علم البيئة والانواء الجوية

المحاضرة الأولى

- مقدمة ومدخل

أهمية دراسة علم البيئة والانواء الجوية وعلاقتها وتأثيرها على العمليات الزراعية في مختلف اطوار نمو النبات وتاثيره على الإنتاجية والنبات .

تعاريف مهمة ومفاهيم :

الطقس Weather

يعبر الطقس أحيانا بالجو ويقصد به الأحوال الجوية السائدة التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة كالسحب والضباب وكذلك يتم قياسها كالحرارة والرياح والضغط الجوي والسواقط خلال يوم واحد .

المناخ Climate :

يتكون مناخ كل إقليم من أقاليم سطح الأرض من ظاهرات وعناصر مناخ مختلفة. تأثيره على سطح ومناخ المكان خلال فترة ز منية تحدد خلال عدد من السنوات .

علم الطقس Meterology :

هو العلم الذي يدرس الظاهرات الجوية كما هي عند حدوثها ويهتم بالاجهزة والمعدات التي تستخدم لقياس عناصر المناخ والعلاقة بينها .

علم المناخ Climatolgy :

هو الدراسة العلمية للمناخ في إقليم أو في أكثر من أقاليم سطح الأرض أو هو العلم الذي يدرس السمات الرئيسة للطقس في فترة زمنية تمتد لعدة سنوات .

علم البيئة Ecology :

هو العلم الذي يدرس محاولة فهم العلاقة بين الكائنات الحية المختلفة والمحيط الذي تعيش فيه والتداخل بين العناصر المختلفة .

النظام البيئي Ecosystem :

التفاعل والعلاقة بين الكائنات الحية (الانسان والحيوان والنبات) والعناصر غير الحية (التربة والماء والهواء) في محيط معين .

علم الانواء الجوية :

يسمى العلم الذي يبحث في خصائص الغلاف الجوي وكافة الظواهر والتغيرات التي تحدث فيه ودراسة اسبابها وتأثيرها على فعاليات ونشاطات الانسان بعلم الانواء الجوية (Meteorology) وينقسم الى عدة فروع اساسية هي : ـ

١ ـ الانواء الطبيعية Physical Meteorology

يختص هذا الفرع بدراسة الظواهر الطبيعية التي تحدث في الجو كالظواهر الضوئية والصوتية والتبخر والتكاثف والسواقط .

٢ ـ الانواء الحركية Dynamical Meteorology

وهو الفرع الذي يختص بدراسة حركة الهواء والقوى المسببة له والمؤثرة عليه .

٣ ـ المناخ Climatology

وهذا الفرع يبحث في معدلات العناصر المناخية والتغيرات التي تحصل لها وتصنيف المناطق المناخية ويسمى ايضاً بعلم الانواء الاحصائية .

٤ ـ الانواء الاجمالية (السينوبتيكية)Synoptical Meteorology

يختص هذا الفرع بدراسة ومتابعة الاحوال الجوية على مساحات واسعة بالاعتماد على رصدات جوية لاوقات ثابتة في محطات مختلفة من العالم وبموجب تتبع هذه الرصدات يمكن التنبؤ بالتغيرات الجوية .

ـ يعتبر علم الانواء الجوية من العلوم الاساسية لكافة مجالات العلم والمعرفة وتزداد اهمية هذا العلم مع الزمن نتيجة للتطور العلمي السريع وتطور حياة الانسان وزيادة اهتمامه بالبيئة المحيطة به ، والتي تؤثر على كافة فعالياته ونشاطاته .

لذا سخرت الطاقات الكبيرة وحشدت الامكانيات التقنية والعلمية في سبيل تطوير الانواء الجوية واجراء البحوث العلمية لمعرفة العناصر المناخية والتغيرات التي تطرأ عليها ودراسة اسبابها والعوامل التي تؤثر عليها .

ان كلمة طقس (Weather) تعني حالة العناصر المناخية (كالحرارة والرطوبة والرياح والضغط الجوي والسواقط) لفترة زمنية معينة (كيوم واحد مثلاً) ومكان محدد . اما كلمة مناخ (Climate) فتعني معدل حالة العناصر المناخية (الطقس) لفترة زمنية معينة ومكان محدد وتزداد هذه المعدلات دقة كلما زاد عدد السنوات التي تؤخذ منها الاحصائيات .

تعريف علم البيئة Ecology: هو دراسة الكائنات في مساكنها والظروف التي تحيطها في اقامتها، او هو دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات ومحيطها الخارجي. والمحيط الخارجي يعني مجموعة القوى والتأثيرات الخارجية (مثل درجة الحرارة....) التي تؤثر على حياة الكائنات.

المختص بعلم البيئة يجب ان يتميز بكفاءة عالية في جمع وتوحيد المعلومات المطلوبة وقوة الملاحظة والخبرة، فهو يحاول جمع المعلومات وتوحيدها من مصادر متعددة كعلوم الوراثة والفسلجة والتصنيف والتربة وعلم المناخ، وذلك لتوضيح سلوك الكائنات في الطبيعة.

اقسام علوم البيئة

يمكن تقسيم علم البيئة الى قسمين أساسيين هما :

1- علم البيئة الذاتي (Autecology) : وهو العلم الذي يهتم بدراسة أنواع مفردة من الكائنات ومواطنها والتداخل بينها.
2- علم البيئة الجماعي (Synecology) : وهو العلم الذي يهتم بدراسة المجتمعات وعلاقتها بالموطن، كذلك تركيب هذه المجتمعات وتوزيعها وتطورها.

وهناك تقسيمات حديثة أخرى لعلم البيئة، قسمت علم البيئة لأربعة اقسام او مستويات او مجالات تعتبر الأساس لعلم البيئة تهتم بدراسة الكائنات على شكل:

1- الافراد Individuals .
2- المجموعات Populations .
3- المجتمعات Communities.
4- النظام البيئي Ecosystem .

1- الافراد : تعد الكائنات المفردة من النباتات والحيوانات وجود كامل ومنظم من الناحية الوراثية، وتشكل هذه الكائنات مع محيطها الخارجي مستوا بيئيا مستقلا. اذ ان علم البيئة له اهتمام بالفرد بالطريقة التي تجعل نباتا او حيوانا معين يتداخل مع عوامل المحيط، وعوامل المحيط هي التي تتكفل بتجهيز الطاقة والمواد الأولية لهذا الجزء العضوي من المستوى (أي الكائن الحي) والذي يستخدم الطاقة لمعيشته وتكاثره. ويمكن تسمية هذا المستوي المتكامل من الدراسة بالبيئة الفسلجية.

2- المجموعات : هي النباتات المفردة او الحيوان له علاقة بالكائنات الأخرى من ناحيتين:

الأولى: وراثية او جينية للفراد الاخرين من نفس النوع.

الثانية: بيئية للنبات او الحيوانات الأخرى من نفس المجتمع البيولوجي.

ويطلق على أي مجموعة من الكائنات المفردة والمعزولة نسبيا ولكن حصل فيها تبادل جينات واستمرارية هذه الكائنات في النمو لفترة من الزمن بالمجموعات المحلية (Local Population). عليه يمكن اعتبار المجموعة المحلية بدل من الكائنات المفردة هي الوحدة الأساسية في التطور والسبب في ذلك ناتج عن سهولة التبادل في الجينات.

3- المجتمعات : ان الكائنات المفردة او افراد العشائر توجد في الطبيعة دائما كجزء من مجموعة من العشائر في نفس المكان وهذه المجاميع يطلق عليها بالمجتمع (Community)، والمجتمع هو مجموعة من العشائر للكائنات الحية توجد في مكان معين او محدد ذات علاقة متبادلة فيما بينها. ودراسة هذه المجتمعات وعلاقتها بالموطن التي تعيش فيه يطلق عليها بيئة المجتمع (Community ecology).

مميزات المجتمع: للمجتمعات صفات مميزة تنفرد بها عن العشائر او الكائنات المفردة وهذه المميزات هي:

1- اختلاف الأنواع: ويقصد به نوع الحيوانات او النباتات التي تعيش في المجتمع المحدد.
2- شكل النمو والتركيب: ويراد به وصف او تحديد معالم المجتمع المدروس بفئات رئيسة لأشكال النمو مثل الاشجار والشجيرات، ويمكن ان تقسم الى فئات ثانوية كالأشجار عريضة الأوراق او الابرية.
3- السيادة: وتعني انه ليس لجميع الأنواع الموجودة في المجتمع نفس الأهمية في تحديد طبيعة المجتمع.
4- غزارة الأنواع: وتدل على النسبة المئوية لمختلف الأنواع التي تشكل المجتمع.
5- بنية التغذية: أي من يتغذى على من؟

4- النظام البيئي: الكائنات الحية تتفاعل مع بعضها البعض من جهة ومع الظروف الفيزيائية من جهة أخرى، فهي بذلك تشكل مع العوامل الفيزيائية في الموقع المعين معقدا بيئيا او نظاما بيئيا Ecosystem . اقترح هذا المصطلح العالم Tansley سنة 1935 ويعني به تداخل الكائنات الحية مع البيئة غير الحية أي دراسة جميع التداخلات بين عوامل المحيط اللاحيائي (ماء وتربة وهواء). والكائنات الحية (انسان وحيوان ونبات) في أي منطقة وتحت أي مستوى من مستويات التغذية. مثلا يمكن ان تعتبر الكائنات الحية في بركة ماء إضافة الى تفاعلها مع العوامل البيئية الأخرى عبارة عن نظام بيئي لتلك البركة كما تعتبر المنطقة الصحراوية برمتها عبارة عن نظام بيئي لتلك المنطقة.

يمكن تقسيم النظام البيئي الى قسمين رئيسيين:

أولا: المحيط الفيزياوي Physical Environment : ويشمل المركبات العضوية وغير العضوية الأساسية في المحيط، والذي يجهز مكونات المجتمع الحياتي بالطاقة والمواد الأولية.

ثانيا: المجتمع الحياتي Biological Communities : اما المجتمع او الجزء الحياتي فيقسم الى قسمين:

1- مكون ذاتي التغذية Autotrophic : الذي يسود فيه تثبيت الطاقة الضوئية واستخدام المواد غير العضوية.
2- مكون غير ذاتي التغذية Hetrotrophic : حيث يسود فيه استخدام وإعادة ترتيب وهدم المواد المعقدة. والذي يقسم الى عدة مستويات من التغذية:

أ- كائنات مستهلكة Consumers : وهي الحيوانات التي تتغذى على غيرها من الكائنات وتشمل:
   1- حيوانات تقتات على النباتات الخضراء Herbivores.
   2- حيوانات اكلة اللحوم تقتات على غيرها من الحيوانات Carnivores .

ب- كائنات (التحلل) (محللة) Decomposers : وهي كائنات رمية غير ذاتية التغذية واهمها البكتريا والفطريات وقسم من البروتوزوا التي تحلل المواد العضوية المعقدة الى مركبات بسيطة.

الواجب: قم بعمل مخطط شجري بسيط لعلم البيئة وفقا لما ذكر أعلاه.

المحيط Environment : تحاط كل الكائنات الحية بمواد وقوى تشكل محيطها الاحيائي والتي تأخذ منها احتياجاتها الضرورية، ولا يمكن ان يكون للكائن الحي وجود دون هذا المحيط. فللكائنات الحية متطلبات معينة يجب ان تتوفر من قبل المحيط كي تبقى الحياة مستمرة. فالنبات او الحيوان لا يمكنه العيش بشكل معزوا وانما يتطلب من المحيط الخارجي:

1- التجهيز بالطاقة.
2- التجهيز بالمواد الأولية الضرورية.
3- التخلص من المنتجات الزائدة.

أي ان المحيط يجب ان:

1- يوفر الحد الأدنى من المتطلبات الضرورية لبقاء الكائن الحي.
2- يجب ان لا تصدر عنه أي تأثيرات تتعارض مع متطلبات الحياة.

مكونات الغلاف الجوي وطبقات الجو :

مكونات الغلاف الجوي : ـ

الهواء عبارة عن خليط من الغازات المختلفة يكون الخلط فيه بشكل جيد وعلى مسافات وارتفاعات كبيرة بحيث يؤدي الى تقليل الاختلافات المحسوسة بين الغازات حتى ارتفاع (٨٠ ـ ١٠٠ كم) . اما التغير الملحوظ فيكون بالنسبة الى بخار الماء او ثاني اوكسيد الكاربون . والجدول رقم (١) يبين الغازات الرئيسية في الجو ونسبتها الوزنية والحجمية وهي تشكل اكثر من ٩٩ ٪

العنصر		النسبة المئوية الوزنية	الحجمية
النيتروجين	N_2	٧٥.٥٢٧	٧٨.١٨٨
الاوكسجين	O_2	٢٣.١٤٣	٢٠.٩٤٩
ثاني اوكسيد الكربون	CO_2	٠.٠٤٦	٠.٠٣٠
اركون	A	١.١٨٢	٠.٩٣٠

جدول رقم (١) غازات الجو الرئيسية ونسبها

وهناك غازات نادرة ذات نسبة ضئيله وهي النيون (Ne) الهليوم (He) والكربتون (Kr) والزينون (Xe) والاوزون O_3 والامونيا (NH_3) وثاني اوكسيد الهيدروجين (H_2O_2) والرادون (Rn) . وبالاضافة الى هذه الغازات توجد في الجو شوائب ذات نسب مختلفة تسببها الحرائق والمعامل والبراكين ووسائط النقل وحبوب اللقاح اذ تختلف نسبها حسب الزمان والمكان .

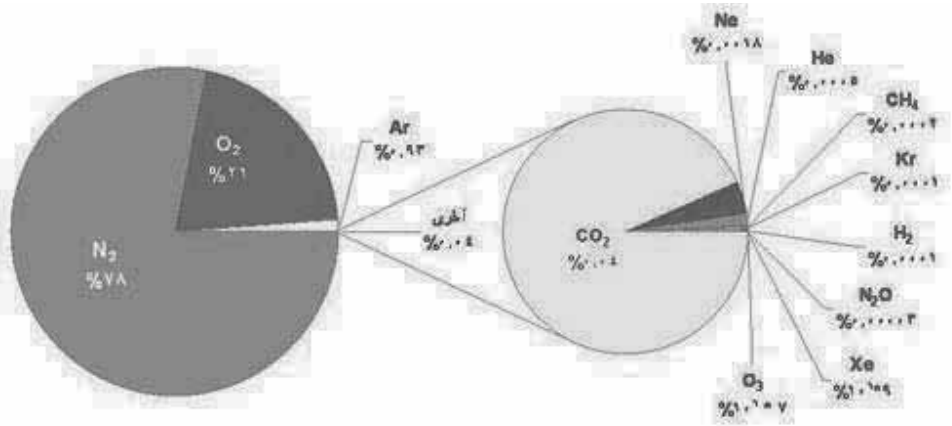
يصبح الجو خطراً بالنسبة للانسان عندما تقل نسبة الاوكسجين فيه عن (١٠ ـ ١٢ ٪) ويحدث هذا عادة في الاجواء المغلقة والحفر والكهوف العميقة حيث تكون نسبة ثاني اوكسيد الكربون عالية .

تزداد نسبة ثاني اوكسيد الكربون بالقرب من سطح الارض وفي حالة كون الجو هادىء وذو ضغط جوي واطيء وكذلك عن حدوث ضباب المدن الصناعية الكبيرة كما تكون نسبته عالية في داخل الترب الدبالية .

ان النسبة المسموح بها من غاز ثاني اوكسيد الكربون للمناطق السكنية هي (٠,١ ٪) ويصبح الجو غير مريح للانسان عندما تبلغ نسبته (0,5 ـ ٠,٧ ٪) (عن PETTENKOFER) وتعتبر النسبة (٤ ٪) حدود الاضرار بالصحة وعند وصولها الى (٧ ـ ٨ ٪) تحدث حالة الاغماء وفي حالة ارتفاعها عن (١٥ ٪) يصاب الانسان بالشلل . ويحصل الموت عند وصول نسبته الى (٢٥ ٪) (عن KALLE)[1]

ومن الغازات السامة التي توجد في الجو غاز اول اوكسيد الكربون (Co) الذي يتكون نتيجة النفايات والحرائق وحركة السيارات ويتكون هذا الغاز بشكل واضح في المدن الكبيرة ذات التهوية الرديئة والمدن الصناعية .

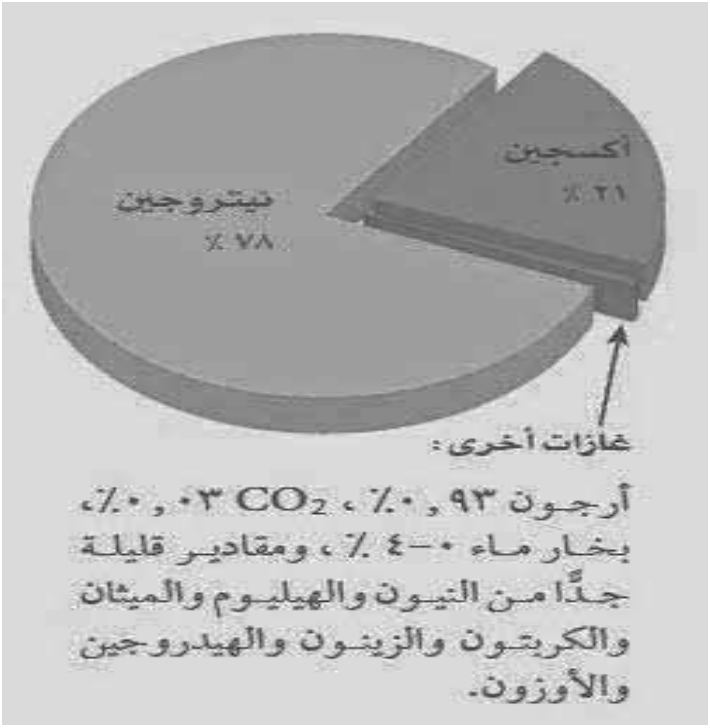
ان النسبة المسموح بها من هذا الغاز في الجو هي (١٢٠ جزء من مليون PPM) لمدة ساعة واحدة و (٣٠ جزء من مليون) لمدة ثمان ساعات يتعرض لها الانسان .



يعتبر غاز ثاني اوكسيد الكبريت (So_2) من الغازات السامة الضارة بالصحة . اما غاز (So_3) فهو اقل خطراً .

ان وجود هذان الغازان في الجو نتيجة حرق المواد الكبريتية وفي بعض الاحيان بسبب البراكين .

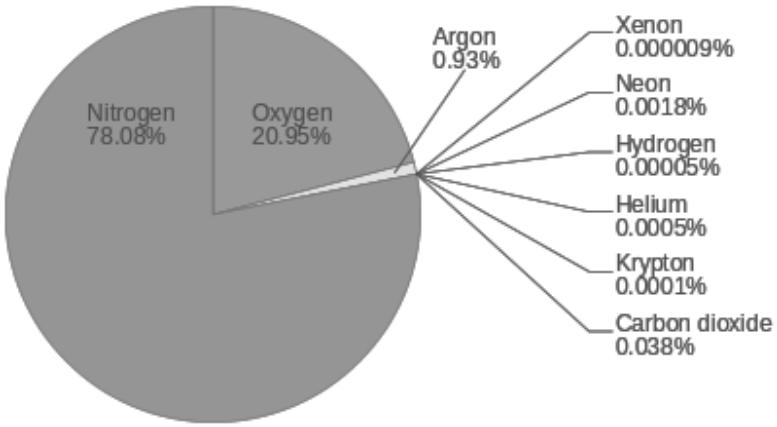
وتزداد نسبة (So_2) في الشتاء وذلك نتيجة لحرق مواد مختلفة لاستعمالات التدفئة في البلدان الباردة ولا يحدث ضرر بالنسبة للانسان اذا كانت نسبته لاتزيد عن (٠,٠١ ـ ٠,٠٣ ملغم / م٣) والجدول رقم (٢) يبين بعض المواد والغازات الضارة في الجو الاعتيادي والجو الملوث (عن H. W. GEORGII, 1963)



يلعب بخار الماء دوراً مهماً وكبيراً بالرغم من قلة نسبته الحجمية التي لاتزيد عن (٤ ٪) في اكثر المناطق رطوبة ولقد بلغت نسبته (٢,٦ ٪) في المناطق الاستوائية الرطبة وكان ضغط بخار الماء (٢٥ ملم / زئبق). اما في وسط اوربا فيبلغ (١,٣ ٪) في الصيف و (٠,٤ ٪) في الشتاء وذلك نتيجة للعلاقة الطردية بين كمية بخار الماء ودرجات الحرارة .

