القسم الأول

مبادىء علم البيئة النباتية
ECOLOGY

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الأول

علـــم البيئـــة

Ecology

١/١ نبذة عامة عن علم البيئة General Remarks

لا يوجد كائن حي (نبات – حيوان – إنسان) يستطيع أن يعيش فى عزلة تامة، ولكن كل هذه الكائنات تعتمد على بعضها البعض بدرجات متفاوتة، فأى حيوان مثلا يعتمد أساسا على النباتات التى تمده بالغذاء والأكسجين للتنفس، بالرغم من أن النباتات تقوم بتخليق غذائها بواسطة عملية التمثيل الضوئى، فإنها تحصل على غاز ثانى أكسيد الكربون من نواتج أنشطة الحيوان والإنسان، وهذا الغاز يدخل أساسا فى عملية البناء الضوئى فى النبات، وكذا فإن كثيرا من النباتات تعتمد على الحيوان والإنسان والحشرات فى عمليات التلقيح والانتشار... الخ بالإضافة إلى أن النباتات تعتمد على أنشطة الكائنات الدقيقة (بكتريا – فطريات – طحالب) التى تقوم بتحليل المواد العضوية المعقدة بالتربة وتحويلها إلى معادن قابلة للامتصاص بواسطة النبات، أما الإنسان فإنه يستطيع أن يستفيد من كل من النباتات والحيوانات فى مأكله وملبسه، وكذا يمكنه أن يطوع هذه الكائنات لخدمته بطرق عملية وربما يغير من طرق معيشتها، ودراسة العلاقات مابين تلك الكائنات الحية والوسط البيئى التى تعيش فيها يدخل فى إطار علم البيئة.

وخلاصة أعلاه فإنه يمكن تعريف علم البيئة كما يلى:

هو العلم الذى يبحث فى إيجاد العلاقة مابين الكائن الحى (نبات – حيوان – إنسان – كائن دقيق) والوسط البيئى الذى يعيش فيه هذا الكائن ومدى تأثير الوسط البيئى على الكائن ومدى تأثير الكائن على الوسط البيئى.

والترجمة الإنجليزية لعلم البيئة هى مصطلح Ecology وهذا المصطلح يمكن تقسيمه إلى جزئين: الجزء الأول Eco معناه باللغة اليونانية القديمة Oikos أى «بيت» أو «منزل» أو «وسط المعيشة» أو «الوسط البيئى» ويترجم بـ: Environment والجزء الثانى Logy معناه باللغة اليونانية القديمة Logos أى «علم» أو «دراسة» ويترجم بـ: Study of.

وعلم البيئة Ecology لابد له وأن يقوم بدراسة كائن أو «كائنات» حية وتأثر هذا الكائن «أو تلك الكائنات» بالوسط البيئى، وتأثير الوسط البيئى على هذا الكائن الحى أو تلك الكائنات الحية، ومن ثم فإن علم البيئة يشتمل على:

١ – علم البيئة النباتية Plant Ecology

٢ – علم البيئة الحيوانية Animal Ecology

٣ – علم البيئة الإنسانية Human Ecology

٤ – علم بيئة الكائنات الدقيقة Microbial Ecology

وسوف نتناول فى دراستنا علم البيئة النباتية.

obeikandl.com

٢/١ علم البيئة النباتية Plant Ecology

■ **تعريف:**

علم البيئة النباتية هو العلم الذى يختص بدراسة النبات (أو النباتات) فى مواطنه أو مواطنها وإيجاد العلاقة مابين هذا النبات أو هذه النباتات والوسط البيئى والتأثير المتبادل بينهما، أى مدى تأثير النبات (أو النباتات) على الوسط البيئى، ومدى تأثير الوسط البيئى على النبات (أو النباتات).

وتنقسم دراسة علم البيئة النباتية إلى مايلى:

١/٢/١ البيئة النباتية الذاتية Autecology

وتعنى بدراسة نبات بذاته لمعرفة أحوال معيشته فى بيئته الطبيعية، والتأثير المتبادل بين النبات وعوامل الوسط البيئى وكيفية استجابته لها وتفاعله معها.

٢/٢/١ البيئة النباتية الاجتماعية Synecology (Phytosociology)

ويتناول دراسة المجتمعات النباتية Plant Communities بأقسامها المختلفة لمعرفة تركيبها ونشأتها والعوامل التى تتحكم فى توزيعها واستجابتها لعوامل البيئة.

٣/١ علاقة علم البيئة النباتية بفروع العلم المختلفة

Plant Ecology and Other Sciences

لا يمكن اعتبار علم البيئة النباتية فرعا مستقلا من فروع علم النبات، لأنه وثيق الصلة بجميع فروع ذلك العلم بل وغيره من العلوم أيضا، وإنما هو فى الحقيقة تجميع لمختلف فروع المعرفة التى يمكن أن تلقى ضوءاً على أحوال النباتات وتجمعاتها الطبيعية وتسخير هذه العلوم لاجتلاء غوامض العوامل التى تكتنف حياة هذه النباتات وتجمعاتها. وأول ماتعتمد عليه الدراسات البيئية من فروع علم النبات (النبات التقسيمى Plant Taxonomy) وذلك لأنه السبيل الوحيد الى التعرف على مختلف النباتات التى تستوطن البيئة التى يراد دراستها. وبديهى أن معرفة أسماء النباتات والعائلات التى تنتمى إليها هى أولى خطوات هذه الدراسة. يأتى بعد ذلك دور التعرف على ما للبيئة من أثر فى شكل النبات وتركيبه، الأمر الذى يتطلب معرفة بعلمى الشكل الظاهرى Morphology والتركيب الداخلى Anatomy للنباتات. كما يأتى أيضا دور التعرف على أثر العوامل الطبيعية التى يعيش تحتها النبات وفى مقدرته على الاضطلاع بوظائفه الحيوية المختلفة، وفى كيفية أدائه لهذه الوظائف ما يقتضى استخدام علم وظائف الأعضاء Plant Physiology بوسائله التجريبية والعملية.... الخ.

وهناك عدا ذلك ناحية أخرى من نواحى الدراسات البيئية وهى تحديد عوامل البيئة ذات الأثر الفعال فى الحياة النباتية، وقياس تلك العوامل ومعرفة شدة تأثيرها والطريقة التى تؤثر بها، وتلك ناحية لا يكفى فيها استخدام علم النبات وحده بل لابد من الاستعانة بغيره من العلوم أيضا، فهناك مثلا العوامل الجوية التى يتعرض لها المجموع الخضرى ولكل منها أثره فى حياة النبات وتوزيعه وانتشاره، ويقتضى قياس هذه العوامل معرفة ببعض نواحى علم المناخ Climatology كما أن دراسة التربة التى تنتشر فيها جذور النباتات وتمتص منها الماء والغذاء المعدنى أثر على جانب كبير من الأهمية وهى دراسة تتطلب إلماما

وافيا بعلم التربة Soil Science. وفى بيئة النباتات المائية تؤثر سرعة تيار الماء وعمقه ودرجة انحداره تأثيرا كبيرا على الحياة النباتية، وتستلزم دراسة هذه العوامل الاستعانة بعلم الهيدرولوجيا Hydrology، وهناك كذلك أثر بعيد للاختلافات فى مستوى سطح الأرض، إذ أن المنخفضات تمثل بيئات قد تكون مختلفة أشد الاختلاف من حيث ملاءمتها لنمو النبات وتوطنها على المرتفعات الواقعة على قيد خطوات منها. ولذلك يستحسن فى الدراسة البيئية لمنطقة من المناطق البدء بعمل خريطة طبوغرافية للمنطقة (علم Topography). وهناك أخيرا تأثير التكوينات الجيولوجية على الحالة النباتية مما يجعل لعلم الأرض Geology صلة وثيقة بعلم البيئة النباتية.

مما سبق فإن عنصرى علم البيئة النباتية الأساسيين هما:

١/٣/١ : الوسط البيئى The Environment

٢/٣/١ : الكساء الخضرى The Vegetation

obeikandl.com

١/٣/١ الوسط البيئى The Environment

يشتمل الوسط البيئى الذى يعيش فيه النبات على عدة عوامل مختلفة متداخلة ومؤثرة ومتأثرة تأثيرا مباشرا وغير مباشر على النمو وانتشار وكثافة النباتات والغطاء النباتى فى كل البيئات المتنوعة على وجه الأرض.

وهذه العوامل هى:

١/١/٣/١ عوامل المناخ	Climatic Factors
٢/١/٣/١ العوامل الموقعية	Physiographic Factors
٣/١/٣/١ العوامل الإحيائية	Biotic Factors
٤/١/٣/١ العوامل الجوية	Atmospheric Factors
٥/١/٣/١ عوامل التربة	Soil Factors

وسنتناول فيما يلى دراسة هذه العوامل وأهميتها وعلاقتها بالنباتات والغطاء النباتى.

١/١/٣/١ عوامل المناخ Climatic Factors

يتمثل المناخ فى مجموعة عوامل التكاثف (الهطول – الترسيب Precipitation الذى يكون إما على هيئة سائلة (الأمطار والندى)، أو هيئة صلبة (الثلوج والبرَد)، ودرجة حرارة الجو، والضوء، والرطوبة الجوية، والرياح، والتبخر فى منطقة ما على المدى الطويل مثل فصل من فصول السنة. أما الطقس The Weather فيعنى الربط بين كل هذه العوامل المناخية فى لحظة معينة، ولذا يتغير الطقس من يوم إلى يوم، بل ربما من ساعة إلى ساعة، وربما تكون هناك اختلافات عديدة فى عوامل المناخ خلال شهر واحد. يعيد المناخ The Climate فى منطقة معينة دائما نفسه من سنة إلى أخرى ولهذا فإنه يمكن توقع المناخ ويصعب توقع الطقس.

يعتبر المناخ العامل الأعظم الذى يؤثر تأثيرا مباشرا وغير مباشر على نمو

وانتشار وكثافة النباتات والغطاء النباتى على الكرة الأرضية، ولذا فإن كل التكوينات النباتية الأساسية فى العالم ليست إلا تكوينات مناخية، ومن ثم فإن دراسة علم البيئة النباتية يلزمها أن نَصِف حالة المناخ فى منطقة الدراسة.

١/١/١/٣/١ الهطـــــول Precipitation

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

- **المطـــر Rainfall**

المطر هو حالة سقوط مياه سائلة يكون قطر كل نقطة منها أكثر من ٥رجم. ويعتبر المطر من أهم العوامل التى تؤثر على نمو وتوزيع وكثافة النبات والغطاء النباتى فى العالم، وعلى مدى فصول السنة حيث يمكن معرفة نوعية الغطاء النباتى فى منطقة من مناطق العالم عن طريق معرفة كمية الأمطار السنوية التى تسقط على تلك المنطقة.

- **العلاقة بين المطر والمحتوى المائى للتربة Rainfall and Soil Water**

توجد علاقة عامة بين كمية المطر والمحتوى المائى للتربة أساسها أن الأخير يتوقف على المطر وأنواع التكاثف الأخرى (الندى – الثلج)، وذلك فى جميع البيئات فيما عدا تلك التى تعتمد على مورد ثابت من ماء الأنهار والينابيع أو البحيرات العذبة، وتتوقف الكمية التى تمتصها التربة من ماء المطر على نوعها وتركيبها وكسائها الخضرى ودرجة انحدارها ويبلغ المحتوى المائى للتربة أقصاه عقب سقوط المطر مباشرة ويقل خلال فصل الجفاف، بيد أن الزيادة فى المحتوى المائى للتربة لاتتناسب فى معظم الأحيان مع كمية المطر الساقطة عليها، وذلك لأن المطر الخفيف إذا سقط على تربة جافة دافئة فإنه يتحول بأجمعه إلى بخار ماء فى ساعات قلائل، وبذلك لا يكون له تأثير يذكر على المحتوى المائى للتربة، كما أن المطر الغزير يكون فى الغالب قصير الأمد يضيع معظمه بالانسياب

السطحى ولا يتغلغل فى التربة إلا القليل، والأمطار التى تسقط فى المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية تكون على هاتين الصورتين – فإذا قلت كمية المطر عن ٣–٤ مم فإنها تكون قليلة الأثر فى زيادة المحتوى المائى فى التربة، لكنها تبلل فقط سطحها – ولكن كلما كان المطر بطيئا ومعتدلا وطويل الأمد زادت كمية ما تتشربه التربة منه – كما أنه كلما زاد المقدار الكلى لماء المطر الذى يسقط خلال فترة معينة أو فصل معين زادت فرصة تغلغله إلى العمق الذى يتأثر عنده بعوامل التبخر السطحى وعلى ذلك فمن الممكن فى الأجواء الجافة ألا يكون لعدة نوبات متتالية من المطر أثر يذكر فى رفع المحتوى المائى للتربة إذا كانت تلك النوبات من الضآلة والتباعد بحيث لا تكون لها أية قيمة تجميعية، وكلما طال الجفاف واشتد زادت كميات المطر اللازمة لإشباع التربة – كذلك تحدد شدة التبخر خلال الفترة التالية لموسم الأمطار طول الفترة التى يظل فيها المحتوى المائى ملائما لنمو النبات بعد انقطاع المطر.

وللتوزيع الموسمى للمطر أثر كبير على المحتوى المائى للتربة، وكذلك على الكساء الخضرى الذى تحمله، وعندما تكون كميات المطر غزيرة وموزعة بانتظام على جميع مواسم النمو فإنه تستمر النباتات مزهرة والكساء الخضرى كثيفا أما إذا كان المطر قليلا ومتقطعا فإن النباتات السائدة تزهر وتنمو فى أسابيع قليلة، ثم تذوى ليسود الجدب من بعدها.

تتوقف كميات المطر الذى يفقد بالانسياب السطحى أساسا على مقدار المطر الكلى، وكذلك على نوع الكساء الخضرى ونوع التربة ودرجة الانحدار. ويكون الانسياب عادة أشد مايكون عندما تهطل أمطار غزيرة فجائية أو تهب عواصف مطيرة تستمر فترة قصيرة وتسقط على منحدرات عارية من النبت، أو مغطاه بنباتات متفرقة قصيرة ففى جميع هذه الحالات لاتستطيع التربة أن تمتص الماء بالسرعة الكافية لاستيعاب المطر جميعه خاصة إذا كانت كمية الدبال الذى يغطى سطحها قليلة، وكانت التربة نفسها ثقيلة متماسكة دقيقة

الحبيبات. أما إذا كان المطر معتدلا واستمر فترة طويلة وسادت فى موسمه رطوبة جوبة عالية ودرجة حرارة منخفضة، فإنه يكون أكفأ كثيراً من المطر الرذاذ أو السيل الدافق. والانسياب السطحى قليل فى الغابات وذلك لأن الأشجار تستقبل الأمطار فتبددها كما تبددها النباتات تحت طبقة الأشجار، وكذلك المواد الدبالية المتجمعة على القاع. فوجود هذه العوائق جميعا قلما يسمح لشئ من ماء المطر ببلوغ سطح الأرض.

■ المطر والحالة النباتية Rainfall and Vegetation

يهدف الاقتصاد المائى للنبات إلى ايجاد حالة توازن بين موارده المائية وكمية الماء التى تفقد، أى إلى جعل النتح مساويا للامتصاص، ويحصل النبات على مايحتاج إليه من ماء عن طريق المطر والندى. وتعتبر طريقة توزيع المطر فى أوقات العام أهم العوامل فى تحديد الصفات العامة والمظاهر الموسمية للكساء الخضرى، فكلما طال فصل الجفاف ذاته تعجل النبات بإنهاء دورة حياته خلال الفصل المطير وقبل أن يدركه فصل الجفاف. ولهذه الحالة المناخية أثرها الواضح فى الحالة النباتية للمنطقة إذ يترتب عليها تحديد مظهرين واضحين للكساء الخضرى أحدهما فى الفصل المطير وفيه تزداد التغطية النباتية كثيرا بسبب وفرة المطر كما تكثر فيه النباتات الحولية وتحت الحولية. والمظهر النباتى الآخر فى الفصل الجاف وفيه تنقص التغطية النباتية ويصبح الكساء الخضرى متفتحا وتختفى الحوليات لامتناع المطر.

■ مضار الأمطار الغزيرة Hazardous Effect of Torrents

للسيول والأمطار الغزيرة مضار كثيرة، لأنها تغرق حبيبات التربة الطينية وتحيلها إلى طين رخو لا تستطيع أن تستقر عليه النباتات وتنشب فيه جذورها كما تنزع عن التربة كساءها الخضرى وتكتسح مايغطيها من دبال، كذلك تجرف السيول والأمطار الغزيرة التى تسقط على المنحدرات ما تصادفه فى طريقها

من بذور مع طبقة التربة السطحية وما يتخلف منها بعد هذه الأمطار ينبت ضعيفا على بقايا التربة المتآكلة التى خلت من المادة العضوية (الدبال). وتتعرض البوادر النباتية من هذه البذور للغرق فى فصل الأمطار، والذبول فى فصل الجفاف مما يقلل فرصة ثبوتها واستقرارها.

■ قياس المطر

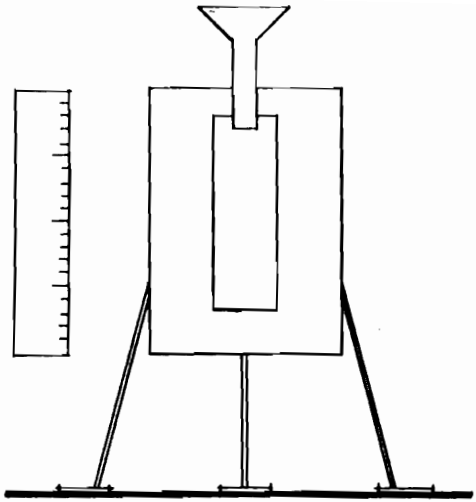
يقاس المطر عادة بمقياس خاص يتركب من أسطوانة معدنية، قطرها ٢٠سم وارتفاعها ٥٠سم، طرفها العلوى على هيئة قمع، ينحدر على جوانبه ماء المطر المتساقط على الجهاز وينساب منه إلى اسطوانة داخلية قطاعها المستعرض يساوى ١/١٠ القطاع المستعرض للقمع وتقاس كمية المطر عادة بالبوصة أو بالملليمترات.

أهمية المطر فى المناطق الصحراوية Importance of Rainfall in the Deserts

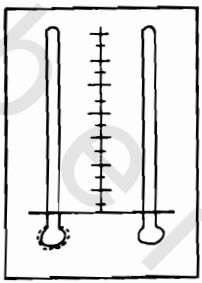
لعامل المطر أهمية فى المناطق الصحراوية، وذلك بمقتضى القانون الطبيعى الذى ينص على أن تأثير أى عامل يكون أكبر مايمكن عندما تكون قيمته قريبة من الحد الأدنى – ولما كانت الأمطار قليلة ونادرة فى الصحارى فإن ازديادها عن المعدل المعتاد فى سنة من السنين يكون له بالغ الأثر على ازدهار الحالة النباتية وازدياد التغطية وكثافة الكساء الخضرى.

■ الندى The Dew

يعتبر الندى موردا أساسيا هاما للأشن والحزازيات وغيرها من النباتات اللازهرية. فقد وجد أن بعض الحزازيات يزداد محتواها المائى من ٢٠–٣٠٪ من الندى الجاف أثناء النهار إلى ١٠٠٪ بعد ليلة غزيرة الندى. وفى حالات أخرى كانت الزيادة أكثر من ذلك. ويعتقد كثير من العلماء أن النباتات تحت الحولية (الموسمية Ephemerals) والحولية Annuals وثنائية الحول Biennials تستطيع أن تعيش على الندى وحده، ويمتاز الندى على المطر بانتظام سقوطه. ويرى بعض

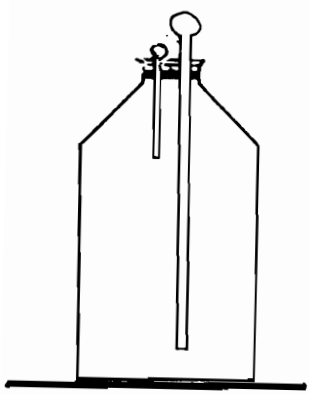


جهاز قياس الأمطار



جهاز قياس الرطوبة النسبية

جهاز قياس سرعة الريح



جهاز قياس التبخر

أجهزة قياس عوامل المناخ

العلماء أن أوراق الكثير من النباتات الوعائية تستطيع أن تمتص بعض الندى المتكاثف على سطوح أوراقها عن طريق الأدمة، كما أن بعض الأشجار تمتص الماء خلال القلف، على أن الندى يكون دائما من القلة فى المناطق المعتدلة والجافة لدرجة أنه لا يمكن أن يساهم بشئ يذكر فى زيادة المحتوى المائى للتربة – وهو مع ذلك يعمل بتبخره على زيادة الرطوبة الجوية فيقلل بذلك تبخر الماء من التربة ومن النباتات لفترة من الوقت.

يعتبر الندى نوعا من أنواع التكاثف الذى يتعرض له بخار الماء الجوى، ولا يستلزم تكاثف الندى دائما أن يكون الهواء مشبعا بالبخار. وتعتمد العملية على وجود فرق فى درجة الحرارة بين السطح الذى يتكاثف عليه الندى والهواء الملامس له. ويبدأ تكون الندى عادة بعد الغروب، ويتوقف فى الصباح عند الشروق وقد يتأخر بدؤه إلى منتصف الليل أو بعده وقد تطول مدته أو تقصر حسب الظروف الجوية. ويختلف عدد الليالى التى يترسب فيها الندى كما تختلف عدد الساعات التى يستغرقها سقوطه، وكذلك كميته فى مختلف الأقطار والبقاع، كما أن الندى يظل مغطيا لسطوح النباتات وأوراقها لمدد تختلف فى الجهات المختلفة، وليس مصدر الندى المتكاثف على سطح الأرض هو بخار الماء الجوى وحده بل أن جزءا منه يأتى أيضا من التربة ويصعد إلى سطحها بالخاصية الشعرية، كما أن سطح الأرض إذا كان مبتلا فإنه يكون مصدرا أساسيا لبخار الماء الذى تحتويه الطبقات السفلى من الهواء الجوى.

■ قياس الندى Measurement of Dew

تستعمل لقياس الندى أطباق لايك Leick's Plates، وهى أطباق من خزف مسامى مساحة سطحها واحد ديسيمتر مربع (الديسيمتر = ١٠سم) وسمكها سنتيمتر واحد، تشبه التربة من حيث مادتها المسامية وتقاس كمية الندى بواسطة هذه الأطباق خلال فترة معينة باختلاف وزنها فى آخر الفترة عنه فى أوله. ومن الممكن لهذه الأطباق قياس كمية قليلة جدا من الندى (٠,٠٠٥)م مثلا وهى درجة عظيمة من الحساسية.

■ أهمية النـدى Importance of Dew

يذهب البعض إلى اعتبار الندى Dew موردا من أهم موارد الماء للنباتات وخاصة بالصحراء، فقد تكون كميته معادلة لكمية الأمطار الساقطة، أما فى المناطق ذات المناخ المعتدل حيث تسقط كمية مناسبة من الأمطار فإن الندى يكون قليلا نسبيا وكميته السنوية تعتبر قليلة إذا قورنت بما يسقط من الأمطار. وتختلف نسبة الندى إلى المطر فى البقاع المختلفة من العالم، ففى بعض الجهات يبلغ الندى ١/٥ كمية المطر، وفى جهات أخرى كبعض الصحارى المصرية يبلغ الندى ٥٠مم سنويا، بينما لا يتجاوز المطر ٣٠مم سنويا، ويمتاز الندى عن المطر أنه لا يتعرض للتسرب السطحى ولو أنه كالمطر يتعرض للتبخر، وفى المناطق الجافة لا تسمح كمية الندى الضئيلة بتغلغله فى التربة إلى عمق كبير ولا يتعدى أثره الطبقة السطحية، ومهما كانت غزارة الندى فإنه لايستطيع أن يتعمق إلى أكثر من ١٠سم.

■ علاقة الندى بالنبات Dew and Vegetation

- يعمل الندى على موازنة المحتوى المائى فى أنسجة النبات وذلك بتعويض ماينقص منه بالنتح.
- تمتصه النباتات ذات الجذور السطحية التى لايزيد عمقها عن ١٠سم.
- تمتصه جذور وأوراق النباتات العالقة التى تعيش على فروع الأشجار الكبيرة بالغابات.
- يعمل على زيادة رطوبة الجو فيساعد بطريق غير مباشر على تقليل كمية الماء الفاقد من النبات عن طريق النتح.
- لا يمكن أن تعتمد النباتات المستديمة Perennial Plants على الندى كمصدر مائى، لكن قد تعتمد عليه النباتات الحولية والنصف حولية Annuals and Ephemerals كأحد مصادر الماء الهامة لحياتها.

٢/١/١/٣/١ درجة حرارة الجو Air Temperature

تمثل درجة الحرارة أحد الظروف (الحالات Conditions) الخاصة بالوسط البيئى أى أنها ليست مادة (Substance) مثل الماء.

لدرجة الحرارة تأثير كبير على جميع وظائف الحياة، إذ إن جميع عمليات الآيض الكيميائية والعمليات الطبيعية اللازمة لتكوين الجدر الخلوية وغيرها كالانتشار والترسيب والتجلط، تعتمد على درجة الحرارة وتنشط بارتفاع هذه الدرجة إلى الحد الأمثل، وعلى العكس من ذلك إذا نقصت درجة الحرارة إلى حد أدنى معين كان ذلك عائقا للنمو فى الحجم، فإذا نقصت أكثر من ذلك فإن التمثيل الضوئى يتأثر أيضا، وإذا زاد النقص توقف التنفس وهلك النبات – فدرجة الحرارة إذن لاتقتصر أهميتها على تنشيط وظائف الحياة فحسب، ولكنها أيضا تهيئ الطاقة اللازمة لبعض هذه الوظائف.

ولدرجة الحرارة تأثير كبير على سرعة النمو، كما أن لها أيضا أثر كبير فى سرعة التحول الغذائى ومنتجاته، ففى درجة الحرارة المنخفضة مثلا تنتج النباتات كميات وفيرة من الكربوايدرات عديدة التسكر.

لكل نوع من أنواع النباتات مجال حرارى يعيش فيه معيشة طبيعية فإذا تجاوزت درجة الحرارة ذلك المدى ارتفاعا أو انخفاضا تأثر نشاط النبات. وتوطن النباتات نفسها فى مواطنها الطبيعية على مواجهة التقلبات فى درجة الحرارة التى تتعرض لها، فهى وإن تأثر نموها وازدهارها ببرد الشتاء، إلا أنها تتخذ من الكمون الشتوى بسبب البرد حافزا لتجديد نموها وتنشيطه فى الربيع التالى – وأثر البيئة من هذه الناحية ظاهر فى أعضاء التكاثر المختلفة، ككثير من البذور والأبصال والكورمات والدرنات والبراعم، إذ أنها مجرد نباتات صغيرة أو مناطق نمو محمية حماية محكمة ضد الجفاف – هذه الأعضاء وقد وطنت نفسها على المرور بفترة طويلة من البرد حتى تكون قادرة على الإنبات إلا إذا تعرضت

للبرد. ولدرجة الحرارة أثرها أيضا على إنبات البذور ونمو البادرات ونضج النبات وتفتح الزهور وانغلاقها وإنتاج الثمار والبذور، ومن هنا كان أثرها على التكاثر ومن ثم إنتاج النبات، وكذلك فإن لدرجة الحرارة أثرها الكبير على تطور الكساء الخضرى وكثافته.

■ قياس الحرارة Measurement of Temperature

تقاس درجات الحرارة بالترمومترات، ويجب تجنب سقوط أشعة الشمس المباشرة على الترمومتر بقدر الإمكان، ومن اللازم عند قراءة درجة الحرارة تعريض الترمومتر للرياح والهواء الطلق تعريضا تاما وإبعاده عن الجسم واليد، وتركه بعيدا حتى يثبت عمود الزئبق.

عند دراسة الكساء الخضرى لمنطقة ما، يفضل استعمال طريقة التسجيل المستمر لدرجات الحرارة بواسطة الأجهزة المسجلة التى توضع فى الأماكن المناسبة للكساء الخضرى، ويحسن استعمال جهازين أو ثلاثة ووضعها فى أماكن مختلفة داخل الكساء الخضرى.

■ تقلبات الحرارة Fluctuation of Temperature

توجد تقلبات يومية وسنوية فى درجات الحرارة، وتتغير درجات الحرارة على سطح الأرض بتأثير عاملى الإشعاع والتوصيل، ولذلك فإنها لا تبلغ حدها الأقصى فى الظهيرة كما فى حالة الضوء، بل تتأخر إلى الساعة الثانية أو الثالثة بعد الظهر، كذلك لا تصل درجة الحرارة إلى حدها الأدنى عند حلول المساء، ولكن قبيل بزوغ شمس اليوم التالى. ولا تبلغ درجة الحرارة السنوية حدها الأقصى فى يونيو عندما تتعامد الشمس على سطح الأرض، ولكن بعد ذلك بشهر أو شهرين، كما أنها تبلغ حدها الأدنى بعد ديسمبر بشهر أو بشهرين أيضا.

وتختلف درجة الحرارة عادة تبعا لاختلاف الارتفاع واختلاف خط العرض.

وتمتص الجبال العالية من الحرارة لشدة تعرضها أكثر مما تمتص الأراضى المنخفضة، ولكن من ناحية أخرى يزيد الفقد بالإشعاع فى الجبال العالية عنه فى المنخفضات مما يجعل المناطق الجبلية دائما أبرد من السهول والوديان المنخفضة، ورغم برودة الهواء فى المرتفعات عنه فى المنخفضات فإن درجة حرارة سطح التربة تكون أعلى كثيرا فى الأولى عنها فى الثانية، ولكنها تنخفض عنها أثناء الليل بفعل الإشعاع السريع.

وتختلف درجة الحرارة أيضا تبعا لشدة الانحدار وذلك لأن تأثير أشعة الشمس يكون على أشده عندما تكون الشمس عمودية، أو كلما قلت زاوية السقوط قبل تأثيرها – كذلك تختلف درجة الحرارة فى المستويات المختلفة – بالهواء والتربة إذ تبلغ أقصى درجاتها عند سطح الأرض أثناء النهار، وتتناقص تدريجيا فى كل من الاتجاهين من أعلى ومن أسفل. ويعود التناقص فى الوسط الهوائى إلى نقص الإشعاع بالتدريج كلما زاد البعد عن سطح الأرض، إلى أن يختفى تدريجيا على ارتفاع غير بعيد عنها، بينما يتزايد تأثير الرياح مع الارتفاع، أما فى التربة فإن الحرارة لا تنفذ فيها بسهولة إما لضعف توصيلها للحرارة، أو لكبر السعة الحرارية للماء الذى تحتويه. وفى العادة يكون الهواء بالنهار أدفأ من التربة وخاصة فى الأيام المشمسة كأيام الصيف، ولكن مع ذلك تفقد الحرارة أثناء الليل أسرع مما تفقدها التربة، ولذلك تظل التربة أثناء الليل أدفأ من النهار لفترة من الوقت.

■ **تأثير العوامل البيئية الأخرى على درجة الحرارة.**

تؤثر عوامل بيئية كثيرة على درجة الحرارة، وأهم هذه العوامل السحب والريح. فالسحب تعكس مقدارا كبيرا من حرارة الشمس أثناء النهار من سطحها العلوى فيؤدى ذلك إلى إنقاص درجة الحرارة عند سطح الأرض – وبالليل تعترض طريق الإشعاع الصادر من الأرض فتحول دون انخفاض درجة الحرارة عند سطحها وفى الهواء الملامس له إلا بقدر ضئيل. وبالمثل تؤدى جميع

العوامل التى تحول دون التعرض المباشر لأشعة الشمس أثناء النهار دور الإشعاع من سطح الأرض إلى الجو أثناء الليل، إلى جعل درجة الحرارة للوسط أكثر انتظاما وتساويا، ومن هذه العوامل الضباب والرطوبة الجوية العالية والكساء الخضرى الكثيف كالحشائش والغابات. وللكساء الخضرى بوجه خاص أثر كبير من هذه الناحية، فهو يخفض درجة حرارة النهار بحجبه أشعة الشمس كما يرفع درجة حرارة الليل بإعاقة الاشعاع، ولهذا السبب تكون الغابات أبرد فى الصيف وأدفأ فى الشتاء عنها فى المناطق الصحراوية المكشوفة.

كذلك تسبب الرياح ارتفاعا فى درجة الحرارة عندما تهب من منطقة أدفأ، كما تسبب انخفاضا عندما تهب من منطقة أبرد، وتعمل السطوح المائية (البحار والمحيطات والأنهار... الخ) على تلطيف درجة حرارة الجو وذلك لأن سطح الأرض يدفأ من الشمس الساطعة كثيرا عندما يدفأ الماء كما يبرد أسرع منه بالليل، ولذلك فإن وجود البحيرات الواسعة يعمل على تثبيت درجة حرارة الأراضى المجاورة واعتدالها فتصبح أكثر ملاءمة لنمو كثير من النباتات.

■ **درجات الحرارة الملائمة وغير الملائمة للنباتات.**

تتحمل معظم النباتات مدى واسعا من درجات الحرارة، وتستطيع بعضها أن تنمو فى درجات حرارة متطرفة فى الارتفاع، وبعضها فى درجات متطرفة فى الانخفاض، وهناك أنواع تستطيع احتمال الدرجات المتطرفة طالما توفر لديها الماء الكافى مثال ذلك: أن بعض النباتات الطحلبية الدنيئة تستطيع أن تنمو وتتكاثر فى المياه القطبية حيث تهبط درجة الحرارة تحت الصفر، ويظل الماء سائلا رغم ذلك بسبب ملوحته العالية. ومن ناحية أخرى تزدهر أنواع كثيرة من الطحالب والبكتريا فى الينابيع الدافئة فى درجات حرارة تصل إلى ٧٧°م وحتى إلى ٨٩°م فى بعض الأنواع – والمعروف بوجه عام أن أكثر درجات الحرارة ملاءمة لنمو النباتات هى الدرجات السائدة فى المواطن الطبيعية لتلك النباتات – ولذلك فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تنمو أحسن نمو بين درجتى ١٥°م و ٢٥°م –

بينما تزدهر نباتات المناطق الباردة وجبال الألب فى درجات تعلو قليلا على درجة التجمد.

وتتعرض النباتات أثناء فترة نموها لمدى واسع من درجات الحرارة ولا تحتمل البقاء إلا إذا ظلت درجة الحرارة فى حدود معيشتها فإذا جاوزت تلك الحدود ارتفاعا أو هبوطا فإن النباتات تسارع بالنضج أو تهلك، وأحيانا تدخل فى فترة سكون لا تقوم خلالها بأى نشاط تماما كما يحدث فى المناطق الجافة التى تنضب مواردها المائية فى فترات معينة من العام إلى حد لا تستطيع معه النباتات أن تمتص مايعوض الماء الذى فقد بالنتح.

