الحرارة temperature

تعد درجة الحرارة من أهم عوامل الطقس والمناخ، إذ ترتبط بها جميع العناصر الأخرى من ضغط ورياح مياه جوية وإشعاع، تؤثر درجة الحرارة تأثيراً كبيراً في النباتات، فلكل نوع نباتي مجاله الحراري، ولكل عملية حيوية مجال حراري محدد جداً، فإذا ما ت جاوزت درجة الحرارة الحدود الدنيا أو القصوى فإن النبات يتعرّض للموت أو ل توقف عملياته الحيوية أو يدخل مرحلة السكون Dormance، فدرجة الحرارة تؤثر بشكل مباشر في الامتصاص والتنفس والنتح والتركيب الضوئي والنمو والتشكل و الإنتاش والإثمار والإزهار والتوزع الجغرافي، وبشكل غير مباشر من خلال تأثيرها في العوامل البيئية الأخرى كالتربة والتبخر....

1. مصدر الحرارة وقياسها

لدرجة الحرارة علاقة وثيقة جداً با لإشعاع الشمسي الذي يمثل المصدر الأساسي للطاقة في المحيط الحيوي، ويؤدي الإشعاع الأرضي المنعكس دوراً بالغ الأهمية في تحديد در جة الحرارة. وتقدر طاقة الأشعة الشمسية التي تعبر الغلاف الجوي والسحب والضباب والغيوم وتصل إلى التربة بنحو 0.4 حريرة/ سم^2/ دقيقة، أي 300 واط/م^2، بينما تقدر الأشعة الأرضية المنعكسة بنحو 0.5 حريرة/ سم^2/ دقيقة عند درجة حرارة 10 ْم، أي 360 واط/م^2، وهكذا يكون مجموع طاقة الأشعة المسؤولة عن العامل الحراري 0.4 + 0.5 = 0.9 حريرة/ سم^2/ دقيقة، وتعادل 660 واط/م^2.

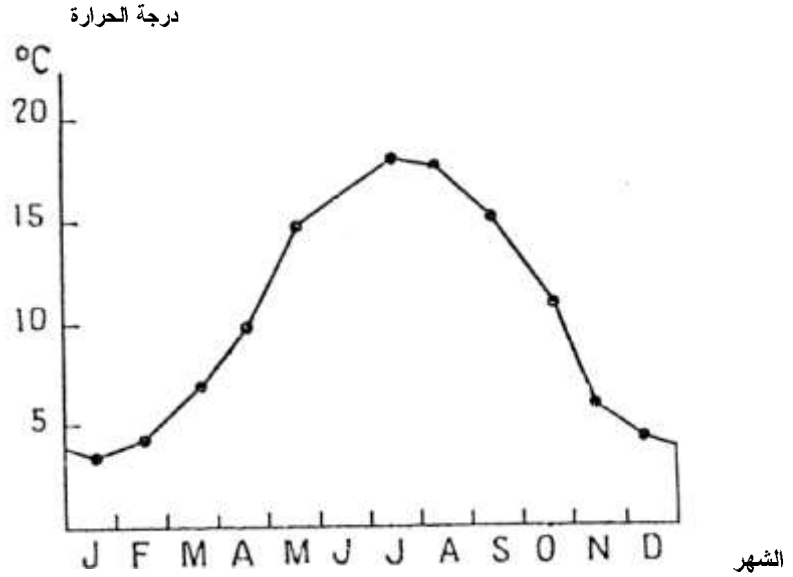
2. تغيرات الحرارة

هي التبدلات الدورية التي تتكرر بالشكل نفسه خلال الفترة الزمنية نفسها، ويمكن تمييز نوعين منها:

<u>التبدلات اليومية</u>: تتبدل درجة الحرارة باستمرار خلال اليوم الواحد وبشكل مختلف أحياناً من ساعة لأخرى وفقاً لشدة الأشعة الشمسية ، تسجل درجة الحرارة الدنيا عادة بعد منتصف الليل نتيجة استمرار ا لإشعاع ا لأرضي ودرجة الحرارة العظمى بعد الظهر (نحو الساعة 14) نتيجة تزايد التسخين بفعل ا لإشعاع الشمسي. يتكرر هذا التواتر اليومي لدرجات الحرارة في جميع أيام السنة ويتعلق بالموقع الجغرافي الذي يحدد الحد الأدنى والأقصى للحرارة، والفصل الذي يحدد مجال التبدل الحراري اليومي الأطول في الصيف مقارنة بالشتاء، ثم البعد والقرب من المسطحات المائيه الكبيرة (كالبحار) التي تعمل على تعديل التبدلات الحرارية وبدوران الأرض حول نفسها.

التبدلات الســـنوية أي خلال السنة الواحدة : ويمكن دراستها من خلال **المتوسطات اليومية** على مدار العام الواحد، يبدو أن درجة الحرارة تميل للارتفاع تدريجياً من الصباح حتى بعد الظهيرة بقليل ومن ثم تنخفض تدريجياً حتى تس جل أدنى قيمة لها في الساعة الأولى أو الثانية من بعد منتصف الليل وهكذا يتكرر الأمر في كل يوم ويبقى الفرق بين يوم وآخر هو في قيمة الحدين الأعلى والأدنى للحرارة وبالتالي بالمتوسط اليومي ف في إحدى المحطات الفرنسية تم تسجيل أعلى درجة حرارة يومية في 16 تموز بينما سجلت أدناها في 26 كانون الثاني.

كما يمكن الاعتماد على **المتوسطات الشهرية** لدراسة التبدلات يتبين من مقارنة المتوسطات الحرارية الشهرية خلال العام أن درجة الحرارة تتبدل على مدار السنة (الشكل1) وهذا التبدل متشابه ويأخذ الشكل نفسه كلَّ عام في المحطة نفسها ، غير أنه يختلف من محطة لأ خرى فهو من مميزات المحطة الجغرافية، وفي جميع الحالات تتعين قيمة دنيا للحرارة تقابل أبرد أشهر العام وقيمة عظمى تقابل أحر أشهر السنة.



الشكل 1 الشكل العام للتبدلّات الشهريّة لدرجة الحرارة

تساهم المتوسطات الفصلية للحرارة أيضاً في دراسة التبدلات الحرارية التي تحصل خلال العام إذ تؤكد كافة الدراسات المناخية أن الصيف هو الأكثر حرارة أما الشتاء فهو الأقل حرارة وهكذا تنخفض الحرارة بالانتقال من الصيف مروراً بالخريف وصولاً إلى الشتاء حيث تبلغ حدها الأدنى، لتعود وترتفع الحرارة من الشتاء مروراً بالربيع وصولاً إلى الصيف حيث تبلغ حدها الأقصى.

3. التوزع الجغرافي للحرارة

يمكن التعبير عن توزّع الحرارة على سطح الكرة الأرضيّ بعدّة قيم وسطيّة مثل:

أ- المتوسط السنوي Moyenne annuelle: هو متوسط الحرارة في السنة خلال مدة لا تقل عن عشر سنوات متتالية دون ا رقطاع جدول 10، يحسب من المتوسطات اليومية أو الشهرية أو الفصلية ويتراوح بين – 20 مْ في الدائرتين القطبيتين و +30 مْ في الدائرة الاستوائية وتحديداً في الصحراء الكبرى المركزية والجنوبية.

الجدول 1: تبدل متوسط درجة الحرارة السنوي في بعض المدن السورية (1992 –9619)

المحطة العام	1992	1993	1994	1995	1996	المتوسط
دمشق	15.2	16.1	17.4	15.6	17.3	16.3
تدمر	17.5	18.4	19.5	18.9	18.6	18.6
اللاذقية	18.5	19.2	20	19.5	19.6	19.4
حلب	16.1	17.3	18.4	17.5	17.1	17.3
القامشلي	17.2	18.1	19.6	18.7	18.1	18.3
دير الزور	18.4	19.4	20.8	20.1	19.7	19.7
حماه	16.1	16.9	18.6	18.1	18.4	17.6

ب- المتوسط الشهري Moyennes mensuelle: هو متوسط درجات الحرارة في الشهر ويحسب من المتوسطات اليومية؛ تبين مقارنة المتوسطات الشهرية المدونة أنها لا تختلف من محطة لأخرى فحسب وإنما تختلف في المحطة الواحدة من شهر لآخر وتتراوح بين – 30 مْ أو أقل في الدائرتين القطبيتين و +35 مْ أو أكثر في الدائرة الاستوائية.

