل من ٥٠ ٪)

التصنيف	انخفاض النسبة المئوية للتشبع بالقواعد/ سنة
معدوم أو طفيف	١,٢٥ >
متوسط	٢,٥ – ١,٢٥
مرتفع	٥ – ٢,٥
مرتفع جدا	٥ <

درجات التدهور الكيميائي (اذا كانت نسبة التشبع بالقواعد أعلى من ٥٠ ٪)

التصنيف	انخفاض النسبة المئوية للتشبع بالقواعد/ سنة
معدوم أو طفيف	٢,٥ >
متوسط	٥ – ٢,٥
مرتفع	١٠ – ٥
مرتفع جدا	١٠ <

التدهور الفيزيائي و مؤشراته و مقاومته

يمكن أن يحدث التدهور الفيزيائي للأراضي كنتيجة لعدد من العمليات المتداخلة مع بعضها بما في ذلك تكون قشرة صلبة غير منفذه أو انخفاض المسامية او الانضغاط أو نقص التهوية أو تهدم البناء و عدم قدرة الجذور على الامتداد و أغلب هذه العمليات مرتبطة بنقص مسام الأرض .

و عند تقدير التدهور الفيزيائي تؤخذ العوامل الآتية في الاعتبار :

المناخ :

أن القشرة السطحية الصلبة شديدة الارتباط بكثافة المطر و شدته . وتضاغط حبيبات الأرض و تهدم بنائها دالة لمرونة الأرض خلال تشبعها بالماء و لذا فهي أيضا شديدة التأثر بمقدار المطر الساقط كما أن التغدق و الري بالغمر عوامل تؤثر على التدهور الفيزيائي للأراضي .

الأرض :

الحاجة الى المادة العضوية و النسبة العالية من السلت الناعم هما العاملان المؤديان الى انسداد الطبقة السطحية بتكوين الطبقة الصماء ويمكن استخدام دليل للتعبير عن حالة الأرض الفيزيائية :

الدليل A= النسبة المئوبة للسلت الناعم (٢-٢٠ ميكرون) + النسبة المئوية للسلت الخشن (٢٠-٥٠ ميكرون)\النسبة المئوية للطين

و يكون هذا الدليل أقل من ١,٥ عندما لا تكون الأرض قشرة على السطح و > ٢,٥ للأراضي ذات القدرة الكبيرة لتكوين قشرة سطحية .

أو يمكن استخدام الدليل :

الدليل B =٠,٧٥ االنسبة المئوية للسلت الخشن + ١,٥ النسبة المئوية للسلت الناعم \١٠ النسبة المئوية للمادة العضوية +النسبة المئوية للطين

و يتغير هذا الدليل بين ٠,٢ للأراضي التي لا تكون قشرة و أكثر من ٢ للأراضي المعرضة لتكوين قشرة بدرجة كبيرة . والأراضي ذات الطين المفرق خاصة الأراضي الصودية معرضة تعرضا كبيرا للتدهور الفيزيائي .

وتم تصنيف قابلية التربة للتدهور تبعا للدليلين السابقين الى درجات القابلية للتدهور و ذلك تبعا لمنظمة الفاو كما في الجدول التالي :

القابلية للتدهور	I	II	III	IV
الدليل الاول	١,٥	٢,٥-١,٥	٣,٥-٢,٥	٣,٥ <
الدليل الثاني	٠,٠٠١	٠,١	٠,٧٥	١

العامل البشري

تتزايد احتمالات التدهور الفيزيائي عندما لا يغطى المحصول سطح الارض كله أو باستخدام الالات الثقيلة و كذا يؤدي الاسراف في الري و زراعة الأرز الى تزايد احتمالات التدهور الفيزيائي .