- **درجة الحرارة المثلى Optimum Temperature**

هى أكثر الدرجات ملاءمة لقيام النبات بوظائفه، ومن الصعب تحديد الدرجات المثلى لمختلف العمليات الفسيولوجية، إذ تتوقف كل عملية على عدد من العوامل الفيزيقية والكيميائية – كما أنه لا توجد درجة مثلى واحدة لجميع العمليات، فالدرجة المثلى للتنفس مثلا أعلى بكثير منها لعمليات البناء الغذائى، ولذلك فان درجة الحرارة المثلى من وجهة النظر البيئية، وهى الدرجة التى يستطيع النبات عندها أن يزدهر وينمو أحسن نماء لا يمكن أن تكون درجة حرارة واحدة ولكن مدى رحيبا من عدة درجات وكلما استحثت العمليات الطبيعية والكيميائية التى يقوم بها النبات بتعرضه لدرجات حرارة مثلى، فان احتياجاته للماء والمواد الغذائية تزداد أيضا. ولذلك فإن الظروف المثلى للآيض والنمو لا تتحقق بدرجة الحرارة المثلى فقط بل يجب أن يتوفر الماء والمواد الغذائية أيضا. هذا وتقل درجات الحرارة المثلى لعمليتى الإنبات ونمو البادرات عن نظائرها للنبات المثمر فى عملياته الحيوية

- **درجات الحرارة القصوى Maximum Temperature**

تختلف درجة الحرارة القصوى التى يتحملها النبات دون أن تترك له أثرا

ضارا قد يسبب القضاء عليه تبعا لاختلاف الأنواع النباتية، ويبدو أن درجة الحرارة المثلى صفة غريزية موروثة للخلايا رسخت واستقرت فيها خلال أجيال لم يعرف عددها بعد بسبب أثرها على علاقات حرارية معينة. ومثل هذه الدرجات تتصل اتصالا وثيقا فى الطبيعة بالاختلافات فى العلاقات المائية مثل المدد المائى الميسور للجذر. وتحدث بعض التغييرات فى الخلايا عند حوالى ٤٠°م تعتبر ضارة لحياة النبات وتموت كثير من النباتات عند ٤٥°م، ٥٥°م.

تختلف درجات الحرارة القصوى بالنسبة للأنواع المختلفة. وتحدث معظم العمليات الحيوية للنباتات الاستوائية فى درجات عالية من الحرارة بحيث تموت معظم النباتات الأخرى بعد فترة قصيرة من تعرضها لها، وعلاوة على ذلك فبعض الأطوار النباتية أقدر من غيرها على تحمل الحرارة والبرودة فتبلغ المقاومة نهايتها القصوى فى أطوار السكون وخاصة فى البذور والأبواغ والكورمات وغيرها فالبذور إذا كانت جافة تتحمل درجات حرارة فوق ١٠٠°م، أما إذا نقعت فى الماء فانها تموت إذا بلغت درجة الحرارة ٧٠°م. وثبت بالتجارب أن هناك بعض أنواع الخميرة قادرة وهى فى حالة سكون على تحمل درجة حرارة تبلغ ١١٤°م والبكتريا الساكنة تتحمل مابين ١٢٠ إلى ١٣٠°م.

■ **درجة الحرارة الدنيا Minimum Temperature**

تبلغ درجة الحرارة الدنيا التى يستمر عندها نشاط معظم النباتات درجة حرارة تجمد الماء تقريبا، وبعض النباتات القطبية مثل نبات أقحوان المستنقعات الأصفر *Caltha* ونبات بنفسج سن الكلب (أريثرونيوم ***Erythronium***) تحمل ازهارا بعد اختراقها طبقات الجليد وتستمر فى ازدهارها بالرغم من انخفاض درجة الحرارة كل ليلة إلى مادون درجة التجمد – وقد وجد كذلك أن أنشطة بعض الطحالب البحرية قد تستمر بالرغم من هبوط درجة الحرارة إلى الصفر – هذا ومن جهة أخرى تعوق درجة الحرارة إذا بلغت ٢٠°م من نمو النباتات الاستوائية وغالبا مايقضى على هذه النباتات إذا بلغت درجة الحرارة ١٠°م –

وفضلا عن ذلك تختلف درجة الحرارة الدنيا اختلافا كبيرا باختلاف أوقات السنة كما تختلف أيضا باختلاف الأحوال المتباينة للنبات والسبب الأساسى لهذه الاختلافات هو كمية الماء التى يحتويها النبات – فتموت الأوراق التى تحتوى على كمية كبيرة من الماء كما يقضى عادة على السوق العشبية لنباتات المناخ المعتدل مثلا إذا ماتعرضت لدرجة الصفر المئوى – أما البذور الجافة فلا يصيبها ضرر عند ١٩٣ عام إلى ٢٥٠°م.

■ **تأثير درجة الحرارة على الكساء الخضرى**

قد يوجد على سطح الكرة الأرضية قليل من الأماكن تشتد أو تهبط فيها درجة الحرارة كثيرا بحيث يتعذر على بعض النباتات أن تنمو فيها وحتى فى المناطق الشمالية تزداد دائما درجة الحرارة صيفا بحيث تفوق الحدود التى عندها لايصبح النمو ممكنا، وبالرغم من أن هذه الفترة قد لاتتجاوز بضعة أسابيع فإن أنواعا من النباتات التى تنمو فى أشد الصحارى حرارة حيث تحد الحرارة الشديدة من دوام نموها الخضرى توجد أجزاؤها الحية مطمورة على عمق بعيد فى التربة، ومع بداية فصل الرطوبة أو الأمطار عندما تهبط درجة الحرارة ويتيسر الماد تسحب هذه النباتات غذاءها المختزن وتنمو نموا سريعا وتظهر أجزاؤها الخضرية فوق سطح الأرض. وليس لدرجة الحرارة أى تأثير على توزيع النباتات فى طور الهجرة بيد أن لها أثرا كبيرا على نمو النباتات المهاجرة. على أن الحد الأقصى لدرجة الحرارة قد يكون ذا أثر مباشر فى تحديد انتشار النباتات.

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل التى تتحكم فى مجموعة الأنواع النباتية فى منطقة من المناطق (الفلورا)، ولكن تحدد كمية المطر طراز التكوين الذى يكون عليه الكساء الخضرى. فتكوينات أراضى الحشائش أو الغابات أو الصحارى تعتمد على كمية المطر. وقد توجد فى سائر المناطق الحرارية على سطح الكرة الأرضية، ولكن الأنواع النباتية المكونة لكل طرز من هذه الطرز – كالغابات مثلا – تختلف كثيرا من منطقة إلى أخرى على نحو مايكون

الخلاف بين غابات المناطق الحارة وغابات المناطق الباردة وبالنسبة لنباتات المحاصيل فإن درجة الحرارة تعتبر من أهم العوامل التى تؤثر على توزيعها، فالحد الشمالى لانتاج القطن مثلا على نطاق تجارى مربح تنفرد بتحديده درجة الحرارة، ولنبات القمح حد أدنى من درجات الحرارة إبان موسم نموه يجعل توزيعه مقصورا على الأقاليم التى لا تنخفض درجة الحرارة إبان موسمه دون ذلك الحد – أما البطاطس فإنها تنتج أكبر محصول فى المناطق ذات الحرارة الصيفية المنخفضة وذلك لأن درجة الحرارة العالية تعوق نمو الدرنات. وبعض المحاصيل كالذرة مثلا تحدد توزيعها درجة حرارة موسم النمو وحده وبعضها كالعنب يتأثر بدرجة حرارة العام كله.

٣/١/١/٣/١ الضـــوء Light

■ **تعريف:**

الضوء أحد العوامل الأساسية التى تحدد نمو النباتات وتكوين الكساء الخضرى، فالشمس مصدر الطاقة اللازمة للنباتات والضوء هو ذلك الجزء من الطاقة الإشعاعية الذى يمكن رؤيته بالعين، ومن هذه الطاقة الإشعاعية يمتص اليخضور (الكلوروفيل) موجات ذات أطوال معينة (من نحو ٠,٧٥ إلى ٠,٤ ميكرون) وبها تتمكن البلاستيدات الخضراء من تجهيز الغذاء، وتستعمل كلمة ضوء الشمس بمعناها العام لتنزل على الإشعاع الشمسى، وتشتمل على موجات الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء بالإضافة إلى الضوء المرئى (المنظور)، ولا يصل سطح الأرض من الضوء المنظور سوى حوالى ٣٩٪ من الإشعاع الكلى، وحوالى ٦٠٪ من فوق الأحمر و ١٪ من الضوء فوق البنفسجى.

تستعمل ورقة النبات كمية قليلة جدا من الطاقة الإشعاعية التى تسقط عليها، فقد وجد بالتجربة أن نبات عصى الراعى *Polygonum* وأبو خنجر

Tropaeolum وعباد الشمس *Helianthus* لا تستعمل فى عملية البناء الضوئى سوى ٠,٤٢ إلى ١,٦٦ فى المائة من هذه الطاقة أما معظم الطاقة الإشعاعية وتشمل خاصة الأطوال الموجية التى تزيد على المرتبة (٠,٧٥٢ ميكرون) فإنها تمتص وتحول إلى طاقة حرارية.

والخلاصة أن نحو ٥٠٪ من الطاقة الإشعاعية الكلية التى تسقط على الورقة تحول إلى طاقة حرارية ثم تستغل فى عملية التبخر، ١٩٪ يفقد ثانية بالإشعاع، ٣٠٪ ينعكس من الورقة أو ينفذ منها.

■ **تأثير الضوء فى النبات.**

يؤثر الضوء فى النباتات من وجوه عدة، فهو يعمل على بناء اليخضور وغيره من الصبغيات، كما يعمل على بناء مواد النمو أو الهرمونات، كذلك يعمل الضوء على تكوين المواد الكربويدراتية ويؤثر الضوء على عدد ووضع البلاستيدات الخضر، كما يؤثر فى فتح وإغلاق الثغور وله تأثيره الواضح على عملية النتح، وهو الذى ينبه الأعضاء النباتية فتستجيب له بالانتحاء كما يحدث فى انحراف الساق والأوراق. ويعمل الضوء على تكوين مواد كيماوية معينة تؤثر تأثيرا كبيرا فى عمليات النمو كما تؤثر فى العمليات التى لها علاقة بالتكيف وتخصص خلايا الأعضاء النباتية، كما يتضح ذلك من تكوين النسيج العمادى فى الأوراق ونمو أعضاء التخزين فى الجذور، ويؤثر الضوء على النبات فى كل مراحل نموه وتكوينه فهو يؤثر تأثيرا كبيرا فى شكله وتركيبه المميزين له.

■ **إنتـــاج اليخضـــور**

يعتبر إنتاج اليخضور أول رد فعل تستجيب له النباتات لعامل الضوء. ويستثنى من ذلك بطبيعة الحال أغلب البكتريا وسائر الفطريات، وهى التى لم تنشأ بها القدرة على تكوين اليخضور أصلا وفقدت القدرة بتأثير عاملى التطفل والترمم، ومن ناحية أخرى توجد أنواع من السوطيات وحيدة الخلية تنتج

اليخضور دونما ماتعرض للضوء ولكنه يخضور لا يستطيع أن يؤدى عمله فى وظيفة التمثيل الضوئى إلا إذا تعرض للضوء، وباستثناء هذه السوطيات وحدها لا تنتج النباتات ذات البلاستيدات اليخضور إلا فى وجود الضوء، ويختفى اليخضور إذا طال وضع النباتات فى الظلام.

تختلف درجة احتمال النباتات المختلفة للظل – وقد وجد أنه فى المناطق المعتدلة تحتاج أكثر أنواع النباتات احتمالا للظل إلى ١ ٪ على الأقل من الضوء الطبيعى لكى تستطيع أن تقوم بقدر من التمثيل يكفى لنموها ويبدو أنه لا يوجد أى مكان حتى فى أكثر الغابات غزارة وكثافة لا ينفذ إليه الضوء الكافى لتكوين اليخضور، ولكن ذلك الضوء لا يكفى فى أماكن كثيرة لسير عملية التمثيل بالسرعة اللازمة لاستمرار حياة النباتات حتى أكثر النباتات احتمالا للظل. وتحتاج معظم النباتات إلى ضوء شمس ساطع لأن هذه الحالة هى أفضل الظروف لتكوين اليخضور.

■ **تأثير الضوء على عدد البلاستيدات الخضراء ومواضعها.**

من الممكن تفهم تأثير الضوء على التركيب الداخلى للورقة فى ضوء الاحتياجات المائية، فقد وجد أن نسبة ضئيلة فقط من الطاقة الإشعاعية التى تمتصها البلاستيدات الخضراء تستعمل فى التمثيل الضوئى بينما يتحول جزء كبير منها إلى حرارة تسبب تبخر الماء من الخلايا، وتؤدى عملية التبخر هذه إلى خفض درجة حرارة الورقة وبقائها منخفضة وليس هذا الأثر ممثلا بنفس الدرجة من القوة فى نباتات الظل حيث التعرض للإشعاع الشمسى أقل ولذلك تترتب البلاستيدات الخضراء فى نباتات الشمس حيث يزيد عددها، فى صفوف موازية لاتجاه الأشعة الضوئية وعلى ذلك بعمل كل منها كستار يحمى بعضها البعض من التعرض للتأثير الكامل للطاقة الإشعاعية، وبهذه العملية تقل كمية الماء الذى يفقد بالنتح – ويمكن النظر إلى ترتيب البلاستيدات الخضراء بنباتات الشمس على استقامة الأشعة الساقطة على أنه وسيلة لمنع فقد الماء بشدة فى

وقت تنشط فيه هذه البلاستيدات فى صنع المواد الغذائية وتحتاج إلى درجة عالية من التميؤ للقيام بهذه الوظيفة على الوجه الأكمل. أما فى الظل فالخطر قليل من فقد الماء بوجه زائد بل على العكس تزداد الحاجة إلى الحصول على أكبر قدر ممكن من الضوء، ولذلك فإن البلاستيدات فى نباتات الظل وهى عادة أقل منها فى نباتات الشمس تترتب فى وضع متعامد مع الأشعة الساقطة مما يؤدى إلى زيادة مساحة السطح المعرض للأشعة. ولهذا السبب يعزى انقسام النسيج الأوسط فى الورقة إلى نسيج عمادى ونسيج أسفنجى إذ إن الجزء العلوى من الورقة يستقبل ضوء الشمس كاملا، ولذلك تترتب فيه البلاستيدات على امتداد الأشعة، أما الجزء السفلى فيستقبل فقط الضوء الذى لا تمتصه الأنسجة العليا. ومعنى ذلك أن الأنسجة السفلى للورقة هى الطبقات السفلى من الكساء الخضرى للغاية من حيث تظللها بالطبقات العليا – ولذلك تنتشر بلاستيداتها وتترتب فى وضع يمكنها من الحصول على أكبر قسط من الضوء – وهذا هو الترتيب الشائع فى الأوراق النباتية ولكنه ليس مطلقا.

■ تأثير الضوء على تركيب الورقة

يختلف تركيب الورقة كثيرا تحت تأثير شدة الضوء، والعامل المباشر فى تأثير الضوء على تركيب الورقة هو تأثيره على العلاقات المائية للنبات، ذلك أن عدد البلاستيدات الخضراء يزداد بازدياد شدة الضوء ولحاجة البلاستيدات الخضراء نفسها إلى الضوء الضعيف بطريقة تكفل تعريض أكبر سطح ممكن للأشعة الساقطة، بينما فى الضوء الشديد ترتب نفسها بحيث تقلل التعرض وتقلل تبعا لذلك فقد الماء – وتقع البلاستيدات فى طبقة السيتوبلازم التى تبطن الجدار، وكلما كان الجدار مرتبا وقابلا للنمو والتشكل ويحيط بكتلة غروية هلامية فان تحرك البلاستيدات داخل السيتوبلازم فى اتجاه متعامد مع سطح الورقة يؤدى إلى استطالة الخلايا فى اتجاه الحركة وفى ذلك مايفسر استطالة الخلايا العمادية المتكونة فى الجزء الأعلى من الورقة، وهو الذى تسقط عليه الأشعة الضوئية من

أعلى تبعا لشدة الضوء فتزيده، ولذلك فان أوراق نباتات الشمس تحتوى على عدد كبير من طبقات النسيج العمادى عما تحتويه نباتات الظل. وفى الحالات التى يتعرض لها السطحان للضوء بدرجة واحدة كما فى أوراق الكافور وكثير من النباتات الصحراوية تتكون أنسجة عمادية فى الجانب السفلى بالورقة كما فى الجانب العلوى، كذلك يختلف سمك الورقة فى نباتات الشمس عنه فى نباتات الظل إذ تكون أكثر سمكا فى الأولى عنها فى الثانية، كما تكون فراغاتها البيئية أضيق وأقل عددا. وتختلف أيضا كمية النسيج العمادى اختلافا كبيرا فى أوراق النبات الواحد، فالأوراق الخارجية وهى التى تتعرض للضوء الكامل – تختلف كثيرا عن الأوراق الظليلة الداخلية، إذ تحتوى على نسبة أعلى من الخلايا العمادية وإذا قل الضوء إلى حد معين فان الأنسجة العمادية قد لا تتكون على الإطلاق.

يتغير شكل الورقة بتأثير شدة الضوء على البلاستيدات الخضراء وما يتبع ذلك من تغيير فى شكل الخلايا التى تحتوى على تلك البلاستيدات. ولما كانت الخلايا الاسفنجية تميل إلى الاستطالة فى اتجاه مواز لسطح الورقة فإنها تدفع الخلايا العمادية إلى توجيه امتداد الورقة فى وضع يقع على استقامة الأشعة الساقطة، ولذلك فإن الأوراق التى تتغلب فيها نسبة الأنسجة العمادية تكون أكثر سمكا نسبيا، ولما كانت الأوراق تقتصد ما وسعها الاقتصاد فى بذل المادة والطاقة، فان الأوراق السميكة تنزع إلى الضيق والصغر بينما تميل الأوراق الرقيقة إلى الانتفاخ والضخامة ولذلك فأوراق نباتات الشمس متكونة فى ظروف رطبة. ولا تقتصر هذه الحقيقة على نباتات الظل والشمس التى من نفس النوع فحسب، بل تمتد إلى نباتات البيئتين بوجه عام ويحدث مثل هذا التشكل بالأوراق المختلفة بالشجرة الواحدة أو الشجيرة أو العشب حيث القمم متكافئة الأوراق.

■ تأثير الضوء على سيقان النباتات

تكون سيقان النباتات التى تعيش فى الظل عادة أطول وأكثر تفرعا من

سيقان نباتات الشمس. ومن الواضح أنه فى السيقان ذات السلاميات الطويلة لا تظلل الأوراق العليا ماتحتها من أوراق كما يحدث فى السيقان ذات السلاميات القصيرة، وهذا يفسر كثرة التفرع وانتشار النبات فى مساحة واسعة، إذ إن التفرع يحمل الأوراق بعيدا عن الساق وعن بعضها البعض فيتيح لها ذلك أن تحصل على أوفر حظ من الضوء.

- **علاقة الضوء بحركة الثغور اليومية.**

يعتبر الضوء أكثر العوامل البيئية أهمية فى تنظيم حركة الثغور، تتوقف الظروف المناسبة لفتح الثغور فى كل النباتات تقريبا على وجود الضوء، أما إذا كانت هذه الظروف غير مناسبة فإن العوامل الأخرى تتغير، حيث يبطل تأثير الضوء فى النهاية فقد تقفل الثغور حتى فى وجود الضوء وذلك عندما ينخفض المدد المائى. يبدو أن الضوء يلعب دورا بسيطا أو لا شأن له بفتح الثغور فى قليل من النباتات.

- **فترة بقاء الضوء**

تختلف فترة بقاء الضوء باختلاف خطوط العرض، فعند خط الاستواء يستمر ضوء النهار اثنتى عشرة ساعة، أما عند خطوط العرض العليا وفى أثناء فترة من العام فإنه يستمر أربعا وعشرين ساعة وعلى ذلك تتعرض النباتات الاستوائية إلى ضوء يستمر نصف كل يوم بينما تنمو النباتات القطبية فى اضاءة ضعيفة تدوم أو تستمر طوال فصل الصيف، وتنمو النباتات بسرعة فى خطوط العرض العليا أثناء الصيف ذات النهار الطويل، كما أنها تبكر فى نضجها، وتستمر عملية البناء الضوئى تحت هذه الظروف بالرغم من أن معدلها يهبط إلى أدنى قيمة له فى منتصف الليل.

نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير Long - and Short- days' Plants

تحتاج بعض النباتات إلى أيام ذات نهار طويل لكى تتم عملية الإزهار والإثمار بنجاح بالرغم من أنها تنمو نموا خضريا وفيرا فى الأيام ذات النهار

القصير. فنباتات اللفت والسوسن والبرسيم الأحمر كذلك الحبوب الصغيرة والسبانخ تعتبر كلها أمثلة نموذجية لهذا النوع من النباتات فتزهر هذه النباتات بانتظام فى الأيام ذات الفترات النهارية الطويلة أى تقع فى أواخر فصل الربيع وأوائل فصل الصيف، ومع ذلك يمكن حمل هذه النباتات على الإزهار والإثمار فى منتصف فصل الشتاء إذا ما استعمل ضوء صناعى وذلك لإطالة فترات الإضاءة النهارية.

والنباتات ذات النهار القصير مثل الشبيط *Xanthium* والطباق *Nicotiana* لا تنمو خضريا فى الأيام ذات النهار الطويل، ولا تزهر فى العادة إلا إذا تعرضت للنهار القصير. وتنطبق هذه الحقيقة على مجموعة كبيرة من النباتات تشمل معظم الحوليات الصيفية التى تتأخر فى إزهارها، وقد أمكن بالتجربة حمل هذه النباتات على الإزهار فى منتصف فصل الصيف وذلك باستبعاد ضوء الصباح الباكر أو ضوء المساء المتأخر ولمدة بضع ساعات يوميا. أما إذا ظلت هذه النباتات فترة زمنية مماثلة (أو لمدة ٤–٥ ساعات) فى منتصف النهار فإن ذلك يؤدى بصفة جوهرية إلى تقصير فترة النمو الخضرى. فإذا زرع نبات مثل الطباق فى أيام ذات نهار قصير فإنه يزهر خلال ٦٠ يوما من إنباته بالرغم من تقزم قامته، أما إذا زرع فى أيام ذات نهار طويل فإنه يستمر فى نموه وقد يصل ارتفاعه إلى ٤٥٠ سم.

٤/١/١/٣/١ الرطوبة الجويـــة Humidity

يسمى الماء الموجود بالهواء على شكل بخار بالرطوبة الجوية. وهى من أهم العوامل ذات التأثير المباشر على شدة النتح، ويحدد النتح بدوره فى كثير من الأحوال ما إذا كان باستطاعة النبات أن يعيش فى بيئة ما أم لا. ونظرا للوسط الغازى الذى يوجد به بخار الماء الجوى فإن توزيعه فى الجو يكون أكثر انتظاما من توزيع الماء السائل فى التربة، وتتذبذب كميته لنفس السبب أيضا فى مجال أوسع، كما تختلف رطوبة الهواء عن ماء التربة أيضا فإن جانبا من هذا الأخير

غير ميسر للنبات بينما جميع رطوبة الجو ذات تأثير على النبات، إذ أنها تمثل العامل الخارجى الذى يتحكم فى فقد الماء من المجموع الخضرى.

وتسمى الكمية المطلقة من الماء الموجود بالهواء (بالرطوبة المطلقة) ويعبر عنها بوزن الماء الذى يحتويه المتر المكعب من الهواء – وليست لهذه الرطوبة المطلقة من الأهمية كعامل بيئى ما للرطوبة النسبية Relative Humidity إذ أن الأخيرة هى التى تحدد ماإذا كان المناخ رطبا أو جافا – وقد تكون الرطوبة المطلقة فى إحدى الصحارى مساوية بكميتها فى منطقة من تلك المناطق التى تعتبر رطبة، ولكن الرطوبة النسبية تختلف فيها اختلافا كبيرا. وتقاس الرطوبة النسبية بالنسبة بين كمية بخار الماء الموجود فى حجم معين من الهواء عند درجة حرارة خاصة وضغط جوى خاص والكمية اللازمة لتشبعه ببخار الماء فى هذه الظروف – فمعنى ٥٠٪ رطوبة نسبية مثلا أن الهواء يحتوى على نصف كمية البخار اللازمة لتشبعه، وكلما قلت الرطوبة النسبية زادت السعة التى يتبخر بها الماء من الورقة النامية أو من سطح تربة مبللة.

■ **تأثير عوامل البيئة على الرطوبة الجوية.**

تتأثر الرطوبة الجوية كثيرا بمختلف عوامل البيئة. كدرجة الحرارة والرياح والتعرض للشمس والكساء الخضرى والمحتوى المائى للتربة، فارتفاع درجة الحرارة يرفع السعة المائية للهواء، أى كمية بخار الماء اللازمة لتشبع حجم معين منه، وبذلك تهبط الرطوبة النسبية، أما فى درجات الحرارة المنخفضة فان الهواء يتسع لقدر أقل من بخار الماء اللازم لتشبع حجم معين منه وبذلك تهبط الرطوبة النسبية، وفى ذلك تفسير لازدياد كمية المطر على سفوح الجبال المواجهة للرياح تبعا للارتفاع إذ إن درجة الحرارة تنخفض بالارتفاع فيؤدى انخفاظها إلى ارتفاع الرطوبة النسبية حتى تصل إلى درجة التشبع، وتنخفض الرطوبة النسبية أثناء النهار مع ارتفاع درجة الحرارة كما ترتفع أثناء الليل مع برودة الهواء، أى أن العاملين، درجة الحرارة والرطوبة النسبية – متغيران فى اتجاهين متضادين.

وقد يصبح الهواء مشبعا بالماء إلى حد تكاثف الندى أثناء الليل حتى فى الطقس الجاف نسبيا إذا هبطت درجة الحرارة ليلا بمقدار كبير. وفى وجود وزن معين من بخار الماء بالهواء يزداد النتح من النبات والتبخر من التربة إذا زادت درجة الحرارة، وذلك نتيجة لما يسببه العامل الأخير من هبوط الرطوبة النسبية.

وللرياح أيضا تأثير بالغ على رطوبة الجو – فالرياح الجافة تنقص الرطوبة لطردها الهواء الرطب المحيط بالنبات وخلطه بالهواء الجاف الذى تنقله، وفى ذلك تنشيط للنتح، ولما كانت شدة الرياح تزداد تبعا للارتفاع عن سطح الأرض فان الأشجار تعانى كثيرا من الجفاف، بينما لا تتعرض النباتات المنخفضة والزاحفة لمثل هذا العناء، ويزداد النتح كثيرا كما يقل النمو على سفوح الجبال المواجهة للريح ولذلك لا تنمو الغابات على تلك السفوح ويقتصر وجودها على السفوح البعيدة عن الرياح، أما الرياح الرطبة فذات تأثير مضاد، مثال ذلك أنه إذا هبت رياح من مسطحات مائية واسعة وكان هبوبها مستمرا أو كثير الحدوث فانها تسمح بنمو نباتات وسطية Mesophytes فى مناطق لولاها ما أنتجت غير نباتات جفافية Xerophytes. كذلك تؤثر درجة التعرض للشمس على الرطوبة الجوية للبيئة، فالسفوح التى لا تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت ممكن وهى عادة سفوح جنوبية تأخذ بنصيب وافر من الحرارة، ولذلك تكون رطوبتها أقل من رطوبة السفوح الشمالية وفى الوقت نفسه تكون تلك السفوح الجنوبية أكثر جفافا لهبوب الرياح الجافة عليها، وبذلك يتضافر التعرض للشمس وللرياح الجافة على انقاص الرطوبة النسبية فى بيئة السفوح الجنوبية كما يجعلها أقل ملاءمة لنمو النبات من السفوح الشمالية.

يزيد الكساء الخضرى للرطوبة بإضعافه تأثير درجة الحرارة والرياح، وبالإضافة إلى ذلك يمد الكساء الخضرى الهواء بالرطوبة عن طريق النتح من سطوح النباتات التى يتكون منها، ولما كان الكساء الخضرى ينتج كميات وفيرة من الماء فإن الرطوبة النسبية بين النباتات وفوقها مباشرة تكون أعلى منها فوق

أرض جرداء غير مكسوة بالخضرة.

يعمل التبخر من سطح التربة الرطبة على زيادة الرطوبة الجوية ويلاحظ ذلك بنوع خاص فى الغابات والأحراش حيث تحجب النباتات الشمس والرياح عن سطح الأرض، ويكون الهواء القريب من سطح الأرض عادة أكثر رطوبة من الهواء البعيد الذى يوجد فى مستوى هامات الأشجار.

تكون المناطق الساحلية عادة رطبة شريطة ألا تهب الرياح من الداخل أى من ناحية الأرض باستمرار، والمناطق الداخلية أى البعيدة عن ساحل البحر تكون جافة عادة، كما تكون الأراضى المنخفضة أكثر رطوبة والجبال أقل رطوبة، تبلغ الرطوبة النسبية فى أية بيئة درجة التشبع أو تقاربها أثناء المطر والضباب ولكنها فى الغالب تتناقص بعد ذلك تدريجيا حتى تبلغ حدها الأدنى قبيل العاصفة المطيرة التالية مباشرة، وهناك عدا ذلك حد أقصى وآخر أدنى للرطوبة النسبية يوميا، ويحدث أولهما قرب الشروق والثانى بين الثانية والرابعة بعد الظهر أى فى عكس الأوقات التى يحدث فيها الحدان الأقصى والأدنى لدرجة الحرارة.

■ طرق قياس الرطوبة النسبية

أكثر الأجهزة استعمالا فى قياس الرطوبة النسبية هو (الهيجرومتر) ذو الترمومترين المبلل والجاف Hygrometer with wet and dry bulbs. ويتركب من ترمومترين لأحدهما خزان مبلل وللآخر خزان جاف داخل صندوق، ويحاط الترمومتر المبلل عادة بغلاف من الشاش أو الكتان يتصل بخزان صغير مملوء بالماء المقطر بوساطة حزمة من الخيوط القطنية ويرتفع فيها الماء من الخزان بالخاصية الشعرية ليعوض مايفقد بالتبخر من ماء الغلاف، وبذلك يظل الأخير مشبعا باستمرار. ويعمل تبخر الماء من الغلاف على خفض درجة حرارة الترمومترين مقياسا لنقص بخار الماء بالهواء تحت درجة التشبع، فإذا كانت درجة الحرارة التى يقيسها الترمومتران واحدة، فإن الهواء يكون مشبعا – وكلما زاد الهواء

جفافا زاد الفرق بين قرائتيهما وهناك جداول تحسب منها الرطوبة النسبية على أساس درجة الحرارة الجوية والفرق بين قراءتى الترمومترين المبلل والجاف. ويمكن الحصول على تسجيل مستمر للرطوبة باستعمال مقياس الرطوبة المسجل (الهيجروجراف) Hygrograph وفى أغراض المقارنة بين الحرارة والرطوبة فإن جهاز قياس الرطوبة والحرارة المسجل أو الهايجروترموجراف Hygrothermograph هو الأكثر ملاءمة حيث يتم فيه تسجيل درجتى الحرارة والرطوبة النسبية على لوحة واحدة.

٥/١/١/٣/١ الريـــــــاح The Winds

الرياح عامل بيئى على أكبر جانب من الأهمية خاصة فى السهول المستوية وعلى شواطئ البحار ومرتفعات الجبال، وهى تؤثر على النباتات تأثيرا مباشرا بتنشيط النتح والتبخر – مما يؤدى إلى ازدياد فقد الماء من التربة والنبات، وكذلك لما تسببه للنباتات من أضرار ميكانيكية وبمعاونتها على التلقيح وانتشار البذور والثمار. وهناك عدا ذلك تأثيرات أخرى غير مباشرة كتأثيرها على الرطوبة النسبية عن طريق نقلها لكتل الهواء الساخن أو البارد من مكان إلى مكان وتحريكها للضباب والسحب التى تغير الرطوبة وشدة الضوء، كما تغير الرياح أيضا 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 ساحل البحر – كما تزداد سرعة تحرك الهواء بانتظام وتبعا لزيادة الارتفاع عن سطح الأرض. وفى حقيقة الأمر يجب أن يؤخذ هذا العامل فى الاعتبار عند تفسير المشاهدات الخاصة بالحالة النباتية لمنطقة من المناطق وتكون قمم الجبال العالية فى الغالب عارية من النباتات بسبب تعرضها للرياح ذات السرعة المتطرفة.

- **طرق قياس الرياح**

تقاس سرعة الرياح بجهاز يسمى مقياس الرياح أنيموميثر Anemometer

الذى يتركب من عدد من الكؤوس نصف كروية، تتصل بأذرع متحركة وتدور فى مستوى أفقى بتأثير حركة الهواء، وتتصل الأذرع فى مركز الجهاز بقائم رأسى يدير عدادا وتقرأ عليه سرعة الرياح – وهناك أيضا أجهزة تسجيل كهربائية تقيس سرعة الرياح وتسجلها تسجيلا مستمرا.

أضـــرار الريـــاح

(أ) التجفيف Drying

يعتبر التبخر فى الهواء الساكن مجرد عملية انتشار بسيطة، ولكن عندما يكون الهواء متحركا تتأثر العملية كثيرا بالتيارات وتعمل الرياح على زيادة معدل التبخر بإزالة طبقات من الهواء البارد الرطب المتجمعة حول سطح النبات، كذلك تثنى الرياح الأوراق مسببة تقلصا وانقباضا متعاقبين فى الفراغات البينية، تؤدى إلى طرد الهواء المشبع بالماء خارج الأوراق ودخول هواء جاف يحل محله، وتصبح كفاية الأدمة عاملا بالغ الأهمية فى تحديد مقاومة النبات للجفاف عندما تشتد الرياح، وذلك لأن الثغور تنغلق عادة عندما تزداد سرعة الرياح كثيرا وبذلك يصبح النتح كله أدمى، هذا ويؤدى استمرار هبوب الرياح الجافة على النبات إلى قتل جميع الأوراق والسيقان الضوئية فى مدى ساعات قليلة بسبب زيادة النتح على الامتصاص، كما تضر بالثمار أو تعمل على اسقاطها ويصبح من الصعب على النبات أن يحتفظ بالتوازن المائى داخل أنسجته.

(ب) التقـــزم Dwarfing

لا يحدث التقزم فى النبات إلا بفعل الرياح التى تهب خلال الفترة التى تكبر فيها الخلايا وتجتاز طور البلوغ، وتنشأ عن اختلال فى التوازن المائى الداخلى، وقد يبلغ ببعض الأشجار حدا لا يزيد فيه حجم الشجرة التى تبلغ من العمر قرنا كاملا على حجم شجيرة صغيرة. وينطوى التقزم على نقص فى كمية المادة الجافة المنتجة كما قد تصحبه زيادة فى عدد الأفرع الثانوية.

