البيئة النباتية

الفرقة الاولي شعبة اساسي علوم

PROF DR/ MOHAMED KAMEL AHMED

العام الجامعي **2023/2024**

الفصل الدراسي الثاني

المحتـــــويات

الموضوع	الصفحة
علم البيئة	3
النظام البيئي	5
علم البيئة النباتية ، مفهومه ، مبادئه ، أقسامه	9
علاقة علم البيئة النباتية بالعلوم الأخرى	10
العــوامل المناخيــة	13
أولاً – الضوء	14
ثانياً – درجة حرارة الهواء	26
ثالثاً – الرطوبة الجوية	37
رابعاً – الهطول	46
خامساً – الرياح	53
العــوامل الترابيــة	62
العــوامل الإحيائيــة	76
التعاقب النباتي ، مفهومه وأنواعه	94
المراجع :	107

علم البيئـــة Ecology

مفهوم علم البيئـــة Ecology :

علم البيئـة هو أحد فروع علم الحياة Biology الذي يعنى بدراسة العلاقـات المتبادلـة بين كافة أنواع الأحياء سواءً كانت نباتية أم حيوانية، والوسط البيئي الذي يحـيط بهـا. وقد اشتق مصطلح الأيكولـوجي Ecology مـن أصـل إغريقـي مكـون مـن مقطعـين اثنـين: الأول (*Oikos*) ومعنـاه البيـت أو المـوطن أو المسـكن، أمـا المقطـع الثـاني (*Logos*) فيعني العلم أو الدراسة، والكلمة بشقيها تشير إلى العلم الذي يهـتم بدراسـة العلاقات القائمة ما بين مختلف الأحياء في أمـاكن معيشـتها ضـمن مواطنهـا الطبيعيـة وما يحيط بها من عوامل ومؤثرات خارجية مختلفة.

وقد عرف العالم الألماني **ارنست هيجن** علم البيئة عام 1864 بقوله: **هو العلم الذي يدرس علاقة الكائنات الحية بالوسط الذي تعيش فيه .**

ويعتبر علم البيئة أحد العلوم البيولوجية الحديثة النشأة، فهو لم يصبح علماً قائماً بذاتـه وله أساتذته ومبادئه ونظرياته إلا فـي بـدايات القـرن العشـرين، حيـث سـاهمت علـوم الحياة الأخرى في تطوير هذا العلم، الذي بدأ بممارسة مهامه الفعلية في دراسة البيئـة وما تتضمنه من كائنات حية مختلفة.

علم البيئة يشتمل على كلٍ من الفروع العلمية التخصصية التاليـة، وذلـك تبعـاً لطبيعـة الأحياء التي يعنى بدراستها:

1. علم البيئة النباتية Plant Ecology .
2. علم البيئة الحيوانية Animal Ecology .
3. علم البيئة الإنسانية Humanities Ecology .
4. علم بيئة الكائنات الحية الدقيقة Ecology of Microbiology .

وفي كتابنا هذا سوف نقتصر في دراستنا علـى تنـاول **علـم البيئـة النباتيـة** كأحـد أهم فروع علم البيئة الأم. من ناحية أخرى، كثيراً ما نصادف لـبس واضـح بـين مفهـومي

كلٍ من المصطلحين التاليين: Environment & Ecology مع أن هناك فارقا كبيراً بينهما ، فالأول Ecology يختص بدراسة مكان معيشة (حياة) الكائنات الحية المختلفة وكيفية تفاعل هذه الكائنات مع العناصر البيئية المحيطة بها، أو بمعني أخر هو مدي تأثر وتأثير الكائن الحي بالظروف المحيطة به.

بينما لفظ أو مصطلح Environment فإنه يرتبط بمفهوم كيفية السيطرة والحفاظ على البيئة (الوسط المحيط) من شتى أشكال التدهور والدمار، استناداً لتوفر جملة من المعلومات والحقائق المختلفة التي تساعد على ذلك، مثل كيفية حماية البيئة من الأنشطة البشرية المختلفة التي تلحق الضرر بها.

النظـام البيئـي Ecosystem

أولاً - مفهوم النظام البيئي :

النظام البيئي هو مصطلح يقصد به جميع الكائنات الحية التي تعيش في حيز مكاني معين داخل بيئة طبيعية لم يتدخل فيها أي عامل خارجي غير طبيعي. حيث ترتبط هذه الكائنات فيما بينها وبين بيئاتها المحيطة بها بعلاقات متبادلة ناجمة عن تفاعلها مع كلٍ من الظروف البيئية المختلفة التي تحيط بها من جهة، ومع بعضها البعض من جهة أخرى، والذي ينتج عنه تأقلم هذه الأحياء وتكيفها مع تلك البيئة التي تعيش فيها بوجه عام.

وبالتالي، فإن النظام البيئي هو أي وحدة مساحة من سطح الكرة الأرضية (يابسة أو ماء) بما عليها من كائنات حية (نباتات، حيوانات، كائنات حية دقيقة،... وعلى رأسها الإنسان) وما يحيط بها من عناصر بيئية مختلفة (كالتربة والمناخ ....الخ)، بحيث يؤدي ذلك إلى حدوث تفاعل بين المكونات الحية، والمكونات غير الحية، ينتج عنه سريان طاقة الشمس إلى النباتات ومنها بدورها إلى الحيوانات، وكذلك دوران العناصر الغذائية في الطبيعة من التربة إلى النباتات فالحيوانات ثم عودتها مرة ثانية إلى التربة. وعلى ذلك يمكن النظر إلى الكرة الأرضية ككل أو إلى أي جزء منها (قارة، أو بلد...الخ) على أنه نظام بيئي. وقد يصغر النظام البيئي بحيث يمثل ببحيرة صغيرة، أو كثبان رملي، أو بمستنقع ملحي محدد، بل ويمكن أن يتضائل إلى أبعد من ذلك ليصبح ممثلاً على هيئة مجموع جذري لأحد النباتات النامية في موقع ما وهكذا.

والنظام البيئي يوجد في حالة ديناميكية (حركية) دائمة، ويتضح ذلك من خلال تغير أعداد وأنواع مختلف الكائنات الحية التي يمكن أن نصادفها داخل الوسط البيئي خلال فترات زمنية متباينة.

ثانياً - تركيب النظام البيئي :

يتكون النظام البيئي من **ثلاثة** نظم رئيسية هي:

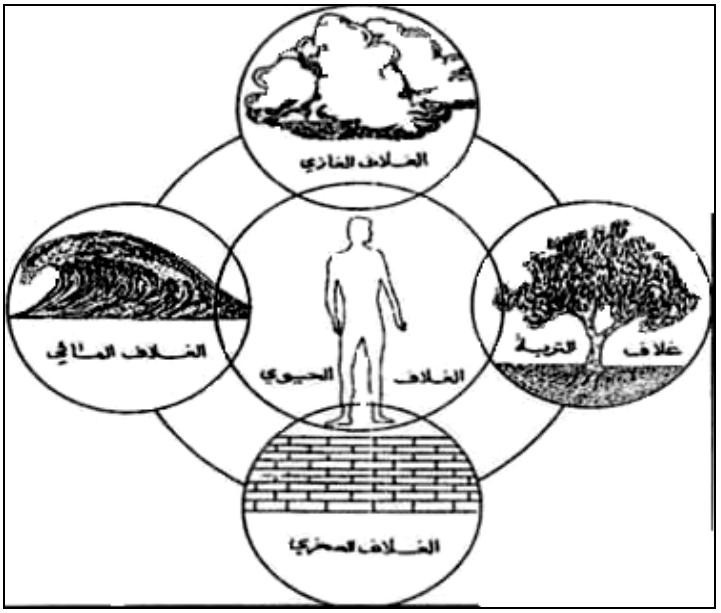
1 - المحيط أو الغلاف الحيوي Biosphere :

هو ذلك الغلاف الذي توجد فيه الحياة على الأرض بصورتها الطبيعية، حيث يمكن للحياة والأحياء أن تستمر فيه. وتشمل حدوده كلٍ من: الغلاف المائي، والغلاف الأرضي الصخري، وغلاف التربة، والطبقات السفلى من الغلاف الجوي حتى أقصى ارتفاع يمكن أن توجد فيه أي شكل من أشكال الحياة، الشكل رقم (1)، ويشمل هذا المحيط على كلٍ من: طاقة الشمس – الهواء – الماء – النبات – الحيوان - التربة – المعادن – البترول – الغاز الطبيعي – الفحم .

مع ملاحظة أن هناك بعض الأجزاء من الكرة الأرضية غير صالحة للحياة في شكلها النشط مثل المناطق الجليدية القطبية، وقمم الجبال الشاهقة، حيث لا نصادف فيها إلا بعض أبواغ الجراثيم، ولا يمكن لأي نبات أن ينمو فيها، بسبب قساوة الظروف المحيطة بها، وتسمى هذه المناطق بـ: هامش المحيط الحيوي Parabiosphere .

وبشكل عام يمكن تقسيم المحيط الحيوي فيزيائيا إلى أربعة أقسام هي:

1. الغلاف الصخري Lithosphere: ويمثل بالجزء الصخري من سطح الكرة الأرضية الذي تتوضع عليه التربة والمياه السطحية.
2. غلاف التربة Pedosphere**:** ويمثل بالطبقة السطحية الهشة التي تغطي صخور القشرة الأرضية، سمكها يتراوح ما بين بضعة سنتيمترات وعدة أمتار، حيث تتواجد مختلف الأحياء.
3. الغلاف المائي Hydrosphere: ويشمل على الجزء المغطى بالماء من سطح الكرة الأرضية.
4. الغلاف الجوي Atmosphere: ويضم هذا الغلاف الطبقة الغازية المحيطة بالكرة الأرضية .



الشكل (1) – أغلفة كوكب الأرض .

ومن أهم **الصفات الأساسية** التي يتمتع بها المحيط الحيوي وجود الماء في حالته السائلة وبصورة مستمرة. توافر ضوء الشمس الذي يعتبر مصدر الطاقة الأساسي الذي تستفيد منه النباتات بصورة مباشرة، والحيوانات مع باقي الأحياء الأخرى بصورة غير مباشرة.

2 - المحيط الصناعي:

وهو يشمل على كافة التغيرات التي يحدثها الإنسان داخل المحيط الحيوي والتي تنتج عن ممارسته لأنشطته وفعالياته المختلفة.

3 - المحيط الاجتماعي:

ويشمل هذا المحيط على مجمل العلاقات الذي صنعها الإنسان – بما يعكس تطلعاته واحتياجاته – وقد أقامه الإنسان ليدير به علاقاته الداخلية والخارجية.

ثالثاً - مكونات النظام البيئي:

يشمل النظام البيئي على كلٍ من المكونات التالية:

1 - المكونات الحية Biotic Components :

وهذه المكونات تضم جميع الكائنات الحية الموجودة داخل أي نظام بيئي، والتي تقسم حسب دورها الغذائي إلى ثلاثة مستويات هي: الكائنات **المنتجة Producers** التي تنتج المادة الغذائية (الطاقة) اعتماداً على الأشعة الشمسية، والكائنات **المستهلكة Consumers** التي تتغذى على الكائنات الحية النباتية أو الحيوانية، والكائنات **المحللة Decomposers** التي تعيد المخلفات العضوية وبقايا الكائنات الحية إلى عناصرها الأولية لتحولها من حالتها العضوية المعقدة التركيب إلى مركباتها وعناصرها البسيطة، فيسهل امتصاصها مرة ثانية من قبل الكائنات المنتجة للغذاء والطاقة ... وهكذا تعاود دورتها في الطبيعة.

2 - المكونات غير الحية Abiotic Components :

وهي مجموع العناصر الأولية التي تتكون منها التربة والغلاف الحيوي المحيط بالكائنات الحية، وهذا الجزء من النظام البيئي يشمل عناصر ومركبات عضوية وغير عضوية هامة مثل الكربون (C)، والهيدروجين (H)، والأكسجين (O_2)، والماء (H_2O)، إضافة إلى مجمل العوامل الفيزيائية المتاحة مثل الرطوبة، ودرجة التوصيل الكهربائي، والملوحة، والحرارة، والضوء... الخ.

علم البيئة النباتية

مفهومه، مبادئه، أقسامه

أولاً – مفهوم علم البيئة النباتية :

علم البيئة النباتية هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة مختلف الأنواع النباتية في أماكن معيشتها الطبيعية، والعلاقة القائمة بين هذه النباتات والوسط البيئي المحيط بها، والأثر المتبادل فيما بينهم، أي مدى تأثير النباتات على الوسط البيئي، وبالمقابل مدى تأثير الوسط البيئي عليها.

ثانياً - مبادئ علم البيئة النباتية:

ظهر علم البيئة النباتية كعلم قائم بذاته اعتماداً على جملة من الأساسيات التي وضعها مؤسسي علم البيئة الأوائل، تتلخص هذه **المبادئ** بالأتي:

1 - إن النباتات كائنات حية تآلفيه، تنمو مجتمعة مع بعضها البعض، مكونة ما يعرف بالعشائر النباتية، التي تكون في مجموعها الغطاء النباتي.

2 - يعتمد تكوين المجتمعات النباتية في منطقة ما على أثر مجموعة معينة من الظروف البيئية المحيطة بها، كالمناخ ونوع التربة والموقع ..... الخ.

3 - عوامل البيئة في منطقة ما تتغير مع مرور الزمن، ويؤدى هذا بطبيعة الحال إلى تعرض المجتمعات النباتية للتغير تبعاً لذلك (فالغطاء النباتي ليس من طبيعته الثبات والجمود ولكنة يتغير باستمرار وهو بذلك يتمتع بصفة حركية أو ديناميكية).

ثالثاً - أقسام علم البيئة النباتية :

يقسم علم البيئة النباتية إلى قسمين (فرعين) رئيسيين هما:

1. **علم البيئة الذاتية (علم البيئة الفردية) Autecology :**

ويهتم هذا الفرع بدراسة النوع النباتي (النبات الواحد) باعتباره فرداً مستقلاً بحد ذاته، لمعرفة أحوال معيشته في بيئته الطبيعية، والتأثير المتبادل فيما بينه وبين عوامل الوسط البيئي المحيطة به، وكيفية استجابته لها وتفاعله معها.

2. علم البيئة الاجتماعية (Synecology (phytosociology :

ويتناول هذا العلم دراسة المجتمعات النباتية Plant communities بأقسامها المختلفة لمعرفة تراكيبها ومراحل نشأتها وتطورها، والعوامل التي تتحكم في توزعها، ومدى استجابتها لمختلف العوامل البيئة المحيطة بها.

علاقة علم البيئة النباتية بالعلوم الأخرى

لا يمكن اعتبار **علم البيئة النباتية** فرعاً مستقلاً عن غيره من الفروع المختلفة من علم النبات، نظراً لصلته الوثيقة مع جميع فروع هذا العلم، وبغيره أيضاً من العلوم الحيوية والبيئية الأخرى.

أول ما تعتمد عليه الدراسات البيئية من فروع علم النبات هو علم التصنيف النباتي أو Taxonomy Plant الذي يعتمد عليه في التعرف على مختلف الأنواع النباتية، فتحديد هوية النباتات وتصنيفها يعتبر من أولى خطوات التعامل معها بقصد دراستها وتبيان علاقتها مع بعضها البعض ومع الأوساط البيئية المحيطة بها.

يأتي بعد ذلك، أهمية التعرف على الدور الذي تقوم به البيئة في التأثير على الشكل الخارجي للنباتات وبنيتها التشريحية، الأمر الذي يتطلب معرفة وثيقة بعلمي الشكل الظاهري للنبات Plant Morphology، والتركيب الداخلي التشريحي لها، علم تشريح النبات Plant Anatomy، وكذلك ب : علم الخلية Cytology عموماً، أيضاً من الضروري التعرف على أثر العوامل الطبيعية التي يعيش فيها النبات تحت ظروفها على مقدرته في القيام بوظائفه الحيوية المختلفة، وفي كيفية أدائه لهذه

الوظائف مما يقتضي استخدام علم فسيولوجي النبات Plant Physiology في تفسير العديد من الظواهر والعلاقات بين النباتات وبين ظروفها المحيطة بها .

كما يرتبط علم البيئة النباتية بعلوم هامة أخرى غير فروع علم النبات السابقة، مثل ارتباطه بـ علم الطقس (الأرصاد الجوية) Meteorology، حيث أن لكل منطقة ما من سطح الكرة الأرضية ظروف مناخية خاصة بها تؤثر من خلالها تأثيراً مباشراً أو غير مباشراً على الحالة النباتية لهذه المنطقة، ويرتبط أيضاً علم البيئة النباتية بعلاقة وثيقة مع علم التربة Pedology، كون التربة هي مقر ومسكن المجموع الجذري لمختلف الأنواع النباتية، فإذا ما صلحت التربة صلح النبات، وقد تصلح تربة ما لنبات معين ولا تصلح لنبات آخر، كذلك الأمر فإن علم البيئة النباتية يرتبط بـ: علم الهيدرولوجي (علم المياه) Hydrology، فمن الضروري جداً دراسة خصائص المياه السطحية وعمقها وسرعة تياراتها وطرق صرفها وطرق ريها. ولا يغيب عن أذهاننا أيضاً العلاقة القائمة بين علم البيئة النباتية والطوبوغرافيا Topography حيث يمثل تباين الارتفاع والانخفاض عن مستوي سطح البحر بيئات مختلفة، والتي تؤثر على اختلاف النبت وتباين توزعه الجغرافي من موقع إلى موقع بيئي أخر. كذلك فإن علم البيئة النباتية يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع علم الجغرافيا وخاصة مع علم الجغرافيا النباتية Plant Geography الذي يهتم بدراسة توزع النباتات في المواقع الجغرافية المختلفة، وتطور النباتات وكيفية هجرتها من موقع لأخر، وبطبيعة العوامل التي تؤثر على مدى استقرارها في بيئاتها الجغرافية الجديدة، وكذلك أيضاً ارتباط علم البيئة بـ: علم الحفريات Paleontology بما يقدمه هذا العلم من معلومات تاريخية حول أشكال الحياة (النباتية والحيوانية) في العصور الغابرة وتباين توزعها وانتشارها في البيئات المختلفة، وأخيراً نشير إلى ارتباط علم البيئة النباتية بـ: علم طبقات الأرض أو الجيولوجيا Geology، حيث نستطيع من خلال هذا العلم أن نوضح علاقة التكوينات الجغرافية الأرضية، وآلية تأثيرها على الأنواع النباتية المختلفة التي تنمو علي سطح الكرة الأرضية.

تقسيم العوامل البيئية

عموماً ، يمكن تقسيم العوامل البيئية إلى الأقسام الرئيسية الأربعة التالية :

1 - عوامل مناخية :

تضم مجمل الصفات العامة لمناخ المنطقة أو الموقع من حيث الضوء، درجة الحرارة، الرطوبة، الهطول، شدة الرياح، التبخر وغيرها من العوامل المناخية الأخرى.

2 - عوامل ترابية (عامل التربة):

تشمل العوامل المرتبطة بوضع وطبيعة التربة من حيث صفاتها الطبيعية وخصائصها الكيميائية والفيزيائية كمحتواها المائي، ودرجة تهويتها ...، وغير ذلك من العوامل التي تؤثر بحالة النباتات فيها.

3 - عوامل موقعية (عامل التضاريس) :

يقصد بها كافة العوامل التي تحددها طبيعة التكوينات الجيولوجية والصفات الطبوغرافية للموقع من حيث شكل التضاريس لسطح الأرض، والارتفاع عن مستوى سطح البحر، وشدة الانحدار، ومقدار التعرض للإشعاع الشمسي، والتعرية وذر الرياح للرمال .

4 - عوامل إحيائية:

ترتبط هذه العوامل بدراسة العلاقات المتبادلة والقائمة فيما بين مختلف الأحياء الموجودة داخل الموقع البيئي من نباتات وحيوانات تحيط بالأنواع النباتية المطلوب دراسة بيئاتها .

وتجدر الإشارة هنا، إلى مدى الارتباط الوثيق فيما بين جميع العوامل البيئية الأربعة السابقة الذكر، إضافة إلى تداخل تأثيرها على نمو وتطور الأنواع النباتية المختلفة.

وسوف ندرس فيما يلي هذه العوامل بشيء من التفصيل .... مع تبيان أهميتها وعلاقتها بالأنواع النباتية المختلفة وبالغطاء النباتي ككل .

العوامل المناخية

Climatic Factors

يتمثل **مناخ** منطقة ما بمجموعة من العوامل الجوية التي تسود فيها لفترة زمنية طويلة نسبياً تمتد مثلاً على طول فصل من فصول السنة كالهطول الذي يكون إما على هيئة سائلة (الأمطار والندى) أو على هيئة صلبة (الثلوج والبرد)، وكذلك درجة حرارة الجو، والضوء، والرطوبة الجوية... وغيرها من العوامل المناخية الأخرى. أما **الطقس**، فيعنى الربط بين جميع هذه العوامل المناخية السابقة الذكر في لحظة معينة. ولذا يتغير الطقس من يوم إلى أخر، بل ربما من ساعة إلى أخرى، في حين يتصف المناخ بكونه أكثر ثباتاً واستقراراً.

ويعتبر عامل المناخ من أهم العوامل البيئية المؤثرة على الأنواع النباتية وعلى مدى تأقلمها في البيئات المختلفة، فالظروف الجوية التي تسود في أي منطقة تفرض عليها طبيعة النباتات التي يمكنها النمو والبقاء فيها، فلكل نوع من الأنواع النباتية متطلباته المناخية الخاصة به والتي تفسح له المجال في النمو الطبيعي والأمثل طالما كانت هذه المتطلبات متاحة.

ونظراً للدور الهام الذي تقوم به العوامل المناخية في التأثير المباشر أو الغير مباشر على نمو وانتشار وكثافة النباتات والغطاء النباتي على سطح الكرة الأرضية، فإن كل التكوينات النباتية الأساسية التي نصادفها في مختلف أنحاء العالم ما هي إلا تكوينات مناخية، وبذلك فعند قيامنا بدراسة بيئية لأي تكوين نباتي يلزمنا أن نصف أولاً حالة المناخ في منطقة الدراسة.

وسنقتصر في دراستنا للمناخ على العوامل التالية :

(الضوء ، درجة الحرارة ، الرطوبة ، الهطول ، الرياح ، التبخر)

الضـــــــــــوء

Light

الضوء هو أحد العوامل المناخية الهامة التي تحدد نمو وتطور النباتات وتشكيل الغطاء النباتي لأي موقع من المواقع البيئية. وتعتبر الشمس هي المصدر الأساسي للضوء. والضوء هو ذلك الجزء من الطاقة الإشعاعية الذي يمكن رؤيته بالعين المجردة. ويعتبر الضوء المصدر الوحيد للطاقة عند معظم الكائنات الحية، فبمساعدته تقوم النباتات الخضراء بعملية البناء الضوئي وتصنيع الغذاء اللازم لها. وتعرف الأشعة الضوئية التي تتراوح أطوال موجاتها ما بين (0,4-0,7) ميليميكرون بالأشعة النشطة بنائياً، لكونها هي التي تمتصها صبغة الكلوروفيل عند النباتات خلال قيامها بعملية البناء الضوئي.

وتشمل الطاقة الإشعاعية لضوء الشمس على موجات من الأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء بالإضافة إلى الضوء المرئي (المنظور). ولا يصل إلى سطح الأرض من الضوء المنظور سوى حوالي (39%) من الإشعاع الكلي، وحوالي (60%) من الأشعة تحت الحمراء Infrared Rays، وفقط (1%) من الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet Rays.

تستهلك النباتات كمية ضئيلة جداً من الطاقة الإشعاعية التي تسقط على أوراقها تتراوح ما بين (0.5 - 1.5%) من هذه الطاقة، وهي النسبة التي تمتصها الأوراق وتحولها إلى طاقة حرارية، في حين (50%) منها تقريباً يستغل في عملية تبخر الماء، و(19%) تفقدها الأوراق ثانية عن طريق الإشعاع، وأن حوالي (30%) من الأشعة تنعكس من على أسطح الأوراق النباتية أو تنفذ من خلالها، ليتضح من ذلك أنه فقط مقدار ضئيل جداً من الطاقة الإشعاعية هي التي تستغلها البلاستيدات الخضراء في عملية البناء الضوئي وتصنيع الغذاء العضوي الذي يحتاجه النبات. فقد وجد بالتجربة وعلى سبيل المثال، أن نبات أبو خنجر *Tropaeolum majus*، وعباد

الشمس *Helianthus annus* لا تستعمل في عملية البناء الضوئي سوى (0.42) إلى (1.66) في المائة من هذه الطاقة أما معظم الطاقة الإشعاعية والتي تشمل خاصة الأطوال الموجبة التي تزيد أطوال موجاتها عن (0.752) ميليميكرون فإنها تفقد وتضيع.

وتتباين كمية الضوء التي تصل إلى سطح الكرة الأرضية بشكل واضح، فهي تتناقص تدريجياً شمالاً وجنوباً بعد خط العرض (30)، في حين تبلغ شدة الضوء أعلى قيمه لها في المنطقة الواقعة ما بين خط الاستواء وخطي العرض (30)˚ شمالاً وجنوباً، علماً بأن هذه المنطقة تتضمن أماكن تتفاوت بها شدة الإضاءة، فهي تزداد مع ارتفاع الضغط الجوي المترافق عادة بانخفاض كميات السحب والضباب أو عند انعدامها كما في المناطق الصحراوية، وتنخفض مع انخفاض الضغط الجوي بسبب تراكم السحب والضباب كما هو الحال في المناطق الباردة من سطح الكرة الأرض.

عموماً، تتميز دراسة تأثير عامل الضوء على النباتات والغطاء النباتي بكونها في غاية من التعقيد بسبب التأثير الحراري الذي يصاحب انتشار الضوء، فمثلاً، عملية البناء الضوئي التي تقوم بها النباتات عند توفر الضوء تتأثر كثيراً بدرجة حرارة الوسط المحيط التي ترتبط بشكل مباشر بكمية وشدة هذا الضوء، وبالتالي فهناك علاقة وثيقة ما بين تأثير الضوء وتأثير الحرارة على النباتات، إذ أن توفر أحد هذين العاملين في حدود مناسبة يعوض النقص في العامل الأخر، وأن فاعلية الطاقة الضوئية تزداد بازدياد درجة الحرارة، فهناك نباتات معينة يتشابه تركيبها إذا نمت في الظل المصحوب بدرجة حرارة مناسبة مع نباتات معرضة للشمس مع درجات حرارة منخفضة، وهذا ما يؤكد لنا تداخل وتضافر مختلف العوامل المناخية على مقدار تباين النبت وشدة تنوعه وتوزعه في المواقع البيئية المختلفة .

تأثير الضوء على النبات :

يؤثر الضوء على النباتات من خلال وجوه عدة، فهو يعمل على بناء صبغة اليخضور وعلى غيرها من الصبغات الأخرى، كما يؤثر على بناء مواد النمو أو الهرمونات، وكذلك على معدل تكوين المواد الكربوهيدراتية، وعلى عدد وطريقة ترتيب البلاستيدات الخضراء داخل الأنسجة النباتية، كما ويتحكم الضوء في فتح وإغلاق الثغور التنفسية، وبالتالي له تأثيره الواضح على عملية النتح، والضوء هو الذي ينبه الأعضاء النباتية فتستجيب له بالانتحاء، كما يحدث في انحراف الساق والأوراق نحو المنبع أو المصدر الضوئي من خلال ظاهرة تعرف بظاهرة الانتحاء الضوئي.

ويعمل الضوء أيضاً على تكوين مركبات كيماوية معينة (الهرمونات أو منظمات النمو) تؤثر تأثيراً كبيراً في نمو النباتات وتطورها، كما يؤثر في العمليات التي لها علاقة بالتكيف وتخصص خلايا وأنسجة الأعضاء النباتية المختلفة، كما يتضح ذلك من تكوين النسيج العمادي في الأوراق ونمو أعضاء التخزين في الجذور. عموماً، يؤثر الضوء على النبات في كل مرحلة من مراحل نموه وتكوينه سواءً في شكله الظاهري، أو في بنيته التشريحية الداخلية .

ويمكن أن نوضح تأثير الضوء على النباتات المختلفة من خلال النقاط التالية :

1- إنتاج الكلورفيل :

يعتبر إنتاج الصبغة الخضراء (اليخضور، الكلوروفيل) أول رد فعل تستجيب له النباتات لعامل الضوء، ويستثنى من ذلك بطبيعة الحال أغلب البكتيريا وسائر الفطريات، وهي التي لم تنشأ بها القدرة على تكوين صبغة اليخضور أصلاً بتأثير عاملي التطفل والترمم، ومن ناحية أخرى، توجد أنواع من السوطيات وحيدة الخلية تنتج اليخضور لكن هذه الصبغة لا تستطيع أن تؤدى عملها في وظيفة التمثيل أو البناء الضوئي إلا إذا تعرضت هذه الكائنات للضوء، وباستثناء هذه السوطيات وحدها، لا

تستطيع النباتات ذات البلاستيدات إنتاج اليخضور إلا في وجود الضوء، ويختفي اليخضور إذا طال وضع النباتات في الظلام.

من جهة أخرى، تتفاوت درجة احتمال النباتات المختلفة للظل، ففي المناطق المعتدلة تحتاج أكثر أنواع النباتات تحملاً للظل إلى (1%) على الأقل من الضوء الطبيعي لكي تستطيع أن تقوم بقدر من التمثيل الضوئي الذي يكفي لنموها، وعلى ما يبدو أنه لا يوجد أي مكان حتى في أكثر الغابات غزارة وكثافة بالأشجار لا ينفذ إليه الضوء بالقدر الكافي لتكوين صبغة اليخضور، ولكن ذلك الضوء لا يكفي في كثيرٍ من الأحيان لسير عملية التمثيل الضوئي بالسرعة اللازمة (بالمعدل الأمثل) لاستمرار حياة النباتات حتى عند أكثر النباتات تحملاً للظل، فمعظم النباتات تحتاج إلى ضوء ساطع من الشمس كي تستطيع تكوين صبغة اليخضور اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئي بشكلها الأمثل، والتي وجد أنها تنشط بشكل واضح عند مختلف الأنواع النباتية لدى تعرضها لإضاءة كافية.

2- عدد البلاستيدات الخضراء ومواضعها :

من الممكن أن نوضح أثر الضوء على عدد البلاستيدات الخضراء وطريقة توزعها ضمن الأنسجة الورقية في ضوء الاحتياجات المائية للنبات. وبشكل عام، فقد وجد أن البلاستيدات الخضراء يزداد عددها في نباتات الشمس وتترتب ضمن أنسجتها النباتية في صفوف موازية لاتجاه الأشعة الضوئية ليعمل كلٍ منها كستار يحمي بعضه البعض من التعرض الكامل والمباشر للطاقة الإشعاعية، لتقلل بهذه الطريقة كمية الماء التي يفقدها النبات عن طريق النتح، وبالتالي يمكن النظر إلى هذا الترتيب للبلاستيدات الخضراء عند نباتات الشمس على إنه وسيلة دفاعية لمنع فقد الماء بشدة من النبات، في وقت تنشط فيه هذه البلاستيدات في صنع المواد الغذائية والذي يتطلب عملها توفر درجة عالية من التميوء (الإماهه) لقيامها بوظيفتها على الوجه الأكل.

أما عند نباتات الظل، فيضعف خطر فقد الماء لديها عن طريق النتح بسبب تدني الطاقة الإشعاعية التي تتعرض لها، بل هي على العكس تحاول جاهدةً الاستفادة من أكبر قدر ممكن من الضوء المتاح، كي تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئي بالشكل الأمثل، لذلك نجد أن بلاستيداتها – التي ينخفض عندها عددها بالمقارنة مع نباتات الشمس - تترتب في وضع متعامد مع الأشعة الساقطة عليها بهدف زيادة مساحة السطح المعرض للأشعة الشمسية، مما يتيح لها الاستفادة من الضوء بمقدار أكبر.

3- تركيب الورقة :

يختلف تركيب الأوراق عند معظم الأنواع النباتية اختلافاً كبيراً تبعاً لمقدار شدة الضوء الذي تتعرض لها، ويظهر الأثر المباشر للضوء في تركيب الورقة من خلال تأثيره على العلاقات المائية للنبات، وقد بينا آنفاً، أن عدد البلاستيدات الخضراء عند نباتات الشمس يزداد بازدياد شدة الضوء كما وإنها تعمد إلى ترتيب نفسها بطريقة تساعدها على الإقلال من تعرضها الشديد والمباشر للأشعة الشمسية مما يخفض من فقد الماء عندها بطريقة النتح.

ولما كانت البلاستيدات تقع في العادة ضمن طبقة السيتوبلازم التي تبطن الجدار الخلوي عند معظم النباتات، فبالتالي كلما كان هذا الجدار مرناً وقابلاً للتمدد والتشكيل ويحيط بكتلة غروية هلامية مرنة من السيتوبلازم، كلما ساعد ذلك في سهولة تحرك البلاستيدات داخل السيتوبلازم بحرية في اتجاه متعامد مع سطح الورقة مما يؤدي إلى تمدد الخلايا مع اتجاه الحركة، وإلى استطالة الخلايا العمادية المتكونة في الجزء الأعلى (السطح العلوي) من الورقة، وهذا ما يفسر امتلاك أوراق نباتات الشمس (المحبة للضوء) على عدد كبير من طبقات النسيج العمادي بالمقارنة مع ما تحتويه أوراق النباتات المحبة للظل.

وقد لوحظ أيضاً، أن النسيج العمادي تختلف كميته اختلافاً كبيراً حتى ضمن أوراق النبات الواحد، فالأوراق الخارجية التي تتعرض بطبيعة الحال للضوء الكامل تحتوي

على نسبة أعلى من الخلايا العمادية مما هو عليه في الأوراق السفلية والداخلية التي يصلها في العادة كمية قليلة من الإضاءة، وفي الحالات التي يتعرض لها سطحي الأوراق النباتية للضوء بدرجة واحدة، كما في أوراق نبات الكافور والكثير من النباتات الصحراوية، تتكون أنسجة عمادية في السطح السفلي للورقة كما هو الحال في السطح العلوي، في حين إذا انخفضت كمية الضوء عن حد معين فقد لا تتكون الأنسجة العمادية على الإطلاق.

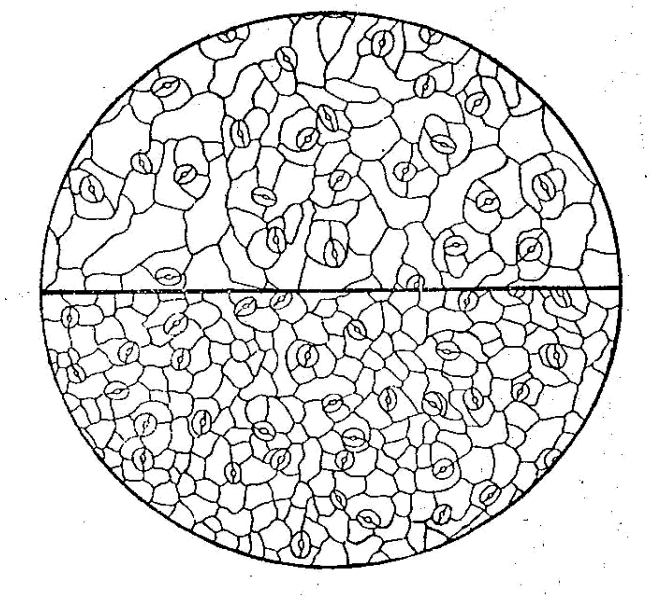
من جهة أخرى، هناك صلة وثيقة بين تغير شكل الأوراق النباتية وشدة الإضاءة التي تتعرض لها، فالضوء كما شاهدنا يؤثر على طريقة توضع وحركة البلاستيدات الخضراء الموجودة ضمن خلايا الأنسجة الورقية، ولما كانت الخلايا الإسفنجية تميل إلى الإستطالة في اتجاه موازٍ للمسطح الورقي، فإنها تدفع الخلايا العمادية إلى توجيه امتداد الورقة في وضع يقع على استقامة الأشعة الساقطة، لذلك فإن الأوراق التي تغلب فيها نسبة الأنسجة العمادية، وهذا ما نجده عند نباتات الشمس، تكون أكثر سماكةً نسبياً وفراغاتها البينية أضيق وأقل عدداً، بالمقارنة مع نباتات الظل. ولما كانت الأوراق السميكة تنزع إلى الضيق والصغر، بينما تميل الأوراق الرقيقة إلى الاتساع والضخامة، لذلك فأوراق النباتات المحبة للضوء تتميز بصغر حجمها وضيقها على خلاف أوراق النباتات المحبة للظل التي تنحو نحو الكبر والاتساع.

4- طبيعة الساق :

تكون ساق النباتات التي تعيش في الظل عادة أطول قامة وأكثر تفرعاً من ساق نباتات الشمس، فالساق الطويلة ذات السلاميات المتباعدة لا تظلل فيها الأوراق العلوية ما ينمو دونها من أوراق كما يحدث في الساق القصيرة ذات السلاميات المتقاربة، وهذا ما يفسر كثرة التفرع عند نباتات الظل مع احتلالها لبقعة واسعة من سطح التربة، إذ أن شدة أو كثرة التفرع يساعد على حمل الأوراق بصورة متباعدة عن بعضها البعض مما يتيح لها أن تحصل على حظ أوفر من الضوء المتاح.

5- حركة الثغور التنفسية :

يعتبر الضوء من أكثر العوامل البيئية أهمية في تنظيم حركة الثغور التنفسية، حيث يزداد معدل النتح في الضوء المعتدل بمعدل ضعفين إلى عدة أضعاف عن معدله في الظلام، وهناك علاقة وطيدة بين عامل الضوء وبين جملة من الظروف المحيطة التي تتحكم في فتح وغلق الثغور التنفسية عند مختلف الأنواع النباتية، فالضوء الكافي لفتح الثغور لا يستطيع منفرداً في التأثير على حركة الثغور إذا لم تتوفر الظروف المناسبة لذلك، والعكس صحيح في عدم قدرة الظروف المحيطة بالتأثير منفردة على فتح وغلق الثغور إذا لم تتوفر كمية الإضاءة المناسبة، فمثلاً قد تقفل الثغور التنفسية حتى مع وجود الضوء المناسب وذلك عندما تنخفض كمية الماء التي يحتاج إليها النبات.



الشكل (10) – الفرق بين حجم خلايا البشرة وحجم الثغور وعددها في نبات يعيش في الظل (أعلى) وآخر يعيش في الضوء (أسفل) .

من جهة أخرى، يؤثر الضوء كذلك في عدد وحجم الثغور التنفسية، فتتميز النباتات المحبة للضوء بزيادة عدد ثغورها التنفسية وصغر أحجامها وشدة تقاربها من بعضها البعض ضمن وحدة مساحة المسطح الورقي، في حين يقل عدد هذه الثغور وتزداد

أحجامها وتصبح أكثر تباعداً عند النباتات المحبة للظل، وهذا ما يوضحه لنا الشكل التالي رقم (10): وتجدر الإشارة هنا، إلى أن قليل فقط من النباتات التي يلعب عندها الضوء دوراً بسيطاً في فتح وإغلاق ثغورها التنفسية.

6- إنبات البذور والإزهار والإثمار :

مما لا شك فيه، أن الضوء يؤثر في قدرة النبات على الإزهار والإثمار، فتوفر الضوء الكافي يحرض النباتات على تشكيل أزهارها وبالتالي تكوين ثمارها بوقت مبكر نسبياً.

كما ويؤثر الضوء أيضاً على إنبات بذور مختلف الأنواع النباتية تقريباً، ويمكن **تقسيم البذور حسب متطلباتها للضوء** إلى المجموعات التالية:

أ- بذور حساسة (محبة) للضوء: وهي التي تحتاج إلى إضاءة كافية لإنباتها، وتبقى كامنة في التربة دون إنبات في حال غياب الضوء عنها حتى تتوفر لها كمية مناسبة منه، مثل بذور نبات الخس العادي (الخس المزروع) *Lactuca sativa* .