يقل بخار الماء في الاجواء الباردة وفي الارتفاعات العالية لتعرض بخار الماء الى التكاثف عند الارتفاع كما ويتأثر بخار الماء بالموقع الجغرافي والفترة الزمنية . هذا ويوجد في الجو بالاضافة الى بخار الماء قطرات مائية صغيرة وبلورات ثلجية تشكل الغيوم والضباب .

يعتبر الاوزون (O_3) من الغازات الخطرة بالنسبة للانسان وتكون نسبته قليلة بالقرب من سطح الارض وتزداد كلما ارتفعنا في الجو حيث تبلغ اعلى نسبة له عند ارتفاع حوالي (٣٠ كم) اي في منطقة (Ozonosphere) (عن 1965 (EMSALEM, (مأخوذاً من J. BLUTHGEN, 1966) . وتحتوي الكتل الهوائية القطبية على نسبة اعلى من الاوزون مما هي عليه في هواء المناطق الاستوائية . وبالرغم من ان غاز الاوزون سام وخطر بالنسبة للانسان الا انه يؤدي خدمة كبيرة له وذلك لامتصاصه الاشعة فوق البنفسجية (U.V.) الخطرة على الحياة .



ان المثال الجلي لتأثير تلوث الهواء هو ضباب مدينة لندن (Smog) الذي يتكون من الضباب والدخان (Smoke and Fog) . ذو اللون الرمادي المصفر الذي يؤثر على تلوث الملابس والستائر وواجهات المباني وازدياد حوادث السيارات والقطارات وموت البشر بسبب هذه الحوادث بالاضافة الى تأثيره على مدى الرؤيا بالنسبة لحركة الطائرات .

طبقات الجو:

التقسيمات الحديثة اعتمدت على مكونات وكثافة الهواء ودرجات الحرارة التي تم بموجبها تقسيم الجو الى اربعة طبقات تتخللها مناطق انتقالية تسمى (Pause) والتي تعني توقف او نهاية . وهذه الطبقات هي : ـ

أ ـ الطبقة الجوية السفلى Troposphere

تمتد هذه الطبقة من سطح الارض وحتى ارتفاع ١٨ كيلو متر في المنطقة الاستوائية و ١١ كم في العروض الوسطى و ٨ كم المنطقة القطبية . ويتغير ارتفاع هذه الطبقة حسب الفصول فيزداد ارتفاعها في الصيف ويقل في الشتاء . وكذلك يزداد ارتفاعها في مناطق الضغط الجوي العالي ويطلق على الجزء السفلي من هذه الطبقة الذي يمتد من سطح الارض وحتى ارتفاع ١,٥ كم بالطبقة الاساس (Peplosphere) . تعتبر طبقة التربوبوسفير من اهم الطبقات الجوية بالنسبة للمناخ والانواء الجوية وتتصف بصفات عامة اهمها : ـ

١ ـ تحدث فيها كافة التغيرات والتقلبات الجوية كالغيوم والسواقط والعواصف والتيارات الهوائية .

٢ ـ تمتاز بوجود بخار الماء الذي يقل تدريجياً مع الارتفاع عن سطح الارض وينعدم تقريباً في الطبقات الجوية الاخرى .

٣ ـ تنخفض درجات الحرارة بشكل عام كلما ارتفعنا عن سطح الارض بمعدل (٠.٥ ـ ٠.٦ م°) لكل ١٠٠ م (W.WEISCHEIT, 1977) وقد تنخفض (٦ ـ ٨ م°) لكل ١٠٠٠ م (J.V.EIMERN, 1971)

ونتيجة لهذا تصبح درجة الحرارة عند نهاية هذه الطبقة (اي عند منطقة التروبوبوز) (ـ ٤٥ م°) في المنطقة القطبية و (ـ ٥٠ م° الى ـ ٦٠ م°) في العروض الوسطى و (ـ ٨٥ م°) في المنطقة الاستوائية .

٤ ـ تقل درجات الحرارة كلما ابتعدنا عن المنطقة الاستوائية .

٥ ـ تزداد سرعة الرياح مع الارتفاع عن سطح الارض .

٦ ـ قد تزداد درجات الحرارة مع الارتفاع في مناطق مختلفة وفترات معينة خلافاً للقاعدة العامة لانخفاض درجات الحرارة مع الارتفاع وتسمى هذه الحالة بالانقلاب الحراري (Temperature Inversion)

اسباب الانقلاب الحراري:

أ ـ الاشعاع الارضي : ـ

الاشعاع الارضي في الليالي الصافية ذات الرياح الخفيفة في العروض العليا حيث تكون الارض مغطاة بالثلوج . ونتيجة للاشعاع الارضي ووجود الثلوج تكون درجات حرارة الهواء الملامسة والقريبة من الارض ابرد نسبياً من الهواء الذي يعلو عليه ويسمى في هذه الحالة بالانقلاب الحراري السطحي (Surface Inversion) ولا يلاحظ مثل هذا الانقلاب فوق المسطحات المائية طالما تكون درجة حرارة الماء اعلى من درجة حرارة الطبقة الجوية الملامسة .

ب ـ اختلاف كثافة الهواء : ـ

يحدث هذا الانقلاب في المناطق الجبلية حيث يكون الهواء بارداً في قمم الجبال والتلول ونتيجه لهذا تكون اعلى من كثافة الهواء الموجود في الوديان فلذلك ينزل الهواء البارد من قمم الجبال نتيجة ثقله ويحل محل الهواء الحار في الوديان . وقد يؤدي هذا الى الانجماد الربيعي (Spring Erost) في العروض الوسطى وفي كثير من الاحيان لذلك لاينصح زراعة اشجار الفاكهة في مثل هذه الوديان لانها تتأثر بما يسمى ببحر الهواء البارد ، او بمبزل الرياح الباردة (Cold air draulage)

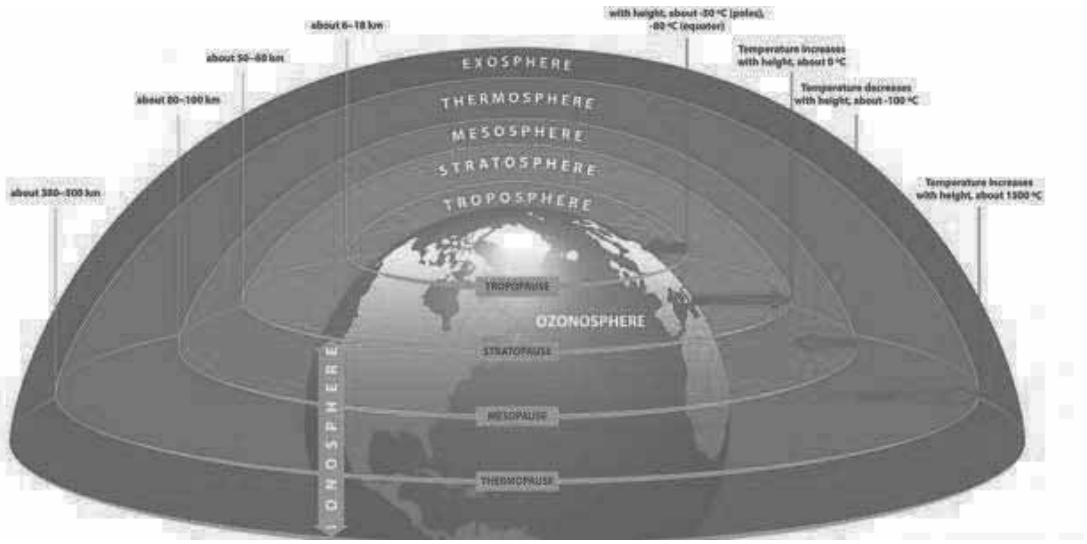
ج ـ الحمل الافقي للهواء : ـ

ويحدث هذا الانقلاب الحراري نتيجة لمرور هواء حار فوق سطح مائي بارد او فوق اراضي باردة

د ـ اصطدام الكتل الهوائية وتكوين الجبهات : ـ

يحدث هذا النوع من الانقلاب الحراري نتيجة لاصطدام كتلتين هوائيتين مختلفتين في درجات الحرارة . نتيجة لذلك تكون الكتل الهوائية البارده في الاسفل نظراً لكثافتها العالية وتزيح الكتلة الهوائية الحارة وترفعها الى الاعلى ويسمى هذا النوع بلانقلاب الجبهوي (Frontal Inversion)

هـ ـ هناك نوع آخر من الانقلاب يسمى بالانقلاب الهبوطي (Subsidence Inversion) وهذا يحدث عند هبوط جزء عظيم من كتلة هوائية وانتشاره فوق طبقة هوائية سفلى ونتيجة لهذا الهبوط تزداد درجة حرارة الهواء النازل ذاتياً حيث تكون درجة حرارته اعلى من درجة حرارة الهواء الذي يقع اسفله .



ب ـ الطبقة الجوية الثانية (Stratosphere)[1] ـ

تبدأ هذه الطبقة اعتباراً من التروبوبوز وحتى ارتفاع حوالي ٢٥ كم في منطقة (Stratopause) (W.WEISCHET, 1977) (H.J.CRITCHFIELD, 1966) ويذكر (J.V.EIMERN, 1971) بأن ارتفاع هذه الطبقة يمتد الى حوالي (٣٠) كم اما (لؤي اهدلي ، ١٩٧٤) فيذكر بأن هذه الطبقة تمتد الى ارتفاع (٥٥) كم .

تمتاز هذه الطبقة بما يلي :ـ

١ ـ يكاد ان يكون بخار الماء معدوماً فيها .

٢ ـ تبقى درجات الحرارة متساوية تقريباً مع الارتفاع . او ترتفع بشكل بسيط بالاخص في نهاية هذه الطبقة وتكون درجات الحرارة اشبه بشتاء المنطقة القطبية .

٣ ـ تمتاز هذه الطبقة باستقرارها وخلوها من التيارات الهوائية الرأسية وتقتصر حركة الهواء بصوره عامة على الحركة الافقية .

٤ ـ تكون هذه الطبقة خالية من الظواهر الجوية وتعتبر الطبقة المثالية للطيران .

٥ ـ تقل درجة الحرارة افقياً كلما اقتربنا من خط الاستواء ويكون سمك هذه الطبقة في المنطقة القطبية اكثر من سمكها في المنطقة الاستوائية .

٦ ـ تتميز هذه الطبقة بوجود غاز الاوزون حتى يبلغ حده الاعظم عند ارتفاع ٢٥ كم وتسمى بطبقة (Ozonosphere) التي لها دور هام على احياء الكرة الارضية لانها تمتص الجزء الاكبر من الاشعة فوق البنفسجية الخطرة بالنسبة للاحياء .

ج ـ الطبقة الجوية الوسطى : ـ Mesosphere

تمتد هذه الطبقة من نهاية الـ (Stratopause) وحتى ارتفاع حوالي (٨٠ ـ ٩٥) كم وتتصف بالصفات التالية :ـ

١ ـ تزداد درجات الحرارة في بداية الطبقة ثم تبدأ بالانخفاض مرة ثانية .

٢ ـ خالية من بخار الماء

٣ ـ تحترق في هذه الطبقة النيازك والشهب .

٤ ـ تحدث في هذه الطبقة بعض الدوامات الهوائية وتنتهي بمنطقة (Mesopause)

د ـ الطبقة الجوية العليا : ـ Thermosphere

وهي عبارة عن الطبقة العليا من الغلاف الجوي التي تمتد من نهاية الميزوبوز وحتى حوالي ارتفاع ١٠٠٠ كم وتتصف بما يلي :ـ

١ ـ تزداد درجات الحرارة بشكل سريع مع الارتفاع .

٢ ـ وجود ظاهرة الفجر القطبي (Aurora) التي تحدث في المناطق القطبية وبالاخص القطب المغناطيسي بسبب تأين الغازات وتأثير الطاقة الاشعاعية الكبيرة .

وهذه الظاهرة ليست لها علاقة مبرهنة مع التغيرات الجوية التي تحصل في الطبقة الجوية الاولى .

وهناك ظاهرة اخرى تسمى بالتوهج الهوائي (Air glow) التي تحدث بتأثير الغازات المشعة ذاتياً .تتأين الغازات في الجزء الاول من هذه الطبقة الذي يمتد من انتهاء (Mesopause) وحتى ارتفاع ٤٠٠ كم وتسمى هذه الطبقة بـ (Ionosphere) التي تساعد على عكس الموجات اللاسلكية .

٣ ـ اما الجزء الخارجي من هذه الطبقة فيسمى (Exosphere) ويمتد من ارتفاع حوالي ٤٠٠ كم وحتى نهاية الغلاف الجوي . وتتميز هذه الطبقة بزيادة درجات الحرارة مع الارتفاع ايضاً

الطاقة والاشعاع

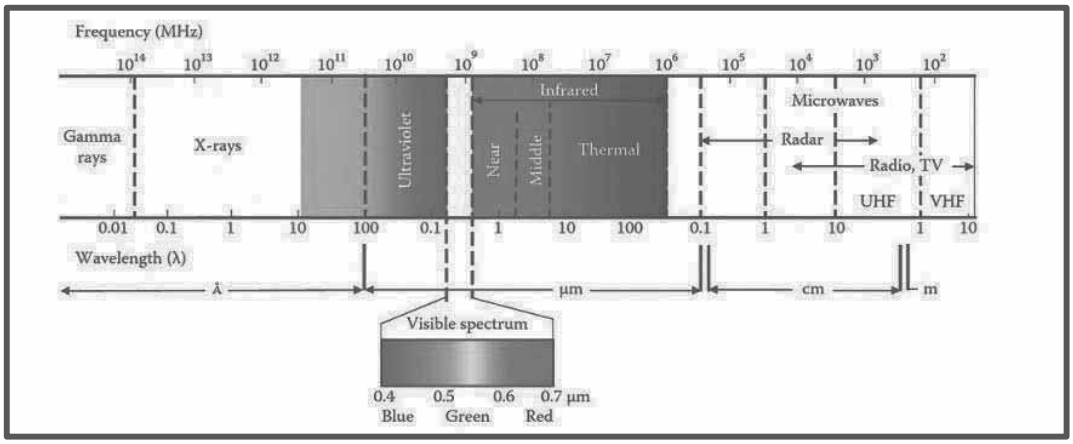
الاشعاع عبارة عن طاقة تسير قريبا أو بنفس سرعة الضـــوء . وعمليا معظم الطاقة في المحيط مصدرها الاشعاع الصادر من الشمس الـــذي يسمـــى الاشعـــاع الشمســـي Solar radiation ويمكن أيضا أن تدخل كميات قليلة من الاشعاعات ذات الطاقة العاليـــة محيط الكرة الارضية من خارج المجموعة الشمسية ، لكنها لا تســـاهم كثيرا بسريان الطاقة خلال المحيط البيئي الا ان لها تأثير بايولوجـــي مهـــم بسبب تأثيرها التأيني على تركيب الكروموسومات وهذه الاشعاعات تسمى الاشعة الكونية Cosmic radiation .

يتكون معظم الاشعاع الشمسي المستلم على سطح الارضي من:

1- الشعاع المرئي او الضوء Visible radiation.

2- الاشعة تحت الحمراء (Infrared radiation) او الاشعة الحرارية (Thermal radiation).

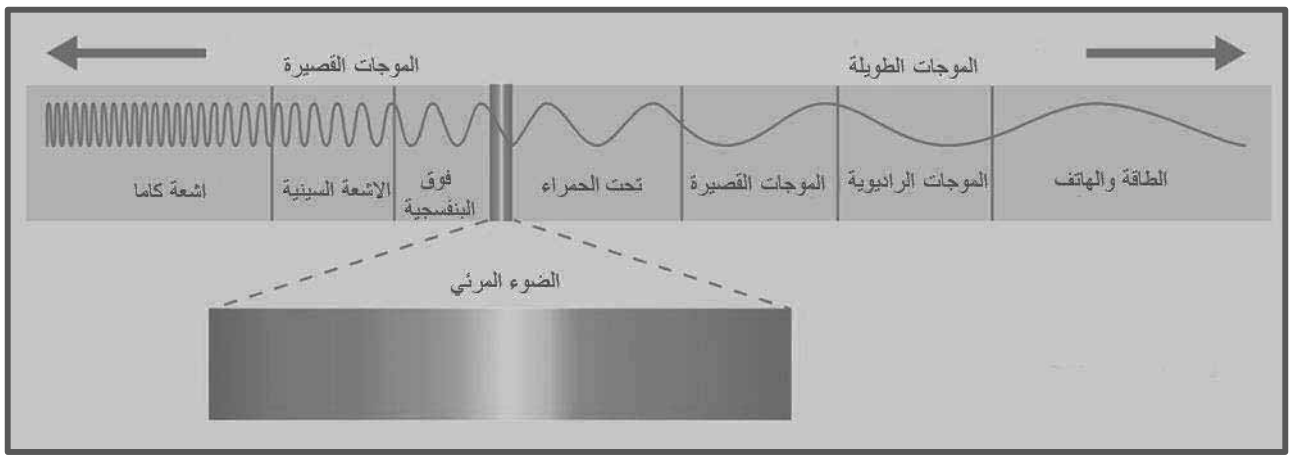
3- الاشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet radiation).



اجزاء الطيف الكهرومغناطيسي- الاشعاع الشمسي (Chuvieco،2016).

وهناك أشعاعات أخرى نسبتها قليلة جدا يمكن أن تتواجد في طبقات الجو العليا مثل أشعة (أكس) وبعض الجزئيات ذات الطاقة الكونية العالية (كالالكترونات والبروتونات) . ومعظم أشعة (أكس) تمتص من قبل الغازات في طبقات الجو العليا ، كما ويعاق مرور الجزئيات المشحونة الى جو الارض بواسطة حزام Van Allen الواقع على مسافة كبيرة من سطح الكرة الارضية .

وبصورة عامة تختزل كميات الاشعاع الشمسي الذي يصل الى الارض بحوالي ٦ ـ ٨ ٪ من جراء أمتصاصها بواسطة الهواء الجوي ، وينعكس حوالي ٤٠٪ من قبل الغيوم . أما البقية الباقية من الاشعاعات التي تصل الى التربة أو الماء يمكن أن تتغير نسبها بعوامل أخرى كأختلاف الفصول وطول فترة الاشعاع وزاوية سقوط الاشعة الشمسية مع سطح الكرة الارضية ... الخ .



ترددات الطيف الكهرومغناطيسي (Dodge و Congalton،2013).

١) الاشعاع المرئي «الضوء» Visible radiation (Light)
هو الاشعاع الذي يمثل طول الموجة المحصورة بين ٤٠٠ ـ ٧٥٠ مليمايكرون ، ويقع اللون البنفسجي في النهاية القصيرة من طول الموجة واللون الاحمر في النهاية الطويلة . وسمي بالاشعاع المرئي لكونه يرى بالعين المجردة على عكس الاشعاعات الاخرى . والضوء اشعاع مهم ومؤثر في عملية التركيب الضوئي ، وضروري جدا في تسخين المحيط الاحيائي ، ويؤلف تقريبا ٤٠ ـ ٦٠ ٪ من الاشعاع الشمسي الذي يصل الى سطح الارض ، أعتمادا على حالة الجو فيما أذا كان غائما أو صحوا .

