الجغرافيا النباتية

PLANT GEOGRAPHY

الدكتور عبدالله بن محمد الشيخ الأنصاري

استاذ علم النبات – قسم النبات والأحياء الدقيقة

علم الجغرافيا النباتية

Plant geography

مقدمة Introduction

جغرافية النبات (Plant geography) هي العلم الذي يدرس توزيع الأنواع النباتية (Plant species distribution) والوحدات التصنيفية الأكبر، جنس (Genus) ، فصيلة (Family)...الخ) على سطح الكرة الأرضية، والقوانين الناظمة لهذا التوزيع. ولا تقتصر جغرافية النبات على دراسة توزيع النباتات الحالي فقط، وإنما تدرس أيضاً توزيع النباتات في العصور الجيولوجية المختلفة، كالعصر الترياسي أو الجوراسي أو الكريتاسي وغيره. وتعتمد جغرافية النبات التي تدرس توزيع النباتات في العصور الجيولوجية المختلفة كلياً على المستحاثات (الأحافير– المتحجرات)(Fossils) وانطباعاتها، التي غالباً ما تكون قليلة وغير كاملة. لذا تُعد معلوماتنا عن توزيع النباتات في العصور الجيولوجية المختلفة غير كاملة، كما تُعد معلوماتنا عن توزيع النباتات الحالي غير كاملة نسبياً، وذلك لأن عدداً كبيراً من الأنواع النباتية غير معروف حتى الآن. ويكتشف الباحثون كل عام العديد من الأنواع النباتية العليا والدنيا، كما أن توزيع الأنواع النباتية المعروفة أيضاً لا يمكن اعتباره كاملاً، فبين حين وآخر تظهر دراسات تبين

وجود هذا أو ذاك من الأنواع النباتية في مكان لم يكن معروفاً فيه سابقاً، وبهذا يتضح أن معلوماتنا عن توزيع النباتات على سطح الكرة الأرضية في تغير مستمر.

لا تعيش الأنواع النباتية منفردة وإنما تكون مجتمعة في مجموعات هي المجتمعات النباتية (Plant communities). والمجتمع النباتي هو عبارة عن مجموعة نباتية محددة، وله على امتداد المنطقة التي يشغلها تقريباً نفس المظهر الخارجي، والبنية، والأنواع المكونة له والظروف البيئية نفسها، ويتميز نسبياً بنفس التأثيرات المتبادلة بين النباتات والوسط وبين النباتات مع بعضها البعض.

تُعد أصغر وحدة تصنيفية للفلورا هي النوع (Species)، وأصغر وحدة تصنيفية للغطاء النباتي هي العشيرة (Association) ، التي تتألف من عدد من المجتمعات النباتية المتشابهة. فإذا اعتبرت العشيرة النباتية (Plant association) تقابل النوع فإن المجتمع النباتي (Plant community) يقابل الفرد (Individual). وتعد دراسة توزيع العشائر النباتية والوحدات التصنيفية الأكبر للغطاء النباتي كالتشكيل (التكوين) (Formation) ونمط الغطاء النباتي (Vegetation type) من المواضيع الرئيسة لعلم الجغرافيا النباتية.

تقسم جغرافية النبات إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي.

- جغرافية النبات الفلورية (Floristic plant geography).
- جغرافية النبات البيئية (Ecological plant geography).
- جغرافية النبات التاريخية (Historical plant geography).

تهتم جغرافية النبات الفلورية بدراسة الفلورا (Flora)، وفلورا منطقة ما هي مجموع الأنواع النباتية التي تعيش في هذه المنطقة، مثل فلورا المملكة العربية السعودية، وفلورا مصر، وفلورا الكويت أو فلورا الوطن العربي وهكذا. وعندما تقتصر دراستنا على تحديد مكان وجود الأنواع النباتية المختلفة ومساحة وحدود منطقة انتشارها، ومقارنة فلورا المناطق المختلفة مع بعضها البعض، نكون في مجال جغرافية النبات الفلورية (أي التي تدرس الأنواع النباتية من حيث مكان وجودها وانتشارها وحدود منطقة انتشارها).

وعند دراسة توزيع الأنواع النباتية ومساحة منطقة انتشارها يظهر سؤال كالتالي: ما هي الأسباب التي تؤدي إلى وجود نوع ما في منطقة واختفائه في منطقة أخرى، وكذلك ما هي الأسباب التي تجعل منطقة (رقعة) الإنتشار (Distributional area) التي يعيش عليها النوع بهذا الشكل وبهذه المساحة، وهذه الأسباب معقدة ويمكن وضعها في مجموعتين:

أ. أسباب بيئية.

ب. أسباب تاريخية.

فكما هو معروف من علم البيئة أن لكل نوع نباتي ظروف محددة (مناخ (Climate) ، تربة (Soil)..الخ) يستطيع أن يعيش فيها، وإذا لم تتوفر هذه الظروف في منطقة ما فإن النوع النباتي لا ينمو في هذه المنطقة. ويرتبط في الواقع شكل ومساحة منطقة انتشار النوع ارتباطاً وثيقاً بالظروف البيئية (Environments) المحيطة، وبالدرجة الأولى بالمناخ والتربة. ومن هنا نجد أن مجال جغرافية النبات البيئية (Ecological plant geography) هو دراسة العلاقات والتأثيرات المتبادلة بين الأنواع النباتية والوسط المحيط ومعرفة الإرتباط أو العلاقة بين شكل ومساحة منطقة انتشار النوع والظروف البيئية المحيطة.

يصعب في كثير من الأحيان تفسير توزيع الأنواع النباتية، ومساحة منطقة انتشارها على سطح الكرة الأرضية، انطلاقاً من الظروف البيئية السائدة حالياً، إذ لا تحتل دائماً الأنواع النباتية كافة المناطق الملائمة لنموها أي تلك التي تكون فيها العوامل المناخية والتربة مناسبة لنموها وتكاثرها، ويُعتقد أن هذا يعود إلى العوامل التاريخية، فربما لم يُتح للنوع الوصول إلى كافة المناطق الملائمة لنموه لعدم توفر وسائل الانتشار، أو أنه كان موجوداً ولكنه انقرض في هذه المنطقة نتيجة لتغيرات مناخية غير مناسبة حدثت في العصور الجيولوجية القديمة وغيرها. وتُعد دراسة هذه المواضيع والعلاقات بين النباتات والوسط في العصور الجيولوجية القديمة هي التي تشكل محتوى القسم الثالث من أقسام علم الجغرافيا النباتية أي جغرافية النبات التاريخية.

تاريخ علم الجغرافيا النباتية History of plant geography

توجد أولى المعلومات عن علم الجغرافيا النباتية (Plant geography) في كتابات اليونانيين وذلك قبل الميلاد ببضع مئات من السنين، ولكن لم تتعد دراسة اليونانيين منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط الحالية، وكانت الفرص أمامهم محدودة لمقارنة أنواع نباتية من مناطق مختلفة. وعندما وصل الإسكندر المقدوني إلى الهند (334 – 327 ق.م) تمكن اليونانيون من الخروج من منطقة البحر المتوسط والتعرف على الغطاء النباتي لمناطق مختلفة كسهوب آسيا الوسطى والصحاري والغابات الإستوائية في الهند وغيرها، وعندها أصبح بالإمكان مقارنة فلورا المناطق المختلفة، ويعود أول عمل في هذا الإتجاه إلى ثيوفراست (Theophrastus – تلميذ أرسطو)

الذي جمع أنواعاً نباتية من مناطق مختلفة، أثناء رحلة الإسكندر المقدوني، وقارنها مع بعضها البعض وأشار إلى تأثير المناخ والتربة في النباتات.

لم يتطور علم الجغرافيا النباتية بعد ذلك لا في روما ولا في العصور الوسطى، وبعد نحو 2000 عام عادت مرة ثانية أفكار علم الجغرافيا النباتية بعد ركودها.

يمكن أن يُنسب بدء علم الجغرافيا النباتية الحديث إلى عام 1817، وذلك عندما صدر كتاب همبولت (Humboldt) (أفكار في جغرافية النبات)، الذي كان نتيجة لرحلاته المتعددة التي دامت خمس سنوات في أمريكا وسيبيريا وآسيا الوسطى وبحر قزوين وغيرها، والتي مكّنته من الاطلاع على أنواع ومجتمعات نباتية مختلفة ومتنوعة، وتتضمن مؤلفاته الإتجاهات الثلاثة لعلم الجغرافيا النباتية الفلورية والبيئية والتاريخية (انظر عن المقدمة Alechin, 1961; Holdridge, 1967; Takhtajan, 1986).

نشر سكاو (Schouw) (وهو من مريدي همبولت Humboldt) في عام 1822 كتابه (الأسس العامة للجغرافيا النباتية)، الذي أوضح فيه القوانين الناظمة لتوزيع أنماط الغطاء النباتي على سطح الكرة الأرضية، وتأثير الضوء ودرجة الحرارة وكمية الهطول في هذا التوزيع، وقسم فيه الغطاء النباتي للكرة الأرضية إلى 25 منطقة جغرافية نباتية، وركز اهتمامه في هذا الكتاب على الجغرافيا النباتية البيئية والفلورية.

ظهرت في عام 1855 دراسة لديكاندول (De Candolle) وهي الجغرافيا النباتية في جزئيين، وحاول ديكاندول إيجاد العلاقة بين توزيع النباتات والظروف البيئية . وخاصة درجة الحرارة الحالية والتاريخية، ويعد التحري عن تأثير العوامل التاريخية في توزيع النباتات الحالي من أهم الأفكار التي أتى بها ديكاندول، والتي ساعدت على تطور الجغرافيا النباتية التاريخية. كان لدراسات انغلر (Engler)(1822 – 1887) أهمية كبيرة في تطور علم الجغرافيا النباتية، فقد وضع خريطة للمناطق الجغرافية النباتية واعتمد في تقسيمه على العوامل البيئية الحالية وعلى العوامل التاريخية لتطور الفلورا.

تُعد دراسات الباحث الألماني غريزباخ (Grisebach) (الغطاء النباتي للكرة الأرضية، 1872) من أهم الأعمال التي ظهرت في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، فقد قسم فلورا الكرة الأرضية إلى 24 منطقة جغرافية نباتية، وهي في كثير من الحالات تتطابق مع تقسيمات سكاو (Schouw).

ومن أشهر الأعمال التي ظهرت في روسيا في نهاية القرن التاسع عشر دراسات روبرخت (Robrecht) ودراسات ليتفينوف (Litvenow) التي ساهمت في تطور علم الجغرافيا النباتية

في روسيا، وهذا الأخير هو صاحب الأفكار القائلة بأنه لا يمكن فهم بعض خواص فلورا روسيا إذا لم نأخذ في الإعتبار تاريخ هذه الفلورا في العصور الجيولوجية المختلفة، ولقد طور هذه الأفكار فيما بعد لافرينكا (Laverenko) وتلمتشيف (Tolmatchev) وبابوف (Papov) وغيرهم (انظر Tolmatchev, 1974).

مر علم الجغرافيا النباتية في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بمرحلة ركود وذلك بسبب تطور علم البيئة (Ecology)، وخاصة ظهور كتاب فارمنغ (Warming,1895) (جغرافية النبات البيئية)، الذي يبحث في العلاقات المتبادلة بين الوسط (البيئة) والنباتات وخاصة تأثير الوسط في الشكل الظاهري للنبات (Plant morphology)، وتشريح النبات (Plant anatomy)، وكذلك ظهور كتاب شمبر (Schimper,1898)) (جغرافية النبات على أسس من وظائف الأعضاء)، الذي حاول فيه دراسة تأثير الوسط في الشكل الظاهري وتشريح النبات وتفسير ذلك عن طريق وظائف أعضاء النبات (Plant physiology).

لقد قضى علم البيئة بما أثاره من اهتمامات جديدة على متابعة دراسة التوزيع الجغرافي النباتي، ولكن الحياة عادت بعد ذلك من جديد إلى دراسة التوزيع الجغرافي النباتي، إذ بدأت مرحلة استنتاجيه تعتمد على دراسة توزيع النباتات الجغرافي الوصفية من جهة وعلى العلوم الحديثة كعلم البيئة والوراثة من جهة أخرى. وكان لتطور دراسات علم المناخ وتصنيف الأقاليم المناخية على سطح الكرة الأرضية وخاصة تصنيف كوبن (Koppen) تأثير واضح في تطور علم الجغرافيا النباتية.

علاقة علم الجغرافيا النباتية بالعلوم الأخرى:

إذا كانت دراسة توزيع النباتات الجغرافي الوصفية تتطلب جمع المعلومات من الحقل فقط فإن الدراسات الاستنتاجية لهذا العلم تستعمل هذه المعلومات في محاولة لمعرفة العوامل الكامنة وراء هذا التوزيع سواء في وضعه الحالي أو في العصور الجيولوجية السابقة، لذا نجد أن هذه الدراسات تعتمد إلى حد كبير على العلوم الأخرى ذات الصلة المباشرة لها، مثل علم البيئة (Ecology)، وعلم وظائف الأعضاء النباتية (Plant physiology)، وعلم التصنيف (Taxonomy)، وعلم التطور (Evolution) وعلم المستحاثات (الأحافير) النباتية (Paleobotany) وغيرها من الفروع الحديثة المشتقة من تلك العلوم.

الباب الأول

العوامل التي تؤثر في توزع النباتات على سطح الكرة الأرضية

- **الانتشار**
- **العوامل البيئية**

توسع الأنواع النباتية منطقة انتشارها عن طريق الانتشار أو الهجرة من موطنها الأصلي إلى مناطق جديدة وتستوطن فيها، وتعد مقدرة بعض النباتات (كالدياتومات Diatoms وغيرها من الطحالب) أو وحداتها التكاثرية Diaspores، على الحركة من العوامل الهامة التي تمكّن النباتات من توسيع منطقة انتشارها إلى أقصى حد ممكن.

إن العملية الأساسية في الانتشار هي انتقال الوحدات التكاثرية كالبذور والأبواغ Spores والريزومات والأبصال وغيرها بعيداً عن النبات الأم، ولكن وصول الأعضاء التكاثرية للنوع إلى مواطن جديدة لا يعني أنه أصبح قادراً على الاستيطان فيها، وذلك لأن الاستيطان يشمل ثلاث عمليات تتم على التتالي وهي: الإنبات والنمو والتكاثر، وبالتالي لا يحدث الاستيطان في موئل جديد إلاّ إذا كانت الظروف البيئة فيه مناسبة لكي تتمكن الوحدات التكاثرية من إكمال العمليات الثلاث بنجاح، فقد تهاجر بذور النباتات مثلاً إلى مكان لا تسمح الظروف البيئية فيه بالإنبات وقد تسمح لها بالإنبات ولكنها تحول دون النمو أو التكاثر.

وفيما يلي أهم العوامل التي تؤثر في توزيع النباتات وتوسيع منطقة انتشارها.

الفصل الأول

الانتشار Dispersal

ينشأ النوع النباتي في منطقة معينة ومن ثم يأخذ في توسيع منطقة انتشاره، والانتشار Dispersal هو انتقال الوحدات التكاثرية للنباتات بعيداً عن النبات الأم، فبعض النباتات تمتلك المقدرة على الحركة خلال دورة حياتها كاملة كالدياتومات والطحالب، أما معظم الأنواع النباتية وخاصة الزهرية منها فغير قادرة على الانتقال من مكان لآخر إلا في مرحلة محددة من دورة

حياتها Life cycle تسمى طور الانتشار Dispersive phase. يؤدي انتشار النباتات بعيداً عن النبات الأم إلى فوائد عدة لعل أهمها (Cousens et al., 2008) :

- يمكن أن تتجنب المنافسة بين أفراد النوع والأنواع القريبة Sibling species، ذلك أن إنبات البذور وتشكل نباتات جديدة حول النبات الأم يؤدي إلى زيادة شدة التنافس، كما ينجو النبات من الكائنات المستهلكة التي تكثر حول النبات الأم.
- يمكن أن يؤدي الانتشار إلى انتقال النباتات إلى موائل جديدة قد تكون ملائمة لنموه.
- يمكن أن تتجنب الممرضات التي تكثر على النبات الأم، فقد وجد أن بذور نبات أكوتيا *Ocotea endresiana* من الفصيلة الغارية *Laurraceae* التي تنتشر بوساطة الطيور الناقوسية Bellbird التي تبني أعشاشها على الأشجار الميتة، أكثر مقدرة على الإنبات ونموها أفضل بكثير، وخاصة في السنة الأولى، من البذور التي تسقط بجانب الشجرة الأم، وهذا يعود إلى تعرضها إلى الأشعة الشمسية مما يجنبها كثير من الممرضات (Wenny, and Levey, 1997).

وتشير الدراسات أن النباتات التي تنتقل بوساطة النمل (Myrmecochory plants) تعطي بادرات أفضل نمواً (Buckley, 1982) وتنوعاً (Beattie, 1985)، ويعزى ذلك إلى أن النمل يطمر هذه البذور مما يجنبها عوامل الوسط غير المناسبة كالأشعة الشمسية المباشرة والجفاف، كما يغني النمل التربة بالعناصر الغذائية وخاصة النيتروجين والفسفور.

تؤثر عوامل عدة في عملية الانتشار وهي: قابلية الحركة وعامل النقل ومدة احتفاظ وحدات التكاثر بحيويتها وأخيراً الحواجز أو الموانع التي تحول دون الانتشار. تتضح قابلية الحركة، بشكل واضح، في النباتات التي تتحرك بذاتها مثل البكتيريا والدياتومات Diatoms وغيرها من الطحالب مثل الفولفوكس *Volvox*، أما في معظم النباتات الزهرية الأرضية التي تكون عادة، في حالة نموها الخضري، ثابتة، فإن إمكانية انتقالها تتوقف بالدرجة الأولى على حجم وحدات التكاثر ووزنها ومساحة سطحها، وبخاصة تلك التي يجري نقلها بوساطة الرياح، فالبذور أو الثمار الصغيرة الحجم والخفيفة الوزن أكثر مقدرة على الانتشار من الثمار والبذور الكبيرة الحجم والثقيلة الوزن، كما تزداد مقدرة وحدات التكاثر على الانتشار بوساطة الرياح إذا كان لها تراكيب خاصة كالأشعار أو الأجنحة التي تسهل حملها بالرياح، أما تلك التي تنتقل بوساطة الحيوانات فتمتلك أشواكاً أو تغطيها مواد دبقة، مما يمكنها من الالتصاق بجسم الحيوانات التي تنقلها من مكان إلى آخر. هذا وتعد قابلية وحدات التكاثر على الحركة من أهم العوامل التي تساعد النوع

النباتي على استيطان مواطن جديدة، فأنواع جنس الهندباء *Taraxacum** وجنس السونكس *Sonchus* (الشكل 1)، من أسرع النباتات احتلالاً للأراضي البور أو المناطق التي دُمر غطاؤها النباتي ذلك لأن بذورها خفيفة الوزن ولها زوائد شعرية مما يساعد على حملها بوساطة الرياح إلى مسافات بعيدة عن النبات الأم.

---

*معظم الأسماء العربية للنباتات مأخوذة من: الشهابي، م. (1978). معجم الشهابي في مصطلحات العلوم الزراعية. مكتبة لبنان، بيروت.



الشكل 1. نبات السونكس *Sonchus oleraceus* مع ثماره

يجري انتشار النباتات عن طريق:

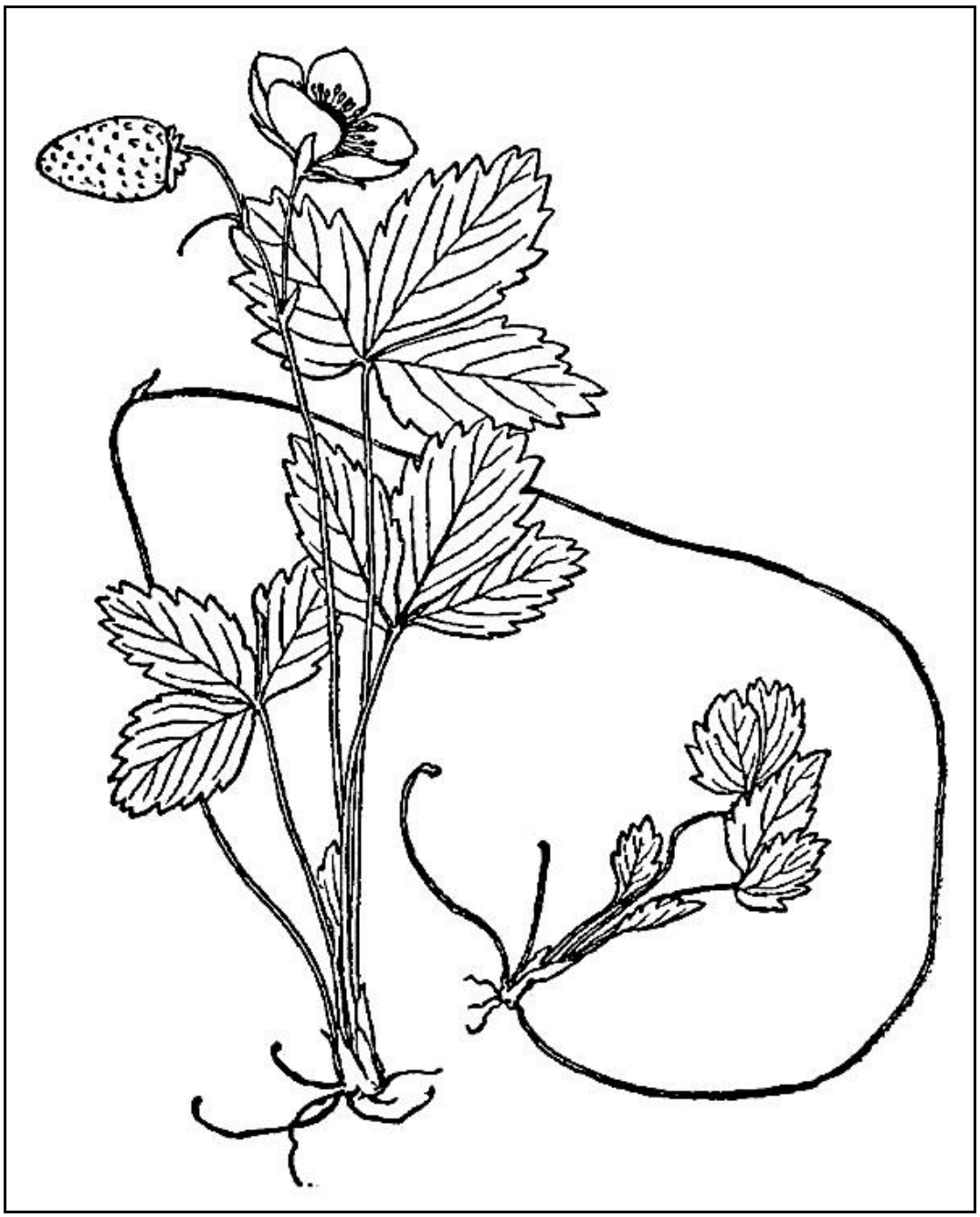
أ. وحدات التكاثر الخضرية (الريزومات، الأبصال، الكورمات .. الخ).

ب. وحدات التكاثر الجنسية (البذور والثمار).

الانتشار بوساطة الوحدات التكاثرية الخضرية

يوجد هذا النمط من الانتشار في بعض أنواع الفطر التي تشكل ما يسمى بالحلقة السحرية Fairy ring، حيث تأخذ خيوط الفطر المطمورة في التربة شكل حلقة يزداد قطرها عاماً بعد آخر، وتتوقف زيادة قطر الحلقة على نوع الفطر فيصل في فطر *Hydnum suaveolens* إلى 33 سم/ سنة وفي فطر *Marasmius oreades* إلى 12 سم/ سنة وفي فطر *Psaliota arvensis* إلى 50 سم / سنة.

يمكن للأعضاء الخضرية المختلفة (الكورمة، الريزومة، الدرنة .. الخ)، أن تعطي نباتات جديدة بعيدة عن النبات الأم، فمثلاً تتشكل على السوق الزاحفة لنبات الفراولة (الفريز) *Fragaria vesca* (الشكل 2) ونبات النميص *Carex* (الشكل 3) جذور وفروع جديدة، في منطقة العقد التي تلامس التربة، تنفصل عن النبات الأم وتبتعد تدريجياً.



الشكل رقم (2). الساق الجارية في نبات الفراولة (الفريز) *Fragaria vesca*



الشكل 3. الريزومة في نبات النميص *Carex*

كما تتشكل على جذور نبات البوقيصا *Ulmus* براعم عرضية تنمو وتعطي نباتات جديدة بعيدة عن النبات الأم مسافة كبيرة تصل في بعض الأحيان إلى أكثر من 40 م، وتُمكّن الريزومات الزاحفة نبات الزل *Arundo donax* من استيطان مناطق جديدة واسعة خلال سنوات عدة (الشكل 4).



الشكل 4. ينتشر نبات الزل *Arundo donax* على مساحات واسعة بوساطة الجذامير الزاحفة

يجري الانتشار عن طريق أعضاء التكاثر الخضرية بشكل بطيء وتدريجي، لكن في بعض الأحيان يمكن لهذه الأعضاء أن تنتقل إلى مسافات بعيدة مثال ذلك انتشار النباتات المائية كعدس الماء *Lemna minor* (الشكل 5) وزهرة النيل *Echornia crassipes* (الشكل 6) الذي وصل حديثا إلى سورية والعراق وانتشر في معظم الأنهار، وشكل مسطحات كثيفة على سطح الماء، وينافس النباتات المائية الأخرى المغمورة منها والطافية، ويشكل حالياً خطورة بالغة على النظام البيئي المائي في الأنهار التي انتشر فيها.



الشكل 5. نبات عدس الماء *Lemna minor* طافياً على سطح الماء



الشكل 6. نبات زهرة النيل *Echornia crassipes*

الانتشار بوساطة الوحدات التكاثرية الجنسية

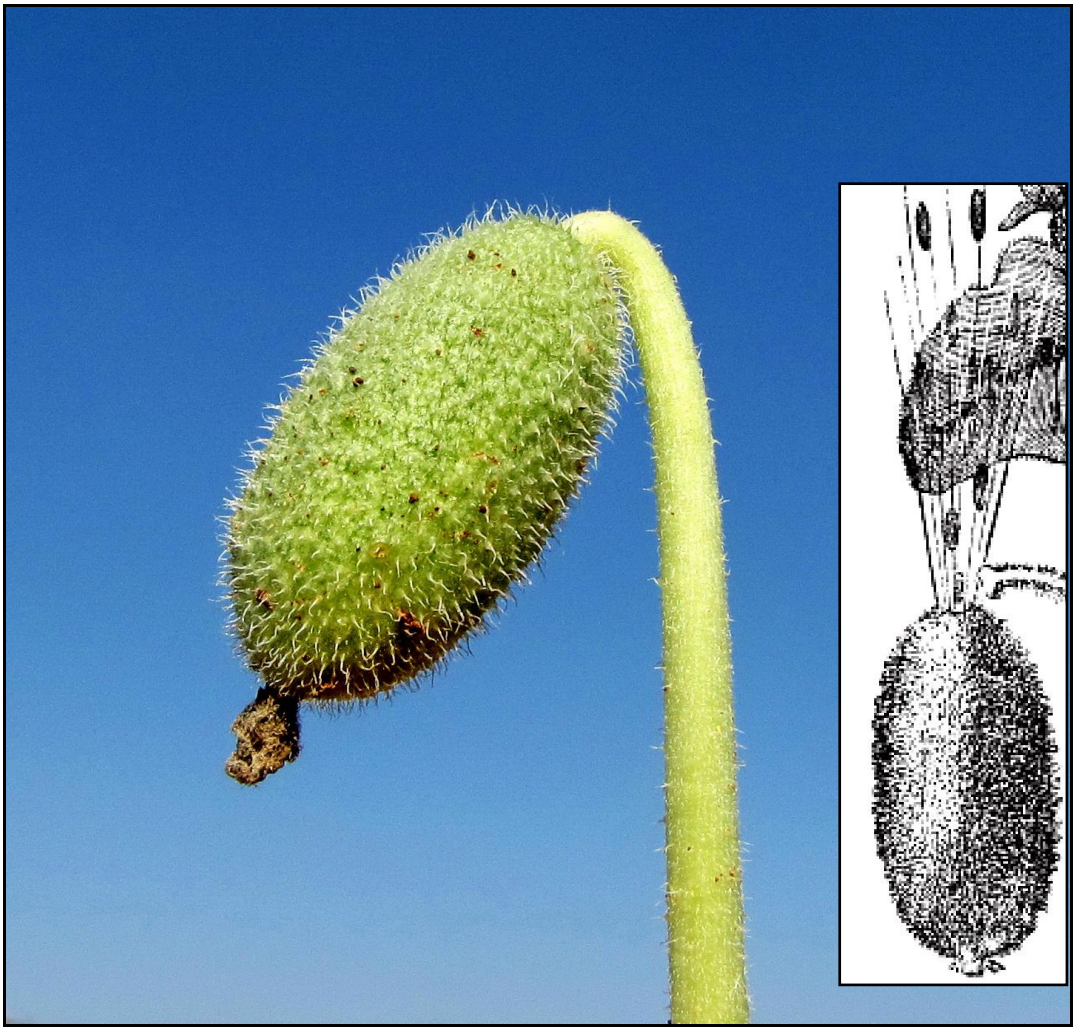
تقسم الأنواع التي يجري انتشارها بالبذور والثمار وغيرها إلى مجموعتين:

أ. الأنواع ذاتية الانتشار Autochory species، وهي الأنواع النباتية التي لا تحتاج لانتشار بذورها إلى عوامل الانتشار الخارجية من رياح ومياه وإنسان... الخ.

ب. الأنواع غير ذاتية الانتشار Allochory species، وهي الأنواع التي تكيفت بذورها أو ثمارها للانتشار بواسطة الهواء Anemochory species أو الماء Hydrochory species أو الحيوانات Zoochory species أو الإنسان.

الأنواع ذاتية الانتشار Autochory species

وهي الأنواع المتكيفة لقذف بذورها أو ثمارها بعيداً عن النبات الأم، ويكون هذا النمط من الانتشار فعالاً في المناطق حيث يكون التنافس بين النباتات ضعيفاً، وهذا يلاحظ في حال الغطاء النباتي قليل الكثافة كالصحاري، وعلى الأراضي الملحية وغيرها، ومن أمثلة ذلك تفجر الثمار وخروج البذور نتيجة للضغط الداخلي للثمرة كما في قثاء الحمار *Ecballium elaterium* إذ تنفصل الثمرة بعد نضجها عن النبات في نقطة اتصالها بالشمراخ وتخرج منها البذور مع السائل الدبق لمسافة بعيدة (الشكل 7). كما يمكن لأنواع الغرنوق *Geranium* أن تقذف بذورها إلى مسافة بعيدة وذلك بمجرد لمس الثمرة الجافة، فالثمرة تتألف من خمسة مصاريع متحدة في القمة، وعند نضج الثمرة، في الأجواء، الجافة تنفصل المصاريع عن بعضها البعض و تلتف بشكل سريع ولكن التفافها يتوقف فجأة وذلك لأنها متحدة في القمة مما يؤدي إلى قذف البذور بعيداً (الشكل 8)، والأمر نفسه نجده في نبات البنفسج *Viola* إذ أن الثمرة ثلاثية المصاريع تتفتح عند جفافها بسرعة وتقذف البذور لمسافة تصل إلى 2 . 5 م.



الشكل 7. ثمرة قثاء الحمار *Ecballium elaterium*



الشكل 8. تفتح ثمار الغرنوق *Geranium*

وهناك بعض الأنواع مثل المونتيا *Montia fontana* التي تقذف بذورها بشكل قوس للأعلى حتى مسافة 60 سم، حيث تسقط البذور بعيدة عن النبات الأم، وإذا كانت الرياح شديدة يمكن أن تحمل هذه البذور لمسافة بعيدة.

يعد الانتشار الذاتي للأنواع النباتية بشكل عام قصير المدى، ويؤدي إلى انتشار البذور والثمار إلى مسافة تتراوح بشكل متوسط بين 2 و15 م عن النبات الأم، ومما لا شك فيه أن هذه الأنواع توسع منطقة انتشارها بشكل تدريجي.

الأنواع غير ذاتية الانتشار Allochory species

وهي الأنواع التي تنتقل بذورها وثمارها من مكان إلى آخر بوساطة عوامل الانتشار الخارجية، وتمتلك هذه الأنواع وسائل تكيفية تمكنها من الانتقال إلى مسافات بعيدة، ويجري انتشار هذه الأنواع بالطرائق التالية:

١. الانتشار بوساطة الرياح Wind dispersal

تساعد الرياح على نقل الأبواغ والبذور وحتى الثمار إلى مسافات بعيدة عن منطقة نموها، خاصة إذا كانت هذه الأعضاء التكاثرية تمتلك تكيفات خاصة لحملها بواسطة الهواء، وأهم هذه التكيفات هي:

أ. الوزن الخفيف.

ب. وجود تشكيلات خاصة كالأجنحة والشعر.

ج. الثمار المنتفخة التي تشكل ما يشبه الكرة المملوءة بالهواء وفي داخلها البذرة.

وأهم تكيفات الوحدات التكاثرية للانتشار بوساطة الرياح هي (Clobert et al, 2001; Cousens et al, 2008):

أ. **الأبواغ Spores**. تعد الأبواغ الوسيلة الأساسية لانتشار البكتريا والفطور والطحالب والسراخس (الشكل 9) وغيرها، فحجمها الصغير ووزنها الخفيف يمكّنها من أن تُحمل بوساطة الهواء إلى عشرات بل مئات الكيلومترات، وبهذا الشكل انتقلت فطور الصدأ *Uredenales* من البرازيل إلى الأرغواي، ويؤدي تسخن طبقات الهواء الملامسة لسطح التربة إلى تشكيل تيارات هوائية صاعدة تحمل معها الأبواغ إلى الطبقات العليا، فمثلاً تصل أبواغ فطر صدأ القمح *Puccinia graminis* إلى ارتفاع نحو 4900 م، وأبواغ فطر *Alternaria* تصل إلى ارتفاع 3100 م، فإذا أضفنا إلى ذلك الأعداد الهائلة التي تعطيها هذه النباتات من الأبواغ والتي تصل في بعض الحالات إلى بليون بوغة (مثل الفطر *Agaricus*) وقدرة الأبواغ على تحمل الظروف غير المناسبة لفترة طويلة تصل حتى 10 سنوات أدركنا سبب الانتشار الجغرافي الواسع لهذه النباتات (Ingold, 1971).



الشكل 9. الأكياس البوغية في نبات الخنشار اللبناني *Dryopteris libanotica*

ب. البذور الغبارية Dust seeds، حيث البذور صغيرة الحجم وخفيفة الوزن مما يمكنها من الانتقال مع الرياح لمسافات طويلة، فمثلاً تزن بذور نبات بيرولا *Pirola uniflora* حوالي 4 ميكروغرام، ونبات جيمنادنا *Gymnadenia conopsea* حوالي 8 ميكروغرام، ونبات الجعفيل *Orobanche ionantha* حوالي 1 ميكروغرام وغيرها، وكذلك أنواع الفصيلة السحلبية *Orchidaceae* التي تتشكل داخل ثمرتها العلبية مئات البذور الدقيقة والتي لا يزيد طولها عن 1 مم، ووزنها عن ميكروغرام واحد (Rasmussen, 1995)، مثل هذه البذور تنتقل بالرياح إلى مسافات بعيدة تماماً كما الأبواغ (الشكل 10).



الشكل 10. البذور الغبارية لنوع من السحلب

ج. **البذور والثمار المجهزة بالشعر Plumed seeds and fruits**، حيث البذور والثمار مجهزة بالشعر الذي يشكل غالباً مظلة صغيرة تساعد على حمل البذور والثمار بوساطة الرياح، وبالتالي انتشارها على مساحات واسعة، مثل بذور الدفلة *Nerium oleander* (الشكل 11) والسنفية *Epilobium* وكذلك ثمار الهندباء *Taraxacum officinale* (الشكل 12) وبعض أنواع الفصيلة النجيلية مثل بعض أنواع الحلفا *Stipa* والنصي *Aristida*، كما تلعب الأشعار الطويلة دوراً هاماً في انتشار بذور وثمار العشر *Calotropis procera* (الشكل 13) والصفصاف *Salix* والحور *Populus* وغيرها.



الشكل 11. ثمرة وبذور نبات الدفلة *Nerium*



الشكل 12. ثمار نبات الهندباء *Taraxacum minima*



الشكل 13. بذور نبات العشر *Calotropis procera*

د. **البذور والثمار المجنحة Winged seeds and fruits**، تكون البذرة في هذه الحالة مجهزة بجناح رقيق يساعدها على الطيران مثل الصنوبر *Pinus* (الشكل 14)، أو أن الثمار مزودة بأجنحة تمكنها من التعلق في الهواء مثل ثمار البتولا *Betula* والقيقب *Acer* (الشكل 15) والغرغار *Ulmus* والعثرب *Rumex nervosus* وشجرة السماء *Ailanthus altissimus* (الشكل 16).



الشكل 14. بذور الصنوبر *Pinus*



الشكل 15. ثمار القيقب السوري *Acer syriacum* المجنحة



الشكل 16. ثمار شجرة السماء *Ailanthus altissimus* المجنحة

هـ . الثمار المنتفخة Ballon-like fruits، تكون الثمرة على شكل الكرة المملوءة بالهواء لانتفاخ أجزاء منها كالكأس الذي يكبر ويحفظ الثمرة في داخله على نحو ما نجده في نبات الفيزالس *Physalis* (الشكل 17) وكذلك في بعض أنواع جنس القتاد مثل القتاد الشوكي *Astragalus spinosus* (الشكل 18).



الشكل 17. ثمار نبات الفيزالس *Physalis alkekengi* المنتفخة

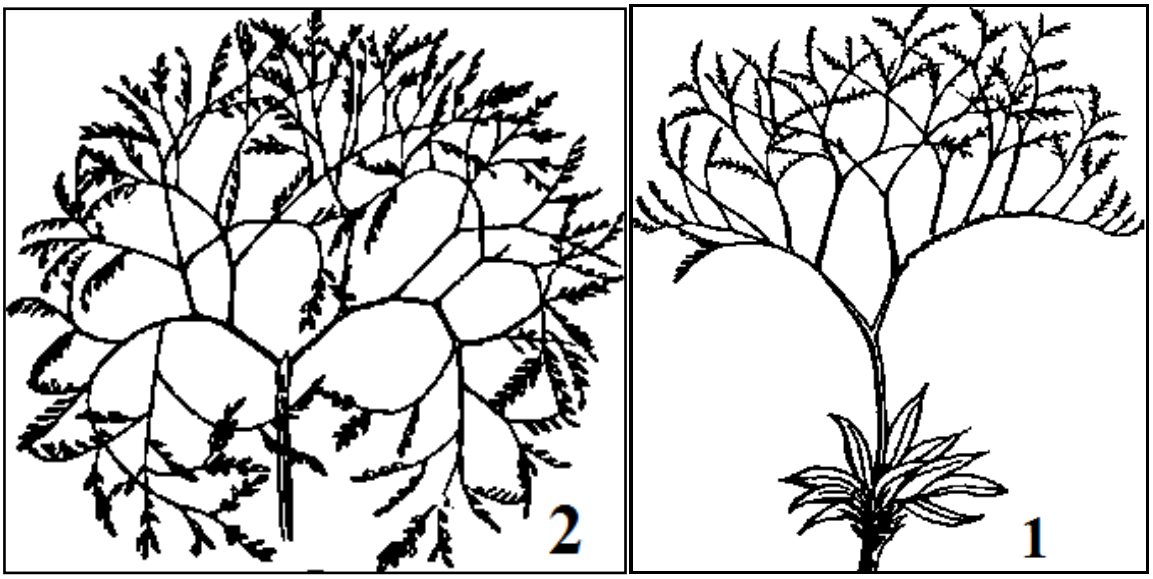


الشكل 18. ثمار نبات القتاد الشوكي *Astragalus spinosus* المنتفخة

و. **النباتات المتدحرجة** حيث ينتقل النبات كاملاً بوساطة الرياح، وهذا يلاحظ في بعض النباتات الصحراوية خاصة، فللنبات شكل شبه كروي ناجم عن تفرعه الشديد، وعند نضج النبات ينفصل عن الجذر وبعدها يتدحرج بفعل الرياح إلى مسافات بعيدة عن مكان نموه، ومن الجدير بالذكر أن البذور تنفصل تدريجياً عن النبات ما يؤدي إلى توزيعها على مسافات كبيرة مثل نبات السالسول *Salsola* (الشكل 19) و *Gypsophila* والقابضة *Statice* وغيرها (الشكل 20).



الشكل 19. نبات السالسول *Salsola volkensii* المتدحرج وقت النضج



الشكل 20. نبات القابضة *Statice gmelini* المتدحرج وقت الإزهار (1) والإثمار (2)

الحواجز والعقبات التي تحول دون الانتشار بوساطة الرياح

تتعدد الحواجز Barriers التي تقف في طريق انتشار النباتات بوساطة الرياح وأهمها:

آ. **الغابات:** فالانتشار بالرياح أكثر فعالية في المناطق السهبية والصحراوية أما في مناطق الغابات الكثيفة فلا تلعب الرياح دوراً كبيراً في الانتشار، ذلك أن الغابات تشكل عائقاً يعترض حركة الرياح فيعوقها وبالتالي يحد من تأثيرها، حيث تنخفض شدة الرياح بشكل واضح لدرجة السكون تقريباً، وذلك على مسافة من طرف الغابة (الجدول 1).

الجدول 1. انخفاض سرعة الرياح في غابات البلوط والبندق ابتداءً من حافة الغابة (Voronov, 1973)

المسافة من حافة الغابة إلى داخلها/ م	34	56	77	98	121	188	226
سرعة الرياح (%) من سرعتها خارج الغابة	54	45	23	19	7	5	**3 . 2**

وتختلف سرعة الرياح ليس فقط من طرف الغابة إلى داخلها وإنما أيضاً من طبقة إلى أخرى في المكان نفسه من الغابة (الجدول 2)، مما يعني أن فعالية الرياح في انتشار النباتات في الغابات محدودة.

الجدول 2. تغير سرعة الرياح من قمة الغابة إلى سطح التربة (على مسافة 15 م داخل الغابة (Voronov 1973))

الارتفاع عن سطح التربة/ م	سرعة الرياح م / ثانية	المكان
17	1.6	فوق قمة الغابة
14	0.9	عند قمة الغابة
11	0.7	داخل طبقة الأشجار
4	0.6	تحت طبقة الأشجار
أقل من متر	0.0	تحت طبقة الأشجار

ب. **السلاسل الجبلية:** تشكل الجبال والمرتفعات عقبة أمام انتقال البذور والثمار وتحول دون اجتيازها، باستثناء الأبواغ والبذور الخفيفة التي ترتفع عالياً في الجو ويمكن لها اجتياز السلاسل الجبلية.

ج. **تعوق الوديان والأخاديد:** الكبيرة انتشار النباتات وذلك لأنها تقلل من سرعة الرياح.

د. **تحول المحيطات والبحار:** دون انتقال النباتات بوساطة الرياح وذلك لصعوبة اجتيازها من جهة ولأن معظم البذور والثمار غير متكيفة لتطفو على سطح الماء من جهة ثانية.

هـ. **تعوق الرطوبة العالية والأمطار:** حركة وانتشار البذور والثمار بالرياح إذ تمتص البذور والثمار الرطوبة مما يثقل وزنها ويؤدي إلى سقوطها على الأرض أو صعوبة حملها بالرياح.

يعتقد كثير من الباحثين (انظر Tolmatchev,1974) أن الرياح حتى الشديدة منها لا تستطيع حمل البذور والثمار المتكيفة إلى مسافات بعيدة، وإنما تنتقل بالرياح على مراحل، أي أن هبة الرياح تنقلها إلى مسافة معينة ثم تهدأ مما يؤدي إلى سقوطها على الأرض، وإن احتمال حملها ونقلها مرة ثانية بالرياح هي إمكانية ضعيفة، لذا لا تنقل الرياح حسب رأيهم البذور والثمار المتكيفة إلى مسافة أكثر من 4 . 6 كم.

يجري انتشار النبات بوساطة الرياح بشكل تدريجي عادة، أي أن النوع ينتقل من المنطقة التي ينمو فيها إلى المنطقة المجاورة لها مباشرة، وبالتالي فإن عملية انتشار النوع تجري، كقاعدة عامة، دون أن يحدث تقطع في منطقة الانتشار، وبالرغم من ذلك فهناك أساس للافتراض أن الأعضاء التكاثرية لبعض الأنواع يمكن أن تنتقل إلى مكان بعيد عن مكان نموها، وهذا يؤدي إلى تقطع منطقة الانتشار، ولكن مثل هذه الحالات قليلة بل ونادرة ويجب أن لا يعزى لمثل هذه القفزات الانتشارية أهمية كبيرة (Tolmatchev, 1974).

٢. الانتشار بوساطة الماء:

الانتشار بالماء هي الطريقة الأساسية لانتقال النباتات المائية من مكان لآخر، أما النباتات التي تنمو على اليابسة فيمكن لها أن تنتقل بوساطة التيارات البحرية والأنهار والسيول إذا كانت بذورها وثمارها متكيفة لذلك، وأهم التكيفات التي تمكّن البذور والثمار من الانتشار بالماء هي:

أ. أن تكون قادرة على الطفو على الماء، أي أن يكون الوزن الحجمي لها أقل من كثافة الماء، وتمتلك هذه النباتات أنسجة خاصة مملوءة بالهواء بين الخلايا، أو بعض الخلايا والفجوات المملوءة بالهواء.

ب. عدم دخول الماء إلى داخل البذور والثمار، وذلك لأن دخول الماء، وبخاصة الماء المالح، يؤدي إلى تعفنها وقتل الجنين، وتمتلك هذه البذور والثمار عادة طبقة شمعية أو أنسجة كتيمة لا تسمح بنفاذ الماء إلى داخل الثمار والبذور.

ج. أن تكون البذور قادرة على الإنبات بعد نقلها بالماء.

ومن أهم طرائق الانتشار بالماء هي:

أ. الانتشار بالتيارات البحرية: يمكن للتيارات البحرية أن تنقل البذور والثمار إلى مسافات تصل حتى 1000 كم، فقد أوضح رينر (Renner, 2004) أن أكثر من 110 أجناس

تحتوي على أنواع تنمو على طرفي الأطلسي الإفريقية والأمريكية الاستوائية، ويعتقد أن هذه الأنواع انتقلت بوساطة التيارات البحرية.

وأكثر النباتات المتكيفة للبعثرة المائية هي النباتات التي تنمو على الشواطئ، مثل نبات جوز الهند *Cocos nucifera* (الشكل21)، فللثمرة في جوز الهند غلاف ليفي وآخر متخشب وكتيم يمنع نفاذ الماء إلى داخلها، وتتألف البذرة الموجودة داخل الثمرة من اندوسبيرم لحمي أبيض اللون (وهو عبارة عن نسيج ادخاري يشكل الجزء المأكول منها)، وفي إحدى زواياه يوجد الجنين الصغير، وتحتوي البذرة على اندوسبيرم سائل لم تتشكل فيه الجدر الخلوية، وتتمكن ثمرة جوز الهند من الطفو على سطح الماء بسبب احتوائها على فراغ مملوء بالهواء داخل الاندوسبيرم اللحمي، كما أن الغلاف الكتيم لا يسمح للماء بالنفاذ إلى داخل البذرة، ويمكن لثمار جوز الهند أن تطفو على سطح الماء مدة تتراوح بين 3 و16 شهراً، دون أن تفقد مقدرتها على الإنبات، وهذا هو سبب الانتشار الواسع لهذا النبات في شواطئ الجزر الاستوائية بما فيها الجزر المنعزلة (Tolmatchev, 1974). كما يعزى الانتشار الواسع لنبات ايبومية الشاطئي *Ipomoea stolonifera* (الشكل 22) إلى نقل ثمارها بوساطة التيارات البحرية والأمر نفسه بالنسبة لنبات بذرة القلب *Cardiospermum halicacabum* (الشكل 23) وغيرها.



الشكل 21. ثمرة جوز الهند طافية على سطح الماء



الشكل 22. نبات ايبومية *Ipomoea stolonifera* مع الثمرة



الشكل 23. ثمار نبات بذرة القلب *Cardiospermum halicacabum*

أوضح دارون (انظر Tolmatchev, 1974) أن نحو 10% من بذور أنواع أية منطقة يمكن أن تنبت بعد وضعها في الماء مدة 28 يوماً، فإذا كان متوسط سرعة التيارات البحرية نحو خمسين كيلو متراً في اليوم، فإن هذه الأنواع النباتية يمكن أن تنتقل بالماء إلى مسافات تصل أكثر من 1000 كم، وإذا استقرت في مكان مناسب لنموها فيمكن لها أن تنبت وتنمو وتتكاثر.

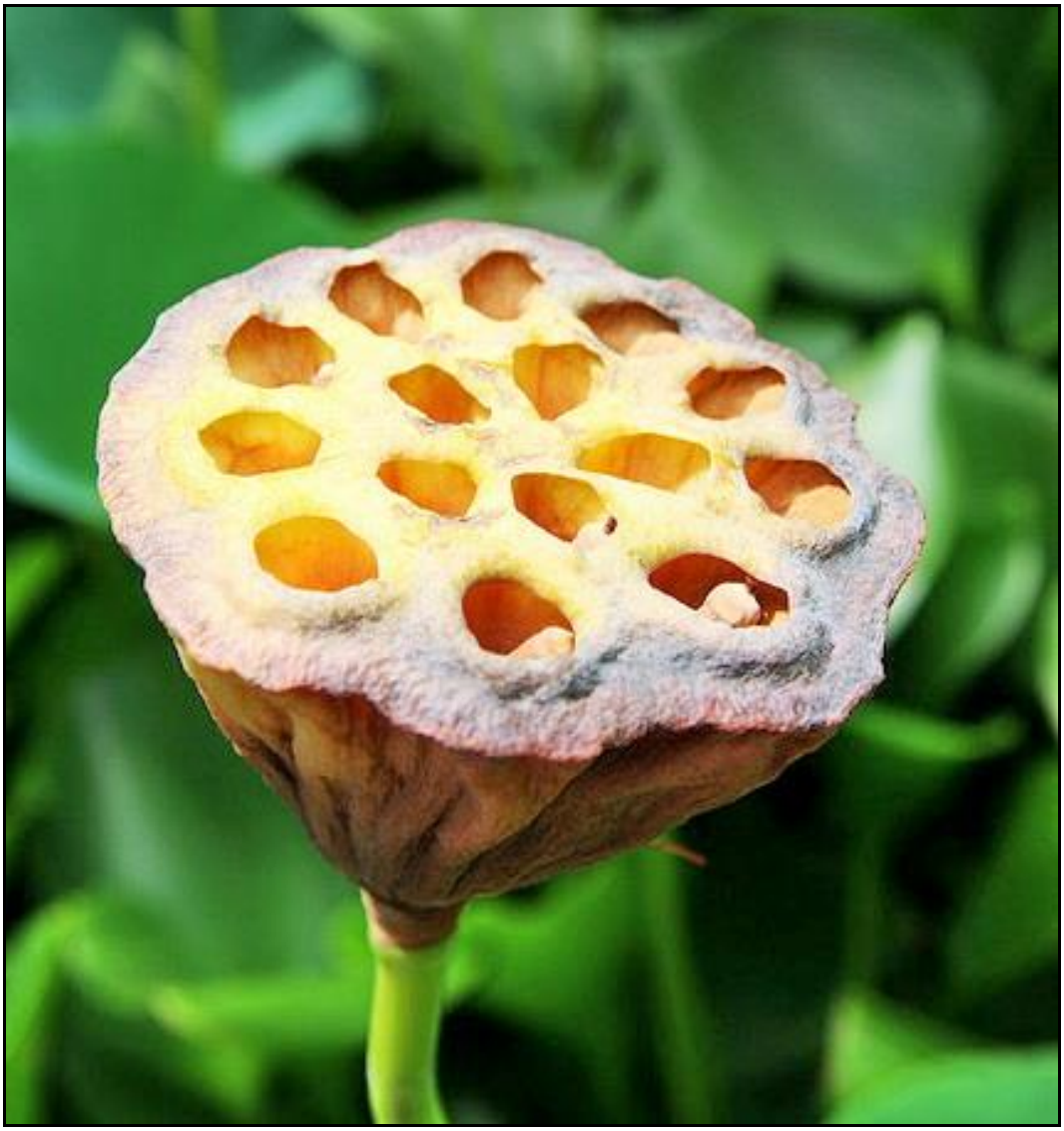
ويمكن للأجزاء الجافة من النباتات التي تحمل بذوراً أو ثماراً أن تنتقل بالتيارات البحرية إلى مسافات بعيدة دون أن تمس بذورها وثمارها الماء، وهذا ما نجده في نبات انتادا *Entada* الاستوائي المتسلق الذي وجدت بذوره في شواطئ شمال أوروبا (الشكل 24).



الشكل 24. نبات انتادا *Entada* انتقل بالتيارات البحرية من المنطقة الاستوائية إلى أوروبا

يستبعد بعض الباحثين (Tolmatchev, 1974) إمكانية انتشار النباتات غير الشاطئية بواسطة التيارات البحرية، ويعتقدون أنه حتى في حالة انتقالها فيصعب أن تصل إلى المكان المناسب لنموها وتكاثرها.

ب. الانتشار بواسطة الأنهار والجداول والسيول: يمكن للأنهار أن تنقل الوحدات التكاثرية Diaspores للنباتات إلى مسافات بعيدة داخل البحار والمحيطات، وإذا وصلت إلى الجزر القريبة من الشاطئ، وتوفرت لها الظروف الملائمة فيمكن لها أن تنبت وتنمو وتتكاثر على هذه الجزر. تنمو النباتات التي تنتقل بالأنهار غالباً على ضفافها وفي مناطق تجمع المياه، وبالتالي تساهم الأنهار في انتشار النباتات على طول مجراها، مثال ذلك نبات اللوتس *Nelumbium speciosum* (الشكل 25)، حيث لتخت الزهرة فيه شكل مخروط مقلوب وجهه العلوي مسطح ويحتوي على تجاويف توجد فيها الثمار، وبعد نضج الثمار ينفصل تخت الزهرة مع الثمار عن النبات وينتقل بوساطة الماء على طول مجراها، كما يطفو نباتي عدس الماء *Lemna* وزهرة النيل *Echornia crassipes* (الشكل 5 و6) على سطح الماء وينتقلان بالماء من مكان لآخر.



الشكل 25. ثمار نبات اللوتس *Nelumbium speciosum*

ويمكن للسيول التي تتشكل بعد هطول الأمطار أن تنقل الوحدات التكاثرية مع مجرى هذه السيول، ويوفر هذا النمط من الانتشار، وبخاصة في المناطق الجافة، نقل الوحدات التكاثرية ووصولها إلى الوسط المناسب، وذلك لأنه في أماكن تجمع المياه تكون التربة خصبة ورطبة مما يشكل وسطاً مناسباً لنمو النباتات وتكاثرها.

3. الانتشار بوساطة الحيوانات عدا الإنسان:

يمكن لأنواع كثيرة من الحيوانات - بسبب تنقلها الدائم واعتمادها في تغذيتها على النباتات - أن تقوم بدور هام في انتشار الأنواع النباتية، ويجري الانتشار بوساطة الحيوانات عن طريق Iluz, (2011):

أ. الجهاز الهضمي للحيوانات Endozoochory.

ب. الالتصاق بجسم الحيوانات Epizoochory.

ت. ادخار المواد الغذائية وبناء الأعشاش Synzoochory.

تكون البذور والثمار التي تنتقل عن طريق الجهاز الهضمي للحيوانات غالباً من الأنواع المأكولة وذات الألوان الجذابة، كما تمتلك غلفاً كتيمة تستطيع مقاومة العصارات الهاضمة، وبالتالي تبقى محتفظة بقدرتها على الإنبات بعد خروجها من الجهاز الهضمي للحيوانات. لا تتمكن بذور بعض النباتات من امتصاص الماء إلا إذا مرت داخل الجهاز الهضمي للحيوانات، ذلك لأن العصارات الهاضمة تلين غلف البذور ويصبح إنباتها أسرع وأسهل (Martínez and Restrepo, 1993) مثل ذلك نبات زعرور الزينة *Pyracantha coccinea* (الشكل 26) والفاكسنيوم *Vaccinium myrtillus* ونبات *Vaccinium vites idaea* فقد تبين أن مرور بذورها خلال القناة الهضمية ضروري لإنباتها، أما البذور التي تسقط على التربة فغالباً لا تنبت نتيجة لتعفن الجزء اللحمي من الثمرة (Voronov, 1973)، وكذلك نبات امبيرتوم *Empetrum* الذي لا تستطيع بذوره امتصاص الماء إلا بعد خروجها من الجهاز الهضمي للطيور.



الشكل 26. نبات زعرور الزينة *Pyracantha coccinea*

تشكل ثمار نباتات الأكاشيا *Acacia* والمسكيت *Prosopis*، وبذور البطم الأطلسي *Pistacia atlantica* (الشكل 27) وغيرها في المناطق الجافة وشبه الجافة، مادة غذائية هامة للحيوانات الأمر الذي يساعد على انتشار بذورها وتليين قصرتها وذلك بعد خروجها من الجهاز الهضمي للحيوانات، مما يجعلها أكثر نفاذاً للماء فيسهل إنباتها، وكثيراً ما تشاهد بذور هذه النباتات نامية في روث الحيوانات في الزرائب حيث تحفظ الحيوانات أو في الطرق التي تسلكها الماشية إلى أماكن تجمع المياه والشرب.



الشكل 27. البطم الأطلسي *Pistacia atlantica*

أما البذور والثمار التي تنتقل بالالتصاق الخارجي بجسم الحيوانات فتملك غالباً تكيفات تمكنها من الالتصاق كالكلابات مثل نبات الضريسة *Tribulus terrestris* (الشكل 28) وبعض أنواع نبات الكسانثيوم *Xanthium* (الشكل 29) أو أنها ذات سطوح لزجة كما في نبات الدبق

Viscum album (الشكل 30) وغيرها، إضافة إلى ذلك فإن بذور وثمار بعض الأنواع النباتية يمكنها الانتقال مع الأوحال التي تلتصق بأقدام الحيوانات ومناقير الطيور.



الشكل 28. ثمار نبات الضريسة *Tribulus terrestris*



Xanthium spinosum *Xanthium stramarium*

الشكل 29. ثمار نبات كسانثيوم



الشكل 30. ثمار نبات الدبق *Viscum album*

ويجري الانتشار بوساطة الحيوانات عن طريق:

١. الطيور:

تعد الطيور من أهم الزمر الحيوانية في انتشار النباتات وذلك بسبب كثرة أعدادها وانتقالها مسافات بعيدة وبخاصة الطيور المهاجرة. تنقل الطيور البذور والثمار إما عن طريق الجهاز الهضمي أو بالالتصاق الخارجي بأجسامها (Gosper et al. 2005). ففي تجارب لدارون (انظر Tolmatchev, 1974) بينت أنه خلال شهرين استطاع أن يحصل من فضلات الطيور في حديقته على 12 نوعاً نباتياً، وعند زرعها أنبت القسم الأعظم منها، كما تبين له أن بذور عديد من النباتات تستطيع الإنبات بعد بقائها في حوصلة الطيور مدة 12 . 21 ساعة. يمكن للطيور المهاجرة أن تنقل البذور إلى مسافات بعيدة، إذ أن بعض البذور يمكن أن تبقى في حوصلة الطيور مدة 12 . 18 ساعة دون أن تفقد المقدرة على الإنبات، وبالتالي يمكن لهذه الطيور المهاجرة أن تقطع خلال هذه الفترة مسافة تصل إلى 800 كيلومتراً، وإذا حدث أن ماتت

هذه الطيور وخرجت البذور من حوصلتها، تكون البذور قد انتقلت إلى مسافات بعيدة عن موطنها الأصلي.

كذلك يمكن للطيور نقل البذور على سطحها الخارجي (الأجنحة والأرجل وحتى المنقار.. الخ)، ومع الأوحال الملتصقة على أرجلها، وبخاصة الطيور التي تعيش في المستنقعات، ويعتقد أن عدد الأنواع التي يمكن أن تنتقل بهذه الطريقة ليست كثيرة وأغلبها نباتات حولية تنمو على الشواطئ وفي المستنقعات.

2 . الحيوانات الأخرى والحشرات:

تعد الثدييات والحيوانات الأخرى عاملاً هاماً من عوامل انتشار النباتات سواء عن طريق جهازها الهضمي أو سطحها الخارجي، فيمكن للأغنام وغيرها نقل نبات المسكيت *Prosopis* إلى مسافات بعيدة عن طريق جهازها الهضمي، وذلك لأن بذوره لا تتأثر بالعصارات الهضمية (Manzano, and Malo, 2006)، كما يمكن للأرانب نقل بذور نبات الصبار *Opuntia* وغيرها، وقد ساهمت الدببة في المناطق الشمالية الباردة في انتشار نبات البادس *Padus* عن طريق جهازها الهضمي، إضافة إلى ذلك يمكن للحيوانات أن تنقل الأنواع النباتية المتكيفة للالتصاق بأجسامها (Sorenson,1986) مثل بعض أنواع الفصائل المركبة *Compositae* والخيمية *Umbeliferae* والوردية *Rosaceae* والفراشية *Papilionaceae* وغيرها، ولابد من الإشارة إلى أن الحيوانات عندما تنتقل من مكان لآخر فإنها تختار مناطق متشابهة، مما يعني أنها تنقل النباتات إلى وسط قريب من الوسط الذي تعيش فيه، وهذا يمكنها من النمو والتكاثر والاستيطان في الموقع الجديد.

يمكن لكثير من الحيوانات التي تدخر البذور والثمار لفصل الشتاء أن تساهم في انتشارها، فعند حمل الوحدات التكاثرية إلى جحورها كثيراً ما يسقط بعض منها، كما أن البذور والثمار كثيراً ما تزيد عن حاجتها وبالتالي فقد تنمو وتتكاثر. كما تلعب الحشرات دوراً في انتشار النباتات وخاصة الدنيا منها وذلك إما عن طريق ابتلاعها أو عن طريق سطحها الخارجي خاصة تلك المكسوة بالشعر، فأبواغ فطور فصيلة Phallaceae تمر خلال الجهاز الهضمي لبعض أنواع الخنافس دون ضرر، وهذه الخنافس تعيش على الأجسام الثمرية لهذه الفطور. بينت الدراسات (Beattie, 1985) أن أكثر من 3000 نوع من النباتات تنتقل بوساطة النمل (Mymecochory)، كما بينت أيضاً أن البذور التي ينقلها النمل، والتي تزيد عن استهلاكه، تعطي بادرات أفضل وأكثر تنوعاً، وذلك لأن النمل يطمر البذور في التربة ويجنبها تأثير عوامل الوسط غير المناسبة

كالأشعة الشمسية المباشرة والجفاف، كما يغني النمل التربة بالعناصر الغذائية وبالأخص النيتروجين والفسفور.

4 . الانتشار عن طريق الإنسان Anthropochory:

يزداد تأثير الإنسان في انتشار النباتات منذ لحظة وجوده على سطح الأرض وحتى الآن، ويعد الإنسان حالياً أهم عامل من عوامل الانتشار، فقد ساهم الإنسان في انتشار النباتات بشكل إرادي أو بشكل لا إرادي، إذ ساهم بشكل إرادي في نقل وتوسيع منطقة النباتات الزراعية، ويُجمع الباحثون على أن موطن القمح هو شرق حوض المتوسط وآسيا الصغرى وإيران والقوقاز، أما حالياً فينتشر في كافة أنحاء العالم، أي أن الإنسان استطاع خلال 8 آلاف سنة أن يوسع منطقة انتشار القمح لتشمل القارات كافة، والأمر نفسه بالنسبة لمعظم النباتات الزراعية. وقد نقل الإنسان نباتات متعددة وزرعها في البداية في أمكنة معينة ومنها انتشرت بعد ذلك على مساحات واسعة مثل ذلك الفوة *Rubia tinctoria* والوسمة *Isatis* وغيرها، وكذلك نبات اللانتانا *Lantana montevidensis* (الشكل 31) الذي نقل إلى أمريكا الاستوائية، وبعدها انتشر بوساطة الطيور التي تتغذى على ثماره في كافة المناطق الاستوائية الأمريكية (Lemee, 1967)، ونبات الكافور *Eucalyptus* الذي نقله الإنسان من استراليا إلى مناطق عديدة في العالم.



الشكل 31. نبات اللانتانا *Lantana montevidensis*

كما ساهم الإنسان بشكل غير إرادي (غير مباشر) في نقل النباتات من مكان لآخر وذلك عن طريق التجارة والهجرة والحروب وغيرها، فقد نقل إلى منطقة مونبلييه في فرنسا نحو 107 أنواع نباتية، وهذا يشكل نسبة 3.8% من عدد الأنواع التي تنمو في هذه المنطقة، وذلك عن طريق التجارة. وبلغ عدد الأنواع التي نقلها الإنسان إلى مدغشقر بشكل إرادي أو غير إرادي نحو 542 نوعاً نباتياً.