ب- بذور حساسة (محبة) للظلام: وهي تلك البذور التي تحتاج إلى فترة كافية من الظلام كي ينجح إنباتها، ولا تنبت بوجود الضوء، مثل بذور نبات حبة البركة *Nigella sativa*، وبذور بعض الأنواع من نبات البصل *Allium sp*

ج- بذور متعادلة للضوء والظلام: وهذه تنبت مع وجود أو غياب الضوء على حدٍ سواء، وتضم بذور معظم الأنواع النباتية، كالبقوليات والحبوب .

تقسيم النباتات حسب حاجتها للضوء:

تقسم الأنواع النباتية حسب احتياجاتها الضوئية إلى المجموعتين التاليتين:

1- نباتات محبة للضوء Heliophytes:

نباتاتها تحب (تفضل) الضوء الساطع فتنمو وتمضي دورة حياتها عندما تتوفر شدة إضاءة مناسبة وكافية لها، وهي تنتشر في المناطق التي تتميز بسطوع شمسي عالي

كالصحاري والسهوب والمناطق الجبلية المرتفعة. ويمكن تقسيم نباتات هذه المجموعة حسب كمية الإضاءة التي تحتاجها إلى المجاميع الفرعية التالية:

أ - نباتات ذات نهار طويل Long day plants :

وهي نباتات تحتاج إلى أيام ذات نهار طويل، أكثر من (12) ساعة إضاءة في اليوم كي تبدأ أو تدخل في مرحلة الإزهار والإثمار بنجاح بالرغم من أنها تنمو نمواً خضرياً وفيراً في الأيام ذات النهار القصير. أو بتعبير أخر هذه النباتات تحتاج إلى فترة ظلام قصيرة عبارة عن بضع ساعات كي تزهر، لذلك تدعى أيضاً **بالنباتات ذات الليل القصير**، مثل محاصيل الحبوب والسبانخ والفجل والنعناع واللفت والسوسن والبرسيم الأحمر ....الخ، وهذه النباتات تزهر بانتظام في الأيام ذات الفترات النهارية الطويلة والتي تقع في أواخر فصل الربيع وأوائل فصل الصيف. ومع ذلك يمكن حمل هذه النباتات على الإزهار والإثمار في منتصف فصل الشتاء إذا ما استعمل ضوء صناعي وذلك لإطالة فترة الإضاءة النهارية.

ب - نباتات ذات نهار قصير Short day plants :

وفيها نباتاتها تحتاج إلى أقل من (12) ساعة إضاءة في اليوم لتدخل في مرحلة الإزهار. وهذا يتوفر في الكثير من النباتات المدارية، مثل قصب السكر، والأضاليا، والطباق (التبغ) ومعظم الحوليات الصيفية. وقد اتضح، أن فترة الظلام هي المحددة لبدء مرحلة الإزهار عند هذه النباتات، لذلك يمكن تسميتها **بالنباتات ذات الليل الطويل**، ومثال ذلك نبات الشبيط *Xanthium pennsylvanicum* الذي يحتاج لفترة إضاءة لا تزيد عن (10,35) ساعة، ومدة ظلام لا تقل عن (8,15) ساعة كي يزهر، وإذا ازدادت فترة الإضاءة أو نقصت فترة الظلام عن هذا الحد فإن النبات يفشل في إزهاره. وقد أمكن بالتجربة حمل هذه النباتات على الإزهار في منتصف فصل الصيف وذلك باستبعاد ضوء الصباح الباكر أو ضوء الظهيرة المتأخر ولمدة بضع ساعات يومياً.

ج - نباتات محايدة أو متعادلة النهار Neutral day plants :

نباتات هذه المجموعة تستطيع الإزهار والإثمار في مجال متسع من أطوال النهار" ساعات الإضاءة "أو فترات الليل "ساعات الظلام"، وهي عموماً تستطيع أن تزهر طوال السنة وفي أي فترة منها، مثل الطماطم، الفلفل، القطن، عباد الشمس، الحلاب (الفربيون) *Euphorbia peplus* ...، وغيرها من النباتات .

2- نباتات محبة للظل " نباتات الظل " (كارهة للضوء) Sciophytes :

نباتاتها تستطيع أن تنمو وتتكاثر وتتم دورة حياتها تحت ظروف إضاءة منخفضة أو ضعيفة، تتميز نباتات هذه المجموعة بالصفات الاتية:

- أوراقها كبيرة الحجم ورقيقة نسبياً .
- نباتاتها مرتفعة طويلة القامة وكثيرة التفرع .
- نباتاتها ملساء خالية من الأوبار والأشعار .
- تتصف ثغورها التنفسية بتباعدها عن بعضها البعض وبكبر أحجامها وقلة أعدادها في وحدة المساحة من مسطحها الورقي .

وتعمل جميع هذه الصفات الآنفة الذكر على زيادة كفاءة استغلال الضوء المتاح، والتقليل قدر الإمكان من انعكاساته على أسطحها النباتية.

العوامل التي تؤثر في شدة الإضاءة :

تغيرات يومية وسنوية: حيث تتفاوت شدة الإضاءة باختلاف الساعات اليومية، وكذلك من فصل لأخر خلال العام الواحد، فهي تنخفض إلى درجة تصبح عندها عاملاً محدداً لعملية البناء الضوئي وذلك في الفترات القريبة من شروق الشمس وغروبها، في حين تبلغ شدة الإضاءة نهايتها القصوى عند فترة الظهيرة عندما تكون الشمس عموديه على سطح الأرض، أما السقوط المائل للأشعة الضوئية فإنه يقلل من شدتها بسبب امتصاص الطبقات الجوية العليا للموجات الضوئية، وازدياد عوامل الفقد والضياع لها

خلال اختراقها لمسافة أكبر من طبقات الجو المختلفة بالمقارنة مع قصر هذه المسافة عند السقوط العمودي لها. كذلك الحال، تتفاوت شدة الإضاءة باختلاف فصول السنة، حيث يتميز فصل الصيف بسطوع شمسي يفوق بكثير عما هو علية في فصل الشتاء أو الخريف.

ارتفاع الموقع: يؤثر ازدياد ارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر في زيادة كمية الضوء التي يتلقاها، وذلك بسبب قصر المسافة التي تقطعها الأشعة الضوئية خلال طبقات الهواء وصولاً للمرتفع، لذا نجد أن شدة الإضاءة في قمم الجبال أعلى من شدتها في المنخفضات والوديان.

تضاريس الموقع: تؤثر المنحدرات واتجاهها على كمية الضوء التي يتلقاها الموقع، فتكون كبيرة على المنحدرات الجنوبية بالمقارنة مع كميتها على المنحدرات الشمالية، نتيجة تعرض المنحدرات الجنوبية للأشعة الشمسية بشكل أكبر ولفترة زمنية أطول، بالمقارنة مع المنحدرات الشمالية.

زاوية سقوط الأشعة الشمسية: تبلغ شدة الإضاءة أقصاها في المناطق التي تتلقى أشعة الشمس بصورة عمودية عليها، في حين تبلغ أدنى قيمه لها في المواقع التي تسقط عليها أشعة الشمس بصورة مائلة، وقد فسرنا ذلك أنفاً.

الغطاء النباتي: حيث تنخفض شدة الإضاءة على أرض الغابات ذات الأشجار الكثيفة الباسقة والمتشابكة إلى درجة تصبح معها محددة لنمو الكثير من النباتات المحبة للضوء، فأوراق الأشجار المكونة للغابات لا تسمح إلا بمرور (10%) من الأشعة الضوئية خلال أسطحها النباتية، وغالبية الضوء الذي يصل إلى الطبقات السفلية للغابة ينفذ من بين الأوراق، أما المناطق المكشوفة والعارية من الغطاء النباتي أو تلك المناطق التي تضعف فيها التغطية النباتية فإنها تتلقى كمية من الإضاءة تتباين شدتها حسب غزارة غطائها النباتي.

طبيعة المناخ: فرطوبة الجو ووجود السحب والضباب تعمل على إنقاص شدة الضوء بصورة واضحة، فلقد وجد أن الإشعاع الضوئي في يوم غائم ينخفض بمقدار

(40%) عما هو علية في يوم صحو لذات الموقع ولذات التوقيت من الفصل أو السنة، كما أن شدة الضوء في المناطق الجافة القاحلة والتي تنعدم أو تقل فيها كميات السحب والضباب تزداد كثيراً عن شدتها في المناطق الرطبة التي تقع على نفس خط العرض.

سمك طبقة الماء: يمتص الماء الموجات الضوئية الطويلة، وبالتالي لا ينفذ إلى أعماق المسطحات المائية سوى الموجات القصيرة، إضافة إلى أن نسبة كبيرة من الضوء تنعكس من أسطح هذه المسطحات، كما أن سطح الماء الراكد المستوي القليل التموج يعكس (20-25%) من الضوء، بينما يعكس السطح المتكسر ذو الأمواج (50-70%) من الضوء الذي يسقط عليه، ولقد تبين أيضاً أنه في بعض المحيطات وعلى عمق (10) أمتار ينخفض الضوء بنسبة (10%) حتى ما كان منه قصير الموجات، فكلما تعمقنا تحت سطح الماء نقص الضوء وضعفت حدته، وانخفض عدد الأحياء الموجودة في الماء، كما هو الحال في أعماق البحار والمحيطات. لذلك، تنمو النباتات المغمورة في الماء تحت ظروف من الإضاءة تختلف كثيراً عن ظروف إضاءة النباتات الأرضية .

درجة حرارة الهواء

Air Temperature

تؤثر درجة حرارة الوسط المحيط تأثيراً كبيراً على جميع وظائف الحياة التي تقوم بها مختلف الأنواع النباتية، من عمليات الأيض والبناء الضوئي والتنفس والنمو ..وغيرها، والتي عادة ما تنشط بتوفر الحرارة المناسبة بحدودها المثلى، وتتباطأ عند تجاوزها لهذه الحدود ارتفاعاً أو انخفاضاً إلى الحد الذي يجعل من درجة الحرارة غير الملائمة لها عائقاً لاستمرارها، مؤدية في كثير من الأحيان إلى عدم قدرة النبات على الاستمرار في النمو وبالتالي إلى هلاكه.

فقد وجد مثلاً، أن عملية البناء الضوئي تتضرر عند استمرار انخفاض درجة الحرارة عن حدودها المثلى، كما ويمكن أن يتوقف التنفس عند النبات لينتهي به الأمر إلى الهلاك، في حين يتباطأ نشاط الإنزيمات وبشدة عند ارتفاع درجة الحرارة عن معدلاتها الطبيعية بسبب تفككها وتخربها عند تعرضها للحرارة العالية، أيضاً ولدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على معدلات النمو، وعلى سرعة التحول الغذائي وطبيعة منتجاته، وكذلك على معدل النتح الذي وجد إنه يزداد مع زيادة درجة حرارة الهواء المحيط بالنبات، وينخفض بانخفاضها.

عموماً، فإن أهمية درجة الحرارة لا تقتصر على تنشيط وظائف الحياة فحسب، ولكنها تتعدى ذلك لتهيئ وتوفر الطاقة اللازمة لهذه الوظائف في إتمام العديد من العمليات والتفاعلات الحيوية التي يقوم بها النبات.

وعادة ما توطن النباتات نفسها في مواطنها الطبيعية اعتماداً على مقدرتها في مواجهه التقلبات الحرارية التي تتعرض لها، فالبعض منها وإن تأثر نموه وازدهاره ببرد الشتاء القارص، إلا إنه يتخذ من خاصية الكمون (السكون) التي يمر بها في فصل الشتاء وسيلةً وحافزاً لتجديد نموه وتنشيطه في الربيع التالي، وهذا ما نلاحظه بشكل

واضح في كثير من البذور والأبصال والكورمات والدرنات والبراعم، التي تعتبر بمثابة نباتات صغيرة أو مناطق نمو محمية حماية محكمة ضد العوامل البيئية غير المناسبة (كأعوام القحط والجفاف ، فترات الصقيع، ... الخ)، فنشاهدها قد تكيفت على المرور بفترة طويلة من البرودة، لتصبح بعدها قادرة على النمو والتطور. وبذلك فلدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على إنبات البذور ونمو البادرات ونضج النبات وتفتح الأزهار وتشكل الثمار والبذور، وبالتالي على تكاثر وإنتاج النبات عموماً.

ومن البديهي الإشارة هنا، إلى أن درجة حرارة الوسط المحيط لا تؤثر فقط على الأفراد النباتية بحد ذاتها فحسب، بل يمتد تأثيرها ليطال تكوين ونمو وتطور الغطاء النباتي في المواقع البيئية المختلفة، وعلى مقدار كثافة هذا الغطاء أيضاً .

تقلبات درجة الحرارة:

هناك **تقلبات يومية وفصلية وسنوية** واضحة في درجات حرارة الوسط المحيط والتي تتفاوت معدلاتها في مختلف بقاع سطح الأرض تبعاً لتأثير عاملي الإشعاع والتوصيل. ولذلك نجد أن درجة الحرارة لا تبلغ حدها الأقصى في فترة الظهيرة، كما هو الحال بالنسبة لعامل الضوء، بل تتأخر إلى الساعة الثانية أو الثالثة من بعد فترة الظهيرة، كما وأنها أيضاً لا تصل إلى حدها الأدنى عند حلول المساء، ولكن قبيل بزوغ شمس اليوم التالي، أما على مدار العام الواحد، فنجد أيضاً أن درجة الحرارة لا تبلغ حدها الأقصى في شهر يونيو (حزيران) عندما تتعامد الشمس مع سطح الكرة الأرضية، بل بعد ذلك بشهر أو شهرين، كما وأنها تبلغ حدها الأدنى بعد شهر ديسمبر (كانون الأول) بشهر واحد أو شهرين اثنين أيضاً.

وتختلف درجة الحرارة عادة **باختلاف خطوط العرض** وتباين الارتفاع فوق مستوى سطح البحر، حيث تنخفض كمية الحرارة التي تصل من الشمس إلى سطح الأرض كلما ابتعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً، وذلك بسبب طول المسافة التي تقطعها

هذه الأشعة، والفقد الذي تتعرض له نتيجة امتصاصها من قبل الغلاف الجوي خلال مسارها وصولاً إلى سطح الكرة الأرضية.

أما فيما يتعلق **بالارتفاع**، فقد وجد أن الجبال الشاهقة تتلقى من الحرارة - لشدة تعرضها لها - أكثر مما تتلقاه الأراضي المنخفضة، ويزداد الفقد بالإشعاع في أعالي الجبال عنه بالمقارنة مع المنخفضات نتيجة لشدة الرياح في المرتفعات مما يجعل المناطق الجبلية دائماً أكثر برودة من السهول والوديان المنخفضة. ومن جهة أخرى، فعلى الرغم من برودة الهواء في المرتفعات عنه في المنخفضات، فإن درجة حرارة سطح التربة تكون أعلى بكثير في الأولى مما هي عليه في الثانية وذلك في فترات النهار، ولكنها تنخفض عنها ليلاً بفعل الإشعاع السريع الناجم عن مختلف عوامل الفقد الحراري الذي يتعرض له سطح التربة في المرتفعات.

أيضاً، تتباين معدلات درجات الحرارة تبعاً **لشدة وجهة انحدار المواقع البيئية**، ذلك لأن تأثير أشعة الشمس يكون على أشده عندما تسقط هذه الأشعة بصورة عمودية على سطح الأرض، فكلما صغرت زاوية السقوط ضعف تأثيرها، كما لوحظ أن المنحدرات الجنوبية لسطح الكرة الأرضية تتعرض للأشعة الشمسية بشكل أكبر ولفترة زمنية أطول مما يجعلها أكثر دفئاً من باقي المنحدرات الأقل تعرضاً للشمس.

كذلك، تتفاوت درجات الحرارة في المستويات المختلفة من الهواء والتربة إذ تبلغ أقصى معدلاتها عند سطح الأرض أثناء النهار وتتناقص تدريجياً كلما اتجهنا نحو الأعلى أو الأسفل، ويعود التناقص في الوسط الهوائي إلى تراجع إشعاع التربة كلما ابتعدنا عنها، إلى أن يختفي نهائياً على ارتفاع غير بعيد عن سطحها، وذلك بفعل تأثير الرياح الذي يشتد مع الارتفاع، أما في التربة فإن الحرارة لا تنفذ لداخلها بسهولة إما لضعف توصيلها الحراري، أو لكبر السعة الحرارية (الحرارة النوعية) للماء الذي تحتويه.

وفي العادة، يكون الهواء بالنهار أدفأ من التربة وخاصة في الأيام المشمسة كأيام الصيف، ولكن أثناء الليل يفقد الهواء حرارته بسرعة أكبر مما تفقده التربة، لذلك تبقى

التربة أثناء الليل أدفأ من النهار لفترة من الوقت، إضافة إلى ذلك فإن درجة حرارة التربة الداكنة ترتفع بسرعة أكبر بالمقارنة مع التربة الفاتحة، بسبب قدرة الأولى على امتصاص الأشعة الشمسية بخلاف التربة ذات اللون الفاتح التي تتميز باستطاعتها على عكس تلك الأشعة مما يجعلها أبرد من التربة الداكنة .

تأثير العوامل البيئية على درجة الحرارة :

تؤثر عوامل بيئية عديدة على درجة حرارة الوسط المحيط، ولعل السحب والرياح هما من أبرز هذه العوامل، حيث تعكس الأسطح العلوية للسحب مقداراً كبيراً من الأشعة الشمسية أثناء النهار وتعيق من وصولها إلى سطح الأرض مؤدية بذلك إلى انخفاضٍ واضحٍ في درجة حرارته، أما ليلاً فإنها تعترض مسار الإشعاع الصادر عن الأرض فتحول دون انخفاض درجة الحرارة عند سطحها وفي الهواء الملامس لها إلا بمقدار ضئيل.

وبالمثل، فإن جميع العوامل الأخرى التي تحول دون التعرض المباشر لأشعة الشمس نهاراً، والتي تعمل على إعاقة الإشعاع من سطح الأرض إلى الهواء أثناء الليل، تساهم في جعل درجة حرارة الوسط أكثر انتظاماً واستقراراً، ومن هذه العوامل نذكر الضباب والرطوبة الجوية المرتفعة والغطاء النباتي الكثيف كالغابات.... وغيرها.

أما فيما يتعلق بالرياح، فإنها تسبب ارتفاعاً ملموساً في درجة حرارة المواقع البيئية عندما تهب عليها من منطقة دافئة، أو انخفاضاً بحرارتها عندما تكون قادمة من منطقة باردة، كما وتعمل المسطحات المائية المختلفة (كالأنهار والبحيرات والمستنقعات والبرك...الخ) على تثبيت درجة حرارة المواقع البيئية التي تنتشر بها مثل هذه المسطحات أو حتى تلك المواقع القريبة منها والمجاورة لها، نظراً لارتفاع الحرارة النوعية للماء، وبطء التغيرات الحرارية له، مما يجعل درجة حرارة مثل هذه المواقع أكثر ثباتاً واستقراراً واعتدالاً من المواقع البيئية التي تفتقر إلى مثل هذه المسطحات المائية، فتصبح بذلك أكثر ملائمة لنمو الكثير من النباتات.

درجات الحرارة الملائمة وغير الملائمة للنبات :

تختلف النباتات عن الكائنات الحية ذوات الدم الحار في أن درجة حرارتها غير ثابتة وترتبط بصورة مباشرة مع درجة حرارة الوسط المحيط، والتي نادراً ما تختلف عنها اختلافاً كبيراً، في حين تحافظ الكائنات الحية ذوات الدم الحار على درجة حرارة ثابتة لأجسادها بغض النظر عن درجة حرارة الوسط الذي يحيط بها "مثلاً درجة حرارة الإنسان ثابتة تقريباً عند درجة حرارة (36)°م" .

فنجد أن درجة حرارة ساق النباتات وأوراقها قد ترتفع عن درجة حرارة الهواء المحيط بها بمقدار يتراوح ما بين (10-15)°م، والذي يحد من استمرار ارتفاع درجة حرارة أوراق النباتات عند تعرضها لضوء الشمس المباشر، هو عملية التبريد الناجمة عن وظيفة النتح أو التعرق التي تقوم بها مختلف الأنواع النباتية، فلدى مقارنة درجة حرارة أوراق حية تنتح بشدة من نبات الذرة الصفراء، وجد أنها تقل بـ (5)°م عن درجة حرارة أوراق ميتة من نفس النبات.

وتتحمل معظم النباتات مدىً واسعاً من درجات الحرارة، ويستطيع بعضها أن ينمو في درجات حرارة متطرفة في الارتفاع، وبعضها الأخر في درجات متطرفة في الانخفاض، وهناك أنواع تستطيع تحمل الدرجات المتطرفة طالما توفر لديها الماء الكافي، مثال ذلك، بعض النباتات الطحلبية التي تستطيع أن تنمو وتتكاثر في المياه القطبية التي تهبط فيها درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي، حيث يبقى الماء محتفظاً بسيولته بسبب ملوحته العالية، وعلى خلاف ذلك تزدهر أنواع كثيرة من الطحالب والبكتيريا في مياه الينابيع الحارة لاستطاعة بعضها تحمل درجات حرارة مرتفعة قد تصل إلى (77)°م، أو حتى لغاية (89)°م.

والمعروف بوجه عام، أن أكثر درجات الحرارة ملاءمة لنمو النباتات هي تلك الدرجات السائدة في المواطن الطبيعية لها، ولذلك فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تنمو بشكل جيد بين درجتي حرارة (15-25)°م، بينما تزدهر نباتات المناطق الباردة وجبال الألب في درجات تعلو قليلاً على درجة التجمد.

ومن الملاحظ، بأن النباتات تتعرض أثناء فترات نموها لمدى واسع من درجات الحرارة، لكنها لا تستطيع الاستمرار بحياتها إلا إذا بقيت هذه الدرجات ضمن حدودها الطبيعية لمعيشتها، أما إذا تجاوزت تلك الحدود ارتفاعاً أو انخفاضاً، فإن النباتات تسارع بالنضج أو تهلك، وأحياناً تدخل في فترات سكون لا تقوم خلالها بأي نشاط يذكر، تماماً كما يحدث في المناطق الجافة التي تنضب فيها مواردها المائية في فترات معينة من العام إلى حد لا تستطيع معه النباتات أن تمتص ما يعوض لها الماء الذي تفقده عن طريق النتح .

عموماً، يصعب تحديد درجة الحرارة المثلى لنمو وتطور أي نوع من الأنواع النباتية، حيث أن مختلف العمليات الحيوية التي تتم فيها تتباين في درجات حرارتها المثالية لحدوثها، وهذا ما يعلل لنا، أن درجة الحرارة المثلى للنبات لا يمكن أن تكون مجرد درجة محددة واحدة، بل مدى حراري يشغله عدة درجات.

ولكل نوع من الأنواع النباتية ثلاثة حدود من درجات الحرارة التي تؤثر على نموه وتطوره وإنتاجه، وهذه الدرجات هي: درجة الحرارة الصغرى أو الدنيا، ودرجة الحرارة المثلى، ودرجة الحرارة العظمى أو القصوى.

درجة الحرارة الدنيا Minimum Temperature :

تبلغ درجة الحرارة الدنيا التي يستمر عندها نشاط معظم النباتات درجة حرارة تجمد الماء تقريباً، فبعض النباتات القطبية مثل نبات أقحوان المستنقعات الأصفر *Caltha sp*، تزهر بعد اختراقها لطبقات الجليد وتستمر في إزهارها بالرغم من انخفاض درجة حرارة الهواء ليلاً إلى ما دون درجة التجمد، وقد وجد كذلك، أن أنشطة بعض الطحالب البحرية قد تستمر بالرغم من هبوط درجة حرارة الماء إلى ما دون الصفر المئوي. على النقيض من ذلك، تعيق درجة الحرارة إذا انخفضت إلى (20) م من نمو النباتات الاستوائية، التي غالباً ما تهلك عند وصولها إلى (10) م. مع الإشارة إلى أن

درجة الحرارة الدنيا عند أغلب النباتات تختلف اختلافاً كبيراً باختلاف فترات العام الواحد.

تأثير درجة الحرارة الدنيا علي النباتات

تعريف اضرار البرد:

هي الاضرار التي تؤدي الي موت النباتات او اصابتها اصابة بالغة اذا تعرضت لدرجات حرارة منخفضة ولكنها **اعلي من درجة التجمد**.

تعريف اضرار التجمد:

هي الاضرار التي تؤدي الي موت النباتات او اصابتها اصابة بالغة **يصعب معها عودتها الي حياتها الطبيعية** اذا تعرضت لدرجة حرارة منخفضة **دون درجة التجمد**

اضرار البرد:

1. زيادة نفاذية الخلايا وبالتالي زيادة ارتشاح المواد الذائبة بمحلول الخلايا.
2. تغيير الوسط الداخلي للنباتات عن طريق تثبيط تحول المواد الايضية وتثبيط انتقالها لباقي اجزاء النبات
3. تفكك البروتين وتثبيط النشاط الانزيمي
4. تكوين مواد سامة نتيجة لاضطراب الايض

اضرار التجمد:

تكون بلورات من الجليد في المسافات بين الخلايا مما ينتج عنه تفريق وتباعد الخلايا، او في داخل الخلايا نفسها مسببا تمزق البروتوبلازم وتلف الخلايا

مقاومة الصقيع

تتميز النباتات التي تعيش في درجات حرارة منخفضة بالعديد من التكيفات الشكلية والفسيولوجية التي تمكنها من مقاومة الصقيع

التكيفات الشكلية

1. الاوراق الصغيرة المزدحمة والسميكة والمغطاة بالحراشيف والشعيرات والمواد الصمغية
2. زيادة سمك القلف والادمة
3. قصر وتقزم النباتات ونموها قريبة من سطح التربة

النباتات الوسادية: نباتات غزيرة التفرع تأخذ شكلا محدبا او نصف كروي وتتشكل الاوراق والازهار في محيطها. يساعد الشكل الوسادي للنبات علي تقليل فقد الحرارة بالاشعاع العكسي وتقليل اثر الرياح والحفاظ علي الرطوبة داخل النبات

درجة الحرارة المثلى Optimum Temperature :

هي أكثر الدرجات ملاءمة لقيام النبات بمختلف وظائفه الحيوية، ومن الصعوبة بمكان تحديد درجة الحرارة المثلى لمختلف العمليات الفسيولوجية والحيوية التي تقوم بها كافة الأنواع النباتية، إذ تتوقف كل عملية من هذه العمليات على عدد كبير من العوامل الفيزيائية والكيميائية، كما أنه لا توجد درجة مثلى واحدة لجميع هذه العمليات، فالدرجة المثلى لعملية التنفس مثلاً أعلى بكثير مما هي عليه لعمليات البناء الغذائي، ولذلك فإن درجة الحرارة المثلى من وجهة النظر البيئية - وهي الدرجة التي يستطيع عندها النبات أن ينمو ويزدهر بالشكل الأمثل - لا يمكن أن تكون مجرد درجة حرارة واحدة فقط ، كما ذكرنا سابقاً، ولكن مدىً واسعا من عدة درجات .

درجة الحرارة القصوى Maximum Temperature :

تختلف درجة الحرارة القصوى (العظمى) التي يتحملها النبات دون أن تترك فيه أي أثر من الأثار الضارة، والتي قد تتسبب في كثير من الأحيان بالقضاء عليه تبعاً لاختلاف الأنواع النباتية. هذا وقد لوحظ حدوث بعض التغيرات الفسيولوجية في الخلايا النباتية ألحقت ضرراً حقيقياً بالنباتات عند درجة حرارة مقدارها (40) م، في حين تموت كثير من الأنواع النباتية عند درجة حرارة تتراوح ما بين (45-55) م .

عموماً، فإن درجات الحرارة القصوى التي يمكن أن يتحملها النبات تختلف باختلاف الأنواع النباتية فالنباتات الاستوائية مثلاً تستطيع الحياة والقيام بمختلف عملياتها الحيوية في درجات عالية من الحرارة، التي غالباً ما تموت تحت تأثيرها معظم الأنواع النباتية الأخرى حتى وإن تعرضت لها لفترة قصيرة من الزمن.

علاوة على ذلك، فإن بعض الأطوار النباتية أقدر من غيرها على تحمل الحرارة المرتفعة أو البرودة المنخفضة على حدٍ سواء، فتبلغ المقاومة ذروتها في أطوار السكون عادة، كما وتتميز بعض الأعضاء النباتية كالبذور والكورمات والأبصال ... بقدرتها العالية على تحمل التغيرات الحرارية خلافاً لقدرة النبات الخضري بحد ذاته، فالبذور الجافة مثلاً يمكن أن تتحمل درجات حرارة تزيد عن (100) م، أما البذور الرطبة التي سبق نقعها في الماء فإنها تموت عند (70) م فقط، وقد ثبت بالتجربة أيضاً، أن هناك بعض الأنواع من فطر الخميرة قادرة وهي في حالة السكون على تحمل درجة حرارة عالية وصلت إلى (110) م، وكذلك البكتيريا الساكنة (الابواغ) يمكن أن تتحمل درجة حرارة تتراوح ما بين (120) إلى (130) م.

<u>الأضرار الناتجة عن درجات الحرارة المرتفعة</u>

- فقدان كميات كبيرة من ماء النبات وجفافه بسبب ارتفاع معدل النتح
- عدم التوازن بين معدلي البناء الضوئى والتنفس حيث يزداد معدل التنفس بسرعة كبيرة مع زيادة درجات الحرارة عن معدل البناء الضوئي

- تكون مركبات وسطية سامة مثل النشادر
- تلف البروتوبلازم والكلورفيل وتثبيط النمو واخيرا موت النبات

النبات وآلية تحمل درجات الحرارة المرتفعة :

يمكن لبعض الأنواع النباتية أن تتأقلم وتتكيف مع درجات الحرارة المرتفعة وذلك من خلال امتلاكها لجملة من الصفات والخواص التي تساعدها على تحمل ومقاومة هذه الدرجات العالية من الحرارة، ومن أهم هذه الصفات ما يلي :

- صغر حجم الأوراق وانخفاض مساحة الورقة المعرضة لحرارة الوسط المحيط.
- التوضع الرأسي للأوراق والذي يؤدي إلى سقوط الأشعة الشمسية عليها بصورة مائلة، مما يقلل من مقدار تعرض النبات للحرارة المرتفعة .
- تلون بعض الأجزاء النباتية بألوان فاتحة، مما يساعدها في عكس قسم كبير من أشعة الشمس بعيداً عن جسم النبات .
- امتلاك أوراق بعض النباتات على طبقة كثيفة من الأوبار أو الأشعار أو الأشواك وغير ذلك من الزوائد الورقية التي تحجب وتقلل من شدة الأشعة الشمسية الواصلة إلى المسطح الخضري لأوراقها .
- امتلاك بعض النباتات على طبقات سميكة عازلة للحرارة، كالطبقات الشمعية أو الكيتينية أو الفلينية التي تقي النبات من الحرارة المرتفعة للهواء المحيط.
- ارتفاع محتوى الأنسجة النباتية من بعض المواد ذات الضغط الاسموزي العالي، وانخفاض محتواها المائي الذي يساعد على تقليل الأضرار الناجمة عن الحرارة الشديدة .
- زيادة نفاذية الأغشية البروتوبلازمية.
- تخليق المواد الغروية الماسكة للماء مثل البنتوزات والاحماض العضوية والمواد المخاطية

تقسيم النباتات حسب تحملها لدرجات الحرارة

1. **النباتات المحبة للبرودة:** تضم النباتات التي تنمو وتتم دورة حياتها في اوساط تتروح درجة حرارتها بين صفر - 20 م واي درجة حرارة اعلي من 20 م تسبب لها اجهادا حراريا.
2. **النباتات المحبة للحرارة المعتدلة:** نباتات تنمو وتتم دورة حياتها في درجات حرارة 10 – 30 م واي درجة حرارة اعلي من 35 تسبب لها اجهادا حراريا
3. **النباتات المحبة للحرارة المرتفعة**: نباتات تنمو وتمم دورة حياتها في درجات حرارة اعلي من 30 واي درجة حرارة اعلي من 45 تسبب لها اجهادا حراريا

تأثير درجة الحرارة على الغطاء النباتي :

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل التي تتحكم بمجمل الأنواع النباتية السائدة في منطقة من المناطق (والمكونة للغطاء النباتي أو الفلورا – Flora)، ولكن تحدد كمية الأمطار أيضاً طراز التكوين الذي يتكون منه هذا الغطاء النباتي، فتكوينات أراضى الحشائش أو الغابات أو الصحاري تعتمد بشكل أساسي على كمية الأمطار التي تتلقاها .

وقد توجد هذه التكوينات في سائر المناطق الحرارية على سطح الكرة الأرضية، ولكن الأنواع النباتية المكونة لكل طراز من هذه الطرز - كالغابات مثلاً - تختلف كثيراً من منطقة إلى أخرى على نحو ما يكون الخلاف بين غابات المناطق الحارة وغابات المناطق الباردة .

الرطوبة الجوية

الرطوبة الجوية هو ذلك الماء الموجود عادة في الهواء على هيئة بخار، ونظراً للطبيعة الغازية للهواء الذي يوجد فيه بخار الماء، فإن توزعه فيه يكون أكثر انتظاماً وتجانساً من توزعه في التربة، غير أن كمية بخار الماء الموجودة في الهواء تكون عرضة للكثير من التقلبات نظراً لوجوده في مجال رحب فسيح ومتسع.

كما وتختلف رطوبة الهواء عن ماء (رطوبة) التربة، كون هذا الأخير غير ميسر للنبات بشكل دائم، في حين نجد أن رطوبة الهواء متاحة على الدوام وذات تأثير مباشر على النبات.

وتعتبر الرطوبة من العوامل المناخية الهامة التي تؤثر مباشرة على معدل وشدة نتح النباتات، وبالتالي على مدى تباين توزع وانتشار مختلف الأنواع النباتية ومقدار تنوعها، لذلك غالباً ما يتحدد نمو أي نبات أو عدم نموه في بيئة ما بكمية الماء التي يفقدها، فتصبح الرطوبة بذلك عاملاً محدداً لتوزع النبت واختلاف مكوناته.

1- أشكال الرطوبة :

1-1- الرطوبة المطلقة Absolute Humidity :

وهي الكمية الفعلية من بخار الماء الموجودة في الهواء، ويعبر عنها بوزن بخار الماء الذي يحتويه (1) متر مكعب من الهواء. وليس لهذه الرطوبة أي دلالة، أو أي أهمية بيئية مؤثرة على الأنواع النباتية المختلفة.

1-2- الرطوبة النسبية Relative Humidity :

وهي عبارة عن النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجودة فعلاً في واحدة الحجوم من الهواء عند درجة حرارة وضغط جوي معينين، وبين كمية بخار الماء اللازمة لإشباع هذه الوحدة الحجمية تحت ظروف مماثلة، ويعبر عنها عادةً كنسبة مئوية (%). فمثلاً، (50%) رطوبة نسبية تعني أن الهواء يحتوي فقط على نصف الكمية من بخار الماء اللازمة ليصل إلى درجة التشبع أو الإشباع (100%).

والرطوبة النسبية هي التي تحدد فيما إذا كان الجو جافاً أم رطباً، فقد تكون الرطوبة المطلقة في إحدى الصحارى مساوية بكميتها لمنطقة ما من تلك المناطق التي تعتبر رطبة بحد ذاتها، ولكن الرطوبة النسبية تختلف فيما بينهما اختلافاً كبيراً، والملاحظ بأن زيادة درجة حرارة الهواء تساعد في زيادة قدرته على حمل الرطوبة "حمل بخار ماء" بشكل أكبر، فقد وجد أن السعة الحمولية للهواء تتضاعف عند كل زيادة في درجة حرارته مقدارها (11) درجة مئوية، وكلما انخفضت الرطوبة النسبية زادت السرعة التي يتبخر بها الماء من الورقة الناتحة أو من سطح التربة المبلل.

ومن الملاحظ أيضاً، أن رطوبة الغابات تكون عادة مرتفعة وقد تتراوح نسبة الرطوبة فيها ما بين (80-100%) وخاصة عقب هطول الأمطار، بينما تنخفض الرطوبة في الصحاري وأراضي المواقع البيئية الجافة لتصل إلى (15%) أو أقل.

عموماً، تتميز المناطق الساحلية والمنخفضات بأنها أكثر رطوبة من المناطق الداخلية والمرتفعات، وترتفع الرطوبة النسبية في أي موقع بيئي لتصل فيه إلى درجة التشبع أو لدرجة قريبة منها وذلك عقب هطول الأمطار وعند وجود الضباب، ولكنها تبدأ بالتناقص التدريجي بعد انتهاء الهطل وبدء سطوع الشمس.

2- الرطوبة الجوية وأهميتها للنبات :

وتظهر هذه الأهمية من خلال النقاط التالية :

أ- تؤدي زيادة الرطوبة في الهواء إلى انخفاض معدلات النتح لكافة الأنواع النباتية.

ب- تؤدي زيادة الرطوبة في الهواء إلى انخفاض معدل تبخر الماء من سطح التربة .

ج- تعتبر الرطوبة الجوية مصدرا هاماً لرطوبة التربة نتيجة لاحتكاك الهواء الرطب مع سطوحها العلوية.

د- إمكانية الاستفادة المباشرة لبخار الماء الموجود في الهواء من قبل بعض الأنواع النباتية.

3- تقسيم النباتات حسب تكيفها لعامل الرطوبة :

تقسم الأنواع النباتية حسب احتياجاتها المائية وتكيفها للرطوبة إلى المجموعات التالية:

3-1- النباتات المائية Hydrophytes :

وهي نباتات تعيش ضمن الأوساط المائية المختلفة مثل البرك والمستنقعات والبحيرات العذبة وعلى جوانب الأنهار ذات التيارات المائية البطيئة، وفي الترع والمصارف وفوق الأراضي المشبعة بالماء لتنمو إما مغمورة تحت سطح الماء، أو طافية على سطحه، أو في تلك الأوساط البيئية المشبعة بكميات كبيرة من الماء، وهي تتمتع بمجموعة من الخصائص التي تساعدها على التأقلم مع بيئاتها المائية تتمثل بما يلي:

- جذورها سطحية بسيطة قليلة التفرع لضعف الحاجة لها .
- غياب الأنسجة الدعامية .
- أنسجتها النباتية ذات طبيعة إسفنجية لتسهل التبادلات الغازية .
- لا تقوم ثغورها التنفسية بوظائفها في عمليات الفتح والإغلاق بالشكل الأمثل .
- لا تحتوي على طبقة كيتينية كتيمة .

ويمكن تقسيم النباتات المائية حسب مكان نموها وانتشارها إلى ثلاثة أقسام هي:

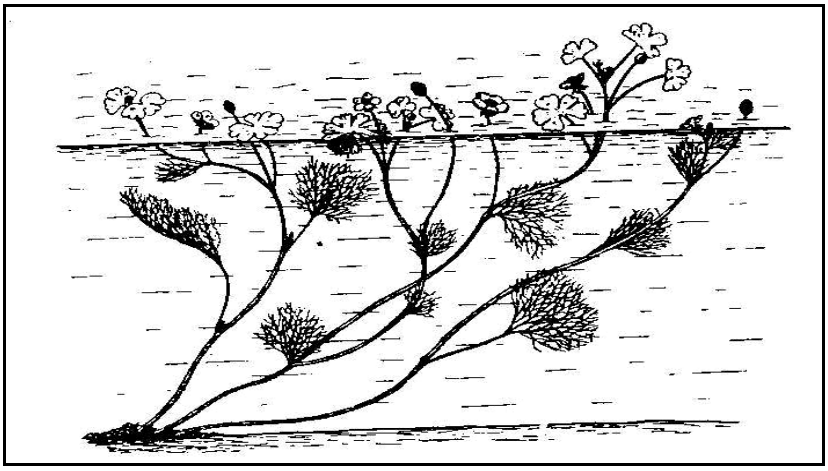
3-1-1- <u>النباتات المغمورة</u> Submerged plants :

تعيش هذه النباتات وهي مغمورة بالكامل تحت سطح الماء، ومنها ما يبقى بحالة معلقة داخل الماء دون أن تتصل بالقاع كبعض أنواع الطحالب البنية، ومنها ما يقوم بتثبت جذوره في القاع الطيني، وأكثر ما تعانيه النباتات المغمورة بشكل عام هو صعوبة الحصول على حاجتها من الأكسجين من الوسط المائي المحيط بها، ومن أمثلتها الطحالب البنية، نبات الإلوديا *Elodea sp*، نبات حامول الماء *Urticularia sp* .....، وغيرها من النباتات الأخرى.

