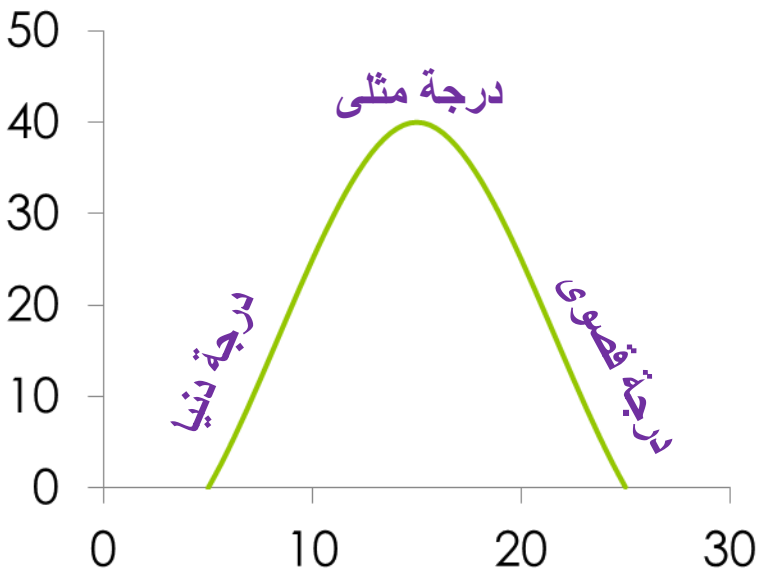
درجة الحرارة كعامل بيئي
Temperature as an Ecological Factor
(الجزء الثاني)

د. فوزية الشمري

المدى الحراري للنباتات :

- تتكيف النباتات لمدى واسع من درجات الحرارة ويختلف هذا المدى باختلاف الانواع النباتية.



- ومن المعروف أن لكل نوع نباتي **(درجة حرارة مثلى)** يقوم بنشاطه فيها على أفضل ما يمكن.

و **(درجة حرارة قصوى)** و **(درجة حرارة دنيا)** اذا ارتفعت درجة الحرارة أو انخفضت عن هذين الحدين .... أدى ذلك الى توقف النشاط النباتي .

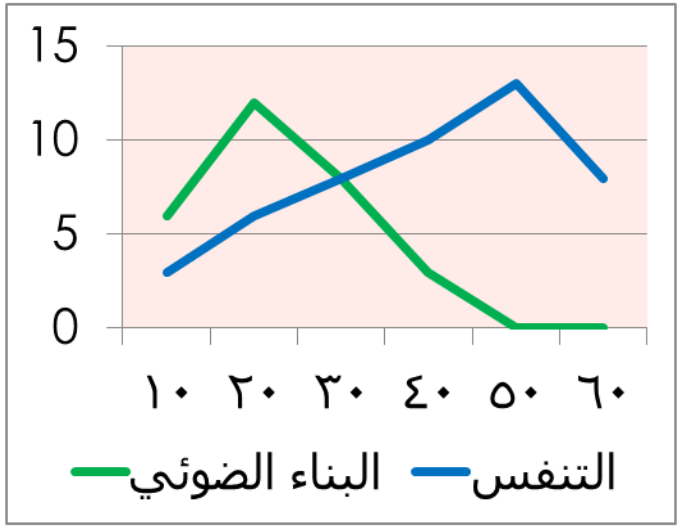
❑ درجة الحرارة المثلى (Optimum Temperature).

هي درجة الحرارة التي تكون عندها الوظائف النباتية في أعلى معدلاتها.
ويصعب تحديد درجة حرارة مثلى للعمليات الحيوية المختلفة مثل البناء الضوئي والتنفس والتكاثر وذلك لأن كلاً من هذه العمليات يتوقف على مجموعة من العوامل البيئية الاخرى.

❖ وعادة لا تتفق العمليات الفسيولوجية المختلفة في درجات حرارتها المثلى.

- فدرجة الحرارة المثلى للبناء الضوئي غالباً أقل من نظيرتها للتنفس.

فمثلاً: في نبات البطاطس يبلغ درجة بنائه الضوئي القصوى (الدرجة المثلى) عند ٢٠°م بينما لا يزيد معدل التنفس في هذه الدرجة عن ١٢٪ من قيمته القصوى والتي تبلغ حدها الاعظم عند ٤٨°م والبناء الضوئي في هذه الدرجة يساوي صفر.



❑ درجة الحرارة القصوى (Maximum temperature).

