

الجزء الثانى: العوامل البيئية

(Ecological Factors)

المقدمة

تمثل العناصر غير الحية في النظام البيئي (عوامل التربة والمناخ) المصادر اللازمة للكائنات الحية، وبالتالي فإن تفاعل هذه العوامل معاً وتأثيرها المشترك على الكائنات الحية هو أساس تكوين المجتمع الأحيائي والشكل النهائي الذي يوجد عليه في الوسط الذي يعيش فيه. تعتمد العمليات الحيوية مثل النمو والتغذية والبناء الضوئي والتنفس وامتصاص العناصر الغذائية وغيرها، على مدى التغير في العوامل المؤثرة. ويختلف تأثير كل من هذه العوامل على إحدى العمليات الحيوية تبعاً لنوع العامل المؤثر من حيث كونه تأثير مطلق (ينتج عنه زيادة مطردة في معدل العملية الحيوية وصولاً إلى أقصى درجة ممكنة يثبت بعدها التأثير) أو كونه عاملاً ذا قيمة مثلى لمعدل العملية الحيوية وبالتالي ينقص المعدل قبل وبعد هذه القيمة، أو أن يكون عاملاً متبايناً في التأثير وينتج عنه اشتراك الشكلين السابقين في التأثير على العملية الحيوية. ولدراسة العوامل البيئية يلزم التعرف على مجموعة من المبادئ العامة التي تحكم عملية تأثيرها على الكائنات الحية وتأثرها بها وهي (عن Odum 1971):

(١) قانون ليبيج للقيمة الصغرى (Libig's law of minimum)

يشير هذا القانون إلى أن نشاط الكائنات الحية وبقائها يستلزم وجود مواد أساسية تحصل عليها هذه الكائنات لتنمو وتتكاثر. وتختلف كميات ما يلزم

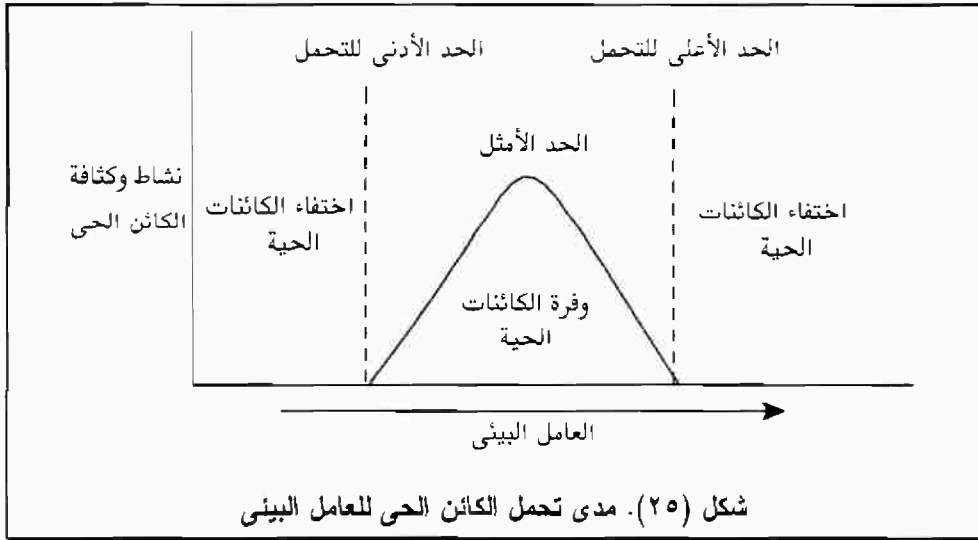
الكائنات الحية من هذه المواد باختلاف أنواعها وأحوالها. يُعرّف قانون ليبيج للقيمة الصغرى العامل المحدد (Limiting factor) من هذه المواد المختلفة بأنه العامل المتاح بكمية تقارب الحد الأدنى لإحتياج الكائن الحي، ومثال ذلك الماء فى المناطق الجافة. وقد اجتمع رأى العلماء على أن نمو وإنتاجية النباتات فى مجتمع معين لا يعتمد فى الدرجة الأولى على العوامل البيئية المتوفرة بمواطنها (مثل العناصر الغذائية، الحرارة، الرطوبة) وإنما يكون مرتبطاً بشكل أكبر بالعامل المحدد، سواء كان ممثلاً فى أحد العناصر الغذائية فى التربة، أو فى درجة الحرارة، أو كمية الرطوبة المتاحة...أو غيرها من العوامل. ومن المعلوم أن العوامل البيئية، سواء المتوفرة أو المحددة، لا تعمل منفصلة عن بعضها البعض، وإنما يوجد تفاعل بينها يؤدي إلى تأثير مشترك على النباتات يسمى تداخل العوامل (Factor interaction). فعلى سبيل المثال يحدث فى بعض الحالات أن يؤدي وجود عامل بيئي بوفرة فى النظام البيئي إلى تغيير تأثير العامل المحدد بدرجة كبيرة، كما أن بعض النباتات تستطيع أن تستبدل بعض العناصر الغذائية قليلة الوجود فى الوسط بأخرى متوفرة قريبة التركيب الكيميائي بهذه العناصر. وكمثال على ذلك فإن بعض النباتات تحتاج إلى كمية أقل من العناصر النادرة مثل الزنك (Zn) عندما تنمو فى الظل عنها عندما تنمو فى ضوء الشمس المباشر. وعلى هذا فإن نقص الزنك فى حالة نمو هذه النباتات تحت ظروف ظليلة يكون أقل تأثيراً، كعامل محدد، بالمقارنة بنموها تحت ظروف مشمسة مع ثبات بقية العوامل البيئية فى كلا الحالتين.

(٢) قانون شيلفورد للتحمل (Shelford's law of tolerance)

يشير هذا القانون إلى أن العامل المحدد لحياة الكائن الحي قد لا يرتبط فقط بوجود أحد العوامل بكمية ضئيلة فى الوسط، ولكن يمكن أن تؤدي زيادة كمية العامل زيادة كبيرة إلى التأثير كعامل محدد أيضاً، كما فى حالة زيادة الحرارة

الجزء الثاني : العوامل البيئية

والضوء والماء والأملاح (شكل ٢٥). يُعرّف قانون شيلفورد حدود التحمل للعوامل البيئية بأنها "درجات بيئية دنيا وقصى تبديها الكائنات الحية لتحمل تباينات كل من العوامل المختلفة، وينحصر بينهما مدى من التحمل يمثل الفرق بين الحدود الدنيا والقصوى لتحمل الكائن لأحد هذه العوامل". ولهذا يمكن اعتبار أن حدود التحمل لأحد العوامل (Limits of tolerance) تقابل تأثير العامل المحدد لوجود الكائنات الحية. وتتأثر هذه الحدود هي الأخرى بتداخل العوامل مما يؤدي إلى زيادة مدى تحمل الكائنات لأحد العوامل اعتماداً على تأثير عامل آخر بطريقة غير مباشرة. فمثلاً يمكن أن يرتبط توزيع أحد النباتات بدرجة الحرارة أو الماء أو عنصر غذائي معين، في حين قد يرتبط توزيع أحد الحيوانات الرعوية بدرجة الحرارة أو الماء إلى جانب تأثير نمط توزيع غذائه النباتي، وتأثير الحيوانات المنافسة والمفترسات والطفيليات.



وهناك بعض النقاط الأساسية الهامة والمكملة لقانون التحمل يمكن تلخيصها

في الآتي:

أ — تظهر الكائنات الحية مدى تحمل واسع لأحد العوامل بينما تظهر مدى تحمل ضيق لعامل آخر في نفس الوقت.

ب — غالباً ما تكون الكائنات الحية ذات مدى التحمل الواسع لمعظم العوامل البيئية أكثر الأنواع انتشاراً فى المناطق الجغرافية والبيئية المختلفة.

ج — عندما يعيش أحد الأنواع تحت ظروف توجد بها قيمة أحد العوامل البيئية بدرجة غير مثلى له فإنه ينتج عن ذلك غالباً اختزال لحدود التحمل بالنسبة للعوامل البيئية الأخرى إلى قيم أضيق من المعتاد لها.

د — تمثل فترة التكاثر فى الكائنات الحية فترة حرجة فى حياتها، وعندها تكون العوامل البيئية ممثلة لعوامل محددة للكائن الحى أكثر من أى وقت آخر، ويرجع ذلك غالباً إلى انخفاض حدود التحمل الخاص بالوحدات التكاثرية من بذور وبيض وأجنة وبإدرات ويرقات عندها بالنسبة للنباتات والحيوانات البالغة فى غير حالة التكاثر.

(٣) تعويض تأثير العوامل (Factor compensation)

إلى جانب الفعل المشترك للعوامل وتأثيرها على نمو الكائنات وتوزيعها فى المجتمعات المختلفة، فإن لهذه الكائنات تأثير على العوامل البيئية المحيطة بها. وعادة لا يعيش الكائن الحى تحت رحمة الظروف البيئية المحيطة به بل أنه فى كثير من الأحيان يغير فيها ويغير فى نفسه مما يؤدى إلى تخفيف التأثيرات المحددة لحياته مثل درجات الحرارة والرطوبة والعوامل الأخرى. يحدث ذلك عن طريق تكيف الكائنات بما يتناسب مع هذه العوامل، إلى جانب تطوير وتحسين الظروف البيئية المحيطة بها. ففى كثير من الأحيان يمكن لهذه الكائنات أن تعمل على خفض تأثير العوامل البيئية كعوامل محددة، بحيث يستطيع المجتمع أن يوجد فى مكان لم تكن حدود التحمل تسمح بوجوده فيه من قبل. ينطبق مثل هذا التأثير غالباً على مستوى المجتمعات الحية ككل عنه على مستوى الأفراد. كمثال نأخذ المجتمع النباتى للغابات، حيث تغير الأشجار الكبيرة من الظروف البيئية حول النباتات تحتها فتتخفض شدة الضوء وتزيد كمية

الرطوبة مما يساعد النباتات ذات درجة التحمل الأقل بالنسبة للضوء والرطوبة على المعيشة فى هذا المكان.

يظهر تأثير تعويض العوامل جلياً فى بعض الأنواع ذات المدى الواسع من الانتشار فى أوساط تتميز بدرجات متفاوتة من قيم العوامل البيئية. تحت هذه الظروف يوجد بكل من هذه الأوساط مجموعة من أفراد النوع الواحد تعيش متكيفة تكيفاً خاصاً مع هذه الظروف. وغالباً ما يكون لمجموعة الأفراد التابعة للنوع الواحد مدى تحمل لكل عامل بيئى يختلف من وسط إلى الآخر بما يتناسب مع تكيف كل منها. وتسمى كل مجموعة تظهر مثل هذا النمط من التكيف الخاص لظروف كل بيئة بإسم الطراز البيئى (Ecotype). وهذا التكيف الخاص بكل طراز بيئى قد يكون شكلياً أو وظيفياً ويظهر فى الأفراد دون نقل الصفات للأبناء، أو قد يتم تثبيت صفات التكيف التى يبدئها هذا الطراز فى التركيب الجينى للأفراد وفى هذه الحالة يسمى بالطراز الوراثى (Genotype).

(٤) المفهوم المشترك للعوامل المحددة (Limiting factors)

يعتمد وجود الكائنات الحية ونجاحها فى البقاء على مجموعة مركبة من العوامل المتداخلة. ولهذا فإن معرفة العوامل ذات التأثير المحدد لحياة الكائن يؤخذ فى نطاق إشترك العوامل كلها فى التقدير، حيث تتداخل تأثيرات العوامل لتحدث تأثيرات مشتركة ليس من السهل فصلها عن بعضها، ومجمل التأثير المشترك لعاملين أو أكثر قد يزيد عن التأثير الفردى للعوامل (Synergism). ويعتبر هذا المفهوم تجميعاً لقانونى ليبج وشيلفورد (الحد الأدنى وحدود التحمل) وتعميماً لقوانين العوامل المحددة.

(٥) ظروف التواجد كعوامل منظمة (Conditions of existence)

لا تقوم الكائنات الحية بالتكيف فقط مع البيئة أو تعويضها بما يتواءم مع درجات تحملها وإنما فى كثير من الأحيان تستخدمها فى توقيت نشاطها وتنظيم

دورات حياتها وبذلك تستفيد بأقصى درجة من الظروف البيئية الجيدة. فعلى سبيل المثال يعتبر المطر في المناطق الصحراوية أحد العوامل التي يصعب التنبؤ به إلى درجة كبيرة، وعلى الرغم من ذلك فإن النباتات الحولية، والتي تمثل العدد الأكبر من الأنواع النباتية في الصحارى، تستطيع استخدام هذا العامل البيئي في تنظيم توقيت نشاطها. فنجد أغلفة بذور الكثير من الحوليات الصحراوية يغطيها قدر من مثبطات الإنبات والذي يجب أن يغسل بكمية معينة من ماء المطر حتى يمكن لهذه البذور أن تنبت. وقد وجد أن هذا القدر من ماء المطر اللازم لغسيل المثبطات مكافئ للقدر من الماء اللازم لسد احتياجات هذه النباتات، ولإكمال دورة حياتها وصولاً لتكوين البذور مرة أخرى. وقد لوحظ أنه عند وضع مثل هذه البذور في صوبة ذات نسبة مرتفعة من الرطوبة الأرضية فإنها غالباً لا تنبت كما هو متوقع، بينما تنبت سريعاً إذا رشت بالماء بطريقة تماثل رخات المطر.

١

العوامل الأحيائية

لا تتأثر الكائنات الحية بعوامل التربة والمناخ فقط وإنما تتأثر أيضاً بالوسط الحيوى الذى يحيط بها؛ ذلك أن الكائنات سواء كانت تعيش فى وسط برى أو مائى تتفاعل باستمرار مع بعضها البعض من جهة ومع مكونات البيئة غير الحية من جهة ثانية. ويطلق على مجمل التفاعلات المتبادلة بين الكائنات الحية المختلفة إسم العوامل الأحيائية (biotic factors). وعادة تقسم التفاعلات بين الكائنات الحية إلى الأقسام التالية :

١ - التعايش المحايد Neutralism (0 0) : لا يتأثر أحد النوعين بالآخر تأثيراً سالباً أو موجباً.

٢ - التنافس Competition

أ - التنافس المثبط المشترك Mutual inhibition (- -) : يثبط كل من النوعين نشاط الآخر (تأثير سالب مشترك).

ب - التنافس على استخدام المصدر المتاح Resource use (+ -) :

يستفيد أحد النوعين (الأقوى منافسة) بينما يتضرر الآخر (الأضعف منافسة)

٣ - إضرار لا نفعى Ammensalism (0 -) : لا يتأثر أحد النوعين بينما يتضرر الثانى.

٤ - **التطفل** Parasitism (+ -) : وفيه يستفيد أحد النوعين وهو الطفيل (Parasite) بينما يتضرر الآخر وهو العائل (Host).

٥ - **الإفتراس** Predation (+ -) : يستفيد أحد النوعين وهو المفترس (Predator) بينما يتضرر الآخر وهو الفريسة (Prey) وذلك عن طريق الهجوم المباشر من الأول على الثانى، ولكن لا يعتمد أحدهما على الآخر اعتماداً لازماً.

٦ - **المعايشة** Commensalism (+ 0) : يستفيد أحد النوعين وهو المعايش (Commensal) بينما لا يتضرر الآخر وهو العائل (Host).

٧ - **التكافل الإختياري** Protocooperation (+ +) : يستفيد كلا النوعين ولكن العلاقة بينهما غير إجبارية.

٨ - **التكافل الإجبارى** Mutualism (+ +) : يستفيد كلا النوعين والعلاقة بينهما إجبارية حيث لا يستطيع أن يعيش أحدهما بمعزل عن الآخر.

ومن الممكن جمع هذه التفاعلات فى مجموعتين أولهما تضم مجموعة التفاعلات السالبة (Antagonism)، وهى التفاعلات التى ينتج عنها إضرار بنوع واحد على الأقل من كلا النوعين المتصاحبين، والثانية مجموعة التفاعلات الموجبة (Symbiosis) وهى التفاعلات التى ينتج عنها على الأقل إفادة لأحد النوعين وعدم الإضرار بالنوع الآخر.

التفاعلات السالبة

(١) التنافس (Competition) :

يغير أى نوع من الأنواع النباتية أثناء حياته وأثناء قيامه بالعمليات الحيوية المختلفة من الوسط المحيط به، وتظهر هذه التغيرات عن طريق إمتصاص الماء

والمواد المعدنية وتلقى الضوء وإفراز مركبات كيميائية مختلفة في الوسط المحيط وترسب بقايا النبات على سطح التربة وفي داخلها، ويؤثر النبات بشكل غير مباشر من خلال هذه التغيرات التي يحدثها في الوسط المحيط به على النباتات الأخرى، ويمكن عادة تمييز نوعين من التأثيرات غير المباشرة وهى:

أ) تأثير نبات على آخر من خلال التنافس على الماء والضوء والمواد المعدنية وغيرها.

ب) تأثير نبات على آخر من خلال إفراز مركبات كيميائية متعددة أو من خلال المواد الناتجة عن تحلل أجزاء النبات الميتة وهو ما يسمى بالإفراز المثبط (Allelopathy).

يمتص النبات الماء والعناصر المعدنية وثاني أكسيد الكربون، كما يملك الخواص المتعددة التي تمكنه من إشباع احتياجاته من الضوء، وبهذه العمليات يقلل النبات من إمكانية تزويد النبات الذي يعيش معه في مجتمع نباتي واحد بهذه العوامل الضرورية لنمائه وتكاثره. وإذا كانت المصادر اللازمة لنمو النباتات لا تبقى بإحتياجات جميع الأنواع التي تستوطن البيئة نفسها فإنه ينشأ بين هذه الأنواع تنافس على المتطلبات الضرورية من عوامل البيئة. التنافس هو الوضع الذي ينشأ عندما تنمو النباتات في موطن واحد يكون فيه عامل أو أكثر من العوامل الضرورية غير كاف لسد احتياجات جميع الأنواع، أى أن التنافس يحدث عندما يجتمع أفراد من نوع أو أنواع كثيرة من النباتات تكون احتياجاتها من الضوء أو الماء أو المواد الغذائية أكثر مما يتوافر في البيئة التي تعيش فيها هذه النباتات. فإذا توافر عامل من العوامل كالماء في المستنقعات مثلاً، فإنه لا يحدث تنافس على ذلك العامل. ويعتبر التنافس صفة عامة لجميع المجتمعات النباتية، ولا وجود له في المراحل الأولى من تشكل تلك المجتمعات عندما تكون النباتات لا تزال متباعدة، ويزداد بالتدرج مع زيادة عدد الأفراد وزيادة كثافة

المجتمع النباتي ويستمر التنافس قائماً بعد أن يصل الغطاء النباتي إلى حالة الإستقرار (Steady state).

يكون التنافس شديداً بين الأفراد التي تتشابه احتياجاتها والتي تستمد من المورد نفسه في وقت واحد. ولا يحدث التنافس إلا على أسس متكافئة تقريباً، فلا تنافس بين عائل وطفيل يعيش عليه ولكن التنافس يحدث بين طفيلين أو أكثر على العائل نفسه، كما لا ينافس نبات شجري سائد في الغابة عشباً حولياً صغيراً ينمو في مستوى الطبقة السفلى في الغابة، بل يمكن اعتبار النباتات العشبية مستفيداً من الوسط الذي يهيئه له النبات الشجري، ذلك أن العشب من نباتات الظل لا يستطيع النمو ما لم يتوفر له الظل الذي يؤمنه له النبات الشجري السائد. ولكن النبات العشبي يمكن أن ينافس بواذر الأشجار، ذلك أن البواذر تعيش إلى جانب العشب وتشاركه نفس المورد والضوء والمواد الغذائية المعدنية. والتنافس إما أن يكون بين أفراد النوع الواحد أو بين أفراد الأنواع المختلفة.

التنافس بين أفراد النوع الواحد: تتنافس أفراد النوع الواحد فيما بينها خاصة وأنها تتشابه في احتياجاتها الغذائية والمائية ومتطلباتها من الضوء. يحدث التنافس عندما تكون كثافة أفراد النوع عالية وتكون الاختلافات بينها من حيث إرتفاع وامتداد الأوراق وتغلغل الجذور وانتشارها طفيفة في مراحل النمو الأولى، ولكن الاختلاف في هذه العوامل وفي القدرة على إنتاج البذور والثمار تزداد مع الوقت من جرّاء التنافس بينهما. ومقياس التنافس بين الأفراد التي تنمو معاً يمكن أن يكون على أساس عدد الأفراد التي تموت (Mortality)، أو على أساس القدرة على إنتاج الأفراد والحيوية (Natality and Vitality). وتبين التجارب المختلفة أنه كلما كان عدد الأفراد في وحدة المساحة أكبر كلما ازدادت شدة التنافس وبالتالي ازداد عدد الأفراد التي تموت نتيجة لذلك. ففي تجربة على

القمح كان عدد الأفراد الميتة من بداية التفرع وحتى الإزهار كما هو موضح فى جدول (٤) :

جدول (٤). تأثير زيادة الكثافة على موت أفراد النوع الواحد

الكثافة	عدد الأفراد الميتة
٨٥ كجم / هـ	٩%
١٣٠ كجم / هـ	٢٥%
١٧٠ كجم / هـ	٥١%

ولا تقتصر نتيجة التنافس على زيادة عدد الأفراد الميتة وإنما على قوة نمو النبات وإنتاجه ومساحة الأوراق وعمق المجموع الجذرى وغيره، ففي تجربة أخرى على القمح أيضاً زرع فى المتر المربع الأول ٧ أفراد وفى الثانى ٦٩٤ فرداً فكانت النتيجة كالتالى (جدول ٥) :

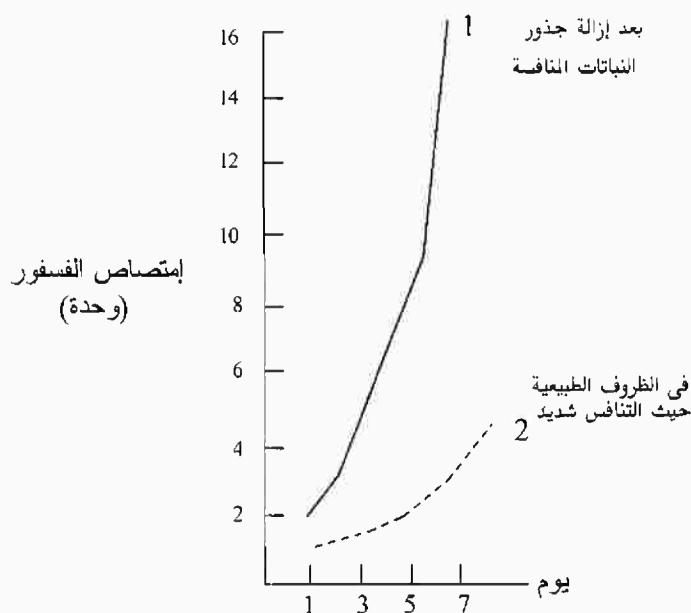
جدول (٥). تأثير التنافس على مساحة الأوراق ووزن المجموع الخضرى

عدد الأفراد فى المتر الواحد	متوسط عدد الأوراق للنبات الواحد	متوسط مساحة الأوراق للنبات الواحد	متوسط وزن المجموع الخضرى للنبات الواحد
٧	٢٩,٥	٢٦٦٠ سم ٢	٤٧,٦ جم
٦٩٤	١,٢	٥٠ سم ٢	١,١ جم

التنافس بين الأنواع المختلفة: يكون التنافس أشد بين الأنواع ذات طرز الحياة المتشابهة، كالنباتات النجيلية، أو الأشجار، منه بين الأنواع ذات الطرز غير المتشابهة، كما هو الحال بين نبات نجيلى وآخر من ذوات الفلقتين. فالتنافس يكون حاداً بين شجيرة وشجيرة أو بين شجرة وشجرة مما يؤدي إلى اختزال عدد وحجم الأفراد أو حتى اختفاء نوع أو أكثر من الأنواع. وصفات الجذر

والساق والأوراق هى التى تحدد عادة القدرة التنافسية، فكلما زاد الاختلاف بين الأنواع فى صفة أو أكثر من الصفات كلما انخفضت حدة التنافس، فمثلاً يقل التنافس كثيراً أو ينعدم بين نبات ذى مجموع جذرى وتدى عميق وآخر ذى مجموع جذرى سطحي، ولهذا السبب يمكن أن تنمو النباتات معاً دون أن يحدث بينهما تنافس شديد إلا فى طور البادرة.

وفى الدراسات العديدة التى تمت فى الغابات خاصة على التنافس الجذرى عن طريق تقطيع جذور النبات المنافس تبين أن الأشجار البالغة فى الغابات لا تظلل الأشجار الفتية فقط، وإنما أيضاً تنافسها على الماء والمواد الغذائية، هذا هو السبب فى نمو الأشجار الفتية نمواً بطيئاً. فمثلاً فى غابات التنوب (Picea) يكون التنافس حاداً بين الأنواع النباتية من أجل المواد الغذائية وخاصة النيتروجين والفسفور كما هو موضح بالرسم التالى (شكل ٢٦) :



شكل (٢٦). تأثير التنافس على إمتصاص الفسفور فى نبات التنوب

ترتبط قدرة أى نوع من النباتات على المنافسة بخواصه الإحيائية، ومن الخواص التى تساعد نوعاً ما على النمو فى منطقة شدة التنافس فيها مرتفعة، كبر حجم البذور، فالبذور الكبيرة لها جنين كبير يعطى بادرة كبيرة ذات مجموع خضرى جيد النمو مما يساعد على تكوين كميات كبيرة من المواد الغذائية بفضل عملية البناء الضوئى. تحتوى البذور الكبيرة أيضاً على كميات كبيرة من المواد الغذائية تساعد على سرعة نمو النبات فى المراحل الأولى من عمره. وتشير دراسات جرايم (Grime 1973) نقلاً عن مجاهد وآخرون ١٩٨٧ إلى أن أهم الخواص التى تميز النباتات ذات القدرة التنافسية العالية:

أ — قامة عالية.

ب — صورة نمو تجعل النباتات أكثر قدرة على إستغلال البيئة فوق وتحت سطح التربة (غالباً ما تكون ريزومات كبيرة متشعبة أو نمو عشبي فى شكل كتلة ضخمة).

ج — سرعة النمو.

د — قدرة كبيرة على ترسيب البقايا النباتية (litter) فوق سطح التربة.

(٢) الإفراز المشبط : (Allelopathy):

إن تأثير نبات على آخر عن طريق إفرازه لمواد كيميائية هو ما يعرف باسم اليلوباثى (Allelopathy) ويمكن تعريفه بأنه تأثير نبات على نبات آخر ينمو معاً فى نفس المجتمع النباتى من خلال تغيير الوسط نتيجة إفراز مواد مختلفة فى هذا الوسط ناتجة عن نشاط النبات التمثلى. وقد عرّفه مولش بأنه التأثيرات الضارة والنافعة المتبادلة بين النباتات بما فيها الكائنات الدقيقة والناجمة عن إفراز النباتات لمواد كيميائية. بعض الباحثين الآخرين (طبقاً لما ورد فى مجاهد وآخرون ١٩٨٧) إستعملوا هذا المصطلح للدلالة على التأثيرات الضارة التى يلحقها نبات راق بنبات راق آخر نتيجة لإفراز مواد كيميائية مثبطة للنمو

فى الوسط المحيط، بينما عرفه رايس بأنه الأثر الضار الذى يلحقه نبات بنبات آخر (بما فيها الكائنات الدقيقة) عن طريق إفرازه لمواد كيميائية فى الوسط المحيط. قد تفرز المواد الكيميائية من المجموع الجذرى أو الخضرى أو من كليهما كما قد تفرزها البذور والثمار، وتكون هذه الإفرازات فى صورة سائلة أو صلبة أو غازية. ومعظم المواد الكيميائية المفرزة هى مركبات فينولية (Phenolic compounds) وألدهيدات (Aldehydes) وكومارينات (Coumarins) وجلوكوسيدات (Glucosides) وتربينات (Terpenes).

ويتوقف تأثير الإفرازات النباتية الغازية والسائلة والصلبة على تركيبها الكيميائى وعلى تركيزها فى الوسط المحيط، كما يتوقف تأثيرها أيضاً على عوامل الوسط المحيط. ومن أمثلة ذلك تأثير شجرة الكافور (*Eucalyptus* sp.) على الغطاء النباتى العشبي الذى يعيش تحتها، فقد بينت إحدى الدراسات فى جنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية وفى منطقة حوض البحر المتوسط، أن نمو الأعشاب يضعف كثيراً عندما تنمو تحت أشجار الكافور وعلى مسافة قليلة منها، ويعود ذلك حسب آراء هؤلاء الباحثين إلى وجود مركبات فينولية تفرزها أوراق الكافور وتصل إلى التربة عن طريق غسل الأمطار للأوراق أو مع الأوراق الساقطة. وقد وجد أن تأثير أشجار الكافور على النباتات العشبية يختلف باختلاف التربة التى ينمو فيها الكافور، فإذا كان الكافور ينمو فى تربة رملية فإن تأثير إفرازاته يكون ضعيفاً، وربما يعود هذا إلى التحلل السريع للمركبات الفينولية بواسطة الكائنات الدقيقة فى التربة الرملية جيدة التهوية أو إلى غسلها. وتستطيع بذور بعض النباتات عند إنباتها أن تفرز مركبات كيميائية تعوق أو توقف أحياناً إنبات بذور الأنواع الأخرى. كما أن للإفرازات الجذرية لبعض النباتات تأثيرات على النباتات الأخرى التى تنمو معها فى نفس المجتمع النباتى.

(٣) التطفل (Parasitism):

فى هذه الحالة يستفيد الطفيل من العائل بما يمتصه من مواد غذائية وهو بهذا يلحق الضرر بالعائل، ومثال ذلك تطفل نبات الحامول (*Cuscuta sp.*) على سوق بعض النباتات مثل البرسيم، وتطفل نبات الهالوك (*Orobancha sp.*) على جذور نباتات أخرى مثل الفول. وهذه النباتات المتطفلة خالية من اليخضور وتسبب ضرراً بالغاً بالعائل وقد تقضى على المحصول تماماً فى كثير من الأحيان. توجد بعض النباتات نصف – متطفلة (*semi-parasitic*) مثل نبات إيوفرازيا (*Euphrasia : Scrophulariaceae*) وهو نبات يحتوى على اليخضور وبذا يستطيع أن يبنى المواد الكربوهيدراتية بنفسه، ولكنه يحصل على ما يلزمه من ماء وأملاح عن طريق الممصات التى يرسلها إلى العائل. وهذا النوع من التطفل أقل ضرراً من التطفل الكامل. ويوجد أيضاً تطفل الكائنات الدقيقة على النباتات مسببة لها أضراراً بالغة قد تودى بحياة النباتات العائلة إذا كانت فى حالة لا تسمح لها بمقاومة تلك الطفيليات مما يؤدى إلى حدوث تغيير فى تكوين الغطاء النباتى أو زواله على الإطلاق. (مثل فطر صدأ القمح الذى يصيب نبات القمح).