تدل الظواهر الآتية على التلف الفيزيائي للأرض :

- تكون قشرة صلبة عقب العواصف .
- تلف مرقد البذرة و انخفاض نسبة الانبات .
- زيادة تدفق الماء و انخفاض نسبة الماء الميسور بالأرض.
- تهدم بناء التربة .
- تكون طبقة غير منفذه عند عمق الحرث .
- عدم تعمق الجذور أو توقف نموها عند الوصول الى طبقة غير منفذه .
- تجمع الماء على سطح الأرض و عدم نفاذه خلالها خصوصا بعد العواصف .
- انخفاض الانتاجية في بعض البقع ثم يصير عاما في الحقل كله .

مؤشرات التدهور الفيزيائي

١- الارتفاع في الكثافة الظاهرية (النسبة المئوية للتغير بالنسبة للأصل).

يبين الجدول التالي تصنيف درجة التدهور الفيزيائي للأرض تبعا لمؤشر الزيادة في الكثافة الظاهرية كنسبة مئوية من الأصل .

درجات التدهورالفيزيائي تبعا لمقدار ازدياد الكثافة الظاهرية سنويا

التصنيف	النسبة المئوية للتغير / سنة			
القيمة الابتدائية	أقل من ١ غ/ سم٣	١-١,٢٥ غ/سم٣	١,٢٥-١,٤ غ/سم٣	١,٤ – ١,٦ غ/سم٣
معدوم	٪ ٥ >	٪ ٢,٢٥ >	٪ ١,٥ >	٪ ١ >
متوسط	٥ – ١٠ ٪	٪ ٥ – ٢,٥	٪ ١,٥-٢,٥	٪ ١-٢
مرتفع	٪ ١٥ – ١٠	٪ ٧,٥ -٥	٪ ٢,٥-٥	٪ ٢-٣
مرتفع جدا	٪ ١٥ <	٪ ٧,٥ <	٪ ٥ <	٪ ٣ <

٢- انخفاض النفاذية (التوصيل المائي) قياسا بالقيمة الابتدائية (سم/سا)
يبين الجدول التالي تصنيف درجة التدهور الفيزيائي للأرض تبعا لمؤشر الانخفاض في التوصيل المائي كنسبة مئوية من الأصل .

درجات التدهور الفيزيائي تبعا لمقدار ازدياد الكثافة الظاهرية سنويا

التصنيف	النسبة المئوية للتغير / سنة		
القيمة الابتدائية	سريع (٢٠ سم / سا)	معتدل (٥ - ١٠سم / سا)	بطئ (< ٥ سم / سا)
معدوم	٪ ٢,٥ >	٪ ١,٢٥ >	٪ ١ >
متوسط	٪ ١٠ – ٢,٥	٪ ٥ – ١,٢٥	٪ ١-٢
مرتفع	٪ ٥٠ – ١٠	٪ ٢٠ -٥	٪ ١٠-٢
مرتفع جدا	٪ ٥٠ <	٪ ٢٠ <	٪ ١٠ <

التدهور الحيوي و مؤشراته و مقاومته

النتيجة المباشرة للتدهور البيولوجي هي نقص المادة العضوية بالأرض الذي يؤدي الى التدهور الفيزيائي و نقص العناصر الغذائية المغذية و زيادة تدفق الماء و الانجراف . كما ان نقص المادة العضوية قد ينتج عن الانجراف ، غير أننا سوف نعالج النقص في المادة العضوية الناتج عن المعدنة اي انحلال المادة العضوية دون انجراف .
ويجب التفريق بين المادة العضوية غير المقاومة (المادة العضوية الطازجة) و المادة المقاومة و هي الدبال Humus . فالتدهور الحيوي هنا هو معدنة المادة العضوية المقاومة أي الدبال .
العوامل المؤثرة في تقدير التدهور الحيوي :

المناخ
يعتبر النشاط الميكروبي العامل المؤثر في انحلال المادة العضوية و هذا النشاط نفسه يعتبر تابع لدرجة الحرارة و الرطوبة الأرضية .

