الجدول رقم (٢٩). المجتمعات النباتية الدالة عل المياه الجوفية ودرجة ملوحتها في الصحراء الهندية

المجتمع النباتي	العمق التقريبي للمياه الجوفية/ م	الملوحة مجم/لتر
Acacia senegal-Anogeissus pendula	١٢ - ١٨	٥٠٠ - ١٥٠٠
Prosopis cineraria-Ziziphus nummularia	٦ - ١٨	٥٠٠٠ - ١٠٠٠٠
Salvadora oleoides- Capparis decidua	٦ - ١٢	٥٠٠ - ١٠٠٠٠
Salvadora oleoides- Ziziphus nummularia	٨ - ٢٨	٥٠٠٠ - ١٠٠٠٠
Panicum turgidum- Ziziphus complex	٦ - ١٨	٥٠٠٠ - ١٠٠٠٠
Suaeda fruticosa-Aeluropus lagopoides	٦	١١٠٠٠ - ١٢٠٠٠
Acacia indica-Prosopis cineraria	١٢ - ٢٠	٤٠٠ - ١٥٠٠

(١١,٢) النباتات الكاشفة لنمط التربة

Plant indicators of soil type

يوجد كثير من النباتات التي يمكن أن تكشف عن نمط التربة، فنبات الحنظل *(Citrullus colocynthis)* (الشكل رقم ٦٨)، ونبات الأرطى*(Calligonum polygonoides)* والعوسج البربري*(Lycium barbarum)* تنمو في الغالب على تربة رملية، أما نباتات الحلفا *(Imperata cylindrica)* و*(Vetivera zizanoides)* فتفضل التربة الطينية الثقيلة. كما قد تكون بعض النباتات كاشفة للأراضي الحامضية مثل نباتات الحماض *(Rumex acetosa)* والبوليتريكوم *(Polytrichum sp.)* والسفاجنوم *(Sphagnum sp.)* وغيرها. وبعض النباتات تدل على التربة الملحية مثل أنواع جنس السويدة *(Suaeda spp.)* والطرفة *(Tamarix spp.)* والخريزة (الخريزي) *(Salicornia spp.)* والسالسولا *(Salsola spp.)* والمليح (الخرزة) *(Halopeplis perfoliata)* (الشكل رقم ٦٩) غيرها. كما قد تكون بعض الأنواع دالة على غنى التربة بالدبال مثل (*Monotropa sp.*) و(*Neottia sp.*) وفطر عيش الغراب (Mushrooms) *(Agaricus spp.)* وغيرها.

الشكل رقم (٦٨). الحنظل *(Citrullus colocynthis)* ينمو غالباً على الترب الرملية.

الشكل رقم (٦٩). نبات المليح (الخرزة) (*Halopeplis perfoliata*) كاشف جيد للتربة الملحية

(١١,٣) النباتات الكاشفة للعناصر المعدنية

Plant indicators of mineral elements

تدل كثير من النباتات على تركيز مرتفع من العناصر المعدنية في التربة وتسمى بالنباتات المعدنية (Metallophytes)، ويوضح الجدول رقم (٣٠) أمثلة عن هذه النباتات.

الجدول رقم (٣٠). بعض النباتات الدالة على العناصر المعدنية (Shukla and Chandel, 2001)

النوع النباتي	العنصر المعدني
Volloza candida	يدل على وجود الألماس في البرازيل
Equisetum arvense	يدل على وجود تركيز مرتفع من الذهب في التربة
Lonicera confuse	يدل على وجود تركيز مرتفع من الذهب في التربة
Eriogonium ovalifolium	يدل على غنى التربة بالفضة في الولايات المتحدة الأمريكية
Stellaria setocea	تنمو على الترب الغنية بالزئبق في اسبانيا
Viola colaminaria	تنمو على الترب الغنية بالزنك
Astragalus sp.	تنمو على الترب الغنية بالسيلينيوم
Silene cobaltica	تنمو على الترب الغنية بالكوبلت
Salsola nitraria	تنمو على الترب الغنية بالبورون
Arabis sp. و*Oenothera sp.*	تنمو على الترب الغنية بالكبريت

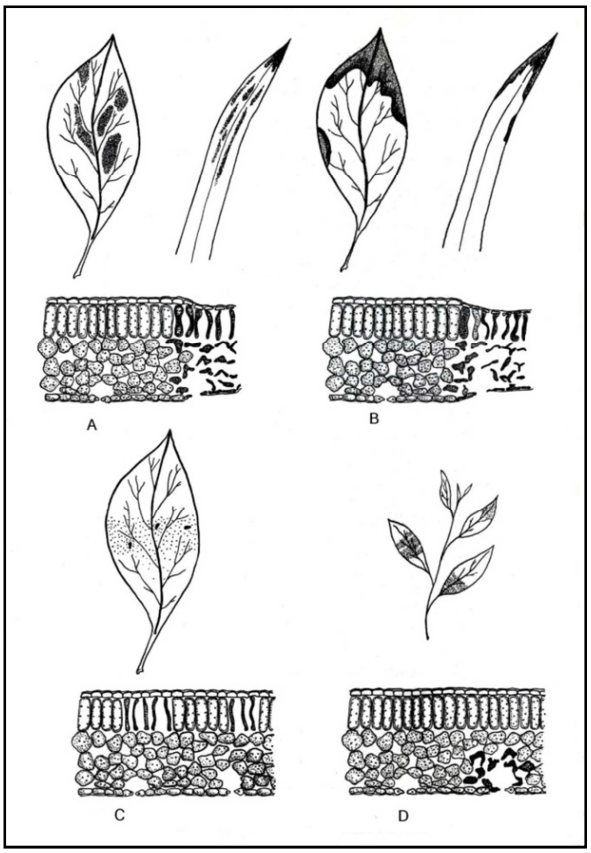
(١١,٤) النباتات الكاشفة عن التلوث

Plant indicators of pollution

تعد بعض النباتات حساسة للملوثات وبخاصة ملوثات الهواء، ويمكن استعمالها في الكشف عن هذه الملوثات. فالأشنات والحزازيات وبعض الفطور ذات حساسية عالية لثاني أكسيد الكبريت (SO_2) ويصعب أن تنمو في المناطق التي يكون تركيزه فيها مرتفعاً. تؤدي الملوثات الهوائية إلى تأثيرات مختلفة في النباتات فثاني أكسيد الكبريت مثلاً يتفاعل مع الصانعات اليخضورية ويحول اليخضور إلى فيوفايتين (Pheophytin). ويترافق هذا مع تخريب بنية الصانعات اليخضورية وخفض معدل البناء الضوئي وزيادة معدل التنفس وتغير في أيض (استقلاب) (Metabolism) البروتينات ونشاط الإنزيمات (الخمائر). كما تضعف مقدرة النباتات على مقاومة العوامل البيئية غير المناسبة (Kozlowski, 1975). وتنعكس هذه التأثيرات في تغيرات ظاهرية (مورفولوجية) وأذى للأوراق وهي تتوقف على النوع النباتي وتركيز الملوث. وقد استعمل حدوث الأذى والتغيرات المورفولوجية التي تلحق بالأوراق لكشف الملوثات (الجدول رقم٣١ والشكل رقم ٧٠و٧١).

الجدول رقم (٣١). بعض تأثيرات ملوثات الهواء في أوراق النباتات (انظر الشكل رقم ٧٠)

الملوث	النوع النباتي	الظواهر المميزة
الأوزون O_3	الناعمة *Salvia sp.* الأضاليا *Dahlia sp.* الصنوبر *Pinus sp.*	تشكل بقع وخطوط حمراء أو بنية على الوجه العلوي للأوراق، والتفاف حواف الأوراق وظهور علامات الذبول.
ثاني أكسيد الكبريت SO_2	التين *Ficus sp.* زينيا *Xinia sp.* الصنوبر *Pinus sp.*	تشكل بقع ناصلة اللون من الأنسجة الميتة على حواف الأوراق أو على جوانب عروق الورقة.
فلور الهيدروجين HFl	الغليون *Gladioles sp.* الصنوبر *Pinus sp.*	تشكل حروق وموت الأنسجة في قمة وحواف الأوراق.
بيروكسي أسيتيل نترات Peroxy-acetyl nitrate	البتونيا *Petunia sp.* الناعمة *Salvia sp.* الكريسانثيم *Chrysanthemum sp.*	تلف الصانعات اليخضورية وموت بعض الأنسجة على الوجه السفلي للأوراق.



الشكل رقم (٧٠). تأثير بعض الملوثات الهوائية في أوراق النباتات (Turk *et al.*, 1972)

A.تأثير ثاني أكسيد الكبريت(SO_2). **B. تأثير الفلور(Fl).**

C. تأثير الاوزون (O_3). **D. تأثير بيروكسي أسيتيل نترات.**

الشكل رقم (٧١). يؤدي الفلور إلى حرق وموت الأنسجة في قمة وحواف الأوراق في نبات الكافور (*Eucalyptus sp.*)

(١١,٥) النباتات الكاشفة عن الرعي الجائر

Plant indicators of overgrazing

يؤدي الرعي، كعامل بيئي خارجي، إلى الإخلال بالتوازن بين الأنواع المكونة للغطاء النباتي، ذلك أن الرعي الجائر لا يؤثر في الأنواع النباتية كافة بالدرجة نفسها، فالأنواع المستساغة، كالحشائش (Grasses)، تتضرر عادة بالرعي الجائر أكثر من غيرها من الأنواع غير المستساغة؛ مما يؤدي إلى إضعافها وتناقص دورها في الغطاء النباتي. وطبيعي أن ضعف هذه النباتات المستساغة أو اختفائها يجعل الظروف مواتية لنمو الأنواع غير المستساغة وتزايد نسبتها في الغطاء النباتي، وقد يقضي استمرار الرعي الجائر عاماً بعد آخر، على النباتات المستساغة كلياً مما يسمح بدخول أنواع غازية (Invader species) لا يمكن لها أن توجد لولا حالة التردي التي تعرض لها الغطاء النباتي، كما يؤدي الرعي الجائر إلى انتشار الأنواع غير المستساغة والسامة والشوكية، والتي قد تصبح نباتات سائدة مثل الخياسة (الحرمل) (*Peganum harmala*) والعجرم (*Anabasis articulata*) والرمث (*Haloxylon salicornicum*) وغيرها (الشكل رقم٧٢).

الشكل رقم (٧٢). يؤدي الرعي الجائر إلى انتشار وسيادة الأنواع غير المستساغة مثل الرمث (*Haloxylon salicornicum*)

الفصل الثاني عشر

بعض التأثيرات في الغطاء النباتي الناتجة من الأنشطة البشرية والطبيعية

Some effects on vegetation resulting from human and natural activities

ازداد في الوقت الحالي الاهتمام بعلم البيئة وذلك بسبب الأنشطة البشرية غير المسبوقة التي أدت إلى الاستغلال الجائر للموارد الطبيعية، وبسبب إطلاق الملوثات المختلفة الغازية منها والسائلة والصلبة في البيئة، مما انعكس في تلويث مكونات النظام البيئي المختلفة (الهواء والماء والتربة وغيرها) وارتفاع درجة حرارة الأرض، الأمر الذي أحدث أضراراً مختلفة للنباتات والغطاء النباتي، وسنتعرض، باختصار إلى تأثير التلوث الهوائي وتغير المناخ في النباتات والغطاء النباتي.

(١٢,١) التلوث وتأثيره في النباتات والغطاء النباتي

Pollution and its effects on plants and vegetation

عرف تأثير الملوثات الناتجة من النشاطات البشرية في الغطاء النباتي منذ قرون عدة، وتعود أولى الملاحظات المدونة عن ذلك إلى إيفلين (Evelyn) عام ١٦٦٦ (انظر Ashmore, 1996) والتي يصف فيها تثبيط نمو نباتات الزينة بسبب تلوث الهواء، في لندن، بالدخان الناتج من حرق الفحم الحجري، كما ذكر إبسن (Ibsen) في نهاية القرن التاسع عشر أن الضباب الناتج من حرق الفحم في إنجلترا يصل إلى النرويج ويترسب على التربة والنباتات. وقد ازداد في وقتنا الحالي إطلاق الملوثات المختلفة في البيئة، وتؤثر الملوثات في الغطاء النباتي تبعاً لتركيزها أو تراكمها (Accumulation) في النباتات. ويمكن أن يكون تأثير الملوثات في النباتات محلياً في المناطق المحيطة بالمعامل أو جوانب الطرق أو المناجم وغيرها، ويمكن أن يكون إقليمياً، وذلك عندما تنتقل الملوثات وتغطي مساحات واسعة كالأمطار

الحمضية. كما أن بعضها له تأثير عالمي كزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وما ينجم عنه من ارتفاع في درجة حرارة الأرض، أو استنزاف الأوزون (O_3) وتأثيره في زيادة مستوى الأشعة فوق البنفسجية (UV-B).

وكما أبان (Ashmore, 1996) فإن تأثير الملوثات على النباتات يتوقف على الجوانب التالية:

١- تركيز الملوثات وفترة تعرض النباتات لها، علماً بأن كثيراً من الملوثات، وبخاصة الهوائية منها، يمكن ألا تمتص من قبل النباتات بسبب الظروف التي تتحكم في تفتح الثغور.

٢- حساسية النباتات للملوثات التي تختلف من نوع لآخر، كما تختلف حساسية النوع الواحد واستجابته للملوثات تبعاً لمرحلة النمو وعمر النبات.

٣- تُغير الظروف البيئية من استجابة النباتات للملوثات، فالإجهادات المائية (Water stresses)، غالباً ما تؤدي إلى غلق الثغور وخفض امتصاص الملوثات الهوائية؛ مما يقلل من تأثيرها (Tingey and Hogsett, 1985). وتزيد درجة الحرارة المنخفضة من الأضرار الناتجة من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) (Jones and Mansfield, 1982). كما يمكن للملوثات أن تغير من فسيولوجيا النباتات بحيث تصبح أكثر حساسية للإجهادات البيئية. فزيادة تركيز الأمونيوم (Ammonium) والكبريتات(Sulfates) يزيد من حساسية النباتات المخروطية (Coniferous plants)، وخاصة بادراتها، إلى درجات الحرارة المنخفضة (Cape *et al*., 1991). كما أن تأثير الملوثات المختلفة معاً يفوق كثيراً تأثيرها منفردة، وذلك بسبب تأثيراتها السلبية المشتركة (Ernst *et al*., 1985).

وتؤدي الملوثات المختلفة بشكل عام، إلى الأضرار التالية:

أ) موت بعض الأنواع النباتية الحساسة إذا وجدت الملوثات في الوسط بتركيز مرتفع (الشكل رقم٧٣).

ب) خفض شدة البناء الضوئي، والنتح وخفض وظائف الجذور، مما ينعكس في خفض معدل النمو والإنتاج.

ج) لا تؤثر الملوثات إذا وجدت في الوسط بتركيز منخفض، بشكل واضح في النباتات وخاصة في الظروف المناسبة للنمو، ولكنها قد تؤدي إلى تغيرات فسيولوجية تجعل من الأنواع النباتية أكثر حساسية للإجهادات البيئية، وبخاصة الجفاف ودرجات الحرارة المنخفضة.

د) يمكن للملوثات أن تؤثر أيضاً في تكاثر النباتات، فإنبات حبوب اللقاح ينخفض كثيراً عند زيادة تركيز ثاني أكسيد الكبريت(SO_2)، والآوزون(O_3)، والأمطار الحمضية (Percy, 1986)؛ مما يؤدي إلى انخفاض عملية تلقيح النباتات وبالتالي إنتاج البذور.

هـ) قد تؤدي الملوثات إلى تغيير التوازن التنافسي بين الأنواع النباتية وخاصة إذا كانت الأنواع الحساسة وغير الحساسة للملوثات تنمو جنباً إلى جنب. فالتلوث يؤثر في النباتات الحساسة ويضعف نموها ومقدرتها

التنافسية، وهذا ما يحدث في المجتمعات النباتية التي تنمو فيها النباتات البقولية (Leguminous plants) الحساسة لثاني أكسيد الكبريت (SO_2). إلى جانب الحشائش (Grasses) الأقل حساسية، حيث تؤدي زيادة تركيز ثاني أكسيد الكبريت إلى اختلال التوازن التنافسي لصالح الحشائش.