ومن أمثلة تطفل الحيوان على النبات تطفل الديدان الإسطوانية أو الثعبانية (النيماتودات) التى تسبب أمراض تعقد الجذور فى نبات الحبوب، وكذلك تطفل الحشرات والمفصليات الأخرى من يرقات وديدان وأنواع المن والعناكب والخنافس التى تصيب النباتات بأمراض متنوعة قد تقضى عليها.

(٤) الإفتراس (Predation):

الإفتراس هى عملية إلتهام كل أو جزء من الفريسة الحية (Prey) عن طريق الهجوم المباشر عليها بواسطة المفترس (Predator). وإذا أطلقنا هذا التعريف فإنه لاشك يشمل تغذية الحيوانات آكلة الأعشاب على النباتات فيصدق

عليها أنها مهاجمة كائن حي لكائن آخر واستخدامه لغذائه، إلا أن العرف خصص اصطلاح الإفتراس عندما تكون الفريسة حيواناً حياً. وتعتمد حدة الإفتراس على نوع العلاقة القائمة بين الفريسة والمفترس والتي يطلق عليها اصطلاح استجابات الفريسة للمفترس. وهناك ثلاثة أشكال من هذه الإستجابات هي:

١ — الإستجابات العددية : حيث تزداد كثافة المفترس (مثل البوم Snowy owls) مع زيادة كثافة الفريسة (مثل اللاموس Lemmings).

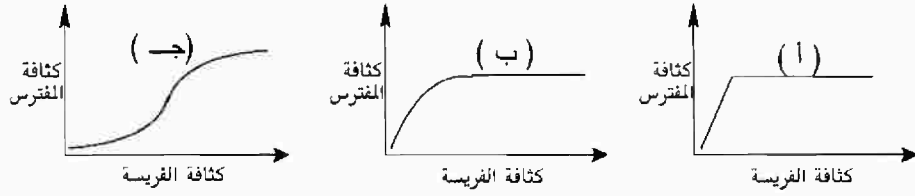
٢ — الإستجابات العمرية : تعتمد العلاقة الإفتراسية بين الحيوانات بشكل كبير على أعمارها، فعلى سبيل المثال تعتبر الفريسة الصغيرة أفضل من الكبيرة بالنسبة للحيوان المفترس.

٣ — الإستجابات الوظيفية : للتغير في كثافة الفريسة تأثير مباشر على حياة المفترس وسرعته على الإفتراس. وقد بينت الدراسات السابقة وجود ثلاث طرز من العلاقات بين كثافة الفريسة وكثافة المفترس وهي (شكل ٢٧):

أ — علاقة طردية بين عدد الحيوانات القابلة للإفتراس والحيوانات المفترسة حتى تصل العلاقة إلى نقطة تصبح الزيادة في عدد الحيوانات القابلة للإفتراس لا تغير من عدد الحيوانات المفترسة (مثل ذلك الحيوانات المائية التي تتغذى على الكائنات الدقيقة بعملية الترشيح).

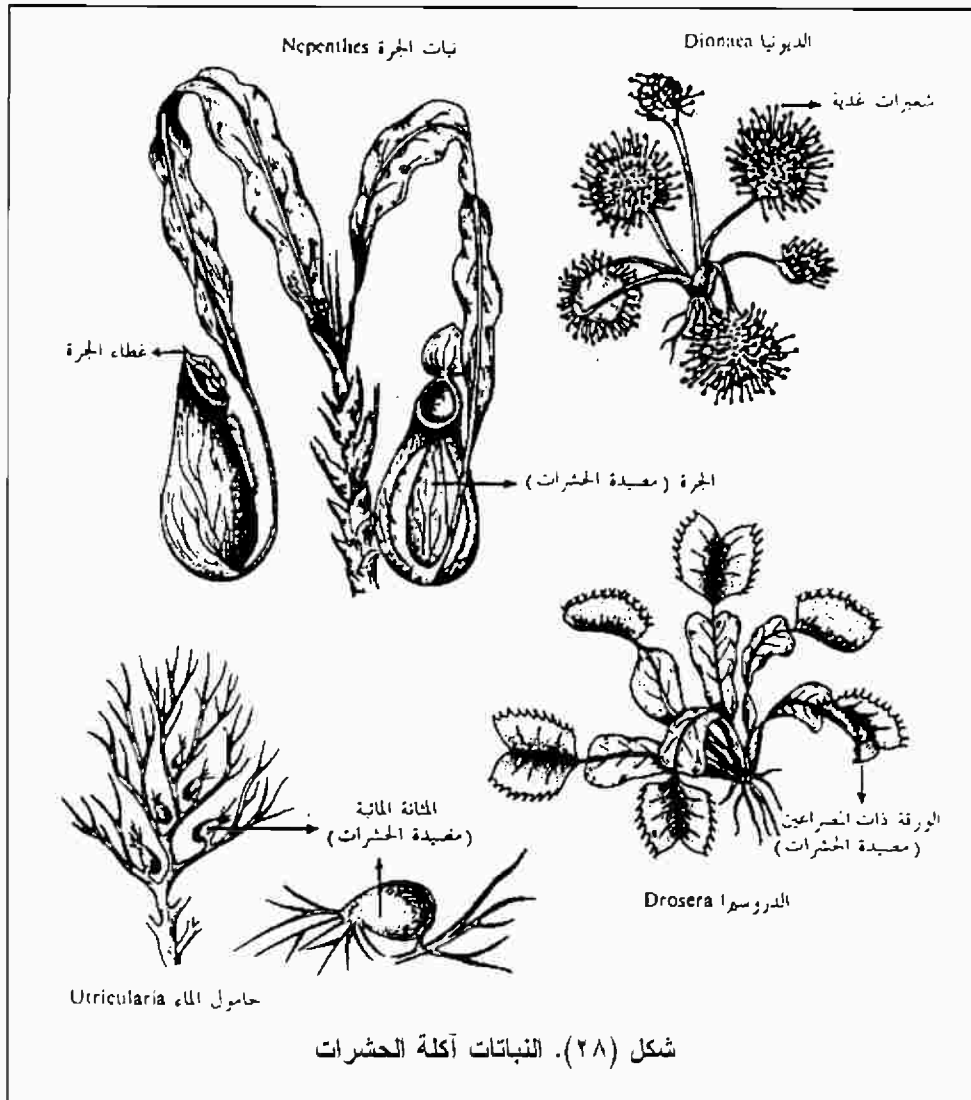
ب — يبدأ هذا الطراز بزيادة سريعة في عدد الحيوانات المفترسة مع ازدياد عدد الحيوانات القابلة للإفتراس، وهذه الزيادة الأولى يتبعها انخفاض تدريجي حتى تصل إلى مستوى ثابت مثال ذلك حشرة فرس النبق المفترسة (Praying mantis).

ج — يتميز هذا الطراز بالتغيرات التالية في سرعة عملية افتراس: بطيئة، سريعة، بطيئة، ثابتة، (علاقة سيجمودية S).



شكل (٢٧). استجابات الفريسة للمفترس

ولا تقتصر علاقة الافتراس على علاقة الحيوانات ببعضها البعض، ولكن على علاقة النباتات بالحشرات ومن أمثلة ذلك النباتات آكلة الحشرات (Insectivorous)، وهي من النباتات الزهرية التي تتحول أوراقها إلى أعضاء ذات أشكال خاصة تناسب اصطياد الحشرات وهضمها وامتصاص نواتج الهضم الذاتية. ومن هذه النباتات نبات القدر أو الجرة (*Nepenthis*) الذي يتحول فيه جزء من الورقة إلى ما يشبه الجرة ذات الغطاء وتكسو جدرانها الداخلية زوائد شعرية تتجه إلى أسفل الجرة، وتمتلئ الجرة عادة بماء المطر وعند سقوط حشرة فيها فإن الزوائد الشعرية تمنعها من الخروج وتفرز الورقة عليها إنزيمات هاضمة تقوم بهضم مكونات جسم الحشرة فتمتصها الورقة. ومن أنواع النباتات آكلة الحشرات الأخرى الدروسييرا (*Drosera sp.*) والديونيا (*Dionaea sp.*) وحامول الماء (*Urticularia sp.*) وغيرها (شكل ٢٨).



يلعب الافتراس دوراً هاماً في المحافظة على توازن النظام البيئي وذلك بالتخلص من الأفراد الضعيفة داخل النواع الواحد، أما الأفراد القوية فهي تقاوم الافتراس، وبذلك يساعد الافتراس على تحسين النوع ويؤدي في نفس الوقت إلى تقليل العدد والتخلص من الإزدحام مما يقلل من العبء الزائد على مصادر الوسط الذي تعيش فيه.

ومن الأمثلة التى توضح بجلاء دور عملية الإفتراس فى المحافظة على التوازن البيئى نذكر حيوان الأيل الكبير (Moose) الذى يعيش فى الجزيرة الملكية الواقعة فى البحيرة العظمى فى ولاية أونتاريو بكندا (مساحتها ٢١٠ كم^٢). كانت مجموعة الأيائل تتعرض لتذبذب كبير فى عدد أفرادها يتراوح بين ١٠٠٠ — ٣٠٠٠ فرد بسبب عدم وجود كائن مفترس ينظم عددها بما يتلائم مع مصادر الوسط المتاحة. وقد مرت مجموعة الأيائل بدورات متتابعة من التضخم العددي الذى يؤدى إلى حدوث رعى جائر ومن ثم نقص حاد فى الإنتاجية النباتية مما يؤدى بدوره إلى موت عدد كبير من الحيوانات، يلى ذلك عودة الكساء الخضرى للنمو وزيادة الإنتاجية النباتية مرة أخرى ومن ثم زيادة عدد الأيائل، وهكذا فى تتابع مرتبط بتذبذب حاد فى عدد الأيائل والإنتاجية النباتية. وفى عام ١٩٤٩ دخل إلى الجزيرة قطيع من الذئاب انتهز فرصة تجمد المياه فى البحيرة وعبرها إلى الجزيرة، ومنذ ذلك الحين أدت عملية إفتراس الذئاب للأيائل إلى ضبط التذبذب الحاد فى مجموعة الأيائل وثبات عدد القطيع ما بين ٦٠٠ إلى ٩٠٠ فرد وهو العدد الذى يمكن لمصادر الغذاء فى الوسط تحمله دون حدوث نقص حاد فى الموارد. وقد ثبت عدد الذئاب عند ٢٠ إلى ٢٥ فرد فقط وهو العدد الكافى لضبط تعداد مجموعة الأيائل. ومن جهة أخرى كان قطيع الأيائل يحتوى على الأفراد القوية، حيث أن ٩٤% من الأفراد التى افترستها الذئاب كانت إما أفراداً حديثة الولادة أو مريضة أو مسنة.

وتحت الظروف الطبيعية يندر أن يؤدى الإفتراس إلى انقراض نوع من الفرائس، وإنما يكون هناك توازن بين عدد المفترس وعدد الفريسة. ومع ذلك يمكن أن يحدث الإنقراض تحت تأثير عوامل أخرى كما هو الحال فى تدخل الإنسان لوقاية الزراعة من أضرار أنواع معينة من الكائنات الدقيقة أو الحشرات

أو القوارض. وذلك بتربية أعداد وفيرة من أعدائها الطبيعية وإدخالها إلى الوسط، أو إدخال عدو جديد لم يكن موجوداً من قبل فتفترسها وتحد من أعدادها وقد تؤدي إلى انقراضها. وتعرف هذه الطريقة بطريقة المقاومة البيولوجية للآفات، ومن آثارها الجانبية أن عدد أفراد النوع المفترس قد يزداد زيادة كبيرة تحوله إلى آفة أخرى تحتاج بدورها إلى المقاومة.

(٥) الاستغلال (Exploitation):

ترتبط علاقة الاستغلال بالغذاء أو بالمأوى. والحالة الأولى يندرج تحتها علاقات النطفل والإفتراس. أما الحالة الثانية فقد لوحظ أن بعض أنواع النمل تستعمل نوعاً آخر من النمل كعامل مستعبد عندها فتستغله في جمع غذائها وبناء أعشاشها، كما أن بعض أنواع الطيور مثل الوقواق (Cuckoo) وطيور البقر (Cow birds) لا تبني بنفسها الأعشاش التي تضع فيها الإناث البيض، وإنما تقوم بهذه المهمة أنواع أخرى من الطيور الصغيرة.

التفاعلات الموجبة

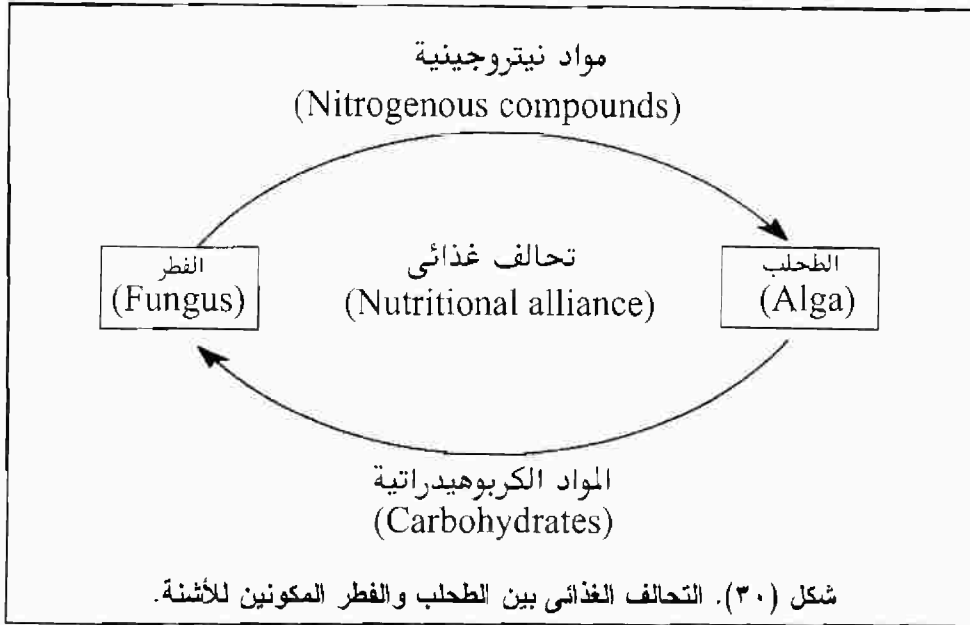
(١) التكافل الإجباري (Mutualism) :

أ - الأشن (Lichens). يتحد الفطر في هذه الحالة (غالباً من الفطريات الزقية ونادراً من الفطريات البازيدية) مع طحلب أخضر مزرق مكونين بذلك جسماً لكائن واحد يسمى بالأشن، أي أن الأشن يتكون من نوعين مختلفين تماماً من الكائنات الدقيقة ينتمي كل منهما لمجموعة غير تلك التي ينتمي إليها الآخر (شكل ٢٩). وفي مثل هذه الحالة يمد الطحلب الفطر بالمواد الكربوهيدراتية، بينما يمد الفطر الطحلب بالمواد الغذائية الأخرى وأهمها المواد البروتينية (شكل

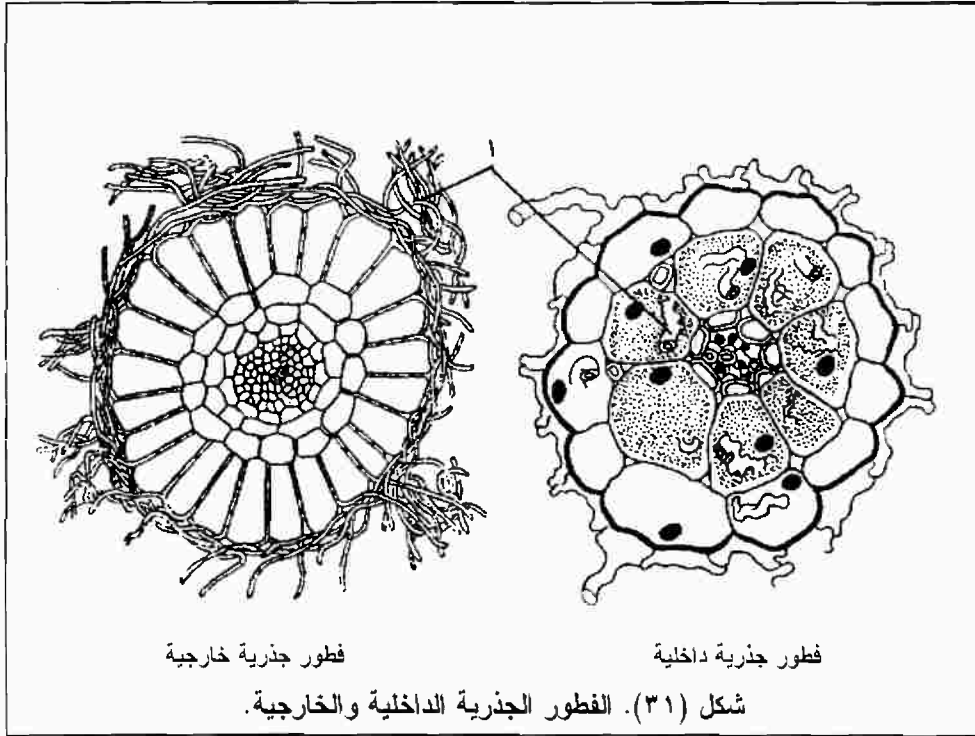
٣٠). وقد تكون الأشن مستقلة فى تغذيتها تماماً، وقد تكون متطفلة على غيرها من النباتات التى تلتصق على سيقانها فيرسل الفطر فى هذه الحالة الممصات إلى أنسجة العائل ليتمتص منها المواد الغذائية.

ب - علاقة الكائنات الدقيقة بالنباتات الزهرية. يمكن النظر إلى علاقة الكائنات الدقيقة فى التربة بالنباتات الزهرية على أنها إحدى صور التكافل الإجبارى بين الكائنات الحية، وفيها تستفيد الكائنات الدقيقة من الإفرازات التى تفرزها جذور النباتات الزهرية فى التربة، كما تستفيد النباتات الزهرية من العناصر الغذائية التى تقوم بتوفيرها هذه الكائنات أثناء تحليلها المواد العضوية المعقدة التى توجد فى المواد الدبالية بالتربة. ويستدل على هذا التكافل اللصيق بوجود أعداد هائلة من هذه الكائنات الدقيقة فى التربة المجاورة للجذور النشطة (Rhizosphere) إذا ما قورن هذا العدد بمثيله فى التربة البعيدة عن هذه الجذور.



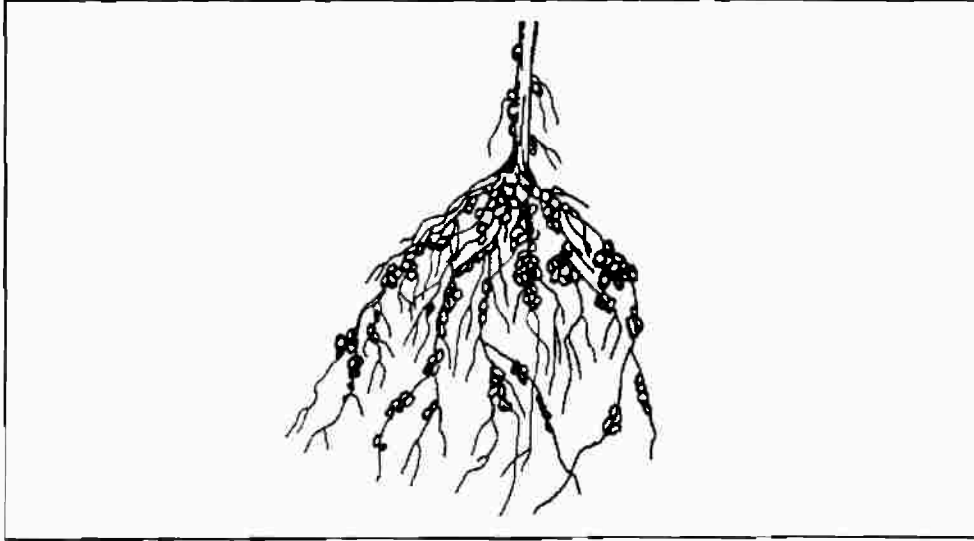


ج - الفطور - الجذرية (Mycorrhiza). مثل آخر للحياة التكافلية يظهر في علاقة جذور بعض النباتات بالفطريات وهي علاقة تميز العديد من النباتات الوعائية والحزازيات التي ترتبط تغذيتها بتغذية بعض أنواع الفطريات الراقية، وهذه الظاهرة تسمى التغذية الفطرية (Mycotrophy). وفي هذا النوع من التكافل تتحد خيوط الفطر مع الأجزاء الأرضية من النباتات وخاصة الجذور لتكون تركيباً يسمى الفطور الجذرية (Mycorrhiza) ومثل هذا التركيب الثنائي يشابه إلى حد ما الأشن (شكل ٣١). وغالباً ما يكون الفطر بازيدى أو طحلبى. وفى نبات الصنوبر ترجع أهمية الفطر فى كونه يمد الصنوبر بالماء والمواد الغذائية وربما ببعض المواد المعقدة، كما يستفيد الفطر من نبات الصنوبر بأن يحصل منه على المواد الغذائية وبعض الهرمونات والمواد الكربوهيدراتية. والجدير بالذكر أن لهذه الظاهرة (أى ظاهرة التغذية الفطرية) أهمية كبرى فى بقاء نبات الصنوبر ونموه وازدهاره. وإذا ما تغيبت الفطر اللازمة لتكوين الميكوريزيا من منطقة ما كان ذلك كفيلاً بمنع الصنوبر من التواجد الفعال، وإن كانت بذوره تستطيع الإنبات فى غياب الفطر.



فى نباتات الأوركيدات (Orchids) نجد أن البذور صغيرة جداً وذات أجنسة فى غاية الدقة مع قليل من المواد الدهنية، وهى لا تستطيع أن تنبت إلا فى وجود الخيوط الفطرية لجنس ريزوكتونيا (*Rhizoctonia*) الذى يدخل فى تكوين الفطور الجذرية الخاصة بهذه النباتات، ولكن وجد أيضاً أن هذه البذور تستطيع أن تنبت دون حاجة إلى وجود هذا الفطر إذا ما أمدت بالمواد السكرية ونظمت درجة حامضيتها. ومن ثم فإن البعض يعتقدون أن أهمية الفطر تنحصر فى كونه قادر على تحويل المواد الكربوهيدراتية إلى مواد سكرية. كما أنه يقوم بتنظيم درجة الحموضة لتكون فى حدود خمسة فأقل، وهو بهذا يساعد على وجود ظروف مناسبة لإنبات ونمو البذور. ولكن يظن بعض الباحثين أن أهمية الفطر للأوركيدات تنحصر فى مدها بالفيتامينات التى يستطيع هذا الفطر تصنيعها.

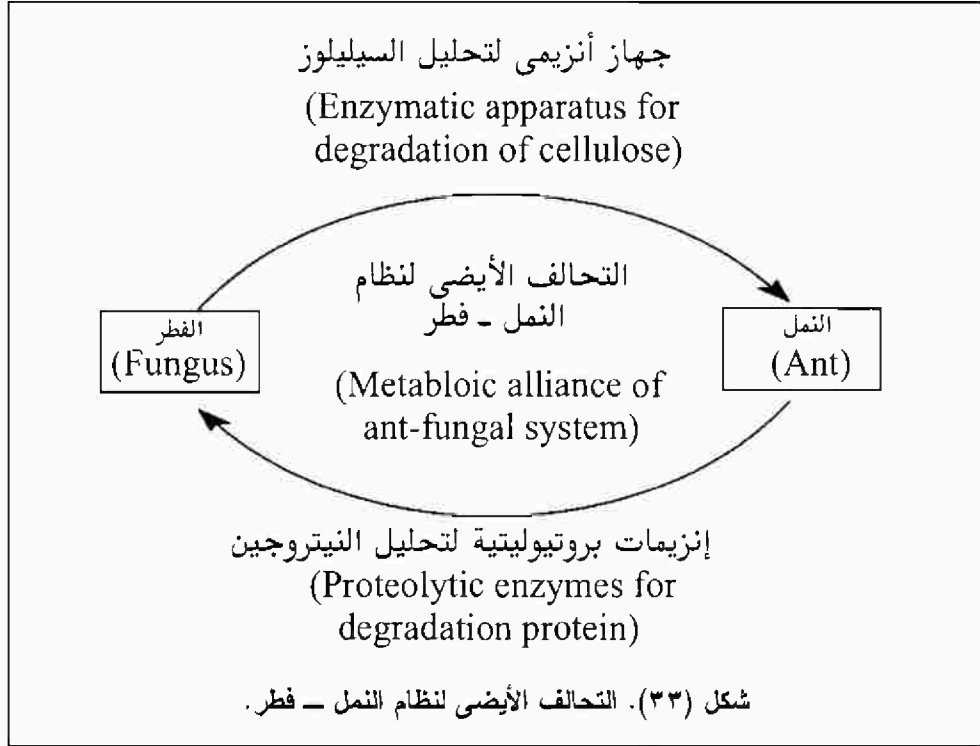
د - العقد البكتيرية الجذرية (Bacterial nodules). أما فى حالة العقد البكتيرية فتتكون بدخول البكتريا من جنس ريزوبيم (*Rhizobium*) أنسجة الجذور الخارجية للنباتات و التى غالباً ما تنتمى للبقوليات عن طريق الشعيرات الجذرية. وتكون البكتريا فى بداية تكوين العقد متطفلة تماماً على النبات العائل. وعندما يكتمل نمو العقدة فإن البكتريا تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى (شكل ٣٢)، مما يؤدى إلى زيادة خصوبة التربة وبالتالي يزداد الإنتاج النباتى. وفى حالة التربة الفقيرة بالمواد النيتروجينية يتسبب غياب بكتريا العقد الجذرية فى فشل نمو النبات العائل.



شكل (٣٢). العقد الجذرية فى نبات من الفصيلة القرنية

هـ - نظام النمل - فطر (Ant-fungal system). لوحظ أن أعشاش بعض أنواع النمل الإستوائية تحتوى على نمو فطرى مكثف بسبب عملية الإخراج التى تخصب الأوراق والبقايا النباتية التى جمعها النمل، مما يؤدى بالتالى إلى إزدهار نمو الفطر داخل الأعشاش والذى يقوم بدورة بالإسراع فى عملية التحلل الطبيعى لهذه البقايا. ومن الناحية البيوكيميائية يشارك الفطر عن

طريق إنزيماته فى تحليل السليلوز، بينما تحتوى بقايا الإخراج البرازى للنمل على بعض الإنزيمات البروتيتولوتية، والتي لا توجد فى الفطر ويحتاجها، وهى هامة لعملية تحليل البروتينات. ويعتبر هذا النوع من التكامل بين النمل والفطر تحالفاً أيضاً مؤداه تكامل أيض الكربون والنيتروجين لكلا الكائنين (شكل ٣٣).



(٢) التكافل الإختياري (Protocooperation):

مثال ذلك شقائق النعمان (Sea anemone) التى تعيش على دروع بعض أنواع الكابوريا (*Eupagurus prideauxi*) التى تحملها إلى أماكن غذائية جديدة، وفى هذه الحالة تحمى شقائق النعمان الكابوريا من الأعداء عن طريق الوحزات اللاسعة التى تصيب بها الكائن الذى يريد إقتراس الكابوريا. مثل هذه العلاقة ليست إجبارية، ويمكن لكلا الكائنين أن يعيشا بعيداً عن بعضهما.

(٣) المعاشية (Commensalism) :

أ - النباتات العالقة (Epiphytes) . تتخذ النباتات العالقة من فروع الأشجار والشجيرات وسط نمو تثبت فيه بذورها وتنمو فيه كما تستخدمها دعامة تتعلق عليها. تختلف النباتات العالقة عن الطفيليات في كونها لا تستمد من عوائلها المواد الغذائية أو الماء، كما تختلف عن المتسلقات في كونها لا تتصل إطلاقاً بالأرض طوال فترة حياتها وتعتمد هذه النباتات العالقة على مياه المطر والندى في حياتها. وإذا لم يتوفر الماء فإن عليها أن تقاوم الجفاف أو تفنى من العطش. المواد الغذائية لهذه النباتات هي المواد الذائبة في ماء المطر ومصدرها الجو، وكذا ما تذيبه هذه المياه من أنسجة القلف المتحللة وبعض الجسيمات الصغيرة التي تحملها الرياح فتجمعها هذه النباتات من حولها. وتوجد النباتات العالقة على سيقان أو أفرع أو حتى أوراق النباتات الحاملة (Phorophytes).

تكون النباتات العالقة في المناطق الجافة الباردة قليلة ومعظمها من الطحالب والأشن والحزازيات، أما في المناطق الرطبة الحارة فإن عددها يزداد كثيراً، ولذا فإن الغابات الإستوائية غنية جداً بالنباتات العالقة التي تتدرج من نباتات محبة للرطوبة وقلة الضوء (Sciophytic hygrophytes) تتواجد على الأجزاء السفلى من الأشجار، إلى نباتات جفافية محبة للضوء (Heliophytic xerophytes) تستطيع مقاومة الجفاف ويلزمها الضوء لتنمو طبيعياً. توجد هذه النباتات العالقة ومن بينها بعض أنواع الصبار في أعلى الأشجار حيث الضوء الشديد والجفاف المتكرر. قد تنشر النباتات العالقة جذورها فوق الدعامة لتجمع أكبر قدر من الماء والمواد الغذائية، وقد تقوم السيقان والأوراق أيضاً بعملية امتصاص الماء والمواد الغذائية الذائبة. وفي النباتات العالقة المتخصصة كما في نبات الديسكيديا (Dischidia : Asclepiadaceae) نجد أن الأوراق تتحول إلى ما يشبه الجرة التي تجمع الماء والمواد الغذائية الذائبة وتمتد إليها الجذور لتمتصها.

وهناك من الكائنات الدقيقة ما يعلق على أنسجة وتجاويف الحيوانات دون أن تسبب أضراراً مثل الميكروبات التي توجد داخل أمعاء الحيوانات.