ومن الأمثلة الواضحة لمساهمة الإنسان في نقل الأنواع النباتية إلى مناطق متعددة نبات الايلوديا *Elodea Canadensis* الذي نقل من أمريكا الشمالية إلى أوروبا (فرنسا) لأول مرة عام 1838 وينتشر حالياً في البحيرات والبرك ومجاري المياه في كل أوروبا حتى وصل إلى سيبيريا، ومن النباتات التي نقلها الإنسان عبر القارات نبات الباذنجان الزيزفوني *Solanum elaeagnifolium* (الشكل 32) فموطنه الأصلي أمريكا الشمالية، وانتشر في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط في القرن العشرين، ويعد من النباتات الضارة بسبب سميته العالية ومقدرته التنافسية العالية وعلى وجه الخصوص للمحاصيل الزراعية.



الشكل 32. نبات الباذنجان الزيزفوني *Solanum elaeagnifolium*

تنتقل النباتات بوساطة الإنسان إلى مسافات مختلفة، فقد بينت الدراسات أن النباتات تنتقل بالالتصاق بالألبسة إلى مسافة أكثر من 250 م (Bullock and Primack, 1977) وبالطين الذي يلتصق بالأحذية مسافة تصل إلى 5 كم (Wichmann et al., 2009)، وبعجلات السيارات إلى مسافة عشرات الكيلومترات (von der Lippe, and Kowarik, 2007).

سرعة الانتشار والحواجز التي تحول دونه:

تختلف سرعة انتشار النباتات من نوع لآخر، فبعضها سريع الانتقال وبعضها بطيء، ومن أمثلة النباتات سريعة الانتشار نبات الإيلوديا المائي *Elodea* (الشكل 33) الذي انتشر في كل أوروبا وشمال روسيا ونهر الفولغا والشرق الأقصى ابتداءً من عام 1838 حتى الآن، وكذلك نبات البابونج القرصي *Matricaria discoides* الذي نقل من أمريكا الشمالية إلى السويد عام 1850، وينتشر حالياً في كل أوروبا، وكذلك الانتشار السريع للنباتات الضارة في مناطق البامبا Pampa (السهوب) التي حملها الإنسان بشكل غير مقصود من أوروبا إلى الأرجنتين، ونبات

الصبار *Opuntia* وغيره، الذي نقل من موطنه المكسيك إلى أجزاء مختلفة من العالم وخاصة حوض البحر المتوسط واستراليا وغيرها (Tolmatchev, 1974).



الشكل 33. نبات الإيلوديا *Elodea canadensis*

تجري عملية انتشار النباتات في الطبيعة بطرائق مختلفة كما ذكر سابقاً، ولكنها لا تتوقف فقط على الخصائص البيولوجية للأنواع وبخاصة تكيف هذه الأنواع للانتقال من مكان لآخر، وإنما تتوقف أيضاً على الظروف الخارجية التي تساعد على الانتشار أو على العكس توقف الانتشار، فظروف الوسط الخارجي التي تعوق أو توقف انتشار الأنواع اصطلح على تسميتها بالحواجز Barriers، وهذه الحواجز يمكن أن توضع في المجموعات التالية (Shukla and Chandel,2009):

١. الحواجز الطبوغرافية:

من أوضح الأمثلة على هذا النوع من الحواجز هي البحار بالنسبة للنباتات التي تعيش على اليابسة، واليابسة بالنسبة للنباتات المائية، فالنباتات الأرضية عندما تصل إلى شواطئ المحيطات

لا تستطيع أن تجتازها وفي كثير من الحالات تشكل شواطئ المحيطات حدود منطقة الانتشار، فكثير من الأنواع النباتية التي تستوطن القارة الأمريكية والموجودة حالياً في أوروبا لم تنتشر عن طريق الطيور أو الرياح أو التيارات المائية، وإنما نقلت بوساطة الإنسان، وتعد المحيطات بشكلها الحالي حواجز يصعب اجتيازها. وكذلك الأمر بالنسبة للبحار التي تشكل عقبة يصعب اجتيازها باستثناء تلك الحالات التي تستطيع فيها الأبواغ أو البذور الخفيفة أن تقطع هذه البحار، ويجمع الباحثون على أن المسافة التي تتجاوز بضع عشرات الكيلومترات تعد، كقاعدة عامة، عقبة لا يمكن تجاوزها من قبل أغلب النباتات (Tolmatchev, 1974).

أما على اليابسة فإن أهم العقبات الطبوغرافية التي تلعب دوراً هاماً كعائق فهي السلاسل الجبلية والأنهار الكبيرة والمنخفضات. فالسلاسل الجبلية إلى جانب أنها تؤثر مباشرة في الانتشار بتشكيلها مصدات تحول دون انتقال الأنواع النباتية، فإنها تؤثر بشكل غير مباشر وذلك عن طريق تغيير الظروف المناخية (الجدول 3).

الجدول 3. تأثير السلاسل الجبلية في درجة الحرارة (درجة مئوية)

متوسط درجة حرارة التربة على عمق	الساعة	السفح الشمالي	السفح الجنوبي
0.0 سم	13	15.3	22.0
10 سم	14	17.2	18.0
20 سم	14	14.2	26.2
متوسط درجة حرارة الهواء	.	13.2	17.6

ففي الحالات التي تستطيع البذور والثمار أن تنتقل من سفح إلى آخر فإنها غالباً ما تقع في ظروف تختلف عن تلك التي تعيش فيها، مما يعوق نموها وتكاثرها، ويعد بعض الباحثين السلاسل الجبلية حواجز طبوغرافية وحواجز بيئية أيضاً (Tolmatchev, 1974)، وذلك لأنه في بعض الحالات قد لا تكون السلاسل الجبلية عائقاً كبيراً أمام انتشار الأنواع النباتية لو لم يتداخل ذلك مع كونها تغير وبشكل كبير الظروف البيئية.

2. الحواجز البيئية:

تعد درجة الحرارة والرطوبة وشدة الضوء والأمطار والخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة من أهم الحواجز التي تعوق انتشار الأنواع النباتية. تتطابق المناطق الجغرافية النباتية الرئيسية في

العالم مع المناطق المناخية، ولذلك فالنوع النباتي الذي ينتقل بطريقة ما إلى منطقة ذات ظروف مناخية مختلفة عن تلك التي ينمو فيها لا يستطيع غالباً أن ينمو ويتكاثر بسبب اختلاف الظروف البيئية للمنطقة الجديدة.

هذا ولابد من ملاحظة أنه ليس فقط المناخ ككل وإنما كل عامل من عوامله يمكن أن يكون حاجزاً أمام انتشار الأنواع النباتية، فدرجة الحرارة مثلاً قد تحول دون انتشار النباتات الاستوائية إلى المناطق المعتدلة (حتى ولو توفرت الظروف الأخرى)، فمثلاً يتأثر نمو شجرة الكاكاو *Theobroma cocao* سلباً في درجة 15 درجة مئوية، ونموها الطبيعي يكون عند درجة حرارة 18 . 19 درجة مئوية، كما أن أكثر النباتات الاستوائية تتوقف عن النمو في درجة حرارة تتراوح بين 2 و5 درجات مئوية، فإذا تمكنت الوحدات التكاثرية لهذه النباتات من الوصول إلى المناطق المعتدلة فإنها لا تستطيع النمو نظراً لأن درجة الحرارة غير مناسبة لها، ويمكن للضوء أن يكون حاجزاً أمام الانتشار، فنباتات النهار الطويل (أي تلك التي تزهر عندما يزيد طول النهار على 12 ساعة) إذا انتقلت إلى المناطق الاستوائية حيث طول النهار (النوبة الضوئية) نحو12 ساعة فإنها لا تزهر بل تبقى بحالة خضرية، وكذلك الأمر بالنسبة لنباتات النهار القصير (أي تلك التي تزهر في حال كون النوبة الضوئية أقل من 12 ساعة) إذا وقعت في المناطق المعتدلة (حيث النوبة الضوئية في فترة نموها الخضري أكثر بكثير من 12 ساعة) فإنها تبقى بحالة خضرية، وهكذا فالعوامل البيئية مجتمعة أو منفردة تلعب دوراً هاماً كحواجز أمام انتشار الأنواع النباتية.

قد تشكل التربة في كثير من الأحيان حاجزاً يحول دون انتشار الأنواع النباتية، كالترب الملحية التي تشكل حاجزاً يعوق انتشار النباتات غير الملحية، فالقسم الشمالي من شبه جزيرة القرم الذي يصلها باليابسة ذو تربة مالحة غير مناسبة لنمو كثير من الأنواع النباتية، وهذا يشكل حاجزاً أمام انتشار الأنواع التي تعيش فيها إلى سهوب القسم الجنوبي من روسيا، وكذلك حالت التربة المالحة دون انتقال الأنواع السهبية الروسية إلى شبه جزيرة القرم، وهكذا بقيت شبه جزيرة القرم شبه معزولة عن المناطق المحيطة بها، ولذلك يعدها كثير من الباحثين وكأنها جزيرة منعزلة وليست شبه جزيرة.

3. الحواجز الحيوية:

لا تلعب هذه الحواجز دوراً كبيراً في الحد من انتقال الأنواع النباتية، وإنما يمكن أن تحول دون نمو وتكاثر النوع النباتي، وبالتالي عدم اكتمال عملية الانتشار. ففي حالات كثيرة لا تستطيع الأنواع النباتية أن تنمو في بعض المناطق، بالرغم من كون الظروف المناخية والتربة مناسبة لنموها، وذلك لأن النباتات الموجودة في هذه المناطق تشكل غطاء نباتياً كثيفاً ومغلقاً، لذا فإن

معظم النباتات المهاجرة تستوطن المناطق التي ذات المجتمعات النباتية المفتوحة Open communities مثل المناطق الصحراوية أو المناطق ذات الترب الملحية، وبالتالي لا يستطيع أن ينمو في هذه المناطق إلا الأنواع النباتية المتكيفة، وفي حالات أخرى لا تستطيع الأنواع المنقولة تحمل الظل الذي يشكله الغطاء النباتي الكثيف، أو على العكس قد تكون هذه الأنواع كارهة للشمس ولكن نظراً لانعدام الغطاء النباتي الكثيف لا تتمكن من النمو، وبشكل عام تعد المناطق المغطاة بتشكيل Formation نباتي معين، عقبة يصعب على الأنواع النباتية تجاوزها. كل ما ورد عن الحواجز يدعونا إلى التحقيق في وجهات النظر التي تعطي أهمية كبيرة إلى الصدف في انتشار الأنواع النباتية، فانتقال الوحدات التكاثرية للنوع لا يعني أنه انتشر أو استوطن مناطق جديدة، فربما تكون مقدرته التنافسية أو خصائصه البيولوجية الأخرى لا تمكنه من النمو والتكاثر في هذه المنطقة الجديدة حتى ولو كانت الظروف البيئية ملائمة لنموه.

لا تتوقف مساحة انتشار النوع على طرائق انتشار الوحدات التكاثرية كما كان يعتقد سابقاً، فانتقال النوع من مكان إلى آخر ما هو إلا الخطوة الأولى في توسيع منطقة انتشاره، أما الأمر الحاسم فهو تمكن النوع من النمو والتكاثر في الظروف الجديدة للمنطقة التي انتقل إليها من جهة ومقدرته على منافسة الأنواع الأخرى من جهة ثانية (Schmithusen, 1961).

الفصل الثاني

العوامل البيئية (عوامل الوسط) Ecological factors

يتوقف توزيع الأنواع النباتية وانتشارها بالإضافة إلى العوامل التاريخية وخصائص الأنواع على عوامل البيئة، فالوسط الذي تعيس فيه النباتات هو عبارة عن معقد لجملة من العوامل منها ما هو قليل التأثير في نمو النبات وتكاثرها، كالتضاريس وتخلخل الهواء والمياه الجوفية وغيرها، ومنها ما هو أساسي وبدونه تموت النباتات، إذ يعد ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة والضوء

والرطوبة والأكسجين وبعض المواد المعدنية عوامل لابد منها لنمو وتكاثر النباتات الخضراء، ونقص أي منها يعوق النمو أو يوقفه، ويطلق على هذه العوامل اسم عوامل البقاء Life Existence conditions، لقد درس ليبج (Lifbig, 1840) وبلاكمان (Blackman, 1905) (انظر Shukla And Chandel, 2009) تأثير العوامل البيئية المختلفة في النباتات وتبين لهما أن نمو النباتات لا يتوقف على العوامل المتوفرة في الوسط وإنما على العوامل الموجودة في الحد الأدنى، فمثلاً لا يمكن زيادة نمو النباتات الزراعية المزروعة على ترب تحوي كافة العناصر الغذائية بوفرة باستثناء النيتروجين أو الفسفور المتوفرين في التربة بكميات قليلة جداً، بزيادة المواد الغذائية المتوفرة أصلاً وإنما بإضافة السماد النيتروجيني أو الفسفوري (Sandareshaw et al., 2003) ، ونتيجة لدراستهما وضعا قانون العوامل المحددة Law of limiting factors، الذي يبين أن شدة أية عملية بيولوجية، يؤثر فيها عدد من العوامل، تتوقف على العامل الذي يوجد في الوسط بكميات قليلة (بالنسبة إلى كميته المثلى)، مثال ذلك عملية البناء الضوئي التي يؤثر فيها الضوء ودرجة الحرارة وثاني أكسيد الكربون وغيرها تتناسب طرداً مع العامل الموجود بكميات قليلة.

تعد درجة الحرارة وكمية الهطول ورطوبة التربة والعناصر الغذائية المعدنية أهم العوامل المحددة بالنسبة للنباتات الأرضية، بينما تعد الملوحة وشدة الإشعاع الشمسي وكمية الأكسجين الذائب أهم العوامل المحددة بالنسبة للنباتات المائية (Shelford, 1952).

تنمو النباتات وتتكاثر بوفرة في مدى معين من العوامل البيئية، ويتوقف نموها إذا كان أي من العوامل أدنى أو أعلى من حد التحمل Tolerance limit، مما يعني أن الكائنات الحية لا يمكن أن تنمو وتتكاثر في الأوساط كافة على سطح الكرة الأرضية، وأهم القواعد الأساسية المرتبطة بقانون مدى التحمل Low of tolerance هي (انظر Shukla and Chandel, 2009):

- بعض النباتات ذات مدى تحمل واسع لبعض عوامل الوسط ومدى تحمل ضيق لعوامل أخرى.
- النباتات ذات مدى التحمل الواسع لعوامل الوسط تكون عادة واسعة الانتشار.
- مدى التحمل النموذجي Optimum level هو الذي تنمو وتتكاثر فيه النباتات بوفرة.
- عندما يكون أي من العوامل الأساسية المحددة للنمو في الحد الأدنى فإن مدى تحمل النوع للعوامل الأخرى ينخفض كثيراً وذلك بسبب تداخل تأثيرات العوامل البيئية مع بعضها البعض.

- يختلف مدى التحمل للنوع باختلاف مرحلة النمو فهو أقل في مرحلة البادرة والإثمار منه وقت النمو الخضري.

يمكن تعميم هذه القوانين التي توصل إليها الباحثون في ظروف تجريبية على توزيع وانتشار الأنواع النباتية في الظروف الطبيعية، ففي الصحراء الكبرى حيث الجفاف هو العامل المحدد لانتشار النباتات، فإن أية زيادة في كمية الأمطار، حتى بمقدار 10 مم، تؤدي إلى تأثير كبير في نمو النباتات ووفرتها، بينما في خليج غينيا (أفريقيا الاستوائية) حيث الأمطار غزيرة فإن أية زيادة ليس لها تأثير يذكر.

يتوقف تأثر الأنواع النباتية بالعوامل البيئية على طبيعة هذه الأنواع وخصائصها البيولوجية، فنباتات النطاقات الاستوائية تموت عندما تصل درجة الحرارة إلى 2 أو 5 درجات مئوية، مثل شجرة الكاكاو التي تموت عندما تنخفض درجة الحرارة إلى 5 . 7 درجات مئوية، إذ يتطلب نموها الطبيعي درجة حرارة أعلى من 18 . 19 درجة مئوية، أما نباتات المناطق القطبية والتندرة فتتحمل درجات حرارة تصل إلى 30 . 40 درجة مئوية تحت الصفر دون ضرر يذكر، مثل نبات الملعقية *Cochlearia* (من الفصيلة الصليبية *Cruciferae*) الذي يتحمل درجة حرارة نحو 40 درجة مئوية تحت الصفر دون أن يموت.

يتطلب كل نوع نباتي ظروفاً بيئية تختلف عن النوع الآخر، فالقمح الشتوي لا يستطيع أن يتم مرحلة الإرباع Vernalization إلا في درجة من صفر إلى 2 مئوية إذا توفرت له التهوية والرطوبة المناسبتين، بينما يتطلب القمح الربيعي لإتمام الإرباع درجة حرارة بحدود 10 . 12 درجة مئوية، ولهذا إذا زرع القمح الشتوي في مناطق حارة فلا يستطيع أن يجتاز مرحلة الإرباع وبالتالي لا يزهر ولا يعطي ثماراً، بالرغم من نمو مجموعه الخضري بشكل طبيعي.

تقسم عوامل الوسط إلى المجموعات التالية:

- العوامل المناخية Climatic factors وتشمل الضوء، ودرجة حرارة الهواء والرطوبة والأمطار والرياح والغازات المكونة الهواء.
- عوامل التربة Soil factors (Edaphic factors) وتتضمن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ورطوبتها ودرجة حرارتها وكمية الهواء فيها وغير ذلك.
- العوامل الطبوغرافية Topographic factors وتشمل التضاريس التي يكون تأثيرها غير مباشر وذلك عن طريق تأثيرها في المناخ والتربة.

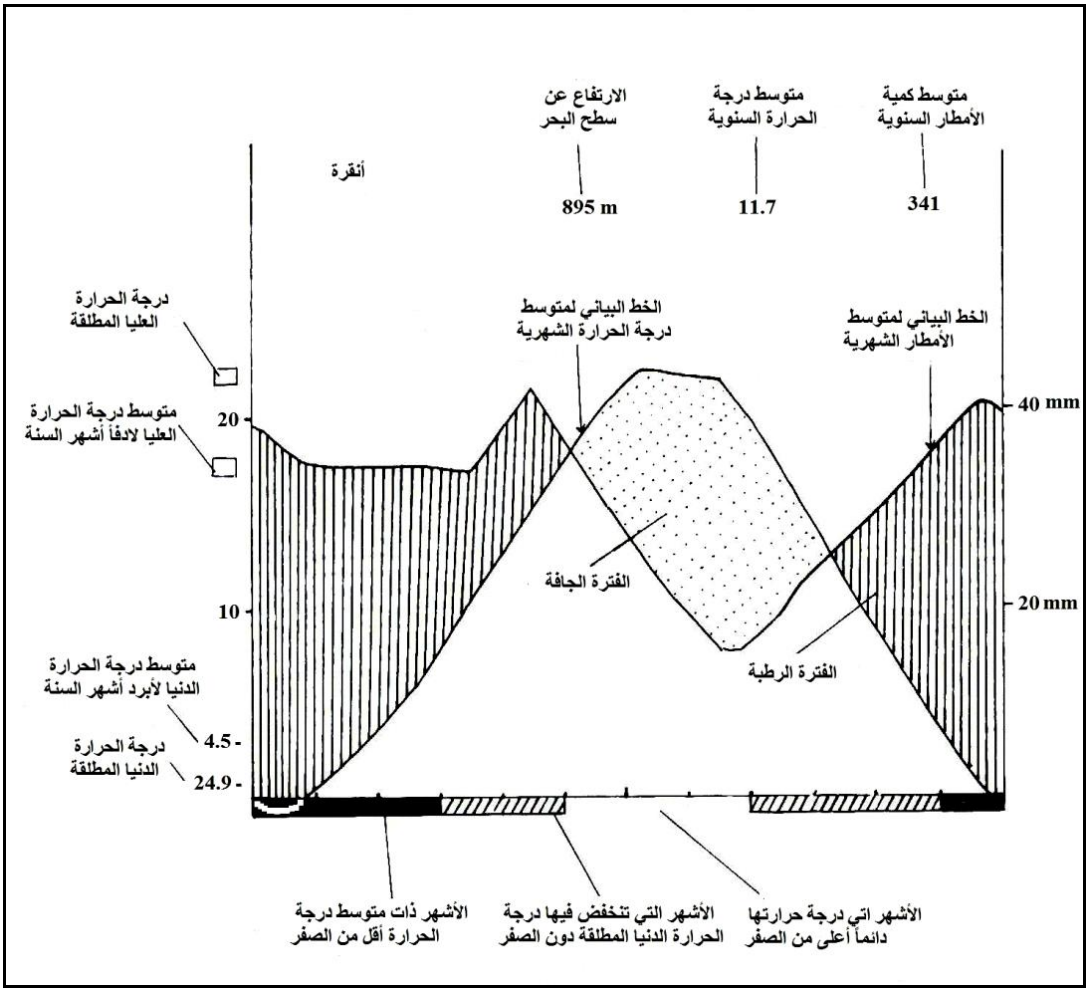
- العوامل الأحيائية Biotic factors وتشمل التأثيرات المتبادلة بين الكائنات الحية مثل تأثير النباتات في بعضها البعض وتأثير الحيوانات في النباتات وغيرها.
- العوامل البشرية Anthropogenic factors وتتضمن تأثير الإنسان في النباتات سواء بشكل مباشر عن طريق نقل النباتات من مكان لآخر أو بشكل غير مباشر عن طريق تأثيره في العوامل البيئية الأخرى كالمناخ وغيره.

المخططات المناخية Climatic diagrams

عمل الباحثون منذ فترة طويلة على وضع مخططات مناخية للمناطق المختلفة تبين الفترات المناسبة لنمو النباتات (الرطبة) والفترات غير المناسبة (الجافة ونصف الجافة)، كما تسهل مقارنة مناخات المناطق بعضها ببعض. وسنأخذ مثالاً عن هذه المخططات مخطط غوسين Gaussen والذي أدخل عليه فالتر (Walter and Lieth, 1961; Walter, 1973) بعض التعديل.

يعتمد هذا المخطط على العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الأمطار، إذ يعد الخط البياني لمتوسط درجة الحرارة الشهرية ممثلاً لكمية الماء المتبخرة، والخط البياني لمتوسط الأمطار الشهرية ممثلاً لكمية الماء الواردة ، وكلاهما يعطيان فكرة واضحة عن التوازن المائي.

بُنيت المخططات المناخية على أساس العلاقة بين متوسط درجة الحرارة الشهرية وبين متوسط كمية الأمطار الشهرية وهي: 1 إلى 2 أي أن كل 10 درجات مئوية تقابل 20 مم من الأمطار شهرياً، وعن طريق رسم الخط البياني لكل من متوسط درجة الحرارة ومتوسط الأمطار لكل شهر يمكن معرفة الفترات الرطبة والجافة في كل منطقة، فالفترة الرطبة يكون فيها الخط البياني لمتوسط الأمطار أعلى من الخط البياني لمتوسط درجة الحرارة، أما الفترة الجافة فعلى العكس يكون فيها الخط البياني للأمطار تحت الخط البياني لدرجة الحرارة (الشكل 34).

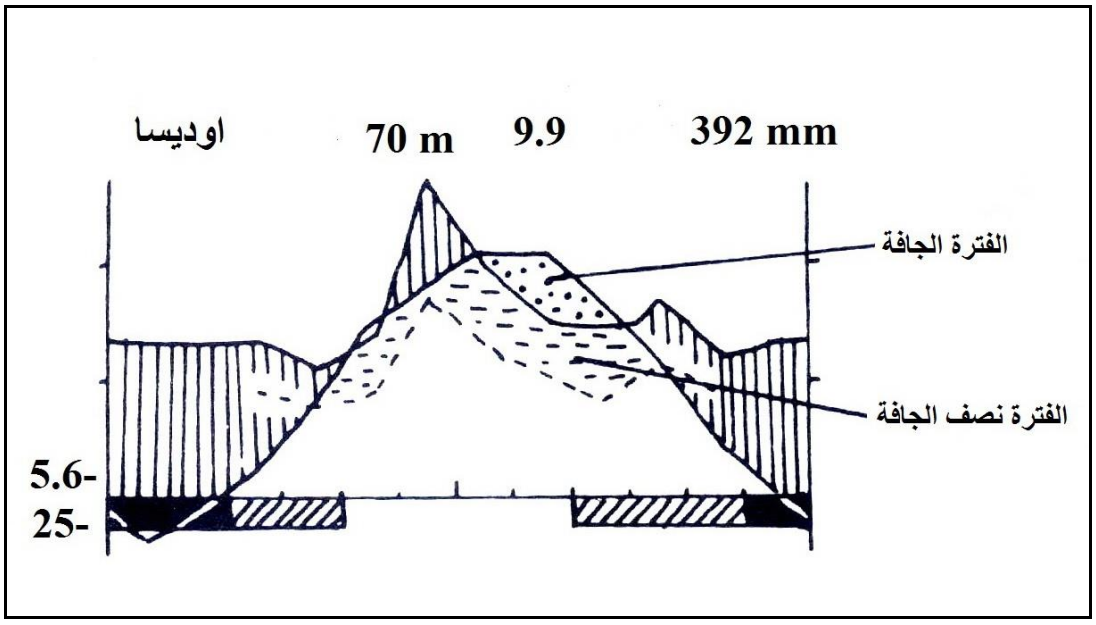


الشكل 34. المخطط المناخي لمدينة أنقرة

بالإضافة إلى الخط البياني لمتوسط درجة الحرارة الشهري والمتوسط الشهري لكمية الأمطار يتضمن المخطط المناخي عوامل أخرى لها أهمية بالنسبة للنباتات مثل طول الفترة الباردة، والأشهر التي تنخفض فيها درجة الحرارة تحت الصفر، إذ أن متوسط الحرارة الشهري غير كاف، فكثير من الأشهر يكون فيها متوسط درجة الحرارة أعلى من الصفر ولكن يحدث فيها الصقيع أكثر من مرة، ومن المعلوم أن للصقيع تأثير ضار في النباتات، كما يتضمن المخطط المناخي درجة الحرارة الدنيا المطلقة و درجة الحرارة العليا المطلقة (الشكل 34).

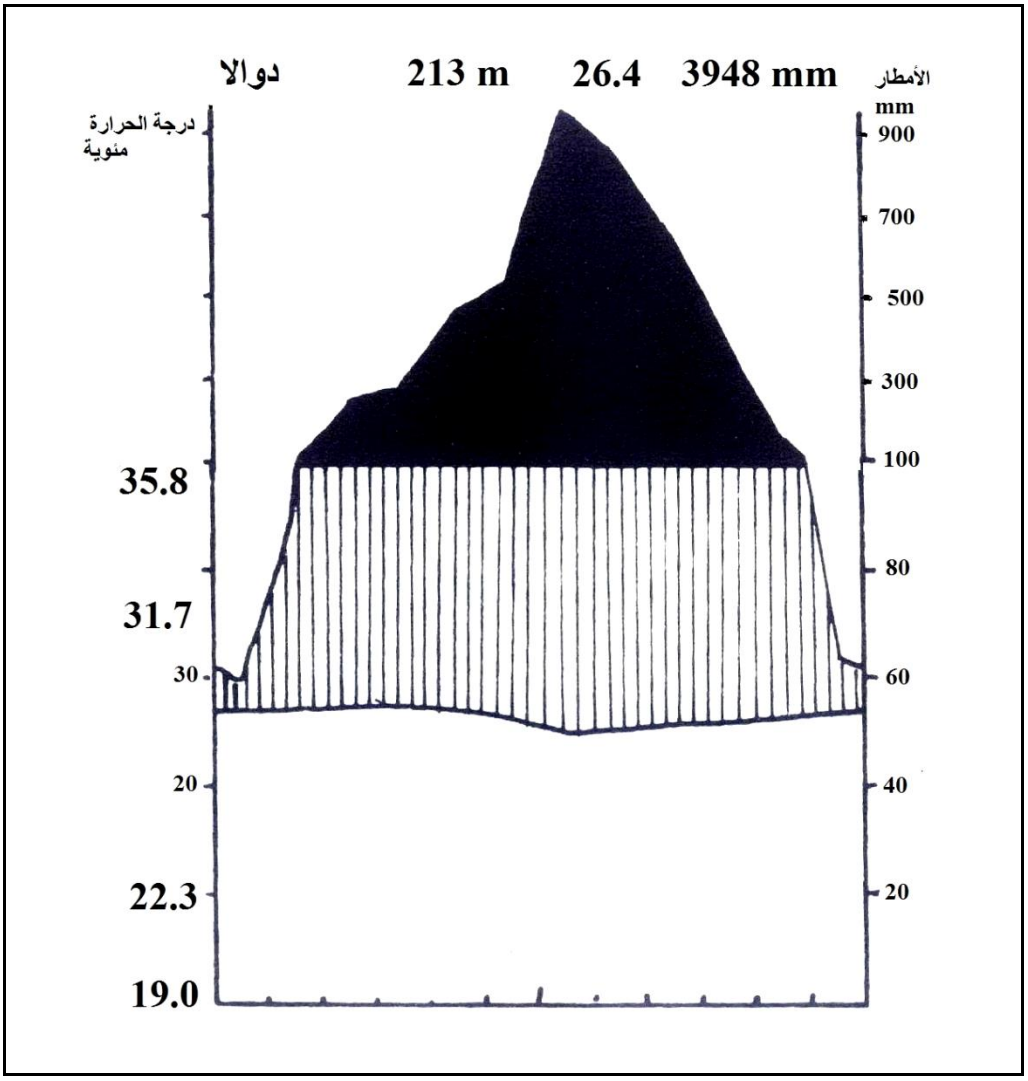
تبين فيما بعد أن مخطط المناخ المقترح من قبل غوسين Gaussen يعطي فكرة واضحة عن مناخ المناطق التي تنخفض فيها كمية الأمطار في أحد فصول السنة انخفاضاً واضحاً كما في مثال أنقرة (الشكل 34) أو في منطقة حوض البحر المتوسط، أما في تلك المناطق التي تتوزع فيها الأمطار على مدار السنة، فإن مخطط المناخ لا يعطي فكرة واضحة عن فترة الجفاف كما في أوديسا مثلاً (الشكل 35)، فالمخطط لا يبين فترة جفاف علماً بأن الصيف في أوديسا جاف

نسبياً، وإن كانت شدة الجفاف أقل منها كثيراً في مناطق البحر المتوسط أو الصحارى، ففي مثل حالة أوديسا، حيث تتوزع الأمطار على مدار السنة، اقترح أن يميز على المخطط المناخي فترتين الأولى جافة والثانية نصف جافة، ففي الفترة الجافة تكون النسبة بين متوسط درجة الحرارة الشهرية ومتوسط الأمطار الشهرية هي 1 إلى 2 (أي كل 10 درجات حرارة يقابلها 20 مم أمطار) أما الفترة نصف الجافة فتكون النسبة 1 إلى 3 (أي كل 10 درجات حرارة يقابلها 30 مم أمطار)، وبالتالي فإن الجزء من المخطط الذي يمثل النسبة 1 إلى 3 والذي يكون فيه الخط البياني للأمطار تحت الخط البياني للحرارة يمثل الفترة نصف الجافة، فعلى مخطط أوديسا تكون الفترة الجافة في نهاية الصيف أما الفترة نصف الجافة فتمتد من نهاية الربيع حتى بداية الخريف (الشكل 35).



الشكل 35. المخطط المناخي لمدينة اوديسا على البحر الأسود

وبالنسبة للمناطق الاستوائية التي تزيد فيها الأمطار عن 100 مم شهرياً فقد اقترح أن تمثل كمية الأمطار التي تزيد عن 100 مم باللون الأسود وذلك بعد تقسيمها على 10 (الشكل36)، وتمثل المنطقة الملونة بالأسود الفترة زائدة الرطوبة، وذلك لأن الأمطار التي تزيد عن 100 مم لا تلعب دوراً كبيراً في حياة النباتات وذلك لأن التربة لا تمتصها وتشكل سيولاً تجرف الطبقة السطحية من التربة.



الشكل 36. المخطط المناخي لمدينة دوالا في المنطقة الاستوائية المطرية

وسنتعرض فيما يأتي إلى تأثير عوامل الوسط في توزيع النباتات.

[1] العوامل المناخية Climatic Factors

أولاً: درجة الحرارة Temperature

تعد درجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثر في توزيع النباتات على سطح الكرة الأرضية. يمثل التوزيع الأفقي لدرجات الحرارة، على الخرائط، بخطوط الحرارة المتساوية Isotherms وهي خطوط تصل بين المناطق المتساوية في متوسط درجة حرارتها السنوية، وتبنى خطوط الحرارة المتساوية على متوسطات درجة الحرارة، ولذلك قد لا تعطي صورة واقعية عن مناخ بعض المناطق، وهي تعكس بشكل عام أثر العوامل المختلفة التي تؤثر في مناخ الإقليم (باستثناء عامل الارتفاع) ذلك أن خطوط الحرارة المتساوية توضح على خرائط المناخ العالمية درجات الحرارة بعد أن تعدل إلى مستوى سطح البحر.

يعد خط العرض من أهم العوامل التي تؤثر في درجات الحرارة، إذ يتناقص متوسط درجة حرارة الهواء تدريجياً ابتداءً من خط الاستواء باتجاه القطبين (الجدول 4)، وهذا يعود إلى ميل الأشعة الشمسية كلما اقتربنا من القطبين، وإلى عبورها مسافات أكبر من الغلاف الجوي، وبذلك تفقد قسماً من طاقتها (انظر فقرة الضوء)، ونظراً لأن شدة الإشعاع الشمسي تتناقص تدريجياً باتجاه القطبين، فقد كان من المتوقع أن تكون خطوط الحرارة المتساوية موازية لخطوط العرض، ولكن في الواقع لا تتفق خطوط الحرارة المتساوية مع امتداد خطوط العرض، وبخاصة في نصف الكرة الأرضية الشمالي، حيث يزداد تداخل اليابسة والماء، واتساع مساحة اليابسة مقارنة بنصف الكرة الأرضية الجنوبي، ومن المعروف اختلاف تأثر اليابسة والماء بالإشعاع الشمسي، الذي يعود إلى أن الحرارة النوعية* لليابسة أقل من الحرارة النوعية للماء فإذا تعرضت كل من اليابسة والماء لمقدار واحد من الأشعة الشمسية فإن مقدرة اليابسة على امتصاص الحرارة أكبر وأسرع من الماء، وبالتالي ترتفع درجة حرارة اليابسة بمعدل أكبر وأسرع وينتقل هذا التأثير إلى الهواء فوقهما.

---

*الحرارة النوعية لأية مادة هي مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من تلك المادة درجة مئوية واحدة.

الجدول 4. متوسط درجة الحرارة السنوي (درجة مئوية) ابتداءً من خط الاستواء وحتى القطب الشمالي

درجة خط العرض	متوسط درجة حرارة يناير	متوسط درجة حرارة ابريل	متوسط درجة حرارة يوليو	متوسط درجة حرارة أكتوبر	متوسط درجة الحرارة السنوية	المدى الحراري السنوي
خط الاستواء	26.4	26.6	25.6	25.6	26.2	1.0
10	25.8	27.2	26.9	26.9	26.7	1.4

6.2	25.3	26.4	28.0	25.2	21.8	20
16.2	17.2	18.9	25.8	17.0	9.6	30
19.0	14.1	15.7	24.0	13.1	5.0	40
25.3	5.8	6.9	18.1	5.2	7.1-	50
30.2	1.1-	0.3	14.1	2.8-	16.1-	60
33.6	10.7-	9.3-	7.3	14.0-	26.3-	70
34.2	17.2-	19.1-	2.0	22.7-	32.2-	80
40	22.7-	25-	1-	28-	41-	90

وتلعب عوامل أخرى دوراً هاماً في اختلاف درجة الحرارة على اليابسة وأهمها:

- القرب والبعد عن البحار والمحيطات

يؤثر توزيع اليابسة والمحيطات والبحار تأثيراً كبيراً في متوسط درجة الحرارة والرطوبة وفي المدى الحراري بين الصيف والشتاء، مما يؤدي إلى تمييز مناخ قاري Continental يسود في المناطق البعيدة عن تأثير المحيطات والبحار، ويتميز بصيف حار وشتاء بارد، أي أن الفروق الحرارية بين الصيف والشتاء كبيرة، ومناخ محيطي Oceanic يسود في المناطق المحاذية للمحيطات والبحار ويتميز بمناخ معتدل تكون فيه الفروق الحرارية بين الصيف والشتاء قليلة (الجدول 5).

الجدول 5. تأثير القرب والبعد عن البحر في متوسط درجة الحرارة والمدى الحراري

المكان	درجة خط العرض	متوسط درجة حرارة أدفأ أشهر السنة	متوسط درجة حرارة أبرد أشهر السنة	متوسط درجة الحرارة السنوي	المدى الحراري السنوي
بغداد (مناخ قاري)	**33.21**	**33.6**	**9.3**	**21.8**	**24.3**
الدار البيضاء (مناخ محيطي)	**33.25**	**22.9**	**11.9**	**17.3**	**11**

ويعود هذا الاختلاف إلى تأثر المناطق الساحلية بنسيم البحر وانتقال الهواء نحو المناطق الساحلية محملاً بكميات كبيرة من بخار الماء، الذي يساعد في تنظيم الإشعاع الشمسي والأرضي، وبخاصة فقد الإشعاع ليلاً، هذا إضافة إلى تأثير التيارات البحرية في درجات الحرارة

في المناطق الساحلية، ويضعف هذا التأثير مع الابتعاد عن الشواطئ، ويكاد ينعدم في المناطق البعيدة عن البحار والمحيطات.

- التضاريس

تنخفض درجة الحرارة في المناطق المرتفعة بمقدار 0.5 . 0.6 درجة مئوية لكل 100 م ارتفاع، وهذا من أهم أسباب تغير المناخ والغطاء النباتي كلما ارتفعنا عالياً في الجبال.

- الرياح

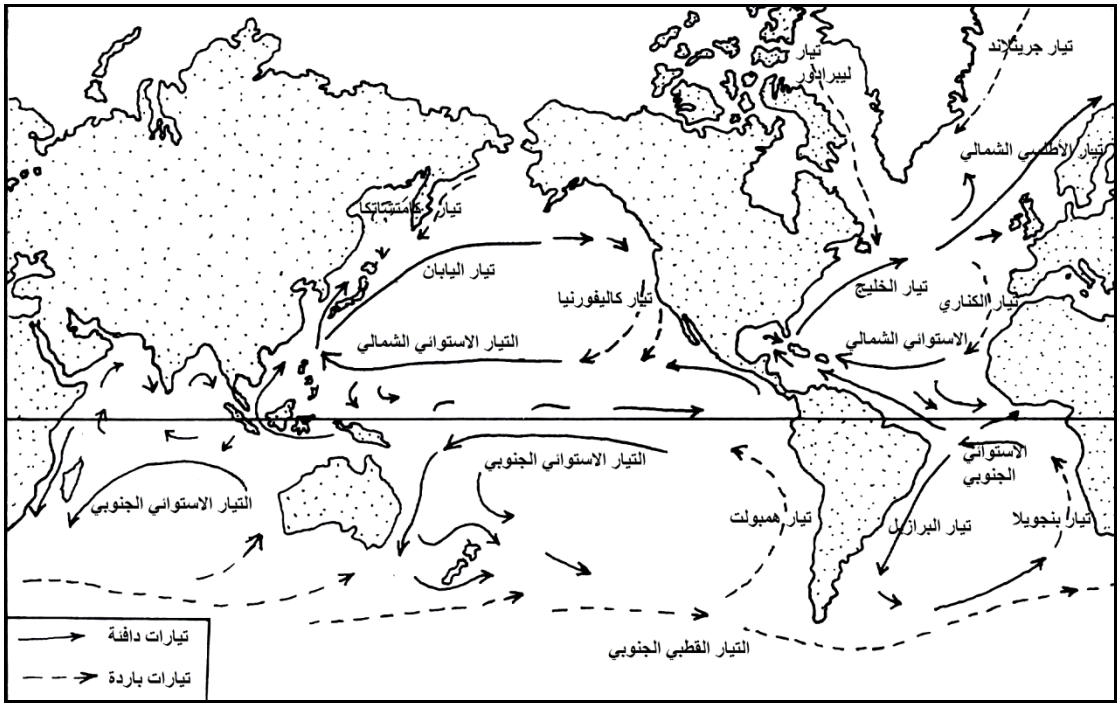
تؤثر الرياح في درجة الحرارة تبعاً للمناطق التي تهب منها، فالرياح القادمة من المناطق الحارة ترفع درجة حرارة الهواء، وعلى العكس من ذلك فالرياح القادمة من المناطق الباردة تخفّض درجة حرارة الهواء وتسبب البرودة.

- الغطاء النباتي

تؤثر أنماط الغطاء النباتي (الغابات والسهوب والسافانا وغيرها) في درجة حرارة الهواء، فالغطاء النباتي يحول دون وصول جزءاً من الإشعاع الشمسي إلى الأرض، كما يستهلك قسماً آخر في عمليات تبخر الماء من النباتات مما يزيد من رطوبة الهواء، لذا يكون المناخ داخل المجتمعات النباتية أكثر اعتدالاً، أما إذا كان الغطاء النباتي قليل الكثافة، فيزداد المدى الحراري اليومي والفصلي.

أ . **التيارات البحرية Ocean currents**

يقصد بالتيارات البحرية حركة المياه السطحية للمحيطات في اتجاهات معينة ثابتة، وهي حركة بطيئة إذ يبلغ معدل سرعتها نحو 4 كم/ ساعة بينما تصل سرعة التيارات البحرية الأكثر عمقاً إلى 9 كم/ ساعة. وللتيارات البحرية تأثير كبير في مناخ السواحل التي تمر بها، فالتيارات القادمة من مناطق دافئة ترفع درجة حرارة المناطق الساحلية التي تمر بها، وبالعكس فإن التيارات القادمة من مناطق باردة تؤدي إلى هبوط درجات الحرارة بها. وأهم التيارات البحرية ذات التأثير الواضح في مناخ المناطق التي تمر بها هي (الشكل 37).



الشكل 37. التيارات البحرية

تيارات المحيط الأطلسي: تعمل الرياح التجارية على تحريك جزءاً من المياه السطحية للمحيط الأطلسي في المنطقة المدارية على جانبي خط الاستواء، وتتحرك هذه التيارات تبعاً لاتجاه الرياح في اتجاه نحو الغرب، ويعرف بالتيار الاستوائي الشمالي شمال خط الاستواء والتيار الاستوائي الجنوبي جنوب خط الاستواء.

ويتجه التيار الاستوائي الشمالي نحو الشمال الغربي ماراً بشمال شرق أمريكا الجنوبية، ثم نحو جزر الهند الغربية حيث يتزود بالمياه التي تصب في خليج المكسيك، ويكون تياراً ضخماً يعرف بتيار الخليج Gulf stream ثم يتجه إلى الشمال الشرقي بتأثير الرياح العكسية الغربية مشكلاً تيار الأطلسي الشمالي، حتى إذا اقترب من أوروبا تفرع إلى ثلاث شعب: شعبة تتجه نحو الجنوب بحذاء ساحل شمال غرب إفريقيا وتعرف بتيار الكناري البارد، أما الشعبة الثانية فتصل إلى شمال غرب أوروبا (دافئة) والثالثة فتسير باتجاه ايسلندة (دافئة).

أما جنوب خط الاستواء فإن التيار الاستوائي الجنوبي يتجه في معظمه نحو الجنوب ماراً بالسواحل الشرقية لأمريكا الجنوبية حيث يعرف بتيار البرازيل (الدافئ)، ويقع . عند خط العرض 40 جنوباً تقريباً . تحت تأثير الرياح العكسية الغربية فيتجه إلى الشرق حيث ينضم إليه تيار فولكلاند (البارد) الذي يمر بالقرب من الساحل الشرقي للقارة، كما ينضم إليه بعض التيار

القطبي الجنوبي ويتجه نحو الشمال بمحاذاة الساحل الغربي لقارة أفريقيا (ويعرف باسم تيار بنجويلا البارد) حيث ينضم إلى التيار الاستوائي الجنوبي مكملاً دورته.

تيارات المحيط الهادي: نجد نفس النظام الذي رأيناه عن تيارات المحيط الأطلسي تقريباً في المحيط الهادي، حيث يوجد شمال وجنوب خط الاستواء كل من التيار الاستوائي الشمالي والجنوبي.

يتجه التيار الاستوائي الشمالي نحو الغرب ماراً بشرقي جزر الفلبين ثم يتجه نحو الشمال فالشمال الشرقي ماراً بشرقي الصين واليابان ويعرف بتيار اليابان (الدافئ) ويستمر نحو الشمال الشرقي . تحت تأثير الرياح العكسية باتجاه شمال غرب أمريكا الشمالية ويعرف بتيار المحيط الهادي الشمالي (الدافئ) وهناك يتفرع إلى فرعين: الأول يتجه إلى الجنوب ماراً بالسواحل الغربية للولايات المتحدة الأمريكية (تيار كاليفورنيا البارد) ثم ينضم إلى التيار الاستوائي الشمالي. أما الثاني فيدور مع ساحل كندا وألاسكا ويعرف بتيار ألاسكا الدافئ.

أما جنوب خط الاستواء فيتجه التيار الاستوائي الجنوبي نحو الغرب ثم ينحني متجهاً إلى الجنوب حيث يعرف بتيار شرق استراليا ثم يتجه نحو الشرق منضماً إلى التيار القطبي الجنوبي الذي يتجه نحو الشرق، وتتجه منه شعبة . بالقرب من الطرف الجنوبي الغربي من أمريكا الجنوبية . نحو الشمال بمحاذاة الساحل الغربي للقارة ويعرف بتيار بيرو (أو همبولت Humboldt البارد) الذي ينضم في النهاية إلى التيار الاستوائي الجنوبي مكملاً دورته.

ومما سبق يلاحظ أنه في العروض الدنيا تمر بالسواحل الشرقية للقارات تيارات دافئة بينما تمر بسواحلها الغربية . في العروض نفسها . تيارات باردة، وعلى العكس من ذلك في العروض العليا لنصف الكرة الشمالي حيث تمر بالسواحل الشرقية تيارات بحرية باردة بينما يمر بسواحلها الغربية في العروض نفسها تقريباً تيارات دافئة.

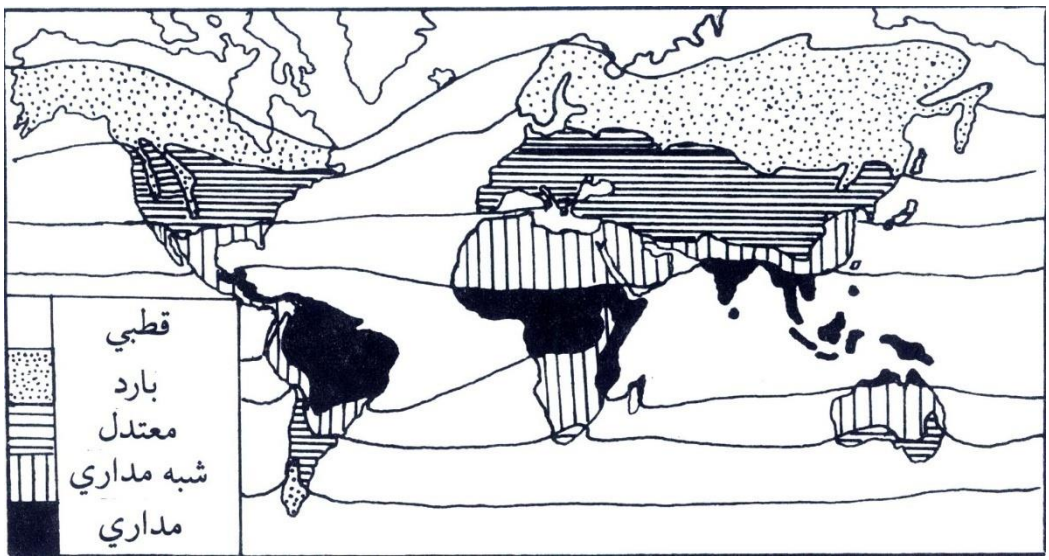
وللتيارات تأثيرات كبيرة في درجة حرارة السواحل التي تمر بها، فإذا كانت قادمة من جهات أكثر درجة حرارة إلى أخرى أقل درجة حرارة تؤدي إلى رفع درجة حرارتها بسبب ما تحمله فوقها من هواء دافئ والعكس صحيح، فتيار المحيط الأطلسي الشمالي مثلاً يدفع المياه الدافئة إلى غرب أوروبا فتعمل على رفع درجة حرارة السواحل الشمالية الغربية وتصبح موانئ النرويج مفتوحة للملاحة طوال العام في حين أنه في شرق شبه جزيرة اسكندنافية يتجمد بحر البلطيق في الشتاء نظراً لعدم وصول مؤثرات التيار الدافئ إليه.

ويمكن أن نلمس مدى أهمية التيارات البحرية في المناخ إذا قارنا السواحل الشرقية للقارات بسواحلها الغربية في العروض نفسها، فشمال غرب أوروبا ترتفع درجة حرارته كثيراً (لمرور تيار الأطلسي الشمالي الدافئ) عن درجة حرارة شمال شرق آسيا حيث يمر تيار كامتشاتكا البارد

(انظر الشكل 37). وكذلك الحال لو قارنا الساحل الشمالي الغربي لأمريكا الشمالية حيث يمر تيار ألاسكا الدافئ بالسواحل الشرقية للقارة في العروض نفسها حيث يمر تيار لبرادور البارد، وعلى العكس من ذلك نجد أن الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية جنوب خط العرض 40 شمالاً أكثر دفئاً من الساحل الغربي للقارة (جنوب خط العرض 40) وذلك لأن تيار الخليج الدافئ يمر بجوار الساحل الشرقي، بينما تيار كاليفورنيا البارد يمر بجوار الساحل الغربي.

ب . المناطق الحرارية العامة على سطح الكرة الأرضية

اقترح كثير من المهتمين بالدراسات المناخية تقسيم العالم إلى مناطق تبعاً لمتوسط درجة الحرارة، ويبدو أن التقسيم على أساس خطوط الحرارة المتساوية هو الأفضل، وذلك لأن التوزيعات الحرارية في العالم لا ترتبط تماماً بخطوط العرض كما ورد سابقاً، ويعد تصنيف كوبن Koppen من أشهر تصانيف المناطق الحرارية (انظر Pidwirny, 2006.) الذي بني على أساس درجات الحرارة الحقيقية وليست المعدلة على سطح البحر (الشكل 38)، ويتضمن النطاقات الآتية:



الشكل 38. المناطق الحرارية في العالم حسب تصنيف كوبن

١. النطاق المداري Tropical belt

وفيه لا يقل متوسط درجة الحرارة الشهري عن 20 درجة مئوية في أي من أشهر السنة، ويشمل هذا النطاق المنطقة الاستوائية والمنطقة المدارية.

٢. النطاقات شبه المدارية Subtropical belts

وتتميز بأن أحد فصول السنة يتراوح طوله بين شهر و ثمانية أشهر، يكون فيه متوسط درجة الحرارة بين 10 و20 درجة مئوية، أما بقية أشهر السنة فيزيد فيها متوسط درجة الحرارة عن 20 درجة مئوية.

٣. النطاقات المعتدلة Temperate belts

وتتميز بفصل دافئ طويل يتراوح طوله بين 4 ونحو 12 شهرا، كما يتراوح فيه متوسط درجة الحرارة الشهري بين 10 و20 درجة مئوية، أما أشهر السنة الباقية فينخفض متوسط درجة الحرارة الشهري فيها عن 20 درجة مئوية.

٤. النطاقات الباردة Cold belts

وتتميز بفصل دافئ طويل يتراوح طوله بين شهر و4 شهراً، كما يتراوح فيه متوسط درجة الحرارة الشهري بين 10 و20 درجة مئوية، أما بقية أشهر السنة فينخفض فيها متوسط درجة الحرارة الشهري عن 10 درجات مئوية.

٥. النطاقات القطبية Polar belts

وفيها لا يزيد متوسط درجة الحرارة الشهري في أي من أشهر السنة عن عن 10 درجات مئوية.

ج . أهمية الحرارة في حياة النبات

لا يوجد مكان على سطح الكرة الأرضية لا تستطيع النباتات أن تنمو فيه بسبب انخفاض درجة الحرارة، باستثناء تلك المناطق التي يغطيها الجليد والثلج على مدار السنة، وحتى على الثلج الدائم تعيش بعض أنواع النباتات مثل طحلب *Sphaerella nivalis* والتي تشكل طبقة وردية اللون، ولا يتوقف نمو هذا الطحلب حتى في الدرجة 34 درجة مئوية تحت الصفر، كما أن درجة الحرارة المثلى لنموه هي 4 درجات مئوية (Alechin, 1961).

يعد المدى الحراري لنمو النباتات واسع جداً، إذ يمكن أن تنمو في مدى يتراوح بين صفر و90 درجة مئوية وأكثر (الجدول 6):

الجدول 6. المدى الحراري لبعض النباتات بالدرجات المئوية

النبات	المدى

القمح	من صفر إلى 42
فطر *Mucor*	من 4 إلى 33
القرع	من 12 إلى 46
الطحالب الثلجية	من . 34 إلى 4
طحالب المياه الحارة	من 70 إلى 93

وتتحمل بعض النباتات القطبية درجات منخفضة جداً من الحرارة دون أن تموت، مثل نبات الملعقية القطبية *Cochlearia arctica* الذي تتشكل براعمه الزهرية في الخريف، ويتحمل درجة حرارة منخفضة في الشتاء تصل إلى أقل من 40 درجة مئوية تحت الصفر، وبعد انقضاء الشتاء يعود ويتابع نموه.

ترتبط مقدرة النباتات على تحمل درجات الحرارة المنخفضة بعوامل عديدة، فعندما تكون نسبة الماء قليلة في أنسجة النباتات فإنها تكون أكثر مقدرة على تحمل درجات الحرارة المنخفضة، فالبذور الجافة تتحمل درجة حرارة تصل إلى 100 درجةْ مئوية تحت الصفر، أما البذور التي بدأت بالإنبات، حيث نسبة الماء فيها مرتفعة، فإنها تموت إذا انخفضت درجة الحرارة عدة درجات تحت الصفر، وتتحمل نباتات المناطق القطبية الباردة والتندرة، في الشتاء، درجات حرارة تتراوح بين 30 و35 درجة تحت الصفر دون أي ضرر، وذلك عندما تكون نسبة الماء في براعمها قليلة، أما في الربيع عندما تفتح هذه البراعم، وترتفع نسبة الماء فيها، فإن أي انخفاض في درجة الحرارة يؤدي إلى موت البراعم والفروع الفتية.

وتموت النباتات في درجات الحرارة المنخفضة بسبب تجمد الماء وتشكل بلورات جليدية في الفراغات بين الخلايا، ومع ازدياد انخفاض درجة الحرارة يزداد حجم هذه البلورات على حساب ماء الخلية نفسها، مما يؤدي إلى تمزق غلف الخلية وإحداث أضرار للبروتوبلازم وبالتالي موت الخلايا (Shukla and Chandel, 2009)، هذا ولا يترافق موت النباتات نتيجة الحرارة المنخفضة دائماً بتشكل بلورات جليدية في الفراغات بين الخلايا، فكثير من نباتات المناطق الاستوائية تموت في درجة حرارة أعلى من الصفر، ويجري موت النباتات بشكل تدريجي وذلك نتيجة اختلال عمليات الوظائف الحيوية فيها.

تختلف درجة الحرارة المرتفعة التي تستطيع أن تتحملها النباتات من نوع لآخر، ففي فترة النمو تموت أكثر البكتيريا عند درجة جرارة 50 درجة مئوية، أما في حالة السبات فتتحمل درجات

مرتفعة تصل إلى 100 درجة مئوية، وهذا يتوقف على نسبة الماء في أنسجتها، فكلما كانت نسبة الماء منخفضة كلما ازدادت مقدرة النباتات على تحمل درجات الحرارة المرتفعة، وتموت أغلب النباتات الزهرية عند درجة حرارة 45 أو 50 درجة مئوية، بينما تتحمل بعض الأشنات . مثل أشنة الداذي *Lecanora esculenta* التي تعيش على سطح التربة في المناطق الجافة . درجة حرارة تصل إلى 70 درجة مئوية دون ضرر. ومن أهم تكيفات النباتات لتحمل درجات الحرارة المرتفعة إلى جانب انخفاض نسبة الماء في نسجها الآتي:

أ. زيادة معدل النتح مما يؤدي إلى تلطيف حرارة النباتات.
ب. عدم امتصاص اليخضور (الكلوروفيل) للأشعة ذات الطاقة العالية وإنما يتركها تنفذ خلاله.
ج. زيادة نسبة الأملاح المعدنية مما يؤدي إلى ارتفاع درجة تخثر البروتوبلازم.

د . أشكال الحياة Life forms

تأخذ النباتات المختلفة، تكيفاً منها للوسط المحيط وخاصة بالنسبة للفصل غير المناسب للنمو، أشكالاً مختلفة للنمو أطلق عليها اسم أشكال الحياة (النماء) Life forms، وحسب رأي سيريبريكوف (Serebrikov, 1962) فإن شكل الحياة هو الهيئة التي تتميز بها مجموعة من النباتات والتي تشكلت خلال تطور هذه النباتات في ظروف بيئية محددة، أي هي تكيف النباتات إلى ظروف البيئة التي تعيش فيها.

تتضمن دراسة التشكيلات النباتية Plant formations تحديد أشكال الحياة للنباتات المكونة لهذه التشكيلات، وأشكال الحياة لنباتات تشكيل نباتي Plant formations هي أقل من عدد الأنواع المكونة للتشكيل، وذلك لأن شكل الحياة الواحد يضم أنواعاً نباتية تنتمي إلى أجناس وفصائل مختلفة، مثال ذلك بعض أنواع البلوط *Quercus* (من فصيلة الزان *Fagaceae*) والزيزفون *Tilia* (من الفصيلة الزيزفونية *Tiliaceae*) والقيقب *Acer* (من الفصيلة القيقبية *Aceraceae*) وغيرها من الأشجار المكونة للغابات المعتدلة ساقطة الأوراق، تنتمي إلى شكل حياة واحد، وذلك لأنها متشابهة بشكل وبطريقة تكيفها لتحمل الفصل غير المناسب للنمو وهو فصل الشتاء، فجميعها أشجار تسقط أوراقها في الشتاء، وبراعمها معرضة للوسط الخارجي

ومحمية بالحراشف، إضافة إلى كونها تتطلب، في فصل النمو، رطوبة مرتفعة ودرجة حرارة مرتفعة نسبياً وتربة خصبة. وعلى العكس من ذلك قد تنتمي أنواع الجنس الواحد أو الفصيلة الواحدة إلى أشكال حياة مختلفة، فجنس الصفصاف *Salix* مثلاً، يضم الأشجار الباسقة والشجيرات اللاطئة، وكذلك أنواع الفصيلة الفراشية *Papilionaceae* ففيها الأشجار والشجيرات والأعشاب، إضافة إلى أن الأعشاب منها ما هو معمر ومنها ما هو حولي، وبالتالي فإنها تنتمي إلى أشكال حياة مختلفة بالرغم من أنها من فصيلة واحدة أو حتى من جنس واحد.

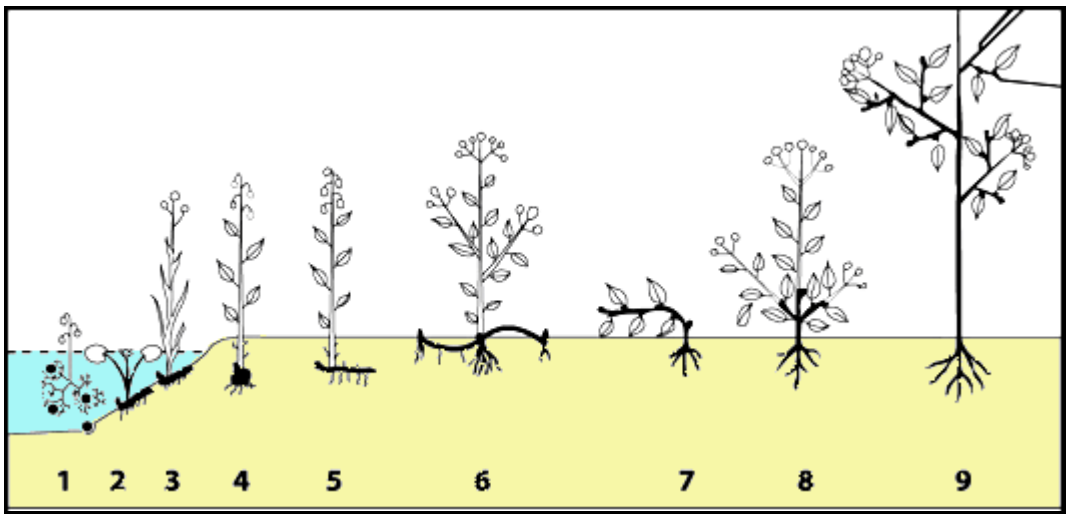
تعود أول دراسة لأشكال الحياة إلى ثيوفراست Theophrastus وذلك في القرن الثالث قبل الميلاد (انظر Voronov,1973; Serebrikov, 1962)، حيث قسم النباتات إلى الأشكال التالية:

١. الأشجار Trees، وهي نباتات معمرة لها جذع واحد طويل يعلوه تاج يتكون من عدد كبير من الفروع المتخشبة كأشجار الزيزفون والصنوبر.
٢. الشجيرات Shrubs، وهي نباتات معمرة تتميز عن الأشجار بأن ليس لها جذع، ويبدأ تفرع الساق ابتداءً من جزئه السفلي ويعطي عدداً من الفروع المتقاربة السُمك والمتخشبة كشجيرة الدفلة *Nerium*.
٣. أنصاف الشجيرات Semi-shrubs، وهي كالشجيرات ليس لها جذع ويبدأ تفرع الساق ابتداءً من جزئه السفلي، كما لا يتخشب من الفروع إلاَ جزئها السفلي أما الأجزاء العلوية فلا تتخشب وتموت في نهاية فصل النمو، مثال ذلك بعض أنواع القتاد *Astragalus* والشيح *Artemisia* والسالسول *Salsola* وغيرها.
٤. الأعشاب Herbs، وهي نباتات ليس لها جذع كلياً والساق غير متخشبة وتموت في نهاية فصل النمو.

لم تلق دراسة أشكال الحياة، بعد ثيوفراست، اهتماماً حتى القرن التاسع عشر، حيث ازدهرت دراسات أشكال الحياة المبنية على أساس أن أشكال الحياة هي تعبير عن تكيف النباتات للظروف السائدة في المنطقة التي تعيش فيها، و ينعكس هذا التكيف في هيئة النباتات أو مظهرها الخارجي وأيضاً في خصائص أخرى حيوية مثل طول العمر، والمراحل الفينولوجية Phenology وطريقة التكاثر الخضري (Vegetative reproduction) وغيرها من الصفات.

وأول المحاولات لتصنيف أشكال الحياة كانت محاولات ديكاندول (De Candolle, 1818) حيث وضع النباتات كافة في ثمان مجموعات من أشكال الحياة حسب طول عمرها وتكرار الإثمار وبنية الفروع (انظر Raven, 1986).

ومع بداية القرن العشرين بدأ الباحث رونكيير (Raunkiaer, 1934- 1903) بنشر دراساته عن أشكال الحياة، وقد وضع تصنيفاً لأشكال الحياة للنباتات الوعائية يتميز عن التصانيف الأخرى، وبناه على مجموعة من الصفات التي تمكّن النباتات من تحمل الفصل غير المناسب للنمو، وبصورة خاصة تأثير درجات الحرارة المنخفضة، وقد اختار من بين هذه الصفات صفة واحدة وهي توضع براعم التجدد بالنسبة لسطح التربة وحمايتها من درجات الحرارة المنخفضة، ويتسم تصنيف رونكيير ببساطته ووضوحه ويشتمل على الأقسام الرئيسية التالية (الشكل 39):



الشكل 39. صور الحياة حسب رونكيير (عن Pidwirny, 2006)

1+2 . النباتات المائية (Hydrophytes) 3. المحبة للماء (هيليوفيت Heleophytes

4+5. النباتات المختبئة (Cryptophytes) 6. النباتات نصف المختبئة (Hemicryptophytes)

7+8. النباتات فوق السطحية (كاميفيت Chamaephytes)

9. النباتات الظاهرة (الفانيروفيت Phanerophytes)

١. قسم النباتات الظاهرة (الفانيروفيت Phanerophyte):

تتوضع براعم التجدد على فروع ترتفع فوق سطح التربة بأكثر من 25 . 30 سم، أي أن البراعم معرضة لتأثير عوامل الوسط، ويضم هذا القسم الأشجار والشجيرات دائمة الخضرة وساقطة الأوراق والنباتات المتسلقة والنباتات العالقة Epiphytes، إضافة إلى بعض النباتات العشبية التي تعيش في المناطق الاستوائية والمدارية. تنتشر هذه النباتات بصورة واسعة في المناطق الاستوائية والمدارية حيث تكّون الجزء الأكبر من الغطاء النباتي، كما تنتشر أيضاً في المناطق الأخرى ولكن عدد أنواعها قليل مع أنها تكّون جزءاً هاماً من الغطاء النباتي فيها.