(ج) التشـــــويه Deformation

عندما تتعرض الأعضاء الخضرية النامية لرياح شديدة تهب من اتجاه ثابت فان شكل الأعضاء ووضعها قد يتغير تغيرا مستديما ويسمى ذلك بالتشويه – ولا يشترط أن يكون التشويه مصحوبا دائما بالتقزم، وذلك لأن الرياح الرطبة يمكن أن تحور شكل المجموع الخضرى دون أن تختزل حجمه اختزالا يذكر. وكثيرا مانشاهد أشجاراً ذات جذوع مائلة على الهضاب وشواطئ البحار حيث الرياح شديدة ومستمرة – ومثل هذه الأشجار تحدد بنموها غير المنتظم اتجاه الرياح السائدة.

ولا يقتصر تأثير الرياح على الأشجار وحدها بل يتعداه إلى نباتات المحاصيل النجيلية أيضا كالقمح والشعير وقصب السكر حيث يعمل على تفلطحها على سطح الأرض، وقد يحدث هذا الانبطاح مبكرا أو متأخرا أثناء نمو المحصول وتنشأ عنه أضرار جسيمة.

(د) التكســـــر Breaking

تتوقف قابلية النباتات للكسر تحت وطأة الرياح على تركيبها التشريحى، فإذا كان الخشب هشا قليل التغلظ فإن الأشجار تكون أكثر استعدادا للكسر، أما النباتات التى تحتوى على كثير من الأنسجة الاسكليرانشيمية وخاصة إذا كانت هذه مرتبة فى أغماد سميكة حول الأسطوانة الوعائية أو فى أجزائها الخارجية فان قابليتها للتكسر بفعل الرياح تكون أقل وتتعرض للكسر بفعل الرياح بنوع خاص الأشجار المصابة بأمراض حشرية أو فطرية. وقد تقتلع الأشجار والشجيرات تماما تحت تأثير الرياح ويشاهد ذلك كثيرا فى صحارينا المكشوفة، حيث التربة الرملية جافة سهلة التآكل والنباتات ضحلة الجذور، ويحدث ذلك عندما تهب العواصف التى تبلغ سرعتها أكثر من ٦٠ كم فى الساعة، إذ تقتلع هذه العواصف النباتات اقتلاعا فى لمح البصر ويكون أثرها فى تدمير الكساء الخضرى بالغ الخطورة.

(هـ) البـــــرى Abrasion

ينتج هذا الأثر عن حمل الرياح لحبيبات التربة وقذفها بشدة على النباتات مسببة تآكلها – وتعانى طائفة كبيرة من نباتاتنا الصحراوية ونباتات المناطق الساحلية الشئ الكثير من هذا الضرر، فالحبيبات الرملية تحدث ثقوبا بأوراق النباتات كما أن حبيبات الرمال الدقيقة تستقر أحيانا فى ثقوب الثغور وتبقيها مفتوحة باستمرار، وفى الأشجار الخشبية يتآكل القلف فى الناحية المواجهة للريح ولأن هذا التآكل أشد مايكون على ارتفاع قليل من سطح الأرض وأحيانا يظهر أثره كحفرة غائرة على سطح الجذع فى مواجهة الرياح – وكثيرا ماتتلف المحاصيل المنزرعة على تربة رملية فى منطقة معرضة للرياح لهذا السبب.

(و) التآكـــــــل Erosion

يمنع الكساء الخضرى المستديم تآكل التربة وتحركها وانتقالها بفعل الرياح، ولكن عندما يخف الكساء أو يزال ولو فى موضع أو مواضع محدودة فإن الرياح تحدث تآكلا وحفرا فى التربة وتسبب تعرية جذور النباتات القريبة منها، مما يؤدى إلى موتها وتوسيع الرقعة العارية. وتنقل التربة المتآكلة إلى أماكن أخرى حيث تتجمع حول نباتات جديدة وقد تستطيع هذه النباتات الأخيرة أن تتغلب على الأضرار الناجمة عن تجمع التربة فوقها ومن حولها وذلك بانتاج أجزاء خضرية جديدة على مستوى يعلو انتاج سطح الرمال المترسبة باستمرار، ولكن بعضها لايستطيع احتمال نقص التهوية الناتجة عن ردم الأجزاء الخضرية فتموت وتندثر. أما النباتات التى تحتمل ترسيب الرمال فتجمع حولها غرودا رملية صغيرة أو كبيرة حسب الأنواع وتكون جذورا عرضية على الساق فى مستويات تزداد ارتفاعا كلما تقدم ترسيب الرمال. وتشاهد هذه الغرود بكثرة على السواحل وفى السهول الصحراوية ويحمل كل غرد نوعا أو عدة أنواع من النباتات.

وقد تسلخ الرياح الأرض سلخا فى مساحات شاسعة من الحقول لترسيبها

فى أماكن أخرى فتتلف بذلك المحاصيل فى الحقول التى يحدث فيها التآكل، وفى تلك التى يحدث فيها الترسيب على السواء.

(ز) الرذاذ الملحـــى Salt Sprays

تشاهد هذه الظاهرة على شواطئ البحار والمحيطات، حيث تحمل الرياح الرذاذ المتناثر من الأمواج التى ترتطم بالساحل بعيدا، فتلقيه على النباتات التى تعيش على مقربة من البحر. ولما كان هذا الرذاذ محملا بالأملاح فانه يسبب أضرارا بالغة للنباتات الحساسة للأملاح وتقل كمية الأملاح التى يحملها الهواء كلما زاد البعد عن الساحل. وقد وجد أن النباتات تختلف فى درجة تأثرها برذاذ الماء الملح – وأكثر النباتات احتمالا لذلك هى أقربها إلى البحر، أما النباتات الحساسة فلا تستطيع أن تنمو قريبا من البحر.

■ الرياح والتلقيح والانتشار Wind Pollination and Dissemination

للرياح إلى جانب مضارها العديدة – بعض الفوائد، ومن أهم هذه الفوائد أنها تستعمل أداة لتلقيح الأزهار وانتشار البذور والثمار فى بعض النباتات، ويحدث التلقيح الهوائى فى كثير من النباتات الزهرية حيث تنتقل حبوب اللقاح التى تنتجها هذه النباتات من المتك إلى الميسم بواسطة الهواء. وفى المناطق الباردة تلقح معظم النباتات من أشجار وشجيرات وأعشاب بواسطة الرياح، وقد تنتقل حبوب اللقاح بهذه الطريقة مئات الأميال وخاصة إذا حملتها تيارات الهواء إلى الجو الطليق فى الطبقات العليا – ويتسع المجال لانتشار كثير من النباتات العشبية وجراثيم كثير من الفطريات المسببة للأمراض وغيرها بطريقة التلقيح الهوائى وتحمل الجراثيم عادة إلى ارتفاعات شاهقة ومسافات بعيدة. هذا وتقوم الرياح بدور هام فى انتشار الأمراض الفطرية التى تصيب النباتات كأمراض الصدأ بين مختلف الأقطار، إذ وجد أن كثيرا من أمراض الصدأ التى تصيب نباتات القمح فى مصر مثلا تنتقل إليها بواسطة الرياح التى تحمل جراثيمها من بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط المجاورة.

■ **مصدات الريـــــاح Windbreaks**

كثيرا ماتغرس الأشجار والشجيرات خصيصا فى الجهات الرملية ذات الرياح القوية المستمرة حول الحقول والبساتين أو القرى والمراعى وذلك للوقاية من أضرار الرياح، وتعرف هذه الأغراس بمصدات الرياح وهى تقام كثيرا فى بعض السواحل مثل السواحل الشمالية بمصر وكذا بالواحات البعيدة عن البحار حيث توجد مصدات كثيرة للرياح فيها، وقد وجد أن الرومان فى ٣٣٠ق.م قد أدخلوا أشجار الحور *Populus euphraticus* فى واحة سيوة فى مصر واستخدموها كمصدات للرياح وتثبيت للكثبان الرملية المتحركة.

٦/١/١/٣/١ التبخـــر Evaporation

تتوقف قوة التبخر على عدد من العوامل أهمها درجة الحرارة والرطوبة النسبية وقوة الرياح والطاقة الشمسية، وتمثل هذه القوة مقدرة الهواء الجوى على التجفيف (تجفيف التربة وتجفيف النبات ولكليهما أبلغ الأثر فى حياة النبات) والواقع أن النباتات المتباينة تختلف فى استجابتها وذلك بسبب اختلافها فى حركة الثغور وكثافة العصارة الخلوية والمحتوى الفردى للخلايا والجفاف المؤقت وغيرها.

■ **قياس التبخـــر**

يقاس التبخر بطرق عدة، ففى بعض محطات الأرصاد يقاس بفقد الماء من سطح مائى حر فى إناء عميق، ويعبر عن الناتج بالملليمترات كما يعبر عن المطر للمقارنة، إذ إن التبخر عكس المطر، ولما كان سطح الماء فى الإناء يعكس معظم الطاقة الإشعاعية عليه، بينما الأجسام الملونة كالنباتات تمتص الطاقة الإشعاعية الساقطة عليها فإن سرعة فقد الماء من الإناء تختلف كثيرا عن سرعة فقده من النبات فى مدى تأثرها بالأشعة الشمسية. ومن ناحية أخرى، ولما كان الماء فى اناء التبخر عميقا فإن التغيرات الحرارية فى تلك الكتلة المائية الكبيرة تكون أقل

منها فى الجو ولا تكون سريعة الاستجابة للتقلبات الجوية، أما الأوراق النباتية فإنها تستجيب لتلك التقلبات بسرعة، وقد أمكن التغلب على هذه الصعوبات باستعمال إناء أسود غير عميق ووجد أن التبخر من مثل هذا الإناء كان متفقا إلى حد كبير مع سرعة النتح من النباتات.

وفى عام ١٩١٥ اخترع ليفنجستون الأمريكى جهازا بسيطا لقياس التبخر سماه الأتموميتر Atmometer ووجد أن هذا الجهاز يستجيب للعوامل الخارجية بطريقة تشبه إلى حد ما طريقة استجابة الجسم النباتى، كما وجد أنه يمتاز بمميزات كثيرة على الإناء ذى السطح المائى الحر، فهو يقيس بدقة مجموع تأثيرات العوامل الجوية التى تعمل على انتزاع الماء من جسم النبات.

يتركب مبخر ليفنجستون من كأس خزفى مسامى ويحسن أن يكون كروى الشكل، تمده بالماء من أسفله أنبوبة ممتدة فى خزان من الماء المقطر، وعندما يتبخر الماء من سطح الكأس الخزفى يهبط مستوى سطح الماء فى الخزان وتقاس كمية الماء المتبخر، إما بمقدار الانخفاض فى مستوى سطح الماء بالخزان أو بمقدار النقص فى وزن الجهاز كله وذلك بوزنه على فترات منتظمة متتالية، ويعبر عن سرعة التبخر إما بالسنتيمترات المكعبة أو بالجرامات فى الساعة أو اليوم من سطح مبخر عيارى. وأدخلت تحسينات كثيرة منذ عام ١٩١٥ على مبخر ليفنجستون Livengstone من بينها تفادى الأخطاء التى قد تنجم عن امتصاص الكأس الخزفى للأمطار عند وضعه فى الحقل فى مكان مطير مكشوف وذلك بوضع حمام زئبقى خاص داخل أنبوبة التوصيل يسمح بتحرك عمود الماء فى الأنبوبة إلى أعلى ولكنه يمنع تحركه إلى أسفل وبذلك يمنع دخول ماء المطر إلى الخزان.

بالإضافة إلى مبخر ليفنجستون – هناك مبخر آخر شائع الاستعمال فى محطات الأرصاد الجوية يعرف بمبخر بيش Piche Evaporimeter، ويعطى هذا المبخر قراءات سريعة ويمكن استعماله ووضعه داخل الغطاء النباتى، وهو بسيط التركيب سهل الاستعمال يلائم بنوع خاص الأرصاد التى تستمر لفترات

محدودة. ويتركب مبخر بيش من أنبوبة زجاجية مدرجة تتصل فى طرفها السفلى بقرص من ورق رشح أبيض أو أخضر ويظل القرص دائما مبتلا بالماء الذى يصل إليه من الأنبوبة الزجاجية. وتقاس كمية التبخر بقراءة تدريج الأنبوبة مباشرة على فترات منتظمة مدة كل منهانصف ساعة أو أكثر حسب مقتضيات التجربة، ويعبر عن النتائج بالملليمترات عمقا أو بالسنتيمترات المكعبة فى الساعة أو فى اليوم.

■ **علاقة التبخر بتوزيع النباتات Evaporation and Vegetation Distribution**

لا يقتصر تأثير التبخر على فقد الماء من النبات عن طريق النتح فحسب، ولكنه يعمل أيضا على إنقاص المحتوى المائى للتربة. وللأثر الأخير أهمية بالغة فى المناطق الجافة بنوع خاص، ويعبر التبخر إلى حد بعيد عن كفاية المطر فى أية منطقة وخاصة عندما يكون المحتوى المائى للتربة قليلا، فكلما زاد الحد الأدنى لكمية المطر اللازمة لانتاج نوع من الكساء الخضرى أو التكوينات النباتية كغابات السفانا العالية وما إليها. ولشدة التبخر الجوية علاقةوثيقة أيضا باحتياجات النباتات المائية أى بكمية الماء اللازمة له طول حياته لإنتاج قدر ما ينتحه النبات طول حياته مقابل كل كيلوجرام ينتجه من الوزن الجاف إذ أن هذه الكميات من الماء تتوقف على شدة النتح ويتوقف الأخير بدوره على شدة عوامل التبخر الجوية.

■ **النسبة مابين النتح والتبخر Transpiration - Evaporation Ratio**

تعتبر هذه النسبة كاشفاً دقيقاً لدرجة جفاف منطقة من المناطق وتعطى فكرة عن العلاقات المائية السائدة فى الوسط الخارجى الذى يعيش فيه النبات وتختلف كثيرا فى المناطق المختلفة وكذلك فى مختلف التكوينات النباتية، فهى أعلى ماتكون فى المستنقعات القطبية فى الغابات ثم فى أراضى الحشائش، البرارى ثم فى السفانا وبأقل ماتكون فى الصحارى، وقد أمكن على أساس هذه النسبة تقسيم مناطق العالم وقاراته إلى مناطق مناخية محدودة، ووجد أن هذا التقسيم يحدد أيضا التكوينات النباتية الرئيسة فى تلك المناطق والقارات.

٢/١/٣/١ العوامل الموقعية – Physiographic Factors

تشمل العوامل الموقعية لمنطقة من المناطق مايلى :

١/٢/١/٣/١ الحالة الطبوغرافية Topography

٢/٢/١/٣/١ حالة التعرض Exposure

٣/٢/١/٣/١ انحدار مستوى التربة Soil Level

١/٢/١/٣/١ الحالة الطبوغرافية Topography

للاختلافات الطبوغرافية تأثير كبير على الكساء الخضرى، وذلك لانها تقسم البيئة العامة إلى بيئات موضعية متباينة ومتميزة، ومن أهم آثار الاختلافات الطبوغرافية مايلى:

(أ) اختلاف الكساء الخضرى بالوديان – Vegetation of The Wadis

تكون الوديان العميقة الضيقة عادة محمية من تأثير العوامل الجوية المختلفة محتجبة عن تأثير الرياح وتربتها عميقة بسبب ماتجمع فيها من أتربة تحملها إليها الرياح وترسبها فيها، كما تحملها إليها مياه الأمطار والسيول ومياه الانسياب السطحى، ومواردها المائية غزيرة نسبيا ولذلك تمثل هذه الوديان بيئة أكثر ملاءمة لنمو النباتات من بيئة المرتفعات والسفوح القائمة علي جانبيها، ومن هنا كانت نباتات الوديان كثيفة، غزيرة، ومتعددة الأنواع والأفراد، كبيرة التغطية، إذا قورنت بالمرتفعات والسفوح المحيطة بها، على أن بعض الوديان تمتد أحيانا فى اتجاه الرياح السائدة وفى هذه الحالة يكون تأثير الرياح على الكساء الخضرى الذى يغطى قاعها أشد منه على الكساء الذى يغطى جوانبها مما يجعل النباتات أضعف والتغطية النباتية أقل على القاع.

(ب) تأثر المناخ الموضعى بالحالة الطبوغرافية –

Micro- Climate and Topography

يختلف المناخ الموضعى كثيرا فى مدى بضعة أمتار على الأراضى غير

المستوية، ففى حماية صخرة أو كثيب صغير يكون هناك اختلاف هام فى تأثير الرياح ويمكن نباتا أو جماعة من النباتات من النمو فى جهات ماكانت لتنمو تحت الظروف العامة للبيئة لولا هذه الحماية الموضعية، وتلاحظ هذه الظاهرة كثيرا فى الصحارى المصرية وسواحلها حيث تغزو النباتات ويزداد حجمها من الناحية الواقعة خلف المرتفعات التى تعترض اتجاه الرياح، بينما تقل النباتات ويصغر حجمها من الناحية المواجهة للريح، كذلك يلاحظ ان التغطية النباتية قليلة جدا على قمم الهضاب الصخرية المعرضة وتزداد بالتدريج كلما هبطنا على السفح الأرضى بالصحارى، ويؤدى ذلك إلى اختلاف شاسع فى توزيع النباتات، وذلك بسبب تجمع المطر والأتربة التى يحملها الماء والرياح فى المنخفضات وحدها، فينتج عن ذلك غزارة النباتات فى المنخفضات بينما تظل المرتفعات عارية من الكساء الخضرى.

(ج) تأثير الارتفاع – Effect of Height

ينخفض متوسط درجة الحرارة بمقدار ثابت لكل مائة متر من الارتفاع، ويسبب هذا النقص فى درجة الحرارة نقصا فى فترة النمو الخضرى للنباتات، ويؤدى قصر هذه الفترة غالبا إلى إسراع الوظائف الحيوية خاصة الإزهار والإثمار، لذلك تحدث هذه الظاهرة فى المستويات العالية على الجبال «ظاهرة إسراع الإزهار والإثمار» تماما كما فى الصحارى عديمة الأمطار، وقد وجد أيضا أن قدرة البذور على الإنبات وتنقص قدرة البادرات والبراعم على النمو تدريجيا بالارتفاع. وتختلف طرز التكوينات النباتية فى المناطق الجبلية العالية تبعا للارتفاع، ففى المستويات المنخفضة من السفوح توجد الغابات الكثيفة التى تستمر حتى ارتفاع معين لاتتجاوزه ويعرف بحد الأشجار Tree Line، ويختلف فى المناطق المختلفة من العالم تبعا للأحوال المناخية، وفوق هذا المستوى توجد نباتات شجيرية أو عشبية أقل غزارة من النباتات وعلى قمم الجبال العالية حيث تنخفض درجة الحرارة انخفاضا شديدا ويزداد التعرض وتوجد الثلوج المستديمة، ويختفى الكساء الخضرى أو يخفف كثيرا ويمثل بنباتات ضئيلة متفرقة تعيش تحت أقسى الظروف غير الملائمة.

٢/٢/١/٣/١ حالة التعرض بالمنطقة Exopsure

(أ) اختلاف الكساء الخضرى على السفوح الشمالية والجنوبية

Vegetation of North and South Slopes

تحمل السفوح الشمالية للجبال كساءً خضريا يختلف تماما عن الكساء الخضرى الذى تحمله السفوح الجنوبية، إذ إن الاختلافات الطبوغرافية الكبيرة التى تؤدى إلى تكوين سلاسل الجبال تؤدى إلى تحديد مناطق مناخية متباينة، فالسفوح الشمالية أبرد بكثير من السفوح الجنوبية لأنها تُحجب عن أشعة الشمس الحادة فى وسط النهار فأشعة الشمس لاتسقط على هذه السفوح الشمالية إلا لفترة قصيرة فى منتصف الصيف. وحتى فى تلك الفترة لاتكون عمودية ولكنها تسقط بميل فى الصباح والمساء، أما على السفوح الجنوبية فإن الشمس تسقط عمودية طول العام كما فى مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط، ولذلك تكون شديدة الحرارة وهذا الاختلاف فى درجة التعرض للشمس يسبب اختلافا كبيرا ليس فقط فى شدة استضاءة السفحين ولكن أيضا فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية، ولهذه الاختلافات المناخية أثرها العميق فى طرز الكساء الخضرى على السفحين، فعلى السفوح الشمالية توجد غابات الزان Beech العالية الكثيفة وبها طبقات أرضية من نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط وهى نباتات شجيرية عشبية متناثرة أوراقها جلدية ذات خصائص جفافية تحفظها من التبخر، كذلك يختلف حد الأشجار Tree line كثيرا فى السفوح المختلفة، إذ تمتد إلى مسافات أعلى فى السفوح الجنوبية الدافئة منها فى السفوح الشمالية الباردة.

(ب) التعرض وأثره فى درجة حرارة التربة :

Exposure and Soil Temperature

المعروف أن درجة حرارة سطح التربة تختلف فى الأراضى غير المستوية من مكان إلى مكان بسبب اختلاف التعرض لأشعة الشمس فى المواضع المختلفة،

وذلك لأن الاختلافات الطبوغرافية تعمل على تظليل بعض المواضع وتعريض بعضها الآخر لسقوط الأشعة بدرجات متفاوتة، على أن هذه الاختلافات فى درجة الحرارة فى جميع المواضع ولكن الأمر يختلف كثيرا فى حالة الاختلافات الطبوغرافية المتطرفة كما فى سلاسل الجبال الرئيسية الشاهقة التى تفصل الهواء على جانبيها فصلا تاما، فتعمل بذلك على وجود ظروف مناخية على أحد السطحين للشمس والحر والجفاف بصفة مستديمة، بينما يحجب السطح الآخر عن الشمس بصفة مستديمة أيضا، فتنخفض فيه درجة حرارة الهواء كما تنخفض درجة حرارة التربة، فقد تكون الاختلافات التى تحدثها التعرضات المختلفة فى درجة حرارة التربة أهم من الناحية البيئية من الاختلافات فى درجة حرارة الجو، إذ أن هذه الاختلافات تؤثر على تكوين الجذور ونموها حتى فى الأعماق البعيدة.

(ج) التعرض وعلاقته بالنباتات العالقة Exposure and Epiphytes

ويمتد أثر عامل التعرض إلى استمرار مجتمعات النباتات العالقة على جذوع الأشجار، وقد لوحظ وجود اختلافات كبيرة فى معدل التبخر وفى درجة الحرارة والرطوبة النسبية على الجوانب، والارتفاعات المختلفة لجذع شجيرة واحدة من أشجار الحور، كما لوحظ اختلاف غزارة النباتات العالقة وتوزيعها تبعا لهذه الاختلافات فى درجة التعرض، فالاشن الورقية تقتصر غالبا على الجانب الشمالى الظليل، كما توجد بعض أنواع الحزازيات على الجانب الجنوبى المعرض للشمس بينما تشغل بعض الحزازيات المنبطحة الجانب الغربى المعرض للمطر.

٣/١/٣/١ العوامل الإحيائية The Biotic Factors

تعتبر العوامل الإحيائية من العوامل الهامة التى تؤثر على النبات، إذ لا يخلو نبات من وجود صلة بينه وبين كائن حى آخر سواء كان نباتا أم حيوانا، فمثلا تعتمد النباتات الخضراء على الحشرات فى التلقيح كما يوجد بين النبات وبين

مايجاوره من نباتات أخرى تنافس فى الحصول على مايلزمها من مواد غذائية وماء. وتتباين العلاقة بين الكائنات الحية فهى إما أن تكون على تبادل المنفعة بين الطرفين أو تعود بالنفع على أحدهما والضرر على الآخر.

ويمكن تقسيم العوامل الإحيائية إلى قسمين رئيسيين:

الأول يتناول العلاقة بين نبات وآخر .

والثاني يتناول العلاقة بين نبات وحيوان.

١/٣/١/٣/١ العلاقة بين النبات والنبات Plant/ Plant Relationship

هناك نوعان من العلاقة الاجتماعية بين النباتات، يعرف أحدهما بالرابطة الاعتمادية Dependent Union ويعرف الآخر برابطة المعايشة Commensal Union.

(أ) الرابطة الاعتمادية Dependent Union

يقصد بهذه الرابطة أن أحد النباتات يعتمد على الآخر بأية صورة، هذا وتختلف درجة الاعتماد كثيرا مابين اعتماد كلى كما يحدث فى النباتات المتطفلة واعتماد جزئى كما هو الحال فى المتسلقات – وفيما يلى الصور المختلفة لهذه الرابطة الاعتمادية.

١ – التطفـــل Parasitism

هناك طريقة من المعيشة يكون فيها أحد النباتات متطفلا على الاخر، ويعرف الأول باسم الطفيل Parasite والثانى بالعائل Host، ويستفيد الطفيل من العائل بما يمتصه منه من مواد غذائية، بينما يلحق الضرر بالعائل. وهناك أمثلة عديدة للتطفل مثل الحامول *Cuscuta* الذى يسمى بالطفيل الساقى Stem Parasite لأنه يتطفل على سيقان النباتات العوائل والهالوك *Orobanche* فيعرف بالتطفل الجذرى Root Parasite لأنه يتطفل على الجذور.

٢ - التكافـــل Symbiosis

تتبادل النباتات المتكافلة Symbiotic Plants المنفعة، إذ يعتمد كل نبات على الآخر فى الحصول على نوع من الغذاء، وتعرف هذه الطريقة من المعيشة بالتعاون أو التكافل. وهناك أمثلة عدة لنباتات تتبع هذه الطريقة فى معيشتها.

(أ) الاشـــن Lichens

حيث يتحد فطر Fungus أو أكثر مع طحلب Alga أو أكثر. ويمد الطحلب الفطر بالمواد الكربوهيدراتية، بينما يمد الفطر الطحلب بالمواد الغذائية الأخرى والحماية من تطرف الجو وباتحاد الاثنتين معا تستطيع الاشن أن تقاوم ظروف الجفاف القاسية.

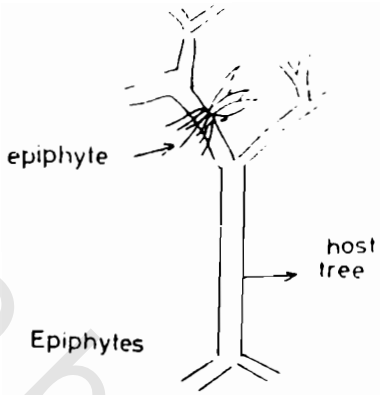
(ب) الجذر فطريات Mycorrhizae

يوجد نوعان من الجذر فطريات: جذر فطريات خارجية Ectomycorrhizae وجذر فطريات داخلية Endomycorrhizae ففى الأولى تغطى الخيوط الفطرية الجذر مكونة غطاء كاملا حوله دون أن تخترق أنسجته ولكن تحل محل الشعيرات الجذرية وتقوم بعملية الامتصاص. وفى الجذر فطريات الداخلية تعيش بعض الخيوط الفطرية داخل خلايا القشرة وتكون على اتصال بالخيوط الفطرية التى توجد على سطح الجذر، ويتم تبادل الغذاء بين الفطر والنبات الراقى، وبهذا الاتحاد يستطيع الطرفان مقاومة الظروف القاسية عما لو كانا منفردين.

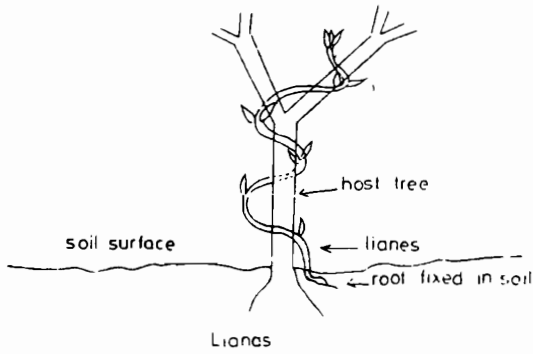
(جـ) يظهر على جذور العائلة البقلية عقد بكتيرية Bacterial nodules ويمد النبات الراقى البكتريا التى تعيش فى هذه العقد بالمواد الكربوهيدراتية، وفى مقابل ذلك تمد البكتريا النبات الراقى بالمواد البروتينية التى تثبتها من النيتروجين الجوى.

٣ - النباتات العالقة Epiphytes

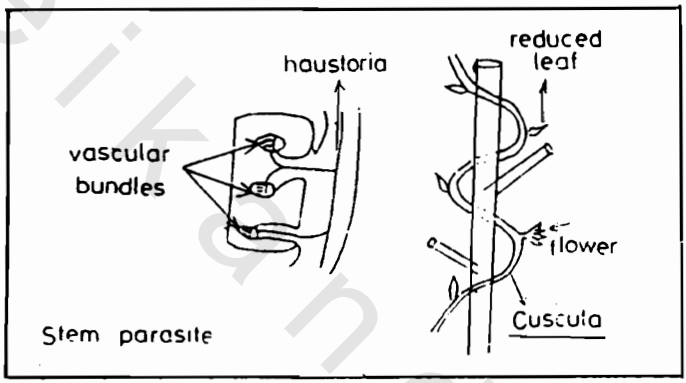
تتخذ هذه النباتات من فروع الأشجار دعامة تتعلق بها وتتدلى جذورها فى الهواء وتعتمد على ماء المطر أو الندى وما يذيبه من مواد غذائية. وهذه المواد

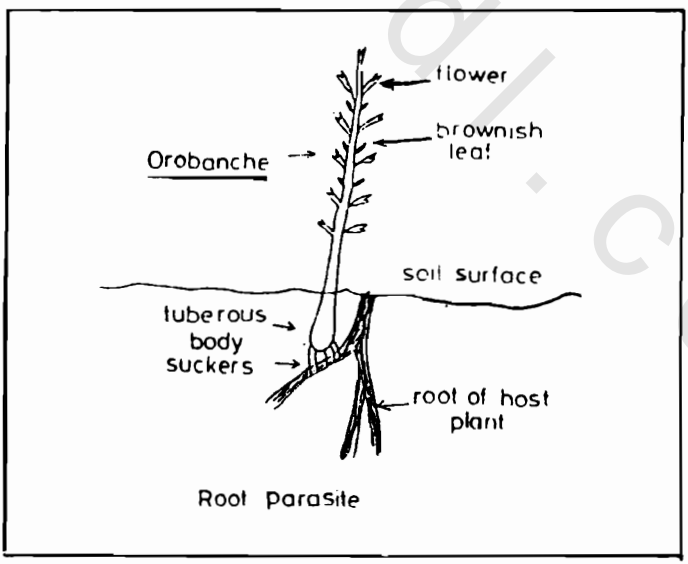


النباتات العالقة



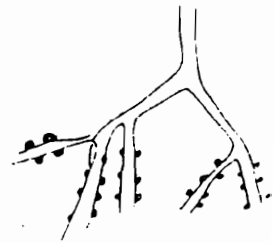
النباتات المتسلقة





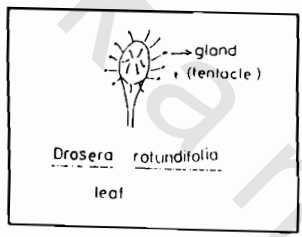
النباتات المتطفلة

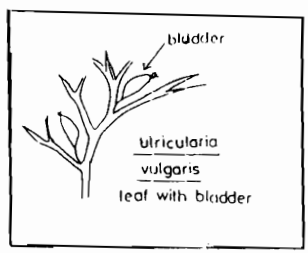
Mycorrhizae
(Endotrophic)

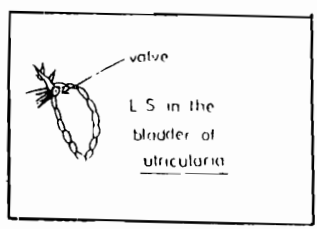


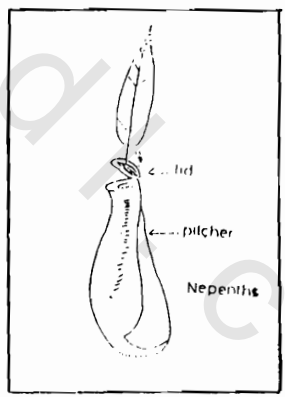
Bacteriorrhizae

الجـــذر فطريات









النباتات آكلة الحشرات

مصدرها حبيبات التربة المتجمعة التى حملتها الرياح وما يتحلل من القلف عند السطح.

٤ - المتسلقـــات Lianas

هى مجموعة من النباتات الوعائية جذورها مثبتة فى الأرض وسيقانها فى وضع قائم وذلك لاتخاذها نباتا أو أى شئ آخر كدعامة تتسلق عليه لتحصل على أكبر كمية ممكنة من الضوء. والصلة بين النباتات هنا تعد ضعيفة. وتتميز المتسلقات إلى متسلقات ليس لها أعضاء خاصة للتسلق Leaners مثل نبات البلومباجو *Plumbago* ومتسلقات شوكية Thorn Lianas لها أشواك تستعملها فى التسلق مثل الورد *Rosa* والجهنمية *Bougainvillea* ونباتات ملتفة Twiners حيث يلتف النبات المتسلق بساقه حول الدعامة مثل نبات الفاصوليا *Phaseolus* والايبوميا *Ipomoea* ومتسلقات محلاقية Tendril Lianas ولها أعضاء خاصة للتسلق تعرف بالمحاليق التى ربما تكون وريقات متحورة كما فى البازلاء *Pisum* أو أعناق أوراق كما فى الكليماتس *Clemati* ونبات الشمع *Cereus*، أو سيقانا متحورة كما فى العنب *Vitis*.

(ب) رابطة المعايشة Commensal Union

إن وجود النباتات متجاورة من شأنه ايجاد تنافس بين هذه النباتات للحصول على مايلزمها من فراغ وضوء ومواد غذائية، ويبلغ التنافس أقصاه عندما تكون النباتات المتنافسة من نوع واحد ومتزاحمة وتحتاج إلى نفس المواد الغذائية، ويصل إلى الحد الأدنى أى يكون التنافس ضعيفا بين النباتات التى تحتاج إلى مواد غذائية مختلفة وكذلك بين النباتات التى تشغل أجزاؤها الهوائية طبقات مختلفة من الهواء أو تحتل جذورها طبقات مختلفة من التربة، وبذلك يتم امتصاص الجذور من طبقات مستقلة. وقد يكون التنافس ميكانيكيا ويتمثل ذلك فى تزاحم ونمو النبات القوى فوق النبات الضعيف، وينشأ التنافس دائما عندما

تزيد حاجة النبات من ضوء أو ماء أو مواد غذائية عما يوجد منها فعلا، وفى البيئة الصحراوية – حيث تكون النباتات متناثرة وجذورها متباعدة يكون التنافس ضعيفا جدا أو يكون معدوما ويزداد التنافس بين نباتات البرارى حيث تتزاحم أجزاؤها الهوائية وجذورها.

٢/٣/١/٣/١ العلاقة بين الحيوان والنبات

Animal / Plant Relationship

هناك صور عديدة تتمثل فيها العلاقة بين الحيوان والنبات وهى رعى الحيوانات للنبات والنباتات آكلة الحشرات والتلقيح الحشرى وانتشار البذور والثمار بواسطة الحيوانات.