الأرض
يختلف معدل الانحلال تبعا لقوام الأرض (فهو اسرع في الأرض الرملية منه في الأرض الطينية) و طبيعة المادة العضوية (خاصة نسبة الكربون / النتروجين أو نسبة حامض الهيوميك /حامض الفوليك) و رقم pH و النسبة المئوية لكربونات الكالسيوم و نسبة الرطوبة النسبية من السعة الحقلية .
و معدل فقد المادة العضوية الناتج عن تأثير كربونات الكالسيوم الأرضية يقدر طبقا لريمي كما يلي :

معدل الفقد = ١٢٠٠ \ (٢٠٠ + النسبة المئوية لكربونات الكالسيوم)(٢٠٠ + النسبة المئوية للطين)

الطبوغرافية
يؤثر الميل على درجة الحرارة و الرطوبة غير ان زاوية الميل ذات تأثير ضئيل على زاوية على التدهور الحيوي و تأثير الارتفاع داخل في تأثير المناخ من تأثيره على درجة الحرارة .

العامل البشري
تحلل بقايا كل محصول بمعدل خاص بها طبقا لنسبة C / N غير ان الغطاء النباتي الطبيعي و الحاصلات تؤثر على درجة حرارة الأرض بتنظيمها وبذا ينخفض معدل الانحلال . ويهتم الزراعيون بحالة الاتزان بين ما يضاف للأرض من مواد عضوية و بين انحلال الدبال فإذا كان هذا الاتزان سلبيا فالأرض تفقد مادة عضوية و تتدهور حيويا .

و تدل الظواهر الآتية على التدهور الحيوي للأرض :
- نقص المادة العضوية بالأرض عندما لا تعوض بقايا النباتات ما يفقد من دبال بالانحلال و تأخذ التربة لونا فاتحا .
- يزداد انسداد سطح الأرض و تكون القشرة السطحية و يزداد تدفق الماء و يقل تجمع حبيبات التربة على السطح .
- نقص ديدان الأرض و النمل و القوارض .
- نقص الاستجابة بالتسميد .
- أغلب الظواهر المستخدمة في تعريف التدهور الفيزيائي .

يبين الجدول التالي تصنيف التدهور تبعا للانخفاض في النسبة المئوية للمادة العضوية سنويا .

التصنيف	انخفاض النسبة المئوية للمادة العضوية/ سنة
معدوم أو طفيف	١ >
متوسط	١ – ٢,٥
مرتفع	٢,٥ – ٥
مرتفع جدا	٥ <

مقاومة التدهور الفيزيائي و الحيوي
من مراجعتنا لمظاهر هذين النوعين من التدهور نجد أن التدهور الحيوي يؤدي الى تدهور في الخواص الفيزيائية نتيجة لمعدنة المادة العضوية الأرضية التي تلعب دورا هاما في بناء الأرض و حجم المسام و بالتالي في نفاذية التربة و تهويتها و قد يؤدي أيضا الى ظروف تساعد الانجراف و لذا فعلاج التدهور الحيوي بإضافة المادة العضوية لتعوض الفقد المستمر في الدبال هو وقاية من التدهور الفيزيائي اذا لم تكن الخواص الفيزيائية قد تدهورت فعلا نتيجة لمعدنة المادة العضوية .
ويحدث التدهور الفيزيائي لأسباب غير حيوية مثل تضاغط التربة نتيجة استخدام آلات ثقيلة و في مثل هذه الحالة تستبدل هذه الآلات بأخرى تناسب الأرض ، كما أن الحرث العميق و القلب وسيلة لإعادة التربة لحالتها الطبيعية كما انه وسيلة للتخلص من الطبقات الطينية المتماسكة .

المراجع :

- World Meteorological Organization, 2016: Drought Indices, (WMO-No. 1173), Geneva,
- World Meteorological Organization, 2012: Standardized Precipitation Index User Guide (WMO-No.1090), Geneva,
- رشيد ، تحليل فترات جفاف الأمطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي SPI . هندسة الرافدين ، ١٨(٢) ، ٢٠١٠ .
- 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 .