يضم قسم النباتات الظاهرة 15 نمطاً، فبعضها أشجار دائمة الخضرة براعمها غير محمية بالحراشف البرعمية أو محمية، وبعضها أشجار ساقطة الأوراق براعمها محمية بالحراشف البرعمية، كما قسّم الأشجار إلى عملاقة (Megaphanerophyte) ارتفاعها أكثر من 30 متراً، ومتوسطة الارتفاع (Mesophanerophyte) يتراوح ارتفاعها بين 8 و30 متراً، وقصيرة (Microphanerophyte) يتراوح ارتفاعها بين 2 و8 أمتار، وقزمة (Manophanerophyte) لا يزيد ارتفاعها عن المترين.

٢. قسم النباتات فوق السطحية (كاميفيت Chamaephyte):

وتضم أعشاباً وأنصاف شجيرات تموت الأقسام العلوية من فروعها أو تنمو بالقرب من سطح التربة، وتتشكل براعم التجدد على فروع لا يتجاوز ارتفاعها الـ 25 سم، أي تُحمى براعم التجدد بالثلج إذا كانت من نباتات المناطق المعتدلة الباردة والباردة، أو بالبقايا النباتية التي تسقط وتغطي سطح التربة إذا كانت من نباتات المناطق المعتدلة أو شبه المدارية، وتكثر هذه النباتات في المناطق الباردة والمناطق الجبلية المرتفعة (الألبية). ويضم هذا القسم عدة أنماط أهمها:

- أنصاف الشجيرات Semi-shrubs التي تتميز بأن الأجزاء العلوية من فروعها تموت في نهاية فصل النمو، أما الأجزاء السفلية من الفروع فتبقى حية، وتتوضع براعم التجدد على الأجزاء السفلية من الفروع، وتكثر مثل هذه النباتات في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط.
- النباتات الوسادية: (Cushion) وتتميز بأنها عديدة التفرعات وفروعها متقاربة مما يعطي النبات شكل الوسادة، ولشكل النبات هذا أهمية تكيفية كبيرة إذ يحمي النبات من العوامل الخارجية غير المناسبة وخاصة درجة الحرارة المنخفضة، وتكثر النباتات الوسادية في المناطق الجبلية المرتفعة ونذكر منها أذن الفأر *Myosotis* والساسوريا

Saussurea وبعض أنواع الصر مثل *Noaea mucronata humilis* (الشكل 40) وغيرها.



الشكل 40. نبات الصر *Noaea mucronata humilis* من النباتات الوسادية

٣. قسم النباتات نصف المختبئة (Hemicryptophyte):

وتتوضع براعم التجدد في هذه النباتات على فروع يموت القسم الأعظم منها في بداية الفصل غير المناسب وتبقى فقط أجزاؤها السفلية الملامسة لسطح الأرض، وبذلك تُحمى براعم التجدد إما بالبقايا النباتية أو بسطح التربة، وتكثر هذه النباتات في المناطق كافة ما عدا المناطق الاستوائية والمدارية، وقد قسمها راونكير إلى ثلاثة أنماط هي: أهمها النباتات الوريدية (Rosette plants) وتتميز بأن فروعها الهوائية تحمل الأزهار فقط، أما الأوراق فتشكل وريدة ورقية في قاعدة الفروع الهوائية، وغالباً ما تشكل، هذه النباتات، في السنة الأولى من حياتها وريدة ورقية فقط، وفي السنة الثانية تتشكل فروع هوائية لا تحمل أوراقاً. وتكثر هذه النباتات في المناطق التي تُغطي

التربة فيها بغطاء من الثلج، مثل الدروسيرا *Drosera* والقابضة *Statice* وزهرة الربيع *Primula* (الشكل 41) وغيرها.



الشكل 41. نبات زهرة الربيع *Primula vulgaris* من النباتات الوريدية

٤. قسم النباتات المختبئة Cryptophyte:

وتكون براعم التجدد تحت سطح التربة أو الماء وبالتالي تُحمى من تأثير العوامل غير المناسبة بالتربة أو بالماء، وقد قسمها راونكير إلى ثلاثة أنماط هي:

أ. الأرضية (الجيوفيت Geophyte) ولها أعضاء معمرة مطمورة في التربة كالأبصال Bulbs والدرنات Tubers والكورمات Corms والريزومات Rhizomes وتكثر في المناطق المعتدلة.

ب. المحبة للماء (هيليوفيت Heleophyte) وهي النباتات التي تعيش في التربة الغدقة (زائدة الرطوبة) أو تكون مغمورة جزئياً في الماء مثل التيفا *Typha* ومزمار الراعي *Alisma plantago-aquatica* (الشكل 42) وأكورس *Acorus* وسكربوس *Scripus* وغيرها.



الشكل 42 . نبات مزمار الراعي *Alisma plantago-aquatica* من النباتات المختبئة المحبة للماء Cryptophytes

ج. المائية (Hydrophyte) وهي النباتات المغمورة كلياً في الماء، وأوراقها إما أن تكون مغمورة أيضاً أو طافية، ويظهر منها فوق الماء النورة أو الأزهار فقط، ولكن ليس عند كافة الأنواع، ومثال هذه النباتات الايلوديا *Elodea* والبوتوموجيتون *Potomogeton* والنيلوفر *Nuphar* والنيلوفر الأبيض *Nymphaea alba* (الشكل 43) وارتكولاريا *Urticularia* وغيرها.



الشكل 43. النيلوفر الأبيض *Nymphaea alba* من النباتات المائية الطافية الأوراق

٥. قسم النباتات الحولية Theropphyte:

وهي الأعشاب الحولية التي تُكمل دورة حياتها، ابتداءً من الإنبات وحتى تشكل البذور، في الفصل المناسب للنمو، وتقضي الفصل غير المناسب لنموها على هيئة بذور، وتكثر هذه النباتات في الصحارى والسهوب.

وقد أضيف قسم آخر إلى تصنيف رونكير وهو قسم النباتات الهوائية Aerophytes (Galan de Mera et al., 1999)، وهي النباتات التي تحصل على الماء والعناصر المعدنية الضرورية لنموها من الهواء أو ماء المطر، وتنمو عادة على نباتات أخرى ولكنها لا تتطفل عليها.
وينظر رونكير إلى أشكال الحياة كمحصلة لتكيف النباتات إلى العوامل المناخية السائدة في المكان الذي تعيش فيه، وقد ظهرت أشكال الحياة هذه خلال عملية تطور النباتات التاريخي، كما يمكن أن تكون أشكال الحياة لهذه المنطقة أو تلك كاشفاً لعوامل المناخ السائدة في هذه المنطقة، وتعد دراسة أشكال الحياة ذات أهمية بالغة في الجغرافيا النباتية. هذا وإن العلاقة بين أشكال

الحياة السائدة في منطقة ما ومناخ هذه المنطقة ليست فكرة جديدة لرونكير فقد أوردها هبولت (Humboldt, 1806) وكيرنر (kerner, 1869) وغريزباخ (Greisebach, 1872)، ولكن الجديد عند رونكير هو استعماله الطريقة الإحصائية لتبيان العلاقة بين سيادة أشكال حياة معينة، في منطقة ما، ومناخ هذه المنطقة، ومن أجل ذلك فقد وزع الأنواع النباتية في عشر فئات وأعطى لكل فئة منها رمزاً محدداً على النحو الآتي (انظر Serebrikov, 1962):

S. نباتات عصارية الساق Succulent .

E . نباتات عالقة (فوقية) Epiphyte.

MM. نباتات ظاهرة عملاقة ومتوسطة Meso and Megaphanerophyte.

M. نباتات ظاهرة قصيرة Microphanerophyte.

N. نباتات ظاهرة قزمة Nanophanerophyte.

Ch. نباتات فوق سطحية (كاميغيت) Chamaephyte.

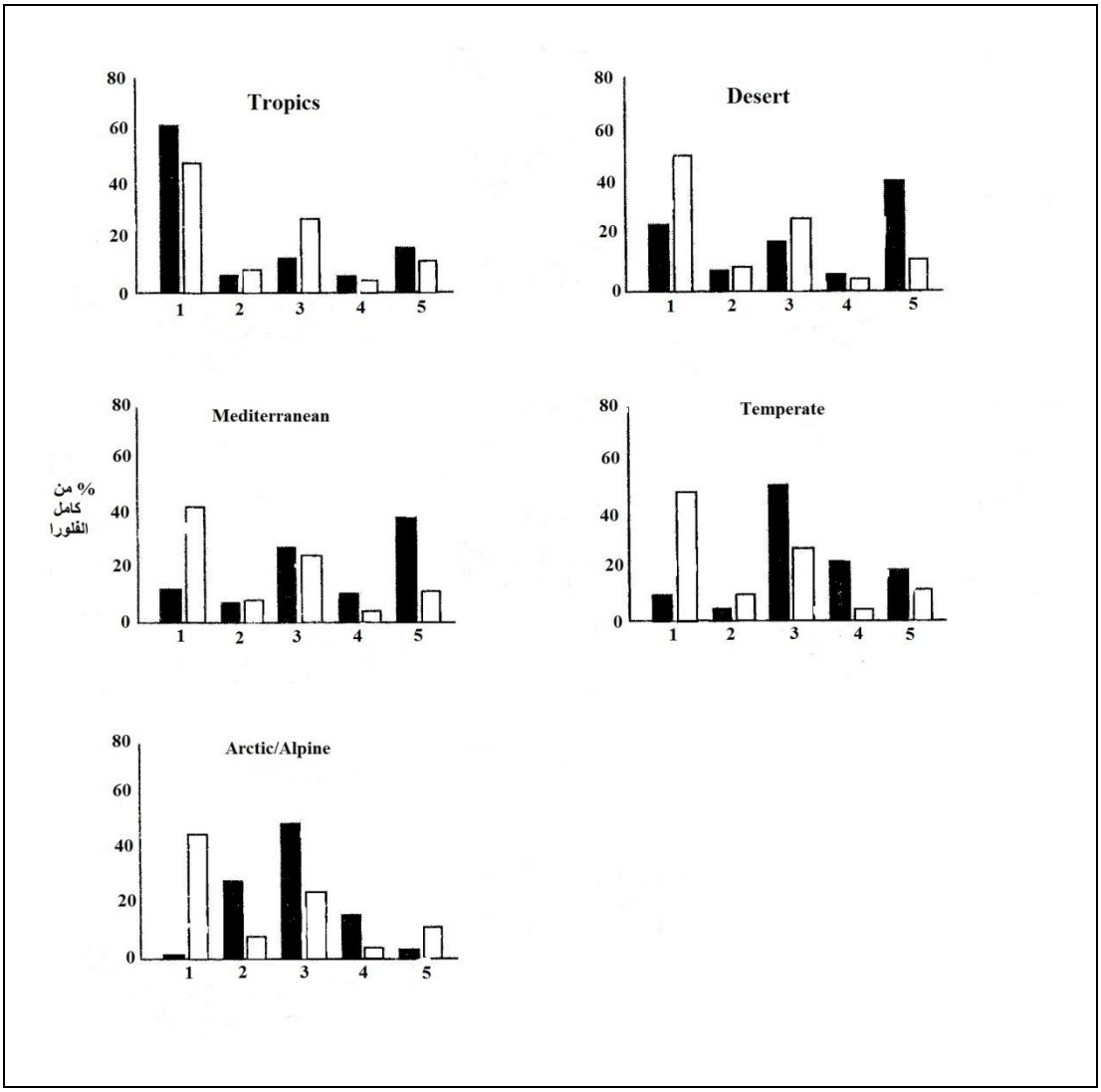
H. نباتات نصف مختبئة Hemicryptophyte.

G. نباتات أرضية Geophyte.

HH. نباتات محبة للماء ومائية Heleo and hydrophyte.

Th. نباتات حولية Therophyte.

وقد أطلق رونكير على النسبة المئوية لأشكال الحياة هذه في منطقة ما اسم الطيف البيولوجي Biological spectrum، (الشكل 44)، وتظهر مقارنة الطيف البيولوجي للمناطق المختلفة، ابتداء من خط الاستواء وحتى القطبين، التباين الواضح في الطيف البيولوجي لهذه المناطق التي تختلف بعواملها البيئية، فمثلاً تسود في المناطق الاستوائية والمدارية النباتات التي تنتمي إلى أشكال الحياة الظاهرة Phanerophyte أما في المناطق الصحراوية فتسود النباتات الحولية Therophyte (الجدول 7):



الشكل 44. الطيف البيولوجي لأشكال الحياة في المناطق الاستوائية والصحراوية منطقة البحر المتوسط والمنطقة المعتدلة والمناطق الباردة والمرتفعة (الأعمدة السوداء) ومقارنتها بصور الحياة لنباتات العالم (الأعمدة البيضاء) (عن Crawley, 1996)

١. النباتات الظاهرة Phanerophyte 2. فوق السطحية Chammaephyte

١. نصف المختبئة Hemicryptophyte 4. المختبئة Cryptophyte

5. الحولية Therophyte

الجدول 7. الطيف البيولوجي (%) لمناطق مختلفة من الكرة الأرضية (Whittaker, 1975)

	نباتات ظاهرة	نباتات فوق سطحية	نباتات مختبئة	نباتات أرضية	نباتات حولية
العالم	46	9	26	6	13
الغابات الاستوائية المطرية	96	2	–	2	–
الغابات شبه المدارية	65	17	2	5	10
الغابات المعتدلة الدافئة	55	9	24	9	4
الغابات المعتدلة الباردة	10	17	54	12	7
التندرة	1	22	60	15	2
أراضي الحشائش الجافة	1	12	63	10	14
أنصاف الصحاري	–	59	14	–	27
الصحاري	–	4	17	6	73

وقد لاقى تصنيف رونكيير لأشكال الحياة، على خلاف التصنيفات الأخرى كافة، استعمالاً واسعاً في الدراسات النباتية الجغرافية وفي الدراسات البيئية للباحثين المختلفين، وبالرغم من الانتشار الواسع لتصنيف رونكيير فإنه تعرض إلى انتقادات عديدة منها أن أشكال الحياة في منطقة ما لا تحددها فقط عوامل المناخ وإنما تلعب التربة دوراً هاماً في ذلك، ويمكن ملاحظة العلاقة الوثيقة بين أشكال الحياة ونوع التربة في مناطق السافانا البرازيلية حيث يوجد اختلافاً بيناً في أشكال الحياة بين منطقة وأخرى، ضمن السافانا، وذلك بسبب اختلاف تربها، بالرغم من أن عوامل المناخ السائدة واحدة. إضافة إلى ذلك فإن رونكيير لم يأخذ بعين الاعتبار عند تصنيفه لأشكال الحياة تاريخ فلورا المنطقة كالعصور الجليدية في أوروبا التي انعكست بهذا الشكل أو ذاك على أشكال الحياة النباتية فيها، كما لم يأخذ بعين الاعتبار أيضاً تأثير الإنسان الذي لعب دوراً هاماً في تغيير أشكال الحياة في مناطق كثيرة، فكثير من الأنواع النباتية في الدنمارك مثلاً هي أنواع منقولة إليها بعد أن خرب الإنسان الغطاء النباتي الطبيعي فيها (انظر Serebrikov, 1962).

أما الباحث ألان Allan (انظر Halloy, 1990) فقد بين له أن الطيف البيولوجي لأشكال الحياة لنباتات زيلندا الجديدة الذي وضع على أساس تصنيف رونكيير لا يعكس بالفعل الظروف

المناخية لهذه الجزيرة، حيث تبين أن الطيف البيولوجي للجزر الشمالية والجنوبية متشابه بالرغم من تباين المناخ، ويعزو ألان (Allan)هذا إلى أن قسم النباتات فوق السطحية (Chamaephyte) واسع ويشمل نباتات شديدة التباين بالنسبة لعلاقتها بالمناخ، كما يعزو ذلك أيضاً إلى عوامل تشكل الفلورا وخاصة التاريخية منها.

أما آدامسون (Adamson 1939) فيعطي أهمية بالغة لتاريخ تشكل الفلورا ويعتبر أن هذا ينعكس على الطيف البيولوجي، فمثلاً دراسة الطيف البيولوجي لمختلف صحاري العالم في آسيا وفي شمال وجنوب إفريقيا وفي أمريكا واستراليا تُبين اختلافات كبيرة في أشكال الحياة لهذه الصحاري بالرغم من تشابه المناخ فيها، ويعزو سبب هذا الاختلاف إلى عوامل تشكل فلورا كل من هذه المناطق الصحراوية، فمثلاً نسبة النباتات نصف المختبئة Hemichryptophy في الصحاري المحيطة ببحر قزوين مرتفعة وذلك لأنها محاطة بمناطق سهبية، أما في الصحاري الاسترالية فترتفع نسبة النباتات الظاهرة Phanerophyte وذلك لأنها محاطة بمناطق غابات. لذا يعتقد أدامسون أنه لابد من وضع تصنيف لصور الحياة يأخذ بعين الاعتبار ليس فقط المجموع الهوائي للنباتات وإنما أيضاً المجموع الجذري وخاصة في المناطق الجافة ونصف الجافة.

هـ تأثير درجة الحرارة في توزيع النباتات

تتحكم درجة الحرارة في تكوين المجتمعات النباتية بتأثيرها في أفراد الأنواع المكونة لهذه المجتمعات، فإذا كان لنوع من النباتات أن يعيش بصفة دائمة في منطقة معينة فإنه يتعين تحقيق الشروط الآتية بالنسبة لدرجة الحرارة:

- أن تكون التغيرات في درجة الحرارة ضمن مدى التحمل، أي لا تزيد أو تنخفض في أي وقت عن حد التحمل Tolerance limit لدرجة تقتل النبات.
- أن ترتفع الحرارة لدرجة كافية (في المناطق الباردة) أو تنخفض لدرجة كافية (في المناطق الحارة) ولفترة كافية في موسم النمو بحيث تسمح بنمو النبات وتكاثره.

تقسم النباتات تبعاً لمتطلباتها الحرارية إلى المجموعات الآتية (Shukla and Chandel, 2009):

- النباتات المحبة للحرارة Megatherms

وهي النباتات التي تتطلب خلال فترة نموها درجة حرارة مرتفعة تفوق الـ 30 درجة مئوية، وفقط درجات الحرارة الأعلى من 45 درجة مئوية يمكن أن تسبب لها إجهادا حرارياً، وتنتشر هذه النباتات في المناطق المدارية وبخاصة في الصحارى.

- النباتات المحبة للحرارة المعتدلة Mesotherms

وهي نباتات تنمو وتكمل دورة حياتها في درجات حرارة تتراوح بين 10 و30 درجة مئوية، وأي درجة حرارة تفوق الـ 30 درجة مئوية أو تنخفض دون الـ 10 درجات مئوية تسبب لها إجهادا حرارياً، وتنتشر هذه النباتات في المناطق المدارية وشبه المدارية.

- النباتات المحبة للبرودة المعتدلة Microtherms

وهي نباتات المناطق المعتدلة والباردة نسبياً ويتطلب نموها درجات حرارة منخفضة، ولا تتحمل درجات الحرارة المرتفعة، ويمكن لهذه النباتات أن تنمو في المناطق المدارية وشبه المدارية ولكن في المناطق الجبلية المرتفعة.

- النباتات المحبة للبرودة Hekisotherms

وهي نباتات المناطق الباردة والمناطق الجبلية المرتفعة (المناطق الألبية Alpine)، ولا تتحمل درجات الحرارة المرتفعة، وتتم دورة حياتها في درجة حرارة تتراوح بين صفر و أقل من 20 درجة مئوية، وأي درجة حرارة تفوق الـ 15 . 20 درجة مئوية تسبب لها إجهادا حرارياً.

تؤثر درجة الحرارة في توزيع النباتات بطرائق عدة أهمها:

١. **التحكم عن طريق درجة الحرارة المرتفعة أو المنخفضة:** إن أبسط نوع من أنواع تحكم درجات الحرارة في التوزيع الجغرافي للنباتات هو الذي تحدد فيه درجة الحرارة العظمى في الصيف مدى انتشار النباتات في اتجاه خط الاستواء، والذي تحدد فيه درجة الحرارة الصغرى في الشتاء مدى انتشار النباتات في اتجاه القطبين.

يرتبط توزيع العديد من الأنواع النباتية بخط الحرارة المتساوية (الايزوثيروم Isotherm) فمثلاً لا ينتشر نبات لاكونيا *Lacuna alpina* ونبات الحوذان *Ranunculus platanifolius* ونبات كاسر الحجر *Saxifraga foliolosa* في المناطق التي يزيد فيها خط الحرارة المتساوية صيفاً عن 29ْ و27ْ و23 درجة مئوية على التتالي، كما لا ينتشر التنوب *Picea* في المناطق ذات خط الحرارة المتساوية لشهر تموز (يوليو) الأقل من 15 درجة مئوية، وتتطابق الحدود الشمالية للغابات مع خط الحرارة المتساوية 11 درجة مئوية لشهر تموز (يوليو).

كما تعوق الحرارة المنخفضة وخاصة التي تحدث التجمد Freezing من انتشار النباتات التي لا تتحمل الصقيع، فمثلاً لا يتعدى انتشار النخيل في الظروف الطبيعية في أمريكا الشمالية، شمال فلوريدا وشاطئ خليج المكسيك والجزء الجنوبي من كاليفورنيا.

٢. حاجة النباتات لفترة حرارة منخفضة:

تتطلب بعض النباتات درجات حرارة منخفضة لكي تنتقل من الطور الخضري إلى الطور التكاثري، إذ أن لدرجة الحرارة المنخفضة، في كثير من النباتات، تأثير بالغ في بدء تكوين الأصول الزهرية وتكشفها، وإذا لم تتعرض النباتات إلى فترة باردة فإن براعمها الزهرية لا تتفتح أو تسقط بعد تفتحها دون أن تعطي ثماراً وبذوراً. تشكل النباتات ثنائية الحول أعضاء خضرية فقط خلال فصل نموها الأول، ولا تزهر إلا في فصل النمو الثاني بعد تعرضها فترة طويلة إلى حرارة الشتاء المنخفضة، وبدون التعرض لمثل هذه الحرارة المنخفضة تبقى في الطور الخضري إلى فترة غير محدودة، فعند تعرض النباتات ثنائية الحول لدرجة حرارة منخفضة بصورة صناعية ومن ثم إلى نوبة ضوئية مناسبة فإنها تزهر في فصل نموها الأول، ويمكن تحقيق ذلك في أية مرحلة من مراحل نمو النباتات بعد تجاوزها الإنبات، فإذا عرضت بذور النباتات ثنائية الحول بعد بدء الإنبات إلى درجة حرارة منخفضة (2 . 5 درجة مئوية) لمدة ستة أسابيع، فإنها تنمو بعد ذلك وكأنها مرت بفترة شتاء بارد، وبالتالي تزهر في فصل نموها الأول إذا تعرضت إلى نوبة ضوئية مناسبة، وتسمى عملية معاملة النباتات صناعياً بحرارة منخفضة كي تزهر بعملية الإرباع (التربيع) Vernalization or springification، فالإرباع هو تعجيل الإزهار بمعاملة باردة، فالقمح الشتوي مثلاً يحتاج إلى درجة حرارة من صفر إلى 2 درجة مئوية لفترة تتراوح بين 20 و60 يوماً. ويمكن اعتبار ما يحدث للنباتات ثنائية الحول في الطبيعة عملية إرباع طبيعية. وتحتاج بذور بعض النباتات للتبريد بعد تشربها الماء حتى تنبت بصورة مرضية، وتنمو بشكل طبيعي، ولذلك فإن أنواع النباتات التي تحتاج إلى فترة باردة يقل وجودها في العروض الدنيا القريبة من خط الاستواء وكذلك في المناطق ذات الشتاء الدافئ وفي سفوح الجبال السفلى وذلك لعدم توفر الشتاء البارد اللازم لإنباتها و نموها أو انتقالها من الطور الخضري إلى الطور التكاثري.

كما تحتاج الأنواع النباتية المختلفة للبدء بعملية الإنبات والنمو إلى درجات مختلفة من الحرارة، فنباتات المناطق القطبية والألبية تبدأ بالإنبات والنمو ويمكن أن تزهر بمجرد ذوبان طبقات الثلج، ولكن أنواعاً نباتية أخرى لا تنبت إلا في درجة حرارة مرتفعة مثل الذرة *Zea mays* التي تحتاج بذورها إلى درجة حرارة لا تقل عن 10 درجات مئوية حتى تنبت، وكذلك البطيخ

Citrullus vulgaris والخيار *Cucumis sativa* إذ يتطلب إنبات بذورهما إلى 12 . 14 درجة مئوية، لذا فإن مثل هذه النباتات لا تتمكن من النمو والإثمار في المناطق المعتدلة الباردة والباردة.

ويعتقد الباحثون أن كل نوع نباتي يحتاج إلى كمية دنيا من الحرارة Minimum amount of heat لإتمام كل مرحلة من مراحل نموه وتكشفه، وعند حساب هذه الكمية يبدأ باليوم الذي تكون فيه الحرارة القصوى أعلى من الصفر (في المناطق المعتدلة الباردة) وبعدها تضاف درجات حرارة الأيام التالية التي تزيد فيها الحرارة العظمى عن الصفر وذلك حتى بداية مرحلة معينة من نمو وتكشف النبات (الإزهار، الإثمار.. الخ) فمثلاً يبدأ إزهار نبات حشيشة السعال *Tussilago farfara* عندما تبلغ كمية الحرارة التراكمية 77 درجة مئوية، ونبات الحماض *Oxalis acetocella* 452.9 درجة ونبات الفراولة *Fragaria vesca* 500.6 درجة وشجرة البزلة *Caragana* 700 درجة مئوية (Alechin, 1961).

إن الدراسات الهادفة لمعرفة العلاقة بين حدود انتشار الأنواع النباتية ودرجة الحرارة ليست كبيرة الدقة ويجب النظر إليها بحذر وذلك لأن حدود انتشار الأنواع النباتية لا تتوقف فقط على درجة الحرارة وإنما على جملة من العوامل كالأمطار وطبيعة الشتاء (مع ثلج أو بدونه) وطوله وتأثير التربة والتضاريس وطول النهار وغيرها.

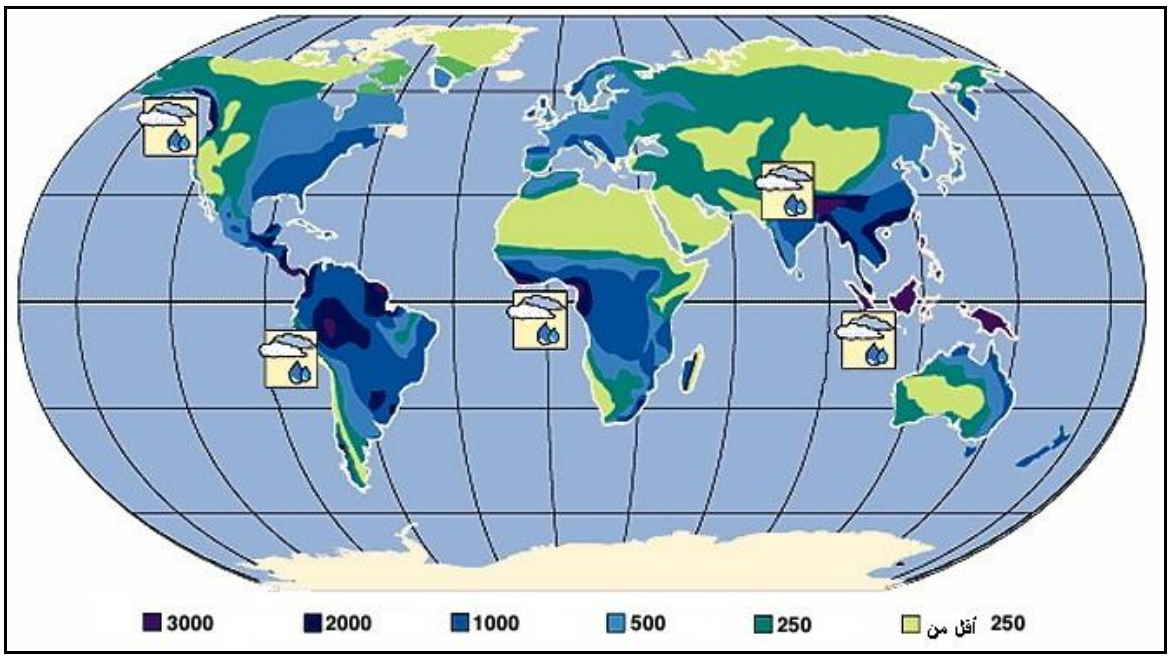
ثانياً. الهطول Precipitation

يعد الماء واحداً من أهم العوامل البيئية تأثيراً في نمو الأنواع النباتية وانتشارها سواء في المناطق الجغرافية المختلفة أو في حدود المنطقة الواحدة، وبالرغم من أن أكثر أشكال الماء تأثيراً في النباتات هي الأمطار فإن لأشكال الماء الأخرى من ثلج وندى وبخار ماء وغيرهما أهمية في حياة النباتات.

أ . كمية الأمطار

تختلف كمية الأمطار من منطقة جغرافية نباتية إلى أخرى، فأكثر المناطق غزارة بالأمطار هي المناطق الاستوائية (حوض الأمازون وغرب إفريقيا الاستوائية وهاواي وجزر الملايو وغيرها) التي تتراوح فيها كمية الأمطار بين 200 و400 سم، وتصل في هاواي إلى 1200 سم في

السنة، أما أقل المناطق أمطاراً فهي الصحاري (الصحراء الكبرى وصحراء تشيلي وأريزونا والصحراء العربية وصحارى آسيا الوسطى وغيرهما) حيث لا تزيد كمية الأمطار السنوية فيها عن 25 . 30 سم سنوياً، وعلى الأغلب أقل من ذلك بكثير، فمثلاً لا يزيد متوسط الأمطار السنوية في بخارى (آسيا الوسطى) عن 13.5 سم، وفي القاهرة عن 3 سم، وفي الرياض عن 11 سم، وفي بعض صحاري تشيلي عن 0.5 سم، كما قد لا تسقط الأمطار في بعض أجزاء الصحراء الكبرى لسنوات عدة متتالية، أما في بقية المناطق الجغرافية فتتراوح كمية الأمطار بين 25 و 200 سم (الشكل 45).



الشكل 45. توزيع الهطول على سطح الكرة الأرضية (مم)

إن لشدة سقوط الأمطار أهمية كبيرة في نمو النباتات وتوزيعها، فالأمطار الغزيرة لا تفيد النبات كثيراً، وغالباً لا تمتص التربة منها إلا الجزء القليل، ويشكل القسم الأكبر سيولاً تجرف التربة وتعري الجذور السطحية للنباتات، أما الأمطار خفيفة الشدة فأكثر فائدة نظراً لامتصاص التربة لها بشكل كامل تقريباً، هذا ولا يصل سطح التربة كامل الأمطار الساقطة، فجزء منها تحجزه النباتات ليعود ويتبخر مرة ثانية قبل وصوله إلى التربة، فغابة الصنوبر *pinus* تحجز نحو 13 . 14% من كمية الأمطار الساقطة، وغابة التنوب *Picea* تحجز حوالي 36%، وتتوقف، بصورة عامة، كمية الأمطار التي يحجزها الغطاء النباتي على غزارة الأمطار من ناحية (الأمطار الخفيفة يحجز القسم الأعظم منها أما الغزيرة فيحجز قسم ضئيل منها) وعلى كثافة الغطاء

النباتي من ناحية أخرى، ولهذا فمن المهم جداً حساب كمية الأمطار التي تصل فعلياً إلى التربة وليس كمية الأمطار التي يسجلها مقياس الأمطار (Voronov, 1973).

إن لتوزيع الأمطار على مدار السنة أهمية كبيرة في توزيع النباتات الجغرافي، ففي المناطق الاستوائية حيث تسقط الأمطار بالتساوي تقريباً على مدار السنة تنمو الغابات الاستوائية المطيرة دائمة الخضرة Evergreen rain forests، أما في المناطق المدارية التي يختلف فيها توزيع الأمطار على مدار السنة فتنمو الغابات المدارية متساقطة الأوراق Tropical deciduous forests، علماً بأن درجة الحرارة واحدة تقريباً في كلا المنطقتين.

ب . أنماط النباتات بالنسبة لعلاقتها بالماء

للماء تأثير كبير في النبات، وتقسم النباتات تبعاً لاحتياجاتها المائية إلى المجموعات الآتية:

أ. النباتات المائية Hydrophytes.

ب. النباتات الجفافية Xerophytes.

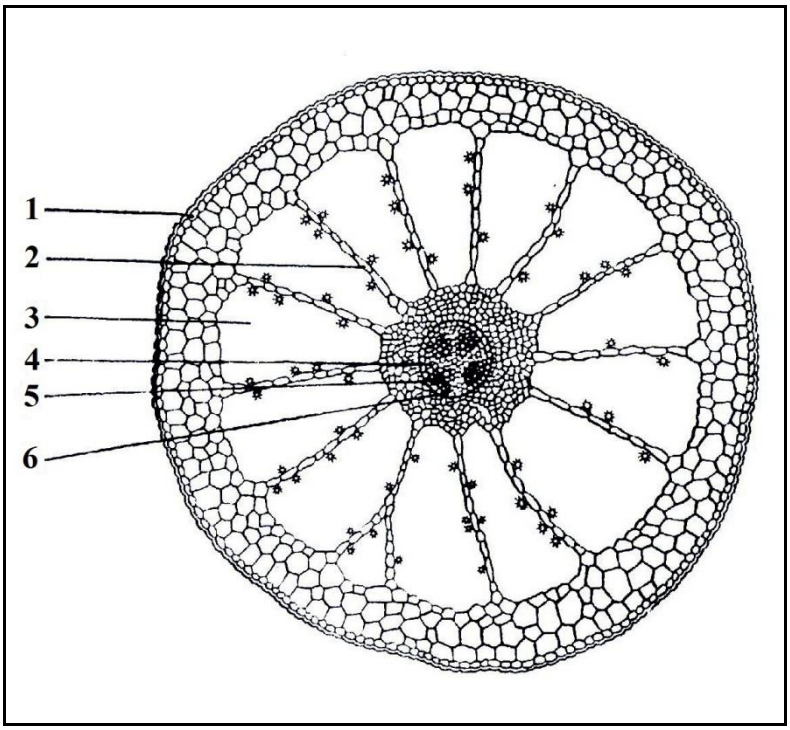
ج. النباتات الوسطية Mesophytes.

(ا). النباتات المائية Hydrophytes

إما أن تكون النباتات المائية مغمورة كلياً في الماء مثل السيراتوفيلوم *Ceratophyllum demersum* (الشكل 46) والناياس *Najas*، أو أن بعضاً منها مغمور في الماء والبعض الآخر طاف على سطح الماء مثل النيلوفر الأصفر *Nuphar luteum* والنيلوفر الأبيض *Nymphaea alba* (الشكل 43)، أو أن قسماً منها مغمور في الماء والباقي فوق سطح الماء مثل البوط *Typha* والسهمية *Sagittaria* وغيرها. تتميز النباتات المائية بصفات عدة تلاحظ في كل فرد منها وتعود هذه الصفات إلى تأثير الوسط المائي الذي تعيش فيه، ومن أهم صفات النباتات المائية هي القوام اللين ذلك لأن الأنسجة الدعامية والوعائية قليلة، كما تشكل القشرة، المؤلفة من نسيج برانشيمي، القسم الأكبر من الساق، بينما تمثل الاسطوانة المركزية قسماً صغيراً من الساق (الشكل 47)، والبشرة فيها ذات خلايا كبيرة غنية بالكلوروفيل، وتحوي أنسجة النباتات المائية فراغات مملوءة بالهواء قد تشكل 70% من حجم النبات، وتتشكل الثغور على السطح العلوي للأوراق الطافية فقط أما الأوراق الغاطسة فعديمة الثغور، كما أن الضغط الأزموزي للعصارة الخلوية فيها منخفض.



الشكل 46. نبات السيراتو فيلوم *Ceratophyllum demersum* المغمور في الماء



الشكل 47. قطاع عرضي في ساق نبات ميريوفيلوم المائي

1. بشرة 2. نسيج تهوية 3. حجرة هوائية 4. لحاء

5. خشب 6. بشرة داخلية

(ب). النباتات الجفافية Xerophytes : وهي النباتات التي تنمو في المناطق الجافة الحارة (الصحاري والسهوب)، وتمتلك خصائص عديدة، شكلية وفسيولوجية، تمكنها من تحمل الجفاف أو تحاشيه وأهم أنماط التكيف هي (Petrov,1976; Sowell. 2001):

١. الهروب من الجفاف

تشكل **النباتات الهاربة من الجفاف** نسبة عالية من نباتات الصحارى تفوق الـ 50%، وهي نباتات عشبية حولية Ephemeral annuals أو معمرة Ephemeroides، تنبت بإدارتها Seedlings في أعقاب المطر، وتكمل دورة حياتها وتعطي ثماراً وبذوراً في مدى شهور أو أسابيع قليلة، وتقضى فترة الجفاف في صورة بذور كامنة، ومثل هذه النباتات برغم استيطانها المناطق الجافة تعد بحق هاربة من الجفاف، لأنها تنمو وتكمل دورة حياتها في ظروف تتوفر فيها الموارد المائية وظروف تبخر جوية معتدلة. (الشكل 48).



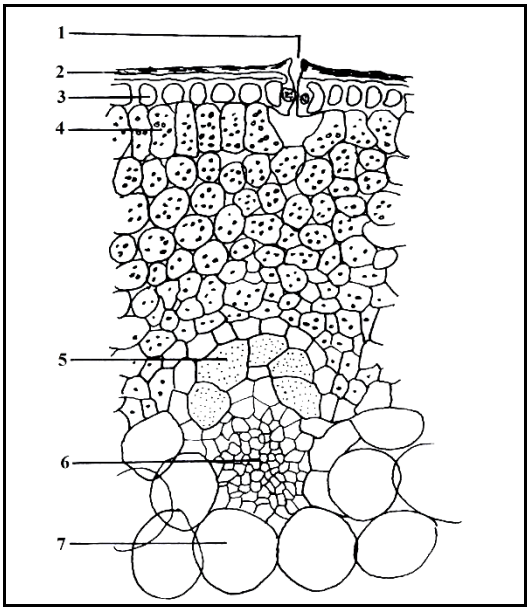
الشكل 48. نبات *Alyssum meniocoides* يكمل دورة حياته خلال فترة قصيرة

٢. **النباتات المعمر العصارية Perennial succulents:**

تخزن **النباتات المعمر العصارية** الماء في الأوراق أو السوق (الشكل 49) أو الجذور في الفصل المطير وتستعمله في فصل الجفاف، وتتميز النباتات العصارية بمجموع جذري سطحي يمكّنها من امتصاص مياه الأمطار التي تبلل الطبقة السطحية، وبقدرة فائقة على الاحتفاظ بالماء وذلك بتقليل معدل النتح، فعدد االثغور فيها قليل والثغور غائرة وأدمتها سميكة جداً وتغطيها طبقات شمعية تحول دون التبخر (الشكل 50 و51).

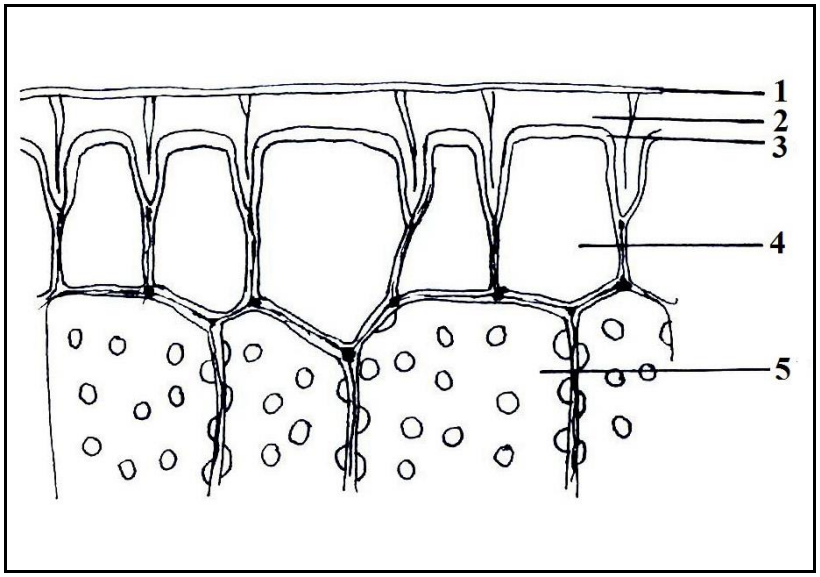


الشكل 49. نبات الأغاف *Agave americana* من النباتات العصارية



الشكل 50. جزء من قطاع عرضي في ورقة الصبار

1. ثغر 2. أدمة 3. بشرة 4. برنشيم يخضوري 5. خلايا تحتوي على الألويين
6. حزمة وعائية 7 . نسيج مدخر



الشكل 51. جزء من قطاع عرضي يبين البشرة والأدمة في نبات الصبر

1. أدمة 2. جزء مكوتن من جدر خلايا البشرة 3. طبقة سللوز 4. بشرة 5. برنشيم يخضوري

٣. النباتات الجفافية القاسية Sclerophytes:

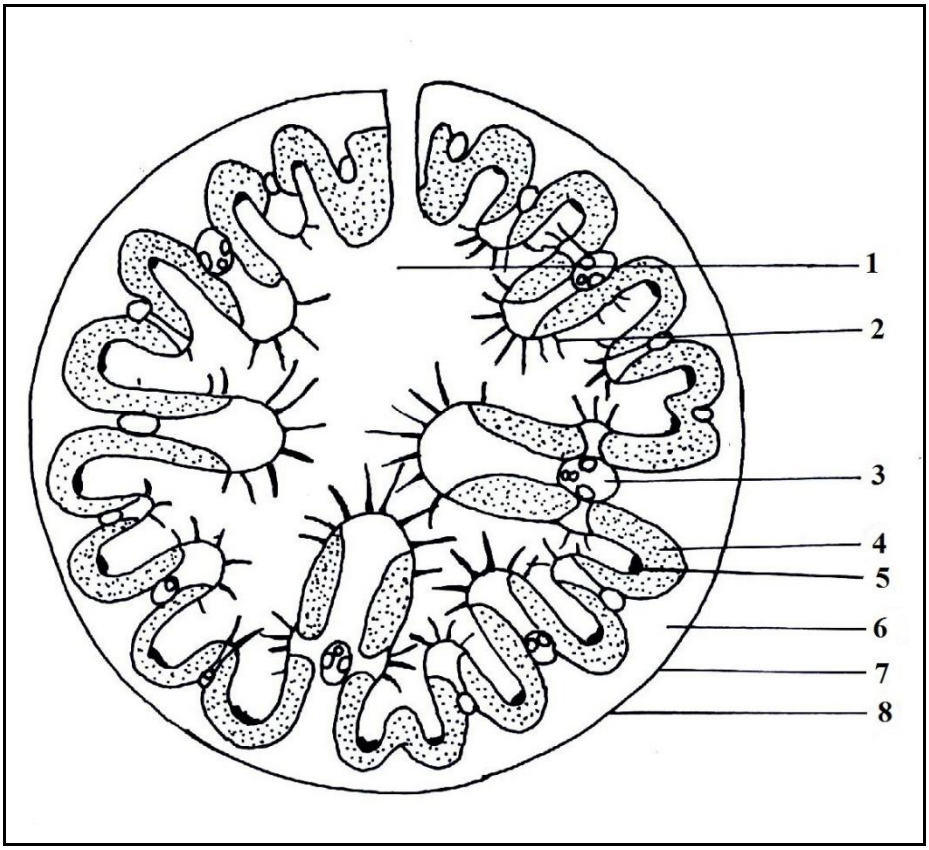
تضم هذه المجموعة معظم النباتات الصحراوية المعمرة، وتمتلك تكيفات عدة تمكنها من مقاومة الجفاف أهمها:

- تمتلك مجموعاً جذرياً غزير النمو والتفرع ينتشر عمودياً في التربة إلى أعماق كبيرة، وتفوق كتلتة كتلة الجزء فوق التربة بـ 5 . 10 مرات، وتتشكل الأوبار على جذور بعض النباتات في الفترة الرطبة لامتصاص أكبر كمية ممكنة من الماء، وتجف هذه الأوبار في الفترة الجافة ولكنها تتشكل مرة ثانية في الفترة الرطبة للسنوات التالية. وتمتلك وبعض النباتات المتعمقة الجذور Phreatophytes مجموعاً جذرياً يتوغل في التربة حتى يصل إلى مستوى الماء الجوفي أو قريباً منه مثل أنواع الطرفة *Tamarix* والخرينيبة *Prosopis farctas* (الشكل 52).

- تنتهج النباتات القاسية مناهج شتى لتقليل شدة النتح وذلك باختزال سطح المجموع الخضري عن طريق سقوط الأوراق في الفترة الجافة بمعدل يتراوح بين 40% في الشيح *Artemisia* و100% في الصر *Noea* ، وانغلاق المسام وبخاصة في الفترة الحارة من النهار، والتفاف الأوراق لتقليل المساحة المكشوفة (الشكل 53)، وكثافة الأوبار التي تغطي سطح الأوراق، هذا إضافة إلى أن الثغور عميقة وتتشكل فوقها غرف يتجمع فيها بخار الماء مما يؤدي إلى إشباع الهواء وبالتالي خفض شدة النتح (الشكل 54).

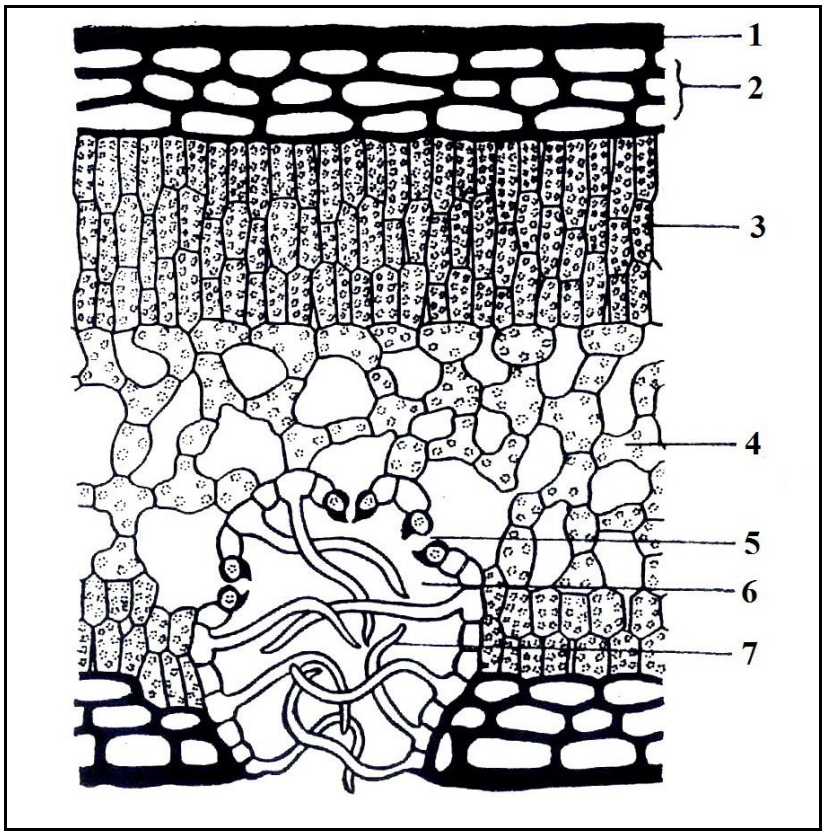


الشكل 52. نبات الخرينيبة *Prosopis farcta* من النباتات المتعمقة الجذور



الشكل 53. قطاع عرضي في ورقة نبات قصب الرمال

1. جوف مغلق 2. شعيرات 3. حزمة ناقلة
4. برنشيم يخضوري 5. خلايا محركة 6. سكليرنشيم
7. بشرة سفلية سميكة الجدر 7.أدمة سميكة



الشكل 54. قطاع عرضي في ورقة نبات الدفلة من النباتات الجفافية

1. أدمة 2. بشرة عديدة الطبقات 3. نسيج عمادي
4. نسيج اسفنجي 5. ثغر 6. تجويف
7. شعيرات

(ج). النباتات الوسطية Mesophytes

وهي النباتات التي تمثل مكاناً وسطاً بين النباتات الجفافية والمائية، وتسود في المناطق الرطبة، وهذه الزمرة غير متجانسة فقسم منها قريب من النباتات المائية والقسم الآخر قريب من النباتات الجفافية، وأغلبها نباتات معمرة تحوي أنسجتها فراغات هوائية ولكنها قليلة بالمقارنة مع النباتات

المائية، وأوراقها كبيرة، تغطيها أدمة رقيقة، وقلما تكون الورقة مغطاة بالأوبار، ويتراوح الضغط الأزموزي في العصارة الخلوية بين 10–25، وغالباً ما يكون بين 10–15 ضغطاً جوياً.

ثالثاً: الرياح Wind

للرياح تأثير كبير في نمو الأنواع النباتية وتوزيعها، فالرياح الحارة الجافة لها تأثير ضار على النباتات وذلك لأنها تزيد شدة النتح، فإذا لم تتمكن الجذور من امتصاص كميات كافية من الماء لتعويض الماء الذي يفقد بالنتح فإن ذلك يؤدي إلى ذبول النباتات الأمر الذي يلاحظ خاصة في المناطق الجافة. كما أن للرياح تأثير في نمو النباتات، فقد وجد أن النباتات المحمية من تأثير الرياح أفضل نمواً من تلك التي تعيش في أماكن غير محمية، لذلك فقد درج الفلاحون على إحاطة الحقول بمصدات شجرية إذ تبين أن محصول هذه الحقول يزيد في بعض الحالات بمقدار 15 . 25% مقارنة بمحصول الحقول غير المحاطة بالمصدات، بالإضافة إلى ذلك قد تسبب الرياح الشديدة تكسير فروع الأشجار وربما اقتلاعها وبخاصة الأشجار سطحية المجموع الجذري. وللرياح تأثير كبير في انتشار الأنواع النباتية إلى مسافات بعيدة عن مكان نموها (انظر فصل الانتشار) وهي عامل هام لنقل حبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى، بالإضافة إلى تأثيرها في عوامل المناخ الأخرى من درجة حرارة ورطوبة وأمطار، وفي انجراف التربة وبخاصة في المناطق الجافة.

رابعاً: الضوء Light

يعد الضوء واحداً من العوامل الضرورية لنمو النباتات، فإلى جانب كونه المصدر الرئيس للطاقة اللازمة لعملية البناء الضوئي فإنه يؤثر في شكل وبنية وتوزيع النباتات، ولكن الضوء، بشكل عام، يلعب دوراً ثانوياً بالمقارنة مع عوامل المناخ الأخرى في توزع النبات جغرافياً، ذلك أنه لا يوجد أية منطقة على سطح الكرة الأرضية لا يتوفر فيها الضوء الكافي لنمو النباتات، وحتى في أعماق البحار والمحيطات (حتى عمق 200 م تقريباً) فإن الضوء لا يعوق نمو بعض النباتات.

تتكون الأشعة الشمسية التي تخترق الغلاف الجوي للأرض في معظمها من الضوء المرئي وكمية قليلة من الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء غير المرئية، ويميز ضمن الإشعاع الشمسي أنواع عدة من الأشعة التي تختلف بلونها وطول موجتها وهي:

١. الأشعة غير المرئية:

- الأشعة فوق البنفسجية Ultra violet وطول موجتها أقل من 390 مليميكرون.
- الأشعة تحت الحمراء Infra red وطول موجتها أكثر من 760 مليميكرون.

٢. الأشعة المرئية (الضوء المرئي):

وهي التي ترافقها ظاهرة الضوء ويتراوح طول موجاتها بين 390 و760 مليميكرون. ويتألف الضوء المرئي من:

- الأشعة البنفسجية وطول موجتها 390 . 435 مليميكرون.
- الأشعة الزرقاء وطول موجتها 435 . 490 مليميكرون.
- الأشعة الخضراء وطول موجتها 490 . 574 مليميكرون.
- الأشعة الصفراء وطول موجتها 574 . 595 مليميكرون.
- الأشعة البرتقالية وطول موجتها 595 . 626 مليميكرون.
- الأشعة الحمراء وطول موجتها 626 . 760 مليميكرون.

تختلف شدة الضوء اختلافاً بيناً من مكان لآخر، وأكثر العوامل تأثيراً في الاختلاف المكاني لشدة الضوء هي:

1 . تأثير الغلاف الجوي

يُمتص جزء من الإشعاع الشمسي إثناء عبوره الغلاف الجوي من قبل الغازات، فالأكسجين والنيتروجين يمتصان جزءاً صغيراً من الأشعة قصيرة الموجة، لذا فإن المناطق الجبلية المرتفعة تتلقى ضوءاً أكثر سطوعاً Brighter light مقارنة بالمناطق المنخفضة، وذلك لأن الغلاف الجوي في المناطق الجبلية المرتفعة أكثر رقة Thinner. ويعد السطوع الشمسي الشديد في المناطق المرتفعة، وبخاصة زيادة نسبة الأشعة فوق البنفسجية، سبباً في الشكل القزم للنباتات، وذلك لأن الأشعة فوق البنفسجية تثبط نشاط هرمونات النمو مما يؤدي إلى قصر السيقان، كما تُنشّط تشكل الأنثوسيانين والصبغات الأخرى، مما ينعكس في تعدد ووضوح ألوان الأزهار.

يعد بخار الماء من أهم مكونات الغلاف الجوي الممتصة للإشعاع الشمسي، وبالرغم من أن نسبته لا تزيد عن 4% من مجموع الغازات الجوية إلا أنه يمتص من الإشعاع الشمسي ما يعادل

ستة أمثال ما تمتصه الغازات الجوية مجتمعة، لذا فإن شدة الإشعاع الشمسي في المناطق الجافة أعلى كثيراً منها في المناطق الرطبة.

يؤدي الغبار والدخان والجزيئات الصلبة في الغلاف الجوي إلى امتصاص جزءاً من الإشعاع الشمسي، ويمكن أن تنخفض شدة الإشعاع الشمسي في المناطق الصناعية ووقت الزوابع الغبارية بمعدل يصل إلى 90% (الشكل 55). ويؤدي الغبار والدخان والجزيئات الصلبة وبخار الماء إضافة إلى امتصاص جزء من الإشعاع الشمسي إلى نشر جزء آخر منه، ويتشكل بذلك ما يسمى بالضوء المنتشر Diffused light، الذي يتميز بارتفاع نسبة الأشعة البرتقالية والحمراء فيه التي قد تصل نسبتها إلى 60 . 70%، ومعروف أن الأشعة البرتقالية والحمراء هي الأكثر امتصاصاً من قبل النباتات الخضراء.



الشكل 55. الزوابع الغبارية في المناطق الجافة

2 . تأثير خطوط العرض

تؤثر خطوط العرض تأثيرا بالغاً في كمية ونوعية الأشعة الشمسية، ذلك أن التغيرات التي تصيب الإشعاع الشمسي تتوقف على طول المسافة التي يقطعها عبر الغلاف الجوي، فكلما

كانت المسافة أطول، كما في العروض العليا، كلما كانت التغيرات أعظم وشدة الإشعاع الشمسي أقل، ففي المناطق الاستوائية والمدارية تكون شدة الضوء ونسبة الأشعة المباشرة عالية، وتنخفض شدة الضوء وتزداد نسبة الأشعة المنتشرة العروض العليا.

3 . تأثير الماء

يؤثر الماء في كمية ونوعية الضوء، إذ ينعكس عن سطح الماء نحو 6 . 10% من الإشعاع الشمسي، كما يمتص الماء جزءاً من الضوء، فلا تزيد شدة الضوء في المحيطات، بشكل عام، عن 45% على عمق خمسة أمتار وعن 4.5% على عمق 30 . 50 م و1% تقريباً على عمق 60 . 100م، أما في البحيرات وبخاصة العكرة منها فلا تزيد شدة الضوء أحياناً على عمق 7 م عن 7%.

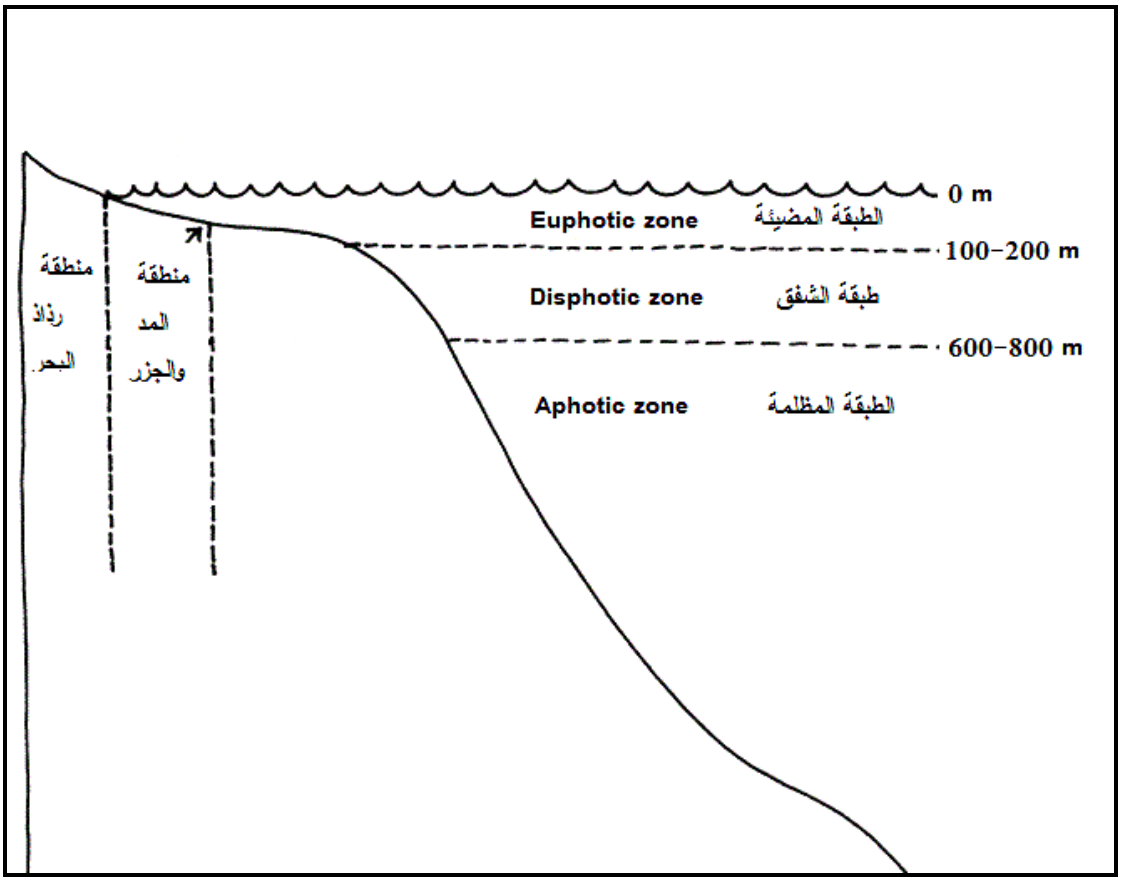
يمتص الماء موجات الضوء بدرجات مختلفة، فالموجات الطويلة تمتص بدرجة أكبر، فعلى عمق 10 م في المياه العذبة، يصل نحو2% من الأشعة الحمراء و8% من الأشعة البرتقالية و32% من الأشعة الصفراء و75% من الأشعة الزرقاء، وفي الأعماق الكبيرة لاتصل إلا الأشعة البنفسجية، وهكذا يؤثر الماء في شدة الضوء وفي نوعيته (Goricheva, 1979).

يتوقف العمق الذي يمكن أن تعيش فيه النباتات المائية على مقدرة الصبغات على امتصاص الموجات القصيرة، فكلما كان امتصاص الصبغات النباتية للموجات القصيرة أعظم كلما تمكنت من الحياة على عمق أكبر، وهذا يلاحظ إجمالا على الطحالب البحرية، فالطحالب الخضر والخضر المزرقة تعيش بالقرب من سطح الماء أما الطحالب البنية فتعيش على عمق متوسط والطحالب الحمراء على عمق أكبر.

تقسم مياه المحيطات إلى ثلاث طبقات متراكبة فوق بعضها البعض تبعاً لنصيب كل طبقة من الأشعة الشمسية وهي (Shukla and Chandel, 2009)(الشكل 56):

- الطبقة المضيئة Euphotic zone، وهي الطبقة العليا من مياه المحيطات، وتخترقها كمية كافية من الضوء كافية لعملية البناء الضوئي، ويصل عمقها إلى 100 . 200 م، حسب صفاء مياه المحيط، وبسبب توفر ضوء كافي لعملية البناء الضوئي فإن 90% من الكائنات البحرية تعيش في هذه الطبقة.
- طبقة الشفق Diphotic zone (Twilight zone) وفيها تكون كمية الضوء محددة ولا تكفي لعملية البناء الضوئي، إلا أن كمية الضوء فيها كافية لبعض الكائنات الحيوانية المتكيفة، ويصل عمق هذه الطبقة حتى 800 م تحت سطح الماء.

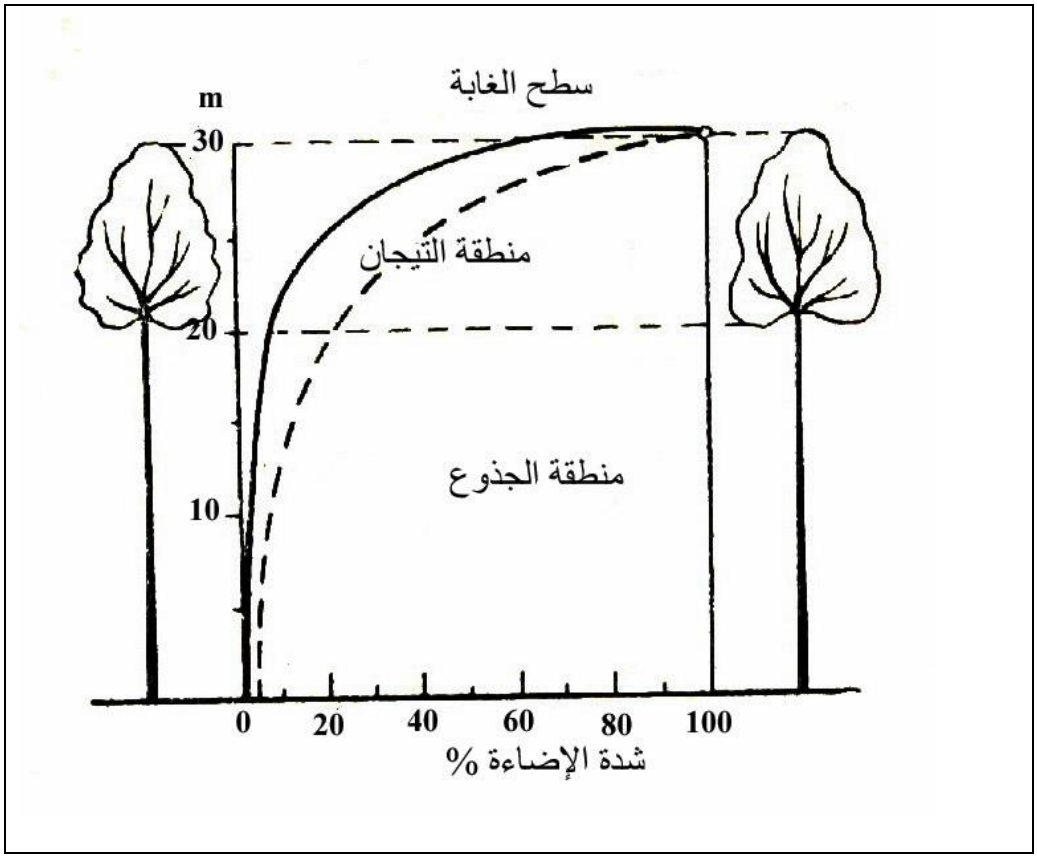
- الطبقة المظلمة Ophotic zone (Midnight zone)، ونصيبها من الضوء معدوم، ودرجة حرارتها تقارب درجة التجلد، ولكن هذا لا يعني أن مياهها خالية من الكائنات البحرية، ففيها كائنات بحرية تكيفت لمثل هذه البيئة.



الشكل 56. الطبقات الضوئية في البحار والمحيطات

4 . تأثير الغطاء النباتي في الضوء :

يؤثر الغطاء النباتي تأثيراً بالغاً في الأشعة الشمسية، فالضوء الذي يسقط على الغطاء النباتي ينعكس جزء منه، وينفذ من خلال الأوراق وبينها جزء آخر، وتمتص الأوراق جزءاً ثالثاً (الشكل 57).



