**إجهاد الجفاف**

**Drought stress**

**مقدمة و تعريفات**

**تأثير إجهاد الجفاف على النبات**

**مقدمة وتعريفات**

**Introduction and definitions**

قد يكون الماء عاملاً بيئياً مجهداً للنبات، وقد يرجع إجهاد الماء إلى نقص الماء ويسمى بإجهاد نقص الماء ويسمى بإجهاد نقص الماء **(Water deficit stress)**، ويسمى كذلك إجهاد الجفاف **(Drought** **stress)** والنوع الآخر هو إجهاد زيادة الماء **(Excess water stress)** ويسمى إجهاد الغمر **(Flooding stress)**.

****

**أهمية الماء للنبات**

**The importance of water for plants**

الماء مهم جداً لحياة جميع النباتات، وهو يمثل نسبة كبيرة جداً من الوزن الرطب للنبات تصل إلى أكثر من (**90%)** في النباتات العشبية وإلى أكثر من (**50%)** في النباتات الخشبية.

يعتمد المحتوى المائي في النبات على النوع والصنف النباتي، وعلى الظروف البيئية التي تؤثر على امتصاص النبات للماء وعلى الماء المفقود في عملية النتح وكذلك يعتمد المحتوى المائي في النبات على مرحلة النمو والتطور ونوع العضو النباتي **(ورقة، جذر، ساق..... الخ)**.

يؤثر الماء بشكل مباشر أو غير مباشر على جميع العمليات الفسيولوجية الأيضية التي تقوم بها جميع الأعضاء والعضيات النباتية وتتضح أهمية الماء للنبات ما يلي:

* الماء هو المكون الرئيسي للمادة الحية **(البروتوبلازم)** **(Protoplasm)** وحيوية المادة الحية ونشاطها يعتمدان على نسبة محتواها المائي وتشير نتائج كثير من الأبحاث إلى نقص حيوية المادة الحية ونشاطها عند نقص محتواها المائي وتموت إذا وصل محتواها المائي إلى مستوى منخفض جداً.
* يحدد الماء درجة سيولة البروتوبلازم ولزوجته.
* يؤثر الماء على الخواص الطبيعية ونشاط الجزيئات الكبيرة مثل الدهون والبروتينات والأحماض النووية.
* الماء مذيب جيد لمعظم المركبات الكيميائية للخلية مثل الكربوهيدرات والأحماض العضوية والأيونات غير العضوية والأحماض النووية.
* تحدث جميع التفاعلات الكيميائية في الخلية في وسط مائي.
* الماء وسط جيد تنتقل فيه المركبات والمواد من عضو إلى آخر ومن خلية إلى أخرى.
* يشارك الماء في عدد من التفاعلات الكيموحيوية التي تحدث في الخلايا مثلاً عدد من تفاعلات التنفس والبناء الضوئي يكون الماء أحد المركبات المتفاعلة أو ناتجة من التفاعل.
* الماء مهم لتفاعلات التحلل المائي **(Hydrolysis)** والتي تحفز بإنزيمات التحلل.
* من هذه التفاعلات تحلل النشأ إلى سكريات بفعل إنزيم **(Amylase)** وتحلل الدهون إلى أحماض دهنية بفعل إنزيم **(Lipase)** وتحلل البروتينات إلى أحماض أمينية بفعل إنزيم **(Protease (Proteinase))**.
* الماء مصدر للإلكترونات وأيونات الهيدروجين في تفاعلات الإضاءة في البناء الضوئي.
* الماء هو مصدر الأكسجين المتصاعد في تفاعلات الإضاءة في البناء الضوئي.
* الماء مهم لإمتلاء الخلايا النباتية وانتفاخها ومهم لتمدد الأعضاء النباتية مثل الأوراق والتي ترتخي وتتهدل عندما تفقد نسبة كبيرة من محتواها المائي وتظهر على النبات أعراض الذبول.
* نظرأ لإرتفاع الحرارة النوعية للماء **(Specific** **heat)** – وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من السائل درجة مئوية واحدة- فهو يعمل على تنظيم درجة حرارة النبات ولا تتغير بسرعة تغير درجة حرارة الجو.
* نظراً لإرتفاع درجة جرارة تبخّر الماء – وهي كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من السائل إلى بخار- فتحويل الماء السائل إلى بخار في عملية النتح يعمل على تلطيف درجة حرارة النبات في الحر الشديد، ويحمي النبات من إرتفاع درجة حرارته إلى حد قاتل.