الشكل رقم (٧٣). يؤدي التلوث إلى موت النباتات في المناطق المحيطة

(١٢,٢) تأثير التلوث في المجتمعات النباتية

Effect of pollution on plant communities

يؤدي التلوث إلى تأثيرات عميقة في الغطاء النباتي قد تؤدي إلى زواله بالكامل، وهذا ما حدث في المناطق المحيطة بمنشآت صهر المعادن في أونتاريو(Ontario) بكندا، حيث زال الغطاء النباتي كلياً من المناطق المحيطة وحتى مسافة وصلت إلى ٨ كم، كما انخفض عدد الأنواع النباتية وإنتاج الغطاء النباتي انخفاضاً بالغاً في المناطق التي تبعد عن منشآت صهر المعادن بمسافة تراوحت بين ٢٠ و٣٠ كم (Ashmore, 1996)، ويُعتقد أن هذا التأثير كان نتيجة لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكبريت والعناصر المعدنية الثقيلة.

أدت زيادة تركيز الملوثات في جنوب إنجلترا إلى اختفاء تدريجي لنبات السفاغنوم (*Sphagnum sp.*)(من النباتات الحزازية Mosses) في كثير من المناطق، ومع زيادة تركيز الملوثات اختفى كلياً وحل محله نبات

إيريوفورم(*Eriophorum vaginatum*) (من الفصيلة السعدية Cyperaceae)، هذا ولم يقتصر تأثير الملوثات على زوال نبات السفاغنوم وإنما اختفت كثير من النباتات المرافقة له مثل نبات الدروزيرا (*Drosera sp.*)، والأندروميديا (*Andromedia polifolia*) (من الفصيلة الخلنجية Ericaceae) وغيرها (Lee *et al.*,1988)، ويعتقد أن هذه التأثيرات حدثت بسبب زيادة تركيز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2). وقد بينت دراسات (1983) Heil and Diemont، أن إطلاقات الأمونيوم (NH_3)، الناتجة من الزراعات المكثفة، أدت إلى زوال المجتمع النباتي الذي يسود فيه نبات حشيشة المكنسة (*Calluna vulgaris*) (من الفصيلة الخلنجية Ericaceae) واستبدل المجتمع بآخر تسود فيه الحشائش مثل نبات مولينا (*Molina caerulea*) ونبات دسشامبسيا (*Deschampsia flexuos*a) وغيرها.

أدت زيادة تركيز الملوثات وخاصة الأوزون (O_3) في المناطق المحيطة بمدينة لوس أنجلوس إلى تغيير تركيب الغطاء النباتي في المنطقة، إذ أدت زيادة تركيز الأوزون في الستينات من القرن العشرين إلى موت أشجار صنوبر بنديروزا (*Pinus ponderosa*) الحساسة للأوزون والتي تعد النبات السائد في غابات المنطقة، وحل محلها التنوب (*Picea excelsa*) أو بعض أنواع الأرز (*Cedrus spp.*)، الأقل حساسية لتأثير الأوزون، وأصبحت هي الأنواع السائدة في المنطقة. هذا ولم تعد بعض أنواع المخروطيات (Conifers) التي تنمو في المناطق المرتفعة، تتكاثر بشكل طبيعي فحل محلها تدريجيا الشجيرات السائدة في هذه المناطق (Miller, 1989).

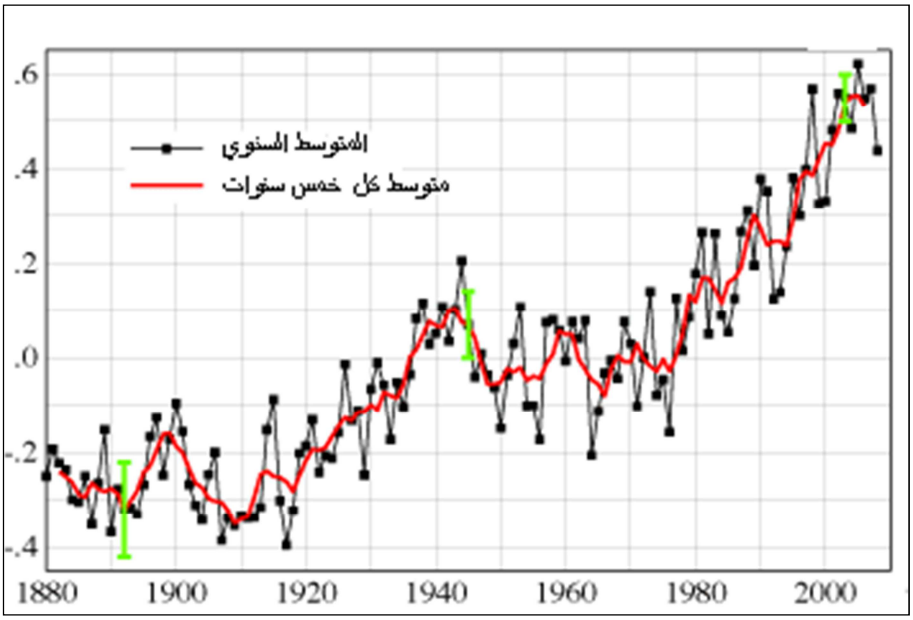
وهكذا يمكن للملوثات المختلفة الناتجة من الأنشطة البشرية أن تغير من تركيب المجتمعات النباتية أو تؤدي إلى زوالها كلياً.

(١٢,٣) تغيرات المناخ وانعكاسها في النباتات والغطاء النباتي

Climatic changes and their reflections on plants and vegetation

توقع الكيميائي السويدي أرينيوس Arrhenius في عام ١٨٩٦ أن تضاعف تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الغلاف الجوي سيؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض بمعدل ٣ –٦ درجات مئوية (Hawkins, 2008)، وبعد مرور نحو ١٠٠ عام على ذلك، يُجمع معظم العلماء في العالم على أن ارتفاع درجة حرارة الأرض هو نتيجة لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، إضافة إلى زيادة تركيز غازات الاحترار الأخرى. وتؤكد التقارير (Hawkins, 2008) أن متوسط درجة حرارة الأرض ارتفع في القرن العشرين بمعدل ٠.٧٤ درجة مئوية (الشكل رقم ٧٤)، وذلك من عام ١٩٠٦ حتى عام ٢٠٠٦، وكان معدل الارتفاع بمعدل الضعف في الخمسين سنة الأخيرة (IPCC, 2007). كما كان متوسط درجة حرارة الأرض في السنوات ١٩٩٥ – ٢٠٠٦ هو الأعلى منذ أن بدأ التسجيل الفعلي لدرجات حرارة الأرض. وارتفعت درجة حرارة مياه المحيطات حتى عمق وصل إلى ٣٠٠٠ م تقريباً. ويعتقد أن درجة حرارة منطقة القطب الشمالي (Arctic)، ارتفعت بمعدل ٢ – ٣ درجات مئوية منذ العام

١٩٥٠. وكان (بصورة عامة)، ارتفاع درجة حرارة الأرض في العروض العليا (High altitudes) هو الأعلى، وفي الشتاء أكثر منه في الصيف، وفي الليل أكثر منه في النهار. وقد انعكس هذا الارتفاع في درجة الحرارة في زيادة انصهار الجليديات وارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات، وزيادة وتيرة الكوارث الطبيعية والجفاف (Hawkins, 2008). ويتوقع أن ترتفع درجة حرارة الأرض في القرن الحادي والعشرين بمعدل ٠,٢ – ٠,٣ درجة مئوية في العقد الواحد، وسيصل معدل ارتفاع درجة حرارة الأرض في نهاية القرن الحادي والعشرين ٢,٤ – ٤.٦ درجة مئوية، وهناك توقعات تفوق ذلك (IPCC, 2007).



الشكل رقم (٧٤). تغير متوسط درجة حرارة الأرض من عام ١٨٨٠م وحتى عام ٢٠٠٥م (عن IPCC, 2007)

(١٢,٤) انعكاس زيادة تركيز CO_2 وارتفاع درجة الحرارة على الأنواع النباتية والغطاء النباتي

Reflection of high CO_2 concentration and high temperature on plant species and vegetation

تشير الدراسات (Chen *et al.*, 1996) أن زيادة تركيز CO_2 ستؤدي إلى زيادة معدل البناء الضوئي في النباتات ذات المسار C_3 (والتي تشكل معظم النباتات الأرضية) مما سينعكس في زيادة النمو والإنتاج. كما سيزداد أيضاً معدل البناء الضوئي في النباتات ذات المسار C_4 ولكن بمعدل أقل، ولكن هذه الزيادة في معدل البناء الضوئي ستنخفض مع الزمن، كما سينخفض عدد الثغور وسيزداد سمك الأوراق وسينخفض معدل النتح (Lawson *et al.*, 2002).

سيؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى التأثير في العمليات الكيميائية والبيولوجية، وسيكون هذا التأثير على درجة كبيرة من الأهمية، وذلك لأن استجابة النباتات لارتفاع درجة الحرارة تختلف من نوع لآخر، فالنباتات ذات المسار C_3 أكثر حساسية لارتفاع درجة الحرارة مقارنة بالنباتات ذات المسار C_4، وهذا سينعكس في تغيير التركيب الفلوري للمجتمعات النباتية (Ehleringer *et al.* ,1997). وستزداد الإجهادات المائية مما سيؤدي إلى انخفاض حاد في الإنتاج النباتي الطبيعي، كما حدث في أوروبا في عـام ٢٠٠٣، إذ انخفض الإنتاج النباتي في بعـض المـواقع إلى ٣٠٪ (Ciais *et al.* , 2003). وتشير التوقعات أيضاً((Bisgrove and Hardley ,2002)، إلى أن فصل الربيع سيصبح أكثر تبكيراً بمعدل ٢.٥ يوماً في كل عقد وسيتأخر فصل الشتاء بمعدل يومين لكل عقد وذلك في النصف الشمالي من كوكب الأرض.

ونظراً لأن استجابة الأنواع النباتية المكونة للمجتمع النباتي ستختلف من نوع إلى آخر، فإن تغيرات المناخ ستنعكس في العمليات كافة التي تجري في المجتمعات النباتية والتي تؤدي إلى استقرارها النسبي، إذ ستتغير شدة التنافس بين الأنواع النباتية، وكذلك التأثيرات المتبادلة بين النباتات. وقد لوحظ في السنوات العشرين الأخيرة من القرن العشرين أن النباتات المتسلقة (Lianas)، في غابات الأمازون، ازداد نموها بمعدل ١,٧ – ٤.٦٪، وذلك بسبب زيادة تركيز CO_2، وأدت زيادة نمو النباتات المتسلقة وزيادة مقدرتها التنافسية(Competitive capability)، إلى زيادة موت الأشجار التي تتسلق عليها وخفض نموها (Philips *et al.* ,2002).

تشير الدراسات (Ward and Master, 2007) إلى أن عدد الأنواع الغازية (Invasive species) للمجتمعات النباتية سيزداد بشكل ملحوظ، وذلك لأن الأنواع الغازية تتميز بمقدرة عالية على إنتاج البذور وبنموها السريع، وامتلاكها وسائط انتشار، كما تتميز أيضاً بمقدرتها العالية على التوطن في المواقع الجديدة وبتكيفها للتغيرات المناخية. وسيؤدي انتقالها إلى مواطن جديدة إلى تغيير العلاقات بين النباتات في المجتمعات النباتية، وتغيير التركيب الفلوري. وقد تصبح، في بعض المجتمعات، هي النباتات السائدة مما يؤدي إلى اضطراب المجتمعات النباتية وخفض التنوع الحيوي، وربما إلى سلسلة تعاقبات جديدة ومن أمثلة ذلك نبات البنج (*Solanum elaegnifolium*) (الشكل رقم ٧٥) الذي غزا منطقة شرق البحر المتوسط وخاصة المناطق الجافة وشبه الجافة والذي أصبح سائداً في كثير من هذه المناطق.

الشكل رقم (٧٥). نبات البنج من النباتات الغازية وعالية المقدرة التنافسية

نظراً لاختلاف استجابة النباتات إلى التغيرات المناخية (ارتفاع درجة الحرارة وتركيز CO_2)، فإن بعض النباتات تمتلك الخصائص التي تمكنها من التكيف لهذه التغيرات ؛ وبالتالي تبقى قادرة على النمو في مناطق انتشارها الطبيعية. ولكن بعض الأنواع التي لا تمتلك مثل هذه الخصائص ستنتقل إلى أوساط جديدة (إلى المناطق الأكثر ارتفاعاً وإلى الشمال)، وبعضها لا يتمكن من التكيف ؛ وبالتالي سينقرض أو ستنخفض أعداده بشكل كبير. ولهذا ؛ فإن تركيب المجتمعات النباتية الحالية سيضطرب اضطراباً واضحاً وستحدث تعاقبات جديدة ستؤدي إلى مجتمعات نباتية جديدة وزوال أخرى. كما ستضطرب سلاسل الغذاء في الأنظمة البيئية (Ecosystems) وستضطرب أيضاً العلاقة بين النباتات والكائنات التي تقوم بتلقيحها أو الكائنات التي تساعد النباتات على الانتشار. وقد تؤدي التغيرات المناخية إلى توفير بيئة مناسبة للنباتات الغازية مما يؤدي إلى ضغوطات على المجتمعات النباتية الأصلية.

(١٢,٥) أثر بنك (مخزون) البذور في التربة على وفرة وتركيب الغطاء النباتي

Influence of soil seed bank on the abundance and structure of vegetation

بنك البذور (Seed bank) هو تجمع البذور ذات الحيوية (Viable seeds) في التربة والقادرة على أن تحل محل النباتات البالغة التي أنتجتها (Thompson and Grime,1979;Baker,1989.). وتأتي معظم بذور بنك البذور في التربة من أمهاتها النباتات القريبة منها، بينما تأتي بقية البذور من مجتمعات نباتية بعيدة جداً عن تلك المخزونة في التربة (Solomon,2011). وبناء على هذا المنظور فالبذور المخزونة في التربة المنتجة من النباتات القريبة وإذا ما أتيحت لها فرص الإنبات المواتية فإنها تعطي تقريباً نفس الوفرة والتركيب النباتيين لنفس الموقع. أما البذور المخزونة في التربة والقادمة من مجتمعات نباتية بعيدة فإنها ربما تغير من وفرة الأنواع والتركيب النباتي للموقع الذي تتجمع فيه.

ولمخزون التربة من البذور تأثير على وفرة الغطاء النباتي، كما أن للغطاء النباتي تأثيراً على وفرة البذور في التربة. لكن ذلك المخزون يتأثر بعدة عوامل مختلفة منها العوامل المناخية، وبعثرة التربة، وخصائصها، وعوامل الانتشار، والتغذي وغيرها من العوامل الأخرى مما ينعكس مردوده على الغطاء النباتي فوق سطح الأرض.

والعلاقة بين بنك البذور والتنوع فيه من البذور، من أهم العناصر في الأنظمة البيئية الصحراوية ولذلك علاقة وثيقة بالغطاء النباتي في المناطق الجافة عامة (Kemp,1989)، ومنها البيئات الصحراوية في المنطقة العربية، كصحراء المنطقة الوسطى في المملكة العربية السعودية (Al-Yemeny and Al-Farraj,1995)، وبعض أنظمة الروضات فيها (Al-Farraj,*et al.*,1997 ; Al-Yemeny,*et al.*,2000) وصحراء سيناء في مصر (Zaghloul,2008).

وجمع المعلومات عن بنك البذور من الأمور الهامة لبرامج التنمية والمحافظة على المواطن البيئية وخاصة في المناطق الجافة، حيث التراجع مستمر في الغطاء النباتي والناتج عن عوامل عدة ومنها الرعي الجائر، وعمليات جمع أهم النباتات لأغراض اقتصادية كما يحدث في الصحراء الشرقية المصرية (Hegazy,*et al.*,2007.).