الشكل 57. تأثير المجتمع النباتي (الغابة) في الشدة الضوئية حيث تنخفض شدة الإضاءة من سطح الغابة إلى أرضيتها

ـ الخط المتصل في يوم مشمس ... الخط المتقطع في يوم غائم

أ. الانعكاس:

يعكس الغطاء النباتي قسماً كبيراً من الإشعاع الشمسي الذي يسقط عليه، ويتوقف ما يعكسه الغطاء النباتي من الضوء على أنواع النباتات المكونة له وكثافتها، وتقدر كمية الضوء المنعكسة في الغابات المخروطية Coniferous forest بحوالي 10 . 18%، وتصل هذه النسبة في الغابات عريضة الأوراق إلى 36% (انظر Alekseev, 1975)، وتختلف نسبة ما ينعكس من الضوء الساقط اختلافاً كبيراً تبعاً لطول الموجة، فالأوراق الخضراء تعكس أكثر من 70% من الأشعة تحت الحمراء القريبة التي تسقط عليها و 10 . 20 % من الأشعة الخضراء و 3 . 10% من الأشعة الأرجوانية والحمراء.

ب. الامتصاص:

تمتص الأوراق الجزء الأعظم من الأشعة التي تخترقها، ويقع القسم الأكبر من الأشعة الممتصة في مجال الأشعة الأرجوانية والحمراء، والأشعة البنفسجية والزرقاء، أما الأشعة الخضراء والصفراء فهي الأقل امتصاصاً

ج. النفوذ:

يمر بعض الضوء عبر الورقة ولكن كميته في العادة ضئيلة، وأغلب الأشعة التي تنفذ عبر الورقة هي من الأشعة الخضراء والصفراء وتحت الحمراء.

وهكذا يؤثر الغطاء النباتي في نوعية وكمية الإشعاع الشمسي، ويعد انخفاض شدة الضوء وتغير الطيف الشمسي داخل المجتمعات النباتية، وبخاصة الكثيفة منها، سبباً يحول دون نمو عديد من الأنواع النباتية وتكاثرها داخل هذه المجتمعات، وخاصة الأنواع المحبة للضوء، وذلك لأن شدة الضوء تنخفض في مستوى الطبقة السفلية القريبة من سطح التربة، ففي غابات البلوط، تنخفض شدة الإضاءة إلى نحو 3.5% من الشدة الضوئية عند مستوى سطح الغابة، وإلى أقل من 1% في الغابات الاستوائية المطرية (Walter, 1979).

وتختلف علاقة النباتات بالضوء حسب الأنواع فبعض الأنواع لا ينمو إلا في الظل بينما يتطلب البعض الآخر ضوءاً شديداً، وتصنف النباتات حسب متطلباتها للضوء إلى المجموعات التالية (انظر Shukla and Chandel, 2009):

١. النباتات التي لا تحتاج إلى الضوء مطلقاً وتشمل النباتات التي تعيش داخل التربة Edaphophytes والتي تعيش في أعماق البحار والمحيطات وبعض النباتات المتطفلة Endophytes التي تعيش داخل جسم الكائنات الأخرى.
٢. النباتات التي تحتاج إلى شدة ضوئية منخفضة جداً كتلك التي تعيش في شقوق الصخور Endolithophytes والطحالب التي تعيش في الترب الرملية وغيرها.
٣. النباتات المحبة للظل كالنباتات التي تنمو في الطوابق السفلية في الغابات شديدة الكثافة.
٤. النباتات المتحملة للظل وهي ذات مدى واسع، وبعضها تبدأ بالإنبات في الضوء الضعيف ثم بعد ذلك تحتاج إلى شدة ضوئية مرتفعة.
٥. النباتات المحبة للضوء مثال ذلك نباتات المناطق الصحراوية الحارة والمناطق الجبلية المرتفعة وغيرها.

وللنوبة الضوئية Photoperiod أو طول الفترة النهارية أهمية كبيرة في نمو النباتات وتكاثرها، وبالتالي توزيعها على سطح الكرة الأرضية، فتجارب Garner and Allard (1920) (انظر Shukla and Chandel, 2009) بينت أن للنوبة الضوئية أهمية كبرى في تحويل النبات من الطور الخضري إلى الطور التكاثري، ولكن هذا يختلف حسب النباتات التي تقسم إلى:

١. نباتات النهار القصير Short day plants: وهي النباتات التي لا تزهر (أو أن إزهارها يتأخر طويلاً) إلا إذا كانت النوبة الضوئية 12 ساعة أو أقل مثل بعض أنواع التبغ وقصب السكر وفول الصويا والأضاليا.
٢. نباتات النهار الطويل Long day plants: وهي النباتات التي لا تزهر (أو أن إزهارها يتأخر كثيراً) إلا إذا كانت النوبة الضوئية أطول من 12 ساعة مثل الشعير والسبانخ والحمص والبطاطس.
٣. نباتات النهار المحايد Day neutral plants: أو التي لا تتأثر بطول النوبة الضوئية كالقطن والطماطم.

وينعكس طول النوبة الضوئية في توزيع النباتات على سطح الكرة الأرضية، فإذا نقلنا نباتات المناطق الاستوائية (حيث النوبة الضوئية قصيرة) إلى المناطق المعتدلة والتي تكون فيها النوبة الضوئية، في فترة النمو الخضري، طويلة، نلاحظ أن مجموعها الخضري ينمو بشكل جيد ولكنها لا تزهر في أغلب الأحوال، ذلك أن النوبة الضوئية غير مناسبة لها، لذا فإن بقاءها في هذه المناطق يصبح شبه مستحيل إلا إذا كان في مقدورها التكاثر والانتشار خضرياً، وكذلك الأمر في حال نقل نباتات المناطق المعتدلة إلى المناطق الاستوائية فإنها لا تزهر ويصبح استيطانها لهذه المناطق مستحيلاً، إلا إذا كانت تتكاثر خضرياً.
وهكذا نلاحظ أن معظم النباتات التي تعيش في المناطق الاستوائية، حيث لا يزيد طول النهار عن 13 ساعة هي من نباتات النهار القصير، أما نباتات النهار الطويل فتعيش في المناطق التي تقع شمال وجنوب خط العرض 60، وفي المناطق المعتدلة نجد نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل معاً، وتزهر نباتات النهار القصير في أول الربيع ونهاية الصيف والخريف بينما تزهر نباتات النهار الطويل في نهاية الربيع وبداية الصيف، أما الأنواع التي لا تتأثر بطول النهار والتي تزهر في ظروف فترات ضوئية مختلفة إلى حد كبير فتنتشر في معظم مناطق الكرة الأرضية.

خامساً: تغيرات المناخ في الماضي

إذا كان المناخ بصورته الحالية يؤثر في توزيع النباتات وتركيب الغطاء النباتي الحالي، فإننا لا نستطيع أن نغفل أثر التغيرات المناخية في الماضي وخاصة العصور الجليدية التي لعبت دوراً هاماً في توزع النباتات وخاصة في العروض العليا في أوروبا وآسيا وأمريكا الشمالية، إذ أن الكثير من النباتات التي كانت واسعة الانتشار في هذه المناطق قبل العصور الجليدية قد تأثرت كثيراً بالتغيرات المناخية التي صاحبت الجليديات والتي حدثت في عصر البلايستوسين وكثير منها لم يبق إلا في أماكن قليلة لم يتغير مناخها كثيراً ويطلق على هذه الأنواع اسم البقايا المناخية Climatic relics.

وقد غطت الجليديات في العصور الجليدية الأربعة، (التي كانت متصلة مع الجليديات القطبية) كامل شمال أوروبا وجزءاً من سيبيريا وشمال أمريكا الشمالية حتى خط العرض 40 شمالاً تقريباً، كما وجدت الجليديات في نصف الكرة الجنوبي في نيوزيلندا وفي الجزء الجنوبي من أمريكا الجنوبية، وكانت تفصل العصور الجليدية عصور بين جليدية تتراجع فيها الجليديات باتجاه القطبين، وقد استمرت العصور الجليدية الأربعة والعصور الثلاثة بين الجليدية حوالي 600 ألف سنة.

وكان لطبوغرافيا المناطق التي تعرضت للجليديات أثر كبير في إعادة انتشار الأنواع النباتية التي كانت تساعد أو توقف انتشار هذه الأنواع، ويبين تاريخ الغطاء النباتي في شمال ووسط أوروبا خاصة هذا الأثر. فالسلاسل الجبلية ذات الاتجاه العام شرق غرب أعاقت تراجع الأنواع النباتية للمناطق المعتدلة إلى الجنوب أثناء اندفاع الجليديات كما أعاقت إعادة انتشارها إلى الشمال من الملاجئ التي كانت تعيش فيها في الجنوب والشرق وهذا أدى إلى فقر فلورا هذه المناطق.

وتدل المعلومات المتوفرة (Alechin, 1961) على أن العصور الجليدية التي سادت في شمال أوروبا ووسطها كانت تترافق في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط مع فترات ماطرة، مختلفة الشدة، أي كان يسود فيها المناخ الرطب، وعلى العكس فإن العصور بين الجليدية كانت تترافق مع فترات جافة نسبياً حيث يسيطر المناخ الحار والجاف. ويعتقد أنه في الفترات الماطرة التي ترافقت مع زحف الجليدبات في شمال ووسط أوروبا، أدخل إلى منطقة البحر الأبيض المتوسط الكثير من الأنواع النباتية المعتدلة ساقطة الأوراق، واستقرت في المناطق الجبلية المرتفعة. أما النباتات التابعة لعنصر حوض البحر الأبيض المتوسط دائمة الخضرة فقد استقرت في السفوح الجبلية المنخفضة المحاذية للبحر، كما أخذت الأنواع التابعة للعنصر الإيراني . الطوراني بالزحف إلى منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط في الفترات بين الماطرة، أي أن توزيع الأنواع والمجتمعات النباتية كان يتغير بين فترة وأخرى، كما أن الغطاء النباتي إلى الجنوب من البحر

الأبيض المتوسط (الصحراء الكبرى والصحاري العربية) كان يتغير توزيعه بسبب تتالي فترات جافة ورطبة تتوافق مع العصور الجليدية والعصور بين الجليدية.

ولم يقتصر تأثير الجليديات على ذلك بل تعداه إلى التأثير في مستوى سطح البحر، ففي فترة العصور الجليدية كان ينخفض مستوى سطح البحر ويبتعد عن الشاطئ أحياناً بعشرات الكيلو مترات، أما في العصور بين الجليدية فعلى العكس كان يرتفع مستوى سطح البحر.

وهكذا نجد أن توزع الأنواع والمجتمعات النباتية يعود لتأثير المناخ السائد حالياً والتغيرات المناخية التي مرت بها الأرض.

[2] عوامل التربة Edaphic (soil) Factors

تؤثر عوامل التربة Soil factors مثل المحتوى المائي للتربة ودرجة حرارتها وخصوبتها وغيرها، تأثيراً بالغاً في نمو وتوزيع النباتات، ذلك أن التربة تشكل الوسط الذي تتثبت فيه النباتات وتزودها بالماء والأملاح المعدنية والمواد العضوية اللازمة لنموها، وتختلف الترب عن بعضها البعض في خصائصها الفيزيائية والكيميائية بين منطقة وأخرى أو في المنطقة الواحدة، وهذا ينعكس بدوره على الكائنات الدقيقة التي تعيش فيها وعلى توزيع الأنواع النباتية والمجتمعات النباتية.

تتكون التربة من مواد رئيسية تشكل هيكلها الأساسي كالحبيبات المعدنية Mineral particles والمواد العضوية Organic matters، إضافة إلى الماء والهواء. تنشأ المكونات المعدنية للتربة من تفتت الصخور بفعل عوامل التعرية المختلفة، أما المواد العضوية فتنتج من تفكك البقايا النباتية وكائنات التربة، ويوجد إلى جانب ذلك الماء والهواء ويشغلان الفراغات بين حبيبات التربة.

تنشأ التربة من تفتت الصخور في المكان نفسه الذي تشكلت فيه وتسمى بالترب الثابتة، أو أنها تشكلت في أماكن بعيدة ونقلت بوساطة التيارات المائية أو الرياح أو الجليديات وغيرها، وتسمى بالترب الرسوبية Alluvial soils. تتميز الترب الثابتة بتدرجها في تفتت الصخور والتحلل الكيميائي ونسبة المادة العضوية ابتداءً من السطح وحتى طبقة الصخر الأم الذي تشكلت منه، ويبلغ التفتت أقصاه على السطح ويقل تدريجياً مع زيادة العمق، ولا يوجد مثل هذا في االترب

الرسوبية المنقولة، إذ يكون الانتقال مفاجئاً من السطح إلى الطبقة الصخرية، كما أن طبقات التربة الرسوبية كافة متجانسة تقريباً في حجم حبيباتها ودرجة تفتتها.

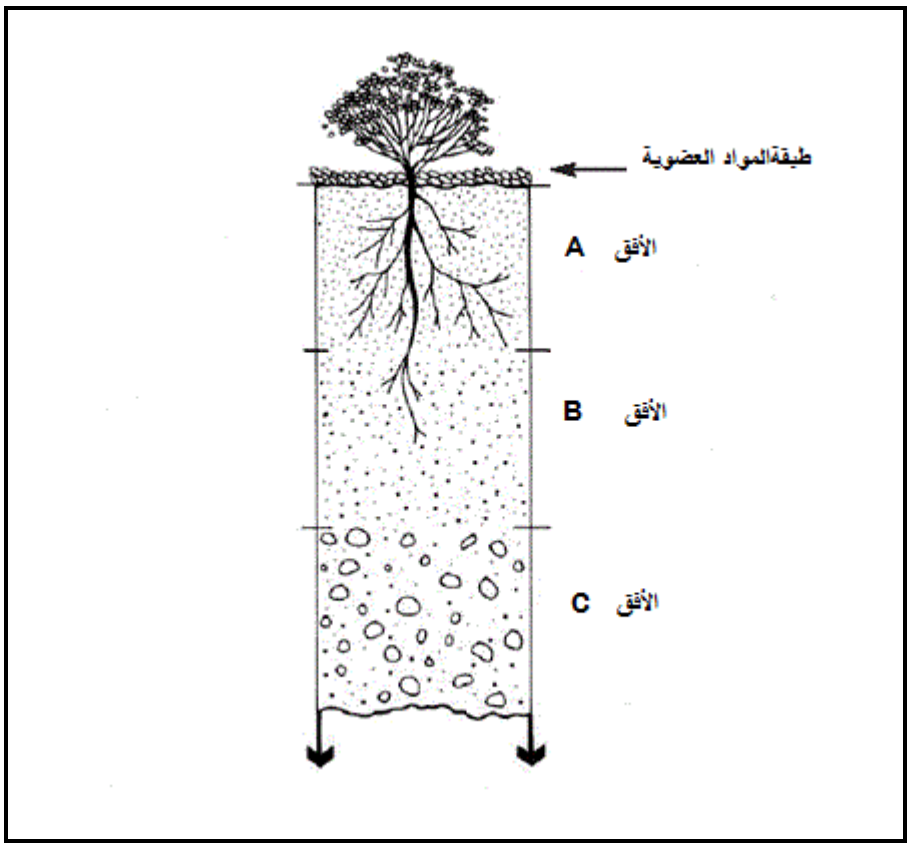
أولاً: الخصائص الفيزيائية للتربة

أ . قطاع التربة Soil profile

وهو القطاع الرأسي في التربة الذي يوضح تتابع طبقاتها أو آفاقها Horizons ابتداءَ من السطح وحتى طبقة الصخر الأم، وتختلف هذه الأفاق اختلافاً بيناً في تركيبها وعمقها ويميز عادة ثلاثة آفاق (أو مجموعة آفاق) وهي (الشكل 58):

- الأفق A، وهو الأفق العلوي من التربة، ويحدث فيه عادة عملية غسل التربة Leaching، ولهذا الأفق أهمية بالغة للنباتات، إذ تتركز فيه الكتلة الأساسية من جذور النباتات والكائنات الدقيقة والكائنات الحيوانية الصغيرة، كما أن نسبة المادة العضوية فيه مرتفعة، وبالتالي فهو مخزن المواد الغذائية اللازمة للنباتات.
- الأفق B، وهو أفق تحت التربة ويقع تحت الأفق A، وفيه تكون نسبة المادة العضوية قليلة وكذلك الجذور والكائنات الدقيقة والكائنات الحيوانية الصغيرة، وهو طبقة استقبال المواد المغسولة من الأفق A، وخاصة الحديد والألمينيوم، ويشكل الأفق A وB غالباً التربة الحقيقية.
- الأفق C، ويقع تحت الأفق B ويتألف من المواد الصخرية المتفككة ولم يتأثر بالعمليات الحيوية، وتندر فيه المواد العضوية والحياة الحيوانية والكائنات الدقيقة.

ويلي ذلك الأفق D، وهو طبقة الصخر الأم التي لم تتأثر بالتفكك. ويميز كثير من الباحثين أفقاً آخر يعلو الأفق A وهو الأفق O أو الأفق العضوي Organic or O horizon. هذا وليس من الضروري أن تتمثل هذه الآفاق كافة في كل تربة من ترب العالم، إذ يختلف قطاع التربة في تربة اللاتيريت Laterite التي تسود في المناطق المدارية الرطبة وتتمثل فيها الطبقات كافة، عن التربة الصحراوية التي تتمثل بطبقتين على الغالب.



الشكل 58. مخطط لقطاع في التربة يوضح الطبقات المتتالية

إن لعمق التربة تأثير في انتشار النباتات، ذلك لأن الترب السطحية غير العميقة لا تمتص إلا كميات قليلة من مياه الأمطار التي سرعان ما تتبخر بالإضافة إلى أنها لا تتمكن من تثبيت النباتات الشجرية والشجيرية، أما الترب العميقة، فعلى العكس، تمتص كميات كبيرة من مياه الأمطار وتحتفظ بالقسم الأكبر في الطبقات السفلية منها ولا تفقده بالتبخر، وبالتالي توفر ظروفاً أفضل للنباتات التي يتمكن مجموعها الجذري من التعمق فيها.

ب . قوام التربة Soil texture

يقصد بقوام التربة حجم الحبيبات التي تتألف منها التربة والتي تتراوح بين الحصى Gravel والطين Glay. ويوجد بعض التفاوت في تحديد حجم الحبيبات التي تتألف منها التربة ولكن الأحجام المعترف بها عالمياً وفقاً لقرارات المؤتمر العالمي الأول لعلم التربة في عام 1927، (انظر Daubenmire, 1974) هي كالآتي:

حصى خشن Coarse gravel قطره أكثر من 5 مم.

حصى ناعم Fine gravel قطره من 2 وحتى 5 مم.

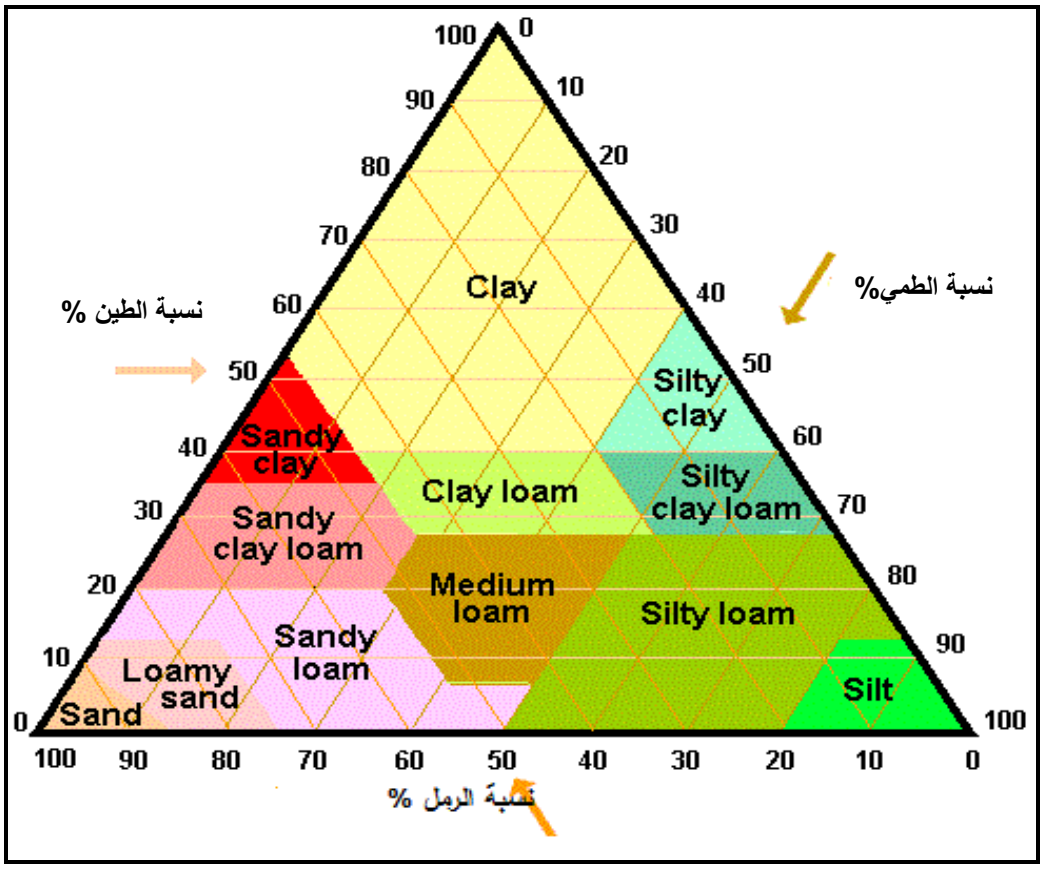
رمل خشن Coarse sand قطره من 0.2 وحتى 2 مم.
رمل ناعم Fine sand قطره من 0.2 وحتى 0.02 مم.
طمي (غرين) Silt قطره من 0.02 وحتى 0.002 مم.
طين Clay قطره أقل من 0.002 مم.

يعرف تقسيم الترب على أساس حجم الحبيبات المكونة لها بالتقسيم الميكانيكي أو الطبيعي، وتتفاوت الترب على أساس هذا التقسيم بين الترب الطينية Clay soils والتي تتألف أساساً من الطمي والطين، والترب الطفلية أو اللومية Loamy soils والتي تتألف من حبيبات متوسطة الحجم ثم الترب الرملية Sandy soils وهي المؤلفة أساساً من حبيبات الرمل، أما الترب الحصوية فيسود فيها الحصى.
وقد جرى الاتفاق في الجمعية العمومية لعلوم التربة على ثلاث مجموعات رئيسة من حبيبات التربة وهي (الشكل 59) (انظر Shukla and Chandel, 2009):

- الرمل Sand ويتراوح حجم حبيباته بين 0.2 و0.02 مم.
- الطمي أو الغرين Silt ويتراوح حجم حبيباته بين 0.02 و0.002 مم.
- الطين Clay وحجم حبيباته أقل من 0.002 مم.

يعد قوام التربة من أهم خصائصها التي تؤثر في نمو وتوزيع النباتات، فالترب الطينية هي ترب ثقيلة القوام، حبيباتها متماسكة وقليلة المسامية وتغدو لزجة عند تشبعها بالماء وتتحول إلى كتل صلبة مندمجة عند جفافها، لذا تعد صعبة في العمليات الزراعية، ومثل هذه الترب قليلة النفاذية للماء، فلا يتسرب الماء فيها إلى أعماق كبيرة، وتفقد قسماً كبيراً من ماء المطر عن طريق الجريان السطحي، وتحتفظ أيضاً بالجزء الأكبر من الماء في طبقاتها العليا مما يعرض التربة للجفاف السريع نتيجة التبخر، كما تتميز أيضاً بخاصيتها الشعرية الكبيرة، فالماء يرتفع حتى يصل سطح التربة حيث يتبخر، لذا فإنها تجف على أعماق كبيرة، ولكن من ناحية ثانية تمتاز هذه التربة بقدرتها الكبيرة على الاحتفاظ بكميات كبيرة من الماء. تعوق الترب الطينية اختراق الجذور السريع لها مما يحد من وصول جذور البادرات إلى طبقات التربة العميقة الرطبة قبل حلول الجفاف، وتظهر أهمية ذلك في المناطق التي تهطل فيها الأمطار على فترات متباعدة، ففي مثل هذه الظروف تموت البادرات غالباً في فترة الجفاف لأن جذورها لم تتمكن من اختراق التربة ثقيلة القوام بسرعة قبل جفاف طبقات التربة العليا.

وتتوقف كمية الماء غير الميسور (غير المتاح) Unavailable water في التربة على قوامها وتتراوح بين 15 و20% في الترب الطينية و1% في الترب الرملية، فالترب ثقيلة



شكل (2): المجاميع الرئيسة لحبيبات التُّربة

القوام، نظراً لاحتوائها على نسبة مرتفعة من الغرويات، تحتفظ بالماء . الذي لا تستطيع الشعيرات الجذرية امتصاصه . بنسبة أعلى بكثير من الترب الرملية، أما الترب الرملية فتتميز بنفاذيتها العالية للماء الذي قد يصل غالباً إلى المياه الجوفية، كما أن مقدرتها على الاحتفاظ بالماء ضعيفة وتتراوح بين 2 و5% تبعاً لحجم الجزيئات المكونة لها، كما أن الخاصة الشعرية فيها ضعيفة لذا تجف منها الطبقة السطحية فقط، أما الطبقات العميقة منها فرطبة غالباً حتى في أيام القيظ، ولا تعوق نمو المجموع الجذري للنباتات بالإضافة إلى تهويتها الجيدة.

يؤثر قوام التربة تأثيراً بالغاً في توزيع النباتات وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، فنبات السمر *Acacia tortilis* مثلاً ينمو على الترب الرملية في المناطق التي متوسط الأمطار السنوية فيها نحو 150 مم، أما على الترب الطينية فيتطلب كمية من الأمطار لا يقل متوسطها السنوي عن 300 مم.

ج . لون التربة

يعد لون التربة من العوامل الهامة في تعيين الآفاق الرئيسية للتربة، ويتوقف عادة على المواد المعدنية والعضوية المكونة لها، فالترب البنية والحمراء تكتسب لونها من أكاسيد الحديد التي تحويها، في حين أن الترب الداكنة أو السوداء تكون غنية بالمواد العضوية المتفككة، كما أنها أكثر خصوبة من الترب الأخرى وذلك بسبب ارتفاع نسبة المواد العضوية فيها، أما السيليكات فتعطي التربة اللون الناصل.

د . النظام الهوائي والحراري للتربة

تتوقف كمية الهواء في التربة على خصائصها الفيزيائية وعلى الظروف التي تتعرض لها، وبشكل عام كلما كانت التربة مفككة وحبيباتها كبيرة كلما كانت مساميتها وتهويتها أفضل، وبالتالي يسهل وصول الأكسجين إلى جذور النباتات التي تنمو فيها، وكلما كانت التربة دقيقة متماسكة ودائمة التشبع بالماء كلما كانت سيئة التهوية.

إن لكمية الهواء في التربة أهمية قصوى للنباتات وللكائنات الدقيقة التي تعيش في التربة، إذ يعوق سوء تهوية التربة إنبات البذور ونمو الجذور مما يؤثر في امتصاص الماء والأملاح المعدنية، ويضعف معدل نمو الجذور في معظم الأنواع النباتية عند زيادة رطوبة التربة إلى أكثر من سعتها الحقلية، وذلك بسبب سوء تهويتها وبالتالي نقص الأكسجين اللازم لتنفس الجذور.

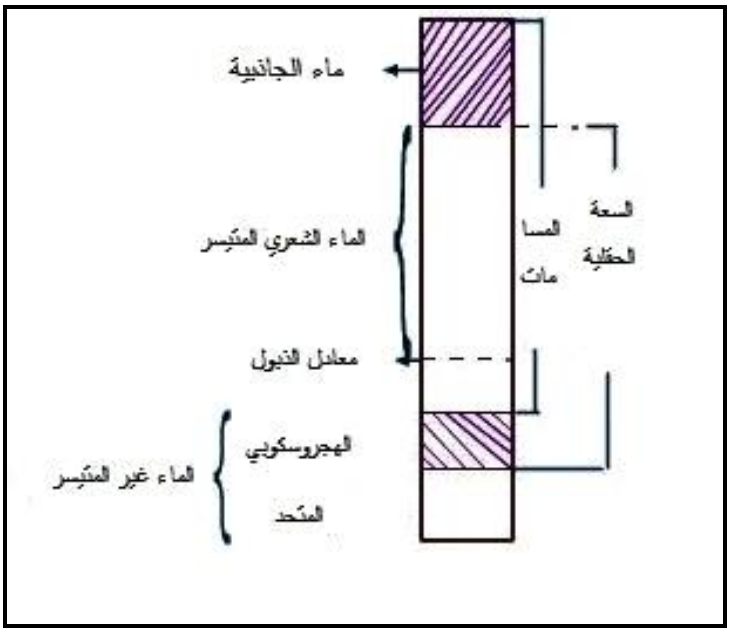
يختلف النظام الحراري للتربة باختلاف خصائصها الفيزيائية، فالتربة داكنة اللون تسخن بسرعة أكثر من التربة ناصلة اللون، وكذلك تسخن التربة الجافة بسرعة أكبر من التربة الرطبة ذلك لأن قسماً من الحرارة يذهب إلى تبخر الماء.

ولدرجة حرارة التربة وتهويتها أهمية كبيرة في توزيع النباتات، فالترب معتدلة الحرارة تشجع إنبات البذور السريع أما الترب الباردة فتعوق الإنبات على الغالب، كما تؤثر درجة حرارة التربة تأثيراً كبيراً في نمو المجموع الجذري وفي مقدرته على امتصاص الماء والأملاح المعدنية، فانخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى انخفاض مقدرة الجذور على امتصاص الماء، ويتوقف هذا على نوع النبات، ولكن النباتات، بصورة عامة، لا تستطيع امتصاص الماء من الترب المتجمدة رغم توفر الماء فيها، مما يقلل كثيراً من إمداد النباتات بالماء ويسمى هذا بالجفاف الفيزيولوجي، على نحو ما يكون في المناطق الباردة في التندرا Tundra والتايغا Taiga وأعالي الجبال.

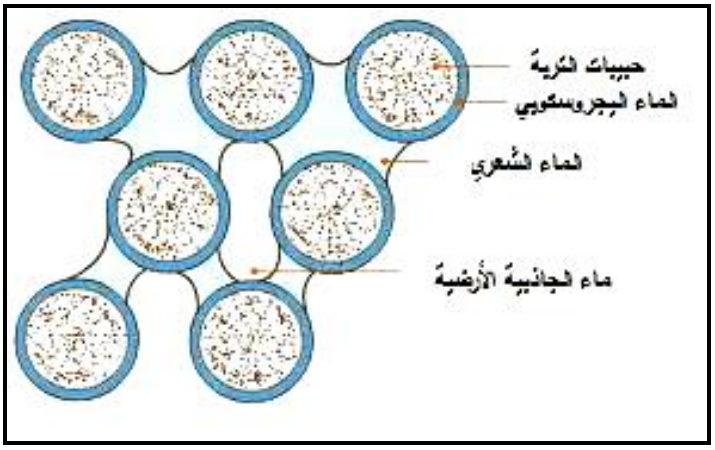
تلعب درجة حرارة التربة دوراً هاماً في حياة الكائنات الدقيقة التي تعيش فيها والتي لها دور أساسي في تفكك البقايا النباتية وتحسين خصائص التربة الفيزيائية وزيادة خصوبتها، فبكتيريا التربة، مثلاً، لا تبدأ نشاطها إلا إذا وصلت درجة حرارة التربة إلى 10 – 12 درجة مئوية، ويقل أو ينعدم نشاطها دون هذه الدرجة.

هـ رطوبة التربة Soil moisture

يوجد الماء في التربة بأشكال مختلفة، فبعد سقوط الأمطار الغزيرة أو الري، تتشبع الطبقة السطحية من التربة ويتسرب الماء الزائد إلى الأسفل خلال الطبقات الجافة من التربة بفعل الجاذبية الأرضية تاركاً طبقة رطبة أثناء حركته، وإذا كانت كمية الماء كبيرة فإن الطبقة الرطبة من التربة تزداد عمقاً حتى تتصل مع الجزء دائم الرطوبة أو مع المياه الجوفية. ويسمى الماء الذي لا يمكن للتربة الاحتفاظ به ضد فعل الجاذبية الأرضية، والذي يستمر في التسرب حتى يصبح جزءاً من المياه الجوفية، بالماء الحر أو ماء الجاذبية Free or gravitational water، ويكون الماء الحر متيسراً للنباتات فقط عندما تكون الرخات المطرية متعاقبة خلال فترة قصيرة، ويؤدي إلى سوء تهوية التربة ويطرد الهواء من بين جزيئاتها. وعندما يتوقف تسرب الماء إلى الأسفل، بتأثير الجاذبية الأرضية، تبلغ التربة سعتها الحقلية Field capacity وعندها تحتوي على الكمية المثلى من الماء اللازم لنمو النباتات. وماء التربة عند سعتها الحقلية هو مجموع الماء الشعري Capillary water والماء الهيجروسكوبي Hygroscopic water والماء المتحد Combined water وبخار الماء Water vapour (الشكل 60 و61).



الشكل 60. مخطط يوضح أشكال ماء التربة



الشكل 61. مخطط يوضح الأنماط الثلاثة الرئيسة لماء التربة

الماء الشعري Capillary water هو الماء الذي تمسكه جزيئات التربة ويكون على شكل أغشية Films تحيط بجزيئات التربة، وكذلك بصورة قطرات صغيرة معلقة في زوايا الفراغات بين جزيئات التربة وقد يملأ الفراغات الصغيرة، وتتراوح القوة التي تمسك بها جزيئات التربة الماء الشعري بين 0.1 و30 ضغطاً جوياً، كما تشابه حركة وصعود الماء الشعري في التربة حركة وصعود الماء في الأنابيب الشعرية لذا سمي بالماء الشعري. وتكون حركة الماء الشعري دوماً نحو المناطق الأكثر جفافاً (نحو سطح التربة). يختلف ارتفاع الماء الشعري حسب قوام التربة (الجدول 8)، فكلما كانت جزيئات التربة دقيقة كلما كان ارتفاع الماء الشعري أكثر، وعليه فإن ارتفاع الماء الشعري في الترب الطينية أكثر منه في الترب الرملية.

الجدول 8. اختلاف صعود الماء الشعري تبعاً قوام التربة

قوام التربة	ارتفاع الماء الشعري/سم
رملي خشن	5 . 2
رملي متوسط	35 . 12
رملي ناعم	70 . 35
طميي رملي	120 . 70
طميي	150 . 120

طيني	300 . 150

ويملأ بخار الماء الفراغات بين جزيئات التربة حينما تكون خالية من الماء الحر أو الماء الشعري.

يشكل الماء الهيجروسكوبي Hygroscopic water غشاء رقيقاً جداً يلتصق بجزيئات التربة ولا يتحرك بصورة سائلة، وتتراوح القوة التي تمسك بها جزيئات التربة الماء الهيجروسكوبي بين 31 و10.000 ضغط جوي، هذا ولا تفقد التربة الماء الهيجروسكوبي إلا إذا ارتفعت درجة حرارتها إلى 100 . 105 درجة مئوية، ومن هنا يتضح أن النبات لا يستفيد من الماء الهيجروسكوبي.

الماء المتحد هو الذي يدخل في تركيب حبيبات التربة وللتخلص منه نحتاج إلى درجة حرارة عالية تصل أحياناً إلى 700 درجة مئوية.

لا تستطيع الجذور امتصاص كل الماء الموجود في التربة، حيث يذبل النبات ويفقد المقدرة على إبقاء خلاياه في حالة امتلاء بالرغم من أن التربة لا تزال تحتوي على قدر من الماء، ويعرف الماء الذي لا يستطيع النبات امتصاصه بالماء غير الميسور Non–available water ويشمل الماء الهيجروسكوبي والماء المتحد وجزءاً من الماء الشعري وبخار الماء (الشكل 60)، وتعد التربة جافة عندما لا يكون فيها من الماء الميسور ما يكفي للحيلولة دون الذبول الدائم للنبات، ويطلق على النسبة المئوية للمحتوى المائي في هذه الحالة اسم معامل الذبول Wilting coefficient أو بالنسبة المئوية للذبول الدائم Permanent wilting percentage.

يتوقف مقدار الماء غير الميسور على قوام التربة ويتراوح بين 1% في التربة الرملية الخشنة و 15 . 20 % في التربة الطينية (الغضارية) ثقيلة القوام، وهكذا يتضح أن التربة الرملية بالرغم من انخفاض محتواها المائي عند تشبعها إلا أنها أكثر سخاء بمائها إذا قورنت بالترب الطينية.

تتوقف كمية الماء غير الميسور في التربة أيضاً على تركيز الأملاح الذائبة في التربة، فقد يكون محلول الترب الملحية زائد التركيز، وعندها لا تتمكن النباتات الوسطية Mesophytes من امتصاص الماء أو تمتص القليل من الماء.

يعرف المحتوى المائي للتربة في المدى بين السعة الحقلية (كحد أعلى) والنسبة المئوية للذبول الدائم (كحد أدنى) بالماء الميسور Available water أو ماء النمو Growth water وهو الماء الذي يعتمد عليه النبات من أجل نموه.

هناك عوامل عديدة تحدد كمية الماء الميسور في التربة أهمها كمية الأمطار إذ تزيد عادة كمية الماء الميسور في التربة بزيادة كمية الأمطار، إلا أن الأمطار التي تسقط على شكل رخات

شديدة ولفترات قصيرة قد لا تتيح الفرصة للتربة لامتصاص كمية كبيرة منها، ويفقد القسم الأكبر من هذه الأمطار على شكل جريان سطحي. وتلعب التضاريس أيضاً دوراً هاماً فالأراضي المرتفعة تفقد مياه الأمطار بسرعة بالجريان السطحي بينما تتجمع المياه في الأماكن المنخفضة مما يزيد من الماء الميسور فيها، ويحدد معدل تسرب الماء إلى داخل التربة أيضاً محتواها المائي، فمعدل التسرب مرتفع في الترب الرملية وقليل في الترب الطينية، وتلعب المياه الجوفية وعمقها ومستوى ارتفاع الماء الجوفي دوراً في زيادة الماء الميسور في التربة أو نقصانه.

ويؤثر الماء الميسور في نمو الغطاء النباتي كماً ونوعاً وكذلك في توزيع النباتات، ويظهر ذلك جلياً في المناطق الجافة حيث يكون الماء عاملاً محدداً.

ثانياً: الخصائص الكيمائية للتربة

للتربة تركيب كيميائي معقد ويتوقف على طبيعة الصخور الأم التي تشكلت منها التربة وعلى البقايا النباتية والحيوانية، ومن أهم مكونات الترب الكيميائية والتي تؤثر في النباتات:

أ. الكوارتز Quartz والذي يشكل الجزء الأعظم من الترب الرملية.

ب. سيليكات الألومينيوم Aluminum silicate وهي المكون الأساسي للترب الطينية.

ج. كربونات الكالسيوم والتي تسهم بدرجة كبيرة في تشكيل الترب الجيرية والكلسية Chalk and Limestone.

د. الدّبال Humus وهو مركبات عضوية نتجت من البقايا النباتية والحيوانية بعد تفككها.

تعد هذه المكونات الأربعة أهم العناصر المكونة للترب والتي يبنى عليها تصنيفها إلى ترب رملية Sandy soils وطينية Clay soils وكلسية Calcareous soils وعضوية Organic soils. إن ارتباط توزع النباتات بهذا التصنيف العريض للتربة واضح إلى درجة كبيرة، فالأنواع النباتية التي تعيش على الترب الرملية تختلف عن تلك التي تعيش على الترب الطينية أو الكلسية أو العضوية.

تحتاج النباتات لكي تنمو نمواً طبيعياً إلى الكربون والأكسجين والهيدروجين وإلى عدد من العناصر الأخرى مثل النتروجين والفسفور والكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنيسيوم والحديد والزنك، التي تحصل عليها من مركبات أملاح التربة على شكل أملاح ذائبة في محلول التربة، وطبيعي أن الترب تختلف بما تحويه من هذه العناصر. تعكس أنواع النباتات التي تعيش على تربة معينة، ومقدار ما تبلغه من نمو وكذلك مظهرها الخارجي، صورة صادقة لخصوبة التربة أي

لما تحويه الترب من هذه العناصر، وإن نقص أي عنصر من هذه العناصر يؤثر تأثيراً كبيراً في نمو النبات وتظهر عليها أعراض مرضية خاصة بكل عنصر.

تنمو النباتات التي تتميز بسرعة النمو وبأحجام كبيرة في بيئات تتميز بخصوبة تربها ذلك أنها تحتاج إلى كميات كبيرة من العناصر الغذائية، أما النباتات بطيئة النمو وصغيرة الحجم وذات الاحتياجات القليلة من العناصر الغذائية فتنمو في بيئات ذات ترب فقيرة بهذه العناصر كما أنها قد لا تتمكن من النمو في البيئات ذات الترب الخصبة لأنها لا تتمكن من منافسة الأنواع التي تعيش على الترب الخصبة والتي تمتاز بقدرتها العالية على المنافسة.

وتدل دراسة توزع النباتات على ارتباط أنواع معينة من النباتات بأنماط معينة من الترب التي تحتوي على العناصر الضرورية لنموها ولا تستطيع أن تعيش إلا على هذه الترب، وتعد مثل هذه الأنواع ذات أهمية كبيرة إذ يمكن عن طريقها معرفة نوع التربة وتركيبها دون إجراء تحليل مسبق لها، وتسمى هذه النباتات بالنباتات الكاشفة أو الدالة Indicators ومن أمثلتها:

أ. **النباتات المحبة للنيتروجين Nitrophytes or Nitrophylous plants**

وهي النباتات التي تعيش على التربة الغنية بالمواد النيتروجينية وخاصة في الأماكن القريبة من سكن الإنسان ومن أمثلتها نبات القريص *Urtica* والبيلسان *Sambucus* وغيرها.

ب.النباتات الملحية Halophytes

وهي النباتات التي تعيش على الترب الملحية مثل السالیکورنیا *Salicornia europaea* والخرزة *Halopeplis perfoliata* وبعض أنواع القلام *Halocnemum*(الشكل 62) والسويدة *Suaeda* وغيرها، التي تنمو بصور أفضل على الترب الملحية منها على الترب قليلة الملوحة.



الشكل 62. نبات القلام *Halocnemum strobilaceum* ينمو على الترب الملحية

ويلعب الدبال Humus دوراً كبيراً في تحديد درجة حموضة التربة، ذلك لأن الدبال حامضي في تفاعلاته ويعزى ذلك إلى الأحماض التي تنتج أثناء عملية تفكك البقايا العضوية وإلى الأحماض التي تفرزها جذور النباتات، وعليه فإن وجوده بكميات كبيرة وخاصة في الترب غير القلوية يجعل التربة أكثر حامضية. وتختلف النباتات كثيراً في درجة تحملها للترب الحمضية Acid soils والقلوية Alkaline soils لدرجة يمكن تمييز نباتات محبة للحموضة Calcifuges ونباتات محبة للقلوية Calcicoles، ويرتبط توزع هذه النباتات ارتباطاً وثيقاً بأنواع الترب التي تناسبها. ففي الترب عالية الحموضة لا نجد إلا النباتات المتخصصة والمحبة للحموضة كالنباتات آكلة الحشرات مثل ورد الشمس *Drosera sp.* وخانق الذباب *Dionaea sp.*

[3] العوامل الأحيائية (الحيوية) Biotic Factors

لا تتأثر النباتات وتوزيعها بعوامل البيئة المناخية والتربة فقط وإنما أيضاً بالوسط الحيوي الذي يحيط بها. ويطلق على مجمل التأثيرات المتبادلة بين الكائنات الحية المختلفة اسم العوامل الأحيائية (الحيوية) Biotic factors تشمل هذه العوامل تأثيرات النباتات في بعضها البعض، وتأثير الكائنات الدقيقة والحيوانات وكذلك الإنسان في النباتات. وسنتعرض فيما يلي إلى العوامل الأحيائية التي تسود بين الكائنات وتأثيرها في النباتات وتوزيعها.

التطفل Parasitism

التطفل ظاهرة كثيرة الانتشار في العالم النباتي يعتمد فيها نوع نباتي على نوع نباتي آخر في الحصول على غذائه، والنباتات المتطفلة إما أن تكون كاملة التطفل Complete parasite أو جزئية التطفل (شبه متطفلة Hemi parasite). وينتمي إلى النباتات كاملة التطفل الكثير من الأجناس مثل الهالوك *Orobanche* والذنون *Cistanche* (الشكل 63) الذي يتطفل على المجموع الجذري، وجنس الحامول *Cuscuta* (الشكل 64) الذي يتطفل على الفروع الهوائية (المجموع الخضري)، وأيضاً الكثير من النباتات الدنيا ومنها الفطر كفطرة صدأ القمح *Puccinia graminis* وغيرها.



الشكل 64. نبات الذنون *Cistanche phelipaea* المتطفل على الجذور



الشكل65. نبات الحامول *Cuscuta campestris* المتطفل على المجموع الخضري لنبات العاقول *Alhagi graecorum*

أما النباتات شبه المتطفلة فمن أمثلتها نبات الهدال *Loranthus curviflorus* ونبات الدبق *Viscum album* (الشكل 30) والتي تقوم أوراقها الخضراء بعملية البناء الضوئي وبذلك تستطيع هذه النباتات صنع غذائها العضوي بنفسها وتحصل على احتياجاتها الغذائية الأخرى من النبات العائل (المضيف).

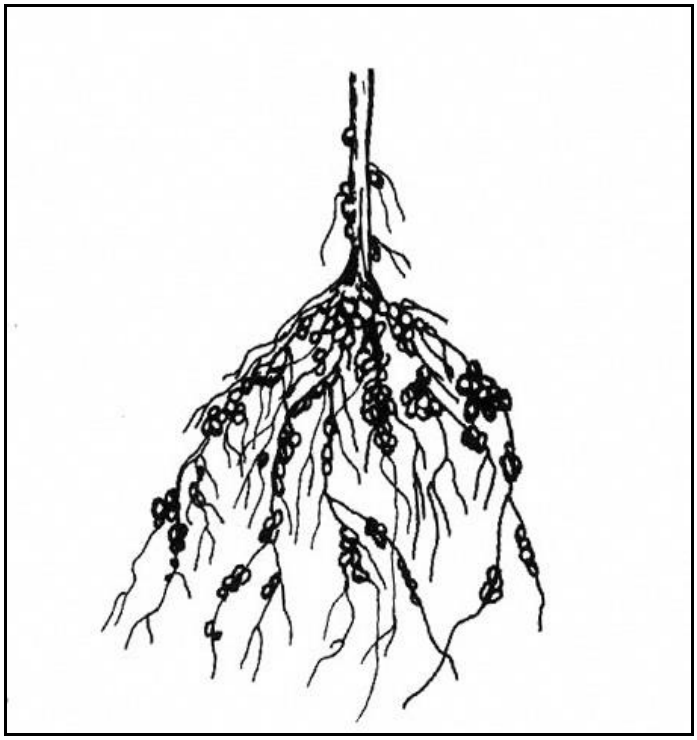
ويضعف النبات المتطفل نمو النبات العائل ويجعله أقل قدرة على منافسة النباتات الأخرى أو قد يؤدي إلى موته وبذلك يحد من انتشاره وتوزيعه، ونظراً للعلاقة الوثيقة بين النبات المتطفل والنبات العائل فإن مدى انتشار وتوزع النبات المتطفل يتوقف على مدى انتشار النبات العائل.

وللتطفل تأثير آخر في النبات المضيف إذ كثيراً ما يسبب انعدام أعضاء التكاثر، وذلك إما بصورة مباشرة بتوضعه ونموه في مكان تلك الأعضاء، وإما بصورة غير مباشرة على أثر الاضطرابات التي يحدثها في تغذية النبات وانعكاسها في نموه وإزهاره، مثال ذلك نبات الشيلم *Secale cereale* عندما يتطفل عليه الفطر *Claviceps purpurea* فيحوله إلى كتلة سوداء تدعى ايرغوت Ergot يُحصل منها على مواد طبية منها الايرغوتين Ergotine.

التعايش (التكافل) Symbiosis

التعايش هو عبارة عن شركة بين نباتين مختلفتين يجدان فيها نفعاً متبادلاً دون أن يكون هناك ضرر على أي منها كما في التطفل، وهناك نوعان من المعايشة هما التقايض (المبادلة) Mutualism والمعايشة Commensalisms، ومن أمثلة ذلك الأشنات Lichens، وهي نباتات تتكون من فطر وطحلب ويقوم الطحلب بعملية البناء الضوئي نظراً لاحتوائه على اليخضور Chlorophyll وبالتالي يؤمن المواد الكربوهيدراتية للفطر، وفي المقابل يغلف الفطر الطحلب ويقيه من الجفاف ويزوده بالماء والأملاح المعدنية التي يمتصها من التربة، وتكون العلاقة بين الفطر والطحلب إلزامية في أغلب الأحيان بحيث يصعب استنبات أي من الشريكين بمعزل عن الآخر، لذا فإن وجود أي من الشريكين في منطقة معينة رهن بوجود الشريك الآخر.

ومن أمثلة التعايش أيضاً العلاقة بين النباتات القرنية، كالفول والبرسيم وغيرها، وبكتيريا العقد الجذرية Rhizobium والتي تعيش في عقد نسيجية على جذور النباتات القرنية (الشكل 65)، حيث تقوم البكتيريا بإمداد النبات بما يحتاجه من النيتروجين في صورة نيتروجين عضوي تقوم بتثبيته من نيتروجين الهواء، وتحصل البكتريا بالمقابل من النبات على الماء والأملاح والمواد الكربوهيدراتية إضافة إلى المأوى، وبفضل علاقة التعايش هذه تتمكن النباتات القرنية من النمو بصورة جيدة على التربة الفقيرة بالنتروجين.



الشكل 65. العقد الجذرية في نبات من الفصيلة القرنية

وتعتمد بعض الأنواع النباتية في نموها على علاقات التعايش مع الفطر الجذرية Mycorrhiza مثل الصنوبر والزان *Fagus* والبلوط *Quercus* وغيرها، فبعض هذه النباتات تحمل بذورها الفطر المناسب وبعضها الآخر لا تحمل بذورها الفطر المناسب، لذا فإن إنبات البذور ونمو البادرات والأشجار فيما بعد يعتمد على توفر الفطر المناسب في التربة، وفي مثل هذا النمط من التعايش فإن الفطر يزود الأشجار التي يتعايش معها بالعناصر المعدنية كما أنه يستفيد من الكربوهيدرات التي تقدمها له الأشجار، وبهذا تمكّن الفطور الجذرية النباتات من النمو في الترب الفقيرة.

ومن صور المعايشة بين النباتات العلاقة بين النباتات العالقة Epiphytes والنباتات التي تستخدمها كموقع تنمو عليها، ولكن النباتات العالقة لا تعتمد على النباتات التي تنمو عليها في الحصول على غذائها. ولا تسبب النباتات العالقة غالباً أية أضرار للنباتات التي تنمو عليها، ولكن في بعض الأحيان قد يصل حجم النباتات العالقة إلى حد كبير بحيث يتسبب في تكسير فروع النبات الذي تنمو عليه أو يعطل عملية البناء الضوئي. وتفضل بعض النباتات العالقة النمو على أنواع معينة من النباتات وبذلك يتوقف نموها وتوزعها على وجود هذه الأنواع، مثال ذلك الحزاز الاسباني Spanish moss الذي ينمو على أشجار البلوط *Quercus* لدرجة ترهق

النبات، بينما يكاد ينعدم على أشجار الصنوبر *Pinus*، وكذلك نبات *Utriclaria* الذي ينمو فقط في الماء الذي يتجمع في قواعد أوراق بعض النباتات المدارية الأمريكية من فصيلة *Bromeliaceae*.

لا يوجد بين النباتات العالقة والنبات التي تعيش عليها تأثيرات فينزيولوجية أو كيميائية، ويعتقد فالتر (Walter, 1979) أن هناك كثيراً من النباتات العالقة التي تعيش فقط على الفروع الحية للأشجار، كما أنها تختار أنواعاً معينة من الأشجار، وربما ينجم هذا الاختيار عن خصائص القشرة وخاصة قسوتها في الفروع الميتة.

ومن النباتات التي تتخذ من النباتات الأخرى مكاناً للنمو وتؤثر فيها ، النباتات نصف العالقة Hemiepiphytes الخانقة Stranglers مثل التين البنغالي Ficus *bengalensis* (الشكل 66)، وتنشأ هذه النباتات في موضع مفترق فرعين ثم تكون مجموعاً خضرياً صغيراً وجذوراً هوائية تنمو إلى أسفل، وتنمو بعض الجذور محاذية وملاصقة لساق النبات الذي تنمو عليه ويتدلى بعضها الآخر حراً في الهواء، وبعد ذلك تتشابك الجذور الهوائية ويكتسب نبات التين قوة ويكتمل نمو مجموعه الخضري وتضغط الجذور المحيطة بالنبات الداعم على الساق الذي لا يتمكن في مراحل لاحقة من زيادة قطره، وبالتالي يموت النبات الداعم مختنقاً، وفي هذه الأثناء تكون شبكة الجذور الهوائية قد تحولت إلى دعامات تحمل أغصان التين التي تنمو بشكل كبير.



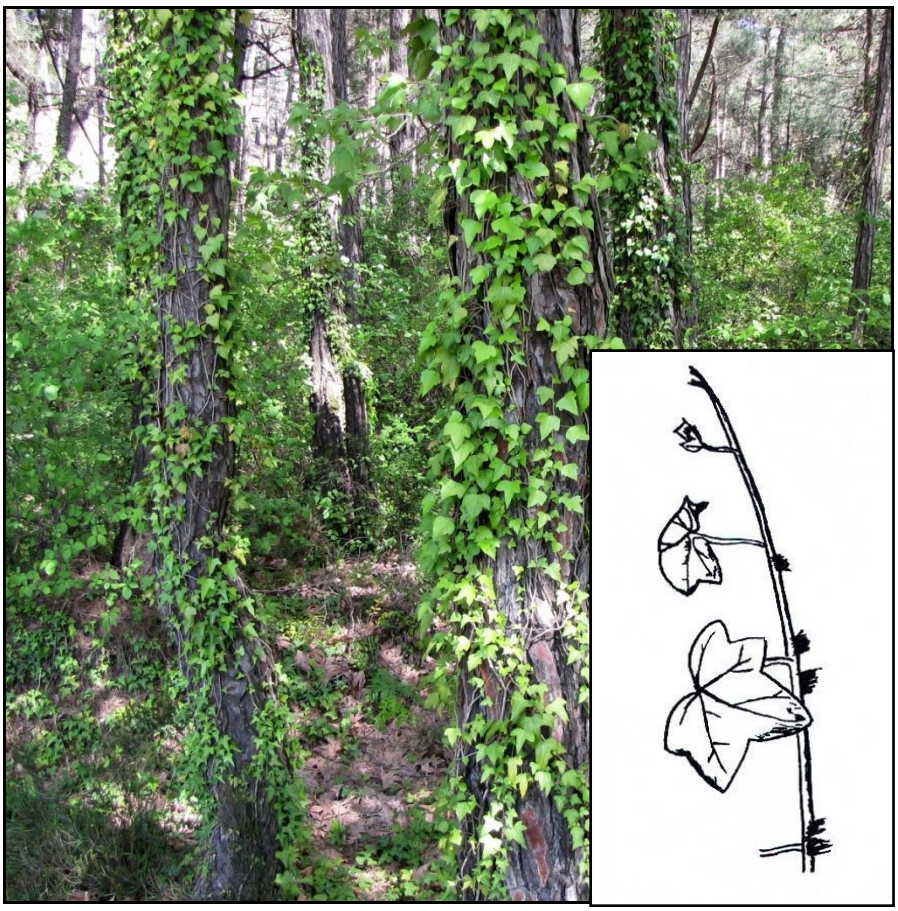
الشكل 66. نبات التين البنغالي *Ficus bengalensis*

النباتات المتسلقة Lianas

النباتات المتسلقة هي نباتات ضعيفة السيقان تحتاج إلى دعامات لكي تنمو إلى الأعلى، وتنبت بذور النباتات المتسلقة في التربة وتنمو سيقانها بعد ذلك بسرعة دون أن تتشكل فيها نسج دعامية كثيرة، وترتفع هذه النباتات إلى الأعلى وتصل إلى المكان المناسب من حيث شدة الإضاءة، وهي تتسلق دعاماتها من النباتات المختلفة بوسائل عدة أهمها :

أ. الأشواك أو المحاجم Suction disc كما في نبات كالاموس *Calamus* الذي يصل طوله إلى 200 . 240 متراً، والعنب البري *Vitis hedracea*.

ب. الجذور العرضية Adventitious roots التي تنمو على الساق وتدخل في قشرة الأشجار مثل نبات الفانيلا Vanilla وحبل المساكين *Hedera* (الشكل 76) والكثير من أنواع الفصيلة الآرية *Araceae*.



الشكل 67 . نبات حبل المساكين يتسلق بالجذور العرضية

ج. التفاف سيقان النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار، أنواع اللبلاب *Convolvulus* (الشكل 68).



الشكل 68. نبات المدادة *Convolvulus althaeoides* يتسلق بالالتفاف

د. المحاليق Tendrils: والمحاليق أعضاء خاصة متحورة تمكّن النباتات المتسلقة من تثبيت نفسها بجذوع وفروع الأشجار مثل نبات الكرمة.

تمكّن هذه الوسائل المختلفة النباتات المتسلقة من الوصول إلى تيجان الأشجار حيث الإضاءة مرتفعة، ولكنها في أطوار نموها الأولى تستطيع تحمل الإضاءة المنخفضة في مستوى الطبقات السفلية، وعندما تصل النباتات المتسلقة إلى مستوى تيجان الأشجار، فإنها تشكل تاجاً كثيف الأوراق لدرجة أنها تصبح عبئاً ثقيلاً على النباتات التي تسندها.

تكثر النباتات المتسلقة في الغابات المدارية وبخاصة في المناطق المفتوحة من الغابة وعند حوافها، كما تشكل عند حواف الأنهار أيكة Thicket يصعب اختراقها، وكثيراً ما يصل طول النباتات المتسلقة في الغابات المدارية إلى 70 متراً وأكثر ويمكن مشاهدتها كالحبال المتشابكة التي تربط بين أشجار الغابة (Walter, 1973) .

إن العلاقة بين النباتات المتسلقة والنباتات التي تتخذها دعامة تتسلق عليها هي إحدى صور المعايشة Commensalisms وفيها يحصل النبات المتسلق على منفعة من هذه العلاقة حيث يوفر له النبات الداعم دعامة يتسلق عليها ويصل إلى قمة الغابة حيث الإضاءة المرتفعة، أما النبات الداعم فلا يحصل على أية منفعة من هذه العلاقة.

ولكن من غير المشكوك فيه أن النباتات المتسلقة تؤثر في النباتات الداعمة تأثيرات مختلفة مباشرة أو غير مباشرة، فهي تؤثر بصور مباشرة عن طريق تغيير عوامل الوسط المحيط وخاصة وسط المجتمع النباتي Phytoclimate، فإذا كانت النباتات المتسلقة كثيفة فهي تغير من شدة الإضاءة ومن رطوبة الهواء، وكثيراً ما تصبح الإضاءة ضعيفة في مستوى الطبقات السفلية الأمر الذي ينعكس على نمو بادرات الأشجار الداعمة وكذلك الأشجار الفتية. كما تؤثر النباتات المتسلقة تأثيراً مباشراً، إذ أنها تشكل، عندما تصل إلى مستوى هامات الأشجار، تاجاً كثيف الأوراق وكثيراً ما تصبح حملاً ثقيلاً على النباتات الداعمة مما قد يؤدي إلى تكسر الفروع، لذا فإن سيقان وتيجان الأشجار الداعمة غالباً ما تكون متعرجة بسبب الحمل الثقيل الذي تسببه النباتات المتسلقة.

التنافس Competition

يمتص النبات الماء والعناصر المعدنية والمواد الغذائية، كما يملك الخصائص المتعددة التي تمكنه من تلبية احتياجاته من الضوء، وبهذا يقلل النبات من إمكانية تزويد النبات أو النباتات الأخرى التي تنمو معه، في المجتمع النباتي نفسه، من العوامل الضرورية لنموها وتكاثرها. وعندما تكون المصادر الضرورية لنمو النباتات لا تفي باحتياجات الأنواع كافة المكونة للمجتمع النباتي، ينشأ بين هذه الأنواع تنافس على هذه المصادر، ويعرف التنافس بالتفاعلات المتبادلة بين أفراد النوع الواحد أو بين الأنواع المختلفة عندما تنمو مع بعضها البعض في مكان واحد يكون فيه عامل أو أكثر من العوامل الضرورية لنموها وتكاثرها غير كاف لسد احتياجات الأنواع كافة، أي أن التنافس يحدث عندما تنمو أفراد نوع أو أنواع كثيرة من النباتات معاً، وتكون

متطلباتها من الضوء أو الماء أو المواد الغذائية أكثر مما يتوفر في البيئة التي تعيش فيها، وبنتيجة التنافس يصبح الوسط أقل ملائمة لنوع أو أكثر (Crawley, 1996).، ويعتقد بعض الباحثين (Crawley, 1996)، أن التنافس صفة عامة للمجتمعات النباتية كافة، ويكون غير ذا أهمية في المراحل الأولى من تشكل المجتمعات النباتية عندما تكون النباتات متباعدة عن بعضها البعض، وتزداد شدة التنافس بالتدريج مع زيادة عدد أفراد النوع أو الأنواع، وزيادة كثافة المجتمع النباتي، ويستمر قائماً بعد أن يصل الغطاء النباتي إلى حالة الاستقرار (Rabotnov, 1992).

ينشأ التنافس أساساً نتيجة لنقص الماء أو المواد الغذائية المتاحة لكل فرد من أفراد الأنواع المشكلة للمجتمع النباتي، وهو أشد ما يكون بين الأفراد التي تتشابه احتياجاتها، والتي تستمد هذه الاحتياجات في وقت واحد من المورد نفسه، ولا يحدث التنافس إلاً على أسس متكافئة تقريباً، فلا تنافس بين نبات عائل (مضيف) ونبات متطفل يعيش عليه، وإنما يحدث التنافس بين نباتين متطفلين أو أكثر على النبات نفسه، كما لا ينافس نبات شجري سائد في الغابة نباتاً حولياً صغيراً محباً للظل ينمو في مستوى الطبقة السفلية من الغابة، بل يمكن اعتبار النبات الحولي مستفيداً من الوسط الذي يهيئه له النبات الشجري، ذلك أن النبات الحولي من نباتات الظل ولا يتمكن من النمو ما لم يتوفر له الظل الذي يؤمنه النبات الشجري السائد، ولكن النبات الحولي يمكن أن ينافس بادرات الشجيرات والأشجار، وذلك لأنها تنمو إلى جانبه وتشاركه المورد نفسه من الماء والمواد الغذائية.

يوجد نوعان من التنافس وهما:

- التنافس بين أفراد النوع الواحد Intraspecific competition.
- التنافس بين أفراد الأنواع المختلفة Interspecific competition.

التنافس بين أفراد النوع الواحد Intraspecific competition:

تتنافس أفراد النوع الواحد فيما بينها وذلك لأنها تتشابه في احتياجاتها الغذائية والمائية ومتطلباتها من الضوء، ويحدث التنافس عندما تكون كثافة أفراد النوع الواحد عالية والاختلافات بينها، من حيث الارتفاع وامتداد الأوراق وتغلغل الجذور في التربة وانتشارها، ضئيلة أي وهي ما زلت فتية، وتزداد شدة التنافس مع زيادة الاختلاف في هذه العوامل، وتنعكس في مقدرة أفراد الأنواع على إنتاج البذور والثمار، كما تزداد شدة التنافس بين أفراد النوع الواحد مع زيادة الكثافة في وحدة المساحة مما ينعكس في زيادة عدد الأفراد التي تموت وبخاصة من بداية التفرع وحتى الإزهار، ولا تقتصر نتيجة التنافس على زيادة عدد الأفراد الميتة وإنما، أيضاً، على قوة نمو النباتات وإنتاجها ومساحة الأوراق وعمق المجموع الجذري وغيره.

ويستنتج مما ورد سابقاً أن أفراد النوع الواحد تتنافس مع بعضها بعضاً عند نموها معاً، وتزداد شدة التنافس بزيادة كثافتها في وحدة المساحة، وتظهر نتيجة التنافس في موت عدد من الأفراد وفي ضعف إنتاجية الفرد الواحد أو في الحيلولة دون نمو البادرات.

التنافس بين الأنواع المختلفة Interspecific competition.

وهو التنافس الذي يجري بين أفراد الأنواع المختلفة، ولا يحدث التنافس عندما تكون أفراد الأنواع المختلفة متباعدة عن بعضها بعضاً، ومع زيادة الكثافة ونقص المصادر اللازمة لنمو النباتات ينشأ بين أفراد الأنواع النباتية المختلفة تنافس على المتطلبات الضرورية من عوامل البيئة.

يكون التنافس أشد بين الأنواع ذات أشكال الحياة المتشابهة، كالنباتات النجيلية مع بعضها البعض، أو الأشجار، منه بين الأنواع غير المتشابهة، كما هي الحال بين نبات نجيلي وآخر غير نجيلي، والتنافس حاد بين شجيرة وشجيرة وبين شجرة وشجرة ونتيجته اختزال عدد الأفراد وأحجامها أو اختفاء نوع أو أكثر من أنواع النباتات.