**تعريف الجفاف**

**The definition of drought**

يستخدم مصطلح الجفاف **(Drought)** في علم الأرصاد للتعبير عن وجود فترة زمنية بدون سقوط كمية معنوية من المطر **(Turner, 1979 عن Levitt,** **1980)**.

عرّف **(Levitt)** إجهاد الجفاف بالإجهاد المائي الذي ينشأ عن عدم سقوط المطر أو بمعنى آخر هو الإجهاد المائي الطبيعي مقارنة بالإجهاد المائي المستحدث مثل تبخير الماء من النبات بشكل غير طبيعي. وقد أطلق على الإجهاد الأخير المسبب للتجفيف **(التجفيف)** **(Desiccation stress)** وهو يفضل استخدام مصطلح الإجهاد المسبب للتجفيف **(Desiccating** **stress)** لأن التجفيف هو الشدّ الناتج من تعرض النبات للإجهاد وليس هو الإجهاد بحد ذاته. يرى العالم **(Hsiao, 1973)** أن تجفيف النبات يحدث عندما يفقد النبات **(50%)** أو أكثر من محتواه المائي، وبناء على ذلك فإن الإجهاد المجفف **(الإجهاد المسبب للجفاف)** هو العامل القادر على إحداث فقد **(50%)** أو أكثر من المحتوى المائي للنبات.

**تأثير إجهاد الجفاف على النبات**

**The effect of drought stress on plant**

يحدد حدوث الجفاف في المناطق على أساس التوازن المائي بين ما يدخل المنطقة من ماء في شكل تساقط وبين الماء المفقود في عمليتي التبخر والنتح وقد يشمل التوازن المائي كذلك التغيرات في المياه المخزونة **( بطوبة التربة والمياه الجوفية والبحيرات والمجاري المائية..... وغير ذلك)** **(** **عن جودي ولكنسون – ترجمة البنا 1985 م)**.

تتميز المناطق الجافة بنقص كبير في مجموع ما يدخل المنطقة من ماء على مدار السنة وحجم هذا النقص هو الذي يحدد درجة الجفاف **(ترجمة البنا 1985 م)**. وضع ثورنثويت **(Thornthwaite)** معاملاَ للجفاف ما زال مستخدماً على نطاق واسع.

يرى هذا العالم المناخي أن معامل الجفاف يساوي صفراً إذا تساوت كمية التساقط **(أ)** مع كمية التبخر/ النتح الممكن **(Potential** **evapotranspiration)** **(PET)** على مدار السنة وإذا كان التساقط **(أ)** = صفراً على مدار السنة يكون معامل الجفاف في هذه الحالة **(-** **100)**، وإذا كان التساقط يزداد كثيراً على التبخر/ النتح الممكن على مدار السنة يكون معامل الجفاف **( +** **100)** **(ترجمة البنا 1985 م)**. على هذا الأساس من تعريف معامل الجفاف يعتبر المناخ جافاً إذا كان معامل الجفاف **(- 40)** أو أقل، ويتراوح معامل الجفاف في المناطق شبه الجافة بين **(- 20 و – 40)** ويعتبر المناخ شبه رطب إذا تراوح معامل الجفاف بين **( صفر و – 20)**.

