1

علم البيئة The Ecology

1- تعريف علم البيئة2 - أهميته 3- تقسيماته 4- وما علاقته بالعلوم الأخرى؟

يحتل علم البيئية في الوقت الحالي حيزاً هاماً بين العلوم الأساسية والتطبيقية ، فهو يشكل مع ثلاثة علوم اخرى هي الكيمياء بفروعها والوراثة و الفسلجة الحجر الاساس للعلوم الزراعية. ولعل من أهم ما دعا الإنسان المعاصر الى النظر الى علوم البيئية بهذه الجدية هي التفاعلات المختلفة بين أنشطة التنمية والبيئة، والتي تجاوزت الحدود المحلية الى الحدود الإقليمية والعالمية. واصبح الإنسان ينظر الى هذه المستجدات كمشاكل عالمية لا تستطيع الدول، إلا مجتمعة، أن تضع الأطر والحلول المناسبة لها. علماً بأن مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة البشرية في ستوكهولم عام 1972 أعطى للفظة " البيئة" فهماً واسعاً، بحيث اصبحت تدل على أكثر من مجرد عناصر طبيعية (ماء، وهواء، وتربة، ومعادن، ومصادر للطاقة، ونباتات، وحيوانات)، وإنما جعلها بمثابة رصيد من الموارد المادية والاجتماعية المتاحة في وقت ما وفي مكان ما لإشباع حاجات الإنسان وتطلعاته.

لقد نشأ علم البيئة كحاجة موضوعية ليبحث في أحوال البيئة الطبيعية كالعلاقات بين الكائنات الحية وما يحيط بها من عوامل اخرى وعلاقتها مع بعضها البعض سواء كانت افراد او مجموعات او مجتمعات ، وحتى في الكرة الحية بمجملها ، لذا يعتبر أحد فروع علم الأحياء الهامة اذ يبحث في الكائنات الحية ومواطنها البيئية.

يعرف علم البيئة بانه العلم الذي يبحث في علاقة العوامل الحية (من حيوانات ونباتات وكائنات دقيقة) مع بعضها البعض، ومع العوامل غير الحية المحيطة بها. وهو معني بدراسة وضع الكائن الحي في موقعه، فضلا عن محيطه الفضائي ، وبذلك فهو يحاول (علم البيئة) الإجابة عن بعض التساؤلات، ومنها: كيف تعمل الطبيعة، وكيف تتعامل الكائنات الحية مع الأحياء الآخر أو مع الوسط المحيط بها سواء الكيماوي أو الطبيعي . وهذا الوسط يطلق عليه النظام البيئي ،الذي نجد أنه يتكون من مكونات حية وأخرى ميتة أو جامدة .إذاً ،فعلم البيئة هو دراسة الكائنات الحية وعلاقتها بما حولها وتأثيرها على علاقتنا بالأرض.

المرادف لمصطلح البيئة بالإنكليزية هو Environment.وهناك مصطلح Ecology، مشتق من كلمة Okologie الذي اقترحها عالم الحيوان الألماني أرنست هيكل Ernest Haeckel (1869) لتعني علاقة الحيوان مع المكونات العضوية واللاعضوية في البيئة .وأصل الكلمة مشتق من المقطع الاغريقي Oikos والتي تعني بيت و Logia تعني علم. وبذلك تكون كلمة إيكولوجي هي علم دراسة أماكن معيشة الكائنات الحية وكل ما يحيط بها.

يمثل علم البيئة Ecology الدراسة العلمية لتوزع وتكيف الكائنات الحية مع بيئاتها المحيطة وكيف تتأثر هذه الكائنات بالعلاقات المتبادلة بين الأحياء كافة وبين بيئاتها المحيطة. تتضمن بيئة الكائن الحي الخواص الفيزيائية كالطقس والجيولوجيا (طبيعة الأرض)، إضافة للكائنات الحية الأخرى التي تشاركها موطنها البيئي (مقرها البيئي) habitat.

تقسيمات علم البيئة

لتسهيل دراسة علم البيئة وتخصيص مجال الدراسة، وضعت عدة تقسيمات لعلم البيئة، منها:

1-علم البيئة الفردية (الذاتية) Auteecology الذي يهتم بدراسة نوع واحد من الاحياء **او مجموعة من الكائنات** الحية تعود إلى نفس النوع species وما يحيط به من عوامل فيزيائية وكيميائية مثلا نوع معين من السمك في نهر **دجلة** او اشجار البرتقال في مكان معين .

2-**علم البيئة الجماعية Synecology** وهو دراسة مجموعة من الانواع في مكان محدد وفيه تدرس جميع العوامل الحية (جميع أنواع الكائنات الحية) والعوامل غير الحية في منطقة بيئية محددة. ويقسم هذا العلم الى:

1- **علم البيئة البرية (اليابسة) Terrestrial Ecology** : يهتم هذا العلم بدراسة الكائنات في أية منطقة من اليابسة وقد ركز العلماء في دراسة هذا العلم منذ نشوء علم البيئة وذلك لسهولة الوصول إلى أية منطقة في اليابسة إذا ما قورنت مع البيئة المائية ، واهتم العلماء في **ا**لتركيز على طوبوغرافية الأرض ومواقعها المختلفة. **وقد تم** تقسيم بيئة ال**يابسة إلى** : بيئة الجبال Mountain Environment **و** بيئة الهضاب Plateau Environment **و** بيئة السهول Plainland Environment **و** بيئة التلال Hill Environment **و** بيئة الصحاري Desert Environmen

2- **علم البيئة المائية Aquatic Ecology :** ويهتم هذا العلم بدراسة الأحياء المائية وعلاقتها مع بعضها البعض من جهة ومع العوامل غير الحية المحيطة بها من جهة أخرى وقد اهتم الإنسان حديثا في دراسة البيئة المائية **وخصوصا** دراسة البحار والمحيطات وما تخفيه من إسرار الحياة **ل**لأحياء المختلفة سواء ضمن عمود الماء او على القاع فقد بدا الاهتمام بدراسة هذا العلم في النصف الثاني من القرن العشرين وبدأت الجامعات بتدريس مثل **هذا العلم** بكلياتها المختصة وانشأت مراكز بحثية لدراسة البيئة المائية وقد قسمت الدراسة اعتما**دا على العامل الملوحة إلى ثلاث** بيئات مائية رئيسية وهي : البيئة البحرية **و** بيئة المصبات **و** بيئة المياه **العذبة**

كما ان هناك تقسيمات ثانوية مختلفة في دراسة بيئة اليابسة مثل بيئة **الغابات** forest أو بيئة المدن urban وبيئة المحاصيل crops وبيئة المراعي grassland وبيئة الأدغال weeds وبيئة البساتين Horticulture وهكذا .كما يمكن تقسيم بيئة اليابسة حسب المجموعات الحياتية **مثل** بيئة الطيور وبيئة الزواحف وبيئة الحشرات وبيئة اللبائن

وفي تقسيم آخر، يقسم علم البيئة الى:

علم البيئة الحيوانية Animal Ecology

علم البيئة النباتية Plant Ecology

وقد اتسعت دائرة علم البيئة لتشمل العديد من الفروع المتعلقة به، ومنها إدارة الحياة البرية Wildlife Management **وعلم الغابات** Forestry وعلم بيئة المتحجرات Paleoecology وعلم المحيطات Oceanography وعلم الجغرافيا الحياتية Biogeography وعلم تلوث البيئة Pollution Ecology و علم التقانات البيئية Ecological Technology وعلم البيئة الفسيولوجي Physiological Ecology **الخ**.

ارتباط علم البيئة بالعلوم الاخرى

من الصعب فصل علم البيئة عن غيره من العلوم الطبيعية والبحتة، فهو مرتبط بكل فروع علم الأحياء ارتباطا وثيقاً كالفسيولوجيا ، وعلم الحيوان، وعلم النبات، والكيمياء الحيوية، والوراثة والتطور، وعلم السلوك، والبيولوجيا

الجزيئية، والتقانات الحيوية. ويرتبط علم البيئة أيضاً بالعديد من العلوم الأخرى، أهمها :علم الأحصاء، وذلك لتوزيع البيانات التي يحصل عليها الباحث البيئي توزيعاً إحصائياً، ويستخدم الحاسوب في تحليل النتائج وإعطاء أفضل الوسائل لعرضها وتوضيحها. وكذلك فهو يرتبط بعلم الكيمياء، والفيزياء، والجيولوجيا، والهندسة والزراعة بشتى فروعها.

النظام البيئي Ecosystem

الحيوان والنبات والإحياء المجهرية Microorgnsim هي المكون الأساس في كل نظام إحيائي طبيعي تتفاعل هذه المكونات وتتداخل فيما بينها بوجود العوامل غير الحية من مناخ وتربة والناتج من التفاعل هو الأصلح للبقاء . إن بقاء كل كائن من العناصر الثلاث يعتمد على مدى قابلية ذلك الكائن على التكيف والثباتية Adaptablity **تحت قاعدة البقاء** للأصلح وينتج عن ذلك تنوع إحيائي متوازن و مختلف باختلاف المتطلبات البيئية للكائنات الحية وذلك ما يدعى ecosystem .

والنظام البيئي هو الوحدة الرئيسية للبيئة و تشمل كلا من التركيب (Structure) والوظيفة (Functions) ، **ف**التركيب له علاقة بالتنوع الاحيائي ويكون اكثر تعقيدا كلما كثر تنوع الانواع الحية فيه . اما وظيفة النظام البيئي فلها **علاقة بس**ريان الطاقة ودورة المواد خلال المكونات لتركيبية للنظام البيئي.

تركيب النظام البيئي :- Structure of Ecosystem

يعطي تركيب النظام البيئي **وصفاً** للكائنات الحية والظروف المحيطة بها ، كتوزيع المغذيات في بيئة معينة او الظروف المناخية السائدة في المنطقة

تتضمن المكونات الاساسية للنظام البيئي:-

1- مكونات غير حية A biotic Compounds
2- مكونات حية Biotic Components

المكونات غير الحية A biotic Compounds

تظهر العلاقات البيئية بوضوح في محيط فيزياوي – كيمياوي ، فالمكونات الغير حية للنظام البيئي تتضمن عناصر اساسية غير عضوية ومركبات مثل التربة ، الماء ، الاوكسجين ، الكالسيوم ، الكاربونات ، الفوسفات ، ومركبات عضوية مختلفة (كنواتج ثانوية للفعاليات العضوية او نتيجة الموت) كذلك تتضمن عوامل طبيعية ومكونات على شكل رطوبة و رياح واشعاع شمسي .

المكونات الحية Biotic Components

تتضمن المكونات الحية جميع الكائنات الحية الموجودة في النظام البيئي ، من البكتريا احادية الخلية و طحالب والفطريات والنباتات الى اكبر حيوان لبون في النظام البيئي.

يمكن ان توضع المكونات الحية للنظام البيئي في مكونين اساسين هما :-

1- الكائنات الحية ذاتية التغذية Autotrophic Components

2- الكائنات الحية رمية التغذية Heterotrophic Components

ان الكائنات الحية ذاتية التغذية تتضمن كل النباتات الخضراء والتي تقوم بتثبيت الطاقة الشمسية وتصنع غذائها بنفسها من مواد غير عضوية . اما الكائنات الحية رمية التغذية فهي تتضمن النباتات الغير الخضراء وكل الحيوانات والتي تاخذ غذائها من الكائنات ذاتية التغذية (الكائنات التي تتغذى على النبات مباشرة او غير مباشرة).

كما يمكن ان توصف المكونات الحية تحت ثلاث اقسام رئيسية هي :-

1- المنتجات Producers :

وهي الكائنات ذاتية التغذية Autotrophic والتي تستطيع ان تصنع غذائها ذاتيا من مكونات غير عضوية وهي الماء وثاني اوكسيد الكاربون والضوء ، وتتمثل بشكل رئيسي بالنباتات الخضراء.

2- المستهلكات Consumers :

وهي الكائنات التي تستهلك الغذاء الذي تنتجه المنتجات (غير ذاتية التغذية Heterotrophic) وهي تتضمن مستهلكات اولية تتغذى مباشرة على الاعشاب (اكلة الاعشاب Herbivores) مثل الابقار والاغنام ، ومستهلكات ثانوية تتغذى على الاعشاب واللحوم Carnivores مثل الانسان والقوارض ومستهلكات ثالثيه وهي التي تتغذى على اللحوم فقط مثل الاسود والذئاب ، والمتطفلات Parasites وهي الكائنات التي تستفيد من الانسجة الحية للكائنات الاخرى.

2- المحللات او المختزلات والمحولات Transformers or Reducer or Decomposers .

وهي الكائنات الحية التي تحلل البقايا الميته للمنتجات والمستهلكات محللة اياها من مواد عضوية معقدة الى مركبات بسيطة مثل بعض انواع البكتريا او الفطريات ، وهذه المركبات البسيطة يتم استثمارها من قبل انواع اخرى الكائنات او النباتات ، المحولات تعتبر ذات اهمية كبيرة في استدامة النظام البيئي ، اذ تعمل على اعادة تدوير المركبات العضوية الى مركبات غير عضوية تكون مناسبة وجاهزة لكي تستفاد منها المنتجات او النباتات الخضراء

وظيفة النظام البيئي :- Function of Ecosystem

تتضمن وضيفتين اساسية للنظام البيئي:

الاولى : استثمار الطاقة والمتمثلة بالطاقة الضوئية في تحويل المركبات غير العضوية للمناخ (الهواء ، الماء والاملاح المعدنية) الى صورة عضوية تدخل سلسلة الغذاء للكائنات الحية المستهلكة

والثانية : تحليل المركبات العضوية وتكسر الجزيئات المعقدة لتطلق مركبات غير عضوية الى محيطها وتدوير العناصر الغذائية بواسطة الكائنات الحية الرمية Saprophyte

انواع النظم البيئية The type of ecosystem

1- الانظمة البيئية الطبيعية Natural ecosystem : وهي الانظمة التي تتكون طبيعيا حسب توفر المكونات الاساسية للنظام البيئي وتترتب طبيعيا دون تدخل الانسان فيها مثل الغابات الطبيعية او البحيرات او الانهار .

2- الانظمة البيئية الصناعية او المشيدة Artificial ecosystem

وتتكون من البنية الأساسية المادية التي شيدها الإنسان ومن النظم الاجتماعية والمؤسسات التي أقامها، ومن ثم يمكن النظر إلى البيئة المشيدة من خلال الطريقة التي نظمت بها المجتمعات حياتها، والتي غيرت البيئة الطبيعية لخدمة الحاجات البشرية، وتشمل البيئة المشيدة استعمالات الأراضي للزراعة والمناطق السكنية والتنقيب فيها عن الثروات الطبيعية وكذلك المناطق الصناعية والمراكز التجارية والمدارس والمعاهد والطرق...الخ. يعد النظام الزراعي Agroecosystem واحد من انواع الانظمة الصناعية والتي تشمل كل الانشطة الزراعية المتبعة في ادارة وتنظيم عملية الزراعة وانتاج المحاصيل الزراعية . ان قيام الإنسان بتحويل الغابات الطبيعية إلى أراض زراعية واستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية والاليات المختلفة في سبيل زيادة الانتاج قد تكون واحدة من انشطة النظم الزراعية غير المتوازنة والتي سبب تخلخل في الكثير من الانظمة الزراعية وانهيارها بسبب ارتفاع مستويات الملوحة او انتشار الامراض او الحشرات او الجفاف ، الا ان تلك الاثار السلبية قد ادركت لاحقا مما حدا بالمؤسسات الانتاجية والبحثية لإعادة النظر في توازن تلك الانظمة وتقليل اثارها المدمرة على مستقبل الزراعة والانتاج ، ومن هنا برز مفهوم جديد في المجال الزراعية وهو الزراعة المستدامة Sustainable agriculture والذي يمثل الزراعة مع المحافظة على وسائل الانتاج الاساسية (الماء والهواء والتربة) وباقل اثر سلبي على للبيئة .

العوامل البيئية وتقسيماتها

وغالبًا ما تنسق وتقسم العوامل البيئية ذات التأثير الفعال على توزيع المجتمعات والأنواع النباتية في أربع مجموعات هي :

1- العوامل الجوية أو المناخية – Climatic Factors

وتشمل الصفات العامة لمناخ المنطقة من حيث الضوء ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية **والتبخر** والمطر وشدة الرياح. كما تشمل **إلى** جانب ذلك المناخ الموضعي، والمناخ المحدود لمساحات صغيرة داخل المناطق المناخية العامة.

2- العوامل الموقعية –Physiographic Factors

وهي العوامل التي تحددها طبيعة التكوينات الجيولوجية والصفات الطبوغرافية، كالا**رتفاع والانحدار**، والتعرض والتعرية، وذرو الرياح للرمال، إلي غير ذلك.

3- **عوامل التربة** –Edaphic Factors

وهي العوامل المرتبطة بحالة التربة من حيث صفاتها الطبيعية والكيميائية، ومحتواها المائي وتهويتها وغير ذلك.

4- العوامل الأحيائية –Biotic Factors

وتمثل ما هو موجود من الكائنات الحية **المختلفة** ، **تبدا** من الفايروس والبكتريا الى الحيوان **و النبات.**

لا يمكن فصل هذه الأنواع الأربعة من العوامل فصلاً تاماً، لأن بينها ارتباطاً وتداخلاً كبيراً، فالعوامل الجوية والعوامل الموقعية مثلاً تؤثر **على** بعضها **البعض، كما تؤثر على** عوامل التربة والعوامل الأحيائية، وللعوامل الجوية تأثير سائد علي جميع العوامل الأخرى. وتحدد عوامل الارتفاع والانحدار والتعرض مجتمعة ما يسمي بالمناخ الموضعي – Local Climate وهو يؤثر **على** درجة الحرارة وكمية المطر، والرطوبة الجوية، كما يحدد درجة تعرض الأجزاء المختلفة من الكساء الخضري للإشعاع الشمسي، ويحدد تبعاً لذلك شكل الكساء وتركيبه.

الغلاف الجوي Atmosphere

هو غلاف غازي سميك يحيط بالكرة الأرضية ويشاركها في دورانها الدائم ، وتظهر في طبقته السفلى جميع الظواهر والتقلبات المناخية التي لها علاقة مباشرة بالحياة على سطح الكرة الأرضية .

ويتكون الغلاف الجوي من عدة أغلفة متحدة تتميز عن بعضها البعض بنظامها الحراري ومكوناتها .

١) التربوسفير Tropospere

- وهو الطبقة السفلى من الغلاف الجوي ويصل ارتفاعها إلى 10 – 15 كيلومترًا فوق سطح الأرض . ويبلغ متوسط ارتفاع التربوسفير فوق القطبين حوالي تسعة كيلو مترات ، أما فوق عروض المناطق المعتدلة فيتراوح بين ١٠ و ١٢ كيلو مترًا ويصل إلى١٥ -١٧ كيلو مترًا فوق خط الاستواء . تحتوي هذه الطبقة أهم الغازات اللازمة للحياة، مثل الأوكسجين (بنسبة حوالي 21 %) والنتروجين (بنسبة 78 % تقريباً) وثاني أوكسيد الكاربون، وهي المكونات الأساسية لخليط الهواء، وفيها تحدث معظم الظواهر والتغيرات الجوية المعروفة من ضباب، وسحب، وأمطار، ورياح، ومطبات هوائية، وعواصف، وذلك نتيجة لدورة بخار الماء، التي تعتبر مقصورة على هذه الطبقة وحدها؟ كما ان درجة الحرارة في هذه الطبقة تتناقص بمعدل درجة مئوية واحدة كلما ارتفعنا حوالي 160 متراً للأعلى

2- طبقة الستراتوسفير Stratosphere:

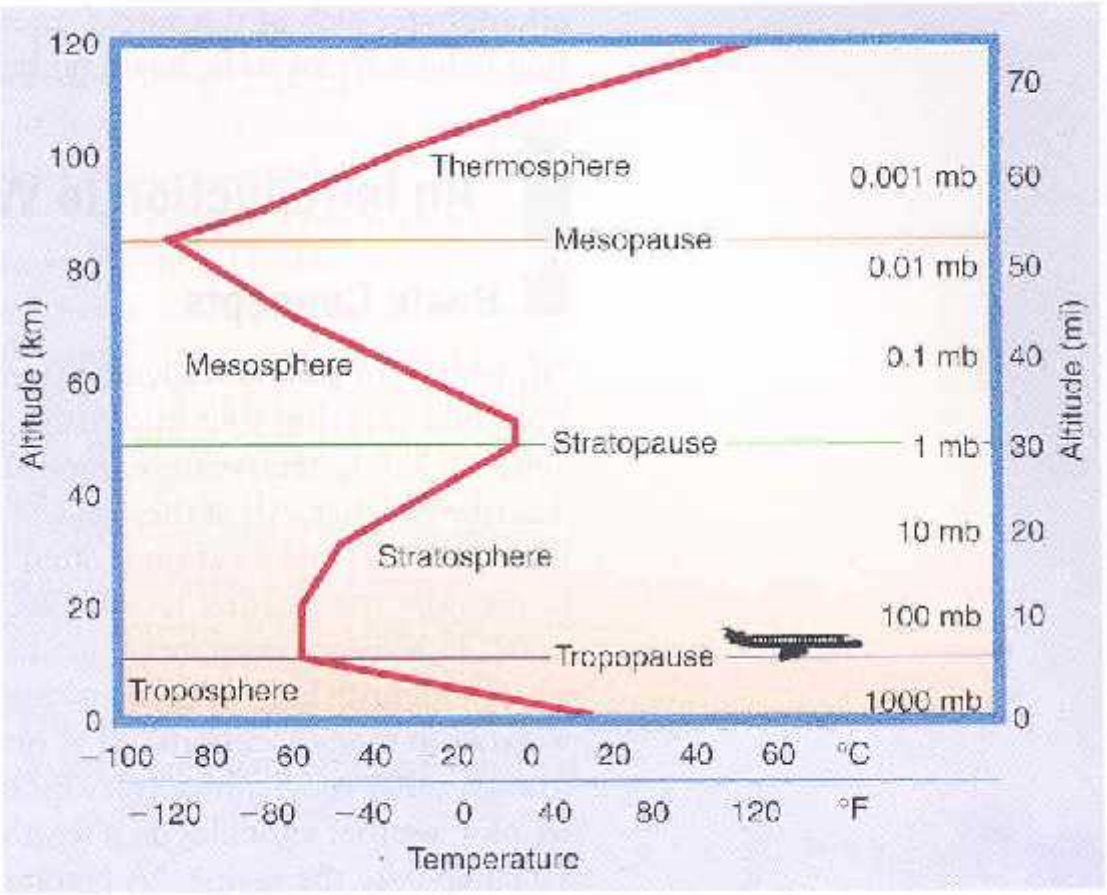
ويبلغ سمكها في المتوسط حوالي 50 كم وتمتد من 11-60 كم إرتفاعاً عن سطح البحر، وتمتاز بعدم حركة الهواء وقلة بخار الماء. وهي الطبقة التي يتجمع ويتولد فيها غاز الأوزون، وتسمى أحياناً بطبقة الأوزون Ozonesphere .ويبدو ان سبب إرتفاع درجة الحرارة في هذه الطبقة هو إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية لتشكيل الأوزون.