(أ) الرعـــــى Grazing

الرعى هو أكل الحيوان للأعشاب ويطلق لفظ القضم Browsing على أكل الحيوان للشجيرات والأشجار. وتفضل الحيوانات بعض النباتات عن البعض الآخر. ولكل حيوان نباتات مستحبة Palatable فى الرعى. وتتعرض الأولى للضرر الناتج عن الرعى بينما تلك التى يُعرض عنها الحيوان لا تصاب بأذى. ويؤدى الرعى الجائر إلى تعرية التربة وتعرضها للتآكل Erosion والترسيب Deposition الناتجين عن فعل الرياح والماء. ومن ناحية أخرى تستفيد النباتات من الرعى الخفيف إذ يقل حجم المجموع الخضرى بالنسبة للمجموع الجذرى ويترتب على ذلك زيادة كمية الماء الممتص بالنسبة للماء المفقود عن طريق النتح مما يحسن التوازن المائى ويساعد النبات على مقاومة الجفاف.

ويتوقف تأثير الرعى على النباتات على صورة حياتها، ففى حالة النباتات الحولية يؤدى الرعى الشديد إلى اختفاء هذه النباتات، بينما تقاوم الحشائش التأثير المضاد الناتج عن الرعى أكثر من النباتات الحولية، بل أن الرعى المتوسط ينشط نموها، أما الأشجار والشجيرات العالية فتكون بعيدة عن متناول الحيوانات

فى أغلب الأحوال وبذلك تتجنب الضرر الذى ينتج من الرعى.

(ب) النباتات آكلة الحيوانات Carnivorous Plants

تعيش هذه النباتات فى مناطق تحتوى فيها التربة على نيتروجين فى صورة معقدة بحيث يصعب على النبات امتصاصه، وتلجأ هذه النباتات إلى طريقة شاذة للحصول على النيتروجين اللازم لها وذلك عن طريق اقتناص الحيوانات الدقيقة وخاصة الحشرات، ثم تحليلها وهضمها بواسطة الأنزيمات أو الخمائر التى تفرزها، وتكون هذه النباتات مزودة ببعض التحورات التى تمكنها من اقتناص الحشرات. وسنذكر فيما يلى بعض الأمثلة.

١ - النبنثس Nepenthes

يتفلطح فى هذا النبات نصل الورقة عند القاعدة ويستطيل عرقها الوسطى Midrib خارج النصل ويصبح مجوفا عند نهايته فى صورة قِدر له غطاء Lid. وتفرز الورقة رحيقا حلو المذاق يجذب الحشرات، وعندما تدخل الحشرات القدر Pitcher يتعذر عليها الخروج منه وتسقط فى القاع، حيث يتجمع سائل يأتى معظمه اما من ماء المطر أو تفرزه الورقة وتغوص الحشرة فى هذا السائل وتبقى حتى تتحلل بفعل الأنزيمات والبكتريا وبذلك يسهل امتصاصها.

٢ - الدروسيرا Drosera

تتغطى أوراق هذا النبات بشعيرات فريدة من نوعها تتركب الواحدة منها من عنق ينتهى برأس تفرز مادة لزجة تغطى سطحها. وإذا هبطت حشرة على هذه الشعيرات التصقت بها وعندئذ يزداد افراز المادة اللزجة كما تتنبه جميع أجزاء الورقة وينشأ عن ذلك انحناء الشعيرات الأخرى للداخل حتى تلامس جسم الفريسة، وبعد بضع دقائق تكون الحشرة محاطة احاطة تامة بكثير من الشعيرات التى تغمرها بالسائل اللزج الذى تفرزه، ويحتوى هذا السائل على إنزيم يهضم

البروتينات ويحيلها إلى مواد يسهل امتصاصها، وقد تستغرق عملية الهضم عدة أيام تعود بعدها الشعيرات ببطء إلى وضعها الأصلى متأهبة لفريسة أخرى.

(جـ) التلقيح الحشرى Insect Pollination (Entomophily)

تقوم بعض الحشرات بنقل حبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى، وتتميز الأزهار حشرية التلقيح بحجمها الظاهر ولونها الجذاب وبرائحتها الخاصة وبافرازها للرحيق، وكل هذه الصفات من شأنها جذب الحشرات. وبذلك تتم عملية التلقيح. وتتوثق الصلة فى بعض الأحيان بين النبات والحشرة لدرجة يعتمد فيها كل واحد منهما على الآخر.

(د) انتشار البذور والثمار Seed and Fruit Dissemination

هناك نوع من الثمار الغضة له لون جذاب وغلاف ترغب فى أكله بعض الحيوانات وتكون بذورها محمية اما بقصرة صلبة (فى الثمار اللبية) أو بالغلاف الداخلى الصلب للثمرة (فى الثمار الحسلية) وعندما تلتهم الحيوانات هذه الثمار تمر البذور بالقنوات الهضمية دون أن تصاب بضرر. وتصل عن طريق البراز إلى التربة حيث تنبت، ومن هذا المثل يتضح الدور الذى يلعبه الحيوان فى نقل البذور والثمار من مكان إلى آخر. ومن الأمثلة الأخرى تتعلق بعض الثمار كالشبيط *Xanthium* التى لها أشواك تشبه الخطاطيف بصوف أو ريش الحيوانات أو الطيور التى تقوم بنقل هذه الثمار من مكان إلى آخر تبعا لسقوط الثمرة من صوف الحيوان أو ريش الطير.

٤/١/٣/١ العوامل الجوية The Atmosperic Factors

تطلق كلمة أتموسفير Atmosphere من الناحية البيئية ليس فقط على الإطار الغازى (الهوائى) الذى يحيط بالكرة الأرضية، ولكنه يشمل كذلك كتل الغازات التى تخترق التربة وأنسجة النبات. والأتموسفير ضرورى للحياة

حيث إنه يمنع التذبذب اليومى الكبير فى درجات الحرارة كما يحدث فى الكواكب الأخرى. ويؤدى هذا التذبذب إلى عدم وجود حياة على ظهر هذه الكواكب. ومن ناحية أخرى لابد أن يكون هناك تبادل مستمر فى الغازات مابين الهواء الجوى والكائنات الحية.

تتأثر النباتات بالجو تأثيرا مباشرا حيث يمدها بغازى ثانى أكسيد الكربون اللازم لعملية التمثيل الضوئى، وغاز الأكسجين اللازم للتنفس، وتأثيرا غير مباشر حيث يؤثر على توزيع درجة الحرارة والضوء وهما العاملان المؤثران على عمليات النتح والتلقيح والانتشار.

■ مكونات الجو Constituents of The Atmosphere

يتكون الجو من الغازات الآتية:-

- نيتروجين (٧٩٪ من الحجم الكلى)
- أكسجين (٢١٪ من الحجم الكلى)
- ثانى أكسيد الكربون (٠,٠٣٪ من الحجم الكلى)
- محتويات أخرى تتفاوت نسب تواجدها تبعا للوقت والمكان وهى:-

بخار الماء - أتربة - كائنات دقيقة - حبوب اللقاح - غازات صناعية.. الخ.

تزيد النباتات الخضراء من كمية الأكسجين الموجودة بالجو الناتج من عملية التمثيل الضوئى على حساب كمية ثانى أكسيد الكربون، وذلك لأن عملية التمثيل الضوئى تستهلك كمية كبيرة من ثانى أكسيد الكربون تزيد عن كمية الأكسجين اللازمة لعملية التنفس. ومن ناحية أخرى تخرج النباتات غير الخضراء والحيوانات ثانى أكسيد الكربون وتأخذ الأكسجين الضرورى لحياتها.

تدخل غـازات الجـو إلى النبـاتات خـلال الثـغـور Stomata والعديسات Lenticels ثم تذوب فى الماء والمحاليل الموجودة فى جدر الخلايا البرانشيمية ثم ينتـهى بهـا المطاف فى البـروتوبلاست بالخليـة، أمـا الغـازات التى دخلت فى العمليات الحيوية بالنبات فتتركه بواسطة نفس الطريقة للجو.

■ أثر التهوية على النباتات.. Effect of Aeration on Plants

تختلف النباتات اختلافا كبيرا بالنسبة لحاجتها للتهوية، فكثير من النباتات المائية Hydrophytes تنبت وتنمـو فى ظروف ربما تكون غيـر صـالحة لنمـو النبـاتات الوسطيـة Mesophytes والجفـافيـة Xerophytes. وهناك درجـة مـثلى للتهـوية لكل نبات يكون نمو النبات فيـها طبيعيا، أما إذا زادت أو قلت درجة التهوية عن الدرجة المثلى فان النبات لا يكون طبيعياً. يؤدى نقص التهوية الى تأثيرات مورفولوجية وأخرى فسيولوجية على النبات وهى:

(أ) تأثيرات مورفولوجية

تكون الجذور قصيـرة والمجمـوع الجذرى يشغل حيزا ضيـقـا. يكون عدد الجذور قليلا جدا ويقل عدد الشعيرات الجذرية. لا يتمكن المجموع الجذرى من أختراق طبقات التربة، وفى بعض الأحيان تمتد تفرعاته إلى أعلى باحتة عن الهواء الجوى. يشغل المجموع الخضرى حيزا قليلا فى الهواء – تقل مساحة الورقة وكذا يقل عدد البلاستيدات الخضراء.

(ب) تأثيرات فسيولوجية

يتـغـيـر تنفس الجـذور من تنفس هوائى إلى تنفس لا هوائى. تقل نفـاذية الغشاء البلازمى للخلايا. تقل مقدرة امتصاص الماء والمحاليل الغذائية بالجذور. تزيد سرعة التنفس، تقل سرعة التلقيح، يختلف لون المجموع الخضرى. تضطرب نسبة الكربوهيدرات بالنبات (تقل أو تزيد).

٥/١/٣/١ – عوامل التربة Soil Factors

التربة هى الطبقة السطحية غير الصلدة من القشرة الأرضية. وتختلف فى سمكها من مجرد غشاء رقيق إلى عدة أمتار، وقد أصبحت تلك الطبقة بفضل عمليات التعرية ودخول المواد العضوية فى بنائها صالحة لنمو النباتات، كذلك تعرف التربة على أنها خليط من الحبيبات المعدنية (الناتجة من تفتت وتحلل الصخور) والمواد العضوية (الناتجة من تحلل البقايا النباتية والحيوانية) والمسافات البينية بين الدقائق الصلبة يملؤها الماء والهواء بالاضافة إلى بعض الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا والفطريات وغيرها. وتوجد تحت التربة فى العادة مواد منشئة غير جامدة تمتد فيها جذور النباتات الأكثر عمقا، وجميع النباتات الراقية تقريبا فيما عدا النباتات المتطفلة والعالقة تثبت جذورها بالتربة.

ترجع أهمية التربة للنباتات إلى ثلاثة أسباب :

أن النبات يرسل جذوره فيها فتعمل على تثبيته وتؤمنه من فعل الرياح. تمد التربة النبات بما يلزمه من ماء وأملاح معدنية ومادة عضوية.

تمد التربة النبات بالهواء اللازم لتنفس الجذور، فإن تهوية التربة من العوامل الهامة التى تؤثر على نمو النباتات.

١/٥/١/٣/١ منشأ مادة أصل التربة

Origin of Soil Parent Materials

- **مادة أصل التربة Soil Parent Materials**

هى الجزء الصلد من التربة الذى يتكون نتيجة تفتت الصخور، ويمثل هيكل التربة تبعا لطبيعة الصخور التى اشتقت منها. وتعتمد الصفات الفيزيقية والكيميائية للتربة على نوع الصخور التى نشأت منها. فالتربة التى تنشأ من الحجر الرملى مثلا تكون حبيباتها أكبر كثيرا، ولذلك تكون سعتها المائية أقل

وتهويتها أحسن إذا قورنت بالتربة التى تنشأ من الحجر الجيرى، فضلا عن ذلك تكون التربة الأخيرة غنية بكربونات الكالسيوم فى حين لاتحوى التربة الأولى منه إلا القليل، وهذا يؤثر فى نوع الغطاء النباتى.

ويوجد نوعان أساسيان من التربة فى مادتهما الأصلية وهما:

- **مادة أصل التربة محلية Residual S.P.M.**

تتكون التربة فى هذه الحالة فى نفس مكانها من الصخر الذى يقع أسفلها حيث تكون عوامل التعرية الجوية شديدة عند السطح، وتكون الطبقة السطحية متحللة طبيعيا وكيميائيا، وبزيادة العمق تكون الحبيبات المعدنية أكبر حجما وأقل تحللا.

- **مادة أصل التربة منقولة Transported S.P.M.**

يحدث التفتت فى هذه الحالة ثم ينقل الفتات من مكان منشئه ويعاد ترسيبه فى أماكن أخرى بوسائل متعددة، ومعظم هذه الوسائل يكون عملها متقطعا لذا فإن هذا النوع يبدو فى طبقات محددة لاتتداخل أو تختلط بالصخر القاعدى الذى يوجد فى مكان ترسيبها.

ويتم نقل التربة بالعوامل التالية :

- **الجاذبية الأرضية Gravity**

وتسمى مادة أصل التربة فى هذه الحالة مادة أصل التربة الجلمودية Colluvial S.P. M.، ويتم ذلك فى المناطق الجبلية حيث تنفصل الصخور وتسقط لأسفل بفعل الجاذبية الأرضية، حيث تتجمع قطع الصخور المنفصلة عند السطح على هيئة ركام وينمو على هذه التربة نباتات ذات جذور وتدية قوية نظرا لتسرب الماء بدرجة عميقة بما أن المادة الأصلية هنا كبيرة وليس لها شكل معين وغير مرتبة فى طبقات متتالية.

- **المياه الجارية Running Water**

وتسمى مادة أصل التربة فى هذه الحالة مادة أصل التربة الفيضية Alluvial

S.P.M.وتتميز بما يلى: حبيباتها مستديرة نظرا لاحتكاكها المستمر أثناء الانتقال- تترتب الحبيبات المعدنية فى طبقات متتالية، وتتميز كل طبقة بحبيبات لها حجم معين وقد توجد صخور وأحجار فى طبقات محددة ويعتمد هذا على سرعة التيار وعمق الماء الحامل للحبيبات.

وتوجد التربة الفيضية فى السهول الفيضية والجزر الفيضية ودلتا الأنهار.

- **السهول الفيضية Flood Plains**

ترسب التيارات المائية حمولتها من الرواسب على جانبى المجرى عند حدوث الفيضانات العالية وبمرور السنين وبتكرر الفيضان والترسيب تتكون التربة الفيضية.

- **الجزر الفيضية Terraces**

عبارة عن أراضٍ مرتفعة على جانبى النهر أو الوادى الجاف، والتى كانت تغمر بالماء أثناء الفيضان العالى أو أثناء قيام النهر أو الوادى بتعميق مجراه وأصبحت هذه الأراضى بعيدة عن مستوى الفيضان أو السيل العادى مكونة مصاطب تتميز بأنها غنية بالمادة العضوية والأملاح المعدنية.

- **الدلتا Deltas**

تتكون بترسيب حمولة المجرى المائى من الدقائق الناعمة والتى لم يتم ترسيبها فى السهول الفيضية عند تقابله مع البحر مثل دلتا نهر النيل.

- **الرياح Winds**

تسمى حبيبات التربة المنقولة بهذه الوسيلة مادة أصل التربة هوائية Aeolian S.P.M. وتترسب فى صورة كثبان أو لويس Loess .

١- الكثبان Dunes

تتكون من حبيبات الرمل وهى ثلاثة أنواع.

الكثبان الساحلية Coastal Dunes

توجد على الشواطىء مثل الكثبان الممتدة على ساحل البحر الأحمر وساحل البحر الأبيض المتوسط

الكثبان السهلية Plains' Dunes

توجد فوق السهول الفيضية حيث تترسب الرمال بفعل الرياح

الكثبان الصحراويةDesert Dunes

توجد فى الصحارى الداخلية كما فى الواحات

٢- اللويس Loess

تميز ضفاف الأنهار وتتكون من حبيبات ذات لون أصفر وأدق من تلك فى حالة الكثبان، كما تحتوى على كمية كبيرة من الدبال، وقد يصل سمك هذه التربة إلى أكثر من مائة قدم، وتنقل بفعل الرياح من الصحارى والسهول الفيضية. (توجد سهول شاسعة مغطاة بتربة اللويس فى الصين وعلى طول نهر المسيسيبى).

■ **الجليد** :

تسمى التربة المنقولة فى هذه الحالة مادة أصل التربة جليدية Glacial S.P.M.، وتتكون فى المناطق الباردة والمناطق الجبلية المرتفعة حيث ينقل الجليد المتكون أثناء حركته مايصادفه من مواد صخرية حيث تتجمع وتكون تربة حبيباتها مختلفة الأحجام، وهذه التربة غير مرتبة فى طبقات.

■ **البناء الكيميائى للحبيبات المعدنية للتربة** :

تتركب حبيبات التربة كيميائيا من نسبة عالية من ثانى أكسيد السيليكون كما توجد أكاسيد الالمونيوم والحديد بنسبة أقل، وتختلف نسبة الكالسيوم والماغنسيوم فى الأراضى الموجودة بالمناطق المختلفة، ففى المناطق الجافة يوجدان

بنسبة أعلى منها فى المناطق الرطبة، ويوجد البوتاسيوم عادة بنسبة أقل من العناصر السابقة، أما الصوديوم والفوسفور فيمثلان بنسبة بسيطة فى التربة، وهناك عناصر توجد بنسبة قليلة جدا أو بعبارة أخرى أصبحت توجد آثار منها بالتربة ويمتص منها النبات كميات ضئيلة جدا، ولكنها لازمة فى حياته، وينجم عن عدم وجودها أضرار. ومن أمثلة هذه العناصر البورون والموليبدينوم والزنك والنحاس والمنجنيز والكوبلت واليود والفلور. هذا وتختلف نسبة المادة العضوية بالتربة تبعا لعوامل البيئة.

٢/٥/١/٣/١ تكوين التربة Soil Formtion

تنتج التكوينات الجيولوجية المواد المنشئة للتربة Soil Parent Materials بواسطة عمليات التعرية Erosion وتكون هذه المواد الكتلة الأساسية للتربة وتحدد صفاتها الفيزيقية Physical Properties لفترة طويلة، فالمكونات الأساسية لمعظم أنواع التربة مستمدة من الصخور (أكثر من ٩٠٪) كما أن التربة العارية المجففة فى الهواء مكونة من فتات الصخور التى تفتت على مر القرون ولاتزال تتفتت بفعل العوامل الطبيعية وأهمها الرياح والمياه واختلافات درجات الحرارة المتطرفة. وترافق عملية التفتت (وهى عملية فيزيقية) عملية أخرى بالغة الأهمية وهى التحلل الكيميائى، وذلك لأن النباتات لاتستطيع النمو فى الصخور المفتتة مهما صغر حجم حبيباتها مالم تتحول المواد الغذائية غير الذائبة الموجودة فى تلك الحبيبات إلى صورة قابلة للذوبان فى الماء حتى تستطيع الجذور النباتية أن تمتصها من محلول التربة. هذا ويعقب أو يصاحب عمليتا التفتت Desintigrationوالتحلل الكيميائى Decomposition وهما عمليتا هدم، عملية ثالثة حيوية Biological Processوتتم بواسطة الكائنات الدقيقة بالتربة Soil Micro - organisms وهى عملية بناء تؤدى إلى تكوين أو بناء التربة الحقيقية True Soil.

وفيما يلى الوصف المختصر لهذه العمليات الثلاث.

التفتت: تنشأ الحبيبات المعدنية، (وهى بمثابة هيكل التربة) من تفتت وتحلل الصخور، ويتم ذلك بعدة عوامل بينما تنشأ المادة العضوية من تحلل بقايا النباتات والكائنات الحية الأخرى، وأما الماء فالمصدر الرئيسى له هو المطر ويتخلل الهواء حبيبات التربة عن طريق الفراغات الموجودة بين الحبيبات بعد رشح الماء منها.

وتفتت الصخور Desintigrationعملية طبيعية تتم بفعل عوامل التعرية المختلفة وهى:

التقلبات فى درجة الحرارة Temptrature changesنظرا لأن الصخور تتركب من معادن كثيرة ولكل منها معامل تمدد وبتعاقب التسخين (نهارا) والتبريد (ليلا) تتفتت الصخور. وتمثل المياه الجارية وسقوط الأمطار والانسياب السطحى للثلوج وأمواج البحار عوامل تعرية طبيعية تؤدى إلى تفتت الصخور. كما يساعد على ذلك تعاقب التجمد والانصهار للمياه بين الشقوق وفى مسام الصخور. وتعتبر الرياح من العوامل الطبيعية التى تعمل على تفتيت الصخور، فعندما تكون محملة بحبيات الرمل فانها تكحت الصخور التى تعترض طريقها.

ويرافق عملية تفتت الصخور عملية أخرى بالغة الأهمية هى التحلل الكيميائى Decompositionذلك لأن معظم النباتات لاتستطيع النمو فى الصخور المفتتة مهما صغر حجم حبيباتها مالم تتحول الأملاح المعدنية غير القابلة للذوبان فى تلك الحبيبات إلى صورة قابلة للذوبان فى الماء تستطيع الجذور امتصاصها.

ويشمل التحلل الكيميائى العمليات الأساسية التالية :

- **الأكسدة Oxidation**

يتأكسد الحديدوز إلى الحديديك باستخدام الاكسجين الجوى .

$$4FeCO_3 + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 4CO_2$$

■ **الاختزال Reduction**

عندما تكون كمية الاكسجين محدودة خصوصا فى الطبقات العميقة من التربة تختزل المواد العضوية وتتحلل ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكربون.

■ **التميؤ Hydration**

ويشمل اتحاد الأملاح المعدنية بجزيئات الماء، مثل أكاسيد الحديد والسيليكون والألمونيوم، وغيرها.

$$2Fe_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2\,Fe_2O_3.\,3H_2O$$

■ **التحلل المائى Hydrolysis**

يحدث فى حالة الأملاح ذات الشق القاعدى القوى التى تستبدل بأيون الهيدورجين فى جزىء الماء.

وتنتج أحماض تساعد فى تحلل الصخور.

$$CaSiO_2 + 2HOH \rightarrow H_2SiO_3 + Ca(OH)_2$$

■ **التكربن Carbonation**

تتم هذه العملية باتحاد ثانى أكسيد الكربون بالأملاح القاعدية لتكوين كربونات وبيكربونات.

$$Ca(OH)_2 + 2\,CO_2 \rightarrow Ca\,(HCO_3)\ \ (11\,CO_3)_2$$

$$2K\,OH + CO_2 \rightarrow K_2\,CO_3 + H_2O$$

■ **التشرب Imbibition**

يؤدى تشرب الصخور المسامية للماء إلى زيادة حجمها،ويعمل ضغط التشرب إلى تشقق وتفتت هذه الصخور وتحللها.

يعقب عمليات التفتت والتحلل للصخور أو يصحبها عمليات بيولوجية

obeikandl.com

Biological Processes تساهم فى بناء التربة وتتمثل فى نمو الأشن والحزازيات فوق الصخور العارية وبموتها تصير التربة مهيأة لنشاط البكتريا وكائنات دقيقة أخرى لها القدرة على تثبيت النتروجين، وتصبح التربة صالحة تدريجيا لنمو النباتات الراقية، تتحلل بقايا النباتات إلى مادة عضوية داكنة هى الدبال Humus وهو ضرورى لبناء التربة.

كذلك تلعب ديدان الأرض والحشرات والحيوانات الصغيرة دورا هاما فى بناء وتطوير التربة فتساهم فى زيادة تفتتها وكذلك تدفع أجزاء الأوراق والحشائش إلى باطن التربة لتصبح جزءا من مادتها العضوية وتكون المواد الغذائية فى التربة مهيأة وأكثر إتاحة للنباتات فى وجود الديدان والحشرات.

تتعين الصفات الكيماوية والطبيعية للتربة بأنواع الصخور التى نشأت منها، فالأراضى التى تنشأ من الحجر الرملى مثلا تكون حبيباتها أكبر كثيرا ولذا تكون سعتها المائية أقل وتهويتها أحسن إذا قورنت بالأراضى الطينية التى تنشأ من الحجر الجيرى، وفضلا عن ذلك تكون الأراضى الأخيرة غنية بكربونات الكالسيوم، فى حين لاتحوى منه الأولى سوى النذر اليسير، ومن الواضح أن لهذه العوامل تأثير عميق على نوعية وكثافة الكساء الخضرى الذى يغطى نوعى التربة.

■ **التربة الحقيقية True Soil**

تمثل المادة المعدنية المستمدة من الصخور مادة التربة الاساسية وهى ثابتة إلى حد كبير، فالحبيبات التى تعرضت طويلا فوق سطح الأرض أو بالقرب منها حتى فى الأراضى التى طال استعمالها فى الزراعة قلما تختلف فى شىء عن حبيبات التربة العميقة التى ظلت محفوظة لم يعبث بها عابث.

يجب أن يعقب النشاط الهدمى الذى تنطوى عليه عمليات التعرية الطبيعية والكيماوية أو تصحبه قوى بيولوجية بناءة لكى يؤدى إلى بناء التربة، فتراكم مادة التربة الأصلية يعقبه أو يصحبه دخول مادة حية هى المسئولة أولا عن

العمليات البناتية فى تكوين التربة وتعيد بقايا النباتات إلى التربة أكثر مما تأخذ منها النباتات الخضراء، تدأب النباتات طول حياتها على بناء الكثير من المواد العضوية كالسكريات والنشويات والسليلوز والدهون والبروتينات، وتعود معظم هذه المواد إلى التربة عندما يموت النبات. وتحدث المادة العضوية التى ينتجها الكساء الخضرى إلى التربة تغيرات جوهرية فلا تعود مادة عضوية، وسرعان ماتصبح التربة مرتعا للبكتريا والفطريات وغيرها من الكائنات الحية ففى خلال عملية تكوين التربة تتحول بقايا النباتات والحيوانات المرافقة لها بتأثير نشاط الكائنات الدقيقة إلى المادة العضوية ذات اللون الداكن التى تحتوى عليها التربة، وتتراوح كمية المادة العضوية المتحللة (الدبال) فى أية تربة معدنية مابين أقل من ١٠ ٪ وأكثر من ١٥ ٪ من وزنها الجاف.

■ **للتربة الحقيقية مكونات خمس :**

- حبيبات معدنية ذات أحجام متفاوتة وفى درجات متفاوتة من التحلل الكيماوى.
- مادة عضوية فى درجات متفاوتة من التحلل مابين بقايا نيئة Litter or Raw material ودبال Humus تام الانحلال.
- محلول التربة وهو مكون من أملاح غير عضوية-
- هواء التربة الذى يشغل الفراغات البينية غير الممتلئة بمحلول التربة.
- الكائنات الدقيقة بين نباتية وحيوانية.

■ **قطاع التربة Soil Profile**

تتكون معظم أنواع التربة من حبيبات معدنية تختلف فى أحجامها وتركيبها الكيميائى ودرجة ذوبانها وتتغير خصائص التربة بفعل العوامل المناخية والاحيائية (الكساء الخضرى) فمثلا تغسل كربونات الكالسيوم وغيرها من المواد الذائبة وتحمل إلى الطبقات البعيدة عن السطح، ويحدث مثل ذلك لحبيبات التربة

الدقيقة غير القابلة للذوبان والغرويات، اذ تنتقل إلى الطبقات العميقة عند تسرب مياه الأمطار داخل التربة، ونتيجة لذلك تتميز التربة إلى طبقات Layers أو آفاق Horizons تختلف عن بعضها البعض من الأوجه الطبيعية والكيميائية والحيوية ويكون لكل أفق ملامح مميزة من حيث اللون والتماسك والبناء والقوام والمرونة وغياب أو وجود تجمعات خاصة لبعض المواد، مثل الكربونات والكبريتات وغيرها.

ولذلك يمكن تمييز عمليات تكوين التربة فى مجموعها ويمكن تقسيمها إلى طورين متداخلين:

الطور الأول : هو طور تجمع مواد الأصل أو المنشأ

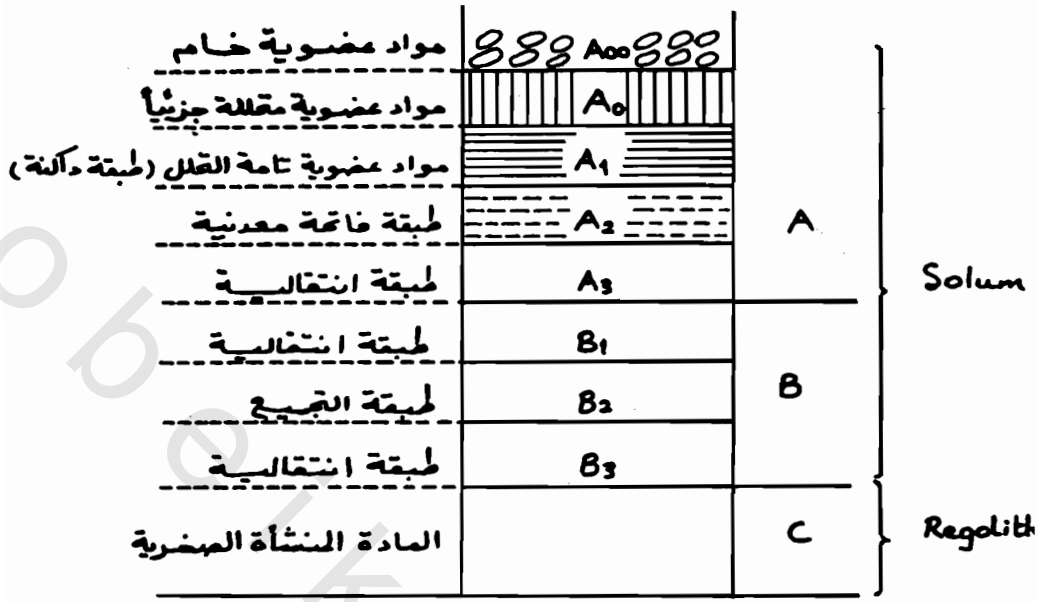
الطور الثانى: وهو تميز الطبقات.

ومقطع التربة عبارة عن الافاق أو الطبقات التى تظهر فى الامتداد الرأسى لجسم التربة.

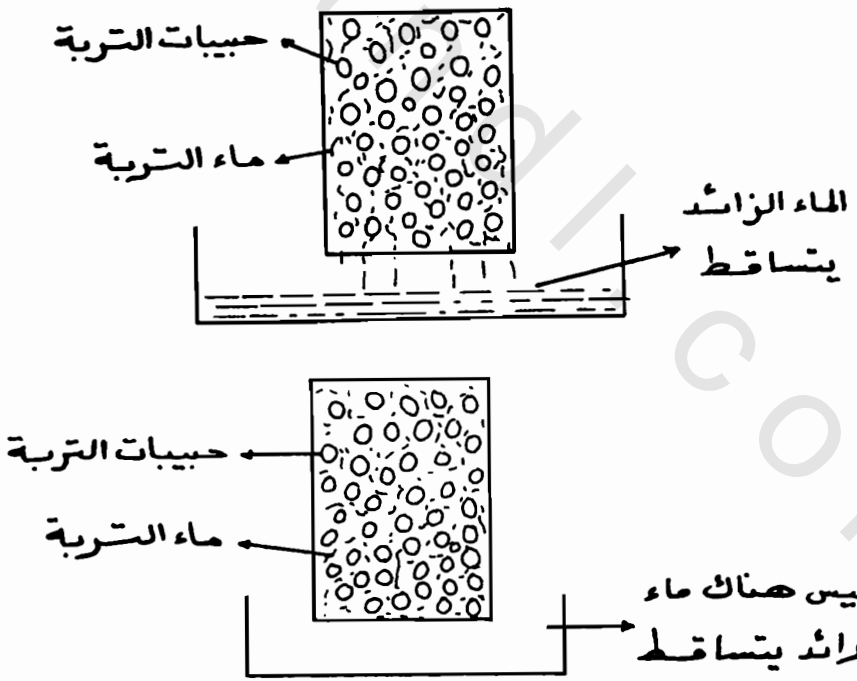
وعموما فهناك ثلاثة آفاق رئيسة تتميز داخل مقطع التربة ويعبر عنها بالرموز A- B- C حيث يدل الرمز (A) على الأفق السطحى أو منطقة الاستخلاص والرمز (B) على الأفق الانتقالى أو منطقة التركيز والرمز (C) على مادة أصل التربة.

- **الافق السطحى (A) :**

يتركب من حبيبات خشنة نتيجة لانتقال الحبيبات الدقيقة والغرويات إلى أسفل، كذلك يكون هذا الأفق فقيرا فى الأملاح القابلة للذوبان نتيجة لعملية الغسيل بواسطة الماء الذى يتسرب إلى الطبقات العميقة، ويرجع وجود الحبيبات المركبة إلى وجود المواد العضوية المتحللة، وهذه الصفة من شأنها أن تجعل هذا الأفق سهل الاختراق بواسطة الجذور، وفى الأراضى التى يكون فيها الغطاء النباتى كثيفا تتجمع بقايا النباتات على السطح وكذلك يبدو الأفق السطحى مقسما إلى عدة طبقات يرمز لها بالرموز $A_3, A_2, A_1, A_0, A_{00}$.



مقطع رأسي نموذجي بالتربة



A_{00} هذه الطبقة عبارة عن أوراق نباتية وفروع حديثة السقوط ومواد عضوية أخرى غير متحللة.

A_0 فى هذه الطبقة يتم تحلل البقايا جزئيا.

A_1 طبقة داكنة نتيجة تحلل المواد العضوية تحللا كاملا لتكوين الدبال .

A_2 طبقة لونها فاتح نتيجة عمليات الغسيل بواسطة مياه المطر لكنها تحتوى على نسبة من الأملاح المعدنية أكثر من A_1 ، ومواد عضوية أقل.

A_3 طبقة انتقالية بين A_2 و B وتشبه الافق A_1 أكثر من الأفق الانتقالى B (منطقة التركيز أو التجمع) ، ويقع أسفل الأفق السابق، وتتجمع به الأملاح الذائبة والحبيبات الدقيقة التى يحملها الماء من الطبقات العليا ويقل اختراق الجذور لهذه الطبقة كما يقل تفرعها.

ويتبع الأفق B الطبقات التالية :

B_1 طبقة انتقالية وتشبه B أكثر من A .

B_2 ويحدث بها أقصى تجمع لحبيبات الطين والغرويات العضوية والأملاح المعدنية الذائبة ولذلك فحبيبات التربة متماسكة مما يعوق اختراق الجذور.

B_3 طبقة انتقالية بين B ، C ولكن تشبه B أكثر .

C أفق مادة أصل التربة.

ويقع أسفل منطقة التركيز، ويتركب عادة من الصخور الأصلية التى نشأت منها التربة.