وقد أورد Gomaa (2012) في دراسة لبنك البذور في عدة مواطن بيئية لصحراء مصر الشرقية أن الدراسة أثبتت وجود علاقة وثيقة بين التنوع النباتي لبنك البذور وعوامل التربة، ومنها الملوحة حيث كانت نسبة التنوع منخفضة في الأراضي الصحراوية الملحية بينما كانت النسبة مرتفعة في الأراضي المستصلحة. كما أوضحت التميمي (٢٠٠٣ م) نفس العلاقة تقريباً بين بنك البذور وتركيب التربة وملوحتها في وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية، وهي زيادة كمية مخزون البذور في التربة الرملية بالمقارنة مع التربة الطميِّية والطينية، وكذلك كانت العلاقة عكسية مع زيادة نسبة الأملاح الكلية في التربة.

وتختلف نسبة بذور الأنواع النباتية الحولية في بنك البذور، والتي تكون مرتفعة مقارنة بنسبة بذور الأنواع النباتية فوق الأرض والتي تكون منخفضة بسبب عامل الإجهاد البيئي كالجفاف الذي تتعرض له النباتات (Assaeed and Al-Doss,2002;Gomaa,2012)، وهذا يسهم في إمداد الغطاء النباتي بنسبة كبيرة من الأنواع النباتية

لتعويض المفقود منه. وذكر De Falco (2009) في دراسة لبنك البذور في صحراء الموجاف(Mojave desert) بأمريكا، أن توزيع البذور المحتفظة بحيويتها لكل من الأنواع الحولية والأنواع المعمرة كان مختلفاً في التربة المتراصة عنها في التربة غير المبعثرة، كما أن نسبة بذور الأنواع كانت ضئيلة في التربة المتراصة بالنسبة لتلك التي في التربة الطبيعية، كما استنتج أن عوامل التربة من حيث المكونات والتركيب تؤثر في محتوى بنك البذور، إلى جانب بعض العوامل الأحيائية كالقوارض، والحشرات مثل النمل، والتي تتغذى على بذور النباتات فهي تؤثر سلباً على وفرة مخزون التربة وتنوعه من البذور. ولكن سعة بنك البذور المستمرة تسمح ببقاء الأنواع النباتية رغم البعثرة والتدمير (Thompson,2000).

وبهذا يعتبر بنك البذور رافداً يمد المجتمع النباتي بما يختزن من البذور الاحتياطية ولعدة سنوات، مما يحفظ التوازن في مكونات المجتمع النباتي من الأنواع مالم يتعرض ذلك المخزون للعبث الشديد.

الباب السادس

التعاقب النباتي

Plant succession

الفصل الثالث عشر

مفهوم التعاقب النباتي وأنماطه
Concept and types of plant succession

يعد التعاقب النباتي(Plant succession) واحداً من المفاهيم الأساسية في علم المجتمعات النباتية، ويشير إلى التغيرات المتوقعة والمنتظمة (Expected and orderly changes) في التركيب النوعي وبنية المجتمعات النباتية. تعود أولى الأفكار عن تعاقب المجتمعات النباتية إلى القرن الرابع عشر الميلادي، عندما استعمل عالم الطبيعة الفرنسي De la Malle هذا المصطلح لوصف تغير وتطور المجتمعات النباتية بعد القطع الجائر للغابات، بعد ذلك كتب العالم Thoreau مقالة بعنوان تعاقب أشجار الغابات "The succession of forest trees"، حيث وصف فيها التعاقب في غابات البلوط. وقد طور كاولس (Cowles) مفهوم التعاقب، مستلهماً ذلك من دراسة العالم الدانماركي اوجين(Eugen) للمجتمعات النباتية على الكثبان الرملية. وقام كاولس (Cowles) بدراسة تطور المجتمعات النباتية على الكثبان الرملية لبحيرة ميتشجان بأمريكا، حيث تمكّن من تمييز مجتمعات نباتية مختلفة تبعاً لعمر الكثبان الرملية، وعدّها على أنها مراحل مختلفة من تطور الغطاء النباتي على هذه الكثبان. وكان لكاولس (Cowles) مساهمات فعَالة في تطوير نظرية التعاقب، ويعتقد أن سلسلة التعاقب (Seres) ستبلغ قمتها في تشكيل مجتمع نباتي مستقر ومتلائم مع الظروف المناخية هو الذروة. كانت المساهمة الأساسية في مفهوم التعاقب من قبل ويفر وكليمنتس (١٩٦٢) الذي يعتقد أن سلسلة تعاقب المجتمعات النباتية يمكن التنبؤ بها، وستبلغ الذروة المتناسبة مع الظروف المناخية السائدة. ويعتقد أيضاً أن التعاقب هو تبدل موجه في أنماط الغطاء النباتي، حيث يهيئ كل مجتمع نباتي الظروف الملائمة للمجتمع النباتي الذي يليه. وهكذا حتى يبلغ الغطاء النباتي الطور النهائي أو الذروة التي يعدها كليمنتس متوازنة (مستقرة) مع الظروف البيئية السائدة وخاصة المناخ السائد (Pidwirny, 2006., Schennikov,1964.، ؛ Weaver and Clements, 1962 –عن Rabotnov, 1995).

وقد تم تمييز عدة أنماط من التعاقب النباتي في دراسات سابقة (Weaver and Clements, 1962;Connell and Slayter, 1977; Pidwirny, 2006) نذكر منها ما يلي :

١- التعاقب الابتدائي Primary succession

وهو التعاقب الذي يبدأ في المواقع التي لم تكن مشغولة بالنباتات من قبل كالصخور الجرداء أو البحيرات والبرك.(وسيأتي الحديث عن هذا النوع من التعاقب بالتفصيل في فصل مستقل فيما بعد).

٢- التعاقب الثانوي Secondary succession

وهو التعاقب الذي يبدأ في مواقع كانت مشغولة بالنباتات، ولكن الغطاء النباتي دُمر لأسباب طبيعية كالحريق أو بفعل النشاطات البشرية كالحراثة والقطع وغيرها.(وسيأتي الحديث عن هذا النوع من التعاقب بالتفصيل في فصل مستقل فيما بعد).

٣- التعاقب متباين النشأة Allogenic succession

وهو التعاقب الذي يحدث نتيجة تغير ظروف الوسط بسبب العوامل البيئية الأخرى غير الراجعة إلى النباتات الموجودة. وتؤثر تلك العوامل بدورها في تركيب المجتمعات النباتية. مثال ذلك ما حدث في مصب نهر فال Fal في انجلترا، حيث أدى ترسب الطمي إلى تغير الوسط وتحولت أجزاء من المستنقعات الملحية (Salt marshes) إلى غابة. فقد بينت القياسات أن المعدل السنوي لترسب الطمي كان نحو ١ سم، وذلك على كامل المستنقعات الملحية والتي تمتد نحو ١٥ كم. وخلال المئة سنة الأخيرة ارتفع مستوى المستنقعات التي زحفت باتجاه البحر مسافة ٨٠٠ م، كما زحفت الغابة المجاورة باتجاه المستنقعات بالقدر نفسه (Pidwirny, 2006). ويمكن أن يكون زحف اليابسة باتجاه الخليج العربي في مصب نهري دجلة والفرات مثالاً على ذلك، إذ تشير المراجع (جواد علي، ١٩٧٦م) أن مصب دجلة والفرات في الخليج العربي كان أبعد منه حالياً بعشرات الكيلومترات، وبسبب ترسب الطمي الذي يحمله النهران ارتفع مستوى اليابسة التي زحفت باتجاه الخليج العربي.

٤- التعاقب الذاتي Autogenic succession

ويحدث هذا النمط من التعاقب بسبب تغير ظروف الوسط في المجتمع النباتي، والتي تجري بسبب تأثير النباتات في الوسط مع الزمن.

٥- التعاقب التصاعدي Progressive succession

وفيه تصبح المجتمعات النباتية أكثر تعقيداً حيث يزداد عدد الأنواع المكونة لها كما يزداد إنتاجها مع الزمن.

٦- التعاقب التراجعي Retrogressive succession

وهو التعاقب الذي يؤدي إلى تبسيط المجتمعات النباتية حيث ينخفض عدد الأنواع المكونة لها كما ينخفض إنتاجها، ومثال ذلك التعاقب الذي يحدث في المراعي بسبب الرعي الجائر والذي يؤدي غالباً إلى اختفاء الأنواع النباتية المستساغة.

الفصل الرابع عشر

التعاقب النباتي الابتدائي
Primary plant succession

يبدأ تشكل المجتمعات النباتية وتطورها، في حالة التعاقب الابتدائي، في المواقع الابتدائية (Primary ecotopes) التي لم تكن مشغولة بالنباتات من قبل وعديمة التربة عادة، مثل الصخور الجرداء الناتجة من البراكين، أو الصخور حديثة التكشف، أو في مواقع انصهار الجليديات أو البحيرات والبرك حديثة التشكل أو الكثبان الرملية العارية وغيرها (الشكل رقم ٧٦). فإذا بدأ التعاقب الابتدائي في الأوساط الرطبة كالبرك والبحيرات والمستنقعات أو أي بيئة مائية سمي التعاقب البادئ من الماء (Hydrach)، وسميت مراحله المتتابعة بسلسلة التعاقب المائي (Hydrosere)، أما إذا بدأت سلسلة التعاقب على الصخور الجرداء أو الرمال سمي التعاقب البادئ من الجفاف (Xerach) وسميت مراحله المتتابعة بسلسلة التعاقب الجفافي (Xerosere) (Glen–Lewin and van der Maarel, 1992).

الشكل رقم (٧٦). مخطط يبين المراحل العامة للتعاقب الابتدائي

تتميز المراحل الأولى من سلاسل التعاقب الابتدائي بتطرف العوامل الفيزيائية، فإما أن تكون شديدة الجفاف (الصخور الجرداء)، وإما أن تكون شديدة الرطوبة (البرك والمستنقعات)، وينتج من هذا الاختلاف في درجة الرطوبة، اختلاف في سلسلة المجتمعات النباتية (Serial plant communities) التي تتشكل خلال التعاقب ابتداءً من المرحلة (أو المجتمع) الأولى التي تتشكل في الموقع العاري وانتهاءً بالذروة. ولكن مهما اختلفت الظروف البيئية (جافة

أو رطبة) فإن تأثير النباتات يؤدي دوماً إلى تخفيف جفاف الوسط أو رطوبته الزائدة. فعندما تنمو النباتات في الموقع وتتنافس على المواد الضرورية لنموها، فإنها تؤثر تأثيراً بالغاً في وسط الموقع أو بمعنى آخر تتفاعل معه، فيصبح الموقع العاري الذي كان معرضاً للإضاءة الكاملة مكاناً يكتنفه الظل. وإذا كان الموقع أرضاً رطبة تصبح بالتدريج أقل رطوبة نتيجة لامتصاص النباتات للماء وفقده بالنتح (Transpiration). كما يؤدي تجمع الدبال الناتج من تفكك الجذور والسيقان والأوراق الميتة في الموقع الجاف إلى زيادة مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وبذلك يصبح الموقع الجاف بالتدريج أكثر رطوبة، كما تخفف النباتات من حركة الرياح بالقرب من سطح التربة، حيث تنمو البادارات، وتقلل من تغيرات درجة حرارة الوسط، وتزداد نسبة رطوبة الهواء، وبهذا يتحول الوسط الجاف أو الرطب إلى وسط أقل جفافاً أو رطوبة، وأكثر ملاءمة لنمو أكبر عدد من الأنواع النباتية.

وتبعاً للموقع الابتدائي (Primary ecotope) (صخور جرداء، أو بحيرة حديثة التشكل، أو كثبان رملية) والمناخ السائد فإن سلسلة تعاقب المجتمعات النباتية تأخذ أحد الأشكال (الصور) الآتية:

- سلسلة التعاقب المائي (Hydrosere)، حيث يبدأ التعاقب في الأوساط المائية.
- سلسلة التعاقب الجفافي (Xerosere)، حيث يبدأ التعاقب في الأوساط الجافة.
- سلسلة التعاقب الصخري(Lithosere)، وهي التي تبدأ على الصخور العارية.
- سلسلة التعاقب الرملي (Psammosere)، وهي التي تبدأ في الأوساط الرملية.
- سلسلة التعاقب الملحي (Halosere)، وهي التي تبدأ على الترب المالحة أو في المياه المالحة.

(وسيجري الحديث بالتفصيل عن سلسلتي التعاقب المائي والتعاقب الجفافي كما يلي):

(١٤,١) سلسلة التعاقب النباتي المائي

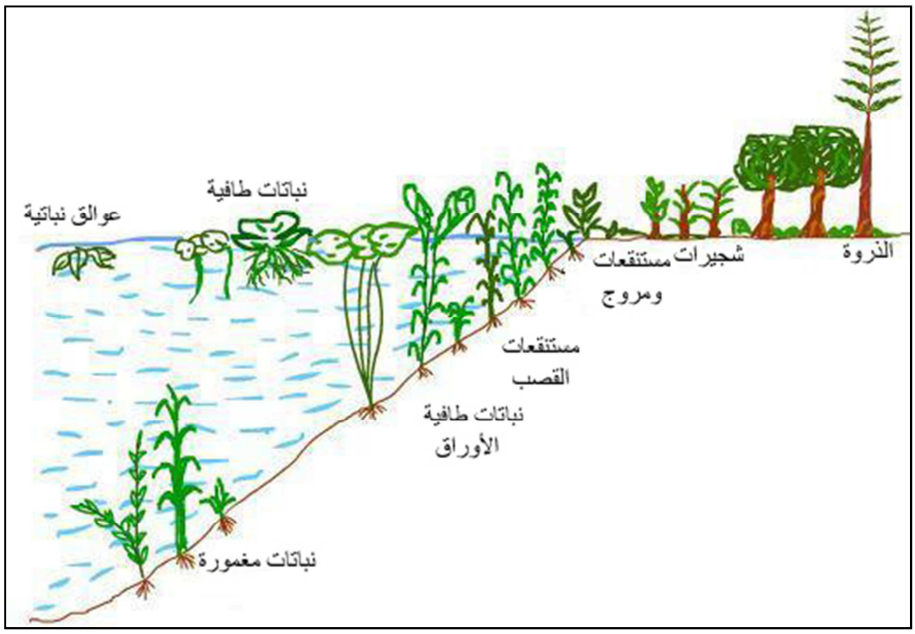
Plant hydrosere

تحدث سلسلة التعاقب المائي، عادة، في البحيرات العذبة والبرك، حيث تجف البحيرات والبرك، مع الزمن، وتتحول في النهاية إلى مجتمع نباتي ذروي تسود فيه الأشجار والشجيرات، وتتشكل خلال عملية التعاقب المائي سلسلة من المجتمعات النباتية تعقب بعضها بعضاً (الشكل رقم ٧٧)، ويقدر أن الزمن اللازم لسلسلة التعاقب المائي من بحيرة حديثة التشكل وحتى الذروة الشجرية لا يقل عن ٢٠٠ عام (Andy and Yates ,2005) علماً بأن بعض مراحل سلسلة التعاقب تختلف اختلافاً بيناً بفترتها الزمنية، فمثلاً يمكن أن يجري تحول المستنقع (Swamp) إلى سبخة (Marsh) خلال عقد واحد. وكثيراً ما تتوقف الفترة الزمنية التي يعقب فيها مجتمع مجتمعاً آخر، خلال سلسلة التعاقب، على الإطماء (Siltation).

وقد تتميز المراحل الأولى من التعاقب المائي بأنها ناتجة عن ترسيب الطمي، حيث تنجرف الجزيئات غير العضوية كالرمل (Sand)، والطمي (Silt) والطين (Clay) من المناطق المحيطة بالبحيرة، وتنتقل مع مياه الجريان السطحي أو بالانجراف الريحي إلى البحيرة، وإذا كان الوسط المائي كبيراً وعميقاً وتتشكل فيه الأمواج القوية، فيصعب في مثل هذه الظروف ملاحظة التغيرات التعاقبية، أما إذا كان الوسط المائي صغيراً وضحلاً، كالبركة، فيمكن ملاحظة التغيرات التعاقبية بسهولة.