٣ - الميزوسفير Mesosphere

ويبلغ سمكها في المتوسط حوالي 30 **كم، وتمتد من** 60-90 كم إرتفاعاً عن سطح البحر، وهي طبقة ذات وظيفة وقائية، إذ تحترق فيها وتتحول الى رماد كل الشهب والنيازك التي تضل طريقها وتقع في مصيدة الجاذبية الأرضية.

٤- الأيونوسفير Ionosphere (الثيرموسفير Thermosphere)

وهي طبقة سميكة جداً يزيد سمكها عن 80 **كم وتمتد من** 90-170 كم تقريباً **ارتفاعا عن سطح البحر** .الغازات هنا متأينة (على شكل ذرات مشحونة كهربائياً) بسبب تصادم جزيئات الغازات مع أشعة شمسية وكونية عالية الطاقة



فتتأين. وهذا هو سبب **ارتفاع** درجة الحرارة في هذه الطبقة. ويذكر ان هذه الطبقة تؤثر على الموجات اللاسلكية فتعكسها الى الأرض، وبفضل ذلك يتم إنتقال الموجات الإذاعية القصيرة من مكان لآخر على سطح الأرض.

٥- الاكزوسفير Exosphere

وتشكل هذه الطبقة الغلاف الغازي الخارجي وفيها تكون حركة جزيئات الغازات سريعة جدًا .

وظائف الغلاف الجوي :

1- المحافظة على ثبات درجة الحرارة

2- حماية الكائنات الحية من الإشعاعات الشمسية و خاصة فوق البنفسجية.

3- وسط لانتقال الموجات الصوتية

الضوء Light

تأتي أهمية الضوء من كونه المصدر الأساسي للطاقة ، فهو يعمل على بناء الكلوروفيل وغيره من الصبغات ويعمل على بناء الهرمونات ويؤثر في فتح وإغلاق الثغور وفي نمو النباتات وتشكل الأنسجة وتوزيع النباتات على سطح الكرة الأرضية.

الاشعاع الشمسي Solar Radiation ومكوناته

يعد الاشعاع الشمسي المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي أذ يساهم بأكثر من97 - 99 % من الطاقة المستغلة بالغلاف الجوي وعلى سطح الارض أما المصادر الباقية للطاقة والمتمثلة بطاقة باطن الارض وطاقة النجوم والمد والجزر فأنها لا تسهم الا بقسط ضئيل جدا لا يزيد عن 03% ، والطاقة الشمسية هي المسؤلة عن جميع العمليات التي تحدث في الغلاف الجوي كالاضطرابات الجوية والسحب والامطار والرياح والبرق والرعد وغيرها وكما انها السبب الرئيسي في الحركة المستمرة للغلاف الجوي وتقلب الطقس وتغيره ، وكما أن الاختلافات الرئيسية القائمة بين مكان واخر هي في وفرة الطاقة الشمسية ، والاشعاع الشمسي عبارة عن مجموعة من الاشعاعات الاثيرية مصدرها الشمس . الشمس كتلة غازية ملتهبة حجمها اكبر بقدر مليون مرة حجم الارض وتقدر درجة حرارة سطحها بنحو 6000م^0 بينما تبلغ حرارة مركزها اكثر من 20 مليون م^0 ، وقد ميز العلماء ثلاث مكونات للإشعاع الشمسي .

أ- الاشعة الحرارية (تحت الحمراء): وهي اشعة غير مرئية للطيف الكهرومغناطيسي وتنتمي الى مجموعة الاشعة ذات الموجات الطويلة وتقدر نسبتها حوالي 49% من مجمل الاشعاع الشمسي ويسهم الجزء الاكبر من هذه الاشعة في رفع درجة حرارة سطح الارض والغلاف الجوي وهي بذلك ذات اثر كبير في الدراسات المناخية .

ب- الاشعة الضوئية وهي اشعة مرئية تقدر نسبتها حوالي 43% من جملة الاشعاع الشمسي ويمكن ان نميز فيها الاشعة الزرقاء والحمراء والخضراء وتستخدم هذه الاشعة من قبل النباتات في عملية التركيب الضوئي .

ج- الاشعة فوق البنفسجية وتشكل حوالي 7% من جملة الاشعاع الشمسي وهي اشعة قصيرة الموجة ومفيدة للإنسان عندما تصله بكميات قليلية اذ تساعد على علاج بعض الامراض وخاصة الكساح وذلك لقدرتها على تكوين فيتامين (d)ولكن لهذه الاشعة اضرار بالغة على الانسان وجميع الكائنات الحية عندما تصل بكميات عالية ولها تأثير على المناخ ومن حسن الحظ لا يصل منها الى الارض الا نسبة قليلة جدا وذلك لامتصاصها من قبل غاز الازون الذي يوجد على ارتفاع 35كم ، اما ما تبقى من الاشعاع الشمسي ويقدر 1% فتكون بشكل موجات سينية وامواج كاما وراديوية .

يتعرض لإشعاع الشمسي اثناء عبوره الغلاف الجوي الى عدة عمليات من قبل بعض مكونات الغلاف الجوي ومن اهم تلك العمليات هي

أ-الامتصاص حيث يمتص بعض الاشعاع الشمسي في طبقات الجو العليا من قبل الاوكسجين الذري الذي يمتص جانبا من الاشعة فوق البنفسجية وكذلك الازون الذي يمتص بغزارة جانبا من الاشعة فوق البنفسجية ، اما طبقات الهواء السطحية حيث يقل ورود الطاقة فوق البنفسجية نسبيا بسبب امتصاص اغلبها في طبقات الجو العليا . اما في الطبقات السفلى فلا يلعب الاوكسجين الذري أو الازون دورا في عمليات الامتصاص وانما يقوم بهذا الدور بخار الماء الذي يكثر تواجده في هذه الطبقات وكذلك تقوم بعض غازات الجو والمواد الغريبة العالقة في الجو(الغبار) بالامتصاص .

ب-أنتشار الاشعة ويترتب على انكسار الاشعة اثناء مرورها في الغلاف الجوي انتشارها في جميع الاتجاهات والذي يقوم بعملية الانتشار والتبعثر جزيئات الهواء وبخار الماء وذرات الغبار وغيرها من الشوائب العالقة في الغلاف الجوي .

ج- انعكاس الاشعة عندما ينتقل شعاع من وسط لأخر يختلف عنه في معامل الانعكاس يصاب هذا الاشعاع بالانحراف عن اتجاهه المستقيم ، وتلعب السحب وقطرات الماء العالقة في الجو وغيرها من الشوائب دورا كبيرا في عكس جزء من الاشعاع الشمسي ، الا ان السحب هي العامل الرئيسي الذي يعكس الجزء الاكبر .

العوامل المؤثرة في توزيع الاشعاع الشمسي

هناك عوامل متعددة تؤثر في قوة الاشعاع الشمسي من فترة لأخرى وهي

أ- زاوية سقوط الاشعة الشمسية على الارض : توثر زواية سقوط الاشعة الشمسية على الارض في مقدار الاشعة المستلمة من قبل سطح الارض وذلك لان الاشعة العمودية او شبة العمودية الواصلة للأرض تكون قوية واشد تركيزا ولكونها تقطع مسافة اقصر من الاشعة المائلة لذلك هي اقل عرضة للضياع بفعل الامتصاص والانعكاس والانتشار التي تحدث في الغلاف الجوي ، كما ان حزم الاشعة العمودية تتوزع على مساحة قليلة اما الاشعة المائلة فانها تتوزع على مساحة اكبر فتصبح اضعف واقل تركيزا من الاشعة العمودية.

ب-اختلاف طول النهار : يلعب اختلاف طول النهار عند دوائر العرض المختلفة دورا كبيرا وحاسما في اختلاف كمية الاشعاع الشمسي التي تصل الى سطح الارض عند تلك العروض ففي المناطق المدارية لا يختلف طول النار والليل كثير ومعدله 12ساعة طول السنة تقريبا ، اما المناطق المعتدلة والباردة فأن النهار يزداد طولا في الصيف ويقصر في الشتاء ويزداد الفرق بين الليل والنهار كلما زادت دائرة العرض ويعوض طول ضعف اشعة لشمس النهار مما يجعل درجات الحرارة في فصل الصيف مماثلة في المناطق المدارية وعلى العكس في فصل الشتاء حيث تصل كميات قليلة من الاشعاع الشمسي الى هذه العروض .

ج- شفافية الغلاف الغازي : حيث يلعب الغبار والرماد والسحب وبخار الماء دورا كبيرا في عملية امتصاص الاشعة و تشتتها وانعكاسها ، كما تعمل هذه الشوائب في حفظ الاشعاع الارضي في الجو وعلى ذلك فان المنطق التي تكثر فيها السحب والهواء الملوث بالأتربة تستلم كمية قليلة من الاشعاع الشمسي مقارنة بالمناطق ذات الجو الشفاف .

د-اختلاف التضاريس : تلعب التضاريس دورا كبيرا في تباين كمية الاشعاع الشمسي الواصل من منطقة لأخرى فاتجاه السفوح الجبلية وانحدارها يؤثر في كمية الاشعاع الشمسي الذي يصل الى تلك السفوح وخاصة في المناطق الباردة والمعتدلة حيث تصلها اشعة الشمس بشكل مائل اما في لمناطق المدارية يكون هذا العامل محدودا حيث تصل اليها اشعة الشمس بشكل عمودي او شبة عمودي طول السنة .

ه-الالبيدو Albedo : وهو نسبة ما يعكسه سطح الارض الى الفضاء مباشرة من الاشعاع الشمسي الصافي الواصل اليه ، وتختلف نسبة الالبيدو من مكان لأخر تبعا لموقع المنطقة من دوائر العرض واختلاف طبيعة السطح من حيث اللون والتركيب ووجود النبات ونوعها أو عدم وجودها وتغطية المنطقة بالثلوج وطول فترة بقائها .

الاشعاع الأرضى : The Earth's Radiation

قبل أن يصل الاشعاع الشمسى إلى الأرض يكون قد فقد نصيباً كبيراً منه فى الغلاف الغازى البعيد وكذلك فى الغلاف القريب من سطح الأرض ـ كما سبق ذكره ـ بواسطة الامتصاص من ناحية والانعكاس من ناحية أخرى ، فالمعروف أن سطح الأرض يمتص قدراً من أشعة الشمس التى تسقط عليه بينما يرد الباقى إلى الفضاء بتأثير الألبيدو الأرضى ، ويقوم سطح الأرض بتحويل الأشعة الشمسية التى امتصها إلى طاقة حرارية تنطلق إلى الغلاف الجوى فى شكل موجات طولية ، وبالتالى يستمد الغلاف الجوى حرارته من هذه الموجات الطويلة الصادرة من سطح الأرض فى الوقت الذى لم يستطع الهواء امتصاص الموجات القصيرة المكونة لأشعة الشمس عند اختراقها له ، ولذلك يمكن القول بأن الهواء يستمد حرارته من الاشعاع الأرضى بالدرجة الاساس.

تاثير الضوء في نمو النبات

تعتبر الشمس المصدر الرئيسي للطاقة إلى الأرض ويخترق الإشعاع الشمسي الكون الخارجي في شكل موجات كهرومغناطيسية وتقوم طبقة الأوزون المغلفة للكرة الأرضية بامتصاص الإشعاعات الضارة للنبات والإنسان وتمتص السحب جزءاً من الإشعاعات ليصل الباقي إلى النبات الذي يستفيد بحوالي 1 – 2 % فقط من الطاقة الشمسية للقيام بعملياته الحيوية التي تحتاج إلى ضوء (ومن مجموع الطاقة الشمسية الممتصة ما بين 75 – 80 % يستعمل لتبخير الماء و 5 – 10 %طاقة تخزن في التربة).

والضوء الذي يمتصه النبات هو الضوء المظور (المرئي) وهو جزء من الإشعاع الشمسي الذي تدركه الأبصار وتحول النباتات هذه الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في عملية التمثيل الضوئي ويمتص كلوروفيل النبات (أ و ب) الألوان – الزرقاء (بواسطة كلوروفيل ب) والحمراء (بواسطة كلوروفيل أ) وتعكس باقي الألوان ولا يستفيد النبات إلا بجزء ضئيل من هذه الألوان. والضوء له تأثيرات عديدة على النبات توجزها فيما يلي :

1- تكوين المادة الخضراء وإكتمال تكوين البلاستيدات الخضراء.

2- يدخل في عملية التمثيل الضوئي كمصدر للطاقة.

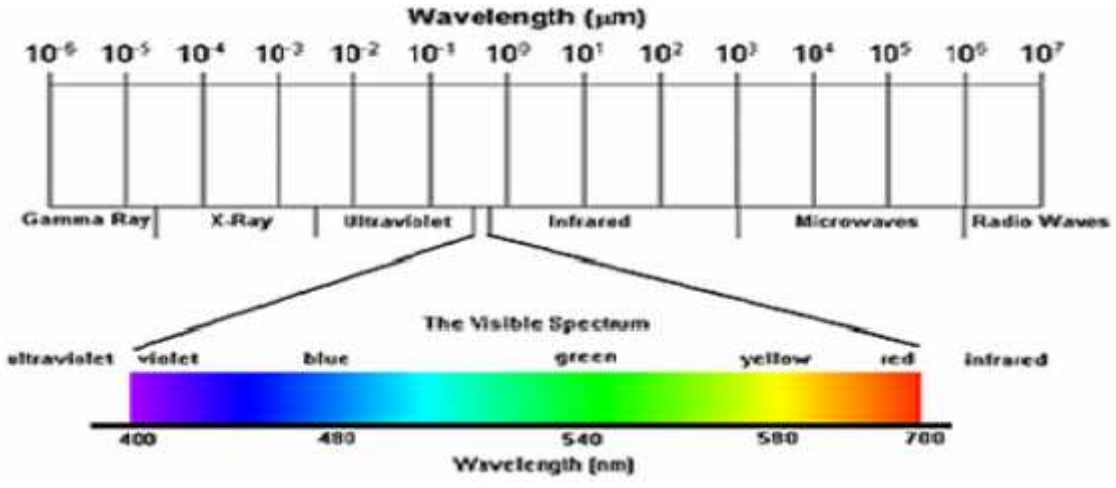
3- يتزايد نمو النباتات نتيجة للضوء الأزرق والأحمر.
4- تؤثر الموجات الضوئية في توزيع الأوكسينات وبالتالي يؤثر ذلك في عملية النمو والانتحاءات وتكوين هرمونات الأزهار.
5- يؤثر الضوء في فتح وغلق الثغور (عملية النتح).
6- يتأثر التركيب التشريحي للنبات باختلاف شدة الضوء. فالنباتات المحبة للشمس تتميز بوجود طبقات من النسيج العمادي وأديم أكثر سماكة (Epiderm) مع تواجد شعيرات أو زغب على **السطح الخارجي عن النباتات المحبة للظل**.

ويختلف تأثير الضوء من حيث النوع Quality ، الكمية Quantity **وشدة الإضاءة** Light Intensity **ومدة الإضاءة** Duration.

أ- <u>نوع الضوء</u> :

يختلف تأثير الضوء من حيث نوعية الضوء بالإضافة إلى مكوناته من الألوان المختلفة ويختلف النوع من حيث الموسم والموقع الجغرافي فيؤثر كل من الموسم والموقع على زاوية سقوط الضوء على سطح الأرض فزاوية السقوط تكون عمودية على خط الاستواء وتكون بزاوية أكبر كلما اتجهنا شمالاً (القطب الشمالي مثلاً).

أما نوعية الضوء فلقد ذكرنا أن الإشعاعات القصيرة تمتص بطبقة الأوزون والإشعاعات الطويلة تمتص من خلال السحب وبخار الماء. كما تؤثر الأتربة والدخان على باقي الموجات الضوئية كذلك ذكرنا أن الضوء ذو اللون **الأزرق أو الأحمر** أهم الألوان التي تمتصها البلاستيدات الخضراء في حين تعكس الألوان الأخرى ويلاحظ أن ألوان الضوء تؤثر على الأكسينات فاللون **الأحمر** <u>يزيد من إنبات بعض البذور مثل بذور الخس</u>. **كذلك نجد أن الأشعة فوق البنفسجية والزرقاء** <u>تساعد في تكوين اللون الأحمر في ثمار التفاح</u> **أما بالنسبة للنمو فالأشعة فوق البنفسجية** <u>تعتبر ضارة وتؤدي إلى تقزم النباتات</u> ولها تأثير على النباتات النامية على قمم الجبال في حين أن الأشعة **الحمراء** <u>تسرع من إنبات بعض البذور</u> بينما الإشعاع **الأحمر البعيد** <u>له تأثير سلبي على إنبات البذور</u>. **(تعرف على ألوان الطيف(الضوء المنظور) بالترتيب مع طول موجة كل منها).**

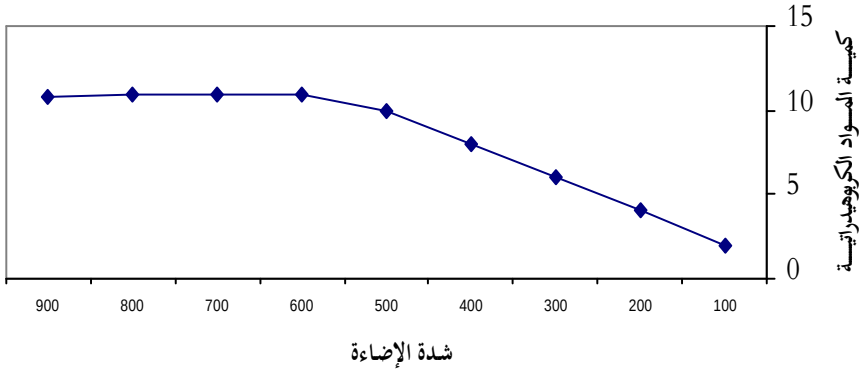


ب- شدة الإضاءة :

وهي كمية الضوء الساقط على مساحة معينة خلال فترة زمنية معينة وتقاس بوحدات مختلفة أقدمها **شمعة ضوئية** وهي تعادل كمية الضوء الساقط على السطح من شمعة قياسية على بعد 1 قدم. وهناك وحدات أخرى أحدث مثل : **اللاكس Lux =** كمية الضوء المنظور الساقط على مساحة 1م2 ويبعد 1م عن مصدر الضوء ، وهي تساوي (0.093 من شمعة 1 قدم) ويحتاج الإنسان للقراءة إلى حوالي 20 شمعة. **وتختلف شدة الضوء باختلاف الموقع و** علاقته بخطوط العرض على سطح الكرة الأرضية. فزاوية سقوط الاشعاع الشمسي رأسية على خط الأستوى و تميل كل ما أبتعدنا شمالاً أو جنوباً وبالتالي يتوزع **الشعاع على مساحة أكبر من سطح الارض . كذلك توثر سماكة الغلاف** الجوي على إمتصاص و تشتت الاشعة الضوئية، حيث تقل سماكة الغلاف فوق خط الإستوى وتزداد عند القطبين. لذا تكون مسافة الكتلة الهوائية التي تخترقها الأشعة عند القطبين أطول بكثير من المسافة التي تقطعاها الأشعة **فوق** المنطقة الاستوائية (45 مرة) مما يزيد الفقد.

وتحتاج النباتات بحدود 100 – 200 **شمعة لكي تبدأ بالنمو** ولهذا تزداد كمية المواد الكربوهيدراتية المتكونة في النباتات بزيادة شدة الضوء حتى تصل إلى حد أقصى. وتتراوح شدة الضوء ما بين 8.000 – 10.000 **شمعة قدم في** فصل الصيف.

ويعرف هذا الحد الأقصى ***بنقطة تشبع الضوء* Light Saturation** وهي كمية الضوء التي لا يحدث بعدها أي زيادة في كمية المواد الكربوهيدراتية ، وتختلف نقطة التشبع الضوئي من محصول إلى آخر وتتراوح ما بين 5.000 – 10.000 **شمعة قدم.**



وعلى هذا يمكن تقسيم النباتات من حيث إستجابتها إلى شدة الضوء إلى :

أ- ***نباتات محبة للضوء*** : وتحتاج على الأقل إلى 3.000 وحدة شمعية ضوئية ومعظم المحاصيل الإقتصادية تنتمي إلى هذه المجموعة.

ب- ***نباتات محبة للظل*** : وتحتاج إلى كمية ضوء أقل ومن أمثلتها نباتات الزينة.

وإذا قلت شدة الإضاءة عن 100 – 200 شمعة يؤدي هذا إلى تقليل التمثيل الضوئي بحيث تقل نواتج التمثيل الضوئي عن المستهلك بواسطة التنفس ويصبح النبات شاحباً Elilated فيستطيل النبات ويقل سمك الساق ويتحول لونه إلى اللون الأبيض والشكل المغزلي.

كذلك تؤثر شدة الإضاءة على الإنتحاء الضوئي Phototropism فتحلل الأوكسينات المسببة للنمو وتتحرك نحو الجزء المظلم وبالتالي تؤدي إلى إستطالة الخلايا البعيدة عن الضوء مما يؤدي إلى إنتحاء النبات نحو الضوء. ويزيد الضوء من نسبة الإنبات في بعض المحاصيل مثل الخس Lactuca sativy وحشيشة Poa وكذلك يتأثر إنبات نبات الجزر في حين تزداد نسبة الإنبات في الظلام لنبات Liliaceae (الأبصل).

ج- مدة الإضاءة :

المقصود بها عدد ساعات الإضاءة في اليوم وتختلف من موقع إلى آخر ومن موسم إلى آخر.

فعند خط الاستواء فإن عدد ساعات النهار 12ساعةطول العلم أما عند خط عرض 25 ° مثلاً تتراوح عدد ساعات النهار من 10.5 ساعة شتاءاً إلى 13.75 ساعة صيفاً وعند خط عرض 45° تتراوح ما بين 8 ساعات شتاءاً إلى 16 ساعة صيفاً عند القطب الشمالي تتراوح ما بين صفر شتاءاً إلى 24 ساعة صيفاً.. ويطلق على ظاهرة اختلاف استجابة النباتات للطول النسبي لكل من الليل والنهار بظاهرة **التأقت الضوئي** Photoperiodism. ويؤثر إختلاف طول الفترة الضوئية بالنهار في النباتات عن طريق التأثير في العمليات الحيوية مثل نشوء البراعم و كمونها و النشوء الزهري. وتنقسم النباتات من حيث إستجابتها لمدة الإضاءة إلى تأثيرها على نشوء الأزهار ويمكن تقسيمها إلى نوعين :

1- **نباتات محايدة Neutral**: وهذه لا تتأثر بعدد ساعات النهار مثل : القطن – اللوبيا – القرعيات – دوار الشمس – الباميا – الذرة الصفراء .