يكون التنافس بين الأنواع في المجتمعات النباتية المستقرة المغلقة، على الماء والمواد الغذائية والضوء، من الشدة بحيث يسبب نقصاً في نمو الأنواع وإنتاجها من المادة الحية ومن البذور، كما يحول دون استيطان نباتات جديدة، خاصة في السنوات الجافة حيث يكون الماء هو العامل المحدد للنمو (Karpov, 1969).

وترتبط قدرة أي نوع من النباتات على المنافسة بخصائصه البيولوجية، ومن الخصائص التي تساعد نوعاً ما على النمو في منطقة شدة التنافس فيها عالية حجم البذور، فالبذور كبيرة الحجم، التي تحتوي على كميات كبيرة من المواد الغذائية، تمنح النبات ميزتين هامتين قد تضعاه في وضع أفضل من حيث المنافسة: الأولى وهي أن البذور الكبيرة ذات جنين كبير ينتج عنه بادرة كبيرة ذات مجموع هوائي جيد النمو ويساعد على تكوين كميات كبيرة من المواد الغذائية بفضل عملية البناء الضوئي. والميزة الثانية هي أن البذور الكبيرة تحتوي على كميات من المواد الغذائية تساعد على سرعة نمو النبات في المراحل الأولى من عمره. وتشير دراسات غريم (Grime, 1973) إلى أن أهم الخواص التي تميز النباتات ذات القدرة العالية على المنافسة هي:

- قامة عالية.
- صورة نمو (غالباً ما تكون على شكل جذامير كبيرة متشعبة أو نمو عشبي في شكل كتلة ضخمة) تجعل النبات أكثر قدرة على استغلال البيئة فوق سطح التربة وتحته.
- سرعة النمو.
- قدرة كبيرة على ترسيب البقايا النباتية (Litter) فوق سطح التربة.

وتختفي الأنواع النباتية ضعيفة المنافسة في الأماكن التي تنمو فيها نباتات عالية القدرة على التنافس، لذا إذا انتقلت بذور النباتات إلى منطقة جديدة فلا يعني أنها قادرة على النمو فيها، ذلك أن الأنواع الأكثر مقدرة منها على المنافسة قد لا تسمح لها بالنمو وبذلك تحد من انتشارها.

وتلعب المنافسة دوراً هاماً في تحديد منطقة انتشار النباتات ومدى انتشارها، والحيلولة دون استيطان النباتات المهاجرة، فقد أوضحت دراسات Grime (1973) و Mahmoud and Grime (1976) أن للمنافسة دوراً هاماً في تشكيل المجتمعات النباتية وتحديد الكثافة النوعية فيها (عدد الأنواع) Species density، ففي البيئات التي تسمح بنمو الأنواع عالية المقدرة التنافسية تكون الكثافة النوعية قليلة، أما في البيئات غير المناسبة والتي تقلل من نمو الأنواع عالية القدرة التنافسية فتتمكن النباتات الأقل مقدرة على التنافس من النمو معها وبالتالي تزداد الكثافة النوعية.

وفي المجتمعات النباتية الكثيفة، يشكل كل نوع نباتي عقبة ميكانيكية تمنع أو تعوق نمو الأنواع الأخرى في المكان نفسه، وعندما تتنافس الأنواع المختلفة على المكان فإن ذلك يؤدي إلى تكسير الفروع وتساقط الأوراق.

تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفراز المركبات الكيميائية:

(اليلوباثي Allelopathy = التضاد الكيميائي)

اشتق مصطلح اليلوباثي من الاغريقية من الجذر Allelo ويعني متبادل (Matual)) و Pathy ويعني ضرر أو مرض، وقد استعمل هذا المصطلح للمرة الأولى من قبل العالم النمساوي Molish في عام 1937 (انظر Willis، 2007)) لوصف التأثير المثبط الذي يحدثه نبات في نبات آخر من خلال إفرازه لمركبات كيميائية، ويعرف Rabotonov (1992) الأليلوباتي بأنها تأثير نبات في نبات آخر ينموان في المجتمع النباتي نفسه، وذلك من خلال تغيير الوسط بنتيجة إفراز مركبات كيميائية مختلفة ناتجة من النشاط الأيضي للنباتات.

لاحظ المزارعون، قبل وقت طويل من استعمال مصطلح الأليلوباتي، أن بعض النباتات تؤثر في النباتات الأخرى تأثيراً سلبياً، كما لاحظ ثيوفراست Theophrastus الإغريقي، نحو عام 300 قبل الميلاد، أن نبات القطيفة *Amaranthus* يؤثر تأثيراً سلبياً في نبات البرسيم *Medicago sativa*، وذكر الصينيان Yong and Tang نحو 267 نوعاً نباتياً تؤثر سلبياً في الأنواع الأخرى التي تنمو معها أو تحول دون نموها، مثل نبات ذنب السبع *Cirsium* الذي يثبط نمو نبات الشوفان *Avena*، وبعض أنواع الحلاب *Euphorbia*، والسكابيوزا *Scabiosa*، التي تثبط نمو نبات الكتان *Linum*، وكذلك نبات الزوان *Lolium* الذي يثبط نمو نبات القمح وغيرها (Willis, 2007، Kruse et al, 2000).

تفرز المركبات الكيميائية Allelopathic compound من المجموع الجذري أو المجموع الخضري (الساق والأوراق) أو من كليهما، كما قد تفرزها البذور والثمار، وتكون هذه الإفرازات في صورة سائلة أو غازية، ومعظمها هي مركبات فينولية Phenolics أو الدهيدات

Aldehyds أو ترتبينوئيدات Terbenoids أو قلويدات Alkaloids أو ستيروئيدات Steroides أو حموض عضوية وغيرها (Rabotnov, 1992).

يُمكن أن تمتص المركبات الكيميائية المفرزة من الهواء مباشرة، ولكن معظمها يخترق التربة قبل أن يمتص، ويمكن لهذه المركبات، وهي في التربة، أن تدمص Adsorbed على حبيبات الغضار أو المواد العضوية، وقد تتفكك بوساطة الكائنات الدقيقة.

تؤثر المركبات الكيميائية المفرزة بطرائق عدة أهمها:

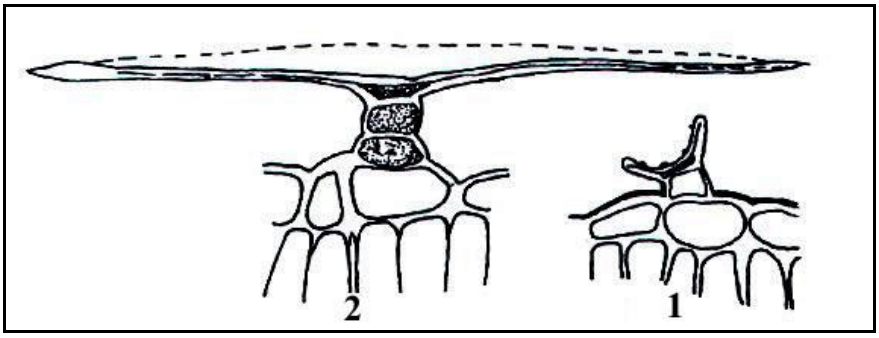
- تثبط إنبات البذور وتعوق نمو الباردات بنتيجة تثبيطها للانقسام الخلوي وبخاصة خلايا الميرسيتم Meristem.
- تثبط امتصاص العناصر المعدنية.
- تثبيط عملية التنفس.
- تثبط تفتح الثغور مما ينعكس في خفض معدل البناء الضوئي.

وكثير منها يحول دون استقرار النباتات الغازية أو يقتل النباتات المستقرة، ولكن تأثيرها يجري، في معظم الحالات، من خلال تثبيط النمو (Rabatnov, 1992)، وقد تبقى في التربة لفترة طويلة وتؤثر في نباتات الموسم اللاحق، كما يزداد تأثيرها بزيادة الإجهادات البيئية كالجفاف وارتفاع درجة الحرارة والأمراض (kruse et al., 2000).

ومن أمثلة ذلك تأثير شجرة الكافور (الأوكاليبتوس) *Eucalyptus* في الغطاء النباتي العشبي الذي يعيش تحتها، وذلك لأن أوراق الأوكالينوس تفرز مركبات فينولية Phenolic compounds وتصل إلى التربة إما عن طريق غسل الأوراق بماء المطر أو مع الأوراق الساقطة. ويُعتقد أن عدم مقدرة نباتات الصنوبر وغيره من النباتات، وبخاصة العشبية، على النمو نمواً طبيعياً تحت أشجار الجوز *Juglans regia* يعود إلى إفراز أوراق الجوز لمادة الجوغلون Juglon (Fischer, 1978)، وقد تبين أنه إذا رويت النباتات بالماء الذي يحتوي على محلول الجوغلون فإن نموها يضعف كثيراً، وغالباً ما تموت.

وبنت الدراسات أيضاً أن عدم مقدرة الكثير من النباتات على النمو بالقرب من نبات الشيح المر *Artemisia absinthium* يعود إلى إفرازه لمركبات كيميائية تعوق نمو كثير من النباتات، إذ تتشكل في أوراق الشيح المر مواد مرة المذاق هي الأبسنتين Absinthine تفرزها غدد خاصة على سطح الأوراق (الشكل 69)، وتنتقل هذه المفرزات مع مياه الأمطار وتصل إلى التربة، وتثبط هذه الإفرازات نمو كثير من النباتات حتى لو كان على مسافة بعيدة عن نبات الشيح (Rabotnov, 1992).

وأوضحت دراسات مولر (Muller and Del Moral, 1966) في جنوب كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية أن شجيرات نبات السالفيا *Salvia leucophylla* التي تنمو في مناطق الأعشاب الحولية تفرز مواد تربينية طيارة Volatile terpenes تحول دون نمو الأعشاب الحولية.



الشكل 69. الأوبار المفرزة في نبات الشيح المر *Artemisia absinthium* ولها شكل الحرف T

1. مقطع عرضي 2. منظر جانبي

ويمكن أن يكون تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفرازاتها حتى في إنبات ونمو بادرات النوع نفسه، فمعروف أن بادرات نبات الشوح *Picea excela* لا تتمكن من النمو في في مجتمعات الشوح الكثيفة، وتنمو بشكل جيد في المجتمعات الأخرى المشابهة التي لا يسود فيها الشوح، أو في المناطق الخالية في مجتمعات الشوح، وقد وجد أن السبب في ذلك يعود إلى أن

بادرات الشوح لا تتحمل إفرازات النبات الأم، والأمر نفسه بالنسبة لنبات التيفا *Typha* الذي لا تنبت بذوره ولا تتمكن بادراته من النمو في مجتمع التيفا، الذي يقتصر تكاثر النباتات فيه على التكاثر الخضري بوساطة الريزومات، أما إنبات البذور ونمو البادرات فيجري في الأراضي العارية أو في المناطق التي تكون فيها نباتات التيفا متباعدة عن بعضها البعض.

كما يمكن أن يكون تأثير الإفرازات النباتية غير مباشر، مثال ذلك أن نمو بادرات الصنوبر يكون ضعيفاً في المجتمعات التي تغزر فيها أشنة الكلادونيا *Cladonia*، ويعود السبب في ذلك إلى إفرازات أشنة الكلادونيا التي تثبط نمو فطور الميكوريزا (*Paxillus inolutus*) التي تتعايش مع جذور بادرات الصنوبر، مما ينعكس سلباً في نمو بادرات وأشجار الصنوبر (Rabotnov, 1992).

ويمكن أن يكون تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفرازاتها حتى بعد موت أو اقتلاع النباتات المفرزة، ولا يقتصر تأثير ظاهرة الـ Allelopathy على النباتات الراقية، وإنما هي صفة منتشرة بين الكائنات الدقيقة التي تفرز المضادات الحيوية Antibioties التي تؤثر في نمو بعضها البعض.

يتضح مما سبق أهمية تأثير ظاهرة الـ Allelopathy في انتشار واستيطان النباتات ذلك أن الاستيطان لا يتم إلا إذا تمكنت النباتات من الإنبات والنمو والتكاثر، فقد تهاجر بذور النباتات إلى مواطن جديدة ولكن الظروف البيئية ومنها ظاهرة الـ Allelopathy تحول دون الإنبات أو النمو أو التكاثر.

التأثير في الوسط

يمكن للنباتات أن تؤثر في بعضها البعض من خلال تأثيرها في الوسط المحيط، فالنباتات السائدة Dominants في المجتمع النباتي، كالأشجار في الغابات، لها تأثيرات كبيرة في الوسط المحيط من درجة حرارة ورطوبة وشدة إضاءة وغيرها، وهذا ينعكس بدوره على الأنواع النباتية الأخرى وخاصة تلك التي تعيش في ظل النباتات السائدة.

تأثير الحيوانات في النباتات

للحيوانات تأثيرات عديدة في النباتات وذلك عن طريق:

أ. انتشار البذور والثمار إلى مسافات بعيدة (انظر فصل الانتشار).

ب. تخريب الغطاء النباتي عن طريق الرعي الجائر، وعن طريق التأثير في التربة وتغيير خصائصها، فنتيجة لتأثير الرعي الجائر كثيراً ما تنقرض الأنواع النباتية التي ترغبها الحيوانات، أما الأنواع غير المرغوبة فتسود مثل نبات الخياسة *Peganum harmala* والحرمل *Rhazya stricta* والسنمكة *Cassia senna* وغيرها.

ت. تأثير الحيوانات وخاصة الحشرات على التأبير (التلقيح) وغيرها.

وللإنسان تأثير بالغ في النباتات، ويزداد هذا التأثير عاماً بعد آخر مع تقدم العلم وتطوره. وأهم أوجه تأثير الإنسان في النباتات هي:

أ. تغيير المجتمعات النباتية عن طريق الاحتطاب أو قطع الغابات وتحويلها إلى أراض زراعية. وهناك عدد من المؤشرات التي تبين أن المنطقة المعروفة حالياً بالصحراء في شمال السودان كانت غنية بالغابات والأحراش.

كما تبين الدراسات (Khanbekov, 1981) أن ثلثي غابات إفريقيا قد قطعت أو حرقت في الـ 300 سنة الأخيرة بفعل الإنسان وتحول الغطاء النباتي الشجري الذي كان سائداً إلى سافانا Savanna أو صحراء، كما أن التصحر طال مئات الكيلومترات باتجاه السافانا والغابات.

ب. استصلاح الأراضي وخاصة في المناطق الجافة وإيجاد أصناف جديدة قادرة على تحمل الظروف غير المناسبة، وإنشاء مجتمعات نباتية جديدة عن طريق التشجير.

ت. نقل البذور والثمار أو نقل النبات كاملاً (انظر فصل الانتشار).

ث. تأثير الإنسان على عوامل الوسط المحيط (ارتفاع درجة حرارة الأرض)مما ينعكس على النباتات.

الفصل الثاني

ة التنافس بين أفراد النوع الواحد مع زيادة الكثافة في وحدة المساحة مما ينعكس في زيادة عدد الأفراد التي تموت وبخاصة من بداية التفرع وحتى الإزهار، ولا تقتصر نتيجة التنافس على زيادة عدد الأفراد الميتة وإنما، أيضاً، على قوة نمو النباتات وإنتاجها ومساحة الأوراق وعمق المجموع الجذري وغيره.

ويستنتج مما ورد سابقاً أن أفراد النوع الواحد تتنافس مع بعضها بعضاً عند نموها معاً، وتزداد شدة التنافس بزيادة كثافتها في وحدة المساحة، وتظهر نتيجة التنافس في موت عدد من الأفراد وفي ضعف إنتاجية الفرد الواحد أو في الحيلولة دون نمو البادرات.

التنافس بين الأنواع المختلفة Interspecific competition.

وهو التنافس الذي يجري بين أفراد الأنواع المختلفة، ولا يحدث التنافس عندما تكون أفراد الأنواع المختلفة متباعدة عن بعضها بعضاً، ومع زيادة الكثافة ونقص المصادر اللازمة لنمو النباتات ينشأ بين أفراد الأنواع النباتية المختلفة تنافس على المتطلبات الضرورية من عوامل البيئة.

يكون التنافس أشد بين الأنواع ذات أشكال الحياة المتشابهة، كالنباتات النجيلية مع بعضها البعض، أو الأشجار، منه بين الأنواع غير المتشابهة، كما هي الحال بين نبات نجيلي وآخر غير نجيلي، والتنافس حاد بين شجيرة وشجيرة وبين شجرة وشجرة ونتيجته اختزال عدد الأفراد وأحجامها أو اختفاء نوع أو أكثر من أنواع النباتات.

يكون التنافس بين الأنواع في المجتمعات النباتية المستقرة المغلقة، على الماء والمواد الغذائية والضوء، من الشدة بحيث يسبب نقصاً في نمو الأنواع وإنتاجها من المادة الحية ومن البذور، كما يحول دون استيطان نباتات جديدة، خاصة في السنوات الجافة حيث يكون الماء هو العامل المحدد للنمو (Karpov, 1969).

وترتبط قدرة أي نوع من النباتات على المنافسة بخصائصه البيولوجية، ومن الخصائص التي تساعد نوعاً ما على النمو في منطقة شدة التنافس فيها عالية حجم البذور، فالبذور كبيرة الحجم، التي تحتوي على كميات كبيرة من المواد الغذائية، تمنح النبات ميزتين هامتين قد تضعاه في

وضع أفضل من حيث المنافسة: الأولى وهي أن البذور الكبيرة ذات جنين كبير ينتج عنه بادرة كبيرة ذات مجموع هوائي جيد النمو ويساعد على تكوين كميات كبيرة من المواد الغذائية بفضل عملية البناء الضوئي. والميزة الثانية هي أن البذور الكبيرة تحتوي على كميات من المواد الغذائية تساعد على سرعة نمو النبات في المراحل الأولى من عمره. وتشير دراسات غريم (Grime, 1973) إلى أن أهم الخواص التي تميز النباتات ذات القدرة العالية على المنافسة هي:

- قامة عالية.
- صورة نمو (غالباً ما تكون على شكل جذامير كبيرة متشعبة أو نمو عشبي في شكل كتلة ضخمة) تجعل النبات أكثر قدرة على استغلال البيئة فوق سطح التربة وتحته.
- سرعة النمو.
- قدرة كبيرة على ترسيب البقايا النباتية (Litter) فوق سطح التربة.

وتختفي الأنواع النباتية ضعيفة المنافسة في الأماكن التي تنمو فيها نباتات عالية القدرة على التنافس، لذا إذا انتقلت بذور النباتات إلى منطقة جديدة فلا يعني أنها قادرة على النمو فيها، ذلك أن الأنواع الأكثر مقدرة منها على المنافسة قد لا تسمح لها بالنمو وبذلك تحد من انتشارها.

وتلعب المنافسة دوراً هاماً في تحديد منطقة انتشار النباتات ومدى انتشارها، والحيلولة دون استيطان النباتات المهاجرة، فقد أوضحت دراسات Grime (1973) و Mahmoud and Grime (1976) أن للمنافسة دوراً هاماً في تشكيل المجتمعات النباتية وتحديد الكثافة النوعية فيها (عدد الأنواع) Species density، ففي البيئات التي تسمح بنمو الأنواع عالية المقدرة التنافسية تكون الكثافة النوعية قليلة، أما في البيئات غير المناسبة والتي تقلل من نمو الأنواع عالية القدرة التنافسية فتتمكن النباتات الأقل مقدرة على التنافس من النمو معها وبالتالي تزداد الكثافة النوعية.

وفي المجتمعات النباتية الكثيفة، يشكل كل نوع نباتي عقبة ميكانيكية تمنع أو تعوق نمو الأنواع الأخرى في المكان نفسه، وعندما تتنافس الأنواع المختلفة على المكان فإن ذلك يؤدي إلى تكسير الفروع وتساقط الأوراق.

تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفراز المركبات الكيميائية:

(اليلوباثي Allelopathy = التضاد الكيميائي)

اشتق مصطلح اليلوباثي من الاغريقية من الجذر Allelo ويعني متبادل (Matual)) و Pathy ويعني ضرر أو مرض، وقد استعمل هذا المصطلح للمرة الأولى من قبل العالم النمساوي Molish في عام 1937 (انظر Willis، 2007)) لوصف التأثير المثبط الذي يحدثه نبات في نبات آخر من خلال إفرازه لمركبات كيميائية، ويعرف Rabotonov (1992) الأليلوباتي بأنها تأثير نبات في نبات آخر ينموان في المجتمع النباتي نفسه، وذلك من خلال تغيير الوسط بنتيجة إفراز مركبات كيميائية مختلفة ناتجة من النشاط الأيضي للنباتات.

لاحظ المزارعون، قبل وقت طويل من استعمال مصطلح الأليلوباتي، أن بعض النباتات تؤثر في النباتات الأخرى تأثيراً سلبياً، كما لاحظ ثيوفراست Theophrastus الإغريقي، نحو عام 300 قبل الميلاد، أن نبات القطيفة *Amaranthus* يؤثر تأثيراً سلبياً في نبات البرسيم *Medicago sativa*، وذكر الصينيان Yong and Tang نحو 267 نوعاً نباتياً تؤثر سلبياً في الأنواع الأخرى التي تنمو معها أو تحول دون نموها، مثل نبات ذنب السبع *Cirsium* الذي يثبط نمو نبات الشوفان *Avena*، وبعض أنواع الحلاب *Euphorbia*، والسكابيوزا *Scabiosa*، التي تثبط نمو نبات الكتان *Linum*، وكذلك نبات الزوان *Lolium* الذي يثبط نمو نبات القمح وغيرها (Willis, 2007، Kruse et al, 2000).

تفرز المركبات الكيميائية Allelopathic compound من المجموع الجذري أو المجموع الخضري (الساق والأوراق) أو من كليهما، كما قد تفرزها البذور والثمار، وتكون هذه الإفرازات في صورة سائلة أو غازية، ومعظمها هي مركبات فينولية Phenolics أو الدهيدات Aldehyds أو ترتبينوئيدات Terbenoids أو قلويدات Alkaloids أو ستيروئيدات Steroides أو حموض عضوية وغيرها (Rabotnov, 1992).

يُمكن أن تمتص المركبات الكيميائية المفرزة من الهواء مباشرة، ولكن معظمها يخترق التربة قبل أن يمتص، ويمكن لهذه المركبات، وهي في التربة، أن تدمص Adsorbed على حبيبات الغضار أو المواد العضوية، وقد تتفكك بوساطة الكائنات الدقيقة.

تؤثر المركبات الكيميائية المفرزة بطرائق عدة أهمها:

- تثبط إنبات البذور وتعوق نمو الباردات بنتيجة تثبيطها للانقسام الخلوي وبخاصة خلايا الميرسيتم Meristem.
- تثبط امتصاص العناصر المعدنية.
- تثبيط عملية التنفس.
- تثبط تفتح الثغور مما ينعكس في خفض معدل البناء الضوئي.

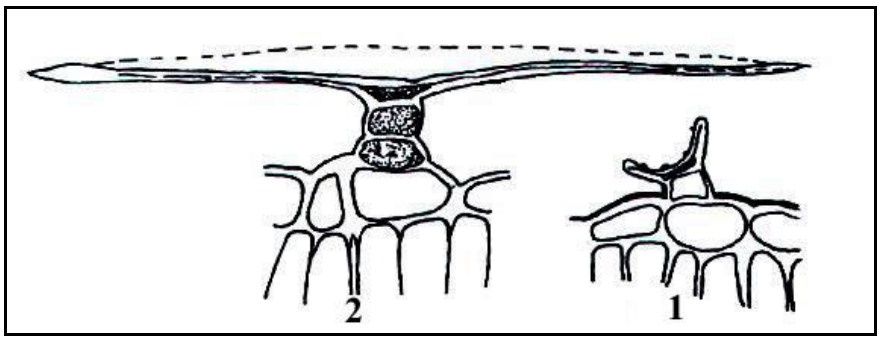
وكثير منها يحول دون استقرار النباتات الغازية أو يقتل النباتات المستقرة، ولكن تأثيرها يجري، في معظم الحالات، من خلال تثبيط النمو (Rabatnov, 1992)، وقد تبقى في التربة لفترة طويلة وتؤثر في نباتات الموسم اللاحق، كما يزداد تأثيرها بزيادة الإجهادات البيئية كالجفاف وارتفاع درجة الحرارة والأمراض (kruse et al., 2000).

ومن أمثلة ذلك تأثير شجرة الكافور (الأوكاليبتوس) *Eucalyptus* في الغطاء النباتي العشبي الذي يعيش تحتها، وذلك لأن أوراق الأوكالينوس تفرز مركبات فينولية Phenolic compounds وتصل إلى التربة إما عن طريق غسل الأوراق بماء المطر أو مع الأوراق الساقطة. ويُعتقد أن عدم مقدرة نباتات الصنوبر وغيره من النباتات، وبخاصة العشبية، على النمو نمواً طبيعياً تحت أشجار الجوز *Juglans regia* يعود إلى إفراز أوراق الجوز لمادة الجوغلون Juglon (Fischer, 1978)، وقد تبين أنه إذا رويت النباتات بالماء الذي يحتوي على محلول الجوغلون فإن نموها يضعف كثيراً، وغالباً ما تموت.

وبنت الدراسات أيضاً أن عدم مقدرة الكثير من النباتات على النمو بالقرب من نبات الشيح المر *Artemisia absinthium* يعود إلى إفرازه لمركبات كيميائية تعوق نمو كثير من النباتات، إذ تتشكل في أوراق الشيح المر مواد مرة المذاق هي الأبسنتين Absinthine تفرزها غدد خاصة على سطح الأوراق (الشكل 69)، وتنتقل هذه المفرزات مع مياه الأمطار وتصل إلى التربة،

وتثبط هذه الإفرازات نمو كثير من النباتات حتى لو كان على مسافة بعيدة عن نبات الشيح (Rabotnov, 1992).

وأوضحت دراسات مولر (Muller and Del Moral, 1966) في جنوب كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية أن شجيرات نبات السالفيا *Salvia leucophylla* التي تنمو في مناطق الأعشاب الحولية تفرز مواد تربينية طيارة Volatile terpenes تحول دون نمو الأعشاب الحولية.



الشكل 69. الأوبار المفرزة في نبات الشيح المر *Artemisia absinthium* ولها شكل الحرف T

1. مقطع عرضي 2. منظر جانبي

ويمكن أن يكون تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفرازاتها حتى في إنبات ونمو بادرات النوع نفسه، فمعروف أن بادرات نبات الشوح *Picea excela* لا تتمكن من النمو في في مجتمعات الشوح الكثيفة، وتنمو بشكل جيد في المجتمعات الأخرى المشابهة التي لا يسود فيها الشوح، أو في المناطق الخالية في مجتمعات الشوح، وقد وجد أن السبب في ذلك يعود إلى أن بادرات الشوح لا تتحمل إفرازات النبات الأم، والأمر نفسه بالنسبة لنبات التيفا *Typha* الذي لا تنبت بذوره ولا تتمكن بادراته من النمو في مجتمع التيفا، الذي يقتصر تكاثر النباتات فيه على التكاثر الخضري بوساطة الريزومات، أما إنبات البذور ونمو البادرات فيجري في الأراضي العارية أو في المناطق التي تكون فيها نباتات التيفا متباعدة عن بعضها البعض.

كما يمكن أن يكون تأثير الإفرازات النباتية غير مباشر، مثال ذلك أن نمو بادرات الصنوبر يكون ضعيفاً في المجتمعات التي تغزر فيها أشنة الكلادونيا *Cladonia*، ويعود السبب في ذلك إلى إفرازات أشنة الكلادونيا التي تثبط نمو فطور الميكوريزا (*Paxillus inolutus*) التي تتعايش مع جذور بادرات الصنوبر، مما ينعكس سلباً في نمو بادرات وأشجار الصنوبر (Rabotnov, 1992).

ويمكن أن يكون تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفرازاتها حتى بعد موت أو اقتلاع النباتات المفرزة، ولا يقتصر تأثير ظاهرة الـ Allelopathy على النباتات الراقية، وإنما هي صفة منتشرة بين الكائنات الدقيقة التي تفرز المضادات الحيوية Antibioties التي تؤثر في نمو بعضها البعض.

يتضح مما سبق أهمية تأثير ظاهرة الـ Allelopathy في انتشار واستيطان النباتات ذلك أن الاستيطان لا يتم إلا إذا تمكنت النباتات من الإنبات والنمو والتكاثر، فقد تهاجر بذور النباتات إلى مواطن جديدة ولكن الظروف البيئية ومنها ظاهرة الـ Allelopathy تحول دون الإنبات أو النمو أو التكاثر.

التأثير في الوسط

يمكن للنباتات أن تؤثر في بعضها البعض من خلال تأثيرها في الوسط المحيط، فالنباتات السائدة Dominants في المجتمع النباتي، كالأشجار في الغابات، لها تأثيرات كبيرة في الوسط المحيط من درجة حرارة ورطوبة وشدة إضاءة وغيرها، وهذا ينعكس بدوره على الأنواع النباتية الأخرى وخاصة تلك التي تعيش في ظل النباتات السائدة.

تأثير الحيوانات في النباتات

للحيوانات تأثيرات عديدة في النباتات وذلك عن طريق:

ث. انتشار البذور والثمار إلى مسافات بعيدة (انظر فصل الانتشار).

ج. تخريب الغطاء النباتي عن طريق الرعي الجائر، وعن طريق التأثير في التربة وتغيير خصائصها، فنتيجة لتأثير الرعي الجائر كثيراً ما تنقرض الأنواع النباتية التي ترغبها

الحيوانات، أما الأنواع غير المرغوبة فتسود مثل نبات الخياسة *Peganum harmala* والحرمل *Rhazya stricta* والسنمكة *Cassia senna* وغيرها.

ح. تأثير الحيوانات وخاصة الحشرات على التأبير (التلقيح) وغيرها.

وللإنسان تأثير بالغ في النباتات، ويزداد هذا التأثير عاماً بعد آخر مع تقدم العلم وتطوره. وأهم أوجه تأثير الإنسان في النباتات هي:

ج. تغيير المجتمعات النباتية عن طريق الاحتطاب أو قطع الغابات وتحويلها إلى أراض زراعية. وهناك عدد من المؤشرات التي تبين أن المنطقة المعروفة حالياً بالصحراء في شمال السودان كانت غنية بالغابات والأحراش.

كما تبين الدراسات (Khanbekov, 1981) أن ثلثي غابات إفريقيا قد قطعت أو حرقت في الـ 300 سنة الأخيرة بفعل الإنسان وتحول الغطاء النباتي الشجري الذي كان سائداً إلى سافانا Savanna أو صحراء، كما أن التصحر طال مئات الكيلومترات باتجاه السافانا والغابات.

ح. استصلاح الأراضي وخاصة في المناطق الجافة وإيجاد أصناف جديدة قادرة على تحمل الظروف غير المناسبة، وإنشاء مجتمعات نباتية جديدة عن طريق التشجير.

خ. نقل البذور والثمار أو نقل النبات كاملاً (انظر فصل الانتشار).

د. تأثير الإنسان على عوامل الوسط المحيط (ارتفاع درجة حرارة الأرض)مما ينعكس على النباتات.

الباب الثاني

منطقة الانتشار (الرقعة) Distributional area

يوجد كل نوع نباتي على سطح الكرة الأرضية بأعداد كبيرة من الأفراد individuals تنتشر على مساحة معينة من الأرض، وهذه المساحة من الكرة الأرضية التي يعيش عليها النوع (أو أي وحدة تصنيفية أكبر كالجنس والفصيلة وغيرها) تسمى منطقة الانتشار Distributional area ، وبدون معرفة مساحة وحدود منطقة الانتشار لا يمكن أن نصل إلى أية استنتاجات عن جغرافية هذا أو ذاك من الأنواع، ولهذا تعد منطقة الانتشار واحدة من المواضيع الأساسية في دراسة جغرافية النبات. بالإضافة إلى دراسة توزيع الأنواع النباتية يمكن دراسة توزيع العشائر النباتية Associations والوحدات الأكبر، وبهذا تهتم الجغرافية النباتية بدراسة:

١. منطقة انتشار الأنواع النباتية والوحدات التصنيفية الأكبر (الجنس، الفصيلة وغيرها).
٢. منطقة انتشار العشائر النباتية ووحدات الغطاء النباتي الأكبر كالتشكيل Formation وغيره.

تعين حدود وترسم منطقة انتشار الجنس بدمج مناطق انتشار أنواعه، ومنطقة انتشار الفصيلة بدمج مناطق انتشار أجناسها، ولمنطقة انتشار الوحدة التصنيفية (النوع والجنس والفصيلة ...) مساحة Size وشكل Shape وحدود Boundaries ومركز Centre.

الفصل الأول

مساحة وشكل منطقة الانتشار (الرقعة)

1 . مساحة منطقة الانتشار

تختلف مساحة منطقة انتشار الأنواع النباتية اختلافاً كبيراً، ويتراوح مدى هذا الاختلاف بين أنواع تتجاوز منطقة انتشارها المناطق الجغرافية والمناخية وهي الأنواع عالمية (كونية) الانتشار Cosmopolitan species، وأنواع تستوطن منطقة محصورة صغيرة وهي الأنواع المتوطنة Endemic species، وبين هاتين الحالتين توجد المراحل الانتقالية كافة.

الأنواع العالمية (الكونية) Cosmopolitan species

وهي الأنواع التي تشمل منطقة انتشارها القسم الأعظم من سطح الكرة الأرضية، وهذه الأنواع قليلة التخصص من حيث متطلباتها من الوسط المحيط، إذ يمكن أن تنمو وتتكاثر في الأوساط البيئية المختلفة، ولا يعني هذا أن الأنواع العالمية تعيش حيثما توفرت إمكانية الحياة للنباتات، فمن الصعب أن نجد نوعاً نباتياً يعيش في التندرا (Tundra) وفي المناطق الصحراوية الجافة وفي الغابات الاستوائية... الخ، ويقصد عادة بالأنواع النباتية العالمية تلك الأنواع واسعة الانتشار التي تنتشر على جميع القارات ولكن قد لا توجد في مناطق عدة.

يعد كثير من الأنواع المائية عالمي الانتشار مثل أنواع لسان البحر *Potamogeton* وعدس الماء *Lemna* والميريوفيلوم *Myriophyllum spicatum* وغيرها، وهذا يعود إلى التجانس النسبي للوسط المائي وسهولة الانتشار بوساطة الماء وانعدام الحواجز التي تحول دون انتشار الأنواع النباتية المائية، كما تكثر الأنواع عالمية الانتشار أيضاً ضمن الأنواع البرمائية مثل البوط *Typha latifolia* والقصب *Phragmites communis* وجرجير الماء *Nasturtium officinale* وغيرها.

أما النباتات الأرضية العالمية فهي أقل بالمقارنة مع النباتات المائية وأغلبها أعشاب حولية ذات فترة نمو قصيرة توجد حول مناطق سكن الإنسان وقد ارتبط انتشار كثير منها بنشاط الإنسان، ومن أمثلتها القبا الحولي *Poa annua* والنجيل *Cynodon dactylon* والسمار *Juncus bufonius* والقراص *Urtica dioica* والسرمق *Chenopodium album* والنجمية *Stellaria media* و كيس الراعي *Capsella bursa-pastoris* والحلاب *Euphorbia helioscopa* والهندباء *Taraxacum officinale* وغيرها.

هذا ويطلق اسم Eurychory species على الأنواع واسعة الانتشار أي ذات المدى البيئي الواسع.

الأنواع المتوطنة Endemic species

تنحصر منطقة انتشار بعض الأنواع النباتية أو الوحدات التصنيفية الأكبر كالجنس والفصيلة وغيرها في مساحة محددة لا تزيد مساحتها عن مساحة إقليم أو جزيرة ولا تصادف في مكان آخر على سطح الكرة الأرضية، تسمى هذه الأنواع بالأنواع المتوطنة Endemic species.

يتوقف تحديد التوطن Endemism على مرتبة الوحدة التصنيفية (النوع والجنس والفصيلة)، فالفصيلة التي تنحصر منطقة انتشارها في قارة واحدة تعد عادة فصيلة متوطنة، والجنس الذي تنحصر منطقة انتشاره في بلد واحد أو جزء منه يعد جنساً متوطناً، أما الأنواع المتوطنة فتنحصر منطقة انتشارها في بقعة صغيرة.

ليست الأنواع النباتية المتوطنة تلك التي توجد في بقعة معينة فقط، وإنما كل الأنواع التي لها منطقة انتشار محددة غير واسعة، فمثلاً يمكن التحدث عن الأنواع المتوطنة في سورية أو بلاد الشام أو في الصحراء العربية، كما يمكن التحدث عن الأنواع المتوطنة لجزء من قارة أو حتى لقارة معينة مثل أمريكا الجنوبية أو استراليا وغيرها.
وتسمى الأنواع النباتية ذات منطقة الانتشار غير الواسعة بالأنواع محدودة الانتشار Stenochory species ويرتبط انتشار هذه الأنواع بظروف محددة كالترب الحمضية أوالكلسية أو الرملية أو بعوامل مناخية معينة كالرطوبة الزائدة وغيرها.

تكثر الوحدات التصنيفية المتوطنة في نصف الكرة الأرضية الجنوبي مقارنة بالنصف الشمالي، وربما يعود هذا إلى انفصال كتلة اليابسة إلى أجزاء متباعدة عن بعضها البعض. تختلف نسبة الأنواع المتوطنة اختلافاً كبيراً من منطقة لأخرى، وتعد الجزر أو مجموعة الجزر المنعزلة الأغنى بالأنواع المتوطنة، فمثلاً تصل نسبة الأنواع المتوطنة إلى 85% في جزيرة القديسة هيلانة St. Helena وإلى 75% في نيوزيلندا و 85% في جزر هاواي، كما تكثر في المناطق الجبلية المرتفعة وتصل إلى 70% في جبال تاسمانيا (Takhtajan, 1986) وحوالي 20% في جبال القوقاز، بينما تقترب نسبة الأنواع المتوطنة من الصفر في المناطق السهبية من روسيا (Alechen, 1961).

الفصائل المتوطنة Endemic families

تعد معظم الفصائل المتوطنة فصائل صغيرة ووحيدة النمط Monotypic أو تضم عدداً قليلاً من الأجناس، فمن بين الـ 149 فصيلة متوطنة أو محدودة الانتشار يوجد نحو 52 منها وحيدة النمط Monotypic، مثل فصيلة الـ *Dirachmaceae* (التي تنتشر في سوقطرة) وفصيلة *Degenericeae* (التي تنتشر في فيجي)، وتضم مدغسكر 9 فصائل متوطنة ثلاث منها وحيدة النمط (Takhtajan, 1986).

الأجناس المتوطنة Endemic genera

تعد الأجناس الكونية أو واسعة الانتشار قليلة العدد وتضم عدداً كبيراً من الأنواع، فجنس السينيسيو *Sinecio* يضم نحو 1500 نوع، تختلف بحجمها وأشكالها وموائلها، والأمر نفسه بالنسبة لأجناس الكاركس *Carex* والحلاب *Euphorbia* والسولانوم (المغد) *Solanum* وغيرها، أما الأجناس المتوطنة فكثيرة العدد (تفوق الـ 3000 جنس)، وتكثر في بعض المناطق

وبخاصة الجزر المنعزلة مثل مدغسكر وكاليدونيا الجديدة وهاواي وغيرها، وذلك بسبب الانعزال وصعوبة الانتشار.

الأنواع المتوطنة Endemic species

تنتشر الأنواع المتوطنة في منطقة أو إقليم معين له ظروف مناخية وجغرافية تميزه عن المناطق أو الأقاليم المجاورة، ولهذا نجد أن الجزر والجبال (كمناطق ذات ظروف متميزة) تضم عدداً كبيراً من الأنواع المتوطنة.

يميز نمطان من الأنواع المتوطنة:

النمط الأول: ويشمل الأنواع النباتية القديمة التي كانت واسعة الانتشار في الأدوار الجيولوجية القديمة ولكن منطقة انتشارها انحسرت تدريجياً لأسباب متعددة مناخية أو طبوغرافية وغيرها، وتحتل الآن منطقة معينة محددة وتسمى هذه الأنواع "بالأنواع المتوطنة القديمة Paleoendemics أو الأنواع المتوطنة الباقية Relict species، أي أن التغيرات الجيولوجية المترافقة بتغيرات مناخية أدت إلى انقراض هذه الأنواع في القسم الأعظم من منطقة انتشارها، وبقي كل نوع في منطقة محددة فقط بسبب عدم تغير الظروف نسبياً في هذا الجزء من منطقة الانتشار، وتدل كثرة الأنواع المتوطنة القديمة على قدم المنطقة الموجودة فيها كما هي الحال في الجزر والسلاسل الجبلية القديمة، ومثل هذه الأنواع أنواع الجنس سيكويا *Sequoia* الذي يضم نوعين فقط هما *Sequioa sempervirens* والـ*Sequoia gigantean* و ينتشران حالياً في أمريكا الشمالية وبخاصة على الساحل المطل على المحيط الهادي، وتدل المستحاثات (الحفريات) التي وجدت لهذا الجنس على أنه كان واسع الانتشار في جميع أجزاء المنطقة المعتدلة الشمالية في أوروبا وآسيا. هذا ويمكن أن تكون الأنواع المتوطنة القديمة أنواعاً متوطنة باقية Relict endemic species، ولكن لا يتطابق دائماً هذه المفهومان إذ أن النوع الباقي Relic species يمكن أن يكون واسع الانتشار وغير محصور في منطقة معينة، أما الأنواع المتوطنة القديمة فغالباً ما تكون فقيرة بالأنماط البيولوجية ومتكيفة لنمط معين خاص من المناخ والتربة ضيق جداً.

ترتبط فرضية الأنواع المتوطنة القديمة أو الباقية بفرضية التطور والانتخاب الطبيعي، التي تبين أن الضغوطات التي يتعرض لها النوع تتجلى في بقاء السلالات أو الأنماط الأكثر تكيفاً. كما

ترتبط بفرضية الحلقة الجنسية Generic cycles، فدورة حياة النوع Species life cycle تشبه دورة حياة الفرد وتتضمن مراحل عدة هي:

الأولى: وهي مرحة النمو والانتشار النشط Vigorous growth، وفيها يصل النوع إلى حدود منطقة انتشاره القصوى.

الثانية: وهي مرحلة التكاثر Reproductive وفيها تحدث الطفرات وتظهر أشكال مختلفة ضمن النوع في حدود منطقة انتشاره.

الثالثة: وهي مرحلة الانحدار Period of declining activity، وفيها تنحدر حيوية النوع، ويزداد بالتدريج انتشار الأنواع الجديدة النشطة، وفي هذه المرحلة تتقطع منطقة الانتشار المتصلة.

الرابعة: وهي مرحلة الشيخوخة Senility، وفيها تفقد الأنواع مقدرتها التنافسية وتتدهور وربما تنقرض.

وهناك وجهات نظر أخرى وأهمها فرضية ويلس Willis (انظر Miller, 1997) الذي يعتقد أن مساحة منطقة انتشار الأنواع النباتية دليل عمرها Index of its age، وتنتشر الأنواع النباتية بشكل بطئ ومتجانس، والأنواع محدودة الانتشار هي الأنواع الفتية، ولا ينكر ويلس Willis وجود الأنواع المتبقية ولكنها الأقل عدداً ضمن الأنواع المتوطنة، وقد تعرضت فرضية ويلس Willis إلى انتقادات عديدة، فالحفريات توضح أن الأنواع محدودة الانتشار حالياً مثل الجنكو *Ginkgo* والسيكويا *Sequoia* كانت واسعة الانتشار حتى في مناطق يعد مناخها الحالي غير ملائم لنموها، وبالتالي فإن مساحة منطقة الانتشار تتوقف على عوامل الانتشار وعلى تكيف الأنواع النباتية إلى عوامل المناخ والتربة أكثر منها على العمر وحده.

هذا ولابد من التمييز بين الأنواع المتوطنة والأنواع النادرة Rare species، فالأنواع المتوطنة يمكن أن تكون نادرة، ولكن عديد من الأنواع المتوطنة عالية التردد Frequent أو ترددها طبيعي ضمن منطقة انتشارها، أما الأنواع النادرة فيمكن أن لا تكون متوطنة وتنتشر على مساحات واسعة، ولكنها حيث توجد تكون أعدادها قليلة أو نادرة.

النمط الثاني ويشمل الأنواع المتوطنة الحديثة Neoendemic species وتختلف عن الأنواع المتوطنة القديمة بأنها حديثة التشكل ولم يسمح الوقت بعد لانتشارها وتوسيع منطقة انتشارها، وتكثر الأنواع المتوطنة الحديثة في المناطق الجغرافية التي أصبحت صالحة للحياة منذ فترة غير بعيدة كالمناطق التي غطتها البراكين منذ فترة ليست بعيدة أو المناطق التي تراجع عنها الجليد مثل شمال أوروبا وأمريكا الشمالية، ومن أمثلة المناطق التي تكثر فيها الأنواع المتوطنة الحديثة

منطقة الكاب Cape في أقصى جنوب غرب أفريقيا إذ أنها تعد حالياً منطقة منعزلة مناخياً عن المناطق المجاورة لها من أفريقيا، ولهذا فهي غنية بالأنواع المتوطنة الحديثة، وكذلك الأمر في غرب استراليا المعزولة عن بقية أجزائها بالمناطق الصحراوية (Takhtajan, 1986).

2 . شكل منطقة الانتشار

يختلف شكل منطقة الانتشار اختلافاً بيناً ويتوقف على العوامل نفسها التي تتوقف عليها مساحتها أي على مجمل الخصائص البيولوجية والبيئية للنوع وعلى العوامل الفيزيائية . الجغرافية للمنطقة التي يعيش فيها النوع، والتي تلعب الدور الرئيسي في تحديد شكل رقعة النوع. فكثير من الأنواع التي تعيش في النطاقات المعتدلة لنصف الكرة الشمالي لها منطقة انتشار متطاولة من الغرب إلى الشرق وضيقة من الشمال إلى الجنوب، وهذا يفسره تمايز العوامل الفيزيائية الجغرافية (وخاصة المناخية) إذ أنها تتغير بشكل سريع من الجنوب إلى الشمال بالمقارنة مع تغيرها من الغرب إلى الشرق، ولهذا فإن الانتقال البسيط من الشمال إلى الجنوب يؤدي غالباً إلى تغيرات كبيرة في الظروف المناخية وعوامل التربة وغيرها، هذا وغالباً ما يكون شكل منطقة الانتشار مميزاً، وأهم أشكال منطقة الانتشار هي:

- عالمي (كوني) منطقة الانتشار (الأنواع العالمية أو الكونية).
- على شكل حزام عريض يطوق العالم خارج المنطقتين القطبية Arctic والقطبية الجنوبية Antarctic.
- على شكل حزام شمالي في نصف الكرة الأرضية الشمالي.
- على شكل حزام جنوبي في نصف الكرة الأرضية الجنوبي.
- على شكل حزام ضيق على طول المناطق الاستوائية Pantropic.
- على شكل حزام وحيد أو متعدد التقطعات.
- وحيد أو متعدد المناطق Single or bi-regional area.
- ثنائي أو ثلاثي أو متعدد القارات.

الفصل الثاني

مركز النشوء ومركز الانتشار Centre of origin and centre of dispersal

تحاول دراسات انتشار النباتات تعيين مركز منطقة الانتشار، ويخص المركز الجنس Genus وليس النوع Species .

ويوجد نوعان أساسيان من المراكز:

أ- مركز النشوء Centre of origin ويعني أن للجنس نقطة منشأ جغرافية واحدة.

ب- مركز الانتشار Center of dispersal ويعني أن الجنس انتشر مع الزمن من نقطة المنشأ.

كما يوجد مركز التنوع Center of variation ويعني به المنطقة التي يكون فيها عدد أنواع الجنس كثيرة، إضافة إلى نوع رابع وهو مركز التردد Centre frequency وفيه يكون عدد أفراد النوع كبيراً.

ويمكن لمركز النشوء ومركز الانتشار أن يتطابقا في حالة كون النوع قد ظهر منذ فترة زمنية غير بعيدة في نقطة معينة ومنها بدء بالانتشار في جميع الاتجاهات ابتداءً من هذه النقطة، أما الأنواع القديمة فتعرضت منطقة انتشارها إلى تغيرات عديدة خلال العصور الجيولوجية المختلفة، وقد يوجد مركز النشوء في الوقت الحالي خارج حدود منطقة انتشارها الحالية، وتحديد مركز النشوء في هذه الحالة يكون عن طريق الحفريات (المتحجرات Fossils)، أما إذا لم تحفظ النباتات على شكل حفريات كالنباتات العشبية، فإنه من الصعوبة تحديد مركز النشوء إلا بوسائل أخرى منها تحديد مركز التنوع بالنسبة للأجناس ومركز التردد بالنسبة للأنواع.

وأهم المعايير التي تمكّن من تعيين مركز النشوء هي:

- كثرة الأنواع، أي أن المركز يحوي العدد الأكبر من أنواع الجنس، مما يعني أن التعدد الشكلي Polymorphism في المركز أكثر منه في المناطق البعيدة عنه، ويوجد في منطقة المركز عديد من الأشكال (الأنماط البيولوجية وتحت الأنواع والأنواع...الخ)، وذلك بسبب الزمن الطويل من التطور الذي حدث في المنطقة والذي أدى إلى زيادة مستمرة وثابتة في عدد الأنواع والأنماط (الجدول 9)، فجنس بارس *Paris* توجد اغلب أنواعه في الصين (موطن هذا الجنس) بينما لا يوجد في أوروبا إلا نوعاً واحداً، لذا فالأغلب أن يكون مركز نشوء هذا الجنس هو الصين، وكذلك جنس أرميريا *Armeria* الذي يضم 60 نوعاً يوجد منها 40 نوعاً في حوض البحر الأبيض المتوسط، لذا يعتقد أن مركز نشوء هذا الجنس هو حوض البحر الأبيض المتوسط.

الجدول 9. عدد أنواع بعض الأجناس في مناطق مختلفة من العالم

الجنس	اسبانيا	ايطاليا	اليونان	سواحل آسيا	الأناضول	أرمينيا	تركمانيا	شرق روسيا
Genista	47	34	13	8	6	5	1	0
Trifolium	54	98	64	53	25	45	14	2
Silene	58	65	86	62	35	65	49	10
Alyssum	13	16	20	29	26	27	11	0
Gypsophila	3	3	7	11	19	23	19	3
Artemisis	20	17	5	5	10	20	68	30
Saussurea	0	0	0	0	0	1	41	24

- وفرة عدد الأفراد، وذلك لأن النوع نشأ في المنطقة الأكثر ملاءمة لنموه وتكاثره، ولكن في كثير من الحالات لا يتطابق هذا مع الواقع، فكثير من الأنواع انتقلت من مركز النشوء إلى مناطق جديدة تسود فيها ظروف بيئية أكثر ملاءمة منها في مركز النشوء، وبالتالي تكون الوفرة في المواقع الجديدة أعلى منها في مركز النشوء.
- يكون عدد الأشكال الأصلية فيه مرتفعاً، مثل الأشكال ثنائية الصيغة الصبغية التي تعد مؤشراً على مركز النشوء، ذلك أن الأشكال ثلاثية وعديدة الصيغة الصبغية نشأت من الأشكال ثنائية الصيغة الصبغية.
- حجم الأفراد وغزارة إنتاجها التي ترتبط بالعوامل البيئية، فحجم الأفراد الأكبر وإنتاجها الأكثر وفرة يرتبط بالظروف الأكثر ملاءمة لنمو النوع الذي يفترض أن تكون في مركز النشوء، ولكن هذا ليس دائماً، فكثير من الأنواع تكون أكبر حجماً وأغزر إنتاجا على أطراف منطقة انتشارها.
- استمرارية وتقارب خطوط الانتشار، فعندما تنتشر أنواع الجنس على طول اتجاهات طبيعية عامة وتتقارب هذه الاتجاهات في منطقة محددة تكون عندها هذه المنطقة هي مركز النشوء والانتشار.

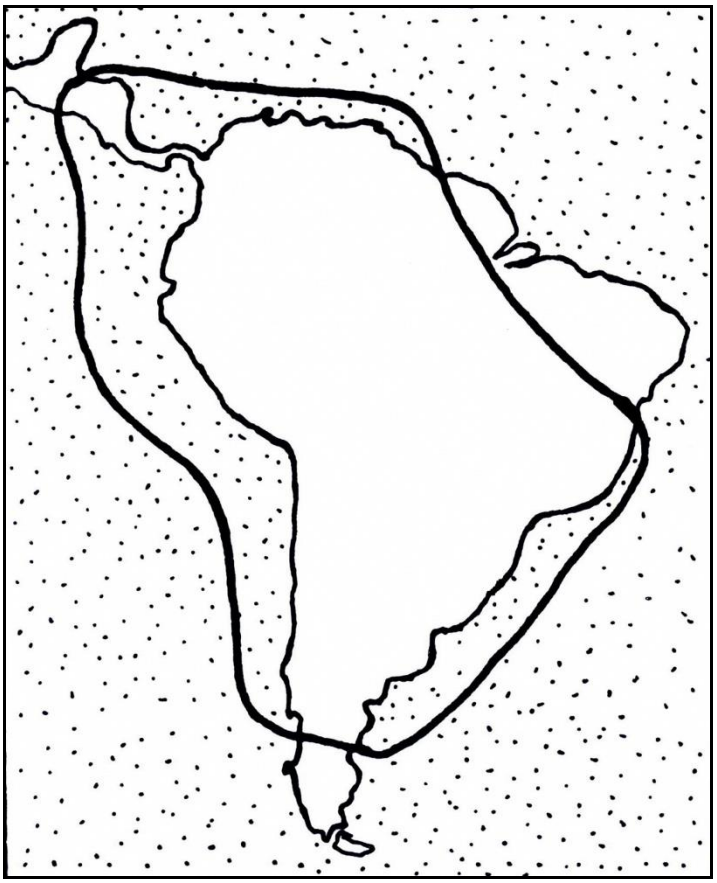
الفصل الثالث

أنماط منطقة الانتشار

لكل نوع نباتي منطقة انتشار جغرافي يمكنه النمو والتكاثر فيها، وتتوقف مساحة وشكل منطقة انتشار النوع على تاريخ النوع النباتي ومقدرته على الهجرة والتكيف للظروف البيئية الجديدة (مناخية، حيوية، تربة،... الخ) التي يهاجر إليها، وبغض النظر عن مساحة وأبعاد منطقة الانتشار يمكن تمييز الأنماط الخمسة الأساسية التالية من منطقة الانتشار.

١. منطقة الانتشار المتصلة (المستمرة) Continuous Area

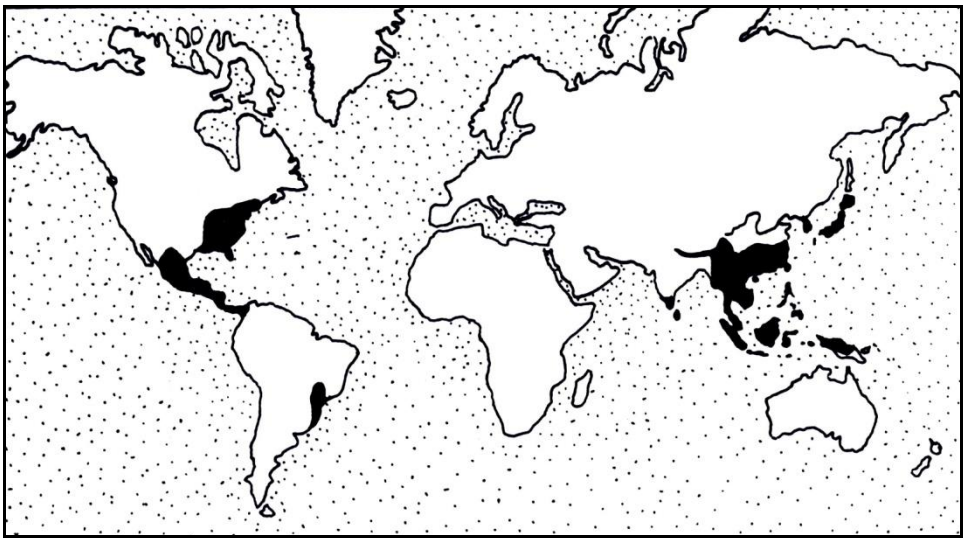
عندما تكون المنطقة التي ينتشر عليها النوع النباتي موحدة ومتصلة مع بعضها ولا تتجاوز المسافة التي تفصل بين أفراد النوع مدى انتشار بذوره وثماره أو وحداته التكاثرية الأخرى، تكون منطقة الانتشار النوع عندها متصلة، مثال ذلك الفصيلة *Tropaeolaceae* التي تنتشر في كامل أمريكا الجنوبية (الشكل 70) وكذلك الأنواع أتروبس *Atropis maritimus* و الجلبان البحري *Lathyrus martimus* التي تنتشر في السبخات الملحية ناصلة اللون على شواطئ البلطيق (Szafer, 1952).



الشكل 70. منطقة انتشار فصيلة الـ *Tropaeolaceae*

٢. منطقة الانتشار المتقطعة (غير المستمرة) Discontinuous Area:

تكون منطقة الانتشار في هذه الحالة منفصلة إلى جزئين أو أكثر، ويفصل بين الجزء والآخر مسافة أكبر من مدى انتشار بذور النوع أو ثماره، مثل الأنواع النباتية الألبية (التي تعيش في أعالي الجبال المرتفعة) كنبات أركوتس *Arctous alpine* وأنواع جنس كاسر الحجر *Saxifraga* وجنس الجنتيانا *Gentiana* وغيرها، التي توجد في الجبال الأوروبية وجبال القوقاز شرق المتوسط وغيرها، وتنعدم كلياً في السهول الفاصلة بين هذه الجبال، وكذلك نبات الماغنوليا *Magnolia* الذي يوجد في أمريكا الشمالية وجنوب شرق آسيا (الشكل 71)، وتمثل منطقة انتشار مثل هذه الأنواع على شكل نقاط مبعثرة وليس على شكل خطوط متصلة.



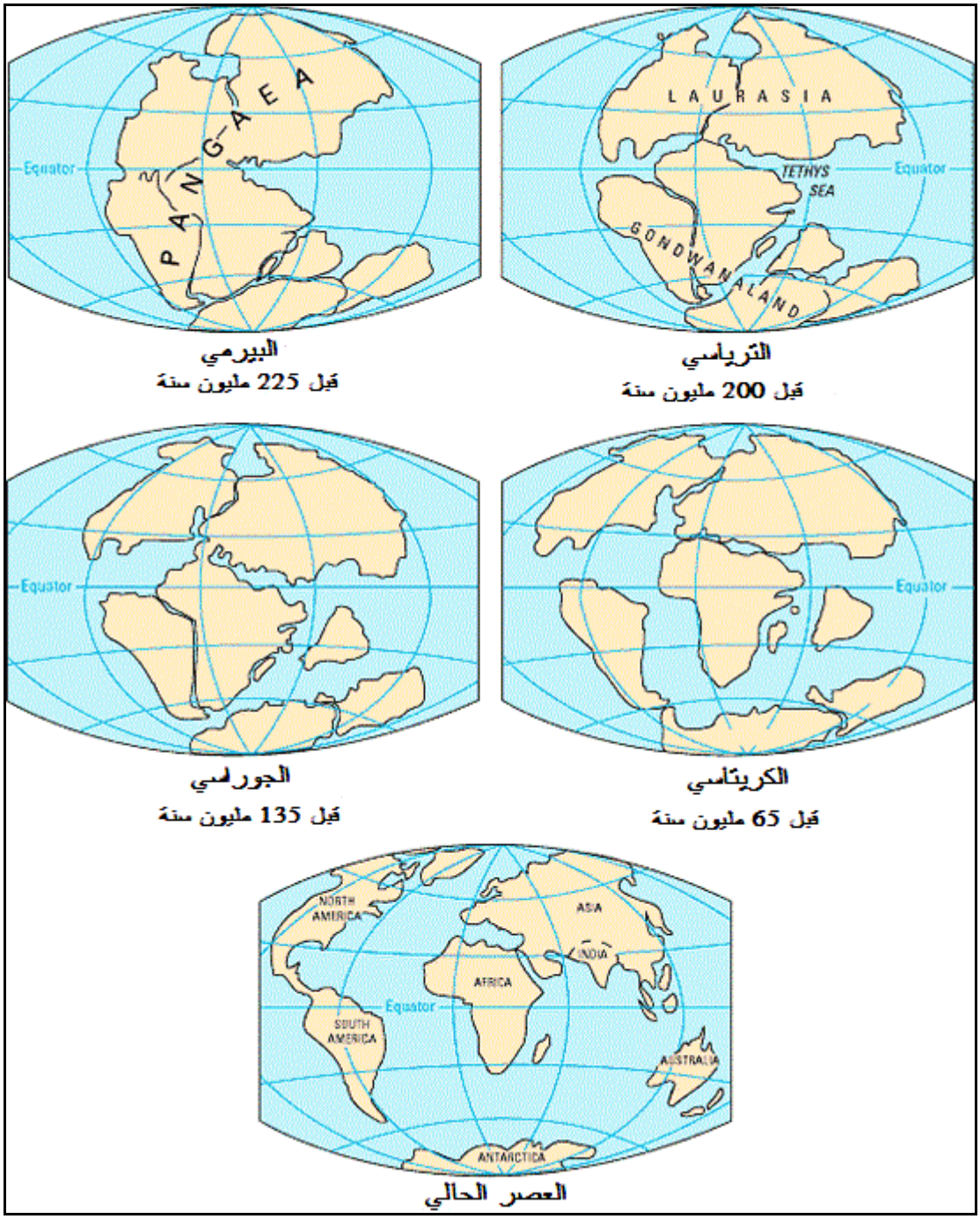
الشكل 71. منطقة انتشار فصيلة الماغنوليا *Magnoliaceae*

أسباب تقطيع الرقعة:

تقطيع منطقة الانتشار تحدده أسباب متعددة يتصل بعضها بالظروف البيئية الحالية أو بالظروف التاريخية، وفي كثير من الحالات لا يمكن تفسير ذلك انطلاقاً من الظروف الحالية، ويمكن إجمال أسباب تقطيع منطقة الانتشار في:

- مناخية، إذ يمكن نتيجة لتغير العوامل المناخية في جزء من منطقة الانتشار أن تموت أفراده في هذا الجزء وبالتالي تتقطع منطقة الانتشار المتصلة إلى جزئين أو أكثر.

- يمكن أن تكون الهجرة Migration إلى مناطق جديدة وانقراض النوع في حدود منطقة انتشاره القديمة سبباً في تقطيع منطقة الانتشار، مثال ذلك الفلورا الألبية، ففي العصور الجليدية انحدرت الفلورا الألبية القديمة من أعالي الجبال نتيجة لتشكل الجليد وانحصرت في السهول الواقعة بين جبال الألب المغطاة بالجليد وبين الجليديات الشمالية الزاحفة نحو الجنوب، وبعد انحسار الجليديات بدأت الفلورا بالصعود إلى قمم الجبال كما بدأت بالزحف نحو الشمال، ونتيجة لذلك حدث تقطيع منطقة الانتشار، ذلك إن الفلورا الألبية قد انقرضت كلياً في المناطق السهلية في وسط أوروبا.
- قد ينجم تقطيع منطقة الانتشار عن انخفاض جزء من اليابسة تحت سطح البحار والمحيطات وذلك حسب نظرية الجسور التي تعتبر أن القارات كانت متصلة ببعضها البعض بوساطة جسور.
- يمكن لانزياح القارات Continental drift وابتعادها عن بعضها البعض (الشكل 72) أن يكون سبباً في تقطيع منطقة الانتشار (نظرية فيغنر Wegener) ويمكن انطلاقاً من هذه النظرية تفسير تشابه الفلورا في أوروبا وأمريكا الشمالية وفي أمريكا الجنوبية وإفريقيا واستراليا وغيرها.



الشكل 72. نظرية انزياح القارات

- يلعب الإنسان دوراً هاماً في تقطيع منطقة الانتشار وذلك عن طريق نقل الأنواع النباتية من موطنها الأصلي وزراعتها في مناطق جديدة مثال ذلك نبات الأغاف *Agave americana* إذ أن موطنه الأصلي في المكسيك، ولكن الإنسان نقله إلى منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، وبالتالي تشكلت له منطقة انتشار جديدة، وهناك كثير من النباتات الضارة التي

نقلها الإنسان عن غير قصد مثال ايريجيرون *Erigeron canadensis* الذي نقل عن طريق الإنسان من أمريكا الشمالية إلى أوروبا ومنطقة المتوسط وغيرها.

هذا ولا تقتصر منطقة الانتشار المتقطعة على النوع فقط وإنما تشمل أيضاً الوحدات التصنيفية الأكبر كالجنس والفصيلة وغيرها.

يمكن أن تكون أشكال تقطيع منطقة الانتشار مختلفة، ففي بعض الحالات تكون منطقة الانتشار مجزأة إلى أجزاء متعددة صغيرة ذات مساحات متقاربة وعندئذ تسمى منتشرة التقطيع Diffuse، وتكون في حالات أخرى مؤلفة من جزأين الأول كبير رئيسي والثاني صغير ثانوي وتسمى عندها ثنائية التقطيع Bipartite، كما يمكن أن تكون جبلية التقطع Altitudinal حيث يوجد النوع في مناطق جبلية متباعدة، وأخيراً قد تكون منطقة الانتشار مؤلفة من جزأين كل منهما في أحد نصفي الكرة الأرضية عندها يسمى التقطع ثنائي القطب Dipolar (Polunin, 1971).