الجدول 2: متوسّط درجات الحرارة العظمى والصغرى السنويّ لعام 1996

المحطة	متوسط سنوي	متوسط أعظمي	متوسط أصغري	عليا مطلقة	الشهر	دنيا مطلقة	الشهر
دمشق	17.3	25.9	9	43	7	3.8–	1
تدمر	18.6	28.5	13.4	43.2	7	2–	2
اللاذقية	19.6	23.1	16.2	35.5	5	3.4	2
حلب	17.1	23.9	11.7	1.3	7	4.2–	2
القامشلي	18.1	25.1	13.1	3.6	7	0.5	1
دير الزور	19.7	27.3	11.8	4.6	7	0.8–	2
حماه	18.4	24.9	12.6	42	7	2.8–	2

ج- درجة الحرارة الدنيا المطلقة : هي أدنى درجة حرارة تسجل خلال فترة زمنية محددة : يوم، شهر، فصل، سنة، وتختلف من محطة لأخرى ومن وقت لآخر كما يبينه الجدول 11.

د- درجة الحرارة العليا المطلقة: هي أعلى درجة حرارة تسجل خلال يوم، أسبوع، شهر، فصل، سنة ، ويرمز بالحرف M لمتوسط درجة الحرارة العليا للشهر الأكثر حرارة في العام، وبالحرف m لمتوسط درجة الحرارة الدنيا للشهر الأشد برودة.

هـ- خطوط تساوي الحرارة Iso-thermes: هي خطوط منحنية مغلقة تصل بين محطات الرصد متساوية الحرارة في فترة زمنية محددة أهمها: خطوط تساوي الحرارة السنوية ، خطوط تساوي الحرارة الشهرية.

و- المدى الحرار ي Amplitude thermique: هو الفرق بين درجتي الحرارة العليا المطلقة والدنيا المطلقة في محطة ما خلال فترة زمنية معينة سنة أو فصل أ و شهر أو يوم، ويرتبط مباشرة بدرجة العرض وعامل القارية.

تبين دراسة التوزع الجغرافي لدرجات الحرارة على سطح ا لأرض أن النصف الشمالي، على خطوط عرض متساوية يكون أكثر حرارة في الصيف من النصف الجنوبي ، بينما يكون العكس في الشتاء، ويعود ذلك إلى: **اختلاف** توزع اليابسة والمسطحات المائية، و **اختلاف** تأثر اليابسة والماء بالإشعاع الشمسي، **تكتسب** اليابسة الحرارة بشكل أسرع وأكبر من الماء **لأنها تتصف** بحرارة نوعية أعلى وكذلك **محصلة** الإشعاع الوارد للتربة أعلى، ثم **الناقلية** الحرارية الرديئة للتربة مقارنة بالماء تكسبها قدرة على اختزان الحرارة.

4. أسباب تبدل الحرارة على سطح الكرة الأرضية بالآتي:

أ- درجة العرض: تتناقص درجة الحرارة تدريجياً مع الابتعاد عن خط الاستواء بمعدل وسطي قدره 0.6 ْم لكل درجة عرض واحدة أي ما يعادل مسافة 111 كم.

ب- توزع المسطحات المائية والقرب منها : تفيد المسطحات الما ئية الكبيرة (بحار ومحيطات) بوضوح في تعديل الحرارة صيفاً وشتاءً، فهي تحد كثيراً من التفاوت الحراري اليومي والسنوي، ويظهر ذلك جلياً من خلال مقارنة تبدل الحرارة في محطتين إحداهما ساحلية والأخرى قارية.

ج- طبوغرافية المنطقة: يؤثر وجود الوديان والجبال وارتفاعها والمنحدرات واتجاهها، كثيراً في درجات الحرارة ، فالسفوح الجنوبيه الغربية في النصف الشمالي من الكرة الأ رضية تكون أكثر تعرضاً للشمس من السفوح الشرقية والشمالية . كما أن ا لارتفاع يسبب انخفاضاً في درجة الحرارة بمعدل 0.55 ْم لكل 100 م ارتفاع، في المناطق المعتدلة وأكثر من ذلك في المناطق الاستوائية (1 ْم) في الطبقة الجوية المضطربة (الأولى) فقط.

د- الرياح: تعمل الرياح دوماً على تبديل درجة الحرارة في المناطق التي تهبُّ عليها وفقاً لدرجة حرارتها التي ترتبط بمنشئها من المناطق الحارة أو الباردة.

هـ- المناخ وحالة الجو والزمن: يدل المناخ على مدى التباين الحراري والذي يكون على أشده في المناطق القارية الصحراوية، وتعد حالة السماء والزمن من العوامل المهمة في التباين الحراري.

و- اولغطاء النباتي: يؤثر بصورة واضحة في درجة حرارة الهواء المحصور بداخله وحرارة التربة التي يظللها، ويرتبط ذلك بطبيعة ه ذا الغطاء وكثافته وتركيبه , فهو يعمل دوماً على تعديل الحرارة ليلاً ونهاراً، صيفاً وشتاءً مما يحد كثيراً من التباين الحراري.

5. النظام الحراري في التربة

تكتسب التربة الحرارة بسرعة أقل من الهواء و أكبر من الماء ولكنها تبلغ درجات حرارة أعلى من الهواء والماء، ويتعلق ذلك بحرارتها النوعية وخصائصها الفيزيائية والكيميائية ، ويتصف النظام الحراري للتربة بدور بيئي وحيوي مهم فهو يتحكم بنشاط وحيوية النبات ات والحيوانات في التربة، كما أنه يؤثر في نمو ونشاط الجذور ويتدخل في تشكل التربة وتطورها.

6. النظام الحراري في الهواء

يسخن الهواء ويبرد بسرعة أكبر من التربة والماء لكنه لا يبلغ درجة الحرارة التي تصلها التربة، وتأتي أهمية هذا النظام من تحكمه المباشر وغير المباشر بنشاط وحيوية جميع الأحياء وكذلك من تأثيره في بعض العناصر البيئية الأخرى كرطوبة الجو والتربة، و يعتمد على حصيلة الطاقة الواردة إلى الهواء مع الإشعاعات الشمسية والأرضية وما تقوم به الأحياء من نشاطات ناشرة للطاقة.

تتبدل درجات الحرارة في الهواء وفق اتجاهين:

أفقياً: حيث تنخفض حرارة الهواء كلما اتجهنا شمالاً أوجنوباً بعيداً عن خط الاستواء ، أما شاقولياً فيختلف التبدل الشاقولي لحرارة الهواء وفقاً لما يلي:

أ- المنطقة الجغرافية: تنخفض درجة الحرارة في الهواء مع ا لارتفاع في ط بقة التروبوسفير بمقدار 0.55 ْم في المناطق المعتدلة, و 1 ْم في المناطق الاستوائية لكل 100 م.

ب- الطبقة الجوية: تتناقص حرارة الهواء في التر وبوسفير مع الارتفاع لتعود فتتزايد في الستراتوسفير ثم تتناقص من جديد في الميزوسفير لتعود إلى التزايد في الايتوموسفير.

جـ- النهار والليل: تتبدل حرارة الهواء شاقولياً باتجاه واحد ليلاً ونهاراً حيث تزداد دوماً مع الاقتراب من سطح الأرض بالرغم من أن لها مصدران مختلفان: نهاراً من الإشعاع الشمسي وليلاً من الإشعاع الأرضي.

7. النظام الحراري داخل الغطاء النباتي

يتشكل داخل الغطاء النباتي نهاراً وليلاً تدرج حراري معاكس لما يحدث في الهواء الحُ ر حيث تزداد حرارة الهواء داخل الغطاء مع الابتعاد عن سطح التربة والاقتراب من قمته، وينتج عن ذلك حرارة عظمى نهاراً وصغرى ليلاً بالقرب من قمة الغطاء النباتي وليس في مستوى سطح التربة.

يعدل الغطاء النباتي من ارتفاع الحرارة نهاراً ومن انخفاضها ليلاً في مستوى طبقاته الداخلية مما يجعل حرارة التربة والهواء داخله، أقل نهاراً وأعلى ليــلاً (كيف ؟؟).

تختلف حرارة الأعضاء النباتية عن حرارة الهواء المحيط بها حيث تتمكن النباتات من الاحتفاظ بحرارة نسجها عند درجة حرارة أقل بمقدار 1 – 3 مْ من حرارة الهواء المحيط بها في المناخ الحار (صيفاً) في حين تكون درجة حرارة هذه النسج أعلى من حرارة الهوا ء المحيط في المناخ البارد (شتاءً) يعود هذا التكيف الفيزيولوجي إلى ما يقوم به النبات من عمليات ماصة للحرارة في الحالة الأولى كالنتح، وعمليات ناشرة للحرارة في الحالة الثانية كالتنفس.