2- **نباتات النهار الطويل** : وهذه تحتاج لنشوء الأزهار إلى عدد ساعات إضاءة تزيد عن حد معين (أكثر من 13 ساعة) حتى تبدا عملية التزهير مثل: القمح الشتوي ، الشعير ، الراي ، البرسيم الأحمر، الكتان ،البطاطس.

3- **نباتات النهار القصير** : وهذه تحتاج إلى ساعات إضاءة أقل من حد معين (أقل من 12ساعة) حتى تبدأ بالتزهير ويجب أن تتناقص ساعات النهار باستمرار مثل: الأرز ، الذرة الشامية ، فول الصويا.

فإذا نقلنا نبات نهار قصر من المنطقة الإستوائية إلى المنطقة المعتدلة يؤدي هذا إلى عدم إزهار النباتات وتستمر في النمو الخضري. والعكس عند زراعة محاصيل النهار الطويل في موسم نهار قصير يؤدي هذا إلى تقصير فترة النمو الخضري. وتختلف الأصناف المختلفة لمحصول ما في إستجابتها لساعات الإضاءة. قد نجح مربي النباتات إلى إنتخاب أصناف لا تتأثر بطول النهار. كذلك تؤثر الفترة الضوئية في تكوين الدرنات في البطاطس وتكوين السوق الجارية في الشليك وتكوين الأشطاء في النجيليات.

الضوء وعملية التمثيل الضوئي:

سبق أن أوضحنا أن الضوء لازم في عملية التمثيل الضوئي. ومن نواتج عملية التمثيل الضوئي **الجلوكوز** الذي يتحول إلى مركبات أخرى. ويستهلك جزء من الغذاء المتكون في عملية التنفس Respiration

والفرق بين عملية التمثيل الضوئي - التنفس = يعرف **بالمسم صافي عملية الأيض**

Net Assimilation Rate = Photosynthesis – Respiration

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{الضوء}} \text{Glucose} + O_2$$

وبالتالي فإنه يمكن زيادة معدل عملية الأيض (البناء) بتقليل التنفس. والتنفس لازم لإنطلاق الطاقة التي يستعملها النبات في عملياته الحيوية. وكان هناك إعتقاد أن عملية التنفس تتم أثناء الليل فقط ، ولكن وجد أخيراً أن هناك نوعين **من التنفس** :

1- **التنفس الضوئي** Dark respiration 2- **التنفس الظلامي** Phto respiration

وعموماً وجد أن النباتات تنقسم إلى ثلاثة أنواع من حيث مسار دورة البناء الضوئي.

أ- نباتات ثلاثية الكربون C_3 : في هذا النوع من النباتات نجد أن أحد النواتج الوسطية في تكوين سكر الجلوكوز في عملية التمثيل الضوئي هو حمض ثلاثي ذرات الكربون (حمض فوسفوجلسرات) Phosphoglyceric acid ، وهي اقل كفائة في استثمال الطاقة الضوئية من نباتات C4 **مثل نباتات القمح** – الشعير– **الأرز**–فول صوليا – البرسيم – **البنجر**– **البطاطس** ...

ب- نباتات رباعية الكربون C_4 : والنباتات في هذا النوع تنتج أحماض وسطية رباعية الكربون **مثل حمض** الماليك والأسبارتك (Malic, Aspartic) وهذه ذات كفاءة عالية في استغلال الضوء مثل الذرة الشامية و الذرة الصفراء والبيضاء **وقصب السكر**.

ج- **النباتات العصارية CAM**: وهي نباتات تشابه في مسار CO_2 **لنباتات** C_4 **ولكن تختلف في وقت دخول** CO_2 للقيام بعملية البناء الضوئي، فيكون الدخول في الليل وتتم عملية البناء في النهار مثل الصبار والتين الشوكي و **الأناناس**.

ومقارنة كفاءة التمثيل الضوئي للإستهلاك المائي للنوعين C_3 **و** C_4 نجد أن كفاءة النوع رباعي الكربون يفوق نباتات ثلاثي الكربون والذي اعطاها قابلية اكبر في تحمل الجفاف ، وفيما يلي ملخص للفرق بين النوعين السابقين:

	نباتات C_3	نباتات C_4
انتشار البلاستيدات الخضراء	في طبقة الميزوفيل في الورقة	**في**طبقة **الميزوفيل في الورقة وفي الحزم** الوعائية في غمد الورقة
نوعية البلاستيدات	يتواجد أنزيم (Rubp) Ribulose diphosphate carboxylase	أنزيم فسفوبيروفيت Phosphenol-pyruvate carboxylase

المدى الحراري	15 – 25م^5	30 – 47م^5
درجة الحرارة المثلى للنمو	20 – 25م^5	30 – 35م^5
التشبع الضوئي	3000شمعة قدم	6000شمعة قدم
معدل التنفس الضوئي	يحدث بمعدل واضح 50 %	ضئيل وغير ملموس
الكفاءة التمثيلية عند ارتفاع درجة الحرارة	منخفضة	مرتفعة
نسبة النتح/الكربون الممثل	مرتفعة	منخفضة

كفاءة استعمال الماء بالنسبة لنباتات C_3 و C_4 – جم مادة جافة لكل 1000 جم من الماء (جم)

النبات	جم C_4	النبات	جم C_3
الرغل Atriplex (ذوات الفلقتين)	3.44	عرف الديك	1.59
الذرة الشامية (ذوات الفلقة الواحدة)	3.14	الدخن	1.49

كذلك الفقد في المادة الجافة نتيجة التنفس الضوئي في نباتات (C_3) بمقدار 40 % في حين أنه في نباتات (C_4) لا يتعدى 3 %. وعند إرتفاع درجة الحرارة في نباتات C_3 يؤدي ذلك إلى زيادة في معدل التنفس الضوئي بسرعة أكثر من التمثيل الضوئي وبالتالي تؤدي إلى نقص في معدل الأيض الغذائي (NAR).

ونتيجة لأهمية محاصيل C_4 فلقد أوضح بعض الباحثين إذا تم تحويل دورة التمثيل الضوئي من C_3 ← C_4 لبعض النباتات مثل القمح وفول الصويا فإنه من الممكن زيادة محصولها بمقدار 50 %. ولقد أوضح مقارنة محصول الذرة وبعض المحاصيل الأخرى لمتوسط أربع سنوات في كندا.

المحصول	كجم/هكتار
الذرة الشامية	5522
القمح الشتوي	3230
القمح الربيعي	1735
الشعير الربيعي	2685
فول الصويا	2108

كيفية تعديل شدة الإضاءة

في حالة زيادة شدة الضوء عن الحد اللازم يمكن تعديل شدة الإضاءة.

تعديل الإضاءة :

أ- إختيار المحصول المناسب (محاصيل المناطق الاستوائية تحتاج إلى شدة ضوء أعلى من محاصيل المناطق المعتدلة).

ب- تعديل كثافة النباتات. ج- تقليم أو خف النباتات.

د- تحميل المحاصيل. هـ- إستعمال الشباك والتظليل.

و- إنتاج أصناف من المحاصيل تتحمل شدة الإضاءة.

ويمكن تعديل شدة الإضاءة بزراعة المحاصيل في البيوت المحمية.والإعتماد على الإضاءة الصناعية جزئياً أو كلياً.

الإضاءة الإضافية : Supplemental Illumination

في البيوت المحمية يعتبر الإعتماد على الإضاءة الصناعية عملية غير إقتصادية ولكن تستعمل في حالة المحاصيل ذات العائد المرتفع كما في نباتات الخضر – والزينة المزروعة في غير موسمها الطبيعي.

ومصادر الإضاءة هي :

أ- المصابيح الكهربائية العادية ويطلق عليها Tungestens lamps

وهذه المصابيح غنية بالضوء الأحمر والأشعة دون الحمراء Infrared وهي فقير في الضوء الأزرق ولا ينصح بوضعها قريبة من النباتات حتى لا تؤدي إلى زيادة درجة الحرارة.

ب- مصابيح الفلورسنت Fluorescent

وتتميز بوفرة اللون البنفسجي وقلة الأشعة الحمراء ودون الحمراء وتمتاز بكفاءتها عن النوع الأول ويعاب عليها ضعف الإضاءة مع الإستعمال وكذلك إختلاف شدة الإضاءة على طول المصباح فيزداد في الوسط ويقل عند الطرفين ويوصى باستعمال النوعين الأول والثاني للحصول على نتائج أفضل نسبة 1 : 2 أو 1 : 5 وتستعمل أنواع السابقة في البيوت الزجاجية والصوب الزجاجية أو في **غرف النمو** (وهي غرف صغيرة الحجم تستخدم في أجراء التجارب وتعتمد على الإضاءة الصناعية كلية ويمكن التحكم في ساعات الإضاءة ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية عن طريق الحاسبات الإلكترونية) ، والأحجام الكبرى من هذه الغرف تعرف باسم Phyto trones.

الحرارة Temperature

من أهم العوامل البيئية التي تؤثر على الكائنات الحية. وتلعب الحرارة دوراً رئيسياً في كثير من العمليات الطبيعية والكيمائية والتي تؤثر بدورها في التفاعلات الحيوية. فتؤثر الحرارة على عمليات إنتشار الغازات والسوائل وكذلك على عمليات إذابة الأملاح كما تؤثر على التفاعلات الإنزيمية في الخلايا.

تقاس درجات الحرارة بواسطة الترمومترات وثرموكوبل Thermocouples و Thermometers. وتقاس درجات الحرارة العظمى والمثلى يومياً وبحسب معدل درجة حرارة اليوم كمتوسط لدرجتي الحرارة. وتختلف درجات الحرارة من يوم إلى آخر حسب الموسم ومن مكان إلى آخر. وكذلك تختلف بالارتفاع فتقل درجة الحرارة بمقدار 1^0 لكل 200م تقريباً. اذ تمتص الجبال العالية حرارة اكثر مما تمتصه الاراضي المنخفظة ولكن من ناحية اخرى يزيد الفقد بالاشعاع في الجبال العالية عنه في المنخفضات مما يجعل المناطق الجبلية ابرد من السهول والوديان المنخفظة ورغم برودة الهواء في المرتفعات منه في المنخفضات فان درجة سطح التربة تكون اعلى كثيرا في الاولى منها في الثانية اثناء النهار ولكن تنخفض عنها اثناء الليل بفعل الاشعاع السريع . وتختلف درجة الحرارة تبعا لشدة الانحدار وذلك لان تاثير اشعة الشمس يكون على اشده عندما تكون الاشعة عمودية ، وكلما قلت زاوية السقوط قل تاثيرها وكذلك تختلف درجة الحرارة بين المستويات المختلفة للهواء والتربة اذ تبلغ اقصى درجاتها عند سطح الارض اثناء النهار وتتناقص تدريجيا في كلا الاتجاهين الى الاعلى والى الاسفل بسبب قص الاشعاع المنعكس او الممتص بالتدريج كلما ابتعدنا عن سطح الارض .

الدرجات الحدية : Cardinal Temperature

وهي الدرجات التي تحدث عندها تغيرات ملموسة في حيوية النباتات وفي نموه وفي طاقته الإنتاجية. وقد حدد لكل عملية حيوية ثلاث درجات حرارية مميزة هي القصوى Maximum temperture (الحد الأعلى) الصغرى أو الدنيا Minimum temperture (الحد الأدنى) وبينهما المثلى Optimum temperture وهي أكفئ درجة حرارة لحدوث التفاعل.

وتختلف الدرجات الحدية من محصول إلى آخر ويمكن للنباتات عموماً أن تحيى بين درجة حرارة صفر مئوي إلى درجة حرارة 55°م ولكن عموماً لا تنمو النباتات إذا قلت درجة الحرارة عن 5^0م ويمكن تقسم النباتات من حيث إستجابتها للحرارة إلى :

- **محاصيل المناطق المعتدلة**: وهذه تنمو بين درجات حرارة 5 – 30^oم ، درجة الحرارة المثلى لها بين (15 – 25^oم) مثل القمح – الشعير – الراي – الشوفان – البطاطس – الفاكهة ذات النواة الحجرية.
- **محاصيل المناطق الدافئة** : وهذه تنمو ما بين درجة حرارة 10 – 40^oم والمثلى ما بين (30 – 38^0م) ولا تنمو إذا قلت درجة الحرارة عن 10^0م. وأهم هذه المحاصيل الذرة الشامية – الذرة الصفراء – القطن الأرز – فول الصويا - الباميا الملوخية – الطماطم – والبرتقال – والموز – والمانجو – والنخيل – والأناناس.

الوحدات الحرارية التراكمية : (العلاقة بين دراجات الحرارة والنضج)

لكل محصول حد أدنى من درجات الحرارة – إذا قلت عنه – لا ينمو هذا المحصول ويعرف **الحد الأدنى باسم صفر النمو** grow zero وهي أقل درجة حرارة لازمة لنمو المحصول.

أما درجات الحرارة التراكمية (المجمعة) فهي عبارة عن مجموع درجات الحرارة التي تزيد عن صفر النمو **والتي** يحتاجها المحصول من الزراعة حتى النضج accumulative heat units (الوحدات الحرارية) Degree days (DD) . وتساوي = متوسط درجة حرارة اليوم – **صفر النمو للمحصول**

$$\text{Accumulative Heat} = (Ta - T_{zero})$$

ويوضح الجدول الآتي صفر النمو لمجموعة من المحاصيل:

المحصول	صفر النمو
القمح	**3م^0**
العنب	**10م^0**
الذرة الشامية	**13م^0**
القطن	**16م^0**
النخيل	**18م^0**

مثال: إذا زرع نبات الذرة الشامية في أول شهر مارس وحصد في العاشر من يولية وكانت درجات الحرارة القصوى والصغرى كما يلي:

	مارس	أبريل	مايو	يونية	يولية
عدد الأيام	31	30	31	30	10 أيام منه
درجة الحرارة القصوى	27	32	39	42	44
درجة الحرارة الدنيا	13	18	23	25	27
المتوسط	20	25	31	33.5	35.5
الحرارة التراكمية اليوم	20-13=7	12	18	20.5	22.5
الحرارة التراكمية للنمو = (7 × 31) + (12 × 30) +(18× 31) + (20.5 × 30) + (10 × 22.5) = 2010 درجة متراكمة					

وعلى هذا كلما أرتفعت درجة الحرارة كلما زادت عدد الوحدات الحرارية التراكمية ويقل موسم النضج أما إذا **أرتفعت درجة الحرارة عن** 35^{0}م في الذرة فنحسب على أنها الحد الأعلى. (الوحدات الحرارية).

ويفيد حساب عدد درجات الحرارة التراكمية **في الآتي** :

1- تحديد أنواع الحاصلات التي يمكن زراعتها وكذلك الأصناف وتحديد موعد الزراعة المناسب.

2- تحديد موسم النمو و ميعاد النضج بدقة وسهولة وذلك لتجهيز الحصاد في الوقت المناسب وخصوصاً للمحاصيل الحقلية.

3- تحديد مواعيد الزراعة إذا زرع في الحقل أكثر من صنف ويراد التلقيح بينهما (التوافق بينهما في مواعيد التلقيح) كما في حالة إنتاج الذرة الهجين.

وقد وضع تقسم لأصناف الفاكهة حسب الوحدات الحرارية التراكمية في العام:

أ- فاكهة احتياجاتها 6000 درجة حرارة النخيل – المانجو – الموز - الجريب فروت.

ب- فاكهة احتياجاتها 5000 - 6000 درجة البرتقال – الرمان.

ج- فاكهة احتياجاتها 3000 – 4000 درجة الزيتون – الخوخ – الكمثرى.

د- فاكهة احتياجاتها 2000 - 3000 درجة التفاح - وبعض أصناف الكمثرى – Cherry.

الأجواء المناخية :

هناك تقسيمات مختلفة للمناطق المناخية المختلفة حسب التغير في درجة الحرارة ولقد وضع Henry (1925) أبسط هذه التقسيمات والتي تتلخص في الآتي:

المنطقة	عدد الأشهر	المتوسط الحراري	أهم المحاصيل
المدارية **Tropical**	جميع أشهر السنة	أعلى من 20^0م	قصب السكر – اليام – كاكاو – بن – الموز – الأناناس – الموالح.
تحت المدارية **Subtropical**	(4–11) شهر حار	أعلى من 20^0م	قصب السكر – الموز – الذرة الشامية – الذرة الرفيعة – القطن – الموالح – فول الصويا – الطماطم – البامية.
معتدلة **Temperate**	4– 12 معتدلة	(10 – 20^0)	القمح – الشعير – البطاطس – التفاح – الكمثرى – العنب – بعض أصناف الفواكه الحجرية.
بارد **Cold**	(1 – 4) أشهر معتدلة	درجات الحرارة أقل من 10^0في غير الشهور المعتدلة	الراي – ينجر السكر – الكتان – تفاح – كمثرى – برقوق – الكرز.
قطبية **Polar**	جميع الأشهر	بارد تحت 10^0م	خالة من النباتات سوى بعض الأعشاب

الأضرار الحرارية : Heat Stress

يؤدي اختلاف درجات الحرارة عن الحرارة المثلى إلى حدوث بعض الأضرار وهذه الأضرار تنشأ أما نتيجة ارتفاع درجة الحرارة عن الحرارة القصوى أو انخفاضها عن الحرارة الدنيا.

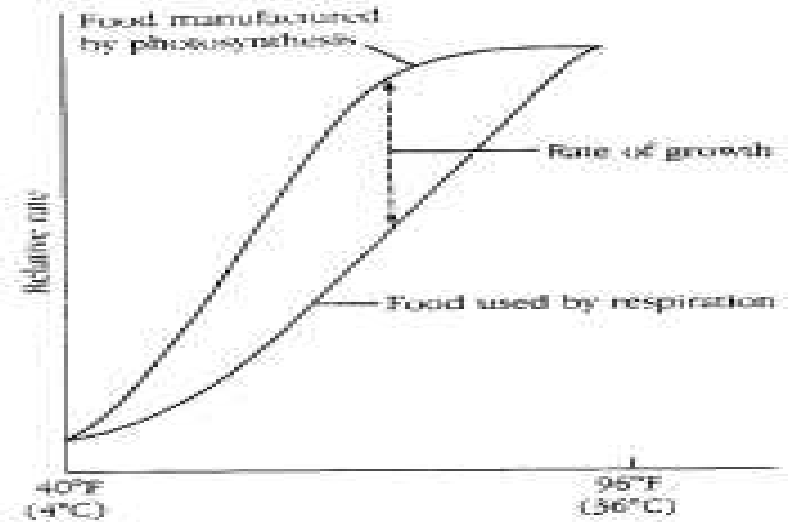
أضرار ارتفاع الحرارة : High Temperature Injury

1- قتل البروتوبلازم: يتلف البروتوبلازم إذا ارتفعت درجة الحرارة عن 54^0م ويبدأ فقد صفاته الطبيعية وهذا ما يعرف باسم الدنترة Denaturing ويقاوم النبات الوصول إلى هذه الدرجة عن طريق تكون Epiderm الواقي أو زيادة المساحة الورقية التي تعمل على تظليل النبات.

2- حدوث ضربة الشمس: Sun scold : وتنشأ عن موت الخلايا الإنشائية (الكمبيوم) المواجهة لجهة الشمس. وتحدث في الأشجار الحديثة حيث تكون خلايا القلف رقيقة فيموت نسيج الكمبيوم ويتلف الخشب.

3- التأثير المجفف: Disscating effect: تؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تزايد معدل النتح. وكذلك يقل نشاط الجذور ويقل امتصاصها للماء ويبدأ النبات في الذبول والذي ينتهي بالموت نتيجة للجفاف. وهذا ما يعرف بإسم **التوازن المائي السالب**. وتتأثر النموات الحديثة وكذلك الأزهار والثمار الصغيرة بدرجة أكبر من ارتفاع درجة الحرارة.

4- تعمل درجات الحرارة المرتفعة إلى تقليل التمثيل الضوئي وزيادة معدل التنفس ولذلك ينشأ إتزان أيضي سالب وتفقد النباتات مخزونها من الغذاء.



شكل يوضح العلاقة ما بين درجة الحرارة وكل من التمثيل الضوئي والتنفس

5- يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تساقط الأزهار والثمار الصغيرة .

6- يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى قتل الجذور السطحية.

7- يؤثر ارتفاع الحرارة على حيوية حبوب اللقاح ويقلل من نسبة إنباتها ويقلل من نسبة الإخصاب (إذا إرتفعت عن 40^{5}م).

كيفية التغلب على أضرار الحرارة العالية:

1- تغطية النباتات الصغيرة والشتلات

2- طلاء جذوع الاشجار بمادة عاكسة لأشعة الشمس

3- تقليل المسافات بين النباتات ليضلل بعضها البعض

4- زراعة الأشجار الصغيرة تحت الأشجار الكبيرة (الموالح تحت أشجار النخيل)

5- تربية الشتلات والنباتات الصغيرة داخل المشاتل

6- أستخدام البيوت المحمية.

أضرار انخفاض الحرارة : Low Temperature Injury

يؤدي إنخفاض درجة الحرارة إلى إبطاء معدلات العمليات الحيوية التي تجري داخل النبات ويسبب إنخفاض درجة الحرارة أضراراً لأشجار الفاكهة الإستوائية والمعتدلة الحارة والمعتدلة ويتمثل هذا في تبقع الأوراق أما أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق فتكون أكثر مقاومة لإنخفاض درجة الحرارة خصوصاً عندما تكون مجردة من أوراقها.

وعموماً فإن الأشجار الكبيرة تتحمل أضرار إنخفاض الحرارة عن الأشجار الصغيرة كما أن الأزهار والنموات الحديثة تكون أكثر تأثراً من الثمار الصغيرة وتليها الثمار الكبيرة. كذلك فإن إنخفاض درجة الحرارة يمنع إنتشار حبوب اللقاح وحدوث الإخصاب بالنسبة للمحاصيل الحقلية تقسم النباتات من حيث تأثير بانخفاض درجات الحرارة إلى :

أ- نباتات تموت لتعرضها لدرجات الحرارة ما بين 0.5^{0}م– 5^{0}م وتشمل (الأرز – الدخن – القرعيات – فول الصويا – اللوبيا).

ب- نباتات تتأثر لتعرضها لهذه الدرجات ثم تستعيد نموها بارتفاع درجة الحرارة مثل حشيشة السودان – الفول السوداني.

ج- نباتات لا تتأثر كثير بانخفاض درجة الحرارة مثل الذرة الشامية – القطن – الذرة الرفيعة – دوار الشمس.