ب - النباتات نصف - العالقة (Hemi-epiphytes). هي نباتات تحتل مكاناً وسطاً بين النباتات العالقة (Epiphytes) والنباتات المتسلقة (Lianas)، وتبدأ حياتها إما على شكل نباتات متسلقة أو على شكل نباتات عالقة، فمثلاً بعض أنواع الفصيلة القلقاسية (Araceae) تنمو في البداية على شكل نباتات متسلقة عادية ولكن بعد فترة من نموها يموت الجزء السفلي من الساق وتتقطع الصلة بين النبات والتربة ويتحول النبات من نبات متسلق إلى نبات عالق. تشكل بعض النباتات العالقة التي تنمو على الأشجار جذوراً عرضية هوائية تمتد لتصل إلى التربة وتبدأ بامتصاص الماء والأملاح المعدنية مثل نبات التين البنغالي (*Ficus benegalensis*). ومن هذه النباتات ما يعرف بالأشجار الخائقة (Stranglers)، يبدأ هذا النبات (مثل شجرة التين البرازيلي الخناق) حياته كبذرة تنبت وتعطي بادرة متسلقة على جذوع أشجار الغابة أو فروعها لها أوراق تنمو إلى أعلى نحو ضوء الشمس ونوعان من الجذور : جذور تنمو حول فرع الشجرة أو جذعها وجذور تتدلى نحو أرض الغابة. ويمتص النوع الأول من الجذور الماء والغذاء مما يتجمع في شقوق قلف الشجرة، ولا يعني ذلك تطفلاً على الشجرة، حتى إذا ما وصل النوع الثاني من الجذور إلى أرض الغابة ووجد له مكاناً في تربتها، إزداد نمو النبات بسرعة وبدأت الجذور تغلظ وتقوى وتزداد فروعها وتغافها حول الشجرة الداعمة حتى تغطيها بشبكة متماسكة قوية، مما يؤدي إلى توقف نمو الشجرة الداعمة، والإعتصار المتزايد لجذعها الناجم عن استمرار نمو وتغلظ شبكة الجذور الهوائية الملتفة حولها، وفي النهاية تموت الشجرة الداعمة خنقاً بينما تستمر جذور التين الخناق في النمو والتغلظ حتى تخفى جذع الشجرة الداعمة. تنمو من الجذور سادات جانبية تمكن التين من الإعتماد على نفسه، فيصبح نباتاً مستقلاً قائماً بذاته. تصل بعض هذه النباتات

الخنقة إلى أحجام ضخمة تنافس فى الطول وضخامة الجذع أشجار الغابة. مثل هذه العلاقة لا يمكن اعتبارها، خاصة فى مراحلها الأخيرة، إحدى صور التعايش الإيجابى بين النباتات وإنما تمثل إحدى صور التفاعلات السالبة بين الكائنات الحية.

جـ - النباتات المتسلقة (Lianas) . النباتات المتسلقة عبارة عن نباتات ضعيفة السيقان تحتاج إلى دعائم لكي تنمو إلى أعلى، وتتبت بذور النباتات المتسلقة فى التربة وتنمو سوقها بعد ذلك بسرعة دون أن تتشكل فيها أنسجة دعامية كثيرة، وترتفع إلى أعلى لتصل إلى المكان المناسب لها من حيث شدة الإضاءة. تتسلق هذه النباتات دعائمها من النباتات المختلفة بواسطة :

- الأشواك أو المحاجم (Suction discs). كما فى نبات كالامس (*Calamus*) الذى يصل طوله من ٢٠٠ إلى ٢٤٠ متراً.
- الجذور العرضية (Adventitious roots). حيث تنمو على الساق وتدخل فى شقوق قشرة الأشجار مثل نبات الفانيليا (*Vanilla*).
- التفاف سيقان النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار.
- المحاليق (Tendrils). وهى عبارة عن أعضاء خاصة متحورة تمكن النباتات المتسلقة من تثبيت نفسها بجذوع وأفرع الأشجار.

تمكن هذه الوسائل النباتات المتسلقة من الوصول إلى مستوى تيجان الأشجار حيث الإضاءة مرتفعة، ولكنها تستطيع فى أطوار نموها الأولى تحمل الإضاءة المنخفضة فى مستوى الطبقات السفلى. وعندما تصل النباتات المتسلقة إلى مستوى تيجان الأشجار حيث الإضاءة المرتفعة، فإنها تشكل تاجاً كثيف الأوراق لدرجة قد تصبح معها عبئاً ثقيلاً على النباتات التى تسندها. تكثر النباتات المتسلقة فى الغابات المدارية وخاصة المناطق المفتوحة من الغابة وعند حوافها كما تشكل عند حواف الأنهار أيكه (*Thicket*) يصعب اختراقها. وكثيراً

ما يصل طول النباتات المتسلقة فى الغابات المدارية إلى ٧٠ متراً أو أكثر ويمكن مشاهدتها كالحبال المتشابكة التى تربط أشجار الغابات بعضها ببعض.

علاقة الحيوانات بالنباتات

أ. عملية الرعى (Grazing process)

يتأثر الكساء الخضرى فى مظهره وتكوينه طبقاً لما يتعرض له من استغلال من قبل حيوانات الرعى. ويواجه الدراسون والقائمون على استغلال مناطق الرعى الكثير من المشاكل البيئية وخاصة عندما يحاولون الحفاظ على النظام البيئى فى حالة توازن حتى يستمر فى الإنتاج بكفاءة. ومن الصعوبات التى تؤثر على هذا التوازن وتعمل على تغيير نوعية الغطاء النباتى نتيجة لرعى الحيوانات وجود اختلاف كبير فى مدى استساغة الحيوانات للنباتات المختلفة، فبعض النباتات تحبها الحيوانات والبعض الآخر لا تكاد تقترب منه، وبين هذا وذلك تدرج واضح فى مدى استساغة الحيوانات الرعوية للنباتات. وإذا ما تركت الحيوانات ترعى بدون إدارة جيدة للمرعى فسرعان ما يتعرض الكساء الخضرى لتغيير شامل فيما يحتويه من أنواع نباتيه نظراً لفناء بعضها وسيادة البعض الآخر الذى لا يرعى. وبزوال النباتات الصالحة للرعى تعطى النباتات التى لا ترعى الفرصة للنمو والإزدهار حيث يخلو الوسط من النباتات التى تنافسها. ويضر الرعى الجائر بالنباتات نتيجة الإزالة المستمرة للأجزاء الخضرية التى تقوم بالبناء الضوئى إما عن طريق أكلها أو لكونها حساسة للوطء الواقع عليها من قبل الحيوانات. ويساهم الجفاف مع الرعى فى مضاعفة الضرر أذ يكون من الصعوبة بمكان أن تنتج هذا النباتات أية محصول عندما تتعرض لعامل الرعى الجائر المستمر والجفاف، ولكن قد يكون الرعى فى حد ذاته (على ألا يكون جائراً) عاملاً مساعداً على الأقل من فقد الماء نتيجة للنتح بسبب فقد النباتات بعضاً من أجزاءها الخضرية مما يعطيها الفرصة لأن تقلل

من احتياجاتها المائية وبالتالي زيادة قدرتها على تخطي فصول الجفاف دون أن تتعرض لأذى.

يختلف تأثير الرعى على طبيعة الكساء الخضرى باختلاف صورة نمو الأنواع النباتية التى يتكون منها. فالحوليات عندما ترعى رعىً غير منظم تختفى بسرعة إذ تحت هذه الظروف قد لا تأخذ النباتات الفرصة لأن تكمل دورة حياتها وبالتالي تتناقص بذورها تدريجياً حتى تصبح معدومة تماماً فى المنطقة المرعية. ومن بين العشبيات نجد أن الأنواع النجيلية تقاوم الرعى أكثر من الأنواع العشبية غير النجيلية، ويرجع هذا إلى أن البراعم التجديدية للنجيليات توجد على الريزومات المدفونة فى التربة ولذا لا تتأثر كثيراً بالرعى بل قد يساعد الرعى الرشيد على نمو هذه النجيليات. والرعى لا يضر النباتات المعمرة إذا كان منظماً، أى إذا سمح للنباتات بعد رعيها أن تستعيد بناء ما فقدته من أجزاء خضرية، أما إذا توالى عمليات الرعى دون أن تتمكن النباتات من إستعادة أجزاءها الخضرية أدى ذلك إلى استهلاك ما كان مخزوناً من مواد غذائية فى أجزائها الأرضية، وبمرور الوقت ومع استمرار هذا فقد تصبح النباتات فى حالة لا تستطيع معها متابعة الحياة الطبيعية وقد تفنى تماماً.

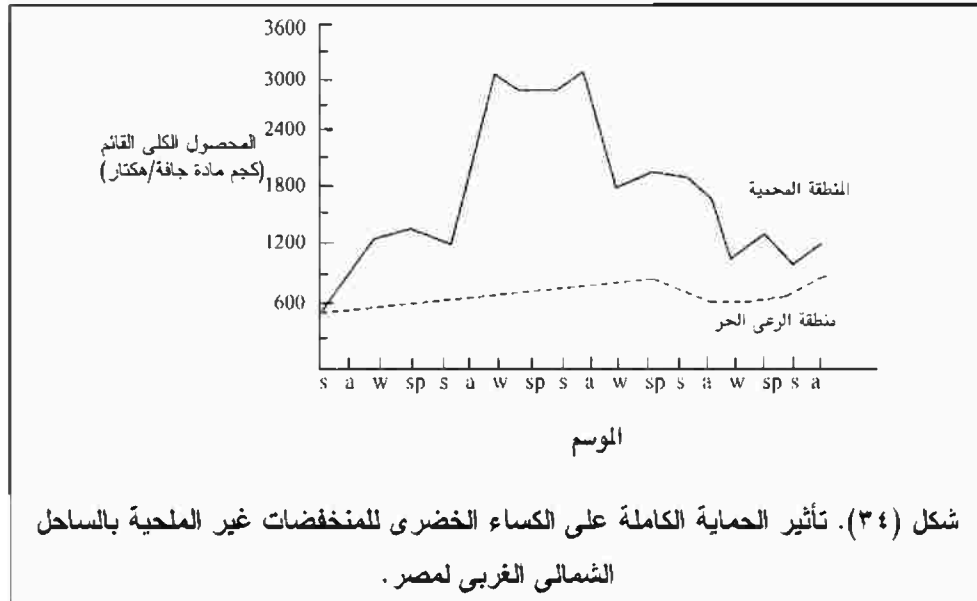
يتأثر المظهر العام لمنطقة ما نتيجة لإختلاف مدى الدرجة التى ترعى بها نباتاتها، فالرعى فى المناطق الشجرية غالباً ما يسبب زيادة فى عدد وحجم الشجيرات، وذلك نتيجة لإزالة الأعشاب التى تنافس هذه الشجيرات على الموارد الغذائية بما فى ذلك الماء. أما الرعى فى المناطق العشبية فيسبب عنه ضعف عام فى الغطاء النباتى، وتسود عندئذ الأنواع التى لا تؤكل أو التى تستطيع أن تكمل دورة حياتها فى فترة قصيرة فلا تعطى الحيوانات فرصة للقضاء عليها.

لنوع حيوان الرعى أيضاً الأثر الكبير على الغطاء النباتى فهو لا يؤثر فقط فى كمية الغطاء النباتى أو الأنواع النباتية التى يتكون منها بل يؤثر أيضاً فى مظهره العام. فالأغنام مثلاً تفضل أن ترعى الأعشاب غير النجيلية، والبقر

الجزء الثاني : العوامل البيئية

والخيول تستفيد النجيليات، والماعز والغزال تفضل الشجيرات الخشبية ذات الأوراق العريضة. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطيور والقوارض وغيرها من آكلات البذور تؤثر هي الأخرى تأثيراً ملموساً على نوعية الغطاء النباتي. فمن المعلوم أن مقدرة النبات على إنتاج البذور تختلف من عام لآخر طبقاً لما تملّيه عليه الظروف المحيطة. وإذا ما كان إنتاج البذور ضئيلاً فإن الطيور والقوارض والكائنات الأخرى قد تستهلكه تماماً مما قد يسبب فناء النبات نفسه. ويقاسى المشتغلون بتنمية المراعى وإكثارها، عن طريق بذر البذور، من فعل الطيور والقوارض ولذا يصبح فى بعض الأحيان استخدام السموم أمر مسموح به.

يعالج المختصون فى تنمية المراعى مشكلة الرعى الجائر غير المنظم بحماية المنطقة من الرعى لفترة زمنية قد تمتد عدة سنوات يستعيد خلالها الغطاء النباتى الطبيعى حيويته ويزيد من غطاءه وإنتاجه، وخاصة فيما يتعلق بالنباتات المرغوبة من قبل حيوانات الرعى، يلى ذلك إتباع نظام الدورات الرعوية، حيث أن الحماية التامة من الرعى ليست فى صالح الكساء الخضرى أيضاً كما يتضح من الشكل ٣٤ (Shaltout and El-Ghareeb 1985):



الجزء الثاني : العوامل البيئية

تطبق الدورة الرعوية فى تعاقب زمنى محدد (كل عامين أو ثلاثة مثلاً) وفيها يرعى جزء من الأراضى ويترك الآخر ليستعيد ما فقده من أجزاء خضرية، ثم تبدأ الحيوانات فى رعى الجزء الذى استعاد ما فقده بينما يترك الجزء الذى تم رعيه ليستريح ويستعيد ما فقده هو الآخر، وهكذا تنتقل حيوانات الرعى من منطقة لأخرى فى تعاقب منظم ومدرّوس كما هو موضح بالمخطط التالى (جدول ٦).

جدول (٦). مخطط لدورة رعوية كل ثلاث سنوات.

المنطقة المراد تطبيق الدورة الرعوية عليها	قطاع (أ)	قطاع (ب)	قطاع (ج)
العام الأول	رعى	حماية	حماية
العام الثانى	حماية	رعى	حماية
العام الثالث	حماية	حماية	رعى

ب - التأثير الميكانيكى (Mechanical effect)

تؤثر الحيوانات أثناء سيرها على الأرض أو عند حفر جحورها تأثيراً ميكانيكياً مباشراً على النباتات التى تتغذى عليها، كما تؤثر تأثيراً غير مباشر عن طريق وطء التربة أو إثرائها بالمادة العضوية، وأهم هذه التأثيرات ما يلى:

الوطء (Trampling). يلعب وطء الحيوانات دوراً بالغاً فى بعض المجتمعات النباتية كالمروج والسهول والسافانا وأشباه الصحارى والصحارى. ويتوقف التأثير على عدد الحيوانات وشدة الرعى. فالوطء المعتدل يمكن أن يؤثر تأثيراً إيجابياً، حيث يساعد على سرعة تفتيت البقايا العضوية وطمورها فى الطبقة السطحية للتربة. كما أن الوطاء المعتدل يغطى البذور بطبقة رقيقة من التربة تحميها من تأثيرات العوامل الخارجية. وخاصة درجات الحرارة المتطرفة، وتوفر لها رطوبة أفضل بالمقارنة بالبذور التى تبقى مكشوفة على

سطح التربة. أما الوطاء الشديد فقد يسبب انخفاض كثافة الغطاء النباتى ويؤدى أيضاً إما إلى تراص التربة أو زيادة تخلخلها (كما فى حالة التربة الرملية). وتراص التربة الطينية بسبب زيادة الوطاء يزيد من فقد التربة للماء عن طريق التبخر والإنسياب السطحى (Run-off) وبالتالي يؤدى إلى انخفاض الإنتاج النباتى، كما قد يسبب زيادة ملوحة التربة بسبب التبخر المرتفع. أما خلخلة الطبقة السطحية للتربة فيزيد من عملية حتها وتعريتها، وتصبح مادة سهلة الانتقال بواسطة الرياح مما يؤدى إلى تعرية البذور وموت النباتات.

المخلفات العضوية (Organic residues). تلقى الحيوانات كميات كبيرة من المخلفات العضوية (مثل البول والبراز) على سطح التربة أو فى داخلها، وهى أكثر غناً بالنيتروجين من البقايا النباتية والحيوانية الميتة (Litter). وبعد تحلل هذه المخلفات تصبح التربة غنية بالمادة الغذائية اللازمة لنمو النباتات. كما أن المخلفات الحيوانية كثيراً ما تحتوى على البذور التى تتحسن ظروف إنباتها كثيراً نتيجة لمرورها من خلال الجهاز الهضمى للحيوان. ولكن المخلفات الحيوانية وخاصة مخلفات الحيوانات الثديية الكبيرة كثيراً ما يكون لها تأثير سلبي على النباتات، ذلك أنها تغطى النباتات وخاصة البوادر وتجب عنها الضوء كما تقلل من تهوية التربة، لذا غالباً ما تموت النباتات الصغيرة والبوادر التى تغطى بهذه المخلفات. كما أن بعض المخلفات قد تحوى مواد مثبطة لنمو النباتات أو قد تتشكل هذه المواد المثبطة نتيجة لتحلل المخلفات العضوية، ومثال ذلك مخلفات الطيور وبول الحيوانات وخاصة الثدييات الكبيرة.

جـ . عملية التلقيح (Pollination)

تعتبر عملية نقل حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم (التلقيح Pollination) أحد التأثيرات المتبادلة النافعة بين الحيوانات والنباتات. والأزهار إما أن تلقح ذاتياً إذا انتقلت حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسمها، أو أن تلقح خلطياً إذا تم انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهرة أخرى، ولذا فإن الأزهار

وحيدة الجنس تكون خلطية التلقيح، وكذلك الأزهار الخنثى التى تتضج فيها المتوك والمياسم فى أوقات مختلفة. يتم التلقيح الخلطى عن طريق الحيوانات (خاصة الحشرات) والرياح وأحياناً الماء (خاص بالنباتات المائية المغمورة).

تعتبر الحشرات من بين الحيوانات الرئيسية التى تقوم بعملية التلقيح، كما تقوم الطيور الطنانة أيضاً بهذا الدور، وأهم الحشرات التى تقوم بعملية التلقيح هى نحل العسل والنحل الطنان والفراش والدبابير والخنافس. وتشير الدراسات إلى أن هناك ارتباطاً وثيقاً فى بعض الأحيان بين إنتشار النباتات وبين تواجد الحشرات التى تقوم بعملية التلقيح. ومن الأمثلة الواضحة على ذلك بعض نباتات الفصيلة القرنية وبعض أنواع فصيلة حنك السبع والتى يحدد رقعة إنتشارها فى المناطق القطبية وجود النحل الطنان الذى يقوم بعملية التلقيح. وفى استراليا زرع نبات النفل (*Trifolium pratense*) لكنه لم يعط بذوراً لأنه نقل إليها دون وجود حشرات تقوم بعملية التلقيح بدلاً من حشرات النحل الطنان التى كانت تقوم بعملية تلقيحه فى موطنه الأصلي قبل نقله.

تلعب الطيور بالإضافة إلى الحشرات، دوراً مهماً فى التلقيح خاصة فى مناطق الغابات الإستوائية المطيرة، وذلك لأن الرياح داخل الغابات الكثيفة قليلة السرعة أو ساكنة، إضافة إلى الأمطار الدائمة التى تجعل من انتقال حبوب اللقاح بواسطة الرياح أمراً صعباً، أضف إلى ذلك أن أفراد النوع الواحد لا تكون قريبة من بعضها البعض وإنما تفصلها مسافات متباعدة.

د. عملية الإنتثار (Dispersal)

إن عملية إنتثار بذور وثمار النباتات عن طريق الحيوانات هى واحدة من العلاقات النافعة بين الحيوانات، والنباتات. ويمكن لأنواع كثيرة من الحيوانات، بسبب تنقلها الدائم واعتمادها فى تغذيتها على النباتات، أن تلعب دوراً مهماً فى إنتشار الأنواع النباتية. ويتم إنتثار بذور وثمار النباتات بواسطة الحيوانات عن

- طريق: ١ — الإنتقال داخل الجهاز الهضمى للحيوانات (Endozoochores)،
 ٢ — الإلتصاق بجسم الحيوانات (Epizoochores)، ٣ — إيدار المواد الغذائية
 وبناء الأعشاش (Synzoochores).

غالباً ما تكون البذور والثمار التى تنتقل عن طريق الجهاز الهضمى للحيوانات صالحة للأكل وذات ألوان جذابة، كما أنها ذات قصرات سميكة تستطيع مقاومة العصارات الهاضمة وبالتالي تبقى محتفظة بقدرتها على الإنبات بعد خروجها من الجهاز الهضمى للحيوانات. وبذور بعض النباتات لا تستطيع امتصاص الماء إلا إذا مرت داخل القناة الهضمية للحيوانات، وذلك لأن العصارات الهاضمة ترقق أغلفة البذور وبالتالي يصبح إنباتها أسرع وأسهل. وتشكل ثمار الأكاشيا (*Acacia sp.*) والققعاق (*Lagonychium sp.*) فى المناطق الجافة وشبه الجافة مادة غذائية مهمة للحيوانات، الأمر الذى يساعد على انتشار بذورها وترقيق قصرتها وذلك بعد خروجها من الجهاز الهضمى للحيوانات، وهذا يجعلها أكثر إنفاذاً للماء فيسهل إنباتها، وكثيراً ما تشاهد بذور هذه النباتات نامية داخل روث الحيوانات فى الزرائب التى تبث فيها الحيوانات، أو فى الطرق التى تسلكها الماشية إلى أماكن تجمع مياه الشرب.

أما البذور والثمار التى تنتقل بالإلتصاق الخارجى بجسم الحيوانات فغالباً ما تملك تكيفات تمكنها من ذلك كالكلابات مثل نبات الضريسة (*Tribulus terrestris*) ونبات الشبيط (*Xanthium sp.*) أو تكون ذات سطوح لزجة كالدبق (*Viscum album*) والهدال (*Loranthus*) وغيرها. إضافة إلى أن بذور وثمار بعض الأنواع النباتية يمكنها من الإنتقال مع الأوحال التى تلتصق بأقدام الحيوانات ومناقير الطيور. وتستطيع كثير من الحيوانات التى تدخر البذور والثمار لفصل الشتاء أن تسهم فى انتشارها، فعند حملها الوحدات التكاثرية (Diaspores) إلى جحورها كثيراً ما يسقط بعضها، كما أن هذه المدخرات كثيراً ما تزيد عن حاجتها وبالتالي قد تنمو وتتكاثر.

٢ عوامل التربة

تعرف التربة، من وجهة نظر علم النبات، على أنها الجزء من الطبقة الأرضية التي يمكن أن تتواجد فيها الحياة النباتية. ويختلف سمك هذه الطبقة فقد يكون غشاءاً رقيقاً أو سطح قطعة صخرية أو قد يكون طبقة سميكة تصل إلى عشرات الأقدام. سطح التربة عادة غير صلب إلا أنه يزداد صلابة بالعمق. وتحتوي التربة على قدر كبير من المواد العضوية النباتية والحيوانية تعتبر مصدر الطاقة للكائنات الدقيقة التي تقوم بتحويل المواد الغذائية من صورها المعقدة إلى صورة بسيطة يستطيع النبات أن يستعملها كغذاء.

الصخور التي تكون القشرة الأرضية هي عبارة عن خليط من المعادن ونتيجة لعوامل التعرية تتفتت هذه الصخور لتعطي المعادن الداخلة في تركيبها. والمعدن يمكن أن يعرف بتلك المادة التي تتكون من جزيئات متشابهة، وقد يكون المعدن عنصرياً وهو الذي يتكون من عنصر منفرد كالذهب والماس، أو مركباً مثل ملح الطعام (الهاليت) الذي يتكون من كلوريد الصوديوم ومعدن الكاولين الذي يتكون من سليكات الألومنيوم المائية. وأثناء عملية التجوية (Weathering) التي تحدث بعوامل عدة (مثل الحرارة والبرودة المتعاقبة، تكوين الثلوج في ثلایا الصخور، إذابة الصخور بالأحماض الذائبة في ماء المطر مثل حمض الكربونيك، وفعل الجذور الميكانيكي والحيوي) تحدث تغيرات طبيعية وكيميائية، وبإضافة المادة العضوية إلى نواتج عملية التجوية تتكون التربة وتحدد صفاتها.

تسمى الصخور التى تتكون منها التربة بمادة الأصل أو الصخور الوالدة (Parent rocks). قد تبقى التربة حيث تتكون وعندئذ تكون المادة الأصلية الموجودة تحت هذه التربة هى الصخور الوالدة للتربة السطحية وتسمى التربة فى هذه الحالة تربة موقعية (Residual soil). ومن جهة أخرى قد تحمل التربة إلى مكان آخر غير التى تكونت فيه بفعل عامل أو أكثر من العوامل البيئية، عندئذ تكون الطبقات الموجودة أسفلها، سواء كانت هذه الطبقات تربة حقيقية أو طبقات جيولوجية، لا تمت إلى الطبقة السطحية بصلة، بينما الصخور الوالدة لهذه التربة قد تكون على بعد أميال من موقعها الحالى، ومثل هذه التربة تعرف بالتربة المنقولة (Transported soil). ويمكن تمييز الأنواع الآتية من الترب المنقولة طبقاً للعوامل التى تعمل على نقلها:

- ١ — تربة منقولة بفعل مياه البحار (Marine deposit)
- ٢ — تربة منقولة بفعل المياه العذبة (Alluvial deposit)
- ٣ — تربة منقولة بفعل حركة الثلجات (Glacial deposit)
- ٤ — تربة منقولة بفعل الرياح (Aeolian deposit)
- ٥ — تربة منقولة بفعل الجاذبية الأرضية (Colluvial deposit)
- ٦ — تربة مكونة من مواد عضوية متراكمة (Cumulose deposit)

مكونات التربة

بالرغم من أن التربة تتكون من مواد تختلف فى تركيبها وتكوينها وخصائصها إلا أن هناك خمسة مكونات أساسية تتكون منها جميع الأراضي هى: ١- المواد المعدنية (بفعل عوامل التعرية)، ٢- المواد العضوية (بفعل تحلل الكائنات الميتة)، ٣- محلول التربة (العناصر المذابة فى الماء)، ٤- الهواء (يوجد بفراغات التربة)، و ٥- الكائنات الدقيقة (تعيش فى التربة متكافلة أو

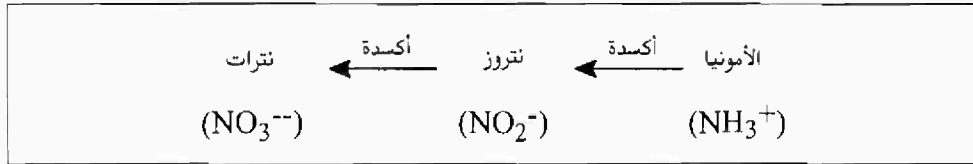
متطفلة أو مترممة). والتربة قد ينظر إليها على أنها مادة ثابتة وأن كل ما تتكون منه وتحتويه في حالة ثبات، ولكن الحقيقة ليست كذلك فإن كل ما فى التربة يتغير ويتبدل. فدرجة الحرارة مثلاً غير ثابتة والمحتوى المائى يتغير باستمرار، كما أن هناك تغير دائم فى محتوى التربة من العناصر الغذائية نظراً لإمتصاصها بواسطة النباتات أولاً ثم ترسبها نتيجة لعمليات التجوية المستمرة للصخور، هذا بالإضافة إلى ما تسببه الكائنات الأخرى مثل الديدان والقوارض من تغير دائم عن طريق مخلفاتها العضوية.

أولاً : المواد المعدنية (Minerals)

تتكون القشرة الأرضية من مجموعة مختلفة من الصخور، والتي يتكون بعضها من مجموعة من المعادن بينما يتكون البعض الآخر من بقايا مواد عضوية متحللة. وقد أمكن حصر العناصر التى تتركب منها المعادن والصخور بالقشرة الأرضية فى أكثر من ١٠٠ عنصر (كل العناصر المكونة لجداول مندليف تقريباً)، وتختلف النسب التى توجد بها هذه العناصر من معدن لآخر ومن صخر لآخر كما دلت على ذلك التحليلات الكيميائية لعينات من الصخور المختلفة على سطح الأرض. والأكسجين هو العنصر الأساسى حيث يوجد فى الصخور المكونة للقشرة الأرضية بنسبة حوالى ٤٧%، يليه السيليكون (٢٨%) ثم الألومنيوم (٨%) ثم الحديد (٥,٥%)، وتتناقص هذه النسب تدريجياً إلى حوالى ٠,١٤% فى حالة الهيدروجين. وإجمالاً فإن عشرة عناصر فقط تكون حوالى ٩٩% من كمية العناصر الكلية بالقشرة الأرضية وهى: الأكسجين، السيليكون، الألومنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الماغنسيوم، التيتانيوم والأيدروجين. تكون بقية العناصر الأخرى حوالى ١%، والتى لها أهمية اقتصادية مثل الذهب والفضة والنحاس والكبريت والنيكل (العناصر الصغيرة أو النادرة).

ثانياً : المواد العضوية (Oraganic matter)

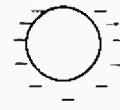
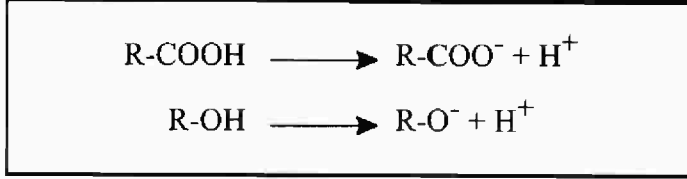
المادة العضوية هي عبارة عن قطع صغيرة من بقايا النباتات والحيوانات تحولت بفعل عملية التدبيل (Humification) إلى أجزاء غاية فى الدقة، وبإستمرار هذه العملية تصبح المادة العضوية فى حالة تحلل كبير وفى اتزان مع الوسط الذى توجد به لتكون ما يعرف باسم الدبال (Humus). ينتج عن استمرار عملية التحلل انفراد المواد الأصلية المكونة لهذه البقايا النباتية والحيوانية مثل ثانى أكسيد الكربون والنوشار (الأمونيا) والميثان والفسفور والكبريت وغيرها من العناصر. وتتأكسد النشار إلى مركبات النيتروز (Nitrose compounds) ثم مركبات النترات (Nitrate compounds).



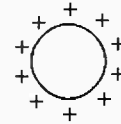
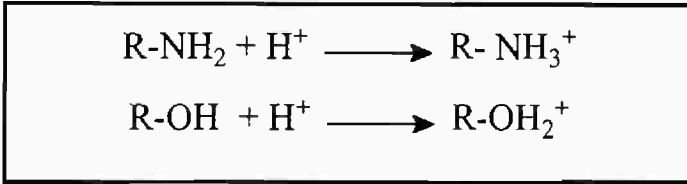
ولما كان تحلل المواد العضوية فى التربة عبارة عن تفاعلات كيميائية تقوم بها الكائنات الحية، فإن أى عامل يؤثر على نشاط ونمو هذه الكائنات يؤثر بدوره على سير عمليات تحلل المواد العضوية، وأهم هذه العوامل ما يلى: التهوية، الحرارة، درجة القلوية والحموضة، وطبيعة المواد المتحللة وتركيبها الكيميائى.