وعندما يمرر ضوء الشمس من خلال منشور زجاجي فانه ينتشر الى عدة الوان ذات أطوال أمواج مختلفة وكما يلي :ـ

١) اللون الاحمر ينحصر من ٦٢٦ ـ ٧٥٠ مليمايكرون

٢) اللون البرتقالي ينحصر من ٥٩٥ ـ ٦٢٦ مليمايكرون

٣) اللون الاصفر ينحصر من ٥٧٤ ـ ٥٩٥ مليمايكرون

٤) اللون الاخضر ينحصر من ٤٩٠ ـ ٥٧٤ مليمايكرون

٥) اللون الازرق ينحصر من ٤٣٥ ـ ٤٩٠ مليمايكرون

٦) اللون البنفسجي ينحصر من ٤٠٠ ـ ٤٣٥ مليمايكرون

وكل هذه الالوان التي تؤلف الضوء تؤثر في عملية التركيب الضوئي حيث النباتات الخضراء تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيمياوية لاتمام هذه العملية ، ومن المعروف أيضا أن الموجات الضوئية أعلاه لا تدخل جميعها في عملية التركيب الضوئي بصورة متساوية حيث أن معظم اللون الاخضر ينعكس أو ينفذ خلال الاوراق الخضراء ولا يمتص منه الا الجزء القليل ، بينما تمتص معظم الموجات الحمراء من الضوء والتي تدخل في عملية التركيب الضوئي

٢) الاشعة تحت الحمراء او الاشعة الحرارية
Infrared or Thermal radiation

معظم الاشعة الباقية من الاشعة الشمسية الواصلة الى الارض هي اشعة تحت الحمراء وهي التي تكون موجاتها أطول من ٧٥٠ مليمايكرون وهذه الموجات لا ترى في العين المجردة ، الا أن الانسان يمكن أن يحس بها كاشعة حرارية ، وكلما طالت الموجة كلما كان تأثيرها الحراري أكثر وهذه الاشعة مهمة من خلال تأثيرها على الهرمونات التي تحدد الانبات وأستجابة النبات لطول النهار ٠٠ الخ

٣) الاشعة فوق البنفسجية ulltraviolet radiation

وهي الاشعة التي يبلغ طول أمواجها ٣٩٠ مليمايكرون فأقل ، وهي قصيرة جدا ولا ترى من قبل الانسان ، ولا تحتاج النباتات في نموها الى هذه الاشعة ولا تعتبر مضرة لها وذلك لوجودها بنسبة قليلة جدا على سطح الكرة الارضية تقدر بحوالي ١ ٪ من الاشعة الشمسية ٠ فمعظم الاشعة فوق البنفسجية تمتص من قبل طبقة الاوزون في طبقات الجو العليا على بعد ١٦ ميل من سطح الارض ٠ أضافة الى ذلك تعتبر بشرة النباتات معتمة لاستلام مثل هذه الاشعاعات ٠ ولهذه الاسباب فالاشعة فوق البنفسجية ليست مهمة من الناحية العملية الا لقسم من النباتات الواطئة ٠

ومنذ أن كانت الاشعة الضوئية هي التي تجهز الطاقة لعملية التركيب الضوئي وهي أيضا مصدرا لتسخين المحيط الاحيائي ، فمن الضروري دراسة العوامل التي تؤثر في هذه الاشعة ٠ وهناك ثلاثة عوامل يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار ٠ عند دراسة الضوء والاشعاع هي :

١) نوعية الضوء «تركيب طول الموجة» Light quality

٢) شدة الضوء «كمية الضوء المستلمة في وحدة المساحة ولفترة معينة من الزمن) ٠ Light intensity

٣) طول فترة الاضاءة or duration

١) نوعيـــــة الضـــــوء : Photoperiod

التغيرات التي تحصل في نوعية الضوء تحت الظروف الطبيعيـــــة ليست واضحة تماما كما هو الحال بالنسبة لكمية وطول فترة الاضـــاءة وذلك للاسباب التالية :ـ

١) على الرغم من أن التغيرات التي تحصل في نوعية الضوء يمكن أن تؤثر على العمليات الحيوية التي تجري في النبات بصورة متفاوتة • ألا أن كل عملية من هذه العمليات نجدها تتحسس بشكل أو بآخر لجميـــــع أطوال أمواج الضوء ، ولهذا السبب نجد صعوبة في تفسير تأثير نوعيـــة هذه الموجات من الناحية البيئية •

٢) يختلف التأثير الناتج عن نوعية الضوء من نوع الى اخر مـــن النباتات •

٣) نظرا لان النباتات تنمو تحت الظروف الطبيعية فالاختلافات في نوعية الضوء لم تبرهن أهميتها الكافية كي تصبح من عوامل المحيـــط الحرجة بالنسبة للنباتات • أضافة الى أن العوامل التي تؤثر في نوعية الضوء هي نفسها التي تؤثر على كميته ولهذه الاسباب نجد أن كمية وطول فترة الاضاءة هي المتغيرات المهمة من الناحية البيئية •

٢) شـــدة الضـــوء

التغيرات التي تحصل في شدة الضوء يمكن أن تعزى الى العوامل التالية :ـ

١) تاثير الهواء الجوي

تمتص وتنشر الغازات الجوية ، خاصة غاز النتروجين والاوكسجين كميات قليلة من الاشعاعات ذات الامواج القصيرة من الضوء والتـــــي تدخل من خلال طبقة الغازات التي تحيط بالكرة الارضية • « وبســـبب هذا الامتصاص نجد أن الاشعة فوق البنفسجية ذات أطوال أمولج الاقـل من ٢٩٠ ملميكرون لا يمكنها أبدا الوصول الى سطح الكرة الارضية» •

فتكون شدة الضوء في المناطق الاستوائية عالية بسبب وضع الشمس العمودي • وكلما تقدمنا نحو القطبين قلت شدة الضوء بسبب بعد المسافة بين الشمس والارض وأزدادت نسبة الضوء المنتشر •

٢) تأثيرات الجزيئات العالقة •

الجزيئات الصلبة المنتشرة في الهواء (كالغبار والدخان) لها أهمية كبيرة في التأثير على كمية الضوء بسبب حجبها له ، حيث تعمل كمازل يقلل من شدة الضوء الساقط على الارض • فالدخان في المدن الصناعية المتقدمة يحجب حوالي ٩٠٪ من الضوء ، والتأثير الاكثر خطورة من هذا هو الذي يحصل من جراء تراكم جزيئات الدخان وترسبها بشكل طبقة او غشاء رقيق على اسطح النباتات ، فتحجب كمية الضوء اللازم لعملية التركيب الضوئي ، خاصة بالنسبة للنباتات المغطاة بالزغب أو مواد لزجة ، والحالة نفسها بالنسبة الى الاشجار الدائمة الخضرة حيث تكون أكثر تأثرا من المتساقطة الاوراق بسبب أستمرار تعرض أوراقها لهذه الاضرار على مدار السنة •

٣) تأثيرات طبقات الكساء الخضري

يعمل الغطاء النباتي على تظليل سطح التربة ، فيقلل من شدة الضوء الساقط على السطح • وتلاحظ هذه الحالة بوضوح في منطقة الغابات • حيث تمرر أوراق الاشجار حوالي ١٠ ٪ فقط من كمية الضوء الساقط عليها ، بينما ينفذ معظم الضوء الى الاسفل بمروره بين الاوراق بشكل ضوء منتشر او على شكل بقع شمسية Sunflecks

٤) تأثير طوبوغرافية الارض

يسبب أتجاه وميلان سطح الارض أختلافات واضحة في شدة الضوء « وبصورة عامة نجد أن درجة الحرارة أكثر تأثرا من عامل الضوء بهذا العامل » •

فالمنحدرات المواجهة للشمال في المرتفعات العالية تستلم كميات قليلة من الاشعة العمودية في وقت الظهيرة مقارنة بالمنحدرات المواجهة

للجنوب ولهذا السبب فالنباتات النامية فوق هـــذه المنحدرات تعتمد الى درجة كبيرةعلى الضوء المنتشر Diffuse Light

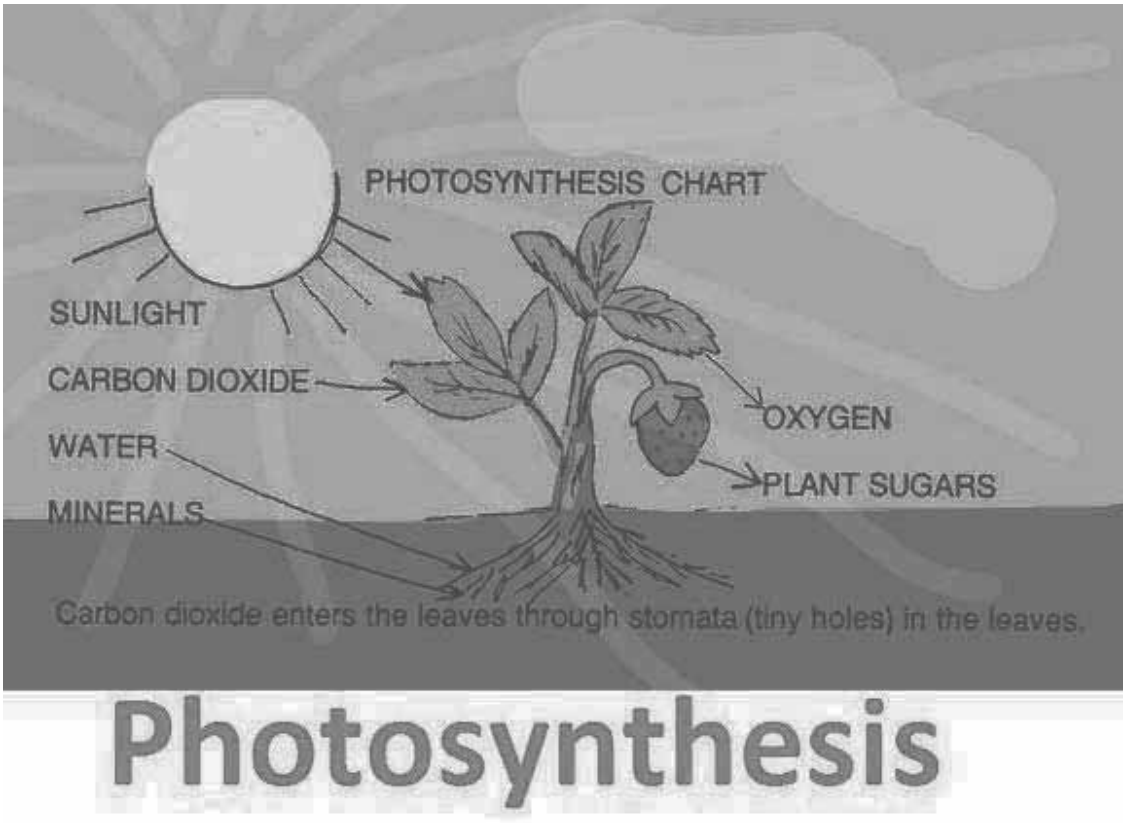
الذي يشكل نسبة ١٧ ٪ من شدة الضوء الكلي • وللحصول على أعلى حد ممكن من اشعة الشمس لهذه النباتات هو نموها في أماكن خاليـــــة من عوارض طبيعية (تضاريس) قد تتداخل مع الضوء المنتشر أو تؤثر عليه ومن أي أتجاه يصل الى سطح الارض •

٣) طول فترة الاضاءة :

تختلف فترة بقاء الضوء باختلاف خطوط العرض ، فعند خـــط الاستواء يستمر ضوء النهار أثنتي عشرة ساعة ، بينما يستمر عند خطوط العرض العليا ــ وفي أثناء فترة من السنة ــ أربعا وعشرين ساعة • وعلى ذلك ، تتعرض النباتات الاستوائية الى ضوء يستمر نصف يوم ، بينمـا تنمو النباتات القطبية في فترة أضاءة تستمر بالتقريب طوال فصـــل الصيف لذلك سميت النباتات التي تنمو في هذه المنطقة بنباتات النهـار الطويل

اهمية الضوء للنبات في عملية التركيب الضوئي

الضوء هو مصدر الطاقة المطلوبة لعملية التركيب الضوئي ، وتتوفر هذه الطاقة في الطبيعة وبكميات كبيرة بحيث أن معظم النباتات المزروعة لا تستخدم في عملية التركيب الضوئي سوى ١ ٪ من الاشـــعاع الكلي • ولكي يستمر النبات في الحياة والنمو يجب أن تكون المواد الغذائية التي ينتجها النبات في عملية التركيب الضوئي أكثر من التي يستهلكها في عملية التنفس • أن كمية الضوء التي يحتاجها النبات لعملية التركيب الضوئي لكي تعادل أو تعوض عما يستهلكه في التنفس تسمى بنقطة التعـــادل Compensation point أي بمعنى اخر • سرعة التركيب الضوئي تساوي سرعة التنفس •



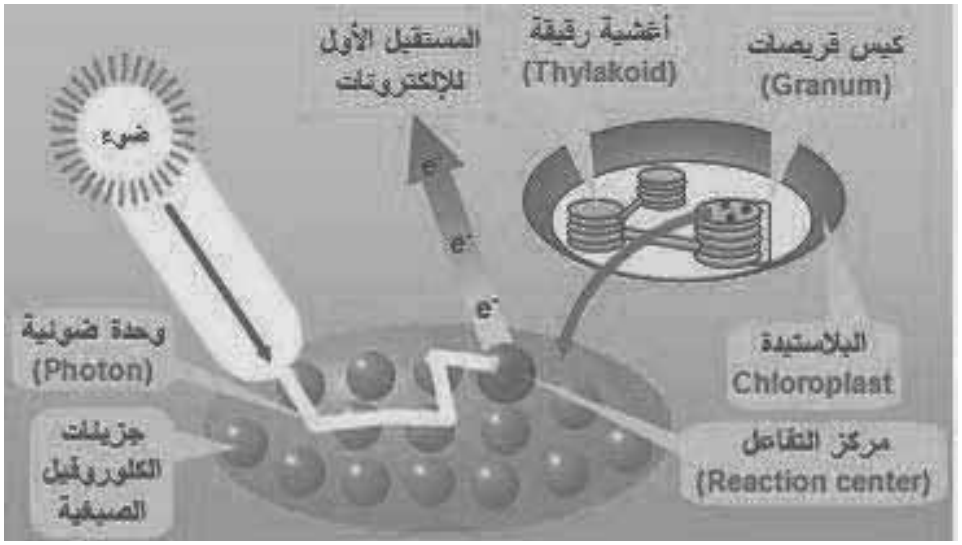
تاثير الضوء على النباتات

يؤثر الضوء في النباتات من وجوه عدة ، فهو يعمل على بنـــاء الكلوروفيل وغيره من الصبغيات ، كما يعمل على بناء مواد النمـــو والهرمونات كذلك يعمل الضوء على تكوين المواد الكاربوهيدراتيـــة · ويؤثر الضوء على عدد ووضع البلاستيدات الخضراء ، كما يؤثر فـــي فتح وغلق الثغور ، وله تاثير واضح على عملية النتح ، وهو الذي ينبه الاعضاء النباتية · ويعمل الضوء على تكوين مواد كيمياوية معينة تؤثر تاثيرا كبيرا في عمليات النمو ، كما تؤثر في العمليات التي لها علاقـــة بتخصص الخلايا والاعضاء النباتية ، كما يتضح ذلك من تكوين النسيج العمادي في الاوراق ، ونمو أعضاء التخزين والجذور · ويؤثر الضـــوء على النبات في كل مراحل تكوينه ونموه ، فهو يؤثر تاثيرا كبيرا فـــي شكله وتركيبه المميزين له ·

اهم التاثيرات التي يعملها الضوء في النبات

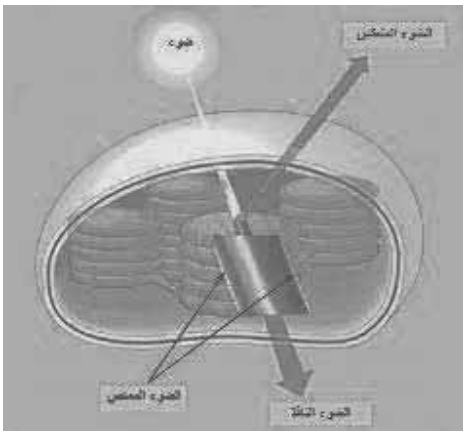
1- تكوين الكلوروفيل :

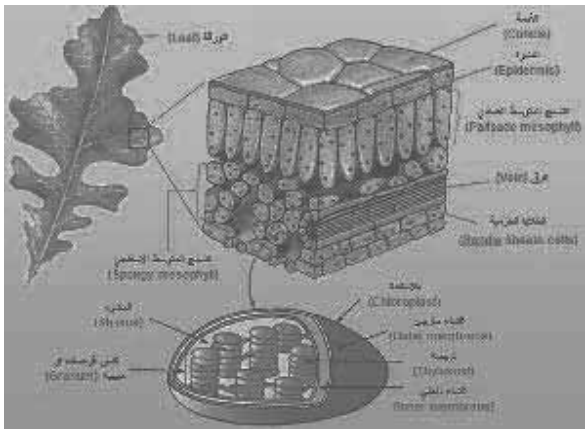
الضوء هو أحد الشروط الواجب توفرها لتكوين الصبغات النباتية وأهم هذه الصبغات هي صبغة الكلوروفيل · وبعض النباتات مثل البكتريا أو الفطر لا تستجيب للضوء ويرجع سبب ذلك أما لان هذه النباتـــات لم تنل القدرة على تكوين الكلوروفيل أو أنها فقدت هذه القدرة نتيجة لخاصية التطفل أو للخاصية الرمية بها · في حين نجد أن بعض النباتات كالسرخسيات والحزازيات والطحالب وحيدة الخلية تكتسب لونا أخضرا بغياب الضوء · والنباتات التي تحتوي على بلاستيدات ـ بأستثنـــاء النباتات السابقة ـ لا تكون صبغة الكلوروفيل الا في وجود الضـــوء ، وبالرغم من أن هذه الصبغة قد تتكون أحيانا في الظلام ، فانها لا تعمل في بناء المواد الكاربوهيدراتية في غياب الضوء ·



2- تاثير الضوء على عدد ووضع البلاستيدات الخضراء

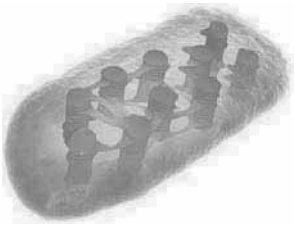
يمكن تفسير التركيب الداخلي للورقة ، الى حد كبير ، على أساس علاقتها بالضوء • فتمتص وتستغل البلاستيدات الخضراء في عملية التركيب الضوئي كمية صغيرة فقط من الطاقة الاشعاعية ، أما الكمية الكبيرة منها فانها تتحول الى طاقة حرارية تستهلك في عملية تبخر الماء • وتعمل هذه العملية على أحتفاظ الورقة بدرجة حرارة منخفضة • ولا يظهر تاثير هذه العملية في الظل بسبب تعرضها لفترات قصيرة للشمس •





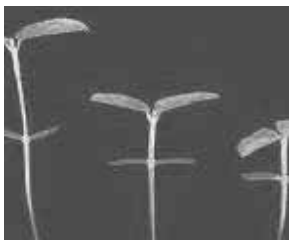
3- التغيرات التي تحدث في تركيب الورقة

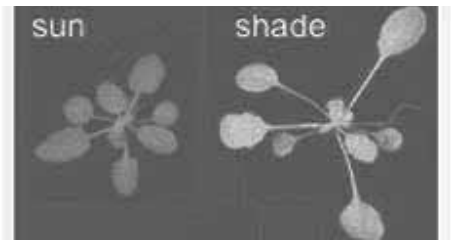
أن التحورات التي تحدث في الورقة ، نتيجة لاستجابتها للضوء ، تفوق غيرها من التحورات التي تتم في أي عضو نباتي اخر • وغالبا ما يظهر أختلاف واضح في سمك الاوراق التي تنمو في الشمس والظل • فيقل سمك الاوراق التي تنمو في الظل عن الاوراق المعرضة لضوء الشمس ، ويكون الفرق واضحا بحيث يمكن التمييز بينهما بسهولة عن طريق اللمس • وتحتوي الاوراق التي تنمو في الظل على طبقة واحدة من الخلايا العمادية مقارنة بالاوراق التي تنمو تحت ضوء الشمس



4 – التغييرات في شكل الاوراق

غالبا ما يتحدد شكل الاوراق بتأثير الضوء على البلاستيدات الخضراء ، وما يتبع ذلك من تغيير في شكل خلاياها ، والاتجاه التي تستطيل فيه • فتعمل الخلايا الاسفنجية على أستطالة الورقة في الاتجاه العمودي على الضوء الساقط ، بينما تعمل الخلايا العمادية على أستطالتها في أتجاه الضوء • ونتيجة لذلك تنبسط نسبيا ، الاوراق التي تحتوي على كمية كبيرة من النسيج الاسفنجي ، بينما يزداد نسبيا سمك الاوراق التي يغلب فيها النسيج العمادي • فقد يزيد سطح أوراق الخوخ بمقدار ٦٥ ٪ ، كما يزيد سطح أوراق التفاح بمقدار ٢٢٤ ٪ ، أذا ما زرعت هذه النباتات في بيئة تبلغ فيها شدة الضوء ١٥ ٪ ، مقارنة بسطوحها عند زراعتها في ضوء الشمس الكامل •





5- انبات البذور

أن للضوء تاثير مهم على أنبات البذور فبذور معظم النباتات تتحسس للضوء عندما تكون رطبة ومهياة للانبات ٠