د- نباتات لا تتأثر تماماً بانخفاض درجة الحرارة مثل القمح – والشعير والبطاطس.

أضرار تنشأ عن التجمد Freezing Injuries

يؤدي انخفاض درجة الحرارة عن الصفر المئوي إلى حدوث التجمد. ويؤدي هذا التجمد إلى حدوث الأضرار التالية:

1- تجمد البروتوبلازم ويؤدي إلى انهيار كيان البروتوبلازم فيترسب البروتين وتحدث الوفاة. (تجمد سريع)

2- الجفاف الخلوي وينشأ عند تجمد الماء الموجود بين الخلايا في حين أن الماء داخل الخلايا لم يتجمد بعد. لهذا يخرج الماء من داخل الخلايا إلى خارجها ويحدث الجفاف. (تجمد بطيء وتدريجي)

3- الصقيع (أضرار ميكانيكية نتيجة الصقيع): والمقصود بالصقيع هو تجمد الماء وتحوله إلى بلورات ثلجية وهناك نوعين من الصقيع.

أ - الصقيع الأسود وهو يحدث عندما تكون الرطوبة الجوية غير مرتفعة و نتيجة لتجمد الماء داخل الخلايا وتحوله إلى بلورات إبرية، ويحدث هذا الثلج أكبر الأضرار للنبات حيث يعمل على تمزق الخلايا وموتها وتحولها إلى اللون الأسود .

ب- الصقيع الأبيض المقصود به تجمد الندى الملامس لسطح النبات وتحوله إلى بلورات ثلجية. وتحدث هذه البلورات بعض الأضرار في الأنسجة الملامسة لها ويحدث عندما تكون الرطوبة الجوية عالية.

4- قتل حبوب اللقاح والبويضات وعدم تكون البذور ويعتبر الصقيع من الأخطار المدمرة للحاصلات الزراعية. وتتعرض المحاصيل المزروعة في فصل الشتاء في المنطقة الوسطى لأضرار الصقيع وخاصة خلال شهر شباط

وبدية اذار . وتزداد أضرار الصقيع إذا حدث أثناء تزهير النباتات. فتفشل عملية الإخصاب وتكوين البذور والثمار.

طرق تقليل اضرار الصقيع :

يكافح الصقيع في محاصيل الخضر بعدة طرق مثل :

1- تكوين الضباب الصناعي وذلك بإطلاق بخار الماء في الجو المحيط بالنباتات.

2- التدخين : وذلك بحرق الأعشاب حيث أن وجود ذرات الدخان يمنع تكوين الصقيع.

3- تغطية النباتات لمنع إشعاع الحرارة فيها مثل تغطيتها بالقش والبلاستيك وعمل أنفاق البلاستيك.

4- إستخدام المراوح لتحريك الهواء ونزول الهواء الساخن بجوار التربة.

5- الري بالرش لتسخين الهواء بجوار التربة ومنع الصقيع.

6- توزيع سخانات الغاز بين الأشجار مثل أشجار الموالح.

7- إستعمال المواقد الساخنة التي تسخن بالبخار والسخانات الكهربائية لتسخين التربة في حالة الشتلات الصغيرة.

التقسية من البرودة : Cold Hardiness

يقصد بها زيادة قابلية النباتات لتحمل البرودة وذلك بزيادة تركيز المواد الصلبة في البروتوبلازم ويمكن إحداث هذه التقسية بالوسائل التالية :

1- معاملة الشتلات بالبرودة المتدرجة وذلك بتعريضها لدرجات حرارة صغرى لعدة ساعات كل يوم قبل نقلها إلى الحقل حيث تزيد من درجة تحملها لانخفاض درجة الحرارة.

2- تعطيش النباتات بتباعد فترات الري يؤدي إلى تقليل الماء بالخلايا وزيادة تركيز المواد الصلبة في الفجوات العصارية في الخلية.

3- تنظيم التسميد وذلك بتقليل التسميد النيتروجيني لمنع تكوين النموات الحديثة وزيادة الفسفور والبوتاسيوم لزيادة تركيز العصارة الخلوية.

4- إيقاف النمو وذلك بتقليم النباتات تقليماً جائراً يساعد على نجاح زراعة الشتلات.

5- تقيل الحمل الزائد في الثمار عن طريق الخف.

6- إنتاج أصناف تتحمل البرودة المنخفضة كما هو الحال في أصناف البرسيم الحجازي التي تزرع في المناطق التي تتعرض لانخفاض درجات الحرارة وكذلك الأقماح الشتوية.

الحساسية للحرارة : Heat Sensitivity

تحتاج المحاصيل الحولية الشتوية وبعض المحاصيل المعمرة إلى فترة خاصة من إنخفاض الحرارة لكي تزهر. يطلق على عملية تعريض النباتات الموجودة في المناطق الباردة إلى درجات حرارة منخفضة لدفعها للإزهار **بعملية الارتباع** Vernilization (مثل الحنطة الشتوية). وفي هذه الحالة تنقع البذور في الماء لفترة قصيرة ثم تعرض لدرجة حرارة منخفضة حوالي 5^{0}م لمدة (15 – 60 يوم) قبل الزراعة وتؤدي زراعة هذه البذور في أول الربيع إلى سرعة إزهارها في فصل الصيف أما إذا لم تعرض البذور لدرجة حرارة منخفضة فإنها تستمر في النمو الخضري ولا تزهر في الربيع.

كما أن بعض النباتات ذات الحولين مثل البنجر تحتاج إلى موسم لنمو خضري وموسم آخر للنمو الزهري وتحتاج إلى تعرضها للبرد في الموسم الثاني لدفعها للإزهار. ولقد لوحظ أن زراعة نبات البنجر في Alaska يؤدي إلى دفع النباتات للإزهار في السنة الأولى.

كذلك فإن نبات الخس إذا تعرضت لدرجات الحرارة المرتفعة 16 – 25^{0}م فإنها تسرع في الأزهار.

كذلك تحتاج بعض أشجار الفاكهة المتساقطة لدرجات الحرارة المنخفضة حتى تدفع للإزهار وتعرف هذه الفترة بإسم **طور الراحة** لذلك تحتاج أشجار فاكهة المناطق الباردة إلى التعرض للبرودة.

طور الراحة في أشجار الفاكهة المتساقطة :

في حالة أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق يجب أن تعرض لدرجات الحرارة **تقل عن 7^{0}م لمدة كافية قبل أن** تستعيد نموها ويخرج من طور الراحة وتنضج البراعم الزهرية وتختلف مدة الراحة بإختلاف نوع المحصول.

وقد وجد من الدراسة طول فترة الراحة تقاس بعدد ساعات البرودة التي تقضيها البراعم لكي تستعيد نموها. وتنضج لتكون الأزهار.

ونحسب عدد ساعات البرودة اليومية من المعادلة = $\frac{24 \times (7^0\text{م} - \text{الدرجة الدنيا})}{\text{الدرجة القصوى} - \text{الدرجة الدنيا}}$

وتجمع عدد الساعات الباردة للموسم وتختلف عدد الساعات الباردة من محصول إلى آخر بل من صنف إلى آخر ويحتاج الخوخ إلى 100-1500 ، التفاح 200 – 1400 الكريز 800 – 1700.

وترجع أهمية تعرض النباتات للبرودة إلى ما يلي :

أ. تعتبر ضرورية للخروج من طور الراحة فعند إنقضاء طور الراحة تنشط البراعم لتكوين الفروع الخضرية والأزهار.

ب. يعتبر دخول الأشجار في طور الراحة وسيلة فعالة لمقاومة النبات للظروف القاسية خلال برد الشتاء.

ويمكن كسر طور الراحة أي تقليل فترة الراحة للنباتات بأحد الوسائل التالية :

1- إنتخاب الأصناف ذات طور الراحة القصير، ولكن هذه النباتات أو الأصناف يكون إنتاجها أقل وجودتها أقل.

2- الرش بالكيماويات، وهناك مركبات خاصة لكل صنف من أصناف الفاكهة وهذه المركبات تعمل على تنشط البراعم وتقصير طور الراحة.

3- تعطيش النباتات قبل طور الراحة يؤدي إلى دخول النباتات مبكراً في طور الراحة وبالتالي خروجها مبكراً من طور الراحة والتبكير في إنتاج الثمار. وعموماً فإن كسر طور الراحة مبكراً يقلل من المحصول.

التحكم الحراري : Temperature Control

يمكن تعديل الظروف الحرارية لتلائم محصول ما بعدة وسائل أهما :

أ. إختار الموقع : في المناطق الباردة اختيار المنحدرات المواجهة للشمس أفضل من المنحدرات البعيدة عن الشمس. كذلك يجب تجنب زراعة الأشجار في الأراضي المنخفضة حيث أنها تكون أكثر برودة وكذلك يفضل زراعة الأشجار في المناطق القريبة من المسطحات المائية حيث يعمل الماء على تلطيف الجو.

ب. تغطية التربة Soil mulch : سواء لتلطيف التربة أو لتدفئة الترب.

ج. يساعد الري على تدفئة النباتات.

د. زراعة المحاصيل في غير أوقاتها المناسبة تحت الظروف المحمية.

ه. تدفئة النباتات بتغطيتها بالبلاستيك أو عمل أنفاق البلاستيك Plastic tumps

الماء Water

يعتبر الماء عصب الحياة، وهو المكون الاكثر لكل الخلايا الحية ويمتصه النبات أكثر من أي مادة أخرى: ويمكن تخليص فوائد الماء في النقاط الاتية:

1- المكون الرئيسي للخلايا الحية اذ يكون 95 % من وزن الأنسجة الحية.
2- الماء هو المحلول الناقل للعناصر الغذائية للنبات.
3- الماء هو الوسط الرئيس الذي تتم فيه معظم العمليات الكيميائية للكائنات الحية .
4- يعتبر الماء ضروري للحياة للعمليات الطبيعية في النبات مثل إستطالة الخلايا وإنتقال العناصر الغذائية بالضغط الأسموزي.
5- الماء ضروري في عملية التمثيل الضوئي.
6- الماء ضروري لتلطيف درجة حرارة النبات (النتح).

* يمتص النبات كمية من الماء تزيد عن إحتياجاته الفعلية وتخرج الكميات الزائدة في عملية النتح.

مصادر الماء :

يشكل الماء ثلاث ارباع سطح الكرة الأرضية ويوجد بنسبة 97 % من الماء في البحار و المحيطات والباقي (3%) يتوزع في الصور التالية: 75% ثلوج في القطبين ، 24 % في الماء الأرضي الجوفي ونسبة ضئيلة منه في البحيرات 0.3 % ، ورطوبة أرضية 0.07 % ، ورطوبة جوية 0.04 % ، وأنهار عذبة 0.03%.

ويمكن تقسيم موارد الماء إلى نوعين : الرطوبة الجوية Humidity والرطوبة الأرضية Moisture:

الرطوبة الجوية : و يستفيد النبات منها بطريقتين :

أ. يعمل بخار الماء الموجود في الجو على تخفيف حدة الجفاف ويقلل من عملية النتح.

ب. تعتبر الرطوبة الجوية مصدر الترسبات الجوية (الامطار وما يلحق بها من عناصر غذائية) إلى الأرض فتوفر الرطوبة في التربة وتكون مصدر لإمداد النبات بإحتياجاته من الماء والأملاح والعناصر الغذائية الذائبة فيه.

صور الرطوبة الجوية :

أ. **المطر** Rain: ويتكون من تكثيف بخار الماء في الجو على درجة حرارة أعلى من نقطة التجمد (0%) ويتوقف أهمية المطر على كميته ، موسم سقوطه وعلى توزيعه خلال الموسم وتقاس كمية المطر بارتفاع الأمطار الساقطة على وحدة المساحة بالملم. الحالوب

ب. **الثلج** Snow: ويتكون نتيجة لتكثف بخار الماء في الجو على درجة حرارة أقل من نقطة التجمد. ويستفيد النبات من الثلج عند ذوبان الجليد إما في صورة مياه الأنهار والبحيرات أو في صورة مخزونة على هيئة ماء أرضي.

ج. **البَرَدْ** Hailstone: وينشأ نتيجة لحمل الهواء لقطرات الماء إلى أعلى خلال طبقة باردة تحت التجمد فيتراكم على هذه القطرات بكميات أكبر من الماء المتجمد وتتساقط بفعل الجاذبية الأرضية إلى أسفل. ويحدث سقوط البرد أضراراً ميكانيكية للنبات ويتوقف هذا الضرر حسب حجمه.

د. **الندى** Dew: وهو ينشأ عن تكثف بخار الماء في الليل بجوار سطح التربة والنبات. ويمكن الإستفادة من هذا الندى في توفير بعض إحتياجات النبات من الماء.

هـ. **السحاب** cloud: وهو بخار الماء المتكاثف في طبقات الجو العليا وهو مصدر معظم الترسيبات المائية من الجو إلى سطح الأرض. وقد بذلت محاولات لإسقاط الأمطار وذلك برش هذه السحب بمسحوق يوديد الفضة.

ويمكن تقسيم مناطق العالم من حيث كمية الهطول المطري إلى :-

1- المناطق الجافة : arid ويقل فيها معدل السقوط السنوي للأمطار عن 250مم.

2- المناطق شبه الجافة : semi-arid ويصل فيها معدل سقوط الأمطار ما بين 250 -500مم.

3- مناطق شبه رطبة : semi-humid ويصل فيها معدل سقوط الأمطار ما بين 500 – 1000مم.

4- مناطق رطبة : humid ويزيد فيها معدل سقوط الأمطار عن 1000مم.

صور الرطوبة الأرضية : Soil moisture

عند سقوط الماء على سطح فإن هذا الماء يخترق سطح التربة ويأخذ الصور التالية :-

1- **ماء الجاذبية الأرضية** : Gravitational water

و هو الماء الحر الذي يتحرك الى الاسفل بحرية نتيجة الجذب الارضي بعد امتلاء المسافات البينية عندما تسقط الأمطار على الأرض أو ري التربة ، بينما تصبح التربة مشبعة بالماء عندما تمتلئ الفراغات البينية بين حبيبات التربة بالماء.

السعة الحقلية : Field capacity

عبارة عن المحتوى المائي للتربة بعد صرف الفائض من الماء بواسطة الجاذبية الأرضية ، ويحدث هذا بعد يوم أو يومين من الري أو الأمطار تبعاً للنوع التربة.

2- **الماء الشعري** : Capillary water

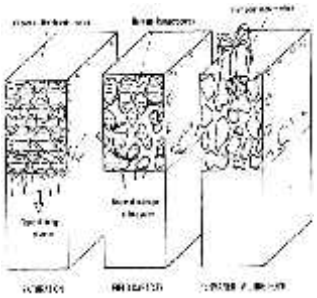
وهو عبارة عن الجزء المتبقي من الماء في الفراغات البينية لحبيبات التربة بفعل الشد السطحي وقوى التلاصق بين الماء وحبيبات التربة وتزداد كمية هذا الماء بصغر حجم حبيبات التربة ومعظم هذا الماء يستطيع النبات إمتصاصه.

3- **الماء المقيد** (الهيجروسكوب): Hygroscopic water

وهو عبارة عن الماء الممسوك حول حبيبات التربة بقوى أكبر من قوة إمتصاص الجذور وبالتالي لا يستفيد به النبات.

يستفيد من الماء الشعري ما بين نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية ونسبة الرطوبة عند نقطة الذبول وتعرف هذه باسم الماء المتاح او الميسر (Available water).

الماء الذي تمتصه النباتات يستعمل في العمليات الحيوية ، ولكن الجزء الأكبر منه يفقد بواسطة عملية النتح (Transpiration) ويعرف النتح بأنه : خروج الماء على هيئة بخار من الأجزاء النباتية المعرضة للجو المحيط بالنبات.



شكل(): صور الماء في التربة

تقسم النباتات من حيث الوسط المائي التي تعيش فيه الجذور إلى :

أ. **نباتات مائية** : Hydrophytes وهي تعيش في الماء أو تربة مشبعة بالماء ويساعد التركيب التشريحي لهذه النباتات على مواءمتها للبيئة.

أ. **نباتات وسطية** : Mesophytes وهي النباتات التي تعيش في وسط متزن من الماء والأكسجين.

ج. **نباتات الجفافية** : Xerophytes وهي تعيش في البيئة الصحراوية حيث ندرة الماء. وتتميز بأن إمتصاصها من الرطوبة الأرضية كبير وفقدها من الماء في عملية النتح قليل وهذه النباتات موائمة تشريحياً وفسيولوجياً لهذه الظروف الصعبة.

الإحتياج المائي النسبي Transpiration ratio

يعرف الإحتياج المائي النسبي عدد الوحدات بالوزن من الماء اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من المادة الجافة من النبات.

ويتوقف الإحتياج المائي النسبي على العوامل التالية:

1- خصوبة التربة : فكلما زادت خصوبة التربة كلما قل الإحتياج المائي.

2- كمية الرطوبة الأرضية : يزداد الإحتياج المائي إذا زادت أو قلت الرطوبة الأرضية عن كمية الرطوبة المثلى.

3- عمر النبات : فقد وجد أن الإحتياج المائي يقل كلما زادت النبات في العمر. فالنبات الصغير إحتياجه المائي أكبر من النباتات الكبير في العمر.

4- الرطوبة الجوية : يزداد الإحتياج المائي كلما قلت الرطوبة الجوية وارتفاع نسبة الرطوبة ويقلل من الإحتياج المائي.

5- نوع المحصول : يختلف الإحتياج المائي للمحصول من محصول إلى آخر. ويوضح الجدول التالي الإحتياج المائي النسبي لبعض المحاصيل:

دخن	ذرة البيضاء	ذرة الصفراء	شعير	قمح	بقول برسيم حجازي
280	305	350	517	517	875

6- حالة المحصول : النباتات المصابة بالأمراض إلى كمية تحتاج أكبر من الماء عن النباتات السلمية.

7- نباتات C_4 عموماً ذات إحتياج مائي نسبي أقل من C_3 نباتات .

تأثير عدم الاتزان المائي :

يؤدي زيادة كمية الماء عن إحتياجات النبات وكذلك قلة كمية الماء عن الحد اللازم إلى حدوث أضرار للنبات وفيما يلي تأثير كل من الجفاف والماء الزائد عن المحصول :

الجفاف : Drought

يعرف الجفاف بأنه نقص الماء المتيسر للنبات والذي يسبب توقف النمو ، وتتخلف النباتات في قدرتها على تحمل الجفاف فهناك نباتات تتحمل الجفاف مثل النباتات الصحراوية.

وفي ما يلي أهم مواصفات النباتات الصحراوية المقاومة للجفاف :

1- يقلل النتح عن طريق زيادة سمك الأديم أو غلق الثغور أو وضعها داخل تجاويف أو تغطية سطح الأوراق بشعيرات أو أن الثغور تفتح ليلاً أو أن مساحة الأوراق صغيرة (تصغير المساحة الخضراء) وذات أوراق أبرية وتتحور باقي الأوراق إلى شويكات لتقليل النتح.

2- زيادة كمية الماء الممتص بزيادة حجم الجذور سواء الجذور الوتدية كالبقول أو العرضية في النباتات النجيلية. نباتات الجوجوبا شجيرات مقاومة للجفاف يصل جذورها إلى حوالي 40م خلال التربة. (Jojoba)

3- زيادة تركيز محتويات الخلية النباتية وذلك من خلال انتاج مركبات كيميائية وخزنها داخل الفجوة مما يسبب زيادة في الجهد الاموزي داخل الخلية ، او من خلال امتصاص بعض الاملاح من التربة وتركيزها داخل النبات مثل بعض النباتات الملحية .

4- التفاف الاوراق لتقليل شدة الاشعاع الساقط على الورقة مما يقلل من عملية النتح.

تأثير نقص الماء على النبات :

1- الذبول المؤقت أو الدائم

2- بطء العمليات الحيوية خاصة البناء الضوئي ومع زيادة النقص تغلق الثغور في الورقة نتيجة تناقص ضغط الامتلاء في الخلايا الحارسة وبالتالي توقف عملية التمثيل الضوئي نتيجة نقص غاز CO_2 الداخل الى الورقة

3- التبكير في النضج مما يؤدي نقص في الانتاج

4- نقص في جودة المنتج

5- توقف عملية النتح من الورقة مما يؤدي لارتفاع درجة حرارتها.

أهم الوسائل المتبعة لمقاومة انخفاض الرطوبة :

1- تقليل كثافة النباتات لكي يزداد نصيب النبات الواحد من الرطوبة الأرضية وذلك في حالة الأمطار. أما في حالة الزراعة الإروائية تقلل المسافة من النباتات فتزداد عدد النباتات في المساحة وتضلل بعضها بعض ويقل البخرنتح.

2- زيادة مصدات الرياح لتقيل سرعة مرور الرياح وبالتالي تقليل البخر.

3- زراعة محصول غطائي بين الأشجار لرفع نسبة الرطوبة الجوية وتقليل البخر.

4- إتباع وسائل حفظ الرطوبة – مثل تقليل الحرارة وإتباع دورات زراعية مناسبة .

5- اختيار المحاصيل المناسبة مثل الدخن الشعير والذرة الرفيعة والشعير في الحبوب والتي تتحمل الجفاف والنخيل والزيتون والتين.

تأثير زيادة نسبة الرطوبة عن الحد اللازم :

1- يؤدي زيادة الماء اللازم عن الحد إلى شغل الفراغات البينية بين الحبيبات وبالتالي تقيل الأكسجين في التربة. كما يزداد نسبة ثاني أكسيد الكربون الناتج من التنفس وتؤدي إلى تنشيط التحلل اللاهوائي وينتج عنه غاز الميثان السام وبالتالي موت النباتات.

2- بطء العمليات الحيوية في النبات

3- تؤدي زيادة الرطوبة إلى ضرورة صرف هذه المياه الزائدة وزيادة تكاليف الإنتاج ورفع مستوى الماء الأرضي.

4- زيادة نسبة الإصابة بالأمراض.

5- تحول النترات إلى نتريت ثم الى N وتطايرها الى الجو نتيجة زيادة نشاط الاحياء الاهوائية

6- تتسبب في غسل الاملاح والمواد الغذائية من التربة.

تختلف النباتات في تحملها للرطوبة الزائدة ومن المحاصيل الحساسة القمح – الشعير – فول الصويا ومن المحاصيل التي تتحمل الرطوبة الزائدة: الأرز – الذرة الرفيعة – النخيل.

نوعية مياه الري :

مصادر مياه الري هي الأنهار أو البحيرات أو المياه الجوفية ويتوقف مدى صلاحية المياه على الري على محتواها من الأملاح الذائبة. ويعبر عن الأملاح الذائبة في المياه بمقايس عدة منها درجة التوصيل الكهربائي (ديسي سيمنز. م$^{-1}$ أو تركيز الأملاح ppm كمية الأملاح بحجم لكل لتر.