3-1-2- <u>النباتات الطافية</u> Floating plants :

وهذه النباتات تطفو بحرية تامة على سطح الماء، وبعضها يتصل بالقاع ويثبت جذوره في القاع الطيني، ولا يطفو منها سوى الأوراق والأزهار. وتستطيع هذه

النباتات والتي عادة ما تتميز بسرعة نموها أن تغطي مساحات شاسعة من المسطح المائي خلال فترة زمنية قصيرة، ومن أمثلتها أنواع عدس الماء، والياسنت المائي، ونبات الأقحوان المائي (الشقائق المغمورة) الظاهر في الشكل التالي رقم (11)، وأنواع السراخس المائية وغيرها من الأنواع الأخرى.

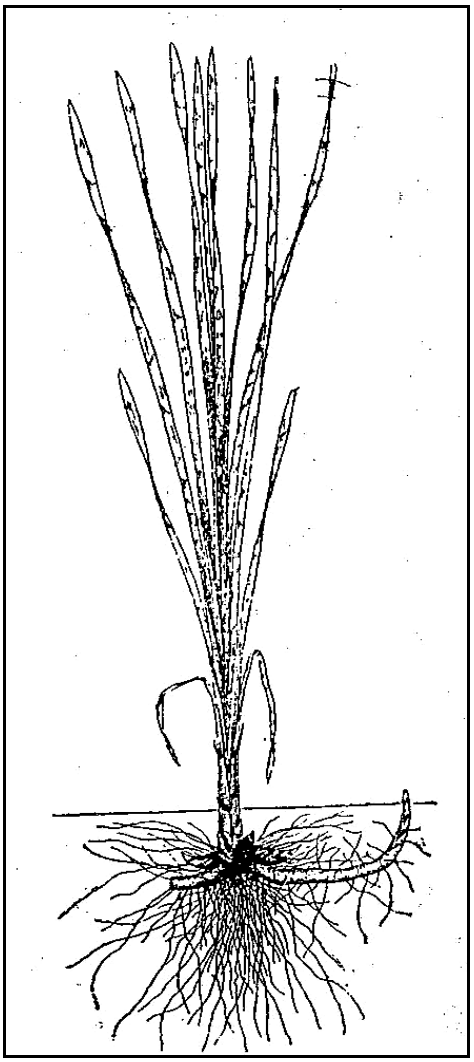


الشكل (11) – نبات الأقحوان المائي (الشقائق المغمورة) أوراق النبات المغمورة داخل الماء تبدو شعرية، وتلك الظاهرة فوق سطح الماء تبدو دائرية مفصصة .

3-1-3- النباتات البرمائية Amphibious plants :

وتدعى أيضاً بنباتات المستنقعات Marsh or Swamp plants، تتميز هذه النباتات بازدهارها في المياه الضحلة قليلة العمق، وهي تثبت جذورها في التربة الطينية، وترسل فروعاً نباتية طويلة تمتد عالياً في الهواء لمسافة بعيدة فوق سطح الماء، وتنتشر هذه النباتات بكثرة على جوانب الترع والأنهار وفي مختلف البقاع التي تتميز بمياه ضحلة وكذلك في بعض الأماكن التي تتعرض لاختلاف منسوب الماء فيها، وهي أماكن يغمرها الماء في بعض الأوقات وينحسر عنها في أوقات أخرى، وقد كيفت هذه النباتات نفسها على تحمل هذه الظروف المتباينة، ولهذا السبب سميت

بالنباتـات البرمائيـة، ومـن أشـهر أمثلـة هـذه النباتـات نبـات البـردي *Cyperus papyrus*، والديس *Typha latifolia* الشكل رقم (12)، وغيرها.



الشكل (12) – نبات الديس (*Typha latifolia*) ، وهو نبات برمائي .

2-3- النباتات الجفافية Xerophytes :

وهي تلك النباتات التي تنمو في تربة خالية من الماء حتى عمق (20) سم، كما وتدعى أحياناً بنباتات البيئة الجافة، ويمكن أن نميز منها الأنواع التالية :

نباتات حولية قصيرة الأجل "موسمية": وهي تلك الأنواع النباتية التي تستغل فترة هطول الأمطار لتبدأ بالنمو، حيث تتم دورة حياتها خلال هذه الفترة المطرية القصيرة والتي لا تتعدى غالباً عن (10) أيام، فهي تظهر مع بدء الأمطار الموسمية، وتختفي مع انتهائها.

نباتات معمرة: وتتمتع هذه النباتات بقدرتها العالية على البقاء والنمو والتكاثر في مواقع انتشارها لعدة أعوام ولفترات زمنية طويلة طالما بقيت الظروف المحيطة بها مناسبة لحياتها، وأغلبها له القدرة على الاحتفاظ بإمكانية تجديد نموها على الرغم من هلاك أعضائها الهوائية، وذلك عن طريق أعضائها الأرضية الموجودة تحت سطح التربة (مثل: الريزومات والأبصال والدرنات .... الخ)، والتي تختزن كميات كبيرة من الغذاء لتبقى ساكنة وبحالة سليمة محتفظة بقدرتها على الإنبات والنمو مجدداً فور تحسن الظروف الخارجية المحيطة بها.

ويمكن تقسيم النباتات المعمرة إلى :

* **نباتات معمرة عصارية:** تتميز بقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الماء والغذاء لتستعمله خلال فترات الجفاف من نفس العام أو في الأعوام القادمة.

* **نباتات معمرة غير عصارية:** وتمتلك هذه النباتات لمجموعة من المميزات والخصائص التي تساعدها على التكيف مع عوامل الجفاف تتمثل بما يلي:

(1) جذورها تنمو عميقاً تحت سطح التربة وتتفرع بشدة في جميع الاتجاهات لتساعدها في البحث والوصول إلى الماء الذي يندر وجودة في التربة الجافة.

(2) أوراقها مفصصة صغيرة الحجم، جلدية أو حرشفية لتقليل فقد الماء منها بالنتح.

(3) تساقط الأوراق بشكل كلي أو جزئي بوقت مبكر من عمر النبات، وذلك للتقليل من مساحة المسطح الورقي المعرض لعملية فقد الماء عن طريق النتح.

(4) إلتواء وإلتفاف الأوراق حول ذاتها لتخفيف شدة تعرضها لأشعة الشمس، مما يقلل فقد الماء منها عن طريق النتح أيضاً.

(5) قدرتها على إغلاق ثغورها التنفسية خلال فترات النهار.

(6) ترسيب طبقات من الكيتين على سطح الأوراق للتقليل من شدة النتح.

(7) تقوم بخفض الجهد الاسموزي لخلاياها، كي ترفع من قدرتها الامتصاصية للماء من التربة الجافة .

3-3- النباتات الوسطية Mesophytes :

وهي نباتات لا تنمو في بيئات متطرفة، ولا تحتاج لتكيفات أو متطلبات بيئية معينة.

4- تأثير عوامل البيئة على الرطوبة الجوية:

تتأثر الرطوبة الجوية كثيراً بمختلف العوامل البيئية والتي نخص منها ما يلي:

4-1- درجة الحرارة Temperature:

فارتفاع درجة الحرارة يرفع السعة المائية (السعة الحمولية) للهواء، أي تزداد كمية بخار الماء اللازمة لإشباع حجم معين منه، فتنخفض الرطوبة النسبية للهواء، أما في درجات الحرارة المنخفضة فإن الهواء يتسع لقدر أقل من بخار الماء اللازم لإشباع حجم معين منه وبذلك ترتفع الرطوبة النسبية له، وفي ذلك تفسير لازدياد كمية الأمطار على سفوح الجبال المواجهة للرياح تبعاً للارتفاع، إذ إن درجة الحرارة تنخفض بالارتفاع فيؤدى انخفاضها إلى ارتفاع الرطوبة النسبية حتى تصل إلى درجة التشبع، فتصبح الظروف مهيأة أكثر لهطول الأمطار. وتنخفض الرطوبة النسبية أثناء النهار مع ارتفاع درجة الحرارة، كما ترتفع أثناء الليل مع برودة الهواء، أي أن عاملي درجة الحرارة والرطوبة النسبية، يتغيران في اتجاهين متضادين، وقد يصبح الهواء مشبعاً بالماء إلى حد تكاثف الندى أثناء الليل حتى في الطقس الجاف نسبياً إذا

هبطت درجة الحرارة ليلاً بمقدار كبير، ويزداد النتح من النبات وأيضاً التبخير من التربة إذا ارتفعت درجة الحرارة، وذلك نتيجة لما يسببه العامل الأخير من انخفاض في الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالنبات والتربة.

وهناك عادة حد يومي أقصى تصل فيه الرطوبة إلى أعلى قيمة لها هو قرب شروق الشمس (قبيل موعد شروق الشمس)، بينما تصل إلى حدها الأدنى في فترة ما بعد الظهيرة بين الساعة (2-3) من بعد الظهر، أي في عكس الأوقات التي يحدث فيها الحدان الأقصى والأدنى لدرجات الحرارة.

2-4- الرياح Wind :

للرياح تأثيراً بالغاً على رطوبة الهواء، فالرياح الجافة تنقص من الرطوبة لإزاحتها للهواء الرطب المحيط بالنبات وإحلالها للهواء الجاف محله، وهذا ما يفسر احتفاظ الهواء الملامس للنباتات برطوبة منخفضة نسبياً، وفي ذلك تنشيط لعملية النتح.

وقد لوحظ، أن النتح يزداد كثيراً كما ويضعف نمو النباتات على السفوح الجبلية المواجهة للرياح، لذلك لا تنمو الغابات على تلك السفوح ويقتصر وجودها على السفوح البعيدة عن الرياح.

أما الرياح الرطبة فهي ذات تأثير مضاد، فالرياح القادمة عبر المسطحات المائية الواسعة والمشبعة بالرطوبة العالية قد تسمح - عند استمرار وتكرار هبوبها- بنمو نباتات وسطية في مناطق لولاها لما أنتجت هذه المناطق غير نباتات جفافية.

3-4- التعرض للشمس Sun Effect ؛ Sun exposure :

التعرض للشمس يقلل من الرطوبة والعكس صحيح، لذلك نجد أن رطوبة السفوح الجنوبية التي تتميز بشدة تعرضها للأشعة الشمسية وللرياح الجافة أقل من رطوبة السفوح الشمالية، مما يجعل هذه الأخيرة أوفر حظاً وأكثر ملائمة - بسبب رطوبتها

المرتفعة - لنمو وازدهار أنواع مختلفة من النباتات بالمقارنة مع السفوح الجنوبية التي يظهر فيها دور عامل الرطوبة كعنصر محدد لنمو وتطور الأنواع النباتية المختلفة.
وبذلك، يظهر لدينا هنا وبشكل واضح آلية تضافر كلٍ من عاملي التعرض للشمس والرياح الجافة على خفض الرطوبة النسبية في بيئة السفوح الجنوبية، مما يجعلها أقل ملائمة لنمو النباتات بالمقارنة مع السفوح الشمالية.

4-4- الغطاء النباتي The Vegetation :

يعمل الغطاء النباتي على زيادة رطوبة الهواء المحيط به بإضعافه من تأثير درجة الحرارة وشدة الرياح، وكذلك عن طريق تزويده للهواء ببخار الماء الذي ينطلق من سطوح نباتاته خلال عملية النتح، ولما كان الغطاء النباتي ينتج كميات وفيرة من الماء فإن الرطوبة النسبية بين النباتات وفوقها مباشرة تكون أعلى مما هي عليه فوق أرض جرداء غير مكسوة بالخضرة أو فقيرة بالنباتات.

5-4- المحتوى المائي للتربة Soil-Water Content :

يساهم تبخر الماء من سطح التربة الرطبة في رفع الرطوبة الجوية للهواء المحيط به، ويلاحظ ذلك بشكل واضح في الغابات والأحراش حيث تحجب نباتاتها أشعة الشمس والرياح عن سطح الأرض، ويكون الهواء القريب من سطح الأرض عادة أكثر رطوبة من الهواء البعيد عنها والذي يوجد في مستوى هامات الأشجار المعرضة بشكل مباشر لأشعة الشمس والرياح .

الهطول

الهطول هو حالة تساقط مياه من السماء على هيئة سائلة مثل (الأمطار والندى)، أو على هيئة صلبة (مثل الثلوج والبرد) .

1- الأمطار Rainfall :

يعتبر المطر من أهم العوامل التي تؤثر على نمو وتوزع وكثافة النبت والغطاء النباتي في مختلف أصقاع سطح الكرة الأرضية، وعلى مدى فصول السنة، حيث يمكن معرفة نوعية الغطاء النباتي في منطقة ما من مناطق العالم عن طريق معرفة كمية الأمطار السنوية التي تهطل على تلك المنطقة.

1-1- العلاقة بين الأمطار والمحتوى المائي للتربة :

توجد علاقة وثيقة بين كمية الأمطار والمحتوى المائي للتربة أساسها أن الأخير يتوقف مقداره على كمية الأمطار الساقطة وأنواع التكاثف الأخرى (الندى - الثلج)، وهذا ينطبق في جميع البيئات فيما عدا تلك التي تعتمد على مورد ثابت من مياه الأنهار أو الينابيع أو البحيرات العذبة، وتتوقف الكمية التي تمتصها التربة من مياه الأمطار على نوع التربة وتركيبها وغطائها النباتي ودرجة انحدارها، ويبلغ المحتوى المائي للتربة أقصاه عقب هطول المطر مباشرة، ويقل خلال فصل الجفاف مع توقف الهطل، بيد أن الزيادة في المحتوى المائي للتربة لا تتناسب في معظم الأحيان مع كمية الأمطار التي تهطل عليها، وذلك لأن المطر الخفيف إذا هطل على تربة جافة دافئة فإنه يتحول كلياً إلى بخار ماء في ساعات قلائل، وبذلك لا يكون له تأثير يذكر على المحتوى المائي للتربة، كما أن المطر الغزير يكون في الغالب قصير الأمد يفقد معظمه بالانسياب السطحي ولا يتغلغل إلى داخل التربة إلا القليل منه، والأمطار التي تهطل في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية غالباً ما تكون على هاتين

الصـورتين (خفيفـة وقصـيرة تـارة، أو غزيـرة وآنيـة تـارة أخـرى)، فـإذا قلـت كميـة الأمطار عن (3-4) ملليمترات، فإنها تكـون قليلـة الأثـر فـي زيـادة المحتـوى المـائي للتربة، ليقتصر دورها على تبليل وترطيب سطح التربة فقط، وبخلاف ذلك كلما كـان المطر بطيئاً ومعتدلاً وطويل الأمد، كلما زادت كمية المياه التي تتشـربها التربـة، كمـا أنه كلما زاد المقدار الكلى لماء المطر الذي يهطل خلال فتـرة معينـة أو فصـل معـين، كلما زادت من فرص تغلغله إلى العمق الذي لا يتأثر عنده بعوامـل التبخـر السـطحي، وعلى عكس ذلـك فـي الأجـواء (البيئـات) الجافـة حيـث لا تكـون للأمطـار الشـحيحة والمتباعدة أي قيمة تجميعية في التربة، فكلما طال الجفاف واشتدت وطأته زادت كمية الأمطار اللازمة لإشباع التربة، كذلك تحدد شـدة عوامـل التبخـر خـلال الفتـرة التاليـة لموسم الأمطار طول الفترة التي يظل فيها المحتوى المائي للتربة ملائماً لنمـو النبـات بعد انقطاع (احتباس) المطر عنها.

وللتوزيع الموسـمي للأمطـار أثـر كبيـر علـى المحتـوى المـائي للتربـة، وكـذلك علـى الغطاء النباتي الذي تحمله، فعندما تكون كمية الأمطار غزيرة وموزعة بانتظـام علـى مدار موسم النمو، تستمر النباتات بازدهارها ويبقى الغطاء النباتي كثيفاً، أمـا إذا كـان المطر قليلاً ومتقطعاً فإن النباتات السائدة تزهر وتنمو في أسابيع قليلة، ثم تذوي ليسود الجدب والقحط من بعدها.

كما وتتوقف كمية مياه الأمطار التي تفقد بالانسياب السطحي أساساً على مقدار المطر الكلى، وكذلك علـى نـوع الغطـاء النبـاتي، ونـوع التربـة، ودرجـة انحـدارها، ويكـون الانسياب عـادة علـى أشـده عنـدما تهطـل أمطـار غزيـرة فجائيـة، أو تهـب عواصـف مطرية تستمر لفترة قصيرة، أو عندما تهطل على منحدرات عارية مـن النبـت تمامـاً، أو مغطاة ببضع نباتات قصيرة ومتفرقة، ففي جميع هذه الحالات لا تستطيع التربة أن تمتص الماء بالسرعة الكافيـة لاسـتيعاب مـاء المطـر جميعـه، خاصـة إذا كانـت كميـة الدبال الذي يغطي سطحها قليلةً، وكانت التربة نفسها ثقيلة متماسـكة دقيقـة الحبيبـات، أما إذا كان المطر معتدلاً واستمر لفترة طويلة وسادت في موسمه رطوبة جوية عالية

ودرجة حرارة منخفضة وانحدار مناسب لسطح التربة، فإنه يكون أكثر كفاءة من الأمطار الفجائية الشديدة الغزارة في تعزيز المحتوى المائي للتربة.

وغالباً، ما يكون الانسياب السطحي قليلاً في الغابات، وذلك لأن الأشجار تستقبل الأمطار فتبددها كما تبددها النباتات النامية تحت طبقة الأشجار وكذلك المواد الدبالية المتجمعة في القاع أسفل الغطاء الغابوي، لتعمل كل هذه العوامل مجتمعة مع بعضها البعض على التخفيف من حدة الأمطار التي تهطل على سطح أرض الغابة، وبالتالي الإضعاف من سرعة انسيابها السطحي لتصبح أكثر فائدة للتربة والنبات على حدٍ سواء.

1-2- الأمطار والحالة النباتية :

يهدف الاقتصاد المائي للنبات إلى إيجاد حالة من التوازن ما بين موارده المائية المتاحة وكمية المياه التي يفقدها عن طريق النتح، أي إلى جعل النتح مساوياً للامتصاص، ويحصل النبات على ما يحتاج إليه من ماء عن طريق المطر والندى، وتعتبر طريقة توزع الأمطار في فترات العام الواحد من أهم العوامل في تحديد الصفات العامة والمظاهر الموسمية للغطاء النباتي، فكلما طال فصل الجفاف تعجل النبات بإنهاء دورة حياته خلال الفصل المطير وقبل أن يدركه فصل الجفاف، ولهذه الحالة المناخية أثرها الواضح في الحالة النباتية (الغطاء النباتي) للمنطقة، إذ يترتب عليها تحديد مظهرين واضحين للغطاء النباتي، أحدهما في الفصل المطير، وفيه تزداد التغطية النباتية كثيراً بسبب وفرة الأمطار، حيث تكثر فيه النباتات الحولية وتحت الحولية الموسمية، والمظهر النباتي الآخر في الفصل الجاف، وفيه تنخفض التغطية النباتية ويصبح الغطاء النباتي أقل غناءً بالأنواع النباتية، حيث تختفي النباتات الحولية لاحتباس المطر لتحل مكانها النباتات المعمرة.

وفيما يلي نذكر أهم العوامل المؤثرة على كمية الماء التي يمتصها النبات من التربة، والتي تتلخص بالنقاط التالية :

(1)- وفرة الماء .
(2)- طبيعة المجموع الجذري .
(3)- خصائص التربة .
(4)- درجة حرارة التربة .
(5)- التوصيل المائي .

أما العوامل المحددة لكمية الماء التي **يفقدها النبات،** فيمكن حصرها بما يلي :
(1)- النوع النباتي وطبيعة تركيب أوراقه .
(2)- عدد وحجم ومكان توزع الثغور التنفسية .
(3)- درجة تشبع النسج النباتية بالماء .
(4)- كمية الإشعاع الشمسي وشدة الضوء .
(5)- الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالنباتات .
(6)- الفروقات الحرارية ما بين درجة حرارة النبات والهواء المحيط به .
(7)- سرعة الرياح وطبيعتها .

3-1- اضرار الأمطار الغزيرة Hazardous Effect of Torrents :

للسيول والأمطار الغزيرة اضرار كثيرة على الوسط البيئي، فهي تغرق حبيبات التربة الناعمة وتحولها إلى طين رخو لا تستطيع أن تستقر عليه النباتات أو تثبت جذورها فيه، كما تنزع عن التربة غطائها النباتي وتكتسح ما يغطيها من دبال، كذلك تجرف السيول والأمطار الغزيرة التي تهطل على المنحدرات الطبقة السطحية للتربة وما تتضمنه هذه الطبقة من بذور ووحدات تكاثرية مختلفة للعديد من الأنواع النباتية، وما يتخلف من هذه البذور ينبت ضعيفاً على بقايا التربة المتآكلة التي خلت من المادة العضوية (الدبال)، فتتعرض البادرات النامية من هذه البذور للغرق في فصل الأمطار، وللذبول في فصل الجفاف مما يقلل من فرص ثباتها واستقرارها.

4-1- أهمية الأمطار في المناطق الصحراوية :

لعامل الأمطار أهمية كبيرة في المناطق الصحراوية. ولما كانت الأمطار قليلة ونادرة في الصحارى، فإن ازديادها عن المعدل المعتاد في سنة من السنين يكون له بالغ الأثر في ازدهار الحالة النباتية وازدياد التغطية وكثافة الغطاء النباتي.

2- الندى The Dew :

يعتبر الندى مورداً أساسياً وهاماً للأشن والحزازيات وغيرها من النباتات اللازهرية، فقد وجد أن بعض الحزازيات يزداد محتواها المائي من (2-30% من الوزن الجاف أثناء النهار إلى 100% بعد ليلة غزيرة الندى، وفي حالات أخرى كانت الزيادة أكثر من ذلك. ويعتقد كثير من العلماء أن النباتات تحت الحولية (الموسمية) والحولية وثنائية الحول تستطيع أن تعيش على الندى وحده، ويمتاز الندى على المطر بانتظام سقوطه، ويرى بعض العلماء أن أوراق الكثير من النباتات الوعائية تستطيع أن تمتص بعض الندى المتكاثف على سطوحها الورقية عن طريق الأدمة، كما أن بعض الأشجار تمتص الندى من خلال القلف، على أن الندى يكون دائماً من القلة في المناطق المعتدلة والجافة لدرجة أنه لا يمكن أن يساهم بشيء يذكر في زيادة المحتوى المائي (الرطوبي) للتربة، وهو مع ذلك يعمل بتبخره على زيادة الرطوبة الجوية، فيقلل بذلك تبخر الماء من التربة ومن النباتات لفترة من الوقت.

ويعتبر **الندى** نوعاً من أنواع **التكاثف** الذي يتعرض له بخار الماء الجوى، ولا يستلزم تكاثف الندى دائماً أن يكون الهواء مشبعاً بالبخار، فقد يترسب (يتكاثف) الندى من هواء جوي رطوبته النسبية لا تتجاوز 60% فقط، وتعتمد العملية في جوهرها على وجود فرق في درجة الحرارة بين السطح الذي يتكاثف عليه الندى والهواء الملامس لهذا السطح .

2-1- مواعيد تكاثف الندى :

يبدأ تكاثف الندى عادة بعد الغروب، ويتوقف في الصباح الباكر عند (قبيل) الشروق، وقد يتأخر بدءه إلى منتصف الليل أو بعده حتى قرب الفجر، وقد تطول مدته أو تقصر حسب الظروف الجوية، ففي الليل تهبط درجة حرارة سطح الأرض أكثر من درجة حرارة الهواء الملامس لها، مما يساعد على تكاثف الندى ليلاً على سطح الأرض.

كما أن الندى يظل مغطياً لسطوح النباتات وأوراقها لمدة تتباين في الجهات المختلفة، وليس مصدر الندى المتكاثف على سطح الأرض هو بخار الماء الجوى وحده، بل أن جزءاً منه يأتي أيضاً من ماء التربة الذي يصعد إلى سطحها تبعاً للخاصية الشعرية، كما أن سطح الأرض إذا كان مبللاً فإنه يكون مصدراً أساسياً لبخار الماء الذي تحتويه الطبقات السفلى من الهواء الجوى .

2-2- أهمية الندى :

يعتبر الندى مورداً هاماً لزيادة رطوبة الجو نتيجة لتبخره من على الأسطح التي يتشكل عليها، كما إنه يساهم بطريقة غير مباشرة في رفع المحتوى الرطوبي للتربة التي يتكاثف عليها، كونه يعمل على خفض معدل تبخر الماء منها أو من النباتات النامية فوقها.

ويذهب البعض إلى اعتبار الندى مورداً من أهم موارد الماء للنباتات وخاصة في المناطق الصحراوية، كما ويساعد على تلطيف الجو فيها، فقد تكون كميته معادلة لكمية الأمطار الهاطلة في مثل تلك المناطق، أما في المناطق ذات المناخ المعتدل حيث تهطل كمية مناسبة من الأمطار، تكون كمية الندى قليلة إذا ما قورنت بما يهطل فيها من أمطار.

وتختلف نسبة الندى إلى المطر في البقاع المختلفة من العالم، ففي بعض المناطق قد يرتفع معدل الندى ليصل إلى 50 مم سنوياً، بينما لا يتجاوز المعدل السنوي للأمطار فيها عن 30 مم.

ويمتاز الندى عن المطر في أنه لا يتعرض للتسرب أو الانسياب السطحي الذي يتعرض له المطر، ولو أنه كالمطر يتعرض للتبخر، وفي المناطق الجافة لا تسمح كمية الندى الضئيلة بتغلغله في التربة إلى أعماق كبيرة ولا يتعدى أثره الطبقة السطحية منها. وبشكل عام، مهما كانت غزارة الندى كبيرة فإنه لا يستطيع أن يتعمق في التربة إلا لمسافة محددة لا تتجاوز في كثير من الأحيان عن 10 سنتيمترات فقط .

2-3- علاقة الندى بالنبات :

أ- يعمل الندى على موازنة المحتوى المائي داخل الأنسجة النباتية، وذلك بتعويض ما يفقده النبات من ماء عن طريق النتح.

ب- تمتصه النباتات ذوات الجذور السطحية، التي لا يزيد عمق جذورها عن 10 سم.

ج- تمتصه جذور وأوراق النباتات العالقة، التي تعيش على فروع وأغصان الأشجار الكبيرة في الغابات.

د- يعمل على زيادة رطوبة الهواء، فيساعد بطريقة غير مباشرة على خفض كمية الماء التي يفقدها النبات عن طريق النتح.

هـ- لا يمكن أن تعتمد عليه النباتات المستديمة (المعمرة) وتعتبره مصدراً أساسياً للماء عندها، لكن قد تعتمد عليه بعض النباتات الحولية والنصف حولية كأحد مصادر الماء الهامة لحياتها.

الرياح

تعتبر الرياح أحد العوامل البيئية الهامة، ويظهر تأثيرها بشكل واضح خاصة في السهول وشواطئ البحار ومرتفعات الجبال، وهي تؤثر على النباتات وعلى مواقعها البيئية التي تنمو فيها تأثيراً مباشراً بتنشيط التبخر والنتح مما يؤدى إلى ازدياد فقد الماء من النبات والتربة على حدٍ سواء، كما وتعتبر الرياح عاملاً هاماً من عوامل الحت والتعرية نتيجة لتأثيراتها الميكانيكية والتآكلية لسطح التربة، وهي تلحق العديد من الأضرار بالنباتات، إضافة إلى كونها تحمل الكثير من الفوائد إليها بمساعدتها على التلقيح وانتشار البذور والثمار، مؤثرة بذلك على درجة تباين النبت وتوزعه.

وهناك تأثيرات أخرى غير مباشرة للرياح، كتأثيرها على الرطوبة النسبية عن طريق نقلها لكتل الهواء الساخنة أو الباردة من مكان لأخر، وتحريكها للضباب والسحب التي تؤثر في كلٍ من الرطوبة وشدة الضوء، كما تغير الرياح أيضاً من درجة الحرارة على شواطئ البحار وتخلط الهواء الرطب بالهواء الجاف.

تتوقف سرعة الرياح على عدد كبير من العوامل من بينها العوامل الطبوغرافية، والقرب أو البعد من سواحل البحار، وقد لوحظ بأن سرعة الرياح تزداد بانتظام كلما ازداد ارتفاع الموقع عن سطح البحر، وهذا ما يفسر خلو قمم الجبال العالية من النباتات في غالب الأحيان بسبب تعرضها للرياح ذات السرعة المتطرفة .

1- أضرار الرياح:

يمكن التعرف على مجمل الأضرار التي تسببها الرياح من خلال النقاط التالية:

1-1- التجفيف Drying ; Desiccation :

تعمل الرياح على زيادة معدل التبخير بإزاحتها لطبقات الهواء الباردة وللرطبة المتجمعة حول الأسطح النباتية، كذلك تثنى الرياح الأوراق مسببة تقلصاً وانقباضاً متعاقبين في الفراغات البينية فتؤدى إلى طرد الهواء المشبع بالماء خارج الأوراق

ودخول هواء جاف مكانه، كما أن الثغور التنفسية تغلق عادة عندما تزداد سرعة الرياح كثيراً وبذلك يصبح النتح كله نتح أدمي، هذا ويؤدى استمرار هبوب الرياح الجافة على النبات إلى القضاء عليه بشكل كلي خلال ساعات قليلة بسبب زيادة معدل النتح عن معدل الامتصاص، حيث يصبح من الصعب على النبات أن يحتفظ بالتوازن المائي داخل أنسجته .

ونتيجة اختلال هذا التوازن المائي، تتعرض النباتات للجفاف الذي يظهر على شكل تموت في الأوراق الفتية والنموات الحديثة، وقد لوحظ أنه كلما زاد ارتفاع النبات وكبر حجمه كلما زاد تعرضه لعوامل الجفاف، أما النباتات القصيرة فإن تضررها بالرياح يكون أقل، وأكثر صور الحياة ملائمة للبيئات المعرضة للرياح الشديدة هي النباتات الوسادية .

*** تعريف النباتات الوسادية Cushion plants :**

هي نباتات قصيرة القامة غزيرة التفرع تحتضنها التربة، حيث لا يتجاوز ارتفاعها عن سطح التربة إلا بضعة سنتيمترات. ويؤدي تعرض بعض النباتات القائمة إلى الرياح الشديدة المستمرة إلى تحورها بشكل تدريجي إلى مثل هذه الصورة من النباتات الوسادية.

2-1- التقزم Dwarfing :

لا يحدث التقزم في النباتات إلا عند تعرضها للرياح الشديدة والجافة التي تهب عليها بصورة مستمرة تقريباً خلال الفترة التي تنمو فيها خلاياها الجنينية الحديثة التشكل، وينشأ التقزم نتيجة اختلال التوازن المائي للأنسجة النباتية الفتية، الذي يظهر على شكل ضعف في نمو وتكوين الأعضاء النباتية الحديثة التشكل المترافق مع اختزال واضح في أحجامها، حيث لا تصل الخلايا الحديثة التكوين إلى حجمها الطبيعي بسبب عدم امتلائها بالماء الكافي الذي يتصاحب بانخفاض كبير في مادتها الجافة، فتبدو النباتات متقزمة صغيرة الحجم، وقد يبلغ هذا التقزم عند بعض الأشجار حداً لا يزيد

فيه حجم الشجرة التي تبلغ من العمر قرنا كاملاً عن حجم شجيرة صغيرة. عموماً، ينطوي التقزم على نقص كبير في كمية المادة الجافة المنتجة، كما قد يصاحبه عادة زيادة في عدد الأفرع الثانوية.

3-1- التشويه Deformation :

عندما تتعرض الأعضاء الخضرية الفتية لرياح شديدة دائمة تقريباً تهب عليها من اتجاه ثابت ولفترات زمنية طويلة نسبيا، فإن شكل هذه الأعضاء وطريقة توضعها على النبات الأم قد يتغير تغيراً مستديماً ويسمى ذلك بالتشويه. وغالباً ما يترافق هذا التشوه بحدوث تفرعات غير منتظمة للنبات، ليقتصر نمو هذه التفرعات على الجهة البعيدة عن اتجاه الرياح السائدة، ولا يشترط أن يكون التشوه مصحوباً دائماً بالتقزم، وذلك لأن الرياح الرطبة يمكن أن تحور شكل المجموع الخضري دون أن تختزل حجمه بشيء يذكر.

وكثيراً، ما نشاهد أشجاراً ذات جذوع وأغصان مائلة على الهضاب وشواطئ البحار حيث الرياح الشديدة والمستمرة، ومثل هذه الأشجار يمكن أن تحدد باتجاه نمو جذوعها وتفرعاتها النباتية غير المنتظمة (المشوهة) جهة الرياح السائدة في الموقع، ويمكن ملاحظة ذلك في الرحلات والجولات الحقلية، (مثال على ذلك، ميل جذوع أشجار الحزام الأخضر قرب مدينة حمص في سوريا باتجاه الشرق نتيجة تعرضها المستديم للرياح الغربية القادمة من سواحل البحر الأبيض المتوسط)، أيضاً يمكن أن يشتد هذا التشويه لتظهر جذوع الأشجار بشكل مفلطح، أو قد تتخذ الأشجار الوضع الأفقي في نموها.

ولا يقتصر تأثير الرياح على الأشجار وحدها ، بل يتعداه إلى نباتات المحاصيل الزراعية المختلفة كالمحاصيل النجيلية مثل القمح والشعير وقصب السكر حيث تعمل الرياح الشديدة على تفلطحها ورقادها فوق سطح التربة (ظاهرة رقاد المحصول)،

وقد يحدث هذا الرقاد مبكراً أو متأخراً أثناء نمو المحصول وتنشأ عنه أضرار اقتصادية جسيمة.

1-4- التكسر Breaking :

تدمر الرياح الشديدة مساحات شاسعة وواسعة من الأشجار والشجيرات والمحاصيل الزراعية، نتيجة لتكسير فروعها وأغصانها ولاسيما الغضة منها، إضافة إلى أثرها الملحوظ في تساقط البراعم الزهرية وكذلك الأزهار والثمار .

وتتوقف قابلية النباتات للتكسر تحت وطأة تأثير الرياح الشديدة على تركيبها التشريحي، فإذا كان الخشب في النباتات الشجرية هشاً قليل التغلظ فإنها تكون أكثر استعداداً للكسر، أما النباتات التي تحتوى على نسبة كبيرة من الأنسجة المتخشبة "السكلرانشيمية" وخاصة إذا كانت هذه الأنسجة مرتبة في أغماد سميكة حول الأسطوانة الوعائية أو في أجزائها الخارجية فإن قابلتها للكسر بفعل الرياح تكون أقل.

ومن ناحية أخرى، فمن الطبيعي أن تكون الأشجار المريضة التي تعاني من إصابات حشرية أو فطرية، أكثر عرضة للتكسر تحت تأثير الرياح نتيجة لضعف مثل هذه الأشجار بالمقارنة مع الأشجار السليمة .

وقد تصل الرياح في شدتها إلى الحد الذي يكفي لاقتلاع النباتات المختلفة - بما فيها الأشجار والشجيرات - من تربتها بشكل كامل، ويشاهد ذلك كثيراً في صحارينا المكشوفة، حيث التربة الرملية الجافة السهلة التآكل والنباتات الضحلة الجذور، فالرياح العاصفة يمكنها وبسهولة اقتلاع مختلف النباتات من تربتها كلمح البصر، ويكون أثرها في تدمير الغطاء النباتي بذلك بالغ الخطورة.

1-5- البري Abrasion :

ينتج البري من حمل الرياح لحبيبات التربة وقذفها بشدة على النباتات المختلفة مسببة ضرراً بالغاً لها من خلال ما تلحقه بها من تآكل في أعضائها الخضرية، وتعانى

طائفة كبيرة من النباتات الصحراوية، وكذلك نباتات المناطق الساحلية للكثير من هذا النوع من الضرر، فالحبيبات الرملية التي ترتطم بقوة على الأسطح النباتية المعرضة لها تحدث ثقوباً بأوراق النباتات وتمزقها (خاصة الأوراق الغضة الطرية والرقيقة)، كما أن حبيبات الرمل الدقيقة قد تستقر أحياناً في فتحات الثغور التنفسية فتعيق وتعطل عملها، أما في الأشجار الخشبية فيتآكل القلف من الناحية المواجهة للرياح الشديدة، ويكون هذا التآكل على أشده أسفل جذوع الأشجار على ارتفاع قليل من سطح التربة، وقد يصل التآكل أحياناً إلى الأنسجة الحية لهذه الجذوع، فيظهر أثر الرياح عليها على شكل حفر وتجاويف غائرة في سطوح جذوعها المعرضة للرياح. وكثيراً، ما تتلف المحاصيل المزروعة على تربة رملية في منطقة معرضة للرياح الشديدة وذلك بشكل كلي لهذا السبب أيضاً.

6-1- التآكل Erosion :

يعتبر الغطاء النباتي الكثيف من أفضل وأنجع الوسائل الطبيعية التي تقي من تآكل سطح التربة وانتقاله تحت تأثير وطأة الرياح الشديدة، ولكن عندما يقل هذا الغطاء أو يزول ولو في مواضع متفرقة منه، فإن الرياح سرعان ما تفتك بالتربة مسببة تآكلها وتعرية جذور نباتاتها، مما يؤدي لاحقاً إلى موت هذه النباتات وزيادة شدة تعرية سطح التربة من غطائه النباتي.

وعادة ما ينقل سطح التربة الناجم عن عملية التآكل إلى مواقع أخرى جديدة بمساعدة الرياح القوية، حيث تترسب وتتجمع حول نباتات هذا الموقع، وقد تستطيع هذه النباتات أن تتغلب على الأضرار الناجمة عن تجمع التربة فوقها ومن حولها، وذلك بإنتاج أجزاء خضرية جديدة على مستوى يعلو سطح الرمال المترسبة فوقها باستمرار، ولكن بعضها لا يستطيع تحمل نقص التهوية الناجم عن استمرار ردم وتغطية أجزاءها الخضرية النامية فتموت وتندثر نتيجة اختناقها تحت أكداس الرمال المتجمعة فوقها.

وتتميز النباتات التي تقاوم ترسب الرمال فوق فروعها النباتية بمقدرتها على تكوين جذور عرضية على الساق المطمورة تحت الرمل وفي مستويات مختلفة تزداد ارتفاعاً كلما ارتفعت أكداس الرمال المترسبة فوقها، وتشاهد هذه الظاهرة بكثرة على السواحل وفي السهول الصحراوية.

وقد تجرد الرياح الشديدة السرعة التربة من طبقتها السطحية على مساحات شاسعة من الحقول الزراعية لترسبها في أماكن أخرى، مما يؤدي إلى افتقار التربة للكثير من خصوبتها نتيجة حرمانها من طبقتها السطحية الغنية في العادة بالمواد العضوية والدبال، فيظهر بذلك التأثير المزدوج للرياح في إتلافها للمحاصيل المزروعة في الحقول التي حدث فيها التآكل، وفي القضاء على تلك النباتات النامية ضمن المواقع التي ستحدث فيها عملية الترسيب.

1-7- الرذاذ الملحي Salt Spray :

تشاهد هذه الظاهر بشكل خاص على شواطئ البحار والمحيطات، حيث تحمل الرياح الرذاذ الملحي المتناثر من الأمواج التي ترتطم بالساحل، لتلقيه فوق النباتات التي تعيش على مقربه من البحار والمحيطات، ولما كان هذا الرذاذ محملاً بنسبة عالية من الأملاح فإنه يسبب أضراراً بالغة بالنباتات التي تتميز بفرط حساسيتها للملوحة .