وأهم أطوار (مراحل) سلسلة التعاقب المائي هي:

(ويفر وكليمنتس، ١٩٦٢ ; Chandel, 2001; Schennekov, 1964 ; Shukla and):



الشكل رقم (٧٧). مخطط عام يبين سلسلة التعاقب المائي

(١٤,١,١) طور العوالق (الهوائم) Plankton stage

ويبدأ طور العوالق بانتقال أبواغ(Spores) أنواع الطحالب (Algae) والدياتومات (Diatoms)، والتي تعد الكائنات الطليعية(الرائدة) (Pioneer organisms) في سلسلة التعاقب المائي من المناطق المجاورة إلى الأوساط المائية حديثة التشكل كالبرك مثلاً. ويعقب ذلك هجرة العوالق الحيوانية (Zooplanktons)، وبعد موت العوالق النباتية والحيوانية تتفكك بقاياها وتتحول إلى دبال (Humus)، يختلط بالطمي والطين الذي ينتقل إلى المسطحات المائية من المناطق المجاورة، وتشكل طبقة من الوحل، وبذلك ينخفض عمق المسطح المائي تدريجياً، وتتغير ظروف البيئة.

(١٤,١,٢) طور النباتات المغمورة Submerged plants stage

وهو الطور الذي يعقب طور العوالق، التي تشكل طبقة رقيقة من الوحل (Mud) في قاع المسطح المائي، مما يمكّن بعض النباتات المائية المغمورة من التوطن في الوسط الجديد. وتنمو النباتات المغمورة عادة في الأوساط المائية التي لا يزيد عمقها كثيراً عن ٣-٤ أمتار، مثل الأنواع: الإيلوديا (*Elodea sp.*)، ولسان البحر (*Potamogeton nodosus*)، والميريوفيلوم (*Myriophyllum sp.*)، والحوذان المائي(*Ranunculus aquatilis*) و(*Ranunculus trichophyllus*) (الشكل رقم ٧٨) وحامول الماء (*Utricularia sp.*) ونخشوش الحوت (*Ceratophyllum demersum*) (الشكل رقم ٧٩) ونبات (*Vallisnerria sp.*). وتنمو النباتات المائية المغمورة عادة بالقرب من شواطئ المسطحات المائية، أو في كامل البرك والبحيرات عندما تكون غير عميقة. يؤدي نمو النباتات المائية المغمورة وتشابكها إلى تغيرات ملحوظة في الوسط، تتمثل في حجز الجزيئات التي تجرفها المياه وتحملها إلى البحيرة، وترسبها حول النباتات ذلك أن النباتات المغمورة تشكل عقبة مباشرة أمام تقدمها. إضافة إلى أنها تضعف سرعة مياه الجريان الواردة إلى البحيرة. وبعد موت النباتات المغمورة تترسب في القاع وتكّون كتلاً من الدبال (Humus)، نتيجة تفككها غير الكامل، تربط حبيبات التربة مع بعضها البعض وتجعلها أكثر تماسكاً. وينتج من هذه التفاعلات التي تُحدثها النباتات المغمورة في الوسط تكّون طبقة من التربة تزداد سماكتها تدريجياً وتؤدي إلى تقليل عمق البحيرة. ونتيجة لذلك يصبح وسط البحيرة غير ملائم لنمو النباتات المغمورة، وبهذا نجد أن النباتات المغمورة تهيئ وسط البحيرة ليصبح أكثر ملاءمة لنمو نباتات المرحلة التالية.

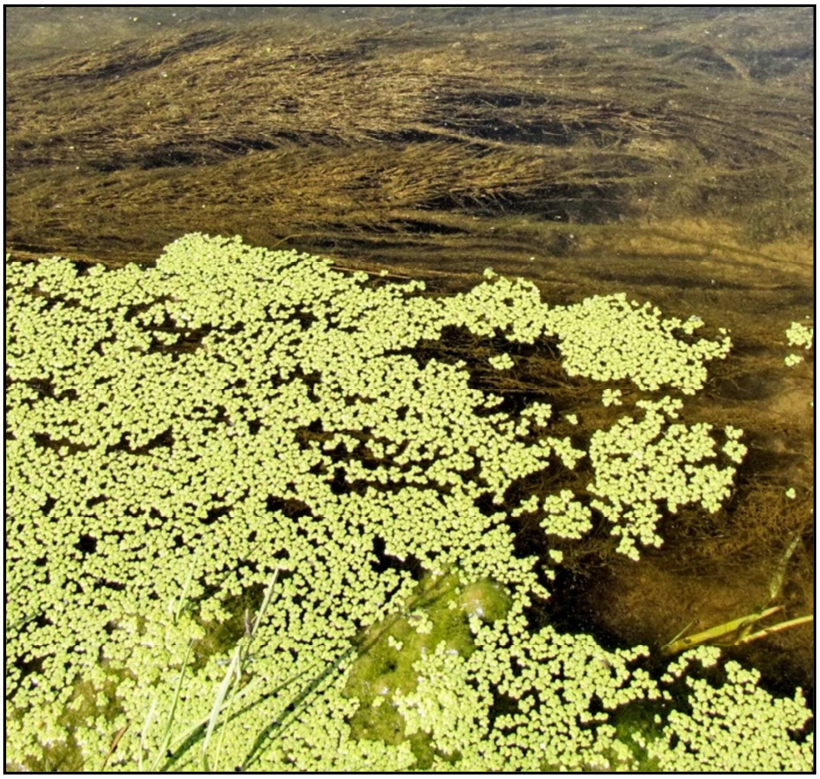
الشكل رقم (٧٨). نبات الحوذان المائي (*Ranunculus trichophyllus*) من النباتات المغمورة

الشكل رقم (٧٩). نبات نخشوش الحوت (*Ceratophyllum demersum*) من النباتات المغمورة

(١٤,١,٣) طور النباتات الطافية Floating plants stage

عندما ينخفض عمق البحيرة إلى ١ - ٢ م تقريبا، يصبح وسط البحيرة غير ملائم جزئياً لنمو النباتات المغمورة التي تستبدل تدريجياً بالنباتات الطافية (نباتات طافية الأوراق Floating leaves plants) مثل النيوفر (*Nuphar luteum*) (الشكل رقم ٨٠) والبشنين (النيوفر الأبيض)(*Nymphaea sp.*)(انظر الشكل رقم ٢٧) والترابا (*Trapa sp.*) والبستيا (*Pistia sp.*) ، والتي تهاجر إلى عمق البحيرة من الشواطئ الضحلة بوساطة ريزوماتها (Rhizomes)، ويحدث هذا التغيير بشكل تدريجي. ففي البداية تنمو النباتات المغمورة والطافية معاً، ومع مرور الزمن وانخفاض عمق البحيرة يزداد نمو النباتات الطافية وقد تغطي سطح الماء كاملاً. كما تنمو نباتات أخرى طافية ولكنها غير مثبتة في القاع مثل أنواع عدس الماء (*Lemna gibba*) (الشكل رقم٨١). تعمل النباتات الطافية على حجب الضوء وتحول دون وصوله إلى الطبقات العميقة من البحيرة، ويعد انخفاض الشدة الضوئية في عمق البحيرة من أهم أسباب موت النباتات المغمورة. وبفضل النمو الغزير للنباتات الطافية وتشابكها تعمل على ترسيب المواد التي تصل إلى البحيرة بالانجراف المائي والهوائي، كما أن بقاياها تترسب في قاع البحيرة، وبهذا ينخفض كثيراً عمق البحيرة، ويصبح وسطها أكثر ملاءمة لنمو النباتات البرمائية (Amphibious plants).

الشكل رقم(٨٠). نبات النيوفر (*Nuphar luteum*) من النباتات الطافية.



الشكل رقم (٨١). نبات عدس الماء (*Lemna gibba*) من النباتات الطافية غير المثبتة في التربة

(١٤,١,٤) طور النباتات البرمائية Amphibious plants stage

بعد أن ينخفض عمق البحيرة (٤٠ - ١٠٠ سم) ويتغير وسطها وبخاصة شدة الضوء، يصبح وسطها غير مناسب لنمو النباتات الطافية، وتبدأ النباتات البرمائية الأكثر تكيفاً لظروف البحيرة بغزوها. وتتميز النباتات البرمائية مثل البوط (*Typha domingensis*)، والأسل (*Scirpus littoralis*) والعقربان(الحجنة) (*Phragmites australis*) (الشكل رقم ٨٢) بأنها أكثر قدرة تنافسية من النباتات الطافية وذلك بسبب نموها السريع وتكاثرها الخضري وغزارة تفرعاتها وقاماتها الطويلة بحيث تظلل النباتات الطافية، وتقود هذه المنافسة إلى هجرة النباتات الطافية إلى الأماكن الأكثر عمقاً من سطح الماء في البحيرة أي باتجاه وسطها بعيداً عن الحواف (الشكل رقم ٨٣) تعمل النباتات البرمائية على تغيير الوسط المائي حيث ينخفض عمق البحيرة مما يسمح بنمو نباتات برمائية أخرى مثل الأنواع رأس الحربة (*Sagittaria sp.*) وعصا الراعي (*Polygonum sp.*) ومزمار الراعي (*Alisma sp.*). الأمر الذي يسّرع تغير الوسط الذي يصبح أقل ملاءمة لنمو النباتات البرمائية ولكنه يناسب نمو نباتات المرحلة اللاحقة.

الشكل رقم (٨٢). طور النباتات البرمائية: الأسل(*Scirpus littoralis*) (على يمين الصورة)، والعقربان (*Phragmites australis*) (على يسار الصورة).

الشكل رقم (٨٣). هجرة النباتات الطافية إلى الأماكن الأكثر عمقاً من البحيرة.

(١٤,١,٥) طور المروج Meadow stage

تبدأ نباتات هذه المرحلة مثل نبات السمار(*Juncus regidus*) والكاركس(*Carex sp.*) وغيرها في غزو البيئة بريزوماتها المتشابكة وتحل محل النباتات البرمائية. وتتفاعل هذه النباتات بدورها مع البيئة وتجمع حبيبات التربة التي يحملها الماء والريح إضافة إلى بقاياها. كما تقوم بتجفيف التربة عن طريق فقدها لكميات من الماء بالنتح. ونتيجة لذلك تصبح بيئة مجتمعات المروج في حالة من الجفاف لا تسمح بنمو النباتات المحبة للماء التي تختفي تدريجياً لتحل محلها نباتات أخرى تكون مجتمعاً جديداً. وفي المناطق الجافة قد يكون هذا المجتمع الجديد من الحشائش أو غيرها من المجتمعات الذروية الجفافية ، أما في المناطق الرطبة المطيرة فقد يتكون مجتمع شجيري.

(١٤,١,٦) الطور الشجيري Shrubby stage

يتكون المجتمع الشجيري المبكر من أنواع من الشجيرات والأشجار المحبة للماء كالصفصاف (*Salix sp.*) والكورنس (*Cornus sp.*)، وتتكاثر هذه النباتات بسرعة عن طريق ريزوماتها مكونة أحراشاً، وتتفاعل هذه النباتات مع البيئة فتعمل على خفض مستوى الماء الأرضي بسبب استنزافها المستمر لماء التربة. كما تظلل التربة

فتصبح هذه البيئة المظللة الجافة غير صالحة لنمو نباتات المروج المحبة للضوء، فتختفي تدريجياً ويحل محلها الأعشاب المتحملة للظل التي تعيش مع الشجيرات والأشجار.

(١٤,١,٧) طور الغابة الذروية Climax forest stage

تعمل الأشجار التي تغزو المجتمع الشجيري على تجفيف التربة وزيادة خصوبتها بسبب تحلل بقاياها، وتبدأ أنواع أخرى من الأشجار في غزو البيئة مكونة غابة مختلطة من الأشجار، ومع الزمن تزداد كثافة الأشجار وتتشابك هاماتها وتختفي الشجيرات غير المتحملة للظل. وتبقى الشجيرات والأعشاب المتحملة للظل وتتوقف غزارة ونمو هذه النباتات الشجيرية والعشبية على الأشجار السائدة التي تتحكم في البيئة. وهكذا تتحول المساحة التي كانت في وقت ما مغطاة بالماء إلى غابة حلت فيها النباتات ذات الاحتياجات المائية المتوسطة (النباتات الوسطية Mesophytes) محل النباتات المائية والمحبة للماء (النباتات الرطوبية Heleophytes).

تتميز الغابة الذروية باحتوائها على أنماط مختلفة من النباتات، فإلى جانب الأشجار توجد الشجيرات والأعشاب والحزازيات القائمة (Mosses)، والأنواع المتحملة للظل، إضافة إلى البكتيريا والفطريات وغيرها من الكائنات الدقيقة التي تحلل البقايا النباتية وتغني التربة بالمادة العضوية. ولكن الأنواع الشجرية هي السائدة وهي التي تتحكم في الأنواع الأخرى من خلال تأثيرها الكبير في البيئة. وتعد الغابة الذروية المرحلة الأخيرة من سلسلة التعاقب التي يحدث تدريجياً نتيجة التأثيرات المتبادلة بين النباتات والوسط. وهي عملية بطيئة وتحتاج إلى زمن طويل، ويمكن ملاحظة بعض مراحل التعاقب المائي عند الانتقال من وسط البحيرة (العميق) إلى شواطئها الضحلة (الشكل رقم ٨٣).

ولابد من التنويه إلى أن التعاقب النباتي هو عملية ديناميكية بطيئة ومستمرة، ولا يستبدل فيها مجتمع (أو طور) بآخر فجأة. فالأنواع السائدة في أي مرحلة من سلسلة التعاقب يمكن أن تبقى إلى جانب الأنواع الغازية الجديدة لفترة طويلة. وتساهم في تغيرات وسط المجتمع النباتي، وعندما يصبح الوسط غير مناسب كلياً لنموها، تصبح الأنواع الغازية الجديدة الأكثر تكيفاً وإنتاجاً هي السائدة في المجتمع النباتي الجديد.

(١٤,٢) سلسلة التعاقب النباتي الجفافي
Plant xerosere

يحدث التعاقب الجفافي، عادة، في المناطق الجافة وعلى الصخور التي تبرز على السطح نتيجة التعرية المائية أو بواسطة الرياح، أو بفعل البراكين أو ذوبان الجليديات وغيرها. ويتميز الوسط بجفافه الشديد، ذلك أن الصخور تتعرض إلى الأشعة الشمسية المباشرة، ولا تتوفر الرطوبة على سطوحها الملساء، كما أن درجات الحرارة شديدة التفاوت. وأهم أطوار سلسلة التعاقب الجفافي على الصخور العارية هي (ويفر وكليمنتس، ١٩٦٢ Shukla and Chandel, 2001;Schennekov, 1964; Pidwirny, 2006):

(١٤,٢,١) طور الأشنات القشرية Crustose lichens stage

تتمكن الأشنات القشرية (الشكل رقم٨٤)، مثل أشنه ريزوكاربوس (*Rhizocarpus sp.*) وأشنة لاسيديا (*Lacidea sp.*) وغيرها، من التثبت والنمو على سطوح الصخور الملساء بفضل بعض الخصائص التي تتميز بها. إذ إنها تنمو فقط في الفترة الرطبة، وتجف عند جفاف سطح الصخور ولكنها تبقى حية، كما أن طبيعتها الأسفنجية تمكنها من امتصاص الماء عند توفره، كما تمتص النيتروجين والمواد المعدنية من مياه الأمطار. تفرز الأشنات القشرية، أثناء عملية التنفس، غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يتحد مع الماء ويشكل حمض الكربونيك (Carbonic acid). يتفاعل حمض الكربونيك مع الصخر ويفتته، وبذلك تتشكل حبيبات صغيرة تختلط مع بقايا الأشنات القشرية بعد تفككها وتتشكل بذلك طبقة رقيقة جداً من التربة على سطح الصخور وفي الشقوق. يؤدي تشكل طبقة رقيقة من التربة المختلطة ببقايا الأشنات إلى توفر بيئة مناسبة لنمو نباتات المرحلة التالية.