**يقسم العالم ميجر (Meigr) (ترجمة البنا) المناطق التي يكون فيها معامل الجفاف ( - 40 ) أو أقل إلى :**

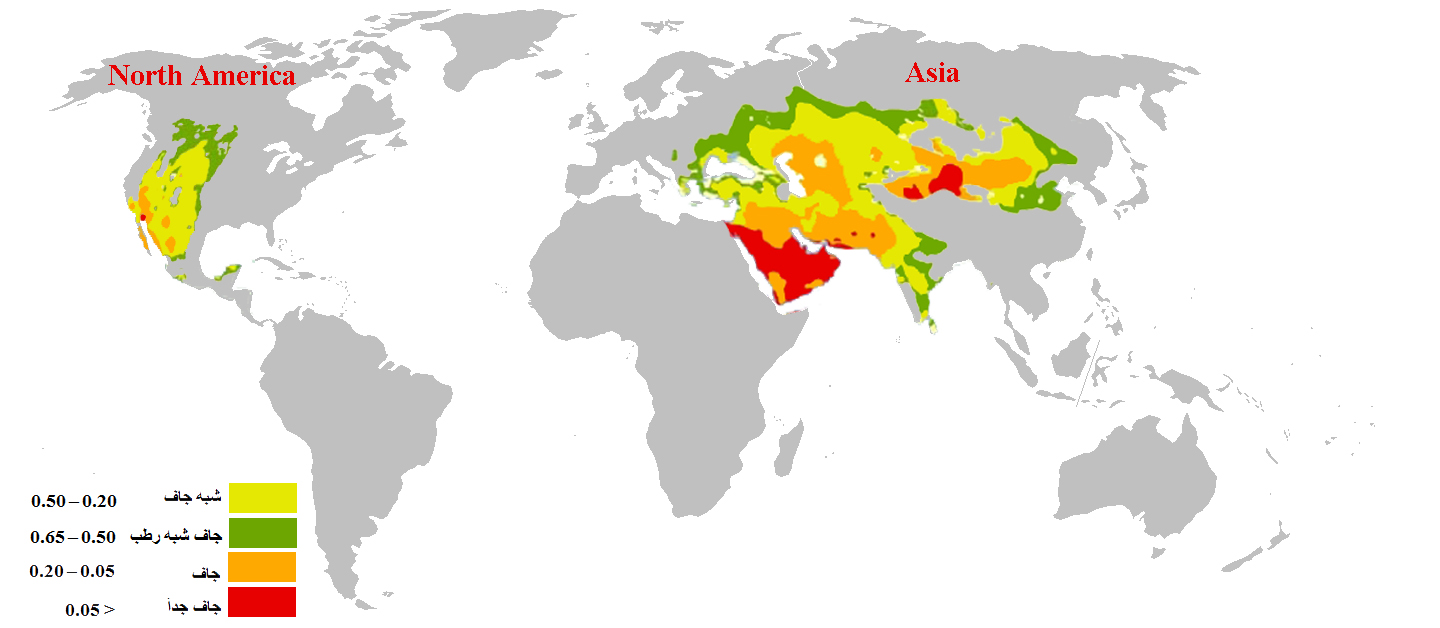
* مناطق جافة
* مناطق متطرفة الجفاف

ويحدد المناطق المتطرفة الجفاف بالمناطق التي لم تسجل فيها أمطار على الإطلاق لمدة **(12 شهراً )** متتالية على الأقل.