8. النظام الحراري في الأوساط المائية

تتصف البيئة المائية بحرارة أكثر انتظام اً وأقل تبدلاً مما هي عليه في ا لأوساط الطبيعية ا لأخرى، ويعتمد النظام الحراري في الماء على مدى التبادل الحراري وا لإشعاعي مع الغلاف الجوي ثم على حركة التيارات داخل الأوساط المائية وعلى اختلاف الكثافة ووجود الأحياء ونشاطاتها. وتتفق أخفض درجة حرارة في البيئة ا لمائية مع تجمد مياه الطبقة السطحية شتاءً ابتداءً من الدرجة 5 مْ في المياة العذبة و 2– مْ في المياة المالحة، وتعاين أعلى درجة حرارة في المياه الحارة التي تصل إلى 80 مْ تقريباً، بالرغم من هذه الحرارة العالية يوجد بعض الأحياء في هذه الميا ه، كالجراثيم الزرقاء والمشطورات التي تتحمل حتى 50 مْ، وبعض أنوا ع *Oscillatoria* التي تتحمل 55 مْ، أما الجراثيم الكبريتية أليفة الحرارة فتتحمل حتى 70 أو 80 مْ.

تختلف التبدلات الحرارية في الأوساط المائية وفقاً للعمق والفصل، حيث يتشكل تدرج حراري غير منتظم من السطح ب اتجاه ا لأعماق، مما يسمح بتمييز ثلاث طبقات مختلفة من حيث الثخان ة والتبدل الحراري، بين الصيف والشتاء (الشكل 2–23):

** الطبقة السطحية Epilimnion: تخضع مباشرة لتبدلات حرارة الهواء ليلاً ونهاراً، صيفاً وشتاءً وتمتاز بعمق متزايد مع مساحة الوسط المائي ومختلف وفقاً لفصل (10 م صيفاً و 25 م شتاءً في المناطق المعتدلة)، أما حرارة هذه الطبقة فهي تزيد على +4 مْ صيفاً بينما تقل عن +4 مْ شتاءً.

** طبقة الانحدار الحراري Thermocline تخضع للتفاوت الحراري بين الطبق تين السطحية والعميقة، وتنخفض حرارتها بلؤدياد العمق صيفاً من +16 مْ باتجاه +4 مْ, بينما تزداد شتاءً من 0 مْ نحو +2 أو +4 مْ, أما ثخانتها فهي متبدلة أيضاً وتبلغ 15 م صيفاً ونحو 10 م شتاءً في بحيرات المناطق المعتدلة.

** الطبقة العميقة Hypolimnion: تمتاز بدرجة حرارة مستقرة نسبياً وثابتة تقريباً بجوار +4 أو +5 مْ (حرارة المياه العذبة)، أما ثخانتها فهي أيضاً متبدلة وتبدأ من عمق 25 م صيفاً بينما تبدأ من عمق 35 م شتاءً في بحيرات المناطق المعتدلة ؛ تقتصر التبدلات الحرارية في الأوساط المائية على الطبقة السطحية والوسطى إلا أنها تختلف من منطقة جغرافية لأخرى،

يؤثر النظام الحراري للبيئة المائية بوضوح في الأحياء المائية و لاسيما النباتية، فالاستجابة البطيئة للتبدلات الحرارية، زيادة أو نقصاناً، تؤدي إلى تأخر واضح في بداية المراحل الفينولوجية عند النباتات المائية، إذ تتصف بربيع متأخر وخريف متأخر ، وتكون المياه الباردة نسبياً، أكثر ملاءمة من المياه الحارة، ولهذا تكون إنتاجية البحار المدارية والاستوائية أقل من إنتاجية البحار المعتدلة والباردة.

9. النظام الحراري في الطبقات الثلجية

لا يتأثر الثلج كثيراً بالإشعاع الشمسي الوارد لأن لونه الأبيض الناصع يمكنّه من عكس نسبة كبيرة جداً من هذا الإشعاع لذلك فنظامه الحراري ناتج عن إشعاع التربة (الجدول 3).

الجدول 3 : تبدل درجات الحرارة حسب سماكة الطبقة الثلجية

عمق الطبقة الثلجية، سم	0 (سطح)	5	12	25	44	52
درجة الحرارة، مْ	15-	11.3-	9.2-	8.3-	3.0-	1.6+

ترتفع درجة الحرارة ابتداءً من سطح الطبقة الثلجية باتجاه قاعدتها الملامسة للأرض، حيث تكون دوماً أعلى من الصفر، ولهذا يذوب الثلج من الأسفل وليس من الأعلى، وبالتالي يتصف الثلج بعزل للحرارة الأمر الذي يحمي التربة والنباتات من الحرارة المنخفضة شتاءً ، ويتمكن العديد من النباتات من متابعة نموه وتطوره وإزهاره مثل زعفران الجبل *Crocus* وثاقب الثلج *Galanthus*.

10. البرودة والصقيع وتأثيراتهما في النباتات:

يجب التمييز دوماً بين الصقيع و البرودة، **فالبرودة** هي انخفاض ملحوظ في درجات الحرارة حتى حدود التجمد دون أن يحصل التجمد، ولدرجات الحرارة المنخفضة نوعان من التأثيرات **سلبية** وإيجابية: فعندما انخفاضها تقل شدة امتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة الباردة، مما ينعكس

على النبات بشكل جفاف لأن عملية النتح تبقى مستمرة وتكون كمية الماء المطروحة أكبر من كمية الماء الممتصة مما يؤدي إلى تجفاف العضو النباتي ، كما تضعف عملية التركيب الضوئي فتعاني أعضاء النبات من نقص غذائي يؤدي إلى تباطؤ نموها وقلة إنتاجها وتقزمها ، وكذلك تتأثر البروتينات الحساسة بالبرودة التي تؤدي إلى تجمدها أحياناً فتتغير طبيعتها وخصائصها ووظائفها ، ويصبح بعضها ضاراً أو ساماً.

بالمقابل، تؤدي البرودة دوراً **إيجابياً** مهماً، وتدعى عملية تعرض النباتات للبرودة كي تتمكن من استئناف بعض عملياتها الحيوية واستكمال دورة حياتها بالا رتباع Vernalisation وهي تطال الكثير من العمليات الحيوية أهمها:

الإزهار: تحتاج بعض النباتات للتعرض للبرودة خلال فترة معينة لتتمكن من الإزهار وتكون العملية مطلقة كالقمح الشتوي و بعض الأنواع النباتية الشتوية وثنائيات الحول كالسبانخ والشوندر والبقدونس وأنواع الفصيلة الوردية *Rosaceae*؛ وقد تكون العملية غير مطلقة ، إذ تكون النباتات قادرة على الإزهار بعد فترة طويلة وبنسبة ضعيفة، فيزداد إزهارها بتعرضها للبرودة خلال فترة معينة كالشليم الشتوي *Secale cereale*.

كسر سبات بعض البذور والبراعم نتيجة تعرضها للبرودة خلال مدة معينة مما يعطيها القدرة على استئناف النمو عندما تصبح الشروط البيئية الحرارية مناسبة ، مثل بذور العديد من أنواع نباتات المناطق الباردة، وكذلك بذور الأشجار الغابية والثمرية وبذور بعض الأنواع العشبية و لاسيما من فصيلتي *Gentianes* و *Primulacees* ولا سيما الأنواع الجبلية.

استئناف نشاط القمم المرستيمية المتوقف منذ فصل الصيف (مناطق حارة)، حيث ستتمكن هذه القمم من استئناف نشاطها بعد تعرضها للبرودة مدة محددة, كالدراق *Prunus persica* الذي يحتاج للتعرض للبرودة بدرجة +7 مْ مدة 20 – 40 ساعة من أجل رفع سبات قممه المرستيمية.

أما الصقيع فهو تجمد الماء نتيجة انخفاض درجات الحرارة الشديد دون الصفر ، ويتوقف جميع النشاطات الحيوية في النبات نتيجة حدوث الصقيع الذي قد يؤدي استمراره إلى حدوث تبدلات مميتة نتيجة تجمد محتويات الخلية ، ويختلف تأثير الصقيع في النباتات بحسب سرعة تشكله واستمراره وتناوبه وكذلك بحسب حالة النبات أو العضو النباتي، ويمكن التمييز بين الحالتين الآتيتين:

* حالة النباتات و الأعضاء النباتية المقاومة للصقيع: مثل العديد من نباتات المناطق القطبية والباردة والتوندرا وأعالي الجبال والعديد من الحزازيات و الأعضاء النباتية التي تكون في حالة سبات كالبذور والأبواغ والبراعم والأبصال والدرنات والقمم المرستيمية التي تتمكّن من مقاومة الصقيع مدة كافية، ولكن دخولها في المرحلة النشيطة لا يتم إلا في درجات حرارة أعلى من الصفر دائماً.