الشكل رقم (٨٤). طور الأشنات القشرية النامية على سطوح الصخور

(١٤,٢,٢) طور الأشنات الورقية والشجيرية Foliose and Fruticose lichens stage

بعد تشكل طبقة رقيقة من التربة على سطوح الصخور، تتوفر البيئة المناسبة لنمو الأشنات الورقية مثل ديرماتوكاربون (*Dermatocarpon sp.*)، والبارميلا (*Parmella sp.*) وأمبيليكاريا (*Umbilicaria sp.*) وغيرها، التي

تحل بالتدريج محل الأشنات القشرية، وتؤدي إلى تغير تدريجي في الوسط، حيث يؤدي نمو الثالوس(Thallus) (الذي يشبه الورقة) إلى تغطية سطح الصخور ويظلل الأشنات القشرية. ومع انخفاض شدة الضوء تبدأ الأشنات بالزوال. تعمل الأشنات الورقية على تجميع الماء، وتخفض شدة التبخر من السطح، وتجمع حبيبات الغبار والدبال بوتيرة متسارعة، كما يعمل حمض الكربونيك على تزايد تفكك الصخور، ويزداد سمك طبقة التربة المتشكلة. وبهذا تصبح ظروف الوسط بالتدريج أقل ملائمة لنمو الأشنات الورقية، ولكنها ملائمة لنمو الحزازيات الجفافية(Xerophytic mosses)، وبذلك يبدأ الطور اللاحق من سلسلة التعاقب.

(١٤,٢,٣) طور الحزازيات Mosses stage

حالما تتشكل طبقة رقيقة من التربة في الشقوق وتجاويف الصخور، تتمكن أبواغ (Spores) الحزازيات الجفافية (Xerophytic mosses)، مثل البوليتريكوم (*Polytrichum sp.*) والتورتولا(*Tortula sp.*)، والغريميا (*Grimia sp.*) وغيرها من الإنبات. وتبدأ بمنافسة الأشنات الورقية من أجل الماء والمواد الغذائية، وتتفوق عليها وذلك لأنها تمتلك سوقاً قائمة وتفوق في طولها الأشنات الورقية، إضافة إلى أنها متحملة للجفاف ؛ وبالتالي فهي أكثر مقدرة تنافسية من الأشنات (الشكل رقم ٨٥).

الشكل رقم (٨٥).الانتقال من طور الأشنات الورقية (أعلى الصورة) إلى طور الحزازيات، كما يلاحظ بقايا الأشنات القشرية (اللون البرتقالي)

تتميز الحزازيات بغناها بالمركبات العضوية وغير العضوية التي تضاف إلى التربة بعد موتها وتفككها مما يزيد من خصوبتها. وسرعان ما تتجمع التربة بين سيقان الحزازيات القائمة بسبب حجزها لجزيئات التربة التي يحملها الهواء وبسبب موت الجزء السفلي من الحزازيات التي يستمر نموها من الجزء العلوي. تؤدي هذه التغيرات إلى تشكل بيئة جديدة تساعد على ازدهار الحزازيات القائمة وزيادة المساحة التي تشغلها، وبذلك تترك الأشنات الورقية مكانها للحزازيات القائمة (الشكل رقم ٨٦).

الشكل رقم (٨٦). استعمار الحزازيات لكامل مساحة الموقع

(١٤,٢,٤) طور النباتات العشبية Herbs stage

للحزازيات دور كبير في تكوين التربة والاحتفاظ بها لدرجة أن بذور عدد من النباتات العشبية الجفافية، وخاصة النباتات الحولية سريعة الزوال (Ephemerals)، تتمكن من الإنبات وإكمال دورة حياتها (الشكل رقم ٨٧)،

وتتعمق جذورها في الصخور مما يسرع من عملية تفتت الصخور. وبمرور الزمن تعمل بقاياها المتفككة على إضافة الدبال إلى التربة، كما يؤدي نموها المتزايد إلى خفض كل من شدة الإضاءة وتبخر الماء، وخفض تغيرات درجة الحرارة، وبالتدريج ومع تغير ظروف الوسط، تبدأ النباتات العشبية الجفافية ثنائية الحول(Biennials) أو المعمرة مثل (*Aristida sp.*)، و(*Festuca sp.*) و(*Poa sp.*) وغيرها، بغزو هذه المواقع والتوطن فيها، ويزداد عددها كلما تحسنت ظروف البيئة. ويزداد، مع الزمن، تشابك الجذور وتظليل التربة ومعدل تفتت الصخور وتجمّع الدبال والمواد الغذائية. كما تنخفض تغيرات درجة الحرارة ومعدل التبخر، وتزداد رطوبة التربة زيادة طفيفة، وتقصر طول فترة الجفاف. وبالنتيجة يؤدي تفاعل النباتات العشبية مع البيئة، وخاصة تقليل شدة الإضاءة، إلى تكون وسط جديد غير مناسب لنمو الحزازيات مما يؤدي إلى زوالها التدريجي.

الشكل رقم (٨٧). تشكل الحزازيات الوسط المناسب لنمو النباتات الحولية سريعة الزوال

(١٤,٢,٥) طور الشجيرات Shrubs stage

بعد التغيرات التي تحدثها النباتات العشبية في الموقع، تصبح البيئة مواتية لنمو النباتات الشجيرية الجفافية(Xerophytic shrubs). ويبدأ طور النباتات الشجيرية التي تنتقل بذورها من المناطق المتاخمة بواسطة الرياح أو الطيور، أو يجري انتقالها عن طريق امتداد الريزومات. تتميز المراحل الأولى من طور الشجيرات ببطئها الشديد، ولكن عندما تستقر بعض الشجيرات يزداد انتشارها غالباً بواسطة الطيور، وتنمو الشجيرات تدريجياً وتظلل الأعشاب، وعندما تنمو بدرجة كافية تنخفض شدة الإضاءة بشكل ملحوظ في مستوى النباتات العشبية، وتصبح البيئة غير مناسبة لنمو الأعشاب المحبة للضوء مما يؤدي إلى زوالها تدريجيا. وتحدث الشجيرات تفاعلات كبيرة في البيئة، حيث تعمل الجذور العميقة على زيادة معدل تفتت التربة، كما تنخفض شدة الرياح ومعدل التبخر من سطح التربة. وتؤدي هذه التفاعلات مجتمعة إلى تقليل جفاف الوسط الذي يصبح رطباً جزئياً (Moderately moist). كما تزداد خصوبة التربة ومقدرتها على الاحتفاظ بالماء، وبهذا تتشكل بيئة مناسبة لإنبات بذور الأشجار ونمو بادراتها.

(١٤,٢,٦) طور الأشجار أو الغابة الذروية Trees or forest climax stage

تصبح البيئة، كما ذكر سابقاً، مناسبة لإنبات بذور الأشجار ونمو بادراتها، وأول ما يظهر من الأشجار تلك التي تمتلك من الخصائص ما يمكنها من تحمل الجفاف. وتنمو الأشجار بداية متباعدة عن بعضها البعض، إلا أنه باستمرار عمليات تفتت الصخور وزيادة سماكة التربة، تزداد الأشجار عدداً وقوة. وبازدياد الظل الذي تضفيه هذه الأشجار على البيئة تزول الشجيرات المحبة للضوء ويحل محلها الشجيرات الميزوفيتية (الوسطية) (Mesophytic shrubs) والمتحملة للظل. كما تبدأ الأعشاب في أرضية الغابة الظليلة بالزوال وتحل محلها أعشاب محبة للظل، وهكذا يصبح وسط الغابة أكثر رطوبة والتربة أكثر خصوبة مما كان سائداً من قبل، كما تنمو في الغابة الحزازيات (Mosses) والسراخس (Ferns) وكذلك الفطور (Mashrooms).

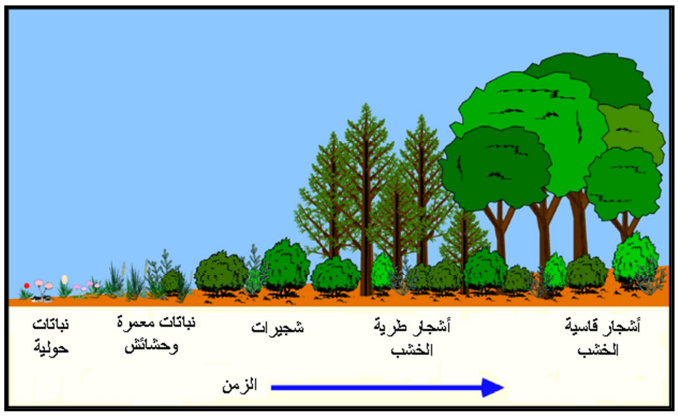
وهكذا تتغير البيئة، في سلسلة التعاقب الجفافي، كما هي الحال في سلسلة التعاقب المائي، من بيئة متطرفة إلى أخرى متوسطة من حيث العلاقات المائية. ويقابل ذلك تغير في الغطاء النباتي من نباتات جفافية أو نباتات مائية إلى غابة ميزوفيتية (وسطية) (Mesophytic forest).

الفصل الخامس عشر

التعاقب النباتي الثانوي
Secondary plant succession

وهو الذي يحدث على مساحات ثانوية كتلك التي قطعت منها الأشجار أو أحرقت أو غمرت بمياه الفيضان أو غير ذلك من عوامل التعرية. ويطلق على سلاسل التعاقب التي تحدث على هذه المساحات السلاسل الثانوية للتعاقب (Subseres). ولما كانت التربة في هذه المواقع البيئية الثانوية (Secondary ecotopes) متكونة فعلاً كما يوجد فيها أعضاء تكاثر متناثرة لذا يكون التعاقب سريعاً بصفة دائمة تقريباً. ويقتصر في الغالب على تكرار المراحل المتوسطة والنهائية من التعاقب الابتدائي، ويستغرق التعاقب الثانوي، عادة، فترة زمنية أقل بـ ٥ ـ ٧ مرات بالمقارنة مع التعاقب الابتدائي (Major, 1974).

وتتوقف سرعة ومراحل التعاقب الثانوي وتشابه أو اختلاف مراحله مع التعاقب الابتدائي على درجة التأثير الذي أحدثه العامل الخارجي الذي سبب تهدم الغطاء النباتي السابق. فإذا كان العامل الخارجي المسبب لسلسلة التعاقب الثانوي شديد الوطأة كالحريق الشديد الذي يترافق بإلغاء التأثيرات السابقة على الموقع، حيث تحترق كافة المادة العضوية في التربة مما يغير من قوامها وتركيبها الكيميائي. كما تتعرض التربة إلى عمليات الانجراف، فإن سلسلة التعاقب الثانوي تكون طويلة وبطيئة. أما إذا كان العامل الخارجي المسبب لحدوث التعاقب الثانوي خفيف الوطأة، مثل قطع أشجار الغابة بحيث لا تزول كلياً التأثيرات السابقة التي أحدثها المجتمع النباتي في البيئة، فإن سلسلة التعاقب الثانوي تكون قصيرة وسريعة. فالتعاقب بعد قطع الأشجار في غابة متساقطة الأوراق قد يشتمل على مرحلة الشجيرات تتبعها الغابة الذروية التي تتكاثر من البراعم الموجودة في قواعد الأشجار المقطوعة أو من البادرات والبذور التي بقيت سليمة. وبصورة عامة يتميز التعاقب الثانوي بالمراحل التالية (الشكل رقم ٨٨) (Horn, 1974) :



الشكل رقم (٨٨). سلسلة التعاقب الثانوي في حقول دمر فيها الغطاء النباتي واستغرقت ١٢٠ عاماً (Pidwirny, 2006).

١- المرحلة الأولى وتسود فيها الأعشاب الحولية الطليعية، وتستمر نحو سنتين.

٢- تبدأ بعد السنة الثانية الأعشاب المعمرة بالسيادة وبخاصة النجيليات وتتحول المنطقة إلى سهب (Steppe).

٣- يتحول السهب بعد ذلك إلى غطاء نباتي تسود فيه الشجيرات القصيرة في البداية ثم الشجيرات الطويلة، ويستمر ذلك من ٢٠ إلى ٣٥ سنة.

٤- يبدأ المجتمع بعد ذلك في التحول تدريجياً إلى منطقة تنمو فيها الأشجار وتستمر هذه المرحلة نحو ٥٠ عاماً حيث يتحول المجتمع إلى غابة.

٥- وبعد نحو ٢٠٠ سنة يمكن أن تتحول هذه الغابة إلى غابة ذروية وذلك إذا لم تتعرض إلى تأثيرات تهدم المجتمع النباتي وبالتالي تعود سلسلة التعاقب من جديد.

(١٥,١) الذروة (الأوج) Climax

(المجتمع النباتي الذروي Climax plant community)

يتضح مما ورد سابقاً أن التغيرات التي تحدث في الموقع البيئي (Ecotope)عميقة بحيث يؤدي الغطاء النباتي إلى تغيير ظروف الموقع البيئي تغيراً كبيراً لدرجة أن الأنواع النباتية التي سبق وتوطنت في الموقع البيئي تصبح غير قادرة على الاستمرار فيه بسبب تغير ظروف البيئة وبسبب التنافس. ومن مظاهر هذا التغير أن تحل الشجيرات محل الاعشاب والأشجار محل الشجيرات وذلك متى كان تحور البيئة في صالح نموها. ولكن لما كان من العسير أن يستمر تغير البيئة إلى مالا نهاية فإن الطور النهائي من أطوار تغير المجتمع النباتي ـ سواءً كان طور الأعشاب أو الشجيرات أو الأشجار ـ لا يقرره إلاَ عامل المناخ. ورغم أن التتابع العام في سلسلة من السلاسل يسير بنفس النظام في كل مكان تقريباً إلاَ أن المجتمع الذروي الذي ينتهي إليه التعاقب يحدده المناخ السائد. فلو أن سلسلة التعاقب حدثت في مناخ السهوب لما حدث طور الشجيرات وطور الأشجار ولكان المجتمع الذروي هو الغطاء النباتي العشبي. أما إذا حدثت سلسلة التعاقب في مناخ ملائم لتكون الغابات لكان المجتمع النباتي الذروي هو الغابة. والغابة هي أعلى أطوار

الغطاء النباتي التي يمكن للبيئة تحملها تحت الظروف المناخية القائمة. ويكون الغطاء النباتي الذروي في حالة توازن مع المناخ السائد في منطقة ما وبالتالي فهو في حالة استقرار ما دام المناخ السائد مستقراً. وبما أن المناخ السائد لا يتغير خلال آلاف السنوات لذا فإن هذه المجتمعات الذروية هي في حالة توازن تام مع المناخ المستقر. وقد أطلق كليمنتس (Clements, 1916 – عن Shukla and Chandel,2001) على الغطاء النباتي الذروي هذا اسم الذروة المناخية (Climatic climax). أما المجتمعات النباتية كافة التي تشكلت أثناء التعاقب فيعدها مراحل في سلسلة التعاقب التي تؤدي إلى الذروة المناخية، وهكذا يميز كليمنتس مجتمعات نباتية مرحلية تعقب بعضها بعضاً في سلسلة التعاقب ومجتمعات نباتية ذروية وهي المرحلة النهائية للتعاقب.

وحسب رأي كليمنتس فإنه سواءً كانت بداية التعاقب في الماء أو على الصخر الأ صم أو على التربة الرملية فإن هذا التعاقب ينتهي في المنطقة الواحدة ذات المناخ الواحد بنفس الطور الذروي بعد سلسلة من الأطوار المتعاقبة. وهذا ما يعرف بنظرية الذروة الوحيدة (Monoclimax). وبالتالي؛ فإن أي منطقة لها الظروف المناخية نفسها تتميز بذروة نباتية واحدة لها غطاء نباتي متشابه وإن اختلفت الأنواع المكونة له في أجزائه المختلفة. ولكن أشكال الحياة (Life forms) السائدة فيه واحدة. فمثلاً الذروة النباتية في التايغا (Taiga) الأوروبية الآسيوية هي الغابات المخروطية (Coniferous forests) التي يسود في الجزء الغربي منها التنوب(*Picea excelsa*) أما في الجزء الشرقي فيسود نـوع التنوب (*Picea obovata*) والشوح السيبيري (*Abies sibirica*) والصنوبـر السيـبيري(*Pinus sibirica*). وبالرغم من أنها تختلف عن التنوب الذي يسود في غرب التايغا إلاّ أنها تنتمي جميعها إلى شكل حياة واحد (فهي أشجار عارية البذور ومتحملة للظل). ويسود في المناطق ذات المناخ المعتدل الغابات متساقطة الأوراق بالرغم من أن الأنواع التي تسود في أوروبا هي أنواع البلوط (*.Quercus spp*) والزيزفون(*.Tilia spp*) والقيقب (*.Acer spp*) والدردار (*.Fraxinus spp*). أما في غرب سيبيريا فتسود البتولا (*.Betula sp*) ولكن جميع هذه الأشجار تنتمي إلى شكل حياة واحد (أشجار متساقطة الأوراق).