1 ملي موز = 640 جزء في المليون ppm

وعموماً تقسم المياه من حيث صلاحيتها إلى

	التوصيل الكهربائي(ds)	Ppm
مياه جيدة	صفر – 1	صفر – 50
مياه حدية	3 – 1	1500 – 500
مياه الأنهار	0.2	3000
مياه المحيط	46	35000

وتختلف المحاصيل في مقدار تحملها للأملاح. وتقسم المحاصيل لدرجة تحملها للأملاح على النحو التالي :

محاصيل تتحمل الملوحة	محاصيل متوسط الملوحة	متوسط الحساسية	محاصيل حساسة
الشعير، بنجر السكر، القطن ، النخيل، حشيشة النجيل (النجم)، القمح	الذرة الرفيعة، القرطم، فول الصويا، الزيتون، الجوافة، الذرة الشامية	الدخن ، الأرز ، الفول البلدي ، الفول السوداني، الخيار ، الخس	معظم محاصيل الفاكهة ، الطماطم ، النارنج ، البسلة ، السمسم ، الجذر
(ds)20 – 15	(ds)15 – 10	(ds)10 – 5	أقل من 5 (ds)
9600- ppm13000	ppm9000-6000	ppm6000 -3000	ppm(3000 – صفر)

وتختلف الأصناف في داخل النوع الواحد لقدرة تحملها الملوحة.

الرطوبة الجوية : Relative Humidity

يعبر عن الرطوبة الجوية بمقاسين الرطوبة المطلقة والرطوبة النسبية وتعرف الرطوبة المطلقة بأنها كمية بخار الماء الموجود في وحدة الحجم من الهواء. أما الرطوبة النسبية فهي كمية بخار الماء الموجود في الهواء بالنسبة إلى كمية بخار الماء اللازمة للوصول إلى درجة التشبع. وعادة تقاس الرطوبة الجوية في صورة رطوبة نسبية بواسطة الثرموثرين الجاف –رطب.

وتؤثر الرطوبة الجوية على المحاصيل الزراعية على النحو التالي :

أ. تجود أصناف النخيل الطرية في المناطق الرطبة.

ب. تنجح زراعة نخيل الجوز الهند في المناطق الاستوائية الرطبة.

ج. تتغير طبيعة النمو في أشجار الفاكهة فتكون الأشجار مفتوحة في المناطق الرطبة منضغطة في المناطق الجافة.

د. تغير شكل الثمار بتغير نسبة الرطوبة الجوية فتكون ثمار التين مستطيلة في المناطق الرطبة وتصبح ندرة في المناطق الجافة. وفي الذرة الرفيعة نختار الأصناف ذات النورة المفتوحة في المناطق الرطبة والنورة المندمجة في المناطق الجافة.

هـ. تؤثر الرطوبة الجوية في تأثر النباتات بالحرارة. ففي المناطق الرطبة تتأثر النباتات بدرجة أقل بارتفاع درجة الحرارة.

ز. تزداد نسبة الإصابة بالأمراض في المناطق الرطبة عن المناطق الجافة.

و. تؤدي ارتفاع الرطوبة النسبية إلى تقليل احتياجات النبات من الماء.

الرياح Wind

تعرف الرياح بأنها كمية الهواء المتحرك طبيعياً ولها تأثيرات بيئية واسعة فهي تنقل بخار الماء من البحيرات والمحيطات إلى اليابسة مما يؤدي إلى هطول المطر كما تعمل الرياح على فقد الرطوبة عن طريق زيادة التبخير من سطح التربة. وتعتبر الرياح من العوامل التي تؤثر على إنتاج الحاصلات الزراعية وتلعب دوراً هاماً في نقل حبوب اللقاح من نبات لآخر في بعض المحاصيل. كما تؤثر الرياح على بعض العمليات الحيوية مثل النتح.

تحدث الرياح نتيجة اختلاف درجة حرارة الهواء وكثافته ، اذا من المعروف ان الهواء البارد اثقل من الهواء الحار مما يسبب صعود كتلة الهواء الحار الى الاعلى ويحل محلها الهواء البارد . تتحرك الرياح نتيجة لهذه الخاصية على سطح الكرة الارضية ، اذا تتحرك كتلة الهواء الحار القريبة من سطح الارض في منطقة خط الاستواء الى الاعلى ونتيجة لذلك سوف يحدث تخلل في الضغط الجوي وهذا يؤدي الى حركة الهواء البارد من المناطق الشمالية او الجنوبية من الكرة الارضية باتجاه منطقة خط الاستواء . كذلك فان انخفاض درجات الحرارة في القطبين يسبب زيادة برودة الهواء في تلك المناطق وهذا ايضا يسبب فرق في الضغط بين القطبين والمناطق الاسفل منها في الشمال او الاعلى منها في الجنوب ، مما يسبب حركة جزء من الهواء الدافئ في تلك المناطق باتجاه القطبين وكما موضح في الرسم

(شكل ٣) رسم توضيحي للدورة العامة يظهر خلايا روسبي والرياح الشرقية والغربية

التأثيرات الفسيولوجية للرياح

1- تاثيرها على عملية النتح : يزداد معدل النتح بزيادة شدة الرياح بسبب اختلاف الجهد المائي بين المحيط وسطح الورقة مما يسبب زيادة في خروج البخار عن طريق الثغور ، يزداد النتح لهذا السبب الى حد معين ولكن زيادة شدة الرياح اكثر تسبب تحرر هرمون الابسسك است ABA والذي يعمل على غلق الثغور في الورقة مما يسبب انخفاض معدل النتح

2- تسبب الرياح حركة غاز CO_2 القريبة من الورقة والناتج من عملية التنفس وحدوث هذه العملية في النهار قد يقلل من كفاءة عملية التمثيل الضوئي بسبب قلة الغاز الداخل للورقة ، اما في الليل فان ذلك يزيد من كفائة عملية التنفس وقوية النبات

3- تعمل الرياح على تغيير درجة حرارة الورقة مباشرة عن طريق نقل كتلة الهواء لتلامس الورقة مما يجعل درجة حرارة الورقة مقاربة لدرجة حرارة الهواء.

4- يتأثر شكل الورقة بالرياح فالأوراق التي تتعرض للرياح تصبح أقل مساحة وأكثر سمكا ونسبة فقد الماء فيها منخفضة نسبة لوحدة المساحة.

5- وتؤثر الرياح على شكل النبات فالنبات الذي يتعرض إلى رياح جافة بصفة متكررة يكون أقل حجما (متقزم) مقارنة بنبات من نفس النوع ينمو في منطقة لا تهب فيها الرياح. يعود سبب التقزم إلى أن الخلايا ليس بها ماء كاف لتتمدد إلى حجمها الكامل كما أن نقص الرطوبة يعيق انقسام الخلايا.

التأثيرات الميكانيكية للرياح

يؤدي حدوث الرياح إلى رقاد النباتات و كسر الفروع و سقوط الثمار وأحياناً لإقتلاع الأشجار وبالتالي تقليل المساحة الخضراء. وقد يعزى التأثير الضار للرياح على النبات إلى المواد التي تحملها الرياح فعلى سبيل المثال الرياح التي تهب في المناطق الساحلية من البحر تحمل الملح والرمل والتي يمكنها قتل البراعم والأوراق، كما أن حبيبات الرمل المحمولة في الرياح تزيل اللحاء من الأشجار مما يؤدي لموتها.

تعرية التربة (Soil erosion)

تعمل الرياح على إزالة الطبقة السطحية للتربة والغنية بالمواد العضوية فيما يعرف بعملية التعرية ونقلها إلى أماكن أخرى مما يفقد هذه الأراضي خصوبتها مع الوقت وتدهور إنتاجيتها. كذلك تؤدي الرياح إلى تحريك الكثبان الرملية و تغطية النباتات. وتعتبر مشكلة أساسية على المنحدرات و الأراضي المتموجة حيث ينقل سنوياً ملايين الأطنان من الترسبات من هذه المنحدرات و تتجمع في الوديان و خزانات المياه و الأراضي الزراعية. ومن آثرها:

1- جرف التربة الغنية بالعناصر الغذائية من الأراضي الزراعية والمراعي الطبيعية.

2- نقل ترب غير مرغوبة إلى تربة صالحة وغنية متتجمع فوقها فتصبح غير صالحة.

3- تغطية الطرق و الأسيجة والمزارع مما يؤدي إلى خسائر مادية كبيرة.

4- زيادة غطاء التربة للبذور المغمورة مما يعيق إنباتها.

للوقاية من التأثيرات الضارة للرياح هناك العديد من الوسائل المستخدمة مثل :

1- زراعة مصدات الرياح وهي أشجار سريعة النمو تزرع في خطوط حول الحقول في صفوف مفردة أو مزدوجة في الجهات التي تهب منها الرياح وعادة ما تستخدم أشجار الكازورينا Causarina spp و الكافور Euclyptus والأثل

2- زراعة أشجار الفاكهة في صفوف متقاربة لتحمي بعضها كما تعمل على تخفيض سرعة الرياح عند مرورها.

3- زراعة محاصيل تغطية أو ترك بقايا المحصول السابق وذلك لحماية التربة من الانجراف بتأثير الرياح أو المطر.

4- تقليل عمليات الحراثة و منع عمليات إثارة التربة.

5- أستخدام الحواجز (barriers) الصناعية مثل الشباك السلكية المتعددة الأطوال (1-6م) والتي تخفض سرعة الرياح بنسبة 30-50 % (شكل) كما يمكنها حماية المحاصيل من تأثيرات الرياح التي تهب من البحر والمحملة بالاملاح.

العوامل الأرضية Soil factor

تمثل التربة العامل الرئيسي الثاني ضمن العوامل البيئية المؤثرة في نمو وانتشار النبات ، وهي تشمل مجمل العوامل المؤثرة على جزء النبات الواقع تحت سطح التربة (الجذور) .

تعرف التربة من الوجهة الزراعية بانها الطبقة السطحية من الارض والتي تنتشر فيها جذور النباتات وتأخذ منها الماء والعناصر الغذائية ، وقد تتحدد بعمق 20 – 30 سم حسب انواع المحاصيل وتعمق جذورها .

توجد ثلاث خصائص رئيسية تعلب دوراً هاماً في نمو وإنتاج المحاصيل هي :-

أ– الخصائص الطبيعية :

وتشتمل عدة عوامل للتربة أهمها: القوام – البناء – الحرارة – الماء – الغازات

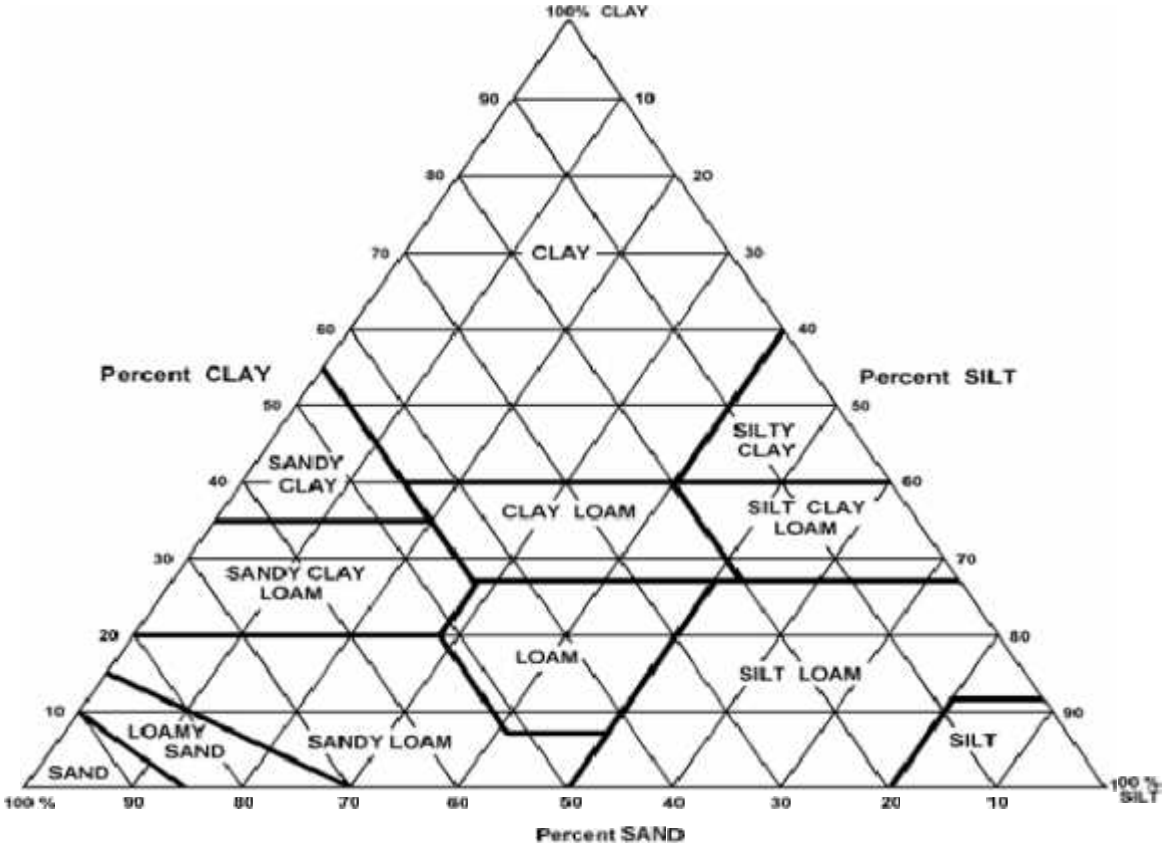
نسجة (قوام) التربة (Soil texture)

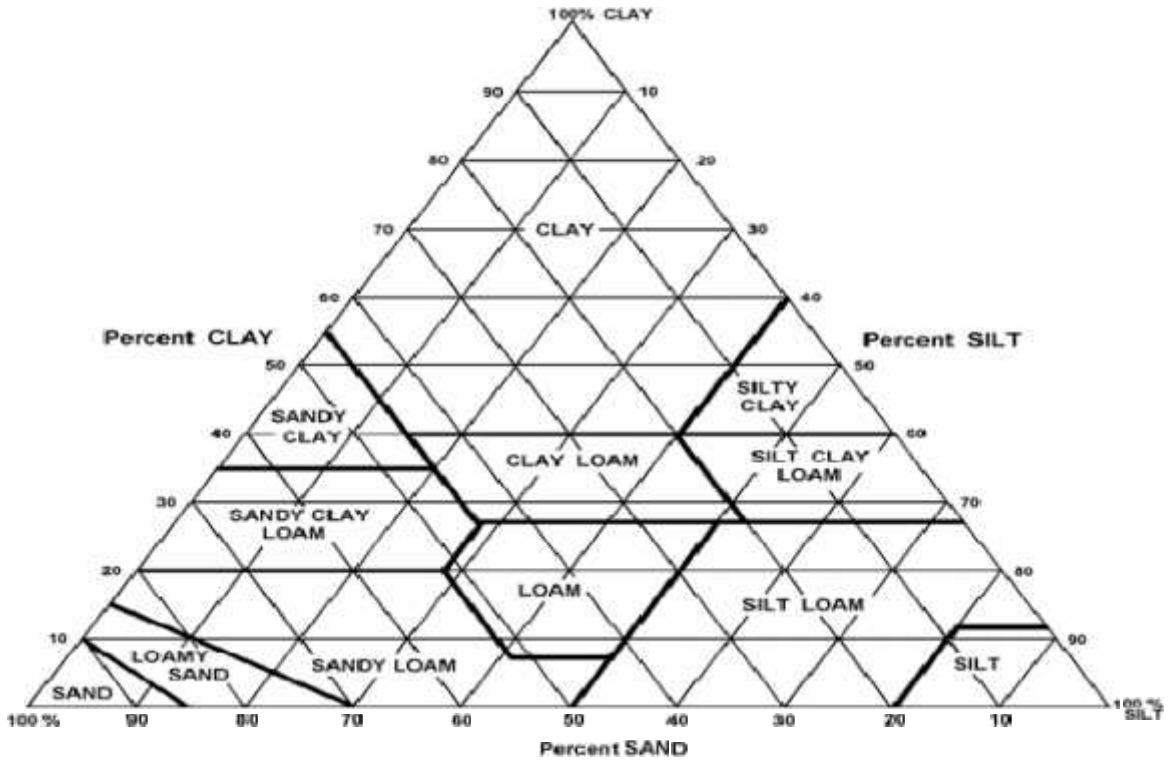
قوام التربة هو اصطلاح يعبر عن درجة نعومة أو خشونة حبيبات التربة باستخدام النسب المئوية لمجاميع حبيباتها الرئيسية وهي حبيبات كل من الرمل (Sand) والغرين (Silt) والطين (Clay) الموجودة في حجم من التربة (الجدول 1). وهناك عدة مقاييس لتقييم حجم الحبيبات وتعريفها ، منها النظام الدولي (International system) والذي يعتمد علي تحديد قطر الحبيبات كما يلي :

جدول1. يبين النظام الدولي في تقسيم وتصنيف التربة حسب حجم حبيبات التربة .

المجموعة Fraction	قطر الحبيبات (مم) Diameter of particles(mm)
الحصي Gravel	اكبر من 2
الرمل الخشن Coarse sand	0.2 – 2
الرمل الناعم Fine sand	0.02 – 0.2
السلت Silt	0.002 – 0.02
الطين Clay	أقل من 0.002

الترب التي تتكون في معظمها من الطين تدعى تربا طينية أما تلك التي يسود تركيبها جزء كبير من الجزيئات الكبيرة فتعرف بالترب الحصوية. إن تركيب التربة يؤثر على العديد من خواص التربة الأخرى مثل بناء التربة، كيمياء التربة وكذلك الفراغات البينية في التربة. يمكن تصنيف الترب بعد معرفة نسبة المكونات (السلت، الرمل، الطين) . ويتم تعيين قوام التربة بواسطة التحليل الميكانيكي ، وهي عملية تهدف إلى فصل عينة التربة إلي مجاميع حبيباتها الرئيسية الثلاث حسب حجمها ثم يستخدم مثلث التربة لتحديد نوعية التربة كما في الشكل (1) . ولقوام التربة تأثير بالغ علي معظم خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية ، إذاً تقسم الأراضي حسب قوامها إلى أراضي طينية – سلتية – رملية وفيما بين هذه الأقسام الرئيسية توجد أقسام. تعتبر الترب الرملية ذات نسجة خفيفة وتهوية جيدة الا ان مساميتها كبيرة مما يجعلها قليلة الاحتفاظ بالرطوبة والعناصر الغذائية بسبب غسلها الى اعماق بعيدة عن الجذور ، اما الترب الطينية فهي ترب ثقيلة وقليلة التهوية وذات مسامية قليلة وهذا يجعل محتواها عالي من العناصر الغذائية والرطوبة الا انها غير مناسبة لانتشار الجذور . الترب الغرينية (السلتية) تعتبر ذات فعالية لإنتاج المحاصيل لأنها وسط بين الأراضي الرملية والطينية وتحتفظ بالرطوبة بدرجة جيدة كذلك فإنها جيدة التهوية.

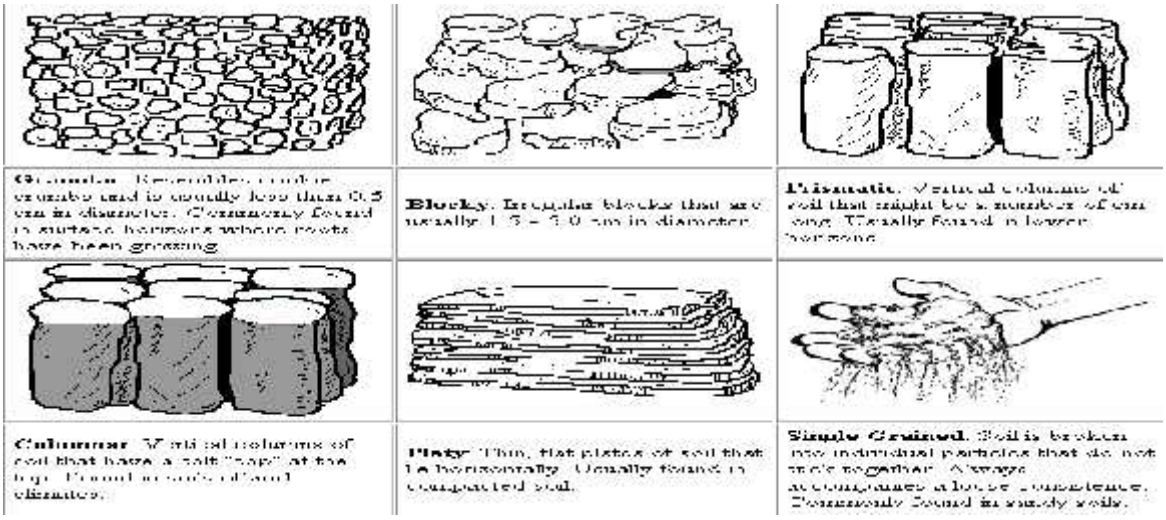

100% CLAY
90
10
80
20
70
30
60
40
50
50
40
60
30
70
20
80
10
90
100 %
SILT
CLAY
Percent CLAY
Percent SILT
SANDY CLAY
SILTY CLAY
CLAY LOAM
SILT CLAY LOAM
SANDY CLAY LOAM
LOAM
SILT LOAM
LOAMY SAND
SANDY LOAM
SILT
SAND
100 %
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Percent SAND


100% CLAY
90
10
80
20
70
30
60
40
50
50
40
60
30
70
20
80
10
90
100 %
SILT
CLAY
Percent CLAY
Percent SILT
SANDY CLAY
SILTY CLAY
CLAY LOAM
SILT CLAY LOAM
SANDY CLAY LOAM
LOAM
SILT LOAM
LOAMY SAND
SANDY LOAM
SILT
SAND
100 %
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Percent SAND

شكل (1) مثلث التربة المستخدم في تحديد قوام التربة بعد معرفة نسبة المكونات لبعضها

بناء(تركيب) التربة (Soil structure)

يعرف بناء التربة على أنه الهيئة (الشكل) التي تتجمع فيها حبيبات التربة مع بعضها. هناك العديد من الأشكال التي تتكتل فيها حبيبات التربة معا مثل الشكل الحبيبي (Granular)، الشكل الطبقي المتراكم (Platy)، الشكل (Blocky) والشكل الموشوري (Prismatic) كما في الشكل (2)



شكل ( ) أشكال تجمع حبيبات الطين مع بعضها

تجمع حبيبات التربة وشكل تكون الكتل يؤثر على مسامية التربة وبالتالي التأثير على تهوية التربة وعلى قابليتها للاحتفاظ بالرطوبة. إن المواد العضوية التي تفرز بواسطة جذور النباتات أو بواسطة الميكروبات أثناء عملية تحلل البقايا النباتية تعمل على تجميع حبيبات التربة مع بعضها. ويؤثر بناء التربة على نفاذيتها للماء ففي الترب التي يكون بنائها حبيبيا (Granular) سريع النفاذية، بينما التربة ذات التجمعات المتناثرة Blocky والموشورية(Prismatic) متوسطتا النفاذية للماء بينما نجد التربة ذات التركيب الطبقي المتراكم (Platy) بطيئة النفاذية حيث يبقى الماء على سطح التربة لفترة طويلة.