الدبال (Humus). يعتبر الدبال ذو تركيب طبيعى وكيميائى ثابت تقريباً، إلا أن هذا التركيب يختلف من مكان إلى آخر طبقاً للظروف البيئية وطبيعة الكائنات الحية التى توجد فيه. ودراسة الصفات الخاصة بالدبال صعبة لعدم إمكانية فصل الدبال عن الأرض دون أن يحدث له تغيير فى خواصه المختلفة. الدبال مثل معدن الطين فى كونه ذو سعة إدمصاصية كاتيونية عالية

(Cation adsorption capacity)، إلا أنها تفوق بكثير السعة الإدمصاصية الكتيونية للطين. وترجع أسباب هذه الصفة إلى انحلال مجاميع الكربوكسيل والأيدروكسيل التي تدخل في تركيبه كما هو موضح من المعادلات الآتية:



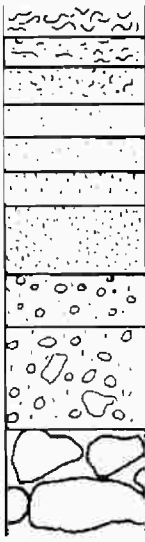
كما أن الدبال أيضاً له سعة إدمصاصية أنيونية (Anion adsorption capacity) قد تكون في بعض الأحيان عالية مصدرها تأين مجاميع الأمين والأيدروكسيل كما هو واضح من المعادلات الآتية:



ونظراً لارتفاع السعة الإدمصاصية للدبال فهو مصدر كبير للعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات والتي لا يجد النبات صعوبة في الحصول عليها خلال عملية تعرف بإسم التبادل الكتيوني والأنيوني بين الدبال من جهة ومحلول التربة أو جذور النبات من جهة أخرى.

قطاع التربة (Soil profile): تتكون التربة من طبقات، يمكن تحديدها حيث تختلف غالباً في لونها، تسمى نطاقات التربة (Soil horizons). النطاق العلوى منها (A-horizon) هو عبارة عن بقايا النباتات والحيوانات (المادة العضوية) التي تحللت إلى أجزاء غاية في الدقة (الدبال) بفعل عملية التدبّل (Humification) وينقسم هذا النطاق في التربة الناضجة إلى عدة طبقات محدودة تمثل مراحل عملية التدبّل. يلي ذلك النطاق تحت العلوى (B-horizon) الذي يتكون من المعادن التي تحللت من المادة العضوية بفعل عملية التعدين

(Mineralization) واختلطت بمادة الأصل. تصل المواد الذائبة التي تحمل المعادن من الطبقة السفلى للنطاق العلوى إلى النطاق تحت العلوى أثناء عملية الغسيل التي تتعرض لها التربة بفعل ماء المطر أو الـرى. أما النطاق السفلى (C-horizon) فيمثل غالباً مادة الأصل غير المتحورة التي قد تكون موجودة في هذا المكان أصلاً أو منقولة بفعل عامل أو أكثر من العوامل البيئية سالفة الذكر (شكل ٣٥).

	A00	أ - صفر صفر	أوراق مفككة وبقايا عضوية متحللة
	A0	أ - صفر	مواد عضوية متحللة جزئياً أو كلياً
	A1	١ أ	نطاق أسود اللون غني بالمراد العضوية الدبالية
	A2	٢ أ	نطاق معادن فاتحة اللون كثير الرغويات
	A3	٣ أ	نطاق انتقالي إلى النطاق B ب
	B1	ب ١	نطاق انتقالي إلى النطاق A أ
	B2	ب ٢	نطاق أسود كثير الرغويات
	B3	ب ٣	نطاق انتقالي إلى النطاق C ج
	C	ج	نطاق الصخور المفتة - المهد الصخري
	D	د	نطاق المهد الصخري غير المفت

شكل (٣٥). مخطط لمقطع في التربة يوضح الطبقات المتعاقبة.

تتأثر طبيعة قطاع التربة وسمك نطاقاته بعوامل متعددة من أهمها ما يلي:

- ١ - تعبر طبيعة قطاع التربة وسمك نطاقاته عموماً عن مناطق مناخية وتضاريسية محددة. فأراضي الحشائش مثلاً تختلف عن الغابات في كون عملية التدبيل في الحالة الأولى عالية بينما عملية التعدن تكون بطيئة (تراكم الدبال يؤدي إلى سوء التهوية ومن ثم إلى إضعاف النشاط الميكروبي المسئول عن عملية تحرير العناصر).

٢ - تؤثر تضاريس المنطقة تأثيراً عالياً على قطاع التربة. فالمناطق التلالية (وخصوصاً إذا أسئ استخدامها بواسطة الإنسان) يتكون بها طبقة رقيقة من النطاقيين العلوى وتحت العلوى بسبب تعرضها لعملية النحر، أما الأراضي المسطحة فيغسل الماء النازل عليها المواد بسرعة إلى الطبقات العميقة، وأحياناً تتكون طبقة صلبة بفعل تراكم المعادن (hard pan) لا تستطيع جذور النباتات وكذا الحيوانات والماء أن تخترقها بسهولة.

٣ - الأراضي ذات الصرف السيئ يتراكم فيها الدبال وبذا تكون التهوية الأرضية رديئة مما يؤدي إلى الإقلال من معدل تحلل العناصر. في مثل هذه الحالة يصبح نقص الأكسجين، وزيادة غاز ثاني أكسيد الكربون، وتراكم المواد السامة عوامل محددة في عملية نضج التربة. فبعض المواقع رديئة الصرف يمكن أن تصبح عالية الإنتاج إذا تم تحسين الصرف فيها.

ثالثاً : المحلول الأرضي (Soil solution)

يعرف المحلول الأرضي بأنه الماء المذاب فيه الأملاح والغازات والممسوك في الأرض ضد قوى الجاذبية الأرضية. وهذا المحلول يكون غالباً وتحت الظروف الطبيعية في حالة توازن مع مادة الأرض. ويحتوى عادة على جميع العناصر التي تلزم لنمو النباتات ولو بتركيزات مخففة جداً. يتوقف تركيز محلول التربة على عوامل عدة منها : الرطوبة الأرضية، تركيز العنصر بمادة التربة، المركبات المحتوية على هذا العنصر، الكساء الخضرى السائد وعمره.

تؤدي كثرة مياه الأمطار إلى غسيل الأملاح بالتربة وإحلال الأيدروجين محل الكتيونات المدمصة على سطح الطين وأيضاً إلى إنخفاض الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول الأرضي. كما يتوقف تركيز الأملاح على كمية

الرطوبة الأرضية فيكون مركزاً عند الرطوبة المنخفضة ومخففاً عند التشبع، ولكن مثل هذه القاعدة ليست عامة، فبالنسبة لمركبات الفوسفات مثلاً: لوحظ أن زيادة تركيز المحلول الأرضى من عنصر مثل الكالسيوم يؤدي إلى تقليل الكمية الذائبة من الفوسفات، نظراً لإمكانية حدوث عملية التبادل الكتيونى الذى يتم فيها إخراج الكالسيوم إلى المحلول الأرضى بكميات تؤدي إلى ترسب الفوسفات، وبالتالي إلى تقليل القدر المذاب منها فى محلول التربة (تداخل العوامل). أما بالنسبة للكتيونات المختلفة الشحنة فالملاحظ أن نسبة $\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{K^{+} + Na^{+}}$ تزداد فى المحلول مع إرتفاع تركيز المحلول الأرضى، بسبب نقص نسبة البوتاسيوم والصوديوم وارتفاع نسبة الكالسيوم والمغنسيوم، نتيجة لما يحدث من تبادل للكتيونات على سطح حبيبات الطين.

رابعاً : هواء التربة (Soil air)

تمثل الفراغات التى بين حبيبات التربة ما لا يقل عن ٣٥% من حجمها الكلى الحقيقى. وهذه الفراغات إما شعيرية تحدد كمية الماء الذى يمكن للتربة الاحتفاظ به بعد المطر أو الري، أو غير شعيرية تحدد كمية الهواء الذى يتخلل التربة. وفى حالة تشبع التربة تماماً بالماء تمتلئ الفراغات الشعيرية وغير الشعيرية بالماء مما ينتج عنه طرد الهواء وينتج عن ذلك ظروف لاهوائية (Anaerobic) فى التربة تؤدي إلى اختزال العديد من العناصر المعدنية مثل الحديد والكبريت والنيتروجين، كما تنشط الكائنات اللاهوائية مما يؤدي إلى زيادة إنتاج ثانى أكسيد الكربون وتحول التربة إلى النوع الحامضى، هذا إلى جانب انخفاض إنتاج الدبال بسبب صعوبة عمليات التحلل تحت الظروف اللاهوائية، ويتسبب التعرض المستمر لمثل هذه الظروف لمدد طويلة فى موت النباتات.

و غالباً ما تكون مكونات هواء التربة مقاربة لمكونات الهواء فى الجو نظراً لحرية تبادل الهواء بينها، ولكن عادة ما يحدث نقص نسبى فى محتوى هواء التربة من الأكسجين وزيادة نسبية فى محتواه من ثانى أكسيد الكربون نتيجة لعملية التنفس التى تقوم بها الكائنات الحية فى التربة مثل جذور النباتات وديدان الأرض والحشرات والكائنات الدقيقة، وأيضاً نتيجة لعمليات الأكسدة المصاحبة لعملية تحليل المواد العضوية بالتربة.

خامساً : الكائنات الدقيقة (Microorganisms)

تلعب الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والفطريات والطحالب والحيوانات الأولية دوراً هاماً فى التربة، ولكى تكون التربة صالحة لنمو النباتات يجب أن تحتوى على مثل هذه الكائنات. فالفطريات وبعض الكائنات الدقيقة الأخرى تعمل بواسطة خيوطها الفطرية وإفرازاتها العضوية على تجميع حبيبات التربة ومن ثم زيادة تهويتها. كما تقوم الكائنات الدقيقة بتفكيك وتحليل بقايا النباتات والحيوانات، من خلال عملية التحلل (Decomposition) التى تتم باستمرار وكفاءة داخل النظم البيئية، وتحولها إلى مركبات بسيطة يمكن للنباتات الإستفادة منها. ومن أهم الأدوار التى تقوم بها الكائنات الدقيقة فى التربة هى المساعدة فى تدوير بعض العناصر الغذائية الهامة مثل النيتروجين والفسفور.

تمر عملية التكسير والتحلل الأحيائى للمركبات النيتروجينية العضوية داخل التربة بخطوات عديدة ومتلاحقة لا يتم بعضها إلا بمساعدة أنواع متخصصة من البكتريا، حيث تقوم بكتريا النواشدر (Ammonifying bacteria) بتحويل المواد النيتروجينية المتحللة بفعل الكائنات الدقيقة (أحماض أمينية وبقايا قاعدية) إلى النواشدر (Ammonification process)، ثم تقوم بكتريا النترات (Nitrification bacteria) بتحويل النواشدر إلى نترات (Nitrification process) وهى الصورة

الوحيدة التى يمكن للنباتات امتصاص النيتروجين عليها من التربة. تحول أنواع من البكتريا (بكتريا التآزوت Denitrifying bacteria) النترات إلى الصورة العنصرية للنيتروجين (Denitrification process) ، فى حين تقوم أنواع أخرى (بكتريا العقد الجذرية Bacterial nodules) بتثبيت النيتروجين الهوائى فى التربة على هيئة نترات صالحة لتغذية النباتات.

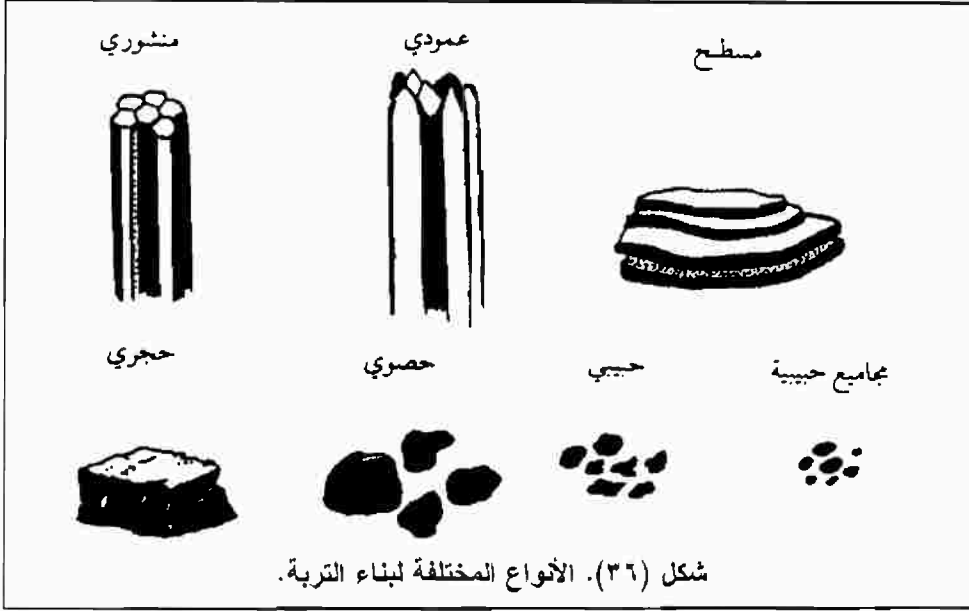
تلعب الكائنات الحية الأخرى التى تعيش فى الأرض مثل ديدان الأرض والحشرات والقوارض دوراً فى تطوير وبناء التربة، فهى من ناحية تساعد فى زيادة تهوية التربة عن طريق الحفر المستمر الذى يزيد من حجم فراغات التربة، كما أن مرور جزء كبير من التربة خلال أجسام هذه الكائنات أثناء التغذية يغير من صفات التربة، كما تقوم بدفع بقايا الكائنات الحية مثل أوراق النباتات إلى باطن التربة لتصبح جزءاً من المادة العضوية مما يزيد من كمية الدبال بالتربة.

الصفات الشكلية للتربة

(١) صفة البناء (Soil structure) :

يقصد بإصطلاح بناء التربة تنظيم مادة التربة فى كتل حيث الحبيبات الفردية المكونة لهذه الكتل تتماسك بقوة أكبر من القوة التى تربط الكتل نفسها بعضها البعض، أو بمعنى آخر تكون قوة الربط بين الحبيبات الفردية لكل كتلة أقوى من تلك التى تربط الكتلة كجسم قائم بذاته بما يجاورة من كتل. والكتل تتراوح فى الحجم بين أجسام ميكروسكوبية إلى أجسام تصل إلى عدة بوصات للقطر، وتختلف عن بعضها البعض فى الشكل والثبات وفى درجة قابليتها للانفصال عن بعضها. وبإختصار فمفهوم البناء ما هو إلا وصف العلاقات الفراغية والمكانية للحبيبات وتحديد طبيعة تجاورها فى التربة.

ينقسم بناء التربة إلى قسمين : بناء كبير (Macro structure) وهو الذى يمكن وصفه بالعين المجردة أو بواسطة عدسة ذات قوة صغيرة، و بناء دقيق (Micro structure) وهو الذى لا يمكن وصفه إلا بمساعدة عدسة ذات قوة عالية. وأهم أنواع البناء ما يلى (شكل ٣٦):



١ - بناء طبقي أو مسطح (Platy). وفيه تكون شكل الحبيبات المركبة على هيئة طبقات، أى أن المحور الرأسى أقل من المحور الأفقى. يوجد هذا النوع من البناء فى الطبقة السطحية للأراضى الرملية.

٢ - بناء منشورى (Prismatic). وفيه تكون الحبيبات المجمعة على شكل كتلة مستطيلة قائمة يكون فيها البعد الرأسى أكبر من البعد الأفقى، وقد يصل طول هذه الكتل إلى ستة بوصات، ويسمى هذا البناء أحياناً عمودى (Columnar) عندما تكون قمة الكتل مستديرة. يوجد مثل هذا النوع من البناء فى النطاق الذى يحتوى على نسبة عالية من الطين.

٣ - **بناء كتلى (Cubical).** وفيه تكون الكتل متساوية المحاور الرأسية والأفقية وتصل في الطول من ١ - ٢ بوصة، وعندما تبذل التربة تنتفخ وقد تغلق المسافات البينية بين هذه الحبيبات المركبة. يوجد هذا البناء في الأراضي المتوسطة.

٤ - **بناء حبيبي (Granular).** وهو أما دقيق وفيه لا يزيد قطر الحبيبة عن ٥ مم وتكون ذات حواف مستديرة أو زوايا حادة، أو خشن وفيه تكون الحبيبة ذات قطر يتراوح بين ٥ - ١٢ مم. وهذه الحبيبات توجد في صورة غير متماسكة وعندما ترج التربة تتفصل عن بعضها بسهولة، ولا تغلق المسافات بين الحبيبات عندما تبذل التربة.

٥ - **بناء مصط (Massive).** يميز الأراضي التي ليس لحبيباتها تنظيم مميز، ويطلق عليها أحياناً الأراضي عديمة البناء. يوجد هذا النوع في الأراضي الطينية شديد التماسك.

معامل البناء (Structural index). لدراسة صفة البناء في الأراضي أهمية عظمى كمدلول على درجة خصوبتها، حيث يعتبر البناء محصلة الصفات الأرضية المختلفة، فهو يتوقف على درجة ثبات الصفات الأرضية والتي تتوقف بدورها على نوع وكمية الكتيونات المتبادلة والذائبة وكذا على نوع الطين الداخل في تكوين هذه الأراضي. وهناك مصطلح يسمى معامل البناء يقدر بتحديد نسبة الطين في التربة مرتين: الأولى بعد عمل التفرقة الكاملة للعينة (ولتكن ٤٠%)، والثانية بدون عمل هذه التفرقة (ولتكن ١٥%) وعندئذ يكون معامل البناء هو:

$$\text{معامل البناء} = 100 \times \frac{\text{كمية الطين بعد التفريق} - \text{كمية الطين قبل التفريق}}{\text{كمية الطين بعد التفريق}}$$

$$62,5\% = 100 \times \frac{15 - 40}{40}$$

(٢) صفة التماسك (Soil consistency):

يستعمل هذا الإصطلاح للتعبير عن درجة تماسك الحبيبات المكونة للأراضى، وبالتالي عن القوة التى تبديها ضد العوامل التى تعمل على تفريقها عن بعضها. وفيما يلى الإصطلاحات التى توصف بها الأرض كلما ازداد تماسكها (أى قوة التماسك بين حبيباتها البسيطة أو المركبة):

أ – مفككة (Friable). وذلك عندما يكون من السهل تفتيت عينة الأرض الجافة باليد إلى الوحدات التى تتكون منها. تتصف الأراضى الرملية المفككة والأراضى الرملية الغرينية بهذه الصفة.

ب – متماسكة (Compact). كتل الأرض الجافة يكون من الصعب تفتيتها باليد، وإذا عمل قطاع بالسكين فإن الحواف تكون خشنة والزوايا مهشمة، وتكون التربة من الصعب تقلبها بالجاروف. يوجد مثل هذا النوع من الأراضى فى النطاقات السفلية للأراضى الطينية والغرينية الثقيلة.

ج – شديدة التماسك (Highly Compact). لا يمكن استعمال الجاروف فى تقلبها ولا بد من استخدام الفأس، ولا يمكن تكسير كتل التربة الجافة باليد، وعندما تقطع بالسكين فإن سطح القطع يكون نظيفاً لامعاً والزوايا سليمة. يوجد مثل هذا التماسك فى الأراضى الطينية عديمة البناء.

(٣) صفة قوام التربة (Soil texture):

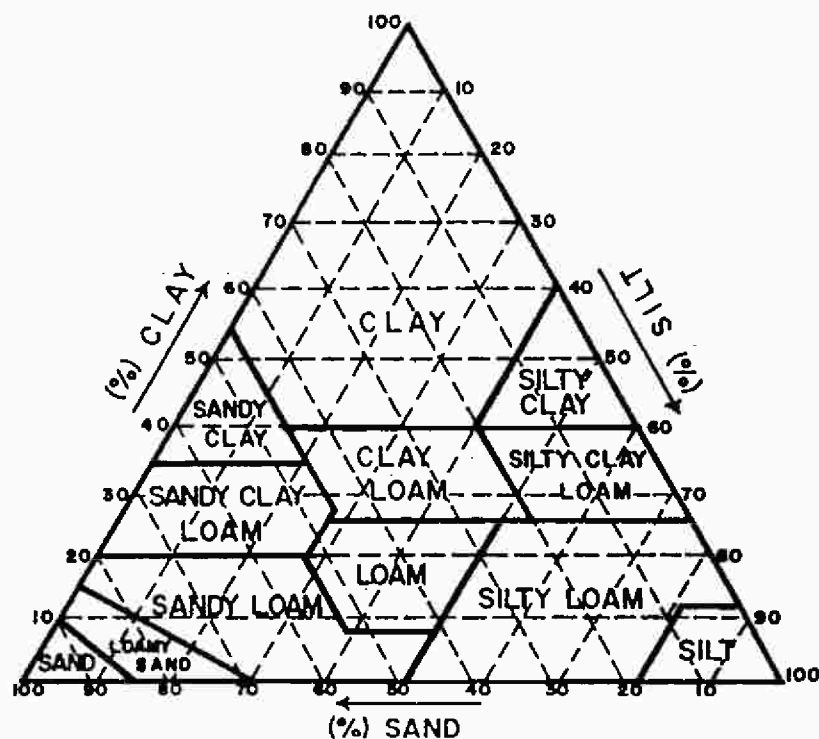
يعين قوام التربة بواسطة التحليل الميكانيكى وهى عملية الغرض منها فصل حبيبات عينة من التربة إلى مجاميع مختلفة الأحجام (Soil separates). توجد

عدة مقاييس لتقسيم وتسميه قوام التربة حسب طول قطر الحبيبات، ومن أشهر هذه النظم النظام الدولي حيث تقسم الحبيبات المكونة للتربة إلى المجاميع الآتية:

- ١ — حصى ناعم (Fine gravel) أكثر من ٢ مم للقطر
- ٢ — رمل خشن (Coarse sand) من ٢ - ٠,٢ مم للقطر
- ٣ — رمل ناعم (Fine sand) من ٠,٢ - ٠,٠٢ مم للقطر
- ٤ — طمي (Silt) من ٠,٠٢ - ٠,٠٠٢ مم للقطر
- ٥ — طين (Clay) أقل من ٠,٠٠٢ مم للقطر

تحديد إسم التربة باستخدام صفة القوام

إسم التربة المستمد من طبيعة قوامها يعكس بصفة عامة نسب الرمل والطين والطمي التي تحتويها التربة. ويمكن الإستعانة في تحديد هذا الإسم باستخدام مثلث القوام (Texture triangle)، وهو مثلث متساو الأضلاع مقسم من الداخل إلى عدة أقسام كل واحد منها يمثل اسماً من أسماء التربة كما هو مبين بالرسم (شكل ٣٧). ولإستخدام المثلث تتبع الطريقة الآتية: نفرض أن العينة التي استعملناها تحتوى على ٥٤% رمل و ٢٧% طمي و ١٩% طين، عندئذ يحرك وضع المثلث حتى يمثل رأسه ١٠٠% رمل ويرسم خط موازى للقاعدة يمر بالرقم ٥٤% رمل، ثم يحرك المثلث مرة أخرى حتى يمثل رأسه ١٠٠% طمي ويرسم خط موازى للقاعدة يمر بالرقم ٢٧% طمي، تقاطع هذان الخطان يحدد إسم قوام التربة. ومن الممكن مراجعة هذه النقطة بتوقيع المكون الثالث (١٩% طين) والذي يجب أن يتقاطع مع الخطين السابقين فى نفس النقطة.



شكل (٣٧). مثلث القوام (Texture triangle)

(٤) الكثافة الظاهرية (أو الجسمية للتربة) (Apparent or bulk density):

تحدد الكثافة الظاهرية (الكثافة الجسمية) للتربة بقسمة وزن جزء من التربة المجففة عند درجة ١٠٥°م على حجم هذا الجزء من التربة دون إحداث أى تغيير فى طبيعة بناءه (وحدة وزن/وحدة حجم). ومن المعلوم فى هذه الحالة أن الفراغات التى بين حبيبات التربة تكون جزءاً من حجم التربة الذى استعمل فى تقدير كثافتها الظاهرية. ولقياس هذه الخاصية تستخدم اسطوانة معدنية ذات حافة

سفلى حادة وتضغط فى التربة دون احداث أى تغيير ملموس فى بنائها، ثم يقسم وزن التربة (المقدر بالجرامات) على حجم اللاسطوانة (المقدر بالسنتيمتر المكعب):

$$\text{الكثافة الظاهرية (جم/سم}^3\text{)} = \frac{\text{وزن التربة المجففة فى الفرن (جم)}}{\text{حجم التربة بما فيها من مسام (سم}^3\text{)}}$$

وتختلف الكثافة الظاهرية للتربة بين ١ - ١,٦ جرام/سم^٣، ويعود هذا الاختلاف إلى التباين فى كمية القنوات والفراغات الموجودة بالتربة. وكقاعدة عامة يمكن القول بأن التربة ذات التركيب الدقيق للجزيئات والتي تحتوى على مسافات بينية كثيرة (مثل التربة الطينية) يكون لها كثافة ظاهرية أقل من تلك التى للأراضى ذات التركيب الخشن (مثل التربة الرملية). وقد وجد أن الكثافة الظاهرية للأراضى الطينية تقع تقريباً بين ١ - ١,٣ جرام/سم^٣، بينما تتراوح فى حالة الأراضى الرملية بين ١,٢ - ١,٦ جرام/سم^٣. تؤثر المواد الدبالية على تغير الكثافة الظاهرية للتربة، فزيادة كمية الدبال تقل الكثافة الظاهرية.

(٥) الكثافة الحقيقية أو النوعية للتربة (Real or specific density):

يعبر عن الكثافة النوعية للتربة بوزن وحدة الحجم من المادة الصلبة المصمطة للتربة وعادة يعبر عنها بالجرامات لكل سم^٣. ومن ثم فإن كان لدينا جسم مصمط له حجم قدرة ١ سم^٣ فإن وزن هذا الجسم بالجرامات يعبر عن كثافته النوعية. تتراوح الكثافة النوعية للتربة المعدنية بين ٢,٦ - ٢,٨ جم/سم^٣ بمتوسط ٢,٦٥ جم/سم^٣، أما الأراضى التى تحتوى على نسبة عالية من الدبال فإن كثافتها النوعية تقترب من ٢,٥ جم/سم^٣ أو أقل. والطريقة التقريبية لتحديد الكثافة النوعية للحصى مثلاً هى بأخذ كمية من الحصى ذات وزن معلوم ووضعها فى مخبر مدرج به ماء، وملاحظة الزيادة فى حجم الماء،

الجزء الثاني : العوامل البيئية

وعندئذ تكون الكثافة النوعية للحصى تساوى وزن الحصى مقسوماً على حجم الماء المزاح وهو ما يكافئ حجم الحصى. وعلى سبيل المثال إذا كان وزن الحصى = ٣٠٠ جم وحجم الماء المزاح هو ١١٣ سم^٣ فإن الكثافة النوعية = $113/300 = 2,65$ جم /سم^٣:

$$\frac{\text{وزن التربة المجففة فى الفرن (جم)}}{\text{حجم التربة بدون المسام (سم}^3\text{)}} = \text{الكثافة الحقيقية (جم/سم}^3\text{)}$$

(٦) مسامية التربة (Soil porosity) :

مسامية التربة يقصد بها القدر من التربة المشغول بالماء أو الهواء وليس بالمادة المعدنية أو العضوية. ومسامية التربة تحدد من العلاقة الآتية التى تربط الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية للتربة:

$$\text{المسامية (\%)} = \frac{\text{الكثافة الحقيقية} - \text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times 100$$

وصفة المسامية لا تعطى فى الحقيقة مدلولاً صحيحاً عن مدى تهوية التربة، وقد يظن أنه كلما زادت مسامية التربة كلما زادت تهويتها، ولكن هذا غير صحيح دائماً، فالتربة الطينية تصل مساميتها إلى ٦٠% ومع ذلك فهي ضعيفة التهوية وتعانى نقصاً شديداً فى كمية الأكسجين الموجود فيها. يرجع ذلك إلى كثرة الفراغات الشعرية الدقيقة فى التربة الطينية والتى يكون معظمها ممتلئ بالماء الشديد الالتصاق بحبيبات التربة والذى لا يفقد بسهولة حتى يحل الهواء محله. وعلى النقيض من ذلك فإن التربة الرملية مساميتها أقل، إلا أن معظم القنوات الواسعة تسمح بفقد الماء بسرعة (ماء الجاذبية الأرضية) ومن ثم بمرور الهواء مما يؤدي إلى زيادة تهوية التربة. ولمعالجة رداءة تهوية التربة الطينية يضاف

إليها المواد الجيرية أو مواد أخرى من شأنها أن تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة الفردية لتكون حبيبات مركبة كبيرة الحجم تحصر بينها فراغات كبيرة غير شعيرية ومن ثم تتحسن التهوية.

العلاقات المائية للتربة (Soil-Water Relationships)

ينقسم المحتوى المائى للتربة إلى عدة أقسام هى :-

(١) ماء الجاذبية الأرضية (Gravitational water) :

هو الماء الذى يشغل الفراغات الكبيرة غير الشعيرية وينفذ إلى الطبقات السفلى من الأرض بفعل الجاذبية الأرضية تاركاً هذه الفراغات لتمتلئ بالهواء. وعادة ما يتسرب هذا الماء من التربة بعد سقوط الأمطار وبالتالي فإن فائدته بالنسبة للنباتات محدودة. لا تتجاوز المدة اللازمة للتخلص من هذا الماء عدة ساعات فى التربة الخفيفة بينما قد تصل إلى ٢ - ٣ أيام فى التربة الثقيلة. وعند احتواء التربة على ماء الجاذبية الأرضية تكون قد وصلت إلى درجة التشبع القصوى ويعرف المحتوى المائى للتربة فى هذه الحالة بالسعة المائية القصوى (Maximum water holding capacity).