وتقل كمية الأملاح التي يحملها الهواء البحري كلما تجاوز المناطق الساحلية وتوغل في العمق نحو المناطق الداخلية، غير أن أثر الرذاذ الملحي يشتد على النباتات مع ارتفاع سرعة الرياح المحملة بالأملاح والتي تنقل هذا الرذاذ أحياناً إلى مسافات بعيدة عن الشاطئ ليؤثر بذلك على نباتات غير شاطئيه تتميز بارتفاع حساسيتها نحو الأملاح، وعلى ذلك فقد وجد أن النباتات تختلف في درجة تأثرها برذاذ الماء المالح، وأكثر النباتات تحملاً لذلك هي أقربها إلى البحر والتي تعرف عادة بمقاومتها للرذاذ الملحي وللملوحة عموماً، أما النباتات الحساسة للملوحة فلا تستطيع أن تنمو بالقرب من السواحل البحرية، بل تشاهد عادة بعيدة عنها.

1-8- الإنزياح الجليدي:

لوحظ أنه في المناطق الباردة غير متجانسة التضاريس والمعرضة لكثرة تساقط الثلوج وهبوب الرياح العاتية، يزاح فيها طبقات الجليد والثلوج المتراكمة من المنحدرات المواجهة للرياح إلى المنحدرات المحمية منها، معرضة بذلك نباتات هذه المنحدرات لخطر تجمع وتكدس الثلوج فوقها، فتتراجع أعدادها وربما تهلك وتزول من الموقع بصورة نهائية تحت وطأة الإنزياح الجليدي الذي تتعرض له .

1-9- تساقط الأزهار والثمار :

تؤثر الرياح الشديدة في الحد من قدرة النباتات على تكوين ثمارها من خلال إسقاطها لأزهارها وبراعمها الزهرية، وكذلك في إسقاط هذه الثمار قبل اكتمال نضجها على النبات الأم، مما ينعكس سلباً على الإنتاج، وعلى قدرة النباتات المختلفة وخاصة البرية منها في الحفاظ على استمرارية وجودها وبقاؤها في بيئاتها الطبيعية نتيجة الفقد الذي يحصل في أعداد وحداتها التكاثرية البذرية، والتي تعطي من خلالها أجيالها الجديدة القادمة.

2- فوائد الرياح :

يمكن استعراضها وتلخيصها بالنقاط التالية:

أ- تعتبر الرياح وسيلة هامة مساعدة لتلقيح أزهار الكثير من الأنواع النباتية، حيث تقوم بنقل حبوب اللقاح من مآبر إلى مياسم النبات الواحد، أو تنقلها إلى مسافات طويلة قد تصل إلى مئات الأمتار أو الأميال لتلقح نباتات أخرى بعيدة.

ب- تساعد الرياح على انتشار العديد من الكائنات الحية الدقيقة أو وحداتها التكاثرية المختلفة مثل الجراثيم والأبواغ الفطرية وغيرها، مما يساعد في زيادة انتشار هذه الكائنات واحتلالها لمواقع بيئية جديدة.

ج- للرياح دور هام أيضاً في انتشار بذور وثمار العديد من النباتات، مما يجعل منها أحد أهم العوامل البيئية التي تقوم بهذه الوظيفة الهامة والضرورية، والتي تعتمد عليها معظم النباتات الأرضية.

د- تساعد الرياح على تجفيف التربة ذات المحتوى الرطوبي المرتفع.

هـ- تقوم الرياح الباردة على خفض درجات الحرارة المرتفعة الضارة، فتلطف الجو في المناطق البيئية الحارة.

و- الرياح الدافئة تساعد على رفع درجة حرارة المناطق الباردة، وتجعلها أكثر ملائمة لنمو نباتات جديدة فيها.

3- الكثبان الرملية وتأثير الرياح عليها:

تعمل الرياح الشديدة على تحريك ونقل الكثبان الرملية Sand Dunes وخاصة في تلك المواقع التي تتميز بغطاء نباتي فقير أو معدوم تقريباً، حيث تصبح حركة الكثبان الرملية فيها سهلة تحت تأثير الرياح السائدة، وهناك بعض الأنواع النباتية التي تستطيع منع أو الحد من حركة الكثبان الرملية مما يؤدي إلى تثبيتها ومقاومتها لتأثير الرياح، ومن أهم هذه الأنواع النباتية نذكر:

الأثيل "الطرفاء" *Tamarix articulata* ،

الدخن الناعم *Panicum miliaceum* ،

قصب الرمال *Calamagrostis arenaria* ،

الرتم *Retama raetam* ، الشكل رقم (13) ،

السمار البحري (الأسل) *Juncus maritimus* ،

وكذلك نبات "الأنونيس" *Ononis vaginalis* ،

وحشيشة القمح *Agropyron repens* ،

والسنط العربي *Acacia arabica* .. وغيرها العديد من الأنواع النباتية الأخرى.

وهذه النباتات لها القدرة على النمو والاستطالة عمودياً كلما تجمعت عليها أكوام الرمال وغطت فروعها الخضرية، لتستطيع بذلك وبمساعدة طبيعة توزع فروعها الهوائية النامية بشكل متداخل ومتشابك فوق أكوام الرمال على تثبيت هذه الكثبان والمنع أو التقليل من حركتها وانتقالها.

مصدات الرياح Windbreakers :

وهي عبارة عن أنواع خاصة (محددة) من الأشجار والشجيرات التي تزرع خصيصاً في المناطق التي تتعرض بصورة دائمة لرياح شديدة، قرب الحقول والبساتين أو المراعي والقرى. وذلك لوقايتها من أضرار الرياح العاتية، وتعرف هذه النباتات بمصدات الرياح (كاسرات الرياح). وغالباً ما تقام هذه المصدات بالمناطق القريبة من الشريط الساحلي في العديد من دول العالم، مثل مصدات الرياح المنشأة بالقرب من السواحل الغربية في سوريا، ومن السواحل الشمالية والواحات البحرية في مصر، حيث وجد أن الرومان في عام (330) ق.م قد أدخلوا أشجار الحور *Populus sp* إلى واحة سيوة في مصر واستخدموها كمصدات للرياح بغرض تثبيت كثبانها الرملية المتحركة.

وتزرع في العادة مصدات الرياح على شكل صفوف متعامدة مع اتجاه الرياح السائدة في المنطقة المراد حمايتها بهدف كسر حدة رياحها ودرء أخطارها عن مزروعاتها المختلفة. وقد تستبدل مصدات الرياح البسيطة (العادية) بما يسمى بـ: **النطاق الواقي Shelter Belt** أو بما يعرف بـ: **الحزام الأخضر Green Belt**، والذي هو عبارة عن مساحة واسعة من مصدات الرياح العادية التي تزرع على شكل صفوف متتالية عديدة وبمسافات منتظمة فيما بينها وبصورة متعامدة أيضاً مع اتجاه الرياح، لتحقق بذلك وقاية مستمرة ودائمة، ولتوفر حماية أكبر للمناطق التي تقع خلفها .

العوامل الترابية (عوامل التربة)

Edaphic factors ; Soil Factors

أولاً - أهمية التربة :

تتضح أهمية التربة بالنسبة للنبات من خلال النقاط التالية :

(1)- تعتبر التربة الوسط المناسب لحياة مختلف الأنواع النباتية .

(2)- تقوم التربة بتدعيم وتثبيت النباتات، من خلال إرساء جذورها فيها .

(3)- تمد التربة النباتات بالغذاء البسيط غير العضوي، ممثلاً بالماء والأملاح المعدنية اللازمة لحياتها .

ثانياً - مكونات التربة Soil component :

التربة وسط مادي معقد التركيب يتألف من مجموعة من المكونات التي توجد فيها بحالات فيزيائية وكيميائية مختلفة ، وتتكون هذه المكونات من المواد الأساسية التالية:

(الحبيبات المعدنية - المادة العضوية - الماء - الهواء)

تنشأ **الحبيبات المعدنية** من تفتت وتحلل الصخرة الأم، في حين تتكون **المادة العضوية** من تفكك وتحلل بقايا النباتات والكائنات الحية الأخرى الموجودة في التربة، أما **الماء** فمصدره الرئيسي هو الأمطار، بينما يتكون **الهواء** من تغلغل الهواء الجوي لحبيبات التربة عن طريق الفراغات الواسعة نسبياً، والتي تتشكل بين هذه الحبيبات بعد رشح الماء منها للأسفل.

وتختلف نسب هذه المكونات باختلاف أنواع الترب، ففي التربة الرملية تقل كمية الماء الذي تستطيع حمله، وتزداد نسبة الهواء فيها، بينما نجد عكس ذلك تماماً في الترب الطينية الثقيلة التي تستطيع حمل كمية أكبر من الماء في حين تنخفض فيها نسبة الهواء. كذلك ترتفع نسبة المادة العضوية في أراضي الغابات حيث يكون الغطاء

النباتي كثيف، بينما تصل نسبتها إلى الحدود الدنيا في الأراضي الصحراوية حيث الغطاء النباتي الضعيف أو المعدوم تقريباً، وتتباين نسبة المادة العضوية تبايناً كبيراً في الأراضي المختلفة وذلك تبعاً للظروف البيئية المحيطة.

عموماً، تتكون التربة وتتشكل نتيجة لترافق عمليتين أساسيتين تحدثان فيها بشكل دائم ومستمر هما عمليتي **" الهدم والبناء "** .

1- عمليات الهدم :

وتتناول مختلف عمليات تحلل الصخور وبقايا النباتات والكائنات الحية المختلفة، وهذه العمليات إما أن تكون ناتجة عن عوامل طبيعية مثل التقلبات في درجات الحرارة والرطوبة ... وغيرها من العوامل الأخرى، أو أن تكون ناتجة عن عوامل كيميائية كعمليات الأكسدة والاختزال والتحلل المائي والتكربن .... الخ .

2- عمليات البناء :

وتشمل جميع العمليات "التفاعلات" التي تنتهي بتكوين مركبات عضوية ومعدنية جديدة، تتجمع أو تتوزع بطريقة خاصة ضمن التربة، بحيث تكسبها صفات كيميائية وفيزيائية معينة، مما ينعكس في تأثيرها على مقدار نمو النباتات فيها.

فالتربة إذاً وباختصار شديد، هي وسط مادي معقد التركيب مؤلف من مواد معدنية وعضوية وماء وهواء موجودة في حالات فيزيائية وكيميائية مختلفة.

ثالثاً - الطبيعة الكيميائية للتربة :

تنشأ المادة الأصلية التي تكون الهيكل المعدني للتربة إما من تفتت الصخور الموجودة في نفس الموقع الذي توجد به التربة، وهذا ما نطلق عليه بـ :"تفتت الصخرة الأم" ، أو تتكون من تفتت صخور بعيدة عن هذا الموقع لتنتقل إليه فيما بعد إما بواسطة المياه الجارية أو الرياح أو بحركة الجليد أو بفعل الجاذبية الأرضية ..... وغيرها .

وتتميز المادة الأصلية في الحالة الأولى بتدرجها في التفتت والتحلل الكيميائي بدأً من سطح التربة حتى العمق الذي توجد عنده الصخرة الأم، حيث يبلغ التفتت والتحلل

أقصاه عند السطح، أما في حالة المادة الأصلية المنقولة فتتصف التربة بعدم تدرجها وإنما بالتغير المفاجئ في صفات الطبقات المكونة لها.

تتركب التربة المعدنية كيميائياً من نسبة عالية من ثاني أوكسيد السيليكون إضافة إلى أكاسيد الألومنيوم والحديد بنسبة أقل، وتتباين نسبة الكالسيوم والماغنيسيوم في الأراضي المختلفة تبعاً للظروف المحيطة، ففي المناطق الجافة ونصف الجافة يوجد هذان العنصران بنسبة أعلى مما هو عليه في المناطق الرطبة، كما ويوجد عنصر البوتاسيوم عادة بنسبة أقل من العناصر السابقة، أما عنصري الصوديوم والفوسفور فتكون نسبتهما عموماً بسيطة في التربة.

بالإضافة إلى ذلك، تحتوي التربة على عناصر أخرى توجد فيها بنسب قليلة جداً "على شكل آثار بسيطة"، ويمتصها النبات بكميات ضئيلة نسبياً، ولكنها ضرورية لحياته وينجم عن عدم وجودها ضرر له، ومن أهم هذه العناصر نذكر: البورون، المولبيديوم، الزنك، النحاس، المنجنيز، الكوبالت، اليود، الفلور ... وغيرها .

رابعاً - مقطع التربة Soil Profile :

1- الهدف منه: هو دراسة الصفات العامة للطبقات المختلفة المكونة للتربة.

2- طريقة إعداده: تصنع حفرة في الأرض بطول حوالي (2) متر، وعرض يصل تقريباً إلى (1) متر، وبعمق مناسب يتوافق مع طبيعة الأرض "بحيث يتيح إمكانية وقوف الشخص الفاحص بداخلها بشكل مريح"، ثم يسوى سطح من سطوحها بحيث يصبح عمودياً ومستوياً ومتجانساً قدر المستطاع، مما يسهل عملية فحص الطبقات فيه، ودراسة خصائصها وصفاتها المختلفة وطريقة توزع الجذور ... الخ.

يطلق على مختلف طبقات التربة الظاهرة بالمقطع بـ "مقطع التربة أو بروفيل التربة".

خامساً - طبقات مقطع التربة:

يمكن أن نلاحظ في مقطع التربة الطبقات التالية :

1- منطقة الاستخلاص: وهي الطبقة العلوية من المقطع، وتتركب أساساً من حبيبات خشنة نتيجة لإنغسال الحبيبات الدقيقة الناعمة وكذلك الغرويات نحو الأسفل بواسطة الأمطار أو مياه الري يضاف إليها المواد العضوية المتحللة، مما يجعلها سهلة الاختراق من قبل الجذور التي تتفرع فيها بكثافة، وتكون هذه الطبقة فقيرة بالأملاح الذائبة بسبب إنغسالها أيضاً مع مياه الأمطار أو الري وتسربها إلى الطبقات العميقة نحو الأسفل . ويفضل تقسيم هذه المنطقة إلى طبقتين :

أ- علوية : تتميز بلونها الداكن نتيجة لغناها بالمادة العضوية .

ب- سفلية : تقع مباشرة أسفل الطبقة العلوية ، وتكون بلون أفتح من الطبقة العلوية، لكونها تحتوي على كمية أقل من المواد العضوية بالمقارنة مع سابقتها.

2- منطقة التركيز: وتوجد مباشرة أسفل منطقة الاستخلاص، تتجمع فيها الأملاح الذائبة والحبيبات الدقيقة الناعمة التي يحملها الماء إليها من الطبقات العليا، ويصعب اختراق الجذور لهذه الطبقة كما يقل تفرعها فيها .

تقع أسفل منطقة التركيز، منطقة لا يحدث فيها لا استخلاص ولا تركيز، تتركب عادة من مادة الأصل **(الصخرة الأم)** التي نشأت منها التربة، الشكل رقم (14) .

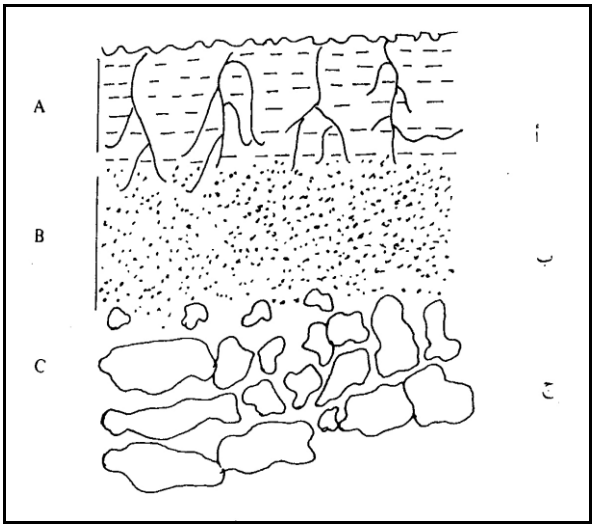
سادساً - الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة :

تختلف الترب اختلافاً كبيراً فيما بينها حسب خواصها الطبيعية والكيميائية .

* **الخواص الطبيعية:** وتشمل مجموعة من الصفات التي تتصف بها التربة مثل : القوام، البناء، درجة الحرارة، اللون، الرطوبة، التهوية ... وغيرها .

* **الخواص الكيميائية:** مثل: درجة حموضة التربة، سعتها الامتصاصية، توصيلها المائي، مكوناتها من العناصر والأملاح المعدنية ..... وغيرها .

وسوف نستعرض فيما يلي وبشكل موجز بعضاً من **خصائص التربة الطبيعية** وأثرها على تباين النبت وتوزعه في المواقع البيئية المختلفة .



الشكل (14) – (مقطع التربة) رسم تخطيطي يوضح مختلف الطبقات التي يتكون منها مقطع التربة (أ – منطقة الاستخلاص ، ب – منطقة التركيز ، ج – الصخرة الأم) .

1- قوام التربة Soil texture :

ويقصد به التركيب الميكانيكي لها، الذي يعبر عن أحجام وأوزان ونسب مختلف أنواع المجاميع من حبيبات التربة التي تدخل في تكوينها، والتي نحصل عليها من خلال عملية تعرف بالتحليل الميكانيكي للتربة Mechanical analysis.

ولقد اتفق في الجمعية الدولية لعلوم التربة على تحديد حجم هذه الحبيبات في كل مجموعة على النحو التالي المبين في الجدول رقم (1).

اسم المجموعة	أبعاد الحبيبات / ملم
الحصى Gravel	أكبر من 2
رمل خشن Coarse Sand	2–0.2
رمل ناعم Fine Sand	0.2 - 0.02
سلت Silt	0.02 - 0.002
طين Clay	أصغر من 0.002

أثر التركيب الميكانيكي على صفات التربة وعلى النبات :

يمكن توضيح ذلك من خلال النقاط التالية :

(1) يزداد حمل الماء في التربة التي تحتوي على نسبة كبيرة من الحبيبات الناعمة .

(2) ينفذ الماء بسرعة أكبر خلال التربة ذات الحبيبات الخشنة .

(3) يزداد فقد الماء بالتسرب السطحي في الأراضي ذات الحبيبات الناعمة، كونه ينفذ ببطء من خلالها .

(4) تزداد حركة الماء نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية في التربة ذات الحبيبات الخشنة .

(5) تزداد المقاومة الميكانيكية لاختراق الجذور في التربة الثقيلة الغنية بالحبيبات الدقيقة والغرويات، وتقل في التربة الخفيفة لاحتوائها على نسبة كبيرة من الحبيبات الخشنة .

(6) تعتبر التربة ذات الحبيبات الناعمة أكثر خصوبة من التربة ذات الحبيبات الخشنة، وذلك لاحتواء الأولى على نسبة عالية من الغرويات، التي تدمص على أسطح حبيباتها أيونات العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات.

(7) تتميز التربة ذات الحبيبات الخشنة، وكذلك التربة الثقيلة التي تتصف بتجمع حبيباتها الناعمة على شكل حبيبات مركبة كبيرة الحجم بأنها جيدة التهوية، كون الحبيبات الكبيرة تحصر فيما بينها فراغات واسعة نسبياً تسمح بمرور الغازات من خلالها، وبذلك يسهل التخلص من ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن تنفس الجذور والكائنات الحية الموجودة في التربة ليحل محله الأوكسجين اللازم لعملية التنفس "سهولة التبادلات الغازية"، في حين تكون التربة ذات الحبيبات الناعمة والدقيقة المنفردة رديئة التهوية.

2- بناء التربة Soil structure :

ويقصد به طريقة ترتيب حبيبات التربة مع بعضها البعض، والذي يتوقف عليه حجم الفراغات المتشكلة فيها، والتي تحدد بدورها درجة تهوية التربة.

ونميز نوعين من الفراغات في التربة:

أ- فراغات شعرية: وهي فراغات ضيقة يشغلها الماء عادة ويتعذر مرور الهواء فيها.

ب- فراغات غير شعرية: وهي فراغات واسعة نسبياً يشغلها الهواء عقب رشح مياه الأمطار أو مياه الري نحو أسفل التربة.

وبالتالي، فإن نسبة الفراغات غير الشعرية هي التي تحدد درجة التهوية في التربة، كما تحدد نسبة الفراغات الشعرية كمية الماء الذي تحتفظ به التربة عقب الري أو هطول الأمطار، وهذا يقودنا إلى مصطلح آخر يدعى بـ : **مسامية التربة**.

3- مسامية التربة Soil porosity :

وهي تعبر عن نسبة ما يشغله الماء إلى نسبة ما يشغله الهواء في التربة، وتعتبر التربة **نموذجية** عندما تصل مساميتها إلى نسبة مقدارها (50%)، أي أن نصف فراغاتها غير شعرية تسمح بمرور الغازات، والنصف الأخر من فراغاتها شعرية تحتفظ بنسبة وفيرة من الماء، أما التربة التي تحتوي على نسبة ضئيلة من الفراغات غير الشعرية، أي تكون فيها نسبة المسامية منخفضة مثلاً (25%) فتعد تربة رديئة الصرف والتهوية.

العوامل التي تؤثر على المسامية :

يمكن أن نوجز العوامل التي تؤثر على مسامية التربة بكلٍ مما يلي:

(1) تزداد المسامية في التربة الرملية لكونها تحتوي على نسبة عالية من الفراغات غير الشعرية التي تتشكل فيها بسبب كبر حجم جزئياتها مما يجعلها بذلك جيدة التهوية ، في حين يعاب عليها في كونها قليلة الاحتفاظ بالماء لافتقارها للفراغات الشعرية.

(2)- تنخفض المسامية في التربة الطينية الثقيلة ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة لتصبح بذلك رديئة التهوية، إلا أنها تعتبر جيدة الاحتفاظ بالماء بسبب غناها بالفراغات الشعرية .

(3)- تزداد المسامية في التربة عند تحلل الجذور القديمة فيها تاركة الفراغات والمسارات التي كانت تشغلها فارغة وبذلك تحل الغازات محلها .

(4)- تقوم الديدان نتيجة حركتها ونشاطها في التربة على زيادة مساميتها.

(5)- تؤدي عمليات الحراثة على تفكيك (خلخلة، تفتيت) الطبقة السطحية للتربة فتتباعد حبيباتها فتزداد فيها التهوية والمسامية .

(6)- يمكن زيادة المسامية في الأراضي الطينية الثقيلة بإضافة مواد عضوية أو مركبات جيرية إليها، والتي تقوم بتجميع الحبيبات الدقيقة على شكل حبيبات مركبة كبيرة فتحصر فيما بينها فراغات واسعة، مما يؤدي إلى زيادة نسبة فراغاتها غير الشعرية وتحسين مساميتها .

4- درجة حرارة التربة Soil temperature :

تؤثر درجة حرارة التربة على النبات بشكل مباشر أو غير مباشر :

التأثير المباشر : ويتمثل بـ : **أ-** التأثير على المجموع الجذري الذي ينمو فيها .

ب- تأثيرها على إنبات البذور .

التأثير غير المباشر : وذلك عن طريق تأثيرها على نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة، والتي تساهم بنشاطها في تحليل المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة يسهل امتصاصها من قبل الجذور .

العوامل التي تؤثر على درجة حرارة التربة :

تتعرض التربة لتقلبات كبيرة في درجات حرارتها وذلك في الأشهر المختلفة على مدار العام الواحد ، وفي الأوقات المختلفة من اليوم الواحد، بالإضافة إلى تأثرها بالعديد من العوامل الأخرى التي يمكن استعراضها فيما يلي:

أ- اللون : فالتربة الداكنة تمتص حرارة أكبر من التربة الفاتحة اللون.

ب- التضاريس : حيث يتلقى سطح التربة المستوي حرارة أكبر - نتيجة تعرضه لأشعة الشمس بصورة عمودية - من الحرارة التي تتلقاها السطوح المائلة لأنواع الترب المختلفة، التي تسقط عليها الأشعة الشمسية بصورة مائلة.

ج- تغيرات فصلية : ففي فصل الصيف ترتفع درجة حرارة التربة بسبب طول ساعات النهار "زيادة فترة السطوع الشمسي" وارتفاع درجة حرارة الجو صيفاً، بالمقارنة مثلاً مع فصل الشتاء الذي يتميز بقصر ساعات النهار وانخفاض درجة حرارة الهواء شتاءً .

د- تغيرات يومية : فكمية الحرارة التي تتلقاها التربة تصل إلى حدودها العظمى في فترة الظهيرة، لتنخفض بشكل واضح في ساعات الشروق أو الغروب من ذات اليوم .

هـ- رطوبة التربة: تكون التربة الرطبة ذات المحتوى المائي المرتفع أكثر برودة من التربة الجافة أو الأقل رطوبةً، والعكس صحيح .

العوامل التي تؤثر على فقد درجة حرارة التربة :

تؤثر على كافة أنواع الترب العديد من العوامل التي تساهم في فقد درجة حرارتها يمكن تلخيصها فيما يلي :

أ- الإشعاع: تفقد التربة لحرارتها ليلاً عن طريق الإشعاع فتكون الطبقات السفلية أكثر دفئاً من السطحية، أما في النهار فنلاحظ العكس تماماً حيث تصبح الطبقات السطحية أكثر دفئاً من السفلية . وتتعرض الطبقات السطحية من التربة لتقلبات كبيرة في درجة حرارتها على مدار اليوم الواحد، وخاصة في المناطق الصحراوية التي تتفاوت بها درجات الحرارة ما بين الليل والنهار بشكل كبير.عموماً، تقل هذه التقلبات في شدتها

تدريجياً كلما تعمقنا تحت سطح التربة حتى تتلاشى في الطبقات التي يقرب عمقها من المتر الواحد .

ب- تبخر الماء : فكلما ازدادت شدة تبخر الماء من التربة كلما أدى ذلك إلى انخفاضٍ واضحٍ في درجة حرارتها .

ج- السحب والضباب : فوجودها يقلل من مقدار فقد التربة لحرارتها عن طريق الإشعاع .

د- الغطاء النباتي : يقوم الغطاء النباتي بحجب أشعة الشمس عن سطح التربة أو يقلل من كمية وشدة الأشعة الشمسية التي يتلقاها، لذلك فالتربة الغنية بغطائها النباتي تكون أبرد في ساعات النهار من التربة العارية أو المكشوفة، أما ليلاً فتصبح التربة العارية أبرد من المغطاة التي تكون أدفأ منها بسبب حجب الغطاء النباتي فيها للفقد الحاصل في درجة حرارة التربة عن طريق الإشعاع .

5- رطوبة التربة Soil moisture :

تؤثر رطوبة التربة والمحتوى المائي لها تأثيراً كبيراً على حياة النباتات النامية فيها، وذلك بسبب الضرورة الفائقة لعنصر الماء وأهميته الحيوية لجسم النبات، وتعتبر الهطولات المطرية من أهم المصادر الأساسية لرطوبة التربة والتي تكون في كثير من الحالات المصدر الوحيد للماء الموجود في التربة .

5-1- مصير مياه الأمطار في التربة :

يمكن تقسيم مياه الأمطار التي تصل لسطح التربة إلى قسمين أساسيين :

أ- قسم **ينساب فوق سطح التربة** وفقاً لخاصية الجريان أو التسرب (الانسياب) السطحي التي تشاهد في حالات الترب الطينية الثقيلة ذات الأسطح المتماسكة الضعيفة النفاذية، وعند الهطولات المطرية الغزيرة، ويعتبر هذا القسم من مياه الأمطار مياه ضائعة لا تستطيع النباتات الاستفادة منه .

ب- قسم **ينفذ إلى داخل التربة** ليوجد ضمن مقطعها بعدة صور وأشكال مختلفة.

2-5- أشكال الماء في التربة : يمكن مشاهدة الأشكال التالية للماء في التربة :

أ- ماء الجاذبية الأرضية " الماء الحر " Gravitational water :

ينفذ هذا الماء من خلال التربة ليشغل فراغاتها غير الشعرية ليتحرك من بعدها بسرعة نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية كون التربة لا تستطيع الاحتفاظ به، ليستقر غالباً بعيداً عن متناول جذور النباتات، وبالتالي استفادة النباتات منه تكون محدودة جداً وذلك بسبب سرعة رشحه للأسفل والمرتبطة بطبيعة الحال ببنية وقوام التربة .

ب- ماء المستوى الأرضي Water table ؛ Ground level water :

وهو ماء الجاذبية الأرضية الذي يستقر بعد حركته نحو الأسفل في قاع التربة عند مصادفته لطبقة صماء كتيمة "غير منفذة " حيث يتجمع فوق هذه الطبقة، وكلما كانت هذه الطبقة ضحلة قريبة من السطح كلما أصبحت التربة رديئة التهوية وسيئة الصرف.

ج- ماء السعة الحقلية Field capacity water :

وهو الماء الذي تحتفظ به التربة بعد إزاحة ماء الجاذبية الأرضية، وتكون حركته فيها بطيئة، وأقل حد لهذا الماء في التربة يعرف بنقطة الذبول الدائمة Permanent wilting point . وكمية ماء السعة الحقلية لكل تربة تكون ثابتة وتعتمد على طبيعة التربة وعلى المادة العضوية الموجودة بها .

د- الماء الشعري " ماء الخاصية الشعرية " Capillary water :

يوجد هذا الماء في التربة على صورة أغشية مائية تحيط بحبيبات التربة وفي الزوايا والفراغات التي تنحصر بين هذه الحبيبات ليملأ بذلك الفراغات الشعرية في التربة، وتكون حركته فيها بطيئة جداً تتم وفقاً للخاصية الشعرية .

وبعبارة أخرى، هو الماء الموجود في التربة ما بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الثابتة، والذي تحتجزه التربة وتستفيد منه النباتات.

ويتعرض هذا الماء للفقد نتيجة لـ : التبخر من خلال حركته إلى الأعلى نحو سطح التربة بواسطة الخاصية الشعرية ولاستهلاكه من قبل جذور النباتات.

هـ- الماء الهيجروسكوبي Hygroscopic water :

وهو الماء الذي تحتجزه التربة بعد جفافها في الهواء، ويوجد على شكل أغشية رقيقة تحيط بسطح حبيبات التربة ويكون مرتبط معها بقوة كبيرة، مما يستحيل على النبات امتصاصه والاستفادة منه .

و- بخار الماء Water vapour :

وهو الماء الذي يشغل الفراغات المحصورة بين حبيبات التربة على شكل غازي (بخار).

3-5- مصطلحات مرتبطة بالمحتوى المائي للتربة :

أ- السعة المائية القصوى Maximum water - holding capacity :

تعريفها: هي كمية الماء الموجودة في وزن محدد من التربة عندما تصل هذه التربة إلى مرحلة الإشباع.

ب- معامل الذبول Wilting coefficient " النسبة المئوية للذبول الدائم أو الثابت " Permanent wilting percentage :

تعريف معامل الذبول : هو كمية الماء الذي تحتويه التربة عندما تبدأ علامات الذبول الدائم في الظهور على أوراق النبات الذي ينمو في هذه التربة .

ويمثل معامل الذبول الحد الأدنى للماء اللازم لنمو النباتات، وليس الحد الأدنى للماء الذي تستطيع النباتات امتصاصه، إذ تحتفظ النباتات بقدرتها على امتصاص الماء من

التربة ولو انخفضت كميته عن معامل الذبول حتى لتصل إلى الماء الهيجروسكوبي، ولكن الماء الممتص في هذه الحالة لا يكفي لنمو النباتات، بل يكفي لبقائها حية فقط .

6- حركة الماء في التربة :

6-1- حركة الماء بحالته السائلة : وتتم بالأشكال التالية :

أ – حركة ماء الجاذبية الأرضية :

والتي تلاحظ عقب هطول الأمطار أو الري، حيث يتحرك فيها الماء نحو الأسفل وفقاً لقوة الجاذبية الأرضية، وهذه الحركة تكون سريعة في الأراضي الرملية الخفيفة وبطيئة في الأراضي الطينية الثقيلة، كما وتنخفض عند وجود طبقة صلبة (كتيمة) في التربة أو في حال اقتراب مستوى الماء الأرضي من سطح التربة .

وتجدر الإشارة، إلى أن وجود الديدان في التربة يساعد على زيادة حركة الماء فيها بسبب الممرات الواسعة التي تتركها داخل التربة نتيجة حركتها ونشاطها، إضافة إلى القنوات التي تنشأ عن موت وتحلل الجذور القديمة للنباتات المختلفة .

ب- حركة الماء الشعري :

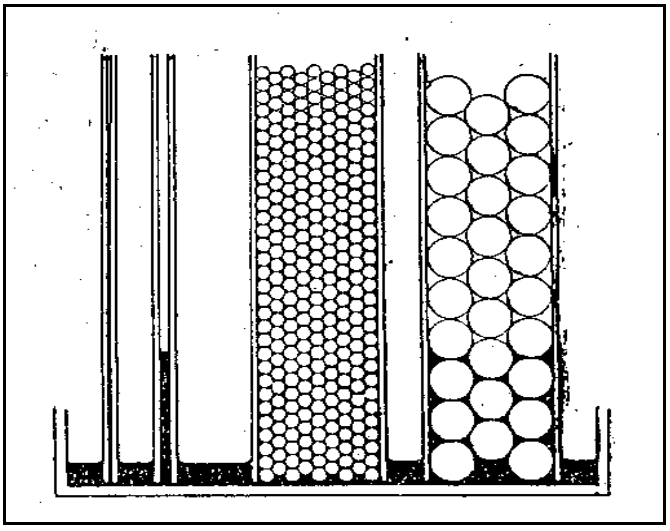
وهنا يتحرك الماء بكافة الاتجاهات اعتماداً على الخاصية الشعرية، فيتحرك نحو الأعلى عندما تبدأ الطبقات السطحية من التربة بالجفاف، كما تشاهد أيضاً الحركة الجانبية له (الحركة الشعاعية أو الحركة المماسية)، والتي تتميز بكونها بطيئة ومحدودة، إضافة إلى حركته نحو الأسفل .

عموماً، ارتفاع الماء الشعري في الأنابيب الشعرية الضيقة يكون أكبر منه في الأنابيب الشعرية الأوسع نسبياً، كما هو موضح في الشكل التالي رقم (16)، ومثل ذلك يحدث في التربة الطينية التي تكون فيها الفراغات الشعرية ضيقة فيرتفع فيها الماء الشعري إلى مستوى أعلى بكثير مما هو عليه في التربة الرملية ذات الفراغات الشعرية الواسعة نسبياً، وبالتالي، تكون حركة الماء الشعري في التربة الطينية أكبر

بكثير من حركته في التربة الرملية لكون الأولى غنية بالفراغات الشعرية الضيقة، ومن جهة أخرى تزداد حركة هذا الماء في التربة الرملية القريبة من درجة التشبع بشكل يفوق بكثير عن حركته في التربة الطينية .

2-6- حركة الماء بحالته الغازية "حركة بخار الماء" :

في التربة الجافة تنعدم حركة الماء الشعري وتصبح حركة الماء مقصورة على حركة بخار الماء، والتي تتأثر باختلاف الضغط البخاري في المناطق المختلفة من التربة، حيث ينتقل بخار الماء من المناطق ذات الضغط البخاري المرتفع إلى المناطق ذات الضغط البخاري المنخفض، وبذلك يتحرك بخار الماء ما بين الطبقات المختلفة من التربة وفي جميع الاتجاهات، وكذلك ما بين التربة والهواء المحيط بها وبالعكس أيضاً، اعتماداً على تفاوت الضغط البخاري بين التربة والهواء المحيط بها.



الشكل (16) – ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية .

إلى اليسار: يكون ارتفاع الماء في الأنبوبة الزجاجية الضيقة أكبر منه في الأنبوبة الواسعة ، **إلى اليمين** : في الغرفتين المملوءتين بالكرات ، يكون ارتفاع الماء كبيراً حيث تكون الكرات صغيرة الحجم .

العوامل الإحيائية

Biotic Factors

تؤثر العوامل الإحيائية تأثيراً كبيراً على طبيعة وخصائص وصفات الغطاء النباتي السائد في أي موقع من المواقع البيئية، وذلك من خلال تأثيرها على مختلف مكوناته النباتية، فمن الطبيعي أن يرتبط أي نوع من الأنواع النباتية ضمن موقع معيشته بجملة هائلة ومعقدة من العلاقات المتبادلة التي تربط أفراد هذا النوع مع بعضها البعض من جهة، وكذلك مع كافة الأحياء المحيطة بها من جهة أخرى، سواء كانت نباتية أو حيوانية، وتختلف طبيعة هذه العلاقات تبعاً لاختلاف الكائنات الحية التي تقوم فيما بينها مثل هذه العلاقات التي تحكم سلوكها وتصرفاتها ضمن مواقعها الحياتية.

عموماً ، يمكن **أن** نقسم العوامل الإحيائية إلى قسمين رئيسيين هما:

- **الأول :** هو العلاقة القائمة بين نبات ونبات أخر .
- **الثاني :** هو العلاقة القائمة بين النبات والحيوان .

وسوف نتعرف على كل قسم من الأقسام السابقة بشيء من التفصيل :

أولاً - العلاقة بين النباتات :

ترتبط كافة الأنواع النباتية فيما بينها بعلاقات وروابط اجتماعية مختلفة، تظهر بصور وأشكال عديدة، لكن يمكن إدراجها جميعاً ضمن شكلين اثنين من الروابط الاجتماعية هي الرابطة الإعتمادية ورابطة المعايشة .

1- الرابطة الإعتمادية:

وهي الرابطة التي يعتمد فيها نبات على نبات آخر في حياته وبدرجات متباينة من الإعتمادية ، لذلك تشاهد عدة أشكال لهذه الرابطة، تبعاً لاختلاف درجة اعتماد الأنواع

النباتية على بعضها البعض، والتي تتباين ما بين اعتماد كلي أو كامل كما هو الحال عند النباتات المتطفلة "المتطفلات النباتية"، واعتماد بسيط أو جزئي غير كامل كما هو الحال لدى الأنواع النباتية المتسلقة "المتسلقات النباتية"، وبالتالي يمكننا أن نميز عدة أشكال مختلفة من الروابط الإعتمادية بين النباتات نوجزها فيما يلي :

1-1- النباتات المتطفلة " التطفل - Parasitism "

وهي مجموعة من النباتات التي تتميز بجملة من الخصائص والصفات التي تجعل منها نباتات غير قادرة على متابعة حياتها بعيداً عن النبات الذي تتطفل عليه، فهي لا تستطيع امتصاص أو تصنيع غذائها بنفسها لعدم امتلاكها من جهة لمجموع جذري حقيقي ومتطور، ولعدم احتوائها كذلك على صبغة الكلوروفيل التي تساعدها في تصنيع غذائها من جهة أخرى، لذا فهي تعتمد في تأمين مختلف احتياجاتها الغذائية على نباتات أخرى من خلال التطفل عليها، وفيها يسمى النبات الذي يقوم بعملية التطفل باسم (الطفيل Parasite)، والنبات الذي يتم التطفل عليه باسم (العائل أو المضيف Host)، ويستفيد الطفيل من العائل بامتصاص مختلف احتياجاته الغذائية منه ملحقاً به درجات متفاوتة من الضرر.

وهناك العديد من الأمثلة على المتطفلات النباتية، التي تختلف فيما بينها حسب طريقة تطفلها، فإما أن يكون التطفل تطفلاً ساقياً، أو تطفلاً جذرياً :

أ- التطفل الساقي Stem parasite :

وفيه يقوم الطفيل بالتطفل على ساق وأفرع النبات العائل، أي على مجمل مجموعه الخضري (الهوائي)، ومن أمثلته نبات الحامول . *Cuscuta sp* .

*** نبات الحامول *Cuscuta sp.* :**

نبات زهري متطفل خالي من اليخضور، ساقه خيطية رفيعة تنمو عليها أوراقاً حرشفية صغيرة، وأزهاراً بيضاء أو قرمزية تحمل في مجاميع زهرية عديدة. يتطفل الحامول على ساق وأفرع الكثير من النباتات مثل البرسيم والفصة والباذنجان

والبطاطس، حيث تقوم ساقه الخيطية بالالتفاف حول الأفرع الهوائية للنبات العائل، مكونه في مناطق التماس ممصات Haustoria تخترق أنسجه العائل، فيمتص من خلالها كافة احتياجاته الغذائية .