ويطلق على الآفاق A و B التربة الحقيقة ويطلق على الأفق C مادة أصل التربة (القاعدة الصخرية) .

٣/٥/١/٣/١ الخواص الفيزيقية للتربة Soil Physical Properties

تشتمل دراسة الخواص الفيزيقية للتربة على مايلى:

(أ) قوام التربة .

(ب) بناء (أو تركيب) التربة .

(ج) المحتوى المائى للتربة .

(د) مسامية التربة .

(هـ) درجة الحرارة بالتربة .

(أ) قوام التربة Soil Texture

يعرف قوام التربة بأنه الخاصية التى تدل على التوزيع الحجمى للحبيبات الأولية التابعة لمجموعة الرمل والسلت (الطمى) والطين ويعبر عن درجة نعومة أو خشونة التربة.

وحبيبات الرمل أكبرها حجما وليس لها خصائص غروية، لذلك لاتستطيع امتصاص الماء أو المواد الذائبة كما أنها لاتقوم فى التربة بأى عمل كيميائى ولكن لها تأثير هام فى معادلة بعض ما للطين من خصائص غير مرغوب فيها، أما حبيبات الطمى فهى متوسطة الحجم ولها نشاط كيميائى وفيزيقى ضئيل.

ويتكون الطين من حبيبات بالغة الصغر، وتمثل القاعدة لكل العمليات الفيزيقية والكيميائية التى تتم بالتربة، وأهم الخصائص الفيزيقية لحبيبات الطين سعتها المائية العالية، واتساع سطح التجمع بما يسمح بامتزاز أعلى قدر من الكاتيونات (Ca^{++}, $O\ k^{+}$, Na^{+}) لذلك فانها تتحكم فى خصوبة التربة.

يمكن فصل المجاميع المختلفة المكونة للتربة بعدة طرق منها التحليل الميكانيكى باستعمال طريقة المناخل للتربة الرملية، طريقة الهيدرومتر والماصة للتربة الطينية.

يبين الجدول التالى الأقطار القياسية لحبيبات التربة :

حبيبات التربة	القطر (بالملليمتر)
رمل خشن جدا	٢,٠ – ١,٠
رمل خشن	١,٠ – ٠,٥
رمل متوسط	٠,٥ – ٠,٢٥
رمل ناعم	٠,٢٥ – ٠,١
رمل ناعم جدا	٠,١ – ٠,٠٥
طمى (سلت)	٠,٠٥ – ٠,٠٠٢
طين	أقل من ٠,٠٠٢

وعموما تنقسم التربةمن حيث القوام لعدة أقسام منها:

* تربة رملية (Sandy Soil) : أكثر من ٨٠ ٪ رمل.
* تربة رملية صفراء (Loamy Soil): ٣٥ ٪رمل – ٤٥ ٪طمى – ٢٠ ٪ طين.
* تربة طينية صفراء (Silty Soil) :٦٠ ٪ طمى – أكثر من ٢٠ ٪ طين.
* تربة طينية : (Clayey Soil) أكثر من ٣٠ ٪ طين.

- يؤثـــر قوام التربة على معدل حركة الماء فى التربة، فمثلا: ينفذ ماء المطر بسرعة فى التربة ذات الحبيبات الخشنة بينما ينفذ ببطء فى الأراضى ذوات الحبيبات الدقيقة مما يؤدى إلى ضياع جزء من ماء المطر بالتسرب السطحى والتبخر.
- يؤثر قوام التربة على سعتها المائية فالتربة التى تحتوى على نسبة كبيرة من الحبيبات الدقيقة يكون المجموع السطحى لها كبير وهذا يزيد من قدرة التربة على حمل الماء. ويرجع ذلك إلى وجود الماء فى التربة على صورة أغشية

تغلف الحبيبات، وكما يوجد فى الفراغات المحصورة بين الحبيبات، يوجد أيضا متشربا بواسطة الغرويات.

- توجد الغرويات بنسبة عالية فى التربة ذات الحبيبات الدقيقة وبنسبة ضئيلة فى التربة ذات الحبيبات الخشنة، وحيث ان الأيونات اللازمة لتغذية النبات توجد مُمْتَزَّةً على سطح الحبيبات الغروية لذلك يعد النوع الأول من التربة أكثر خصوبة من الثانى.
- نظرا لاحتواء التربة الثقيلة على نسبة كبيرة من الحبيبات الدقيقة والغرويات، تكون مقاومتها الميكانيكية لاختراق الجذور أكبر من التربة الخفيفة التى تتركب من نسبة عالية من الحبيبات الخشنة.
- للتركيب الميكانيكى للتربة أثر كبير على درجة التهوية، ففى التربة ذات الحبيبات الكبيرة وكذلك فى التربة الثقيلة التى تتجمع حبيباتها الدقيقة على هيئة حبيبات مركبة كبيرة الحجم- تحصر الحبيبات فيما بينها فراغات كبيرة تسمح بمرور الغازات خلال التربة، وبذلك يسهل التخلص من ثانى أكسيد الكربون الذى يتجمع نتيجة لتنفس الجذور والكائنات الحية الموجودة بالتربة، ويحل محله الاكسجين اللازم لعملية التنفس أما التربة ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة فتكون رديئة التهوية.

(ب) بناء التربة Soil Structure

تركيب التربة مصطلح يعبر عن طريقة ترتيب الحبيبات Granules المنفردة أو مجموعة Floccules الحبيبات ,Granules التى تتكون منها التربة، ومما يحول دول التقاء الحبيبات الصخرية التقاء تاما وتداخلها باحكام بعضها مع بعض، عدم انتظامها فى الحجم والشكل، ولهذا تتخلف فراغات غير منتظمة يدور فيها الماء والهواء. وفى الوقت نفسه يحقق ثقل الحبيبات وتضاغطها وجود المقاومة اللازمة لتثبيت الجذور بقوة. وليست التربة مجرد خليط طبيعى للأجزاء

التى تتكون منها فالحبيبات مترابطة باحكام فى مجاميع تلتحم فيها بتأثير المواد الغروية. والأراضى ذات الحبيبات المنفردة تعتبر بسيطة نسبيا، وتوجد هذه الأراضى فى المواضع التى لا يتوافر بها القدر الكافى من الغرويات الملصقة. والتربة الطينية ذات تركيب معقد غاية التعقيد فى حبيباتها- أو مجاميع الحبيبات بها تلتصق معا بواسطة مواد غروية ناشئة من أدق حبيبات الطين والدبال، وتعوق زيادة نسبة الحبيبات الدقيقة بالتربة إلى حد ما تحركات الماء والهواء، ولذلك فان التربة الصفراء تتميز بمحتوى مائى أعلى وأكثر انتظاما من الأراضى الرملية. ويحدد تركيب التربة ساميتها إلى حد بعيد، وتؤثر المسامية بدورها على امتصاص الماء وبالتالى على الانسياب السطحى ومايترتب عليه من تآكل التربة.

■ **هناك أربع طرازات مختلفة لبناء التربة كما يلى :**

١- تربة حبيباتها متماثلة ومفككة .

٢- تربة حبيباتها متماثلة ومتماسكة نسبيا.

٣- تربة حبيباتها متباينة الحجم ومتماسكة.

٤- تربة حبيباتها متباينة الحجم ومتجمعة فى رقائق متراكبة.

ويوضح الطراز الرابع البناء المتراكب حيث تتجمع الحبيبات وتتماسك بواسطة المواد الغروية (دقائق الطين والدبال) وتتميز التربة متراكبة البناء بأنها حسنة التهوية والصرف، كما أن اختراق الجذور لها يكون سهلا، وتصل فيها المسامية إلى ٦٠٪ حيث تجعل ظروف تجمع التربة أكثر نفاذية للماء والهواء والجذور أما الطراز الثالث حيث تكون الحبيبات متباينة الحجم ومنفردة ويسبب ذلك سوء التهوية والصرف وانخفاض مساميتها (٢٥٪) كما أن تداخل الدقائق يعوق نمو الجذور.

ويتوقف حجم الفراغات الهوائية على بناء التربة الذى يؤثر بدوره على درجة التهوية لهذا تضاف المواد العضوية إلى الأراضى الطينية لتعمل على تجمع

الحبيبات الدقيقة المنفردة لتكون حبيبات مركبة تحصر بينها فراغات بينية تحسن ظروف التهوية.

العوامل التى تؤثر على بناء التربة :

■ **الجذور والشعيرات الجذرية** :

تلعب جذور النباتات دورا هاما فى تجمع حبيبات التربة ويتم ذلك بعدة وسائل منها:

* أثناء نمو الجذور والشعيرات الجذرية فانها تفتت التربة إلى حبيبات.
* تعمل الجذور وشعيراتها على ربط الحبيبات وبذلك تؤدى إلى تثبيت التربة.
* يؤدى الضغط الناشىء عن الجذور النامية إلى تجمع الحبيبات.
* يؤدى امتصاص الماء بواسطة الجذور إلى نزع الأغلفة المائية من حول الدقائق الفردية مما يؤدى إلى تقاربها ثم تجميعها.
* الدبال الناتج عن تحلل الجذور عامل هام لتجميع الحبيبات.

■ **ديدان الأرض** :

تحفر ديدان الأرض والحشرات فى التربة باستمرار مما يؤدى إلى عمل فراغات بها .كذلك، فإن مرور جزء كبير من التربة خلال أجسامها عند تغذيتها يغير من صفات التربة. وللديدان نشاط فى دفع الأجزاء النباتية كالأوراق والحشائش إلى باطن التربة لتصبح جزءا من المادة العضوية بها.

■ **النمل، القوارض، النيماتودا** تلعب دورا هاما مماثلا لديدان الأرض فى تطوير التربة.

■ **الكائنات الحية الدقيقة فى التربة.**

تعمل الفطريات وبعض الكائنات الدقيقة على تجميع حبيبات التربة بواسطة خيوطها الفطرية وكذلك نتيجة لافرازاتها العضوية كالصمغ والشمع،

ويلاحظ ايضا أن للكائنات الدقيقة دور أساسى فى دورات الاملاح المعدنية، الاكسجين، ثانى أكسيد الكربون، والنيتروجين فى الطبيعة، وهذا عامل هام له آثره فى تطور وبناء التربة.

- **الحرث**: يؤدى حرث التربة إلى تفتيتها وتقليبها مما يحسن ظروف التهوية والصرف.
- **المناخ**: تؤثر عوامل المناخ كالأمطار فى بناء التربة.
- الفراغات الشعرية وغير الشعرية **Capillary and Non- Capillary Pores**

تمثل مسامية التربة حوالى ٥٠ ٪ من الحجم الكلى للتربة الحقيقية ويشغلها الماء والهواء، وهناك نوعان رئيسيان للفراغات بالتربة .

- **فراغات شعرية Capillary Pores**

أى الفراغات التى تحدد كمية الماء الذى تحتفظ بها التربة بعد المطر أو الرى مباشرة .

- **فراغات غير شعرية Non- Capillary Pores**

وهى التى تحدد كمية الهواء بالتربة.

تم تقسيم التربة إلى ثلاثة أنواع رئيسية تبعا لحجم وبناء الحبيبات :

- **تربة نموذجية البناء** :

وهى التربة التى تكون فيها المسامية من فراغات شعرية وغير شعرية، الأولى (تكون ٥٠ ٪ تقريبا) للاحتفاظ بقدر كاف من الماء، والثانية لتبادل الغازات الضرورية للتنفس، وهذه الصفات متوافرة فى التربة الصفراء التى تحتوى على كميات من الطمى «السلت– Silt » حوالى ٤٥ ٪ من وزنها ونسبة الطين بها ٢٠ ٪ والرمل ٣٠ ٪ .

■ **تربة معقدة البناء :**

وهذه هى التربة الطينية وقد سميت كذلك للصغر المتناهى لحبيباتها ولاحتوائها على نسبة ضئيلة من الفراغات الشعرية ولذا فهى رديئة التهوية والصرف كذلك لاحتفاظها بكميات كبيرة من الماء تزيد عن حاجة النبات حيث تزداد فيها نسبة الفراغات الشعرية عن ٥٠ ٪ وهذا النوع من التربة يحتوى على نسبة من الطين تصل إلى ٣٥ ٪ ونسبة ضيئلة من الرمل (١٥ ٪) ونسبة كبيرة من الطمى (حوالى ٥٠ ٪) تضاف مادة عضوية إلى التربة لتجمع الحبيبات الدقيقة على صورة حبيبات مركبة (أى عملية تجميع) لمعالجة رداءة التهوية.

■ **تربة بسيطة البناء:**

وهى التربة الرملية (حوالى ٦٠ ٪ رمل + ٣٠ ٪ طمى + ١٠ ٪ طين) والتى تكون فيها نسبة الفراغات غير الشعرية مرتفعة. ويرجع ذلك لكبر حجم حبيباتها بينما تكون نسبة الفراغات الشعرية ضئيلة، ولذلك تعتبر هذه التربة جيدة التهوية ولكنها قليلة الاحتفاظ بالماء وتعتبر هذه الصفة الأخيرة من عيوب التربة الرملية.

(جـ) المحتوى المائى للتربة (رطوبة التربة) Soil Moisture

ترجع أهمية الماء كعامل حيوى للكائنات الحية للأسباب التالية :

يعتبر الماء من المكونات الرئيسية للمادة الحية (البروتوبلازم) .

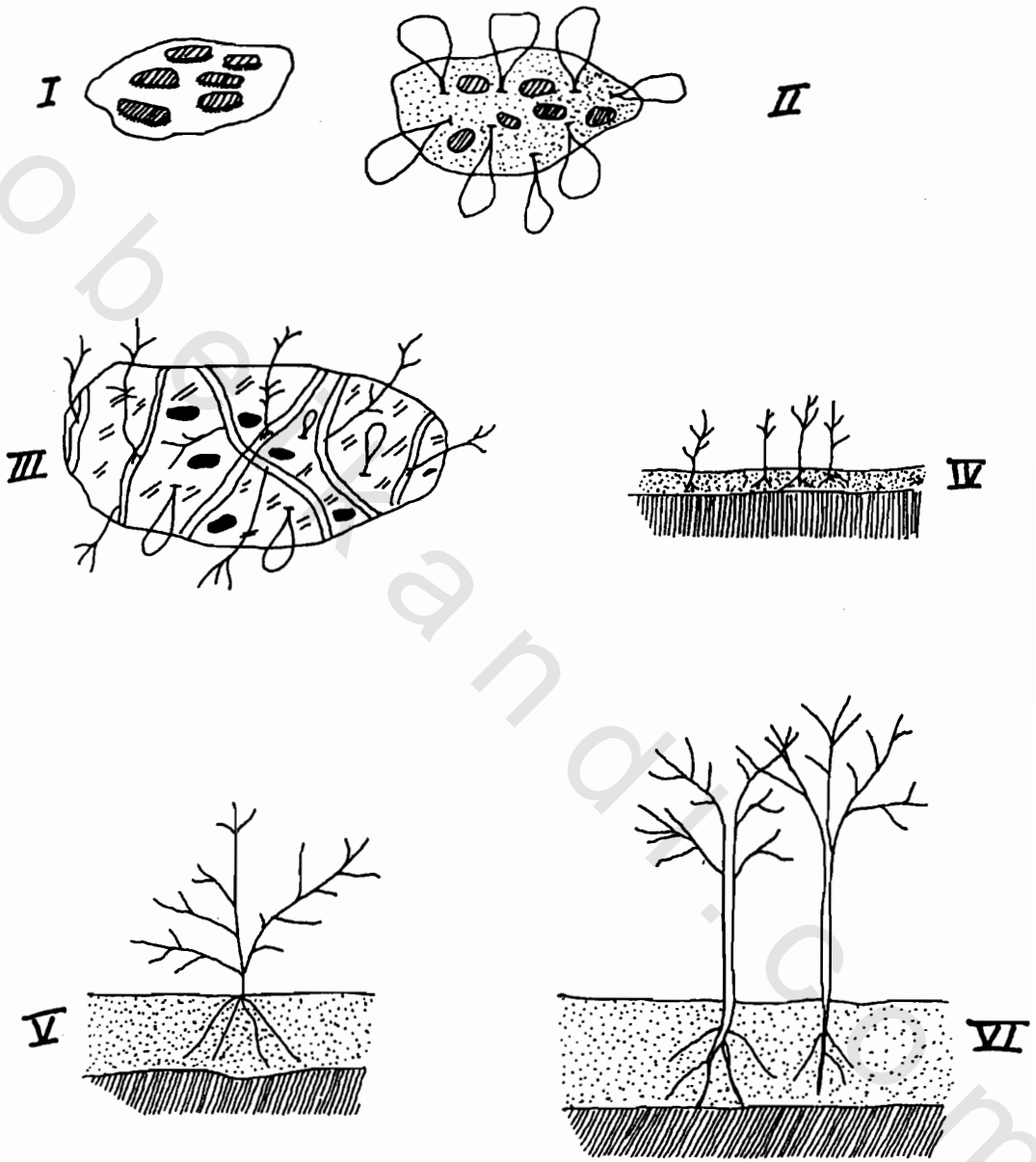
يمثل الماء مع ثانى أكسيد الكربون القاعدة الأساسية فى عملية البناء الضوئى.

للماء كمذيب دور هام فى انتشار أو انتقال الايونات والأملاح غير العضوية من خلية لاخرى.

يعمل الماء على تنظيم درجة حرارة النبات وحمايته من الحرارة المرتفعة.

امتلاء الخلية بالماء يجعلها قادرة على القيام بجميع وظائفها الحيوية.

يتم استهلاك الطاقة الزائدة فى النبات عن طريق تبخر الماء أثناء النتح .



رسم تخطيطى يوضح مراحل الكساء الخضرى فى البيئة الجافة (الصخرية)

يعوق نقص المحتوى المائى فى انسجة النباتات الصغيرة النمو نتيجة حدوث خلل فى الوظائف الحيوية داخل الخلايا، بينما فى النباتات الكبيرة فإن ذلك يسرع من معدل البلوغ maturity وبالتالى تتكون بذور ضعيفة.

لاختلال التوازن المائى (معدل النتح والامتصاص) خطورته بالنسبة للنبات فإذا كان معدل النتح أكبر من معدل الامتصاص أدى ذلك إلى ذبول النبات وموته.

يعتبر الماء من أهم مكونات التربة لذلك تعد الرطوبة من أهم عوامل التربة، ومن أهم المصادر المائية المطر بل هو المصدرالوحيد فى كثير من الحالات.

واذا تتبعنا مصير ماء المطر الذى يسقط على التربة وجدنا أن جزءا ليس باليسير يجرى فوق سطح الأرض ويفقد عن طريق التسرب السطحي ويحدث هذا عادة عندما يكون سطح الأرض صلبا أو المطر غزيرا وهذا الجزء من ماء المطر يذهب سدي، ولا يستفيد منه النبات في هذه المنطقة، واذا تتبعنا الماء الذي ينفذ داخل التربة نجد أنها تتشبع بالماء أولا، ثم تحتجز بعد ذلك الماء الذي يملأ الفراغات الواسعة غير الشعرية فيرشح الي أسفل بعد مدة قصيرة من سقوط المطر بتأثير الجاذبية الأرضية، واذا صادف هذا الماء طبقة صماء غير منفذة للماء تجمع وبقي ساكنا ويعرف عندئذ بمستوى الماء الأرضى (Waler-table) ويستفيد النبات من الماء الشعرى الذى تحتفظ به التربة

أما الماء الأرضى فيكون بعيدا عن متناول الجذور ولا يستفيد منه النبات الا إذا كان ضحلا، ويتعرض الماء الشعرى الذى تحتفظ به الطبقات السطحية من التربة للفقد عن طريق التبخر، وكذلك عن طريق امتصاص الجذور السطحية له، أما الماء الشعرى الذى تحتفظ به الطبقات البعيدة عن السطح فيكون النقص فيه راجعا لامتصاص الجذور له فقط، وهذا الجزء الممتص يفقد معظمه عن طريق النتح.

ويمكن تقسيم المحتوى المائى للتربة إلى خمسة أقسام كمايلى:

■ **ماء الجاذبية الأرضية Gravitational Water**

وهو الماء الذى يشغل الفراغات غير الشعرية فى التربة وينفذ الى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية. وتكون التربة عقب الرى أو المطر الغزير مشبعة بالماء الذى يملأ الفراغات الشعرية وغير الشعرية ثم لا يلبث الماء الذى يشغل الفراغات غير الشعرية أن يتحرك إلى أسفل، أى يرشح بعد مدة من الزمن تاركا هذه الفراغات لتمتليء بالهواء واذا صادف هذا الماء طبقة صلبة قريبة من السطح أو كان مستوى الماء الأرضى ضحلا أدى ذلك إلى رشح الماء غير الشعرى ببطء وبذلك تصبح الأرض رديئة التهوية مما يلحق الضرر بالنبات. واستفادة النبات من ماء الجاذبية الأرضية عن طريق الامتصاص بسيطة، ويرجع ذلك إلى سرعة رشحه إلى الأعماق البعيدة عن متناول الجذور.

■ **الماء الشعرى Capillary Water**

يتبقى جزء من الماء بعد تسرب ماء الجاذبية الأرضية من الطبقات السطحية للتربة على صورة أغشية حول حبيبات التربة وقطرات معلقة فى زوايا المسام الكبرى، وتملأ تماما المسام الضيقة (الفراغات الشعرية) ويعرف هذا بالماء الشعرى الذى تمنعه قوة بسيطة على سطح الحبيبات من الاستجابة لشد الجاذبية، إلا أنه يسهل على النبات امتصاصه عدا الجزء من الماء الشعرى والذى تحمله أدق الحبيبات الغروية بقوة كبيرة ويصعب على النبات امتصاصه. وتختلف كمية الماء الشعرى الذى تحمله التربة تبعا لنوعها، ففى التربة الطينية حيث يكون المجموع الكلى لسطوح الحبيبات كبيرا وكذلك نسبة الفراغات الشعرية تستطيع التربة حمل مقدار كبير من الماء الشعرى، بينما تقل كمية الماء الشعرى فى التربة الرملية حيث المجموع الكلى لسطوح الحبيبات أقل إلى حد كبير.

■ **الماء الهيجروسكوبى Hygroscopic Water**

وهو الجزء من الماء الذى تحتجزه التربة بعد جفافها فى الهواء ويوجد هذا

الماء فى صورة أغشية رقيقة جدا على سطح الحبيبات بقوة كبيرة، ويستحيل على النبات امتصاصه، وكمية الماء الهيجروسكوبى التى تحتفظ بها التربة ليست ثابتة، ولكنها تتغير قليلا تبعا لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة فى الهواء يتبخر هذا الجزء عند ١٠٥° م

- **بخار الماء Water Vapour**

يوجد الماء على صورة بخار فى الهواء الذى يشغل الفراغات المحصورة بين الحبيبات.

- **الماء المتحد Combined Water**

بالاضافة لما سبق يوجد جزء ضئيل من الماء يتمثل فى جزيئاته المتحدة كيميائيا مع حبيبات التربة فمثلا يتحد الماء مع أكاسيد مائية، ويعرف هذا الجزء من الماء باسم الماء المتحد Combined Water ولايستفيد منه النبات كما أنه لايتبخر بالتسخين عند ١٠٥° م.

- **ثوابت رطوبة التربة Soil Moisture Constants**

سنتقصر على شرح مايأتى من الاصطلاحات العلمية الشائعة التى تتعلق بالمحتوى المائى للتربة :

- **السعة الحقلية Field Capacity**

هى كمية الماء التى تحتويها التربة بعد رشح ماء الجاذبية الأرضية، وعندما تصبح حركة الماء الشعرى بطيئة جدا، وبعد الرى أو سقوط الأمطار تصل التربة إلى السعة الحقلية بعد مدة تختلف حسب نوع التربة، ففى التربة الخفيفة لاتتجاوز ساعات قليلة بينما تصل فى التربة الثقيلة خلال يومين أو ثلاثة أيام.

ويعبر عن السعة الحقلية كنسبة مئوية من وزن التربة الجافة، وتختلف فى الأراضى المختلفة، ففى التربة الرملية الخشنة تبلغ ١٢ ٪ من الوزن الجاف بينما

تحتفظ التربة الطينية بحوالى ٣٥٪، وكلما صغرت حبيبات التربة زادت مساحة السطح الذى يحتفظ بالماء الذى تحتفظ به التربة وبالتالى تزيد السعة الحقلية. ولمعرفة السعة الحقلية أهمية خاصة فى تقدير كمية مياه الرى.

■ **السعة المائية القصوى Maximum Water- Holding Capacity**

هى كمية الماء الموجودة فى طبقة رقيقة من التربة المشبعة بالماء، ولتعيين السعة المائية القصوى توضع التربة فى وعاء معدنى ضحل قاعه مثقب (صندوق/ هلجارد بان) ثم يترك فى حوض به ماء بحيث يكون القاع المثقب ملامسا لسطح الماء وبعد ٢٤ ساعة يوضع الوعاء بما يحتويه من التربة المشبعة فى فرن على درجة ١٠٥° م ، ومن النقص فى الوزن يمكن تعيين السعة المائية القصوى كنسبة مئوية من الوزن الجاف للتربة.

■ **معامل الذبول Wilting Piont**

ويمثل معامل الذبول الحد الادنى للماء اللازم لنمو النبات، وليس الحد الأدنى للماء الذى يستطيع النبات امتصاصه، إذ أن النبات يستطيع أن يمتص الماء من التربة إذا قلت قيمته عن معامل الذبول حتى يصل إلى الماء الهيجروسكوبى، ولكن الماء الممتص فى هذه الحالة لايكفى لنمو النبات ولكن لبقائه حيا فقط.

وتتوقف قيمة معامل الذبول على عدة عوامل، منها نوع التربة ونسبة المادة العضوية، وتختلف نسبته فى الطبقات المختلفة من التربة.

ويعتبر معامل الذبول الدائم من أهم ثوابت رطوبة التربة إذ أنه بطرح معامل الذبول من القيمة الحقيقية للمحتوى المائى للتربة يمكن الحصول على الماء المتاح وتمثل الرطوبة المثلى لنمو النباتات (المدى بين معامل الذبول والسعة الحقلية).

■ **حركة الماء فى التربة Soil Water Movement**

إن حركة الماء فى التربة معقدة إذ أنها تأخذ عدة اتجاهات كما أنها تخضع

لعوامل مختلفة مثل المحتوى المائى والقوام ويتحرك الماء إلى أسفل عقب الرى أو سقوط الأمطار، كما يتحرك إلى أعلى عندما تأخذ الطبقات السطحية من التربة فى الجفاف، أما الحركة الجانبية فهى محدودة.

ويتحرك الماء فى صورتين احداهما السائلة والأخرى الغازية. وسنتحدث فيما يلى بايجاز عن حركة أنواع ماء التربة المختلفة:

■ **حركة ماء الجاذبية الأرضية**

تتأثر حركته بعدد وحجم الفراغات غير الشعرية، كما تتأثر أيضا بكونها مستمرة أو متقطعة، لذلك نجد أن حركة ماء الجاذبية الأرضية أسرع فى الأراضى الرملية عنها فى الطينية ويرجع هذا إلى أن الفراغات غير الشعرية فى الأولى واسعة فتسمح بمرور الماء بسهولة وكذلك نسبتها أكبر، ومما يساعد على سهولة حركة الماء أيضا وجود الممرات التى تتركها الديدان عند حركتها فى التربة، وكذلك وجود القنوات التى تنشأ نتيجة لتحلل الجذور، ومن العوامل التى تعمل على إبطاء حركة ماء الجاذبية الأرضية وجود طبقة صلبة، أو وجود مستوى الماء الأرضى قريبا من السطح.

■ **حركة الماء الشعرى**

يتحرك الماء الشعرى فى جميع الاتجاهات، وتكون حركته الجانبية محدودة جدا، وتتأثر حركته بالجذب السطحى بين الأغشية المائية المختلفة فى سمكها وفى انحنائها، فنقل الماء الشعرى فى الأغشية السميكة حيث تكون القوى التى تمسك بها على سطح الحبيبات بسيطة إلى الأغشية الأقل سمكا- حيث تكون القوى التى تمسكها كبيرة، وكذلك ينتقل الماء من الأغشية الأقل فى درجة انحنائها إلى الأغشية الأكبر فى درجة انحنائها وارتفاع الماء الشعرى فى الأنابيب الشعرية الضيقة يكون أكبر منه فى الانابيب الشعرية الأوسع نسبيا، ويحدث مثل ذلك فى التربة الطينية التى تكون بها الفراغات الشعرية ضيقة فيرتفع فيها الماء الشعرى إلى مستوى أعلى بكثير منه فى التربة الرملية ذات

الفراغات الشعرية الواسعة نسبيا أما حركة الماء الشعرى فى التربة القريبة من درجة التشبع فتكون أسرع فى التربة الرملية منها فى التربة الطينية.

■ **حركة بخار الماء**

تفقد الأغشية المائية التى تغلف الحبيبات فى التربة الجافة اتصالها، وبذلك تنعدم حركة الماء الشعرى، وتصبح حركة الماء مقصورة على بخار الماء الذى يوجد بالفراغات، وتتأثر حركة بخار الماء فى التربة باختلاف الضغط البخارى فى المناطق المختلفة، فينتقل بخار الماء من المناطق ذات الضغط العالى إلى المناطق ذات الضغط البخارى المنخفض، وينشأ الاختلاف فى الضغط البخارى من الاختلاف فى درجات الحرارة والرطوبة فى الطبقات المختلفة من التربة، وكذلك فى الهواء الجوى فى الليل والنهار، وفى الفصول المختلفة ويتبع ذلك تحرك بخار الماء فى الطبقات المختلفة فى اتجاهات مختلفة، وكذلك تحركه من التربة إلى الهواء أوبالعكس.

استجابة الجذور للمحتوى المائى للتربة

■ **الاستجابة للمحتوى المائى المنخفض:**

يعمل المحتوى المائى المنخفض على تنشيط الجذور ونموها نموا كبيرا بشرط أن يكون الماء أقل مما يتطلبه النبات، ونتيجة لذلك يزداد السطح الماص للجذور وبدرجة كبيرة، ويزداد تعمق الجذر الأصلى، كما يزداد عدد الجذور الجانبية ومثل هذا المجموع الجذرى أكثر ملاءمة لمقاومة النبات للجفاف، كما أن تعمق الجذور فى التربة يجعلها تتلامس مع مناطق كبيرة فيزيد ذلك من قدرتها على امتصاص الماء والعناصر الغذائية، ولايشترط فى المجموع الجذرى المثالى كثرة تفرعه بقدر مايشترط فيه تغلغله، فى التربة لاعماق مناسبة وانتشاره فى محيط كاف لضمان امتصاص الماء والاملاح فى كل وقت وحين، وإذا أصبحت التربة جافة بدرجة كبيرة هبط معدل تكوين الجذور وربما توقف تماما ونتيجة لذلك تختزل الاجزاء الهوائية للنبات.

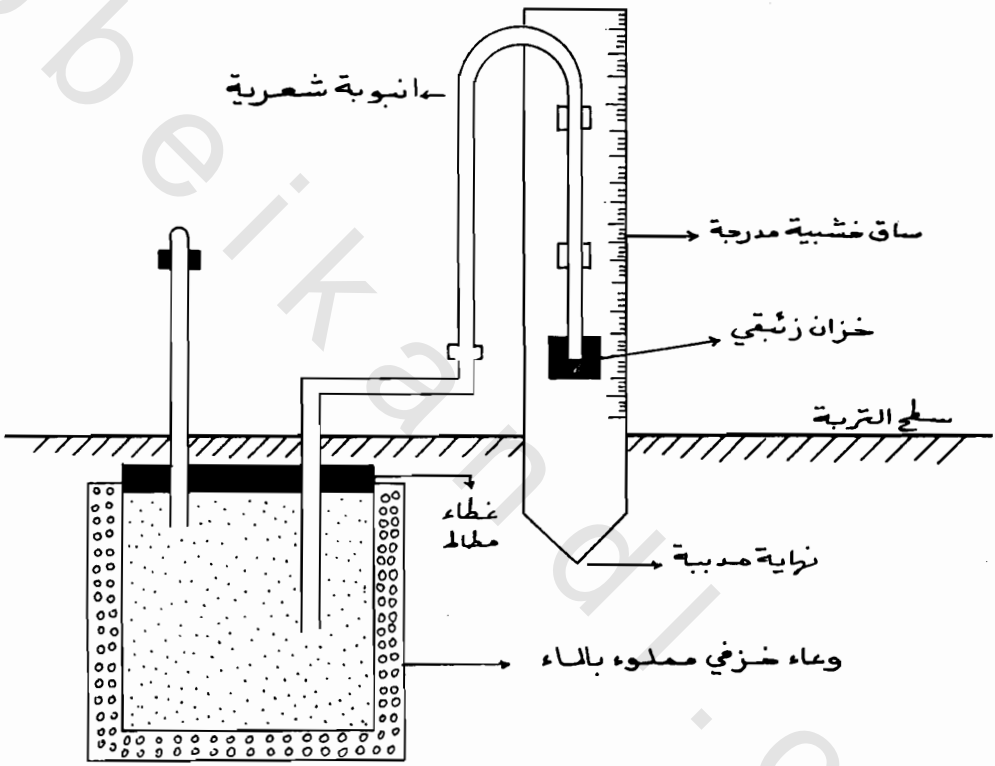
■ **الاستجابة للمحتوى المائى المرتفع :**

يكوّن النبات جذورا ضحلة عندما تصبح التربة أكثر رطوبة، ومستوى الماء الأرضى أقل عمقا، ويمكن اعتبار ذلك استجابة من النبات لسوء التهوية، وتكونّ الجذور والريزومات فى أراضى المستنقعات المشبعة بالماء طبقة فوق مستوى الماء الأرضى، وتقبع الجذور قريبا من السطح وتتخذ وضعا أفقيا، أما الجذور الوتدية فتجف ويستعاض عنها بجذور أفقية جانبية. وتوجد بعض الأنواع النباتية لها جذور عميقة فى التربة الرطبة أو متوسطة الرطوبة.

■ **قياس معدل رطوبة التربة:**

يستلزم للأغراض البيئية معرفة معدل المياه التى توجد بالتربة والتى يمكن للنبات الحصول عليها وتتبع تغيرها خلال فترة نمو النبات وخلال الفصول المختلفة من العام.

لتعيين كمية الماء بالتربة تتبع طريقة الوزن قبل وبعد تجفيفها عند ١٠٥° م، وحتى الوزن الثابت باستخدام علب الرطوبة ويعطينا التغيير فى الوزن كمية المياه الفاقدة ومنها يمكن معرفة النسبة المئوية للماء الكلى بالتربة، ويشمل كل أنواعه فيما عدا الماء المتحد. وعند الحاجة لمعرفة تغيير كميات المياه التى توجد بالتربة فيلزم استخدام جهاز يسمى جهاز الشد الرطوبى Tensiometer ويعرف الشد الرطوبى (الشد المائى) بالامتصاص الضرورى لازالة المياه من عمود رفيع من التربة، ويتكون الجهاز كما هو موضح بالرسم من اناء فخارى ممتلىء بالماء ويتصل بمانوميتر بواسطة أنبوبة قطرها صغير جدا يوضع فى التربة المراد قياس شدها المائى فعندما تفقد التربة بعضا من مائها بواسطة النتح أوالتبخر فان الاتزان المائى بها يختل وعندئذ يخرج ماء من الاناء لاعادة اتزان الشد المائى بالتربة وهذا يمكن قراءته بواسطة عمود الزئبق بالماتوميتر الذى يعبر ارتفاعه عن كمية الشد المائى بالتربة.