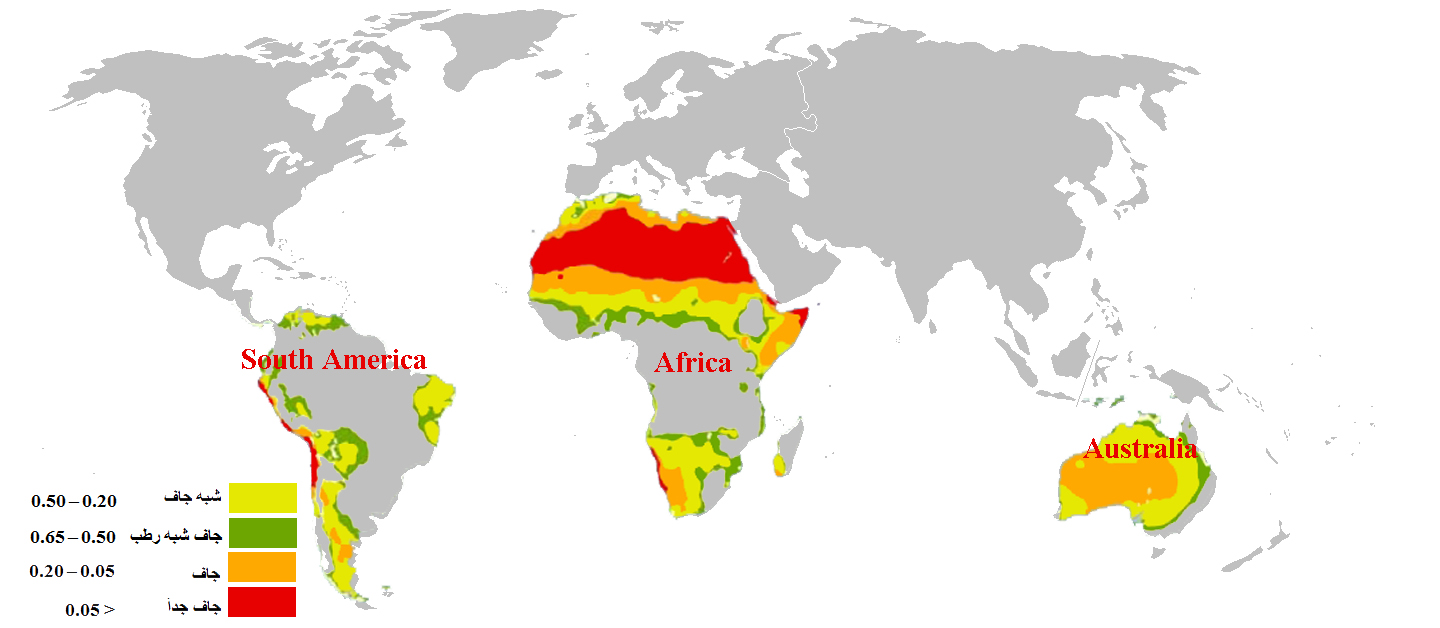
تمثل المناطق ذات الظروف الجفافية حوالي ثلث سطح اليابسة **(49 مليون كيلومتر مربع)** منها تقريباً **(4%)** متطرف الجفاف و **(15%)** جافة ونحو **(14.6%)** شبه جافة. من المناخات الجافة المناطق الواقعة في شمال أفريقيا والصحراء العربية إلى باكستان والهند ووسط آسيا.

الجفاف من مميزات الصحاري في العروض المدارية وشبه المدارية وتتميز هذه المناطق بالإرتفاع الكبير في درجة الحرارة وبارتفاع معدل التبخر وبالتفاوت الكبير في كمية المطر الساقطة وفي توزيع المطر وكذلك تتميز بقلة السحب وصفاء السماء في معظم الوقت، وهذا يسبب زيادة كبيرة في معدل التبخر على معدل التساقط تصل إلى **(15 و 20 ضعفاً)**. الرطوبة النسبية منخفضة وتتراوح بين **(15% و 30% )** في معظم الجهات الداخلية من الصحاري. وقد سُجّل انخفاض كبير في الرطوبة النسبية وصل إلى **(5%)** في بعض أجزاء من الصحراء الكبري **(** **ترجمة** **البنا)**.

يتفاوت التساقط في المناطق الصحراوية كمّاً ومكاناً ويعبّر عن التفاوت في التساقط بالمعادلة التالية:



**شكل (1): المناطق الجافة في أمريكا الشمالية وآسيا (عن Meigs نقلاً عن Simpson, 1981)**



**شكل (2): المناطق الجافة في أمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا (عن Meigs نقلاً عن Simpson, 1981)**

و نظراً للتباين الكبير في التساقط بين الأماكن المختلفة يوصف المطر في الصحاري بأنه **(محلي أو موضعي)**. فمثلاً في صحراء النقب في عاصفة مطرية تراوحت كمية التساقط بين **(2.2 مليمتر و 7.8 مليمتر)** أي أن كمية التساقط في بعض المناطق وصلت إلى ثلاثة أضعاف كمية التساقط في مناطق أخرى. كذلك قد تكون كمية المطر القصوى الساقطة في 24 ساعة تزيد على قيم المعدلات السنوية للتساقط في مدى طويل جداً **(** **ترجمة** **البنا** **1985م)**.