لون التربة Soil color

يعتبر لون التربة من الخصائص الفيزيائية للتربة والذي يمكن عن طريقه التمييز بين الترب. غالبا ما يكون سطح الترب المعدنية ذو لون غامق مما يدل على وجود المادة العضوية. في الأقاليم المعتدلة فإن اللون الأسود البني واللون البني الغامق خاصة في القطاع A يدل على المادة العضوية. وعلى العموم فلون التربة الغامق لا يشير إلى وجود المادة العضوية دائما، فالترب البركانية ذات لون أسود بسبب أصلها الذي يعود للصخور البازلتية. أما الترب الحمراء والصفراء فتستمدان هذا اللون من وجود أكاسيد الحديد، والألوان الفاتحة تشير إلى جودة الصرف والتهوية. تتزايد الألوان الحمراء والصفراء في الترب من الأقاليم الباردة باتجاه خط الاستواء.

ب– الخصائص الكيميائية للتربة :

ويقصد بها العناصر الغذائية الموجودة في التربة وتفاعلاتها ومدى جاهزيتها و سهولة امتصاصها من قبل النباتات المختلفة. واهم تلك اعوامل التي تأثر في في نمو وإنتاج المحاصيل المختلفة أو عدمها. **تشمل ما يلي :**

1– حامضية وقاعدية التربة (pH)

يعبر عن درجة تفاعل التربة بالرقم الهيدروجيني (pH) ويعرف الـ pH للتربة بأنه اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين النشطة في المحلول. معظم الترب الزراعية لها pH يتراوح من4-8 وقد يكون أعلى من ذلك أو أقل في بعض الترب. على سبيل المثال فالترب الملحية لها pH يتراوح من 7.3- 9.5 (Barbur et al.) وبعض الترب الحامضية لها pH منخفض جدا يتراوح من 2.8-3.9. قد ينخفض pH في الترب الزراعية لها pH نتيجة لعمليات إضافة الأسمدة باستمرار مثل نترات الامونيوم والأسمدة المحتوية على الكبريت او بفعل بعض احياء التربة. ولتعديل pH التربة الحامضية يتم إضافة كربونات الكالسيوم أما في الترب القاعدية فتتم إضافة الكبريت . يؤثر pH التربة على توفر العناصر الغذائية للنبات شكل (3) وكذلك على نشاط كائنات التربة ونورد بعض الامثلة لتاثير pH على جاهزية بعض العناصر:

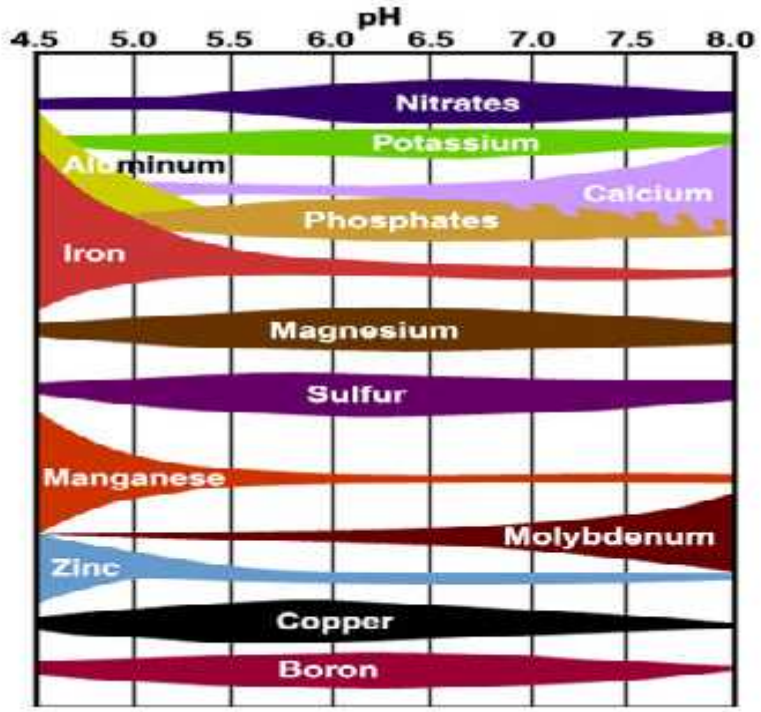
أ- الفسفور : - يترسب عنصر الفسفور تحت الظروف الحامضية على هيئة فوسفات الحديد و الالومنيوم، اذ ان زيادة تركيز ايون الهيدروجين في محلول التربة يزيد من تحلل معادن الطين وبالتالي يؤدي الى زيادة تحرر الالومنيوم والحديد والتي ترتبط مع الفوسفات مكونة $AlPO_4$, $FePO_4$ وهي صورة معقدة التركيب قليلة الذوبان وغير جاهزة للامتصاص. أما في الترب القاعدية ومع وجود كميات عالية من $CaCO_3$ فهنا تترسب الفوسفات على صورة $Ca(PO_4)_2$ وهي أيضا صورة غير جاهزة للنبات . أما الصورة الجاهزة للفوسفات فأنها تكون بالصورة الأحادية التكافؤ H_2PO_4 وهي أكثر جاهزية في الوسط الحامضي في حين ان الصورة الثنائية التكافؤ HPO_4 تكون أكثر جاهزية في PH القاعدي ، وعند PH 7 يتساوى تواجد الصورتين معاً

ب- النتروجين : - تمتص النترات بدرجة اكبر من الالومنيوم تحت الظروف الحامضية لقلة تواجد أيونات الهيدروكسيل وبالتالي قلة المنافسة بينها وبين النترات في حين أنها تكون اقل امتصاص في الظروف القاعدية من الالومنيوم لقلة تواجد ايون الهيدروجين ، ويتساوى امتصاص الالومنيوم و النترات في حالة التعادل.

ت- العناصر الصغرى : - تزداد جاهزية العناصر الصغرى (الحديد و النحاس و الزنك و المنغنيز و البورون) بصورة عامة في الوسط الحامضي وتقيد في الوسط القاعدي بعكس ايون المولبدنوم والذي يتبادل مع مجموعة الهيدروكسيل على سطوح الامدصاص.

ث- تجوية المعادن : - انخفاض PH يزيد من تحرر(تجوية للمعادن Weathering) ايونات K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} , Cu^{+2} , Al^{+3} وتكون قابلية ذوبان الأملاح مثل الكربونات و الفوسفات والكبريتات أعلى ، وقد تزداد نسبة عنصري الالومنيوم و المنغنيز في مثل هذه الظروف الى حد السمية والذي يكون مصحوبا غالبا بنقص عنصر الحديد .

ج- الاحياء المجهرية : تفضل الأحياء المجهرية في التربة الوسط المتعادل سواء كانت حرة المعيشة او تكافلية ، وهذا يعني ان كفاءتها في تثبيت النيتروجين تزداد في مثل هذه الظروف. كذلك فأن عملية تحول النترات الى غاز النتروجين والذي يفقد الى الجو بعملية عكس النترجة (Denitrification) يتوقف عملها تماماً إذا انخفض PH الى 4.5 .



شكل (3): العلاقة ما بين pH التربة وتوفر العناصر الغذائية للنبات في التربة

2- الأملاح في محلول التربة والمعبر عنه بالتوصيل الكهربائي (Electric Conductivity) (EC)

يعتبر تقدير الأملاح الكلية الذائبة في مستخلص التربة من التقديرات الرئيسية الهامة للحكم علي درجة ملوحة التربة. كما أن تأثير الأملاح لا يتوقف على كميتها في التربة فقط بل علي نوعية تلك الأملاح . وتختلف كمية الأملاح الذائبة والموجودة بالتربة من تربة لأخرى ويرجع ذلك إلى ظروف تكوين التربة ونوعها . كما يؤدي الغسيل المستمر في الترب بواسطة ماء الري إلى غسيل الأملاح وإحلال الهيدروجين محل جزء من الكاتيونات المدمصة علي أسطح حبيباتها .

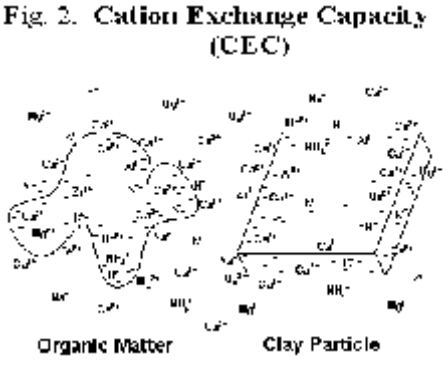
ومن التأثيرات السلبية للتركيزات المرتفعة والعالية من الأملاح في محلول التربة :

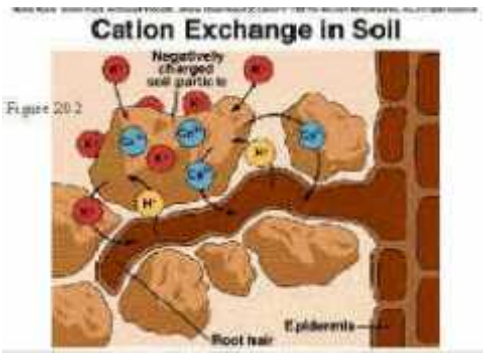
1. زيادة الضغط الأسموزي وهذا يقلل من قدرة النبات علي امتصاص الماء والأملاح من التربة .
2. حدوث السمية ببعض الأملاح للنباتات النامية بالتربة .
3. تقليل معدل التبادل الكاتيوني في محلول التربة
4. يؤدي ارتفاع نسبة الصوديوم المدمص إلى سوء خواص التربة .

3- السعة التبادلية الكاتيونية (Cation Exchange Capacity)(CEC)

تكون الأجزاء الصلبة ما يزيد عن 50% من حجم التربة أما الحجم المتبقي فيملأ بالماء والهواء.**تعرف السعة** التبادلية الكاتيونية انها الدرجة التي تستطيع عندها التربة امتصاص وتبادل الكاتيونات والتي تحمل شحنة موجبة مثل NH_4^+, K^+, Ca^{2+}, Fe^{2+}, أما الانيونات فهي التي تحمل شحنة سالبة مثل NO_3^-, PO_4^{2-}, SO_4^{2}. (شكل 4).تتميز حبيبات الطين والمادة العضوية (Organic matter) بوجود شحنات سالبة على سطوحها . الكاتيونات المعدنية يمكن أن تدمص إلى الشحنات السالبة وعند ذلك فليس من السهولة فقدها في الماء بعملية الترشيح

(Leached) وكذلك تكون متاحة للامتصاص بواسطة جذور النبات. أن هذه المواد المعدنية الموجودة على سطح حبيبة الطين يمكن استبدالها بكاتيونات أخرى اعتمادا على نوع الشحنة.





شكل (4): السعة التبادلية الكاتونية واهميتها في تبادل العناصر بين التربة وجذور النبات

4- المادة العضوية Organic matter

تؤثر المادة العضوية على جاهزية العناصر من خلال :

أ- تأثير مباشر على PH التربة نتيجة لتحرر الأحماض العضوية عند تحللها والتي تؤدي الى خفض PH.

ب- تحسين خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية .

ت- مصدر غني بالنيتروجين والفسفور والكبريت

ث- تميل المادة العضوية لتكوين مركبات مخلبية (Chelate compounds) مع كتيونات العناصر المعدنية. و المركبات المخلبية هي مركبات عضوية تمسك العنصر وتغلفه من أكثر من جهة وتمنع انفرادها في التربة مما يقلل من احتمال تكوينها لمركبات معقدة في التربة ، وهذه الصورة تكون أفضل لامتصاصها من قبل جذور النبات على هذه الصورة او يحدث لها انحلال في داخل النبات او عند الجذر ويمتص العنصر فقط . من أمثلتها الحديد المخلبي Fe-EDTA .

ج- تشارك المادة العضوية مع الكالسيوم في تكوين البناء الحبيبي للتربة (Aggregate structure) والذي يعتبر أفضل بناء للتربة. تربة) وهذا يعني ان الترب الخفيفة تكون فقيرة بعناصر الـ Na , K , Mg , Ca .

5- الأحياء المجهرية

يبرز دورها الكبير من خلال

أ- حركة النيتروجين من الغلاف الجوي الى التربة او بالعكس عن طريق الأحياء المسئولة عن تثبيت النيتروجين او عمليتي النترجة وعكس النترجة او من خلال عملية معدنة النتروجين .

ب- زيادة جاهزية الفسفور وامتصاصه من قبل النبات بواسطة فطريات المايكورايزا.

ت- تحليل المادة العضوية وتحرر العناصر المعدنية.

ث- أكسدة الكبريت المعدني الى صورة الكبريتات القابلة للامتصاص من قبل النبات بواسطة بكتريا الكبريت والتي تأكسد المنغنيز الثنائي التكافؤ الى الرباعي او السداسي التكافؤ أيضا.

ج- الخصائص العضوية للتربة :

والمقصود به نسبة المادة العضوية وما تحتويه التربة من الكائنات الحية الدقيقة.

تشمل الصفات الفيزيائية للتربة نسيج التربة(Soil texture)،تركيب التربة (Soil structure)،لون التربة، عمق التربة، الرطوبة.

المادة العضوية في التربة Organic matter

تحتوي جميع أنواع الترب علي مواد عضوية بنسب مختلفة والمادة العضوية بالتربة هي كل مادة ذات منشأ نباتي أو حيواني كبقايا النباتات و الحيوانات والتي لم تتحلل أو التي تحللت جزئيا. وللمادة العضوية دور هام في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة فهي تشكل مصدرا هاما للعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات عند تحللها ولها دور منظم في حموضة التربة pH وتعمل علي زيادة السعة التبادلية للكاتيونات كما ترفع قدرة التربة علي حفظ الماء وتحسين بنائها .

التربة ونمو النبات

يستمد النبات العناصر الغذائية والماء من التربة وهناك نوعين من العناصر التي توفرها التربة للنبات:

أ-العناصر الكبرى

1- النيتروجين

يعتبر النتيروجين من العناصر الكبرى التي يحتاجها النبات فهو يدخل في تركيب البروتينات والكلوروفيل والمواد الداخلة في تركيب البروتوبلازم والأحماض الأمنية.كما أن الأعضاء الجديدة المتكونة كالاوراق والافرع والثمار وغيرها تحتوي على النتروجين في تركيب أنسجته ويحتوي النبات على ما نسبته1-15% من النيتروجين. يمتص النيتروجين بواسطة الجذور على هيئة نترات(NH_4^+) أو أمونيوم (NO^-_3) ولكن النترات هي المفضلة لدى النبات وعموما يعتمد ذلك على نوع النبات وعمره.عند نقص كمية النيتروجين تظهر هناك أعراض على النبات

1- أصفرار الأوراق القديمة(الكبيرة العمر) وذلك لتحركه باتجاه الأوراق االصغيرة . تقزم النبات وظهور الافرع القزمية

2- انخفاض كمية المحصول نتيجة قلة العقد في الازهار حيث يتطلب العقد وجود الاعضاء الجنسية للازهار ولكن في حالة نقص النيتروجين فإن الأعضاء الجنسية للأزهار لا تتكون أو تكون مشوهة.

أما عند زيادة كمية النيتروجين الممتص من التربة فتظهر أعراض ذلك على النبات والتي تتمثل فيما يلي:

1- النمو الخضري المفرط للنبات مع عدم الازهار

2- اللون الخضر الداكن للأوراق

3- إنثناء النبات نتيجة للأنسجة العصيرية والتي لا تستطيع إسناد النبات ليظل واقفا.

أن أعراض نقص النيتروجين في التربة يمكن معالجتها بإضافة النيتروجين على صورة عضوية مثل الأسمدة البلدية (مخلفات الحيوانات) أو على هيئة الاسمدة المعدنية مثل سلفات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ أو اليوريا أو فوسفات الأمونيوم $(NH_4)_3PO_4$.كما أن زيادة كمية النيتروجين في التربة عى هيئة أمونيوم تمنع امتصاص البوتاسيوم.

2- الفوسفور

من العناصر الكبرى التي يحتاجها النبات فهو يدخل في تركيب البروتوبلازم كما يدخل في تركيب المواد الناقلة والمخزنة للطاقة مثل ATP (Adenosine Triphosphate) و(ADP). يتراوح تركيز الفسفور في النبات ما بين 0.1- 0.5% ويوجد الفسفور بتركيزات عالية في البذور والثمار ويعتبر العنصر ضروريا في عملية تكوين البذور. يمكن ملاحظة أعراض نقص الفسفور على النبات والتي تتمثل في بطء النمو وظهور اللون الأرجواني على الأوراق المسنة لتحركة نحو الأوراق الحديثة. كما يظهر اللون الارجواني على السيقان والأفرع وتنخفض كمية الثمار والبذور المنتجه.

تعتبر الحيوانات (الميتة) ومخلفاتها مصدرا هاما للفسفور العضوي في التربة. ولكن كميتة في الحيوانات ومخلفاتها تعتمد على كميتة في الغذاء الأصلي الذي تناولته الحيوانات.

3-البوتاسيوم

عنصر هام لتكوين المواد الكربوهيدراتية والبروتين. كما يعتبر عنصر هام في عملية البناء الضوئي وكذلك في عملية فتح وغلق الثغور في الورقة. هناك أكثر من 80 أنزيم في النبات تتطلب البوتاسيوم لتعمل . كما تعتمد العلاقات المائية في النبات على البوتاسيوم حيث يوفر العنصر الأسموزية اللازمة لجذب الماء إلى داخل الجذر. كما أن العنصر ضروري في عملية إنتاج (ATP).

عند نقص محتوى التربة من البوتاسيوم تظهرعلامات واضحة على النبات كتجعد الأوراق واحتراق حوافها او وجود بقع بيضاء في الحواف كما في البرسيم كما تميل الانسجة لأن تكون أقل غضاضة (قاسية). بما أن البوتاسيوم عنصر متحرك فأعراض النقص تبدأ في الأوراق السفلى كما تظهر علامات الذبول على النبات بسرعة عند زيادة نسبة النتح.

يمكن التغلب على نقص للكالسيوم في التربة بإضافة الأسمدة الغير عضوية التي تحتوي على البوتاسيوم مثل سلفات البوتاسيوم (K_2SO_4) ونترات البوتاسيوم (KNO_3) أو كربونات البوتاسيوم (K2CO3).

6- الكالسيوم

يلعب الكالسيوم دورا كبيرا في المحافظة على الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا في النبات ولذلك يعزى للعنصر النشاط الطبيعي في الخلايا المرستيمية في الجذور. كما يؤثر الكالسيوم على امتصاص العناصر الأخرى بواسطة النبات مثل الحديد والمغنيسيوم. يتراوح تركيز الكالسيوم في النباتات ما بين 0.2-1.0%. عند انخفاض الكالسيوم في التربة يكون نمو النبات متقزما كما تتخذ الاوراق الجديدة شكلا ملتويا وتموت من الحواف. كما يتأثر الجذر حيث يتحول من اللون الأبيض إلى اللون البني أو الأسود.

7- المغنيسيوم

يدخل المغنيسيوم في تركيب جزئ الكلوروفيل كما يعمل كمنشط لكثير من العمليات الحيوية في النبات بتنشيطه للأنزيمات كما يدخل كمكون للرايبوسومات. ويتراوح تركيز المغنيسيوم في النباتات ما بين 0.1-0.4% تظهر أعراض النقص على الاوراق بشكل اصفرار بين العروق كما تجف الاوراق السفلية نظرا لانه يتحرك باتجاه الاوراق الحديثة فى الاعلى.

يوجد المغنيسيوم في مخلفات الحيوانات بكمية كافية لإمداد النبات كما يمكن أضافة الأسمدة التي تحتوي عل المغنيسيوم مثل ($MgSO_4$).

8- الكبريت

يدخل الكبريت كعنصر أساسي في تركيب الاحماض الامينية المكونة للبروتينات مثل السيستين، والسستايين، والمثيونين و 90% من الكبريت الموجود في النبات يتواجد في هذه الأحماض الأمينية. تتميز أعراض النقص لعنصر الكبريت بظهورها على الاوراق الحديثة على شكل اصفرار لأن العنصر بطئ التحرك من الاوراق القديمة للحديثة.

يوجد الكبريت في صورته العضوية في مخلفات الحيوانات ويمكن أضافتها للتربة عند نقص الكبريت. كما يمكن مكن أضافة الأسمدة التي تحتوي على الكبريت مثل المونيوم بولي سلفيت (Ammonium Polysulfide) (NH_4S_x) وكذلك اليوريا سلفريك اسيد(Urea-Sulfuric Acid).

ب- العناصر الصغرى

يحتاج النبات العناصر الصغرى بكميات ضئيلة للقيام بالعمليات الحيوية ونقص هذه العناصر يؤثر على النمو والإنتاجية.تشمل العناصر الصغرى ما يلي:

1- الحديد

يعتبر الحديد عنصراً هاما في تكوين مادة الكلوروفيل وهو ضروري لتكوين البروتين المكون للكلوروبلاستيدات كما يعتبر ضروريا في العمليات الحيوية كالبناء الضوئي والتنفس. كما يدخل كمكون لجزيئات البروفايرين(Prophyrin) والسيتوكرومات والليجهيموجلوبين (Leghemoglobin) والفيركروم (Ferrichrome) والهيماتين (Hematin) وهي ضرورية في تفاعلات الاكسدة والاختزال أثناء عمليتي البناء الضوئي والتنفس.

تظهر أعراض النقص على شكل إصفرار على الورقة خاصة الحديثة وتصفر جميع أجزاء الورقة ما عدا العرق الوسطي والعروق الجانبية والتي تبقى خضراء . الاوراق المتكونة في النباتات التي تعاني من نقص الحديد تكون صغيرة وذات لون أبيض.

تتأثر قابلية الحديد للامتصاص تبعا لنوعية التربة وتركيز العناصر فيها مثل الفوسفات والمنجنيز وأهم عامل يؤثر على الامتصاص هو pH. التربة ويمتص الحديد على هيئة Fe^{2+} أو Fe^{3+}.

تحتوي مخلفات الحيوانات على نسبة قليلة من الحديد المتاح وتتراوح النسبة مابين 0.4-2 رطل /طن مخلفات.