(٢) الماء الشعري (Capillary water) :

يوجد الماء الشعري على هيئة أغشية حول حبيبات التربة كما يملأ الفراغات الشعيرية والزوايا التى بين الحبيبات، وبعد رشح ماء الجاذبية تصل التربة إلى ما يسمى بالسعة الحقلية (Field capacity) من الماء. وفى هذه الحالة يكون الماء الذى تحتفظ به التربة شعرياً ومعظمه يكون ممسوكاً بقوة بسيطة على سطح الحبيبات مما يجعل من السهل على النبات إمتصاصه. ومع ذلك فإن جزءاً من هذا الماء يشغل فراغات شعيرية دقيقة جداً

ويكون ممسوكاً بقوة كبيرة تجعل من الصعب على النبات إمتصاصه من التربة. وبناءً على ما سبق فإن كمية الماء الشعري بالتربة الطينية تكون أكبر بكثير منها في التربة الرملية.

(٣) نقطة الذبول (Wilting point):

هي كمية الماء التي تحتويها التربة عندما تبدأ علاقات الذبول الدائم على النبات الذي ينمو فيها، ويعبر عنها كنسبة مئوية. تتوقف قيمة نقطة الذبول على عدة عوامل منها نوع التربة وكمية المادة العضوية بها. ويعتقد أن نقطة الذبول الدائم واحدة لكل النباتات إذا ما استعمل نوع واحد من التربة، ولكن هذا ليس صحيحاً دائماً، إذ أنه يعنى أن كل النباتات لها نفس الإحتياجات المائية ونفس القدرة على مقاومة الجفاف. وهناك علاقة تربط بين معامل الماء الهيجروسكوبي ومعامل الذبول (معامل الماء الهيجروسكوبي = ٠,٦٨ معامل الذبول)، وعلاقة أخرى تربط بين السعة الحقلية ومعامل الذبول (السعة الحقلية = ١,٨٤ معامل الذبول). ولكن هذه العلاقات تنطبق فقط على نوع التربة والنباتات التي استعملت في إجراء التجارب وبالتالي فهي ليست منطبقة على كل الحالات.

(٤) الماء الميجروسكوبي (Hygroscopic moisture):

هو الماء الذي يوجد على هيئة أغشية رقيقة حول حبيبات التربة بعد تجفيفها في الهواء. ومن المعتقد أن سمك هذه الأغشية لا يزيد عن ٣ - ٥ ميكرون. ومعظم الماء الهيجروسكوبي ممسوك بواسطة قوة شد سطحي كبير حول الحبيبات ومن ثم فليس لديه القدرة على الحركة أو الانتقال، كما أنه لا يسهم بدرجة ملموسة في العمليات الحيوية التي تجرى بالتربة ومن ثم لا تستطيع النباتات الاستفادة به. وتقدر الدرجة القصوى للماء الهيجروسكوبي بواسطة معرفة الزيادة في وزن كمية من التربة سبق أن جففت عند درجة ١٠٥°م حتى

ثبات وزنها، وذلك بعد وضعها فى جو مشبع تماما ببخار الماء لمدة ثلاثة أيام على الأقل. وكمية الرطوبة الجوية التى تمتصها كمية من التربة المجففة فى الفرن عند ١٠٥°م وزنها ١٠٠ جرام تسمى معامل الماء الهيجروسكوبى لهذه التربة (Hygroscopic coefficient). وهذا المعامل دليل هام لمعرفة قوام التربة، ففي التربة الرملية الغرينية يكون حوالى ١,٥% بينما فى التربة الطينية يصل إلى ١٥%، أما فى التربة العضوية فيرتفع حتى ٧٠%.

(٥) بخار الماء (Water vapor):

قد يشغل الماء فى صورته الغازية (بخار الماء) الفراغات الموجودة بالتربة، ويعتقد أن بعض النباتات تستفيد منه فى الحصول على بعض احتياجاتها من الماء.

(٦) الماء المتحد كيميائيا بمعادن التربة (Chemically combined water):

من أمثلة ذلك ماء التميؤ (Water of hydration) الموجود فى معدن الليمونيت الذى يتركب من أكسيد الحديد المائى $(2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O})$ ، وهذا النوع من الماء لا يمكن التخلص منه بتجفيف التربة عند درجة ١٠٥°م، ولكن قد يحتاج الأمر إلى تجفيف التربة عند درجة لا تقل عن ١٠٠٠°م. وهذا الماء غير ذى فائدة فى تلبية الاحتياجات المائية للنباتات.

٣

العوامل المناخية

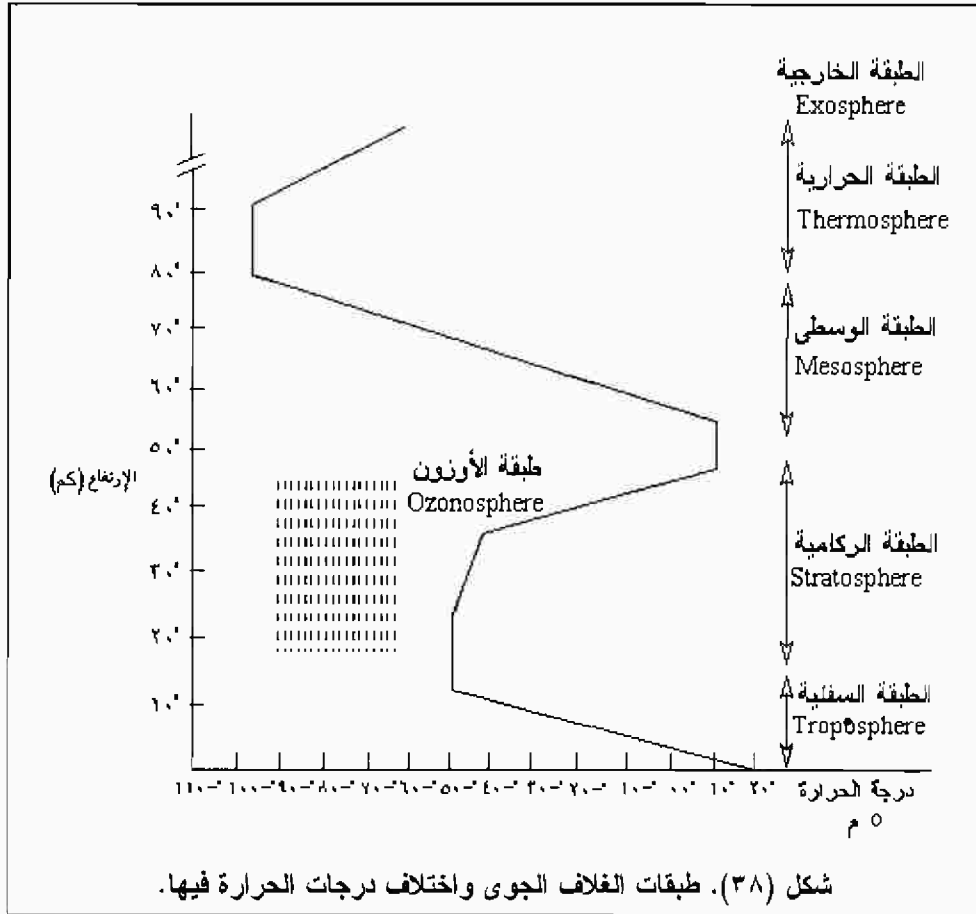
تعتبر دراسة الظواهر الجوية (المناخية) من قبل المشتغلين بعلوم الأحياء من أهم الدراسات حيث أن الصورة الحالية لكل مظاهر الحياه المختلفة على الأرض هي محصلة التفاعل المستمر والمتبادل بين عوامل التربة والمناخ. ويعتبر الغلاف الجوى للأرض هو المنطقة التى تحدث فيها هذه الظواهر وتتفاعل فيما بينها وتعطى تأثيراتها المشتركة على الكائنات الحية والمكونات غير الحية للأرض.

الغلاف الجوى (Atmosphere)

يحيط بالكرة الأرضية غلاف غازى سميك يشاركها فى دورانها الدائم، وتظهر فى طبقاته السفلى جميع الظواهر والتقلبات المناخية التى لها علاقة مباشرة بالحياة على سطح الكرة الأرضية. تنخفض كثافة الهواء تدريجياً بالإرتفاع عن مستوى سطح البحر، ولهذا تقل كمية الهواء تدريجياً حتى تنعدم فى الطبقات العليا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية. يتجمع ما يقرب من نصف كمية هواء الغلاف الجوى فى الكيلومترات الخمس الأولى، وثلاث أرباع كتلته فى الكيلومترات العشر الأولى، وتسعة أعشار كتلته فى العشرين كيلومتراً التى تعلو سطح الأرض. ويوجد الهواء على ارتفاعات كبيرة ولكنه يتخلخل بالإرتفاع فوق مستوى سطح الأرض. أثبتت الدراسات التى أجريت بالأقمار

الجزء الثاني : العوامل البيئية

الصناعية والمحطات الفضائية أن الهواء يمتد إلى ارتفاعات تصل إلى عشرين ألف كيلومتر غير أن كثافته تتخفض إلى درجة تصبح شبه معدومة بحيث تماثل كثافة الفضاء الخارجى. يتكون الغلاف الجوى من عدة أغلفة تتميز عن بعضها بنظامها الحرارى ومكوناتها وهى (شكل ٣٨):



(١) الطبقة السفلية (Troposphere)

هى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى التى يصل إرتفاعها فى المتوسط إلى ١٠ كيلومترات فوق سطح الأرض، إلا أن هذا الإرتفاع ليس متساوياً فوق

أجزاء الكرة الأرضية حيث يبلغ متوسط هذه الطبقة فوق القطبين حوالى تسعة كيلومترات، أما فوق عروض المناطق المعتدلة فيستراوح بين ١٠ و ١٢ كيلومتراً، ويصل إلى ١٥ - ١٧ كيلومتراً فوق خط الإستواء. تتميز هذه الطبقة من الغلاف الجوى بهبوط درجة الحرارة فيها بمعدل يقترب من ٠,٦ درجة مئوية لكل مائة متر ارتفاع، وهكذا إذا كان متوسط درجة حرارة الهواء فى الجزء الأسفل من الطبقة السفلية الملامس لسطح الأرض ٢٦ درجة مئوية عند خط الأستواء فإن درجة حرارة الجزء العلوى فيه تكون حوالى ٧٠ درجة مئوية تحت الصفر. وتحتوى الطبقة السفلية على ٧٥ - ٨٠% من كتلة الهواء الجوى، كما أنها الطبقة الوحيدة من طبقات الغلاف الجوى التى تحتوى على بخار ماء.

(٢) الطبقة الركامية (Stratosphere):

يصل ارتفاع هذه الطبقة إلى ٥٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض، وتزداد درجة حرارتها مع الإرتفاع لتصل عند حدها الأعلى من ١٠ - ٣٠°م فوق الصفر، كما ينعدم وجود بخار الماء فى هذه الطبقة. وتتصف الطبقة الركامية بإحتوائها على الأوزون الذى يتشكل عن طريق تفاعلات كيموضوية (Photochemical reactions) حيث يتحول الأكسجين الجزيئى إلى أكسجين ذرى بواسطة الطاقة الشمسية وخاصة الأشعة فوق البنفسجية (uv). ثم يتفاعل الأكسجين الذرى مع الأكسجين الجزيئى ويشكل الأوزون حسب المعادلات التالية: $O_2 \xrightarrow{uv} O + O$ ، $O_2 + O \rightarrow O_3$ + طاقة ↑. وخلال هذه العملية تمتص بعض الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet rays) وبذلك لا تتفد إلى سطح الأرض. وبناء على ما سبق فإن جزيئات الأوزون غير ثابتة إذ تمتص الأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسى وتتفكك إلى أكسجين جزيئى وأكسجين ذرى ($O_3 \xrightarrow{uv} O + O_2$) وعندما تعود هذه الجزيئات لتكون الأوزون مرة أخرى تتطلق طاقة فى صورة حرارة، وبهذا يكون صافى تأثير

امتصاص الأشعة فوق البنفسجية هو تحرير الحرارة ومن هنا كانت خاصية ارتفاع درجة الحرارة في الطبقة الركامية.

(٣) الطبقة الوسطية (Mesosphere):

ترتفع هذه الطبقة إلى ٨٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض وفيها تهبط درجة الحرارة مع الارتفاع لتصل إلى ٩٥ درجة مئوية تحت الصفر، ويكون ضغط الهواء في حدوده العليا أقل مائتي مرة مما هو عليه عند سطح الأرض. تحتوى الطبقات السفلية والركامية والوسطية معاً وإلى ارتفاع ثمانين كيلومتراً فوق سطح الأرض على حوالي ٩٩,٥% من كتلة الهواء الجوى. فى الطبقات الأعلى من ذلك يوجد الهواء بكميات قليلة جداً.

(٤) الطبقة الحرارية (Thermosphere):

تعلو الطبقة الوسطى حتى ٤٠٠ كم فوق سطح الأرض وتتصف بدرجات حرارة عالية تصل إلى أكثر من ألف درجة، مئوية نتيجة لإمتصاص الأكسجين الذرى للأشعة فوق البنفسجية. تتميز هذه الطبقة أيضاً بدرجات شديدة من تأين الهواء، ولذا تسمى أيضاً الطبقة المتأينة (Ionosphere)، ويعود هذا بدوره إلى تأثير الأشعة فوق البنفسجية، إذ أن امتصاصها من قبل جزيئات غازات الغلاف الجوى يؤدي إلى انبعاث عمليات شحن الذرات والإلكترونات. لهذه الطبقة أهمية بالغة بالنسبة للإتصالات نظراً لقدرتها على عكس الموجات اللاسلكية وإعادتها إلى الأرض.

(٥) الطبقة الخارجية (Exosphere):

تشكل هذه الطبقة الغلاف الغازى الخارجى وفيها تكون حركة جزيئات الغازات سريعة جداً ونظراً لسرعة جزيئات الغازات ونتيجة تخلخل الهواء فى

تلك الارتفاعات يمكن للجزيئات أن تتحرر من تأثير الجاذبية الأرضية وتخرج من الغلاف الجوى إلى الفضاء الخارجى، يلاحظ هذا بالنسبة للهيدروجين حيث يعتبر الغاز السائد فى الأسطح العليا من الطبقة الخارجية. وبينت عمليات الرصد بمساعدة الصواريخ والأقمار الصناعية أن الهيدروجين المتطاير من هذه الطبقة يشكل حول الأرض ما يعرف بالتاج الأرضى حيث ينتشر إلى مايقرب من العشرين ألف كيلومتر.

المحيط الحيوى (Biosphere) : يتركز وجود الكائنات الحية المختلفة فى طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمى بالمحيط الحيوى، ويعرف بأنه الغلاف الذى توجد فيه الحياة. تشمل حدود المحيط الحيوى جزءاً من الغلاف الجوى (Atmosphere) وجزءاً من القشرة الأرضية (Pedosphere) وكامل الغلاف المائى (Hydrosphere). يميل العلماء حالياً إلى تحديد المحيط الحيوى بالمجال الذى يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية وتمتد حدوده من ٣٠ - ٥٠ متراً فوق سطح التربة، ومن ١٠ - ١٢ متراً فى باطنها كما يشمل كامل عمق البحيرات، وإلى عمق من ٣٥٠ - ٤٠٠ متر فى البحار والمحيطات. وللمحيط الحيوى، الذى يشمل كل النظم البيئية (Ecosystems) الموجودة فى العالم، أهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الذى تعيش وتتكاثر فيه الكائنات الحية وإنما بإعتباره المكان الذى تجرى فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التى تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية.

الإشعاع الشمسى

(Insolation or Solar Radiation)

الشمس هى مصدر الحياة على الأرض ولولاها لخلت الأرض من الحياة بمظاهرها المتنوعة. فالشمس هى التى تسبب تباين درجات الحرارة فى مختلف الأماكن، ونتيجة لهذا التباين يقل الضغط فى بعض الأماكن بينما يرتفع فى أماكن

أخرى فتهب الرياح من مناطق الضغط العالى إلى مناطق الضغط المنخفض. كذلك تسبب الأشعة الشمسية تسخين سطح الأرض مما يؤدي إلى صعود الهواء مكوناً السحب. ينعدم الإشعاع الشمسى قبيل الشروق وبعد الغروب بينما يبلغ نهايته العظمى عند الظهر.

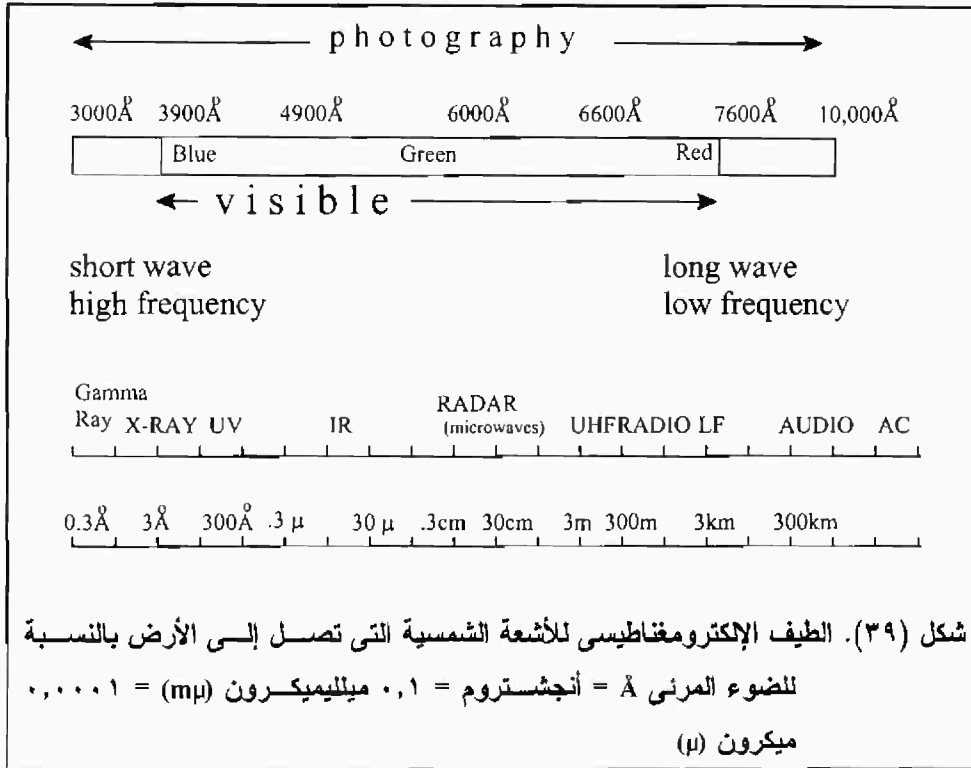
مكونات أشعة الشمس:

يتكون الإشعاع الشمسى من أشعة مختلفة فى طول الموجة، أقصر هذه الأشعة هى فوق البنفسجية (Ultra-violet) ذات التأثير الكيميائى على الكائنات الحية، وأطولها الأشعة تحت الحمراء (Infra-red) وهى ذات تأثير حرارى (شكل ٣٩). وهذان النوعان من الأشعة لا يمكن رؤيتهما، ولكن العديد من الأشعة ذات الأطوال التى تقع بين هذين النوعين يمكن رؤيتها (٣٩٠٠ Å – ٧٦٠٠ Å). عندما تقترب أشعة الشمس من الغلاف الجوى آتية من الفراغ الخارجى فإن أغلب الأشعة فوق البنفسجية (القصيرة) يمتصها غاز الأوزون (O_3) وغاز الأكسجين (O_2) الموجودان فى طبقات الجو العليا، أما أغلب الأشعة تحت الحمراء (الطويلة) فيمتصها بخار الماء الموجود فى الطبقة السفلية القريبة من سطح الأرض. يحدث أيضاً انعكاس لجزء من الأشعة الشمسية بواسطة السحب والغبار الموجود فى الجو، لذا فإن جزءاً بسيطاً من الإشعاع الشمسى هو الذى يصل إلى سطح الأرض.

ثابت الإشعاع الشمسى:

هو أقصى مقدار للإشعاع الشمسى الساقط عمودياً على السنتيمتر المربع الواحد من السطح الخارجى للغلاف الجوى، ويبلغ هذا المقدار حوالى ٢ سعر / الدقيقة. ويلاحظ أن ثابت الإشعاع الشمسى يختلف على حسب حالة الشمس

نفسها. أما كمية الإشعاع الشمسى التى تصل إلى وحدة المساحة من سطح الأرض فتتوقف على ما يأتى (باعتبار القياس على السطح الأفقى): ١ - ثابت الإشعاع الشمسى، ٢ - شافية الجو، ٣ - خط العرض، ٤ - الوقت من اليوم والسنة، و ٥ - مسار الأشعة ومقدار ميلها.



الحرارة (Temperature)

المدى الحرارى على سطح الكرة الأرضية :

تختلف درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية اختلافاً كبيراً من مكان لآخر، وقد سجلت أقل الدرجات وقدرها -١٢٩ ف (-٥٥°م) فى منطقة أنتاركتكا بالقطب الجنوبي (Antarctica)، أما أعلى الدرجات فقد سجلت فى

الصحراء الليبية وقدرها ١٣٦ ف (٥٨°م) فى الظل. وهاتان الدرجتان تمثلان طرفى الخيط للمدى الحرارى على سطح الكرة الأرضية. ولكن فى أى منطقة على سطح الأرض يكون المدى الحرارى أقل من ذلك بكثير. والجدير بالذكر أن درجة الحرارة قد تنخفض أو ترتفع بمقدار يزيد على عشرة درجات فى مدة قصيرة لا تزيد عن ساعة. وتختلف درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية باختلاف خط العرض. وبصفة عامة فإن درجات الحرارة تقل كلما بعدنا عن خط الاستواء، كما تقل أيضاً كلما ارتفعنا عن سطح البحر، هذا مع العلم بأن مناطق القطب الجنوبي تتصف بمتوسطات منخفضة فى معدلات درجات الحرارة إذا ما قورنت بمناطق القطب الشمالى.

درجات الحرارة الواجب تسجيلها فى الدراسات البيئية :

مما يجدر ذكره أنه عند استخدام الترمومترات فى قياس درجات الحرارة يجب تجنب سقوط أشعة الشمس المباشرة عليها بقدر الإمكان، كما أنه من الواجب تعريض الترمومتر للرياح والهواء الطلق تعريضاً تاماً. ولما كانت درجة الحرارة من العوامل التى قد تتغير بسرعة من وقت لآخر فإن القراءات المنفردة تعتبر قليلة المغزى، ولذلك يفضل استعمال ترمومترات مسجلة تسمى مسجلات حرارية (Thermographs) ومنها أجهزة تسجل درجات الحرارة تسجيلاً مستمراً.

أما فيما يتعلق بما ينبغى تسجيله من درجات الحرارة فإن المتوسطات السنوية لدرجات الحرارة تعتبر قليلة الأهمية فى دراسة الكساء الخضرى، وذلك لأنها لا تأخذ فى الاعتبار التغيرات التى تحدث أثناء الفصول المختلفة. وتعتبر المتوسطات الشهرية أعمق مغزى فى التعبير عن عامل الحرارة. ولكن المتوسطات الشهرية للحدين الأقصى والأدنى تعتبر من أهم ما يسجل فى

محطات الأرصاد المناخية لما لها من علاقة وثيقة بنشاط الكائنات الحية. ومن المعلوم أن درجة حرارة الهواء قرب سطح الأرض تتأثر بمعامل الإشعاع والتوصيل، ولذا فإنها لا تصل إلى حدّها الأقصى وقت الظهيرة كما هو الحال في الإشعاع الشمسي والضوء، بل تتأخر إلى الساعة الثانية أو الثالثة، كذلك لا تصل درجة الحرارة إلى حدّها الأدنى عند حلول المساء ولكن قبيل شمس اليوم التالي.

أما عن حرارة التربة، وهي كما نعلم موصل ردي (أى يسخن ويبرد ببطئ)، فإن درجة حرارة الطبقات السطحية قد تبلغ أقصاها في الساعة الخامسة أو السادسة مساءً، وفي الطبقات البعيدة عن سطح التربة تبلغ درجة الحرارة أقصاها في ساعة متأخرة عن ذلك. وعموماً فإن الطبقات السطحية تتعرض لتقلبات شديدة في درجات الحرارة على مدار اليوم أو السنة وتقل حدة هذه التقلبات كلما تعمقنا في باطن الأرض، أى أن باطن التربة يتمتع بدرجة حرارة أكثر ثباتاً إذا ما قورن بالطبقات السطحية. ولكي يكون هذا الموضوع أكثر فهماً يمكن القول أنه عند شروق الشمس يبدأ سطح التربة بإكتساب الحرارة بمعدل أكبر من معدل فقده لها وبذلك ترتفع درجة حرارة الأرض، وبعد مضي عدة ساعات يصبح معدل كسب التربة للحرارة عن طريق أشعة الشمس الساقطة عليها معادلاً لما تفقده بواسطة الأشعة المرتدة والتوصيل. يستمر هذا التوازن الحرارى لبعض الوقت حتى تميل أشعة الشمس ويصبح الإشعاع ضعيفاً، عندئذ يختل التوازن الحرارى ويصبح مقدار ما يفقد من حرارة الأرض أكبر مما يكتسب، فتبدأ درجة حرارتها في الإنخفاض. وعند غروب الشمس لا يكون هناك مصدراً للكسب الحرارى بينما تستمر الأرض في فقدها للحرارة أثناء الليل وبالتالي تنخفض درجة حرارتها باستمرار. ومما يساعد على زيادة هذا الإنخفاض بخر الماء الموجود بين حبيبات التربة والذي يؤدي هو الآخر لخفض

درجة حرارة التربة، وفي أحيان كثيرة تقل درجة حرارة التربة عن درجة الهواء الملاصق لها. وهكذا فبينما كانت درجة حرارة سطح التربة أعلى من درجة حرارة الهواء أثناء النهار، فإنها تصبح أقل منها أثناء الليل.

أهمية الحرارة في حياة النباتات:

من الحقائق الثابتة أن أكثر درجات الحرارة ملائمة لنمو النباتات هي الدرجات السائدة في المواطن الطبيعية لهذه النباتات. ولذلك فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تنمو جيداً بين درجتى حرارة ١٥ و ٢٠°م، بينما تزدهر نباتات المناطق القطبية والجبال العالية في درجات تعلو قليلاً عن درجة التجمد. ومن ثم لا تتحمل النباتات البقاء إلا إذا بقيت درجة حرارة الوسط المحيط في حدود معينة، فإذا جاوزت الحدود إرتفاعاً أو هبوطاً فإن النباتات تسارع بالنضج أو تهلك تماماً. وعموماً يوجد ثلاث مستويات من درجات الحرارة الرئيسية في حياة النباتات (Cardinal temperatures) وهي:

١. **الدرجة المثلى.** وعندها تكون العمليات الحيوية داخل النبات في أعلى معدلاتها.
٢. **الدرجة الصغرى.** وهي أقل درجة تحتها تسير العمليات الحيوية بمعدل لا يذكر.
٣. **الدرجة العظمى.** وهي أعلى درجة فوقها تسير العمليات الحيوية بمعدل لا يذكر.

١. **الدرجة المثلى (The optimum temperature):**

تختلف هذه الدرجة باختلاف الأنواع النباتية. كما أنه لا توجد درجة واحدة لجميع العمليات الطبيعية والكيميائية التي تجرى داخل النباتات، فالدرجة المثلى لعملية التنفس أعلى من الدرجة المثلى لعملية التمثيل الضوئي. وكمثال على ذلك

تكون الدرجة المثلى لعملية البناء الضوئي وتخزين المواد الغذائية في نبات البطاطس هي ٢٠°م بينما عند هذه الدرجة تكون سرعة التنفس ١٢%، أما عند درجة ٤٨°م فإن درجة التنفس تصل إلى أقصاها بينما تتوقف عملية التمثيل الضوئي تماماً. وبما أن عمليتي النمو والإزهار تعتمدان على ما يمكن بناؤه من المواد الغذائية وليس على ما يهدم، فإن الدرجة المثلى للنباتات هي تلك التي تصل فيها عملية التمثيل الضوئي وتخزين المواد الغذائية أقصاها.

٢. الدرجة العظمى (The maximum temperature):

تختلف درجة الحرارة العظمى التي يستطيع النبات تحملها دون أن يصيبه ضرر باختلاف النوع، ويبدو أن هذه الدرجة صفة مرتبطة بخواص البروتوبلازم وكذلك بالعلاقات المائية للنباتات من حيث المورد المائي المتاح للجذور والتأثير التبريدي لفقد الماء من الأوراق. تؤدي بعض نباتات المناطق الحارة وظائفها الحيوية في درجات حرارة تصل من العلو إلى درجة تموت عندها نباتات المناطق المعتدلة أو الباردة حتى ولو عرضت لها لفترة لا تزيد عن عدة ساعات. ومما يجدر ذكره أنه في النوع الواحد تكون النباتات أقل تحملاً لدرجات الحرارة المتطرفة في بعض أطوار حياتها وأكثر تحملاً في أطوار أخرى. فالنبات غالباً ما يكون أقل مقاومة للحرارة في حالته النشطة عندما تكون أنسجته غضة. كما أن البذور تستطيع تحمل درجات حرارة عالية قد تصل إلى ١٠٠°م عندما تكون جافة، بينما إذا عرضت هذه البذور لدرجات حرارة أقل وهي منقوعة فإنها تفقد حيويتها. تؤدي درجات الحرارة العالية إلى تجفيف النباتات، كما أنها تحدث عدم توازن بين عمليتي التمثيل الضوئي وتخزين المواد الغذائية من جهة وبين التنفس من جهة أخرى، مسببة بذلك نقصاً شديداً في الفائض الغذائي، كما أنها تؤدي السيتوبلازم وتقتله. فعندما يتعرض النبات لدرجة حرارة أعلى من الدرجة القصوى فإنه يدخل في طور خمول يكون

مصحوباً أحياناً بشحوب فى اللون، وقد يعزى هذا الخمول فى حياة النباتات إلى توقف عمل الإنزيمات بفعل ارتفاع درجات الحرارة.

تكيف النباتات مع الحرارة المرتفعة : تكيف النباتات نفسها بوسائل عدة كي تقاوم درجات الحرارة العالية نذكر منها ما يلى:

- ١ — الأوراق تكون ذات نصل رقيق مما يساعد على فقد الكثير من الماء عن طريق عملية النتح، وبالتالي لا ترتفع درجة حرارة النباتات أكثر من خمسة درجات زيادة على درجة الهواء المحيط بالأوراق.
- ٢ — اتخاذ الأوراق وضع لا يسمح لأشعة الشمس بأن تسقط عمودية عليها، وهذا يسبب نقصاً فى درجة حرارة الأوراق بمعدل يصل إلى ٥ درجات مئوية بالمقارنة مع أوراق أخرى تتخذ وضعاً متعامداً على أشعة الشمس.
- ٣ — لون الأوراق الفضى يساعد على انعكاس قدر كبير من أشعة الشمس.
- ٤ — وجود غطاء من الشعيرات، والتي قد تكون ميتة، تحمى ما تحتها من الخلايا الحية من وهج الشمس.
- ٥ — إحتواء السيتوبلازم على كمية كبيرة من المواد الكربوهيدراتية (حتى يتم تعويض ما يحرق منها بسبب إرتفاع درجة الحرارة).
- ٦ — وجود الثغور فى مواضع غائرة ومحمية بشعيرات كثيفة حتى تقلل من كمية فقد الماء.