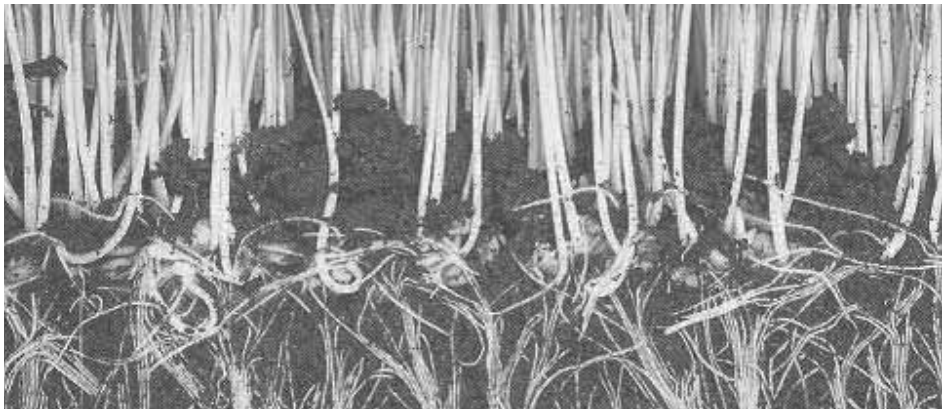
قبذور نبات الخس لا يمكنها الانبات دون أن تعرض للضوء ويفضل أيضا تعريض نباتات الجزر والتبغ الى الضوء لغرض تحفيزها على الانبات (في حين أن بعض بذور النباتات لا تستطيع الانبات بوجود الضوء كأنواع من العائلة البصلية والقثائية) ٠ ولهذا السبب يفضل زرع بذور النباتات التي تحتاج الى كميات مناسبة من الضوء لغرض الانبات في الطبقات السطحية من التربة ٠ على العكس من النباتات التي لا تستطيع الانبات بوجود الضوء ألا أن العلاقة المتبادلة بين الضوء وأنبات البذور تتأثر بعوامل محيطية أخرى فمعظم البذور التي تحتاج الى كمية مناسبة من الضوء نجدها تفقد هذه الحاجة تدريجيا تحت ظروف الخزن الجافة كما وأن هذه الحاجة تتغير أيضا بفعل عامل الحرارة أو زيادة الاوكسجين ٠٠٠٠ الخ ٠

6 – الاجزاء التكاثرية

أن ظهور الاجزاء التكاثرية تتأثر كثيرا بعامل الضوء • فعدم توفر الضوء الكافي يعيق نمو وظهور الازهار وتبقى النباتات في طور النمو الخضري • فالمحاصيل التي تزرع من أجل الحصول على اوراقها وسيقانها يفضل زراعتها في بيئات تقل فيها شدة الاضاءة بينما يستحسن زراعة المحاصيل التي تحصد لغرض الحصول على أزهارها وثمارها في مناطق ذات شدة أضاءة عالية • ويمكن ملاحظة تاثير شدة الاضاءة على الازهار حتى في الموقع الواحد أو الشجرة الواحدة • أذ أن الجوانب المعرضة الى شدة ضوئية عالية هي التي تظهر فيها الازهار بكميات اكبر •

7 – شكل النمو

أن شدة الاضاءة تؤثر كثيرا على الصفات المرفولوجية للنبـــات . فشدة الاضاءة العالية تؤدي الى جعل النبات يتميز بسيقان سميكة قوية قصيرة السلاميات . وأوراق صغيرة ذات أنصال سميكة عديدة الثغـــور تتميز بتغلظ جدرانها الخلوية كما أن الجذور تتأثر أيضا بشدة الاضاءة فالنباتات التي تعيش تحت كثافات ضوئية عالية تتميز بطول جذورهـــا وتفريعاتها الغزيرة . وقد وجد أيضا أن جذور النباتات البقولية تحتوي على أعداد كبيرة من العقد البكتيرية تحت ظروف الاضاءة العالية .



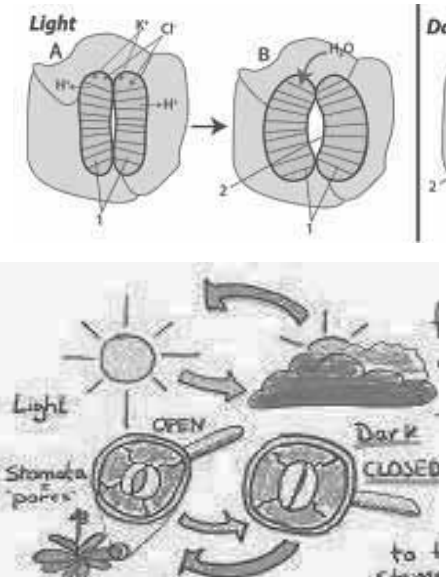
8 – تكوين الهرومونات

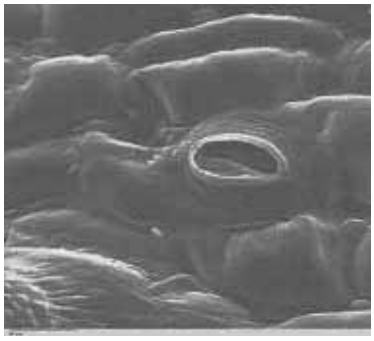
يؤثر الضوء على أنتاج بعض الهرمونات في النبات . فالضوء يمنع تكوين الاوكسينات (وهي مواد تسيطر على النمو) . ونتيجة لذلـــك يتأثر نمو وشكل وسريان وأتجاه الاعضاء النباتية بأختلاف كمية وأتجاه الضوء الساقط . فالنباتات التي تعيش في الظلام تنتج كمية كبيرة مـــن الاوكسينات مما يجعلها تتميز بالسيقان الطويلة وبأحتوائها على كميـــة قليلة من الانسجة الدعامية . وهذه الصفات تختص بها معظم النباتـــات التي تعيش في الظل أو تحت قمم الاشجار العالية في الغابة . حيث تتميز بطول سيقانها ونحافتها وقلة أوراقها .

9 – عملية النتح وفتح وغلق الثغور

يعتبر الضوء ذو اهمية كبيرة في السيطرة على عملية النتح ونتيجة لذلك يتحكم هذا العامل بطريقة غير مباشرة في عملية امتصاص الماء • وقد يلعب الضوء دورا مهما في تنظيم حركة الثغور • فيتوقف فتح الثغور

في معظم النباتات على وجود الضوء اذا كانت الظروف البيئية الاخرى مناسبة اما اذا أصبحت تلك الظروف غير مناسبة فـــان تأثير الضوء يتحور تحت تأثير العوامل الاخرى الى أن يختفي تماما •

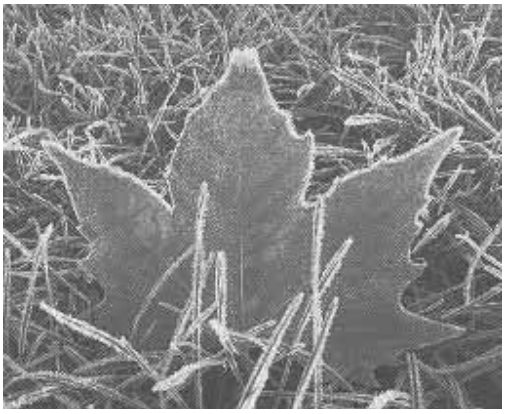




تاثير الحرارة على النبات

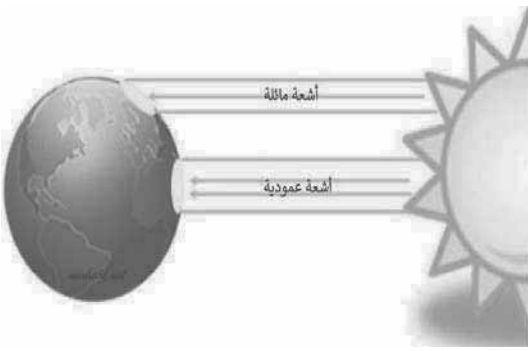
تتاثر معظم العمليات الحيوية التي تجري في النبات بشكل أو بآخر بدرجة الحرارة ، فكل عمليات التحول الغذائي الكيمياوية ، وكثير من العمليات الطبيعية اللازمة لتكوين الجدران الخلوية « كالانتشار والترسب ... الخ » تعتمد على درجة الحرارة ، ويرتفع معدل نشاط هذه العمليات بأرتفاع درجة الحرارة الى الحد الامثل . وأذا ما أنخفضت درجة الحرارة الى حد أدنى معين أدى هذا الى أبطاء عملية النمو ، وذلك لان درجة الحرارة المنخفضة تعوق أنقسام الخلية ، كما وتؤدي الى تحديد عملية التركيب الضوئي . وأذا ما أنخفضت عن الحد الادنى توقفت عملية التنفس وهلك النبات . وعموما تؤثر درجة الحرارة على النباتات بعدة طرق هي

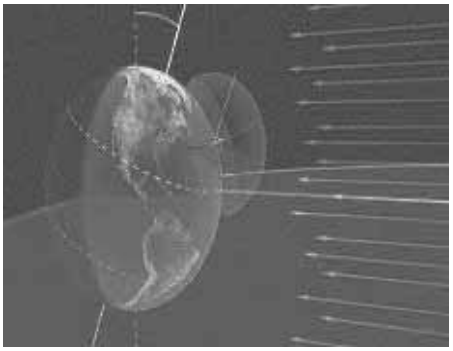
١) تأثيرها على عملية النتح
٢) التنفس
٣) الانبات
٤) النمو
٥) التكاثر ... الخ .



وتتحكم درجة الحرارة في جميع عناصر المناخ الاخرى بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، فعلى درجة الحرارة وأختلافها من جهة لاخرى أو من فصل لاخر يتوقف توزيع الضغط الجوي الذي يتحكم بدوره في توزيع الرياح ونظام هبوبها ، كما وتسبب درجة الحرارة تبخر الماء من البحار ومن التربة والنبات مما يسبب تكاثف بخار الماء في الجو – نتيجة لبرودة الهواء – على هيئة سحب وأمطار وضباب وندى وثلج .. الخ . وعلى هذا الاساس تعتبر درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية التي لها أثر مباشر في توزيع أنواع الحياة المختلفة على سطح الارض .

التغيرات في درجة الحرارة

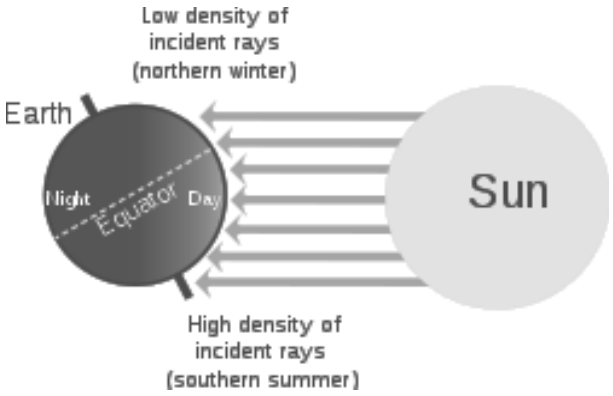




تختلف درجة الحرارة وتتغير أثناء الليل والنهار وخلال المواسم والفصول وطوال السنة • ومن أهم العوامل التي تؤثر فيها هي •

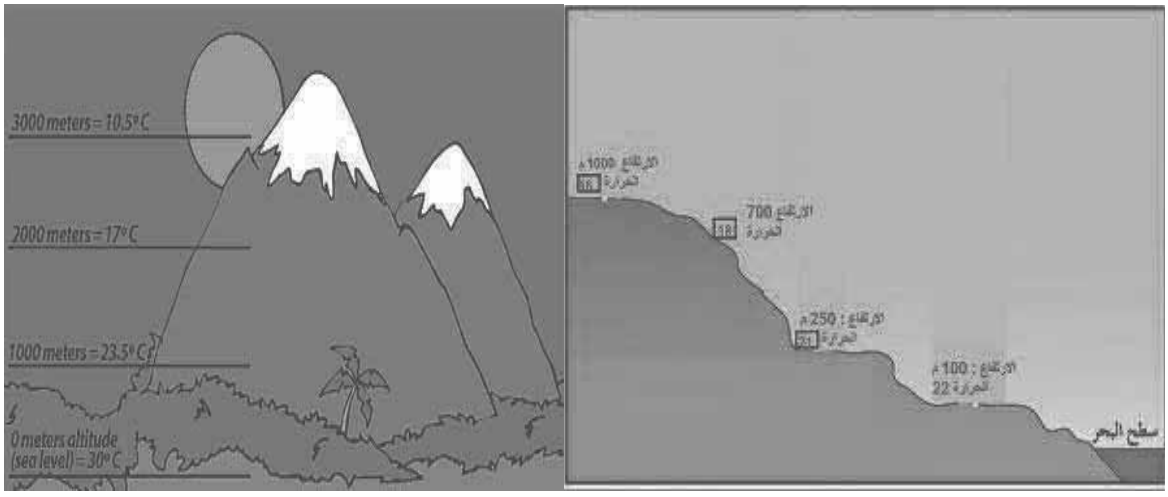
١) موقع المكان بالنسبة لخط العرض

اذ أنه يحدد زاوية سقوط أشعة الشمس على سطح الارض ويحدد طول الليل والنهار في الفصول المختلفة • فخطوط العرض العليا تستقبل أشعة الشمس بزاوية أكبر من الزاوية التي يستقبل بها عند خط الاستواء، ونتيجة لذلك تزداد كمية الحرارة التي يمتصها الهواء الجوي ، ولا يترك منها الا كمية قليلة تصل الى سطح التربة ، في حين نجد أن الاشعاع الشمسي في المنطقة الاستوائية لا يختلف كثيرا خلال فصول السنة لان زاوية سقوط الاشعة الشمسية لا تنحرف كثيرا خلالها • فتزداد تبعا لذلك كمية الاشعاع الشمسي التي تصل الى الارض •



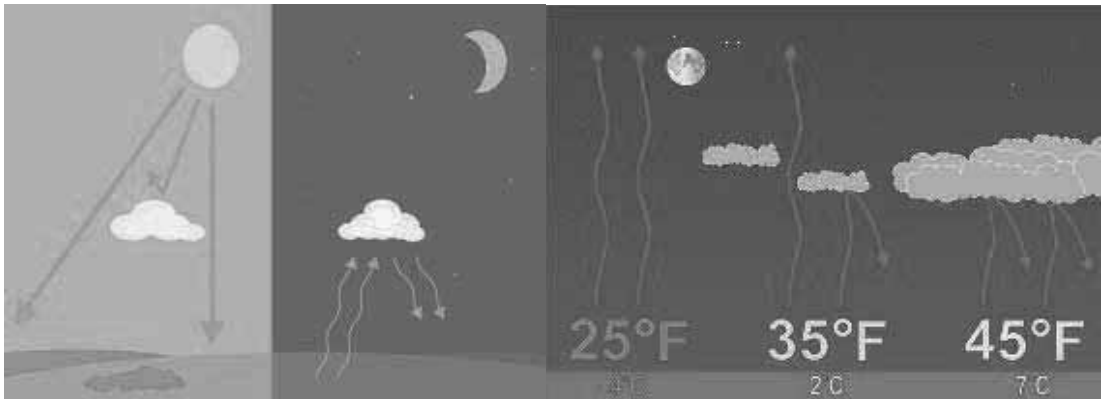
٢) الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر

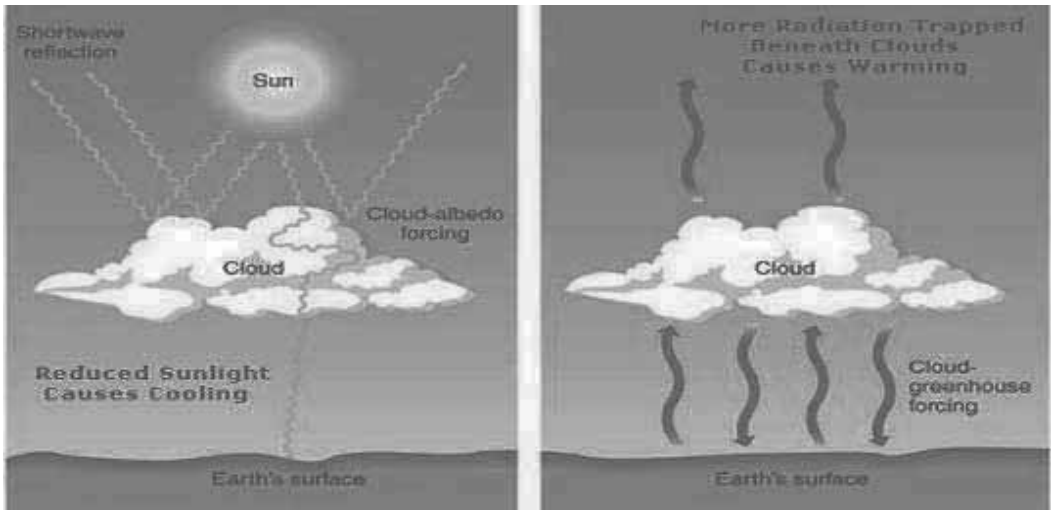
تنخفض درجة الحرارة بصفة عامة كلما زاد الارتفاع عن مستوى سطح البحر والمعدل التي تتناقص فيه درجة الحرارة بالارتفاع هو درجة مئوية واحدة لكل ١٥٠م « وهذا المعدل تقريبي وذلك لان تناقص درجة الحرارة بالارتفاع تتاثر بعوامل كثيرة أهمها سرعة الرياح ونسبة الرطوبة في الهواء وكمية السحب وكثافتها ... الخ » . لذلك فان سطوح الجبال تتعرض الى طبقات من الهواء البارد مما يجعلها أبرد دائما من السهول والوديان المنخفضة ، على الرغم من أن الجبال العالية تمتص كمية من الحرارة أكبر مما تمتصه الاراضي المنخفضة ، وذلك بسبب زيادة فقدان الحرارة عن طريق الاشعاع المنعكس في هذه المناطق مقارنة بالاراضي المنخفضة التي تقع على نفس خط العرض ، ويرجع ذلك الى قلة سمك الهواء الذي يسمح بمرور الحرارة خلاله بسهولة .