* في حالة النباتات و الأعضاء النباتية الأقل مقاومة للصقيع : مثل نباتات المناطق الحارة والأعضاء النباتية في مرحلتها النشيطة التي تموت عند حدوث الصقيع و لاسيما إذا ما حدث فجأة، ويعود ذلك لتشكل بلورات جليدية حادة تشوه السيتوبلاسما وتخربها وتمزق الخلايا بسبب تجمد الماء في الفجوات وفي الفراغات البينية . أما حدوث الصقيع تدريجياً فيساعد على نشوء تبدلات خلوية وبنيوية واستقلابية تجعل من النبات أو العضو النباتي أكثر مقاومة أو تحملاً للصقيع ، وقد استفيد من هذه الخاصية في الحصول على سلالات نباتية أشد مقاومة للصقيع.

تدعى درجة الحرارة الدنيا التي يموت عندها النبات **بالحد الحراري الأدنى الحرج** وهو يختلف من نبات لآخر ومن عضو لآخر كذلك من منطقة لأخرى (الجدول 4).

مقاومة النباتات للصقيع : تتميز النباتات التي تنتشر في المناطق الصحراوية الباردة وقمم الجبال العالية والمناطق القطبية التي تتعرض لحرارة منخفضة ومنخفضة جداً أحياناً، بجملة من التكيفات والخصائص التي تمكّنها من مقاومة الصقيع ، وتعتمد هذه الخصائص والتكيفات بالدرجة الأولى على المحتوى المائي للعضو أو للنبات ثم على عوامل الوسط، ويمكن تلخيص هذه الخصائص في مجموعتين من الخصائص:

* الخصائص الشكلية:

تتمثل بالأشكال المختلفة التي تتخذها النباتات التي من شأنها أن تقلل إلى حد

الجدول 4 الحد الأدنى الحراري الحرج عند بعض الأنواع والمجموعات النباتية

الحد الأدنى الحرج، مْ	النبات أو المجموعات النباتية
5 إلى 15	الطحالب البحرية المدارية في المنطقة الشاطئية
-10 إلى 40	الطحالب البحرية لبعض البحار الباردة
-2 إلى 5	النباتات الوعائية المدارية
-10 إلى -20	النباتات الوعائية المعتدلة
-20 إلى -40	بعض النبلقات القطبية ونباتات التوندرا وأعالي الجبال
-80	بعض الحزازيات
5	بعض النباتات الاستوائية
5-7	الكاكاو *Theobroma cacao*: نموها الطبيعي 18-19 مْ
2 فما فوق	البيجونيا *Begonia* والفاصولياء *Phaseolus*
-15	الشيلم *Seigle*
-16	الزيتون *Olea*
-60	الشوح *Abies* والبيسية *Epicea*

كبـير، من فقدان النباتات للحرارة با لإشـعاع العكسي أو الحمل الحراري ، ولهذا تكون الأوراق صغيرة وثخينة وكثيفة ومغطاة با لأوبار, كما تبدي النباتات أنماطاً حيوية مختلفة تساعدها على تفادي أخطار البرد والتجمد ك ذلك تأخذ النباتات أشكالاً مختلفة متقزمة أو مستلقية أو زاحفة أو مفترشة للأرض, وسادية أو محدبة أو نص ف كروية. وتحد كل هذه ا لأشكال من شدة الحرارة المنعكسة والمنقولة كما تقلل من سرعة الرياح و تكوّن مناخاً دقيقاً مناسباً تماماً من حيث الحرارة والرطوبة والإضاءة والتبخر والتعرق، وتجلت الخصائص في أشكال النمو والأنماط الحيوية.

*** الخصائص الفيزيولوجية:**

يعتمد هذه الخصائص على نسبة الماء الموجود في الخلايا أو ما بينها ويمكن تلخيصها فيما يلي:

* انخفاض المحتوى المائي للبروتوبلاسما: ترتبط مقاومة الأعضاء النباتية إلى

حد كبير بنسبة الماء الموجود فيها، إذ يموت بعض الأعضاء الغضة في درجة حرارة 5 ْم تقريباً، بينما تتحمل الأعضاء الأقل غنى بالماء حتى درجات حرارة منخفضة جداً تصل إلى 30- مْ, وحتى 100 -مْ لبعض البذور.

* زيادة نسبة المواد المنحلة في العصارة الخلوية والفجوية: يعمل وجودها على خفض درجة التجمد، ويتضمن ذلك تحول النشاء إلى سكريات منحلة، وتؤدي الدور نفسه ا لأملاح المعدنية والعضوية والمواد البروتينية المنحلة والحموض الأمينية.

* ارتفاع الضغط الحلولي الذي يعد أحد أسس مقاومة الحرارة المنخفضة لاسيما في المناطق الباردة والمعتدلة البر ودة، ويعود هذا الارتفاع لزيادة نسبة المواد المنحلة في العصارة الخلوية ولزيادة ارتباط الماء بالمواد الغروية مما يقيد الماء الحر.

* تحول مخزون النشاء، حيث يدّخر النشاءُ طوال فصل الربيع والصيف، ويتحوّل إلى دهون وزيوت في الشتاء مما يقلل درجة تجمد المستحلب الناتج، مثل: النوع *Sinna borealis* النامي في المناطق الجبلية العالية.

* تجميع المواد الغروية أليفة الماء كالسكويات الخماسية والمواد المخاطية والبكتينية التي تعمل على زيادة شدة ادمصاص الماء وتقييده مما يزيد من مقاومة النبات لدرجات الحرارة المنخفضة.

* زيادة نفاذية الأغشية البروتوبلاسمية، وهذا يساعد على خروج الماء من الخلايا الأمر الذي يقلل احتمال تشكل بلورات جليدية داخل الخلايا.

* التقسية النباتية التي تتضمن زيادة نسبة السكر يات ولاسيما الغلوكوز والسكروز، ثم خروج الماء وزيادة النسج الاستنادية والدعامية الفقيرة بالماء وقليلة النشاط الحيوي.

وتختلف مقاومة الصقيع وقدرة النباتات على ذلك من نبات لآخر ومن عضو لآخر، ويمكن ترتيب الأعضاء النباتية وفقاً لدرجة مقاومتها للصقيع بشكل تصاعدي كما يلي : البويضة، والكربلة، والبتلات، والسبلات، والزهرة، والأوراق، والساق الغضة، والساق القاسية، والبذور، والأبواغ.

11. تأثير درجات الحرارة العالية : يؤدي التعرض لدرجات حرارة عالية مدة طويلة نسبياً، إلى حدوث تبدلات خلوية وبنيوية غير قابلة للعكس تنتهي بهلاك العضو النباتي أو النبات بكامله, ومن أبرز هذه التبدلات:

– خروج كميات كبيرة من الماء من النبات ولاسيما الأوراق مما يسبب الذبول والتجفاف فللموت.

– اضطراب العمليات الحيوية الأساسية ولاسيما التركيب الضوئي والتنفس : ففي حين أن معدل التنفس يزداد كثيراً في الحرارة العالية فإن معدل التركيب الضوئي يقل كثيراً، مما ينعكس على محصلة التركيب الضوئي التي تتناقص مع ازدياد معدل التنفس الذي يزيد الاستهلاك مقارنة بالإنتاج، فيقع النبات في عجز غذائي يظهر على النبات بأشكال عديدة مثل تقزم الأفراد وضعف إنتاجيتها.

– يرتبط تأثير الحرارة العالية في النباتات بطبيعة التركيب الجزيئي للبروتينات ولاسيما الحساسة للحرارة التي تتخرب بالحرارة العالية، والصانعات الخضراء مما ينعكس سلباً على النبات.

وتؤدي التبدلات البنيوية الناجمة عن التعرض للحرارة العالية إلى تشكيل مركبات جديدة سامة وضارة بحياة النبات ونشاطه، و يجب التمييز أيضاً بين الحد ا لأقصى للحرارة بالنسبة لكل عملية حيوية والحد الأقصى لاستمرار الحياة، وتدعى درجة الحرارة القصوى التي يمو ت فيها النبات بالحد الحراري الأعلى الحرج وهو يختلف من نوع لآخر ومن منطقة لأخرى ومن عضو لآخر (جدول 5).