- ترتفع درجة حرارة أنسجة النباتات التي تعيش في أماكن ذات حرارة وإضاءة مرتفعة الى ٤٥-٦٠°م.
- كما يمكن أن تصل درجة حرارة أعضاء النبات المستلقية على الأرض والأشنات **Lichens** التي تنمو على الصخور إلى ٦٠-٦٥ °م.
- وتعيش بعض أنواع الطحالب الخضر المزرقة في مياه الينابيع الحارة التي تبلغ درجة حرارتها ٨٥°م.
- وتعيش بعض أنواع البكتيريا في مياه درجة حرارتها ٨٨° م .
- ومن الغريب أن النباتات التي تعيش في مياه الينابيع الحارة تنمو في درجة حرارة قريبة من درجة الحرارة القصوى التي يمكن أن تتحملها.

فمثلاً: طحلب أوسيلاتوريا *Oscillatoria* الذي يعيش في مياه الينابيع الحارة في جزيرة جاوه التي تبلغ درجة حرارتها ٦٤°م يموت في درجة حرارة ٦٨°م خلال ٥-١٠ دقائق.

Oscillatoria sp.

ماذا نستنتج من هذه الأمثلة؟

- تختلف درجة الحرارة القصوى التي يمكن أن تتحملها النباتات من نوع الى آخر، فمعظم النباتات الاستوائية تتطلب درجات حرارة عالية بحيث ان معظم النباتات التي تستوطن المناطق المعتدلة والباردة تموت بعد فترة من تعرضها لمثل هذه الدرجات المرتفعة.

وتقسم النباتات حسب استجابتها للإجهاد الناتج عن درجات الحرارة المرتفعة الى :

١- النباتات المحبة للبرودة

تضم النباتات التي تنمو وتتم دورة حياتها في اوساط تتراوح ٠- ٢٠°م واي درجة اعلى من ١٥- ٢٠°م تسبب لها اجهاداً حراريا. مثل البكتيريا والفطريات والطحالب التي تعيش على الثلج

cryosestonic algae

٢- النباتات المحبة للحرارة المعتدلة

هي نباتات تنمو وتتم دورة حياتها في درجات حرارة تتراوح بين ١٠- ٣٠ °م واي درجة حرارة اعلى من ٣٥ °م تسبب لها اجهاداً حراريا .

٣- النباتات المحبة للحرارة المرتفعة

هي نباتات تنمو وتتم دورة حياتها في درجات حرارة اعلى من ٣٠ °م فقط ودرجات الحرارة الاعلى من ٤٥°م تسبب لها اجهادًا حراريا.

❖ اضرار الحرارة المرتفعة على النبات :

١) فقدان كمية كبيرة من الماء والجفاف حيث تؤدي درجات الحرارة المرتفعة التي تتعرض لها الأوراق.

نتيجة:

- للتعرض للإشعاعات الشمسية فترات طويلة.
- أو لدرجات حرارة الهواء المرتفعة أو لكليهما.

تؤدي :

الى معدلات نتح عالية وفي أكثر الأحوال يؤدي المعدل المرتفع لفقد الماء وخصوصاً في الاوقات التي يبطئ فيها معدل امتصاص الماء الى موت بعض أجزاء الاوراق أو أفرع النبات أو جميعها نتيجة للجفاف و في الحالات الشديدة تموت النباتات برمتها نتيجة ذلك .

❖ اضرار الحرارة المرتفعة على النبات :

٢) عدم التوازن بين معدلي التنفس والبناء الضوئي حيث لا تتأثر العمليات الفسيولوجية المختلفة التي يقوم بها النبات بدرجات الحرارة تأثراً مماثلاً (مثل التنفس والبناء الضوئي) إذا يزداد معدل التنفس بسرعة كبيرة مع ازدياد درجة الحرارة عن معدل البناء الضوئي، لذا فإن صافي الزيادة اليومية من المادة التي يقوم النبات ببنائها تتناقص، وتسمى درجة الحرارة التي تكون فيها كمية الكربوهيدرات التي يبنيها النبات مساوية لكمية المواد التي يستهلكها أثناء تنفسة **درجة حرارة نقطة التعويض**.

وبديهي أن ارتفاع درجة الحرارة أكثر من ذلك يؤدي إلى زيادة المواد المستهلكة في عملية التنفس عن المواد المتكونة في عملية البناء الضوئي ، و هكذا تؤدي درجات الحرارة المرتفعة نسبيا الى تكون نباتات متقزمة نتيجة لعدم التناسق بين كمية الغذاء الناتج و المستهلك و ربما ماتت النباتات اذا استمر الحال كذلك لفترات طويلة .