٣. الدرجة الصغرى (Minimum temperature):

لكل نوع من النباتات بل لكل عضو ولكل عملية حيوية تجرى داخل النباتات درجة حرجة صغرى عندما تنخفض درجة الحرارة أقل منها فإن عملية نمو النباتات والعمليات الحيوية الأخرى مثل التنفس، وأحياناً التمثيل الضوئى تسير ببطئ شديد وقد تتوقف، وقد يؤدي هذا إلى شحوب النبات. وعندما تزداد درجة الحرارة إنخفاضاً فإن السيتوبلازم قد يفقد حيويته تماماً، والسبب فى هذا

يرجع جزئياً إلى تكوين قطرات من الثلج بين المسافات الخلوية على حساب ماء السيتوبلازم مسبباً تغير نظامه وجفافه وترسبه. وفى بعض الأحيان قد يكون انكماش الخلايا قاتل فى حد ذاته.

تختلف قدرة الأنواع النباتية على مقاومة درجات الحرارة المنخفضة من نوع لآخر. فالقطن مثلاً يصيبه الأذى إذا ما تعرض لدرجة حرارة منخفضة حتى ولو لم تصل لدرجة التجمد، بينما لا تصاب بعض النباتات القطبية بأذى على الإطلاق حتى وإن تجمدت تماماً من شدة البرودة. ومما يجدر الإشارة إليه أن بعض البذور وأبواغ النباتات اللازهرية لا يمكن أن يتجمد عصيرها الخلوى حتى لو تعرضت لدرجة حرارة تصل إلى -192°C ، مثل هذه الأنواع النباتية شديدة المقاومة لدرجة الحرارة المنخفضة.

تختلف قدرة النباتات على تحمل درجات الحرارة المنخفضة باختلاف مراحل نموها. فبادرات الأشجار أقل مقاومة من النبات الكامل. أما بالنسبة للحشائش فقد يكون العكس صحيحاً. ومن أهم التحورات التى يكيف به النبات نفسه ليقاوم البرودة وجود طبقة من الشمع وغطاء من الشعيرات، كما أن صغر الخلايا يساعد على تحقيق هذه المقاومة.

التوافق الحرارى (Thermoperiodism):

يعرف التوافق الحرارى على أنه مدى استجابة النباتات للتغيرات اليومية فى درجة الحرارة. ويتمثل مدى هذه الإستجابة فى العمليات الحيوية المختلفة. والحقيقة أن الكثير من النباتات قد كيفت عملياتها الحيوية مع التغيرات اليومية فى درجة الحرارة بحيث لم تعد تستطيع أن تقوم بعملياتها الحيوية اليومية على الوجه الأكمل لو عرضت أثناء سير هذه العمليات لظروف غير التى تعودت عليها (كتثبيت درجة الحرارة اليومية). وعلى سبيل المثال وجد أن إنبات معظم بذور النباتات يتم بمعدل أسرع وكمية أكبر لو تعرضت البذور أثناء إنباتها

لدرجات حرارة متغيرة، كما أن نمو وإثمار نبات الطماطم يكون أفضل عند تعريضه لدرجة حرارة ٢٦,٥°م نهاراً وحوالى ١٨°م ليلاً.

الإرباع (Vernalization):

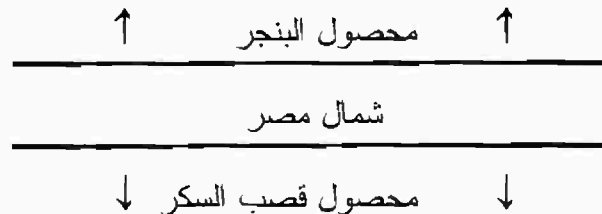
تحتاج بعض نباتات إلى التعرض لدرجة حرارة باردة أثناء أو بعد الإنبات بوقت قصير وذلك حتى تتمكن من أن تكمل دورة حياتها بسرعة. فمثلاً إذا زرعت بذور نبات القمح الشتوى فى الربيع لا يزهر النبات قبل حلول موسم الجفاف والصقيع مما يؤدى إلى فشل المحصول. وقد تمكن العلماء عام ١٨٥٨ من تحويل القمح الشتوى (أى الذى لابد أن يزرع فى فصل الشتاء) إلى قمح ربيعى (أى إلى قمح يمكن أن يزرع فى الربيع) ويعطى محصولاً سريعاً. وقد حدث هذا التحول الفسيولوجى فى حياة النبات باستنبات البذور تحت درجات حرارة تقترب من الصفر، فإذا ما زرعت هذه الحبوب بعد ذلك فى فصل الربيع فإن النباتات الناتجة تستطيع أن تمر بجميع مراحل النمو العادية كما لو كانت البذور قد زرعت فى فصل الشتاء أو الخريف. ومثل هذه المعاملة تسمى الإرباع، وتعرف عموماً على أنها "عملية كسب أو تعجيل النمو بمعاملة باردة".

يعتقد أن حياة النبات الحولى تشتمل على سلسلة من المراحل تتم فى تتابع محكم، فلا يبدأ ظهور طور قبل أن يستكمل الطور السابق له تماماً. وفى القمح الشتوى مثلاً تعتبر درجة الحرارة المنخفضة ضرورية لإتمام مرحلة معينة من مراحل النمو، ويبدو أن الإرباع يسبب الإسراع فى إتمام هذه المراحل مما يؤدى إلى الانتقال المبكر من النمو الخضرى إلى الإزهار والإثمار. ويعتقد أيضاً أن الإرباع مرده إلى أصل هرمونى يتكون فى الجنين ويتوقف تكوينه فى الحبوب الشتوية على درجة الحرارة المنخفضة وقت الإنبات.

درجة الحرارة وأثرها على طبيعة الكساء الخضرى:

عندما ترتفع درجة الحرارة صيفاً فوق الحد الذى يسمح بنمو النباتات فإن الحوليات (Therophytes) تنهى حياتها الخضرية وتعطى بذوراً تحتوى أجنة محمية بأغطية تستطيع أن تعيش داخلها بسلام إلى الفصل المناسب لإنباتها، أما النباتات المعمرة فغالباً ما يكون لها ريزومات وكورمات مطمورة (مثل النباتات المختفية : Cryptophytes) وتبقى فى حالة سكون بعد موت الأجزاء الهوائية حيث يجدد النبات نشاطه عند حلول الموسم المناسب. وغالباً ما يكون الاعتدال فى الحرارة مصحوباً بزيادة فى رطوبة الأرض.

ومما يجدر ذكره أن درجة الحرارة تؤثر فى تحديد الأنواع النباتية التى تستوطن منطقة ما من المناطق (فلورة المنطقة : Flora) أكثر من تأثيرها فى تحديد أنواع التكوينات النباتية (Plant formations) التى يتكون منها الكساء النباتى. فمثلاً قد توجد تكوينات الحشائش أو الغابات أو الصحارى فى أكثر من منطقة حرارية ولكن الأنواع النباتية التى تدخل فى تركيب كل تكوين من هذه التكوينات تختلف من منطقة إلى أخرى حسب درجة الحرارة. كذلك تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة فى توزيع نباتات المحاصيل، فحدود إنتاج القطن أو قصب السكر أو البنجر مثلاً على نطاق تجارى مرتبط بدرجة الحرارة، وهذا ينطبق أيضاً على القمح مما يجعل توزيع هذه المحاصيل مقصوراً على المناطق التى لا تختلف درجة حرارتها إبان موسم نمو ذلك المحصول عن هذا الحد.



الماء (Water)

للماء أهمية كبرى فى فسيولوجيا النبات فهو :

١. يذيب المعادن الموجودة فى التربة مكوناً بذلك مايسمى بمحلول التربة (Soil solution)، الذى يدخل إلى أنسجة النباتات ناقلاً إليها العناصر الغذائية اللازمة لبقائها ونموها.
٢. يعمل على تسهيل عمليتي الإذابة والتأين للأملاح الموجودة داخل النبات، مسهلاً بذلك حدوث التفاعلات الكيميائية المعقدة التى تجرى داخل الأنسجة والخلايا.
٣. من المواد الأساسية لحدوث عملية التمثيل للضوئى (Photosynthesis).
٤. يعمل أيضاً على بقاء خلايا النبات فى حالة إمتلاء (Turgidity)، وهى الحالة التى بدونها لا تستطيع الخلايا القيام بوظائفها الحيوية.
٥. ضرورى لبقاء البروتوبلازم حياً، إذ القليل جداً من الأنسجة يستطيع البقاء حياً إذا ما انخفضت نسبة الماء فيه عن ١٠%.
٦. وجوده فى أنسجة النباتات يعمل كمكيف لدرجة الحرارة ومنظم لها داخل الأنسجة، إذ للماء المقدرة على امتصاص قدر كبير من الحرارة دون إرتفاع كبير فى درجة حرارته، ومن ثم فإن حرارة الوسط داخل الأنسجة المشبعة بالماء تبقى دون أن تتغير كثيراً إذا ما ارتفعت درجة حرارة الوسط التى تعيش فيه، ومن ثم تبقى العمليات البيولوجية داخل الأنسجة مستمرة دون أن تتأثر كثيراً لإرتفاع درجة حرارة الجو.

والماء داخل التربة متصل مع الماء داخل الأنسجة النباتية والجهاز بأكمله فى حركة مستمرة إلى أعلى نتيجة لفقد الماء من النبات فى عملية النتح. ومما

يجدر ذكره أن الماء الذى يدخل النبات يفقد معظمه خلال عملية النتج. أما ما يدخل فعلاً فى العمليات الكيميائية داخل الأنسجة فلا يزيد غالباً عن ٥% من كمية الماء الممتص.

ومن الناحية البيئية فإننا نهتم فقط بدخول الماء وخروجه من النباتات إذ أن هذه العمليات ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالعوامل البيئية المحيطة. وسنتكلم فيما يلى عن بعض الصور التى يوجد عليها الماء.

الرطوبة غير المرئية (Invisible humidity):

هى كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء والتى يعبر عنها بالرطوبة النسبية (Relative humidity)، وهى اصطلاح لا يعبر عن كمية بخار الماء الموجود فى الجو كوزن معلوم، ولكنه يعبر عنها كنسبة مئوية لكمية بخار الماء اللازم لتشبع الجو تحت نفس الظروف المناخية السائدة.

$$\text{الرطوبة النسبية (\%)} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{كمية بخار الماء الموجودة فى ١ م}^3 \text{ من الهواء} \\ \text{تحت الظروف المناخية السائدة} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{c} \text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع ١ م}^3 \\ \text{من الهواء تحت نفس الظروف المناخية} \end{array} \right)} \times 100$$

والجدير بالذكر أن الهواء الساخن يحمل كمية أكبر من بخار الماء إذا ما قورن بالهواء البارد. وقد دلت القياسات أن مقدرة الهواء على حمل بخار الماء يتضاعف كلما ارتفعت درجة حرارته بمقدار ٢٠ درجة فهرنهايتية، ومن ثم فإن حجماً من الهواء الساخن الرطب إذ برد فإن الرطوبة النسبية ترتفع حتى تصل إلى درجة التشبع (الرطوبة النسبية = ١٠٠%) بالرغم من أن الوزن الحقيقى لبخار الماء فى هذا الحجم من الهواء لم يتغير. وإذا ما استمر تبريد الهواء أكثر

من هذا فإننا نصل إلى ما يسمى **بنقطة الندى** وعندها يتكثف بخار الماء الذي لا يستطيع الهواء حمله إلى قطرات ندى. وهكذا فإن متر مكعب من هواء مشبع بالماء (١٠٠% رطوبة نسبية) عند درجة حرارة ٨٠°ف، يفقد نصف ما يحمله من بخار الماء على هيئة ندى إذا انخفضت درجة حرارته من ٨٠ إلى ٦٠°ف، ولكن بالرغم من هذا الفقد في كمية الماء المطلقة الموجودة في المتر المكعب من الهواء، فإن الرطوبة النسبية عند درجة ٦٠°ف ما زالت ١٠٠%. وبالاختلاف درجة الحرارة على مدار اليوم والليلة فإن الرطوبة النسبية تختلف أيضاً.

العجز في درجة التشبع (The saturation deficit):

هو اصطلاح آخر يعبر عن رطوبة الجو ويعتمد على أن الرطوبة النسبية يمكن أن يعبر عنها بما يقابلها من ضغط في بخار الماء. والعجز في درجة التشبع يساوى الفرق بين ضغط بخار الماء السائد وبين ضغط بخار الماء عند التشبع (أى عندما تكون الرطوبة النسبية = ١٠٠%) تحت نفس الظروف المناخية. فمثلاً عند درجة ١٥°م يكون ضغط بخار الماء عند التشبع مساوياً ١٢,٧٣ مم زئبق. فإذا ما كانت الرطوبة النسبية عند هذه الدرجة = ٧٥% فإنها تعادل بخار ماء ذا ضغط = $12,73 \times 75 / 100 = 9,55$ مم زئبق، وبالتالي فعند هذه الدرجة من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة يكون العجز في درجة التشبع مساوياً $12,73 - 9,55 = 3,18$ مم زئبق.

العجز في درجة التشبع (مم زئبق)	=	ضغط بخار الماء عند تشبع الهواء تحت الظروف المناخية السائدة	-	ضغط بخار الماء الفعلى تحت نفس الظروف المناخية
-----------------------------------	---	---	---	--

والجدير بالذكر أن نقص التشبع يزداد بارتفاع درجة الحرارة بالرغم من أن الرطوبة النسبية في الجو قد تكون ثابتة، فمثلاً عند درجة ٢٥°م يكون ضغط

بخار الماء عند التشبع يساوى ٤٢,٠ مم زئبق، ومن ثم فإن ضغط بخار الماء عند نفس درجة الحرارة ورطوبة نسبية قدرها ٧٥% يساوى $٧٥ \times ٤٢ / ١٠٠ = ٣١,٥$ مم زئبق، ويكون العجز فى درجة التشبع هو $٤٢ - ٣١,٥ = ١٠,٥$ مم زئبق. ومن الناحية البيئية فإن قياس العجز فى درجة التشبع يحمل مغزى أكبر مما تحمله الرطوبة النسبية، إذ أن هناك علاقة طردية مباشرة بين عجز التشبع وقوة التبخير الجوية التى تعمل على سحب ماء النبات.

عند مقارنة نقص التشبع فى مختلف المناطق على سطح الكرة الأرضية، فإننا نجد أن المناطق القطبية والجبلية تتميز بأقل درجات النقص، بينما تتميز الصحارى بأقصى الدرجات. وقد دلت الدراسات البيئية أن طبيعة توزيع المجتمعات النباتية تتوقف إلى حد كبير على مقدار نقص تشبع الهواء ببخار الماء وذلك عند ثبات العوامل المناخية الأخرى.

العوامل التى تؤثر على الرطوبة الجوية: تتأثر الرطوبة الجوية بالإضافة إلى عامل الحرارة، بعدة عوامل بيئية أخرى مثل سرعة الرياح، طبيعة الكساء الخضرى، والمحتوى المائى للتربة. فالرياح الجافة تقلل الرطوبة لطرد الهواء الرطب المحيط بالنباتات واستبداله بالهواء الجاف، وفى ذلك تنشيط للنتح. ولما كانت شدة الرياح تزداد بالارتفاع فإن الأشجار العالية تعاني كثيراً من الجفاف بينما لا تتعرض النباتات المنخفضة والزاحفة لمثل هذا الجفاف، كما يقل معدل نمو النباتات على سفوح الجبال المواجهة للرياح الشديدة، مقارنة بالسفوح البعيدة عن تأثير الرياح الجافة. أما الرياح الرطبة فإنها تجعل الجو رطباً، وإذا هبت على منطقة بصفة مستمرة فإنها تخلق جواً يسمح بنمو النبات الوسطية (Mesophytes) فى بيئة لولا وجود هذه الرياح ما نما فيها سوى النباتات الجافة (Xerophytes). يؤثر التعرض لأشعة الشمس أيضاً على الرطوبة الجوية فالسفوح الجنوبية بنصف الكرة الشمالى التى تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت

ممکن تأخذ نصيباً وافراً من الحرارة ولذلك تكون رطوبتها الجوية أقل من رطوبة السفوح الشمالية، وغالباً ما تتعرض السفوح الجنوبية لرياح جافة أيضاً، وبهذا يعمل التعرض لأشعة الشمس والرياح الجافة على انخفاض رطوبتها مما يجعلها أقل ملائمة لنمو النباتات الوسطية والتي قد توجد بوفرة على السفوح الشمالية الأكثر رطوبة.

البخر (Evaporation):

تمثل قوة التبخر الجوية كما سبق أن ذكرنا مقدرة الهواء الجوى على التجفيف سواء كان تجفيف للتربة أو للنباتات. يتناسب التبخر في الهواء الساكن مع العجز في درجة التشبع أى نقص ضغط بخار الماء في الجو. يرتبط النتح في كثير من الأحيان ارتباطاً وثيقاً بالتبخر، وقياس العاملين معاً (البخر - نتح: Evapotranspiration) ومعرفة النسبة بين كمية المطر والنتح - بخر تلقى ضوءاً كبيراً على اقتصاديات المياه في المجتمعات النباتية.

المطر (Rainfall):

لعل المطر هو أهم العوامل المناخية ذات الأثر في حياة النباتات وفي توزيع التكوينات النباتية وطبيعة تركيبها وخاصة في المناطق الصحراوية حيث يكون المطر عاملاً محدداً. والاختلاف في كمية ما تحصل عليه منطقة ما من أمطار عن منطقة مجاورة لها لا ينعكس فقط على اختلاف الأنواع النباتية التي تسود هاتين المنطقتين، ولكن أيضاً على مقدار التغطية النباتية لأراضى هاتين المنطقتين. ويبدو هذا التباين واضحاً في وفرة وطبيعة الكساء الخضرى نتيجة لاختلاف كمية المطر على الساحل الشمالى للبحر المتوسط بمصر، حيث توجد أحزمة متتالية من الكساء الخضرى تختلف فيما تحتويه من أنواع نباتية وكذا في

مقدار تغطيتها للتربة حسب بعدها جنوباً عن ساحل البحر وبالتالي حسب ما يصل إليها من ماء المطر. يبدو تأثير المطر واضحاً أيضاً فى بعض المناطق الجبلية التى تعترض فيها الجبال طريق الرياح المحملة بالرطوبة (مثل منطقة جبال علبه جنوب - شرق مصر)، فالجانب المواجه للرياح يتساقط عليه المطر بغزارة أما الجانب المعاكس فيقل مطره كثيراً. ولذلك قد تنمو الغابات الكثيفة فى مواجهة الرياح بينما لا توجد سوى تكوينات صحراوية أو أنواع من حشائش المراعى على الجانب الآخر.

توزيع المطر على فصول السنة المختلفة يعطى الكساء الخضرى مظهراً موسمياً. فإذا كانت كمية المطر موزعة بالتساوى على فصول السنة المختلفة وذات تأثير وفاعلية متساوية، كما هو الحال فى المناطق الإستوائية فإننا لا نجد فرقاً فى مظهر الكساء الخضرى على مدار السنة. أما إذا كانت كمية المطر تختلف من فصل لآخر كما هو الحال فى صحارينا، حيث المطر شتاءً والجفاف صيفاً، فإننا نجد فصل الربيع هو الفصل الذى يتميز بكساء خضرى نشط ومزدهر، أما فى فصل الصيف تصبح الأرض جرداء إلا من بعض النباتات الجافة المعمرة، وبعض هذه الأنواع المعمرة قد تدخل فى طور كمون تفقد خلاله معظم أو كل أجزاءها الهوائية وتقضى فترة الصيف على هيئة درنات أو كورمات أو ريزومات أرضية مختفية فى الأرض (النباتات المختفية Cryptophytes).

فاعلية المطر (Effectivity of precipitation). تستمد الأراضي معظم رطوبتها من المطر، ولكن الأنواع المختلفة من الأمطار ليست ذات تأثيرات متساوية فى رفع المستوى الرطوبى للتربة. فإذا كان المطر مستمراً وببطء فإن التربة يكون أمامها الفرصة لأن تمتص أكبر قدر ممكن منه وتكون نسبة ما يفقد عن طريق الجريان السطحى أقل ما يمكن، وبالطبع كلما زادت كمية المطر

زادت فرصة تغلغله في باطن التربة بعيداً عن السطح المعرض للجفاف السريع. يعنى هذا في مجمله أن المطر المستمر ببطء على منطقة ما له فاعلية في مد النباتات بقدر كبير وفعال من الرطوبة الأرضية. وعموماً تتوقف فاعلية كمية ما من المطر على عدة عوامل أهمها:—

١ — التوزيع على مدار السنة. فإذا فرضنا أن منطقة ما تحصل سنوياً على كمية من المطر تساوى ١٥٠مم فإننا نجد كمية الغطاء النباتى وصور حياته والأنواع الداخلة في تركيبه تختلف باختلاف توزيع هذه الكمية على مدار السنة.

٢ — نوع التربة. فالتربة الرملية يتسرب المطر خلالها ليصل إلى أعماق قد تكون في الغالب بعيدة عن جذور النباتات فلا تستفيد منها. أما التربة الطينية شديدة التماسك فلا ينفذ الماء خلال مسامها بل يجرى على سطحها لينزل إلى نهر أو بحر أو منخفض، وبالتالي لا توجد فرصة لماء المطر كى يتعمق إلى مناطق الجذور. وتعتبر التربة متوسطة القوام أكثر قدرة على الاستفادة من المطر من أى نوع آخر من الترب.

٣ — درجة إنحدار التربة. تتحدر كمية المطر التى تسقط على سفوح الجبال لتتجمع في الوديان والمنخفضات مما يجعلها تستقبل أضعاف ما تسجله محطات الأرصاد من بيانات عن معدل سقوط الأمطار، وبالتالي تكون فاعلية الأمطار كبيرة في الوديان والمنخفضات وضعيفة على المنحدرات.

٤ — الكساء الخضرى. يؤثر الكساء الخضرى أيضاً على فاعلية المطر، فالأشجار والحزازيات قد تمتص كميات المطر التى تنزل على منطقة ما ولا تسمح لها بالتسرب إلى باطن التربة فلا تستفيد منها النباتات ذات الجذور العميقة. من جهة أخرى تعمل الأشجار ذات الأغصان والأوراق الكثيرة على احتجاز كميات كبيرة من ماء المطر فلا تصل إلى الأرض لتستفيد

منها النباتات العشبية والحوليات. كما أن بعض النباتات مثل الذرة له أوراق طويلة ومثلثة الشكل تعمل كقنوات تجميع للماء من مساحة كبيرة لتلقى بها في منطقة محدودة حول سيقان النبات. تؤثر الصفات الشكلية والتشريحية للنباتات أيضاً على فاعلية المطر فإذا كانت النباتات لها القدرة على الإقلال من النتج كان ذلك كفيلاً بالمحافظة على الرطوبة الأرضية وبالتالي زيادة فاعلية المطر.

٥ — العوامل المناخية. تؤثر العوامل المناخية مثل الرياح ودرجة هبوبها، درجة الحرارة، كمية بخار الماء في الجو، ومقدار العجز في درجة التشبع تأثيراً عظيماً على فاعلية المطر.

تقدير فاعلية المطر. قام الباحثون بمحاولة قياس فاعلية المطر، وأفضل طريقة هي قياس مدى تعمق ماء المطر في التربة ومدى بقائه في حالة تسمح بأن تستفيد منه البذور في إنباتها، والنباتات في نموها (الطريقة المباشرة). تختلف فاعلية المطر من نبات لآخر تبعاً للنوع طالما كانت الظروف المناخية الأخرى واحدة. ومع أن الطريقة المباشرة هي الطريقة المثلى، إلا أن الباحثين حاولوا إيجاد علاقة حسابية تحدد فاعلية المطر وذلك بربط كمية ما يسقط منه في مكان ما بالعوامل الجوية الأخرى السائدة مثل البخر، درجة الحرارة، والعجز في درجة التشبع . ومن هذه العلاقات ما يلي:

$$١ — \text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر (مم)}}{\text{كمية البخر (مم)}} \quad \text{وقد استخدم ترانسو هذه المعامل عام ١٩٠٥}$$

$$٢ — \text{فاعلية المطر} = \frac{\text{كمية المطر (مم)}}{\text{درجة الحرارة (م°)}} \quad \text{ويسمى معامل لانج للمطر (The Lange rain factor)}$$

٣ _ فاعلية المطر = $\frac{\text{كمية المطر (مم)}}{\text{العجز في درجة التشبع (مم زئبق)}}$ ويسمى معامل ماير (Mayer quotient).

الدليل المطري الحرارى لـ "إمبرجية". قام العالم الفرنسى إمبرجيه (Emberger) بمحاولة ربط كمية المطر بمتوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة، ووضع هذه العلاقة التى سماها الدليل المطري الحرارى (Pluviothermic index):

$$Q^2 = \frac{P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)} \times 1000 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

M هى متوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة. و m هى متوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة. وكلما صغرت قيمة Q كلما كانت الجفافية شديدة. وإذا طبقنا هذه المعادلة على بلادنا نجد أن قيمة Q للإسكندرية (P = ١٩٢,٢ مم ، M = ٣٠,٤ م° ، m = ٩,٣ م°) هى ٢١,٤ وللقاهرة (P = ٢٣,٨ مم ، M = ٣٥,٤ م° ، m = ٩,٦ م°) هى ٦,٤. ومن ثم يبدو واضحاً أن المناطق الصحراوية المجاورة للقاهرة شديدة الجفاف إذا ما قورنت بالمناطق الساحلية المجاورة للإسكندرية وهذا يفسر الاختلاف الكبير فى طبيعة نمو الكساء الخضرى فى كلا المنطقتين.

الضوء (Light)

تستمد النباتات الخضراء الطاقة اللازمة لإنتاج الغذاء على الأرض بطريقة مباشرة وغير مباشرة من ضوء الشمس وذلك عن طريق عملية البناء الضوئى (Photosynthesis)، أما البكتريا ذاتية التغذية فتحصل على الطاقة اللازمة لبناء ما تحتاج إليه من مواد غذائية بطريقة البناء الكيميائى (Chemosynthesis) حيث

تقوم بصنع المواد الكربوهيدراتية من غاز ثانى أكسيد الكربون باستخدام الطاقة التى تنطلق من العمليات الكيميائية التى تقوم بها مثل عملية الأكسدة.

تمثل مادة اليخضور (Chlorophyll) حلقة الإتصال الأساسية بين جميع الكائنات الحية وبين الطاقة الشمسية من خلال مقدرتها على إمتصاص الطاقة من ضوء الشمس وتثبيتها فى صورة طاقة كيميائية مخزنة فى المواد السكرية الأولية. للضوء تأثيرات هامة أخرى على النباتات خاصة ما يتعلق بتميز الأنسجة والأعضاء وطريقة تركيبها. والحقيقة أن الماء قد يكون هو العامل الوحيد الذى ينافس الضوء فى مدى تأثيره على التركيبات الشكلية والنشيرية للنباتات.

تستعمل النباتات ذات النمو النشط حوالى ١% من كمية الضوء فى عمليات البناء الضوئى. وفى حالة عدم تمكن النباتات من القيام بعملية التمثيل الضوئى نتيجة لغياب الضوء فإن وزنها يبدأ فى التناقص، إذ أن عملية التنفس، وهى عملية لا تتوقف أبداً، تستنزف المواد الغذائية المخزنة فى أنسجة النبات، وبالتالي إذا لم يكن هناك تعويض فلا بد وأن يتناقص وزن النبات. ولكى يحافظ النبات على بقائه لابد من أن يقوم ببناء قدر من المواد الغذائية تسمح له على الأقل بألا يتناقص وزنه، ويأتى ذلك بمد النبات بالضوء الكافى. والدرجة التى تكون عندها كمية الضوء كافية فقط لأن تعيد القدر من ثانى أكسيد الكربون المتصاعد فى عملية التنفس إلى النبات خلال عملية التمثيل الضوئى تسمى بدرجة أو نقطة التعويض (Compensation point). وتختلف كمية الضوء اللازمة لتحقيق ذلك من نبات إلى آخر. وفى بعض الأحيان عندما يكون الجو ملبدًا بالغيوم تكون كمية الضوء التى تصل إلى النباتات أقل من أن تحقق هذا التوازن فيتناقص وزن النباتات. وإذا استمر عدم التوازن هذا فإنه يتسبب فى حدوث خلل عام فى النظام البيئى. ومما سبق يتضح أن النباتات لكى تنمو طبيعياً

لا بد وأن يزيد فيها معدل البناء الضوئي عن معدل التنفس، وبمعنى آخر لا بد وأن تزيد كمية الضوء الواصلة إلى النباتات عما يسمى بنقطة التعويض. وعلى سبيل المثال كمية الضوء عند درجة التعويض لنبات الصنوبر هي ١٨٣٠ شمعة، ولكي ينمو النبات بصورة طبيعية لا بد وأن تصل كمية الضوء إلى ضعف هذه الكمية تقريباً.

نباتات الشمس (Heliophytes) ونباتات الظل (Sciophytes):

تسمى النباتات التي تنمو نمواً حسناً عند تعرضها لضوء الشمس الكامل نباتات الشمس (Heliophytes)، أما النباتات التي تنمو أفضل عند درجات أقل من ضوء الشمس فتسمى نباتات الظل (Sciophytes). وقد تستطيع بعض الأنواع النباتية المحبة للضوء أن تنمو بدرجة حسنة أيضاً تحت ظروف ظليلة مثل هذه النباتات تسمى النباتات متحملة الظل (Facultative sciophytes). أما النباتات التي لا تستطيع النمو بصورة طبيعية إلا تحت ظروف الإضاءة الكاملة تسمى نباتات الشمس الحقيقية (Objective heliophytes). وبالمثل توجد نباتات متحملة الشمس (facultative heliophytes) ونباتات الظل الحقيقية (Objective sciophytes). ولكننا يجب ألا نرجع مثل هذه الاختلافات بين النباتات إلى عامل الضوء فقط، فقد يرجع ذلك إلى تأثير الضوء غير المباشر على درجة الحرارة أو الرطوبة أو النقص في النيتروجين أو ثنائي أكسيد الكربون أو غير ذلك من العوامل الأخرى.