الجدول 5 الحد الحراري الأقصى الحرج لبعض النباتات

الحد الحراري الأقصى الحرج، مْ	النباتات أو المجموعة النباتية
10	**بعض الطحالب وحيدة الخلايا**
70	**بعض الطحالب الزرقاء الموجودة في المياه الحارة**
80	**البكتريا أليفة الحرارة**
45	**أوراق النباتات المرجية**
55	**نباتات المناخات الحارة مثل *Cactacees***

تكيف النباتات ومقاومتها للحرارة العالية

تعتمد النباتات في مقاومتها للحرارة المرتفعة، على بعض التكيفات التي يمكن تلخيصها كالآتي:

أ- تكيفات شكلية وتشريحية: وهي أساليب وطرائق الحد من التعرض للإضاءة المباشرة وكل ما من شأنه الحد من الامتصاص الحراري مثل خفض زاوية استقبال الأشعة الشمسية عن طريق دوران الأوراق مع حركة الشمس كبعض الأنواع النباتية ذات الأوراق الدّوارة (الخس *Lactuca*)، اختزال السطح المعرض للأشعة بعدة أساليب كصغر حجم الورقة (*Erica, Pinus*), أو سقوطها المتدرج مع ارتفاع الحرارة (*Spartium, Poterium, Retamma*) أو التفافها (*Agroperon Ammophylla,*) أو عدم تشكلها أحياناً (*Genesta*)؛ ثخانة القشيرة وتعدد طبقات البشرة وزيادة الترسبات السليلوزية في خلاياها كما في الدفلة *Nerium* والصبار *Opunitia* وزيادة كثافة وطول الأوبار التي تغطي سطوح الأعضاء النباتية ولاسيما الساق والأوراق كما يظهره *Stachys nivia*، إضافة إلى زيادة النسج المقاومة قليلة النشاط الحيوي ولاسيما الدعامية.

ب- تكيفات فيزيولوجية: تقوم النباتات أليفة الحرارة بجملة من العمليات الفيزيولوجية للحد من تأثير الحرارة المرتفعة التي تتعرض لها ومن أهمّها:

- زيادة النتح Transpiration الذي يخفف كثيراً من تأثير الحرارة علماً أنه يسبب فقدان كميات كبيرة من ماء النبات.
- حصر النشاطات الحيوية في الفترات التي تكون فيها الحرارة مناسبة كبداية النهار ونهايته.
- زيادة الضغط الحلولي بزيادة نسبة المواد المنحلة والمواد أليفة الماء كالسكريات الخماسية والحموض العضوية والمواد المخاطية والبكتينية التي ترتبط بالماء الحر وتقيده مما يزيد مقاومة العضو النباتي أو النبات . وتبين أن مقاومة النباتات وبقية الأحياء، للحرارة العالية كما للحرارة المنخفضة جداً، تتعلق بطبيعة التركيب الجزيئي للبروتينات ولاسيما الحساسة للحرارة.

12. تأثير الحرارة في الإنتاش

وتقسم النباتات وفقاً لتأثير الحرارة في الإنتاش (Went) إلى زمرتين:

+ نباتات ضيقة المجال الحراري Stenothermes اللازم للإنتاش التي تنتش بذورها في مجال حراري ضيق ولشدة اختلافها تقسم إلى عدة مجموعات:

* نباتات الموسم البارد وتضم بعض الأنواع النباتية التي تنتش بذورها ابتداءً من تشرين الثاني حتى آذار (شتوية) في حرارة بين 15 - 19 °م نهاراً وبين 1 - 4 °م ليلاً، ويمكن أن يستمر الإنتاش نهاراً حتى 4.5 °م وليلاً حتى 3.9 °م مثل إنتاش بذور *Chaenactis carphoclina*، وينتمي إلى هذه المجموعة أيضاً الأعشاب الحولية المرافقة للمزروعات الشتوية إذ تنتش بذورها في الشتاء وتكمل دورة حياتها قبل حصاد المزروعات ، مثل: معظم الأعشاب الضارة المرافقة للقمح والشعير وكذلك *Alchemilla arvensis* و *Veronica hedereafolia*.

* نباتات الموسم المعتدل وتشمل أنواعاً أكثر احتياجاً للحرارة (ربيعية) حيث تبدأ بذورها با لإنتاش ابتداءً من أيار عادةً عندما تصل درجات الحرارة الليلية إلى حدود 4 – 10 م مثل *Channactis fromontii* والأنواع الحولية المرافقة للمزروعات الربيعية مثل *Polygonum lapatifolium* و *Echinocloa crus-galli*.

* نباتات الموسم الدافئ وتضم أنواعاً نباتية شديدة التعلق بالحرارة (صيفية) لضمان إنتاش بذورها، تحتاج لحرارة نهارية بين 18–40م وينتمر الإنتاش ليلاً حتى 13م مثل *Pactis paposa*.

+ النباتات واسعة المجال الحراري Eurythermes اللازم للإنتاش: يتم إنتاش بذور هذه الأنواع في مجال حراري واسع، ويمكن أن يتحقق في جميع الفصول شريطة توافر العوامل الأخرى غير الحرارية، مثل إنتاش بذور شرابة الراعي *Capsella*.

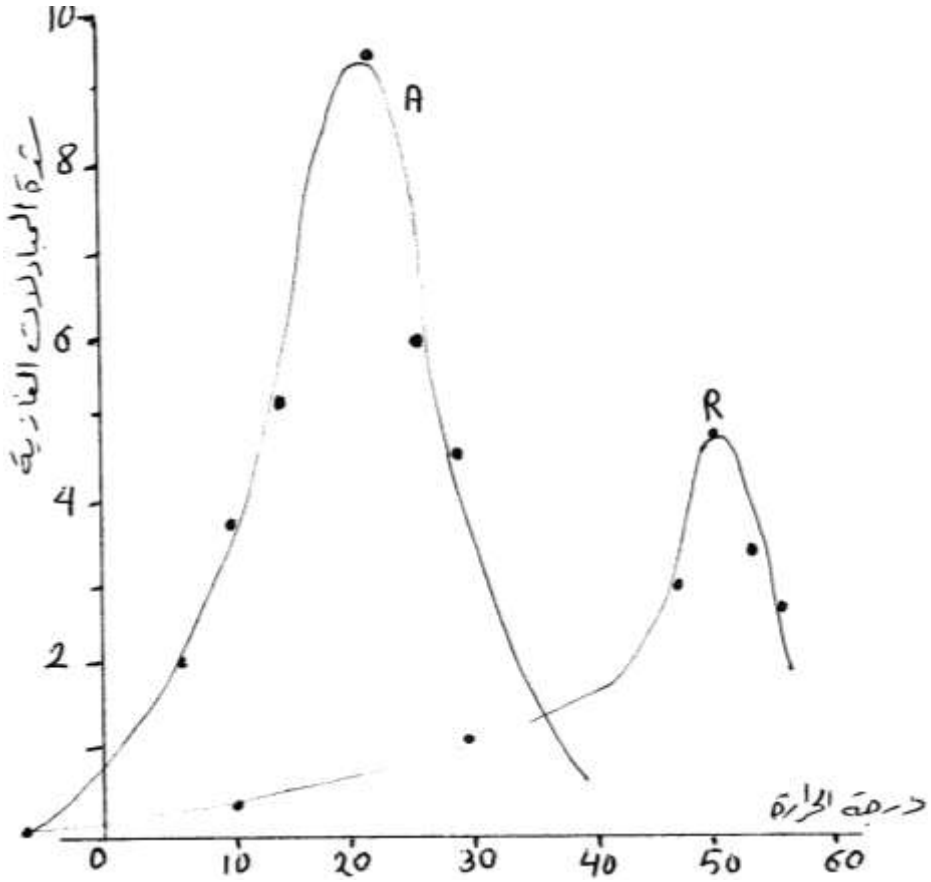
12. تأثير الحرارة في عمليات الاستقلاب

يرتبط نمو النباتات بدرجة الحرارة التي تتحكم بتفاعلات التركيب الضوئي وبنشاط الإنزيمات التنفسية، ويختلف الحد الأعلى أو الأدنى للحرارة المناسبة لتثبيت CO_2 من نبات لآخر ومن منطقة لأخرى، ويقع الحد الأعلى لنباتات المنطقة المعتدلة بين 20 – 30 م، ولنباتات المنطقة شبه المدارية والجبال العالية مثل *Rananculus glacialis* بين 10 – 13 م, ولنباتات المناخات الحارة مثل العديد من أنواع الفصيلة *Chenopodiaceae* ونبات *Tidestromia oblongifolia* نحو 40 م

يتمكّن بعض الأنواع النباتية الشمالية والألبية والمغطاة بالثلج وبعض الحزازيات القيام بالتركيب الضوئي في درجات حرارية منخفضة جداً (– 10 حتى – 20 م أحياناً) في الوقت الذي تكون فيه شدتها التنفسية في حدودها الدنيا، أما التركيب الضوئي فيتوقف تماماً في درجات الحرارة العالية عند درجة معينة في حين يزداد تنفسها طرداً مع ارتفاع الحرارة إلى أن يتوقف عند حد معين (الشكل 2)، يبدو أنه في الفصل المناسب للنمو ، تكون شدة التركيب الضوئي أعلى بعدة مرات من شدة التنفس وهذا أمر ضروري جداً لتأمين النمو الطبيعي للنبات وإنتاجه.