❖ اضرار الحرارة المرتفعة على النبات :

٣) يعتقد أن الاضرار التي تنشأ عن درجات الحرارة المرتفعة تشكل عاملاً ساماً أو مواد سامة **Toxic substances.**

فمثلاً وجد أن تأثير الحرارة النشادر (NH_3) الذي يتشكل في درجات الحرارة المرتفعة ، كما أن الأحماض العضوية المتشكلة نتيجة لتنفس النبات تبطل مفعولة .

ويفسر هذا الرأي القدرة الكبيرة للنباتات العصارية على تحمل درجات الحرارة المرتفعة ؟

وذلك لأن نسبة الأحماض العضوية الناتجة عن عملية الأيض فيها مرتفعة.

- وبالفعل فقد تبين أن حموضة أنسجتها تكون في حدها الأعظم ليلاً أما في ساعات بعد الظهيرة فتنخفض إلى الحد الأدنى
- كما قد يعود تشكل العامل السام إلى تغير طبيعة البروتينات تحت تأثير درجات الحرارة المرتفعة.

❖ اضرار الحرارة المرتفعة على النبات :

٤) تسبب درجات الحرارة المرتفعة إضافة إلى ما تقدم :

- تلف المكونات البروتينية للبروتوبلازم وموته .
- وإتلافه الكلوروفيل.
- و اصفرار لون الأوراق.
- وتثبيط النمو أو وقفه.
- وظهور الحروق أو ما يعرف بندبة الشمس.
- ويموت جزء من النبات أو يموت النبات كلة.

ندبة الشمس

اصفرار الأوراق

موت النبات

❖ تكيفات النباتات في مقاومتها للحرارة المرتفعة

ومن اهم التكيفات التي تساعد النباتات على مقاومة الحرارة المرتفعة ما يأتي :

١. اختزال السطح الخارجي للنبات المعرض لأشعة الشمس، انثناء نصل الاوراق، اضافة الى زيادة سمك الادمة وزيادة الشعيرات التي تغطي السطح الخارجي للنبات.

٢. ارتفاع معدل النتح وذلك لما للنتح من اثر واضح في تبريد النباتات ووقايتها من الحرارة المرتفعة. فبعض النباتات الزاحفة مثل الحنظل والبطيخ تمتاز بمعدلات نتح مرتفعة مما يمكنها من مقاومة الحرارة المرتفعة.

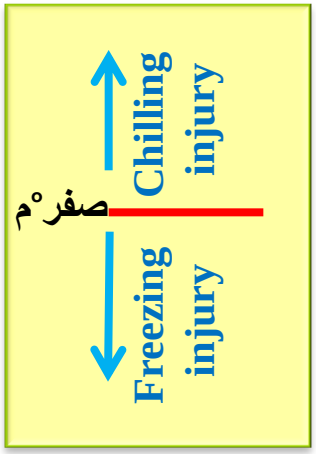
٣. تقوم كثير من النباتات بوظائفها الحيوية في الساعات الصباحية من النهار وقبل ان ترتفع درجة الحرارة .

٤. خفض المحتوى المائي للبروتوبلازم ،فالأنسجة قليلة المحتوى المائي تقاوم عادة درجات الحرارة المرتفعة نسبيا اكثر من الأنسجة ذات المحتوى المائي المرتفع.

❑ درجة الحرارة الدنيا (Minimum temperature).

- ❖ تختلف درجات الحرارة الدنيا التي يستمر عندها نشاط النباتات.
- ❖ نجد أن نباتات المناطق الباردة تتحمل درجات حرارة دون التجمد(وقد سجلت أقل درجة حرارة -٦٨°م في منطقة الغابات المخروطية في سيبيريا).
- ❖ بينما نباتات المناطق الاستوائية وبعض المدارية يقضى عليها إذا هبطت درجة الحرارة إلى خمس وحتى عشر درجات مئوية .

- ❖ تؤثر درجات الحرارة المنخفضة سلبا في كثير من الوظائف الفسيولوجية للنبات وقد تؤدي الى موته .



- ❖ يسمى الضرر الذي يؤدي الى موت النباتات أو أصابتها إصابة بالغة أذا تعرض النبات الى درجة حرارة **اعلى** من درجة حرارة التجمد **اسم اضرار البرد Chilling injury**.
- ❖ اما الضرر الذي ينشأ من تعرض النبات لدرجات حرارة منخفضة **دون** درجة التجمد فيسمى **اضرار التجمد Freezing injury**.