ب- التطفل الجذري Root parasite :

وفيها يتطفل النبات الطفيلي على جذر النبات العائل كما هو الحال في تطفل نبات الهالوك .*Orobanche sp*

*** نبات الهالوك . *Orobanche sp* :**

نبات زهري متطفل يظهر فوق سطح التربة على شكل ساق شحميه غليظة تنمو عليها أوراق حرشفية صغيرة خالية من اليخضور، تنتهي الساق مع تقدم نمو النبات بشمراخ زهري كثيف يحتوي على العديد من الأزهار الأنبوبية الجميلة المظهر الملونة بألوان زاهية مختلفة (قرمزية، أرجوانية). يتطفل الهالوك على جذور العديد من الأنواع النباتية كالباذنجان والطماطم والبطاطس والتبغ ملحقاً بها أضراراً مختلفة.

يعتبر كلٍ من نبات الحامول والهالوك من الأنواع النباتية الكاملة التطفل (التامة التطفل) Holo-parasites، كونها لا تحتوي على مجموع جذري، وكذلك لافتقارها لمادة الكلوروفيل، فهي بذلك لا تستطيع الحصول على غذائها (امتصاص غذائها) من أوساطها البيئية التي تعيش فيها، لغياب الجذر، أو حتى تصنيع هذا الغذاء بنفسها، لعدم قدرتها على القيام بعملية البناء الضوئي، فتلجأ إلى الاعتماد على نباتات أخرى في تأمين كافة احتياجاتها الغذائية من خلال التطفل عليها بشكل كامل .

توجد بعض الأنواع النباتية التي تتميز بخاصية التطفل الجزئي، وتدعى بالنباتات جزئية التطفل أو ناقصة التطفل (نصف متطفلة، اختيارية التطفل) Semi-parasites وهي نباتات تحتوي على مادة اليخضور وبالتالي تستطيع تصنيع غذائها الكربوهيدراتي ذاتياً، لكنها تفتقر إلى وجود المجموع الجذري الذي يمكنها من

امتصاص احتياجاتها من الماء والأملاح المعدنية اللازمة لها، فتلجأ إلى التطفل الجزئي لتؤمن مستلزماتها من هذه الاحتياجات، علاوة إلى ذلك، فقد يلجأ هذا النوع لامتصاص الغذاء الكربوهيدراتي من النبات العائل خاصة عندما تسوء الظروف البيئية المحيطة بها، وذلك بهدف تعويض ما ينقصها من غذاء. وهذه النباتات جزئية التطفل منها ما هو ساقي التطفل مثل نبات الدبق. *Viscum sp*، ومنها ما يكون ذو تطفل جذري مثل نبات العدار *Striga sp.*.

2-1- النباتات المتكافلة Symbiosis :

وهنا النباتات تتعايش مع بعضها البعض وتتبادل المنفعة فيما بينها، إذ يعتمد كل نبات فيها على مقدرات النبات الأخر الذي يتعايش معه في سبيل الحصول على نوع معين من الغذاء، ولا تستطيع هذه النباتات أن تنمو بشكل طبيعي إذا وجدت منفردة أو بصورة مستقلة عن النبات الشريك لها، وتتضح هذه العلاقة من خلال الأمثلة التالية:

أ- الأشن Lichens :

وهي عبارة عن حالة من حالات التعايش ما بين فطر وطحلب (فطر + طحلب)، حيث يقدم الطحلب للفطر الغذاء الكربوهيدراتي الذي يصنعه من خلال قيامه بعملية البناء أو التمثيل الضوئي، وبالمقابل يقوم الفطر بحماية الطحلب من مختلف عوامل جفاف الوسط المحيط، من خلال تأمين الماء والأملاح المعدنية التي يحصل عليها من التربة للطحلب، وبذلك تستطيع الأشن مقاومة عوامل الجفاف التي يمكن أن تتعرض لها، وهذا ما يفسر قدرتها في الاستمرار على النمو ضمن الأوساط البيئية الجافة.

ب- الفطريات الجذرية (فطريات الجذور – الميكوريزا) Mycorrhiza :

وهي تكافل ما بين فطر ونبات أرضي راقي (فطر + نبات)، حيث ينمو الفطر على جذر النبات، ويؤدي نفس الوظيفة التي تؤديها أوباره الماصة أو شعيراته الجذرية،

مساهماً بذلك في زيادة مساحة السطوح النباتية الماصة في المجموع الجذري للنبات الذي يتعايش معه، وبذلك يقدم الفطر للنبات الماء والأملاح المعدنية، ويتيح له فرصة أكبر لامتصاص هذه المواد من التربة، بالمقابل يستفيد الفطر من النبات بحصوله على الغذاء الكربوهيدراتي منه.

عموماً، يوجد نوعان من الفطريات الجذرية هما :

(1) - فطريات جذرية خارجية Ectotrophic Mycorrhiza :

وفيها تحيط الخيوط الفطرية جذر النبات بشكل كامل دون أن تخترق أنسجته النباتية (أي دون حدوث توغل للخيوط الفطرية ضمن الطبقات الداخلية للجذر)، حيث يعيش الفطر على سطح الجذر ليقوم بامتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة ويقدمها للنبات الذي يتبادل معه المنفعة، كما هو الحال في الفطريات الجذرية لنبات الصنوبر.

(2) - فطريات جذرية داخلية Endotrophic Mycorrhiza :

وهنا يعيش الفطر داخلياً، في الخلايا البرانشيمية لقشرة الجذر ويرسل خيوطه الفطرية خارج الجذر في التربة ، حيث يتم تبادل الغذاء ما بين الفطر والنبات، وبذلك يستطيع كلاً منهما مقاومة الظروف القاسية بشكل أفضل عما لو كانا منفردين، كما في الفطريات الجذرية للعديد من النباتات السحلبية (الأوركيدات) .

ج- بكتريا العقد الجذرية Root nodules bacteria :

وهي عبارة عن بكتيريا تتعايش مع جذور النباتات التابعة للعائلة البقولية كنبات الحمص والفاصوليا والبازلاء والفول والعدس .... وغيرها من النباتات البقولية الأخرى، مشكلة على مجموعها الجذري إنتفاخات عقدية متضخمة نسبياً تدعى بالعقد البكتيرية Bacterial nodules، أو بالعقد الآزوتية (النتروجينية)، أو بالعقد الجذرية Root nodules وتقوم البكتريا هنا بتثبيت النتروجين الجوي في التربة مما يؤدي إلى إغناء التربة بهذا العنصر وزيادة خصوبتها، وهذا ما يعود بالنفع على

نمو النباتات فيها، بالمقابل تقدم النباتات البقولية لهذه البكتريا الغذاء الكربوهيدراتي اللازم لها.

1-3- النباتات العالقة (الفوقية) Epiphytes :

وهي تلك الأنواع النباتية التي تنمو على جذوع وأفرع وأغصان الأشجار والشجيرات المختلفة (على النباتات الخشبية عموماً).

وتتخذ النباتات العالقة من هذه الأفرع النباتية دعامة لها كي تتعلق بها وتنمو عليها، حيث يتدلى القسم الأكبر من جذورها في الهواء، والقسم الأخر يخترق قلف النباتات الخشبية بشكل سطحي (جزئي) لأجل التثبيت وامتصاص بعض العناصر الغذائية البسيطة، حيث تعطي هذه النباتات ثلاثة أنواع مختلفة من الجذور: جذور مثبتة، وجذور ماصة، وجذور معلقة أو هوائية. تنمو الجذور المثبتة في شقوق قلف النباتات الحاملة لها، مثبتة النباتات الفوقية في موقع ثابت على الفرع، كما تعمل كمستودعات للدبال الذي يتراكم في الشقوق التي تجري بها هذه الجذور، وتنشأ الجذور الماصة من الجذور المثبتة، لتمتص الغذاء من الدبال، أما الجذور المعلقة فهي ذات طبيعة إسفنجية، مما يمكنها من امتصاص الرطوبة من الهواء المحيط.

ومن أمثلة هذه النباتات نذكر: الأشن، والحزازيات، والنباتات السحلبية (السحلبيات) التي تنتمي للفصيلة السحلبية (الأوركيدية) (Orchidaceae)، وبعض أنواع السرخسيات. عموماً، تعتمد النباتات العالقة في تأمين غذائها ضمن أوساطها البيئية على مياه الأمطار وما تحمله من مواد غذائية منحلة بها، أو ما تذيبه هذه المياه من مواد غذائية تصادف تجمعها وتراكمها على الأفرع النباتية الحاملة للنباتات العالقة، وغالباً ما يكون مصدر هذا الغذاء ناتجاً عن تحلل حبيبات التربة التي حملتها الرياح إليها، أو ما ينتج عن تحلل للطبقة السطحية لقلف النباتات الخشبية التي تنمو عليها .

1-4- النباتات المتسلقة (المتسلقات النباتية) Climbing plants ; Lianes

وهي نباتات ذات ساق عشبية ضعيفة غير قادرة على النمو الرأسي، فتضطر إلى التسلق على أنواع نباتية أخرى، أو على أي دعامة جانبية، أو مسند مجاور لها لأجل متابعة نموها، وتعتبر الصلة هنا أو العلاقة القائمة بين النباتات التي تقوم بعملية التسلق وبين الأنواع النباتية الأخرى التي يتم التسلق عليها، ضعيفة جداً، فهي تعتبر من أبسط أشكال الروابط الإعتمادية بين الأنواع النباتية المختلفة، كونها تقتصر فقط على توفير المادة (الدعامة أو المسند) التي يتم التسلق عليها .

عموماً، يمكن تقسيم المتسلقات النباتية وذلك حسب طريقة تسلقها إلى:

أ- متسلقات لا تمتلك أعضاء خاصة للتسلق **Leaners** مثل نبات البلمباجو *Plumbago sp.*

ب- متسلقات بالالتفاف **Twiners** : تتمتع نباتات هذه المجموعة بساق قادرة على الالتفاف حول النباتات أو الدعامات المجاورة لها مثل نبات الفاصوليا. وقد يكون الالتفاف إما مع اتجاه حركة عقارب الساعة، كما هو الحال عند نبات حشيشة الدينار أو قد يكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، كما نجده عند نبات لبلاب الحقول *.Convolvulus arvensis*

ج- متسلقات بالمحاليق **Tendril lianes** : نباتاتها تمتلك أعضاء حسية متخصصة تساعدها على التسلق تدعى بالمحاليق أو المعاليق، وهي عبارة عن نموات خيطية رهيفة وناعمة تتمتع بدرجة عالية من الحساسية لدى ملامستها لأي نبات أو لأي دعامة مجاورة لها، مما يحرضها على الإحاطة بها أو الالتفاف حولها .

وتقسم هذه المجموعة من النباتات بدورها حسب **أصل أو منشأ المحاليق** التي تشكلها إلى كلٍ من المجاميع الفرعية التالية :

(1) محاليق ناتجة عن تحور في الوريقات، كما هو الحال عند نبات البازلاء *. Pisum sativum*

(2) - محاليق ناتجة عن تحور في أعناق الأوراق، كما في نبات الكليماتيس *Clematis sp.*

(3) - محاليق ناتجة عن تحور في الساق ، كما في نبات العنب *Vitis vinifera* .

د- متسلقات بالأشواك **Thorn lianes** : تتميز نباتاتها بامتلاكها لجملة من الأشواك القوية التي تستعملها في التثبت والتسلق مثل نبات الجهنمية *Bougainvillea glabra* ، والورد *Rosa sp* ... وغيرها

هـ- متسلقات بواسطة الجذور الهوائية **Aerial roots** : تحتوي هذه النباتات على جذور هوائية قصيرة وغليظة، تنمو بشكل متجاور وكثيف في مناطق مختلفة من ساقها النباتية وعلى امتداد هذه الساق لتساعدها في التثبيت والتسلق وخاصة على الجدران الخشنة المجاورة لها، تدعى هذه الجذور أحياناً بالجذور الإظفورية كونها تشبه في شكلها الخارجي مخالب الحيوانات، حيث تقوم النباتات أثناء تسلقها بغرس هذه الجذور داخل الأسطح الخشنة للجدران المجاورة لها وبقوة كبيرة حتى يصعب أحياناً نزعها منها، مثل نبات حبل المساكين (اللبلاب) *Hedera helix*، ونبات الشمع *Hoya carnosa* ... وغيرها.

2- رابطة المعايشة (التزاحم والتنافس) Commensal union :

وهي الرابطة أو العلاقة التي تظهر بين الأنواع النباتية عند نموها قرب بعضها البعض بشكل متجاور أو متزاحم ضمن حيز مكاني واحد، مما يؤدي إلى تنافسها على هذا الحيز المكاني، وعلى الضوء وعلى مختلف المتطلبات الغذائية المتاحة من ماء وغذاء، وهذا ما يسمى بالصراع أو بالتنافس من أجل البقاء، الذي يفرض نوعاً من الانتقاء الطبيعي بين الأنواع لاختيار النبات الأفضل والأقدر على البقاء .

وقد يكون التنافس **ميكانيكيا** بين النباتات، وذلك عندما تتزاحم هذه النباتات على المكان، كمحاولة النبات الصغير في إيجاد مكان لساقه وأوراقه ليعيش وينمو في زحمة الأفراد النباتية الأخرى. وهناك نوع أخر من التزاحم يدعى بالتزاحم **الكيميائي**

وهو الذي ينتج عن إفراز مواد كيميائية ذات طبيعة بيولوجية مثبطة أو سامة، من أوراق بعض النباتات، أو من جذورها الخ ، مما يؤدي إلى عرقلة نمو أنواع نباتية أخرى.

ويبلغ التنافس **أقصى مستوياته** في الحالات التالية :

- عندما تنتمي النباتات المتنافسة إلى نوع نباتي واحد .
- عندما تتساوى (تتشابه) النباتات المتنافسة في معدلات احتياجاتها الغذائية .
- عندما تزداد أعدادها في وحدة المساحة (ازدياد كثافتها) .
- عند عدم توفر الموارد الغذائية بما يتلائم وحاجة النبات النامية فيه.

كما ويتراجع التنافس ليصل إلى **حدوده الدنيا** عند الحالات التالية :

- عندما تتباين النباتات المتنافسة فيما بينها وتختلف أنواعها .
- عندما تتفاوت النباتات المتنافسة في متطلباتها الغذائية .
- عندما تنخفض معدلات كثافتها في وحدة المساحة .
- عند غناء الموقع بالمواد الغذائية المختلفة .
- عندما تشغل الأجزاء الهوائية للنباتات المتنافسة مستويات متفاوتة من الهواء، مما يسمح بوصول الضوء بشكل متجانس لجميع الأنواع النامية في الموقع.
- عندما تحتل الأجزاء الأرضية للنباتات المتنافسة طبقات مختلفة من مقطع التربة، مما يمنع أو يحد من درجة تنافسها على الغذاء المتاح في التربة. ففي البيئة الصحراوية، تكون النباتات فيها متناثرة وجذورها متباعدة، فيكون التنافس فيما بينها ضعيفاً جداً، أو حتى يكاد أن يكون معدوماً، في حين تزداد حدة التنافس بين النباتات في منطقة البراري، وفي البيئات الرطبة، التي تتميز بكثافات نباتية مرتفعة ضمن وحدة المساحة، حيث تتزاحم فيها النباتات بأجزائها الهوائية والأرضية على حد سواء، فيشتد التنافس فيما بينها على الحيز المكاني وعلى الضوء وعلى المواد الغذائية المختلفة .

ثانياً : العلاقة ما بين النبات والحيوان :

لا يقتصر ارتباط النباتات المختلفة ضمن أي موقع من المواقع البيئية بعلاقات وطيدة مع الأنواع النباتية المحيطة بها فقط، بل تتعدها لتشمل أيضاً كافة الأحياء التي توجد معها في ذات الموقع، ومن ضمنها بطبيعة الحال مختلف الأنواع الحيوانية التي يمكن أن يصادف وجودها ضمن الموقع البيئي وذلك في مختلف مراحل نمو هذه النباتات . وتتمثل هذه العلاقة بالنقاط التالية :

1- رعي الحيوان للنبات : وذلك من خلال عمليتي الرعي والقضم .

الرعي Grazing : هو أكل الحيوانات للنباتات العشبية .

القضم Browsing : هو أكل الحيوانات للأشجار والشجيرات .

ويمكن تقسيم النباتات حسب درجة إقبال الحيوانات على رعيها إلى كلٍ من المجموعات التالية:

أ- نباتات مستحبة (مستساغة) Palatable Plants :

وهي نباتات يفضلها الحيوان في الرعي، ويقبل عليها بنهم شديد، لذلك فهي تتعرض للأذى والضرر نتيجة لفقدانها كامل مجموعها الخضري، أو بضعة أجزاء منه، خلال عملية الرعي والوطء (السير عليها بأقدام وحوافر الماشية) على حدٍ سواء. وقد تعاني هذه النباتات نتيجة تعرضها للرعي الجائر من فقد كبير في أعداد وكميات البذور التي تنتجها، ويكون الضرر هنا على أشده عندما تكون النباتات في مرحلة الإثمار وتشكيل للبذور .

وبشكل عام، يمكن تقسيم هذه المجموعة من النباتات حسب قيمتها الغذائية (قيمتها الرعوية)، ودرجة تفضيلها من قبل الحيوانات إلى: (نباتات عالية الاستساغة، نباتات متوسطة الاستساغة، نباتات ضعيفة أو قليلة الاستساغة). أو بتعبير أخر (نباتات عالية القيمة الرعوية، نباتات متوسطة القيمة الرعوية، نباتات منخفضة أو قليلة القيمة الرعوية) .

ب- نباتات غير مستحبة (غير مستساغة) Unpalatable Plants :

وهي نباتات لا يقبل عليها الحيوان في الرعي، وبالتالي تتعرض هذه النباتات فقط لضرر السير عليها (ضرر الوطء). ويختلف تأثر النباتات بما تتعرض له من أضرار ناجمة عن عمليات الرعي وذلك حسب اختلاف دورة حياتها :

فقد وجد أن الرعي الجائر للنباتات الحولية يؤدي إلى زوالها واختفائها كلياً من المرعى، لعدم قدرتها بطبيعة الحال على تجديد ذاتها. في حين تقاوم النباتات المعمرة الرعي أكثر من النباتات الحولية، حتى أن رعي الحيوانات لها بشكل معتدل قد يساعدها في تنشيط نموها (وخاصة في البيئات الجافة)، كون الرعي المعتدل يساعدها في تخفيف حجم مجموعها الخضري، مما يقلل من شدة نتح الماء لديها، فتصبح أكثر قدرة من غيرها من النباتات على تحمل أعوام القحط والجفاف. كما وإن هذه النباتات المعمرة تتمتع بقدرة هائلة على تجديد ذاتها حتى في حال فقدانها لكامل مجموعها الخضري عند تعرضها للرعي الجائر، وذلك من خلال مجموعها الجذري الغني بالماء وبالمواد الغذائية المختزنة فيه، والذي يبقى سليماً تحت سطح التربة بعيداً عن مخاطر الرعي والوطء .

أما فيما يتعلق بالنباتات الشجرية العالية الارتفاع نسبياً، فهي غالباً ما تنجو من الرعي، وتتجنب الأضرار التي يمكن أن تنجم عنه ، كونها بعيدة عن متناول الحيوانات، بيد أن الأنواع الشجيرية المتوسطة والقصيرة الارتفاع فمن الممكن أن تتعرض للقضم من قبل بعض الحيوانات البرية مثل الماعز والغزلان والزراف.

هذا، وتتعرض البادرات الصغيرة لمختلف الأنواع النباتية للتلف أيضاً نتيجة آكل الديدان لها، أو سير الحيوانات عليها خلال فترة تجوالها ورعيها ضمن المرعى .

مما سبق، يتضح لنا أن الحيوانات تتباين فيما بينها بما تفضله من نباتات أثناء الرعي، فالأغنام والماشية والخيول تفضل النباتات العشبية، أما الماعز والغزلان والزراف فتفضل الأشجار والشجيرات، في حين تفضل الجمال النباتات الشوكية.

الرعي الجائر للنباتات الرعوية يعرض الغطاء النباتي في مناطق الرعي للانحسار والزوال التدريجي، مما يؤدي إلى تكشف التربة وتعريتها من غطائها النباتي، فتصبح أكثر عرضة لمختلف عوامل الحت والتآكل والإنجراف الناجمة عن فعل الرياح وحركة المياه وغيرها وهذا بالتالي يؤدي بطبيعة الحال إلى تقهقر وتدهور الموقع .

2- النباتات الأكلة للحيوان (المفترسات النباتية) Carnivorous plants :

تعيش هذه الأنواع من النباتات في مناطق بيئية تمتاز تربتها بافتقارها لعنصر النتروجين (الآزوت)، أو عند وجود هذا العنصر بصورة معقدة يصعب على النبات امتصاصه، وبالتالي تلجأ مثل هذه النباتات إلى إتباع طرق شاذة في الحصول على هذا الغذاء النتروجيني اللازم لحياتها، وذلك عن طريق اقتناص بعض الأحياء الدقيقة أوالصغيرة وخاصة الحشرات، حيث تقوم بتحليل وهضم أجسادها عن طريق مجموعة من الإنزيمات والخمائر التي تفرزها خصيصاً لهذا الغرض، ومن ثم امتصاص نواتج عمليات الهضم كغذاء عضوي لها. وتكون هذه النباتات مزودة ببعض التحورات التشريحية والشكلية التي تمكنها من فرائسها.

ومن أهم الأمثلة على هذه النباتات نذكر :

أ- نبات الإبريق أو نبات الجرة (النبنثس) *Nepenthes sp.*:

وهو نبات تتحور فيه أنصاله الورقية إلى ما يشبه شكل القدر المزود بغطاء متحرك يفتح للخارج تأهباً لاقتناص الفريسة، وتكمن آلية الاقتناص في أن القدور الورقية تفرز في داخلها رحيقاً سكرياً حلو المذاق يجذب الحشرات (الطائرة أو الزاحفة) إليها، ولدى اقتراب الحشرة من فوهة القدر تسقط بسرعة إلى قاعة بسبب وجود مادة شمعية زلقة على سطحه الداخلي، والتي تمنعها بنفس الوقت من الخروج، وتقوم كذلك الزوائد الخشنة الموجودة على السطح الداخلي للقدر، والمتجهة في نموها نحو أسفل القدر في منع الحشرات العالقة بداخلة من الفرار بإعاقة صعودها نحو الأعلى، أيضاً الحشرات الطائرة لا تستطيع الهروب بسبب إغلاق فوهة القدر بشكل محكم بعد عملية

الاقتناص مباشرة، بذلك تستقر الحشرة حبيسة في قاع القدر الورقي، حيث يبدأ النبات بإفراز العصارات الهاضمة والأنزيمات التي تساعد في عملية تحلل وهضم الحشرة المقتنصة لتصبح سهلة الامتصاص من قبل النبات .

ب- نبات ورد الشمس (الدروسيرا) *Drosera sp.* :

هنا أوراق النبات مغطاة بشعيرات فريدة من نوعها تتركب الواحدة منها من عنق ينتهي برأس يفرز مادة لزجة يغطي سطحه، فإذا حطت الحشرة على هذه الشعيرات التصقت بها، عندها يزداد إفراز المادة اللزجة، كما تتنبه جميع أجزاء الورقة فتنحني الشعيرات الأخرى للداخل حتى تلامس كامل جسم الفريسة، وخلال بضع لحظات تصبح الحشرة محاطة بالكامل وبشكل محكم بالعديد من هذه الشعيرات التي تغمرها بالسائل اللزج الذي تفرزه، والحاوي على أنزيمات هاضمة للبروتينات، فتعمل على تحلل الحشرة إلى مواد بسيطة يسهل امتصاصها من قبل النبات، وقد تستغرق عملية الهضم عدة أيام، وفي النهاية، بعد اكتمال هضم وامتصاص الحشرة المقتنصة، تعود الشعيرات ببطء إلى وضعها الطبيعي استعداداً لفريسة جديدة .

ج- الديونيا (صائد الذباب ، خناق الذباب) *Dionaea sp.* :

يتركب نصل الورقة في هذا النبات من مصراعين يتحركان بطريقة مفصلية على طول امتداد العرق الوسطي الفاصل بينهما، لينطبق المصراعين بإحكام على بعضهما، وتنشأ هذه الحركة عندما تلامس الحشرة (الفريسة) شعيرات خاصة ذات طبيعة حسية موجودة على السطح الداخلي للمصراعين، اللذان ينغلقان مباشرة على بعضهما البعض بطريقة محكمة، وبسرعة فائقة لا تزيد عن الثانية، وتساعد الأشواك التي تخرج من حافة كل مصراع، والتي تبدو على هيئة أسنان طويلة في إحكام إغلاق المصراعين، نتيجة لتعشقهم (تشابكهم) مع بعضهما البعض خلال عملية

الإغلاق، فتصبح الفريسة حبيسة في الداخل، عندها تبدأ الورقة في إفراز الأنزيمات الهاضمة، لتمتص بعد ذلك نواتج الهضم والتحلل.

د- حامول الماء *Urticularia sp.* :

يوجد هذا النبات مغموراً تحت سطح الماء، وهو يحمل أكياساً تعرف بالمثانات Bladders، لكل كيس فتحة ضيقة مزودة بباب يفتح إلى داخل الكيس أو المثانة، يساعد على اصطياد الحيوانات المائية الدقيقة، فعندما يلامس الحيوان المائي شعيرات خاصة موجودة على السطح الخارجي للفتحة يتحرر الباب منزلقاً نحو الداخل دافعاً الماء وما يحمله من كائنات مائية إلى جوف الكيس حيث تحتجز هناك حتى يتم تحللها ومن ثم امتصاصها .

3- دور الحشرات في تلقيح أزهار النباتات (التلقيح الحشري) Insect pollination :

تقوم الحشرات (كالنحل والفراشات ..وغيرها) بدور أساسي وهام جداً في تلقيح أزهار العديد من الأنواع النباتية، وذلك من خلال نقلها لغبار الطلع (حبوب اللقاح) من الأعضاء الذكرية (المآبر) إلى الأعضاء الأنثوية (المياسم) عند مختلف النباتات الزهرية، وقد وجد أن حبوب اللقاح من الممكن أن تنتقل عن طريق الحشرات لمسافات بعيدة لتصل أحياناً إلى عشرات الكيلومترات، دون أن تفقد قدرتها على الإخصاب. وتتميز الأزهار حشرية التلقيح بجملة من الخصائص والصفات التي يمكن إيجازها فيما يلي :

أ- أزهارها كبيرة الحجم عادة ، وذات ألوان جذابة ومتباينة .

ب- تنشر أزهارها رائحة خاصة ذكية تساعد على جذب الحشرات.

ج- تفرز أزهارها رحيقاً عسلياً حلو المذاق، يلعب دوراً كبيراً في جذب الحشرات.

4- دور الحيوانات في انتشار بذور وثمار النباتات :

يتم انتقال وانتشار بذور وثمار العديد من الأنواع النباتية بواسطة الحيوانات والطيور المختلفة، خلال رعيها وتجوالها من موقع لأخر، ويحدث هذا الانتقال بالطرق التالية:

أ- التصاق بذور وثمار النباتات على جلود وفراء ووبر العديد من حيوانات المزارع، كشعر الماعز وصوف الأغنام، وكذلك ريش الطيور البرية أو المائية، أو حتى على أقدام وحوافر الماشية المختلفة، نتيجة لامتلاك هذه البذور والثمار لزوائد وتحورات بنيوية خاصة (كوجود الأشواك، الخطاطيف، الأوبار، الأشعار .. الخ)، وكذلك في حال امتلاكها لأسطح خشنة، أو صمغية لزجة، تساعدها على التعلق والالتصاق، مثل ثمار نبات شبيط الغنم أو الحسك، وثمار نبات القطب عرف الديك، واللزيق (القسام)، والدبق... وغيرها من النباتات الأخرى .

يضاف إلى ذلك، أن الطيور تعمل على نقل وانتشار وبعثرة بذور وثمار العديد من النباتات عن طريق نثرها لها دون أكلها، كما هو الحال في ثمار الورد *Rosa sp.*، كذلك عن طريق جمع المواد اللازمة لبناء أعشاشها، وعن طريق التصاق بذور وثمار النباتات المختلفة على مناقيرها أو مخالبها... فتنقلها معها أينما حلت .

ايضا الدور الهام الذي تقوم به الحشرات المختلفة في نقل وبعثرة بذور العديد من الأنواع النباتية وخاصة عندما تكون تلك الحشرات مزودة ببعض الخصائص التي تساعدها على نقل البذور ونشرها في المواقع البيئية المختلفة، ويعتبر الجراد والنمل والذباب من أفضل الأمثلة على ذلك، إضافة إلى أنواع أخرى عديدة .

ب- الانتقال والانتشار الذي يحصل لبذور العديد من النباتات عند تعرض ثمار هذه النباتات للرعي من قبل بعض الحيوانات والطيور، التي تجد في ثمارها الغضة والطرية ذات الألوان الجذابة والبراقة طعاماً لذيذاً ومفضلاً لها، ولعل من أبرز الأمثلة

على ذلك نذكر الثمار العنبية لنبات عنب الديب *Solanum nigrum*، ذات المذاق السكري المستساغ والتي تقبل عليها الطيور بنهم شديد، إضافة إلى ثمار العنب والتين ... وغيرها من النباتات الأخرى، حيث تمر بذور هذه الثمار عبر القناة الهضمية لتخرج بسلام مع زرق الطيور (أو مع روث الماشية لدى رعيها للنباتات المثمرة) وهي محتفظة بقدرتها على الإنبات بشكل كامل - حتى أن بعضها يصبح إنباته أسرع بعد تعرضه للعصارات الهاضمة واختلاطه معها - معطية أفراداً جديدة من هذه النباتات، إما في ذات الموقع، أو في مواقع جديدة تصل إليها البذور مع تنقل وتجول وحركة الحيوانات .

وتجدر الإشارة هنا، إلى الدور الكبير الذي تقوم به الطيور في نقل هذه البذور لمسافات وأماكن بعيدة بسبب سرعة انتقالها وطيرانها لمسافات شاسعة وواسعة، بالمقارنة مع التنقل المحدد للماشية، الناجم عن بطء حركتها، وتجوالها المقيد في أماكن يحددها لها الإنسان غالباً .

ايضا الدور الرئيسي والهام الذي يقوم به الإنسان في نقل بذور وثمار العديد من النباتات المختلفة، البرية منها أو الزراعية، سواءً عن قصد أو بدون قصد، فكثيراً ما تلتصق بذور العديد من النباتات بملابس الإنسان أثناء زيارته للحقول الزراعية والأحراش، أو أثناء تجوله وتنزهه في الغابات والبساتين... وغيرها من الأماكن والمواقع الغنية بالنباتات، ليحملها وهو غافل إلى أماكن بعيدة ، إضافة إلى جهود الإنسان الذاتية في نقل هذه البذور والثمار، وحتى أحياناً النبات بالكامل، من مكان لأخر بغية الاستفادة منها واستغلالها في الصناعة والزراعة، فقد أدخل الإنسان نبات قصب السكر وكذلك نبات القطن إلى شمال إفريقيا ومنها مصر، كما أدخل الحمضيات (الموالح) إلى أسبانيا، والذرة الصفراء إلى العالم القديم بعد اكتشاف أمريكا... ، وغيرها من الأمثلة العديدة الأخرى .

التعاقب النباتي Plant Succession

التغيرات التي تطرأ على المجتمعات النباتية

عندما يتقدم الغطاء النباتي في نموه ضمن المساحة التي يشغلها، فإنه لا يبقى مستقراً على حالة واحدة، بل يتعرض إلى جملة من التغيرات المتعاقبة التي تطال مختلف مكوناته النباتية. هذا، وقد لوحظ أيضاً بأن مختلف المواقع البيئية تتباين فيما بينها من حيث درجة ثبات واستقرار مكوناتها من المجتمعات النباتية مع مرور الزمن، فبعض هذه المجتمعات تتميز بكونها شديد الثبات لأجيال عديدة ولفترات زمنية طويلة نسبياً، في حين يتصف بعضها الأخر بضعف ثباته واستقراره، حيث يتغير ويتبدل في مدى سنوات معدودة إلى مجتمعات نباتية مغايرة، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تعاقب النبت في الغطاء النباتي (التعاقب النباتي - Plant succession).

التعاقب النباتي، مفهومه وأنواعه

أولاً - مفهوم التعاقب النباتي :

يمكن أن نعرف التعاقب النباتي بأنه هو عبارة عن جملة أو سلسلة من التبدلات والتغيرات، التي تطرأ على مكونات الغطاء النباتي ضمن موقع بيئي ما، بهدف الوصول بهذا الغطاء الي مرحلة أو طور الذروة Climax).

وكمثال على هذه التغيرات، طبيعة التبدلات التي طرأت على أرض جرداء عارية من غطائها النباتي، وكيف حدثت فيها سلسلة التعاقب النباتي وصولاً بها إلى مرحلة من الاستقرار أو التوازن ما بين الظروف البيئية السائدة، والغطاء النباتي المرافق لها.

ظاهرة التعاقب النباتي لا يقتصر حدوثها على البيئات الجافة فقط، بل يمكن مشاهدتها أيضاً في مختلف البيئات المائية، كما هو الحال في ظهور الغطاء النباتي في إحدى المسطحات المائية الضحلة، نتيجة تعرضها لشتى عوامل الجفاف.

ثانياً - أنواع التعاقب النباتي :

يمكننا أن نميز نوعين من أنواع التعاقب النباتي، وذلك حسب طبيعة الموقع الذي تبدأ فيه أولى مراحل هذه الظاهرة، فإذا بدأ التعاقب في أي بيئة مائية (مثل البرك، والمستنقعات)، سمي هذا النوع من التعاقب بـ: (التعاقب المطرد في الماء Hydrach Succession)، وسميت المراحل المتتابعة له بـ: **سلسلة التعاقب المائي Hydrosere Succession**، أما إذا بدأ التعاقب على اليابسة، كبدء حدوثه على تربة جافة، أو فوق أحد المواقع الرملية أو الصخرية أو المواقع البيئية الجافة التي تعانى نقصاً كبيراً في المياه، سمي التعاقب في هذه الحالة بـ: (التعاقب المطرد في الجفاف Xerarch Succession)، وسميت المراحل المتتابعة له بـ: **سلسلة التعاقب الجفافي Xerosere Succession** .

وسواء أكانت مرحلة البداية في ظاهرة التعاقب النباتي تتم ضمن وسط مائي، أم في بيئة جافة، فإنها تنتهي في جميع الأحوال - بعد مرور ذاك الموقع بسلسلة من الأطوار المتتالية- بنفس الطور النهائي لهذه الظاهرة والذي يدعى بالطور الذروي Climax. وبعبارة أخرى، فإن مختلف مراحل سلسلتي التعاقب المائي والتعاقب الجفافى تنتهي جميعها في نهاية المطاف بإنتاج مجتمعات نباتية متوافقه مع المناخ الذي يحيط بالمواقع البيئية التي حدثت فيها هذه الظاهرة.

1- سلسلة التعاقب المائي Hydrosere Succession :

تتناول هذه السلسلة جملة التغيرات التي تطرأ على المواقع البيئية المائية، وصولاً بها إلى الأطوار الذروية المميزة لها. وتمر سلسلة التعاقب المائي بالأطوار النباتية التالية، مرتبة وفق تسلسل حدوثها مع تقدم الزمن:

أ- طور النباتات المغمورة Submerged Stage

هناك أنواع عديدة من النباتات التي تكيفت لتعيش مغمورة بشكل كلي تحت سطح الماء، حيث نجدها وهي تنمو بالقرب من السفوح الشاطئية للبحيرات، أو قد تغطي قاع البحيرة بأكمله، عندما يكون عمق الماء فيها أقل من (7) أمتار، وهذه النباتات المغمورة هي **الطلائع الأولى** في سلسلة التعاقب المائي، ولعل من أبرز هذه الطلائع، نذكر نبات الالوديا، وكذلك نبات نخشوش الحوت، والحريش وغيرها التي تنمو على أعماق مختلفة تحت سطح الماء حيث تقوم بتثبيت جذورها في القاع الطيني أو الرملي للمسطحات المائية المختلفة .

وغالباً ما تشكل هذه النباتات بنموها الكثيف مجموعة واسعة من التكتلات، فالشقائق المغمورة (الأقحوان المائي)، وحامول الماء، التي تنمو مع عدد كبير من الطحالب المتفاوتة بالحجم، ما بين الأنواع المجهرية منها، وبين الأنواع الأخرى الشبيهة بالأعشاب مثل الكارا، تشترك مع بعضها البعض لتملئ ماء البحيرة بالنباتات المتشابكة، وغالباً ما تصل غزارة النمو إلى حدودها القصوى في أواخر فصل الصيف، عندما يكتمل نمو هذه النباتات لدرجة تجعل من سير الزوارق أمراً عسيراً أو مستحيلاً في مثل هذه المسطحات المائية لغناها بالأنواع النباتية المغمورة المختلفة.

ولنمو النباتات المغمورة عاماً بعد عام تأثيراً ملحوظاً على البيئة المائية المحيطة، وذلك لأن المواد التي تجرفها التيارات المائية وتحملها إلى البحيرة تترسب حول هذه النباتات التي تقف عائقاً أمام تقدمها، فتعمل على إضعاف سرعة هذه التيارات. وعند موت هذه النباتات تترسب أيضاً كميات كبيرة من بقايا أجسادها في القاع، حيث تتحلل

جزئياً، وتختلط مع بقايا الحيوانات الميتة، مكونة كتلاً كبيرة من الدبال، الذي يعمل على ربط حبيبات التربة مع بعضها البعض، فيجعلها أكثر تماسكاً وتراصاً، ونتيجة لذلك تزداد خصوبة التربة، ويرتفع مستوى القاع فيها، وبذلك ومع مرور الزمن، يصبح الماء والعمق الجديدان للبحيرة بيئة صالحة لوفود أنواع جديدة من النباتات إليها كي تنمو وتزدهر فيها.

ب- طور النباتات الطافية Floating Stages :

يبدأ هذا الطور بالظهور عندما يبلغ مستوى عمق الماء في البحيرة حوالي (2) متر تقريباً، وذلك بنمو نباتات جديدة تتميز بقدرة وصول بعض أجزائها النباتية من أوراق وأزهار إلى سطح الماء، لتفترش سطحه، أو لتعلو عنه قليلاً، وتعرف مثل هذه النباتات بـ: **النباتات الطافية**، ومن أهم هذه النباتات البشنين، والبوتاموجيتون (لسان البحر)، والبوليجونيوم (عصا الراعي) إضافة إلى أنواع عدس الماء، والياسنت المائي وغيرها من النباتات الطافية الأخرى، التي تكسو أوراقها العريضة الواسعة مساحات كبيرة من المسطح المائي أما جذورها فتكون مثبتة في القاع .

ويتكون المجتمع النباتي في بادئ الأمر من مزيج من النباتات الطافية والنباتات المغمورة وخاصة تلك التي تلائمها المياه الضحلة، لكن مع زيادة أعداد النباتات الطافية بتكاثرها وانتشارها تدريجياً من عام لأخر، تبدأ أوراقها بتغطية مساحة أكبر من سطح الماء، مما يحجب معه الضوء عن النباتات المغمورة. وغالباً ما يترافق ذلك أيضاً بارتفاع مستوى سطح التربة في القاع، بفعل تراكم مختلف البقايا النباتية المترسبة فوقه - غير أن وجود التيارات المائية قد يكون سبباً في إزالة أو إزاحة هذه المواد المتراكمة إما كلياً أو جزئياً، وهذا ما يفسر لنا استمرار المرحلة الطافية في مثل هذه الظروف لفترة زمنية طويلة نسبياً - وفي غضون بضعة سنيين تزداد ضحالة الحواف الجانبية من البحيرة، فتغدو هذه الجوانب وسطاً غير صالحاً لنمو النباتات

الطافية التي لا تلبث أن تتراجع أعدادها وتتلاشى أنواعها بالتدريج، ليحل مكانها النباتات القصبية التي يزدهر نموها في هذه البيئة الجديدة .