13. النوبة الحرارية اليومية Thermoperiodisme quotedien

هي تبدل درجات الحرارة خلال اليوم ، وتعدّ من العناصر المهمة في **تتالى** مراحل التطور والنمو وكذلك **زيادة** الإنتاج عند النباتات ، وتعمل النوبة الحرارية اليومية على **إنهاء** سبات براعم وبذور الكثير من الأنواع النباتية، وهذا ما لوحظ تجريبياً بالنسبة للإنتاش، حيث تزداد سرعته عندما تتبدل درجة الحرارة بين حين وآخر مقارنة بسرعة الإنتاش عند حرارة ثابتة.



الشكل 2 العلاقة بين درجات الحرارة والتنفّس (R) والتركيب الضوئيّ (A)
(سم^3 من CO_2 المتبادل مع 1 غ من الأوراق الخضراء في الساعة، بحسب Lundegardh)

وتشكل النوبة الحرارية اليومية مع النوبة الضوئية عاملاً **مساعداً للإنتاش** الحساس للضوء كإنتاش بذور التبغ *Nicotiana tabacum* (الجدول 6)، **وتنشّط** النوبة الحرارية اليومية النمو فتويد الإنتاج كما في حال نبات الهندورة *Solanum lycopersicum* حيث يتم النمو الأعظمي في درجة حرارة 26.5 ْم نهاراً وبين 17 – 19 ْم ليلاً (التناوب الحراري).

الجدول 6 تبدل نسبة الإنتاش بحسب النوبتين الحرارية والضوئية عند التبغ

إضاءة/ حرارة	20 ْم	30 ْم	20 – 30 ْم
ضوء %	94	84	97
ظلام %	5	0	97

14. تأثير الحرارة في التوزع الجغرافي للنباتات

يدل وجود وتوطّن أيّ نوع نباتي على تكيفه مع الشروط البيئية للموطِ ن ومنها الحرارية، من هنا تبرز منطقية توزع النباتات الأكثر ألفة للحرارة في المناطق الحارة، والنباتات الأكثر ألفة للبرودة

في المناطق الباردة ضمن رقع محددة ، تتبدل الحرارة على سطح الأرض باتجاهين مختلفين (أفقياً وشاقولياً) مما ينعكس على التوزع الجغرافي للنباتات بشكلين مختلفين أيضاً.

التوزع الأفقي: تنخفض الحرارة بشكل متدرج من المناطق الاستوائية إلى المعتدلة فالقطبين، ويؤدي هذا التدرج الحراري المتناقص إلى توزع الأنواع النباتية على شكل نطاقات نباتية تبدو أكثر وضوحاً في نصف الكرة الشمالي يضمّ كل منها الأنواع التي تتقارب متطلباتها الحرارية، وفق الآتي:

** النطاق الاستوائي : يمتد من خط الاستواء حتى درجة عرض 10 شمالاً وجنوباً، ويتراوح المتوسط السنوي للأمطار بين 2000 و 5000 مم وهي منتظمة الهطول على مدار السنة فلا وجود للفصل الجاف، أما المتوسط السنوي للحرارة فيقع بين 24 – 28 مْ، ويتمثل الغطاء النباتي بالغابات الاستوائية المطيرة التي تغطي مساحات واسعة في ثلاثة قطاعات جغرافية في أواسط أمريكا الجنوبية وأفريقيا الاستوائية وجنوب شرقي آسيا.

** النطاق المداري: يقع بين درجتي العرض 10 و 30 شمالاً وجنوباً، ويتميز بنظام حراري قريب من النطاق الاستوائي، لكن كميات الأمطار غير متساوية، فهي تختلف من مكان لآخر ويلاحظ تدرج في ظهور الفصل الجاف.

** النطاق الانتقالي: يمتد بين خطي عرض 30 و 40, ويتراوح المتوسط السنوي للحرارة بين 16 و 22 مْ، ويتميز بنظام مطري مختلف عن النظامين السابقين، إذ تتركز الأمطار خلال فصل شتاء واضح لكنه معتدل ، ويتمثل الغطاء النباتي في هذا النطاق بتشكيلات نباتية متنوعة كالغابات ذات الأوراق العريضة وذات الأوراق القاسية وتشكيلات شجرية منقزمة ونباتات جفافية قليلة الكثافة.

** النطاق المعتدل: ويشمل القطاع الواقع بين درجتي عرض 40 و50 شمالاً عدا حوض المتوسط، يتميز بشتاء بارد نسبياً، يتراوح متوسط الحرارة السنوي بين 7 و 16مْ بينما تزيد كمية الأمطار على 500مم وتصل إلى 1200مم/سنوياً، ويتمثّل الغطاء النباتي بالغابات متساقطة الأوراق.

** النطاق المتوسطي: ويقع ضمن إطار النطاق المعتدل لكنه يتميز بشتاء بارد إلى معتدل وصيف حار وجاف وهطول معتدل (200 – 1500 مم/ عام) ونباتات قاسية (ماكي Maquis, غاريق Garrique وفريغانا Phreygana).

** النطاق المعتدل البارد : يمتد بين درجتي عرض 55 و 65 شمالاً، ويتراوح المتوسط الحراري السنوي بين 0 و 6 مْ، ويتميز بشتاء قاسٍ وفترة نمو قصيرة وكمية أمطار قليلة ومحدودة، ويتمثل الغطاء النباتي بالغابات الراتنجية الفقيرة بالأنواع وبالتيغا Taiga.

** النطاق شبه القطبي والقطبي : يبدأ من درجة عرض 65 شمالاً وجنوباً ويتميز بدرجة حرارة سالبة طوال العام وبكمية أمطار قليلة وغياب الفصل الجاف بسبب البرودة ، ويتمثّل غطاؤه النباتي بالتوندرا Tundra أو المراعي القطبية.

التوزع الشاقولي:

يمثل الانتقال عبر الجبال حالة تشبه الانتقال باتجاه العروض العليا من حيث تغير درجة الحرارة، فعند درجة عرض معينة وعلى ارتفاع محدد تنخفض درجة الحرارة مرتين: مرة حسب درجة العرض وأخرى حسب الارتفاع عن سطح البحر.

يؤدي تبدل الانخفاض المضاعف للحرارة في الجبال، وما يرافقه من تغيرات في كمية الهطول وشكلها وفي شدة الأشعة الشمسية ونوعها، إلى تكون تشكيلات نباتية متعاقبة على ارتفاعات مختلفة تدعى بالطوابق النباتية Etages de vegetation التي تبدي الطوابق النباتية الكثير من التشابه والتناظر في الأنواع النباتية مع النطاقات النباتية وإن اختلفت هذه الطوابق من إقليم لآخر بحسب العناصر البيئية الأخرى المرافقة للارتفاع.

الطوابق النباتية على الجبال المتوسطية وأهم خصائصها :

أ- الطابق تحت المتوسطي Infra–Mediterraneen: هو حالة خاصة للواجهة الغربية للمغرب العربي حيث تسود الترب السيليسية والكلسية، ويشمل قطاعاً ارتفاعياً ممتداً من المحيط الأطلسي حتى 400 أو 500 م، ويتميز بأمطار سنوية متوسطة وبوجود بعض الأنواع النباتية مثل *Acacia gumifera*، *Argania spinosa* و *Olea salicifolia*، إضافة إلى بعضها الآخر الأقل انحصاراً بهذا الطابق كبعض أنواع السماق *Rhus tripartitum*، *Rh. pentaphylla*، وبعض أنواع *Ephedra beaumieriana*، و *E. echinis* و*E. regis – jubie*.

ب- الطابق المتوسطي الحار Thermo–Mediterraneen: يقع قرب مستوى سطح البحر في الجزء الشمالي من حوض المتوسط وابتداءً من البحر حتى ارتفاع 600 م في الجزء الجنوبي ، ويتميز بتشكيلات و أنواع مختلفة، منها ما هو محصور بهذا الطابق مثل : تشكيلات الزيتون والخرنوب والبطم *Olivier–caroubier–lentisque*، غابات مخروطية *Conifere* متنوعة من جنس *Pinus* كالأنواع: *P. Pinea*، *P. Pinaster*، *P. hallepeincis* و *P. brutia*. ومن جنس *Cupressus*: *C. sempervirens*، *C. atlantica* و*C . duprezziana*. ومن جنس *Juniperus*: *J. oxycedrus*، *J. phoenicea*، *J. macrocarpa* (على الرمال)، *J. lycia* وكذلك *Tetraclinia articulata* ثم تشكيلات البطم الأطلسي *Pistacia atlantica*.

أما من التشكيلات وا لأنواع غير المحصورة بهذا الطابق فتبرز غابات السنديان القاسي متمثلة بالأنواع: *Quercus aucheri* ,*Q. suber* ,*Q. ilex* و *Q. calliprinus*، وغابات السنديان متساقط الأوراق أو شبه متساقط ا لأوراق كالأنواع : *Q. aegylops*، *Q.ithaburensis*، *Q.macrolepis*، *Q.fagenea* *Q.infectoria* و *Q. canariencis*.