أضرار البرد Chilling injury:

تموت أنواع نباتية كثيرة وخاصة الاستوائية والمدارية منها أو تصاب إصابات بالغة إذا انخفضت درجة الحرارة إلى عدة درجات مئوية فوق درجة التجمد.

ويمكن ارجاع سبب تلك الاصابات التي تعزي لإضرار البرد الى احداث اضطرابات في الأيض وفي الوظائف الفسيولوجية داخل الخلية.

يؤدي التعرض للحرارة المنخفضة لفترة قصيرة الى :

- زيادة نفاذية الأغشية وتسرب المواد الذائبة من الخلايا.

بينما يؤدي التعرض للحرارة المنخفضة لفترة طويلة الى :

١) الجفاف نتيجة زيادة النتح شتاءً وانخفاض معدل امتصاص الماء من التربة الباردة.

٢) نقص البناء الضوئي نتيجة تضرر اغشية البلاستيدات الخضراء وخاصة بالنسبة للنباتات الحساسة للحرارة المنخفضة.

٣) تثبيط تحويل المواد المخزنه وانتقالها (Translocation) فعلى سبيل المثال يتوقف النقل تماماً في نباتات قصب السكر عند ٥ مْ.

٤) تفكيك البروتين الذي ينخفض تركيبه في درجات حرارة منخفضة.

٥) تشكل مواد سامة ناتجة من اضطرابات في توازن العمليات البيوكيمائية في الخلية.

أضرار التجمد Freezing injury:

- تموت أنسجة كثير من النباتات أو تصاب إصابات بالغة يصعب معها عودتها إلى حالتها الطبيعة إذا تعرضت إلى درجات حرارة منخفضة بالقدر الذي تكفي لتكوين الجليد داخل خلاياها، وهذا النوع الاكثر شيوعاً من إصابات درجات الحرارة المنخفضة في المناطق المعتدلة والباردة.
- تتوقف درجة الحرارة الدنيا التي يمكن ان يتحملها النبات على محتواه المائي. فلا تتحمل النباتات ذات المحتوى المائي المرتفع درجات الحرارة درجات الحرارة المنخفضة بينما تتحمل النباتات ذات المحتوى المائي المنخفض البرودة الشديدة.

فمثلاً تتحمل البذور والتي تتراوح فيها نسبة الماء بين ٨ و١٢٪ درجات منخفضة قد تصل إلى -١٠°م .

يحدث التلف الناشئ عن التجمد بسبب :

- **أحيانا تتكون بلورات من الجليد في المسافات بين الخلايا نفسها.**

فعندما تنخفض الحرارة عن الصفر المئوي، يتبلور الماء في المسافات بين الخلوية وتتضخم بلورات الجليد نتيجة سحب الماء من الغشاء الرقيق داخل الخلية ثم البروتوبلازم ثم من العصير الخلوي، وبالتالي تنمو وتتضخم البلورات مع زيادة الصقيع مما يؤدي إلى تفريق الخلايا وتمزق أغلفتها.

ويعتبر سحب الماء من الخلايا أحد التفسيرات الممكنة لإصابات التجمد حيث يسبب:

- ✓ **جفاف البروتوبلازم حيث يؤدي الى خلل نشاط الخلية وبالتالي موتها .**
- ✓ **زيادة في تركيز الاملاح وزيادة حموضة العصير الخلوي ويتم ترسيب البروتينات.**
- ✓ **ويعد أكثر التأثيرات اتلافاً تخثر طبقة البروتوبلازم.**
- ✓ **تسبب البلورات التي تتشكل في المسافات البينية ايضاً تشوهات ميكانيكية في بروتوبلازم الخلية وذلك بسبب - الضغط الميكانيكي المباشر.**
  - **واما بسبب سحب الماء من الخلايا .**
  - **أو للسببين معاً مما يؤدي إلى موت الخلايا.**

- **وأحياناً يتبلور الماء داخل الخلايا بدلاً من تبلوره في المسافات بين الخلوية** تتكون نتيجة التجمد بسرعة كبيرة وفي مثل هذه الظروف تتكون البلورات إما في :

- السيتوبلازم
- أو الفجوة العصارية
- أو كيليهما
- أو بين جدار الخلية والبروتوبلازم.