ج- طور المستنقعات القصبية Reed Swamp Stage :

يتميز هذا الطور بنمو نباتات المستنقعات القصبية التي تبدأ بالظهور لتحل مكان النباتات الطافية، وذلك عندما يصل عمق الماء في البحيرة لأقل من المتر الواحد، وتثبت هذه النباتات جذورها في القاع في حين تنمو أجزاؤها العلوية عالياً فوق سطح الماء مشكلةً أفرعاً هوائية طويلة، مثل نباتات الديس، والبوص، والبردي وغيرها التي تستطيع بأعوادها القوية الطويلة وغزارة نموها أن تبسط نفوذها على الأماكن التي تنمو فيها، وتنافس غيرها من الأنواع النباتية التي يتصادف وجودها معها، ونتيجة لزيادة زحف هذه النباتات وغزارة نمو أفرعها الهوائية تنخفض معدلات الإضاءة عن النباتات الطافية مما يؤدي إلى اختفائها تدريجياً من الموقع.

مع استمرار تكدس البقايا النباتية في قاع البحيرة، وحجز النباتات القصبية للمواد الرسوبية التي ترد إلى البحيرة مع التيارات المائية الوافدة إليها، يؤدي بالتدريج إلى تقليل عمق الماء. ومما يساعد على إتمام ذلك ويسرع من حدوثه، هو وجود بقايا أنواع نباتية أخرى فتصبح بذلك البحيرة بعد فترة من الزمن غير صالحة لنمو أغلب أنواع نباتات المستنفعات القصبية، مما يفسح المجال في ذلك إلى بداية ظهور الطور التالي من سلسلة التعاقب المائي ألا وهو طور المروج البردية .

د- طور المروج البردية Sedge Meadow Stage :

إن استمرار انخفاض مستوى سطح الماء بشكل متلاحق، مع بدء بروز القاع (اليابسة) في أماكن متفرقة من الموقع المائي، يجعل من البيئة الجديدة المتشكلة وسطاًغير صالحاً كي تواصل نباتات المستنقعات القصبية المختلفة نموها فيه، فتبدأ أنواع أخرى جديدة بأخذ مكانها والإحلال محلها.

وبالتالي مع استمرار اختفاء النباتات القصبية، تزداد كمية الضوء التي تتعرض لها الأنواع النباتية التي ظهرت حديثاً داخل الموقع إثر التراجع الذي حصل في أعداد النباتات القصبية، فتساعدها وفرة الضوء على زيادة نموها وازدهارها، وهكذا يتغير طور المستنقعات القصبية تدريجياً إلى طور يسمى بطور **المروج البردية** (أو طور مروج السمار)، الذي يضم أنواع كثيرة من نباتات السمار البحري (الأسل)، والنميص، والإليوكاريس، وغيرها العديد من النباتات النجيلية، التي تشكل بريزوماتها المتينة المتشابكة، وجذورها الرفيعة والغزيرة، ما يشبه النباتات البساطية، مغطية بنموها سطح الموقع تقريباً، وهذا ما يؤدي إلى جفاف التربة بصورة متدرجة، بحيث لا تعود صالحة لنمو المجتمع السابق، رغم أنها قد تغطى أحياناً ببضع بوصات من الماء في فصل الربيع وأوائل الصيف، بيد أن هذا الماء غالباً ما يختفي مع أواخر الصيف، مع بقاء التربة مشبعة بالماء، وانخفاض مستواه فيها إلى بضع بوصات عن سطحها، وبهذا فإن تربة الموقع في هذه المرحلة قد تحتوي على كميات متفاوتة من الماء، وذلك حسب درجة تقدم نمو الغطاء النباتي، وعدم الانتظام في تضاريس سطح التربة، مما يترتب عليه أن تبقى بضعة أفراد متناثرة من نباتات البردي في بعض المنخفضات الغنية عادة بالماء لفترة طويلة من الزمن كآثار من المجتمع القديم وكدلائل على وجود مستنقع سابق، ولهذا السبب يدعى هذا الطور بطور **المروج البردية**.

عادة ما يترافق ظهور طور المروج البردية بانتشار واسع للنباتات العشبية التي تعمل على تجميع حبيبات التربة وكذلك البقايا النباتية المختلفة التي تحملها المياه والرياح إلى الموقع، مما ينتج عنه ارتفاع في كمية الدبال المتجمعة داخل الموقع عاماً بعد عام، ليترافق ذلك بطبيعة الحال مع فقد التربة لكميات كبيرة من مياهها نتيجة لعمليات النتح التي تقوم بها هذه النباتات، وفى النهاية تصبح بيئة مجتمع المروج البردية في حالة من الجفاف لا تصلح معها النباتات المحبة للماء على مواصلة نموها فيه، فتتلاشى وتزول شيئاً فشيئاً، ليحل محلها وبصورة تدريجية غيرها من الأنواع النباتية

التـي تكـون بـدورها مجتمعـاً نباتيـاً مغـايراً عـن المجتمـع السـابق، وغالبـاً مـا تتكـون المجتمعات النباتية الجديدة في هذه الحالة من نباتات عشبية فـي المنـاطق الجافـة، أمـا في المناطق الرطبة فتظهر مجتمعات نباتية مكونة من أشجار وشجيرات .

هـ- الطور الشجيري Shrub Stage :

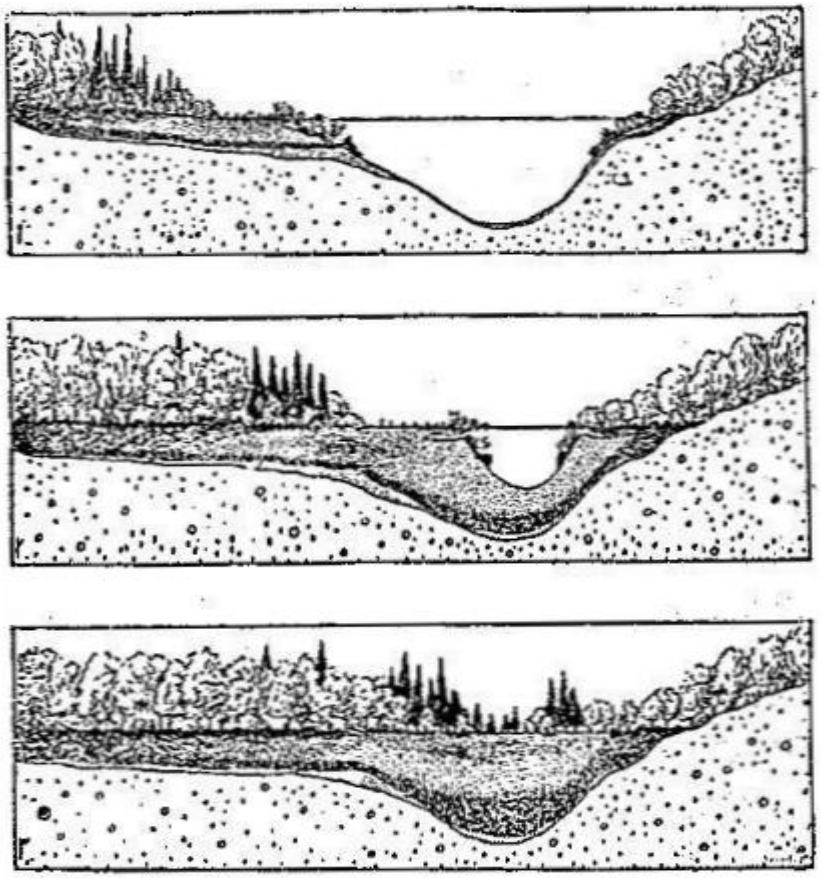
عندما يصل ارتفاع مستوى سطح الأرض إلـى الحـد الـذي تصـبح فيـه التربـة مشـبعة بالماء في بعض الأوقات من العام فقط، وجافة نسبياً فيما تبقى منه، تبدأ بعـض أنـواع من الأشجار والشجيرات فـي الظهـور. ويسـتهل الغـزو فـي الأدوار المبكـرة مـن هـذا الطور بالأنواع التي تحتمـل البقـاء والنمـو فـي التربـة المشـبعة بالمـاء كالصفصـاف، والحور، وغيرها العديد من الأنواع النباتية الأخرى.

وتحدث هذه النباتات الشجرية النامية تأثيراً كبيراً في بيئة الموقع، بما تنشره من ظلال على سطح تربته، وبما تنقصه من مياه أرضية عن طريق الاستمرار في بنـاء التربـة وتجفيفها بالنتح الذي يقوى ويشتد بصورة تدريجية مع تزايد نمو وغزارة النباتات فيه. فتصبح بذلك تلك التربة الظليلة الأكثر جفافاً بيئة صالحة لنمو أنواع من النباتات أكثـر تحملاً للظل والجفاف من نباتات المروج البردية التي كانت سائدة في الطـور السـابق، ولذلك تختفي هذه النباتات الأخيرة، وتحل مكانها نباتـات عشـبية متحملـة للظـل لتنمـو بين الأشجار والشجيرات .

ر- طور الغابة الذروية Climax Forest :

مع ازدياد تحسـن الظـروف المحيطـة بـالموقع البيئـي وملائمتهـا بشـكل أفضـل لنمـو الأشجار، تستمر بعض الأنواع الشجرية في نموها لتبلغ أحجام كبيرة، مما يؤدي إلـى تـداخل قممهـا الخضـرية وتشـابكها مـع بعضـها الـبعض، متفوقـة بـذلك علـى الأنـواع الأخرى في احتلال الموقع. تلك الأنواع التي تغدو غير قادرة علـى النمـو الأمثـل فـي ظل الأشجار القوية العالية، لتجد نفسها مع مرور الزمن ضـمن ظـروف بيئيـة جديـدة

تحيط بها، وأن هذه الظروف قد باتت غير مناسبة لها لمتابعة نموها وتكاثرها، حتى أن بادراتها تصبح أيضاً عاجزة عن النمو في الظل، وبذلك يختزل عدد الأنواع الشجرية في الموقع بعد عدة أجيال، وينتهي الأمر بتكوين غابات نقية مؤلفة من نوع واحد أو من أنواع محددة من الأشجار، وكذلك أيضاً يحدث الفرز ما بين طبقتي الشجيرات والأعشاب ضمن الغابة المتشكلة، وتحل النباتات الوسطية ذات الاحتياجات المائية المتوسطة محل النباتات المائية السابقة. وبهذه الطريقة ومن خلال سلسلة التعاقب المائي تتحول الرقعة التي كانت في وقت من الأوقات مغمورة بالماء إلى غابة حقيقية.



الشكل (26) – رسم يوضح الخطوات المتتالية في سلسلة التعاقب المائي بإحدى البحيرات ، ابتدأً من الماء المكشوف بنباتاته المغمورة حتى طور الغابة الذروية.

2- سلسلة التعاقب الجفافي Xerosera Succession :

وهي تلك السلسلة من التعاقب النباتي التي تبدأ باليابسة وتنتهي بها لذات الطور الغابوي الذروي الذي انتهت إليه سلسلة التعاقب المائي، وتمر هذه السلسلة بكلٍ من الأطوار التالية مرتبة حسب تسلسل حدوثها الزمني :

أ- طور الأشن القشرية Crustose – Lichen Stage :

لا تحتوى المملكة النباتية إلا على قلة ضئيلة من النباتات التي يمكنها أن تثبت نفسها وتنمو فوق سطوح الصخور الملساء العارية وذلك للأسباب التالية: صعوبة اختراق جذور النباتات للسطوح الصخرية بسبب شدة صلابة وقساوة هذه السطوح، الجفاف الشديد، نقص الموارد الغذائية، التعرض الشديد لأشعة الشمس ولدرجات الحرارة المتفاوتة.

وتعتبر **الاشن القشرية** هي النباتات الوحيدة التي تستطيع النمو في مثل هذه الأوساط أي فوق سطوح الصخور الملساء العارية، وما تحتويه هذه السطوح من فراغات وتشوهات بسيطة سطحية. حيث تزدهر في فترات الطقس المطير في حين تبقى في حالة ساكنه ولفترات طويلة أثناء فصل الجفاف .

وتتمتع الأشن القشرية، دون سواها من النباتات، بقدرة خارقة على امتصاص مياه الأمطار والاحتفاظ بقدر كبير منها، كما أنها تستطيع الحصول على الغذاء المعدني وإطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء مكوناً حامضاً مخففاً يذيب ويفتت الصخر ببطيء، وبذلك تستطيع أشباه جذور هذه الأشن من اختراق الطبقة السطحية لهذه الصخور لمسافة بضعة مليمترات، ومن ثم تحويلها وبالتدريج إلى تربة بسيطة تساعدها على متابعة نموها وازدهارها، ولا تلبث هذه الأشن مع استمرار نموها وبدء إنتاجها لوحداتها التكاثرية المختلفة بهدف تكاثرها، من أن تنتشر إلى الصخور البعيدة بواسطة أبواغها التي تحملها الرياح أو بواسطة أعضاء تكاثرها الخضرية الخاصة بها والمعروفة بالسوريديا (السوريدات وهي عبارة عن أجسام

دقيقة عدسية الشكل تظهر على السطح العلوي لجسم الأشن القشرية تتكون من عدد قليل من الخلايا الطحلبية محاطة بكتلة صغيرة من الغزل الفطري)، وهكذا تستطيع أنواع عديدة من أجناس هذه الأشن مثل: إكانورا، الرينودونا، واللسيدا، والريزوكاربون وغيرها، أن تستعمر السطوح الصخرية العارية. ولا يقتصر عمل هذه الأشن على الأجزاء الصخرية المحدودة التي تلامس أجسادها فقط، بل وجد أن تأثير حامض الكربونيك التآكلي، وربما مع بعض الإفرازات المختلفة التي تفرزها هذه الأشن يمتد بعيداً عن حوافها أثناء هطول الأمطار أو لدى توفر الرطوبة المناسبة لذلك، مما يساعدها على الامتداد والتوسع البطيء في الرقعة التي تشغلها فوق تلك السطوح الصخرية القاسية لينتج عن عمليات التآكل والتفتت حبيبات صخرية ناعمة تختلط مع بقايا الأشن الميتة والأتربة المحمولة إليها، فيصبح الوسط عندها أكثر ملائمة لنمو أنواع نباتية أخرى جديدة .

تتوقف السرعة التي تتكون منها كمية صغيرة من التربة فوق السطوح الصخرية التي تنمو عليها الأشن إلى حد كبير على طبيعة الصخر من جهة، وعلى الأحوال المناخية السائدة والتي تؤثر بدورها على نمو ونشاط الأشن بحد ذاتها من جهة أخرى. ففي حالة الحجر البازلتي مثلاً، الذي يصادف وجوده في مناخ جاف، قد تستمر مرحلة الاشن القشرية لمئات السنين، أما في حالة الحجر الجيري أو الحجر الرملي، الموجود في مناخ رطب، فإن سرعة ما يحدث عليه من تغير، قد تسمح بغزوه من قبل نباتات جديدة للموقع (كالأشن الورقية مثلاً) في مدى زمن جيل واحد فقط .

ب- طور الأشن الورقية Foliose – Lichen Stage :

تظهر **الأشن الورقية** بمجرد تشكل طبقة رقيقة من التربة فوق الصخور السابقة، وهذا النوع من الأشن يعتبر أقل كفاءة في تثبيت ذاته فوق السطوح الصخرية، بخلاف الأشن القشرية التي تلتصق كلياً وبكامل جسدها عليها، ومن أمثلة الأشن الورقية نذكر: *Parmelia sp ، Dermatocarpon sp ، Umbilicaria sp.*

يستمر نمو الأشن الورقية لتحل تدريجياً محل الأشن القشرية، وخاصة في الأجزاء الأكثر تآكلاً من الصخر، وفى التجاويف، وكذلك في المواضع الأقل تعرضاً للشمس، حيث يعمل مجموعها الخضري الشبيهة بالأوراق المفلطحة على تظليل الأشن القشرية وحجب الضوء عنها مؤدية إلى هلاكها وبالتالي إلى تعفنها وتحللها، فيغدو الوسط حينئذٍ أكثر غناءً بالموارد الغذائية المختلفة، التي تساعد بدورها على نمو وازدهار الأشن الورقية.

مع مرور الوقت يلاحظ تجمعاً واضحاً ومتسارعاً للمواد الدبالية فوق السطوح الصخرية التي تنمو عليها الأشن الورقية، نتيجة لتراكم مختلف البقايا النباتية واختلاطها مع حبيبات التربة الناعمة الحديثة العهد من جهة، ومع ما ينقله إليها الماء والهواء من فتات ورواسب مختلفة من جهة أخرى، كما تتابع الأحماض العضوية سواءً تلك التي تفرزها النباتات الحية أو التي تنتج عن تحلل وتعفن النباتات الميتة دورها في تفتيت الصخور، فيتواصل تكدس التربة، وتصبح الظروف مهيأة بصورة أفضل لبداية ظهور غطاء نباتي جديد أخر .

ج- طور الحزازيات القائمة Moss Stage :

يبدأ ظهور الحزازيات الجفافية القائمة حالما تتجمع كميات كافية من التربة في التشققات والتجاويف الصغيرة من الصخور، وهي غالباً ما تتكون في العادة من أنواع عديدة مختلفة نذكر منها، الحزاز الأسود والحزاز الشعري، والحزاز اللولبي وحزاز الفيوناريا ، وغيرها الكثير من الأنواع الأخرى.

وقد تفد **الحزازيات القائمة** من مسافات بعيدة بواسطة أبواغها التي تنقلها الرياح إليها، وهي لا تقل أهمية عن الأشن في قدرتها على مقاومة الجفاف، حتى أنها قد توجد معها في أطوار نباتية واحد، كوجودها مع بعض الأنواع من الأشن الشجيرية، والتي تنتمي إلى جنس (*Cladonia sp*، *Stereocaulon sp*).

لدى ظهور الحزازيات مع بداية هذا الطور، تبدأ نمواتها الخضرية وأشباه جذورها بمنافسة الأشن الورقية، التي سرعان ما تتخلي عن مكانها للحزاز بشكل تدريجي، أخذةً في الرحيل (التراجع) نحو المساحة التي تشغلها الاشن القشرية - ولذلك غالباً ما توجد هذه الأطوار الثلاثة: "حزاز + أشن ورقية + أشن قشرية " مجتمعة على نفس الصخرة – حيث يترافق ذلك مع ظهور تناقص واضح في أعداد مختلف أنواع الأشن لصالح النباتات الحزازية، التي تستمر بنموها بشكل مضطرد، والذي يلاحظ خلاله تجمع وتراكم واضح للمخلفات النباتية بين الساق القائمة للنباتات الحزازية، واختلاط هذه البقايا والمخلفات مع حبيبات التربة الناعمة، مكونه طبقة رقيقة من التربة الهشة، التي قد تصل في سماكتها أحياناً إلى بضعة سنتيمترات.

مع استمرار زيادة عمق التربة يصبح الموقع مؤهلاً بشكل أفضل لظهور أنواع نباتية جديدة، تعمل على نقله من طور الحزازيات القائمة إلى الطور الذي يبدأ فيه ظهور النباتات العشبية .

د- طور النباتات العشبية Herbaceous Stage :

إن الدور الفاعل الذي قامت به الحزازيات في الطور السابق من خلال تكوينها للتربة والعمل على الاحتفاظ بها (حمايتها من مختلف عوامل الحت والتعرية)، له تأثير كبير في تهيئة وإعداد الموقع للانتقال به إلى الطور أو المرحلة التالية من مراحل التعاقب النباتي، والمتمثلة ببدء ظهور **النباتات العشبية**. فمع نهاية طور النباتات الحزازية سرعان ما تتمكن بذور مختلف الأعشاب الجفافية، وخاصة تلك الحوليات قصيرة الأجل بالإنبات. حيث تتابع نموها وصولاً إلى مرحلة النضج، على الرغم من أن الأجيال الأولى منها قد تنمو ضعيفةً نسبياً بسبب جفاف التربة وقلة خصوبتها، إلا أن جذورها تستمر في عملية تفتيت الصخور وتكوين التربة. ومع توالي السنين، تعمل البقايا المتحللة لهذه الأنواع النباتية على إضافة الكثير من الدبال إلى التربة، لتبدأ بعد

ذلك النباتات ثنائية الحول وكذلك المعمرة في الظهور وبصورة متدرجة، وتستمر أعدادها في الازدياد كلما تحسنت الظروف المحيطة بها.

وكلما ازداد تشابك الجذور، واشتد تظليل التربة، سارت عمليات تفتيت الصخر وتجمع الدبال والمواد الغذائية سيراً حثيثاً ضمن الموقع، ليترافق ذلك مع انخفاض واضح في درجات الحرارة والتبخر المتطرفة، وازديادٍ طفيفٍ بدرجة الرطوبة، وتقلص ملحوظ في فترات الجفاف، علاوة على ارتفاع أعداد وكذلك نشاط مختلف الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة مثل البكتيريا والفطريات وغيرها من الأحياء الأخرى، وبهذا تصبح ظروف الوسط المحيط أقل جفافاً، فتبدأ الأنواع ذات الجذور السطحية الشديدة المقاومة للجفاف بالنمو، مثل: أنواع القبأ البصيلي، والهشيمية، والنصي وكذلك أنواع البوصير المختلفة ترافقها بعض السراخس الصخرية مثل: (*Potentilla sp Solidago sp*) المقاومة للجفاف.

ومع مواصلة نمو الأنواع النباتية السابقة وازدهارها، فإنها تعمل على خفض شدة إضاءة الموقع، مما يسبب تدميراً واضحاً للحزازيات والأشن الورقية، التي تأخذ أعدادها بالتناقص الحثيث، لتبدأ أنواع نباتية أخرى تتلائم متطلباتها مع البيئة الرطبة الجديدة بغزو واقتحام الموقع .

هـ- طور الشجيرات Shrub Stage :

تجد النباتات الخشبية الظروف مواتية لنموها بعد تهيئة التربة الملائمة لها، وإعدادها على النحو المتطور الذي وصلت إليه بواسطة الأشن والحزازيات والأعشاب التي ظهرت في الأطوار النباتية السابقة، وقد تبتدء الشجيرات والأشجار الصغيرة نموها هنا، إما من البذور، أو من أجزاء تكاثرها الخضرية (كالريزومات مثلاً) الوافدة إلى الموقع من بقاع مجاورة له بشتى الطرق المتاحة والمساعدة على انتقالها .

وعادة ما يستهل هذا الطور بنمو نباتات ذات ريزومات متشابكة تمتد تحت سطح التربة، تنبثق منها أفرع هوائية كثيفة ومورقة تنمو عالياً، مظللة بذلك النباتات

العشبية، التي لا تلبث أن تجد في الظروف الجديدة المحيطة بها وسطاً غير مناسباً لاستمرار نموها، فتبدأ بالاختفاء والزوال من مكونات الغطاء النباتي للموقع بصورة تدريجية .

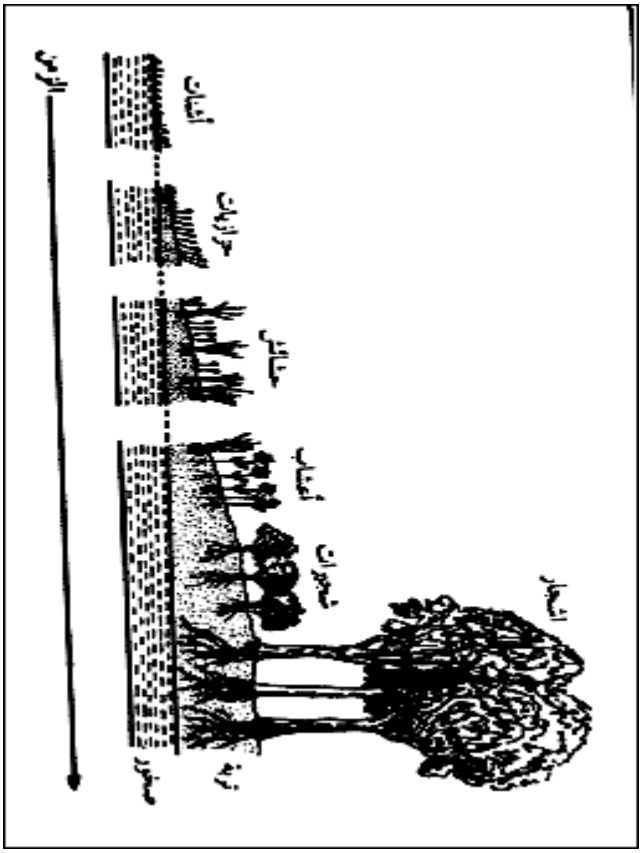
أما من جهة ثانية، فتمتلئ تربة الموقع وتكتظ مع مرور الوقت بالجذور الغليظة المتشابكة، التي تتوغل في العمق لتواصل عملها في تفتيت الصخور بهدف تشكيل وإنضاج التربة، ويساعدها على ذلك تكدس الأوراق النباتية المتساقطة فوق سطحها والتي تجد فيها مرتعاً مناسباً لتحللها، فتعمل على زيادة خصوبتها، ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالماء وبالتالي من مقدار رطوبتها، مما ينتج عنه انخفاض واضح في سرعة التبخر من التربة، والذي يعزز ذلك أيضاً الدور الكبير الذي تقوم به الشجيرات النامية في صدها للرياح وإعاقتها لحركتها.

وبذلك، فإن الظروف الجديدة التي حلت مؤخراً بالموقع أصبحت تختلف تماماً عما كانت عليه مع بداية هذا الطور، مما يشير إلى اقتراب ظهور عهد نباتي جديد أخر، يتمثل ببدء نمو بادرات النباتات الشجرية، وحلول طور الأشجار .

ر- طور الغابة الذروية Climax Forest :

تبدأ هذه المرحلة بظهور الأشجار الجفافية Xerophytic Tree ، التي تنعكس عليها ظروف الحياة الجفافية الصعبة في ضآلة نموها أول ذي بدء، لكن مع ازدياد عمق التربة وارتفاع غزارة هذه الأشجار بشكل مضطرد تتكون الغابة التي تعمل على تظليل المكان وحجب الضوء عن النباتات الشجيرية المحبة للضوء فتصبح هذه النباتات غير قادرة على البقاء، لذلك تتناقص أعدادها لتحل مكانها نباتات متوسطة الرطوبة وأكثر تحملاً للظل تعيش تحت قبة الأشجار المورقة العالية، وبالتالي تختفي من المجتمع مع مرور الوقت جميع الشجيرات والأعشاب التي لم تعد تناسبها الظروف البيئية الجديدة، لتنفرد أنواع شجرية محددة مع بعض النباتات التي تتحمل الظل في النمو والبقاء مشكلة بذلك الغابة الذروية للموقع، الشكل رقم (28) .

وبالتالي، تتغير البيئة في سلسلة التعاقب الجفافى كما تتغير في سلسلة التعاقب المائي من بيئة متطرفة إلى أخرى متوسطة من حيث العلاقات المائية ، ويقابل ذلك حدوث تغيير مماثل في مكونات الغطاء النباتي من نباتات جفافية أو نباتات مائية إلى غابة ميزوفيتية (وسطية Mesophytic Forest) .



الشكل (28) – رسم تخطيطى يوضح مراحل التعاقب الجفافى

المراجـــع

REFERENCES

أولاً : المراجع العربية :

1. **المنظمة العربية للثقافة والعلوم (1978): الإنسان والبيئة، مرجع في العلوم البيئية للتعليم العالي والجامعي، المطبعة العربية الحديثة، القاهرة، مصر.**
2. **الحسن، محمد بن إبراهيم؛ المعتاز، إبراهيم بن صالح (1995) : ملوثات البيئة، أضرارها، مصادرها وطرق مكافحتها (الطبعة الثانية)، دار الخريجي للنشر والتوزيع، الرياض، السعودية .**
3. **الغنيمي، علي (1978): محاضرات في علم البيئة النباتية والفلورا. منشأة الجامعة، طنطا، مصر .**
4. **مجاهد، أحمد محمد؛ أمين، عبد الرحمن؛ يونس، أحمد الباز؛ عبد العزيز، مصطفى (1990): علم البيئة النباتية ، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر.**
5. **مجاهد، أحمد محمد؛ أمين، عبد الرحمن؛ يونس، أحمد الباز؛ عبد العزيز، مصطفى (1996): النبات العام، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة مصر .**

ثانياً : المراجع الأجنبية :

1. **Bold , H.C. (1973): Morphology of plants . 3rd edition. Harper and Row , Publishers Inc , New York , Evanston, San Francisco, London .**
2. **Kormondy, E.J. (1976): Concepts of Ecology. Prentic-Hall , inc., New Jersey.**
3. **Lutken , E. (1977): Ecology . English edition , Translated by Ian Cocker and Peter Engberg , AV Media Copenhagen**
4. **Morgan , J.M. et al., (1980): Introduction to environmental sciences . W.H. Freeman and Compan , San Francisco.**
5. **Odum , E.P. (1978): Ecology . Second edition , Holt Rinehart and Winston , London , N.Y., Sydney ,Toronto .**

قسم النبات والميكروبيولوجي

مذكرة عملية

في

البيئة النباتية

لطلاب الفرقة الثانية علوم بيولوجي – كلية العلوم

الفرقة الثانية شعبة العلوم البيولوجية والجيولوجية – كلية التربية

الفصل الدراسي الثاني للعام الجامعي 2022/2023

اعداد

اعضاء هيئة تدريس قسم النبات – كلية العلوم بقنا

جامعة جنوب الوادي

الفهرس

العنوان	الصفحة
مقدمة عن علم البيئـة ECOLOGY	2
العوامل المناخية:	3
اولا: الاجهزة الخاصة بقياس درجات الحرارة:	3
ثانيا: الاجهزة الخاصة بقياس الرطوبة:	9
ثالثـاً: جهاز قيـاس سـرعة الريـاح	15
رابعـاً :جهـاز قيـاس كمية المطـر السـاقطة:	16
مسائل	18
العوامل التربية	19
اولا: دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للتربة	19
مكونات التربة	19
الفصل الميكانيكي للتربة	21
درجة حرارة التربة:	23
العوامل التى تؤثر فى درجة حرارة التربة:	23
المحتوى المـائى للتربة	26
أولاً: تعيين المحتوى المائى الفعلى للتربة :	27
تعيين المستويات القياسية لمحتوى التربة المائى	28
أولاً : تجربة تعيين السعة التشبعية للتربة :-	28
ثانيـاً : تجربة تعيين السـعة الحـقلية للتـربة :	30
ثالثـاً : تجربة تعيين معامل (نقطة) الذبول :	32
مسـائل	34
التحليل الكيميائى لمحلول التربة	39
أولاً : تقدير حموضة التربة	39
تقدير النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة فى محلول التربة	40
مسائل	42
تقدير النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة فى محلول التربة	44
مسائل	45
تقدير النسبة المئوية للكربونات والبيكربونات الذائبة فى محلول التربة	46
تقدير النسبة المئوية للكربونات الكلية فى التربة	51
تقدير النسبة المئوية لأيونات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة فى محلول التربة	54
تقدير النسبة المئوية لأيونات الفوسـفور الذائبة فى محلول التربة	58
تقدير النسـبة المئـوية للكربون العضوى والمادة العضوية فى التربة	61

مقدمة عن علم البيئـة ECOLOGY

هو أحد فروع علم البيولوجي Biology الذي يهتم بدراسة العلاقات المتبادلة بين كافة أنواع الأحياء سواءً كانت نباتية أم حيوانية والوسط البيئي الذي يحيط بها.
اشتق مصطلح Ecology من أصل إغريقي مكون من مقطعين: الأول (*Oikos*) ومعناه الموطن أو المسكن، والمقطع الثاني (*Logos*) فيعني العلم أو الدراسة.

علم البيئة النباتية Plant Ecology هو العلم الذي يختص بدراسة مختلف الأنواع النباتية في أماكن معيشتها الطبيعية، والعلاقة القائمة بين هذه النباتات والوسط البيئي المحيط بها، والأثر المتبادل Interaction فيما بينهم.

العوامل البيئية:

هي مجموعة العوامل والظروف التي تحيط بالنبات في بيئته الطبيعية وتؤثر فيه وتتأثر به. تنقسم العوامل البيئية الي:

1. **العوامل المناخية:** **Climatic Factors**

وتضم كل الصفات العامة لمناخ المنطقة أو الموقع من حيث الضوء ودرجة الحرارة والرطوبة والرياح والمطر ..... وغيرها

2. **العوامل التربية:** **Edaphic Factors**

وهي العوامل المتعلقة بالتربة وخواصها الفيزيقية والكيميائية ومنها قوام التربة واللون ودرجة حرارة التربة والمحتوي المائي وتركيب التربة الكيميائي.

3. **العوامل الاحيائية:** **Biotic Factors**

وهي العوامل التي تتعلق بعلاقة النباتات ببعضها البعض وكذلك علاقة الحيوان والكائنات الدقيقة بالنبات الراقي.

وتستخدم انواع شتي من الاجهزة المختلفة لقياس العوامل البيئية وسوف ندرس بعض الاجهزة الخاصة بقياس عوامل المناخ وكذلك العوامل المتعلقة بالتربة وبعض طرق تقدير العناصر المتاحة للنبات في التربة.

العوامل المناخية

اولا: الاجهزة الخاصة بقياس درجات الحرارة:

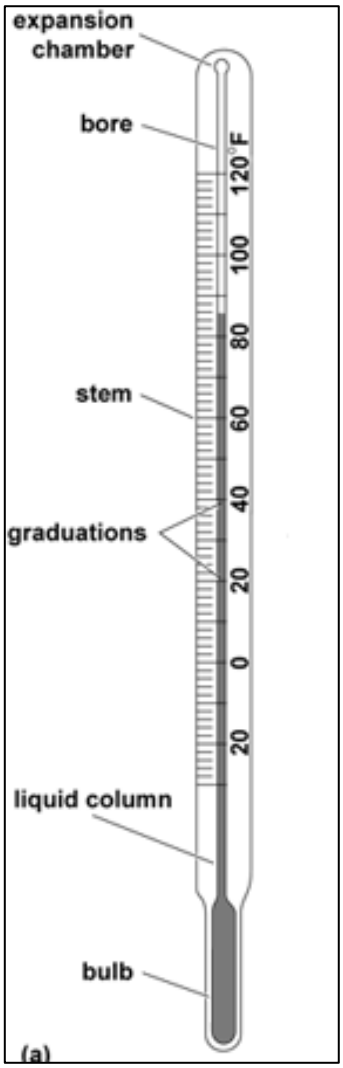
تتعدد الاجهزة الخاصة بقياس درجة الحرارة من حيث الشكل والتركيب والغرض فمنها اجهزة تقيس درجة الحرارة اللحظية ومنها ما يقيس مدي حراري معين وقد يتطلب وجود الباحث لاخذ النتائج او تكون الاجهزة مزودة بتقنية تدوين النتائج.

الشروط الواجب توفرها في السوائل المستخدمة في صناعة الترمومترات:

1) أن تتمدد السوائل بارتفاع درجة الحرارة وتنكمش بانخفاضها وان يكون مقدار التمدد والانكماش منتظم وواضح.
2) أن يكون سطح السائل واضح ويسهل قراءته.
3) ألا يلتصق السائل بجدار الانبوب الذي يحويه.
4) ألا يغلي إلا عند درجات عالية نسبيا.
5) ألا يتجمد إلا عند درجات حرارة منخفضة نسبيا.

افضل السوائل المستخدمة "الزئبق" حيث تنطبق عليه الشروط السابقة وتصل درجة غليانه 360° م ودرجة تجمده -93° م.

الترمومتر المئوي: Ordinary Thermometer



الترمومتر المئوي

يسمي ايضا الترمومتر الزئبقي او اللحظي. يقيس درجة الحرارة اللحظية.

فكرة الجهاز: تأثر الزئبق بالارتفاع والانخفاض في درجات الحرارة

التركيب: أنبوبة شعرية تتصل بمستودع مملوء بالزئبق الذي يمتد لداخل الانبوبة الشعرية. تحاط الانبوبة الشعرية من الخارج بأنبوبة زجاجية مدرجة بدءا من الصفر وحتي 100º م

طريقة عمل الجهاز: عند ارتفاع درجة الحرارة يتمدد الزئبق داخل الانبوبة الشعرية الي يثبت عند مستوي معين يمكن قراءته من خلال التدريج. وعند انخفاض درجة الحرارة ينكمش الزئبق داخل الانبوبة الي مستوي معين في التدريج.

الترمومتر ذو النهايتين العظمي والصغري

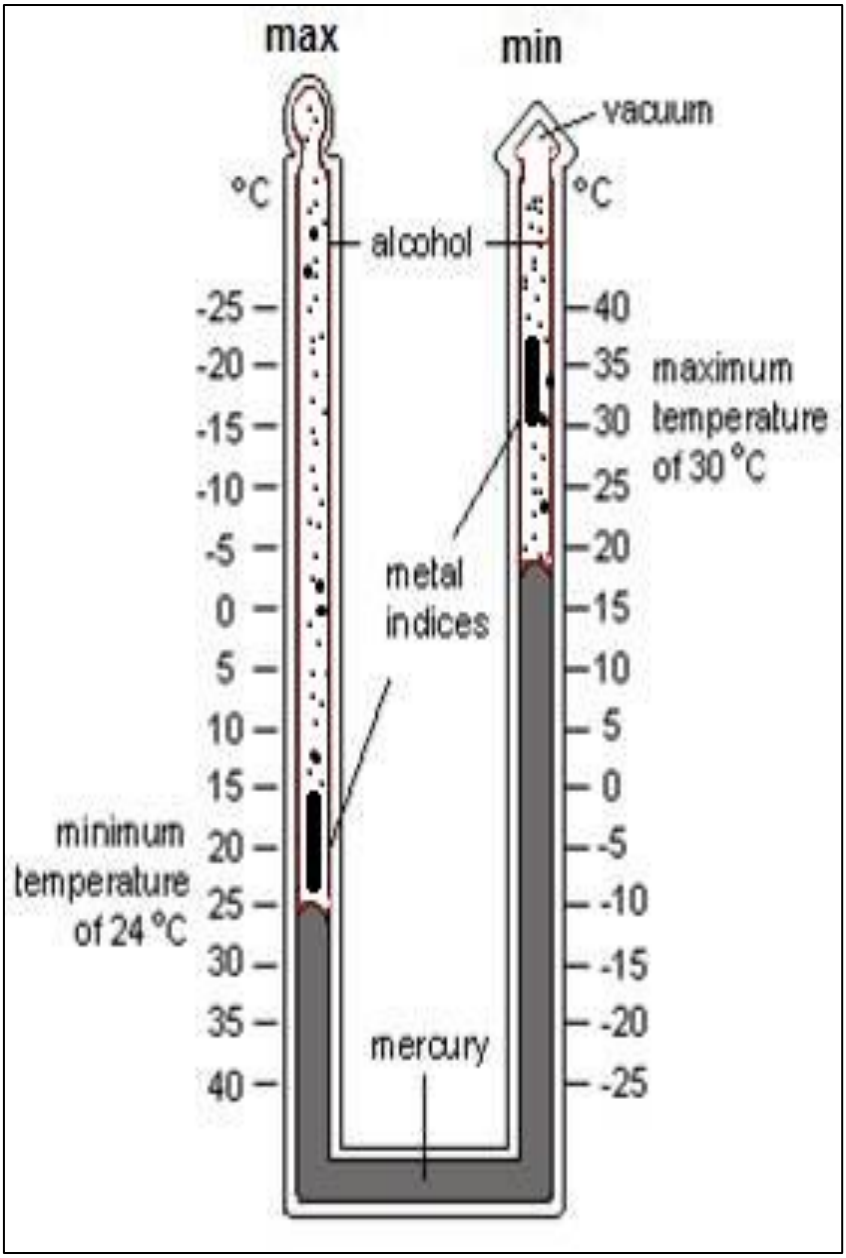
Maximum and Minimum Thermometer

الاستخدام: قياس درجة الحرارة العظمي والصغري خلال اليوم

فكرة الجهاز: تأثر السوائل الترمومترية (الزئبق والكحول) بالارتفاع والانخفاض في درجات الحرارة

التركيب: انبوبة شعرية ذات شعبتين (شكل حرف U) ينتهي كل شعبة بانتفاخ. يتوزع الكحول في كلا الشعبتين اما الزئبق فيوجد في الجزء المنثني من الانبوبة. توجد قطعة ممغنطة فوق سطح الزئبق في كلا الشعبتين. كل شعبة تحتوي علي تدريج خاص بها والتدريجين معكوسين. هذه الانبوبة مثبته علي لوح بلاستيكي.