2- الزنك

يعمل الزنك كمنشط للإلنزيمات في النبات ووبناء البروتينات والكربوهيدرات وكذلك إنتاج وتكوين الكلوروفيل.كما أن الزنك هام في عملية إنتاج التربتوفان(Tryptophane) وهو المكون لبعض البروتينات واللازمة لإنتاج هرمونات النمو (الأكسينات) مثل الأندول أسيتيك أسيد (IAA). يسبب نقص الزنك ظهور أشرطة طويلة بين عروق الورقة وموت المناطق ما بين العروق وشدة النقص تؤدي لتكوين أوراق صغيرة وأفرع ذات سلاميات قصيرة جداً نتيجة لنقص إنتاج هرمونات النمو.يتأثر إمتصاص النبات لهذا العنصر بوجود بعض العناصر الأخرى مثل Fe^{2+} وCu^{2+} و Mn^{2+} بسبب التنافس بين هذه العناصر على مواقع الإمتصاص في الجذر.

3- المنجنيز

يدخل المنجنيز في بناء الأحماض العضوية في النبات. كما أن العنصر مهم في عملية التمثيل الضوئي وتحديدا في عملية تحويل الاكسجين. عنصر المنجنيز عنصر غير متحرك نسبيا وتظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولا. يوجد المنجنيز في مخلفات الحيوانات بنسبة تتراوح ما بين 0.1-

1 رطل/طن مخلفات وبذلك يمكن تعويض النقص في العنصر بإضافة المخلفات للتربة. كما يمكن استخدامسلفات المنجنيز($MnSO_4$) كمصدر غير عضوي للمنجنيز بإضافتها للتربة.

4- النحاس

يدخل النحاس كعامل مساعد في عملية الأكسدة وكذلك كحامل للأكسجين. يتميز النحاس بأنة ضروري لعمل للأنزيمات وعدم استطاعة أي عنصر آخر القيام بوظائف النحاس.هنالك العديد من العلامات التي يظهرها النبات استجابة لنقص النحاس. هذة العلامات تشمل ظهور جيوب صمغية بين القلف والخشب. كما وموت القمم النامية للأفرع مع اصفرار لحواف الأوراق ثم احتراقها.. يوجد النحاس بصورته العضوية بنسبة ضئيلة في مخلفات الحيوانات تتراوح 0.04-0.6 رطل/طن مخلفات. كما يمكن إضافة كبريتات النحاس ($CuSO_4$) عند ظهور أعراض النقص.

5- البورون

يعتبر البورون من العناصر الهامة للنبات فهو يؤثر على تطور الخلايا الجديدة في الأنسجة المرستيمية.. كما يؤثر على عملية نقل السكريات والنشأ والنيتروجين والفسفور.تكوين الاحماض الأمينية والبروتينات.كما أنه يؤثر على عملية تكوين العقد البكتيرية في البقوليات.. كما يعمل العنصر على تنظيم أيض الكربوهيدرات في النبات. لأن العنصر لا يتحرك من الأنسجة القديمة للحديثة. تبدا أعراض نقصه بتوقف البرعم القمي عن النمو ثم موت الاوراق الحديثة بعد أن تتلون باللون الأخضر الشاحب في قاعدتها .يوجد البورون بكميات ضئيلة في مخلفات الحيوانات تتراوح ما بين 0.1-0.2 رطل /طن مخلفات.ويمكن علاجح نقص البورون بإضافة البوراكس للتربة أو الرش بمحلول رابع بورات الصوديوم.

6- الموليبدينم

يعتبر الموليبدنيم مكون أساسي للأنزيم المختزل للنترات(NO_3^-) والذي يحفز تحول النترات إلى أمونيا (NO_2^-) ومعظم تركيز الموليبدنيم في النبات موجود في هذا الإنزيم.كما يوجد العنصر بتراكيز مرتفعة في العقد البكتيرية في جذور النبات البقولية.كما يؤثر العنصر على إمتصاص ونقل الحديد. عند نقص الموليبدينم يظهر ذلك على شكل تبقع (chlorosis) على الاوراق الحديثة. يعتبر تركيز العنصر ضئيلا في المخلفات الحيوانية ويتراوح 0.0002-0.01 رطل/طن مخلفات. يمكن استخدام الموليبدنيم ترايوكسايد (MoO_3) عند نقص الموليبدنيم.

العوامل البيولوجية Biological Factor

تشكل الكائنات الحية في التربة كماً كبيراً قد يصل إلى حوالي 12طن/هكتار وتقسم الكائنات الحية في التربة إلى مجموعتين المجموعة النباتية وتشمل البكتريا والفطريات والطحالب والمجموعة الحيوانية وتشمل البوتوزوا – النيماتودا والديدان الأرضية والحشرات والقواقع والقوارض والعناكب.

وللكائنات الحية نباتية وحيوانية منافع ومضار للنباتات فنتيجة لتحلل الكائنات النباتية والحيوانية تؤدي إلى زيادة المواد العضوية والتي تؤدي إلى تحسين خواص التربة ، كذلك فإن وجود بعض أنواع البكتريا مثل البكتريا العقدية التي تعيش في جذور نباتات العائلة البقولية معشية تعاونية فتؤدي إلى تثبيت النتروجينالجوي. ويقدر مقدار ما تثبته هذه البكتريا حوالي 75 كجم ن / هـ .كما أن بعض الطحالب تقوم بتثبيث

الأزوت. وتقوم الفطريات الجذرية بإمدتد النبات بالفسفور وبعض العناصر الهامة. ومن الوجهة الأخرى تسبب بعض البكتريا والفطريات أمراضاً للنباتات.

التداخلات الحيوية للأدغال والمحاصيل

Interference

لقد أصبح شائعا في المجال الزراعي وجود العديد من التداخلات بين النباتات المختلفة تحت عناوين مختلفة (تضاد ، تداخل ، تعارض ، تصادم ، منافسة) وجميعها تعبر عن العلاقة المتعاكسة بين النباتات المختلفة في المحيط الواحد . قسم العلماء هذه العلاقة الى ثلاث مصطلحات رئيسة :

1- Allelospoly : والذي يعني استنزاف (انتزاع) وحدة او أكثر من متطلبات النمو من المحيط او ما يعبر عنه بالتنافس(Competition)
2- Allelomediation : والذي يعني التأثير غير المباشر من الأحياء المجهرية على النبات من خلال إفراز مركبات مثبطة للنمو أو محفزة للإصابة المرضية .
3- Allelopathy : والذي يعني طرح او أنتاج مركبات كيميائية من قبل النباتات الحية او أجزائها المتحللة إلى المحيط بحيث تأثر في النباتات المجاورة .

التنافس Competition

يحصل التنافس بين النباتات نتيجة لاستنزاف واحد او اكثر من عوامل النمو الاساسية مثل الماء او الضوء او العناصر المعدنية للتربة في نفس المحيط ، بحيث يعمل كل نوع جاهداً للحصول على متطلبات النمو الكافية في وسط تظهر فيه اعراض القص على النباتات الاخرى .

قد تظهر المنافسة بين نباتات النوع الواحد كما هو الحال عند زيادة الكثافة النباتية ، او قد تكون بين انواع مختلفة كنباتات الادغال والمحاصيل . كما ان التنافس قد يظهر على النبات الواحد كما هو الحال عند المنافسة بين الفروع على النبات او بين السنبلة الرئيسية وسنابل الفروع او بين الحبوب على السنبلة الواحدة .

تتمثل المنافسة بين الأنواع المختلفة في العلاقة بين الأدغال والمحصول ، اذ تسبب الادغال خسائر كبيرة للمحاصيل نتيجة لمنافستها على عوامل النمو ، ونتيجة لتلك المنافسة فان الانتاجية للمحصول الاقتصادي ستنخفض بشكل كبير او تنعدم في احيان اخرى ، كما ان نوعية المنتج قد تتردى بسبب الادغال فضلا عن زيادة التكاليف الناتجة من عمليات المكافحة. وربما تأخذ نباتات الادغال السيادة الاكبر على المحصول نتيجة لتكيفها العالي وقابليتها لاستنزاف عوامل النمو اكثر من المحصول.

المنافسة بين النباتات والادغال تكون على نوعين :

الاول : منافسة الانواع التي لها نفس المتطلبات الغذائية للمحصول الاقتصادي وقد تكون تابعة الى نفس العائلة او الجنس والنوع وغالبا ما تأخذ شكل وحجم المحصول الاقتصادي مثل نمو الشعير البري او الشوفان البري مع محصول الحنطة ، وهذه الانواع قد تنمو مع المحصول في نفس الظروف و يكون من الصعب فصلها ومكافحتها الا

باستعمال مبيدات عالية الانتخابية Selectivity herbicide ، وقد يطلق على تلك الادغال **مصطلح الادغال** الخبيثة nocuous weed .

الثاني : ادغال قد تختلف في متطلبات نموها مع المحصول مما يجعل **من** ضررها اقل حدة وطريقة مكافحتها اسهل.

اهم تطبيقات عامل المنافسة في القطاع الزراعي:

1- استعمال المحاصيل المنافسة competition crops : في بعض الاراضي شديدة الادغال يمكن استعمال بعض المحاصيل المنافسة او ما يطلق عليها بالمحاصيل **الخانقة** (smother plants) والتي يمكن ان تساهم في تقليل كثافة الادغال في الاراضي الزراعية ، مثل زراعة محصول الذرة البيضاء او الدخن **او** الجت ، وقد تتميز تلك المحاصيل بسرعة نموها وقابليتها على تحمل الظروف القاسية من جفاف او نقص المغذيات او قابليتها على اعادة النمو بعد الحش مثل الجت او البرسيم.

2- **استعمال الاصناف المنافسة** competition crops cultivars: تتميز بعض اصناف المحاصيل باختلافها في بعض الصفات المورفولوجية كالارتفاع والمساحة الورقية ووضعية الاوراق وشكلها والتبكير في النضج وسرعة النمو ، لذا فان منافستها للادغال قد تختلف باختلاف تلك الاصناف ، وبتالي امكانية اختيار تلك الاصناف وزراعتها في الاراضي الموبوءة بالأدغال . لقد اثبتت تجارب اجريت على اصناف مختلفة من القطن والذرة الصفراء والحنطة والسلجم والذرة البيضاء تفوق بعض الاصناف على غيرها في حاصلها في المعاملات التي تركت الادغال فيها بدون مكافحة

3- **الزراعة المتداخلة** Intercropping : قد يتم زراعة محصولين مختلفين في متطلبات نموها بصورة متداخلة ، والغاية من ذلك حماية المحصول الثاني في المراحل الاولى من الحرارة العالية او الرياح او تقليل منافسة الادغال لحين وصول المحصول الى مراحل متقدمة يمكن اكمال دورة حياته. مثال على ذلك **زراعة محصول الذرة الصفراء** مع محصول الباقلاء ، او زراعة البرسيم مع الشعير .

التضاد Allelopathy

يعرف الاليلوباثي بأنه ظاهرة بيئية معقدة تشمل التداخلات البيوكيميائية بين النباتات **والنباتات او** بين **النباتات** والإحياء المجهرية الاخرى، وتحدث هذه الظاهرة نتيجة لتحرر بعض المركبات الكيميائية (Allelochemicals) الى البيئة المحيطة بها وبطرائق مختلفة، فتؤثر سلبا او إيجابا في نمو ووظائف الأحياء المستقبلة لها. وهذه المركبات هي مواد ناتجة من عمليات الأيض **الثانوي للنبات** secondary metabolism كالقلويدات والفينولات و التانينات و الكومارينات و التربينات والفلافينويدات وغيرها ، و تنتج إما طبيعيا في داخل النبات كنواتج ثانوية تخزن داخل فجوة الخلية او تتحرر الى البيئة الخارجية لتؤثر في النباتات والأحياء الأخرى ، او تنتج عرضيا نتيجة الإصابة بإضرار ميكانيكية او فسيولوجية كالأمراض والحشرات و الاجهادات البيئية الأخرى ؛ تختلف أنواع هذه المركبات باختلاف النوع النباتي ومراحل نموه و الجزء النباتي الموجودة فيه و تزداد او تنخفض تراكيزها بتأثير عوامل بيئية وإحيائية مختلفة.

يؤدي الاليلوباثي دوراً هاماً في الأنظمة البيئية الطبيعية natural ecosystems والأنظمة الزراعية agroecosystem ، ففي الأنظمة البيئية لوحظ أن للاليلوباثي دورا مهما في تحديد التعاقب البيئي ecological succession وسيادة النبات plant dominance وتكوين المجتمعات النباتية plant communities **ومنع تفسخ البذور** seed decaying **وكمون البذور** seed dormancy **وطرز الغطاء النباتي** vegetational patterning **والغزو** invasion وسيادة بعض الأنواع النباتية . أما في الأنظمة الزراعية فيؤدي الاليلوباثي دورا هاماً في التداخلات الكيميائية بين المحاصيل والمحاصيل والأدغال والمحاصيل والأدغال و الأدغال والأحياء المجهرية كما يلاحظ أن له تأثيراً في بيئة المحاصيل البستنية **والغابات.**

تتحرر المركبات الاليلوباثية الى البيئة بالتطاير volatilization **او الغسل** leaching **او إفرازات الجذور** root exudates **او تحلل المخلفات** residues decomposition **من المجموع الخضري والجذري** والثمار بفعل الأحياء المجهرية الموجودة في التربة ،ولا يشترط أن توجد هذه المركبات في جميع أنواع النباتات . المركبات الاليلوباثية allelochemicals هي سموم نباتية لها المقدرة على أن تعمل **كمبيدات** طبيعية للآفات المختلفة او يطلق على تصنيفها بالمبيدات الجديدة والتي يمكن أن تستعمل بصورة مباشرة او من خلال تطويرها الى مبيدات جديدة.

أشارت العديد من الدراسات الى أن بعض النباتات قد تتأثر بالمركبات الاليلوباثية بصورة مباشرة من خلال تأثيرها في التراكيب الخلوية او في العمليات الفسلجية المختلفة مثل بناء البروتين و الهرمونات ونفاذية أغشية الخلايا وغلق وفتح الثغور وبناء الصبغات النباتية والبناء الضوئي والتنفس وتكوين الهيموغلوبين **البقولي** leghemoglobin وتثبيت النيتروجين Nitrogen fixation وعمل الأنزيمات **وسد الأنسجة الناقلة** وعلاقة الماء بالنبات واخذ الايونات . وقد يكون التأثير بصورة غير مباشرة من خلال التغيرات التي تحدثها في

صفات التربة وحالتها التغذوية nutritional status وفي نشاط الإحياء المجهرية النامية في التربة. **وتمتص** المركبات الاليلوباثية من **قبل جذور النباتات المستقبلة** receiver plants وتتحرك بطريقة النقل الفعال active transport بأوعية الخشب لتؤثر في العمليات الفسلجية للنباتات المستهدفة .

اهم التطبيقات الزراعية لظاهرة الاليلوباثي :

1- استعمال المركبات الاليلوباثية كمبيدات ادغال من خلال استخلاص تلك المركبات من قبل النبات الاليلوباثي . مثلا يستعمل مستخلص الذرة البيضاء والذي يدعى Sorgaab كمبيد ادغال في حقول القطن والذرة الصفراء والماش ، كما يستعمل مستخلص اليوكالبتوز بشكل واسع ضد الادغال وبعض الحشرات ، كذلك يتميز مستخلص زهرة الشمس بفعالية ضد بعض الادغال.

2- **استعمال** بعض المحاصيل الاليلوباثية كمحاصيل خانقة **للأدغال** : ان افراز جذور بعض المحاصيل مثل الذرة البيضاء وزهرة الشمس بعض السموم النباتية في التربة خلال دورة حياتها يمكن ان يقلل بشكل كبير **نمو بعض انواع الادغال** ، اذ تعمل تلك المركبات المتحررة من الجذور على تثبيط نمو **البذور بالتربة او** تنمو بشكل ضعيف لا يمكنها المنافسة فيما بعد ، او يكون التأثير **من خلال تحرر بعض الغازات الخانقة للأنواع** الاخرى الى المحيط مثل غاز الامونيا NH3 والذي يعمل على تثبيط انبات البذور ونمو البادرات كذلك تحرر غاز الاثلين والمعروف كهرمون مثبط للنمو / كما ان بعض الزيوت الطيارة في الخردل تعمل على تثبيط الكثير من الانواع النباتية.

3- استعمال مخلفات المحاصيل الاليلوباثية بشكل غطاء على التربة mulch : **اذ ان وجود مخلفات تلك** المحاصيل على سطح التربة يمكن ان يقلل كثافة الادغال بصورة مباشرة من خلال حجب الضوء عن **البادرات** النامية او بصورة غير مباشرة من خلال تحرر المركبات الاليلوباثية من تلك المخلفات مع مياه **الري او الامطار** والذي قد يستمر لفترة طويلة سيساهم في تثبيط الادغال التي تنو في وقد متأخر من نمو **المحصول.**

4- استعمال مخلفات المحاصيل الاليلوباثية بشكل مخلوط مع التربة Incorporated soil : تعمل عملية خلط المخلفات الى سرعة تحللها وتحرر المركبات الاليلوباثية منها مما يساعد في تثبيط بذور الادغال في التربة والتي عادة تبدا بالنمو خلال المراحل الاولى من انبات المحصول ، كما انها قد تحسن من صفات التربة الفيزيائية والكيميائية نتيجة لإضافة مركبات عضوية لها ، مثال على ذلك استعمال مخلفات زهرة الشمس او الذرة البيضاء او الحنطة في مكافحة ادغال الباقلاء او الماش .

التطفل Parasite

يعرف التطفل بشكل عام بانه معيشة كائن حي على الانسجة الحية لكائن حي اخر والاستفادة من منتجاته الغذائية ، وقد تكون هذه الظاهرة واضحة في بعض انواع الحشرات او الفطريات والبكتريا ، الا انها قد تكون قليلة في النباتات كونها كائنات يمكنها تصنيع غذائها بنفسها في عملية التمثيل الضوئي ، مع ذلك الا ان هناك بعض الانواع الشائعه من النباتات والتي تعتاش بشكل طفيلي على نباتات اخرى ، من امثلتها نبات الحامول الذي يتطفل على نبات الجت وبعض النباتات البقولية من خلال وجود مخالب تخترق نسيج الحاء للنبات العائل ، كذلك نبات الهالوك والذي يتطفل على نبات التبغ من خلال هايفات او كلاليب تخترق جذور النبات تحت سطح التربة . **انواع المتطفلات التي** لاتحتوي على صبغة كلوروفيل تدعى متطفلات كلية مثل الحامول والهالوك ، بينما توجد متطفلات تحتوي على صبغة كلوروفيل وبامكانها تصنيع غذائها بعملية التمثيل الضوئي مثل الدبق والهدال مع ذلك فانها ترسل ماصات تخترق انسجة بعض الاشجار لاخذ المواد الخام من انسجتها ، و**هذه تدعى بالمتطفلات** الجزئية .

علاقة الاحياء المجهرية والنبات

Relationship between plant and microorganism

تلعب الاحياء المجهرية دورا كبير في النظام البيئي ، فعلى عاتقها تقع عملية تدور مصادر الطاقة واعادها الى صورتها الاولى لتصبح جاهزة للنبات مرة اخوى ، كما انها ترتبط مع النبات والكائنات الاخرى بعلاقات كبيرة تشكل بمجملها نوعا من التوازن الطبيعي في المحيط البيئي .

تضم الاحياء المجهرية كل الكائنات الدقيقة او البدائية المعيشة او البدائية النواة مثل الفايروسات والبكتريا والفطريات وقد تشمل بعض انواع الطحالب ، تتميز اغلب تلك الاحياء بانها من نوع غير ذاتية التغذية Heterotrophic والتي تعتمد على تغذيها على مصادر عضوية حية او ميته.

تقسم الاحياء المجهرية في المحيط البيئي الى قسمين اساسية :

1- احياء مجهرية رمية التغذية

2- احياء مجهرية متطفلة .

الاحياء المجهرية الرمية التغذية :

يشكل هذا النوع من الاحياء اهمية كبيرة للنظام البيئي ، فعلى عاتق هذا النوع من الاحياء تقع مسؤولية اعادة تدوير المركبات العضوية في الطبيعة وتحويلها الى مركبات معدنية يمكن ان تستثمر من قبل النبات في عمليات البناء والانتاج . تشكل هذه الانواع النسبة الاكبر من الاحياء المجهرية في المحيط وتضم انواع واجناس كبيرة من البكتريا والفطريات والاشنات .

يشمل هذا النوع من الاحياء مجموعتين اساسية يمكن ان تشكل علاقة فائدة مع النبات :

1- احياء مجهرية **مفككة** Decomposers microorganisms تقوم بتحليل المركبات العضوية الموجودة في التربة وتحرير العناصر بصورة معدنية (ايونية) وتجهزها للنبات بصورة مباشرة ، **تستخدم** العديد من هذه الاحياء مثل الفطريات المواد العضوية كمصدر للكربون والطاقة مثل السكريات الأحادية والثنائية والمعقدة والأحماض العضوية والنشا والبكتين والسليولوز والدهون واللجنين وبعض هذه المواد تستطيع البكتيريا تحليلها، كما تستخدم كثيراً من المواد النيتروجينية والمعقدة كمصدر للنيتروجين، وعلى ذلك فالفطريات تلعب دوراً هاماً فى تحلل السليولوز والهيميسليولوز والبكتين فى الأراضى، كما يمكن أن تلعب دوراً فى معدنة Ammonification النيتروجين **او الفسفور** العضوى، أى أنها تقوم بتحليل المواد المعقدة تكوين الدبال فى **الأرضي** ، وقد تتضمن انواع الاحياء **التي تقوم** بتحويل العناصر من صورة الى اخرى او تحريرها من الجزء الصلب في التربة الى الجزء السائل بعملية التجوية weathering .

2- الاحياء حرة المعيشة في التربة Free living microorganisms والتي يمكن ان تجهز النبات ببعض العناصر الغذائية بشكل غير مباشر بعد تثبيتها من الجو او في داخل التربة مثل عنصر النتروجين والكبريت ، من اهم هذه الاحياء بكتريا الازوتوبكتر و الكلوستريديوم (Azotobacter and Clostridium) **والطحالب الخضراء**

المزرقة (Blue green algae) و(Anabana azooll) والتي لها القدرة على تثبيت النيتروجين الجوي أيضا. اما الاحياء المثبتة للكبريت Chemotrophic sulphur bacteria مثل Biggiatoa,Thiothrix ، والتي تحت الظروف الهوائية تقوم بأكسدة الكبريت العنصرى (S) إلى حمض الكبريتيك H2SO4، كما يمكن أيضاً للكبريت العنصرى (S) أن يتأكسد بواسطة البكتريا الذاتية التغذية الكيماوية مثل Thiobacillus ويمكن تمثيل تلك العملية بالمعادلة التالية :

$$H2S + O2 \text{ ----------} \rightarrow 2H2O + 2S + E2$$

$$S + 3O2 + 2H2O \text{ ----------} \rightarrow 2H2SO4 + E2$$

net ——————

$$\text{net: } 2H2S + 4O2 \text{ -------} \rightarrow 2H2SO4 + E$$

الاحياء المجهرية الطفيلية Parasitic microorganism

تتطفل الكثير من الاحياء المجهرية على النبات والكائنات الحية الاخرى فتسبب لها بعض الامراض او الأضرار التي قد تتمثل في التغذية عليه أو إتلافه أو تسميمه بالمواد التي يفرزها المتطفل **والتطفل نوعان:**

أ- تطفل اختياري، **اذ** يستطيع المتطفل أن يعيش في غياب العائل ويحصل على غذائه من مواد عضوية غير حية.