ج- الطابق المتوسطي الأوسط Meso–Mediterraneen: يمتد بين 600 و1000 م عن سطح البحر في الجزء الجنوبي من حو ض المتوسط (ويمكن أن يصل إلى 1200 م في بعض المناطق)، أما في الجزء الشمالي فيصل حتى 600 م تقريباً، ويعد هذا الطابق من أكثر الطوابق النباتية تمييزاً لحوض المتوسط حيث تكثر الترب السيليسية والكلسية، ويتميز بتشكيلات نباتية متنوعة كالغابات التي تسود فيها أنواع من السنديان القاسي *Q. suber*، *Q. ilex*، *Q. calliprinus*، *Q. coccifera*، *Q.alnifolia*، وغابات تكثر فيها أنواع السنديان متساقط ا لأوراق: *Q . cerris*، *Q. pubescentis*، *Q. pseudo–cerris*، *Q. anatolia*، *Q. canarincis*، *Q. infectoria* و *Q. aegylops*، ثم غابات تسيطر فيها بعض ا لأنواع المخروطية مثل *Pinus pinaster*، *P. hallipincis*، *P. pinea* و *P. brutia*.

د- الطابق المتوسطي العلوي Mediterraneen superieur والطابق فوق المتوسطي Supra–Mediterraneen: يقع هذان الطابقان على القطاع الارتفاعي نفسه من 600 إلى 1000 م في الجزء الشمالي من حوض المتوسط وبين 1200 و 2000 م عن سـطح البحر في الجزء الجنوبي ، ويتمـيز الطابق المتوسطي العلوي المحصور على السفح الجنوبي بالتشكيلات النباتية القاسية دائمة ا لأوراق لاسيما من جنس *Quercus* وبعض المخروطيات؛ أما الطابق فوق المتوسطي المتمثل بالسفح الشمالي فتسوده التشكيلات متساقطة الأوراق أو شبه متساقطة الأوراق من جنس *Quercus* ومن أجناس مختلفة مثل *Alnus*، الكستناء *Castanea*، الجوز *Juglans* وبعض المخروطيات؛ ويضم جنس السنديان متساقط الأوراق ودائم الخضرة عدة مجموعات أهمها:

* أنواع شبه متوسطية ليست مرتبطة بالمناخ المتوسطي : *Q. pubescentis*، *Q. cerris*، *Q.pseudo – cerris*، *Q.brachyphylla*.
* أنواع شبه متوسطية من أصل أوروبي: *Q.sessiliflora* و *Q.pedinculata*.
* أنواع غرب متوسطية: *Q. fagenea*، *Q. pyrenica* و *Q. canariancis*.
* أنواع وسط متوسطية (منتشرة في وسط حوض المتوسط): *Q.frainetto*، *Q.infectoria*، *Q.libani*، *Q.loock* و *Q.castaneifolia*؛ إضافة إلى بعض ا لأنواع الأخرى متساقطة الأوراق مثل : *Castanea sativa*، *Alnus cordata*، *Carpinus cletulus*،

Carpinus orientalis، وأنواع مختلفة من جنسي *Juglans* و *Ostrya*، أما من المخروطيات فتصادف الأنواع: *Pinus brutia* و *Abies alba*.

هـ- الطابق المتوسطي الجبلي Montagnard–Mediterraneen: ويمتد بين 2000 و 2500 في الجزء الجنوبي وبين 1000 و 1500 م عن سطح البحر في الجزء الشمالي من حوض المتوسط، ويتميز هذا الطابق بصورة رئيسة بالمخروطيات وخاصة الأجناس التالية:

* الصنوبر *Pinus* كالأنواع: *P. clusiana*; *P. laricio*; *P. pallasiana*; *P. leucodermis*, *P. nigra*; *P.heldrechis*; *P. sylvestre* .

* التنوب *Abies* المتمثل با لأنواع التالية : *A. bornmuelleriana*; *A. equitrogani*; *A.nordmanniana*; *A.cilicica*; *A. mebrodencis*; *A.borisci regis*, *A. numidica* ; *A.alba* ; *A cephalonica* ; *A. marocana* ; *A . pinsapo*

* الأرز Cederus كالأنواع:*C. libani C.atlantica* ; *C.deodora* ; *C.brevifolia* .

* العرعر *Juniperus* مثل: *J.turifera* ; *J.excelsa* ; *J.drapacea*

* السنديان *Quercus* كالأنواع: *Q. pinnatifida* ; *Q.libani* ; *Q.cedrorum*.

* الزان Fagus مع الأنواع: *F.sylvatica* ; *F.orientalis*.

و- طابق الجبال العالية المتوسطية Oro–Mediterraneen يمتد في الجزء الجنوبي من حوض المتوسط بين 2500 و 3000م وبين 1500 و 2100م في الجزء الشمالي، ويتميز بوجود العرعر *Jnniperus* بنوعيه *J. tnrifera* و *J. excelsa* والمروج النجيلية *Pelouse*.

ز- طابق قمم الجبال المتوسطية: يبدأ من ارتفاع 2100م في الجبال المتوسطية الشمالية ومن ارتفاع 3000 م في الجبال المتوسطية الجنوبية ، ويقع فوق خط الغابات وغالباً ما يغطى بالثلوج بشكل دائم أو مؤقت ، وتندر الأنواع الشجرية ويغلب على نباتاته طابع التقزم، ويسود في قمة جبل حرمون (أعلى من 2500 م) نبات الزلوع الحرموني *Ferula hermoni* (أبو زخم 1989).

15. درجة الحرارة والأنماط الحيوية Types biologiques

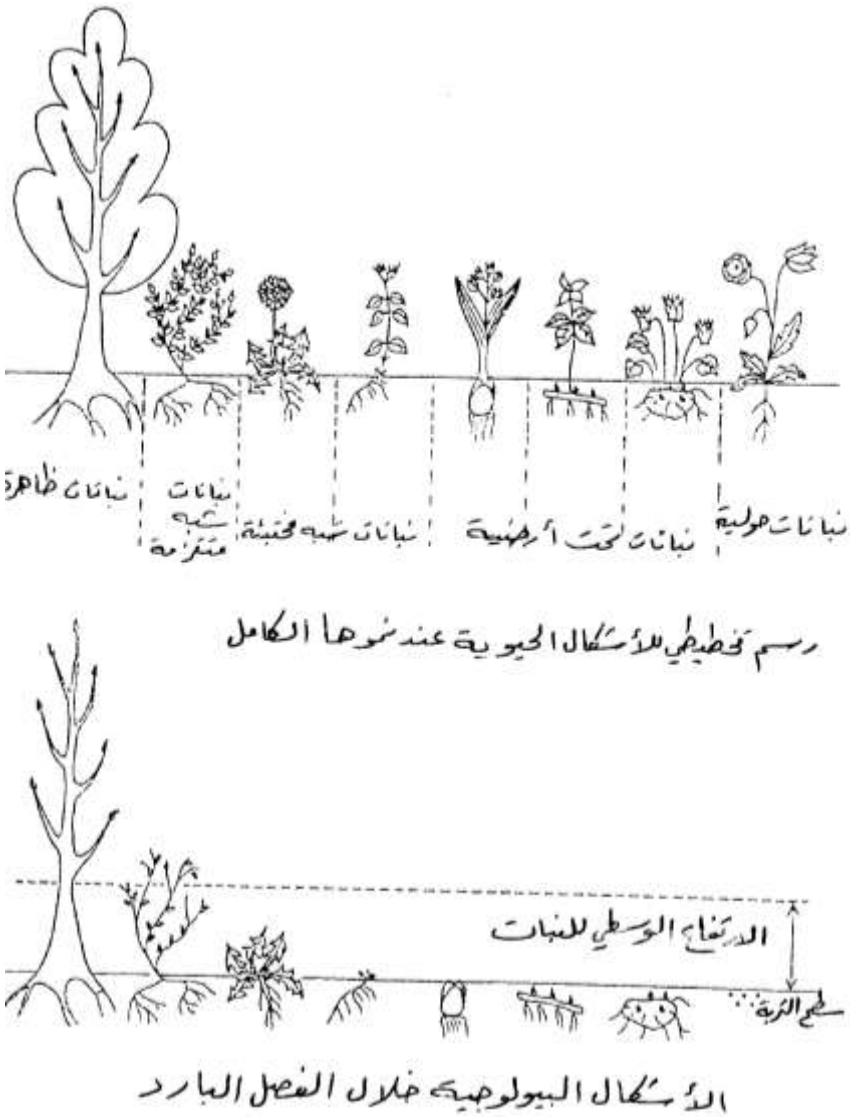
تعد الحرارة العامل البيئي السائد في المناخات المعتدلة، ويظهر تأثيرها واضحاً في تحديد فترات غير مناسبة للنمو (شتائية باردة وصيفية حارة وجافة)، غير أن الكثير من النباتات يتكيّف مع هذه الفترات بأساليب وأشكال مختلفة (الشكل 2-25) كالآتي:

أ- النباتات الظاهرة Nano–phanerophytes و Phanerophytes: هي نباتات تتوضع براعمها التجددية على ار تفاع يزيد على 25 سم عن سطح التربة, وتضم أنواعاً مختلفة وعد يدة الانتماء التصنيفي منها الأشجار الضخمة والشجيرات والجنبات وبعض الأعشاب والنباتات العصارية والمتسلقة، ويحتفظ بعضها بأوراقه ومع ذلك يكون نموها بطيئاً كالمخروطيات ذات الأوراق المعمرة،

بينما يفقدها بعضها الآخر في الخريف (متساقط الأوراق Caducifolier) ويتم استعادتها في الربيع من براعم تشكلت قبل حلول الشتاء لكنها بقيت في حالة سبات محمية بالحراشف، تعطي هذة البراعم إضافة إلى الأوراق الفروع الجديدة.