٣. منطقة الانتشار (الباقية) Relic Area :

إما أن تزداد مساحة منطقة انتشار أي نوع نباتي وتتوسع وإما أن تصغر تدريجياً، فإذا كانت مساحة منطقة الانتشار خلال فترة طويلة من الزمن تصغر باستمرار وكأنها في طريقها إلى الزوال عندها تكون منطقة الانتشار باقية Relic area، ويسمى النوع الذي يعيش عليها نوعاً باقياً Relic species. ومنطقة الانتشار الباقية كانت واسعة في الماضي ، وبما أن الظروف البيئية وغيرها السائدة حالياً هي غير تلك التي كانت في الماضي فإن النوع يعيش في عدم تلاؤم مع الظروف الحالية وبالتالي فإن المنطقة التي يستوطنها النوع الباقي هي في تقلص مستمر، ولكي تعد منطقة انتشار النوع باقية يجب أن تكون:

- محددة الانتشار.
- النوع الذي يعيش عليها من الأنواع النادرة في المنطقة الموجود فيها.
- منعزلة وفي تقلص مضطرد.

ويمكن تمييز أنماط من منطقة الانتشار الباقية (Polunin, 1971).

أ. بقايا التشكيلات النباتية Formation relics:

وهي بقايا تشكيلات نباتية Formations كانت سائدة في وقت سابق، ونتيجة لتغير المناخ استبدلت بها تشكيلات أخرى، ولم يبق منها إلا بقايا تحتل منطقة محددة مثال ذلك العرعر العطري *Juniperus foetidissima* والبتولا *Betula* التي توجد بشكل بقايا في غابات الزان *Fagus* في شبه جزيرة القرم، فنبات العرعر هو بقية التشكيلات النباتية التي سادت في القرم في الحقب الثالث، أما البتولا فقد سادت في تلك المنطقة في العصور الجليدية وطغت على تشكيلات

النباتات التي كانت سائدة في الحقب الثالث، ويوجد كل من العرعر والبتولا حالياً بشكل بقايا منتشرة ضمن غابات الزان واسعة الانتشار في شبه جزيرة القرم التي نافست كلاً من التشكيلات النباتية للعرعر والبتولا في الفترة التي تلت العصور الجليدية.

ب. بقايا تغيرات التضاريس Geomorphological relics:

وهي الأنواع النباتية الباقية التي كانت تعيش في ظروف بيئية محددة، ونتيجة لأسباب جيولوجية وتاريخية أصبحت تعيش خارج حدود هذه الظروف البيئية، مثل النباتات البحرية التي تعيش حالياً في البحيرات ذات المياه العذبة، والنباتات الشاطئية التي تعيش في أماكن جافة كانت فيما مضى شواطئ بحرية، مثل الصنوبر الالداري *Pinus eldarica* الذي يُنسب إلى أنواع حوض البحر الأبيض المتوسط (مثل الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* والصنوبر البروتي *Pinus brutia* وغيرها) وهذه الأنواع تعيش بالقرب من شواطئ البحر المتوسط عدا الصنوبر الالداري *Pinus eldarica* الذي يشكل منطقة انتشار باقية في القوقاز، ويعتقد أن هذا النوع كان ينمو بالقرب من شواطئ البحر وأن منطقة انتشار الحالية تشكل حدود شواطئ البحر في الأدوار الجيولوجية القديمة (Alechin, 1961).

ج. بقايا مناخية Climatic relics

وهي أنواع نباتية ازدهرت في ظروف مناخية سابقة تختلف عن الظروف التي تعيش فيها حالياً، وتعد هذه الأنواع صدى لتلك الظروف التي كانت سائدة، مثل أنواع البتيروكاريا *Pterocarya fraxinifolia* والرودودندرون *Rhododendron ponticum* وغيرها، التي تنتشر حالياً في الجزء الجنوبي الغربي من القوقاز، حيث الظروف المناخية قريبة من تلك التي كانت في الحقب الثالث، فدرجة الحرارة مرتفعة، وكذلك الأمطار، ورطوبة الهواء عالية، وهذه الظروف المناخية مكنت الأنواع القديمة من البقاء في هذه المنطقة، في حين أنها كانت في الحقب الثالث تحتل مساحات واسعة.

ويميز ضمن البقايا النباتية تبعاً لعمرها الزمر التالية:

- بقايا ما قبل الحقب الثالث (الميزوزوئيك) Pre - Tertiary.
- بقايا الحقب الثالث Tertiary relics.
- بقايا جليدية Glacial relics.
- بقايا ما بعد الفترة الجليدية Postglacial relics.

٤. منطقة انتشار الأنواع ذات القرابة Vicarious Area.

وهي منطقة انتشار تابعة لأنواع نباتية ذات صلة قرابة مع بعضها البعض، أي أنها أنواع اشتقت من نفس الأصل وتحتل مناطق مختلفة. ففي حالات كثيرة وبخاصة في المناطق الجبلية المنعزلة ينشأ في بعض أجزاء منطقة انتشار النوع عدد من تحت الأنواع Subspecies تتحول تحت الأنواع هذه بالتدريج إلى أنواع مستقلة تحتل مناطق مستقلة، وتجري عملية التمايز هذه بسرعة إذا كانت أجزاء منطقة الانتشار في مناطق ذات مناخ مختلف وتتشكل نتيجة لذلك أنواع جديدة (مشتقة من أصل واحد) تستوطن مناطق مختلفة، فهذه الأنواع ومناطق الانتشار التي تحتلها تسمى بالفيكارية أي ذات القرابة، مثل نبات الميوسوتس الغابي *Myosotis sylvatica* الذي ينمو في الغابات و الميوسوتس الألبي *Myosotis alpestris* الذي ينمو في الجبال، وتعد الأنواع التي تنشأ من أصل واحد أنواعاً متوطنة جديدة Neoendemics.

لا تنشأ الأنواع الفيكارية (ذات القرابة) نتيجة لانعزال المنطقة فقط وإنما يمكن أن تنشأ في حدود منطقة واحدة، أي أن مناطق انتشار الأنواع ذات القرابة يمكن أن تكون متجاورة،ولكنها تختلف بنوع التربة مثل نبات كوليريا غلاوكا *Koeleria glauca* الذي ينمو على الترب الرملية والنوع كوليريا غراسيلز *Koeleria gracilis* الذي ينمو على الترب السهبية السوداء. ويمكن أن يؤدي اختلاف الظروف البيئية إلى تشكل أنواع فيكارية مثال ذلك الأسل البحيري *Scirpus lacustris* الذي يعيش في المستنقعات العذبة، والأسل الملحي *Scirpus tabernae – montanii* الذي ينمو في المستنقعات المالحة.

الفصل الرابع

عناصر الفلورة Floristic Elements

تبين الدراسات، في كثير من الحالات، أن الأنواع النباتية التي تشكل فلورة منطقة ما بأنها غير متجانسة، ولكن هذه الأنواع يمكن وضعها في مجموعات بناء على صفة مشتركة بينها ويطلق على هذه المجموعات اسم عناصر الفلورة Floristic Elements وعادة يمكن تمييز العناصر التالية:

١. العنصر الجغرافي Geographical element وهو مجموع الأنواع النباتية التي تتطابق كثيراً أو قليلاً مناطق انتشارها الحالية مثال ذلك عنصر حوض البحر الأبيض المتوسط ويضم جميع الأنواع النباتية المنتشرة في المناطق المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط.

٢. العنصر الوراثي Genetic element وهو مجموع الأنواع النباتية التي لها نفس الموطن (المنشأ) أي التي ظهرت في منطقة جغرافية واحدة ومن ثم انتشرت إلى مناطق أخرى جديدة.
٣. العنصر التاريخي Historical element وهو مجموع الأنواع النباتية التي انتشرت أو ظهرت في منطقة معينة في نفس الفترة التاريخية.

الباب الثالث

الممالك الفلورية Floristic Realms

يعد الغطاء النباتي للكرة الأرضية والوحدات التصنيفية المكونة له (النوع والجنس والفصيلة) نتيجة لعملية تطورية طويلة جرت تحت تأثير عوامل المناخ المختلفة وتغيراتها التي حدثت في الماضي، فالتغيرات التي طرأت على قارات الكرة الأرضية وتبدل مكان القطبين وانزياح القارات والتغيرات المناخية المرافقة لذلك . خلال العصور الجيولوجية المختلفة . أدت إلى تطور مختلف للفلورا على سطح الكرة الأرضية، وقد أدت هذه الحوادث التاريخية إلى تمايز الممالك الفلورية.
تتطلب دراسة فلورا الكرة الأرضية تقسيمها إلى وحدات طبيعية، وتعد دراسات سكاو (1823) Schow من أولى الدراسات المدهشة في هذا المجال، إذ قسم . في كتابه الأسس العامة للجغرافيا النباتية . فلورا الكرة الأرضية إلى 25 مملكة، كما قسم عديد من الممالك إلى مناطق، وقد اعتمد سكاو في تمييز المملك الفلورية عن بعضها البعض . وكذلك الباحثون الذين تلوه . على الأنواع والوحدات التصنيفية الأخرى المتوطنة، فلتمييز مملكة فلورية عن الأخرى لابد من أن تكون أكثر من نصف أنواعها على الأقل متوطنة، وكذلك ربع أجناسها، كما يجب . تبعاً لرأي سكاو . أن تتميز بفصائل متوطنه أيضاً (انظر Takhtajan, 1986).
يعتقد الباحثون الذين عملوا في مجال تقسيم فلورا الكرة الأرضية إلى وحدات مميزة أن هذا التقسيم يجب أن يعتمد على معلومات لا تحتاج إلى دراسات معمقة، كما لابد من أن يكون عدد الوحدات غير كبير، وتبعاً لذلك فقد ميزوا (انظر Takhtajan, 1986) الوحدات الآتية:

١. **المملكة الفلورية Floristic realm (Kingdom)**، التي تتميز بأنها تضم عدداً من الفصائل وتحت الفصائل المتوطنة، كما تحتوي على عدد كبير من الأنواع والأجناس المتوطنة. فقد ميز انغلر (Engler, 1924) وتوريل (Turill, 1959) وتلمتشوف (Talmatchev, 1974) ((انظر Takhtajan, 1986) فلورا الكرة الأرضية إلى أربع ممالك وهي: المملكة الشمالية

Boreal Realm، والمملكة الاستوائية القديمة Paleotropic Realm، ومملكة أمريكا الجنوبية والوسطى أو المملكة الاستوائية الجديدة Neotropic Realm والمملكة الاسترالية Australian Realm أو الجنوبية، كما ميز Engler المملكة المحيطية Ocean Realm.

أما دريلز(Drels, 1918) وغيره كثير من الباحثين مثل (Good, 1947; Rikli, 1939 ;Walter and Straka, 1970; Neil, 1969 ;Takhtajian,1970) وغيرهم(انظر Takhtajan, 1986)، فقد قسموا فلورا اليابسة للكرة الأرضية إلى 6 ممالك فلورية هي:

- المملكة الشمالية Holarctic Realm.
- المملكة الاستوائية القديمة Paleotropic Realm.
- المملكة الاستوائية الجديدة Neotropic Realm.
- مملكة الكاب Capensis Realm.
- المملكة الاسترالية Australian Realm.
- المملكة القطبية الجنوبية Antractic Realm.

كما أضاف بعض الباحثين مثل Walter and Straka (1970) و Mattick (1964) ، مملكة سابعة وهي المملكة المحيطية Oceanic Realm.

هذا وإن الرأي السائد بين العلماء هو أن فلورا اليابسة على الكرة الأرضية تتكون من 6 ممالك فلورية، علماً بأن الحدود بين هذه الممالك تخضع إلى تغيرات مستمرة، وجوهرية أحياناً، وبخاصة حدود المملكتين الشمالية والقطبية الجنوبية، وذلك بسبب تقدم الدراسات الفلورية.

تقسم المملكة النباتية إلى **مناطق Regions**، وتعين المنطقة على أساس الأجناس والأنواع المتوطنة فيها، كما قد تتميز بفصائل وتحت فصائل متوطنة. ويختلف عدد المناطق تبعاً للباحثين، فعددها تبعاً لإنغلر Engler (Engler,1924) 29 منطقة، وتبعاً لشميتهاوزن (Schmithusen1961) وتختجيان (Takhtajan, 1986) 37 منطقة، أما ماتيسك (Mattick,1964) فقسم فلورا الكرة الأرضية إلى 43 منطقة، هذا وعدد المناطق الأكثر تداولاً بين الباحثين هو 36 منطقة.

تقسم المناطق إلى **محافظات Provinces**، وتتميز المحافظة بأن الأجناس المتوطنة فيها إن وجدت فهي وحيدة النمط Monotype غالباً، ولكنها تتميز بأنواعها المتوطنة الخاصة بها، يفوق

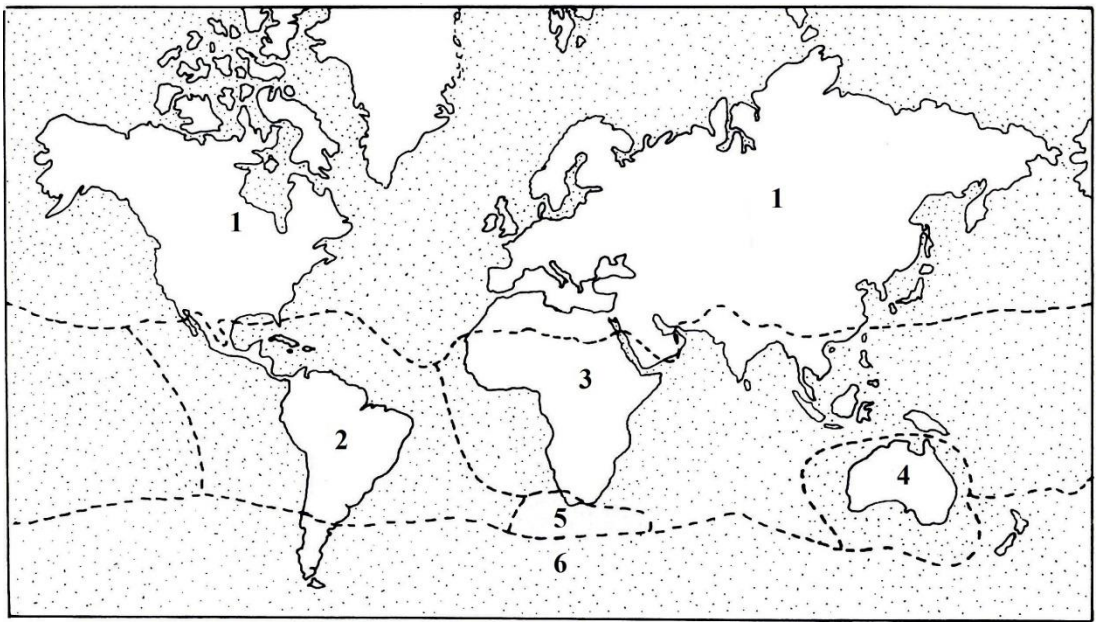
عدد المحافظات كثيراً عدد المناطق، فقد ميز انغلر (Engler,1921) 102 محافظة، وغود (Good, 1964) 120 محافظة، وميز (Takhtajan, 1986) 147 محافظة.

تعد **المقاطعة District** الوحدة التصنيفية الأصغر في فلورا اليابسة، وتُميز على أساس تحت الأنواع المتوطنة، أما الأنواع المتوطنة فقليلة أو معدومة، ولكن قد يوجد فيها أحياناً أجناساً متوطنة.

هذا ويميز الباحثون إلى جانب الوحدات الرئيسية التي وردت سابقاً (المملكة والمنطقة والمحافظة والمقاطعة) وحدات أخرى بينية وهي تحت المملكة Subkingdom، وتحت المنطقة Subregion..الخ.

الممالك الفلورية

قسمت فلورا اليابسة للكرة الأرضية إلى 6 ممالك فلورية (**الشكل 73**) هي:



الشكل 73. الممالك الفلورية

١. المملكة الشمالية 2. المملكة الاستوائية الجديدة

3. المملكة الاستوائية القديمة 4. المملكة الاسترالية

5. مملكة الكاب 6. المملكة القطبية الجنوبية

I. المملكة الشمالية Holarctic realm

تعد المملكة الشمالية أكبر الممالك الفلورية مساحة على سطح الكرة الأرضية وتشمل معظم مناطق النصف الشمالي للكرة الأرضية، وتمتد على كامل أوروبا، وشمال إفريقيا غير الاستوائية، وكامل آسيا غير الاستوائية، وكامل أمريكا الشمالية تقريباً، وبالرغم من المساحة الواسعة لهذه المملكة فإن الفلورا فيها شديدة الارتباط مع بعضها البعض ولها صفات عامة متشابهة. يوجد في المملكة نحو 30 فصيلة متوطنة أهمها: فصيلة الجنكو *Ginkgoaceae* و *Cephalotaxaceae* و *Euptelaceae* و *Hydrastidaceae* و *Glaucidiaceae* و *Platanaceae* وغيرها. ومعظم الفصائل المتوطنة في هذه المملكة ليست كبيرة وكثير منها وحيد الجنس، كما أنها غنية بأنواع وأجناس عديد من الفصائل مثل الفصيلة المغنولية *Magnoliaceae* والغارية *Lauraceae* والبتولية *Betulaceae* والمركبة *Asteraceae* وغيرها. يقسم تختجيان هذه المملكة إلى ثلاث تحت ممالك وهي:

a. تحت المملكة الشمالية Boreal subkingdom، وهي أكبر تحت مملكة ضمن المملكة الشمالية، وتتميز بغناها بالفصائل والأجناس مقارنة بتحت الممالك الأخرى، وتكثر في بعض مناطقها الأنواع والأجناس الشجرية. تضم تحت المملكة الشمالية 4 مناطق و 33 محافظة.

b. تحت مملكة المتوسط القديمة Tethyan (Ancient Mediterranean) subkingdom وتشمل جزر ماكارونينزيا Macaronesiani (الجزر الواقعة غرب البحر المتوسط) وكامل حوض المتوسط وآسيا الصغرى وآسيا الوسطى حتى صحراء غوبي في منغوليا. تتميز فلورا تحت مملكة المتوسط القديمة بتنوعها الكبير، ومعظم الأنواع المكونة لها هي أنواع مهاجرة من المناطق الشمالية وشرق آسيا إضافة إلى بعض الأنواع المهاجرة من المناطق المدارية والمنطقة الصحراوية . العربية، تضم تحت المملكة 4 مناطق و 27 محافظة وأهم مناطقها هي منطقة البحر المتوسط Mediterranean region، التي تتميز بغناها بالأنواع النباتية ففيها نحو 25000 نوع و 5000 تحت نوع وتعد 60% من أنواعها متوطنة (Delanoe et al., 1996).

c. تحت مملكة ماديرا Madrean (sonoran) Subkingdom.

تشمل جنوب غرب أمريكا الشمالية وجبال المكسيك، وبالرغم من أن الفلورا فيها تتميز عن تحت المملكتين الشمالية وتحت مملكة المتوسط القديمة، إلاّ أن هناك كثيراً من الأجناس المشتركة مثل القطلب *Arbutus* والزمزريق *Cersis* والزعرور *Crataegus* والعرعر *Juniperus* والصنوبر *Pinus* والبطم *Pistacia*، والبلوط *Quercus* والديس *Rubus* والاصطرك *Styrax* والمران *Viburum* وغيرها. تتميز تحت مملكة ماديرا بعدد من الفصائل المتوطنة أهمها: *Crossosomataceae* و *Fouquieraceae* و *Simondsiaceae* و *Pterostemanaceae* وغيرها، كما أن نحو 10% من الأجناس

فيها متوطنة مثل السيكويا *Sequoia* و *Sequoiadendron* و *Anemopsis* و *Umbellularia* وغيرها. وتضم تحت مملكة ماديرا منطقة واحدة هي منطقة Madrean (Sonoran) Region وأربع محافظات.

II. المملكة الاستوائية القديمة Paleotropic Realm

تلي المملكة الشمالية من حيث المساحة وعدد الأنواع، وتشمل إفريقيا باستثناء الجزء الشمالي منها ومنطقة الكاب (الجزء الجنوبي الغربي من إفريقيا)، كما تضم جنوب آسيا وجنوب شرق آسيا، وتتميز الفلورا فيها بعدد الفصائل المتوطنة التي تقدر بـ 40 فصيلة أهمها: *Nepenthaceae* وفصيلة الموز *Musaceae* و *Flagellariaceae* و *Pandanaceae* وغيرها، وقد قسمها تختجيان (Takhtajan, 1986) إلى خمس تحت ممالك ونحو 12 منطقة، وتحت الممالك هي:

١. تحت المملكة الإفريقية African subkingdom وتضم معظم إفريقيا وجزءاً من الجزيرة العربية وصحارى جنوب إيران وباكستان وشمال الهند.
٢. تحت مملكة مدغسكر Madagascan subkingdom وتشمل جزيرة مدغسكر والجزر القريبة، وفيها 9 فصائل متوطنة أهمها: *Didymelaceae* و *Didiereaceae* و *Asteropeiaceae* وغيرها، ولا يقل عدد الأجناس المتوطنة فيها عن 450 جنساً، كما أن نحو 80% من أنواعها متوطنة وبخاصة أنواع الفصيلة السحلبية *Orchidaceae*، وفيها منطقة واحدة فقط وهي منطقة مدغسكر Madagascan Region.
٣. تحت المملكة الهندية . الماليزية Indo-Malesian subkingdom، وتضم أساساً شبه القارة الهندية وجزر الهند الصينية، وفيها 11 فصيلة متوطنة أهمها: *Matoniaceae* و *Degeneriaceae* و *Barclayaceae* و *Pentaphyllaceae* وغيرها، إضافة إلى عدد كبير من الأجناس والأنواع المتوطنة، وتقسم إلى أربع مناطق.
٤. تحت مملكة بولينيزيا Pollynesian subkingdom، وتشمل عديد من الجزر المنتشرة شرق أندنوسيا وشمال استراليا، ليس فيها فصائل متوطنة ولكنها تتميز بعدد كبير من الأجناس والأنواع المتوطنة، وتتكون فلورا هذه تحت المملكة من أنواع مختلفة بعضها له علاقة بفلورا تحت المملكة الهندية . الماليزية وبعضها الآخر له علاقة بفلورا استراليا وفلورا أمريكا، وتضم منطقتين فقط.
٥. تحت مملكة كاليدونيا Neocaledonian subkingdom وتشمل عديد من الجزر إلى الشرق من استراليا، وفيها عدد من الفصائل المتوطنة مثل *Amborellaceae* و

Strasburgeriaceae وغيرها، كما يوجد فيها أكثر من 130 جنساً متوطنا, وتضم منطقة واحدة فقط.

III. المملكة الاستوائية الجديدة Neotropical kingdom (Neotropis)

وتشمل شبه جزيرة كاليفورنيا وجزءاً من المكسيك والجزء الجنوبي من فلوريدا وكامل مساحة أمريكا الجنوبية باستثناء الثلث الجنوبي منها، تتميز هذه المملكة بعلاقة مع المملكة الاستوائية القديمة الممثلة بعدد من الفصائل المشتركة مثل الفصيلة الزنجبيلية *Zingiberaceae* و *Gensneriaceae* و *Ebenaceae* و *Hymenophyllaceae* وغيرها، ولكنها تتميز بنحو 25 فصيلة متوطنة أهمها: *Hymenophyllopsidaceae* و *Marcgraviaceae* و *Caryocavaceae* و Cannaceae وغيرها، كما تتميز أيضاً بعدد كبير من الأجناس والأنواع المتوطنة وفيها 5 مناطق هي منطقة الكاريبي Caribbean Region ومنطقة مرتفعات غويانا Region of Guayana highland، ومنطقة الأمازون Amazon region ومنطقة البرازيل Brazilian Region ومنطقة الإند Andean region.

IV. مملكة الكاب Capensis Realm

وهي أصغر الممالك الفلورية مساحة وتوجد في نهاية جنوب إفريقيا، وتتميز الفلورا فيها بغناها بالأنواع النباتية (نحو 7000 نوع) بالرغم من صغر مساحتها، كما يوجد فيها سبع فصائل متوطنة أهمها: فصيلة *Grubbiaceae* و *Roridulaceae* و *Bruniaceae* و *Penaeaceae* وغيرها، كما تضم أكثر من 210 أجناس متوطنة وعدداً كبيراً من الأنواع المتوطنة، وفيها منطقة واحدة هي منطقة الكاب Cape Region.

V. المملكة الاسترالية Australian Realm

تشمل كامل مساحة قارة استراليا وتاسمانيا Tasmania، وتتميز الفلورا فيها بعدد من الفصائل المتوطنة مثل: *Platyzomataceae* و *Austrobaileyaceae* و *Tetracarpaceae* و *Byblidaceae* وغيرها. كما أن أغلب الأجناس فيها متوطنة ففيها أكثر من 570 جنساً متوطناً مثل: *Makea* وBoronia و *Dampiera* وغيرها.

ونظراً لأن استراليا كانت متصلة . في الحقب الجيولوجية القديمة . بالقارة القطبية الجنوبية والمنطقة المدارية وشبه المدارية (الهند) فإنها تحوي عدداً من الفصائل المشتركة مع هذه المناطق، مثل الفصيلة السذابية *Rutaceae* والفصيلة الآسية *Mytraceae* وعديد من أجناس الفصيلة *Sterculiaceae*، المشتركة مع المناطق المدارية. يوجد في فلورا استراليا عديد من

الفصائل المشتركة مع المملكة القطبية الجنوبية مثل فصيلة أروكاريا *Araucariaceae* و *Podocarpaceae* و *Winteraceae* وغيرها. هذا إضافة إلى عديد من الأجناس مثل *Nothofagus* و *Hebe* و*Donatia* وغيرها، والجدير بالذكر أن معظم هذه الفصائل والأجناس القطبية الجنوبية تتمثل في استراليا كوحدات باقية Relic، وتنتشر أساساً في المناطق الجبلية في جنوب شرق استراليا وتاسمانيا.

يلاحظ انعدام العلاقة تقريبا بين فلورا استراليا وفلورا منطقة الكاب ومدغشقر، باستثناء بعض الأجناس القليلة مثل جنس *Caesia* المشترك مع فلورا الكاب، وجنس *Keraundrenia* المشترك مع مدغشقر، ويعتقد أن هذا يعود إلى الانقطاع المبكر للصلة بين استراليا وإفريقيا.

تقسم المملكة الاسترالية إلى ثلاث مناطق وهي: المنطقة الشمالية الشرقية North – East Region، والمنطقة الجنوبية الغربية South – West Region والمنطقة الوسطى Central Australian Region or Eremaen Region.

VI. المملكة القطبية الجنوبية Holantractic (Antarctic) Realm

تشمل المنطقة القطبية الجنوبية المناطق الباردة من نصف الكرة الأرضية الجنوبي والجزر المحيطية التي توجد خارج المملكة الاستوائية القريبة من القارة القطبية الجنوبية، إضافة إلى المناطق الجنوبية من أمريكا الجنوبية وبعض مناطق نيوزيلندا، وتبعاً ل (Takhtajan, 1986) فإن هذه المملكة تضم 10 فصائل متوطنة أهمها: *Lactoridaceae* و *Gomortegaceae* و *Hectorellaceae* و *Misodendraceae* وغيرها، كما يوجد فيها عدد من الأجناس المتوطنة مثل: *Acaena* و *Azorella* و Gunnera و Astelia وغيرها. تقسم المملكة القطبية الجنوبية إلى أربع مناطق وهي:

- منطقة نيوزيلندا Neozelandic Region.
- منطقة التشيلي . باتاغونيا Chile – Patagonia Region.
- منطقة فرناندیزیا Fernanandezian Region.
- منطقة الجزر شبه القطبية الجنوبية Region of south subtropical Islands.

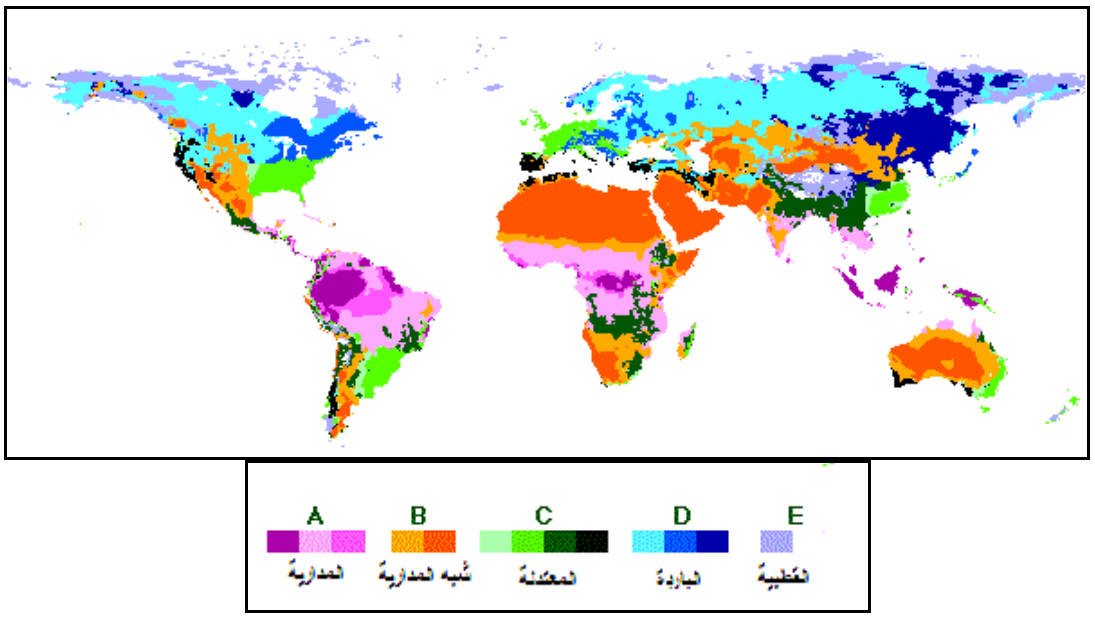
النطاقات المناخية والأقاليم الحيوية
Climatic zones and Biomes of the Earth

الفصل الأول

النطاقات المناخية على سطح الأرض Climatic zones of the Earth

تبرز عند تصنيف العالم إلى أقاليم مناخية مشكلة تتعلق بالعوامل الرئيسة التي تؤدي إلى تمييز أنواع مناخية مميزة، فمعرفة عامل مناخي واحد غير كافٍ، ويجب أن يبنى التصنيف على مجموعة من العوامل التي تتحكم في مناخ العالم. تختلف أسس التصنيف المناخي باختلاف الغرض منه، فتصنيف العالم إلى أقاليم مناخية بالنسبة للنباتيين ربما يعتمد أساساً على الغطاء النباتي، فيعد فالتر (Walter, 1987) مثلاً أن درجة الحرارة والرطوبة وتباينهما الفصلي من أهم العوامل المناخية التي تؤثر في توزيع الغطاء النباتي على سطح الكرة االرضية، ومن محاولات التصنيف المناخي محاولات علماء النبات البحث في العلاقة بين العوامل المناخية وتوزيع أنماط الغطاء النباتي الطبيعية في العالم، إذ يعد الغطاء النباتي الطبيعي عنصراً هاماً في التصنيف المناخي، وقد تمكن علماء النبات من اكتشاف عدد من العلاقات بين توزيع الغطاء النباتي الطبيعي ودرجة الحرارة والرطوبة، مما يجعل لهذين العاملين المناخيين أهميتهما في التصنيفات المناخية، وتستعمل هذه التصنيفات مصطلحات نباتية كمناخ الغابات المطرية Rain forestوالصحاري Deserts والسهوب Steppe والتندرا Tundra وغيرها، ولهذه المصطلحات كافة مدلول العلاقات المناخية والنباتية.

يعد تصنيف كوبن Koppen (انظر Pidwirny, 2006) من أهم التصنيفات التي هدفت إلى ربط المناخ بتوزيع النباتات، وقد بني تصنيف كوبن على المتوسط الشهري والسنوي لدرجة الحرارة وعلى كمية الهطول وتوزعها الفصلي، وتضمن تصنيفه خمس مناخات رئيسية تتطابق مع أنماط الغطاء النباتي والتربة، وأعطى لكل اقليم رئيسي رمزاً، وهذه المناخات هي (الشكل 74):



الشكل 74. الأقاليم المناخية الرئيسية حسب كوبن

A. أقاليم الغابات المدارية الرطبة Moist tropical climates، وتتميز بارتفاع درجة الحرارة على مدار العام، وبكمية الهطول العالية على مدار العام.

B. الأقاليم الجافة Dry climates، التي تتميز بانخفاض كمية الهطول وبالمدى الحراري اليومي الواسع، وقد قسم هذه الأقاليم إلى مجموعتين هما: المناطق شبه الجافة أو السهوب والمناطق الجافة أو الصحاري.

C. أقاليم العروض المعتدلة المطرية Humid middle latitude، وتتميز بشتاء معتدل وصيف دافئ.

D. أقاليم الغابات الباردة، ويتميز بأن كمية الهطول غير مرتفعة وبتباين درجات الحرارة والشتاء شديد البرودة.

E. القطبية، وفيها لا تزيد الأشهر التي لا يحدث فيها التجلد عن أربعة شهور

هذا وقد قسم كوبن كل من هذه الأقاليم المناخية الكبرى إلى أقاليم فرعية مميزة.

أما فالتر (Walter, 1973; Walter, 1979) فقد قسم العالم إلى نطاقات مناخية كبرى مبنية على توزع أنماط الغطاء النباتي وهي:

I. نطاق المناخ الاستوائي The equatorial zone، ويمتد على جانبي خط الاستواء حتى درجة العرض 10 تقريباً، ويتميز بأن التباين الحراري اليومي Diurnal variation يفوق التباين الحراري السنوي، ويتراوح متوسط درجة الحرارة السنوية بين 25 و27 درجة مئوية، أما كمية الهطول فمرتفعة وتتراوح بين 2000 و4000 مم، وتبلغ حدها الأقصى في الاعتداليين الربيعي والخريفي.

II. **النطاق المداري The tropical zone**، ويقع شمال وجنوب النطاق الاستوائي بين خطي العرض 10 و30 شمالاً وجنوباً، ويتميز بتباين ملحوظ في متوسط درجة الحرارة اليومية، وتبلغ الأمطار أقصاها عندما تكون الشمس في السمت **Zenith**، ويميز فصلان صيف ماطر في الشهور الحارة وشتاء جاف في الشهور الأقل درجة حرارة (الباردة) ، ويزداد طول الفصل الجاف وتنخفض كمية الأمطار مع الابتعاد عن خط الاستواء.

III. النطاق شبه المداري الجاف **The subtropical dry zone**، ويقع حول خط العرض 30 شمال وجنوب خط الاستواء، ويتميز بكمية الأمطار القليلة، وبدرجات الحرارة النهارية المرتفعة، ويمكن أن تنخفض درجة الحرارة وفي أشهر الشتاء إلى الصفر ليلاً، ويتمثل هذا النطاق بالصحارى الحارة.

IV. النطاق الانتقالي شتوي الأمطار The transitional zone with winter rain، ويوجد حول خطوط العرض 40، ويتميز بصيف طويل حار وجاف وبشتاء معتدل، ويطلق عليه مناخ المتوسط Mediterranean climate.

V-VIII. النطاقات المعتدلة Temperate zone، ويميز فيها مناطق ذات مناخ محيطي Oceanic climate رطب، ومناخ قاري جاف Continental climate صيفه أدفأ وشتاءه أبرد مقارنة بالمناخ المحيطي، ويميز في النطاقات المعتدلة المناطق التالية:

V. المناطق ذات المناخ المعتدل الدافئ Warm temperate climate، وتتميز بشتاء لطيف وبصيف شديد الرطوبة.

VI. المناطق ذات المناخ المعتدل النموذجي Typical temperate climate، وينتشر أساساً في وسط أوروبا والمناطق في شمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية، ويتميز بشتاء بارد غير طويل وبصيف بارد . معتدل.

VII. المناطق ذات المناخ المعتدل الجاف Arid temperate climate، وهو مناخ قاري، يتميز بتباين كبير في درجات الحرارة بين الصيف والشتاء وبكمية الهطول القليلة.

VIII. النطاق الشمالي أو البارد Boreal or cold temperate climate، ويتميز بصيف معتدل البرودة Cool ورطب وشتاء بارد طوله أكثر من ستة شهور.
IX. النطاق المناخي القطبي The arctic climatic zone، ويتميز بكمية الهطول القليلة التي تتوزع على مدار العام، ويتميز بصيف قصير وعديم الليل وشتاء طويل مظلم (عديم النهار).

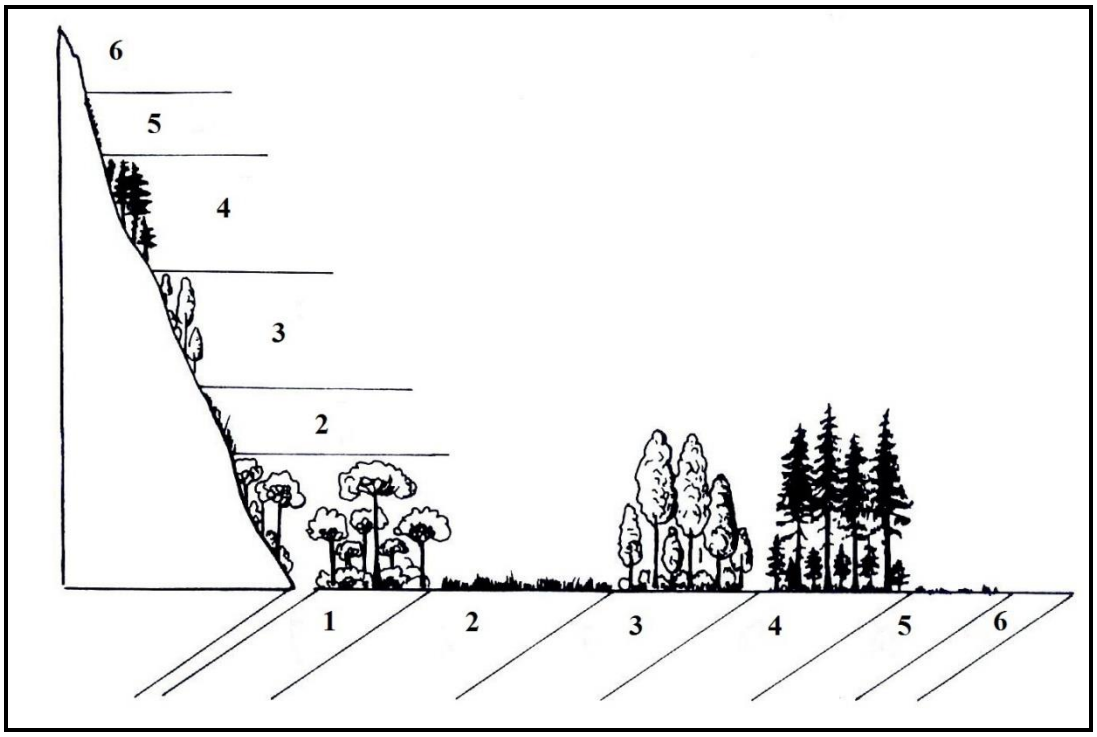
مناخ المرتفعات

يسود هذا المناخ في المناطق الجبلية الكبيرة مثل سلاسل جبال الروكي والانديز وجبال الهيمالايا وجبال الألب وبعض الجبال المرتفعة في إفريقيا، ويتميز المناخ في المرتفعات بتنوع نطاقاته على الجبال بسبب عامل الارتفاع، فمن المعروف أن درجة الحرارة تنخفض مع الارتفاع ، ويتدرج هذا الانخفاض بانتظام حتى نهاية طبقة التربوسفير Troposphere على ارتفاع نحو 10 . 11 كم فوق سطح البحر، ويطلق على هذا الانخفاض التدريجي اسم معدل درجة الهبوط Normal (Environmental) lapse rate الذي يبلغ متوسطه نحو 0.65 درجة مئوية لكل ارتفاع قدره 100 م (انظر Pidwirny, 2006).

يعد الارتفاع والتضاريس المحلية والحواجز الجبلية العوامل الرئيسية التي تؤثر في مناخ المرتفعات، فإضافة إلى الانخفاض التدريجي في درجة الحرارة، ينخفض أيضاً مع زيادة الارتفاع الضغط الجوي وكمية السحب والغبار ويصبح الجو أكثر شفافية مما يسمح بمرور كمية أكبر من الإشعاع الشمسي مقارنة بالمناطق المنخفضة، كما تؤثر التضاريس المحلية تأثيراً بالغاً في الأشعة الشمسية على المنحدرات، ففي نصف الكرة الأرضية الشمالي تتلقى السفوح الجبلية الجنوبية كمية من الأشعة الشمسية المباشرة تفوق كثيراً السفوح الشمالية، وتعوق الحواجز الجبلية تقدم الكتل الهوائية مما ينعكس في اختلاف بينٍ في درجة الحرارة على جوانب الكتل الجبلية، كما تتلقى الكتل الجبلية التي تقع في مهب الرياح الرطبة كمية من الأمطار تفوق كثيراً السفوح التي تقع في ظل المطر، ومع زيادة الارتفاع تزداد نسبة الهطول الثلجي وتزداد فترة بقاء الثلج على المرتفعات، ويختلف خط الثلج الدائم من منطقة إلى أخرى، ويتوقف على درجة حرارة الهواء ومقدار تعرض السفوح الجبلية للأشعة الشمسية، ويبلغ خط الثلج الدائم أقصى ارتفاع له في المناطق المدارية، ومن ثم ينخفض باتجاه القطبين، وتتمثل بشكل عام النطاقات المناخية الجبلية على المرتفعات في جبال المناطق المدارية بمناخ المناطق المدارية حتى ارتفاع 1600 م، يعلو ذلك مناخ المناطق المعتدلة حتى ارتفاع نحو 3200 م، وأعلى من ذلك يسود مناخ المناطق الباردة حتى ارتفاع 5000 م تقريباً، ويبدأ أعلى من ذلك خط الثلج الدائم ويعلوه خط الجليد الدائم

حتى قمم المرتفعات، هذا ولابد من الأخذ في الاعتبار ان هذه الاختلافات المناخية ليست ثابتة وتختلف تبعاً لاختلاف الظروف المحلية.

تنعكس النطاقات المناخية الجبلية في التوزيع الرأسي Vertical zonation للغطاء النباتي، أي بوجود نطاقات نباتية تبعاً للارتفاع، وتشبه هذه النطاقات النباتية إلى حد ما نطاقات الغطاء النباتي الأرضية التي تمتد من خط الاستواء وحتى القطبين (الشكل 75)، ففي المناطق الجبلية المدارية المرتفعة يتميز الغطاء النباتي حتى ارتفاع 1500 . 1600 م بميزات الغطاء النباتي المداري، يعلوه حتى ارتفاع 3000 . 3200 م نمط الغطاء النباتي المميز للمناطق المعتدلة، واعلي من ذلك يسود مناخ ونمط الغطاء النباتي المميز للمناطق الباردة وذلك حتى ارتفاع 5000 م تقريبا، وأعلى من ذلك يتمثل خط الثلج الدائم الذي يعلوه خط الجليد الدائم حتى قمم المرتفعات، ولكن هذه الاختلافات بنمط الغطاء النباتي والمناخات ليست ثابتة في المناطق المدارية كافة وتختلف تبعاً لاختلاف الظروف المحلية.



الشكل 75. توزيع أنماط الغطاء النباتي من خط استواء إلى القطب الشمالي ومن قاعدة الجبال (في المناطق المدارية) إلى قمتها

١. غابة مدارية 2. صحاري أو سهوب 3. غابات معتدلة متساقطة الأوراق
٤. غابات مخروطية 5. تندرا 6. ثلج وجليد

الفصل الثاني

الأقاليم الحيوية Biomes

الأقاليم الحيوية هي مناطق جغرافية تتميز بتجانس العوامل المناخية فيها وبالأخص درجات الحرارة وكمية الهطول، ويتشابه فيها الغطاء النباتي Plant vegetation ونمط الحياة الحيوانية وكائنات التربة، وتنتشر على مساحات واسعة، وتتشكل فيها نظم بيئية نموذجية تغطي كامل مساحتها، وتتميز بمظهر خارجي Physiognomy مميز ومتجانس، وبأشكال حياة Life forms متشابهة، وبسلاسل تعاقب Successions وذروة نباتية Climax* مميزة. فالسهوب Steppe مثلاً هي إقليم حيوي تسود فيه الحشائش Grass بالرغم من اختلاف أنواعها من مكان لآخر، وتحدد مجتمعات الحشائش . التي هي انعكاس للظروف المناخية . نمط الحياة الحيوانية التي تعيش في إقليم السهوب.

تصنيف الأقاليم الحيوية

تعد العوامل المناخية وبخاصة كمية الهطول ودرجة الحرارة من أهم العوامل التي تحدد أنماط الأقاليم الحيوية على سطح الكرة الأرضية، ويوجد عديد من تصانيف الأقاليم الحيوية أهمها:

- تصنيف هولدردج Holdridge (Holdridge, 1967) الذي يعتمد على النسبة بين التبخر – النتح Evapo-transpiration والهطول وتزداد هذه النسبة من المناطق الرطبة إلى المناطق الجافة.
- تصنيف ويتكر Whittaker (Whittaker, 1975)الذي بني على عاملي كمية الهطول ودرجة الحرارة، والإقليم الحيوي تبعاً لتصنيف ويتكر هو مجموعة من النظم البيئية على اليابسة تتميز بتشابه مظهرها الخارجي Physiognomy وبتركيب الغطاء النباتي Vegetation structure وبعوامل المناخ وخصائص الحياة الحيوانية التي تستوطنه.
- تصنيف فالتر Walter (Walter, 1973) ويعتمد كما التصنيفين السابقين على درجة الحرارة وكمية الهطول ويختلف عنهما بأنه أخذ في الاعتبار التوزيع الفصلي لدرجات الحرارة والهطول، وميز فالتر تسعة أنماط من الأقاليم الحيوية على سطح الكرة الأرضية.

ثانياً: الأقاليم الحيوية الرئيسية في العالم

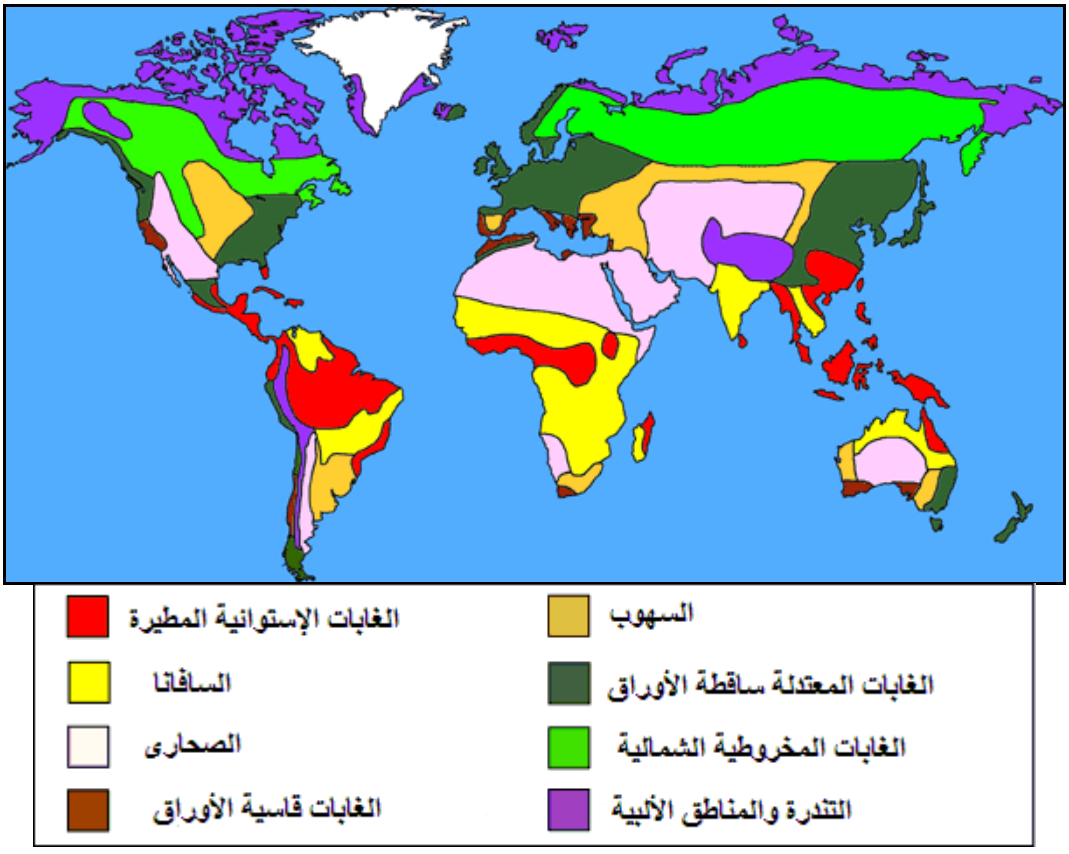
يوجد نمطان رئيسيان للأقاليم الحيوية على سطح الكرة الأرضية هما:

١. الأقاليم الحيوية المائية وتشمل الإقليم الحيوي البحري Marine biomes، الذي يضم البحار والمصبات Estuaries، والإقليم الحيوي للمياه العذبة Freshwater biomes الذي يضم البحيرات العذبة والأنهار والجداول Streams.

٢. الأقاليم الحيوية الأرضية Terrestrial biomes وهي أكثر تنوعاً من الأقاليم الحيوية المائية، وذلك بسبب تنوع عوامل المناخ وبخاصة درجات الحرارة وكمية الهطول، وتعين الأقاليم الحيوية الأرضية الرئيسية تبعاً لنمط الغطاء النباتي السائد، والإقليم الحيوي الأرضي هو مجموعة تشكيلات نباتية Plant formations مميزة ولها أشكال حياة Life forms متشابهة، وتنتشر على مساحات واسعة من سطح الأرض، وهي انعكاس لظروف الوسط، الذي تنتشر فيه.

٣.

وأهم الأقاليم الحيوية الأرضية، ابتداءً من خط الاستواء وحتى القطبين هي (الشكل 76):



الشكل 76. الأقاليم الحيوية الرئيسة Biomes في العالم

1. **الغابات الاستوائية المطرية Equatorial rain forests**، وتسود في المناطق الاستوائية، حيث تتراوح كمية الهطول السنوية بين 2000 و4000 مم، ومتوسط درجة الحرارة السنوي نحو 25 درجة مئوية، ولا يزيد تباين الحرارة الشهري بين أدفأ أشهر السنة وأبردها عن 3 درجات مئوية، وتتميز هذه الغابات بغناها بالأشجار الباسقة التي يبلغ متوسط ارتفاعها نحو 50 . 60 م، إلى جانب النباتات المتسلقة Lianas والعالقة Epiphytes. تتميز الحياة الحيوانية في هذا الإقليم بخصائص تمكّنها من التسلق والطيران لتتمكن من الحركة والانتقال داخل الغابة الكثيفة، كالأذرع الطويلة والذيل القادر على الإمساك Prehensile tail، مثل القردة والغوريلا والشمبانزي، وتكثر في هذه الغابات الطيور الملونة كأنواع الببغاء وطير الجنة Bird of paradise وغيرها، هذا وتبلغ كثافة الحياة الحيوانية أقصاها في قمة الغابة وتقل تدريجيا باتجاه أرضيتها.

2. **الغابات المدارية متساقطة الأوراق Deciduous tropical forests**، وتوجد في المناطق المدارية التي يسود فيها فصل ماطر طويل وفصل جاف قصير نحو 3 . 5 أشهر، وتتراوح كمية الهطول فيها بين 1000 و2500 مم، ويتركز الهطول في فصل الصيف، ودرجة الحرارة مرتفعة على مدار العام، ويزيد المدى الحراري السنوي عن 10 درجات مئوية. ومعظم هذه الغابات هي من الغابات الموسمية Monsoon forests، التي تتميز بغناها بالحياة الحيوانية حيث يعيش فيها الفيل ووحيد القرن والظباء والحمر الوحشية والقردة والنسانيس، والطيور كالطاووس الذي يعد هذا للإقليم موطنه الأصلي ودجاج الأدغال Jungle fowl الذي منه تطورت الدواجن الحالية، هذا إلى جانب الحيوانات اللاحمة كالأسود والنمور والذئاب والقطط الوحشية.

3. **السافانا Savana** توجد في المناطق التي تزيد فيها كمية الهطول السنوية عن 600 مم، وتتراوح فترة الجفاف بين 4 و6 أشهر، وهي منطقة انتقالية بين الغابات المدارية والصحارى، وتسود فيها الحشائش Grasses التي يزيد طولها عن المتر، إضافة إلى الأشجار المتناثرة مثل أنواع السنط *Acacia* والطلح *Acacia seyale* والتبلدي *Adansonia* وغيرها، والسافانا من مناطق الوفرة الحيوانية، وهي موطن لكثير من الحيوانات العاشبة واللاحمة، وأهم الحيوانات العاشبة الجاموس والحمر الوحشية ووحيد القرن والزرافة والغزال والكنغر والفيل، كما تعيش فيها الأسود والنمور والفهود والضباع وغيرها، إضافة إلى الطيور زاهية الألوان والنعام الذي فقد المقدرة على الطيران، وتتميز الحياة الحيوانية في السافانا بهجرتها الموسمية، إذ تضطر إلى الهجرة في الفترة الجافة نحو أطراف الغابات المدارية المجاورة وترافقها في هذه الهجرة الحيوانات اللاحمة التي تتغذى بها.

4. **الصحاري Deserts** وتتميز بندرة أمطارها التي نادراً ما تتجاوز الـ 200 مم في السنة، وبارتفاع درجات الحرارة التي تتجاوز في الفترة الحارة الـ 45 درجة مئوية، وتسود فيها النباتات العشبية الحولية والمعمرة قصيرة العمر، والتي تنهي دورة حياتها خلال أشهر عدة تلي سقوط الأمطار، إلى جانب أنصاف الشجيرات الجفافية. يتميز الغطاء النباتي في الصحاري بخصائص عامة متشابهة، أكثرها وضوحاً الغطاء النباتي المفتوح Open vegtation، فنباتاتها متباعدة تفصل بينها مساحات جرداء مكشوفة، وتندر الأشجار والشجيرات فيها، إضافة إلى انخفاض الكتلة الحية Biomass، أما الحياة الحيوانية في الصحاري ففقيرة بأعدادها ومنخفضة الكثافة، وأهمها الغزال والوعل والمها والقوارض والسحالي والأفاعي وغيرها.

5. **الغابات قاسية الأوراق Schlerophyllous forests**، التي تنتشر في شواطئ البحر المتوسط والمناطق المشابهة، ذات الصيف الحار والجاف والشتاء المعتدل والرطب حيث تتراوح كمية الهطول بين 200 مم في الشواطئ الإفريقية المطلة على المتوسط ونحو 1000 مم في الشواطئ الإسبانية. وأهم الأنواع في هذه الغابات هي السنديان *Quercus ilex* والغار *Laurus nobilis* والبطم *Pistaia lentiscus* والقطلب *Arbutus unedo* وأنواع الصنوبر *Pinus* وغيرها، ومعظم الحيوانات في هذا الإقليم ليست أصيلة وتنتسب إلى المناطق المجاورة، وأهمها الماعز الجبلي والذئاب والظباء والسناجب والخنازير البرية والدب الأسمر Grizzly beer إلى جانب الطيور وبعض القوارض .

6. السهوب Steppes، وتسود في المناطق التي تقع بين الصحاري والغابات المعتدلة ساقطة الأوراق، ولها أسماء متعددة: السهوب في آسيا والبراري Prairie في أمريكة الشمالية والبامبا Pampa في أمريكة الجنوبية. يسود في إقليم السهوب المناخ الحار صيفاً والبارد شتاءً، وتتراوح كمية الهطول بين 300 و500 مم في السنة. يتميز الغطاء النباتي في السهوب بسيادة الحشائش Grass والأعشاب Herbs، أما الأشجار فتكاد تكون معدومة، وبهذا تختلف عن السافانا التي تكثر فيها الأشجار المتفرقة، كما تتنوع الحياة الحيوانية فيها، فهي موطن عديد من الحيوانات كبعض أنواع الغزلان والظباء وابن آوى والسنجاب والأرانب، إضافة إلى الأفاعي والطيور والحشرات.

7. **الغابات المعتدلة متساقطة الأوراق Deciduous summer forests**، وتوجد في المناطق المعتدلة، بين خطي العرض 40 و60 شمال خط الاستواء، وتتراوح كمية الهطول فيها بين 750 و1000 مم، وتسقط الأمطار على مدار السنة مع زيادة واضحة في فصل الصيف الدافئ. معظم أشجار هذه الغابات عريضة الأوراق وغير متحملة للجفاف، مثل الزان *Fagus* وأنواع البلوط *Quercus* والمران *Fraxinus* والقيقب *Acer* والزيزفون *Tilia* وغيرها. تتمثل الحياة النباتية في هذه الغابات بالدببة والخنازير البرية والسناجب والقطط البرية والثعالب وعديد

من الطيور، ومعظم الحيوانات من ذوات الفراء الذي يقيها برد الشتاء، أما الطيور فمعظمها من الأنواع المهاجرة إذ تهاجر شتاءً نحو العروض الدافئة.

8. **الغابات المخروطية الشمالية Boreal coniferous forests (التايغا Taiga)** وتوجد في نصف الكرة الأرضية الشمالي، وهي أكبر الأقاليم الحيوية اتساعاً، وتمتد من أقصى غرب أمريكا الشمالية إلى أقصى شرق آسيا. يتميز إقليم التايغا بمناخ شديد القارية، إذ يبلغ متوسط درجة حرارة كانون الثاني نحو 15 درجة مئوية تحت الصفر، ويزيد متوسط درجة حرارة الصيف عن 10 درجات مئوية، وتتراوح كمية الهطول السنوية فيه بين 350 و500 مم. يسود في إقليم التايغة الغابات المخروطية Coniferous forests أبرية الأوراق ودائمة الخضرة، كأنواع الصنوبر *Pinus* والتنوب *Picea* واللاركس *Larex* وغيرها، أما الحياة الحيوانية فيها فمحدودة وتقتصر على الحيوانات ذات الفراء كالدببة والذئاب والأيل Stag والسناجب وابن عرس وغيرها.

9. **التندرا Tundra** ويوجد معظمها ضمن الدائرة القطبية الشمالية حيث الصيف قصير ولا يتجاوز متوسط درجة حرارة تموز الـ 10 درجات مئوية، والشتاء طويل وشديد البرودة وتنخفض فيه درجة الحرارة الدنيا إلى ما دون الـ 50 درجة مئوية تحت الصفر، وتتراوح كمية الهطول السنوية بين 200 و250 مم، وتسود في الغطاء النباتي الأشن Lichens والنباتات البريوية Bryophyta وقليل من الشجيرات والأعشاب، وأهم حيوانات التندرا هي الرنة Reindeer وثور المسك Musk ox والدب القطبي والذئب القطبي والثعلب القطبي، ومعظمها تتميز بفرائها الأبيض، إضافة إلى الأرانب واللاموس Lemming التي تقضي فترة الشتاء في جحور تحت الجليد.

الباب الخامس

نطاقات الغطاء النباتي Vegetational zones

يرتبط توزع الغطاء النباتي على سطح الكرة الأرضية، بنطاقات المناخ والتربة المختلفة التي تمتد من خط الاستواء وباتجاه القطبين، ونطاقات الغطاء النباتي في نصفي الكرة الأرضية، غير متماثلة، وذلك لأن كتلة اليابسة في نصف الكرة الشمالي تفوق مثيلتها في نصف الكرة الجنوبي الأمر الذي ينعكس بدوره على المناخ والنطاقات النباتية.

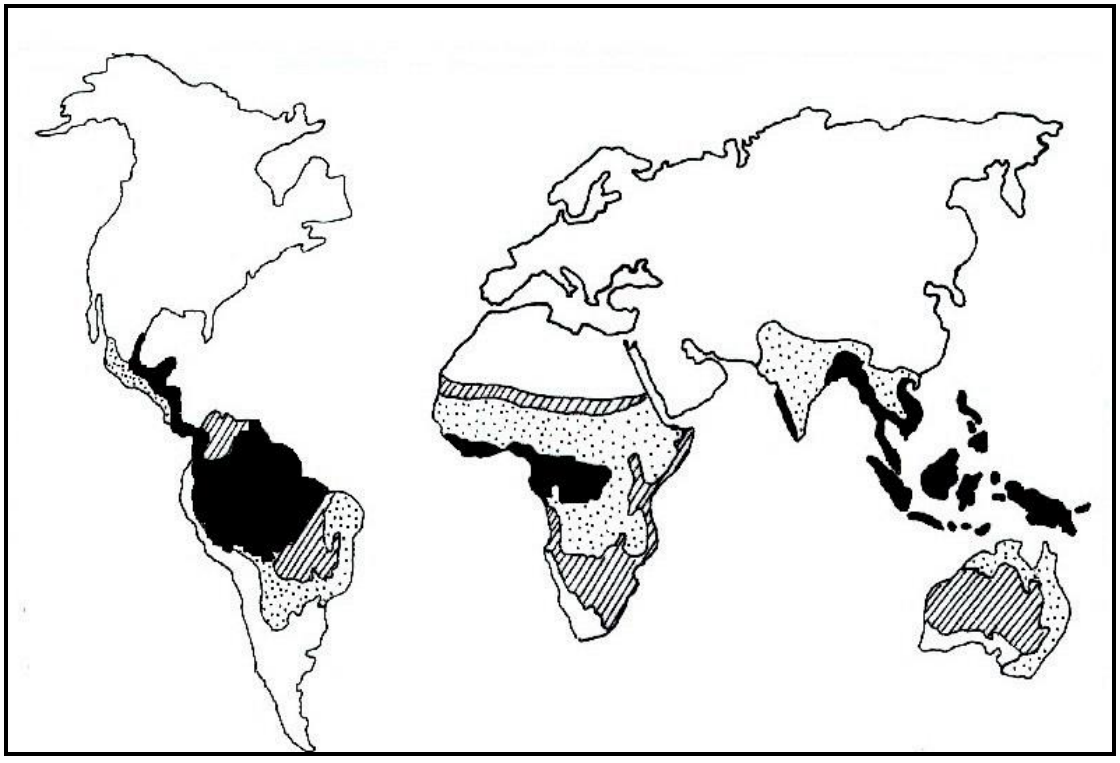
فالصحاري الواسعة في نصف الكرة الشمالي لا تقابلها إلا مساحات صغيرة في نصف الكرة الجنوبي، والغابات المخروطية في المناطق المعتدلة الباردة لنصف الكرة الشمالي تنعدم تقريباً في نصف الكرة الجنوبي.

وسنستعرض فيما يأتي نطاقات الغطاء النباتي الرئيسية على سطح الكرة الأرضية ابتداءً من خط الاستواء وحتى القطبين (الشكل 76).

الفصل الأول

النطاق المداري Tropical zone

توجد الغابات في النطاق المداري على جانبي خط الاستواء وتمتد حتى المدارين تقريباً(الشكل 77). كانت الغابات المدارية تحتل، في أزمنة سابقة، مناطق أوسع منها حالياً ولكن نتيجة لتغير المناخ في اتجاه الجفاف من ناحية ولتأثير الإنسان المتزايد، وخاصة في المائة سنة الأخيرة، والناجم عن قطع الغابات وتحويلها إلى أراض زراعية من ناحية ثانية، أخذت مساحات الغابات تنحسر، وتقدر الخسارة السنوية في مساحة الغابات الطبيعية في العالم بنحو 13 مليون هكتار معظمها في أمريكا الجنوبية (4.3 مليون/هـ) وإفريقيا (4.0 مليون/هـ) (FAO, 2011) .