٣) الســـــحب

تعتبر السحب من العوامل المهمة التي تؤثر في درجة الحرارة ، ففي أثناء النهار ينعكس جزء كبير من أشعة الشمس على السطوح العليـــا للسحب ، ونتيجة لذلك تنخفض درجة الحرارة على سطح الكرة الارضية، وفي الليل تقف السحب حائلا فتعيق أشعاع الحرارة من سطحها ويـــؤدي ذلك الى أنخفاض قليل في درجة حرارة سطح التربة والهواء الملامســن لها • وهذه الظاهرة واضحة جدا في المناطق الصحراوية « حيث الغيـــوم قليلة والسماء صافية والجو صحو »





٤) الريـــاح

تلعب الرياح واتجاهها دورا مؤثرا أيضا في درجة حرارة الجـــو للمنطقة ، فالرياح التي تهب من مكان دافيء تسبب أرتفاعا في درجـــة الحرارة ، فـــي حين تعمل الرياح الهابة من المناطق الجبلية أو القطبية على خفض درجة الحرارة · كما وتعمل الرياح التي تاتي من المناطق البحرية على تلطيف الجو في المناطق الساحلية والقريبة

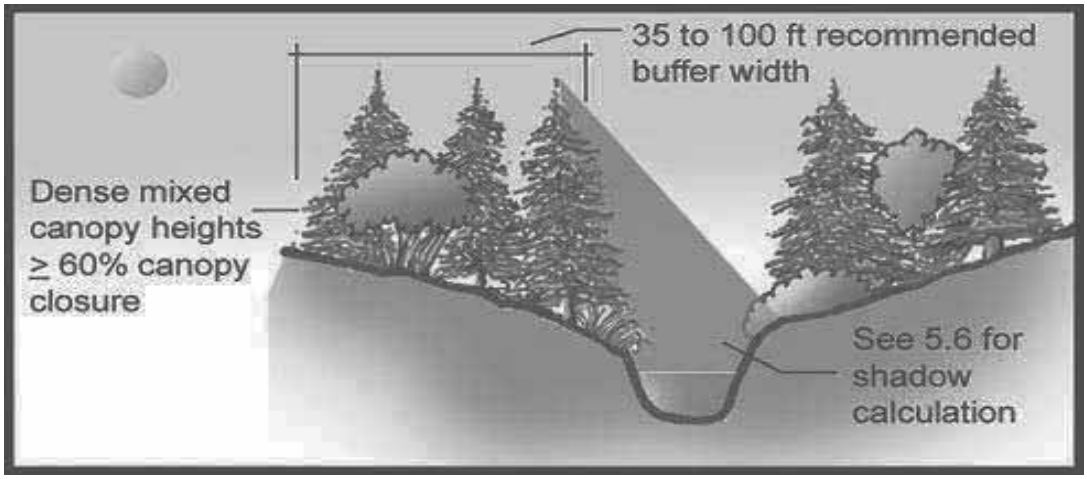
٥) المحتوى المائي للتربة

تتاثر درجة حرارة التربة ، التي تعمل على تغيير الهواء فـــوق سطحها ، تاثيرا كبيرا بالمحتوى المائي · فالاراضي الرطبة ، ترتفـــع درجة حرارتها ببطء مقارنة بالترب الجافة وذلك لان الحرارة النوعيـــة للماء هي أعلى من الحرارة النوعية للتربة ، وعلى ذلك ، فالاراضـــي الرطبة تعمل على خفض درجة حرارة الهواء الملامس لها أنخفاضـــا جزئيا بسبب زيادة الرطوبة ، التي تعيق بدورها أشعة الشمس المباشرة على عكس الحال في الترب الجافة ·

٦) الغطاء النباتـــي

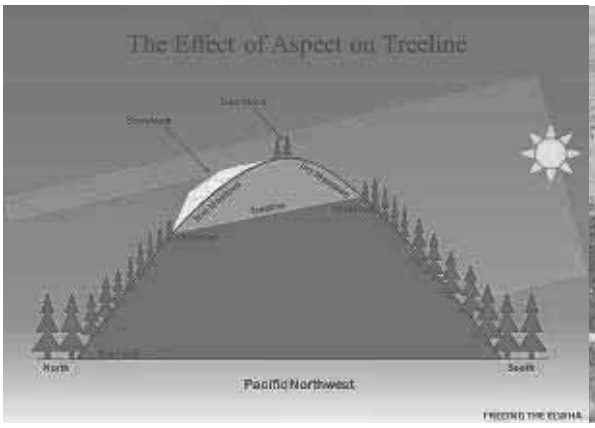
يعمل الغطاء النباتي على التقليل من درجة الحرارة الساقطة علـى سطح التربة · فالحرارة فوق الاراضي المفتوحة الجرداء هي أعلى مـن حرارة الاراضي المغطاة بغطاء نباتي · فالنباتات تقوم بامتصاص جـزء من الطاقة الحرارية فتقلل من درجة حرارة التربة التي تنمو فوقهـــا فدرجة الحرارة في الغابة مثلا في منتصف الصيف هي أقل بحدود ١٠° م مقارنة بدرجة الحرارة في الاراضي المفتوحة نهارا وأكثر ١٠°م ليلا ·

كما أن درجة حرارة التربة في الغابة هي أقل أيضا من درجة حـرارة التربة في الاراضي المفتوحة ·



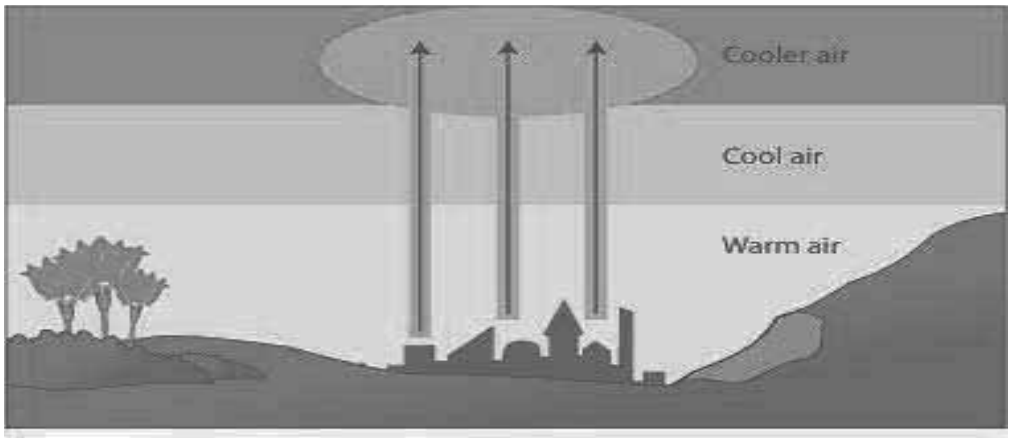
٧) اتجاه المنحـــدر

تختلف درجة الحرارة بأختلاف المنحدر ، ويرجع ذلك الى سقـوط أشعة الشمس بزاوية مائلة على السطح ، وكلما ازدادت زاوية السقوط عن ٩٠ درجة كلما قلت كمية الاشعاع الساقط على وحدة المساحـــة . فالمنحدرات الجنوبية والغربية تستقبل أشعة الشمس بصورة أكبر وتكون أكثر دفئا ، كما أن درجة حرارتها أكثر أنتظاما من المنحدرات الشمالية. لذلك فدرجات الحرارة الدافئة للمنحدرات المقابلة للجنوب سوف تسمح للنباتات بالنمو والازهار بصـــورة مبكرة مما هو عليه في المنحـــدرات المواجهة للشمال .

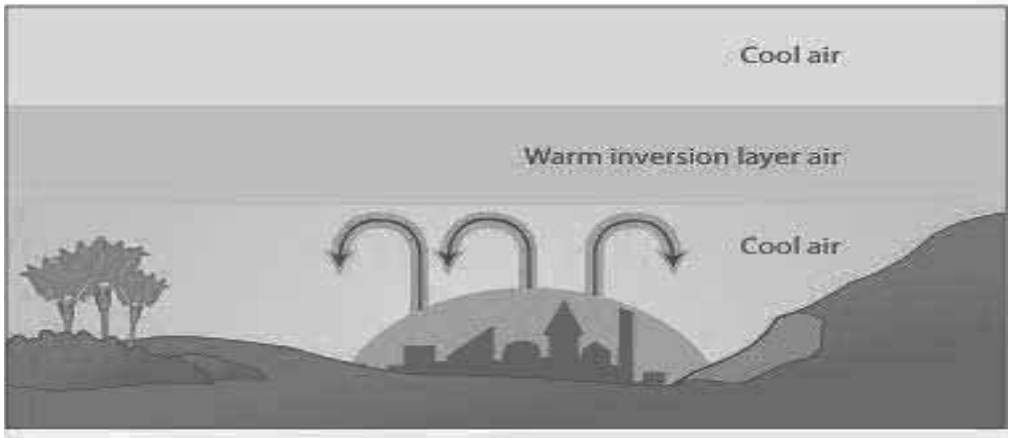


الانقلاب الحراري Temperature inversion

تحدث هذه الظاهرة في المناطق الجبلية ، حيث ينساب الهـــواء البارد من قمم الجبال ـ بسبب كثافته العالية وثقل وزنه ـ الى أســـفل المنحدرات ، خاصة خلال أوقات الليل عندما يكون الجو صحوا والريـاح هادئة • فيدفع الهواء الدافيء الموجود في أعماق الوادي الى الاعلـــى ، وعند ذلك ستتكون طبقة من الهواء الدافيء في الوسط وطبقتين من الهواء البارد في أسفل الوادي وأعلى الجبل • وتسمى هذه الظاهرة بالانقـلاب الحراري •



Normal pattern



Thermal inversion

درجات الحـــرارة المفضـــــلة وغير المفضلة للنباتـــــــات

تتحمل معظم النباتات مدى واسع من درجات الحرارة • فقسم من الانواع تستطيع النمو في درجات الحرارة المنخفضة جدا أو المرتفعـــة جدا طالما توفر الماء الكافي وفي حالة سائلة ، الا أن معظم النباتات تنمو عندما تبقى درجة الحرارة في حدود معينة بين الدرجة الحرارية الصغرى والدرجة الحرارية العظمـــى • فاذا جاوزت تلك الحـــدود أرتفاعا أو انخفاضا تهلك النباتات أو تدخل في طور السكون •

وعموما فهناك ثلاثة درجات حرارية تؤثـر على نمو النباتات وهي :

١) درجة الحرارة العظمى Maximum Temperature

٢) درجة الحرارة الصغرى Minimum Temperatuture

٣)درجة الحرارة المثلى Optimum Temperature

١) درجة الحرارة العظمى

وهي أعلى درجة حرارية يمكن للنبات أن يتحملها دون حدوث ضرر له • وتختلف درجة تحمل النباتات للحرارة العظمى تبعا لعوامل عديدة ، الا أنها مرتبطة الى حد كبير في الطبيعة بتغيير كمية الماء •

٢) درجة الحرارة الصغرى

هي اقل درجة حرارية يمكن عندها للنبات أن يستمر في فعالياته الحيوية ٠

تختلف النباتات في درجة تحملها لدرجة الحرارة الصغرى ٠ فيمكن لقسم من النباتات القطبية النمو والتزهير في درجات حرارة منخفضة جدا ٠ ولكن قد يتوقف نمو بعض نباتات المنطقة الاستوائية أو تقل فعالياتها الحيوية في حدود الـ ٢٠°م وتموت عندما تصل درجة الحرارة الى 10° م او اقل .

٣)درجة الحرارة المثلى

هي الدرجة الحرارية التي يقوم عندها النبات بفعالياته الحيوية على أحسن ما يمكن ٠ الا أنه من الصعب تحديد درجة الحرارة المثلى لمختلف العمليات الفسيولوجية كالتركيب الضوئي والتنفس والتكاثر ٠٠٠ الخ لان كل منها يتوقف على مجموعة من العوامل الكيمياوية والفيزياوية ٠ وعموما لا تتطابق درجة الحرارة المثلى لكل عملية من هذه العمليات الفسيولوجية ٠

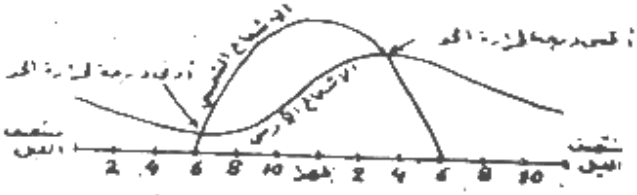
كما وتتغير درجة الحرارة المثلى لكثير من العمليات الحيوية للنباتات دائمة الخضرة خلال فصول السنة المتباينة المناخ ، حيث نلاحظ أن النبات الواحد تختلف درجة الحرارة المثلى فيه لعملية التركيب الضوئي مثلا من فصل الى اخر – نتيجة لاختلاف الظروف المناخية – وهذه الظاهرة تسمى (التأقلم) Acclimatization

أما بالنسبة للنباتات التي توجد في بيئات مختلفة « كالبيئة الساحلية مثلا وبيئة قمم الجبال العالية » وجد أن الاختلاف في درجات الحرارة المثلى لعملية التركيب الضوئي خلال الفصل الواحد راجع الى أختلافات وراثية وهذه الظاهرة تسمى (التكيف) Adaptation

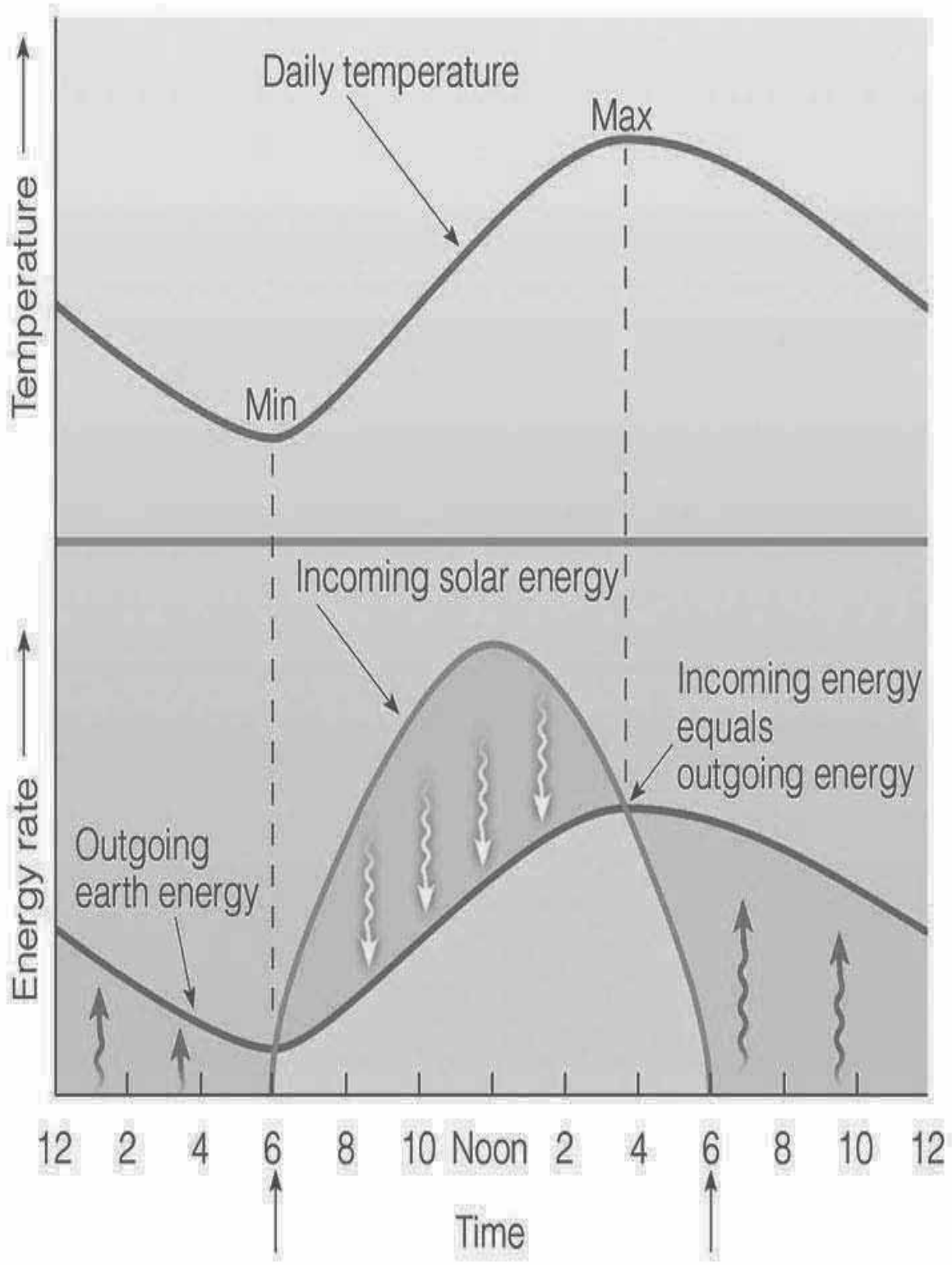
النظام اليومي لدرجة الحرارة

يصل الاشعاع الشمسي الى الارض حيث يقوم سطحها بامتصاص هذه الاشعة ولكنه يقوم برد جزء منها الى الجو على هيئة أشعاع أرضي . وهذه هي الاشعة التي تسخن الهواء بصفة أساسية أكثر مما يسخن مباشرة من الشمس .

ويختلف الاشعاع الارضي عن الاشعاع الشمسي في أن الاول أشعته مظلمة تحمل الحرارة فقط بينما الثاني يحمل الضوء والحرارة معا . لذلك فدرجة حرارة الهواء هي أولا نتيجة للاشعاع الارضي الذي ترده الارض الى الجو ، وثانيا للاشعاع الشمسي الذي يسخن سطح الارض والهواء الملامس له . ويصل الاشعاع الشمسي أقصاه وقت الظهيرة ، بينما يبلغ الاشعاع الارضي أقصاه بعد الظهر بساعتين تقريبا مع ملاحظة أن الاشعاع الشمسي يبدأ بشروق الشمس وينتهي بغروبها بينما الاشعاع الارضي يظل طول اليوم ويبلغ أقصاه بعد الظهر وأدناه قبل شروق الشمس وأن انعكاسات الاشعاع الشمسي والارضي على درجات الحرارة تكون أعلى ما يمكن بحدود الساعة الثالثة ظهرا وأدنى درجة حرارة قبل شروق الشمس بقليل كما هو موضح في الشكل



شكل (٣) الاشعاع الشمسي والاشعاع الارضي



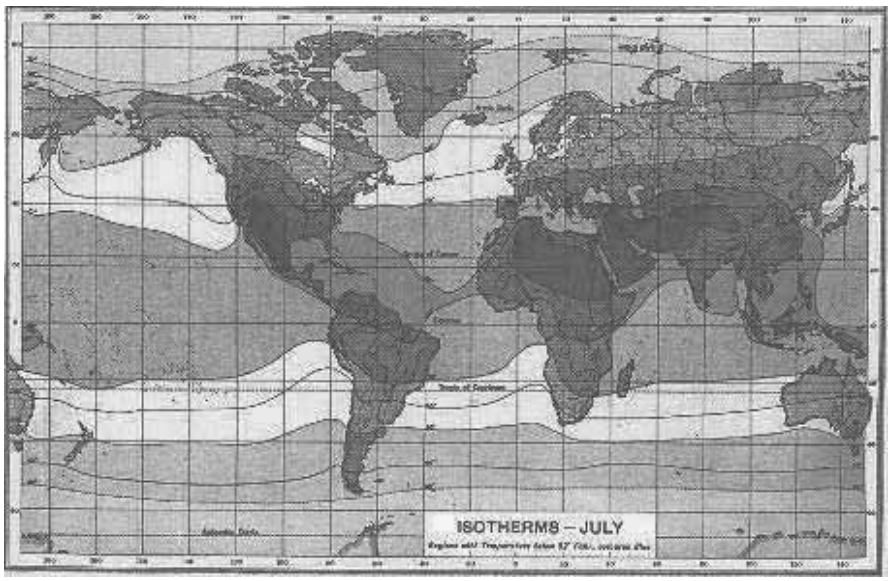
© 2007 Thomson Higher Education

المدى اليومي لدرجة الحرارة

يقصد به الفرق بين أدنى وأعلى درجة حرارة تسجلان أثنـــــاء اليوم وهما النهاية الصغرى Minimum temperature والنهاية العظمى Maximum temperature . وهذا الفرق قد يختلف كثيرا من مكان لاخر ومن فصـــــل لاخر حسب الظروف الخاصة بالمنطقة فيقل الفرق في الاماكن القريبة من البحر ذات الامطار الكثيرة ويزداد في المناطق الصحراوية الجافة .

خطوط الحرارة المتساوية Isotherms

هي خطوط ترسم على الخريطة لتوصيل الاماكن التي تتســـاوى معدلاتها الحرارية سواء كانت تلك المعدلات لشهر معين او للســـنة باكملها وذلك بعد تعديل المعدلات التي تنشرها المراصد المختلفة لكي تمثل درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر ، ويجري هذا التعديل عادة باضـــافة درجة واحدة لكل أرتفاع ١٥٠ متر ، ولكن يجب أن نلاحظ ان هذا المعدل تقريبي لان تناقص درجة الحرارة بالارتفاع يتعرض للتغير من وقت لاخر ومن مكان لاخر تبعا لعوامل عديدة .