ب- النباتات المتقزمة Chamaephytes (جنبات متقزمة): هي النباتات التي تتوضع براعمها التجددية على فروع لا يتجاوز ارتفاعها 25 سم عن سطح التربة، ويمكن تمييز عدة أشكال منها: نباتات قائمة كبعض أنواع *Thymus*، *Myrtus*، *Lavendula*، ونباتات زاحفة تفرش فروعها سطح التربة ، و نباتات عشبية متسلقة مثل *Veronica*، ونباتات جفافية في المناطق شبة الجافة كأنواع *Astragalus*. وتكثر هذه النباتات في المناطق الباردة والجبلية المرتفعه حيث يأخذ بعضها شكلاً وسادياً بفعل الرياح القوية أو الثلج الدائم، وتصادف في المناطق الجافة والصحراوية.

أما تكيفات هذه النباتات مع الجفاف فتتمثل بما يلي : ظاهرة التقسية، وسقوط ا لأوراق وتحوراتها، وتطوير وتضخيم نظام الامتصاص، والشكل المتقزم الذي تأخذه هذه النباتات والهيئة التي تبديها، حيث تساعدها كثيراً على المقاومة كالشكل الوسادي والكروي أو المحدب أو نصف الكروي كالبلان *Poterium spinosum*، وكثرة الأشواك والأوبار. وينتشر هذا النمط بشكل ملحوظ في حوض المتوسط و لاسيما الجزء الشرقي منه كنتيجة مباشرة عن تقهقر الغابات في هذا الجزء وقد أخذ مؤخراً اسم النباتات المحروقة Phryganas (نادر 1985 و 1999).



الشكل 3 الأنماط البيولوجية للنباتات

في أوج نموّها وخلال الفصل البارد تأثير درجات الحرارة (بحسب Loiseau).

جـ- النباتات شبة المختبئة Hemi–cryphtes: هي النباتات التي تتوضح أعضاؤها التجددية في مستوى سطح التربة، حيث تكون محمية با لأوراق النباتية المتساقطة ويكون الجزء الهوائي لمعظم هذه النباتات عشبياً ويختفي القسم الأعظم منه في الفصل غير المناسب (الصيف).

ويحتفظ بعض هذه النباتات بأوراقه المتوضعة على شكل وريدة، مشكلاً خلال الفصل المناسب حقولاً مزهرة مثل *Taraxacum*، *Anemone nemorosa*، *Plantago*، ومنها ما يحتفظ بساق مورقة ومزهرة مثل أنواع *Ranunculus*، ولبعضها س اق زاحفة طويلة (جذامير) مثل *Saponaria* و *Scrophularia*، ويفقد بعضها أوراقه ولا يبقى سوى البر اعم المتوضعة في

مستوى سطح التربة مثل بعض أنواع Stachys و*Lamium*؛ تكثر هذه النباتات في جميع المناطق عدا الاستوائية، أما تكيفها فيتجلى بسقوط الأوراق وبقاء براعم التجديد في مستوى سطح التربة.

د- النباتات الخفية Cryptophytes: هي نباتات يكون قسمها الهوائي حساس جداً وهش اً وسريع الزوال بينما تكون الأعضاء المعمرة (براعم التجديد) مختفية تحت التربة Geophytes على شكل جذامير أو درنات أو أبصال أو كورمات مثل *Tulipa*، *Anemone*، *Polygonatum vulgare*, *P. multiflorum*، *Scilla*، *Alluim*، *Paris* و *Cyclamen*.

وقد تكون متوضعة في الطين الرطب وأليفة للضوء مثل أنواع *Typha*، *Phragmites* و*Scirpus*، ويمكن أن تكون طافية, شبه مغمورة أو مغمورة كلياً، ولا يظهر فيها فوق سطح الماء سوى حوامل الأزهار في الصيف وعند بعضها فقط مثل *Elodea*, *Nupharr* و *Nymphae* مما يؤمّن لهذه النباتات ولأعضائها التجددية حماية تامة وفعالة من الجفاف والصقيع والتبدلات الحرارية.

وتكثر هذه النباتات في المناطق المعتدلة وتتمثل تكيفات هذا النمط مع الجفاف في دورة حياتها حيث تقضي النباتات فترة الجفاف على شكل أعضاء مقاومة كالجذامير وا لأبصال والدرنات والكورمات التي تبقى في التربة بينما يزول الجزء الهوائي كالنرجس والسوسن وغيرها.

هـ- النباتات الحولية Therophytes: وهي نباتات سريعة الزوال Ephemerophytes، تبقى في الفصل غير المناسب بحالة بذور (أعضاء عالية المقاومة) وتنجز دورة نموها القصيرة عادة خلال الفصل المناسب في مدة لا تتجاوز الأسبوع أو عدة أسابيع ، وتكثر في المناطق الجافة وشبه الجافة والسهوب والصحارى، وتقسم بحسب موعد الجفاف والمنطقة إلى الحوليات التالية:

* الحوليات المتوسطية: هي النباتات الحولية التي تنتشر ضمن التشكيلات النباتية المتوسطية التي تخضع لفترة جفاف تبدأ من أواخر الربيع وتمتد على طول فصل الصيف وجزء من الخريف.

* الحوليات المدارية : هي النباتات الحولية التي توجد ضمن التشكيلات النباتية المدارية ولاسيما في ظل المناخ المداري الجاف، حيث تخضع لفترة جفاف شتائية بعكس الحوليات المتوسطية، وقد تستمر خلال جزء من فصل الربيع.

* الحوليات الصحراوية: هي النباتات الحولية التي تنمو في الصحراء ممثلة أحد أبرز أساليب التكيف مع الجفاف بجميع أشكاله والمتميز بقلة ا لأمطار وندرتها، أو انعدامها أحياناً، من جهة، والارتفاع الشديد لدرجات الحرارة وما ينجم عن ذلك من تبخر ونتح هائلين م ن جهة أخرى. ويتجلى تكيف هذه الحوليات الصحراوية مع ندرة ا لأمطار وعدم انتظام هطولها بقدرتها على النم و السريع، حيث تظهر هذه الحوليات مباشرة بعد هطول الأمطار وتنم و بسرعة كبيرة منجزة بذلك دورة نموها البيولوجية من الإنتاش وحتى الإثمار قبل أن تصبح التربة جافة.

ويختلف طول الدورة الحيوية للحوليات الصحراوية من نبات لآخر ومن مكان لآخر، ويتراوح بشكل عام بين أسبوع وثلاثة أو أربعة أشهر على الأكثر : فهو 8 – 15 يوماً عند *Mollugo glinus* غير أنها تبدو قزمة وتزهر في وقت يكون لها ورقة واحدة أو اثنتان ، وتصادف نباتات بطول بضعة سن تيمترات، وتحمل ثماراً مثل *Convolvulus fatmensis*; *Plantago albicans*; *Launaea glomerata* (الشكل 35)؛ تدعى هذه النباتات بسريعة الزوال أو نباتات الفصل الجميل وهي تشكل بساطاً أخضر يغطي سطح التربة بعد هطول الأمطار، ويدعى العشب.

و– النباتات الفوقية Epiphytes والمتسلقة Lianes: هي نباتات تنم و مستندة إلى ركائز حية (أشجار أو نباتات أخرى) أو غير حية كالجدران والصخور والجذوع وغيرها، وتكثر هذه النباتات في المناخات الاستوائية الرطبة مثل *Orchidees*; *Fougeres*، وفي المناخات المدارية الرطبة مثل *Mousses*, *Lichens* وفي التشكيلات النباتية الكثيفة حيث تسمح الرطوبة بذلك.