الشكل 77. أنماط الغطاء النباتي في النطاق المداري

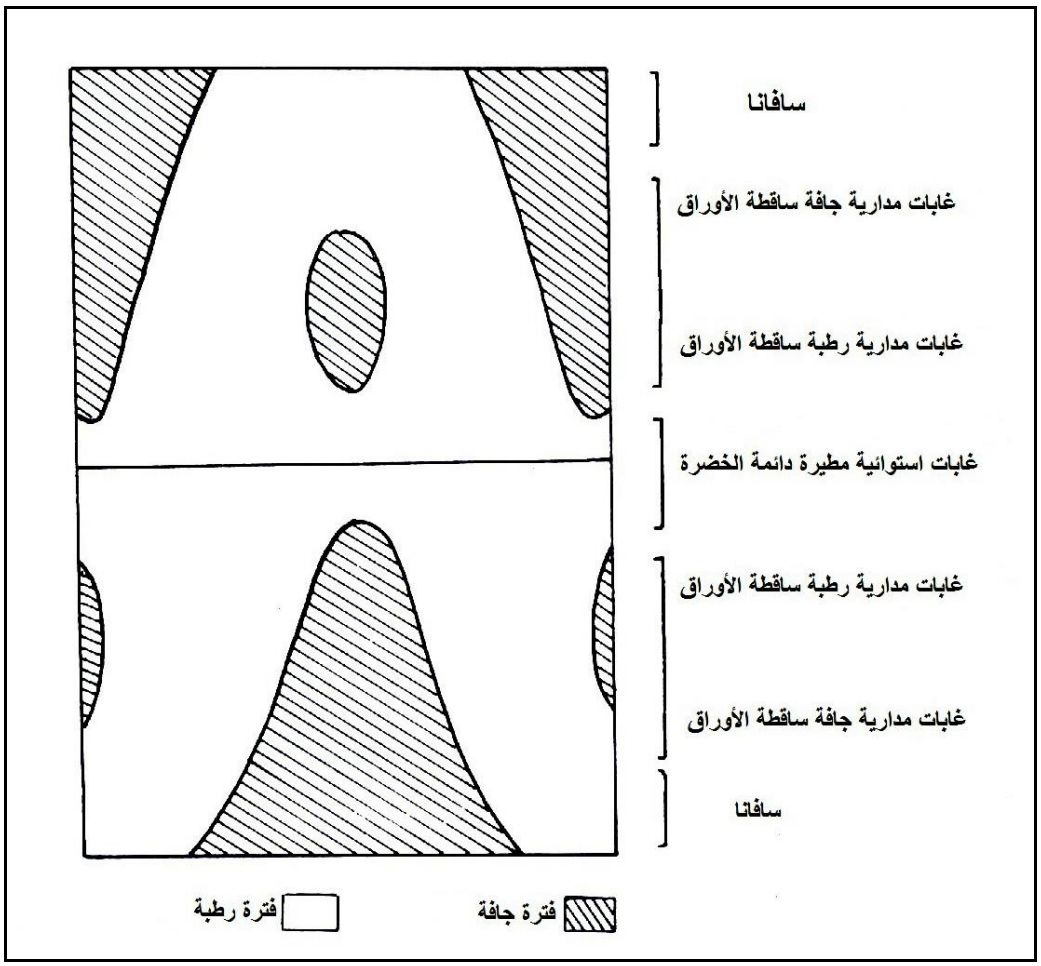


وتعد الأمطار أهم عامل في تحديد نمط الغطاء النباتي في المناطق المدارية (الجدول10 والشكل 78).

الجدول 10. العلاقة بين كمية الأمطار السنوية وطول فترة الجفاف ونمط الغابات المدارية

نمط الغابة	كمية الأمطار سم	طول فترة الجفاف
الغابات الاستوائية المطرية	أكثر من 180	معدومة
الغابات نصف دائمة الخضرة	180 – 130	1 – 3 أشهر يسقط في كل شهر منها 5 – 10 سم من المطر
الغابات متساقطة الأوراق	130 – 80	5 أشهر يسقط في شهرين منها 2.5– 3 سم، ويسقط في 3 أشهر 2.5 – 10 سم

يبين الشكل 78 أن الغابات الاستوائية المطرية توجد على جانبي خط الاستواء حيث الأمطار على مدار السنة، ومع الابتعاد عن خط الاستواء تظهر فترة جافة قصيرة تزداد مدتها كلما ابتعدنا عن خط الاستواء، الأمر الذي ينعكس على الغطاء النباتي إذ يحل محل الغابات المطيرة دائمة الخضرة الغابات ساقطة الأوراق ومن ثم السافانا وذلك تبعاً لطول الفترة الجافة.



الشكل 78. العلاقة بين تعاقب الفترات الجافة والرطبة ونمط الغطاء النباتي في النطاق المداري

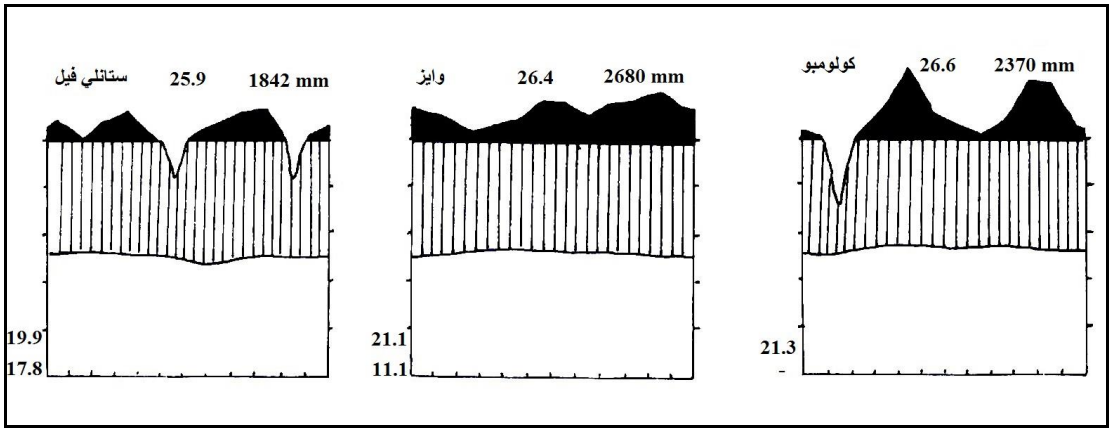
أ. الغابات الاستوائية المطرية Equatorial rain forests:

كما يتضح من الشكلين 77 و78 توجد الغابات الاستوائية المطرية على جانبي خط الاستواء في المناطق التي ينعدم فيها الجفاف، أما في المناطق التي يتعاقب فيها فصل مطير بعد فصل جاف فلا توجد هذه الغابات حتى ولو كان الفصل الجاف قصيراً ولا يزيد عن عدة أسابيع. وتنتشر هذه الغابات في بعض أجزاء ساحل غانا وحوض الكونغو والنصف الشرقي من جزيرة مدغشقر وجنوب شرق آسيا وأمريكا الوسطى وحوض الأمازون في أمريكا الجنوبية.

مناخ الغابات الاستوائية المطرية:

يعد مناخ الغابات الاستوائية المطرية أفضل مناخ على سطح الكرة الأرضية بالنسبة لنمو النباتات (الشكل 79)، فكمية الأمطار السنوية مرتفعة جداً وتتراوح بين 200 و400 سم، وفي بعض المناطق تزيد عن ذلك كثيراً وتصل في غويانا إلى 1200 سم، وفي بعض مناطق

الكاميرون إلى 1050 سم، ففي جزيرة جاوا مثلاً يتغير متوسط درجة الحرارة الشهري بين أبرد أشهر السنة وأدفئها في حدود درجة مئوية واحدة، إذ يبلغ 24.3 درجة مئوية في فبراير (شباط) و25.3 درجة مئوية في أكتوبر (تشرين الثاني)، وتصل كمية الأمطار السنوية إلى نحو 4370 مم، ويهطل في شهر يناير (كانون الثاني)، الذي يعد أغزر أشهر السنة أمطاراً حوالي 450 مم، أما في شهر أغسطس (آب) وهو أكثر أشهر السنة جفافاً فتصل كمية الأمطار إلى 230 مم، ويفوق التباين اليومي في درجات الجرارة كثيراً التباين في متوسط درجات الحرارة الشهرية، إذ يمكن للتغيرات الحرارية اليومية أن تصل إلى 9 درجات، ففي شهر أكتوبر (تشرين الثاني) قد ترتفع الحرارة من 23.4 درجة مئوية في السادسة صباحاً إلى 32.4 درجة مئوية في الثانية ظهراً، وحتى في الأيام الماطرة يمكن أن تصل الفروق اليومية في درجة الحرارة إلى 6 – 7 درجات.



الشكل 79. المخططات المناخية لبعض مناطق الغابات الاستوائية المطرية

وتتراوح الرطوبة النسبية للهواء بين 70 و 90% نهاراً أما في الليل فتصل إلى 100%، ولا تنخفض في الأيام الماطرة عن 90%.

وتكاد تكون تغيرات درجة حرارة التربة معدومة تقريباً على مدار السنة، إذ تبلغ درجة حرارة تربة الغابات المطرية في اندونيسيا على عمق 10 سم نحو25 – 27 درجة مئوية، وعلى عمق متر واحد تكون ثابتة على مدار السنة وتبلغ 26 درجة مئوية، وعلى عكس التصورات السائدة فإن شدة الإضاءة في هذه المناطق أقل منها في المناطق المدارية وحتى أقل من بعض المناطق المعتدلة، وذلك بسبب كثرة الغيوم والرطوبة المرتفعة والدخان الناجم عن الحرائق. كما أن طول الفترة النهارية (النوبة الضوئية) ذات الأهمية الكبيرة في تطور وتكشف النباتات (انظر فصل

العوامل البيئية) قليلة التغير على مدار السنة وحتى في المدارين (الجدي والسرطان) إذ يصل طول أقصر يوم إلى 10.30 ساعة وطول أطول يوم إلى 13.30 ساعة ولهذا فإن النباتات التي تعيش في النطاق الاستوائي هي من نباتات النهار القصير.

تسقط الأشعة الشمسية عمودية على الأوراق، كما تكون شدة الإضاءة عالية في منتصف النهار، الأمر الذي ينجم عنه زيادة كبيرة في درجة حرارة سطح الأوراق، وقد ترتفع درجة حرارة سطح الأوراق بمقدار 10 – 15 درجة مئوية عن درجة حرارة الهواء المحيط، وبسبب ذلك تنخفض الرطوبة النسبية لطبقة الهواء الملامسة لسطح الورقة وقد تصل إلى 50%، كما تصل درجة الحرارة إلى أكثر من 30 درجة مئوية.

وفي مثل هذه الظروف المتكررة فإنه ليس من الغريب أن تكون الأوراق متكيفة لتقليل النتح، لذا فالأوراق قاسية ومزودة بأدمة سميكة، كما تُغلق الثغور في الظروف الحرجة، وهذا يلاحظ فقط على أوراق الأشجار المكونة للطابق العلوي التي تتلقى الأشعة الشمسية المباشرة، أما النباتات الأخرى الموجودة في الطوابق السفلية من الغابة فتختلف أوراقها اختلافاً كبيراً بسبب اختلاف المناخ الدقيق.

المناخ الدقيق للغابات الاستوائية المطرية Microclimate:

تؤثر العوامل المناخية التي سبق ذكرها في نمو النباتات المنعزلة، والنباتات الزراعية وتيجان الأشجار التي تكّون الطبقة العلوية، أما داخل الغابة فيختلف المناخ كلياً. والمناخ الدقيق هو مناخ الطبقة السطحية القريبة من سطح التربة، ويختلف ارتفاعه فوق سطح التربة حسب نمط الغطاء النباتي، ففي الغابات الاستوائية المطرية يصل إلى بضع عشرات الأمتار أما في المناطق الجافة فلا يزيد عن المتر إلا قليلاً.

تنخفض شدة الضوء في الغابات الاستوائية المطرية رأسياً بين سقف الغابة وسطح التربة، بالرغم من أن شدة الإضاءة متماثلة تقريباً على مدار السنة لأن الغابات المطرية دائمة الخضرة على عكس غابات المناطق المعتدلة متساقطة الأوراق، وتبلغ شدة الضوء في مستوى سطح التربة حوالي 0.5 – 1% من شدة الضوء الكاملة، وفي مثل شدة الضوء هذه لا تستطيع أن تعيش إلا في بعض النباتات الدنيا وبعض أنواع فصيلة *Hymenophyllaceae* التي تتطلب شدة ضوء لا تقل عن 0.25 – 0.5% من شدة الضوء الكاملة.

وتختلف الرطوبة النسبية للهواء ابتداءً من سطح التربة وإلى قمة أشجار الغابة، فعلى ارتفاع 18 م قد تنخفض حتى 60% (وبالأخص في ساعات الظهيرة)، أما في مستوى الطوابق العشبية وفوق سطح التربة مباشرة فهي قريبة من حد الإشباع.

ونظراً لكون الرطوبة النسبية للهواء في مستوى الطبقات السفلية مرتفعة جداً فإن الندى يتشكل كل ليلة تقريباً على جذوع وتيجان الأشجار حتى ولو كان انخفاض درجة الحرارة قليلاً جداً، وتصل كمية الندى إلى 100 سم^3/م^2، ويشكل طبقة على الأوراق يصل ارتفاعها إلى 0.1 مم، ويسيل على شكل قطرات (Walter, 1973).

تكون درجة الحرارة، في مستوى الطبقات السفلية، واحدة على مدار السنة ولا تزيد تغيراتها عن 1.4 درجة في الفصل الرطب و3.2 في الفصل الجاف، أما على ارتفاع 18م، فقد تصل تقلباتها إلى 7.2 درجة مئوية في الفصل الماطر و12.4 درجة في الفصل الجاف.

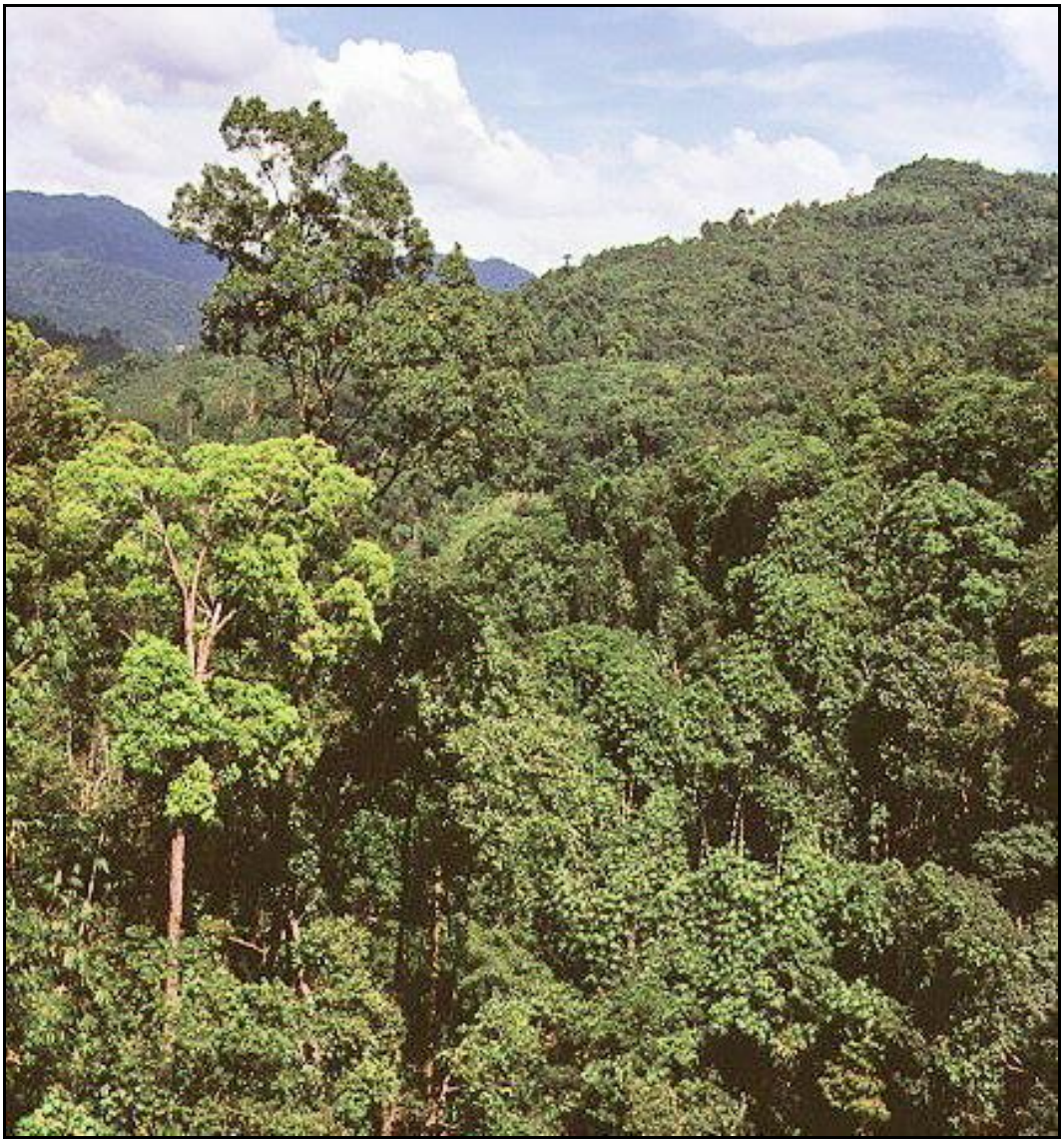
تربة الغابات الاستوائية الرطبة

يسود في مناطق الغابات الاستوائية المطرية تربة اللاتيريت Laterite، التي تتميز بأن طبقاتها السطحية تتألف من أكاسيد الحديد Fe_2O_3 وأكاسيد الألمينيوم Al_2O_3، مما يعطيها اللون الأحمر البني، ويرتبط تشكل هذه التربة بدرجة الحرارة المرتفعة والأمطار الغزيرة التي تؤدي إلى غسل عناصر السيليكا من الطبقة السطحية، كما تتميز أيضاً بانخفاض درجة الحموضة pH (4.5– 5.5)، وبخصوبتها المنخفضة . على عكس المتوقع ذلك أن هذه التربة ينمو عليها أكثر غابات العالم كثافة وغنى بالتنوع الحيوي . ولا تعود كثافة الغطاء النباتي إلى غنى التربة بالمواد الغذائية المعدنية والعضوية وإنما إلى سرعة دورة العناصر المعدنية وما يضاف إلى التربة من مواد عضوية ومعدنية بسبب التفكك السريع للبقايا النباتية، فبمجرد سقوطها تهاجمها الحشرات وبخاصة النمل والكائنات الدقيقة وتُفككها بشكل سريع وتتحرر العناصر الغذائية التي تمتصها النباتات وتستعملها مرة أخرى. تفقد هذه الترب خصوبتها بعد إزالة الغابات بشكل سريع، وتعد من الترب الزراعية الفقيرة ذلك أن العناصر المعدنية المدمصة Adsorbed على الغرويات تستعمل من قبل النباتات الزراعية وتستنفد خلال سنوات عدة.

تركيب الغابات الاستوائية المطرية

تبدي النباتات المكونة للغابات الاستوائية المطرية تأقلماً مثالياً للبيئة الدائمة الحرارة Ever heat والدائمة الرطوبة Ever wet، ويأتي في مقدمة ذلك غناها بالتنوع الحيوي، إذ تضم نحو 100 ألف نوع معروف من النباتات، إضافة إلى آلاف الأنواع الحيوانية، ويعود هذا التنوع الكبير، بالدرجة الأولى، إلى الظروف المناخية المثالية والدائمة على مدار العام، وإلى أن مناطق انتشار الغابات الاستوائية المطرية لم تتأثر بخطر العصور الجليدية التي أدت . في العروض العليا والمتوسطة . إلى انقراض الكثير من الأنواع التي سادت قبل العصور الجليدية.

يتجلى غنى الغابات الاستوائية المطرية في صعوبة نمو شجرتين من النوع نفسه بجانب بعضهما البعض، ويصل متوسط عدد الأنواع النباتية في الهيكتار (10.000 م^2) إلى نحو 40 نوعاً، وقد يصل إلى 100 نوع وأكثر، ويوجد في الغابات الاستوائية المطرية في اندنوسيا حوالي 3000 نوع شجري تنتسب إلى 450 جنساً، وفي جزيرة Moluques القريبة من غينا الجديدة، حوالي 2500 نوع شجري وفي حوض الأمازون 2500 نوع شجري أيضاً، هذا إلى جانب الأعشاب والشجيرات والنباتات المتسلقة Lianas والعالقة Epiphytes، التي تعد من الصفات المميزة لهذه الغابات لكثرة أعدادها، وتكثر هذه النباتات المتسلقة والعالقة مع زيادة رطوبة الهواء ونقصان كثافة الغابة (أي مع زيادة شدة الضوء).



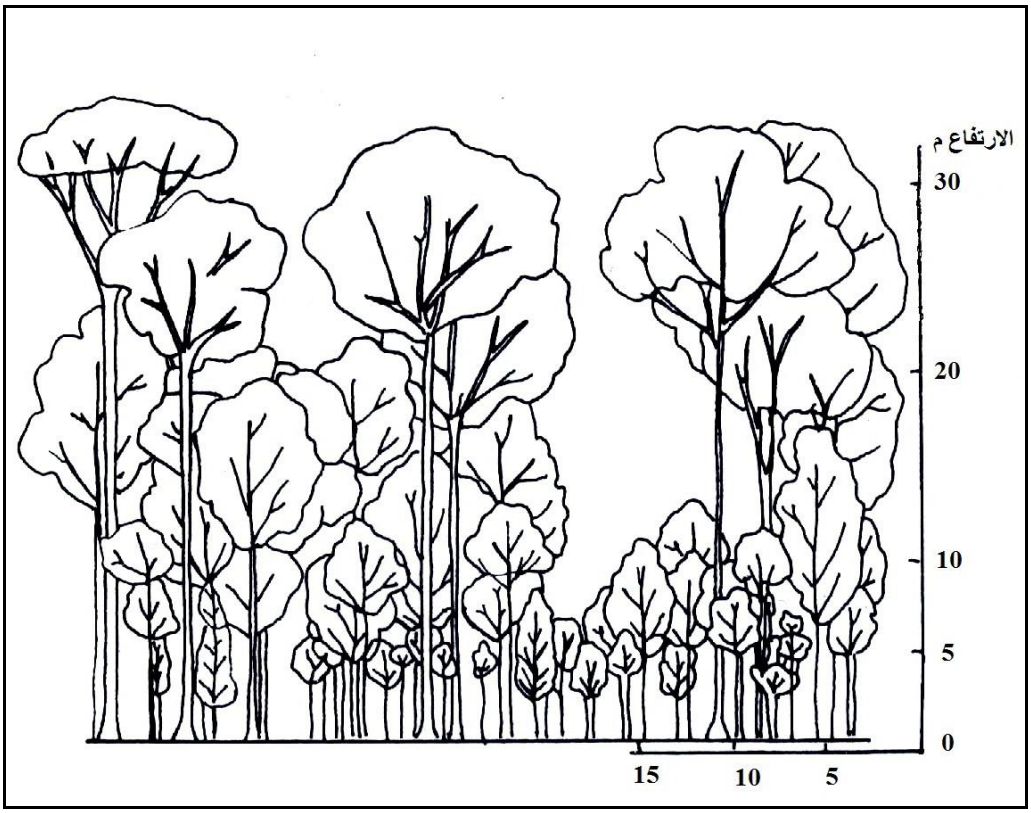
الشكل 80. منظر عام لغابة استوائية

وللغابات الاستوائية المطرية نفس المظهر الخارجي في جميع أجزاء الكرة الأرضية والذي لا يتغير على مدار السنة، وتنتظم الأشجار في ثلاث طبقات (الشكل 80 والشكل 81) هي:

الطبقة الأولى: وتضم أشجاراً يصل ارتفاعها إلى 40 – 60 م، ويزيد عن ذلك أحياناً، وتشكل سقف الغابة الذي يكون غالباً غير منتظم الارتفاع (متموجاً)، ذلك أن أشجار هذه الطبقة ليست بالضرورة متساوية الارتفاع، ويقدر ما تحجزه هذه الطبقة من ا الضوء الشمسي بنحو 50%. ويسود في هذه الطبقة أنواع الفصائل *Lecythiadaceae* والأرالية Araliaceae و الغارية *Lauraceae* وغيرها، كما تدخل ضمنها تيجان أشجار الفصيلة الخيمية *Umbelliferae* وغيرها.

الطبقة الثانية: وتتكون من الأشجار الأقل ارتفاعاً من أشجار الطبقة الأولى، وتضم الأشجار الفتية التي تنتمي إلى الطبقة الأولى والتي لم تصل إلى أوج نموها، إضافة إلى أنواع أخرى من الأشجار المتحملة للظل والتي لاتصل في أوج نموها إلى مستوى أشجار الطبقة الأولى، وتحجز أشجار الطبقة الثانية نحو 40% من الضوء الشمسي الذي يصل إليها، مما يعني أن أشجار الطبقتان الأولى والثانية تحجز نحو 90% من الضوء الشمسي الذي يصل إلى سطح الغابة، وغالباً لا تتميز أشجار هاتين الطبقتين بشكل واضح.

الطبقة الثالثة: وتتكون من أشجار وشجيرات محبة للظل، إذ لا يصل إلى مستوى هذه الطبقة أكثر من 10% من كمية الضوء، وتتميز أشجار وشجيرات هذه الطبقة بكثافتها المرتفعة، وتتراوح أطوالها بين 6 و15م، وتضفي نباتات هذه الطبقة مزيداً من الكثافة على الغابة وتعوق حركة الانتقال داخلها. تتكون أشجار هذه الطبقة من أشجار لم تبلغ طولها الكامل ومن أشجار بالغة من الفصائل الأنونية *Anonaceae*، والبنفسجية *Violaceae* وغيرها، أما الأشجار الأقصر من ذلك فتكون محاطة بالنباتات المتسلقة التي لا تصل إلى مستوى الأشجار العالية.



الشكل 81. قطاع طولي في غابة استوائية مطرية

ويوجد تحت الطوابق الشجرية الشجيرات والأعشاب الطويلة يليها طابق الأعشاب القصيرة وبادرات الأشجار، وأخيراً السراخس والرصن *Selaginella* وتشكل جميعها أرضية الغابة، وهذه الأنواع كافة محبة للظل، إذ تتراوح الشدة الضوئية بين 1 و5% من الشدة الضوئية في مستوى قمة الغابة، كما أنها متكيفة للبيئة عالية الرطوبة التي تسود في أرضية الغابة.

وتشكل الأنواع الشجرية والشجيرات حوالي 70% من مجموع الأنواع المشكلة للغابات الاستوائية المطيرة، أما الـ 30% الباقية من الأنواع فتنتمي إلى الأنماط البيولوجية الأخرى، والأنماط البيولوجية في الغابات الاستوائية المطرية هي:

١. الأشجار والشجيرات.
٢. الأعشاب.
٣. النباتات المتسلقة.
٤. النباتات نصف العالقة.
٥. النباتات العالقة.

خصائص النباتات الشجرية في الغابات الاستوائية المطرية

تتميز أشجار الغابات الاستوائية المطرية بصفات معينة مميزة أهمها:

- الجذع مستقيم أملس، والقشرة رقيقة ملساء ناصلة اللون وذلك لعدم تعرض الجذع للأشعة الشمسية المباشرة والرياح الجافة ولتوفر الرطوبة المرتفعة، وتتفرع الأشجار في فقط في قمتها، وتاجها صغير.
- نظراً للرطوبة المرتفعة وتوفر الحرارة الدائمة فان هذه الأشجار دائمة الخضرة، وبراعمها غير محمية أو نادراً ما تكون محمية بعنق الورقة أو بالأشعار أو الإفرازات الدبقة وأحياناً بالحراشف، وتكون الأوراق الفتية رقيقة وطرية، وبسبب بطء تمايز النسج فيها تبدو في الفترة الأولى من تشكلها وكأنها ذابلة ومتدلية للأسفل، كما تتميز الأوراق الفتية بتعدد ألوانها، ولكن الألوان تزول تدريجياً وتأخذ اللون الأخضر كما تصبح الأوراق جلدية، والأوراق البالغة تامة الحافة غالباً ومستدقة النهاية أما مساحتها فتتوقف على الطابق الذي توجد فيه الأشجار، وبشكل عام تقل مساحة الورقة وتغدو جلدية كلما اقتربنا من الطابق الشجري العلوي، فمثلاً يتراوح طول أوراق أشجار النوع *Phlyscias polybotrya* الموجودة في مستوى الطابق العلوي بين 55 و95 سم، أما تلك الموجودة

في مستوى طابق الشجيرات فيصل طولها إلى 170 سم، وهذا الاختلاف في طول ومساحة الأوراق ناجم عن تأثير المناخ الدقيق الذي يختلف اختلافاً كبيراً بين الطابق الشجري وطابق الشجيرات. وأهم ما يميز الأوراق شكلها البيضي وحافتها التامة وسطحها الأملس وقمتها المدببة التي تشكل ما يشبه القطارة Drip-point، مما يمكنها بسهولة وسرعة من التخلص من الماء الذي يسقط عليها أو يتكاثف على سطحها.

- الضغط الأسموزي في أوراق الغابات الاستوائية المطرية منخفض جداً، ويتراوح بين 9 و16 ضغطاً جوياً، وهذه القيم هي بالنسبة لأشجار الطوابق السفلية (Walter, 1973).

- ومن الصفات المميزة لأشجار الغابات الاستوائية المطرية الجذور الداعمة Buttressed roots التي تتشكل في قاعدة الأشجار، وتدعم الأشجار الطويلة ذات المجموع الجذري السطحي. ويرتبط تشكل الجذور الداعمة على هذا النحو بزيادة رطوبة التربة التي تؤدي إلى سوء تهويتها الأمر الذي ينعكس على نشاط الكامبيوم مما يؤدي إلى توقف نشاط الكامبيوم الموجود في الناحية السفلية من الجذور، أما الكامبيوم الموجود في جزئها العلوي فيستمر في النشاط وبذلك يزداد ارتفاع هذه الجذور الداعمة حتى يبلغ تسعة أمتار في بعض الأحيان، كما يتراوح قطرها بين عدة سنتيمترات وعدة أمتار (الشكل 82).



الشكل 82. الجذور الداعمة تتشكل في قاعدة أشجار الغابات الاستوائية المطرية

- ومن أهم الصفات التي تتميز بها الأشجار في الغابات الاستوائية المطرية هي ظاهرة الأزهار الجذعية Cauliflory (الشكل 83) أي تشكل الأزهار وبعد ذلك الثمار على الجذع مباشرة، فالبراعم الابطية تبقى سنوات عدة كامنة، وبعد ذلك تشق القشرة وتبدأ بالنمو وإعطاء الأزهار، وتلاحظ ظاهرة الأزهار الجذعية في المناطق المعتدلة فقط في أشجار الزمرريق *Cercis siliquastrium* (الشكل 84) والخروب *Ceratonia siliqua*، وظاهرة الأزهار الجذعية واسعة الانتشار في المناطق الاستوائية إذ توجد في أكثر من 1000 نوع من النباتات الشجرية وبالأخص في الأنواع التي تعيش في مستوى الطوابق السفلية مثل شجرة الكاكاو *Theobroma cacao* التي تعيش في الطوابق السفلية للغابات الاستوائية المطرية، ويعتقد أن هذه الظاهرة ناجمة عن وفرة المواد الغذائية في الجذع (انظر Walter, 1964).



الشكل 83. الأزهار الجذعية Cauliflory

١. شجرة *Pittosporum confertiflorum* 2. شجرة *Parmentiera edulis*



الشكل 84. الأزهار الجذعية في الزمرريق *Cercis siliquastrium*

- تتميز بذور كثير من الأنواع بأنها كبيرة وتدخر كمية كبيرة من المواد المغذية، مما يمكّنها من الإنبات والنمو لتصل إلى ارتفاعات كبيرة تكون فيها شدة الإضاءة مرتفعة نسبياً.
- يجري الإزهار في أي وقت من السنة، والأزهار جميلة ولكنها قليلاً ما تلاحظ بين الأوراق مختلفة الألوان، وتزهر بعض الأنواع في فترة محددة، ولكن بصورة عامة، لا تتوافق فترة الإزهار في الأنواع المختلفة، كما أنها قد تكون مختلفة عند أفراد النوع الواحد، ويمكن ملاحظة أشجار من النوع نفسه بعضها مزهر وبعضها مثمر وحتى على الشجرة نفسها قد نجد فروعاً مزهرة وأخرى مثمرة في الوقت نفسه.

الشجيرات

توجد، إلى جانب الأشجار التي تسود في الغابات الاستوائية المطرية، الشجيرات التي تشكل طابقاً مستقلاً مختلطاً مع الأشجار الفتية التي لم تبلغ بعد طولها الكامل، والأعشاب المرتفعة.

ويتلقى طابق الشجيرات كميات قليلة من الضوء بالمقارنة مع الأشجار، إذ تتلقى الشجيرات الضوء الذي ينفذ بين أوراق وأغصان الأشجار، وتتميز الشجيرات، كما هي الحال في الأشجار، بكونها قليلة التفرع وهذا يميزها عن شجيرات المناطق المعتدلة، والأوراق فيها كبيرة ورقيقة ونادراً ما تحتوي على أدمة والثغور مفتوحة بشكل دائم، وبصورة عامة تختلف أوراق الشجيرات عن أوراق الأشجار الجلدية وذلك لأن معدل النتح منخفض في مستوى طابق الشجيرات بسبب ارتفاع رطوبة الهواء وانخفاض الشدة الضوئية وسرعة الرياح.

الأعشاب:

تتميز الغابات الاستوائية المطرية بأن عدد الأنواع العشبية فيها قليل بالمقارنة مع الأنواع الشجرية، ويعود هذا، كما يُعتقد، إلى انخفاض شدة االضوء في مستوى الطوابق السفلية من الغابة، مما يؤدي إلى انتخاب الأنواع المتكيفة للنمو في شدة ضوئية منخفضة، وأغلب الأعشاب معمرة، والأجزاء الهوائية منها تبقى حية لسنوات عدة، بسبب انعدام الفصول، مما يمكّنها من أن تصل إلى ارتفاعات كبيرة تبلغ عدة أمتار، وفي كثير من الأحيان يمكن أن تصل إلى مستوى طابق الشجيرات مثل أنواع فصيلة *Scitaminaceae* والزنجبيلية *Zingiberaceae* والموز وغيرها.

ويختلف شكل ومساحة الأوراق في النباتات العشبية كثيراً، كما تختلف ألوانها التي قد تكون داكنة أو حمراء، ولكن أوراق أغلب الأنواع رقيقة وطرية، ومن أهم خصائص الأعشاب في الغابات الاستوائية المطرية تكيفها للنمو في شدة ضوئية منخفضة، كما أن تكاثرها يكون خضرياً على الأغلب.

النباتات المتسلقة Lianas

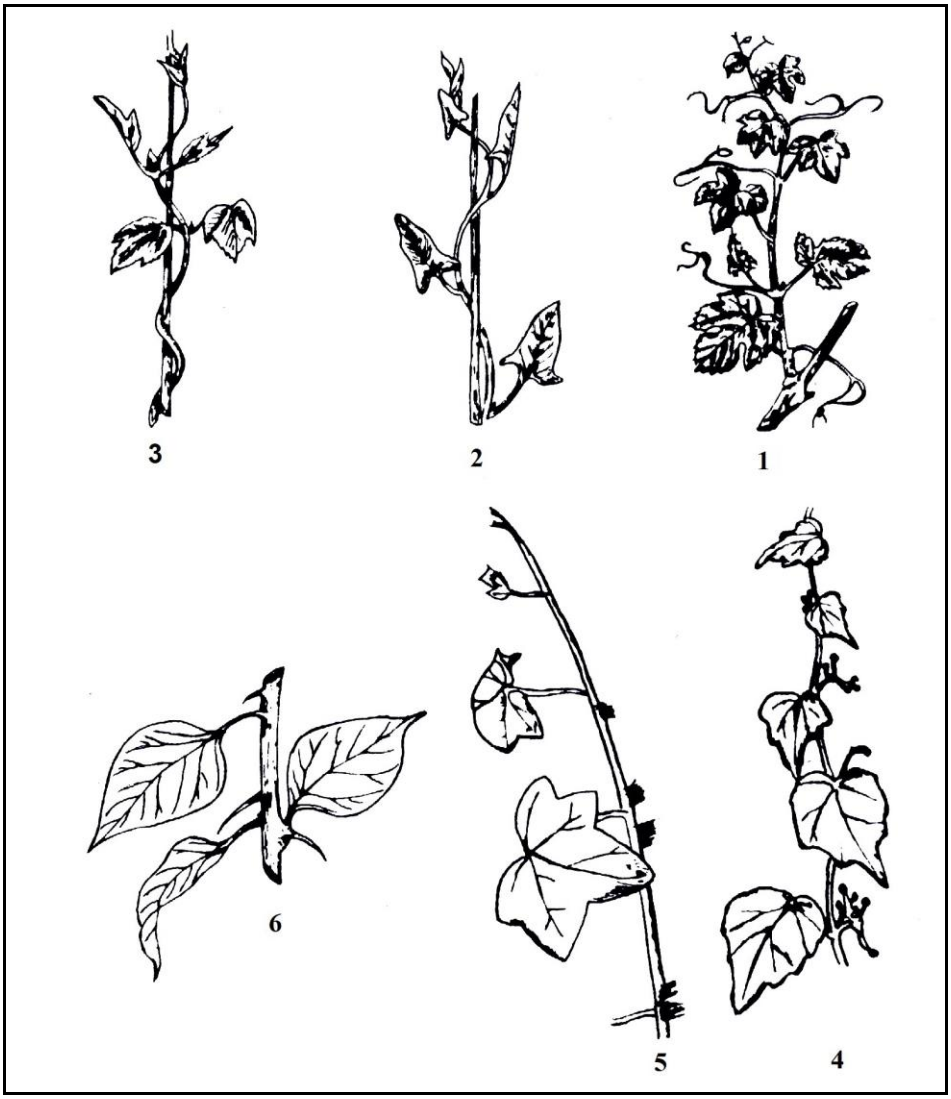
تتخذ النباتات المتسلقة Lianas وكذلك النباتات العالقة Epiphytes ونصف العالقة Hemiepiphytes من الأشجار مكاناً تتثبت فيه. تنبت بذور النباتات المتسلقة في التربة وتنمو بعد ذلك سوقها بسرعة دون أن تشكل أنسجة دعامية كثيرة، وترتفع هذه النباتات إلى الأعلى وتصل إلى المكان المناسب من حيث شدة الإضاءة، وتتسلق دعاماتها من النباتات المختلفة وذلك بوساطة (الشكل 85):

أ. الأشواك أو المحاجم Suction discs كما في نبات *Calamus* الذي يصل طوله إلى 200 . 240 متراً.

ب. الجذور العرضية Adventitious roots التي تنمو على الساق والتي تدخل في شقوق قشرة الأشجار أو تلتف حول جذوع الأشجار مثل نبات فانيلا *Vanilla* وأنواع فصيلة *Araceae*.

ج. التفاف سوق النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار، حيث تمتلك النباتات المتسلقة سوقاً ذات قمم سريعة النمو، وسلاميات طويلة لا تتكشف فيها الأوراق في بداية نموها، وشأنها في ذلك شأن النباتات التي تعاني من الشحوب الضوئي Etiolation، وعن طريق الحركة اللولبية للساق ترتفع هذه النباتات نحو الأعلى ملتفة حول جذوع وفروع الأشجار، وبعد ذلك تبدأ الساق بالثخن والتخشب، وتنتسب أغلب النباتات المتسلقة إلى هذه المجموعة.

د. المعاليق tendrils وهي عبارة عن أعضاء خاصة متحورة تمكن النباتات المتسلقة من تثبيت نفسها بجذوع وفروع الأشجار.



الشكل 85. تكيف بعض النباتات للتسلق

١. بالمحاليق (الكرمة) 2 و3. بالالتفاف (لبلاب الحقول وحشيشة الدينار)

4. بالمحجم (الكرمة البرية) 5. بالجذور العرضية(نبات الهيدرا *Hedera*)

6. بالأشواك (في نبات الجهنمية *Bougainvillaea*)

وتصل النباتات المتسلقة إلى مستوى تيجان الأشجار حيث شدة الضوء مرتفعة، ولكنها تستطيع في أطوار نموها الأولى تحمل الإضاءة المنخفضة في مستوى الطوابق السفلية، وتكثر النباتات المتسلقة في المناطق المفتوحة من الغابة وعند حوافها كما وقد تشكل عند حواف الأنهار أيكة Thicket يصعب اختراقها.

وعندما تصل النباتات المتسلقة إلى مستوى تيجان الأشجار، حيث الشدة الضوئية المرتفعة، فإنها تشكل تاجاً كثيف الأوراق لدرجة تصبح حملاً ثقيلاً على النباتات التي تسندها، كما تلعب النباتات المتسلقة دوراً كبيراً في تقليل الضوء الذي ينفذ إلى داخل الغابة.

ويصل غالباً طول النباتات المتسلقة إلى 70 متراً، ويمكن مشاهدتها كالحبال المتشابكة التي تربط بين أشجار الغابة (الشكل 86)، هذا ويوجد نحو 90% من كافة الأنواع المتسلقة في المناطق الاستوائية.



الشكل 86. النباتات المتسلقة في الغابات الاستوائية المطرية

النباتات نصف العالقة Hemiepiphytes

وهي عبارة عن زمرة نباتية تحتل مكاناً وسطاً بين النباتات المتسلقة والنباتات العالقة Epiphytes، وتبدأ حياتها إما على شكل نباتات متسلقة أو على شكل نباتات عالقة، فمثلاً بعض أنواع الفصيلة *Araceae* تنمو في البداية على شكل نباتات متسلقة عادية ولكن بعد ذلك يموت الجزء السفلي من الجذع وتنقطع الصلة بين النبات والتربة ويتحول النبات من نبات متسلق إلى نبات عالق، أو تشكل بعض النباتات العالقة التي تنمو على الأشجارو جذوراً هوائية (جذوراً عرضية هوائية) تمتد لتصل إلى التربة وتبدأ بامتصاص الماء والأملاح المعدنية بالشكل المعروف مثل *Coassapoa fagifolia*، *Pyrus granulose* وكذلك التين البنغالي *Ficus bengalensis* الذي ينتمي إلى النباتات الخانقة Stranglers (الشكل 66).

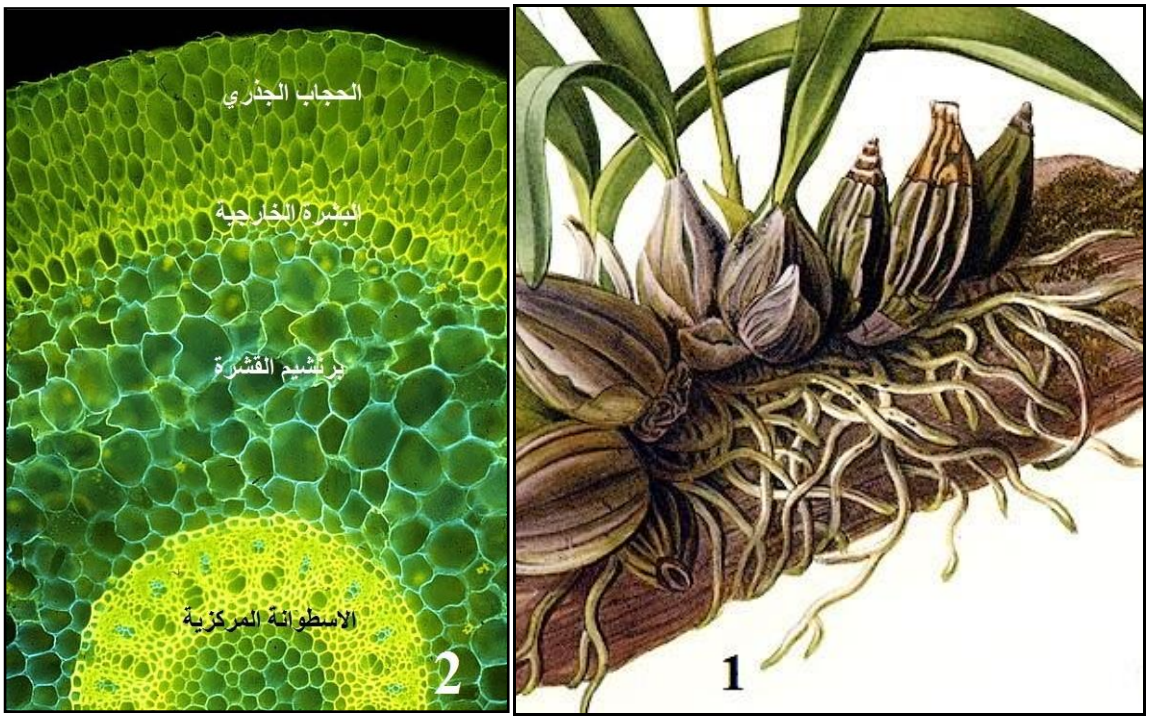
النباتات العالقة Epiphytes

وهي النباتات التي تستعمل النباتات الأخرى كوسط نمو (Substrate) وتنبت فيه بذورها وتنمو فيه كما تستعملها متكأ لها (الشكل 87)، ولا يوجد بين النباتات العالقة والنباتات التي تعيش عليها تأثيرات فسيولوجية أو كيميائية، ويعتقد فالتر Walter (1973) أن هناك كثيراً من النباتات العالقة التي تعيش فقط على الفروع الحية للأشجار، كما أنها تختار أنواعاً معينة من الأشجار، وربما ينجم هذا الاختيار عن خصائص القشرة وخاصة قساوتها في الأفرع الميتة.



الشكل 87. النباتات العالقة Epiphytes

تنبت بذور النباتات العالقة، عادة، على فروع الأشجار المرتفعة لذا فإنها توجد في ظروف ضوئية جيدة، ولكنها تعاني من مشكلة الحصول على الماء والأملاح المعدنية، وتستطيع أن تمتص الماء من الرطوبة الجوية المرتفعة والتي تتوفر بشكل دائم في هذه الغابات، ومن هنا كثرة النباتات العالقة في الغابات الاستوائية المطرية، ولكن بالرغم من توفر الرطوبة فإن للنباتات العالقة تكيفات معينة تضمن تزويدها بالماء اللازم لنموها، ومن أهم هذه التكيفات جمع التربة في مكان نموها، وتتكون هذه التربة في معظمها من مواد دبالية نتجت من تحلل البقايا النباتية، وتعمل هذه التربة على الاحتفاظ بالماء وتزويد النبات به، كما تتميز جذور بعض النباتات العالقة بوجود طبقات من الخلايا تسمى الحجاب الجذري Velamen تحيط بالجذور الهوائية وتمتص الرطوبة من الهواء كما في بعض أنواع الفصيلة السحلبية *Orchidaceae* (شكل 88) أو بوجود حراشف كأسية الشكل على الأوراق Suction – scales قادرة على امتصاص الماء. وهناك بعض النباتات التي تجمع الماء في أوراقها التي تشبه الجرار مثل نبات الجرة *Nepenthes* (الشكل 89) ويمكن للبعض الآخر تخزين الماء في الدرنات أو في المجموع الخضري مثل كثير من السحلبيات.



الشكل 88. الجذور الهوائية في النباتات السحلبية

١. الشكل العام للجذور الهوائية 2. قطاع عرضي في الجذر



الشكل 89. ورقة نيات الجرة *Nepenthes*

تحصل النباتات العالقة على المواد الغذائية إما من الغبار أو الدبال الذي يتجمع في موقع نموها، وتحصل على النيتروجين من مياه الأمطار التي تحوي نسبة مرتفعة منه نظراً لطبيعة الأمطار الرعدية في المناطق الاستوائية.

يبني كثير من أنواع النمل أعشاشه في جذوع الأشجار وتشكل هذه الأعشاش مهاداً صالحاً لنمو النباتات العالقة وتمدها بالنيتروجين والمواد المعدنية الأخرى مثل النباتات التي تنتمي إلى الفصيلة القلقاسية *Araceae* والجسنيرية *Gesneriaceae* والبروميلية *Bromeliaceae* وغيرها (Buckley, 1982)، ويطلق على هذه النباتات العالقة، في غابات الأمازون، اسم حدائق زهور النمل.

وتنتقل النباتات العالقة من مكان نموها بطرائق عدة أهمها:

١. نقل الوحدات التكاثرية بوساطة الرياح، حيث تكون الوحدات التكاثرية إما خفيفة الوزن كما في الفصيلة السحلبية *Orchidaceae* والسراخس Ferns أو مزودة بآليات تساعد على حملها كما في أنواع الفصيلة الصقلابية *Asclepiadaceae*.

٢. تلعب الطيور دوراً هاماً في نقل النباتات العالقة مثل أنواع الفصيلة البروميلية *Bromeliaceae* وغيرها.

إنتاج الغابات الاستوائية المطرية

تتميز الغابات الاستوائية المطرية بإنتاجها الخشبي المرتفع والذي يتراوح بين 13.4 و 30.0 طن / هكتار/ سنة، كما أن معامل التغطية الورقية The leaf area index يفوق الـ 10 لكل متر مربع من المساحة، ويقدر الإنتاج الكلي للغابات الاستوائية البكر في ساحل العاج بـ 52.5 طن/ هكتار/ سنة، ولكن يفقد منه نحو 75% (39.1 طن / هكتار/ سنة) في عملية التنفس، وبالتالي لا يزيد إنتاجها الصافي عن 13.4 طن/ هكتار/ سنة، ويعادل إنتاج الغابات الاستوائية المطيرة في ساحل العاج إنتاج غابات الزان الصافي في المناطق المعتدلة التي يبلغ إنتاجها الأولي نحو 23.5 طن/ هكتار/ سنة، ولكن الفقد بالتنفس لا يزيد عن 10 طن / هكتار/ سنة، بسبب فترة السبات الشتوية (الجدول 11). وتختلف الصورة في المناطق الاستوائية الأخرى، إذ يصل معامل التغطية الورقية في الغابات الاستوائية المطرية في تايلاند إلى 12.3 طن، والإنتاج الأولي إلى 124 طن/ هكتار/ سنة، أما الإنتاج الصافي فلا يزيد عن 30 طن/ هكتار/ سنة، وهو أعلى منه في غابات الزان في المناطق المعتدلة بأكثر من مرتين.

الجدول 11. الانتاج الكلي والصافي في الغابات الاستوائية وغابات المناطق المعتدلة طن/ هـ

نمط الغابة	الإنتاج الكلي	الفقد بالتنفس	الإنتاج الصافي	معامل التغطية الورقية	طول فصل النمو
غابة استوائية (ساحل العاج)	52.5	39.1	13.4	10.0	12 شهراَ
غابة استوائية (تايلاند)	124.0	94.0	30.0	12.3	نحو 6 أشهر

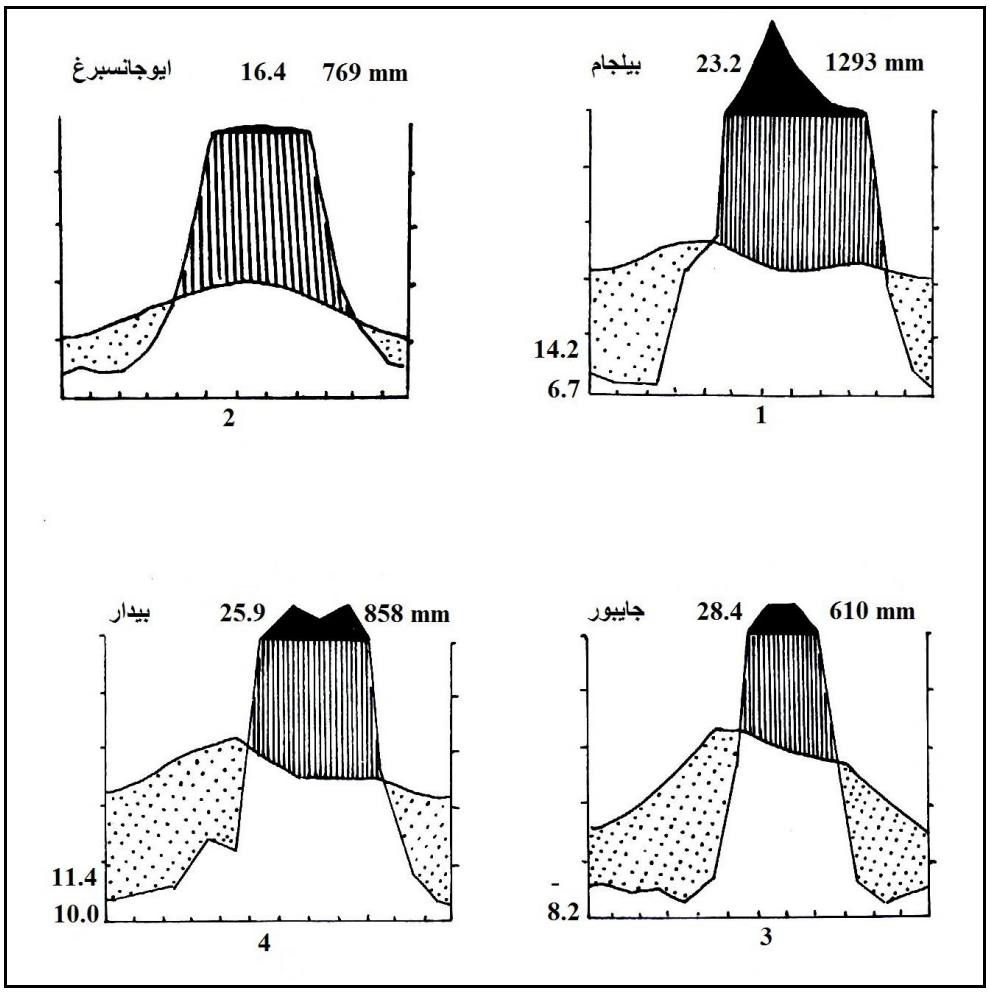
غابات الزان	23.5	10.0	13.5	*10.0	12 شهراً

Rabotnov, 1992*

ب . الغابات المدارية متساقطة الأوراق Deciduous Tropical Forests

ينعكس الابتعاد عن خط الاستواء في اتجاه المدارين على مجمل العوامل المناخية من درجة حرارة وكمية أمطار سنوية وشدة إضاءة وغيرها، كما ينعكس على تركيب وفلورا الغطاء النباتي. وتتميز، مع الابتعاد عن خط الاستواء في اتجاه المدارين، فترة جافة يزداد طولها مع الاقتراب من المدارين، ويصبح بالإمكان تمييز فترتين في السنة: الأولى رطبة يتناقص طولها والثانية جافة يزداد طولها كلما ابتعدنا عن خط الاستواء. ويجري الانتقال تدريجياً من المناطق دائمة الأمطار وعديمة الفصول إلى المناطق التي تتميز بفترة جفاف واضحة (الشكل 78).

ويميز في المناطق المدارية، التي يتناوب فيها فصل جاف مع فصل ماطر، الأنماط التالية من الغابات متساقطة الأوراق (الشكل 90).



الشكل 90. المخططات المناخية في مناطق:

١. الغابات المدارية شبه دائمة الخضرة 2. السفانا البرازيلية

٣. الغابات الموسمية الجافة 4. الغابات الموسمية الرطبة

الغابات المدارية شبه دائمة الخضرة Tropical semi- evergreen forests

وتنمو في المناطق التي يتراوح فيها طول الفصل الجاف بين شهر واحد وثلاثة أشهر، وفي هذه الغابات، تسقط أوراق الأشجار المكونة للطوابق العلوية دون غيرها، أما الأشجار والشجيرات المكونة للطوابق السفلية فتبقى دائمة الخضرة ومن هنا كانت تسمية هذه الغابات بالغابات المدارية شبه دائمة الخضرة.

أما في المناطق التي تزيد فيها فترة الجفاف عن ذلك فينمو نمطان من الغابات هما:

أ. الغابات الموسمية . المدارية . الرطبة متساقطة الأوراق Monsoon moist deciduous tropical forests.

ب. الغابات المدارية الجافة متساقطة الأوراق والأحراش الشوكية Dry deciduous forests and thorn bushes.

أ. الغابات الموسمية الرطبة متساقطة الأوراق

وتعرف هذه الغابات في الهند باسم الغابات الموسمية Monsoon forests (الشكل 91) وأهم أنماطها ما هو موجود في الهند، وتتألف بشكل أساسي من أشجار الساج *Tectona grandis* والشوريا *Shorea rubusta* وغيرها، تلعب أشجار الساج *Tectona* دوراً كبيراً في تشكيل هذه الغابات حيث يصل طولها أحياناً إلى 40 م، وتشكل مع أشجار الإهليلج *Terminalia tomentosa* وأشجار الديوسبيروس *Diospyros melanoxylon* في وسط الهند غابات بقيت حتى الآن في مناطق متفرقة، وعدد الأنواع المكونة لهذه الغابات أقل من عدد الأنواع التي تكون الغابات المطرية والغابات شبه دائمة الخضرة كما أنها أقل كثافة، ونظراً لقلة كثافة هذه الغابات فإن الغطاء النباتي العشبي فيها جيد النمو وكثيف، والنباتات المتسلقة والعالقة متوفرة إلى حد ما في هذه الغابات.



الشكل 91. الغابات الموسمية Monsoon forests وشجرة الساج

ب. الغابات الجافة متساقطة الأوراق والأحراش الشوكية

وتسمى هذه الغابات أحياناً بالغابات الموسمية الجافة Dry monsoon أو الغابات السافانية، وتنتشر في المناطق ذات الصيف الماطر والشتاء الجاف.

ويصل ارتفاع الأشجار فيها إلى 9 . 12 متراً، وتغطيتها حوالي 60 . 80%، وتسقط أوراقها في الفترة الجافة، ومع ازدياد الجفاف تقل كثافة الأشجار وتزداد كثافة الغطاء النباتي العشبي، ويسود في هذه الغابات الأشجار من أنواع الموبان *Colophospermum mopane* (الشكل 92) وأنواع فصيلة العسم *Combretaceae* وجنس الصندل *Pterocarpus* والأكاشيا *Acacia* والالبيزيا *Albizzia* والكوميفورا (المر) *Commiphora* وغيرها.

وتغطي هذه الغابات في شرق إفريقيا مساحات واسعة وتسود فيها أنواع الفصيلة القرنية *Leguminosae*، وبراعم الأشجار محمية من الجفاف، والجذع مغطى بقشرة سميكة والنباتات العالقة معدومة والمتسلقة قليلة.



الشكل 92. غابات الموبان Mopane forest

ومع ازدياد الجفاف تستبدل أشجار هذه الغابات بالشجيرات الشوكية Thorn bushes والتي نجد بينها أشجار البوباب (التبلدي) *Adansonia digitata* (الشكل 93) والتي تكثر على الحدود بين الغابات والسافانا. وتوجد الأحراش الشوكية بشكل واسع في شرق أفريقيا في المناطق التي تسقط فيها كميات قليلة من الأمطار ويسود في هذه المناطق أنواع الأكاشيا *Acacia* المختلفة وتخالطها أشجار البوباب *Adansonia*.

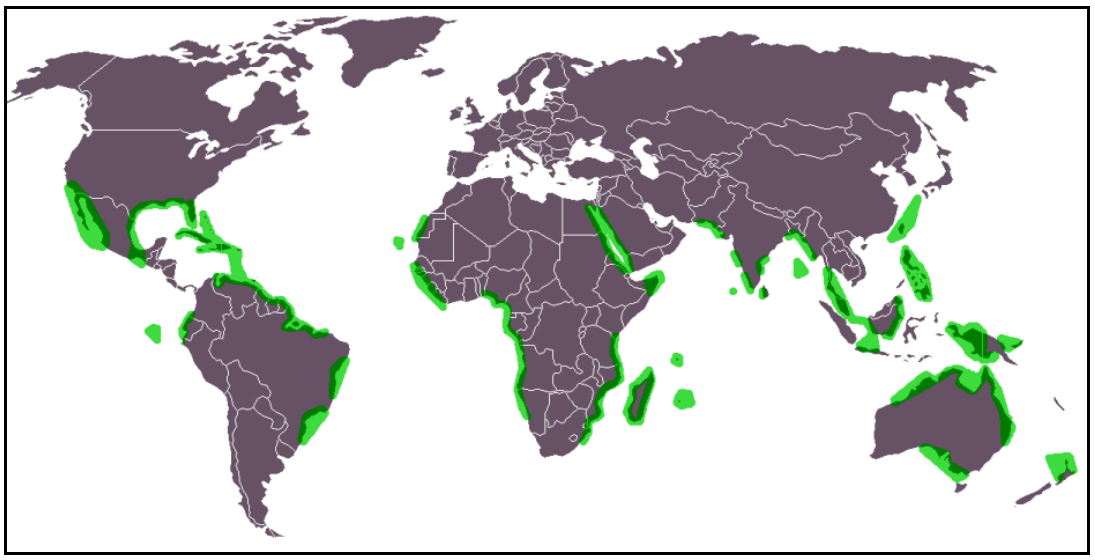


الشكل 93. شجرة البوباب (التبلدي) *Adansonia digitata*

الأيكة الساحلية (المانغروف) Mangrove

وهي نمط من الغطاء النباتي يسود فيه أشجار متوسطة الحجم وشجيرات تنمو على الترسبات الطينية الشاطئية في المناطق المدارية وشبه المدارية الواقعة بين خط الاستواء وخط العرض 25 تقريباً شمال وجنوب خط الاستواء (الشكل 94)، وتمثل غابات الأيكة الساحلية (المانغروف) نمطاً هاماً من أنماط الغطاء النباتي في المناطق الشاطئية، ويرتبط انتشارها ونموها ارتباطاً وثيقاً بجيومورفولوجيا الشواطئ وبالمناخ، إذ تنمو على شواطئ المحيطات والبحار المحمية من تأثير

الأمواج، وتنتشر في البيئات الشاطئية التي تغمرها المياه المالحة بشكل دائم أو مؤقت في فترات المد والجزر وخاصة على الشواطئ ومصبات الأنهار (Walter, 1973)



الشكل 94. مناطق انتشار غابات الأيكة الساحلية (المانغروف) في العالم (اللون الأخضر)

تتميز الترب التي تنمو عليها غابات الأيكة الساحلية (المانغروف) بأنها ترب رسوبية طينية غنية بالمواد العضوية وبقايا الكائنات المتفككة، ورائحتها غير مستحبة، ويكاد يكون من المستحيل السير عليها بسبب لزوجيتها. تتعرض التربة إلى عملية المد والجزر، فإثناء المد تغمرها مياه البحر المالحة، وتصبح ملوحتها مساوية لملوحة ماء البحر، أما عند الجزر فتتعرض التربة إلى الأشعة الشمسية المباشرة مما يؤدي إلى تبخر الماء وزيادة ملوحة التربة، وبالتالي تتعرض النباتات في وقت الجزر إلى درجة حرارة مرتفعة وإلى زيادة في ملوحة التربة وجفافها الجزئي، مما يعني أن النباتات التي تنمو في هذه الأوساط لابد لها من أن تمتلك خصائص تمكّنها من التغلب على التفاوت في ملوحة التربة ودرجة الحرارة والرطوبة. لهذا فإن النباتات المتكيفة لاستيطان مثل هذا الوسط محدودة العدد، إذ لا يزيد عدد الأنواع النباتية التي تعيش في غابات الأيكة الساحلية عن 110 أنواع (Hogarth, 1999)، والأنواع الممثلة الحقيقية لغابات الأيكة الساحلية لا تزيد عن 54 نوعاً، قليل منها نباتات شجرية، فلا يزيد عدد الأنواع الشجرية في غابات الأيكة الساحلية في الكاريبي Caribbean عن أربعة أنواع، بينما ينمو في الغابات المطرية المجاورة آلاف الأنواع الشجرية.

يتميز الوسط الذي تنمو فيه غابات المانغروف بـ:

- بأن التربة طينية (الشكل 95) غنية بالمادة العضوية وفقيرة بالأكسجين Anoxia، وترتفع فيها نسبة العناصر المعدنية الثقيلة Heavy elements التي تُدمص Adsorbed على جزيئات التربة الغروية Colloidal particles، وتتميز التربة أيضاً بارتفاع تركيز النيتروجين والحديد الذائب والفسفوتات والكبريتات والميثان الناتج من نشاط البكتيريا غير الهوائية Anaerobic bacteria.



الشكل 95. تربة الأيكة الساحلية (المانغروف)

- التربة مالحة إذ تتراوح الملوحة غالباً بين ملوحة ماء البحر (30 . 40 جزءاً في الألف) وقت المد وأكثر من ذلك وقت الجزر إذ يمكن أن تصل إلى 90 جزءاً في الألف، وذلك بسبب تبخر الماء من التربة (Hogarth, 1999).
- كما يتميز الوسط بأنه محمي من تأثير الأمواج . وتقلل غابات الأيكة الساحلية نفسها من حدة الأمواج . وبالتالي فإن حركة المياه خفيفة مما يزيد من ترسب الجزيئات المحمولة بالماء، وهكذا يتشكل وسط خاص بغابات الأيكة الساحلية يتميز بحركة بطيئة للأمواج وبمعدل ترسب مرتفع وجرف قليل للتربة وزيادة في تركيز العناصر الثقيلة في التربة ونقص في الأكسجين.

تكيف نباتات الأيكة الساحلية (المانغروف)

تمتلك النباتات المشكلة لغابات الأيكة الساحلية خصائص تمكنها من النمو في هذا الوسط الخاص، فتتغلب على مشكلة نقص أكسجين التربة عن طريق امتصاص الأكسجين مباشرة من الهواء، فالأشجار التي تنمو في المناطق العميقة المغمورة بالماء بشكل دائم (المانغروف الأحمر Red mangroves) تمتص الهواء عبر عديسات Lenticels (Pores) توجد على القلف Bark، وبعضها الأخر التي تنمو في مناطق المد والجزر (المانغروف الأسود Black mangroves) تمتص الأكسجين من خلال الجذور التنفسية Pneumatophores التي تتشكل من ريزومات تحت التربة، وتنمو هذه الجذور إلى الأعلى فوق سطح التربة والماء وتبدوا كالأوتاد (الشكل 96) ويصل طولها إلى 30 سم وأحياناً إلى أكثر من متر، ونهايات هذه الجذور ضيقة عادة وعليها عديد من العديسات التي تسمح بدخول الهواء إلى داخل النباتات دون الماء، كما تتميز الجذور بوفرة النسج البرنشيمية الهوائية Aerenchyma التي تيسر انتقال الهواء عبر النبات. فعندما تكون النباتات مغمورة يُستهلك جزء كبير من الأكسجين الموجود في النسج البرانشيمية الهوائية للجذور، وعندما تظهر الجذور فوق سطح الماء تعود وترتفع نسبة الأكسجين فيها، لذلك تتراوح نسبة الأكسجين في هواء النسج البرانشيمية الهوائية بين 10 و20%.