طريقة عمل الجهاز:



الترمومتر ذو النهايتين العظمي والصغري

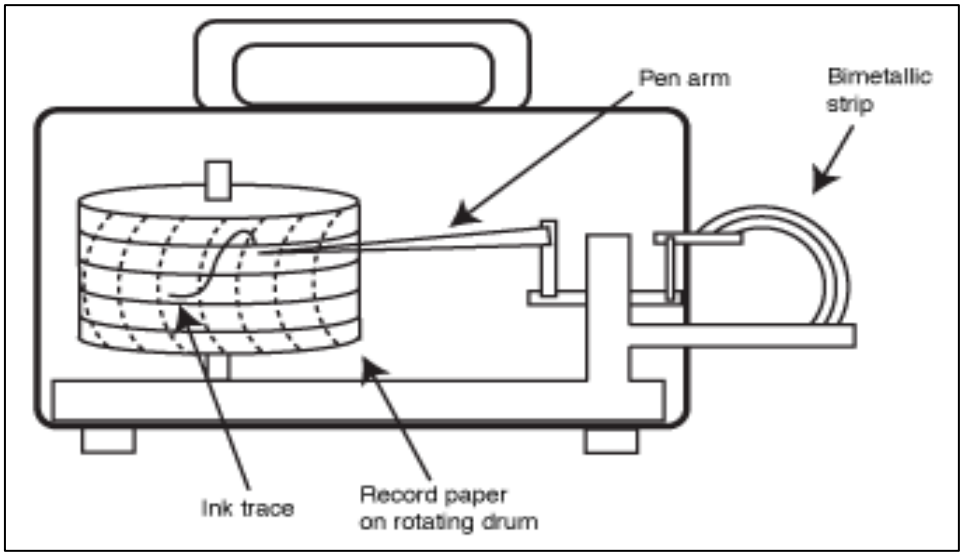
الثرموجراف: Thermograph

الاستخدام:

فكرة الجهاز:

التركيب:

طريقة عمل الجهاز:



الثرموجراف

ترمومتر قياس درجة حرارة التربة: Soil Thermometer

وصف الجهاز

قياس درجة حرارة الهواء داخل الكساء الخضري

وصف الجهاز

ترمومتر قياس درجة حرارة التربة

ثانيا: الاجهزة الخاصة بقياس الرطوبة:

الرطوبة المطلقة Absolute Humidity : كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة.

الرطوبة النسبية Relative Humidity : كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة منسوبة الي كمية بخار الماء التي تشبع نفس الحجم عند نفس درجة الحرارة.

الضغط البخاري Vapor Pressure : حركة بخار الماء تحت تأثير درجة الحرارة.

العلاقة بين الرطوبة والضغط البخاري:

$$\text{الرطوبة النسبية \%} = \frac{\text{الرطوبة الفعلية}}{\text{الرطوبة المشبعة}} \times 100$$

$$\text{الرطوبة النسبية \%} = \frac{\text{الضغط البخاري الفعلي}}{\text{الضغط البخاري المشبع}} \times 100$$

يحسب النقص في الضغط البخاري كما يلي:

$\Delta و = و_1 - و$ حيث

$\Delta و$: الفرق في الضغط البخاري

$و_1$: الضغط البخاري المشبع

و: الضغط البخاري الفعلي

يحسب الضغط البخاري الفعلي بمعلومية درجة الحرارة من العلاقة الاتية:

$و = و_1 - أض (ت - ت_1)$

حيث أ : مقدار ثابت = 0.0008 عندما تكون ت$_1$ اكبر من الصفر المئوي

ض : الضغط الجوي وبساوي 755 مم زئبق

ت: درجة الحرارة من الترمومتر الجاف

ت$_1$: درجة الحرارة من الترمومتر الرطب

جدول يبين قيم الرطوبة النسبية (ر.ن.) والضغط البخارى الفعلى (و) عند درجات حرارة مختلفة لكلٍ من الترمومتر الجاف والمبلل لجهازي الترمومتر ذو الفقاعة المبللة والجافة والسيكرومتر الدوّار التالى ذكرهما

ت	درجة حرارة الترمومتر المبلل ت$_1$									
	صفر		5		10		15		20	
	رن	و	رن	و	رن	و	رن	و	رن	و
0	100	4,6								
5	25	1,6	100	6,5						
10			39	3,5	100 9.2					
15					49 6,1		100 12,7			
20					18	3,1	55	9,6	100	17,4

تستخدم العديد من الأجهزة لقياس الرطوبة النسبية ومنها:

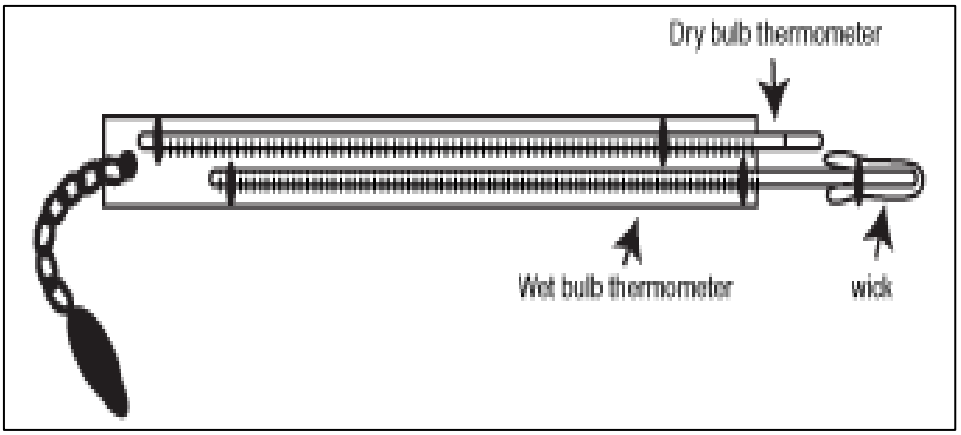
جهاز السيكرومتر الدوّار Psychrometer :

الاستخدام: قياس قيم الرطوبة النسبية والضغط البخاري بمعلومية درجة حرارة الجو

فكرة عمل الجهاز: خاصية الطرد المركزي + تأثر الزئبق بالارتفاع والانخفاض في درجة الحرارة.

تركيب الجهاز: عبارة عن ترمومترين أحدهما جاف والآخر حول مستودعه محاط بقطعةً من الشاش تبلل بالماء عند الاستخدام والترمومترين مثبتان على لوحةٍ تدور حول محور عند أحد طرفيها (البعيد عن خزان الترمومترين)

طريقة عمل الجهاز: عند تحريك الجهاز بسرعةٍ حول محوره نتخلص من الماء الزائد على قطعة الشـاش بواسطة الطرد المركزى ولا يتبقى سوى كمية الماء التى تشبع الجو بالرطوبةِ حول مستودع الترمومتر المبلل. وبأخذ القراءتين لكلٍ من الترمومتر الجاف والمبلل ومن خلال جداول متخصصة يمكن إيجاد الرطوبة النسبية والضغط البخارى الفعلى والمشبع وكذلك الفرق فى الضغط البخارى .V.P.D

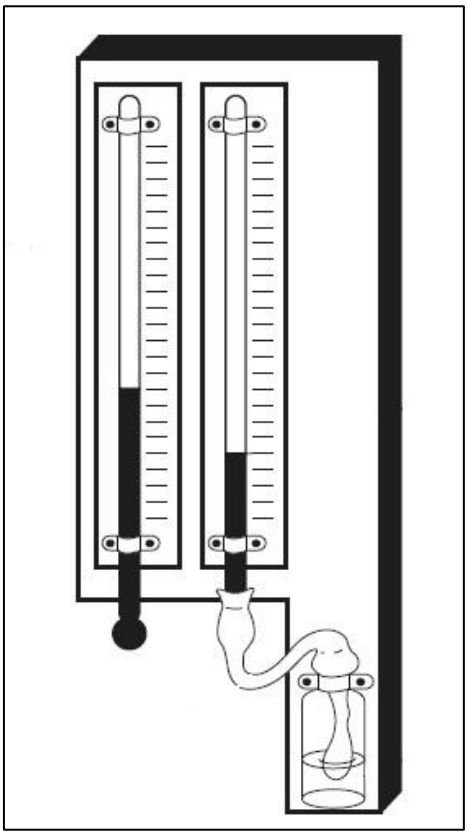


السيكرومتر الدوار

الترمومتر ذو الفقاعة المبللة والجافة:

Wet and dry bulb thermometer

يتركب هذا الترمومتر من نفس المكونات إلا أن اللوحة المثبت عليها الترمومترين ليس لها محور ويستعاض عن ذلك بأن قطعة الشـاش حول الترمومتر المبلل لها طرف يتدلى فى خزان به ماء وتتشرب قطعة الشـاش بالماء مما يؤدى إلى تشبع الجو حول المستودع بالرطوبة وتؤخذ القراءتين الرطبة والجافة ومن الجداول السالف ذكرها يمكن أخذ القياسات المطلوبة.

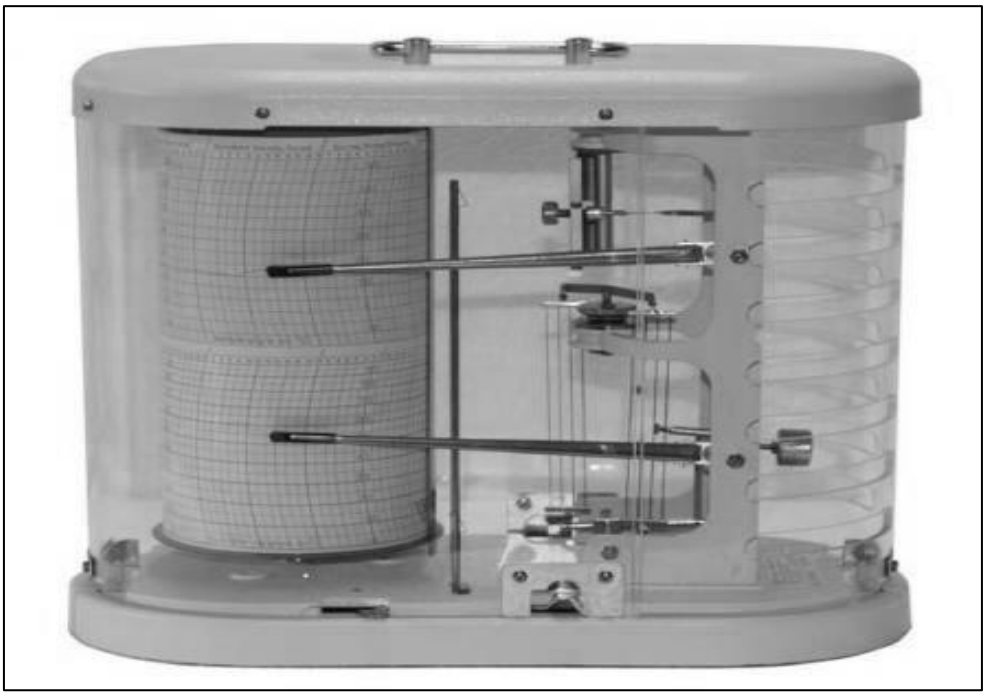


جهـاز الهيجروجراف Hygrograph

يتركب الهيجروجراف من نفس المكونات التى يتركب منها جهـاز الثرموجراف مع اختلاف واحد وهو الاعتماد على تأثر الشعر بالرطوبة لذلك يستعاض عن الساق المعدنية الموجودة فى الثرموجراف بخصلةٍ من الشعر فى الهيجروجراف. كما يوجد ثقل في طرف الذراع البعيد عن الاسطوانة لموازنة تمدد وانكماش خصلة الشعر. ويكون الثقل ذو وزن متناسب مع طول الذراع بحيث لا يؤدي الي تمزق او قطع خصلة الشعر.

الهيجروجراف

ويمكن أن يتجمّع الجهازان فى جهازٍ واحدٍ حيث تكون الاسطوانة طويلة ليوضع عليها ورقتان لقياس كل من الرطوبة ودرجة الحرارة وللجهاز ذراعان والحبر المستخدم من النوع الذى لا يجف إلا بعد فترة طويلة وعند ضبط الجهاز تقاس درجة الحرارة اللحظية بواسطة ثرمومتر مئوى وتضبط درجة الحرارة عن طريق التحكم فى ارتفاع الذراع الخاصة بها ويضبط اليوم والساعة بواسطة لف الاسطوانة ويمكن أيضاً معايرة الرطوبة.

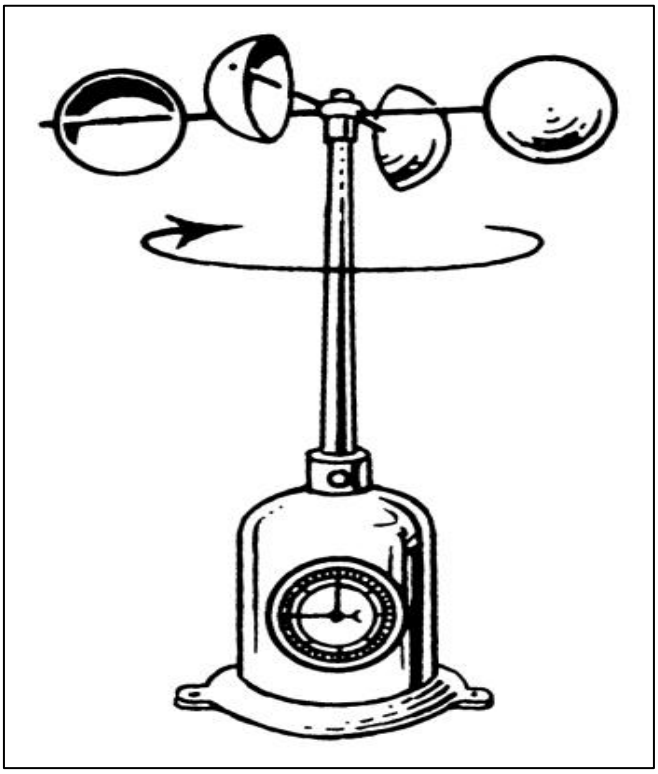


الهيجروثرموجراف

ثالثـاً: جهاز قيـاس سـرعة الريـاح: Anemometer

تؤثر الرياح على النبات بصورٍ متباينة فهى قد تقلل درجات الحرارة إذا كان مصدرها منطقة باردة أو ترفع درجات الحرارة إذا كان مصدرها منطقة حارة مما يسبب إجهاداً حرارياً للنبات وأيضا تزيد معدلات النتح إذا زادت سرعة الرياح.

يستخدم لقياس سـرعة الريـاح جهاز الانيمومتر الدوّار Anemometer وهو يقدّر سرعة الرياح بوحدة المسافة القدم أو المتر/ الثانيـة ويتكـون مـن مروحـةٍ ثلاثيـة او رباعية الأذرع ينتهى كل ذراع منها بكأسٍ على شكل نصف كرةٍ مثبتةً على قائمٍ يمكن التحكم فى ارتفاعه عليه عداد سرعة متصل بمروحةِ الجهاز ويقيس الانيمومتر سرعة الرياح لحظياً.



رابعـاً :جهـاز قيـاس كمية المطـر السـاقطة:

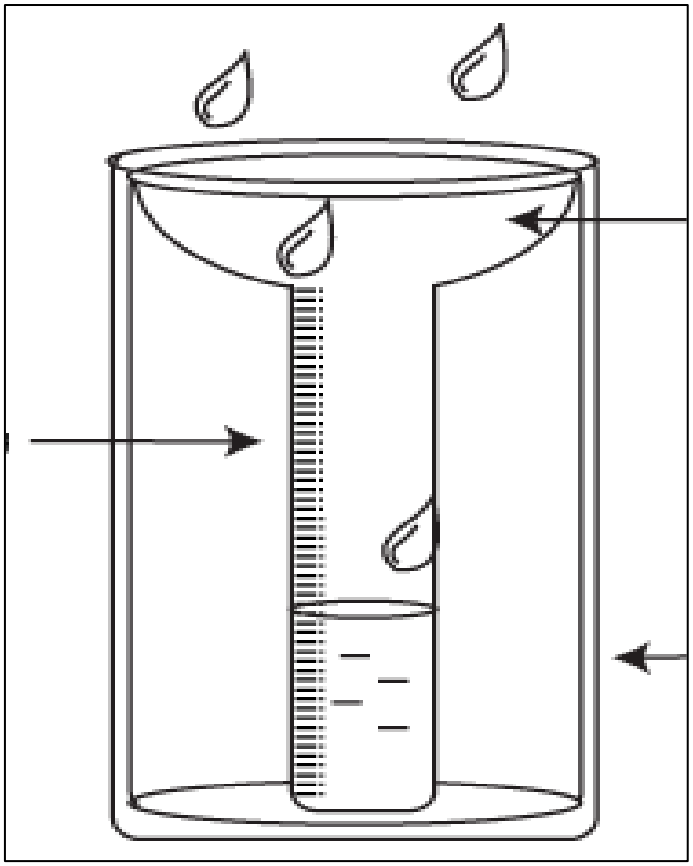
يتم قيـاس كمية المياه المترسبة أو الساقطة بواسطة جهـاز قياس المطر الذى يسـمى Rain gauge. وهو عبارة عن وعـاء مـدرج لـه فوّهـه واسـعة عـن بقيـة الوعـاء مسـاحة مقطعها معلومة بالسنتيمترات المربعة.

يقيس هذا الجهـاز كمية المطر بالمليلترات ويوضع فى مكان سقـوط المطـر ولمـدة معلومة من الزمن ثم تحسب كمية المياه المتجمعة فيه وتقسم على مساحة فتحة الإنـاء فنحصل على كمية المطـر الساقطة على السنتيمتر المربع خلال الزمن الذى ترك فيـه الجهـاز فى مكان سقـوط المطـر والذى يمكن منه حسـاب كمية المطر السـاقطة علـى مسـاحة معينة من الأرض خلال وحدة الزمن (الساعة).

على سـبيل المثـال لو أن كمية المـاء التى تجمعت فى مقياس المطـر خـلال 15 دقيقـة كانت 25 سم^3 وكانت مساحة مقطع فوّهة الجهاز 100سم^2 فإن كمية الماء التى تتجمع فى الجهاز خلال ساعة من الزمن هـى 100سـم^3 وبقسـمة كميـة المـاء علـى مسـاحة فوهة الجهاز تنتج كمية الماء التـى تسـقط علـى 1سـم^2 /السـاعة وبضـرب النـاتج فـى مساحة الأرض نحسب كمية الماء السـاقطة علـى مسـاحة معينـة مـن الأرض ويمكـن صياغتها فى المعادلة التالية:

$$\text{ك} = \frac{\text{كمية الماء المتجمع بالجهاز (سم}^3\text{)}}{\text{مساحة مقطع الفوهة (سم}^2\text{)}} \times \frac{\text{مساحة الارض (سم}^2\text{)}}{\text{الزمن بالساعة}} \quad \text{سم3/الساعة}$$

حيث أن ك هى كمية المطر الساقطة على مساحة ما من الأرض.



جهاز قياس كمية المطر

مسـائل

1) إذا علم أن الرطوبة النسبية للهواء عند درجة 30°م كانت تساوى 11 % فما هى قيمة الضغط البخارى الفعلى للهواء إذا علم أن الضغط البخارى للماء المشبع عند نفس درجة الحرارة يساوى 31.5 مم.زئبق.
2) فى يوم من أيام شهر يوليو وصلت درجة حرارة الهواء فى قنا 45 °م فإذا علم أن النقص فى الضغط البخارى للماء بلغ 31.3 مم.زئبق فما قيمة الرطوبة النسبية للهواء حينئذٍ إذا علم أن الضغط البخارى الفعلى للماء عند نفس درجة الحرارة كان يساوى 23.6 مم.زئبق.
3) أوجد الضغط البخارى المشبع وكذلك درجة حرارة الهواء إذا علم أن الرطوبة النسبية تساوى 61% والضغط البخارى الفعلى يساوى 14.3 مم.زئبق.
4) يبلغ الضغط البخارى المشبع للهواء عند درجة 55 °م حوالى 12.7 مم.زئبق، فإذا علم أن الضغط البخارى الفعلى لبخار الماء فى ذلك الوقت يساوى 6.1 مم. زئبق فما قيمة النقص فى الضغط البخارى للماء عند نفس درجة الحرارة.
5) عند قياس الرطوبة النسبية فى كل من الإسكندرية , قنا و أسوان وجد انها تساوى 55%, 28% و 36% على التوالى فإذا كان الضغط البخارى الفعلى للهواء على التوالى يساوى 9.6 ، 6.6 ، 11.2 مم. زئبق فما هى درجة حرارة الهواء حينئذٍ على المدن الثلاث.
6) فى تجربة لقياس كمية المطر, وجد أن كمية الأمطار الساقطة على 20سم^2 من مساحة فوهة جهاز قياس كمية المطر تبلغ 100 سم^3 فى زمن قدره نصف ساعة فما هى كمية المطر الساقطة فى الساعة على مساحة 200م^2 من الأرض.

العوامل التربية Edaphic Factors

تعرضنا لاجهزة العوامل المناخية التي تؤثر مباشرة في الجزء العلوي من النبات وتؤثر بصورة غير مباشرة علي الجزء الارضي من النبات وذلك نتيجة تفاعل العوامل المناخية مع خصائص التربة الفيزيقية والكيميائية وتغييرها لتلك الخصائص ومن ثم لابد من معرفة التربة ومكوناتها المختلفة قياسها.

التربة هي الطبقة السطحية من قشرة الكرة الارضية وتكون مفككة بحيث يستطيع جذر النبات اختراقها ويتفاوت سمكها ما بين ملليمترات الي عشرات الامتار في الصحاري.

تعتبر الصخور هي الاصل في تكون حبيبات التربة بواسطة عمليات التفتت والتعرية والتجوية وفيها تتحطم الصخور الي اجزاء كبيرة ثم الي اجزاء صغيرة.

اولا: دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للتربة

يقصد بالصفات الفيزيائية للتربة اي الصفات الطبيعية من حيث قوامها ومساميتها ورطوبتها وسعة تشبعها. ومن اهم الصفات الفيزيائية: قوام التربة - رطوبة التربة - الخاصية الشعرية وحركة الماء بالتربة - سعة التشبع المائي للتربة - مسامية التربة - المادة العضوية بالتربة.

مكونات التربة

تتكون التربة الطبيعية من العديد من المكونات والتي تحدد مدي صلاحية هذه التربة للاستعمار بواسطة النبات ونسبة تواجد هذه العناصر تحدد ايضا نوعية النبات الذي يمكنه التعايش مع هذه المكونات. ومكونات التربة هي:

1. حبيبات التربة Soil Particles : وهي عبارة عن حبيبات معدنية ذات احجام مختلفة تكون كبيرة في التربة الرملية والتي تنحدر من الحجر الرملي وصغيرة

في التربة الطينية التي اصلها يعود الي الحجر الجيري. يحدد قوام التربة نسبة الحبيبات المختلفة الحجم والتي قسمت حسب احجامها الي:

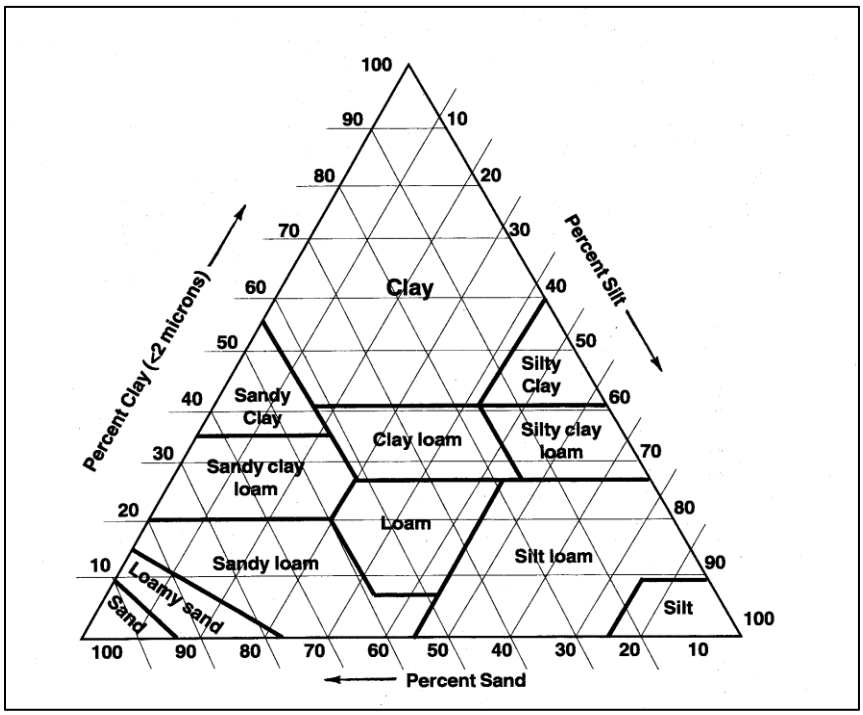
A. حبيبات الرمل الخشن Coarse sand : يتراوح قطر حبيباتها مابين 2-0.2 مم.

B. حبيبات الرمل الناعم Fine sand : يتراوح قطر حبيباتها مابين 0.2-0.02 مم.

C. الطمي silt : يتراوح قطر حبيباته ما بين 0.02-0.002 مم.

D. الطين clay : يكون قطر حبيباته اقل من 0.002 مم.

يتحدد نوع التربة من خلال مثلث القوام وهو مثلث متساوي الاضلاع يمثل كل ضلع النسبة المئوية لكل من الرمل والطمي والطين من 0%-100% وتترتب النسب في اتجاه واحد وتقسم مساحة المثلث الي قطاعات تحتوي علي نسب معينة من المكونات الثلاثة لكل قطاع اسم متعارف عليه علميا.



مثلث القوام

الفصل الميكانيكي للتربة: Mechanical analysis of soil

يتم التحليل الميكانيكي للتربة لمعرفة نسب الرمل والسلت والطين حتي يتسني تحديد نوع التربة من خلال مثلث القوام السابق ذكره. يستخدم لذلك جهاز هزاز يحوي سلسة من المناخل sieves ذات ثقوب مختلفة الاقطار اكبرها من اعلي واصغرها من اسفل. ويتم استقبال التربة المتسربة من اخر منخل في وعاء سفلي.

جهاز المناخل

خطوات العمل:

- اختر ثلاث مناخل قطر ثقوبها 0.2 – 0.02 – 0.002 مم علي التوالي وضعها في الجهاز الهزاز.
- اوزن 100 جم تربة ثم ضعها في المنخل العلوي ثم يوضع غطاء الجهاز ثم يوضع على هزاز كهربائي.
- تستمر العملية لمدة15 دقيقة او حتى تمام عملية النخل.
- اوزن محتوي كل منخل من التربة المتبقية فيه كل علي حدة حيث المنخل العلوي يحتوي علي الرمل الخشن والذي يليه يحتوي الرمل الناعم ثم السلت واخيرا الطين الذي يتجمع في الوعاء السفلي لسلسلة المناخل.
- احسب النسبة المئوية لكل نوع من انواع الحبيبات طبقا للمعادلة الاتية:

$$\% \text{ لكل مكون} = \frac{\text{وزن التربة التي بالمنخل}}{\text{الوزن الكلي للتربة}} \times 100$$

- يسجل قوام التربة المستخدمة بالتجربة والذي يعبر عنة الطبقة الاكثر وزنا.

2. المادة العضوية organic matter : مركبات عضوية ناتجة من تحلل البقايا النباتية (اوراق او جذور) والحيوانية الميتة. يطلق عليها لفظ الدبال وهي اما متحللة كليا او جزئيا وتلعب دورا هاما في خصوبة التربة وتماسكها واحتفاظها بالماء.
3. المحتوي المائي للتربة water content : كمية الماء التي تحتفظ بها التربة
4. الاملاح Minerals : وهي عبارة عن الاملاح الذائبة وغير الذائبة في محلول التربة. وتلعب العناصر الذائبة دورا هاما بالنسبة للنبات.
5. هواء التربة soil air : وهو الهواء الذي يشغل المسافات البينية لحبيبات التربة.
6. الكائنات الحية والدقيقة microorganisms : مثل الحشرات والديدان والحيوانات الصغيرة والكائنات الدقيقة من الطحالب والبكتيريا والفطريات.

درجة حرارة التربة:

من العوامل الاكثر اهمية في حياة الكائنات الحية ومنها النبات والذي يعيش في وسطين متباينين. فكما نعلم فان المجموع الجذري يعيش في التربة ويأخذ منها الماء والعناصر اللازمة لحياته. وتتأثر التربة فيزيائيا وكيميائيا بالعوامل الأخري مما يؤدي الي تأثر النبات بالتغيرات التي تطرأ علي التربة.

أهم هذه العوامل هى درجة الحرارة والتى تؤثر فى النبات بداية من مرحلة الإنبات ثم بعد ذلك تؤثر فى المجموع الجذرى وبالتبعية النبات ككل. من هنا كان الاهتمام بدرجة حرارة التربة والتى تقاس بواسطة ترمومتر قياس درجة حرارة التربة السالف ذكره.

مصادر حرارة التربة أشعة الشمس خاصة تحت الحمراء وكذلك الحرارة المنبعثة من تحلل المواد العضوية.

العوامل التى تؤثر فى درجة حرارة التربة:

1. لون التربة Soil color

يؤثر لون التربة على معدل امتصاص التربة للحرارة، فالتربة الفاتحة اللون تعكس قدرا لا بأس به من الحرارة الساقطة عليه، بينما تمتص التربة داكنة اللون الجزء الأعظم من الحرارة الساقطة عليها.

ولدراسة تأثير لون التربة على درجة حرارتها نجرى التجربة التالية:

خطوات العمل:

- ضع أربع أنواع من التربة (رملية خشنة – رملية ناعمة – تربة طميية – تربة طينية) كلٍ فى علبة من البلاستيك سعة 1 كجم. ثم دعها معرضة فترة مناسبة لأشعة الشمس.
- قس بعد ذلك درجة حرارة التربة على عمق 2سم بواسطة ترمومتر مئوى ثم دون القراءات وحلل النتائج التى تم الحصول عليها.

النتائج و التعليق :

درجة حرارة التربة الرملية الخشنة =

درجة حرارة التربة الرملية الناعمة =

درجة حرارة التربة الطميية =

درجة حرارة التربة الطينية =

2. تأثير محتوى التربة المائى على درجة حرارتها :

يلعب المحتوى المائى للتربة دورا مؤثرا فى درجة حرارة التربة لعدة أسباب أولها الحرارة النوعية الكبيرة للماء وتبخر الماء من التربة يؤثر على درجة حرارتها.

ولدراسة تأثير المحتوى المائى للتربة على درجة حرارة التربة نجرى التجربة التالية:

- ضع كمية من نوع واحد من التربة فى علبتين من البلاستيك السالف ذكرها ثم بلل إحداها بالماء واتركهما لفترة مناسبة معرضة للشمس.
- قس درجة حرارة كل من التربة المبللة والتربة الجافة ثم دون النتائج واكتب التعليق.

النتائج و التعليق :

درجة حرارة التربة المبللة =

درجة حرارة التربة الجافة =

3. تأثير العمق على درجة حرارة التربة :

تتباين درجة حرارة التربة ما بين النهار والليل حيث تتعرض التربة لأشعة الشمس نهاراً مما يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة سطحها والذى يؤدى بالتبعية الى تسرب الحرارة إلى الطبقات السفلى، ويحدث العكس ليلاً عند غياب الشمس حيث يبدأ سطح الأرض فى فقد الحرارة مما يؤدى إلى التسرب الحرارى العكسى.

لدراسة علاقة العمق بالتغير فى درجات الحرارة تجرى التجربة التالية :

- ضع كميات متساوية من نوع واحد من التربة فى ثلاث علب بلاستيكية وعرض سطحها فترة مناسبة للإشعاع الشمسى.
- ضع ترمومتراً لقياس درجة الحرارة فى كل علبة بحيث تكون الترمومترات الثلاث على أعماق مختلفة وليكن فى الأولى على عمق 2سم والثانية على عمق 10سم والثالثة على عمق 15سم.
- عين درجة حرارة الترمومترات الثلاث ودون النتائج.

النتـائج و التعليـق :

درجة حرارة التربة عند عمق 2 سم =

درجة حرارة التربة عند عمق 10 سم =

درجة حرارة التربة عند عمق 15 سم =

المحتوى المـائى للتربة

يتوقف محتوى التربة من الماء على العديد من العوامل أولها المساحات التى يشغلها الماء فى التربة وكذلك حجم حبيبات التربة والذى كلما قل زادت المسافات الشعرية التى تمسك الماء بالخاصية الشعرية ثم كمية الماء الممسوكة بواسطة حبيبات التربة والتى تسمى بالماء الهيجروسكوبى.

من الجدير بالذكر أن أنواع الماء فى التربة ثلاث هى :-

a. الماء الحر (ماء الجاذبية الأرضية): وهو الماء الذى يتحرك تحت تأثير كتلته ويتسرب الى جوف الأرض بقوة الجاذبية الأرضية.
b. الماء الشعرى: وهو الماء الممسوك بواسطة الخاصية الشعرية.
c. الماء الهيجروسكوبى: وهو الماء الممسوك بتأثير الشحنات الكهربية لحبيبات التربة ويحتاج لدرجة حرارة مرتفعة لطرده من التربة.

وطبقاً لنوعية الماء المتواجد بالتربة هناك ثلاث مستويات قياسية للمحتوى المائى للتربة تسمى بالسعة التشبعية، السعة الحقلية ومعامل (نقطة) الذبول وفى ما يلى سوف نعين محتوى التربة الفعلى من الماء ثم نجرى ثلاث تجارب لتعيين سعات التربة القياسية من الماء.

أولاً: تعيين المحتوى المائى الفعلى للتربة :

الأدوات المستخدمة :- تربة رملية واخري طينية – علب ألومنيوم – ميزان حساس – فرن كهربائى – مجفف.

خطوات العمل :-

- خذ علبة ألومنيوم بغطائها ثم اغسلها جيداً بماء الصنبور ثم جففها وأوزن العلبة وهى فارغة ونظيفة.
- املأ العلبة بالتربة الرطبة ثم أوزنها وعين وزن التربة الرطب وذلك بطرح وزن العلبة وهى فارغة من الوزن الكلى.
- ضع العلبة مكشوفة فى فرن التجفيف لمدة عند 105° م لمدة24 ساعة حتى يتم تبخير محتواها من الماء.
- أخرج العلبة من الفرن وغطها ثم ضعها فى المجفف لتبرد ثم عين وزنها. ضعها مرة أخرى فى الفرن لمدة نصف ساعة ثم أخرجها ودعها لتبرد ثم عين الوزن حتى تحصل على وزنتين متتاليتين ثابتتين وحينئذً احسب وزن التربة الجاف.
- احسب المحتوى المائى للتربة من المعادلة التالية :-

$$\text{المحتوى المائى للتربة} = \frac{\text{وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times 100$$

النتائج و التعليق :

تعيين المستويات القياسية لمحتوى التربة المائى

أولاً : تجربة تعيين السعة التشبعية للتربة :-

المقصود بالسعة التشبعية للتربة كمية الماء التى تشغل كل الفراغات البينية الموجودة فى التربة.

الأدوات المستخدمة :

صندوق هيلجارد – ورق ترشيح – ميزان – حوض به ماء – فرن كهربى – تربة رملية وأخرى طينية.

خطوات العمل :

- قص ورقة ترشيح بقدر مساحة قاعدة صندوق هيلجارد المثقبة ثم زنها جافة وكذلك وهى مبللة.
- اوزن الصندوق بغطائه وهو جاف ونظيف.
- املأ الصندوق حتى قرب الحافة بحوالى 1سم بالتربة الرملية أو الطينية.
- ضع الصندوق فى حوض به ماء بحيث يصل مستوى الماء الى منتصف صندوق هيلجارد واتركه لمدة 24ساعة.
- اخرج الصندوق من الحوض واتركه لمدة نصف ساعة حتى تتسرب المياه الزائدة عن السعة التشبعية.
- أوزن الصندوق وبه التربة المبللة ثم عين وزن التربة المبللة وحدها وذلك بطرح وزن الصندوق ووزن ورقة الترشيح وهى مبللة من الوزن الكلى.
- ضع الصندوق وبه التربة فى الفرن الكهربى عند درجة 105º م ولمدة 24 ساعة.

- اخرج الصندوق من الفرن وضعه فى المجفف ليبرد ثم عين وزن التربة الجافة وذلك بطرح وزن الصندوق وهو فارغ ووزن ورقة الترشيح وهى جافة من الوزن الكلى.
- احسب النسبة المئوية للمحتوى المائى للتربة عند سعتها التشبعية باستخدام المعادلة التالية :

$$\text{السعة التشبعية (\%)} = \frac{\text{وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times 100$$

(كرر التجربة مع أنواع مختلفة من التربة)

<u>النتائج والتحليل</u> :

ثانياً : تجربة تعيين السعة الحقلية للتربة :

تعرف السعة الحقلية للتربة علي انها المحتوي المائى للتربة بعد تسرب ماء الجاذبية الأرضية.

الأدوات المستخدمة:

أنبوبة زجاجية مفتوحة الطرفين – قطعة شاش – خيط – حامل - علبة ألومنيوم – ميزان – فرن – مجفف – تربة.

خطوات العمل :

- غطى أحد طرفي الأنبوبة بقطعة من الشاش وأربط حواف الشاش حول جسم الأنبوبة من الخارج جيداً بواسطة الخيط.
- ضع كمية مناسبة من التربة فى الأنبوبة وهزها برفق حتى لا يكون هناك فراغات كبيرة بين حبيبات التربة ثم علق الانبوبة فى حامل بحيث تكون عمودية على سطح الأرض.
- ضع كمية مناسبة من الماء بحيث تكفى لغمر عمود التربة ثم اتركها لمدة 24 ساعة.
- اترك الطبقة السطحية التى تعرض ماؤها لشىءٍ من التبخير ثم خذ عينات على أعماق مختلفة.
- عين وزن التربة الرطب ثم ضعها فى الفرن عند درجة 105 ºم ولمدة 24 ساعة ثم عين الوزن الجاف للتربة.
- احسب السعة الحقلية للتربة من المعادلة التالية :

$$\text{السعة الحقلية (\%)} = \frac{\text{وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times 100$$

(كرر التجربة مع أنواع مختلفة من التربة)

النتـائج والتحليل :

ثالثـاً : تجربة تعيين معامل (نقطة) الذبول :

المقصـود بنقطـة الذبـول هو محتـوى التـربة من المـاء بعد أن يسـتهلك النبـات المـاء المتـاح له.

الأدوات المستخدمة :

بذور نبات عباد الشمس – ثلاثة أصص – كيس بلاستيك كبير – أنـواع مختلفـة مـن التربة – علب ألومنيوم – فـرن ميزان – مجفف.

خطـوات التجربة :

- ازرع ثلاث بذور من نبات عباد الشمس فى ثلاثة أصص بها أنواع مختلفة من التربة بحيث تكون البذور على عمق نصف سنتيمتر من سطح التربة.
- أروى التربة بكمية ماء مناسبة لتوصلها الى السعة الحقلية وداوم على ذلك حتى تنبت البذور وتعطى ثلاثة أزواج من الأوراق الأصلية.
- أوقف الرى حتى تذبل النباتات وذلك بأن حافة الأوراق تأخذ فى الانثناء ثم انقل الأصيص الى داخل الكيس البلاستيك وضع معه كأس زجاجى صغير به ماء ليشبع الوسط ببخار الماء واقفل الكيس واتركه فى الضوء. إذا استعاد النبات حيويته دعه بدون رى مرة أخرى وكرر الخطوة السابقة حتى تجد أن النبات لا يستطيع استعادة حيويته، أى وصل الى درجة الذبول الدائم.
- اقلع النباتات من الأصيص ثم اقلب محتواه من التربة فى وعاء واخلط التربة جيداً ثم خذ كمية من التربة خالية من الشعيرات الجذرية فى علبة ألمونيوم نظيفة وجافة معلومة الوزن ثم عين الوزن الرطب للتربة.
- ضع العينة فى الفرن عند 105^{o} م لمـدة 24 سـاعة ثـم أخرجهـا مـن الفـرن وضعها فى المجفف لتبرد , بعدها عين الوزن التربة الجاف.
- احسب معامل الذبول من المعادلة التالية :

$$\text{معامل الذبول (\%)} = \frac{\text{وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times 100$$

النتائج والتحليل :

مسـائل

مثـال :

عند غمر تربة وزنها 300 جم بكمية من الماء وزنها 100 جم وجد أن نسبة الماء الحر فيها يساوى 6% من وزن التربة وأن وزن الماء الهيجروسكوبى = 6 جم.
فأوجد مقدار الماء المتاح الذى يستفيد منه النبات المزروع فى هذه التربة علماً بأن معامل الذبول لهذه التربة = 12 جم. وكذلك الماء الشعرى.