جهاز التنشيومتر .. لقياس محتوى الماء بالتربة

obeikandl.com

(د) المسامية وتهوية التربة Porosity and Soil Aeration

تشتمل مسامية التربة على الجزء الذى يشغله الماء، والجزء الذى يشغله الهواء، وتصل عادة إلى ٥٠٪ وتخفض هذه النسبة فى الأراضى الرملية فلاتتعدى ٣٠٪ وترتفع فى الأراضى الطينية وقد تصل إلى ٦٠٪ أو أكثر. لايمكن معرفة التهوية فى التربة من المسامية وحدها بل يجب لمعرفة ذلك تعيين حجم الفراغات، اذ أن الفراغات الواسعة غيرالشعرية هى التى يشغلها الهواء بعد رشح الماء الذى يعقب سقوط الأمطار أو الرى. والفراغات الضيقة الشعرية هى التى يشغلها الماء الشعرى فى معظم الأوقات ويتعذر مرور الهواء فيها، وتحدد نسبة الفراغات غير الشعرية درجة التهوية فى التربة كما تحدد نسبة الفراغات الشعرية كمية الماء الذى تحتفظ به التربة بعد المطر.

وتعتبر التربة النموذجية هى التى تتكون فيها نصف المسامية من فراغات غير شعرية تسمح بمرور الغازات والنصف الآخر من فراغات شعرية تحتفظ بنسبة وافرة من الماء.

أما التربة التى تحتوى على نسبة ضئيلة من الفراغات غير الشعرية فتعد رديئة التهوية والصرف، تكون نسبة الفراغات غير الشعرية فى التربة الرملية عالية، ويرجع ذلك لكبر حجم حبيباتها، بينما تكون نسبة الفراغات الشعرية ضئيلة، ولذلك تعتبر جيدة التهوية وقليلة الاحتفاظ بالماء، وتعتبر هذه الصفة الأخيرة من عيوب التربة الرملية وعلى العكس التربة الطينية ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة رديئة التهوية وكثيرة الاحتفاظ بالماء. ولكى نعالج رداءة التهوية فى الأراضى الطينية يضاف إليها مواد عضوية أو جيرية اذ أن هذه المواد تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة فى صورة حبيات مركبة تحصر بينها فراغات واسعة، وبذلك تزداد نسبة الفراغات غير الشعرية، ومن ثم تتحسن التهوية فى هذه الأراضى.

وهناك نوع من الأراضى الطينية تتفتح حبيباتها بدرجة كبيرة عندما تبتل

وتسد جزءا كبيرا من مسامها، وتصبح رديئة التهوية ولا تصلح لنمو الجذور فيها.

وتزداد المسامية فى التربة بتحلل الجذور التى تخترقها تاركة القنوات التى كانت تشغلها فارغة وبذلك تملؤها الغازات كما تعمل حركة الديدان فى التربة على زيادة المسامية فيها، وتؤدى عملية الحرث إلى تفكيك الطبقة السطحية للتربة فتتباعد حبيباتها وتزداد التهوية.

- **تركيب هواء التربة Soil Air Composition**

يختلف تركيب هواء التربة بعض الشيء عن تركيب الهواء الجوى وذلك لقربه من الجذور والكائنات الدقيقة التى تعمر التربة والتى تنفث فيه غاز ك أ٢ وتمتص منه أ٢، ويحتوى هواء التربة فى الأراضى المنزرعة على نسبة من أ٢ تقل قليلا عما يحتويه الهواء الجوى أما نسبة ك أ٢ فترتفع عن النسبة العادية وهى ٠,٠٣ ٪ إلى مابين ٠,١٥ ، ٠,٦٥ ويحتوى الهواء غالبا فى التربة المغطاة بالحشائش أو الغابات على نسبة من ك أ٢ أعلى كثيرا من النسبة السابقة إذ تصل إلى ٠,٢ – ٠,٥ ٪ أو أكثر أحيانا، ويقل أ٢ بنفس النسبة وتزداد كمية ك أ٢ تبعا للعمق وتراكم المواد العضوية وغزارة الجذور، وقدرت هذه النسبة فى بعض أراضى الغابات فى فصل الصيف بمقدار ١١–١٥ ٪.

ويكون هواء التربة فيما يلى الغطاء السطحى الجاف مباشرة مشبعا ببخار الماء، وقد يلامس هواء التربة الجذور والكائنات الدقيقة ملامسة مباشرة أو يكون منفصلا عنها بأغشية رقيقة من الماء ويكون أ٢ قليلا جدا داخل هذه الأغشية فى حين يرتفع محتواها من ك أ٢ ارتفاعا كبيرا. وللاكسجين أهمية كبرى فى تحويل المخلفات النباتية والحيوانية إلى حالة تصبح معها المواد الغذائية التى تحويها تلك المخلفات قابلة للذوبان وبالتالى صالحة لان تمتصها النباتات. والاكسجين ضرورى أيضا لنمو الجذور وتكوين الشعيرات الجذرية وعملية الامتصاص، تتوقف بدونه عملية النيترة، كذلك نشاط ديدان الأرض ومعظم الكائنات الدقيقة

ولكن قلة من الكائنات الدقيقة تستطيع أن تحصل على مايلزمها من طاقة عن طريق التنفس اللاهوائى وذلك بتكسير بعض المركبات كالنترات كما أن بعض الجذور تستطيع أن تتحمل نقص أ٢ لفترة من الوقت لكن ينتج عن التنفس اللاهوائى للبكتريا وأنواع من الفطر وغيرها الأحماض العضوية والكحول وغيرها من المواد السامة، لذا فان رداءة التهوية ترتبط بتكوين السموم.

(هـ) درجة حرارة التربة Soil Temperature

تعد درجة حرارة التربة من العوامل الهامة التى تؤثر فى نمو النباتات، ويرجع ذلك إلى أن جزءا كبيرا من النبات وهو المجموع الجذرى ينمو داخل التربة. ويظل باقيا فيها وكذلك تتأثر سرعة انبات البذور ومعدل امتصاص الماء للمواد الذائبة وسرعة نمو الجذور بدرجة حرارة التربة. وهناك تأثير غير مباشر لهذا العامل على نمو النبات من خلال نشاط الكائنات الحية الدقيقة التى تعمل على تحليل المواد العضوية إلى مواد بسيطة تستطيع الجذور امتصاصها.

وتتعرض التربة لتقلبات كبيرة فى درجة حرارتها فى الأشهر المختلفة على مدار السنة، وفى الأوقات المختلفة من اليوم. ومن العوامل التى تؤثر على درجة حرارة التربة اللون والتضاريس (الارتفاع – الانخفاض – الميل)، وطول النهار وكمية الرطوبة فى التربة.

فبالسنة لتأثير اللون نجد أن التربة القاتمة تمتص الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس بدرجة أكبر من التربة «ذات اللون غير القاتم»، كما أنها تعكس الاشعة بدرجة أقل، وللتضاريس أثر كبير على درجة حرارة التربة، فكلما كانت أشعة الشمس قريبة من العمودية عند سقوطها زادت كمية الحرارة التى تمتصها التربة. كذلك يؤثر طول النهار فى درجة حرارة التربة، ففى الصيف– حيث يكون النهار طويلا ترتفع درجة الحرارة ، فالتربة التى تحتوى على نسبة عالية من الماء تكون أبرد من غيرها التى تحتوى على نسبة أقل.

وتنخفض درجة حرارة التربة تدريجيا أثناء الليل عن طريق الاشعاع المرتد (Re- radiation) حتى إذا ماتأخر الليل كانت الطبقات السفلى أدفأ من السطحية وهذا عكس مايحدث بالنهار اذ تكون الطبقات السطحية عند الظهر أعلى فى درجة حرارتها بكثير من الطبقات العميقة. وتتعرض الطبقات السطحية لتقلبات شديدة فى درجة الحرارة فى ساعات اليوم المختلفة، وخاصة فى فصل الصيف فى الصحراء، وتقل هذه التقلبات فى شدتها تدريجيا كلما تعمقنا حتى تتلاشى فى الطبقات التى يقرب عمقها من متر.

ومما يساعد على انخفاض درجة حرارة التربة تبخر الماء منها، ويعمل الغطاء النباتى على تقليل الحرارة التى تكتسبها التربة من اشعاع الشمس وبذلك تكون أبرد من التربة العارية أثناء النهار أما فى الليل فيعمل الغطاء النباتى على تقليل الاشعاع من التربة وبذلك تكون أدفأ من التربة العارية وفى الأيام التى تظهر فيها السحب والضباب يقل فقد التربة للحرارة عن طريق الاشعاع.

■ **علاقة حرارة التربة بنشاط النباتات**

يقل معدل الامتصاص شأنه كسائر العمليات الطبيعية والكيميائية التى تحدث داخل الجذور كلما انخفضت درجة الحرارة، إذ أن درجة الحرارة المنخفضة لاتسمح الا بمعدل امتصاص محدود. ويحدث فى المناطق الباردة فى فصل الربيع ضرر شديد للنباتات نتيجة ازدياد معدل النتح مع دفء الجو بينما يكون معدل امتصاص الجذور ضيئلا نظرا لبرودة التربة، وتساعد درجة الحرارة الملائمة على سرعة انبات البذور واستقرار البادرات كما أنها ضرورية لنمو الجذور نموا حسنا، وكلما زاد دفء التربة فى الربيع بالمناطق ذات المناخ المعتدل زادت سرعة الانبات ومعدل نمو الجذور.

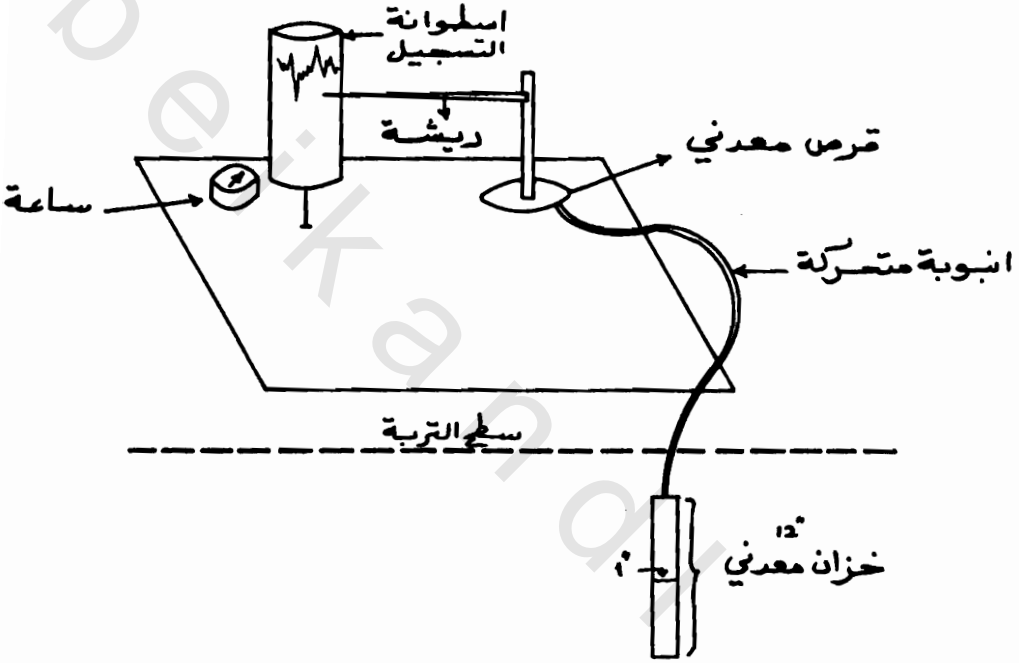
تختلف النباتات كثيرا من حيث درجات الحرارة الضرورية لانبات بذورها، فبذور القمح تنبت عند حد أدنى من درجات الحرارة مقداره ٤,٦° م، بينما

تحتاج حبوب الذرة إلى ٩,٤° م ، وتحتاج الكائنات الدقيقة إلى درجة حرارة مثلى لتقوم بأنشطتها المتنوعة وإذا انخفضت درجة الحرارة أو ارتفعت عن الدرجة المثلى قل نشاط هذه الكائنات تدريجيا. وتعوق درجات الحرارة غير الملائمة الكثير من التفاعلات البيولوجية والكيميائية المفيدة التى تحدث بالتربة أو تعطلها، فمعظم بكتريا التربة لاتصبح نشطة حتى تتراوح درجة حرارة التربة بين ٧-١٠° م، كما أن درجة الحرارة ١٩-٢١° م ، وهى التى تنمو عندها الجذور نموا جيدا، وتعمل أيضا على تسجيل بعض التغيرات مثل تحلل المادة العضوية مع انتاج النشادر وتكوين النيتروجين فى صورة نترات، وتعتمد عملية تثبيت النتروجين الجوى للنباتات البقولية على درجات الحرارة الملائمة. وقد ترتفع درجة حرارة التربة السطحية إلى حد يعوق نشاط البكتريا وربما يقضى عليها.

■ **قياس درجة حرارة التربة**

يقاس مدى التغير اليومى فى درجة حرارة التربة بواسطة جهاز يسمى ثرموجراف Thermograph ويتركب من خزان معدنى Metal Bulb قطره بوصة واحدة وطوله ١٢ بوصة مملوء بسائل يسجل تمدده على قرص معدنى Metal Disc يتصل بالخزان بواسطة انبوبة طويلة قابلة للثنى Flexible Tube ويتصل بالقرص ريشة مدببة تسجل درجة الحرارة على ورقة تسجيل Chart مبين عليها الدرجات والساعات والأيام ويتصل أيضا بساعة Clock تدور دورة واحدة كل أسبوع وبذلك تعمل على دوران الطبلة Drum المثبتة عليها ورقة التسجيل.

يختلف العمق الذى يدفن فيه الخزان المعدنى تبعا للغرض الذى تستهدفه التجربة. فقياس درجات الحرارة السطحية لايحتاج لأكثر من تغطية الخزان المعدنى بطبقة رقيقة من التربة، اما إذا كان المطلوب قياس درجة الحرارة التى تنبت عندها البذور أو درجة الحرارة التى تنمو فيها الجذور فإنه يجب وضع الخزان عند العمق المناسب.



جهاز الثيرموجراف .. لقياس درجة حرارة التربة

٤/٥/١/٣/١ الخواص الكيميائية للتربة Soil Chemical Properties

تشمل دراسة الخواص الكيميائية للتربة مايلى :

(أ) محلول التربة .

(ب) تفاعل التربة .

(جـ) تبادل الايونات بالتربة .

(د) الأراضى الملحية .

(أ) ملحول التربة Soil Solution

محلول التربة غير ماء التربة، وذلك لان المحلول عبارة عن ماء التربة مذابا فيه كل المواد والعناصر الصلية (الأملاج .. الخ) والسائلة (الأحماض ... الخ) والغازية (ثانى أكسيد الكربون والاكسجين .... الخ) ومن ثم فان محلول التربة يعتبر أحد خواصها الكيميائية أما ماء التربة فيعتبر أحد خواصها الطبيعية.

أثبتت الدراسات أن العناصر الأساسية لتغذية النبات بالتربة تصل إلى حوالى خمسة عشر عنصرا كلها فيما عدا الكربون والاكسجين والهيدروجين مأخوذة من التربة، ولايمكن للنبات الحصول على هذه العناصر (أى امتصاصها) إلا وهى مذابة فى ماء التربة وتكون كمياتها كافية ليست بالقليلة ولا بالكثيرة فالزيادة تضر كثيرا بالنباتات كما لاتكون التربة خصبة إذا قلت منها كميات هذه العناصر عن المطلوب لحياة النبات.

(ب) تفاعل التربة Soil Reaction

تعتبر التربة حامضية (Acidic) اذا كانت أيونات الايدروجين فى محلول التربة أعلى فى تركيزها من أيونات الايدروكسيل (ايد) وقاعدية (Alkaline) اذا كان العكس، أما اذا تساوت درجة تركيز أيونات الايدروجين والايدروكسيل تعتبر التربة متعادلة (Neutral). ويعبر عن تفاعل التربة بالرقم الايدروجينى (pH) ويعتبر الرقم الايدروجينى المناسب لنمو معظم النباتات هو ما بين الحامضية

والقلوية، ويزيد الرقم الايدروجينى قليلا فى معظم الأراضى الصحراوية الجافة على ٧، ولكنه يختلف فى الأراضى اختلافا كبيرا من منطقة لأخرى، ويختلف فى الطبقات المختلفة فى نفس المنطقة، وتكون الطبقة السطحية من التربة عادة أكثر حموضة من الطبقات العميقة، ويرجع ذلك إلى وجود الأحماض الناتجة من تحلل المواد العضوية فى الطبقة السطحية، ولتسرب الماء الذى يحمل القواعد من الطبقة السطحية للتربة إلى الطبقات السفلى.

وللتضاريس تأثير كبير على الرقم الايدروجينى للتربة، فيقل الرقم الايدروجينى عند قمم الجبال عنه فى الوديان، ويرجع ذلك إلى أن مياه الأمطار تحمل القواعد من المرتفعات إلى المنخفضات حيث تتجمع فيها، والتربة فى المناطق الدفيئة تختلف مابين المتعادلة وشديدة القلوية، وذلك لقلة سقوط الأمطار، وهذا من شأنه بقاء القواعد فى الطبقة السطحية دون تسربها، وايضا لقلة تكوين الأحماض الناتجة عن تحلل المواد العضوية، أما التربة فى المناطق الغزيرة الامطار فتختلف مابين الحامضية البسيطة والحامضية الشديدة.

وهناك علاقة بين الرقم الايدروجينى وبعض الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة، يتصح ذلك مما يأتى :

تتكون أملاح من فوسفات الحديد والالمونيوم فى الأراضى التى يقل فيها الرقم الايدروجينى عن (٥) وهى قليلة الذوبان جدا فى الماء ولذلك لايحصل النبات على مايلزمه من الفوسفور، أما فى الأراضى التى يتراوح الرقم الايدروجينى فيها بين (٥) ونقطة التعادل (٧) فنظرا لوجودالايونات القاعدية تتكون فوسفات الكالسيوم والماغنسيوم وهى قابلة للذوبان فى الماء.

ويحدد الرقم الايدروجينى درجة ذوبان أملاح الحديد والمنجنيز والماغنسيوم والزنك اللازمة لتغذية النبات ففى المحاليل شديدة القلوية تصبح أملاح الحديد البسيطة عديمة الذوبان نسبيا مما يسبب فقدان اللون الاخضر فى النباتات ويرجع

ذلك إلى أن عنصر الحديد يعمل كوسيط فى تكوين اليخضور. وتزداد درجة ذوبان عناصر الالومنيوم والحديد والمنجنيز والزنك فى التربة شديدة الحامضية إلى درجة كبيرة تجعلها سامة. ومن هذا يتبين ان الأراضى القريبة من المتعادلة هى الأنسب لنمو معظم النباتات.

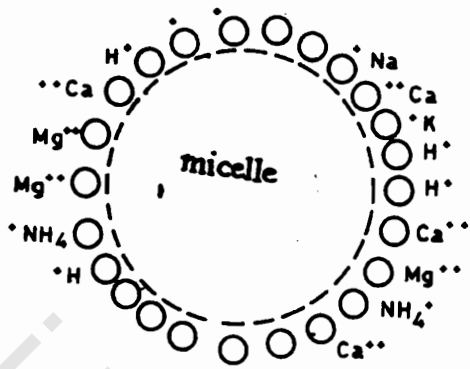
من المعروف أن الحبيبات الغروية فى التربة تحمل شحنات سالبة على سطحها لاتتعادل إلا إذا تجمعت على سطح الحبيبات الغروية الايونات القاعدية وخاصة ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم والماغنسيوم، أما أيونات الأيدروجين فهى غير كافية لتعادل الشحنات السالبة الموجودة على سطح الحبيبات الغروية وبذلك تبقى الأخيرة فى حالة تنافر ولاتجمع لتكون حبيبات مركبة مما يؤدى إلى قلة نفاذية التربة للماء ورداءة تهويتها، وتستطيع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم فى التربة القريبة من نقطة التعادل معادلة الشحنات السالبة التى توجد على سطح الحبيبات الغروية، وعندئذ تتجمع هذه الحبيبات البسيطة لتكون حبيبات مركبة وتصبح التربة منفذة للماء وجيدة التهوية. وفى التربة شديدة القلوية يزداد عدد أيونات الصوديوم أو البوتاسيوم التى توجد على سطح الحبيبات الغروية مما يؤدى إلى تنافرها وعدم تجمعها وهذا من شأنه افساد الخواص الفيزيقية للتربة.

تضاف كميات من مسحوق الحجر الجيرى من وقت لآخر لاصلاح الأراضى الحامضية التفاعل، وهذا من شأنه معادلة الأحماض فيها. وزيادة نسبة الكالسيوم فيها. ولعلاج الأراضى القلوية تستعمل المواد الحامضية التفاعل مثل الكبريت والكبريتات، وفى بعض الأحيان يكون لعملية غسل التربة والصرف أثر فى تقليل القلوية. فيجب ان يراعى عند استعمال الاسمدة اختيار خليط من المركبات التى تمد التربة بالعناصر المغذية اللازمة، وفى الوقت نفسه تغير من الرقم الايدروجينى للتربة وتجعله ملائما لنمو النبات.

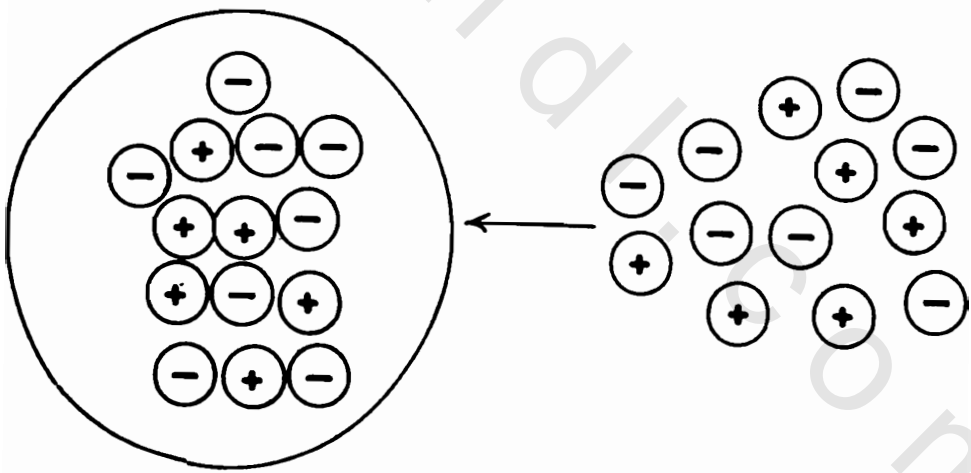
■ **تبادل الايونات بالتربة Ion Exchange**

يحصل النبات على جزء من الايونات اللازمة لتغذيته من الايونات الممتزَّة على سطح الغرويات، ولمجموع هذه الايونات أثر كبير على نمو النبات. وتتركب الحبيبات الغروية أساسا من سليكات الالمونيوم وتوجد على سطوحها شحنات سالبة ومن أهم الكاتيونات التى تمتصها على سطحها يد، كا، ما، بو، ص وهى مرتبة ترتيبا تنازليا حسب القوة التى تمسكها على سطوح الحبيبات الغروية. وعلى هذا الأساس يستطيع الايدروجين ان يحل محل الكالسيوم أكثر مما يستطيع الكالسيوم أن يحل محل الايدروجين وهكذا بالنسبة لباقى الكاتيونات، وينتقل الكاتيون المزاح إلى محلول التربة وبهذا يتمكن النبات من امتصاصه، وتتم عملية الإحلال فى الطبيعة عن طريق الايدروجين الذى ينفرد من حامض الكربونيك الذى يتكون من ذوبان ثانى أكسيد الكربون الناتج من تنفس الجذور فى الماء، وكذلك الايدروجين الذى ينفرد من الأحماض العضوية الناتجة من تحلل المواد العضوية. وتعتمد النباتات دائما على عملية الاحلال فى الحصول على مايلزمها من الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم، وتحمل الحبيبات الغروية على سطوحها بعض الايونات، ولكن القوة تكون أقل بكثير من القوة التى تمسك بها الكاتيونات، ومن هذه الايونات «فو أ ٤ » وأما الأيونات الاخرى مثل «ن أ ٣ » فلا تثبت على سطوح الحبيبات الغروية وتنتقل إلى محلول التربة بسهولة.

وتتأثر كمية القواعد المتبادلة التى تحملها التربة تأثرا كبيرا ببعض العوامل منها نوع المناخ والمادة الأصلية والكساء الخضرى. وتتوقف سعة التربة للكاتيونات المتبادلة أو أقصى كمية من الكاتيونات المتبادلة التى تستطيع التربة حملها على نسبة الغرويات فى التربة وكذلك على نوع الطبن. ولكمية الأمطار أثر ملحوظ على نسبة الغرويات فى التربة وكذلك على نوع الطين، وأيضا على نسبة القواعد المتبادلة والرقم الايدروجينى، ففى المناطق ذات الأمطار الغزيرة تحل



النواة الغروية



عملية تجميع حبيبات التربة الدقيقة Flocculation

أيونات الايدروجين محل القواعد التى يغسلها الماء الراشح، ويزداد تبعا لذلك مجموع أيونات الايدروجين وتصبح التربة حامضية أما فى المناطق الجافة فيحدث عكس ذلك اذ أن ندرة سقوط الأمطار وقلة الكساء الخضرى يؤديان إلى بقاء القواعد على سطوح الحبيبات الغروية بدون احلال وبذلك تكون نسبة القواعد المتبادلة مرتفعة أو أيونات الايدروجين قليلة فتصبح التربة قلوية.

(د) ملوحة التربة Soil Salinity

تختلف النباتات فيما بينها من حيث درجات تحملها لملوحة التربة، ويمكن تقسيمها على هذا الأساس إلى ثلاثة أقسام :

* نباتات لاتستطيع أن تعيش إلا فى الأراضى التى تحتوى على نسبة نسيطة من الأملاح .

* نباتات تنمو فى الماء المالح، أو فى الأراضى التى تحتوى على نسبة عالية من الأملاح، وتعرف هذه المجموعة بالنباتات الملحية Halophytes .

* نباتات تستطيع أن تعيش فى البيئتين، وتعرف هذه بالنباتات الملحية الاختيارية. (Facultative Halophytes)

ويتأثر توزيع الأملاح فى الطبقات المختلفة من التربة باختلاف العوامل الجوية فى الفصول المختلفة. ففى فصل الجفاف يتبخر الماء على سطح التربة، ويتحرك الماء الشعرى إلى أعلى عند السطح، حيث يتبخر. وباستمرار عملية التبخر تتجمع الأملاح فى الطبقات السطحية، وفى الفصل الذى تسقط فيه الأمطار يحمل ماء المطر أثناء رشحه الاملاح من الطبقات السطحية إلى الطبقات العميقة.

ومن العوامل التى تساعد على تراكم الاملاح على سطح التربة وجود طبقة

صلبة- أو غير منفذة للماء- بالقرب من السطح، وكذلك يعمل قرب مستوى الماء الأرضى من السطح على تراكم الأملاح أيضا.

وتنقسم الأراضى التى تحتوى على نسبة عالية من الأملاح التى تضر بالمحاصيل إلى ثلاثة أقسام:

- **أراض ملحية Saline Soils**

هى الأراضى التى تحتوى كميات زائدة من الأملاح المتعادلة أو غير القلوية القابلة للذوبان، وخاصة الكلوريدات والكبريتات، ومن الاملاح القليلة الذوبان أوغير القابلة نسبيا يكثر وجود كبريتات الكالسيوم، وكربونات الكالسيوم والماغنسيوم وتزيد نسبة الكالسيوم والماغنسيوم فى القواعد المتبادلة، وهذه الخاصية تساعد على تجمع الحبيبات البسيطة مما يجعل التربة منفذة للماء وبذلك يسهل علاجها بالغسيل والصرف ولايزيد الرقم الايدروجينى فى هذه التربة عن ٨,٥.

كانت هذه الأراضى تعرف قديما بالقلوية البيضاء وذلك لتجمع الأملاح على هيئة قشرة بيضاء فوق سطح الأرض فى أغلب الأحوال وتعالج بالغسيل بالماء الكافى والصرف الجيد، لازالة الأملاح من المنطقة التى تنتشر فيها الجذور إلى الطبقات السفلى من التربة بعيدا عن الجذور.

- **أراض ملحية قلوية Saline- Alkali Soils**

يشبه هذا النوع من الأراضى النوع السابق فى احتوائه على نسبة عالية من الأملاح ولكن يختلف عنه فى زيادة الصوديوم فى القواعد المتبادلة، وأن وجود أيونات الصوديوم المتبادلة بنسبة عالية من شأنه زيادة القلوية فى الأرض وافساد خواصها الفيزيقية عن طريق تفرق الحبيبات الغروية، مما يؤدى إلى تقليل نفاذية التربة للماء، وعدم توافر الظروف الملائمة لنمو الجذور. ويتلاشى تأثير الصوديوم فى التربة فى وجود الاملاح الذائبة ويظهر مؤقتا عند رشحها وتسربها إلى الطبقات السفلى.

■ **أراض غير ملحية قلوية Non- Saline- Alkali Soil**

يتميز هذا النوع من الأراضى باحتوائه على نسبة أقل من الأملاح الذائبة، ونسبة عالية من الصوديوم المتبادل ونظرا لقلة الاملاح الذائبة يظهر تأثير الصوديوم ولذلك تتصف هذه الأراضى بزيادة القلوية فيها- يتراوح الرقم الايدروجينى بين ٨,٥- ١٠ وبقلة النفاذية للماء، ويتميز الصوديوم الموجود على سطوح الغرويات وقد تتكون كميات بسيطة من كربونات الكالسيوم- وتوجد المادة العضوية فى حالة تفرق شديد وتتوزع على الحبيبات وتضفى على التربة لونا قاتما، لذلك أطلق عليها اسم التربة القلوية السوداء.

وتعالج هذه الأراضى باضافة مسحوق كبريتات الكالسيوم «الجبس» وبذلك يحل الكالسيوم محل الصوديوم المتبادل ويتحول الصوديوم وأملاحه إلى كبريتات صوديوم متعادلة، وينتج عن ذلك تحسن الخواص الفيزيقية للتربة فتزيد نفاذيتها للماء وتصبح جيدة التهوية، ويمكن تحقيق هذا أيضا باضافة مسحوق الكبريت.

■ **تأثير الملوحة على النباتات**

ان زيادة تركيز الأملاح المتعادلة تتبعه زيادة فى الضغط الاوسموزى لمحلول التربة، وهذا بدوره يؤثر على عملية الامتصاص، اذ أنه لكى تتم تلك العملية يجب أن يزيد الضغط الاسموزى لمحلول التربة على ضغطين جويين، ويرجع ذلك إلى أن هذه النباتات ليس لها أن ترفع ضغطها الاسموزى إلا لدرجة محدودة وهذا عكس ما يحدث فى النباتات الملحية التى تستطيع رفع ضغطها الاسموزى إلى درجة عالية جدا.

ونباتات المحاصيل التى تنمو فى الأراضى الملحية تكون جذورها ضئيلة ومعدل الامتصاص والنتح فيها منخفضا ، ولكن النباتات الملحية تمتص الماء بسهولة ويتضح ذلك من ارتفاع معدل النتح فيها.

ويزداد النمو فى النباتات التى تعيش على الأراضى الملحية فى فصل الأمطار إذ يعمل ماء المطر على تخفيف محلول التربة، كما يغسل الأملاح ويحملها إلى الطبقات العميقة، ولكثير من النباتات الملحية جذور سطحية وهذا يجنبها الضرر الناتج من تراكم الاملاح فى الطبقات العميقة، ورداءة التهوية الناتجة من تجمع الماء فيها .

يتضح مما سبق أن تأثير الأملاح يكون عن طريق رفعها للضغط الاوسموزى لمحلول التربة، ولكن هناك نوع آخر من التأثير الخاص ببعض الأملاح، تقل أهميته كثيرا عن السابق، وتتناسب درجة تحمل النباتات للاملاح مع درجة انتشارها وكثرتها فى الطبيعة فكلما قل انتشار ملح من الأملاح فى الطبيعة، قلت قدرة النباتات على تحمل هذا الملح حتى فى محاليله المخففة ومثال ذلك التأثير السام الذى ينجم عن وجود أملاح كبريتات النحاس حتى فى محاليل مخففة فى الوقت الذى تتحمل فيه النباتات العادية محاليل من كبريتات الكالسيوم يصل تركيزها إلى درجة عالية.

٥/٥/١/٣/١ المادة العضوية بالتربة Soil Organic Matter

يرجع وجود المادة العضوية التى تحتويها التربة إلى بقايا النباتات والأوراق التى تسقط على سطح التربة، وكذلك الجذور التى تتركها النباتات بعد موتها داخل التربة وتأخذ هذه المادة العضوية فى التحلل بفعل الكائنات الحية الموجودة بالتربة، وينتج عن تحللها انفراد بعض العناصر اللازمة لتغذية النبات مثل الكربون، والنيتروجين والكبريت والفوسفور وتتخلف مادة سوداء غروية تعرف بالدبال، وتوجد العناصر السابقة الذكر على صورة أحماض أثناء التحلل مما يساعد على اذابة المركبات المعدنية فى التربة فتصبح سهلة الامتصاص.

ولكى نتتبع مايحدث لبقايا النباتات أثناء تحللها يجدر بنا أن نشير بشىء من

الايجاز إلى المواد التى تدخل فى تركيب النبات. لقد دلت التحليلات على أن أنسجة النبات الحى تتركب عادة من ٧٥٪ ماء، و٢٥٪ تقريبا مادة جافة وتتركب من الكربون والايدروجين والاكسجين، (٩٠٪ تقريبا من وزن المادة الجافة) أما الجزء الباقى فيتركب من النيتروجين والكبريت والكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الاخرى. وتوجد هذه العناصر التى تدخل فى تركيب المادة الجافة على صورة مركبات عضوية مثل المواد الكربوهيدراتية كالسكريات والنشا والسليلوز واللجنين- ومن المواد البروتينية والدهون والزيوت والشمع والأحماض العضوية أما المركبات غير العضوية أو المعدنية فتشتمل على مركبات الفوسفور والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والسليكون والألومنيوم والحديد والمنجنيز.