ومعظم الخطوط تتجه بصفة عامة بين الشرق والغرب ولكـــــن لا يشترط مع ذلك أن تكون موازية لخطوط العرض حيث أنها تتعـــــرج وتلتوي في مواضع مختلفة وتتاثر بالعوامل التالية :ـ

١) توزيع الماء واليابسة

في فصل الشتاء تكون اليابسة عموما أشد برودة من الماء بينمـــا يحدث العكس صيفا ونظرا لاتساع اليابسة في نصف الكرة الشـــــمالي وأختلاطه بالبحار فان خطوط الحرارة المتساوية تبدو كثيرة التعاريـــج والالتواء أما في نصف الكرة الجنوبي فتسود البحار ولهذا تكون خطـوط الحرارة المتساوية أقل تعرضا للتغير من الشمال ، كما أنها تمتد موازية لخطوط العرض تقريبا ٠

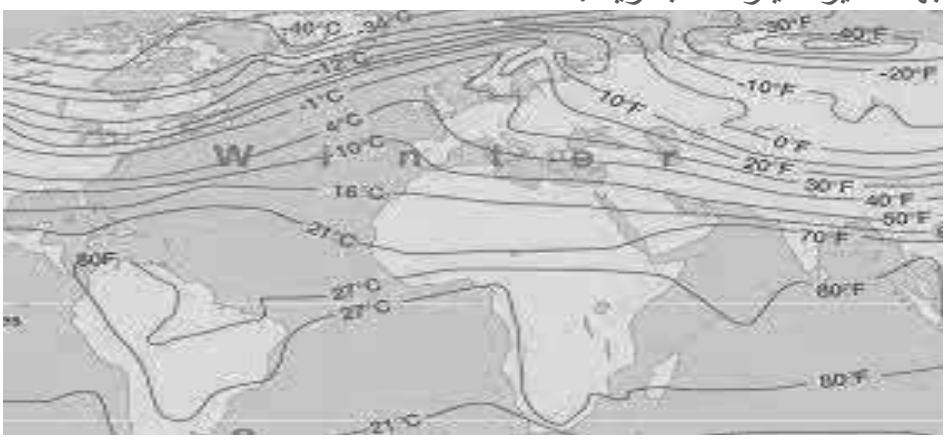
٢) التيارات البحرية

تعمل التيارات البحرية التي تمر بسواحل القارات على تدفئة هذه السواحل أذا كانت اتية من جهات أدفأ أو على خفض درجة حرارتها أذا كانت اتية من جهات أبرد منها ٠

٣) الريـــــاح

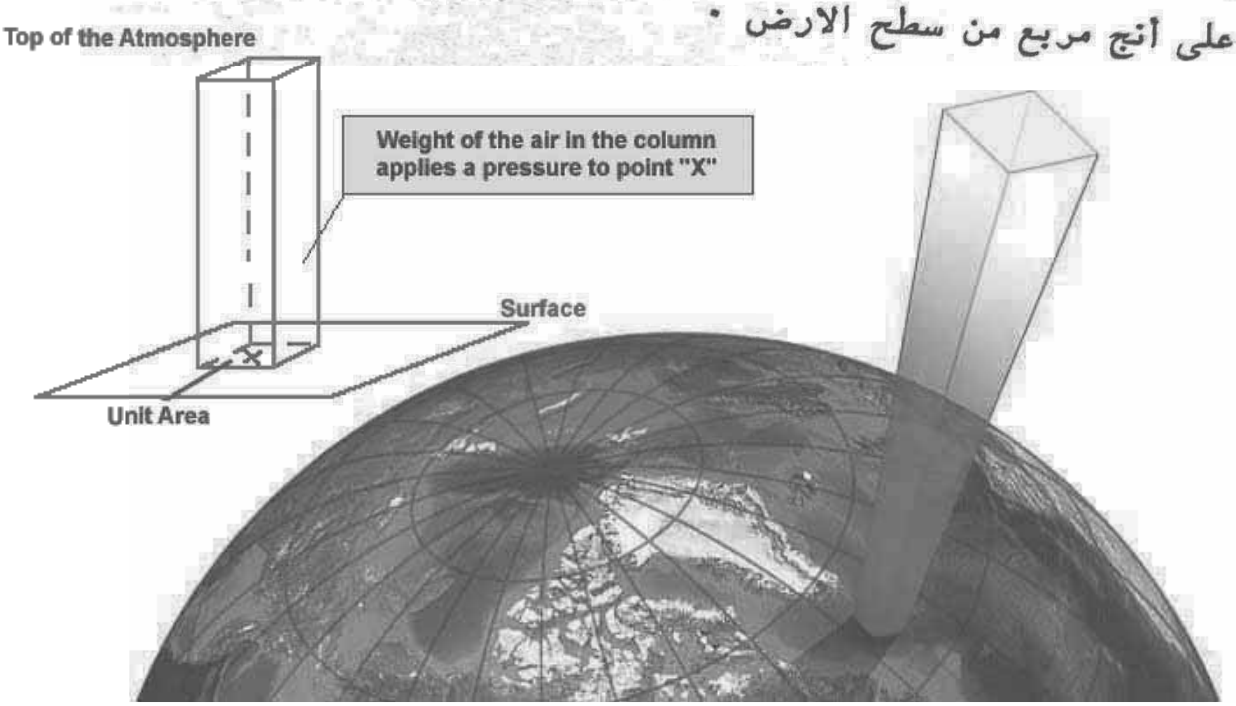
فهي تؤثر أحيانا على سير خطوط الحرارة المتساوية بطريقـــــة

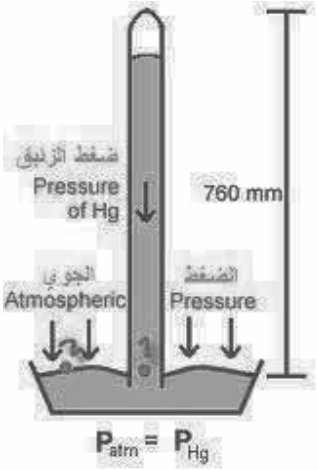
مشابهة لتاثير التيارات البحرية .



الضغط الجوي

من الحقائق المعروفة أن الهواء ليس عديم الوزن بل أنه كـــاي مادة أخرى ذو ثقل معين ومحدد • فيقع على سطح الارض وبأستمـــرار ضغط يتناسب مع وزن الهواء الموجود فوقه حتى أعلى الجو ، وهـــذا يعرف بالضغط الجوي ويقدر عادة على أساس وزن عمود الهواء الواقـع على أنج مربع من سطح الارض •





ويبلغ متوسط الضغط الجوي في الظروف العادية عند مستوى سطح البحر ٧٦٠ مليمتر من الزئبق أو ٢٩٫٩٢ أنج من الزئبق ٠ (ويوصف الضغط عموما بأنه منخفض أو مرتفع أذا نقص أو زاد عن هذا المتوسط) وقد استحدثت وحدة جديدة لقياس الضغط الجوي بدلا من المليمتر الزئبقي أطلق عليها أسم « المليبار » وهو يعادل $\frac{1}{1000}$ من وحدة أخرى هي البار (وهي الوحدة الديناميكية لقوة الضغط الواقعة على مساحة قدرها سنتيمترا مربعا واحدا) ٠ ويمكن تحويل الانجات أو المليمترات الزئبقية الى ملليبارات على أساس أن الانج الواحد يعادل ٣٣٫٩ ملليبار وأن المليمتر يعادل ١٫٣٦ ملليبار ٠ وفي بعض الاحيان يستخدم هذا المعدل نفسه كوحدة قياس يطلق عليها أسم « جو » فاذا كان الضغط الجوي الفعلي معادلا لهذا المتوسط فانه يوصف بأنه يعادل جوا واحدا ، اما اذا زاد عنه فيوضع كسر يعادل نسبة الزيادة ، اما اذا نقص عنه فيطرح الكسر الذي يعادل نسبة النقص

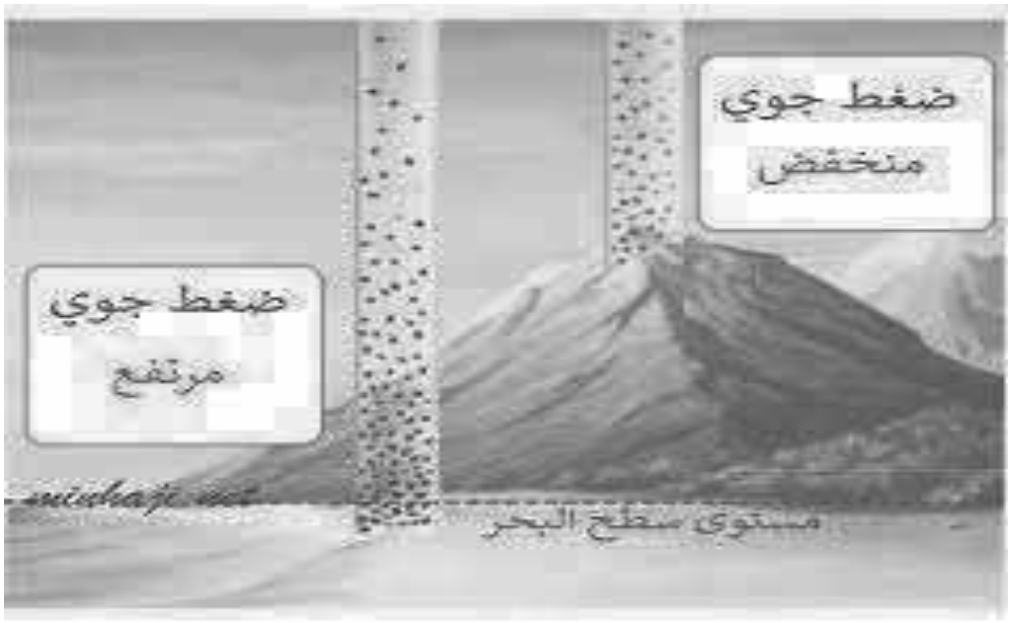
العوامل التي تؤثر على الضغط الجوي

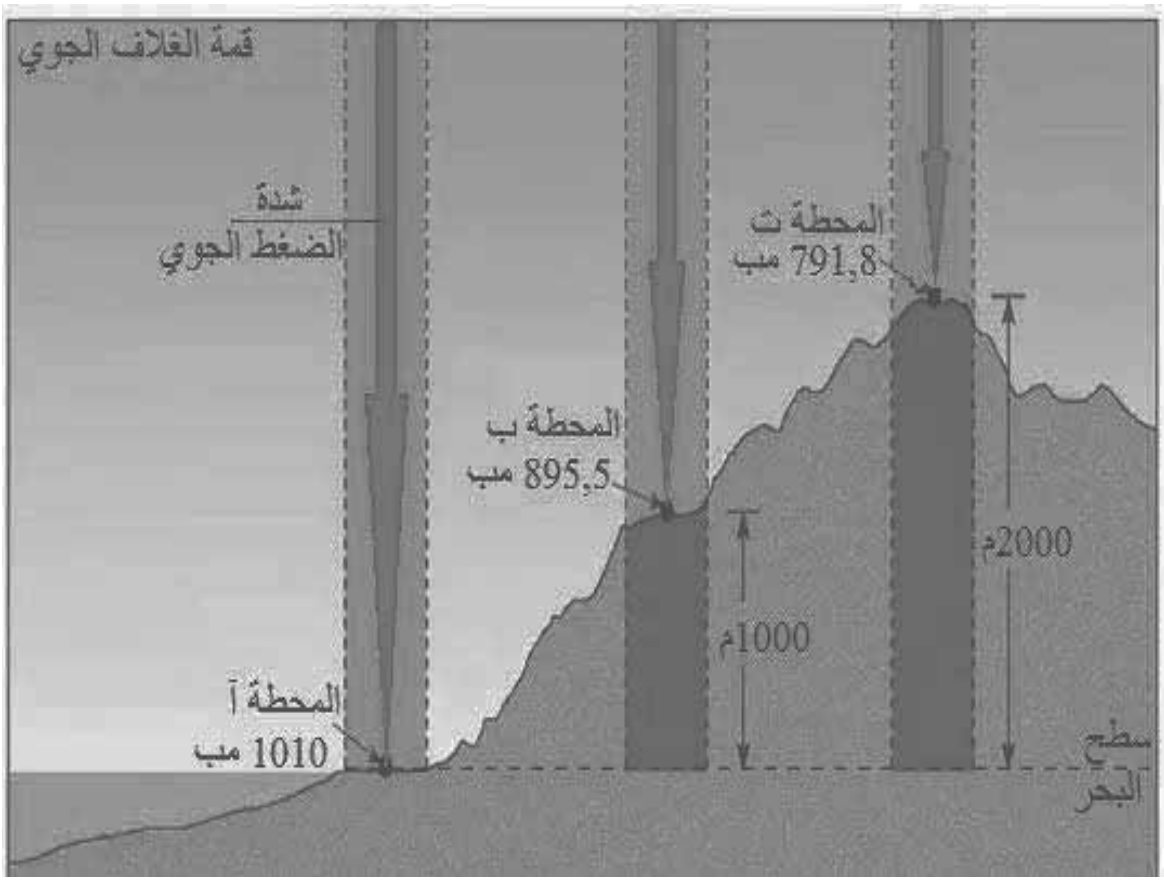
١) الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر ٠

يتناقص الضغط الجوي كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر نتيجة تناقص سمك الغلاف الجوي من جهة ، وتخلخل الهواء الجوي وتناقص كثافته من جهة أخرى ٠ لكننا يجب أن نلاحظ أن تناقص الضغط الجوي بالارتفاع ليس له معدل ثابت ، لانه يختلف من مكان لاخر حسب درجة الحرارة وأتجاه الرياح ٠ كما أنه يختلف في الطبقات السفلى من الجو عنه في الطبقات العليا تبعا لاختلاف كثافة الهواء ودرجة تخلخله ، ومع ذلك يمكن القول أن الضغط الجوي ينخفض على وجه التقريب بمعدل ١٠ ملليبارات كلما زاد الارتفاع ١٠٠ متر حتى نصل الى أرتفاع ٣٠٠٠ متر فوق سطح البحر ثم يبطيء معدل الانخفاض كلما زاد الارتفاع عن ذلك كما هو واضح من الجدول

الارتفاع بالامتار	معدل تناقص الضغط ملليبارات لكل ١٠٠ متر
سطح البحر ـ ١٥٠٠	١١
١٥٠٠ ـ ٣٠٠٠	١٠
٣٠٠٠ ـ ٤٥٠٠	٨
٤٥٠٠ ـ ٦٠٠٠	٧
٦٠٠٠ ـ ٧٥٠٠	٦
٧٥٠٠ ـ ١٥٠٠٠	٢ر٣
١٥٠٠٠ ـ ٣٠٠٠٠	٠ر٧

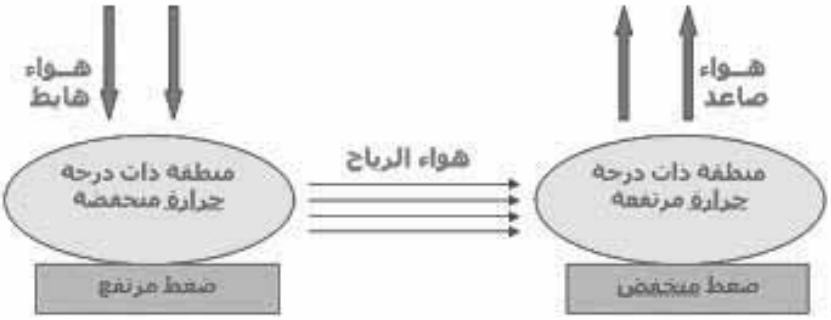
جدول يبين معدل التناقص في الضغط الجوي بالارتفاع


ضغط جوي
منخفض
ضغط جوي
مرتفع
مستوى سطح البحر


قمة الغلاف الجوي
شدة
الضغط الجوي
المحطة ت
791,8 مب
المحطة ب
895,5 مب
2000م
1000م
المحطة آ
1010 مب
سطح
البحر

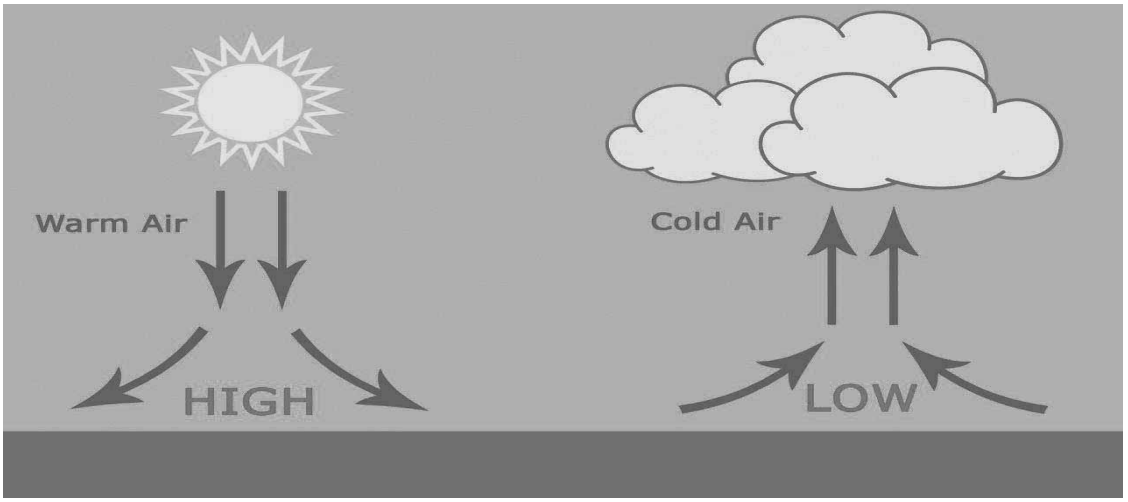
٢) درجة الحرارة

يتناسب الضغط الجوي مع درجة الحرارة تناسبا عكسيا فكلما أرتفعت درجة الخرارة تمدد الهواء وزاد تخلخله وقلت بالتالي كثافته ٠



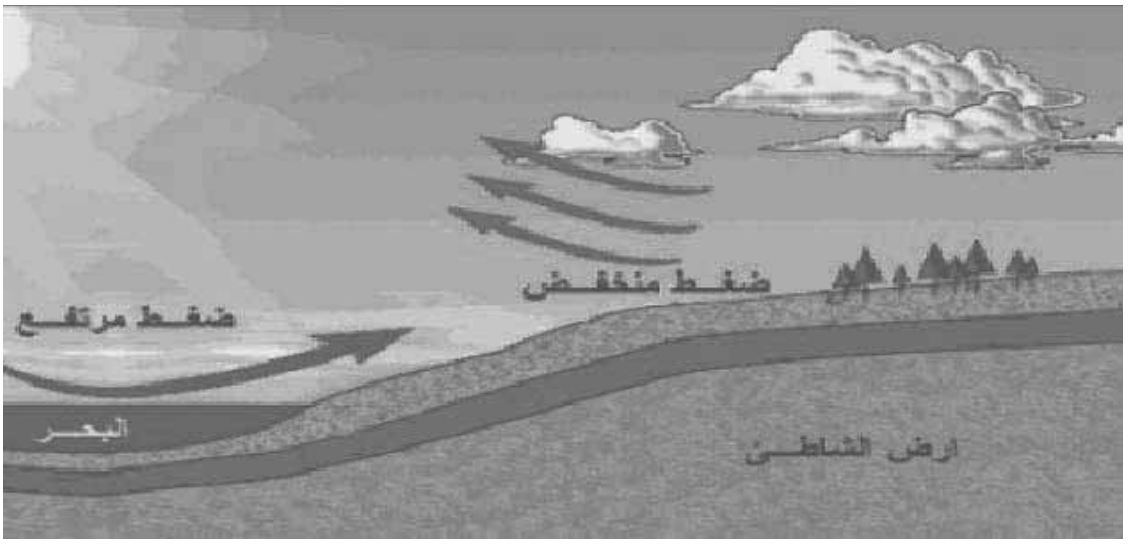
٣) بخار الماء

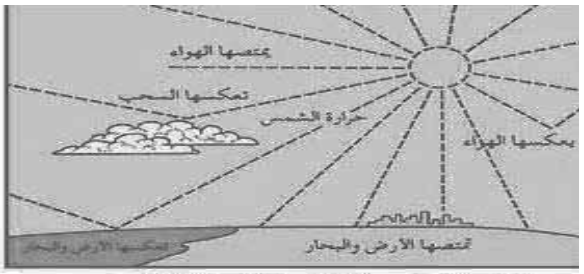
يتأثر الضغط الجوي بمقدار بخار الماء العالق بالهواء ٠ أذ من المعروف أن بخار الماء أخف وزنا من هواء الطبقات السفلى من الجو ، ولذلك فأن الضغط الجوي يميل للانخفاض كلما زادت كمية هذا البخار ٠ ويمكن أعتبار هذه الظاهرة نتيجة غير مباشرة لارتفاع درجة الحرارة ٠ لان أرتفاعها يساعد على نشاط عملية تبخر المياه من البحار والمحيطات وغيرها من المسطحات المائية ومن أوراق النباتات وسطح التربة ٠



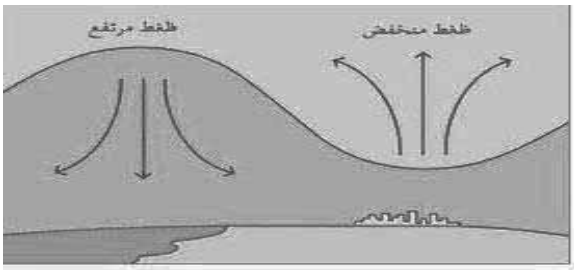
٤) توزيع اليابسة والماء

يؤثر توزيع اليابسة والماء على الضغط الجوي نظرا لاختلاف الحرارة على كل منها صيفا وشتاء . ففي الصيف ترتفع درجة الحرارة على اليابسة أكثر من الماء ولذلك ينخفض الضغط على اليابسة بينما يرتفع على الماء ويحدث العكس تقريبا في فصل الشتاء .