الحـل :

كمية المـاء الحـر = $\frac{6}{100}$ X 300 = 18 جم.

كمية ماء السعة الحقلية = 100 - 18 = 82 جم.

المـاء الشـعرى = 100 - (18 + 6) = 76 جم.

كمية المـاء المتاح = 82 - 12 = 70 جم.

1) فى تجربة لتعيين السعة الحقلية للتربة (أ) اخذ 20 جم من التربة الرطبة وجففت فى الفرن وكان وزنها بعد التجفيف 16 جم ولتعيين السعة التشبعية لتربة أخرى (ب) اخذ 30جم من التربة وجففت فكان وزنها بعد التجفيف 20جم احسب السعة الحقلية للتربة (أ) والسعة التشبعية للتربة (ب). وإذا علم أن السعة التشبعية للتربة (أ) هى 60% من وزن التربة وأن السعة الحقلية للتربة (ب) هى 40% فما هى كمية الماء الحر فى كلتا التربتين.

2) رويت تربة بالماء وبعد 24 ساعة أُخذت عينة منها ووزنت فكان وزنها وهى جافة 30جم ومقدار الماء المتبخر بعد وضعها فى الفرن 9جم فما هى كمية الماء الموجودة فى التربة عند وصولها لنقطة الذبول. إذا علم أن مساحة الأرض 60سم^2 وعمق الجذور فيها 15سم وكثافة التربة 1.35 وأن كمية الماء المتاحة تساوى 243سم^3 .

3) كم تمتد جذور نباتٍ ما زرع فى تربة كمية الماء المتاحة فيها تمثل 20% من وزن التربة أى حوالى 7 لتر , علماً بأن كثافة التربة 1.35 وأن طولها يساوى عرضها = 100 سم وما هو مقدار الفقد اليومى إذا عُلِمَ أن النباتات تذبل بعد عشرة أيام.

4) مجموعة من النباتات منزرعة فى أرض صحراوية ذبلت بعد 15 يوماً من سقوط الأمطار فإذا كان مقدار الفقد اليومى = 1% من وزن التربة فما هى نقطة ذبول هذه النباتات إذا علم أن وزن التربة =300كجم. وأن سعتها الحقلية =20% من وزن التربة.

5) إذا كان الماء الهيجروسكوبى لتربة ما يساوى 2% من وزنها فما هى كمية الماء الشعرى الغير متاحة للنبات إذا علم أن كمية الماء الموجودة فى التربة عند ذبول النباتات المنزرعة بها تبلغ 5% من وزن التربة وما هى السعة الحقلية لهذه التربة إذا علم أن وزنها = 200 كجم وأن الماء المتاح للنبات =25 لتراً.

6) إذا علم أن السعة الحقلية لتربة مزروعة بالنباتات =25% من وزن التربة وأن الماء الشعرى الغير متاح كان 7% من وزن التربة وكمية الماء التى تترك الجفين على هيئة بخار تبلغ 5 لترات، الفقد اليومى يساوى ثلاثة لترات.فكم تبلغ نقطة الذبول لهذه النباتات، وبعد كم يوماً إذا علم أن وزن التربة يساوى 420 كجم.

7) سقطت كمية من الأمطار على أرض صحراوية فكان مقدار استفادة النبات منه يمثل 20% من وزن التربة. فإذا علم أن الماء الهيجروسكوبى فى هذه التربة

يمثل 2% من وزن التربة، فما هى كمية الماء الشعرى التى لن يستفيد منها النبات إذا علم أن السعة الحقلية للتربة تساوى 25% من وزنها، وأن وزن التربة 2400 كجم. وما هى نقطة الذبول لتلك النباتات.

8) زرعت مساحة معينة من الأرض تبلغ 200م^2 وكان عمق الجذور فيها 20سم وكثافتها 1.35 وسقطت عليها كمية من الأمطار بلغت 100 لتراً، وبعد 24 ساعة ترسبت كمية من الماء الساقط تبلغ ستة لترات. بعد عشرين يوماً تعرضت النباتات المنـزرعة للذبول الدائم وكانت كمية الماء الشعرى الغير متاح للنبات حوالى عشرة لترات. أوجد كمية الماء الشعرى الذى يستفيد منها النبات وكذلك مقدار الفقد اليومى علماً بأن الماء الهيجروسكوبى يساوى عشرة لترات.

9) تربة لها سعة حقلية تبلغ 25% من وزنها, فإذا كان مقدار كمية الماء المتبقى عندما تصل إلى نقطة الذبول يساوى 9% من وزن التربة, فما هى كمية الماء المتاحة للنبات وكم يوماً تبقى هذه الكمية متاحةً للنبات إذا كان مقدار الفقد اليومى 12 سم^3 وأن مساحة هذه التربة 50 سم^2 وعمق الجذور فيها 10سم وكثافة التربة 1.35.

10) ما هى كمية الماء التى يمتصها النبات من التربة فى اليوم إذا علم أن السعة الحقلية للتربة تبلغ 25% من وزنها ويصل النبات إلى نقطة الذبول والتى تساوى 12% من وزن التربة بعد عشرة أيام علماً بأن مقدار الفقد اليومى بالتبخير حوالى 500 سم^3 وأن وزن التربة يبلغ 80 كجم.

11) إذا علم أن مقدار ما يمتصه النبات فى اليوم الواحد يساوى مقدار ما تفقده التربة بالتبخير, فما هو عدد الأيام اللازمة حتى يصل النبات إلى نقطة الذبول إذا كان مقدار الماء عندها يساوى ثلث كمية الماء عند السعة الحقلية والتى تساوى عشرة لترات أى حوالى 40% من وزن التربة علماً بأن الفقد بالتبخير يساوى 0,35% من وزن التربة يومياً.

12) رويت قطعة أرض بالغمر وبعد 15 يوماً ذبلت النباتات وقدرت كمية الماء الموجودة بها حينئذٍ فكانت 5% من وزن التربة 33,75 لتراً فإذا كانت كمية الماء الحر فى التربة = 52,5 لتراً وطول ضلع قطعة الأرض = 200 سم وعرضها = 100 سم وكانت كثافة التربة 1.35.احسب كمية الماء التى يستخدمها كل نبات فى اليوم الواحد وكذلك عمق الجذور علماً بأن عدد النباتات هو 50 نباتاً وأن السعة التشبعية للتربة 35% من وزن التربة.

13) أخذت عينة من تربة عند سعتها الحقلية فكان وزن التربة 65جم. وبعد التجفيف كان 50 جم فإذا كانت مساحة هذه الأرض 5000 سم^2 وكثافتها 1.35. احسب العمق الذى يشغله الماء الشعرى علماً بأن نقطة الذبول = 5% من وزن التربة أى 15 لتراً والتى تصلها الأرض بعد 12 يوم وما هو مقدار الفقد اليومى.

14) قدر الماء الهيجروسكوبى لتربة ما فكان 2% من وزن التربة أى 16 لتراً فإذا كانت السعة الحقلية 25% ونقطة الذبول 5% من وزن التربة. احسب كمية الماء الشعري الكلى فى التربة وما مساحة هذه الأرض إذا كان عمق الجذور 37.037 سم وكثافتها 1.35.

15) تربة لها سعة حقلية تساوى 25% من وزنها أى حوالى 10000 لتراً ونقطة الذبول فيها تبلغ 5% فما هى مساحة الأرض إذا كانت كثافتها 1.35 وعمق الجذور فيها يساوى 29 سم. وما كمية الماء الشعرى المتاح وكم عدد الأيام حتى تصل التربة إلى نقطة الذبول إذا كان الاستهلاك اليومى = 800 سم^3/اليوم.

التحليل الكيميائى لمحلول التربة

تلعب العناصر الذائبة فى ماء التربة دوراً حيوياً فى حياة النبات حيث يكون منها العناصر الأساسية اللازمة للعمليات البيولوجية داخل النبات وكذلك يكون البعض الأخر ضاراً أو قاتلاً ومحدداً لوجود النبات فى تربةٍ ما. وحيث أن النبات يعتمد بقوةٍ على الخاصية الأسموزية لإمتصاص الماء وما يلزمه من عناصر ذائبة فى محلول التربة , فإن أى زيادة فى تركيز عنصر واحد أو عدد من العناصر فى محلول التربة قد يؤدى إلى إحداث خلل فى معدلات الامتصاص مما يسبب ضغطاً على النبات.

لذلك سوف نقوم بتقدير تركيزات بعض الأيونات المهمة للنبات فى مستخلص التربة والتى يمكن تقديرها أيضاً فى النبات لدراسة العلاقة بين تركيزات هذه الأيونات فى محلول التربة وتواجد النبات فى هذه التربة ولفهم كيفية مقاومة النبات أو تفاديه للتركيزات العالية منها.

من أشهر الأملاح المتواجدة فى التربة كلوريد الصوديوم , كبريتات الصوديوم و كربونات الكالسيوم و الماغنسيوم وهناك العديد من الأملاح المعدنية الأخرى الذائبة ويلعب الرقم الهيدروجينى دوراً أساسياً فى معدلات ذوبان الأملاح.

أولاً : تقدير حموضة التربة

يعُبر عن حموضة التربة بالرقم الهيدُروجينُي pH وهو عُرّف بانه اللوغاريتُم السالب لتركيزُ ايوُنات الهيدُروجينُ النشطة في محلول التربة. تقُدر حموضة التربة باستخدام جهازpH meter . وتعتمد فكرة عمل الجهاز على قياُس فرق الجهد بينُ طرفينُ كهربائيينُ يوُجدان داخل قطب زجاج وهو الجزء الحساس للجهاز. اذا اعطى الجهاز قراءة أقل من رقم 7 فتعتبر التربة حامضيةٌ أما اذا اعطى قراءة اعلى من 7 فتعتبر التربة قلويةٌ.

جهاز pH meter

ثانيا: تقدير كمية الأملاح الكلية الذائبة فى محلول التربة :-

الأدوات المستخدمة:

2 دورق مخروطى سعة 500سم^3, قمع, ورق ترشيح, ميزان, جفنة للتجفيف, مجفف, فرن , ماصة والتربة المراد قياس الأملاح فيها.

خطوات العمل:

- أوزن 50جم من التربة وضعها فى دورق مخروطى نظيف ثم صب عليها 250سم^3 من الماء المقطر ثم رج الدورق بحركةٍ دائرية لمدة نصف الساعة حتى تذوب الأملاح القابلة للذوبان.
- اترك الدورق على المنضدة لمدة ربع الساعة حتى تترسب حبيبات التربة.

- ضع ورق ترشيح فى القمع بعد تنظيفه وضع القمع على الدورق الأخر ثم رشح المحلول وإن كان الرشيح عكراً أعد الترشيح لتحصل على محلول رائق.
- انقل بواسطة الماصة 50سم^3 من المستخلص إلى الجفنة بعد تنظيفها وتجفيفها ومعرفة وزنها وهى فارغة.
- ضع الجفنة فى الفرن عند 105 ^{o}م ولمدة 24 ساعة حتى يتبخر الماء تماماً من الجفنة ثم أخرجها من الفرن وضعها فى المجفف لتبرد.
- أوزن الجفنة والأملاح ثم ضعها مرةً أخرى فى الفرن لمدة نصف ساعة ثم أخرجها لتبرد فى المجفف وأعد وزنها لتحصل على وزنتين متتاليتين ثابتتين وهذا يعنى أن الماء تبخر تماماً من الجفنة.
- اطرح وزن الجفنة من الوزن الكلى للجفنة والأملاح ثم احسب النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة بتطبيق المعادلة التالية:

$$\text{للاملاح الكلية الذائبة (\%)} = \frac{\text{وزن الاملاح بالجفنة}}{\text{حجم المستخلص المأخوذ}} \times \frac{250}{50} \times 100$$

النتـائج والتعليق :

مسـائل

1) عند وزن كمية الأملاح المتبقية فى الجفنة بعد تجفيف 50 سم^3 من مستخلص التربة وجد أنها تساوى 0.6 جم. فما هى نسبة التخفيف لهذا المستخلص؟ وكم تبلغ كمية الأملاح الكلية لهذه التربة والتى وزنها 125 كجم. إذا علم أن النسبة المئوية للأملاح فى هذه التربة تساوى 4.8 % من وزن التربة.
2) عند تعيين النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة فى تربة ما وجد أنها تساوى 0.7 % من وزن التربة أى حوالى 77 جم. فما هو عمق جذور النباتات المزروعة فى هذه الأرض إذا علم أن مساحتها تساوى 1000 سم^2 وكثافتها تساوى 1.35.
3) فى تجربة لتعيين كمية الأملاح الذائبة أُخذ 20 سم^3 من المستخلص الذى حُضر برج 50 جم تربة فى 250 سم^3 وجففت فى جفنة فى الفرن وبطريقة التوصيل الكهربى وجد أن النسبة المئوية للأملاح الذائبة فى التربة هى 15 % فما هو وزن كمية الأملاح المتبقية فى الجفنة بعد التجفيف.
4) غُمرت تربة بالمياه ثم أُخذت عينات من التربة بعد الغمر مباشرة، بعد يوم من الغمر ثم أُخذت عينة عند بداية موت النباتات وقُدرت النسب المئوية للمحتوى المائى للعينات الثلاث فكانت 35 %، 25 % و 5 % من وزن التربة على التوالى فإذا كانت النسبة المئوية لكمية الأملاح الكلية فى تلك التربة تساوى 0.25 % من وزن التربة أى حوالى 50 كجم. احسب كمية الماء عند كل من السعة التشبعية، السعة الحقلية و نقطة الذبول. وإذا استنفذ الماء الشعرى المتاح للنبات خلال عشرين يوماً فما هى كمية الماء التى يستفيد منها النبات فى اليوم الواحد إذا كان معدلى النتح و التبخير يمثلان 60 % من الاستهلاك اليومى.

تقدير النسبة المئوية لبعض الأيونات الهامة للنبات

تقدير النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة فى مستخلص التربة :-

يعتبر أيون الكلوريد من الأنيونات الشهيرة فى محلول التربة نتيجة لتوافر بعض الأملاح التى يمثل الكلوريد الشق الحامضى فيها مثل كلوريدات الصوديوم , الكالسيوم و الماغنسيوم وغيرها من أملاح الكلوريدات.

تعتمد فكرة تقدير الكلوريدات على ترسيبها فى صورة كلوريد الفضة طبقاً للمعادلة التالية :

$$NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl \downarrow$$

وكلوريد الفضة عبارة عن راسب ابيض ولمعرفة نقطة النهاية لتفاعل أيون الفضة مع الكلوريد تستخدم كرومات البوتاسيوم كدليل حيث أنها تتفاعل مع نترات الفضة بعد استنفاذ الكلوريدات وتعطى راسباً برتقالياً يدل على استنفاذ الكلوريدات.

الأدوات والمحاليل المطلوبة:

مستخلص التربة – نترات الفضة (01.0 ع) – دليل كرومات البوتاسيوم – دورق مخروطى سعة 250 مل – ماصة – سحاحة – حامل سحاحة – قمع

خطوات العمل :-

- انقل بواسطة الماصة 10مل من المستخلص الذى حضر برج 50 جراما من التربة فى 250مل ماء مقطر أى بدرجة تخفيف (1-5) إلى دورق مخروطى نظيف.
- ضع 1سم^3 من دليل كرومات البوتاسيوم إلى المستخلص ولاحظ أن المحلول يكون فى هذه الحالة لونه أصفر.

- عاير مستخدماً نترات الفضة (0.01ع.) حتى يتم ترسيب كلوريد الفضة فى صورة راسب أبيض وعند تكون راسب برتقالى من كرومات الفضة أوقف المعايرة حيث أن الكلوريد استنفذ.
- احسب حجم نترات الفضة ثم كرر المعايرة ثلاثاً واحسب متوسط حجم نترات الفضة وليكن (س).
- احسب النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة فى مستخلص التربة.

الحسابات :

الوزن المكافىء من نترات الفضة ≡ الوزن المكافىء من الكلوريدات

1 لتر (1ع.) من نترات الفضة ≡ 35.46 جم من الكلوريدات

1مل. (1ع.) من نترات الفضة ≡ 0.03546 جم من الكلوريدات

1مل. (0.01ع.) من نترات الفضة ≡ 0.0003546 جم من الكلوريدات

$$\text{النسبة المئوية للكلوريدات} = \frac{\text{س} \times 0.0003546}{\text{حجم المستخلص المأخوذ}} \times \frac{250}{50} \times 100$$

النتائج والتعليق:-

مسألة

قدرت كمية الكلوريدات فى 10 مل من مستخلص التربة الذى حُضر برج 50جم من التربة فى 200سم^3 ماء مقطر فكانت كمية نترات الفضة (0.01 ع) المأخوذة هى 10.58سم^3 فإذا كان وزن الكلوريدات فى التربة الكلية حوالى 30 كيلوجرام وعمق الجذور فى التربة 13.82 سم فما مساحة الأرض التى كانت كثافتها 1.35 وما هى كمية الماء الشعرى المتاح إذا كانت نقطة الذبول تساوى 5% والسعة الحقلية 25% من وزن التربة.

تقدير النسبة المئوية للكربونات والبيكربونات الذائبة فى مستخلص التربة:

توجد الكربونات التى يكون شقها القاعدى أحادى التكافؤ وكذلك البيكربونات بكافة صورها فى صورة ذائبة فى مستخلص التربة ويمكن تقديرها بواسطة حمض الهيدروكلوريك الذى يتفاعل مع الكربونات على مرحلتين فيحولها الى بيكربونات فى المرحلة الأولى ثم يحولها والكربونات الأصلية الى حمض الكربونيك وهو حامض ضعيف يتحلل إلى ثانى اكسيد الكربون والماء وتكون معادلة التفاعل كالتالى :

$$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow NaCl + NaHCO_3 \quad (1)$$

$$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2CO_3 \quad (2)$$

$$Na_2CO_3 + 2\,HCl \rightarrow 2\,NaCl + H_2CO_3$$

المحاليل والأدوات المستخدمة:-

مستخلص تربة – حمض هيدروكلوريك (0.1ع) – دليل الفينولفيثالين – دليل الميثيل البرتقالى - 2دورق مخروطى - قمع - سحاحة - ماصة.

خطوات العمل :-

- حضر مستخلص من أنواع مختلفة من التربة وبنسبة تخفيف معلومة ولتكن (1:5).
- خذ 25 مل من مستخلص التربة ثم خففها بحوالى 30 مل من الماء المقطر ثم أضف قطرات قليلة من دليل الفينولفثالين.
- عاير بواسطة حمض الهيدروكلوريك (0.1ع) حتى يزول اللون الأحمر واحسب حجم حمض الهيدروكلوريك المستهلك فى أكسدة الكربونات الى بيكربونات وليكن (س).

- أضف الى نفس المستخلص بضع قطرات من دليل الميثيل البرتقالى ثم أكمل المعايرة حتى يتحول اللون البرتقالى الى اللون الأحمر.
- احسب الحجم المستهلك لأكسدة البيكربونات الأصلية والبيكربونات الناتجة من أكسدة الكربونات فى المرحلة الأولى وليكن (ص).
- احسب النسبة المئوية لكل من الكربونات الذائبة والبيكربونات.

الحسابات

أولا: الكربونات $(CO_3)^{2-}$

الوزن المكافىء من الكربونات ≡ الوزن المكافىء من حمض الهيدروكلوريك

الوزن الجزيئى للكربونات / 2 ≡ الوزن المكافىء من حمض الهيدروكلوريك

30 جم من الكربونات ≡ 1 لتر (1ع) من حمض الهيدروكلوريك

0.03 جم من الكربونات ≡ 1مل (1ع) من حمض الهيدروكلوريك

0.003 جم من الكربونات ≡ 1مل (0.1ع) من حمض الهيدروكلوريك

وحيث أن الحجم المستهلك من حمض الهيدروكلوريك لأكسدة الكربونات نصف أكسدة هو (س). فإن الحجم اللازم لأكسدة الكربونات أكسدة كاملة هو (2س) وتحسب النسبة المئوية للكربونات الذائبة من المعادلة التالية :

$$\%) \text{ للكربونات} = \frac{2س \times 0.003}{} \times \frac{5}{1} \times 100$$

25

النتائج والتعليق:-

ثانيـاً : البيكربونات ($HCO3^-$)

الوزن المكافىء من البيكربونات ≡ الوزن المكافىء من حمض الهيدروكلوريك

61 جم من البيكربونات ≡ 1 لتر (1ع) من حمض الهيدروكلوريك

0.061 جم من البيكربونات ≡ 1مل (1ع) من حمض الهيدروكلوريك

0.0061 جم من البيكربونات ≡ 1مل (0.1ع) من حمض الهيدروكلوريك

وحيث أن الحجم المستهلك من حمض الهيدروكلوريك فى المرحلة الثانية دخل فى أكسدة نصف الكربونات بالإضافة الى البيكربونات الأصلية ومن ثم فإن الحجم المستهلك فى أكسدة البيكربونات الأصلية هو (ص- س) ويتم حساب النسبة المئوية للبيكربونات من المعادلة التالية :

$$\text{للبيكربونات (\%)} = \frac{0.0061 \times (\text{ص} - \text{س})}{25} \times \frac{5}{1} \times 100$$

النتـــائج والتعليق:-

تقدير الكربونات الكلية فى التربة بطريقة معادلة الحمض

تستخدم هذه الطريقة لتقدير النسبة المئوية للكربونات الكلية سواء كانت قابلة للذوبان مثل كربونات الصوديوم والبوتاسيوم أو شحيحة الذوبان مثل كربونات الكالسيوم والماغنسيوم.

تعتمد هذه الطريقة على إضافة حجم معين من حمض الهيدروكلوريك الأعلى فى عياريته من المستخدم فى التجربة السابقة مع التسخين ثم معايرة الزيادة من الحمض بهيدروكسيد الصوديوم معلوم العيارية.ويتم التفاعل طبقاً للمعادلة الكيميائية التالية:

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

المحاليل والأدوات المستخدمة:

حمض الهيدروكلوريك (0.5ع) - هيدروكسيد الصوديوم (0.5ع) - دليل الفينول فثالين - 2 دورق مخروطى (250 مل) - ماصة - سحاحة - قمع - ورق ترشيح - ميزان -زجاجة ساعة - تربة من أنواع مختلفة.

خطوات العمل:

- أوزن خمس جرامات من تربة رملية أو ثلاث جرامات من تربة طينية جافة وضعها فى دورق مخروطى نظيف.
- أضف بواسطة الماصة 25مل من حمض الهيدروكلوريك (0.5ع) إلى الدورق الذى به التربة ثم غطى فوهة الدورق بزجاجة الساعة بحيث يكون الوجه المحدب من أسفل.
- سخن بحذر حتى الغليان لمدة خمس دقائق تقريباً ثم برّد المحلول.

- رشح فى الدورق الثانى مع غسل التربة بالماء المقطر حتى ينزل كل الحمض الزائد الى الرشيح ثم أضف بضع قطرات من دليل الفينولفثالين ويكون الوسط فى هذه الحالة عديم اللون.
- عادل كمية الحمض الزائدة بواسطة هيدروكسيد الصوديوم (0.5ع) وذلك عند ظهور اللون الأحمر ولتكن كمية هيدروكسيد الصوديوم المستهلكة هى (س) وبذلك يكون الحجم المستهلك من الحمض فى أكسدة الكربونات الكلية هو (25 – س).

الحسابات

الوزن المكافئ للكربونات ≡ الوزن المكافئ لحمض الهيدروكلوريك

30 جم من الكربونات ≡ 1 لتر (1ع) من حمض الهيدروكلوريك

15 جم من الكربونات ≡ 1 لتر (0.5ع) من حمض الهيدروكلوريك

0.015 جم من الكربونات ≡ 1 مل (0.5ع) من حمض الهيدروكلوريك

احسب النسبة المئوية للكربونات الكلية من المعادلة التالية :

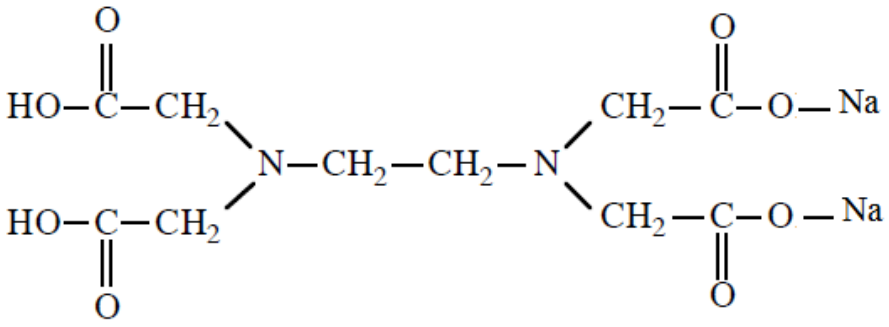
$$\text{(\%) للكربونات الكلية} = \frac{0.015 \times (25 - \text{س})}{\text{وزن التربة}} \times 100$$

النتائج والتعليق:-

تقدير النسبة المئوية للكالسيوم والماغنسيوم فى مستخلص التربة

(بطريقة الفيرسين)

يعتبر الكالسيوم و الماغنسيوم من العناصر الهامة للنبات وتلعب دوراً فى عملية الأسموزية وأيضاً قد يحد البوتاسيوم من تأثير سمية الصوديوم داخل الخلية النباتية.
تستخدم الإدتا أو الفيرسين (الملح الصوديومى للإيثيلين ثنائى الأمين رباعى الخليك) لتقدير الكالسيوم فقط وذلك فى وجود دليل الميروكسيد ويقدر الكالسيوم والماغنسيوم معاً فى وجود دليل إيروكروم بلاك تى. وبذلك يكون الفرق فى حجم الفيرسين بين المعايرة الأولى والثانية هو الحجم المستهلك فى تقدير الماغنسيوم.



مركب الادتا (ايثلين ثنائي الامين رباعي حمض الخليك ثنائي الصوديوم)

أولاً : تقدير الكالسيوم :

الادوات والمحاليل المستخدمة:

مستخلص تربة - محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (10%) - محلول الفيرسين (0.01ع) - دليل الميروكسيد – دورق زجاجى (250 مل) – ماصة - سحاحة - ماء مقطر

خطوات العمل:

- انقل بالماصة 10 مل من المستخلص إلى دورق مخروطى نظيف ثم أضف إليها 50 مل من الماء المقطر.
- أضف 2 مل من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (10%) اتبعها بإضافة 0.3 جم من دليل الميروكسيد ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر.
- عاير مستخدماً محلول الفيرسين (0.01ع) حتى يتحول اللون إلى البنفسجى عند نقطة النهاية.
- احسب الحجم المستهلك لمعايرة الكالسيوم فقط (ح1) ثم احسب النسبة المئوية للكالسيوم فى محلول التربة.

الحسابات:

الوزن المكافئ من الفيرسين ≡ الوزن المكافئ من الكالسيوم

1 لتر (1 ع) من الفيرسين ≡ 2/40 جم من الكالسيوم

1 مل (1ع) من الفيرسين ≡ 0.02 جم من الكالسيوم

1 مل (0.01 ع) من الفيرسين ≡ 0.0002 جم من الكالسيوم

$$\text{(\%) للكالسيوم} = \frac{\text{ح1} \times 0.0002}{\text{حجم المستخلص}} \times \frac{5}{1} \times 100$$

النتائج والتعليق:-

ثانيـاً : تقدير الكالسيوم والماغنسيوم:

الادوات والمحاليل المستخدمة:

مستخلص تربة – محلول الفيرسين (0.01ع) - محلول الأمونيا المنظم - محلول كبريتيد الصوديوم (2%) - محلول هيدروكسيل أمين (1%) - دليل إيروكروم بلاك تى.

خطـوات العمـل :

- انقل بالماصة 10 مل من المستخلص إلى دورق مخروطى نظيف ثم أضف إليها 50 مل من الماء المقطر.
- أضف 5مل من محلول الأمونيا المنظم اتبعها بإضافة 1مل من محلول كبريتيد الصوديوم، خمس قطرات من محلول هيدروكسيل أمين ثم عشر قطرات من محلول إيروكروم بلاك تى ولاحظ تلون المحلول باللون الأحمر الفاتح.
- عاير مستخدماً محلول الفيرسين (0.01ع.) حتى يتحول اللون إلى الأزرق عند نقطة النهاية.
- احسب الحجم المستهلك لمعايرة الكالسيوم والماغنسيوم معاً ($ح_2$).
- اطرح ($ح_1$) من ($ح_2$) واحسب النسبة المئوية للماغنسيوم فى محلول التربة.

الحسـابات:

الوزن المكافئ من الفيرسين ≡ الوزن المكافئ من الماغنسيوم

1 لتر (1 ع) من الفيرسين ≡ 2/24 جم من الماغنسيوم

1 مل (1ع) من الفيرسين ≡ 0.012 جم من الماغنسيوم

1 مل (0.01 ع) من الفيرسين ≡ 0.00012 جم من الماغنسيوم

$$\text{للماغنسيوم (\%)} = \frac{0.00012 \times (\text{ح}2 - \text{ح}1)}{\text{حجم المستخلص}} \times \frac{5}{1} \times 100$$

النتـــائج والتعليق:-

تقدير النسبة المئوية للفوسفور فى مستخلص التربة :

يعتبر الفوسفور من العناصر الأكثر أهمية فى حياة النبات حيث يلعب دوراً حيوياً فى العمليات البيولوجية داخل الخلايا الحية. حيث يدخل في عمليات التنفس وجزيئات ATP و NADP.

يقدر الفوسفور بترسيبه على هيئة فوسفات باستخدام موليبدات الأمونيوم والتى تتفاعل مع الفوسفور وتكوّن راسب أصفر من فوسفوموليبدات الأمونيوم ويذاب هذا الراسب فى زيادة من هيدروكسيد الصوديوم ثم تُقدّر الزيادة من هيدروكسيد الصوديوم والتى لم تتفاعل مع فوسفوموليبدات الأمونيوم بواسطة حمض الهيدروكلوريك.

$$PO_4^{3-} + 12(NH_4)_2MoO_4 + 24HNO_3 \rightarrow (NH_4)_3PO_4.12MoO_3\downarrow + 24NH_4NO_3 + 12H_2O$$

الأدوات والمحاليل المستخدمة:

كأس 250مل - سحاحة - ماصة - دورق مخروطى 250مل - قمع - ورق ترشيح - ماء مقطر - حمض الهيدروكلوريك (0.1ع.) - محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1ع.) - أمونيا - محلول موليبدات الأمونيوم (5%) - حمض النيتريك المركز - دليل الفينولفثالين.

خطوات العمل :

- انقل بالماصة 5مل من مستخلص التربة إلى كأس زجاجى نظيف ثم خففها بإضافة 25مل من الماء المقطر.
- أضف 5مل من محلول الأمونيا ثم أضف 10مل من حامض النيتريك المركز وسخن حتى الغليان.

- أضف 25مل من محلول موليبدات الأمونيوم (5%) ورج المحلول ثم اتركه لمدة نصف الساعة حتى يتم ترسيب الفوسفور فى صورة راسب أصفر من فوسفوموليبدات الأمونيوم.
- رشح المحلول ثم اغسل الراسب بالماء المقطر ثم انقل القمع وبه ورقة الترشيح التى عليها الراسب إلى دورق معيارى اثقب قاع ورقة الترشيح وأذب الرشيح تماماً فى حجم معلوم من محلول هيدروكسيد الصوديوم (0.1ع.) وليكن 25مل.
- أضف ثلاث نقط من دليل الفينولفثالين ولاحظ تلوّن المحلول باللون الأحمر ثم عاير بواسطة حمض الهيدروكلوريك (0.1ع.) حتى نقطة اختفاء اللون (النهاية).
- احسب الحجم المستهلك من حمض الهيدروكلوريك (0.1ع.) والذى يعادل الزيادة من هيدروكسيد الصوديوم (0.1ع.) ثم احسب الحجم المستهلك من هيدروكسيد الصوديوم فى إذابة فوسفوموليبدات الأمونيوم ثم قدّر النسبة المئوية للفوسفور.

الحسابات :

يتفاعل جزيء واحد من فوسفوموليبدات الأمونيوم $[(NH_4)_3.PO_4.12MoO_3]$ والذى وزنه الجزيئى 1877 مع 23 جزيء من هيدروكسيد الصوديوم والذى وزنه الجزيئى 40 .

1877 جم من فوسفوموليبدات الأمونيوم ≡ 920 جم من هيدروكسيد الصوديوم

1جم من هيدروكسيد الصوديوم ≡ $\frac{1877}{920}$ جم من فوسفوموليبدات الأمونيوم

1جم من هيدروكسيد الصوديوم ≡ $\frac{1877}{920} \times \frac{31}{1877}$ جم من الفوسفور.

أى $\frac{31}{920}$ جم من الفوسفور

بضرب الطرفين × 40

∴ 40 جم من هيدروكسيد الصوديوم ≡ $\frac{31}{23}$ أى 1.35 جم من الفوسفور.

∴ 1لتر (1ع.) من هيدروكسيد الصوديوم ≡ 1.35 جم من الفوسفور.

∴ 1مل (1ع.) من هيدروكسيد الصوديوم ≡ 0.00135 جم من الفوسفور.

∴ 1مل (0.1ع.) من هيدروكسيد الصوديوم ≡ 0.000135 جم من الفوسفور.

$$\text{(\%) للفوسفور} = \frac{\text{حجم NaOH المستهلك} \times 0.000135}{\text{حجم المستخلص المأخوذ}} \times \frac{5}{1} \times 100$$

النتـــائج والتعليق

تقدير النسبة المئوية للمادة العضوية فى التربة

يدل وجود المادة العضوية على اكتمال بناء التربة وتتفاوت درجة تحلل المادة العضوية فى التربة ما بين أجزاء نباتية كاملة وأخرى متحللة جزئياً أو كلياً وتسمى هذه المواد المتفاوتة فى درجة تحللها بالدبال وهى ذات لون داكن وتحسن من خصائص التربة.

يمثل الكربون الجزء الأكبر من مكونات المادة العضوية أى حوالى 55- 58% من وزنها وتعتمد طريقة تقدير المادة العضوية على أكسدة الكربون العضوى بعامل مؤكسد قوى وهو حامض الكروميك الناتج من إضافة حمض الكبريتيك المركز الى بيكرومات البوتاسيوم. ونظراً لتفاوت درجة تحلل المادة العضوية وكذلك تركيبها المعقد فإن أقصى درجات الأكسدة لا تتعدى 77% من الكربون العضوى.

الأدوات والمحاليل المستخدمة:

أنواع مختلفة من التربة - ثلاث دوارق مخروطى سعة 500مل - ماصة - سحاحة - قمع – مخبار مدرج سعة 50مل – ورق ترشيح – محلول قياسى (1ع.) من بيكرومات البوتاسيوم - حمض الكبريتيك المركز – ماء مقطر - حمض الفوسفوريك المركز – دليل داى فينيل أمين – كبريتات حديدوز نشادرية.

خطوات العمل :

- أوزن ثلاث جرامات من التربة الطينية المنخولة ثم ضعها فى دورق مخروطى 500مل وخمس جرامات من التربة رملية فى دورق مخروطى أخر.
- ضع بدقة 10مل من بيكرومات البوتاسيوم (1ع.) فى دورق التربة الطينية ومثلها فى دورق التربة الرملية ثم أضف 10مل ثالثة الى الدورق الفارغ

ليكون (بلانك) والذى بواسطته يمكن معرفة عيارية كبريتات الحديدوز النشادرية.

- أضف بحذرٍ و ببطءٍ 20مل من حمض الكبريتيك المركز بواسطة المخبار المدرج على جدران كل دورق من الدوارق الثلاث ثم رج الدوارق رجاً دائرياً.
- اترك الدوارق على المنضدة لمدة 25 دقيقة حتى يستقر المحلول ويبدأ فى أكسدة المادة العضوية.
- أضف 200مل من الماء المقطر للتخفيف واستغلال الحرارة الناتجة من التخفيف فى إسراع عملية الأكسدة ثم اترك الدوارق على المنضدة لمدة 5 دقائق.
- أضف 10مل من حمض الفوسفوريك المركز ثم 1مل من دليل الداى فينيل أمين ولاحظ تكون لون أزرق قذر (لون النيلة).
- عاير بدقة مستخدماً كبريتات الحديدوز النشادرية حتى يتحول اللون الى الأخضر الزيتونى فجأة (لذلك توخى الحذر عند تحديد نقطة النهاية).
- احسب الكمية المستهلكة من كبريتات الحديدوز لمعادلة الزيادة من حمض الكروميك (إذا استهلك أكثر من 8مل من الكروميك فى عملية الأكسدة أعد التجربة مع كمية أقل من التربة).
- احسب النسبة المئوية للكربون العضوى وكذلك المادة العضوية من الحسابات التالية.

الحسابات:

(ملحوظة) يجب أولاً حساب العيارية الفعلية لكبريتات الحديدوز النشادرية وذلك بمعلومية الحجم المستهلك منها للتفاعل مع 10 مل من بيكرومات البوتاسيوم فى حالة بلانك وذلك باستخدام المعادلة الكيميائية

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

ثم تعديل حجم كبريتات الحديدوز النشادرية بحيث تكون عياريتها (1ع.) وذلك للتطبيق فى معادلة تقدير الكربون العضوى.

1ل (1ع) من بيكرومات البوتاسيوم ≡ 1ل (1ع) من كبريتات الحديدوز النشادرية

الحجم المستخدم من كبريتات الحديدوز النشادرية فى معايرة بلانك = ح1.

الحجم المستخدم من كبريتات الحديدوز النشادرية فى معايرة الزيادة من بيكرومات البوتاسيوم = ح2.

حجم بيكرومات البوتاسيوم المستهلكة فى أكسدة المادة العضوية = ح1 - ح2.

وحيث أن 1مل من البيكرومات يؤكسد 0.003 جم من الكربون العضوى وأن كفاءة التجربة لا تتعدى 77% فإن المعادلة تكون كالتالى :

$$\text{(\%) للكربون العضوي} = \frac{0.003 \times (\text{ح1} - \text{ح2})}{\text{وزن التربة}} \times \frac{77}{100} \times 100$$

وحيث أن الكربون العضوى يمثل 58 % من المادة العضوية فإن :

$$\text{(\%) للمادة العضوية} = \frac{0.003 \times (\text{ح1} - \text{ح2})}{\text{وزن التربة}} \times \frac{77}{100} \times \frac{100}{58} \times 100$$

<u>النتـــائج والتعليق:-</u>

اسم التجربة	تعليق مدرس العملى	التوقيع
دراسة أجهزة قياس العوامل المناخية		
الخواص الفيزيائية للتربة وعلاقتها بدرجة الحرارة		
تعيين المحتوى المائى الفعلى للتربة		
تعيين النسبة المئوية لسعة التربة الحقلية		
تعيين النسبة المئوية لسعة التربة التشبعية		
تعيين النسبة المئوية لمعامل الذبول للتربة		
تقدير النسبة المئوية للأملاح الكلية الذائبة فى محلول التربة		
تقدير النسبة المئوية للكلوريدات الذائبة فى محلول التربة		
تقدير النسبة المئوية للكربونات والبيكربونات الذائبة فى محلول التربة		
تقدير النسبة المئوية للكربونات الكلية فى التربة		
تقدير النسبة المئوية لأيونات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة فى محلول التربة		
تقدير النسبة المئوية لأيونات الفوسفور الذائبة فى محلول التربة		
تقدير النسبة المئوية للكربون العضوى والمادة العضوية فى التربة		