إنتاج اليخضور (Production of chlorophyll):

يعتبر إنتاج اليخضور أول رد فعل تستجيب به النباتات لعامل الضوء ويستثنى من ذلك البكتيريا والفطريات وهي التي لم تنشأ فيها القدرة على تكوين اليخضور أصلاً أو فقدت منها هذه القدرة بتأثير عامل التطفل أو الترمم. ومن

ناحية أخرى توجد أنواع من السوطيات وحيدة الخلية تنتج اليخضور دون أن تتعرض للضوء، ولكنه يخضور لا يستطيع أن يؤدي عمله في وظيفة تمثيل المواد الكربوهيدراتية إلا إذا تعرض للضوء. وبإستثناء هذه السوطيات وحدها لا تنتج النباتات الراقية اليخضور إلا في وجود الضوء، ويختفى اليخضور إذا طال وضع هذه النباتات في الظل.

الشحوب اليخضوري (Etiolation):

يتكون اليخضور كما سبق أن ذكرنا عندما يوجد الضوء ويقل أو ينععدم عندما يقل أو ينععدم الضوء، ولكن ما هو جدير بالذكر في هذا المجال أن نباتات الظل غالباً ما يصابها الضرر تحت ظروف ضوء الشمس الساطع، إذ أنها لا تستطيع بناء صبغات اليخضور بمعدل يعادل تحللها. تتمثل هذه الحالة بوضوح في نبات الرصن (*Selaginella* sp.)، حيث نجد أن اللون الأخضر للأوراق يصير شاحباً أثناء الظهيرة بسبب تحلل اليخضور بمعدل أكبر من معدل تكوينه، ولذلك فقد يعزى ولو جزئياً فشل نباتات الظل من أن تنمو في المناطق المشمسة لعدم التوازن بين إنتاج وتحلل اليخضور، وتكون النتيجة إصابة النباتات بالشحوب اليخضوري، ومن ثم عجزها عن القيام بعملية التمثيل الضوئي بالمعدل المطلوب، مما يؤدي إلى اختلال التوازن بين التنفس والتمثيل فيتوقف نمو النبات أولاً، ثم يبدأ في التناقص في الوزن وفي النهاية يفنى تماماً. وفي نبات القمح وجد أن النباتات عندما تنمو تحت ظروف ضوء شديد يصبح لونها شاحباً، وقد عزى هذا إلى أن العصارة الخلوية تحت هذه الظروف تصبح حامضية التفاعل (نقص الرقم الأيروجيني pH) مما يؤدي إلى تعثر عملية نقل أيونات الحديد، وبالتالي تتأثر صناعة اليخضور داخل الأنسجة ويصاب النبات بالشحوب اليخضوري.

تنظيم عملية فتح الثغور :

معظم النباتات يلزمها الضوء لفتح الثغور، إلا أن هناك أنواع نباتية يمكنها فتح ثغورها أثناء الليل متأثرة بعوامل أخرى غير الضوء. يعتمد تأثر فتح أو قفل الثغور بالضوء على مدى امتلاء الخلايا الحارسة، الأمر الذى يتوقف على عملية التمثيل الضوئى، وهى العملية التى لا بد أن تتم فى وجود الضوء.

تكوين الأكسينات :

النباتات التى تنمو بعيدة عن الضوء تكون كميات كبيرة من الأكسينات وبالتالي نجدها تستطيل بسرعة، غير أن الأنسجة المتكونة عندئذ تكون ضعيفة كما هو الحال فى النباتات التى تنمو بين الأشجار الكثيفة، أما النباتات التى تنمو تحت ظروف شديدة الإضاءة فتكون أقل حجماً وأصلب عوداً.

تكوين الأنثوسيانين :

لوحظ فى كثير من النباتات وجود علاقة موجبة بين شدة الضوء وتكوين صبغ الأنثوسيانين الأحمر اللون. تعمل هذه الصبغة، التى تكون مركزة فى طبقات القشرة الخارجية، على إنعكاس الضوء فلا تسمح لجزء منه بالدخول إلى الأنسجة الداخلية. تعكس هذه الأصباغ بصفة خاصة الأشعة تحت الحمراء ذات التأثير الحرارى المرتفع مما يؤدى إلى تلطيف درجة حرارة الأنسجة الداخلية. وقد وجد أن درجة حرارة الأنسجة التى توجد تحت البقعة الحمراء تقل عدة درجات إذا ما قورنت بدرجة حرارة الأنسجة المجاورة التى توجد تحت البقع الخضراء.

أثر الضوء على الصفات الشكلية والتشريحية للنباتات :

تؤدى زيادة شدة الضوء إلى :-

- ١ - تكوين غطاء سميك على البشرة سواء من مادة الكيوتين أو الشمع أو الشعيرات الكثيفة، وقد توجد أيضاً أكثر من طبقة من الكيوتين تحت البشرة، كما هو الحال فى الكثير من النباتات الصحراوية.

٢ — كثرة الأفرع وصغر حجم الأوراق والخلايا المكونة لها. ولما كانت شدة الضوء تسبب نمو أوراق الشاي والتبako لأحجام صغيرة وخشنة الملمس فإن نمو هذه النباتات تحت ظروف ظليلة يكون له أهمية إقتصادية مرجوة.

٣ — نمو النسيج العمادى بدرجة كبيرة وربما على جانبى الورقة، ويكون ذلك مصحوباً بضعف فى النسيج الإسفنجى.

٤ — نسبة المساحة الكلية للأوراق إلى مساحة الأنسجة الدعامية والتوصيلية قليلة.

٥ — عدد وحجم العقد البكتيرية يفوق نظيره فى النباتات المحبة للظل.

التوافق الضوئى (Photoperiodism) :

لفترة الضوء التى يتعرض لها النبات أثناء اليوم الكامل أهمية كبرى فى حياة كثير من النباتات. ويعرف التوافق الضوئى على أنه مدى استجابة النباتات للتغير اليومى فى فترة الإضاءة. تسمى النباتات التى لا تنمو نمواً طبيعياً إلا تحت ظروف تزيد فيها فترة الضوء عن حد معين (١٤ ساعة مثلاً) نباتات النهار الطويل (Long-day plants)، مثل السبانخ والبنجر والفجل والبطاطس ومعظم نباتات المناطق المعتدلة التى تزهر فى أواخر الربيع وبداية الصيف. أما النباتات التى لا تستطيع أن تنمو طبيعياً إلا تحت ظروف تكون فيها فترة الإضاءة أقل من حد معين (١٠ ساعات مثلاً) فتسمى نباتات النهار القصير (Short - day plants)، مثل بعض أنواع التبغ وقصب السكر وفول الصويا والبنفسج ومعظم نبات المناطق المعتدلة التى تزهر فى أوائل الربيع أو أواخر الصيف. . بالإضافة إلى ذلك فإن هناك نباتات لا تتأثر بفترة الإضاءة اليومية وتعرف بالنباتات المتعادلة أو نباتات النهار المحايد (Day-neutral plants) مثل القطن والطماطم وعباد الشمس.

عندما تنمو نباتات النهار القصير تحت ظروف تزيد فيها فترة الضوء عن الحد الملائم لها فإنها تعطى نمو خضرى ضخم مع تأخر أو توقف إنتاج الأزهار، وتسمى هذه الحالة التعلق (Giantism). وفى إحدى التجارب على فول الصويا، وهو أحد نباتات النهار القصير، أعطى أزهاراً بعد ١١٠ يوماً إذا ما زرع ونمى تحت فترة إضاءة قدرها ١٢ ساعة يومياً، بينما أعطى أزهاراً بعد ٢٧ يوماً فقط من زراعتة حينما كانت فترة الإضاءة اليومية خمس ساعات فقط. وفى تجربة أخرى على فول الصويا أيضاً قام أحد الباحثين بزراعته على فترات متفاوتة ابتداءً من فصل الربيع حتى بداية فصل الصيف فوجد أن الأزهار كلها بدأت فى الظهور فى وقت واحد تقريباً فى نهاية فصل الصيف بغض النظر عن موعد الزراعة. وكان الإستنتاج أن تكون الزهور والثمار يعتمد على تعريض النباتات لنهار قصير وهو الذى يتحقق فى نهاية فصل الصيف ومن ثم بدأت النباتات فى التزهير والإثمار. تستخدم ظاهرة التوافق الضوئى اقتصادياً لإنتاج الأزهار والثمار فى غير موسمها الطبيعى حتى تكون ذات قيمة إقتصادية مرتفعة.

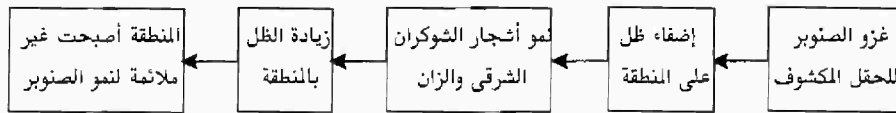
تتكون المجتمعات النباتية من خليط من الأنواع النباتية بعضها تابع لنباتات النهار الطويل وبعضها تابع لنباتات النهار القصير والبعض الآخر نباتات متعادلة. ومن ثم فإننا نجد أن المجتمع النباتى فى منطقة ما (مثل منطقة الساحل الشمالى الغربى لمصر) يظهر بعدة مظاهر مختلفة على مدار السنة (حيث تتعاقب الفصول التى تختلف فى نسبة طول الليل والنهار).

العلاقات الضوئية فى المجتمعات النباتية :

يوجد الكساء الخضرى فى المناطق الرطبة من العالم على هيئة طبقات تملأ أحداها الأخرى فتغطى الأشجار الشجيرات وتغطى الشجيرات الأعشاب وهكذا

حتى نصل إلى طبقة الحزازيات التي تغطي سطح التربة. وتحت هذه الظروف نجد أن معظم النباتات التي تدخل في تكوين مثل هذه المجتمعات من نباتات الظل (Sciophytes). وعلى العكس من ذلك ففي المناطق الصحراوية ذات الكساء الخصري المفتوح فإن معظم النباتات تكون من نباتات الشمس (Heliophytes).

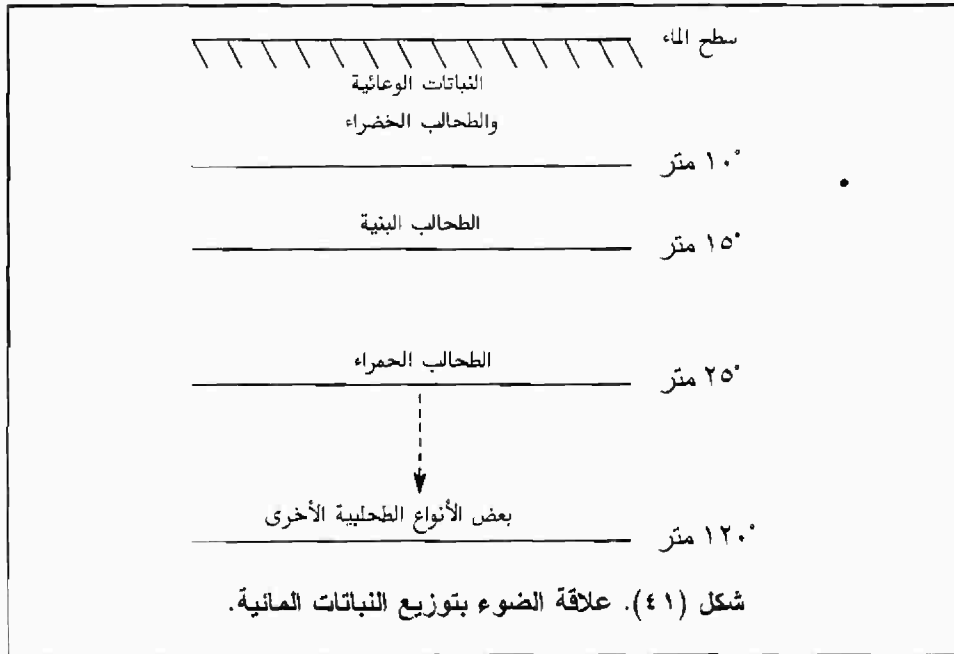
يتوقف نجاح نوع ما من النباتات على مدى احتياج بادراته من الضوء، فإذا ما نمت نباتات محبة للضوء في ظروف لا تسمح بتوفير الضوء الكامل كان ذلك كفيلاً بعدم نجاحها، بينما البادرات المحبة للظل تجد في هذا المكان وسطاً مناسباً لنموها وازدهارها. وهكذا تظهر أهمية الضوء في تحديد الأنواع النباتية التي يمكن أن تتواجد في مكان ما. وقد وجد في منطقة نيوانجلاند (جنوب شرق أستراليا) أنه عندما يترك حقل لاستعادة غطاءه النباتي الطبيعي دون تدخل من قبل الإنسان فإن أول نبات يغزو هذه الحقل وينمو بنجاح هو نبات الصنوبر (*Pinus strobus*) وهو نبات محب للضوء. تضيف أشجار الصنوبر على المنطقة من الظلال ما يكفي لتغير ظروف الوسط فيصبح مناسباً لنمو بادرات نبات الشوكران الشرقي (*Thuja canadensis*) ونبات الزان (*Fagus grandifolia*). وتزيد هذه النباتات من كمية الظل في المنطقة إلى درجة لم تعد تسمح بنمو بادرات الصنوبر، وهكذا يصبح نبات الصنوبر عاجزاً عن أن يجدد نفسه ومن ثم عاجزاً عن البقاء بصورة مستمرة فيبدأ بالزوال، وفي خلال عدة قرون يقنى تماماً من هذا الحقل الذي بدأ بنفسه الحياة فيه (شكل ٤٠).



شكل (٤٠): علاقة الضوء بتعاقب النبات في إحدى غابات نيو إنجلاند (جنوب شرق أستراليا).

الجزء الثاني : العوامل البيئية

يلعب الضوء دوراً محدداً لمدى العمق الذى يمكن أن تنمو عنده النباتات المائية فى البحار والمحيطات. فالطحالب الحمراء مثلاً لها احتياجات ضوئية قليلة إذا ما قورنت بالطحالب البنية، ومن ثم فإن الطحالب الحمراء يمكن أن تتواجد على عمق يصل إلى ٢٥ متراً بينما الطحالب البنية لا تستطيع بناء احتياجاتها من المواد الكربوهيدراتية على عمق يزيد عن ١٥ متراً (شكل ٤١). يعتقد أن سبب نجاح الطحالب الحمراء فى النمو تحت الأعماق الكبيرة هو وجود الصبغات الحمراء التى تزيد قدرة صبغات اليخضور على الإستفادة من الضوء الخافت. وهناك بعض الأنواع الطحلبية الأخرى تستطيع أن تتواجد بنجاح على عمق يصل إلى ١٢٠ متراً من المياه الصافية (حيث لا تزيد قوة الضوء عند هذا العمق عن ٠,٥% من ضوء الشمس). أما النباتات الوعائية التى توجد فى المياه العذبة فلا تنعمق فى الغالب لأكثر من ١٠ متر فى المياه شديدة الصفاء. توجد طبقات مختلفة من الأنواع النباتية على امتداد هذا العمق، يحدد مدى كل طبقة الاحتياجات الضوئية للنباتات المكونة لها.



الهواء (Air)

يتميز الهواء الجوى بثبات كبير، والهواء عبارة عن مزيج من غازات يشكل النيتروجين ما يزيد قليلاً عن ٧٨% منها، والأكسجين تقترب نسبته من ٢١%، والأرجون تقترب كمية من ١%. ويوضح جدول (٧) التراكيز النسبية للمكونات المختلفة للهواء الجوى العادى الجاف عند مستوى سطح البحر.

جدول (٧). التركيب الغازى للهواء الجوى.

التركيز (ppm)	الغاز	التركيز (ppm)	الغاز
١	كريبتون	٧٨٠٩٠٠	نيتروجين
٠,٥	أكسيد النيتروز	٢٠٩٤٠٠	أكسجين
٠,٥	هيدروجين	٩٣٠٠	أرجون
٠,٠٨	زينون	٣١٥	ثنائى أكسيد الكربون
٠,٠٢	ثنائى أكسيد النيتروجين	١٨	نيون
٠,٠٤ — ٠,٠١	أوزون	٥.٢	هيليوم
		١,٢ — ١	ميثان

الاهمية البيئية للغازات المكونة للهواء

يعتبر النيتروجين الجوى وسطاً خاملاً بالنسبة للنباتات الخضراء، فلا توجد أدلة تثبت قدرة النباتات الخضراء على استخدامه فى تكوين المركبات العضوية النيتروجينية ولكن توجد بعض البكتريا التكافلية التى تعيش داخل جذور النباتات القرنية لها القدرة على بناء المواد العضوية النيتروجينية من النيتروجين الجوى. وتوجد أيضاً بعض الفطريات والطحالب الخضراء المزرقة لها القدرة على تحويل النيتروجين إلى مركبات عضوية.

وأهم غازات الهواء ذات التأثير البيئي على النباتات الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون، فالأكسجين ضروري لعملية التنفس وثنائي أكسيد الكربون ضروري لعملية البناء الضوئي. ونظراً لأن كمية الأكسجين في الهواء كبيرة (٢١% من حجمه) فإن التغيرات التي يمكن أن تطرأ على كميته ليست لها أهمية بيئية كبيرة على النباتات. ولا يعاني المجموع الخضرى الهوائى للنباتات أى نقص فى كمية الأكسجين، والأمر مختلف بالنسبة للنباتات المائية وأجزاء النبات المغمورة فى التربة. فكمية الأكسجين فى هواء التربة أقل منها فى الهواء الجوى نتيجة لاستهلاك أكسجين هواء التربة فى عمليات تنفس المجموع الجذرى للنباتات والكائنات الدقيقة وفى عمليات تحلل المادة العضوية الموجودة فى التربة، إضافة إلى أن بعض خواص التربة تعوق تهويتها مثل زيادة الرطوبة وتراص حبيبات التربة وغيرها، لذا نجد أن النباتات التى تعيش فى الأوساط الرطبة (Hydrophytes) والنباتات المائية (Hydrophytes) تمتلك بعض الخواص التى تمكنها من التغلب على نقص الأكسجين فى مواطنها.

أما بالنسبة لغاز ثنائي أكسيد الكربون فإن تركيزه فى الهواء المحيط بالنبات ليس ثابتاً فى الأوقات المختلفة، ففي الأوقات التى يكون فيها معدل البناء الضوئى مرتفعاً يلاحظ انخفاض تركيز ثنائي أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالنباتات، وعلى العكس من ذلك يزداد تركيزه ليلاً حين نتوقف عملية البناء الضوئى. ويعود عدم ثبات تركيز ثنائي أكسيد الكربون فى الهواء المحيط بالنباتات إلى التوزيع غير المتساوى للمصادر المطلقة والمستهلكة له. يتكون ثنائي أكسيد الكربون نتيجة لتنفس النباتات والحيوانات والإحترق ومن البراكين ومياه بعض الينابيع، ومن المصادر الهامة له أيضاً ما يعرف بتنفس التربة إذ يتشكل فى التربة نتيجة لتنفس جذور النباتات والكائنات الحية التى تعيش فيها وكذلك نتيجة لتفكك البقايا النباتية والحيوانية بفعل الكائنات الدقيقة. تتطلق من

التربة كميات أكبر من ثانى أكسيد الكربون كلما كانت غنية بالمادة العضوية وجيدة التهوية والرطوبة وكانت درجة حرارتها ملائمة لنشاط الكائنات الدقيقة. وتبين القياسات أن التربة الغنية بالمادة العضوية وجيدة التهوية تطلق أكثر من ٢٠ كيلوجراماً من ثانى أكسيد الكربون لكل هكتار فى الساعة الواحدة.

يتعرض تركيز ثانى أكسيد الكربون إضافة إلى ذلك، لتغيرات يومية وفصلية، فتركيزه نهاراً داخل المجتمعات النباتية أقل من تركيزه ليلاً بسبب توقف عملية البناء الضوئى، كما أن تركيزه فى غابات المناطق المعتدلة متساقطة الأوراق خريفاً أعلى منه فى الصيف بسبب ارتفاع معدل البناء الضوئى صيفاً وانخفاضه خريفاً نظراً لسقوط الأوراق. من جهة أخرى تنطلق كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون نتيجة تحلل الأوراق الساقطة فى الخريف مما يؤدى إلى رفع تركيزه أيضاً.

الرياح (Winds)

تعتبر الرياح عامل بيئى هام خاصة فى المناطق المسطحة الساحلية أو أعالي الجبال. تؤثر الرياح على النباتات بطريقة مباشرة عن طريق التأثير فى معدلات النتح والبخر، والأضرار الميكانيكية، وكذا المساعدة على نثر حبوب اللقاح والوحدات التكاثرية من مكان لآخر. أما تأثيرات الرياح غير مباشرة على درجة الحرارة، وحمل كتل الهواء البارد والساخن من مكان لآخر، وتسيير السحب وتغيير اتجاهاتها، فله أكبر الأثر فى طبيعة وكمية المطر التى تهطل على منطقة ما.

تقسم الرياح إلى درجات حسب سرعتها طبقاً للمقياس الذى وضعه الأدميرال الإنجليزى فرانسيس بوفورت (F. Beaufort) فى سنة ١٨٠٥ كما هو موضح بالجدول (٨):

تتأثر سرعة الرياح بطبيعة التضاريس والغطاء النباتي وبموامل أخرى مثل القرب أو البعد عن سواحل المحيطات والبحار . كما أن سرعة الرياح تزداد بانتظام كلما إرتفعنا فوق سطح البحر .

جدول (٨). مقياس بوفورت لتقدير سرعة الرياح.

نوع الرياح	السرعة (كم/الساعة)	وصف الرياح
١ - ساكنة	صفر - ٢	يتصاعد الدخان عمودياً
٢ - هادئة	٢ - ٧	يحرك الرياح الدخان فقط
٣ - هيفاء	٧ - ١٤	تخشخش أوراق الأشجار وتشعر بالرياح على الوجه
٤ - خفيفة	١٤ - ٢١	تتحرك أغصان الأشجار الصغيرة وتنتشر الرايات
٥ - معتدلة	٢١ - ٢٩	تتحرك أوراق الشجر الصغيرة ويتصاعد الغبار
٦ - نسما	٢٩ - ٣٨	تميل الشجيرات وتظهر الموجات الصغيرة على سطح الماء
٧ - شديدة	٣٨ - ٤٧	تتحرك فروع الشجر الكبيرة
٨ - شديد جداً	٤٧ - ٥٧	يتحرك الشجر بأكمله ويتضايق الإنسان في سيرة
٩ - هوجاء	٥٧ - ٦٩	تنكسر الأغصان من الأشجار
١٠ - عاصفة	٦٩ - ٨٢	يحصل بعض التلف للمباني
١١ - عاتية	٨٢ - ٩٦	تقتلع الأشجار
١٢ - ربوع	٩٦ - ١١٩	نادرة الحدوث في الوطن العربي
١٣ - إعصار	أكبر من ١١٩	نادرة الحدوث في الوطن العربي

أثر الرياح على التربة :

أ - تكوين التربة (Soil formation). تتقل الرياح الجسيمات الدقيقة من التربة من مكان لآخر . وفي مصر يسود المنطقة الساحلية ثلاث أنواع من الرياح هي : الشمالية الغربية والشمالية الشرقية والجنوبية، والأخيرة غالباً ما تهب بعنف حاملة معها كميات كبيرة من جسيمات التربة الدقيقة من داخل الصحراء الجنوبية إلى المناطق الساحلية، وتختلط هذه التربة الناعمة المفككة (loess soil)

مع تلك التى تأتى بها الرياح الشمالية من حبيبات الكثبان الكلسية الموازية لساحل البحر، وينتج عن هذا الخلط تكوين تربة أكثر خصوبة، والتى تزيد عمقاً عاماً بعد عام مسببة بذلك علواً فى التربة وتغييراً فى خواصها الطبيعية والكيمائية ومن ثم فى كسائها الخضرى.

تحمل الرياح الحبيبات الكلسية من شاطئ البحر لتلقى بها بعيداً فى صورة كثبان مستطيلة موازية للشاطئ بارتفاع قد يصل إلى عدة أمتار. وهذه الكثبان الشاطئية ليست ثابتة بل فى نمو وتقدم مستمر على حساب ما يجاورها من أراض أخرى، وهى بهذا تغطى مساحات من الأراضى قد تكون أكثر خصوبة وإنتاجاً. وتعمل الرياح أيضاً على بناء نوع مشابه من الكثبان الرملية بنقل الحبيبات الرملية من الصحراء الداخلية مكونة كثبان رملية داخلية متحركة قد تهدد فى كثير من الأماكن السكان وممتلكاتهم ومصادر مياههم وتقطع طرق مواصلاتهم. وتعتبر واحات الوادى الجديد بالصحراء الغربية لمصر من أكثر المناطق تعرضاً لمشاكل زحف الرمال حيث تتواجد بها كثبان رملية ضخمة مثل غرد أبو محرق بالإضافة إلى منطقة بحر الرمال الأعظم.

ب - تآكل التربة (Soil erosion). يمنع الكساء الخضرى المستديم تآكل التربة وانتقالها بفعل الرياح، ولكن عندما يخف الكساء أو يزال ولو فى مواضع محدودة فإن الرياح تحدث تآكلاً 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 قد تستطيع أن تتغلب على الأضرار الناجمة عن تجمع التربة فوقها وحولها بإنتاج أجزاء خضرية جديدة على مستوى يعلو سطح الرمال المترسبة، ولكن لا تستطيع بعض النباتات تحمل نقص التهوية الناتج عن ردم الأجزاء الخضرية فتموت وتندثر. تكون النباتات التى تتحمل ترسيب الرمال (Sand-binding plants) كثباناً رملية صغيرة أو كبيرة حسب الأنواع وتكون جذوراً عرضية على الساق فى مستويات تزداد إرتفاعاً مع استمرار ترسيب الرمال. وتشاهد هذه الكثبان بكثرة على السواحل وفى السهول الصحراوية.

جـ - تملح التربة (Soil salinization). تصطدم المياه، بفعل تحريك الرياح لها، بالصخور على شواطئ البحار والمحيطات فيعلو الرذاذ الملحي (Salt spray) إلى الجو وتحمله الرياح إلى المناطق المجاورة حيث يهبط فى النهاية على الأرض الممتدة من الساحل إلى الداخل. تختلف كمية الرذاذ الملحي المنقولة من البحر إلى البر من منطقة لأخرى حسب موقع المنطقة من البحر واتجاه الرياح وسرعتها. ومثل هذه العناصر الملحية المتطايرة فى الجو تذيبها مياه الأمطار وتنقلها إلى الأرض حيث تزيد ملوحتها. تؤثر الملوحة التى تضاف إلى التربة على طبيعة الغطاء النباتى من حيث النوع والمظهر العام. ولما كانت الأنواع النباتية تختلف فى مقدرتها على مقاومة الملوحة فإننا نجد أن المجتمعات النباتية التى تعيش فى هذه المناطق ذات طابع خاص تتميز به عن المجتمعات النباتية الأخرى. وعندما تهب الرياح المحملة بالرذاذ الملحي أو تسقط الأمطار التى تحمل معها بعض الأملاح فإن الماء يتبخر وتبقى طبقة رقيقة من الملح تؤثر على شكل وتكوين التربة، وبالتالي على ما يمكن أن ينمو عليها من نباتات.

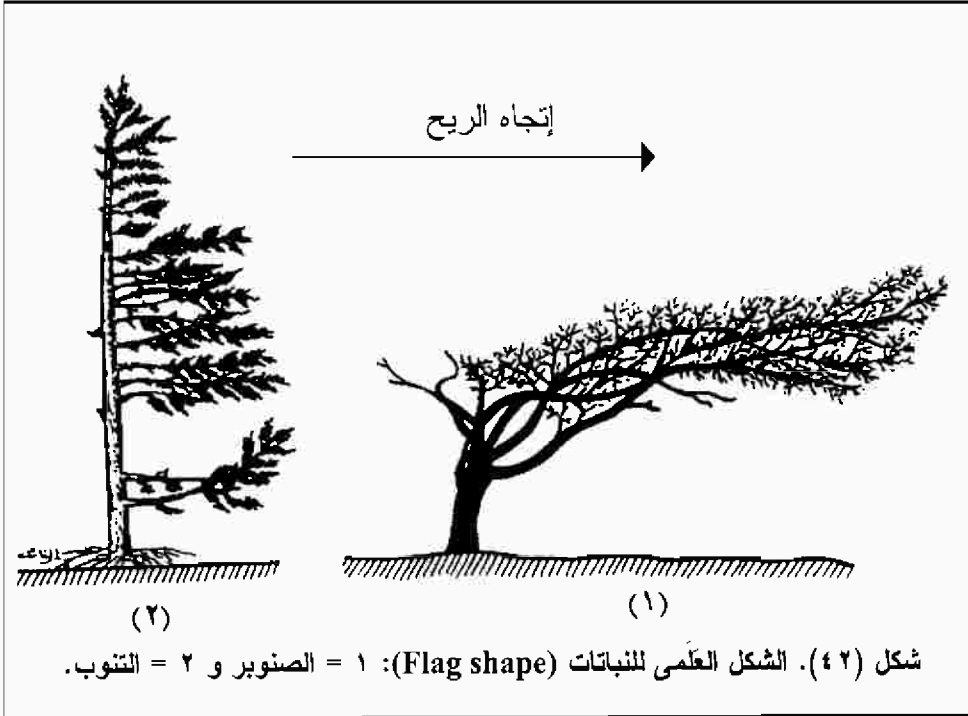
أثر الرياح على النباتات:

أ - التجفيف (Desiccation). تؤثر الرياح الجافة على النباتات بأن تزيد سرعة التبخر من سطح النباتات، ويتناسب هذا الفقد للماء طردياً مع الجذر التربيعى لسرعة الرياح. كما تساعد الرياح الجافة على زيادة النتج، حيث أنها تعمل على إزالة الهواء المشبع بالماء من حول النباتات. وكلما كانت النباتات طويلة كلما كانت أكثر تعرضاً للتأثير التجفيفى للرياح، ومن ثم فإن النباتات التى توجد فى المواطن المعرضة دائماً لرياح شديدة تتخذ غالباً شكلاً مميزاً (عادة ما يكون وسادى المظهر).

ب - التقزم (Dwarfing). النباتات التى تنمو تحت ظروف تتواجد فيها رياح جافة لا يمكن لخلاياها أن تحتوى على القدر الكافى من الماء اللازم لنموها إلى الحجم الطبيعى، فتبدو النباتات فى صورة متقزمة، لكن ليس من الضرورى

أن يصاحب هذا التقزم أى تغير للمظهر الطبيعى للنبات. وقد يكون النبات شديد التقزم لدرجة أن شجرة عمرها يزيد عن القرن قد لا يتعدى طولها عدة أقدام. تعمل الرياح بالإضافة إلى ذلك إلى إتمام عملية التلقيح وإسراع عمليتي التزهير والإثمار مما يزيد من عدد الأفرع الثانوية.