وتتميز ذروة الغطاء النباتي المناخية (Climatic vegetation climax) بأن التركيب النوعي فيها شديد التنوع ويحتوي على العدد الأكبر من الأنواع المميزة للمنطقة، ولها على كامل امتدادها نفس التركيب والسلاسل الغذائية (Food chains). كما أنها نظام مستقر وفيها توازن بين الطاقة التي تتلقاها من الشمس والطاقة المتحررة بنتيجة العمليات المختلفة التي تحدث فيها (التنفس، والتفكك...) وبين كمية العناصر المعدنية التي تمتصها النباتات وتلك التي تعود إلى التربة. وفيها تستبدل الأفراد بأخرى من النوع نفسه؛ وبالتالي يبقى تركيبها ثابتاً ومستقراً. وتعد أشكال الحياة السائدة فيها مؤشراً لنمط المناخ السائد (Shukla and Chandel, 2001).

وبينما تكون الذروة النباتية مستديمة بسبب تواؤمها التام مع البيئة السائدة والمستقرة، فإن حالة التواؤم هذه حالة حركية (ديناميكية) (Dynamic) وليست ساكنة (ستاتيكية) (Static). إذ تحدث فيها تغيرات تبعاً للفصل أو السنة (انظر التغيرات الفصلية والسنوية للمجتمعات النباتية). فمثلاً قد توجد النباتات الحولية الصحراوية في المجتمع

الذروي في المناطق الصحراوية بالملايين في بعض السنوات وتختفي في سنوات أخرى (الشكل رقم ٨٩). وقد تسود الحشائش (Grasses) في سنة أو عدد من السنين، ويسود غيرها في سنة أو سنوات أخرى. غير أن هذه التغيرات ما هي إلاَ تحورات دورية أو ظاهرية، تحدث في نطاق الذروة ولا تكون مدمرة لها ما دامت بمنأى عن تأثير الإنسان الذي كثيراً ما يدمر الاستقرار الذي يسود في الذروة والذي تكون تحت سيطرة المناخ السائد.

الشكل رقم (٨٩). يظهر نبات أليسوم(*Alyssum meniocoides*) (اللون الأصفر) بأعداد كبيرة في بعض السنين ويختفي في سنوات أخرى

(١٥,١,١) تحت الذروة Sub- climax (الذروة الثانوية Secondary climax)

لاحظ كليمنتس أن سلسلة التعاقب الكاملة تنتهي بطور ذروي يصل فيه النوع أو الأنواع السائدة وتفاعلاتها إلى درجة يستبعد معها وفود أنواع سائدة أخرى. إلاَ أنه كثيراً ما يحدث أن الذروة المناخية تتوقف في الطور قبل النهائي من التعاقب، نتيجة أسباب غير مناخية تحول دون وصولها إلى الذروة، مثل الحرائق المتكررة أو القطع أو الرعي أو غير ذلك من الأسباب وتعرف هذه الذروة بالذروة الثانوية. وهي ذروة ناقصة ويتوقف فيها تطور الغطاء النباتي بفعل عوامل مختلفة ولكنها غير مناخية. وتُمثل الذروة الثانوية الطور الذي يسبق الذروة مباشرة في السلاسل كافة الابتدائية منها والثانوية. وهي بعكس الذروة المناخية تحتل مساحات أصغر من المساحات التي تشغلها الذروة المناخية.

(١٥,١,٢) الذروة السابقة واللاحقة Pre-climax and post-climax

تقف سلسلة التعاقب في أي منطقة ذات مناخ سائد واحد عند الذروة المناخية، ولكن يحدث أن تقف عقبة طبيعية أمام هذا التعاقب. لذا يبقى الغطاء النباتي في بعض أجزاء المنطقة أكثر جفافية بينما يكون الغطاء النباتي المحيط ميزوفيتياً، مثال ذلك الغطاء النباتي العشبي على السفوح الجنوبية المشمسة في مناطق الغابات. ويطلق على هذه

المجتمعات النباتية الأكثر جفافية اسم الذروة السابقة (Pre-climax) (الشكل رقم ٩٠). وعلى العكس يمكن أن يكون الغطاء النباتي جفافياً (Xerophytic) كما في الصحارى بينما يكون وسطياً (Mesophytic) في الأودية والمنخفضات (الشكل رقم ٩١)، وذلك بسبب الجريان السطحي للماء والذي يجرف معه التربة الغنية بالمادة العضوية، ويطلق على هذه المجتمعات الأقل جفافية اسم الذروة اللاحقة (Post-climax).

الشكل رقم ٩٠). الذروة السابقة (Pre-climax) حيث يسود الغطاء النباتي العشبي على السفوح الجنوبية المشمسة (اليمين) في مناطق الغابات (اليسار).

الشكل رقم (٩١). الذروة اللاحقة في منخفضات البادية السورية

(١٥,١,٣) الذروة المضطربة Disclimax (Distributed climax)

تنشأ الذروة المضطربة نتيجة تحور أو تبدل في الذروة المناخية الحقيقية تحت تأثير عوامل خارجية غير مناخية. وقد يكون الاضطراب عاماً، كما يحدث نتيجة الزراعة، أو جزئياً كما يحدث بفعل الرعي. والذروات المضطربة تكاد تكون دائماً نتيجة تدخل الإنسان أو الحيوانات المستأنسة. وليس من غير المألوف أن يكون القطع الإنتخابي للنباتات أو الأمراض الوبائية من العوامل المؤدية إلى تكوين الذروات الإضطرابية. ومن أمثلة الذروات الإضطرابية مجتمعات الحشائش القصيرة في البراري المختلطة والتي تعود إلى الرعي.

(١٥,٢) النظريات الخاصة بطبيعة الذروة
Theories regarding nature of climax

يوجد وجهات نظر تفسر مفهوم الذروة أهمها (Shukla and Chandel, 2001):

(١٥,٢,١) نظرية الذروة الوحيدة Monoclimax theory

ويطلق عليها أيضاً الذروة المناخية (Climatic climax)، والتي اقترحها كليمنتس (Clements,1916) الذي يعتقد أنه يوجد في أي منطقة ذات مناخ متشابه ذروة نباتية واحدة، وتُحدد خصائصها تدريجياً تحت سيطرة المناخ. وذلك لأن عمليات التعاقب وتعديل ظروف الوسط تكون من الشدة بحيث تلغى التأثيرات الناجمة عن طبغرافيا المنطقة أو التربة وغيرها. وبالتالي يسود في كامل المناطق متشابهة المناخ، غطاء نباتي متماثل. وإذا وجد في المنطقة مجتمعات نباتية غير ذروية فإنها تنتمي واقعاً إلى الذروة، وتُميز إلى تحت الذروة أو الذروة اللاحقة أو الذروة الاضطرابية.

(١٥,٢,٢) نظرية الذروات المتعددة Polyclimax theory

وقد اقترحت من قبل تانسلي (Tansley, 1935) (– عن Shukla and Chandel,2001) الذي يعتبر أن الذروة النباتية هي مجتمع مستقر وقادر على البقاء. وقد يوجد أي منطقة أكثر من ذروة واحدة، وتنجم هذه الذروات عن اختلاف ظروف التربة (الرطوبة أو التركيب المعدني وغيرها) أو الطبوغرافيا أو تعرض السفوح (Slope exposure)، أو الحرائق وغيرها.

(١٥,٢,٣) نظرية أنماط الذروات Climax patterns theory

وتبعاً لهذه النظرية يوجد تنوع في الذروات في المنطقة الواحدة، تحكمها استجابة الأنواع للعوامل الحية وغير الحية. أما الوسط العام للنظام البيئي فيحدد تركيب المجتمع النباتي والأنواع التي تستعمره وتوازنه، علماً بأن الذروة الأساسية السائدة في المنطقة هي الذروة المناخية.

الفصل السادس عشر

التغيرات (التذبذبات) الفصلية والسنوية للمجتمعات النباتية

Seasonal and annual changes (fluctuations)of plant communities

لا يبقى أي مجتمع نباتي على حاله على مدار العام أو بتتالي السنوات، وإنما تطرأ عليه تغيرات في بنيته ومظهره الخارجي وفي التفاعلات بين النباتات المكونة له مع بعضها البعض وبين النباتات والوسط المحيط، وتتميز هذه التغيرات (Changes)(التذبذبات Fluctuations) بأنها لا تقود إلى استبدال المجتمع النباتي بمجتمع آخر وتنقسم هذه التغيرات إلى تغيرات فصلية وتغيرات سنوية:

(١٦,١) التغيرات الفصلية للمجتمعات النباتية

Seasonal changes of plant communities

تعود التغيرات الفصلية (الحالة الموسمية Periodicity) للمجتمعات النباتية إلى تغيرات عوامل البيئة الخارجية على مدار العام من شدة الضوء ودرجة الحرارة وكمية الأمطار وغيرها. وإلى اختلاف الأنواع النباتية المكونة للمجتمعات النباتية عن بعضها البعض في اجتيازها للمراحل الفينولوجية (Phenological stages) خلال فصل النمو الواحد. ويتكرر التغير الفصلي (الحالة الموسمية) للمجتمع النباتي بالشكل نفسه تقريباً من عام لآخر. ويستثنى من ذلك فقط السنوات التي تكون فيها الظروف المناخية متطرفة وبعيدة عن المتوسط العام. ونظراً لأن كل مجتمع نباتي يوجد في ظروف مناخية وعلى تربة تختلف عن المجتمعات الأخرى، فإن له تغيرات فصلية مميزة له.

تنتج تغيرات ظروف الوسط خلال العام من طبيعة المناخ السائد في المنطقة، أي نتيجة تغيرات درجة الحرارة والرطوبة وطول النهار وغيرها. وباستثناء المناطق الاستوائية، فإن عوامل المناخ تتغير على مدار العام. ويمكن تمييز فترتين في السنة إحداهما مناسبة لنمو النباتات المكونة للمجتمع النباتي، والأخرى غير مناسبة وتكون فيها النباتات،

غالباً، في مرحلة الكمون. ويمكن أن يعود انتهاء الفترة المناسبة لنمو النباتات إلى انخفاض درجة الحرارة أو نقص الرطوبة أو ارتفاع درجة الحرارة إذ لا يبقى في التربة من الرطوبة ما يكفي النباتات. وهذا ما نلاحظه في المناطق الجافة حيث ينمو عدد كبير من النباتات الحولية والمعمرة في بداية الربيع، عندما تكون الرطوبة متوفرة ودرجة الحرارة مناسبة، وتكّون غطاءً نباتياً كثيفاً. ومع حلول الصيف، حيث درجة الحرارة المرتفعة والرطوبة المنخفضة تكون هذه الأنواع قد أنهت دورة حياتها ولا يبقى في المجتمع النباتي سوى النباتات المتحملة للجفاف. تعود التغيرات الفصلية للمجتمعات النباتية إلى تكيف الأنواع المكونة للمجتمع النباتي للبيئة التي يوجد فيها المجتمع، ذلك لأن الأنواع النباتية تختلف عن بعضها البعض في بدء فترة نموها أو إنبات بذورها وإزهارها وإثمارها. وبالتالي في طول دورة حياتها. فبعضها يبدأ بالنمو مبكراً وبعضها الآخر متأخراً وبعضها يزهر في الربيع المبكر وينهي دورة حياته بسرعة كالأنواع العشبية الموسمية (الحولية) (Ephemerals) سريعة الزوال وبعضها الآخر يزهر في الخريف، كما أن منها أنواعاً عشبية معمرة شبه موسمية (Ephemeroids). ولهذا يختلف المظهر الخارجي للمجتمع النباتي باختلاف أوقات فصل النمو. كما يختلف أيضاً التركيب الفلوري (Floristic composition) والتفاعلات المتبادلة بين النباتات مع بعضها البعض، وبين النباتات والوسط المحيط ويتغير إنتاج المجتمع النباتي وغيرها من الخصائص التحليلية للمجتمع النباتي.

وتتميز المجتمعات النباتية العشبية بتكرار المراحل الموسمية التالية خلال فصل النمو الواحد وهي:

(١٦,١,١) المرحلة قبل الربيعية Prevernal stage

يتوقف بدء هذه المرحلة عادة على درجة الحرارة، وفيها يبدأ نمو النباتات التي كانت في مرحلة الكمون وتتفتح البراعم الورقية وتبدأ الأوراق بالنمو ويتحول مظهر المجتمع النباتي إلى اللون الأخضر. ويكون نمو النباتات أساساً على حساب المواد المدخرة من العام السابق. وتندر الأنواع المزهرة، ويكون تأثير النباتات في الوسط المحيط ضعيفاً وكذلك تأثير النباتات في بعضها البعض. وليس للمجتمع النباتي أي أهمية اقتصادية.

(١٦,١,٢) المرحة الربيعية Vernal (spring) stage

وفيها تنمو النباتات العشبية والحشائش بوفرة عالية وتشكل طبقة خاصة بها وتزداد التغطية وتصبح النباتات القصيرة في ظل الأعشاب الطويلة، ويترافق النمو السريع للأعشاب بتفاعلات متبادلة بين النباتات مع بعضها البعض وبين النباتات وعوامل البيئة الخارجية. كما يترافق أيضاً مع نقص في محتوى التربة من الماء، ويأخذ المجتمع النباتي مظهراً خاصاً بسبب إزهار الأنواع المختلفة، ويكون إنتاج المجتمع النباتي مرتفعاً ولكنه لم يبلغ حده الأقصى بعد.

(١٦,١,٣) المرحلة الصيفية Aestival (summer) stage

وفيها تنهي معظم النباتات إزهارها وتتشكل الثمار، وتبلغ النباتات أقصى درجة نمو لها، وبالتالي يبلغ إنتاج المجتمع النباتي ذروته، ويتوقف، في نهاية هذه المرحلة، نمو معظم الأعشاب وتقل حاجتها إلى ماء التربة، كما يزداد كثيراً ادخار النباتات للمواد الغذائية إما في البذور أو في الأجزاء المطمورة تحت التربة.

(١٦,١,٤) المرحلة الخريفية Autumnal stage

قليل من الأنواع تزهر في هذه المرحلة، ويغلب على مظهر المجتمع النباتي لون الثمار والأوراق الذابلة والمصفرة، وتنخفض تغطية المجتمع النباتي كما تنهي أغلب الأعشاب والحشائش دورة حياتها. وينخفض إنتاج المجتمع النباتي وذلك لأن معدل سقوط الأوراق يفوق معدل النمو، وتنعدم الأنواع المزهرة.

(١٦,١,٥) المرحلة الشتوية Hibernal (winter) stage

في المناطق الصحراوية الجافة (Dry deserts) منها ونصف الصحراوية (Semi deserts) ، تختلف التغيرات الفصلية للمجتمعات النباتية عنها في مناطق السهوب، حيث يتغير مظهر المجتمع النباتي بصورة أكثر سرعة ووضوحاً. ففي الربيع، عندما تكون التربة رطبة ودرجة الحرارة مناسبة، تنمو الأعشاب الموسمية(الحولية) سريعة الزوال والمعمرة الموسمية قصيرة الفترة الخضرية بسرعة ملحوظة، ويتلون المجتمع النباتي بألوان مختلفة (الشكل رقم ٩٢). وفي نهاية الربيع، عندما تجف الطبقات السطحية للتربة وترتفع درجة الحرارة وتنخفض رطوبة الهواء، تكون النباتات قد أنهت دورة حياتها ودخلت في طور الكمون (السبات) (Dormancy) إما على شكل بذور أو أعضاء مطمورة في التربة كالريزومات والأبصال وغيرها. أما في الصيف فتسود النباتات الجفافية ذات الأوراق ناصلة اللون كالشيح وأنواع السالسولا والشنان، وهي التي تحدد المظهر الخارجي للمجتمع النباتي (الشكل رقم ٩٣).

الشكل رقم (٩٢). المجتمع النباتي في الربيع.