وتموت الخلايا النباتية الحية عادة إذا تجمدت المياه بداخلها، حيث تلاحظ بلورات جليدية صغيرة تتخلل السيتوبلازم، تكون البلورات متفرعة وذات رؤوس حادة بحيث تسبب ضرراً الياً أو ميكانيكياً للبروتوبلازم وتمزيقاً لتركيبة الفيزيائي مما يترتب علية موت الخلية.

ولهذا فإن بلورات الجليد التي تتكون داخل البروتوبلازم أكثر ضراراً من البلورات التي تتكون في المسافات البينية نتيجة للتجمد البطيء.

درجه حرارة التربة Soil Temperature

يتأثر نشاط النباتات تأثرا عميقا لدرجة حرارة التربة، لأنها تؤثر في العمليات الحيوية والكيميائية والطبيعية التي تجرى فيها مثل:

- تؤثر في معدل امتصاص الماء والمواد الذائبة فيه .
- تؤثر في انبات البذور وسرعة نمو الجذور .
- تؤثر في نشاط الكائنات الدقيقة وخاصة المفككة للمادة العضوية .
- تؤثر على درجة حرارة الطبقة الهوائية السطحية .

العوامل التي تؤثر في درجة حرارة التربة

- يؤثر عدد من العوامل تأثيرا مباشرا في درجة حرارة التربة:

١- اللون

٢- القوام

٣- التركيب

٤-المحتوى المائي

٥- الانحدار

٦- وجود الغطاء النباتي

- **ويعد المحتوى المائى للتربة من أهم هذه العوامل وذلك لأن:**

الحرارة النوعية للماء (تعادل تقريباً) خمسة أمثال الحرارة النوعية لمكونات التربة الصلبة.

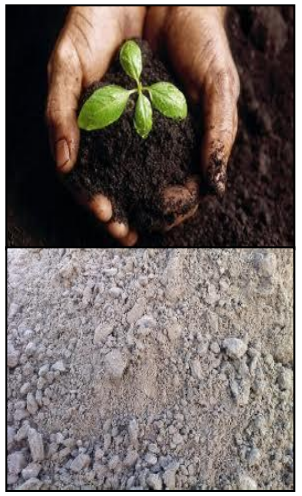
ويفسر هذا:

١- برودة الأراضي الرطبة عن الاراضي الجافة في فصل الربيع.

٢- انخفاض درجة حرارة التربة صيفاً إذا سقط عليها المطر

- **وبالنسبة لتأثير اللون على درجة حرارة التربة فنجد :**

(أن التربة الداكنة تمتص قدراً أكبر من الحرارة) لذلك تدفأ أسرع مما تدفأ تربة ناصلة اللون وذلك لأن التربة ناصلة اللون تعكس قدراً أكبر من الأشعة الساقطة عليها.



نسبة الأشعة المنعكسة عن التربات المختلفة (٪)

نوع التربة	جافة (٪)	رطبة (٪)
شورنوزم(سوداء)	١٤	٨
تربة رملية بيضاء وصفراء	٣٤-٤٠	١٨-٢٣

وهكذا يزداد امتصاص التربة للإشعاع الشمسي كلما كانت داكنة اللون ومرتفعة الرطوبة، لذا فإن التربة الداكنة الجافة تدفأ أسرع مما تدفأ التربة الناصلة الرطبة.

- **تأثير درجة الأنحدار على درجة حرارة التربة :**

وذلك لان الانحدار كلما زاد كلما انتشر الإشعاع الشمسي على مساحة أكبر فيضعف تأثيره.

- **تأثير الغطاء النباتى على درجة حرارة التربة :**

- وذلك لأن الغطاء النباتي يحجز قسماً من الأشعة الشمسية الساقطة على الأرض وهذا يتضح بشكل خاص في الغابات وأنماط الغطاء النباتي الأخرى مرتفعة الكثافة .

- لهذا فإن حرارة التربة المغطاة بغطاء نباتي تكون أبرد في الصيف من التربة الجرداء بعدة درجات.

- أما في الشتاء فتكون التربة المغطاة بالنباتات أدفأ مما لو كانت جرداء وذلك لأن الغطاء النباتي يعمل كحاجز يقلل من فقد التربة لحرارتها .

- وتعوق البقايا النباتية المتراكمة على أرضية الغابة تجمد التربة وتقلل من العمق الذي تتجمد فيه التربة بالمقارنة مع عمق تجمد التربة الجرداء.

فتحت الغطاء الثلجي يكون عمق تجمد التربة المغطاة بالثلج أقل من عمق تجمد التربة العارية من الثلج.