جـ - التشويه (Deformation). أثناء نمو النبات فإن هبوب الرياح من ناحية واحدة غالباً ما يغير موقع وشكل الأفرع التى تتكون على الساق (شكل ٤٢)، وينتج عن هذا التشوه ردائة الخشب التى تنتجها هذه الأشجار ومن ثم رخص ثمنه. وتحت هذه الظروف فإن استغلال المناطق المعرضة للرياح الشديدة يستوجب بناء مصدات للرياح لكسر حدتها، وبالتالي منع حدوث هذا التشوه فى الأشجار المرغوب فى استزراعها بهذه المناطق.



د - التكسر (Breaking). تتوقف قابلية النباتات للكسر تحت وطأة الرياح على تركيبها التشريحي، فإذا كان الخشب هشاً قليل التغلظ فإن الأشجار تكون

أكثر عرضة للكسر، أما النباتات التي تحتوي على كثير من الأنسجة الإسكلرنشيمية، وخاصة إذا كانت مرتبة في أعماق سميكة حول الإسطوانة الوعائية أو في أجزاءها الخارجية، فإن قابليتها للتكسير بفعل الرياح تكون أقل. تتعرض للكسر بفعل الرياح بصفة خاصة الأشجار المصابة بأمراض حشرية أو فطرية. وقد تقتلع الأشجار والشجيرات تماماً تحت تأثير الرياح، يشاهد ذلك كثيراً في صحارينا المكشوفة، حيث التربة الرملية جافة سهلة التآكل والنباتات ضحلة الجذور، ويحدث ذلك عندما تهب العواصف التي تزيد سرعتها عن ٦٠ كم/الساعة، إذ تقتلع الرياح النباتات إقتلاعاً في لمح البصر ويكون أثرها في تدمير الكساء الخضرى بالغ الخطورة.

هـ - البرى (Abrasion). يحدث البرى نتيجة لحمل الرياح لحبيبات التربة وقذفها بشدة على النباتات مسببة بريها. يعانى عدد كبير من نباتاتنا الصحراوية الشئ الكثير من هذه المشكلة، فالحبيبات الرملية تحدث تقوياً بأوراق النباتات كما أن حبيبات الرمال الدقيقة تستقر أحياناً في فتحات الثغور وتبقىها مفتوحة باستمرار. وفي الأشجار الخشبية يبرى القلف في الناحية المواجهة للريح، وأحياناً يظهر أثره كحفرة غائرة على سطح الجذع في مواجهة الرياح لأن تأثير البرى يكون شديداً قرب سطح الأرض، وكثير ما تتلف المحاصيل المزروعة في التربة الرملية المعرضة للرياح لهذا السبب.

مصدات الرياح (Wind breaks):

للرياح كما سبق أن ذكرنا أثر كبير على نقل التربة من مكان لآخر، وهذا الأثر غير مرغوب في بعض الأحيان. كما أوضحنا أيضاً أثره الضار على النباتات ومن ثم كان لابد من أن تتخذ الوسائل للإقلال من فعل الرياح وذلك ببناء ما يسمى "مصدات الرياح". ومما هو جدير بالذكر أن سرعة الرياح تتناقص بقدر كبير بفعل الغطاء النباتى حتى ولو كان بحجم الأعشاب. ففي مناطق الغابات قد تنخفض سرعة الرياح إلى أكثر من ٢٠% من سرعتها

الأصلية. ونتيجة لهذا الإقلال من سرعة الرياح تقل مقدرتها على جرف التربة، وتقوم بترسيب ما تحمله من أتربة مما يؤدي في بعض الأحيان إلى خصوبة الأراضي التي تمر عليها (فعلها في هذا كفعل طمي النيل حينما ينتشر فوق الأراضي التي يروبوها). وهذه الظاهرة واضحة في صحارينا، حيث نجد أن بعض النباتات تعمل كمصائد للتربة (Sand-binding plants) فتكون حولها بدايات لكثبان صغيرة قد تزداد في المساحة والارتفاع لتكون ما يشبه الأكوام المتناثرة وسط الصحراء (Sand mounds). وإذا ما ساعدنا الرياح على هذا البناء بوضع عدد إضافي من النباتات أو العوائق الصناعية فإننا قد نتمكن من تحويل أراضي منخفضة ملحية لا قيمة لها إقتصادياً إلى أراضي خصبة ذات أهمية أكبر من الناحية الإقتصادية.

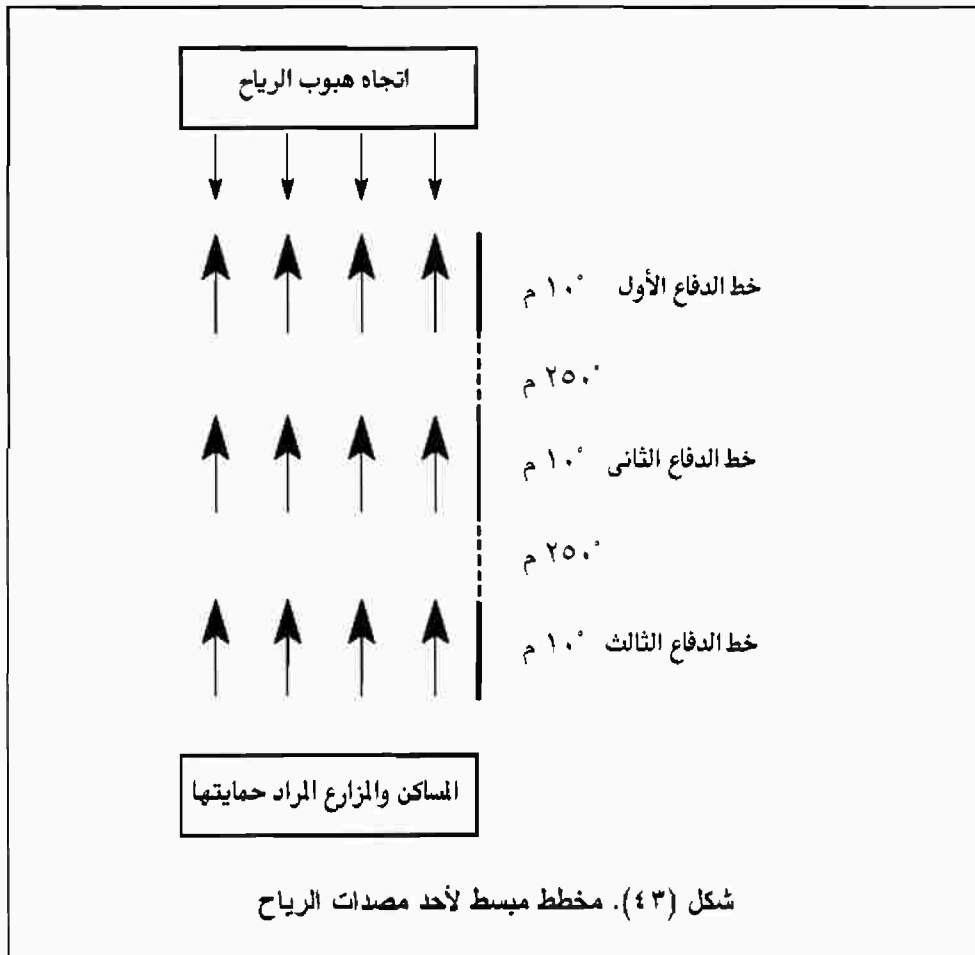
جرى إقامة مصدات للرياح لحماية المزارع والمناطق السكنية في بعض مناطق الساحل الشمالى الغربى لمصر مثل برج العرب، ومن أهم النباتات التي زرعت لهذا الغرض الكافور (*Eucalyptus spp.*)، والكازورينا (*Casuarina spp.*). تقام مثل هذه المصدات بزراعة الأشجار فى صفوف متعامدة على اتجاه الرياح. يمتد تأثير الحاجز الواحد من الأشجار لمسافة تصل إلى ٢٥ مرة طول الشجر المزروع، ومن ثم فإذا اصطفت هذه الأشجار على مسافة لا تزيد عن هذا الحد كان ذلك كافياً لإعطاء المنطقة حماية كاملة من أثر الرياح (شكل ٤٣).

ولمصدات الرياح فوائد عدة نذكر منها:

- ١ — الإقلال من النتح والبخر وبالتالي زيادة فاعلية الماء المتاح بالمنطقة.
- ٢ — الإقلال من الأضرار الميكانيكية للنباتات عموماً والأشجار خصوصاً مثل التشوه والكسر والبرى.
- ٣ — كسر حدة الرياح مما يسبب ضعف قدرتها على جرف التربة الأمر الذى قد يقلل من خصوبتها عندما يحدث.

الجزء الثاني : العوامل البيئية

ولكن يجب أن نعلم أن النباتات التي تستخدم في بناء مصدات الرياح تستنفذ قدرًا من خصوبة التربة، كما تلقى بالظل على النباتات القريبة منها. ومن ثم يجب استخدام أشجار من نوع خاص ويفضل غالباً الأنواع المخروطية (مثل الحور *Populus spp.*)، كما يجب أن يزرع بجوار هذه الأشجار النباتات التي تستخدم في إنتاج الأعلاف الخضرية التي لا يقل إنتاجها الخضري بل قد يزيد تحت هذه الظروف الظليلة.



٤

العوامل الموقعية (التضاريس)

للإختلافات الموقعية أثر كبير على الكساء الخضرى لأنها تقسم الموطن العام (Major habitat) إلى مواطن موضعية متباينة (Micro-habitats) قد لا يتعدى مساحة بعضها عدة سنتيمترات مربعة. وفيما يلى ذكر بعض الآثار المترتبة على هذه الإختلافات الموقعية:

الوديان (Wadis)

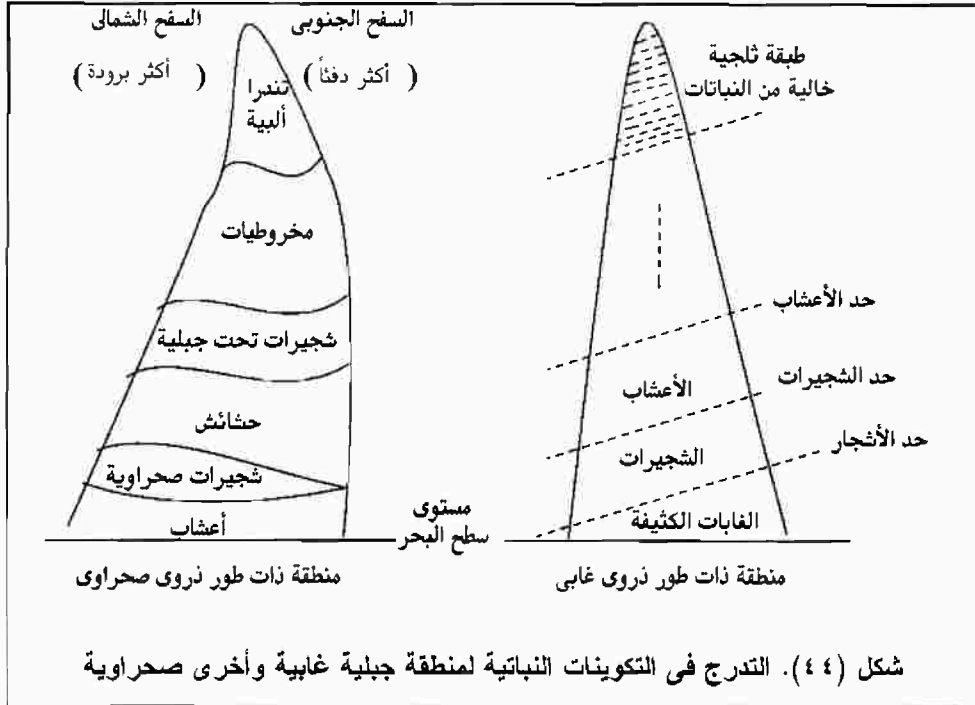
إختلاف الكساء الخضرى فى الوديان عنه فى المرتفعات والسفوح المجاورة لها يعود إلى حماية الوديان من العوامل الجوية المختلفة فهى غالباً محمية من تأثير الرياح كما أن تربتها عميقة وخصبة، وماؤها وفير، ومن ثم فإنها تتمتع بغطاء نباتى كبير متعدد الأنواع إذا ما قورن بالمرتفعات والسفوح المحيطة بالوادي. وإذا ما كانت الوديان ممتدة فى إتجاه الرياح فإن الرياح بما تسببه من سرعة فى البخار والنتح يكون لها تأثير سئ على الكساء الخضرى، مما يجعل النباتات ضعيفة والتغطية النباتية أقل من السفوح المجاورة.

الإرتفاع عن سطح البحر (Altitude)

يؤدى الإرتفاع عن سطح البحر إلى خفض فى درجة الحرارة بمعدل ٦°م تقريباً لكل ١٠٠٠ متر. وفى المناطق المعتدلة يؤدى الإرتفاع عن سطح البحر

الجزء الثاني : العوامل البيئية

إلى قصر دورة حياة النباتات (فصل النمو)، كما أن قدرة البذور على الإنبات والبادرات والبراعم على النمو تقل تدريجياً بالإرتفاع. وفي المناطق الجبلية العالية يختلف طراز التكوينات النباتية تبعاً للإرتفاع عن سطح البحر، والشكل (٤٤) يبين التدرج في التكوينات النباتية لمنطقتين جبليتين إحداها صحراوية والأخرى غابية:



فى أحد الجبال العالية الواقعة فى المنطقة الحارة قرب خط الإستواء يمكن مشاهدة المناطق النباتية الموضحة فى جدول (٩)، مرتبة من أسفل إلى أعلى حسب إرتفاعها فوق سفح الجبل من مستوى سطح البحر إلى القمة من هذا التقسيم يتضح أنه فيما بين مستوى سطح البحر وإرتفاع ٦٠٠ متر يوجد كساء خضرى استوائى حقيقى وتظهر أشجار النخيل والموز، وأعلى من ذلك تآتى منطقة كساء خضرى مدارى أقل انتماء للمنطقة الإستوائية من سابقة، فيه تظهر السراخس الشجرية وينمو التين بوفرة. وفوق هذا النطاق تنمو نباتات المناطق

الجزء الثاني : العوامل البيئية

تحت المدارية مثل الغار (myrtle) والآس (laurel)، ثم تأتي منطقة معتدلة دافئة تنمو بها غابات دائمة الخضرة، تليها إلى أعلى منطقة غابات متساقطة الأوراق، ثم شجيرات قطبية (ألبيه)، فمنطقة أعشاب قطبية، وأعلى من ذلك توجد القمم الجرداء التي تغطيها الثلوج بسبب البرد الشديد وليس لها غطاء نباتي يذكر.

جدول (٩). تدرج الكساء الخضرى

على أحد الجبال الواقعة فى المنطقة الحارة قرب خط الاستواء

المنطقة الجغرافية المماثلة	الكساء الخضرى	مدى الارتفاع عن سطح البحر
المنطقة الإستوائية	منطقة نخيل وموز	من صفر إلى ٦٠٠ متر
المنطقة المدارية	منطقة أشجار سرخسية وتين	من ٦٠٠ متر إلى ١٢٥٠ متر
المنطقة تحت المدارية	منطقة الآس والغار	من ١٢٥٠ متر إلى ١٩٠٠ متر
المنطقة المعتدلة الدافئة	منطقة غابات دائمة الخضرة	من ١٩٠٠ متر إلى ٢٦٠٠ متر
المنطقة المعتدلة	منطقة غابات متساقطة الأوراق	من ٢٦٠٠ متر إلى ٣٢٠٠ متر
المنطقة المعتدلة الباردة	منطقة مخروطيات	من ٣٢٠٠ متر إلى ٣٨٠٠ متر
المنطقة تحت القطبية	منطقة شجيرات قطبية	من ٣٨٠٠ متر إلى ٤٤٥٠ متر
المنطقة القطبية	منطقة أعشاب قطبية	من ٤٤٥٠ متر إلى ٥٠٥٠ متر
القمم الجرداء	ثلوج دائمة	أكثر من ٥٠٥٠ متر

التعرض (Exposure)

فى نصف الكرة الشمالى تكون السفوح الشمالية أبرد كثيراً من السفوح الجنوبية، لأنها محجوبة عن أشعة الشمس الحادة أثناء النهار، وهذا الاختلاف فى درجة التعرض للشمس يسبب إختلافاً كبيراً، ليس فقط فى شدة استضاءة السفحين ولكن أيضاً فى درجة حرارتهما وفى الرطوبة النسبية. وهذا الإختلاف فى المناخ يصحبه إختلاف فى الكساء الخضرى. فعلى السفح الشمالى لجبال أوربا توجد نباتات الزان العالية الكثيفة وتحتها طبقة أرضية من نباتات محبة

الجزء الثانى : العوامل البيئية

للرطوبة مع وجود الكثير من الأشن. أما على السفوح الجنوبية توجد النباتات الجفافية، وهى نباتات حوض البحر المتوسط ذات الأوراق الجلدية والخواص الجفافية الأخرى. ولكن نجد بصفة عامة السفوح الجنوبية تحمل فى أجزائها المرتفعة نفس التكوينات النباتية التى توجد على السفوح الشمالية، والسبب فى ذلك انخفاض درجات الحرارة بالإرتفاع وزيادة الرطوبة النسبية مما يؤدى إلى إيجاد ظروف مناخية تشبه تلك التى توجد على السفوح الشمالية.

وفى الصحراء المصرية قام بعض الباحثين بدراسة طبيعة الغطاء النباتى على السفوح الشمالية والجنوبية للمرتفعات الموجودة فى الصحراء الشرقية على طريق مصر - السويس (جدول ١٠)، ويتضح من هذه البيانات أن النباتات بنوعها معمرة وحولية توجد بكثرة على السفح الشمالى، ويلاحظ أيضاً أنه على السفح الشمالى توجد نباتات معمرة أكثر من النباتات الحولية، والعكس صحيح بالنسبة للسفح الجنوبى. يرجع هذا الاختلاف إلى أن السفوح الجنوبية أشد قسوة من الناحية المناخية، حيث التربة شديدة الحرارة والبخر والنتح شديدين، ومن ثم تكون فاعلية المطر أقل ما يمكن.

جدول (١٠). تنوع النباتات الزهرية على السفوح الشمالية والجنوبية لبعض مرتفعات الصحراء الشرقية المصرية.

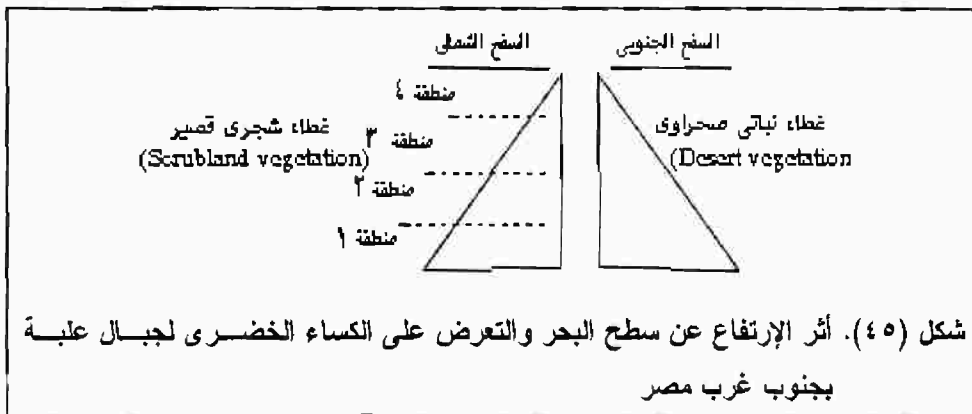
التعرض		السفح الشمال (حرارة أقل رطوبة أعلى)					السفح الجنوبي (حرارة أعلى ورطوبة أقل)					
رقم الملاحظة	١	٢	٣	٤	٥	المتوسط	١	٢	٣	٤	٥	المتوسط
عدد الأنواع المعمرة	٦	١٤	١٨	٤٦	٢١	١٥	٢	٥	٤	٦	٣	٣,٤
عدد الأنواع الحولية	١٢	١٢	١١	١٣	١٢	١٢	٩	١٠	١١	١٤	٨	٨,٨
كل الأنواع	١٨	٢٦	٢٩	٢٩	٣٣	٢٧	١١	١٥	١٥	٢٠	١٢	١٢,٢

وفى الركن الجنوبى الشرقى لمصر على الحدود السودانية يتضح التباين الكبير بين الكساء الخضرى على السفوح الشمالية الشرقية والسفوح الجنوبية الغربية لجبال علبة. يتميز الكساء الخضرى للسفوح الشمالية الشرقية بالوفرة

الجزء الثانى : العوامل البيئية

ويمكن اعتباره من نوع الأشجار القصيرة (Scrubland) التى تتباين فى كثافتها طبقاً للظروف الموضعية للمكان، والنبات السائد هو شجرة السيل من النوع *Acacia tortilis* أما الكساء الخضرى للسفوح الجنوبية الغربية فهو أقل وفرة وذو غطاء مفتوح مثل النوع الذى يميز الصحارى والنبات السائد هو طُرف (*Aerva javonica*) (Kassas and Zahran 1971). وعلى السفوح الشمالية الشرقية يمكن تمييز أربعة مناطق حسب الارتفاع، علماً بأن حدود ارتفاع كل منطقة غير ثابت طبقاً لمستويات مطلقة وإنما يعود إلى مجموعة مركبة من العوامل الموقعية مثل الارتفاع ودرجة الإنحدار وهذه المناطق هى (شكل ٤٥):

- ١- منطقة قاعدية يسودها شجرة إيواب (*Euphorbia cuneata*)
- ٢- يلى ذلك منطقة فوق قاعدية يسودها شجرة ماجوج (*Euphorbia nubica*)
- ٣- يليها إلى أعلى حزام يسوده شجرة عرض (*Acacia etbaica*)
- ٤- ثم المنطقة القمية التى تكسوها مجموعة متنوعة من النباتات ذات طراز النمو المفترش (Patched plant growth). العديد من نباتات هذه المنطقة لا ينتمى إلى الأوساط الجافة مثل السراخس والحزازيات المنبطحة (Liverworts) والقائمة (Mosses).



الإنحدار (Slope)

يؤثر إنحدار سطح التربة على الكساء الخضرى، فالسطح المنحدر يفقد ماء المطر بسرعة، وإذا كان صلباً فى تكوينه فإن أى كمية من التربة تتكون خلال عمليات التعرية تنجرف إلى أسفل الوادى تاركة ورائها ما يسمى بالتربة الهيكلية (Skeletal soil)، وهى تربة ضحلة غير ناضجة وغير خصبة. أما الكثبان الرملية الموازية للساحل فإنها تعاني نقصاً شديداً فى الماء وخاصة فى المناطق المرتفعة، ولذا فإنها فى معظم الأحيان تكون عارية تماماً من النباتات. يرجع هذا النقص الشديد فى الماء إلى سرعة نفاذيته خلال الكثبان الرملية. وعادة ما يتجمع الماء عند قاعدة الكثبان الرملية بحيث يمكن إستغلاله فى زراعة بعض أشجار التين والزيتون أو فى الشرب.

وفى جبال المناطق المعتدلة كجبال الألب السويسرية نجد أن المجتمع الذروى الغابى للكساء الخضرى لا يسمح به مناخ هذه المناطق إلا فى الجهات التى تقل درجة أنحدارها عن ١٠ أو ١٥ درجة، أما فى المنحدرات الأشد من ذلك فلا يكون هناك مجال لتراكم الدبال وارتفاع حامضية التربة نظراً للإزالة المستمرة للدبال، وهما من العوامل اللازمة لبلوغ الطور الذروى الغابى فى هذه المناطق. ويؤثر الإنحدار أيضاً فى درجة التعرض للإشعاع الشمسى. وقد وجد فى بعض المناطق أن الأراضي المستوية تحصل على ما يقرب من ضعف الطاقة الشمسية التى تحصل عليها السفوح الرأسية، مما له أكبر الأثر على درجة حرارة التربة وبالطبع على الكساء الخضرى.

الحرائق

تعود الحرائق إلى أسباب مختلفة منها أسباب طبيعية ومنها ما هو من فعل الإنسان. فالحرائق الطبيعية الناتجة عن البرق وغيره من العوامل قليلة بالمقارنة بالحرائق التي يحدثها الإنسان والتي تصل نسبتها إلى حوالي ٩٧% من مجموع الحرائق. تعتبر الحرائق الطبيعية (Natural fires) أحد العوامل البيئية ذات التأثير الكبير على الغابات والأراضي النجيلية في المناطق المعتدلة والإستوائية ذات المواسم الجافة. وتنقسم الحرائق الطبيعية حسب تأثيرها على الكساء الخضرى إلى:

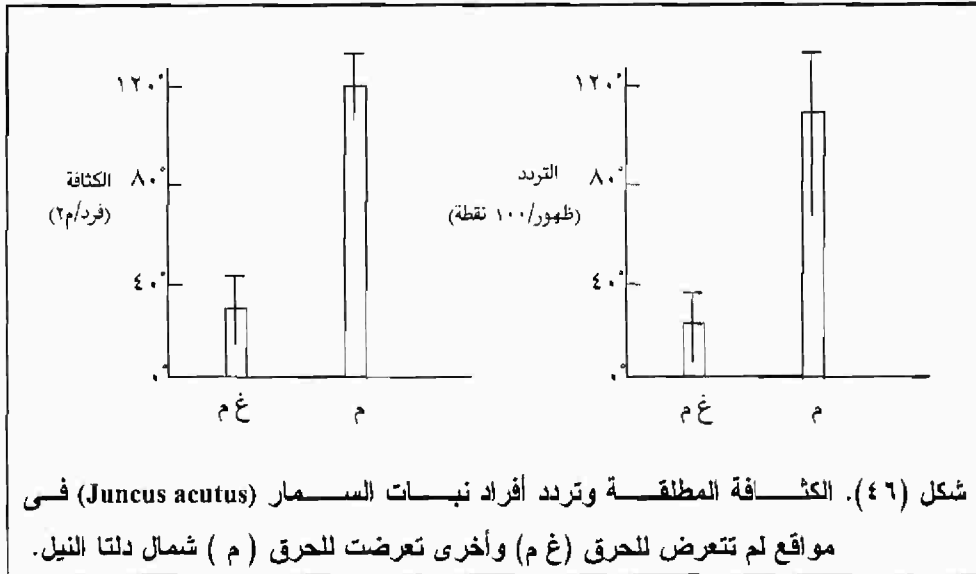
أ - حرائق تيجان الأشجار (Crown fires). يحدث هذا النوع غالباً تدميراً شاملاً للكساء الخضرى، ويبدأ المجتمع النباتى الجديد فى النشأة والنمو عن طريق سلسلة من التعاقب (Succession) تستغرق وقتاً طويلاً.

ب - الحرائق السطحية (Surface fires). يرتبط تأثير هذا النوع من الحرائق بنوعية الكساء الخضرى. حيث أنها تكون أكثر تأثيراً على أنواع معينة منها على أنواع أخرى ذات مقاومة عالية، مما يتيح للنباتات المقاومة للحرائق فرصة أكبر للنمو والانتشار خصوصاً وأن الحرائق السطحية تساعد البكتريا على سرعة تحليل الأجزاء النباتية الكبيرة ومن ثم إتاحة العناصر الغذائية للنباتات. هناك شواهد عديدة تدل على الدور الهام للحرائق فى تكوين عدة أشكال من الكساء الخضرى منها مثلاً بعض أراضي السافانا والأراضي النجيلية والشجيرية، حيث تساعد الحرائق على إنبات بعض أنواع البذور دون غيرها، سواء بالتأثير المباشر على كمون البذور أو بتأثير غير مباشر ناتج عن القضاء على منافسة أنواع أخرى من النباتات أو حرق مواد نباتية تعوق نمو هذه

البذور. ومن ناحية أخرى تؤثر حرائق الغابات على الأنواع المختلفة من الكائنات مثل الحشرات والطفيليات والفطريات.

يوجد نوع آخر من الحرائق الزراعية المقصودة التي يشعلها الإنسان لتوسيع رقعة الزراعة أو للقضاء على حشائش المحاصيل. وقد يحدث الإنسان الحرائق للتخلص من النباتات غير المرغوبة رعوياً أو المنهكة للتربة فيستفيد من رمادها في تسميد التربة، ثم يستبدلها بعد ذلك بنباتات أكثر فائدة لرعى الحيوانات أو لتحسين خواص التربة. فالحرائق المقصودة في مناطق الأعشاب النجيلية في أمريكا والسهوب في أوروبا مكنت من القضاء على الشجيرات التي لا ترعاها الحيوانات، ثم استبدلت بنباتات عشبية ذات قيمة غذائية وإنتاج أعلى بكثير من إنتاج النباتات المحروقة.

وقد أجرت مجموعة من الباحثين المصريين تجربة ميدانية لدراسة تأثير الحرائق المقصودة على نبات السمار (*Juncus rigidus*) بشمال منطقة دلتا النيل، وقد أظهرت النتائج أن النبات كان أكثر وفرة وانتشاراً في المناطق التي تعرضت حديثاً للحرق من المناطق التي لم تتعرض للحرق مطلقاً. والشكل (٤٦) يوضح نتائج هذه التجربة (El-Demerdash et al. 1987).



تمارس النباتات المتأقلمة مع الحرائق استراتيجية تعرف باسم "استرح وانتظر (Sit and wait strategy)" حيث تحيا هذه النباتات بأقل كمية من الكتلة الحية الهوائية لمدد طويلة قبل أن تؤدي الحرائق إلى إطلاق سريع للعناصر، عندئذ تقوم هذه النباتات بسحب سريع للعناصر (بسبب النمو الجيد للأعضاء تحت سطح الأرض مثل الريزومات) حتى يمكنها الاستفادة من المستويات المتزايدة للضوء التي نشأت عقب الحريق. وعلى الجانب الآخر يحتمل أن تستحث الحرائق النمو الخضري للنبات السائد في المنطقة إلى المدى الذي يؤدي لحدوث تنافس طبيعي قد يؤدي بدوره إلى فناء النباتات قليلة الوجود (Abrahamson 1980). وعموماً يعتبر نمو النباتات بالوسائل الخضريّة عقب الحرائق عملية شائعة في منطقة البحر المتوسط، وقد تتكون نتيجة لذلك أراضي حشائش أو سبخات كثيفة وحيدة النوع الذي ينتمي في الغالب إلى الفصيلة السعدية (Cyperaceae) أو فصيلة ذيل القط (Typhaceae) أو السمارية (Juncaceae).