الشكل رقم (٩٣). المجتمع النباتي نفسه (الشكل رقم ٩٢) ولكن في الخريف

تتطلب معرفة ودراسة التغيرات الفصلية للمجتمعات النباتية ملاحظات دورية خلال كامل فصل النمو. وتعطينا دراسة التغيرات الفصلية فكرة عن الأطوار التي يمر بها المجتمع النباتي خلال العام والعوامل البيئية التي تحدد ذلك. كما تمكننا من معرفة العلاقات المتبادلة بين النباتات مع بعضها البعض ومع الوسط المحيط. فاختلاف المراحل الفينولوجية للأنواع المكونة للمجتمع النباتي يعني استغلالاً أكبر للبيئة وتقليل حدة التنافس بين الأنواع النباتية. وتعطينا فكرة، وخاصة في المجتمعات النباتية العشبية، عن الفترة التي يكون فيها إنتاج المجتمع النباتي في الذروة والفترة المناسبة للرعي وغيرها.

(١٦,٢) التغيرات السنوية للمجتمعات النباتية

Annual changes of plant communities

تطرأ على المجتمعات النباتية، إضافة إلى التغيرات الفصلية، تغيرات أخرى من عام لآخر وهي التغيرات السنوية. فعندما تكون الأمطار وفيرة يزداد عدد أفراد كل نوع في المجتمع كما يزداد حجمها وتغطيتها وإنتاجها. والعكس يحدث في السنوات الجافة، وعندما يتأخر ارتفاع درجة الحرارة في الربيع يتأخر إنبات البذور مقارنة بالسنوات الدافئة. وعندما يبدأ فصل الأمطار مبكراً، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، تنمو وتزهر أنواع نباتية حولية تختلف عن الأنواع التي تنمو وتزهر عندما يتأخر فصل الأمطار، أي تعاني المجتمعات النباتية من تذبذبات سنوية ولكن هذه التذبذبات لا تجري في اتجاه واحد وإنما في اتجاهات مختلفة أي لا تخضع إلى قاعدة دورية محددة، ولا تؤدي إلى استبدال المجتمع النباتي بمجتمع آخر.

(١٦,٢,١) أسباب حدوث التغيرات السنوية The causes of annual changes

تنجم التغيرات (التذبذبات) السنوية للمجتمعات النباتية عن أسباب مختلفة أهمها :

أ) تغيرات العوامل المناخية : يمكن القول أن لكل عام ظروفه المناخية التي لا تتطابق تطابقاً تاماً مع الظروف المناخية للسنوات الأخرى من كمية أمطار وتوزعها على مدار العام وخاصة خلال فصل النمو. وكذلك درجة الحرارة وغيرها من العوامل ، وتنعكس تذبذبات المناخ من عام لآخر على خصائص المجتمعات النباتية كافة بشكل مباشر أو غير مباشر.

ب) التذبذبات المرتبطة بدورة حياة بعض الأنواع النباتية المكونة للمجتمع :

تحدث في بعض الأنواع النباتية ، في المجتمعات النباتية العشبية ، في بعض السنوات فقط ، وذلك بسبب دورة حياتها الخاصة. مثال ذلك بعض النباتات العشبية المعمرة وحيدة الإثمار ، أي التي تثمر مرة واحدة في حياتها ، كنبات الزلوع(*Ferula hermonis*) والتي تنمو لسنوات نمواً خضرياً فقط وتكون على شكل وريدة ورقية تغطي سطح التربة ، وفي السنة التاسعة أو العاشرة من نموها تعطي سيقاناً زهرية يفوق ارتفاعها المتر وتزهر وتثمر ثم تموت. أما البذور التي تنبت فتعطي نباتات جديدة تبقى بحالة نمو خضري لسنوات ، وعندما يزهر نبات الزلوع يعطي مظهراً للمجتمع النباتي يختلف اختلافاً بيناً عنه في السنوات التي يكون فيها في حالة النمو الخضري (الشكل رقم ٩٤).

ج) تذبذبات يعود سببها إلى التأثيرات البشرية كالرعي الجائر ، أو تأثير الحشرات والقوارض.

د) تذبذبات تسببها الكائنات المتطفلة وتتوقف على دورة حياتها.

الشكل رقم (٩٤). مجتمع الزلوع (*Ferula hermonis*) في السنوات التي يزهر فيها

تنعكس التذبذبات السنوية للمجتمعات النباتية على خصائصها كافة، حيث تتغير المراحل الفينولوجية (الإنبات المبكر أو المتأخر، والإزهار، والإثمار، والإنتاج وغيره) وكذلك المظهر الخارجي للمجتمع، كما قد يختلف، ولكن بحدود ضيقة، التركيب الفلوري، ففي السنوات الجافة، في المناطق الجافة، تنخفض الغزارة والتغطية كما قد لا ينمو كثير من الأنواع الحولية.

هذا ولابد من ملاحظة أن خصائص المجتمعات النباتية لا تتغير بالدرجة نفسها، فبعضها قليلة التغير كالتركيب الفلوري ودور أشكال الحياة والتطبق وغيرها، وبعضها الآخر يتغير تغيراً ملحوظاً كالغزارة والتغطية والنمو وطول فترة المراحل الفينولوجية وغيرها.

تعد دراسة التذبذبات السنوية للمجتمعات النباتية على درجة كبيرة من الأهمية وبخاصة في المجتمعات النباتية العشبية الرعوية، فالأنواع الاقتصادية هي الأنواع قليلة التغير في السنوات المختلفة أي الأنواع واسعة المدى البيئي والتي لا تتأثر كثيراً بالتغيرات المناخية التي تحدث بين عام وآخر. وتعطي إنتاجا متقارباً وثابتاً تقريباً. أما الأنواع ضيقة المدى البيئي فيتغير إنتاجها بشكل ملحوظ وقد لا تعطي إنتاجا ملموساً في السنوات الجافة. وهذا يقود إلى تمييز المجتمعات النباتية ضيقة التذبذبات السنوية عن المجتمعات النباتية واسعة التذبذبات السنوية، وإلى إمكانية تحسين إنتاج المجتمعات النباتية واسعة التذبذبات السنوية وذلك بإغنائها بأنواع نباتية واسعة المدى البيئي، وبالتالي تحويلها إلى مجتمعات نباتية أقل تذبذباً وأكثر استقراراً وإنتاجاً.

تتميز التذبذبات السنوية للمجتمعات النباتية (والتي لا تؤدي إلى استبدال مجتمع نباتي بآخر) عن التعاقب Succession (الذي يؤدي إلى استبدال مجتمع نباتي بآخر) بالأمور التالية :

١- لا يتغير التركيب الفلوري للمجتمع النباتي، كما لا تتوطن أنواع جديدة فيه، وإذا توطنت أنواع جديدة فيه فتكون لفترة قصيرة.

٢- لا تكون التغيرات السنوية للمجتمع النباتي موجهة في اتجاه واحد وإنما تتذبذب من عام لأخر حول متوسط اعتباري يمكن معرفته من دراسة المجتمع النباتي لسنوات عدة، كما أن هذه التغيرات قابلة للانعكاس بسهولة.

٣- لا تكون التغيرات التي تطرأ على المجتمع النباتي كبيرة بما فيها دور كل شكل حياة في المجتمع.

الباب السابع

تصنيف الغطاء النباتي
Classification of plant communities

لقد ميز الإنسان، منذ القدم، أنماطاً من الغطاء النباتي وأطلق عليها تسميات محلية مختلفة، فقد ميّز الغابة والسهب والمرج والصحراء وغيرها، كما ميز ضمن الغابات الغابات دائمة الخضرة والغابات متساقطة الأوراق والغابات المخروطية (Coniferous forests). وميز ضمن الغابات المخروطية، مثلاً، وحدات أصغر مثل غابات الصنوبر وغابات التنوب (*Picea*) وغيرها. وعرف سكان منطقة حوض البحر المتوسط أنماطاً مختلفة من الغطاء النباتي وأطلقوا على كل نمط تسمية محددة، كالماكي(Maquis)(Macchia) وهو تكوين الشجيرات دائمة الخضرة، والغاريغ (Garrigue) وهو تكوين الشجيرات القزمة دائمة الخضرة وغير الكثيفة، والفريغانا(Phrygana) وهو تكوين شجيرات قزمة ونصف شجيرات جفافية مشوكة غالباً ولها شكل وسادي.

يطلق السكان في أمريكا الجنوبية اسم كامبوس(Campos) على السافانا، وإلانوس (Ilanos) تكوينات الحشائش في الجبال المرتفعة، والبارامو (Paramo) على تكوينات النباتات الجفافية في المناطق الألبية، وسالينا (Salina) أو استيرو (Estero) على تكوين الصحارى الملحية، وكاتنغا (Catinga) (Cating) على تكوينات الغطاء النباتي المداري متساقطة الأوراق.

استعمل غريزباخ (Gri sebach) التسميات الشعبية السائدة في أوروبا (مثل Tundren Maquis, Moore, Gebuchke, Wiesen, Walder وغيرها) لتسمية التكوينات النباتية في كتابة الغطاء النباتي للكرة الأرضية (انظر عن تاريخ تصنيف الغطاء النباتي (Rabotnov,1995).

وكان ثيوفراست أول من وضع أساساً لتصنيف الغطاء النباتي على أسس بيئية، وذلك عندما قسم النباتات إلى أرضية ومائية. وميز ضمن النباتات المائية نباتات المستنقعات ونباتات البحيرات ونباتات الأنهار وغيرها. كما نجد في كتاباته وصفاً للمجتمع النباتي وأفكاراً عن التنافس، ولكن لا نجد ما يفيد في أنه استعمل وحدات لتصنيف الغطاء النباتي.

ويعـد همبولـت (Humboldt,1805,1807,1814)– (عـن Tallis,1990;Rabotnov,1995,) أول مـن اسـتعمل مصـطلح العشيرة النباتية (Association) التي فهمها بمعنى مجتمع نباتي لـه تركيـب فلـوري محـدد، كمـا قسـم الغطـاء النبـاتي إلى ١٩ شكل حياة وذلك على أساس المظهر الخارجي (Physiognomy). وفي عـام ١٨٣٨ اسـتعمل غريزبـاخ مصـطلح التكـوين (Formation) بمعنى مرادف للعشيرة عند هومبولت. ولكنه حدد التكوين فيما بعد كمجموعة من النباتات ذات المظهر الخارجي المحدد كالغابة والمرج وغيرها ويمكن تسميتها تكوين جغرافي نباتي، ويسود فيه نوع واحد أو مجموعة من الأنواع المتقاربة، أو تجمع من الأنواع النباتية ذات الصفات المميزة كالمراعي الألبية التي تتكون من أنواع عشبية معمرة. ومنذ ذلك الوقت انتشر مصطلح التكوين الذي لا يزال يستعمل إلى يومنا هذا.

أكد بوست (Post, 1842) – (عن Tallis,1990;Rabotnov,1995) على ضرورة استعمال طرائق محددة في دراسة الغطاء النباتي. وعّين فيما بعد وحدات لتصنيف الغطاء النباتي، فقد اعتبر مصطلح اللوكال(Lokale) الوحدة الأساسية في تصنيف الغطاء النباتي وحددها بمساحة من الأرض يشغلها غطاء نباتي متجانس تقريباً. ويتضمن التجانس ليس الغطاء النباتي فقط، وإنما أيضاً التفاعلات المتبادلة بين النباتات مع بعضها البعض ومع الوسط المحيط. وأكد أيضاً على دور الأنواع السائدة والتربة، ولكنه استعمل مصطلح اللوكال(Lokale) بمفهوم واسع كالمروج والمروج المستنقعية وغيرها، كما قسمه إلى وحدات أصغر مثل مستنقعات السعد(*Carex sp.*) وغيرها. ووضع أنماط اللوكال(Lokale) المتشابهة في وحدة أكبر وهي مجموعة الغطاء النباتي (Vegetation group). وقسم الغطاء النباتي في وسط السويد إلى المجموعات الست التالية:

١- مجموعة الغابات المخروطية Coniferous forests group .
٢- مجموعة الغابات عريضة الأوراق Broad leaves forests group.
٣- مجموعة المروج Meadow group.
٤- مجموعة النباتات الزراعية Agricultural plants group.
٥- مجموعة نباتات المياه العذبة Fresh water plants group.
٦- مجموعة نباتات المياه المالحة Halophytic plants group.

وبهذا يعد بوست (Post) أول من وضع المدخل العلمي لتصنيف الغطاء النباتي.

الفصل السابع عشر

تصنيف الغطاء النباتي حسب المدارس البيئية
Classification of vegetation according to ecological schools

تعد معظم المدارس البيئية العشيرة (Association) هي الوحدة الأساسية في تصنيف الغطاء النباتي، وأعطيت، في المؤتمر النباتي العالمي الذي عقد في زيورخ عام ١٩١٠ م التعريف الآتي: "العشيرة هي مجتمع نباتي له تركيب فلوري محدد، ومظهر خارجي متجانس وتوجد في ظروف بيئية (مسكن-موطن Habitat) متماثلة"، ولكن تختلف الأسس التي تحدد العشيرة وحجمها، وكذلك الأسس التي تُجمع بها العشائر المختلفة في وحدات تصنيفية أكبر من مدرسة بيئية إلى أخرى.

وسنستعرض فيما يلي المفاهيم الأساسية لتصنيف الغطاء النباتي عند المدارس البيئية الرئيسية (Major ecological schools)، ومنها المدارس الأربع التالية:

(١٧,١) المدرسة الروسية
Russian school

(١٧,١,١) العشيرة Association

تعد المدرسة الروسية (Schennikov, 1964., Rabotnov, 1995)، العشيرة هي الوحدة الأساسية في تصنيف المجتمعات النباتية. وتضم العشيرة كافة المجتمعات النباتية المتشابهة، أي أنها تماثل النوع النباتي، فكما أن النوع النباتي يتألف من عدد من الأفراد كذلك العشيرة تتألف من عدد من المجتمعات النباتية المتشابهة.

وتعتبر المدرسة الروسية أن تعريف العشيرة حسب مؤتمر زيورخ يجيب، فقط، على أي من صفات العشيرة المتشابهة وهي: ١- تركيب فلوري، ٢- مظهر خارجي، ٣- ظروف بيئية، ولكن إلى أية درجة يجب أن يكون هذا التشابه فلا يوجد تحديد لذلك. لهذا يمكن أن تكون العشيرة كبيرة أو صغيرة (بسبب عدم تحديد درجة التشابه). فإذا

كان التشابه بين المجتمعات النباتية، برأي الباحث، يقتصر على نباتات الطبقة العلوية عندها تعد الغابة التي يسود فيها التنوب (*Picea excelsa*) عشيرة واحدة. أما إذا كان التشابه بين المجتمعات النباتية يشمل أيضاً نباتات الطبقات السفلية، فعندها نجد في غابة التنوب عشائر عدة. ومن هنا فلابد من تحديد درجة التشابه، لذا أعطيت العشيرة النباتية التعريف التالي (Schennikov, 1964): تضم العشيرة كافة المجتمعات النباتية المتشابهة (المتماثلة) بالأنواع السائدة في كل طبقة، ولها تركيب فلوري وصفات نوعية متشابهة (متماثلة) إضافة إلى تشابه العلاقات بين النباتات المكونة لهذه المجتمعات مع بعضها البعض ومع الوسط الخارجي، كما أن الظروف البيئية (المسكن Habitat) متماثلة، وللعشيرة أيضاً مظهر خارجي متجانس وتغيرات فصلية وسنوية متشابهة.

مثال العشيرة للمجتمعات النباتية كافة الموجودة في غابة تنوب والتي تضم:

- طبقة الأشجار يسود فيها التنوب (*Picea excelsa*).
- طبقة الشجيرات غير موجودة.
- طبقة الأعشاب يسود فيها نبات الحماض(*Oxalis acetosella*).
- طبقة الحزازيات يسود فيها الهيلوكوميوم (*Hylocomium splendens*) والبليروزيوم (*Plearozium schreberi*).

(١٧,١,٢) الوحدات التصنيفية الأعلى من العشيرة حسب المدرسة الروسية The classification units higher than association according to Russian school

(١٧,١,٢,١): مجموعة العشائر Group association

تضم مجموعة العشائر كافة العشائر التي تختلف عن بعضها البعض في طبقة واحدة وتتشابه في بقية الطبقات بما فيها الطبقة الأولى، فالعشائر التي تتماثل بطبقة الأشجار وطبقة الحزازيات وتختلف بطبقة الأعشاب تكّون مجموعة عشائر.