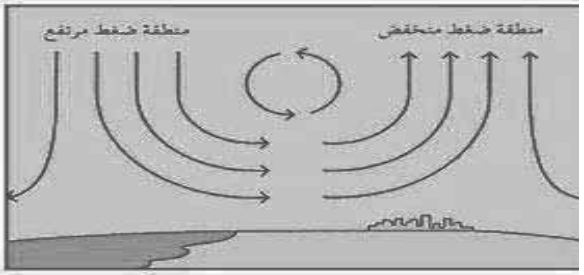




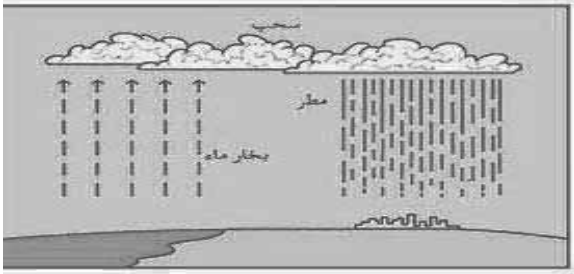
درجة الحرارة هي مقدار الحرارة في الغلاف الجوي. تمتص الأرض والبحار والهواء نحو ثلثي كمية الأشعاع الشمسي التي تخترق الغلاف الجوي، وتنعكس البقية إلى الفضاء.



الضغط الجوي هو قوة دفع الغلاف الجوي على الأرض. الهواء الدافيء أقل وزنًا من الهواء البارد، ولذا يشكل الهواء الدافئ منطقة ضغط منخفض، ويشكل الهواء البارد منطقة ضغط مرتفع.



الرياح هي حركة الهواء. ينتقل الهواء من منطقة ضغط مرتفع إلى منطقة ضغط منخفض، وعندما ينتقل الهواء إلى منطقة ضغط منخفض يصعد الهواء الموجود هناك أصلاً إلى أعلى.



الرطوبة تأتي إلى الهواء على هيئة بخار ماء من المحيطات. عندما يتصاعد البخار، قد يتحول إلى قطرات ماء ويكون السحب. وتتساقط قطرات الماء إلى الأرض إذا كبر حجمها إلى حد كاف.

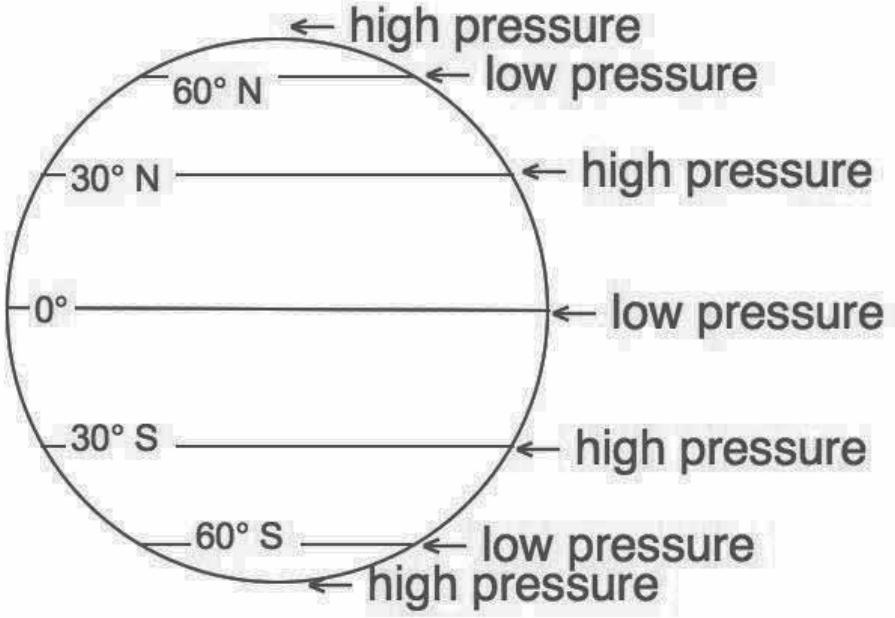
لنطاقات الرئيسية للضغط الجوي

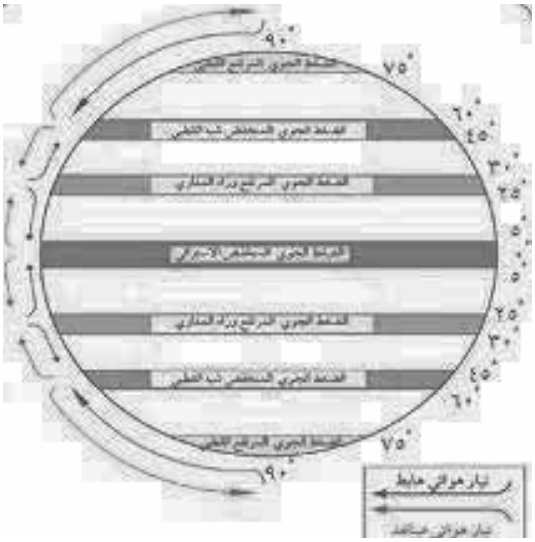
١) نطاق من الضغط المنخفض حول خط الاستواء يسمى نطاق الضغط المنخفض الاستوائي سببه أرتفاع درجة الحرارة طول السنة وما يترتب على ذلك من حركة التيارات الهوائية الصاعدة بالاضافة الى وجود كميات كبيرة من بخار الماء في الهواء مما يساعد على قلة كثافته .

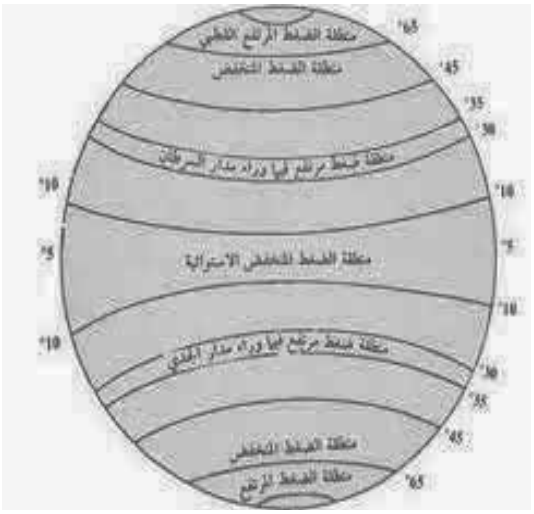
٢) نطاقان من الضغط المرتفع يمتدان في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي ما بين خط عرض ٣٠° ، ٣٥° تقريبا ، ويطلق على هذه النطاقين عادة أسم « نطاقا الضغط المرتفع وراء المداريين » .

٣) نطاقان من الضغط المنخفض قرب الدائرتين القطبيتين (ما بين خطي عرض ٤٥° و ٦٠° تقريبا) .

٤) نطاقان من الضغط المرتفع عند القطبين في المناطق التي يغطيها الجليد طول السنة .







ويلاحظ أن نطاقات الضغط المختلفة التي ذكرناها تتزحزح نحو الشمال في فصل الصيف ونحو الجنوب في فصل الشتاء بما يقارب ٥ ــ ١٠ درجات عرضية بسبب تزحزح المناطق الحرارية العامة تبعا لحركة الشمس الظاهرية .

كما وأن النطاقات السابقة الذكر تمثل التوزيع النظري للضغط الجوي فيما لو كان سطح الكرة الارضية مكونا جميعا من يابسة أو ماء فقط ، وذلك لان أختلاط الماء باليابسة يؤثر في درجة حرارة الهواء ورطوبته مما يؤثر على الضغط الجوي وأختلافه من فصل لاخر ، خاصة في نصف الكرة الشمالي حيث تتسع رقعة اليابسة فيه خلافا الى نصف الكرة الجنوبي حيث تسود المحيطات . ففي فصل الصيف تتكون على اليابسة مناطق ضغط منخفض ، حيث تكون درجة الحرارة أعلى منها على المحيطات التي يكون الضغط الجوي فوقها مرتفعا نسبيا . ويحدث العكس تقريبا في فصل الشتاء حيث تؤدي شدة البرودة على اليابسة في نصف الكرة الشمالي الى تكوين منطقة ذات ضغط مرتفع .

الرياح

الريـــاح

توجد علاقة وثيقة ومتشابكة بين عناصر المناخ المختلفة ٠ الا ان العلاقة بين الرياح والضغط الجوي تعتبر أساسية في أحداث الاولى ، حيث لا يمكن للرياح أن تحدث الا بعد حصول تغيرات معينة في الضغط الجوي٠

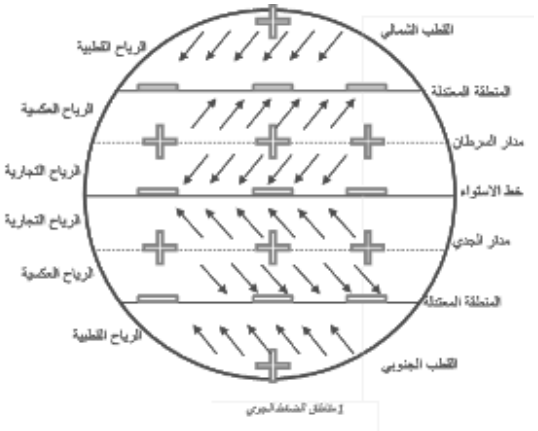
الرياح عبارة عن حركة الهواء الافقية أو الموازية لسطح معين ، قد يكون جزء من اليابسة أو الماء ٠ وأن دراسة الرياح من ناحية السرعة والاتجاه أمر ضروري للمتخصصين في علم المناخ ، وذلك لانها السبب في حدوث الكثير من مظاهر الطقس المختلفة كالغيوم والامطار والثلوج ٠٠٠ الخ ٠

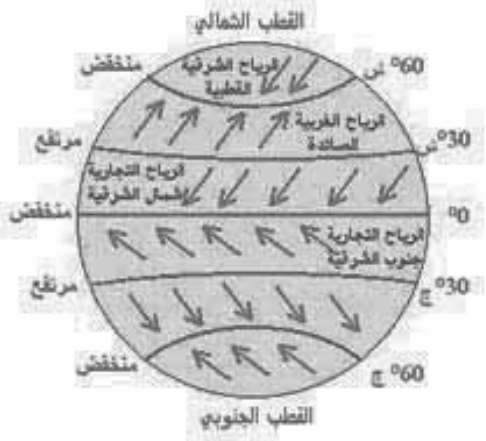
حركـــة الريـــاح

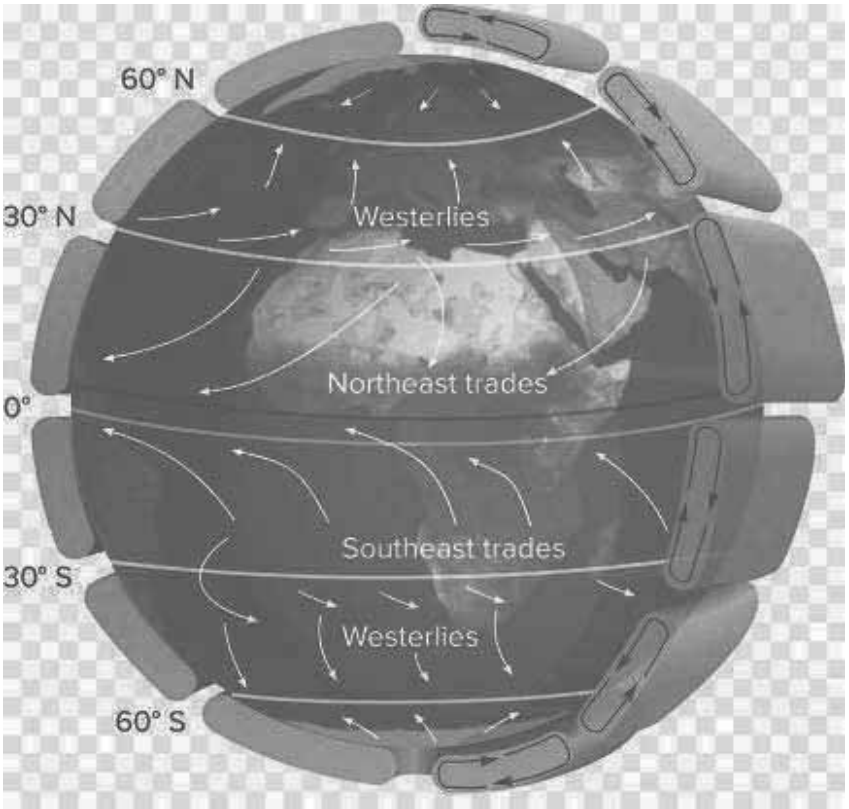
تحدث الرياح دائما نتيجة لاختلاف الضغط الجوي بين منطقتين ، فتهب من منطقة الضغط المرتفع الى منطقة الضغط المنخفض ، لكن هذه الرياح لا تهب مباشرة نحو مركز الضغط المنخفض بل تدور حوله بتأثير حركة الارض الدورانية حول نفسها ، ويكون هبوبها حول الضغط المنخفض في أتجاه مضاد لاتجاه عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي ومتفقا معها في نصفها الجنوبي ، ويحدث العكس تماما عند هبوب الرياح حول مناطق الضغط المرتفع ٠

أما سبب أنحراف الرياح بهذا الشكل فهو ناتج عن أن سرعة دوران أية نقطة فوق سطح الارض عند خط الاستواء تكون أعظم من سرعة دوران نقطة أخرى بعيدة عنه ، وتتناقص هذه السرعة تدريجيا كلما

أقتربنا من القطبين ، ولذلك فالرياح التي تهب نحو القطبين تنتقل من جهات سريعة الدوران الى أخرى بطيئة فتسبق الجهات الاخيرة في دورانها وتنحرف نحو الشرق (دوران الارض حول نفسها يكون من الغرب الى الشرق) • أما الرياح التي تهب نحو خط الاستواء فتنتقل من جهات بطيئة الى جهات سريعة ، فهي أذن تتخلف وتنحرف نحو الغرب •







أنـــــواع الريـــــاح

لقد أدى توزيع الضغط الجوي الى وجود نظام خاص للرياح ، وهذا النظام يتعرض – رغم ثبوته في بعض المناطق – في مناطق معينة للتغير خلال فترة قصيرة أو طويلة ، تبعا لما يطرأ على درجة الحرارة والضغط الجوي من تغيرات سريعة أو بطيئة ، وهذا التغير في نظام الرياح أدى الى تقسيمها الى أربعة أنواع رئيسية ٠

١) الرياح الدائمية

وهي التي تهب بنظام ثابت طول السنة تقريبا ولو أنها قد تختلف في سرعتها ومدى أنتشارها من فصل الى اخر ، وأهم أنواعها :

أ – الرياح التجارية
ب – الرياح العكسية
جـ – الرياح القطبية

الرياح التجارية The trades

تهب الرياح التجارية من الضغط المرتفع فيما وراء المدارين الى الضغط المنخفض الاستوائي ويكون أتجاهها عموما شماليا شرقيا فـــي نصف الكرة الشمالي وجنوبيا شرقيا في نصفها الجنوبي ، الا أن درجـــة أنحرافها تقل كلما أقتربنا من خط الاستواء حتى يصبح أتجاهها عنـــده من الشمال الى الجنوب مباشرة (أو العكس) ٠ وتمتاز هذه الريـــاح عموما بأعتدال سرعتها وقلة تغير أتجاهها من فصل الى اخر خاصة على المحيطـــــات ٠٠

الرياح العكسية The Westerlies

تختلف هذه الرياح أختلافا واضحا عن الرياح التجارية ، فبينما تهب الرياح التجارية من نطاقي الضغط المرتفع وراء المدارين نحو خط الاستواء نجد أن الرياح العكسية تهب من هذين النطاقين نحو الدائرتين القطبيتين • ومعنى ذلك أن المناطق التي تنتقل اليها الرياح التجارية تكون غالبا أشد حرارة من المناطق التي تأتي منها مما يجعلها تساعد على تخفيف شدة الحرارة • أما الرياح العكسية فانها تعمل دائما على تدفئة المناطق التي تهب عليها لانها آتية من منطقة دافئة نسبيا •

أن أتجاه الرياح العكسية يكون جنوبيا غربيا بشكل عام في نصف الكرة الشمالي ، بينما يكون شماليا غربيا في نصفها الجنوبي • كما أن هبوبها يكون أقل أنتظاما وثباتا من الرياح التجارية ، ويرجع ذلك الى ما ينتاب العروض التي تظهر عليها هذه الرياح من أضطرابات كثيرة في الضغط الجوي (بسبب الاختلافات في درجة الحرارة وذلك لتداخل اليابسة والماء ولوجود التيارات البحرية الدافئة في هذه المناطق) مما يؤدي الى أختلاف نظام هبوبها •

الرياح القطبية The Polar

وهي عبارة عن الهواء البارد الذي يهب من نطاق الضغط المرتفع القطبي متجها نحو منطقة الضغط المنخفض قرب الدائرتين القطبيتين • وهذه الرياح شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي ، وجنوبية شرقية في النصف الجنوبي • أن هبوب هذه الرياح يكون منتظما في نصف الكرة الجنوبي لوجود منطقة ضغط مرتفع واضحة عند القطب ومنطقة ضغط منخفض محددة على المحيط الجنوبي عند الدائرة القطبية أما في نصف الكرة الشمالي فالتغير الواضح لنظام الضغط والرياح يجعل من هبوب هذه الرياح غير منتظم ، والسبب يرجع أساسا الى وجود كتل من اليابسة الواسعة والتي تحيط بالمحيط المتجمد الشمالي •

٢) الرياح الموسمية The monsoons

أهم ما تتميز به هذه الرياح بصفة عامة هو أن أتجاهها يتغير تغيرا تاما في معظم الاحيان ما بين الصيف والشتاء • وهي تظهر غالبا بين المداريين على المناطق الشرقية للقارات ، الا أن أمتدادها قد يتعدى ما وراءهما في بعض المناطق • والواقع أن قارة اسيا تعتبر أعظم ميدان تظهر فيه هذه الرياح ، وذلك لعظم أتساعها ، وما يترتب على ذلك من أختلاف في الضغط الجوي فوقها أختلافا كبيرا في الشتاء عنه في الصيف •

تهب الرياح الموسمية بصفة خاصة على الهند والهند الصينية ، وهي على نوعين موسمية شتوية وموسمية صيفية • ففي فصل الشتاء يتكون فوق القارة ضغط مرتفع تندفع منه الرياح الموسمية الشتوية متجهة نحو الضغط المنخفض على المحيطين الهادي والهندي ، وهذه الرياح تكون جافة عادة الا أذا مرت فوق مسطحات مائية ، فاذا قابلت بعد ذلك مرتفعات ، فانها تسقط أمطارا ، كما هو الحال غرب جزر اليابان أو على ساحل الهند الشرقي وشرق سيلان ويبدأ هبوب هذه الرياح على جنوب شرقي اسيا بصفة عامة في شهر تشرين الاول ويستمر حتى شهر اذار ، وبعد ذلك يأخذ الضغط الجوي على القارة في الانخفاض ثم يتزايد أنخفاضه تدريجيا كلما أقتربت أشهر الصيف •

أما الرياح الموسمية الصيفية فيبدأ هبوبها حوالي شهر تموز ، حيث يكون وسط القارة الاسيوية مركزا لضغط منخفض ، بينما يكون الضغط الجوي مرتفعا نسبيا على المحيطات المجاورة ، ولهذا فأن الرياح تهب من هذه المحيطات نحو القارة وتكون سببا في سقوط أمطار غزيرة على البلاد التي تهب عليها أذا ما صادفتها سلاسل جبلية مرتفعة كما هو الحال في الهند والهند الصينية والصين •

٣) الرياح اليومية \ Daily wind

وهي غالبا خفيفة وتهب نتيجة للاختلافات المحلية في درجة الحرارة ، وهي تؤثر في مناخ مناطق صغيرة نسبيا ، وتنشأ هذه الرياح عندما تسخن أو تبرد منطقة معينة بحيث تختلف درجة حرارتها عن المناطق المجاورة ، كما أنها تهب في فترات معينة • ومن أهمها :

أ – نسيم البر ونسيم البحر

ب – نسيم الجبل ونسيم الوادي

نسيم البر ونسيم البحر Sea and land breezes

يحدث هذا النوع من الرياح في المناطق الساحلية نتيجة للتناقضات في درجة الحرارة فوق كل من اليابسة والماء ، كما هو الحال مناطق الرياح الموسمية ، ولكن على نطاق محلي ضيق ويومي ، فعلى طول السواحل تسخن اليابسة في الصيف بسرعة أكثر من الماء فيحدث أختلافا في الضغط الجوي على كل منهما ، حيث يكون مرتفعا على الماء ومنخفضا على اليابسة أثناء النهار ويحدث العكس أثناء الليل