وتعتبر عملية تحلل المادة العضوية عملية احيائية اذ تتم بفعل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى التربة مثل الفطريات والبكتريا والفطريات الشعاعية والحيوانات الأولية، وتتأثر عملية التحلل بالعوامل التى تؤثر على نشاط الكائنات الحية.

تتحلل النشويات والسكريات والمواد البروتينية والأحماض الأمينية بسرعة. بفعل أنواع عديدة من الكائنات الحية- أما اللجنين فهو من المواد التى تقاوم التحلل ويطرأ عليه تغيير طفيف. وفى أثناء تحلل المادة العضوية تنفرد المركبات المعدنية البسيطة مثل مركبات الكبريت و الفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم، وبعض هذه المركبات يمتصه النبات والبعض الآخر يحمله الماء الراشح إلى الطبقات العميقة، وتمر المواد البروتينية أثناء تحللها بالمركبات النيتروجينية البسيطة التى تدخل فى تركيبها، وهى الاميدات الحمضية ثم الأحماض الامينية وهذه تتحلل بدورها إلى ثانى أكسيد الكربون،

ومركبات النشادر وغيرها من المركبات النهائية، وقد ينتهى التحلل بتكوين النشادر الذى قد يمتصه النبات والكائنات الدقيقة على هذه الصورة أو يتأكسد إلى نترات أما السليلوز (الهيميسيليولوز) والنشا والسكريات فتتأكسد إلى ثانى أكسيد الكربون والماء، وفى أثناء عملية التأكسد قد تمر بمركبات وسيطة مثل الأحماض العضوية والكحولات.

يمتص جزء من المواد التى تنتج من التحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ويدخل فى تركيبها ويبقى الجزء الآخر فى التربة أما الجزء من المادة العضوية الذى يتخلف بدون تحلل وهو الجزء الذى يقاوم التحلل لحد ما أو يتحلل ببطء شديد– فيعرف بالدبال (Humus) .

والدبال مادة غروية سوداء عديمة الذوبان فى الماء وتتركب من نسبة عالية من اللجنين (٤٠– ٤٥ ٪) والمواد البروتينية (٣٠–٣٥ ٪) . واجتماع اللجنين والمواد البروتينية يجعل الأخيرة تقاوم التحلل بفعل الكائنات الدقيقة، ويحتوى على نسبة بسيطة من الفوسفور والكبريت والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والحديد والالمونيوم.

ونظرا لبطء تحلل الدبال فانه يعتبر مخزنا للنيتروجين، إذ ان مركبات النيتروجين البسيطة التى تنتج أثناء تحلل المادة العضوية يفقد معظمها عند رشح الماء فى التربة.

ويلعب الدبال دورا هاما فى تحسن خواص التربة الفيزيقية والكيميائية فهو يزيد من السعة المائية للتربة لصفته الغروية، ويساعد على تجميع الحبيبات الغروية لكثير من الشحنات السالبة مما يزيد فى قدرتها على الامتصاص السطحى للايونات القاعدية وبالتالى يزيد من خصوبة التربة.

والتبادل القاعدى تفاعل كيميائى هام يحدث فى غرويات التربة العضوية وغير العضوية والنواة الغروية The Micelle مشحونة بشحنة سالبة ولها القدرة على تجميع كاتيونات الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والايدروجين وغيرها من العناصر تجميعا سطحيا Adsorption ومن الممكن أن يحل أى كاتيون محل كاتيون آخر، وبذلك يذوب فى محلول التربة ويصبح قابلا للامتصاص بوساطة الجذور النباتية. وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من غرويات الصوديوم وغرويات الكالسيوم .

وهذا يدل على أن للمادة العضوية (وخاصة الدبال) أهمية فيزيقية وكيميائية أيضا ففى التربة الطينية رديئة التهوية لقلة نسبة الفراغات غير الشعرية بها تضاف المواد العضوية لها، وهى تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة على صورة حبيبات مركبة تحصر بينها فراغات بينية واسعة وبذلك تزداد نسبة الفراغات غير الشعرية ومن ثم تتحسن التهوية وهذه العملية تسمى عملية التجميع Flocculation or Granulation .

٢/٣/١ الكساء النباتى (الخضرى) The Vegetation

١/٢/٣/١ تعريـــف:

النبت أو الكساء الخضرى هو مجموعة النباتات التى تغطى مساحة ما. قد يكون غابة بأشجارها وشجيراتها وأعشابها وما يغطى أرضيتها من الحزازيات والفطريات والأشن، وقد يكون مستنقعا يأوى أنواعا من البوص والبوط والسمار وما على شاكلتها من النبت الذى ينمو فى مثل هذه البيئة. وقد يكون من شتى أنواع الطحالب المغمورة فى الماء، كما قد يكون من تلك الأعشاب التى تقطن البيئات الجافة مثل الكاكتوس والشيح... الخ مما ينمو فى البادية أو انواع الأشنات القشرية التى تكسو صفحة الصخر العارى.

وليس الكساء الخضرى بمجرد تجمع تلك الأفراد النباتية، وانما هو خلاصة التفاعلات التى تحدث بين عوامل عدة ولعل أبرز هذه التفاعلات هو التأثير الذى تحدثه النباتات فى البيئة التى تعيش فيها وفى النباتات التى تشاركها المعيشة فى هذه البيئة. فعندما تنمو الأشجار فى رقعة من الأرض، فإنها تغير من ظروفها البيئية تغييرا كبيرا، إذ تخفض شدة الاضاءة وتكسر حدة الريح، كما تقلل تبخر الماء من التربة خاصة عندما يفترشها بساط من الأوراق المتساقطة ويصبح الهواء أكثر رطوبة تحت هذه المظلة من أشجار الغابة. وهكذا تختفى الشجيرات والاعشاب المحبة للضوء وتحل محلها تلك التى تزدهر فى الأماكن الرطبة الظليلة. على أن أشجار الغابة لاتسيطر على الأنواع التى تنمو تحتها فحسب بل إن لها أثرا عميقا بعضها على بعض فإذا كانت مزدحمة كثيفة فإنها تنمو باسقة معتدلة ثم سرعان ما تفقد أفرعها نتيجة لعدم كفاية الإضاءة. وكثير من أنواع الأشجار لاتقوى على البقاء فى مثل هذه الظروف أما إذا كانت الغابة مفتوحة وأشجارها متباعدة امتدت الفروع فى كل جانب وغطت مساحة أوسع ونمت نموا أغزر وأجود. ومن دراسة الكساء الخضرى دراسة مستفيضة يتضح أن له كيان عضوى، فهو كالكائن الحى يعتمد كل جزء منه على الآخر.

٢/٢/٣/١ أنواع الكساء الخضرى Vegetation Types

- **الكساء الخضرى الطبيعى وغير الطبيعى**

يقصد بالكساء الخضرى الطبيعى Natural Vegetation ذلك الكساء الخضرى الذى يتكون فى ظروف طبيعية خالصة ولا أثر فيها لتدخل الإنسان مثل تكوينات الغابات والمستنقعات النباتية والمراعى والصحراء وغير ذلك، كل هذه تمثل طرزا من الكساء الطبيعى، لأن عوامل البيئة الطبيعية هى وحدها التى تحكمت فى نشأتها وتكوينها وفى ظهورها على الصورة التى هى عليها ولم يتدخل الإنسان لاحداثها. وعلى النقيض من ذلك، تعتبر مزارع المحاصيل المختلفة كزراعات القطن والذرة وحدائق الفاكهة... الخ وهى التى يزرعها الإنسان فى الحقل لاغراض الاستغلال الاقتصادى كساءً خضريا غير طبيعى (صناعى) Arteficial Vegetation لأن الإنسان يتحكم فى وجودها على الصورة التى تبدو عليها.

وبين هاتين الحالتين المتطرفتين توجد حالة وسط يقتصر فيها تدخل الانسان على تحوير طفيف فى الحالة الطبيعية للكساء الخضرى. ومن أمثلة هذا التحور ما يتبع عادة من عمليات تحسين المراعى الطبيعية من استئصال النباتات التى لاترعاها الماشية أو التى تُضر بها إن أكلتها من الكساء الطبيعى، وذلك لافساح المجال للنباتات الصالحة للرعى لكى تنتشر وتسود وتحل محل النباتات المقتلعة وهو تدخل يخل بالتوازن الطبيعى، ومن أمثلة تدخل الانسان أيضا بالإضافة الى الرعى الحرق وادخال نباتات مستوردة إلى منطقة من المناطق النباتية الطبيعية – كل هذه التحورات تؤدى إلى تغيير الحالة الطبيعية للكساء الخضرى ولكن إلى حد محدود، ويسمى الكساء الخضري المحور كساء خضريا شبه طبيعى Semi - Natural Vegetation.

٣/٢/٣/١ نشأة الكساء الخضرى Initiation of Vegetation

يبدأ الكساء الخضرى فى التكوين فى أية منطقة جرداء بتجمع عدد من الأفراد النباتية وبما يحدث بينها من فاعلية متبادلة نتيجة للتغير الذى يحدثه النبات فى البيئة التى يعيش فيها. فقد يتسبب النبات فى زيادة الماء أو نقصه فى التربة وفى زيادة الخصوبة أو تقليل الاضاءة بها وبهذه التغييرات تصبح البيئة صالحة أو غير صالحة لنمو نباتات أخرى. هذا ويمكن متابعة نشأة الكساء الخضرى فى حقل بور أو حديقة، فإذا دمرنا كل ما كان فيها من نباتات وقلبنا التربة بحيث أصبحت البذور أو أعضاء التكاثر الأخرى على عمق لايستطيع معه الإنبات وانتاج نسل جديد فإن هذه الأرض لاتبقى بورا، بل سرعان ما ينبت فيها العشب من جديد، ففى فصل النمو الأول تنمو بعض الأفراد متفرقة وغالبا ما تكون من الاعشاب الحولية Annuals وما أن يحل العام الثانى حتى يزداد عدد النباتات زيادة كبيرة بظهور عدد من ثنائيات الحول وربما بعض النباتات المعمرة Perennials إلى جانب الأعشاب الحولية وهذه بدورها تزداد عددا بتكاثر بذورها وأعضائها الخضرية الأخرى وبما يفد عليها من أنواع جديدة فيتغطى وجه الأرض تدريجيا حتى تمتلىء المساحة كلها. غير أن الحوليات لاتلبث أن تختفى خلال كفاحها من أجل الحصول على الضوء والمواد الغذائية ذلك لأنها تحتاج إلى التجديد كل سنة، بينما تظل النباتات المعمرة محتفظة بنموها فتستولى على الأرض فى غياب الحوليات وتستأصلها تدريجيا إلا أن بعض النباتات المعمرة أقدر على النجاح فى هذه البيئة من البعض الآخر. ولذا فإنها بمرور الزمن تسود البقعة كلها سيادة تامة، وعلى هذا المنوال تستعمر النباتات الحقول المهجورة أو الدروب غير المطروقة فى السهول الكبيرة التى تصبح بعد بضع سنوات مأهولة بالحشائش بعد أن تمر بالأدوار التى ذكرناها حتى يصل الكساء الخضرى فى نهاية المطاف إلى طور الغابة. وعلى هذا المنوال أيضا تكتسى الكثبان الرملية بالخضرة كما تكتسى البرك الضحلة أو قيعان البحيرات

الجافة أو المنحدرات الرملية أو المسطحات الطينية أو الصخور العارية. وبالجملة أية بقعة من الأرض أو الماء... وهكذا ينشأ النبت أو الكساء الخضرى.

١/٣/٢/ ٤ تطور الكساء الخضرى Evolution of Vegetation

يستغرق تطور الكساء الخضري حتى يصل إلى مرحلة الثبوت عدة مراحل مترابطة ترابطا تاما. وهذه العملية من الأهمية بحيث تصبح كل مرحلة منها ميدانا خاصا للدراسة لكل المساحات العارية الخالية تماما من البذور أو أعضاء التكاثر الأخرى تدين بما سوف ينمو عليها من النباتات للعمليات التالية:

- **الهجرة Migration**

تتضمن هذه العملية كل الوسائل التى تنتقل بها بذور النباتات أو أعضاء التكاثر الأخرى بعيدا عن آبائها أو موطنها الأصلى إلى المنطقة التى يجرى استعمارها، وقد تكون المسافة التى تقطعها البذور أو أعضاء التكاثر (البذور – الثمار – ريزومات – أعضاء خضرية.. الخ) طويلة أو قصيرة وهى طويلة بنوع خاص فى حالات الانتشار بالرياح أو تيارات المياه الجارية، غير أن الهجرة وحدها لاتكفى لانتاج الكساء الخضرى إذا اقتصرت على الانتقال ولم تتمكن الفصلات التكاثرية من النمو، إذ لابد للبذور من أن تتبت فى الأرض الجديدة، ولابد للبادرات من أن تنمو إلى نباتات مكتملة النمو ولابد لهذه الأخيرة بدورها أن تتكاثر. وإذا كان مقدرا لهذه البقعة أن تكتسى بالنبت والخضرة فإنه يتحتم على الأعضاء المهاجرة أن تتخذ لها من البيئة الجديدة موطنا ويعبر عن ذلك بأنه مرحلة التوطن.

- **التوطن Ecesis**

بعد أن يستتب الأمر للطلائع الأولى المتفرقة من النباتات فإنها تبدأ فى التجمع أعدادا كبيرة عن طريق التكاثر وهذه عملية ثالثة تعرف بعملية التجمع.

- التجمع **Aggregation**

سرعان ما يؤدى التجمع إلى عملية أخرى هى التنافس.

■ التنافس Competition

تنمو النباتات الغازية قبل تجمعها نموا حرا دون أى تنافس بينها سواء على الماء أو الضوء أو المواد الغذائية إذ تحتوى البيئة فى هذا الطور المبكر من هذه العوامل ما يفى بحاجة جميع النباتات ولكن بعد أن تتجمع النباتات وتتزاحم يصبح الطلب على مصادر الطاقة والمواد اللازمة للنباتات المتزايدة أكثر مما تسمح به موارد البيئة وإمكاناتها فهنا يبدأ التنافس وتكون النتيجة أن الاقوى يكتسح الأضعف الذى يضمحل تماما أو يصبح ضئيلا أو يموت، ويتم التنافس بين النباتات فى سرعة زائدة لكنها غير ملحوظة. وقد قام أحد الباحثين باجراء تجربة، وأوضحت النتائج أنه من بين ١٠٥٠٠ نبات من نباتات الدمسيسة *Ambrosia* التى نبتت وبدأت نموها فى مساحة قدرها متر مربع واحد من أرض رطبة خصبة لم ينتج منها سوى ١٩٢ نباتا فقط فى ختام الموسم أى ما يوازى ١,٨ ٪ أما الباقى فقد مات نتيجة لعدم كفاية الضوء اللازم لصنع الغذاء، كما أن أحدا من الأفراد التى نجحت لم يصل إلى درجة النمو الكامل إذ أنه على مساحة صغيرة كهذه لم يكن هناك من الطاقة الضوئية سوى ما يكفى لنمو القلائل نموا كاملا.

■ التفاعل Reaction

عندما تنمو النباتات وتتنافس على المواد الضرورية فإنها تؤثر تأثيرا كبيرا فى المكان الذى تعيش فيه أو بمعنى اخر تتفاعل معه –أى أن المنافسة تؤدى إلى التفاعل، فتصبح البقعة التى كانت من قبل معرضة للاضاءة الكاملة مكانا يكتنفه الظل، وإذا كانت فى الأصل أرضا رطبة فإنها تجف تدريجيا نتيجة لما يمتص منها من الماء، ثم يفقد عن طريق النتح، وإذا كانت فى الأصل جافة فإن تجمع الدبال الناتج عن تعفن الجذور والسوق والأوراق الميتة يضيف إلى مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وبذا تصبح الأرض الجافة بالتدريج أكثر رطوبة عن ذى قبل كذلك قد توقف النباتات حركة الحرارة وتصبح قليلة التغيير،

ويحتوى الهواء على نسبة أكبر من بخار الماء عما كان من قبل فيصير أكثر رطوبة وبالاضافة إلى ذلك تزداد خصوبة التربة بما يتجمع فيها من دبال وما يعتمل بها من بكتريا وفطر وهكذا تصبح التربة أكثر ملاءمة لنمو النبات.

- **الثبوت Stabilization**

يتضح مما سبق أن التغييرات التى حدثت فى بقعة ما من الأرض أو الماء لايستهان بها. إذ أن للخضرة من الأثر العميق ما يؤدى إلى تغيير العوامل المتعلقة بنمو النبات تغييرا كبيرا لدرجة أن الانواع النباتية التى سبقت إلى استيطان المكان تصبح غير قادرة على الاستمرار فيه بسبب تغيير العوامل وحدّة المنافسة؛ بينما تأتي أنواع أخرى لم تكن تقوى على النمو فى بادىء الأمر، فتجد البيئة وقد تغيرت بهذه الكيفية فأصبحت أكثر ملاءمة لنموها وهكذا نلاحظ حدوث تزحزح فى المكان كلما تحورت البيئة بفعل تطور كسائها الخضرى، ومن مظاهره أن تحل الشجيرات محل الأعشاب متى كان تغير البيئة فى صالح نموها فتظل الأعشاب وتقضى عليها بالتدريج – وقد تتمكن بذور الأشجار من الإنبات فتبدأ بادراتها بالنمو بين الشجيرات محتمية بها فى بادىء الأمر فإذا ما تمكنت من تثبيت جذورها فإنها تفوق الشجيرات فى النمو ولاتلبث أن تلقى بظلها الوارف فوقها، وقد تقضى عليها ولكن لما كان من العسير أن يستمر تغيير البيئة إلى مالا نهاية له فإن الطور النهائى من اطوار تغير الكساء الخضرى سواء أكان طور الأعشاب أو الشجيرات أو الأشجار لايقرره سوى عامل المناخ. فإذا كان المطر ضئيلا والتبخر عاليا لم يبق من الماء سوى ما يكفى لنمو الحشائش القادرة على مقاومة الجفاف وما فى حكمها كما هو الحال فى الصحارى. أما إذا كان المطر غزيرا كما فى كثير من بلدان العالم فإن الأحوال المناخية تسمح بنمو الأشجار الباسقة ولذلك فإنها تسود أعلى صور الحياة النباتية عامة. عندما يصل نمو الكساء الخضرى إلى هذا الحد الذروى يقف تغير ظروف البيئة فلاتزداد خضرة التربة أكثر مما زادت كما يظل المحتوى المائى للتربة والرطوبة ثابتتين وكذلك تبقى شدة الضوء ثابتة ويكون الكساء الخضرى فى حالة توازن مع المناخ

وبمعنى اخر يصبح ثابتا Stabilized Vegetation فإذا حدث وأخليت رقعة من نباتاتها بالحرق أو التقطيع فإن الخطوات السابقة تتكرر جميعها الواحدة تلو الأخرى.

٥/٢/٣/١ تعاقب الغطاء النباتى Vegetation Succession

كلما تقدم النبت (الغطاء النباتى) فى نموه فى الساحة التى يشغلها فإنه لايبقى على حال واحدة بل تتعاقب على هذه المساحة مجتمعات نباتية مختلفة، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تعاقب النبت – وسواء أكانت مرحلة البداية فى الماء أم على الصخر الأصم أو على التربة العادية فإن هذا التعاقب ينتهى فى المنطقة الواحدة بنفس الطور النهائي أو الطور الذروى بعد سلسلة من الأطوار المتعاقبة (المتتابعة) فإذا بدأ التعاقب فى البرك أو البحيرات أو المستنقعات أو أية بيئة مائية سمى (التعاقب المطرد فى الماء Hydrach Succession) وسميت المراحل المتتابعة بسلسلة التعاقب المائى Hydrosere Succession أما إذا بدأ التعاقب على الصخر العادى أو الرمال التى تحملها الرياح أو المنحدرات الصخرية أو غير ذلك من المواقع التى تعانى نقصا كبيرا فى الماء سمى التعاقب المطرد فى الجفاف Xera-rch Succession وسميت المراحل المتتابعة بسلسلة التعاقب الجفافى Xerosere Succession الذى يشتمل على تعاقب جفافى على الصخر Lithosere Succession وتعاقب جفافى على الرمال Psammosere Succession وتنتهى سلسلتى التعاقب المائى والتعاقب الجفافى بمجتمعات نباتية متعادلة مع المناخ الذى توجد فيه. أما إذا كانا فى نفس المناخ فإنهما ينتهيان بنفس المجتمع الذروى.

١/٥/٢/٣/١ سلسلة التعاقب المائى Hydrosere Succession

تمر سلسلة التعاقب المائى بالاطوار النباتية التالية:

- **طور النباتات المغمورة Submeged Stage**

هناك أنواع عدة من النباتات تنمو مغمورة تماما فى الماء بقرب شواطىء البحيرات وربما فى البحيرة بأكملها حينما يكون عمق الماء أقل من ٧ متر،

وهذه النباتات المغمورة هى الطلائع الأولى فى سلسلة التعاقب المائي. ومن أبرز هذه الطلائع بضعة أنواع من النباتات الزهرية مثل الالوديا (بقلة يوحنا) *Elodea* نخشوش الحوت *Ceratophyllum* والحريش *Najas* – وهى تنمو على أعماق مختلفة وغالبا ما تثبت جذورها فى القاع الطينى أو الرملى ويتوقف هذا على نوع النباتات كما يتوقف بوجه خاص على درجة صفاء الماء. وكثيرا ما تكون هذه النباتات كتلا غزيرة من الخضرة فالشقائق المغمورة *Ranunculus* وحامول الماء *Utricularia* مع عدد كبير من الطحالب المتفاوته بين المجهرية والشبيهة بالاعشاب مثل الكارا *Chara* كل هذه تساعد على ملىء الماء ملئا تاما بالنباتات المتشابكة. وتبلغ غزارة نمو هذه النباتات مبلغا عظيما خاصة فى أواخر الصيف عندما يكتمل نموها لدرجة تجعل سير الزوارق عسيرا أو مستحيلا فى بعض المناطق الحارة. ولنمو هذه النباتات المغمورة سنة بعد أخرى تأثير ملحوظ فى البيئة وذلك لأن المواد التى تجرفها المياه وتحملها إلى البحيرة تترسب حول النباتات فهذه تقف عقبة أمام تقدمها، وتعمل على اضعاف سرعة التيارات. وفوق ذلك فإنه عندما تموت هذه النباتات المغمورة تترسب بقاياها فى القاع، حيث تتحلل جزئيا بسبب عدم التأكسد ومعها بقايا الحيوانات الميتة فتكون كتلة من الدبال Humus تربط بين حبيبات التربة فتجعلها أكثر تماسكا، وهكذا تنتهى هذه التفاعلات التى تصنفها النباتات المغمورة الى تقليل عمق الماء وبناء قاع البحيرة. ومن الواضح أن هذه العملية ليست فى صالح النباتات المغمورة الموجودة اذ ذاك فى البحيرة، ولابد إن آجلا أو عاجلا أن يصبح الماء والعمق الجديدان بيئة صالحة لوفود أنواع جديدة من النباتات.

- **طور النباتات الطافية Floating Stage**

تبدأ أنواع مختلفة من النباتات الطافية حينما يكون عمق الماء من ٢–٣ متر فى غزو المساحة التى كانت فيما مضى مشغولة بالرواد من النباتات المغمورة،

وتهاجر هذه النباتات الطافية بوساطة ريزومات من مواقعها الوطيدة فى المياه الضحلة، ومن أهم هذه الأنواع زنابق الماء المختلفة مثل البشنين *Nymphaea* والبوتاموجيتون *Potamogeton* والبوليجونم *Polygonum* وكثير غيرها من الأجناس الأخرى تتكون منها عشائر من أنواع متعددة عادة إلا أنه قد يكسو مساحات كبيرة نوعان أو نوع واحد فقط من هذه النباتات، ولكل هذه الأنواع جذور مثبتة فى القاع ولها كلها تقريبا ريزومات قد يبلغ طولها بضعة أقدام ولها سوق تعطى جذورا عند العقد، وتكون أعناق الأوراق أو الأنواع متفاوتة فى الطول بحسب عمق الماء بحيث تسمح للأوراق العريضة بأن تطفو فى سهولة على سطحه.

ويتكون المجتمع النباتى فى بادئ الأمر من مزيج من النباتات الطافية والنباتات المغمورة وخاصة تلك التى تلائم الماء القليل العمق، لكن كلما ازداد عدد الوافد من النباتات الطافية بتكاثرها وانتشارها تدريجيا من سنة إلى أخرى شغلت أوراقها مساحات أكبر من سطح الماء، ونتيجة لذلك يحجب الضوء عن النباتات المغمورة ويصبح حتما عليها أن تهاجر الى الأجزاء الأكثر عمقا. وغالبا ماتغطى سطح الماء كتل كبيرة من النباتات الطافية غير المثبتة مثل أنواع فصيلة عدس الماء *Lemna* وياسنت الماء *Eichornia* الخ فتعمل بشدة على حجب الضوء. ونظرا لتشابك سوق هذه النباتات الطافية تشابكا غزيرا فانها تساعد على ترسيب كثير مما يحمله الماء من رواسب بين ثناياها، وتعمل البقايا المتخلفة عن تعفن هذه الكتل الكبيرة من النباتات بسرعة على بناء تربة جديدة، غير أن التيارات المائية قد تكون سببا فى إزالة هذه المواد المتراكمة كليا أو جزئيا، وهذا ما يساعد على بقاء المرحلة الطافية وقتا أطول، إلا أنه غالبا ماتسير عملية بناء التربة بسرعة تكفى لأن يصبح الجانب القريب من الشاطئ من هذه النباتات الطافية فى غضون سنين طويلة صالحا لنمو نباتات المستنقعات. ذلك لأن الماء إذا قل عمقا بدرجة كبيرة أضحى غير ملائم لنمو النباتات الطافية فلا تلبث هذه أن تتلاشى تدريجيا.

■ **طور النباتات القصبية Reed Swamp Stage**

تصبح البيئة باستمرار النقص فى عمق الماء ملائمة لنمو النباتات التى تثبت جذورها فى القاع والتى تكون أجزاؤها السفلية مغمورة فى حين ترتفع أجزاؤها الخضرية فوق سطح الماء. فإذا ما وصل عمق الماء إلى مابين ٣٠-١٢٥سم كان من الممكن لنباتات البوط (البردى) *Typha* والحجنة (البوص) *Phragmites* أن تنمو فى المناطق التى كانت تشغلها النباتات الطافية. وتنمو الرواد من هذه النباتات فى أكثر الأجزاء عمقا حتى ٢٠٠سم أما الحجنة فإنها تنمو فى أقل الأعماق. إلا أن هذه الأنواع قد تنمو مختلطة ولكل هذه النباتات ريزومات كبيرة وكثيرة التفرع وفى استطاعتها أن تنمو حتى إذا فشلت بذورها فى الإنبات. وهناك أنواع أخرى قد تنمو فى صحبة هذه إذ تكون معها مجتمعات فى بيئات. مشابهة وهى أنواع أجناس السعد *Scirpus* و *Cyperus*.... الخ وهى كسابقتها تستطيع بأعوادها الطويلة وغزارة نموها أن تبسط نفوذها على الأماكن التى تنمو بها. ومن الواضح أن النباتات الطافية سوف تصبح فى حالة سيئة من حيث الاضاءة. وكلما تقدم نمو تجمع المستنقعات القصبية اختفت نباتات من المجتمع الطافى حيث تهاجر الى الخارج نحو الماء الأعمق وفى أثر النباتات المغمورة.

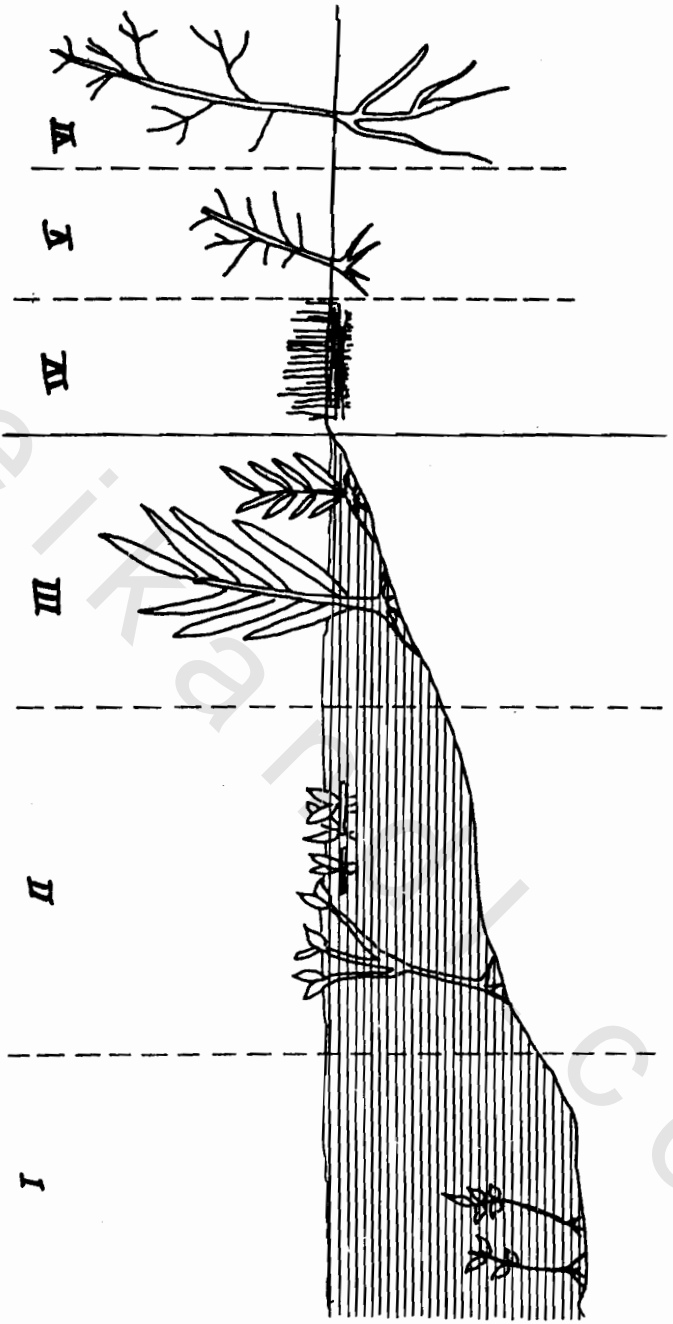
لا تقتصر فاعلية نباتات المستنقعات القصبية على تظليل سطح الماء ولكنها تمتد الى بناء شواطئ البحيرة باحتجازها للمواد الرسوبية التى تفرغ فى البحيرة وبالتجمع السريع لبقايا النباتات، خاصة وأن نمو النباتات فى هذا المجتمع يكون أغزر مما هو فى المجتمعات السابقة، كما أن لأفراده أنسجة دعامية قوية تقاوم عوامل التعفن، وهى فى هذه النباتات واسعة الانتشار فى الأعضاء الهوائية، وهكذا يقل عمق الماء. ومما يساعد على اتمام ذلك وجود أنواع ثانوية مثل ساچيتاريا *Sagittaria* والبوليجونم *Polygonum* ونتيجة لذلك تصبح البيئة بالتدريج أقل ملاءمة لنمو أغلب أنواع نباتات المستنقعات القصبية.

■ **طور المروج Sedge Meadow Stage**

بانخفاض مستوى سطح الماء تقل قوة نمو البوص والبردى والسعد... الخ وتبدأ أنواع أخرى تأخذ مكانها، وباختفائها تزداد كمية الضوء التى تتعرض لها النباتات الجديدة مما يساعدها على النمو والازدهار، وهكذا يتغير طور المستنقعات القصبية تدريجيا الى طور يسمى مروج السمار Sedge Meadow Stage التى تتألف من أنواع كثيرة من أجناس *Juncus* و *Carex* و *Eleocharis* وهى بريزوماتها المتينة المتشابكة وجذورها الرفيعة الكثيرة التفرع تصنع مايشبه النباتات البساطية، وبذلك تجف التربة بحيث لا تعود صالحة لنمو المجتمع السابق رغم أنها قد تغطى ببضع بوصات من الماء فى الربيع والصيف المبكر، بيد أن هذا الماء قد يختفى فى أواخر الصيف وتبقى التربة مشبعة بالماء، أما سطح الماء فينخفض بضع بوصات تحت سطح التربة، وبهذا قد توجد درجات عدة من البلل بحسب مدة تقدم نمو الغطاء النباتى وعدم الانتظام فى سطح الأرض، مما يترتب عليه أن تبقى بعض جذور من الحجنة أو البردى فى المنخفضات مدة طويلة كآثار من المجتمع القديم وكدلائل على وجود مستنقع سابق. وهناك كثير من الأعشاب التى تنمو بين أجزاء مجتمع السمار. وتقوم هذه النباتات بتجميع حبيبات التربة وبقايا النباتات التى يحملها الماء والريح. وقد يضيف السمار بمفرده بضعة ملليمترات من الدبال كل سنة، وينتج عن نتح السمار فقد كميات من ماء التربة. وفى النهاية تصبح بيئة مجتمع المروج فى حالة من الجفاف لا تصلح لنمو النباتات المحبة للماء التى تتلاشى بالتدريج ليحل محلها غيرها من النباتات التى تكون مجتمعا آخر، وقد يكون المجتمع الجديد من الحشائش أو غيرها فى المناطق الجافة، أما فى المناطق الرطبة فقد يتكون من مجتمع شجيرى.

■ **الطور الشجيرى Shrubby Stage**

عندما يصل ارتفاع مستوى سطح الأرض إلى الحد الذى تصبح فيه التربة مشبعة بالماء فى بعض أوقات العام فقط وجافة نسبيا فى بقية العام تبدأ بعض



رسم تخطيطى يوضح مراحل تطور الكساء الخضرى فى البيئة المائية

أنواع الشجيرات والأشجار فى الظهور. ويستهل الغزو فى هذا الطور بالأنواع التى تحتمل البقاء فى التربة المشبعة كالصفصاف *Salix* والحور *Populus*... الخ وتؤثر هذه النباتات العشبية على البيئة بما تنشره على سطح الأرض من ظلال وبما تخفضه من مستوى الماء الأرضى عن طريق الاستمرار فى بناء التربة وتجفيفها بالنتح الشديد. وتصبح تلك التربة الظليلة الأكثر جفافا بيئة صالحة لنمو أنواع من النباتات أكثر احتمالا للشمس والجفاف من نباتات المروج البردية التى كانت سائدة فى الطور السابق، ولذلك تختفى النباتات الأخيرة وتمتد المروج البردية خطوة تجاه المستنقع المتراجع نحو النهر أو البحيرة بالتدريج، وفى نفس الوقت تحل محل المروج البردية أعشاب تحتمل الظل وتنمو بين الأشجار والشجيرات.