**قياس إجهاد الجفاف**

**The measurement of drought stress**

وضع **(Levitt, 1980)** المعادلة التالية لقياس إجهاد الجفاف:

**Sd = Po – P**

حيث

**Sd** إجهاد الجفاف

**Po** ضغط بخار الماء النقي عند درجة حرارة المحيط

**P** ضغط بخار ماء المحيط

وضع المعادلة التالية لقياس إجهاد الجفاف باستخدام مصطلح جهد الجفاف:

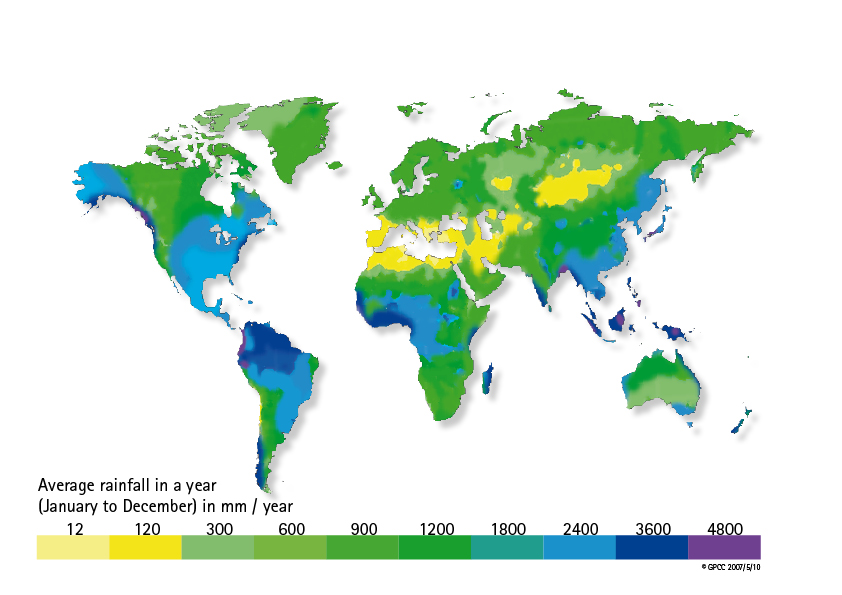
**Sd = ψe**

حيث:

**ψe** جهد ماء المحيط

والوحدات المستخدمة هي وحدات الضغط **(البار، الضغط الجوي، الباسكال)** **(جدول 1)**

|  |  |
| --- | --- |
| الوحدة | قيمتها بالنسبة للبار |
| الباسكال (pa) Pascal | 1 × 10-5 |
| كيلو باسكال (Kpa) Kilopascal | 1 × 10-2 |
| ميجاباسكال (Mpa) Megapascal | 10 |
| ضغط جوي (Atm) Atmosphere | 1 |
| جول/جزيء جرامي Joule/mol | 0.55 |
| داين/سم2 Dynes/cm2 | 1 × 10-6 |
| إرج/سم3 Erge/cm3 | 1 × 10-6 |



**شكل (3): توزيع معدَّل التساقط السنوي للأمطار في العالم (عن Rumneg نقلاً عن Simpson, 1981)**

**تقسيم إجهاد الجفاف**

**قسّم (Hsiao, 1973) الجفاف على أساس شدّته إلى ثلاثة أقسام هي:**

**إجهاد خفيف (Mild stress):**

وهو نقص جهد ماء خلايا النبات بعدد قليل من البارات أو نقص المحتوى المائي النسبي بما يتراوح بين **(8% و 10%)** مقارنة بالنباتات المروية جيداً.

**إجهاد متوسط (Moderate stress):**

نقص جهد ماء النبات بعدة بارات ولكن لا يصل النقص إلى **(12 أو 15 باراً)** أو نقص المحتوى المائي النسبي بأكثر من **(10%)** ولكن لا يصل إلى **(20%)**.

**إجهاد حاد (Severe stress):**

نقص جهد ماء النبات بأكثر من **(15 باراً)** أو نقص المحتوى المائي النسبي بأكثر من **(20%)**.