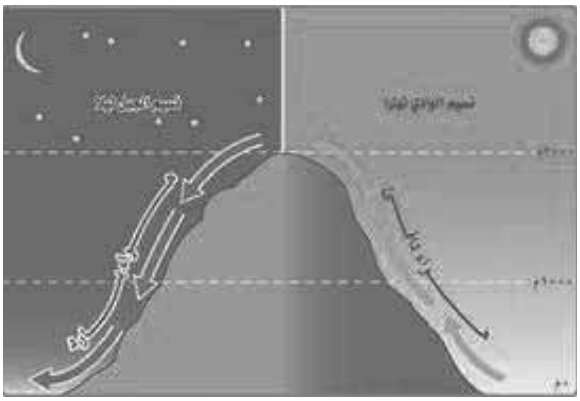
فأثناء النهار تسخن اليابسة بسرعة وبالتالي يسخن الهواء الذي يعلوها في حين يكون الهواء الذي يعلو الماء المجاور أقل حرارة • فيتمدد الهواء فوق اليابسة ويرتفع الى الاعلى وينخفض ضغطه الجوي ليأتي هواء أبرد منه نسبيا من البحر فيحل محله • ويعرف هذا الهواء بنسيم البحر •

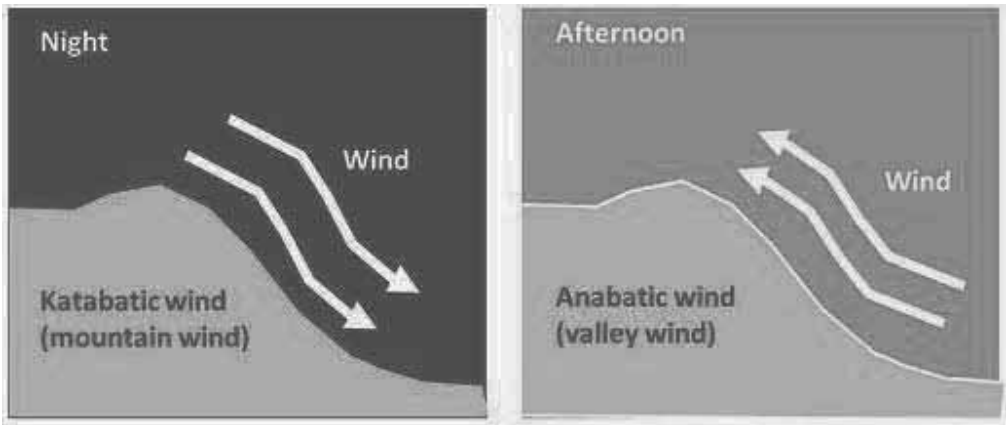
أما أثناء الليل فيحدث العكس ، أذ تبرد اليابسة قبل الماء فيندفع هوائها نحو البحر ليحل محل الهواء الدافيء الذي أخذ بالارتفاع فوق الماء وهذا يعرف بنسيم البحر •

نسيم الجبل ونسيم الوادي Mountain and Valley breezes

يحدث هذا النوع من الرياح أيضا خلال اليوم ويكون اتجاهها من الجبل الى الوادي أو العكس • فعلى سفوح الجبال في الليالي الصافية تفقط سطوح اليابسة المرتفعة كثيرا من الاشعاع الارضي فتهبط درجة حرارة الهواء الملامس لها ويتحرك الهواء البارد الكثيف هابطا على سفوح الجبال نحو الوديان والاراضي المنخفضة المجاورة وهذا ما يعرف بنسيم الجبل •

وفي أثناء النهار تسخن سفوح المرتفعات بفعل الاشعاع الشمسي الذي يؤدي الى خفة الهواء الملامس لليابسة مما قد يؤدي الى صعود تيار هوائي دافيء من الوادي الى سفوح الجبال ويعرف هذا بنسيم الوادي





٤) الرياح المحلية Local Wind

هذه الرياح لا تهب بنظام ثابت كما أنها لا تدوم الا لفتـــــرات قصيرة لا تعدو بضعة أيام • ولكنها قد تنشط في بعض الفصول عنها في فصول أخرى • ويقتصر أثرها غالبا على مناطق محدودة من العالم • ومن أشهرها الرياح التي تحدث نتيجة لمرور الانخفاضات الجوية ، حيـــث تؤدي هذه الانخفاضات الجوية في البحر الابيض المتوسط الى هبوب رياح من جنوب أوربا أو شمال أفريقيا متجهة نحو هذه الانخفاضات •

تأثـــيرات الرياح علـى النباتات

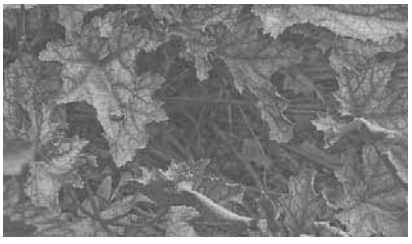
الرياح عامل بيئي على جانب كبير من الاهمية ، خاصة في السـهول المستوية وعلى شواطيء البحار ومرتفعات الجبال • وهي تؤثر علـــى النباتات تأثيرا مباشرا بتنشيط النتح والتبخر ، مما يؤدي الى ازدياد فقد الماء من التربة والنبات • وما تسببه للنباتات من أضرار ميكانيكيـــة ، وبمعاونتها على التلقيح وأنتشار البذور والثمار • وعدا ذلك فهنـــاك تأثيرات أخرى غير مباشرة ، كتأثيرها على الرطوبة النسبية عن طريـــق نقلها لكتل الهواء الساخن أو البارد من مكان الى اخر ، وتحريكها للضباب والسحب التي تغير الرطوبة وشدة الضوء ، كما تغير الرياح أيضا درجـة الحرارة على شواطيء البحار •

ويمكن تلخيص أهم الاضرار التي تسببها الرياح على النبـــات بمـــا يلـــي :ـ

١) التجفيف Desiecation

تعمل الرياح على زيادة معدل التبخر بازالة طبقات من الهـــواء البارد الرطب ، التي تتجمع حول سطح النبات ، فتعمل الرياح على ثنـي الاوراق مسببة تقلصا وأنقباضا متعاقبين في الفراغات البينية ، مما يؤدي الى طرد الهواء المشبع بالماء خارج الاوراق ودخول هواء جاف ليحل محله •

ويؤدي أستمرار هبوب الرياح الجافة على النبات الى قتل جميع الاوراق والسيقان الحديثة في مدى ساعات قليلة بسبب زيادة النتح على الامتصاصـــــن



٢) التقزم Dwarfing

لا تبلغ النباتات التي تنمو تحت تأثير الرياح الجافة درجة من التميؤ (Hydration) والانبعاج تمكنها من توسيع خلاياها في طور البلوغ الى الحجم الطبيعي ، ويترتب على ذلك ضعف في تكوين جميع الاعضاء وأختزال حجمها ٠

ويحدث التقزم بفعل الرياح التي تهب خلال الفترة التي تكبر فيها الخلايا وتجتاز طور البلوغ ، مسببة أختلالا في التوازن المائي الداخلي للنبات وينطوي التقزم على نقص في كمية المادة الجافة المنتجة كما قد تصحبه زيادة في عدد الافرع الثانوية ٠

٣) التشويه Deformation

يتغير شكل الاعضاء الخضرية النامية ووضعها تغيرا مستديما ، عندما تتعرض لرياح شديدة تهب من أتجاه ثابت ، ويسمى ذلك بالتشويه وكثيرا ما تشاهد أشجار ذات جذوع مائلة على الهضاب وشواطيء البحار، حيث الرياح شديدة ومستمرة ، ومثل هذه الاشجار تحدد بنموها غير المنتظم أتجاه الريح السائدة ٠ حيث تنمو فروع الاشجار وتمتد في الجانب البعيد عن الريح وحده ، أما الجانب المواجه للريح فيخلو من الفروع خلوا تاما

٤) التكســـر Breakage

تتوقف قابلية النباتات للكسر تحت وطأة الرياح على تركيبهـــا التشريحي ، فاذا كان الساق نحيفا قليل التغلظ فان الاشجار تكون اكثر أستعدادا للكسر • وتتعرض للكسر بفعل الرياح بنوع خاص الاشـــجار المصابة بأمراض حشرية أو فطرية ، حيث أن هذه الافات قد تضـــعف الخشب وتجعله سهل الكسر • كما تستهدف للكسر أيضا تلك الاشجار التي تعرضت في وقت من الاوقات لحرائق أضعفت أفرعها •

وقد تقتلع الاشجار تماما تحت تأثير الرياح القوية ، حتى في بعض الحالات التي تقاوم فيها الاغصان التكسر بنجاح • ويحدث ذلك بنـــوع خاص في الاشجار ذات الجذور الضحلة والانسجة الميكانيكية الضئيلة .

٥) البـــري Abrasion

ينتج هذا الاثر عن حمل الرياح لحبيبات التربة أو الثلج وقذفها بشدة على النباتات مسببة تآكلها • وتعاني طائفة كبيرة من النباتـــات الصحراوية ونباتات المناطق الساحلية والجبلية الشيء الكثير من هـــذا الضرر • ففي الاشجار الخشبية يتآكل القلف وتقتل معظم البراعم فـــي الناحية المواجهة للريح ، فقد نجد في بعض الاحيان أشجارا خالية تمامـا من الافرع والاغصان في الجهة المواجهة للريح

٦) التعريـــة Erosion

يمنع الكساء الخضري المستديم تآكل التربة وتحركها وأنتقالهـا بفعل الرياح • ولكن عندما يخفف الكساء الخضري أو يزال ، فأن الرياح قد تحدث تآكلا وحفرا في التربة تسبب تعرية الجذور للنباتات القريبة منها ، مما يؤدي الى موتها وتوسيع الرقعة العارية • وتعرية التربـــة يؤدي الى أنتقال التربة الى أماكن جديدة متجمعة حول نباتات جديـدة مؤدية الى موت بعض من هذه النباتات وذلك لنقص التهوية نتيجة لانطمار الاجزاء الخضرية منها •

٧) الرذاذ الملحـــي Salt spray

تشاهد هذه الظاهرة على شواطيء البحار والمحيطات ، حيث تحمل الرياح الرذاذ المتناثر من الامواج التي ترتطم بالساحل بعيدا ، فتلقيه على النباتات التي تعيشـــش على مقربة من البحر • ولما كان هذا الرذاذ محملا بالاملاح ، فانه سوف يسبب أضرارا بالغة للنباتات الحساســـة للاملاح • وتقل كمية الاملاح التي يحملها الهواء كلما أبتعدنا عن الساحل فقد وجد أن أكثر النباتات تحملا للرذاذ الملحي هي أقربها الى البحر .

المـــــــــاء Water

أن أهمية الماء للكائنات أمر لا يحتاج الى أثبات ، فهو الوسط الذي تحدث فيه جميع التفاعلات الحيوية والكيمياوية بالنبات • لذلك فوفـرة أو ندرة الماء لها تاثير كبير في توزيع المجتمعات النباتية والانواع المكونة لها • ويمكن تلخيص أهمية الماء في حياة النبات بالنقاط التالية •

١) الماء هو أحد مكونات البروتوبلازم الاساسية حيث يشكل مـــن ٨٥ ـ ٩٠ ٪ من الوزن الاخضر •

٢) يعتبر مادة أساسية للفعاليات الحيوية ، فهو ضروري في عمليـــة التركيب الضوئي والهضم •

٣) الماء مذيب وتتحرك فيه الاملاح والغازات بشكل مذاب خلال خلايا الجسم النباتي •

٤) الماء ضروري لحفظ خلايا النبات في حالة أنتفاخ وجعل النبات يأخذ شكله الطبيعي •

٥) يؤثر في عمليـــة فتح وغلق الثـــغور •

دورة الماء في الطبيعـــــة

أن الحياة بمجملها تتطلب وجود الماء ، وبما أن الماء موزع بصـورة غير متساوية على سطح الكرة الارضية ، فأن كثرته أو قلته في بيئة مـــا أنعكست بشكل واضح على خصائص الحياة النباتية المختلفة • فتاثـــرت المجتمعات النباتية تبعا لذلك • فهناك الغابات الاستوائية المطيرة وهنـاك النباتات الصحراوية الجافة التي تحتاج الى متطلبات متفاوتة من الماء • والسبب في ذلك يرجع الى عدم تساوي كمية الامطار الساقطة والعوامل المناخية الأخرى في كلا المنطقتين •

أن كمية الماء في جو الارض هي في الحقيقة محدودة لكنها متحركـــة وتدور بأستمرار من الهواء الى الارض والبحار وتعود ثانية الى الهواء الجوي• وأستنادا الى قول عالم الارصاد الجوية الانكليزي R.C.Sutcliffe أن جو الارض يحتوي في أي وقت على ما يعادل أنجا واحدا من ميـــــاه الامطار • فلو أخذنا في نظر الاعتبار حجم الكرة الارضية ، فهذه الكميـــة سوف تعادل تجهيز عشرة أيام فقط من المطر • وعلى ذلك فدوران هـــذا الماء من بداية سقوطه كأمطار وصعوده من سطح الكرة الارضية ومن كافة المصـــادر الاخرى (بشكل أبخرة أو ماء مفقود عن طريق النتح) يجب أن يكون مستمرا وسريعا نسبيا • ويطلـــق على هذه الدورة بدورة المـــاء Hydrologic cycle كما هو واضح من الشكل •

الرطوبـــة الجويـــــة

يقصد بالرطوبة الجوية Atmospheric moisture بأنه بخار الماء الذي يحتويه الهواء في حالة غير مرئية · وهو بذلك يختلف عن الابخرة المائية المرئية التي تكون السحاب أو الضباب أو الامطار · وهذه الرطوبة تلعب دورا مهما في الطقس والمناخ · فهي عامل أساسي في تكوين السحب ومظاهر التساقط Precipitation المختلفة مثل المطر والثلج والبرد والضباب والندى والصقيع · وهذه المظاهر تحدث نتيجة لتكاثف الرطوبة الجوية عندما تنخفض درجة حرارة الهواء الى ما دون نقطة الندى «Dew Point*» ، وذلك بفعل الارتفاع ، أو أنتقال الهواء الرطب من منطقة دافئة الى اخرى باردة أو فقدانه لحرارته بفعل الاشعاع المنعكس وخاصة أثناء الليل ·

وبالاضافة الى أهمية بخار الماء العالق بالجو في تكوين مظاهر التكاثف المختلفة ، فأن له أهميته أيضا في أنتقال الاشعاع الحراري من والى سطح الارض · حيث يعتبر العنصر الرئيسي في الغلاف الغازي في أمتصاص الاشعاع الشمسي والاشعاع الارضي ·

والرطوبة الجوية أو بخار الماء العالق بالجو يأتي عن طريق عمليات التبخر من المسطحات المائية ومن عملية التبخر والنتج Evapotranspiration وعملية التبخر من التربة ·

---

* نقطة الندى : هي الدرجة التي اذا ما أنخفضت درجة حرارة الهواء الى اقل منها فانها يصبح غير قادر على حمل كل ما به من بخار الماء فيتكاثف الجزء الزائد منه ويتحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة · ويطلق عليها أيضا درجة حرارة التكاثف Condensation Temperatuse

وهناك تعبيرات مختلفة عن الرطوبة الجوية نلخصها فيما يلي :ـ

١) الرطوبة المطلقة Absolute humidity (A. h.)

وهي عبارة عن وزن بخار الماء التي يحتويها حجم معين من الهواء ويعبر عنها بالغرامات في المتر المكعب • وهي تمثل الكمية الحقيقية لبخار الماء بالهـــــواء •

٢) ضغط بخار الماء Vapour pressuve

وهو عبارة عن الضغط الذي يسببه وجود بخار الماء بالهواء • ويصل هذا الضغط أقصاه في حالة تشبع الهواء ببخار الماء وفي هذه الحالة يعرف بضغط بخار الماء المشبع Saturation Vapour pressure • ويكون الهواء في هذه الحالة عند نقطة الندى التي يحدث عندها تكاثف بخار الماء •

٣) الرطوبة النســـــبية Relative humidity (R. h.)

ويقصد بها النسبة المئوية لكمية بخار الماء الموجود فعلا في الهـواء الى الكمية التي يمكن أن يحملها الهواء في درجة حرارة وضغط معينين •

التبخـــــــر

يعني التبخر Evaporation التحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازيـــة . اما التبخـــر الكلـــي Total evaporation او Evapotranspiration فهو مجموع ما يضيع من مياه ايـــة منطقـــة من المناطق نتيجة للتأثير المشترك للتبخر (من سطح المياه والتربة) والنتح (من النباتات) وهما أهم عاملين يتحكمان في تحديد القيمة الفعليـــة للامطار . وعلى العموم هناك عدة عوامل تؤثر على قوة التبخر منها :

أولا : عوامل مناخية

١ ـ **الاشعاع الشمسي** : أذ توجد علاقة طردية بين قوة الاشـــعاع الشمسي والتبخـــر .

٢ ـ **درجة الحرارة** : أذ توجد علاقة طردية بين درجة الحرارة والتبخر

٣ ـ **الرطوبة النسبية** : أذ يتناقص التبخر كلما أقتربت الرطوبـــة النسبية من حدها الاقصى وهو ١٠٠٪ .

٤ ـ **الرياح** : أذ أنها تزيح الهواء الرطب وتأتي بدلا عنه هواء أكثر جفافا وتؤدي هذه الحالة الى زيادة التبخر .

٥ ـ **الضغط الجوي** : أذ يؤدي أرتفاعه الى تقليل ســـرعة أنطـــلاق الجزيئات من الماء أو التربة الى الجو بينما يساعد أنخفاضه على زيادة سرعة التبخر كما أنه يؤثر على قوة الرياح أو ضعفهـــا وبالتالي يؤثر على التبخر بطريقة غير مباشرة أيضا .

ثانيا : عوامل متعلقة بحالة المياه

١ ـ **الملوحة** : فزيادتها تؤدي الى تناقص ســـرعة التبخر (بمقدار ١٪ لكل ١٪ زيادة في درجة الملوحة) .

٢ ـ **عمق المياه** : اذ أن تاثير أشعة الشمس ودرجة الحرارة يكون اقوى وأسرع على المياه الضحلة وبالتالي زيادة في سرعة التبخر ٠

٣ ـ **مساحة سطح الماء** : اذ أن تاثير الرياح تكون أقوى على المساحة الصغيرة ٠

ثالثا : عوامل متعلقة بحالة التربة

يتاثر التبخر من سطح التربة بنفس العوامل المناخية التي تتحكم في التبخر من سطح المياه المكشوفة بالاضافة الى :

١ ـ **أبتلال التربة** : أذ يتناقص التبخر من التربة بتناقص رطوبة التربة ويتوقف عندما تصبح التربة جافة تماما ٠

٢ ـ **نسجة التربة** : أذ ينشط التبخر في التربة الناعمة لان دقة مسام الطين تساعد على أرتفاع الماء في التربة من الاسفل الى الاعلى بالخاصية الشعرية ٠

٣ ـ **لون التربة** : أذ يكون التبخر أسرع في الترب الداكنة لانه يساعد على أمتصاص الحرارة وبالتالي نشاط التبخر ٠

٤ ـ **الغطاء النباتي** : أذ أن وجوده يحمي التربة من التبخر ٠

التكاثـــــف Condensation

يتكاثف بخار الماء الموجود في الجو من الحالة الغازية الى الحالـــة السائلة عندما تنخفض درجة الحرارة للهواء الى دون نقطة الندى كما سبق القول • ويمكن أن نلخص أهم عوامل تكاثف بخار الماء بالجو فيما يلي :ـ

١ ـ فقدان الهواء الرطب لحرارته بفعل الاشعاع المنعكس وهذا قـــد يؤدي الى حدوث الضباب والسحب •

٢ ـ فقدان الحرارة من سطح الارض •

٣ ـ أختلاط الهواء الرطب بهواء أبرد منه •

٤ ـ أنتقال الهواء من منطقة دافئة الى أخرى باردة •

٥ ـ مرور الهواء الساخن المحمل ببخار الماء فوق سطح منطقة مغطـاة بالجليد أو فوق ســـطح تيار مائـــي •

٦ ـ أرتفاع الهواء الى أعلى الجو مما يؤدي الى تكوين السحب •

مظاهـــر التكاثـــف

1- السحب.
2- الضباب.
3- الصقيع.
4- الثلج.
5- البرد.
6- الندى.