■ **طور الغابة الذروية Climax Forest**

تتاح الفرصة لأشجار جديدة باستمرار تراكم الدبال وازدحام التربة الرطبة بالبكتريا والفطريات والكائنات الأخرى التى تزيد من خصوبتها أن تغزو الرقعة بنجاح. ويصاحب كل نوع من الأشجار ظهور الشجيرات الخاصة والتى ترافقه عادة حيثما وجد، وتغزر الأشجار وتزداد كثافتها بالتدريج فى الأجزاء الأجف من التربة حيث التهوية الحسنة كما تصبح القمم أكثر ازدحاما وكثافة وبعد أن تلتحم تلك القمم ويتصل ظلها تصبح الظروف غير ملائمة لتكاثر أنواع كثيرة من الأشجار التى غزت السلسلة، خاصة فى باكورة الغابات أو تصبح بادراتها غير قادرة على النمو فى الظل وبذلك يختزل عدد الأنواع بعد عدة أجيال وينتهى الأمر بتكوين غابات نقية من نوع واحد أو أنواع محددة من الأشجار، يحدث مثل هذا الفرز والانتخاب أيضا فى طبقتى الشجيرات والأعشاب، وتحل النباتات الوسطية Mesophytes أى ذات الاحتياجات المائية المتوسطة محل النباتات المائية Hydrophytes السابقة. بهذه الطريقة تتحول الرقعة التى كانت فى وقت ما مغمورة بالماء إلى غابة – ويجب ألا يغيب عن الذهن أن التعاقب

سلسلة متصلة ومتدرجة ببطئ شديد وأن الأطوار التى تقدم ذكرها انما هى حلقات محددة فى سلسلة التعاقب فتنتهى كل حلقة منها بسيادة صورة من صور الحياة التى تمر بها السلسلة واكتمل وضوحها فى هذه الأطوار. وقد توجد عملية تعاقب النبت هذه بكامل مراحلها على شواطئ البحيرات أو الأنهار – وتحتفظ المراحل فى تتابعها الأفقى الحالى من الماء الضحل إلى الغابة بهذا التتابع فى الاتجاه الرأسى كلما ارتفع قاع الجسم المائى فتكون الغابة هى الطبقة العليا.

٢/٥/٢/٣/١ سلسلة التعاقب الجفافى Xerosere Succession

١/٢/٥/٢/٣/١ سلسلة التعاقب الجفافى على الصخر Lithosere Succession

تمر سلسلة التعاقب الجفافى بالأطوار الجفافية التالية:-

- **مرحلة (طور) الأشن القشرية Crustose - Lichen Stage**

لا تحتوى المملكة النباتية إلا على قلة ضئيلة من النباتات التى يمكنها أن تثبت نفسها وتنمو على سطوح الصخور الملساء العارية وذلك بسبب الجفاف الشديد ونقص التغذية والتعرض الشديد للشمس ولدرجات الحرارة المتفاوتة وليس ثمة سوى الاشن القشرية Crustose Lichens هى التى تستطيع النمو فى مثل هذه المواقع. وهى تزدهر فى أثناء فترات الطقس الممطر ثم تبقى فى حالة جفاف لفترات طويلة أثناء فصل الجفاف. والمعروف أن الاشن عبارة عن فطر Fungus وطحلب *Alga* يعيشان معيشة متكافلة، فالفطر يعيش على الطحلب مندمجا معه فى جسم الاشن لضمان حاجته من المواد الكربوهيدراتية من الطحلب وهذا بدوره يحتمى بالفطر القشرى ضد الجفاف. للاشن القشرية قدرة خارقة على امتصاص ماء المطر والاحتفاظ بقدر كبير منه. كما أنها تستطيع الحصول على مواد الغذاء المعدنى باخراج ثانى أكسيد الكربون الذى يذوب فى الماء مكونا حامضا مخففا يذيب الصخر ببطئ وبذلك تستطيع أشباه الجذور أن تخترقه

لمسافة بضعة ملليمترات فى بعض الأحيان، ولا تلبث هذه الاشن أن تنتشر على الصخور البعيدة بواسطة ابواغها التى تحملها الريح أو بواسطة أعضاء تكاثرها الخاصة المعروفة بالسوريديا – وهكذا تستطيع أنواع من أجناس ***Lecanora*** و ***Rinodena*** – ***Lecidea*** و ***Rhizocarpon*** – أن تستعمر هذه الصخور العارية وتلعب دورا هاما فى تحويل الصخر الى تربة. ولا يقتصر فعلها على الأجزاء التى تلامس الصخر ولكن تأثير حامض الكربونيك التآكلى وربما بعض الافرازات الأخرى يمتد بعيدا عن حواف القشرة الاشنية أثناء المطر – وهذا يساعد على الامتداد البطئ للاشنة أو يهيئ مهادا صالحة لنمو أشن جديد.

وبهذه الكيفية تساعد الاشن على تآكل وتفتيت الصخر إلى جانب العوامل الأخرى وباختلاط الحبيبات الصخرية مع بقايا الاشن تصبح الأحوال ملائمة لنمو أنواع أخرى من النباتات. هذا وتتوقف السرعة التى تتكون منها كمية صغيرة من التربة إلى حد كبير على طبيعة الصخر ذاتها وعلى الأحوال المناخية، ففى حالة حجر البازلت مثلا فى مناخ جاف قد تستمر مرحلة الاشن القشرية لمئات من السنين، أما فى حالة الحجر الجيرى أو الحجر الرملى فى مناخ رطب فإن مايحدث من تغير يسمح بغزو الاشن الورقية فى مدى جيل واحد من الزمن.

■ مرحلة الاشن الورقية Foliose - Lichen Stage

تظهر الاشنات الورقية وهى التى تثبت نفسها فى الصخر فى نقطة واحدة أو بحافة واحدة بمجرد تجمع القليل من التربة بخلاف الاشن القشرية التى تلتصق بالصخر وبجميع سطحها. وتحل الاشن الورقية تدريجيا محل الاشن القشرية فى الأجزاء الأكثر تآكلا من الصخر وفى التجاويف وفى بعض المواضع الأقل تعرضا للشمس، وتعمل أجسام الاشن الورقية الشبيهة بالأوراق المفلطحة على تظليل الاشن القشرية تظليلا تاما فإذا امتنع الضوء عن الأخيرة ماتت وتعطنت ويجد الماء الذى تتشربه بقايا الاشن القشرية المتحللة طريقه الى الاشن الورقية فيكون لها موردا مائيا وفيرا. كذلك ينقص التبخر بدرجة كبيرة وتستقر بين ثنايا الاشن الورقية قطع من أشن متفتتة ينقلها اليها الماء والهواء ويختلط هذا الفتات بالأتربة

المنقولة وهكذا يتجمع الدبال سريعا. وتنحر الأحماض التى تنتجها النباتات الحية والمتعفنة فى الصخور باستمرار. وفى الواقع يعتبر التغيير فى ظروف البيئة الذى يصحبه الانتقال من طور الاشن القشرية الى طور الاشن الورقية من الأهمية بمكان وبدرجة لا تقل عنه فى أى جزء من أجزاء السلسلة الجفافية ومن أمثلة الاشن الورقية – *Parmelia, Dermatocarpon, Umbilicaria*

■ **طور الحزازيات القائمة Moss Stage**

يبدأ ظهور الحزازيات حالما تتجمع كميات كافية من التربة فى الشقوق والمنخفضات الصغيرة من الصخور، وتتكون عاذة من أنواع من الحزاز الأسود المسمى *Grimmia* والحزاز الشعرى من جنس *Polytrichum* والحزاز اللولبى من جنس *Tortula*. وهذه قد تكون وافدة من مسافات بعيدة بواسطة أبواغها التى حملتها الرياح، وتنافس أشباه جذور تلك الحزازيات أشباه جذور الاشن الورقية على الماء والمواد الغذائية. كما تزيد أفرعها الهوائية على الاشن فى الارتفاع. ولا تقل هذه الحزازيات عن الاشن مقدرة على مقاومة الجفاف وقد توجد معها فى طور واحد، وفى حالات قليلة تسبق الحزازيات الاشن، ثم سرعان ماتتجمع التربة بين السوق القائمة للحزاز، إذ أنها تموت من أسفل بينما يستمر نموها من أعلى. وبذلك تبنى البيئة الجديدة وتزداد المساحة التى تشغلها ازديادا مضطردا، ويمكنا أن نلمس الفرق بين عمق التربة تحت هذه الحزازيات الذى قد يبلغ البوصة أو يزيد وبين عمق الطبقات الرقيقة من التربة التى توجد تحت الاشن الورقية وبين الصخر الصلد الذى يوجد تحت الاشن القشرية بأن تغرس نصل سكين فى مكان نمو كل من هذه الأنواع – ويلاحظ أحيانا وجود أشن شجيرية وخاصة من جنس *Cladonia, Stereocaulon* مع الحزاز تتخلى الأنواع الورقية عن مكانها للحزاز وتأخذ فى الرحيل الى المساحة التى تستغلها الاشن القشرية. وغالبا ماتوجد هذه الأطوار الثلاثة مجتمعة على نفس الصخرة حيث يشغل الرواد الاوائل أكثر المواقع تعرضا.

■ طور النبات العشبية Herbaceous Stage

إن فاعلية الحزاز فى تكوين التربة والاحتفاظ بها ذات أثر كبير لدرجة أن بذور مختلف الأعشاب الجفافية وخاصة الحوليات قصيرة العمر Short-life Annuals سرعان ماتستطيع الإنبات، وتبلغ النباتات طور النضج. ولو أن الأجيال الأولى منها قد تنمو قصيرة ضئيلة بسبب جفاف التربة وقلة خصوبتها إلا أن جذورها تستمر فى عملية تفتيت الصخور، وبتوالى السنين تعمل بقاياها المتحللة على إضافة الكثير من الدبال إلى التربة، تبدأ النباتات الثنائية الحول Biennials وكذا المعمرة Perennials فى الوفود وبالتدريج ولا تفتأ أعدادها فى الازدياد كلما تحسنت أحوال البيئة. وكلما ازداد تشابك الجذور وتظليل التربة سارت عمليات تفتيت الصخر وتجمع الدبال والمواد الغذائية سيرا حثيثا، فتنخفض درجات الحرارة والتبخر المتطرفة وتزداد درجة الرطوبة ازديادا طفيفا كما تقصر فترات الجفاف، كما ان الكائنات الحية الدقيقة التى تعيش فى التربة مثل البكتريا والفطر والحيوانات تزداد عددا وتصبح أحوال البيئة بالتدريج أقل جفافا فتبدأ الأنواع ذات الجذور السطحية الشديدة المقاومة للجفاف مثل أنواع جنس *Verbascum, Aristida, Festuca, Poa* فى النمو مع نمو بعض السراخس الصخرية مثل *Potentilla, Solidago, Funaria* المقاومة للجفاف، وهذه العشيرة الجديدة تتفاعل مع البيئة وخاصة فيما يتعلق بتقليل الإضاءة مما يسبب تدميرا واضحا للحزازيات والاشن الورقية التى تأخذ أعدادها فى التناقص التدريجى.

■ طور الشجيرات Shrubby Stage

تجد النباتات الخشبية الظروف مواتية لنموها بعد تهيئة التربة الملائمة على النحو المتقدم بواسطة الاشن والحزازيات والأعشاب، وقد تبدأ الشجيرات والأشجار الصغيرة نموها من البذور أو تنتقل الأجزاء الخضرية بالريزومات من بقاع مجاورة. ويستهل هذا الطور نباتات ذات ريزومات متشابكة تمتد تحت سطح الأرض وتنبثق منها أفرع هوائية كثيفة مورقة، وتعلو هذه الأفرع على الأعشاب وتظللها. وعندما يبلغ نمو الشجيرات حدا خاصا من الكثافة تجد نباتات الطور

السابق أن البيئة من حولها قد تغيرت بشكل يستحيل معه أن تستمر فى نموها، ولذلك تختفى معظم النباتات العشبية وتمتلئ التربة بالجذور الغليظة المتشابكة، كما تجد الأوراق المتساقطة مكانا تأوى إليه بين السيقان الميتة وتستمر الجذور العميقة فى نحت الصخور وتفتيتها وتفتيح ثقوبها. وتصد الشجيرات الرياح وتعوق حركتها كما تزيد الرطوبة فوق طبقة الأوراق المتحللة التى تغطى سطح التربة المظللة. وتقل كثيرا سرعة التبخر من سطح الأرض. تهيئ كل هذه الظروف مضافا إليها ازدياد خصوبة التربة وسعتها المائية وقدرتها على الاحتفاظ بالماء بيئة مناسبة لبادرات الأشجار وتؤذن باقتراب طور الأشجار.

■ **طور الغابات الذروية Climax Forest**

تكون الأشجار الأولى عادة أشجارا جفافية Xerophytic Trees تنعكس عليها ظروف الحياة الجفافية الصعبة فى ضآلة نموها، ولكن باستمرار عمليات التعرية، وازدياد عمق التربة تزداد الأشجار عددا وغزارة نمو، وبذلك تتكون الغابة. ومع الازدياد المضطرد فى شدة الظل تصبح الشجيرات المحبة للضوء غير قادرة على البقاء، ولذلك تحل محلها نباتات متوسطة الرطوبة وأكثر احتمالا للظل تعيش تحت قبة الأشجار المورقة، وبمجرد أن تثبت الأشجار الوافدة حديثا أقدامها تنعقد لها السيادة والتحكم ولا تستطيع أن تعيش معها إلا النباتات التى تتحمل الظل، وبذلك تختفى من المجتمع جميع الشجيرات والأعشاب التى لا توائمها الظروف الجديدة.

وهكذا تتغير البيئة فى سلسلة التعاقب الجفافى كما تتغير فى سلسلة التعاقب المائى من بيئة متطرفة إلى أخرى متوسطة من حيث العلاقات المائية، ويقابل ذلك تغيير مماثل فى الكساء الخضرى من نباتات جفافية أو نباتات مائية إلى غابة ميزوفيتية (وسطية) Mesophytic Forest.

٢/٢/٥/٢/٣/١ سلسلة التعاقب الجفافى على الرمل

Psammosere Succession

أجريت دراسات مستفيضة على التعاقب فوق الكثبان الرملية فى كثير من

بلدان العالم (الولايات المتحدة الأمريكية – أستراليا – باكستان – الهند – تونس – مصر – روسيا – الصين.... الخ)، وخاصة فى المناطق الساحلية لتلك البلدان ووجد أنه تبدأ الخضرة على هذه الكثبان الرملية فى البداية بنباتات شديدة الجفافية ثم تنتهى إلى غابة ميزوفيتية (وسطية) من أنواع من الأشجار والشجيرات تختلف باختلاف المناطق والبلدان والمناخ، ووجد كذلك أنه لا يمكن أن تكون فى مثل هذه البقاع كثبان رملية ضخمة، إذ إن مايمكن أن تبنيه بعض الرياح قد تهدمه رياح أخرى إلا إذا كانت النباتات التى تصنع عوائق تضطر الرياح القادمة من الجسم المائى (البحر – البحيرة... الخ) إلى ترسيب حمولتها من الرمال على النباتات التى يزداد حجمها زيادة مستمرة. ولابد لمثل هذه النباتات من أن تكون شديدة الجفافية أو قادرة على أن تصمد للدفن الجزئى تحت الرمال أو قادرة على الاستمرار فى الازدهار إذا أزيحت من حولها كميات كبيرة من الرمال لدرجة تكشف أعضائها الأرضية ولو جزئيا.

■ الكثبان الرملية الصغيرة Small Sand Dunes

من أنجح النباتات التى تنمو على الكثبان الرملية الصغيرة هى:

قصب الرمال *Ammophila* – حشيشة القمح *Agropyron* – والصفصاف *Salix* والحور *Populus* وكرز الرمال *Prunus* وبوص الرمال *Calamorifa* والهالوبيرام *Halopyrum* كل هذه النباتات لها قدرة خارقة على الاستطالة عموديا كلما تجمعت أكوام الرمال حولها. وبعض الحشائش والشجيرات تتكاثر بوفرة بوساطة ريزوماتها التى تعمل متضافرة مع الجذور المتشابكة على تثبيت الرمال. وقد تبلغ الكثبان ثلاثة أمتار فى الارتفاع أو أكثر. وعملية تثبيت الرمال بتلك الأنواع من النباتات الرملية Psammophytes أى النباتات التى تستطيع أن تنمو وتكون عشيرة نباتية على الكثبان الرملية ليست حديثة ولكنها من أزمان قديمة حيث وجد أن الإسكندر المقدونى قام بإحضار عدد كبير من أشجار الحور *Populus euphraticus* إلى واحة سيوه فى صحراء مصر الغربية وذلك لاستخدامه فى تثبيت الكثبان الرملية فى تلك الواحة خاصة حول بحيراتها (مثل

بحيرة سيوه) ولا تزال توجد حتى الآن بعض من أشجار نبات الحور تستخدم فى تثبيت الرمال حيث وجد أنه فى الأماكن المنخفضة التى تتعرض لإزاحة الرمال عنها إلى مايقرب من مستوى الماء الأرضى، فان أشجار الحور قد تنمو سريعا مكونة عائقا جديدا تتجمع حوله التربة التى تحملها الرياح، أما فى الرمل الجاف فلا يحدث تكاثر خضرى ولا تستطيع أفراد جديدة أن تبدأ حياتها. كما أن الكثبان الرملية التى تنمو عليها أشجار الحور هى أعلى الكثبان وأكثرها انحدارا وقد تصبح الأشجار مدفونة دفنا يكاد يكون تاما ومع ذلك تظل حية.

■ الكثبان الرملية المتحركة Mobile Sand Dunes

كلما ازداد حجم الكثبان الصغيرة وارتفاعها أصبحت العوامل أكثر ملاءمة لتجمع الرمال، غير أن النباتات التى تثبتها تكون قد ابتعدت كثيرا عن مستوى الماء كل سنة. وأشجار الحور بالرغم من مقدرتها على المعيشة تحت الرمال إلا أن ذلك لا يكون إلا فى حدود ارتفاع معين من الكثيب الذى تعطيه الرياح شكلا جديدا، وتفقد النباتات أماكنها ويبدأ الكثيب فى التحرك وتذرو الرياح الرمال المفككة فتحيلها إلى أكوام ضخمة أو سلاسل من الكثبان المواجهة للرياح تمتد إلى مسافات طويلة فى انحدار رقيق، أما الجانب المقابل فإنه يكون عادة شديد الانحدار وهكذا تكنس الرياح المنحدرة الجانب المواجه لها حاملة منها أو مدحرجة الرمال إلى أعلى حتى تصل إلى قمة التل وهناك تنحدر هابطة على الجانب شديد الانحدار. وتتحرك الكثبان الرملية إلى الأمام عدة بوصات سنويا ولكنها تتقدم دائما فلا تلبث الخضرة (الغطاء النباتى) التى توجد فى المنطقة منذ القدم أن تتغطى تماما بواسطة هذه الرمال المتحركة، وعندما تنحسر الرمال ثانية نتيجة لعامل الرياح (أو خلافه) فتنكشف بقايا الغطاء النباتى المطمور.

■ الكثبان الرملية الثابتة Stabilised Sand Dunes

يبدو الغطاء النباتى كأنه غير قادر على إيقاف الكثبان سريعة التحرك رغم أن بعض النباتات الجفافية قد تستطيع النمو فوقها ولكن كلما تحرك الكثيب بعيدا عن الجسم المائى (البحيرة مثلا) بمقدار كيلومتر أو أكثر خفت حدة الكثبان

وخاصة عن طريق الكثبان الأخرى التى تستجد بينه وبين شاطئ البحيرة، وهكذا تبدأ الخضرة فى تثبيت جذورها عند قاعدة المنحدر فى الجانب البعيد عن الشاطئ على حافة الكثيب أو مجموعة الكثبان حيث تتوافر الرطوبة فى التربة والوقاية من الرياح، وقد تزحف النباتات إلى أعلى المنحدر بطريقة التكاثر الخضرى. ونبات قصب الرمال وغيره من الرواد النباتية الجفافية الرملية هى من أوائل النباتات التى تظهرمكونة عشيرة نباتية رملية ثم يليها نمو غزير من الشجيرات والأشجار من أنواع الصفصاف *Salix* والكرم *Vitis* والكرز البرى *Prunus*، وفى سرعة كبيرة تحل غابة ميزوفيتية شاملة أشجار وشجيرات متنوعة تبعا للمناخ السائد.

■ تعليـــــــــق

وهكذا تتغير البيئة تماما فى سلسلتى التعاقب الجفافى والمائى من بيئة متطرفة إلى أخرى متوسطة حيث العلاقات المائية وسطية، يقابل ذلك تغيير مماثل فى الكساء الخضرى من نباتات جفافية أو نباتات مائية إلى غابة ميزوفيتية Mesophytic forest، وإذا بدأت سلسلتى التعاقب الجفافى والمائى تحت مناخ واحد فان الطور الذروى سيكون متشابها. ونلاحظ أيضا أن هذه السلاسل نصفها مبدئيا بحسب المحتوى المائى للمساحة الأولية التى تتطور بها. وكذلك فإن نوع الماء الموجود يكون فى الغالب هو الضابط، ونتيجة لذلك فان سلاسل التعاقب المائى فى المساحات الملحية تعرف بسلسلة التعاقب الملحى Halosere Succession أضف إلى ذلك أنه بينما يكون سطح الصخر والرمل فى درجة واحدة تقريبا من الجفاف، فإن الفروق بينهما من حيث الصلابة والاستقرار تكون سببا فى حدوث سلاسل مختلفة كل الاختلاف. وهناك سلسلة التعاقب الجفافى على الصخر Lithosere Succession والتعاقب الجفافى على الرمال Psammosere Succession ونلاحظ فى كل عمليات التعاقب الجفافى والمائى أن النباتات تعمل على أن يتم تغيير الوسط البيئى المتطرف إلى وسط بيئى وسطى.

٦/٥/٢/٣/١ الطور الذروى (الذروة) The Climax Stage

تظل عمليات التطور والتنمية تسير لفترة طويلة من الزمن لدرجة أن الكساء الخضرى المستقر أو الذروى قد أصبح يشغل الجانب الأعظم من مساحة الأراضى التى مضى على تكوينها أمد طويل. وقد تكون المراحل الأولية أو المتوسطة من التعاقب غير واضحة وضوحا كافيا غير أنها موجودة فى كل مكان بوفرة تكفى لتحكى القصة الكاملة للسبيل الذى سلكه الكساء الخضرى فى المساعدة على تحويل الصخور الجبلية والرمال المتحركة وشواطئ البحيرات والأنهار إلى تربة حقيقية صالحة لنمو النباتات الوسطية مكونة غابات ذروية، وتتبدى القصة فى أوضح صورها خاصة فى فيافى الجبال الصخرية وعلى المرتفعات التى تعمل فيها عوامل التعرية وعلى المنحدرات المفككة المكونة من الرمال والحصى، أما بناء البرك والمستنقعات والبحيرات إلى أراضٍ جافة فكما أنه يحدث حاليا فإنه قد حدث على نطاق واسع فى الأزمنة الغابرة، والدليل على ذلك تجمعات المواد العضوية المتحللة وطبقات الفحم المغطاة بالأتربة.

وبرغم أن التتابع العام فى سلسلة من السلاسل يسير بنفس النظام فى كل مكان تقريبا إلا أن المرحلة الأخيرة أو الغابة التى يمكن أن ينتهى اليها تطور الكساء الخضرى أى المجتمع الذروى النهائى شئ يحدده المناخ السائد، حيث تكون هناك حالة اتزان كامل بين المناخ ونوع الغطاء السائد، وهذا الغطاء النباتى يكون ثابتا غير متغير إلا إذا حدث تغيير ما فى المناخ وخاصة كميات الأمطار وتوزيعها السنوى ودرجات الحرارة، ومن ثم كانت كل المجتمعات الذروية للغطاء النباتى فى العالم نتيجة للعوامل المناخية السائدة. وتشتمل هذه على الغابات الاستوائية دائمة الخضرة، الغابات متساقطة الأوراق صيفا، الغابات متساقطة الأوراق شتاء، السفانا، التندرا، الغابات الالبية، الصحارى، غابات الشورة، وكل هذه الأنواع من الغطاء النباتى الذروى تعتمد فى تكوينها على الأمطار ودرجات الحرارة.

■ **الذروة الناقصة Subclimax**

والذروة اللاحقة Postclimax

عندما يكون هناك عامل بيئى (أو عوامل لبيئة ما) غير العوامل المناخية السائدة تعمل على عدم استكمال مراحل تطور الكساء الخضرى فى منطقة ما وتعرقله فى مرحلة قبل المرحلة الذروية، فإنه يطلق عليها الذروة الناقصة Subclimax حيث يكون غطاؤها النباتى غير مكتمل التطور، ويختلف عن الغطاء النباتى السائد. والعكس إذا كانت هناك عوامل بيئية (أو عامل بيئى واحد) غير العوامل المناخية تدفع عملية تطور الكساء الخضرى إلى مرحلة متقدمة من الطور الذروى السائد فى المنطقة، فإنه يطلق عليها مرحلة مابعد الطور الذروى (الذروة اللاحقة) Postclimax.

٦/٢/٣/١ وحدات الكساء الخضرى Units of Vegetation

تتفاوت العوامل المناخية تفاوتا كبيرا فوق مساحة متسعة من الأرض كالقارة مثلا، وبالتالى تتفاوت حالات نمو وتكاثر وانتشار النباتات وتنوع الغطاء النباتى، فالبعد عن المحيط والاختلاف فى خطوط العرض Latitudes والارتفاع Altitudes... الخ كلها تؤثر تأثيرا عميقا فى كمية المطر ودرجة الحرارة وغيرها من العوامل المناخية، وتستجيب النباتات لهذه الاختلافات بتوزيعها فى مجموعات تتعادل كل منها تعادلا وثيقا مع مركب العوامل المناخية الخاصة بها. والمجموعات الكبرى من الكساء النباتى مثل الغابة وأرض الحشائش والصحراء من الأشياء المعروفة منذ أمد بعيد.

وعند دراسة الكساء الخضرى لقارة من القارات أو لبلد من البلدان أو لمنطقة من المناطق يجب أولا أن نتعرف على وحدات هذه الكساء الخضرى التى تشتمل على:

١/٦/٢/٣/١ التكوين النباتى Plant Formation

٢/٦/٢/٣/١ العشيرة النباتية Plant Community

٣/٦/٢/٣/١ الجماعة النباتية Plant Society

١/٦/٢/٣/١ التكوين النباتى Plant Formation

التكوين النباتى هو الوحدة العظمى للكساء الخضرى، وهو أعلى مراتب المجتمعات النباتية وأكثرها شمولا فهو مجتمع مكتمل التطور أو مجتمع ذروى لمساحة طبيعية تكون فيها العلاقات المناخية الأساسية متماثلة أو متشابهة. وكل تكوين عبارة عن كيان عضوى مركب ومحدود ذو تركيب وتطور مميز له، وهو من إنتاج المناخ ومميز له، أى أنه تحت المناخ المتشابه تكون التكوينات النباتية متشابهة، والعكس صحيح. ان كل تكوين يحدد المناخ بالإضافة إلى العوامل الأرضية (التربة)، ومن ثم فإن التكوينات النباتية التى تحدد صفاتها العوامل المناخية تسمى بالتكوينات النباتية المناخية Climatic Plant Formations، أما تلك التى تحددها عوامل التربة فتعرف باسم التكوينات النباتية التُربِيّة Edaphic Plant Formations.

وكما سبق ذكره، فان التكوينات المناخية التى تكون تحت عوامل مناخية متشابهة فإنها تتشابه فى صفاتها العامة وإن اختلفت فى تركيبها الفلورى أحيانا (أى أنواع النباتات التى تتكون منها) وبالمثل تتشابه التكوينات التربِيّة (من التربة) فى جميع المناطق ذات التربة المتشابهة وإن اختلفت فى تفاصيل تركيبها الفلورى وخصائصها المميزة.

ومن أهم التكوينات النباتية المناخية مايلى:

- الغابات الإستوائية المطيرة ذات الخضرة الدائمة وهى موزعة فى منطقة جزر الملايو وأفريقيا الوسطى الإستوائية وأمريكا الوسطى.

- الغابات ذات الأوراق المتساقطة صيفا وهذه توجد فى وسط أوروبا وغربها وشرق الولايات المتحدة الأمريكية.
- غابات المخروطيات ذات الأوراق المتساقطة وهذه توجد فى شمال أوروبا.
- سهول المراعى الدافئة بالولايات المتحدة الأمريكية وكندا وجنوب روسيا.
- مناطق السافاناه فى قارة أفريقيا.
- التكوينات النباتية للمناطق القطبية الباردة.
- التكوينات النباتية للمناطق الجبلية الباردة (الالب).
- الصحارى وتوجد فى شمال أفريقيا وشيلى وبعض الأجزاء من غرب أمريكا الشمالية والجنوبية واستراليا.

ومن أهم التكوينات النباتية التُرْبية (من التربة) مايلى:-

- **المستنقعات القصبية Reed Swamps**

وهذه توجد فى سائر أنحاء العالم مغطية المياه الضحلة على شواطئ البحيرات والأنهار والقنوات بطيئة التيار.

- **الكثبان الرملية Sand Dunes**

توجد أيضا فى كل أنحاء العالم على امتداد سواحل البحار وعلى شواطئ الأنهار وكذلك الصحارى الداخلية.

- **المستنقعات المحلية Salt Marshes**

توجد كذلك فى كل أنحاء العالم على امتداد السواحل وكذلك فى الواحات الداخلية بعيدا عن البحار.

ويحدد التكوينان الأخيران (الكثبان الرملية والمستنقعات الملحية) خصائص التربة الفيزيقية والكيميائية، ويتفق كل نوع منهما من حيث صفاته العامة فى جميع المناطق المناخية فى العالم، ويقتصر الاختلاف فى المناطق المختلفة على أنواع النبات التى يتكون منها كل تكوين.

تحدد طرز التكوينات النباتية المختلفة صورة الحياة Life Forms المميزة للنباتات السائدة وتعرف النباتات السائدة The Dominant Plants بأنها تلك التى تضفى على المجتمع النباتى شكله العام ومظهره الذى يميزه عن غيره من المجتمعات، كما أنها قد تهيمن على التركيب النباتى أو التركيب الفلورى Floristic Composition للمجتمع. أما صورة حياة النبات Form Growth فتقصد بها الصورة الخضرية لجسم النبات من حيث شكله وارتفاعه وموقع براعمه إلى غير ذلك من الصفات التى يرتبط بها تاريخ حياته. فالأشجار ذات الأوراق العريضة المتساقطة كأشجار البلوط والزان، والأشجار ذات الأوراق الأبرية دائمة الخضرة تمثلان صورتين من صور الحياة التى تسود تكوينات الغابات الشمالية، كما تمثل النباتات الوسادية تحت الشجرية والأعشاب الحولية التى تموت أعضاؤها الخضرية فى نهاية الفصل المطير وتتكاثر فى العام التالى بالبذور صورتين من صور الحياة التى تسود التكوين النباتى الصحراوى. أما فى تكوينات المراعى، فان صورة الحياة السائدة هى تلك الأعشاب المعمرة ذات الأفرع الهوائية المورقة التى تنبثق كل ربيع من براعم متجددة عند سطح الأرض أو تحته ثم تجف فى الخريف وتظل كامنة حتى الربيع التالى.

٢/٦/٢/٣/١ العشيرة النباتية Plant Community

يشتمل كل تكوين ذروى على اثنين أو أكثر من الأقسام الكبرى التى تسمى العشيرة (المجتمع) النباتية، وهذه العشائر الذروية الإقليمية تشترك معا فى بنية التكوين النباتى. ويتحدد عدد العشائر النباتية فى أى تكوين نباتى حسب عدد المناخات الثانوية داخل المناخ العام للتكوين، وأيضا تبعا لأنواع التربة وشكل الأرض (العوامل الموقعية).

تتميز كل عشيرة رئيسة بواحدة أو أكثر من الأنواع النباتية السائدة الخاصة به Dominant Species. والعشيرة بصفة عامة متجانسة فى جميع أجزائها من حيث المظهر الخارجى وفى بنائها البيئى وربما فى الأنواع النباتية التى تتركب منها (التركيب الفلورى).

٣/٦/٢/٣/١ الجماعة النباتية Plant Society

توجد داخل العشيرة النباتية أحيانا مجتمعات نباتية أقل مرتبة مكونة من أنواع تحت رئيسة تحتل مواضع مختلفة من العشيرة وتعرف هذه بالجماعات النباتية Plant Societies. ويسود كل جماعة نوع واحد من النباتات وقد يكون هو الوحيد الموجود بالجماعة التى تتكون عادة فى بقاع بداخل حدود العشيرة النباتية تختلف فيها العوامل البيئية العامة اختلافا موضعيا فقط Local variation، وكذلك توصف هذه الجماعات بأنها جماعات موضعية أو مكانية Habitat Societies – ونوع النبات (النبت) الذى يسود الجماعة هو عادة أحد الأنواع تحت الرئيسة بالنسبة للعشيرة كلها، بينما تعتبر سائر الأنواع الأخرى التى تتركب منها العشيرة داخل العشيرة تحت رئيسة بالنسبة إليه، أى أن الجماعة تمثل سيادة داخل سيادة.

وهناك جماعات يقتصر وجودها على بعض أطوار العشيرة دون البعض الآخر وتعرف أمثال هذه الجماعات بالجماعات الموسمية Aspect Societies، ففى أحد فصول العام تحتل إحدى الجماعات بقعة من البقاع داخل العشيرة بينما تحتلها جماعة أخرى فى فصل آخر أو تخلو منها الأرض خلوا تاما. ومن أمثلة الجماعات المظهرية فى الصحارى جماعات الغاسول الفورشكالى *Mesembryanthemum forskalei* الذى يظهر فى فصل الربيع فقط.

والعلم الذى يدرس الغطاء النباتى يطلق عليه علم البيئة النباتية الاجتماعية Plant Sociology (Phytosociology) أو يطلق عليه أيضا Ecology Vegetation. وتختلف الأفراد النباتية التى تكون الجماعة أو العشيرة أو التكوين النباتى تبعا لدورة حياتها وأعمارها، فهناك النباتات الموسمية Ephemerals وهذه يطلق عليها نباتات قصيرة العمر Short-lived plants لأنها تنهى دورة حياتها فى أسابيع (من ٦–٨ أسابيع فقط) بعد الأمطار وإذا لم تسقط الأمطار لا تظهر هذه النباتات. أما النباتات الحولية Annuals فهى تلك التى تنهى دورة حياتها خلال عام واحد

بعد سقوط الأمطار أيضا. وبالمثل النباتات ثنائية الحول (Biennials) وهى التى تنهى دورة حياتها فى أكثر من عام وأقل من عامين. وهذه أيضا لا تظهر إلا فى الأعوام المطيرة. وفى المقابل هناك النباتات المعمرة (Perennials) التى يستمر تواجدها لعشرات السنين فى الصحراء مادامت العوامل البيئية لم تتغير. وظهور هذه النباتات المعمرة واستمرار بقائها لا يعتمد على الأمطار إلا فى بداية حياتها وبعد ذلك تعتمد على المياه الجوفية التى تصل إليها بجذورها العميقة فى باطن الأرض.

obeikandl.com