ب- تطفل إجباري، لا يستطيع المتطفل الحياة في غياب العائل كالفيروسات والأصداء التي تصيب المحاصيل الحقلية والخضرية.

من المهم هنا الاشارة الى ان التطفل ليس بالضرورة ان يكون مضر بالنبات دائما ، وانما قد تكون حالة التطفل ذات منفعة متبادلة بين الكائن المجهري والنبات وهي ما تعرف بالأحياء ذات المعيشة التكافلية (Symbiotic microorganisms) والتي تكون في الغالب ذات فائدة للنبات اكبر من مضار حالة التطفل كما هو الحال مع بكتريا الرايزوبيوم (Rhizobium) والمتعايشة مع جذور البقوليات بكتريا الاوزوسبرليم Azospirillum والمتعايشة مع جذور النجيليات وتقوم بتثبيت النيتروجين الجوي Nitrogen fixation . كما ان الفطريات مثل المايكورايزا Mycorrhiza والمتعايشة مع العديد من الأنواع النباتية ترفع كفاءة النبات في امتصاص عنصر الفسفور .

التطبيقات في الزراعة

1- التلقيح بالبكتريا المتعايشة المثبتة للنتروجين ، **اذ** تستعمل أنواع البكتريا التابعة إلى الجنسين ريزوبيوم Rhizobium وBradyrhizobium بعد تنميتها في أجهزة خاصة (مخمرات fermenters) وتحميلها على مواد عضوية مناسبة لتلقيح النباتات البقولية المتوافقة مع هذه الأنواع بهدف زيادة كمية النتروجين **المثبت وخصب الترب.**

2- **التلقيح** بالأحياء المثبتة **ل**لنتروجين على نحو حر: يعود الفضل في محافظة أراضي الصين وجنوب شرق آسيا **على خصوبتها** إلى نمو الأحياء الدقيقة في الوسط المائي الذي يغمر به الأرز أو على سطح تربته، وتتميز هذه الأحياء

بقدرتها على تثبيت النتروجين الجوي على نحو حر معوضة الفاقد من التربة. إن تشجيع انتشار هذه البكتريا ونموها أو التلقيح بها أوبـ Azolla له أثر بيئي مهم في توفير النتروجين ورفع خصوبة التربة.

كما إن إضافة بعض أشكال البكتريا المثبتة للنتروجين بصورة حرة غير ذاتية التغذية مثل Azospirillum وBeijerinckia وAzotomon وAzotobacter قد أعطت نتائج إيجابية في كثير من الحالات وخاصة في الترب التي تتميز بنقص النتروجين وارتفاع نسبة الكاربوهدرات فيها.

3 ـ التلقيح بالبكتريا المحللة للفوسفات: تمتاز بعض أنواع البكتريا الموجودة في التربة بالقدرة على تحويل الفوسفات الثلاثية غير المتيسرة للنبات إلى فوسفات ثنائية أو أحادية، وترتبط معظم التحولات الجرثومية للفوسفات بالتحول من الصيغة غير الذائبة إلى الذائبة المتحركة. والصيغة الأكثر شيوعاً للفوسفات هي فوسفات الكالسيوم الثلاثية التي تستطيع بعض الأحياء إذابتها لتمثيلها أو لجعلها صالحة للاستعمال من أحياء أخرى، وتعتمد آلية الإذابة على إنتاج الكائن الحي لأحماض عضوية أو معدنية.

4 ـ التلقيح بفطريات الميكوريزا: تجني النباتات الفائدة نتيجة تعايش هذه الفطريات على جذورها وبخاصة في مجال التغذية الفوسفورية وتحمّل الجفاف وغيرها.

5 ـ استعمال خلائط جرثومية وعضوية لإخصاب التربة وتحليل المخلفات: تصنع بعض الشركات أو المؤسسات خلائط من جرثوميات التربة النافعة المختلفة وتحمّل هذه الجرثوميات على مواد عضوية نصف متحللة للمحافظة على حيويتها أثناء التخزين والنقل، وتستعمل هذه الخلائط في الإنتاج الزراعي المكثف للنباتات لارتفاع كلفته.

6 ـ استعمال التقانات الحديثة المتطورة في الهندسة الوراثية للحصول على سلالات جرثومية لأغراض معينة مثل زيادة قدرة السلالات على تثبيت النتروجين الجوي أو تحطيم الخشب وتطوير سلالات منافسة للسلالات المرضية من الجرثوميات أو تحليل المبيدات وبقاياها أو التخلص من ملوثات التربة.

التغايرات المكانية في شدة الضوء :- Spatial Variation in light Intensity

شدة الضوء تختلف من مكان لآخر وان التغايرات الفضائية في شدة الضوء يمكن إن تعود إلى الأسباب الآتية :-

1- تأثيرات الغلاف الجوي Effecting atmosphere

عندما يمر الضوء من خلال الغلاف الجوي للأرض فان نسبة صغيرة من الأشعة ذات الطول الموجي القصير تمتص بواسطة غازات الغلاف الجوي وخاصة النيتروجين والأوكسجين ،المناطق الأكثر ارتفاعا تستلم ضوء اسطع من الذي تستلمه المناطق الأقل ارتفاعا (عن مستوى سطح البحر) **وذلك لان سمك طبقة الغلاف الجوي اقل في المناطق المرتفعة من والى المناطق المنخفضة .**

البخار الموجود في الغلاف الجوي له تأثير على شدة الضوء وفي اليوم الغائم فان الإشعاع يقل بمقدار 4% **من** الشدة الاعتيادية وعندما يكون الغلاف الجوي مشبع بالضباب والغيوم نسبة عالية من الأشعة الضوئية ذات الموجات الطويلة مثل الأشعة تحت الحمراء والأشعة المرئية تمتص بواسطة رطوبة الغلاف الجوي وان الأشعة الضوئية ذات الأطوال الموجية القصيرة والأشعة فوق البنفسجية تمتص بواسطة الجزئيات الغازية وقطرات البخار وان الضوء الذي يصل إلى سطح الأرض تحت مثل هذه الظروف يطلق عليه الضوء المنتشر (Diffused Light) **أو الضوء السماوي** (Skylight) . الضوء المنتشر في يوم مليء بالغيوم يشكل أكثر **من** 50% من الضوء الكلي وفي يوم صحو ربما يشكل حوالي (1 -15 %) **من الضوء الكلي . إن الاختلاف في شدة الضوء حسب الارتفاعات** عن مستوى سطح البحر يعود إلى ارتفاع الشمس فوق الأفق وهذه مهمة جدا .

عند خط الاستواء يكون الضوء شديد ويحتوي على نسبة عاليه من ضوء الشمس المباشر وباتجاه القطبين فان شدة الضوء المباشر تقل ونسبة الضوء المنتشر تزداد .

2- تأثير الماء Effect of Water

في الوسط المائي شدة الضوء تقل وان هذا الانخفاض يزداد كلما ازداد عمق الماء . حوالي 10% من ضوء الشمس الساقط على سطح الماء ينعكس و 90 % منه يخترق الماء وان التغيير الذي يحدث في الضوء له علاقة بالشدة ، الطيف الذي يتكون منه الضوء ، التوزيع الزاوي ، وقت التوزيع ، النباتات المائية ، الحيوانات المائية والجسيمات العالقة في الماء تعكس أو تمتص الأشعة الضوئية ، النباتات المغمورة تحصل على ضوء اضعف من النباتات الموجودة على السطح وذلك لان نسبة من الضوء الساقط على سطح الماء ينعكس والجزء الأكبر من الضوء النافذ يمتص بواسطة الطبقة السطحية . عندما يصل الضوء إلى سطح الماء فان نسبة كبيرة من الأشعة للموجات القصيرة مثل البنفسجي والنيلي والأزرق والأخضر تنعكس والجزء المبقي من الضوء يتم امتصاصه وهذا يفسر لماذا تبدو الأجسام المائية خضراء مزرقة اللون .

إن انعكاس الضوء يزداد عدة مرات في سطح الماء الخشن وهنالك اختيارية بالامتصاص للضوء في الأعماق المختلفة للماء أي كل عمق يمتص موجات ضوئية معينة . إن أشعة الموجات الطويلة تمتص بالقرب من السطح وبشكل عام فان الموجات القصيرة تنفذ إلى أكثر عمقا لذا فان الأشعة تحت الحمراء تمتص من الطبقات العليا للماء حوالي(4م) الأحمر والبرتقالي تمتص تماما في طبقة (20م) ، الأشعة الصفراء ربما تنفذ إلى (50م) والأشعة الزرقاء والخضراء تنفذ إلى عمق (80 – 100 م) ، الأشعة البنفسجية وفوق البنفسجية تنفذ إلى أكثر من (100 م) و لايوجد ضوء ينفذ إلى عمق بحدود (200م) . واستنادا إلى نفاذية الضوء فان المحيطات يمكن إن تقسم إلى ثلاث مناطق هي :-

أ- منطقة مضاءة Euphotic Zone :- إلى حد عمق (50م) .

ب- منطقة مشتتة للضوء Disphotic Zone :- إلى حد عمق (80 – 200م) .

ت- المنطقة المظلمة Aphotic Zone :- تحت عمق (200م) .

في المحيطات فان الطحالب تنتشر وفقا لطول الموجات الضوئية للأشعة وحسب لونها الذي يكون مفضلا لديها لكي تمتصه وتستفاد منه فالطحالب الخضراء تتواجد في منطقة المد والجزر ، الطحالب البنية اللون تنزل إلى أعماق أكثر والطحالب الحمراء تمتاز بأنها توجد في مياه المحيطات العميقة . الضوء يملك طاقة كافية لكي ينفذ وان التمثيل الضوئي يحصل في بعض النباتات والتي ربما تكون مغطاة بطبقة من الجليد سمكها يصل إلى (40سم) .

3- تأثير الدقائق العالقة :- Effect of suspended Particales

الغبار والدخان والدقائق الصلبة الأخرى التي تنتشر في الهواء أو الماء لها تأثير كبير في عملية حجب الضوء . الدخان الذي ينبعث من المصانع في بعض المواقع ربما يحجب 90% **من الضوء** .

4- تأثير طبقات الكساء الخضري Effect of layers of vegetation

في المجتمعات النباتية المعقدة مثل الغابات فان النباتات الأطول تستلم كل أشعة الشمس الساقطة والشجيرات التحتية تستلم ضوء مخفف أو الضوء المنتشر والأعشاب تستلم ضوء ضعيف ..... وفي الغابات الكثيفة فان تشابك الأغصان والأوراق تسيطر تماما على نفاذ الضوء وتقلله إلى اقل من 1% **من الضوء الكلي الواصل إلى سطح الغابة** .

التغايرات الزمانية في الضوء :-Temporal Variation in Light

إن شدة الضوء في فصل الصيف تكون عاليه جدا مقارنة بالشتاء حيث تكون ضعيفة عند غروب الشمس في الشتاء وتكون أقوى عند وسط النهار . إن هذه التغيرات ناجمة عن التغير في زاوية سقوط الإشعاع على **الأرض فعندما تكون الشمس في الأفق فان الإشعاع** يخترق طبقة من الهواء اكثر سمكا بـ (20 **مرة**) **مقارنة** بالسمك الذي تخترقه فيما لو كانت الشمس فوق الرأس عند الظهر .

عند خط الاستواء فان النهار يكون 12**ساعة كل** 24 ساعة في كلا الفصلين (الصيف والشتاء) . في المناطق القطبية فان الفترة الضوئية (طول النهار) يزداد ويصبح أكثر من 12 ساعة صيفا ويقل عن 12**ساعة في** الشتاء ، إن جاهزية الضوء السماوي (Skylight) **أو الضوء المنتشر** (Diffused Light)**قبل** شروق الشمس وبعد الغياب ذو أهمية بيئية كبيرة .

ضوء القمر يلعب دورا مهما في حياة النبات وفي بعض الأحيان يمكن إن يوفي متطلبات بعض البذور ، يساعد على تحلل النشأ في الأوراق ، له علاقة في حركة أوراق البقوليات ليلا ، تحفيز جيني في بعض الطحالب البرية .

أهمية الضوء للنبات :- Important of light of Plant

الأرض تعد جسم صغير في المجموعة الشمسية وتستلم فقط من (1 – 50) جزء من المليون من **مجموع** الأشعة الشمسية التي تصل إلى الكون . إن رحلة الطاقة الشمسية من الشمس إلى سطح الأرض يحصل لها تحوير أو تغيير نتيجة مرورها من خلال طبقة الغلاف الجوي العلوي (Stratosphere) والتي سمكها (15 – 60 كم) وطبقة الغلاف الجوي التي تحيط الأرض وتحوي طبقة الاستروتوسفير على منطقة الأوزون وهي المنطقة التي تمتص الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة والتي تكون مؤذية .

هناك عدة طرق لقياس طاقة الأشعة الشمسية ووحدة قياسها هي الارك أو كيلوكالوري وان أي طاقة ساقطة على آية مكان يعبر عنها بالـ (سعره / سم3 / دقيقة)

المحيط الجوي Biosphere

وعرفه فيرنادسكي (بأنه الغلاف الذي توجد فيه الحياة) . وتمتد حدوده من 30 - 50 **مترًا فوق سطح ا لتربة ومن ١٠ –** 12 مترا في باطنها كما يشمل كامل عمق البحيرات وإلى عمق **٣٥ - ٤٠٠ متر في البحار** والمحيطات ، وللمحيط الحيوي، الذي يتآلف من مجموع النظم البيئية Ecosystems **الموجودة في العالم .**

: قام فاستعاض عن النظم البيئية الطبيعية بأجهزة اصطناعية، واستعاض عن السلاسل الغذائية وعن العلاقات المتبادلة بين الكائنات والمواد المميزة للنظم البيئية بنمط آخر من العلاقات بين المحصول المزروع والبيئة المحيطة به، إلى هذا الهدف، وأكبر خطأ ارتكبه الإنسان في تفهمه لاستثمار الأرض زراعياً هو اعتقاده بأنه يستطيع استبدال

العلاقات الطبيعية المعقدة الموجودة بين العوامل البيئية النباتات بعوامل اصطناعية مبسطة، فعارض بذلك القوانين المنظمة للطبيعة، وهذا ما جعل النظم الزراعية مرهقة وسريعة العطب

يمكن تلخيص وظائف النظم البيئية المختلفة بغض النظر عن حجمها وموقعها لغرض **استمرار** ديمومة الحياة فيها بوظيفتين أساسيتين هما: الوظيفة الأولى تتركز بالسماح لسيل الطاقة ووصولها إليها وتحويلها من حالة إلى حالة أخرى يمكن الإستفادة منها في المستويات الإغتذائية المختلفة فضلا عن إمكانية تحويل العناصر ضمن النظام من الحالة اللاعضوية إلى الحالة العضوية ودورانها بوصفها وظيفة ثانية.

وقد أشار العالم أودم Odum إلى أن النظم البيئية تمارس عملية تطويرية منظمة مما يؤدي إلى تحور في المحيط الفيزياوي عن طريق الكائنات الحية المتواجدة في النظام بغض النظر عن كونها منتجة أو مستهلكة أو محللة.

ان اية نظام بيئي يكون a discrete تركيبا وظيفيا و نظام محيطي داعم للحياة . ان النظام المحيطي يتضمن المكونات الحية وغير الحية في الموطن البيئي . ان المكون الاحيائي للنظام البيئي يتضمن كل الكائنات الحية ، النباتات ، الحيوانات والاحياء الدقيقة بينما المكونات غير الحية تتضمن المواد غير العضوية والطاقة . المكونات غير الحية تجهز الحشوة لبناء وادامة المركبات العضوية (البروتوبلازم) .

ان عمليات البناء والادامة تتضمن تبادل الطاقة وان تلك الطاقة تاتي من الشمس بهيئة ضوء او طاقة او طاقة اشعاع وهكذا فان أي نظام بيئي يتضمن المكونات الوظيفية الاتية :-

1- المكونات غير العضوية Inorganic Constiturnts :- والتي تشمل (الهواء ، الماء والاملاح المعدنية)
2- كائنات حية (نباتات ، حيوانات ، احياء دقيقة) .
3- **طاقة داخلة والتي تاتي من الخارج (الشمس) .**

هذه المكونات تتفاعل وتشكل النظام المحيطي . ان المكونات الغير عضوية يتم تمثيلها الى مركبات عضوية بواسطة **النباتات الخضراء** (Primary Producers) من خلال عملية التمثيل الضوئي ويستفاد من **ضوء الشمس في تلك** العملية النباتات الخضراء تصبح مصدر للطاقة المتجددة لاكلات الاعشاب (Herbivores) والتي بدورها تصبح **مصدر للطاقة لاكلات اللحوم** (Carnivore's) وان الحيوانات وبكل انواعها تنمو وتضيف مادة عضوية الى وزنها **لتشكل وتكون مصدر للطاقة التي تكون على شكل** مركبات عضوية معقدة والتي تؤخذ على شكل غذاء وهذه تعرف بالمنتجات الثانية . ان كل الكائنات الحية سواء كانت نباتات او حيوانات في أي نظام بيئي محدودة الحياة التي تقضيها

لتموت بعدها . ان البقايا العضوية للنباتات والحيوانات الميتة تجهز الغذاء للاحياء المجهرية الرمية (Saprophyte) مثل البكتريا والفطريات وبعض الحيوانات الاخرى .

ان الرميات في النهاية تحلل التراكيب العضوية وتكسر الجزيئات المعقدة لتطلق مركبات غير عضوية الى محيطها . وهذه الكائنات الحية تعرف بالمحللات .

يقصد بالبيئة جميع العوامل الخارجية التي تحيط بالكائن الحي والتي تؤثر فيه وتتأثر به بشكل أو بآخر .

تعتمد الزراعة على أربعة علوم رئيسيه تشكل حجر الزاوية لعلوم الزراعة وهي الكيمياء بفروعها والوراثة والفسلجة والبيئة وهنالك علوم ذات تأثير ثانوي كالفيزياء والرياضيات والإحصاء .... الخ

والتمثيل الضوئي الذي ينتج المادة الجافة والتي غالبا ما يشكل الحاصل الاقتصادي جزء منه أو يكون حاصل المادة الجافة كله حاصل اقتصادي كما في محاصيل العلف والنباتات الرعوية وبعض الخضروات كالكرفس والريحان والسلق ..... الخ . اذ إن عملية التمثيل الضوئي هي عملية فسيولوجية تتم وفق مجموعة من التفاعلات الكيميائية تبدأ من اعتراض ضوء الشمس وانتهاء بتراكم المادة الجافة وترتبط صافي التمثيل الضوئي للمادة الجافة بفعاليات فسيولوجية أخرى كالتنفس والتنفس الضوئي وعمليات النقل والعلاقات المائية والتغذية المعدنية ..... الخ .

تتأثر هذه الفعاليات بعوامل البيئة المحيطة بالنبات مثل عوامل المناخ والتربة والطبوغرافية والعوامل الإحيائية والموقع . لذا فان دراسة عوامل البيئة من خلال ما يسمى بعلم البيئة Ecology يعد موضوعا مهما في التطبيقات العلمية الزراعية .

تعريف علم البيئة (Definition of Ecology)

علم البيئة Ecology مصطلح انحدر من أصل إغريقي من كلمة (Oikos) ويعني مكان العيش وكلمة (Logia) ونعني الدراسة وقد اقترحها العالم البيولوجي الألماني ايرنست هيكل (Ernst Haekel) عام 1869 للتعريف بالعلم الجديد كأحد العلوم البيولوجية وتحت مصطلح Oecology وعلم البيئة هو علم حديث التطور خلال القرن الماضي والتعريف المعتاد لعلم البيئة هو دراسة علاقة الكائن الحي أو الكائنات الحية بمحيطها (وهي علاقة تبادلية)

وباختصار فانه علم المحيط الحي وللدلالة على علم البيئة بكلمات نقول انه (العلاقات البيولوجية للمحيط Biological relations of Environment) . وبما إن النبات كائن حي ويتأثر بعوامل المحيط ويؤثر به لذا فإنناسندرس جزء من علم البيئة والذي يسمى علم بيئة النبات (Plant Ecology) .

يعرف علم البيئة على انه العلم الذي يهتم بدراسة المحيط المؤثر في النبات وطريقة استفادة ذلك النبات واستجابته لعوامل ذلك المحيط وما سينتج عن تلك الاستفادة . إن طريقة التفاعل بين النبات ومحيطه ليست عملية بسيطة بل هي معقدة وتأخذ وجوها عديدة ، فهي أما تتعلق بـ :-

- أهمية عوامل المحيط المختلفة بالنسبة للنوع النباتي (Species) .
- أهمية عوامل المحيط المختلفة بالنسبة للمجتمع النباتي (Community) .
- قابلية ذلك النوع لاستثمار تلك العوامل والسيادة عليها والتفاعل معها .
- دراسة الوسائل التي مكنت النباتات من النجاح في بيئتها ومنها تكيفها لها وتنافسها مع بعضها .

ويمكن تعريف علم البيئة النباتية على انه هو النتيجة المتأتية من العلاقة بين النبات ومحيطه والتي تنعكس في انتشار أو انحسار النوع أو المجموعة لذلك فان علم البيئة النباتية هو دراسة العلاقة بين النبات ومحيطه ودراسة أهمية ذلك في وجود وتطور وتوزيع النباتات في بيئات محدودة أو في أقاليم جغرافية واسعة .

التطور التاريخي لعلم البيئة History of Ecology :-

بدا علم البيئة منذ عهد الفلاسفة اليونانيون كابوقراط وأرسطو (460 – 322 ق . م) وقد دلل ثيوفراستس Theophrastes (371 – 286 ق . م) على علاقة النبات بمحيطه بشكل واسع وأكثر ممن سبقوه وفي احد أعماله قال (إن الموقع والمناخ لهما تأثير مهم على نمو الساق والتربة الغنية جدا ممكن إن تكون مؤذية وان الماء المالح مضر بالنبات وان ماء الشرب غير مغذي للنبات) وناقش كثير من الأمور كالأمطار والحرارة والتربة والحاجة للأملاح والعشرات .

وقد أعطى العرب في النبات كثيرة للطب والصيدلة ومنهم :-

- عبد الله الأصمعي .
- الخليل بن احمد الفراهيدي (قام بجمع أسماء النباتات) .
- ابن الإعرابي .
- أبو عبيد القاسم ابن سلام .
- داود الأنطاكي .