(١٧,١,٢,٢) التكوين (التشكيل) Formation

وهو الغطاء النباتي الذي يسود فيه نوع واحد، مثال ذلك تكوين الصنوبر الذي يسود فيه الصنوبر الحرجي (*Pinus silvestris*)، أو تكوين التنوب الذي يسود فيه التنوب (*Picea excelsa*)، أو السهوب التي يسود فيها نبات ستيبا (*Stipa lessingiana*).

(١٧,١,٢,٣) مجموعة التكوينات Group formation

وتضم التكوينات كافة التي ينتمي فيها النوع أو الأنواع السائدة إلى شكل حياة واحد، مثال ذلك الغابات المخروطية المظلمة (Dark coniferous forests) والغابات المخروطية المضيئة (Light coniferous forests)، والغابات عريضة الأوراق وغيرها.

(١٧,١,٢,٤) صف التكوينات Class formation

ويضم التكوينات كافة التي تنتمي فيها الأنواع السائدة إلى أشكال حياة متشابهة مثلاً الغابات المخروطية، أو الغابات متساقطة الأوراق، أو السهوب وغيرها.

(١٧,١,٢,٥) نمط الغطاء النباتي Vegetation type

وهو أكبر وحدة تصنيفية، ويميز أنماط الغطاء النباتي التالية: الشجري وتسود فيه الأشجار، الشجيري وتسود فيه الشجيرات، العشبي وتسود فيه الأعشاب والحزازي وتسود فيه الحزازيات.

(١٧,٢) المدرسة الفرنسية–السويسرية
French-Swiss school
(مدرسة زيورخ – مونبلييه Zurich–Montpellier school)
أو (مدرسة برون–بلانكييه Braun-Blanquet school)

(١٧,٢,١) العشيرة Association

تعتبر مدرسة زيورخ – مونبلييه (المؤسسة من قبل Braun-Blanquet,1928) العشيرة هي الوحدة الأساسية في تصنيف الغطاء النباتي. وتعتبر أن من الصفات الهامة التي تحدد العشيرة هي تجانس الظروف البيئية لكافة القطع المكونة للعشيرة. كما تعتبر أن من الصفات الأساسية للعشيرة خصوصيتها، وتنعكس خصوصية العشيرة النباتية في تركيبها الفلوري. وأفضل كاشف لخصوصية العشيرة هو الأنواع النباتية المميزة (Characteristic species)، ونظراً لأن الأنواع المميزة، أي الأنواع ذات المدى البيئي الضيق (Narrow ecological amplitude)، هي التي تجسد الخصوصية البيئية للعشيرة. لذا فإن هذه الأنواع هي التي يمكن الاعتماد عليها في تحديد العشيرة، أما الأنواع النباتية ذات المدى البيئي الواسع، حتى ولو كانت سائدة في الغطاء النباتي، فإنها لا تخدم هدف التصنيف، وبالتالي لا يمكن أن يبنى عليها تصنيف الغطاء النباتي (Poore, 1955).

هذا ولابد من الإشارة إلى أن برون–بلانكييه لا ينفي دور الأنواع السائدة بل يعطيها أهمية كبيرة، ولكنه يعتبر أن الأنواع ذات المدى البيئي الواسع التي تصادف في ظروف بيئية مختلفة لا تكّون أساساً صالحاً يبنى عليه تصنيف الغطاء النباتي. كما يبين برون–بلانكييه أن كثيراً من المجتمعات النباتية (Bestande) التي توجد في منطقة

واحدة ليس بينها أنواع مشتركة سوى الأنواع السائدة. ولهذا يعتمد على الأنواع النباتية ذات المدى البيئي الضيق (Stenotopic plants) التي تعتبر كواشف بيئية.

وهكذا يعطي برون–بلانكييه الأهمية الأولى في تحديد وتمييز العشيرة إلى الأنواع المميزة التي لها درجة ولاء عالية. وقد ميز برون–بلانكييه الأنواع النباتية حسب درجة الولاء أو الإخلاص (Fidelity) (انظر تركيب المجتمعات النباتية) إلى:

أ) الأنواع المميزة (Characteristic species) وهي التي تنمو دائماً في الظروف البيئية نفسها وتضم:

- الأنواع المقصورة (Exclusive species) (درجة الإخلاص ٥) وهي التي يرتبط وجودها بعشيرة نباتية محددة ولا توجد في غيرها.
- الأنواع الانتقائية (Selective species) (درجة الإخلاص ٤) وهي الأنواع التي ترتبط بعشيرة محددة ويمكن أن توجد في غيرها من العشائر ولكن بصورة نادرة.
- الأنواع التفضيلية (species Preferential) (درجة الإخلاص ٣) وهي الأنواع التي توجد في عشائر مختلفة ولكن غزارتها وإنتاجها وحيويتها العالية تقتصر على عشائر محدودة.

ب) الأنواع المرافقة (Companion species):

- الحيادية (غير المبالية) (Indifferent species) (درجة الإخلاص ٢) وهي الأنواع التي توجد في عشائر مختلفة دون تفضيل لعشيرة محددة.

ج) الأنواع العرضية (Accidential species):

- الأنواع الغريبة (species Strange) (درجة الإخلاص ١) وهي أنواع نادرة وتوجد صدفة في العشيرة.

ويمكن إظهار الأنواع المميزة عند دراسة لوحة العشيرة لعشائر مختلفة توجد في منطقة واحدة بحيث يمكن عندها تحديد الأنواع المميزة التي لها علاقة بعشيرة ما ودرجة هذه العلاقة أو الإخلاص.

(١٧,٢,٢) الوحدات التصنيفية الأعلى من العشيرة حسب مدرسة زيورخ–مونبلييه

The classification units higher than association according to Zurich-Montpellier School

وهي: الاتحاد (Alliance) ثم الرتبة (Order) وأخيراً الصف (Class) ولهذه الوحدات أنواع مميزة ولكن عدد الأنواع المميزة يزداد كلما كبرت الوحدة التصنيفية وقد مُيزت كل وحدة تصنيفية بنهاية خاصة بها (الجدول رقم ٣٢).

أما الوحدات الأصغر من العشيرة فهي تحت العشيرة (Sub-association) والشكل (Variant) والواجهة (Facies). ولا تحدد هذه الوحدات على أساس الأنواع المميزة، أي ليس لها أنواع مميزة، وإنما على أساس الأنواع

التخالفية (التفاضلية) (Differential species) وهي أنواع توجد في مجتمعين أو أكثر قريبة من بعضها البعض وتنعدم أو توجد بكمية قليلة في مجتمعات أخرى ضمن العشيرة.

الجدول رقم (٣٢). وحدات الغطاء النباتي ونهاية كل وحدة (الوحدة هي غابة السنديان *Quercus ilex*)

الوحدة التصنيفية	النهاية	المثال
الصف Class (Klasse)	-etea	Quercetea ilicis
الرتبة Order(Ordung)	-etalia	Quercetalia ilicis
الإتحاد Alliance (Verband)	-ion	Quercion ilicis
العشيرة Association (Assoziation)	-etum	Quercetum ilicis
تحت العشيرة Sub-association (Sub assoziation)	-etosum	Quercetum ilicis pubescentosum
الشكل Variant (Variante)	-specific name used	Quercetum ilicis pubescentosum
الواجهة Facies	-Osum	Quercus coccifera

وهكذا تتميز العشيرة عند مدرسة برون–بلانكييه بـ:

١- هي الوحدة التصنيفية الأساسية وليست الصغرى للغطاء النباتي. كما أنها كبيرة الحجم بالمقارنة مع العشيرة بمفهوم المدرسة الروسية أو بمفهوم المدرسة الاسكندنافية (كما سيأتي).

٢- يمكن أن تضم العشيرة قطعاً (مجتمعات) تختلف عن بعضها البعض في مظهرها الخارجي وفي الأنواع السائدة، ولكنها ذات نواة واحدة وهي الأنواع المميزة.

(١٧,٣) المدرسة الاسكندنافية
Scandinavian school
أو (مدرسة اوبسالا Uppsala school)

(١٧,٣,١) الوحدات التصنيفية المختلفة للغطاء النباتي Different classification units of vegetation

يُعد دوريتز (Du Rietz, 1921) مؤسس هذه المدرسة (Rabotnov, 1995، Aleksandrova, 1969) والتي بنيت أصولها من أعمال von Post (1862)، ويعطي ممثلو هذه المدرسة أهمية كبيرة للأنواع النباتية الثابتة (Constant species).

وهي الأنواع ذات التردد (Frequency) المرتفع والذي يفوق الـ ٨٠٪، ويعتبرون الجمعية (Sociation) هي الوحدة الصغرى للغطاء النباتي. وينتمي إلى الجمعية المجتمعات كافة التي لها أنواع سائدة واحدة في كل طبقة، وبالتالي فهي تماثل العشيرة بمفهوم المدرسة الروسية. وتجمع كافة الجمعيات (Sociations) المتشابهة في وحدة أكبر وهي العُشيّرة (Consocion) وحددت كالآتي:

تعد العُشيّرة (Consocion) هي الوحدة التي تنتمي إليها كافة الجمعيات (Sociations) المتماثلة بنباتات الطبقة الأولى تماثلاً تاماً. أما أنواع الطبقات الأخرى فتكون متقاربة ولكنها غير متماثلة. أما العشيرة(Association) بمفهوم المدرسة الاسكندنافية فتشمل العُشيّرات (Consocions) التي تتكون الطبقة الأولى فيها من أنواع متقاربة بخصائصها البيئية، مثال ذلك عشيرة الغابات المخروطية المظلمة (Dark coniferous forests)، التي يسود في الطبقة الأولى فيها التنوب (*Picea excels*a) أو الأنواع القريبة منه بيئياً مثل التنوب السيبيري (*Picea sibirica*) والشوح السيبيري (*Abies sibiria*)، أما نباتات الطبقات الأخرى فتكون مختلفة.

(١٧,٤) المدرسة الأمريكية–الإنجليزية

American-English school

في الوقت الذي تكونت فيه المدارس السابقة في أوروبا نشأت مدرسة ثالثة في أمريكا الشمالية وانجلترا ذات اتجاه مختلف عن المدارس الأوروبية. وقد نشأت هذه المدرسة تحت تأثير كاولس (Cowls) ثم طورها كليمنتس (Clements).

يعتقد كاولس (Cowls) أنه لكي يكون تصنيف الغطاء النباتي حقيقياً يجب أن يكون وراثياً وتطورياً. أي مبنياً على أساس نشوء وتطور المجتمعات النباتية. ومع تغير ظروف المسكن (Habitat) يستبدل بالمجتمع القديم مجتمعاً جديداً. ويعتقد أن المجتمع النباتي هو نتاج ليس الظروف السائدة حالياً فقط وإنما أيضاً الظروف التي كانت سائدة عند بدء تكون المجتمع النباتي. وحسب رأي كاولس تمر المجتمعات النباتية أثناء تكونها بسلسلة من مراحل التعاقب (انظر تعاقب المجتمعات النباتية) حتى تصل إلى المجتمع الذروي (Climax community) وهو الغابة الوسطية (الميزوفيتية) (Mesophytic forest) وهكذا نجد أن كاولس قد وضع مفهوم الذروة (الأوج) (Climax) الذي استعمله كليمنتس فيما بعد في تصنيفه.

ويعتبر كليمنتس (Clements) أن الذروة (الأوج) (Climax) هو الوحدة التصنيفية الكبرى للغطاء النباتي ويشكل أساس التصنيف الطبيعي للمجتمعات النباتية، ووحدات تصنيف الغطاء النباتي هي على النحو التالي (Weaver and Clements, 1962):

(١٧,٤,١) التكوين الذروي Climax formation

التكوين النباتي هو الوحدة التصنيفية الكبرى للغطاء النباتي، وهو مجتمع نباتي مكتمل النمو والتطور. أي مجتمع ذروي لمساحة طبيعية تكون فيها العلاقات المناخية الأساسية متماثلة أو متشابهة، وكل تكوين كيان عضوي مركب ومحدد وله تركيب وتطور مميز له وهو نتاج المناخ وخاضع لتحكمه. وهو ليس مجرد استجابة لمناخ معين ولكنه في الوقت نفسه تعبير عن المناخ ودال عليه. ومن أمثلة التكوين الغابات المخروطية في البحيرات الكبرى في الولايات المتحدة الأمريكية، والتندرا في أقصى الشمال، وأراضي الحشائش (البراري) والغابة متساقطة الأوراق في الشرق. ويحدد التكوين على أساس شكل الحياة السائد.

ويجمع كليمنتس التكوينات في وحدة تصنيفية أعلى وهي بانكليماكس (Panclimax) ويضم بانكليماكس تكوينين أو أكثر لهما مناخ متشابه وشكل حياة للنباتات السائدة متقارب. وقد ميز بانكليماكس في نصف الكرة الأرضية الشمالي إلى الوحدات التالية:

١- القطبي (Arictic).
٢- البارد (Boreal).
٣- الغابات متساقطة الأوراق (Deciduous forests).
٤- السهوب (Steppes).
٥- بانكليماكس شبه المداري (Sub-tropical panclimax).
٦- بانكليماكس المداري (Tropical panclimax).

وهكذا نجد أن بانكليماكس يماثل نطاق الغطاء النباتي (Vegetational zone).

(١٧,٤,٢) العشيرة Association

يشمل كل تكوين ذروي اثنين أو أكثر من الأقسام الكبرى التي تعرف بالعشائر. ويتوقف تقسيم التكوين إلى عشائر على وجود اختلافات مناخية في المنطقة التي يشغلها التكوين، أي يتحدد عدد العشائر في أي تكوين بحسب عدد المناخات الثانوية ضمن المناخ العام للتكوين، وتتميز كل عشيرة بواحد (أو أكثر) من الأنواع الخاصة بها، مثال العشيرة عند كليمنتس التالية:

يوجد في أراضي الحشائش (البراري) في الولايات المتحدة الأمريكية بين الغابات ساقطة الأوراق وجبال روكي العشائر الآتية :

أ) عشيرة البراري الحقيقة في الجزء الشرقي وهي أغزرها نمواً.

ب) عشيرة البراري المختلطة في الجزء المتوسط.

ج) عشيرة السهول الصحراوية في الجزء الجنوبي الغربي شديد الجفاف.

والعشيرة حسب كليمنتس متجانسة في جميع أجزائها من حيث الملامح أو المظهر الخارجي (Physiognomy) وفي بنائها وفي الأنواع التي تتكون منها (التركيب الفلوري Floristic composition).

(١٧,٤,٣) العُشيّرة Consociation

تشتمل كل عشيرة على كثير من الأنواع السائدة قد يصل إلى عشرة أنواع أو أكثر. أما العشيرة، ففي صورتها المثالية، فتشتمل على نوع سائد واحد. فالغابة، حسب كليمنتس، التي يسود فيها اللاركس داهوريكا (*Larix dahurica*) فقط هي عشيرة، أما الغابة التي يسود فيها اللاركس السيبيري (*Larix sibirica*) والتنوب (*Picea excelsa*) فهي عُشيّرة.

(١٧,٤,٤) الواجهة Faciation

وهي قسم من العشيرة الرئيسية لا تتميز بالسيادة الخالصة ولكن بتشكيلة الأنواع السائدة أو المسيطرة، ولكل واجهة مناخ محلي خاص يتميز بفروق صغيرة ولكنها حقيقية من حيث الأمطار والتبخر ودرجة الحرارة.

(١٧,٤,٥) الجماعة Location

يوجد في نطاق الواجهة بعض الأنواع الثانوية السيادة التي تفرض سيطرة موضعية وهي التي تميز الجماعة.

(١٧,٤,٦) الجمعية Society

تتميز بواحد أو أكثر من الأنواع ذات السيادة الثانوية (Secondary dominance)، والأنواع التي تتكون منها الجمعية تكون شديدة الوفرة في أجزاء من مساحة تحمل طابع السيادة للعشيرة. ففي أراضي الحشائش تكون الجمعية بارزة في فصل النمو حيث تلعب بعض الأنواع دوراً هاماً في جزء من الفصل بينما تكون الأنواع المميزة للعشيرة سائدة في كل الأوقات.