الشكل 96. أشجار الأيكة الساحلية (المانغروف) وتبدو حولها الجذور التنفسية

وتتغلب على مشكلة ارتفاع الملوحة بطرائق عدة أهمها:

- تغطي الجذور طبقة فلينية سميكة تحول دون امتصاص الماء المالح وتعمل بذلك عمل المرشح الذي يحول دون امتصاص أملاح الصوديوم، فتحليل الماء الموجود ضمن جذور نباتات الأيكة الساحلية أوضح أن 90 إلى 97% من الأملاح حجزت من قبل الجذور.
- يتركز الملح الممتص في الأوراق الهرمة ويتخلص النبات من جزء من الأملاح عند سقوط هذه الوراق.
- تخزن النباتات الأملاح في الفجوة الخلوية، كما تمتلك بعض النباتات غدداً مفرزة للأملاح، وقد قدر أن كل 10 سم^2 من سطح الورقة يفرز 0.2 – 0.35 مغ من الأملاح في اليوم، وتذوب البلورات الملحية ليلاً بسبب زيادة الرطوبة وتشكل الندى وبذلك تتخلص الأوراق من البلورات الملحية مع قطرات الندى التي تنزاح عن سطح الورقة وتسقط على التربة.
- تقلل نباتات الأيكة الساحلية من فقد الماء من الأوراق وذلك بغلق الثغور، إضافة إلى توجه الأوراق التي غالباً لا تتعامد مع الأشعة الشمسية وبالتالي تتجنب ارتفاع درجة حرارتها وفقدها للماء.

- تتجنب البادرات التأثير السلبي للملوحة عن طريق ظاهرة إنبات البذور وهي لازالت على النبات الأم Viviparous ففي نبات الريزوفورا *Rhizophora* مثلاً عندما ينضج الجنين فإن السويقة تحت الفلقية Hypocotyle التي لها شكل الهراوة والجذر المتدلي للأسفل تخرج من الثمرة، وعندما يصل طول البادرة إلى 50 – 80 سم تقريباً تسقط عمودياً للأسفل، ويخترق الجذر وجزء من السويقة تحت الفلقية التربة الطينية، أما الجزء العلوي من البادرة والجنين فتبقى فوق التربة، وخلال فترة قصيرة تتشكل الجذور ويبدأ الجنين بالنمو (الشكل 97).



الشكل 97. إنبات البذور على النبات الأم Viviparous والبادرة بعد سقوطها

السافانا Savanna

السافانا في مدلولها الواسع تعني الغطاء النباتي ذا الخصائص الجفافية الذي ينتشر في المناطق المدارية ذات الأمطار الصيفية والتي تكون فيها الحشائش طبقة سائدة متجانسة وكثيفة وتتخللها أشجار وشجيرات متناثرة ومتباعدة (Alechin, 1961) (الشكل 98).



الشكل 98. السافانا الإفريقية

ويتميز مناخ السافانا بأمطار تزيد عن 600 مم تسقط في الفترة الحارة من السنة (فصل الصيف) وبفترة جفاف تتراوح بين 4 و6 أشهر، ويبلغ متوسط درجة الحرارة في الفترة الرطبة في السافانا البرازيلية حوالي 18 – 21 درجة مئوية وفي الفترة الجافة نحو 14 – 15 درجة مئوية، أما في أفريقيا فهي 20 – 24 و18 – 20 درجة مئوية على التتالي (انظر الشكل 90).

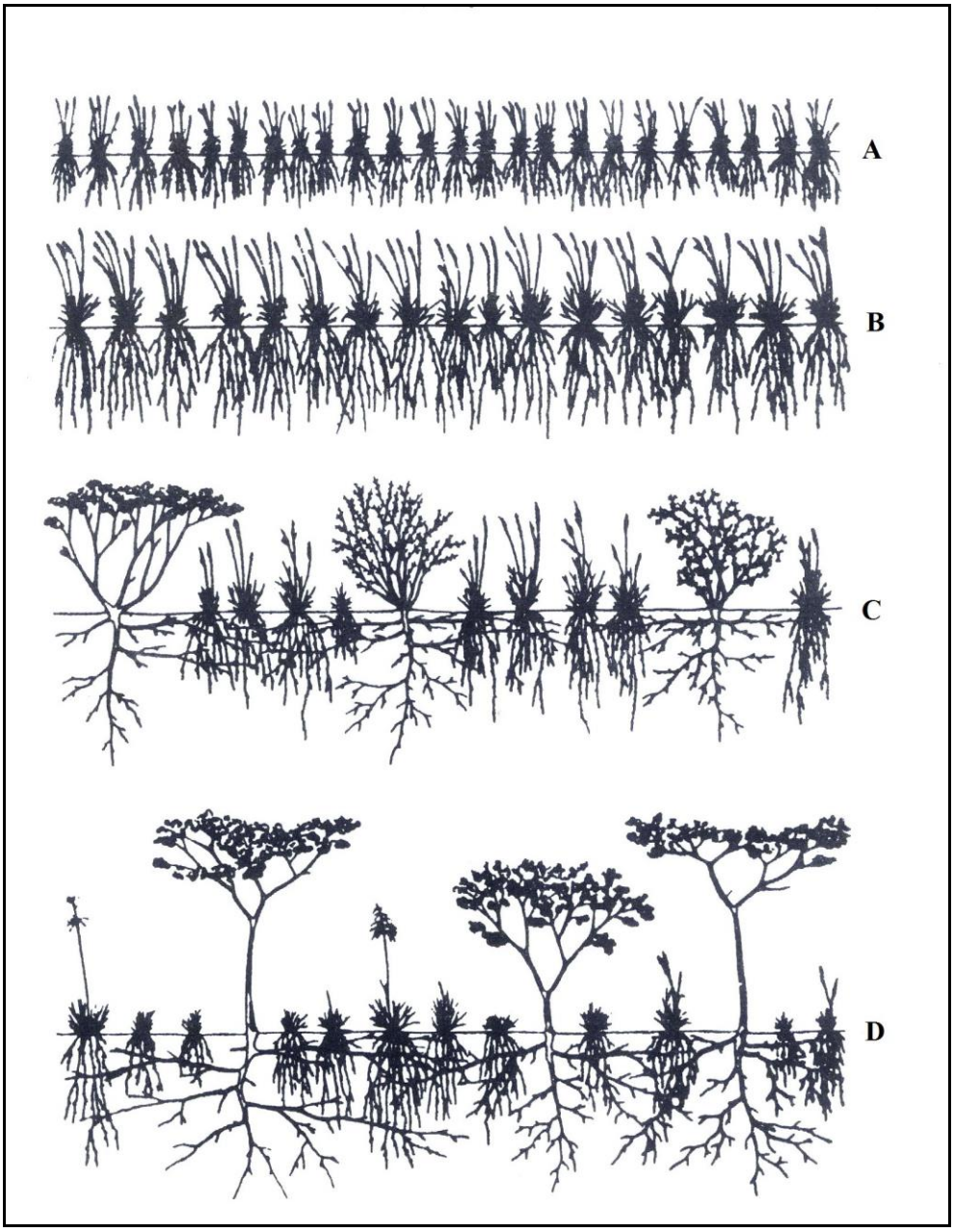
ويختلف هذا النمط من السافانا، والذي يتوقف تكوينه أساساً على العوامل المناخية، عن السافانا التي تحدد تكوينها عوامل حيوية والتي حلت محل الغابات نتيجة لنشاط الإنسان الذي أزال الغابات وحولها إلى أراض زراعية، وكذلك نتيجة للحرائق والرعي الجائر، ويسمى هذا النوع من السافانا بالسافانا الثانوية (Walter, 1971).

ونظراً لصعوبة التعرف على تكوينات السافانا الثانوية بسبب انتشارها الواسع فقد اعتبرها الجغرافيون سافانا طبيعية، ويقسمون منطقة السافانا إلى منطقتين منفصلتين تحاذيان منطقة الغابات في المناطق المدارية المطيرة وهما:

أ. السافانا الرطبة Moist savanna والتي تسود فيها الحشائش الطويلة.
ب. السافانا الجافة Dry savanna والتي تسود فيها الحشائش القصيرة (Walter, 1971).

وتسود في الغطاء النباتي العشبي للسافانا الطبيعية الأعشاب النجيلية التي يصل متوسط ارتفاعها إلى حوالي المتر ويصل طولها في كثير من الأحيان إلى ثلاثة أمتار أو أكثر، وإذا ترافق ارتفاع الأعشاب مع كثافة عالية فإنه يصبح من الصعب اختراق الغطاء النباتي العشبي.
وتتميز الحشائش المعمرة في السافانا بأن شدة النتح فيها مرتفعة حتى في الحالات التي ينخفض فيها محتوى التربة من الماء، مما ينجم عنه انخفاض في محتوى الخلايا من الماء وارتفاع في الضغط الأزموزي وموت موضعي للخلايا (Necrosis) يبدأ من أطراف الأوراق ثم ينتقل تدريجياً إلى قواعدها، ومع جفاف التربة السريع يلاحظ تغير لون الحشائش الأخضر (التي تموت أوراقها) إلى لون أصفر بني خلال فترة وجيزة، ونظراً لأن الأنسجة الميرستيمية لمعظم الحشائش تقع عند قاعدة السلاميات فإنها تُحمى من الجفاف بأغمدة الأوراق الجافة التي تحيط بمنطقة النمو، وتحتاج الأعشاب . بعد موت الأوراق . إلى كميات قليلة من الماء، لذا فإنها تتمكن من البقاء حية خلال فترة الجفاف الطويلة دون أن تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء في التربة، وتعود الأعشاب إلى نشاطها الطبيعي وتعطي مجموعاً خضرياً جديداً عند انتهاء الفصل الجاف وسقوط الأمطار.
وتتميز النباتات الأخرى التي تكّون الغطاء النباتي في السافانا بكونها جفافية أيضاً، فالأشجار ذات جذع قصير نسبياً وغير مستقيم غالباً، ومع هذا توجد بعض الأشجار كبيرة الحجم ومستقيمة الجذع، ومن أهم تكيفاتها سقوط أوراقها في موسم الجفاف، أما الأشجار دائمة الخضرة فلها أوراق قاسية ومغطاة بالأوبار غالباً. وتتميز الأشجار بشكل تاجها المظلي والذي يعتقد أنه شكل من أشكال التكيف لتخفيف تأثير الرياح الشديدة، ذلك أن الرياح تلامس الطرف الضيق للتاج وبهذا تقلل من شدة النتح.

إن التوازن بين مكونات الغطاء النباتي (الأعشاب والنباتات الشجيرية والشجرية) في السافانا يحدده التنافس بين الأعشاب والشجيرات والأشجار وكذلك العوامل المناخية والعوامل الحيوية كالقطع والرعي، كما تلعب الحرائق دوراً كبيراً في هذا التوازن. مثال ذلك تغير الغطاء النباتي في جنوب غرب أفريقيا (Walter, 1973)، ففي المناطق التي لا تزيد فيها كمية الأمطار السنوية عن 100 مم تنمو الحشائش فقط ذلك أن الأمطار لا تبلل إلا الطبقة السطحية من التربة (الشكل 99 . A) حيث تستنزفها الحشائش القصيرة بسرعة، وبعدها يموت الجزء العلوي من الحشائش، وفي مثل هذه الظروف فإن الشجيرات والأشجار لا تستطيع النمو وذلك لعدم توفر الكمية الكافية من الماء في التربة التي لا تفي باحتياجات الشجيرات أو الأشجار في فصل النمو وفي الفصل الجاف.



الشكل 99. تعاقب انماط الغطاء النباتي في السافانا الإفريقية

A و B. الحشائش C. السافا D. الغابات الجفافية

وحيثما تزيد معدلات الأمطار إلى 200 مم يزداد سمك طبقة التربة التي تبللها الأمطار مما يمكن الأعشاب الطويلة من النمو حيث تجد الرطوبة الكافية (الشكل 99 . B) وتستغل هذه الأعشاب كل ماء التربة في الصيف، أما في المناطق التي تزيد معدلات الأمطار عن 200 مم فيبقى في طبقات التربة كميات فائضة من الماء تزيد عن حاجة الأعشاب حتى في فصل الجفاف، الأمر الذي يتيح الفرصة للشجيرات بالنمو إلى جانب الأعشاب (الشكل 99 . C)،

وبازدياد معدل الأمطار تزداد كميات الماء الفائضة في التربة عن حاجة الأعشاب ويزداد معها عدد وحجم النباتات الخشبية (الشكل 99 . D) وتتحول السافانا الشجيرية إلى سافانا شجرية، وإذا وصلت كمية الأمطار السنوية إلى 600 مم تنمو عندها النباتات المدارية الجافة ساقطة الأوراق.

تلعب الحرائق دوراً هاماً في التوازن بين النباتات العشبية والشجيرات والأشجار في السافانا، وذلك لأنها تضعف الأعشاب وتساعد على إنبات بذور نبات الأكاشيا *Acacia* إذ تجعل قصرة البذرة أكثر نفاذية للماء. وقد أوضح الأمين El- Amin (1976) أن الحرائق التي تنشب في أعشاب السافانا السودانية قد ساعدت كثيراً على انتشار أشجار الأكاشيا، إذ لاحظ أن إنبات بذور الطلح *Acacia seyal* يجري بنجاح في المناطق التي تعرضت للحريق، كما أن للحرائق تأثير انتخابي أيضاً وخاصة بين النباتات الخشبية، فالأنواع التي تبقى بعد الحريق هي الأنواع المحتملة للحرائق الكثيرة في السافانا أو التي تتمكن من تجديد نموها من الأجزاء تحت التربة، وقد وجد (1973) Walter أن للكثير من أشجار الأكاشيا براعم كامنة عند قمة الجذور Root collar وعلى عمق حوالي 20 سم تحت سطح التربة مما يحميها من تأثير الحرائق.

وتلعب العوامل الحيوية دوراً هاماً في زيادة كثافة الأشجار والشجيرات على حساب النباتات العشبية، وهذا يلاحظ في أماكن رعي الحيوانات وتجمعها، إذ يعوق الرعي الجائر نمو الأعشاب وقد يقضي على القسم الأكبر منها، وتنخفض كثافة الأعشاب، وبالتالي تزداد كمية المياه التي تبقى في التربة والتي تزيد عن حاجة الأعشاب قليلة النمو والكثافة، مما يساعد على زيادة نمو وكثافة الأشجار والشجيرات، على أن بادرات الشجيرات والأشجار لا تستطيع في الظروف الطبيعية منافسة الحشائش سريعة النمو، إذ لا يبقى إلا القليل من بادرات الأشجار والشجيرات لذا تنتشر متناثرة ومتباعدة وسط الحشائش، وكلما ضعف نمو الحشائش وقلت كثافتها، بسبب الرعي الجائر، كلما ازدادت إمكانية بقاء بادرات الأشجار والشجيرات بحيث تشكل خلال سنوات قليلة أيكة غزيرة يصعب اختراقها في بعض الحالات. كما تساعد الحيوانات على زيادة إنبات الشجيرات في مناطق السافانا (El- Amin, 1976) ذلك أنها تتغذى على بذورها وثمارها التي يمر قسم منها خلال جهاز الحيوانات الهضمي دون أن يتلف الجنين ومن ثم تخرج مع فضلاتها وهي أكثر قدرة على امتصاص الماء والإنبات.

تحتل السافانا في أفريقيا مساحات واسعة، بالمقارنة مع المساحات التي تحتلها في القارات الأخرى، وتتركز بشكل خاص في شرق أفريقيا إلى الجنوب من الصحراء الكبرى، ويتألف الغطاء العشبي فيها من نجيليات طويلة جفافية قاسية (جلدية) الأوراق والساق مثل جنس الأندروبوغون (لحية الرجل) *Andropogon* والثمام (الدخن) *Panicum* والكلورس *Chloris* وغيرها. أما الأعشاب ثنائية الفلقة فتلعب دوراً ثانوياً، ومن الأشجار نجد أنواع أكاشيا وكذلك شجرة التبلدي *Adansonia digitata* الضخمة والتي تتميز بجذعها القصير والسميك (الشكل 93) والتي يستعملها سكان مناطق السافانا لخزن مياه الأمطار، حيث يجوف الجذع وتخزن فيه المياه، كما تتميز أشجار التبلدي بعمرها الطويل والذي يصل إلى 4 – 5 آلاف سنة.

الفصل الثاني

نطاق الصحاري وشبه الصحاري شبه المدارية
Subtropical Deserts and Semi deserts

تُعرف الصحراء بأنها مناطق جغرافية ذات ظروف مناخية جافة تجعل الحياة النباتية والحيوانية فيها صعبة، والجفاف صفة جغرافية لمناطق من العالم تكون فيها موارد الماء من الهطول اقل من كمية الماء التي تُفقد بالتبخر Evaporation والنتح Transpiration، فإذا قلت مياه الهطول في الشهر أو السنة عن كمية المياه التي يمكن أن تفقد بالتبخر – النتح Evapo-transpiration يكون الشهر والسنة جافين.

تعبر النسبة بين الهطول والتبخر – النتح عن معدل الجفاف، واعتمد برنامج الأمم المتحدة للبيئة على قدر هذا المعدل في تصنيف أقاليم العالم، وتبين أنه يسود في المناطق الجافة الأقاليم بالغة الجفاف Extra arid والجافة Arid ونصف الجافة Semiarid (الجدول 12 والشكل 100).

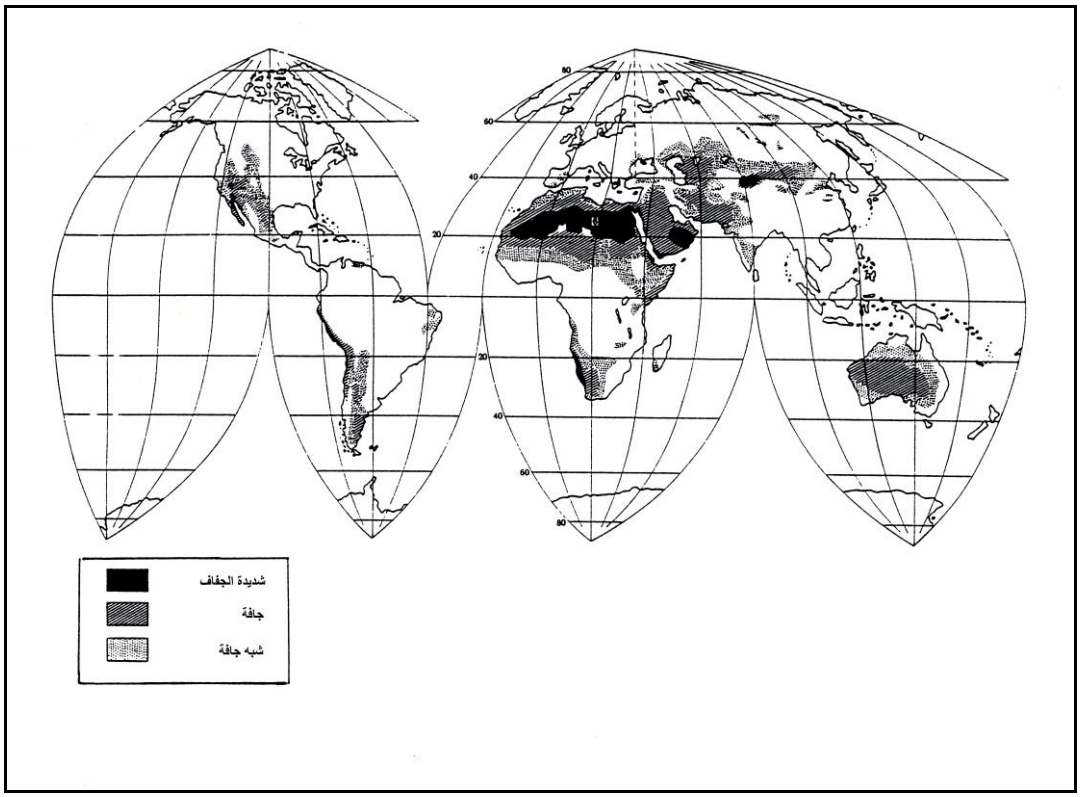
الجدول 12. التوزيع النسبي للأقاليم الجافة محسوبة على أساس معدل الهطول/ التبخر. النتح (Middleton and Thomas, 1997)

الاقليم	معدل الجفاف	المساحة مليون كم^2	النسبة من أراضي العالم %

بالغ الجفاف	أقل من 0.05	9.78	7.5
جاف	0.20 – 0.05	15.72	12.5
شبه جاف	0.50 – 0.21	17.5	23.05

وتسمى المناطق الجافة عادة بالصحاري Deserts ولكن مفهوم الصحاري نسبي وغير محدد (Petrov, 1976)، فبالنسبة لسكان أمريكا الشمالية يُعد الجزء الجنوبي الغربي من الولايات المتحدة (على الحدود مع المكسيك) عبارة عن صحراء (صحراء Sonoran) أما بالنسبة للمصريين الذين يعيشون في منطقة شديدة الجفاف فلا يعدون شواطئ المتوسط المصرية صحراء بالرغم من أن الساحل المصري أكثر جفافاً من صحراء Sonoran وأفقر بالغطاء النباتي.

تشكل المناطق الجافة حوالي 35% من سطح الكرة الأرضية وتنتشر في المنطقة شبه المدارية لنصفي الكرة الشمالي والجنوبي، وتمتد في آسيا وأمريكا الشمالية بعيداً نحو الشمال داخل المنطقة المعتدلة (الشكل 100).



الشكل 100. توزيع المناطق الجافة ونصف الجافة على سطح الكرة الأرضية

تنتشر الصحاري المدارية بدرجاتها حول خطي العرض 30 شمال وجنوب خط الاستواء، وهي نطاقات تتسم بهبوط كتل الهواء أي تحركها من الارتفاعات العليا إلى الأسفل، وتؤدي هذه الظاهرة إلى ارتفاع الحرارة وتقلل من سقوط الأمطار، وتوجد هذه النطاقات في القارات كافة (الجدول 13).

الجدول 13. أهم الصحاري الحارة في العالم ومساحتها

الصحراء	المساحة مليون كم^2	الصحراء	المساحة مليون كم^2
الصحراء الكبرى	9.1	الصحراء العربية	2.3
الصحراء الأسترالية	2.3	صحراء سنوران Sonoran (جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية)	0.31
صحراء شيهواهوا Chihuahua (المكسيك والولايات المتحدة الأمريكية)	0.46	صحراء كالاهاري Kalahari (جنوب غرب افريقيا)	0.52
صحراء مونتي Monte (الأرجنتين)	0.33	صحراء تار Tar (الهند)	0.2

مناخ الصحاري

الهطول

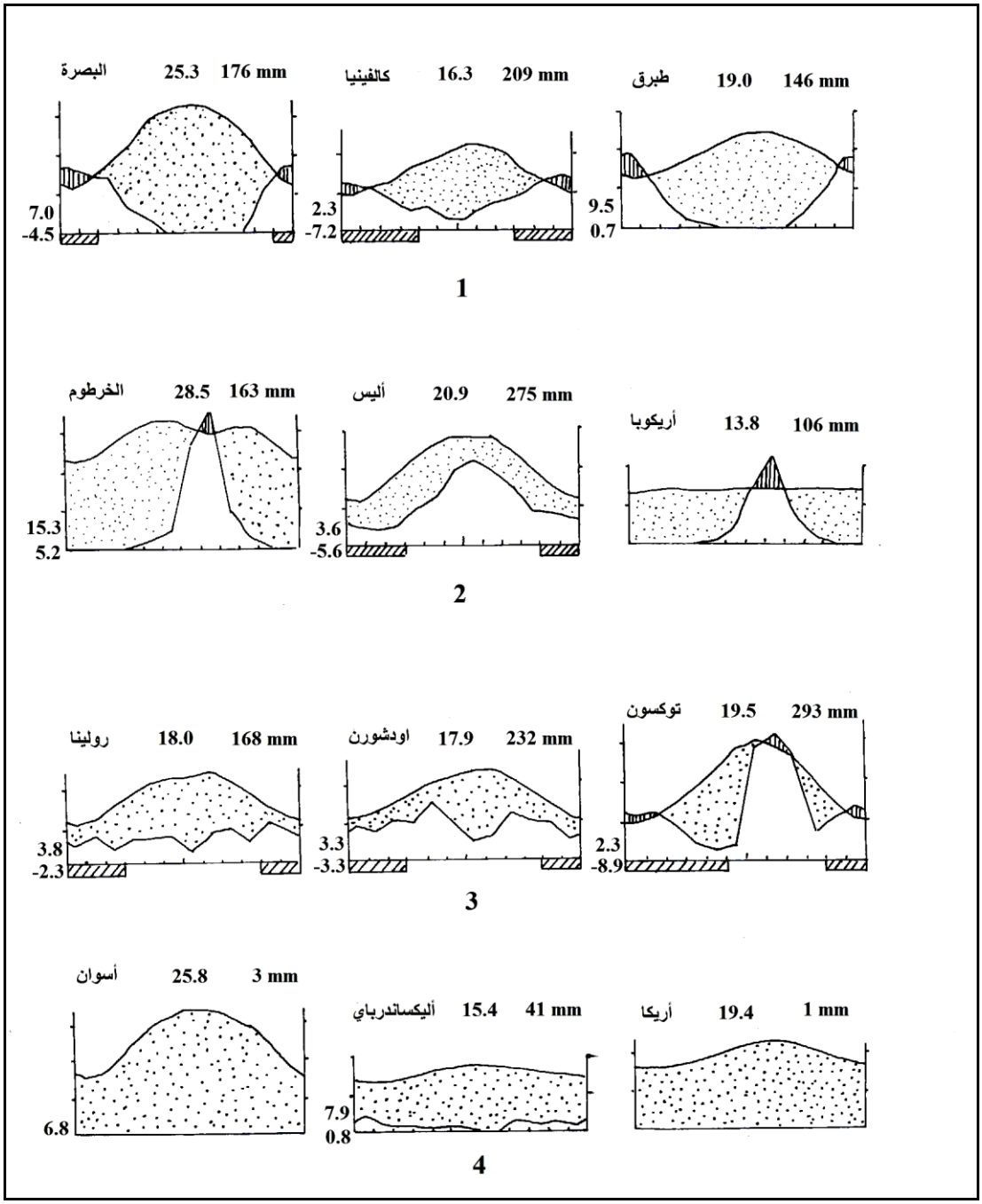
لعل أهم الخصائص المناخية للصحاري هي انخفاض كمية الهطول التي نادراً ما تزيد عن 200 مم، وهي بشكل عام اقل من ذلك، وتبلغ نحو 50 مم في المناطق الجنوبية الشرقية من البادية السورية، و30 مم في القاهرة وأقل من ذلك أسوان، ونادراً ما تفوق الـ 100مم في الرياض، وقد لا تسقط الأمطار إلاّ بشكل عرضي كما في المناطق شديدة الجفاف في الصحراء الكبرى وبعض مناطق الربع الخالي، واهم سمات الهطول إضافة إلى انخفاض كميته الأتي:

- تباين كمية الهطول السنوية من عام لآخر، ويصل معامل الانحراف المطري إلى 100%، وقد يصل إل 150% وأكثر.

- التباين المكاني إذ تختلف كمية الهطول في الموقع الواحد من عام لآخر، ويبلغ التباين المكاني مداه في رخات المطر التي تسقط على مواقع محددة من الصحاري البالغة الجفاف والتي لا يأتيها المطر إلاّ طارئاً مرة كل عدة سنوات.
- نوبات الجفاف ذات المطر الأقل من المتوسط وهي صفة طبيعية من صفات الهطول في المناطق الجافة، وتؤدي إلى تدهور المراعي وتعرض حياة السكان إلى الصعوبات، وقد تمتد نوبة الجفاف لسنوات عدة كما حصل في جنوب الصحراء الكبرى في الأعوام 1969 – 1984، مما أصاب بلاد هذا الإقليم بأضرار اقتصادية واجتماعية بالغة.

يختلف نظام هطول الأمطار من منطقة صحراوية إلى أخرى ويمكن إجماله في الآتي:

١. الصحاري الشتوية الأمطار وتشمل شمال الصحراء الكبرى وشمال الصحاري العربية وصحاري إيران وكاراكوم (آسيا الوسطى) وصحراء كارو Karoo والجزء الغربي من صحاري فيكتوريا في استراليا وصحاري السواحل التشيلية عند خط العرض 30 جنوب خط الاستواء وصحاري Sonoran (الشكل 101 . 1).
٢. الصحاري الصيفية الأمطار (النظام المداري) وتشمل جنوب الصحراء الكبرى وصحاري تار في الهند وصحاري كالاهاري وصحاري شمال استراليا وغيرها (الشكل 101 . 2).
٣. الصحاري التي تسقط فيها الأمطار في كل الفصول وليس فيها فترة رطبة، مثل منخفضات الاورال . قزوين (استرا خان) وصحاري غوبي والجزء الغربي من صحاري فيكتوريا في استراليا وشمال تشيلي وبوليفيا وغيرها (الشكل 101 .3).
٤. الصحاري شديدة الجفاف Extra arid والتي تسقط فيها الأمطار بشكل عرضي وتشمل وسط الصحراء الكبرى وجنوب الجزيرة العربية وشمال تشيلي وغيرها (الشكل 101 . 4).



الشكل 101. المخططات المناخية لبعض المناطق الصحراوية

١. مناطق شتوية . ربيعية الأمطار 2. مناطق صيفية الأمطار

3. مناطق أمطارها على مدار العام 4. مناطق عديمة الأمطار تقريباً

وتتميز الصحاري بأن رطوبة الهواء فيها منخفضة وخاصة في الصيف حيث تتراوح بين 15 و25 % .

درجات الحرارة

تتميز معظم الصحاري الحارة بارتفاع درجات الحرارة في معظم شهور السنة، ذلك أنها تتلقى نهاراً كمية من الأشعة الشمسية تفوق ما تتلقاه المناطق المعتلة الرطبة بنحو مرتين، وتفقد من الحرارة ليلاً مرتين ما تفقده المناطق الرطبة وذلك بسبب صفاء السماء وانخفاض رطوبة الهواء. وتتميز درجات الحرارة في الصحاري الحارة بـ:

- يتراوح متوسط درجة الحرارة السنوي بين 20 و25 درجة مئوية.
- تصل درجة الحرارة القصوى إلى 43.5 – 49 درجة مئوية (وقد وصلت في الصحراء الليبية إلى 58 درجة مئوية).
- تنخفض درجة الحرارة الدنيا أحياناً في الفترة الباردة وفي الليل إلى ما دون الصفر المئوي.
- تفوق درجة حرارة سطح التربة نهاراً درجة حرارة الهواء بنحو 20 درجة مئوية وتصل إلى نحو 80 درجة مئوية، أما في الليل وبخاصة قبل الشروق فهي أقل من درجة حرارة الهواء.

الرياح :

تعد الرياح من العوامل البيئية الهامة في المناطق الجافة، وللرياح تأثير كبير في المناطق الصحراوية نظراً لهبوبها الدائم وملامستها لسطح التربة وانخفاض كثافة الغطاء النباتي وصغر النباتات وعدم تشكيلها حاجزاً أمام الرياح، وتؤدي الرياح والعوامل البيئية الأخرى غير المناسبة لنمو النباتات إلى زيادة شدة النتح من النباتات وزيادة التبخر من التربة.

تفوق كمية التبخر في المناطق الجافة كمية الأمطار بمرات عديدة (في المتوسط أكثر من 10 مرات) وتصل في بعض المناطق إلى درجات كبيرة، فمثلاً في بعض مناطق الصحراء الجزائرية تفوق كمية التبخر كمية الأمطار بـ 50–60 مرة، وفي صحراء ليبيا تصل كمية التبخر السنوي إلى 400 سم وتسقط الأمطار مرة كل 4 – 5 سنوات، وفي المناطق الشرقية من الصحراء السورية يصل التبخر إلى أكثر 260 سم بينما لا تزيد الأمطار عن 10 – 15 سم إلا قليلاً، وتؤدي الرياح أيضاً إلى حمل جزيئات التربة والرمال وإلى انجراف التربة Wind erosion، وإثارة العواصف الغبارية (الشكل 55)، وتقدر مساحة الأراضي الجافة في العالم المتأثرة بالانجراف الريحي بنحو 432 مليون/ هـ (Whitford, 2002).

ومما يزيد من قسوة مناخ الصحاري كون التربة غير خصبة، فبالإضافة إلى أنها قليلة الرطوبة فهي فقيرة بالمواد العضوية، وتكون في كثير من الأحيان مالحة وذلك لأن كمية الأمطار غير كافية لإذابة الأملاح من الطبقة السطحية للتربة.

تؤدي الرياح، وبخاصة إذا ترافقت مع النشاطات البشرية السلبية كالرعي الجائر والاحتطاب والفلاحة، إلى تدهور النظم البيئة وإلى زحف الرمال وتشكل الكثبان الرملية (الشكل 102)، مما يحيل المناطق المتأثرة بحركة الرمال إلى حالة من التصحر الشديد، ففي جنوب تونس مثلاً أُتلفت واحات كاملة وغابت بنخلها وبيوتها تحت آكام الرمال، وتهدد حركة الرمال الطرق والتجمعات السكنية، إضافة إلى ما يترتب على الرياح المحملة بالرمال من تأثيرات ضارة بالنباتات وبصحة الإنسان والحيوان.



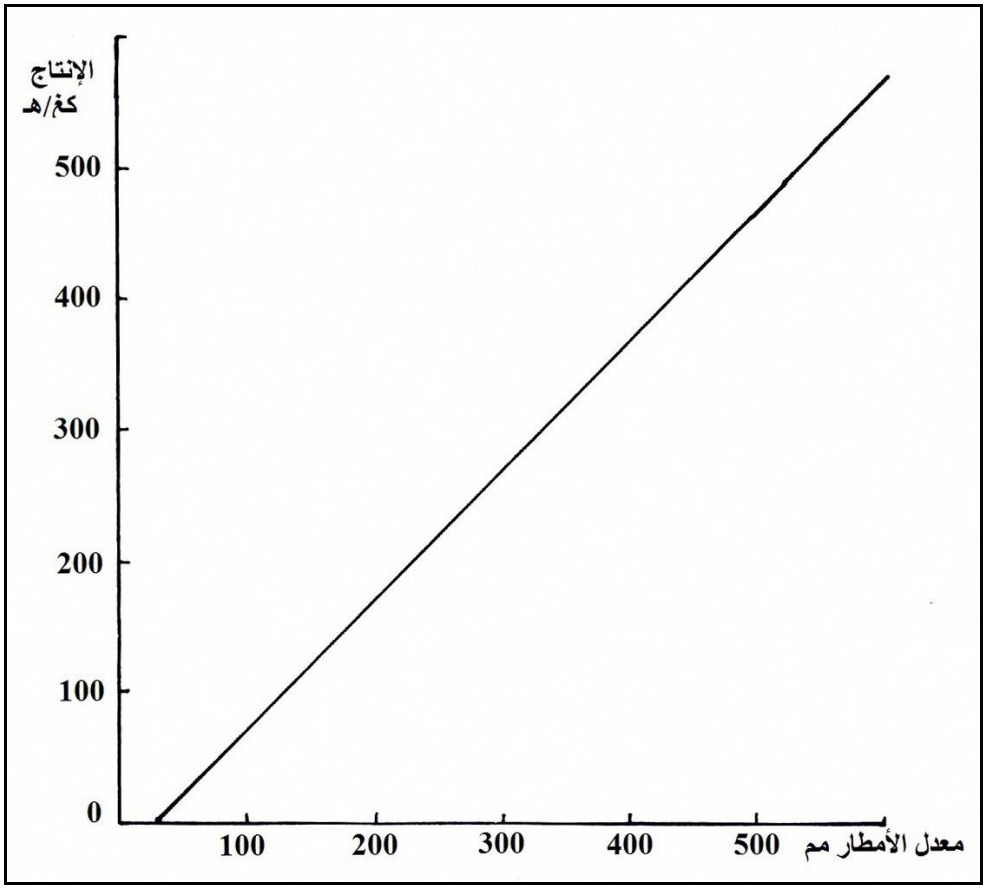
الشكل 102.الكثبان الرملية في واحة تدمر (سوريا)

فلورة المناطق الجافة:

تتشابه المناطق الجافة في كافة أنحاء الكرة الأرضية وهذا يعود إلى انخفاض كثافة الغطاء النباتي من ناحية وإلى تعاظم دور التربة في تشكيل المنظر العام للصحاري من ناحية أخرى. فإذا كان الغطاء النباتي في المناطق الرطبة يغطي سطح التربة ويحميها من الانجراف والتعرية،

فالأمر يختلف في المناطق الصحراوية حيث الانجراف يؤدي إلى ظهور الصخور على السطح، ويصبح منظر الصحاري باستثناء المناطق المنخفضة، مشابهاً لمنظر المناطق الجبلية المرتفعة.

وبالرغم من انخفاض الأمطار في المناطق الجافة فإن النباتات التي تنمو متباعدة عن بعضها البعض تجد الماء الكافي لنموها، ذلك أن المجموع الجذري المتطور والعميق للنباتات الصحراوية يزود النباتات بالماء بمعدل لا يقل عن نباتات المناطق الرطبة. فقد حسب فالتر Walter, (1964) كمية الماء في المتر المربع من التربة في المناطق الجافة والرطبة وكتلة النباتات في هذه المساحة فوجد أن إمداد وحدة كتلة النباتات بالماء واحد تقريباً في كلا المنطقتين، وذلك لأن كتلة النباتات في المتر المربع في المناطق الجافة أقل بكثير منها في المناطق الرطبة،
ويمكن إيضاح العلاقة بين كثافة الغطاء النباتي وكمية الأمطار في حال ثبات عوامل الوسط كافة وتغير كمية الأمطار فقط، وهذا ما بينه فالتر Walter (1964) في جنوب أفريقيا حيث تتناقص كمية الأمطار من 500 مم إلى الصفر تقريباً (الشكل 103)، ووجد أن إنتاج الغطاء النباتي ومساحة سطح النتح أيضاً (مساحة سطح الأوراق) تنخفض بانخفاض كمية الأمطار وعندما قسم كمية الأمطار الساقطة على مساحة سطح النتج (في الغطاء النباتي) فوجد أنها متقاربة في المناطق الرطبة والجافة، وهذا يعني أن إمداد النباتات بالماء في المناطق الجافة والرطبة متقاربة إذا حسب بالنسبة لكمية الإنتاج النباتي.



الشكل 103.العلاقة بين إنتاج المجموع الخضري وكمية الأمطار (جنوب غرب أفريقيا)

ويلاحظ في المناطق شديدة الجفاف، التي يسقط فيها أقل من 100 مم من الأمطار سنوياً، عدم تجانس الغطاء النباتي، ففي بعض الأمكنة يكون كثيفاً وفي بعضها الآخر نادراً، وهذا بسبب عدم تجانس رطوبة التربة والذي يعود بدوره للتضاريس التي تؤدي إلى جريان مياه الأمطار، ففي الأمكنة المرتفعة أو غير المستوية تكون التربة أقل رطوبة منها في المناطق المنخفضة والأودية، وهذا ينعكس في عدم التجانس في الغطاء النباتي، إذ تمد ترب الأمكنة المنخفضة والأودية النباتات بالماء كما في المناطق شبه الرطبة تقريباً، وقد استغل الإنسان ظاهرة الجريان السطحي منذ القدم ووجه السيول السطحية إلى المناطق المنخفضة واستغلها للزراعة.

ونظراً لتنوع النظم المناخية والترب واتساع المناطق الصحراوية فإن فلورة الصحارى غنية نسبياً بالأنواع النباتية التي تنتسب إلى أنماط بيولوجية Life forms مختلفة، فالنباتات الصحراوية تمتلك خصائص عديدة، شكلية وفسيولوجية، تمكنها من تحمل الجفاف أو تحاشيه وأهم أنماط التكيف هي (Lemee, 1967; Petrov, 1976; Sowell, 2001):.

٤. الهروب من الجفاف

تشكل **النباتات الهاربة من الجفاف** نسبة عالية من نباتات الصحاري تفوق الـ 50%، وتضم:

- **نباتات عشبية حولية Ephemeral annuals**

وهي نباتات تنبت بإدارتها Seedlings في أعقاب المطر، وتكمل دورة حياتها وتعطي ثماراً وبذوراً في مدى شهور أو أسابيع قليلة، وتقضى فترة الجفاف في صورة بذور كامنة، ومثل هذه النباتات برغم استيطانها الصحراء تعد بحق هاربة من الجفاف، لأنها تنمو وتكمل دورة حياتها في ظروف تتوفر فيها الموارد المائية وظروف تبخر جوية معتدلة (انظر الشكل 48).

- **النباتات العشبية المعمرة Ephemeroids**

وعددها قليل وتوجد بشكل أساسي في المناطق الجافة، ولها سوق أرضية معمرة مطمورة في التربة على شكل ريزومات أو أبصال أو كورمات، وتتشكل فيها الأوراق والأزهار خلال أسابيع عدة وذلك في الفترة الرطبة مثل أنواع النميص *Carex physodes* و *Carex desertorum* والقبا *Poa bulbosa* التي تنتشر في صحارى بلاد الشام وتركستان، وكذلك أنواع الجنس *Dipcadi* التي تنتشر في صحاري الجزيرة العربية.

ب. النباتات المعمرة العصارية Perennial succulents

تخزن **النباتات المعمرة العصارية** الماء في الأوراق أو السوق أو الجذور في الفصل المطير وتستعمله في فصل الجفاف، وتتميز النباتات العصارية بمجموع جذري سطحي يمكّنها من امتصاص مياه الأمطار التي تبلل الطبقة السطحية، وبقدرة فائقة على الاحتفاظ بالماء وذلك بتقليل معدل النتح، فعدد المسام فيها قليل وأدمتها سميكة جداً وتغطيها طبقات شمعية تحول دون التبخر (الأشكال 49 . 51)

ج. النباتات الجفافية القاسية Sclerophytes:

تضم هذه المجموعة معظم النباتات الصحراوية المعمرة، وتمتلك تكيفات عدة تمكنها من مقاومة الجفاف أهمها:

- تمتلك مجموعاً جذرياً غزير النمو والتفرع ينتشر عمودياً في التربة إلى أعماق كبيرة، وتفوق كتلتة كتلة الجزء فوق التربة بـ 5 – 10 مرات، وتتشكل الأوبار على جذور

بعض النباتات في الفترة الرطبة لامتصاص أكبر كمية ممكنة من الماء، وتجف هذه الأوبار في الفترة الجافة ولكنها تتشكل مرة ثانية في الفترة الرطبة للسنوات التالية. وتمتلك وبعض النباتات المتعمقة الجذور Phreatophytes مجموعاً جذرياً يتوغل في التربة حتى يصل إلى مستوى الماء الجوفي أو قريباً منه مثل أنواع الطرفة *Tamarix* والخرينيبة *Prosopis* (الشكل 52) .

- تنتهج النباتات القاسية مناهج شتى لتقليل شدة النتح وذلك باختزال سطح المجموع الخضري عن طريق سقوط الأوراق في الفترة الجافة بمعدل يتراوح بين 40% في الشيح *Artemisia* و100% في الصر *Noea*، وانغلاق المسام وبخاصة في الفترة الحارة من النهار، والتفاف الأوراق لتقليل المساحة المكشوفة (الشكل 53)، وكثافة الأوبار التي تغطي سطح الأوراق.

النباتات الملحية

تنتشر الترب الملحية كالسبخات Sabkha بشكل واسع في المناطق الجافة وشبه الجافة، وتشير التقديرات إلى أن مساحتها بلغت نحو 1030 مليون/هـ (Abrol et al. 1988). والسبخات مناطق منبسطة وذات ترب ملحية وتنمو فيها النباتات الملحية Halophytes. ويميز ضمن النباتات الملحية أنماط عدة تبعاً لمورفولوجيا النباتات وتكيفها لتحمل الملوحة وأهم هذه الأنماط هي (Al-Oudat and Manzoor, 2011):

- النباتات الملحية العصارية Succulent halophytes والتي تختزن الماء في أنسجتها مثل القلي *Salicornia europaea*، والعنظوان *Seidlitzia rosmarinus* (الشكل 104) وغيرها.



الشكل 104. نبات العنظوان *Seidlitzia rosmarinus* العصاري

- النباتات الملحية التي تمتلك غدداً مفرزة للملح Salt bladder تمكنها من التخلص من الأملاح الزائدة مثل بعض أنواع الرغل *Atriplex* sp. .
- النباتات الملحية التي تتخلص من الملوحة الزائدة مع مياه النتح، وتترسب الأملاح بعد تبخر الماء على سطحها مثل نبات الملوح *Reaumuria alternifolia* (الشكل 105).



الشكل 105. البلّورات الملحية على سطوح أوراق نبات الملوح *Reaumuria alternifolia*

أهم مناطق الصحاري في العالم (الشكل 106) **هي:**



الشكل 106. توزيع الصحاري الرئيسية في العالم

الصحراء الكبرى

تمتد الصحراء الكبرى على مساحات واسعة في شمال أفريقيا، وتقدر مساحتها بحوالي 9 مليون كم^2، وتختلف الأمطار فيها من منطقة إلى أخرى سواء في فترة سقوطها أو كميتها، ففي الصحراء الجزائرية تسقط الأمطار بشكل أساسي في الخريف والربيع أما في الصحراء الليبية والمصرية فلا يلاحظ قاعدة عامة لسقوط الأمطار، وهي نادرة بشكل عام، ودرجة الحرارة مرتفعة وتتراوح بين 7.5 درجة مئوية شتاءً و52.4 درجة مئوية صيفاً، أما درجة حرارة سطح التربة فتصل في الصيف إلى 69.8 – 74.4 درجة مئوية.

وفلورة الصحراء الكبرى فقيرة بالأنواع النباتية ويعتقد اوزندا Ozenda (1958) وشولز Schulz (1986) أن فلورة الصحراء الكبرى من المحيط الأطلسي إلى البحر الأحمر تضم نحو 1200 نوع نباتي وعائي، هذا وفي بعض المناطق تكاد تكون الحياة النباتية معدومة، فقد وجد على مساحة قدرها 50 ألف كم^2 سبع أنواع نباتية زهرية فقط، في حين أن بعض المناطق غنية نسبياً بالنباتات إذ وجد على مساحة تقدر بـ 200 ألف كم^2 حوالي 568 نوعاً نباتياً (انظر Tolmatchev,1974). وتكثر النباتات بصورة خاصة حول الواحات ومن أهم تلك الأنواع النخيل *Phoenix dactylifera*، وعدد من أنواع جنس الأكاشيا *Acacia* التي يستخرج منها المواد الصمغية، ويوجد في المناطق الجنوبية من الصحراء الكبرى الدوم *Hyphaene thebaica*، ومما يسترعي الانتباه كثرة الأنواع العشبية الحولية Ephemerals.

وتكثر في المناطق الرملية النجيليات من جنس النصي *Aristida* وخاصة *Aristida pungens* التي تملك مجموعاً جذرياً سطحياً غزير التفرع يصل طوله إلى 20م، ويمكنه امتصاص حتى الكميات القليلة من مياه الأمطار التي تبلل سطح التربة. وينعدم في بعض المناطق وخاصة في وسط الصحراء الكبرى وجود النباتات على مساحات واسعة.

الصحراء العربية

تشمل الصحراء العربية مناطق عدة أغلبها ذات تربة رملية: الربع الخالي والنفود الكبرى والنفوذ الصغرى والحسا، وفي الطرف الشمالي للجزيرة العربية توجد بادية الشام، ويحد صحاري شبه الجزيرة العربية من الغرب جبال الحجاز وعسير المجاورة للبحر الأحمر.

يتميز المناخ في الصحراء العربية بصيف حار جاف وشتاء دافئ نسبياً، والأمطار قليلة (الجدول 14 والشكل 101):

الجدول 14. بعض المعطيات المناخية لمناطق شبه الجزيرة العربية (عن Petrov, 1976)

المدينة	الارتفاع عن سطح البحر (م)	متوسط حرارة كانون الثاني	متوسط حرارة تموز	متوسط الحرارة السنوي	كمية الأمطار السنوية مم
دمشق	700	6,8	26,6	17,2	212
تدمر	420	6,9	29,2	18,8	120
جدة	6	23,9	31,7	27,9	65
البصرة	14	11,7	34,9	24,1	175
مسقط	29	17,7	33,7	25,6	100
الرياض	600	14,1	33,4	25,3	110

تتميز المناطق الداخلية بمناخ شديد القارية، وتسقط الأمطار بشكل أساسي في الفترة الشتوية . الربيعية وتختلف كميتها من عام لآخر، وفي المناطق الجنوبية كالربع الخالي قد لا تسقط الأمطار لسنوات عدة، والرياح وشديدة، ودائمة الهبوب، والمياه الجوفية عميقة. ونظراً لقسوة المناخ نجد أن الصحراء العربية فقيرة بالنباتات، وتتميز المناطق الوسطى من الجزيرة العربية ذات الترب الرملية الحمراء، بانتشار الأنواع المعمرة مثل الخنازيرية الصحراوية *Scrophularia desertii* الأرطى *Calligonum comosum*، والشيح *Artemisia monosperma*، *Monsonia nivea* ويصادف كذلك الثمام *Panicum turgidum* ومن

أهم الأنواع العشبية، السعدان *Neurada procumbens*. كما توجد شجرة الغضا *Haloxylon persicum*. أما على الرمال المتحركة فتندر الأنواع النباتية. وينتشر على الترب الحصوية القتاد الشوكي *Astragalus spinosus*، أما على الترب الرملية . الطينية فتنمو الصمعاء *Stipa capensis* والشيح *Artemisia herba – alba* والسّلّه (الشبرم) *Zilla spinosa* والرمث *Hammada salicornia* والعوسج *Lycium shawii* والبعيثران *Achillea fragrantissima* وغيرها. ومن أهم الأعشاب الحولية أنواع من أجناس الربل *Plantago* والنصى *Aristida* وزهرة الشمس *Helianthemum* والسعدان *Neurada*. أهم النباتات الملحية هي الغضا *Haloxylon persicum* والرمث *Hammada elegans* والرغل *Atriplex* والعجرم *Anabasis* والحمض *Salsola* والشنان *Seidlitzia rosmarinus* وغيرها.

وتحتل بادية الشام مساحة صغيرة بالمقارنة مع المناطق الجنوبية من شبه الجزيرة العربية ومناخها حار صيفاً (متوسط درجة حرارة تموز (يوليو) في تدمر 29,2 درجة مئوية) ودافئ شتاء (متوسط درجة حرارة كانون الثاني (يناير) 6,9 درجة مئوية) ولكن تنخفض درجة الحرارة في الشتاء تحت الصفر كل عام تقريباً، ومتوسط الأمطار السنوية حوالي 100 – 200 مم، وتشكل النباتات مراع جيدة في السنوات الرطبة وأهم النباتات الشجيرية المعمرة *Hammada articulata* والسلماس *Artemisia scoparia* والشيح *Artemisia herba – alba*، ومن النباتات العشبية نذكر النصى *Aristida* والقبا *Poa* وغيرها.

صحراء أمريكا الوسطى والشمالية

وتتراوح كمية الأمطار فيها بين 120 و250 مم لذلك نجد أن الغطاء النباتي فيها كثيف نسبياً ويسود فيها الشيح *Artemisia tridentata* وكذلك اللارا *Larrea tridentata* وهي عبارة عن شجيرة (ارتفاعها 1– 1.5م) أوراقها صغيرة ومجموعها الجذري عميق كثير التفرع، ويرافقها شجيرة أخرى أصغر منها هي فرانزيريا *Franseria dumosa*، وكثير من النباتات العشبية الحولية Ephemerals والنباتات العصارية Succulents، واليوكا *Yucca*، وفي قاعدة الجبال والمناطق المنخفضة حيث التربة رطبة نجد أن الغطاء النباتي له طبيعة أخرى حيث تكثر شجرة المسكيت *Prosopis* التي يصل ارتفاعها إلى 12م وكذلك السنط *Acacia* والباركنسونيا

Parkinsonia وغيرها. وأما على السفوح والمرتفعات حصوية التربة فتوجد النباتات العصارية Succulents مثل الأجاف *Agava* واليوكا *Yucca* والصبار *Opuntia* وغيرها.

صحراء آسيا الوسطى

وتتميز باختلاف مناخها حيث تقسم إلى شمالية (جنوب كازاخستان) تسقط فيها الأمطار على مدار السنة تقريباً، وجنوبية تسقط فيها الأمطار في الشتاء والربيع، وحسب طبيعة التربة تقسم هذه الصحاري إلى صحاري طينية ورملية وملحية.

وتتميز الصحاري الطينية بانتشار الشيح Artemisia herba – alba بالإضافة إلى أنواع فصيلة السرمقية *Chenopodiaceae* مثل العجرم *Anabasis salsa*، والرغل *Atriplex cana* والغضا عديم الأوراق *Haloxylobn aphyllum* (شجيرة ارتفاعها 4 . 5 م عديمة الأوراق) وغيرها بالإضافة إلى الأعشاب الحولية Ephemerals والأعشاب المعمرة Ephemeroids مثل نباتات القبا Poa bulbosa وأنواع النميص *Carex physodes* و *Carex pachystylis* وغيرها.

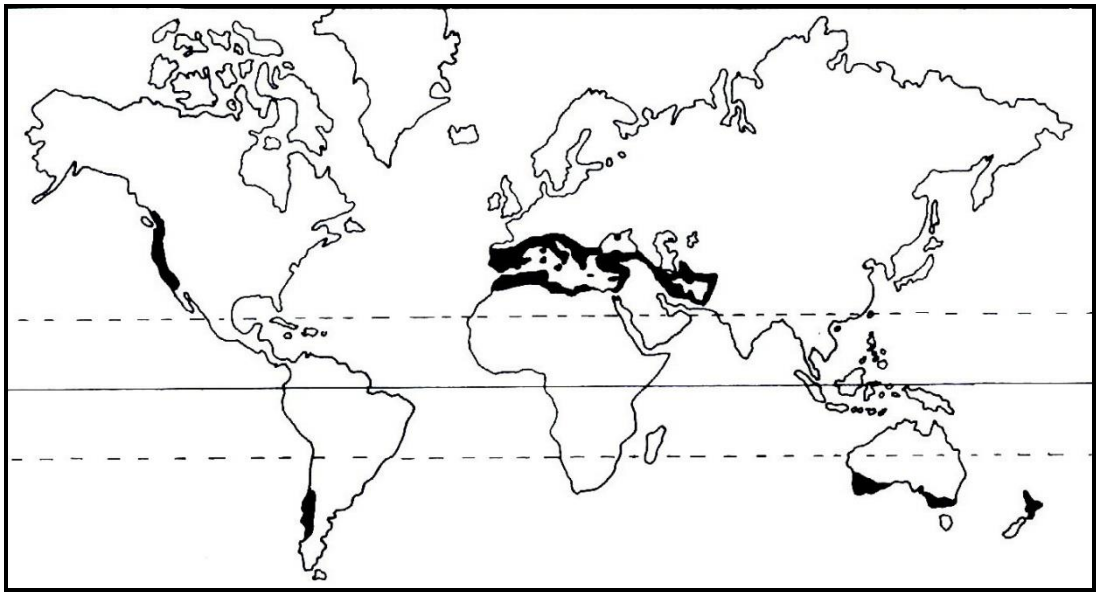
ونجد في الصحاري الملحية، التي تنتشر بشكل أساسي على ضفاف نهري أمودايا وسيرادايا وفي المناطق المنخفضة، النباتات الملحية Halophytes وقسم من هذه النباتات عصاري Succulent مثل الثليث *Halochnemum strobilaceum* والقلي *Salicornia* herbacea وغيرها كما تصادف بعض الأنواع المفرزة للأملاح والتي تشكل بعد جفافها بلورات ملحية على سطح الأوراق مثل أنواع الحمرة *Frankenia* والطرفة *Tamarix* والملوح *Reaumuria*وغيرها وتوجد بعض المناطق التي لا تحوي أي نوع نباتي وذلك لارتفاع ملوحة التربة.

وتشكل الصحاري الرملية القسم الأكبر من صحاري آسيا الوسطى، وهي ذات غطاء نباتي أكثر كثافة من بقية الصحاري الأخرى ويعود هذا إلى أن التربة الرملية تمتص كل المياه التي تسقط عليها، كما أن الخاصة الشعرية عندها ضعيفة ولهذا لا تجف إلى أعماق كبيرة، كما أن البخار الموجود بين حبيبات الرمل يمكن أن يتكثف ليلاً عندما تنخفض درجة حرارة التربة ويؤدي إلى زيادة الرطوبة. ويوجد على التربة الرملية بالإضافة إلى النباتات العشبية كثير من الشجيرات مثل الأرطى *Calligonum* (حوالي 30 نوعاً) والأمودندرون *Ammodendron* (حوالي 5 أنواع) والطرفة *Tamarix* والغضا *Haloxylon persicum* وغيرها.

الفصل الثالث

الغابات قاسية (جلدية) الأوراق Sclerophyllous Forests

تنتشر الغابات قاسية الأوراق في شواطئ البحر المتوسط وتمتد في المناطق الجبلية حتى أفغانستان، كما تنتشر في أمريكا الشمالية في وسط وجنوب كاليفورنيا، وفي أمريكا الجنوبية في وسط تشيلي، وفي أفريقيا جنوب غرب منطقة الكاب وكذلك في جنوب وجنوب شرق استراليا، أي أن هذه الغابات توجد في القارات الخمس (الشكل 107) وسنأخذ كمثال عنها الغابات الموجودة في حوض البحر المتوسط.



الشكل 107. مناطق انتشار الغابات دائمة الخضرة قاسية الأوراق (غابات البحر المتوسط)

كان للتغيرات المناخية التي حدثت بعد البليوسين (العصور الجليدية في أوروبا) تأثير كبير في فلورة البحر المتوسط حيث كانت ترافقت العصور الجليدية بفترات ماطرة في هذه المنطقة والعصور بين الجليدية بفترات جافة أدت إلى تشكيل مركز لنشوء النباتات الجفافية Xerophytes وإلى انقراض الأنواع المدارية كلياً، وهذا أدى بدوره إلى إفقار فلورة البحر المتوسط الغنية، كما أدت التغيرات المناخية في الحقب الرابع إلى اندفاع الأنواع الشمالية والمعتدلة إلى منطقة البحر المتوسط وإلى انتشار التشكيلات السهبية Steppe formations إلى الجنوب.

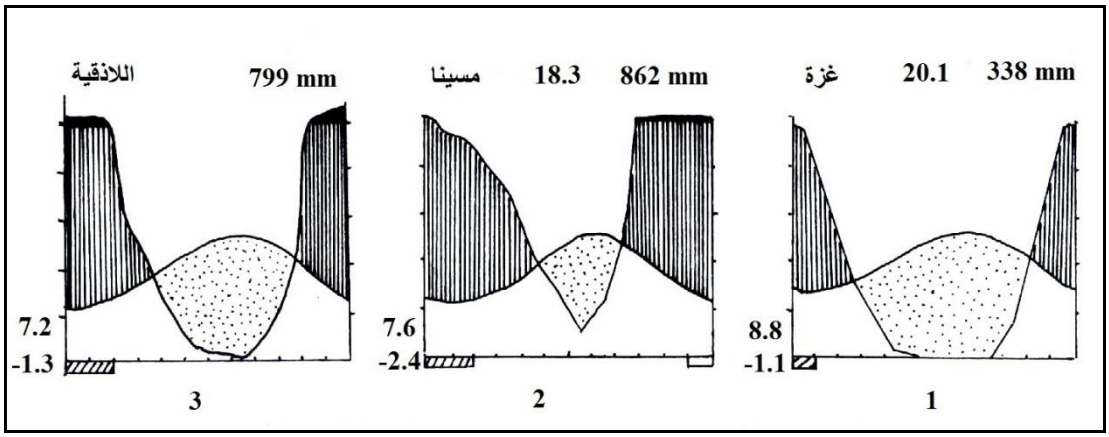
تضم فلورا البحر المتوسط الحالية نحو 25000 نوع نباتي ونحو 5000 تحت نوع، معظمها متوطنة في منطقة حوض البحر المتوسط، وقد قدرها غريتر (Greuter, 1991) بنحو 60%، بينما تضم قارة أوروبا كاملة نحو 12500 نوع منها نحو 3500(28%) نوع متوطن (WWF and IUCN, 1994).

يشكل عنصر البحر المتوسط القسم الأكبر من هذه الأنواع ويصل عدد الأنواع التي تنتمي لعنصر حوض البحر الأبيض المتوسط إلى نحو 60% من العدد الكلي للأنواع، أما الأنواع الباقية فتنتمي إلى العنصر المكاري أو الآسيوي الشرقي أو الأوروبي التي دخلت إلى منطقة البحر المتوسط في أزمنة مختلفة، وتلعب هذه العناصر الثلاثة دوراً ثانوياً في الجزء المركزي للبحر المتوسط، أما في أطرافه فيزداد دورها أهمية في الغطاء النباتي.

مناخ حوض البحر المتوسط

تحمل المنخفضات الجوية القادمة شتاء من ايسلندا باتجاه أوروبا الأمطار الغزيرة إلى منطقة المتوسط، أما في الصيف فعلى العكس إذ يسيطر المرتفع الجوي الأزوري ويتقدم إلى جنوب أوروبا ويبعد المنخفضات الجوي نحو الشمال، ونتيجة لذلك تصبح منطقة البحر المتوسط في مجال المناطق شبه المدارية الجافة، ويلطف من حدة جفاف الصيف في المناطق الغربية من البحر المتوسط قربها من المحيط الأطلسي، أما في المناطق الشرقية فالجفاف شديد.

ويعنى بمناخ المتوسط نمط من المناخ يسود في حوض البحر المتوسط وفي مناطق أخرى من الكرة الأرضية مثل كاليفورنيا والجزء المتوسط من تشيلي والجزء الغربي من الكاب وجنوب غرب استراليا وغيرها. وتُعد كمية الأمطار وتوزعها على مدار السنة من أهم ميزات مناخ المتوسط، فالصيف حار وجاف والشتاء معتدل وماطر، ويمكن تمييز المناطق التالية (الشكل 108):



الشكل 108. المخططات المناخية لمنطقة حوض البحر المتوسط

أ. مناطق جافة الصيف (لا يسقط فيه أكثر من 50 مم من الأمطار)، وتسقط الأمطار بشكل أساسي في الشتاء، وتشمل أفريقيا وجنوب اسبانيا وسردينيا وجنوب ايطاليا ووسط اليونان وشرق البحر المتوسط وشواطئ آسيا الصغرى (الشكل 108 . 1 و3) المطلة على البحر المتوسط وإلى الشرق حتى آسيا الوسطى.

ب. مناطق صيفها قليل الأمطار (يسقط فيه 50 – 100 مم) وتسقط الأمطار في الربيع والخريف ونجد هذا المناخ في شمال اسبانيا (باستثناء الشواطئ الأطلسية) وشواطئ فرنسا والشواطئ الغربية لوسط إيطاليا والبانيا ووسط اليونان والشواطئ الغربية لبحر إيجة والجزء الشمالي من آسيا الصغرى وشواطئ القرم الجنوبية (الشكل 108 . 2).

ج. المناطق الشمالية الانتقالية، حيث تسقط الأمطار على مدار السنة تقريباً ولكنها تبلغ حدها الأقصى في الربيع والخريف والحد الأدنى في الصيف، وتشمل شواطئ شمال اسبانيا وشمال ايطاليا وغيرها (الشكل 116).

تختلف كمية الأمطار من منطقة لأخرى (متوسطها حوالي 760 مم) وتقل من الشمال نحو الجنوب، فبينما هي في شواطئ اسبانيا حوالي 1000 مم، فإنها لا تزيد في بعض شواطئ أفريقيا عن 200 مم، وتسقط الأمطار غالباً على شكل رخات تؤدي إلى جرف التربة.

تخضع الرطوبة النسبية إلى تغيرات يومية وفصلية، ففي منطقة شرق المتوسط ترتفع في فصل الصيف في السهول الساحلية إلى أكثر من 70%، وتنخفض في المناطق الجبلية عنها في السهول، أما في الشتاء فتنخفض في السهول الساحلية إلى 60% وأقل، وترتفع إلى أكثر من 76% في الجبال الساحلية.

تزداد درجة الحرارة من الشمال نحو الجنوب، فمتوسط درجة الحرارة على شواطئ البحر الأسود 11 – 15 درجة مئوية، وفي غرب البحر المتوسط 16 درجة مئوية، وفي شمال أفريقيا حوالي 20 درجة مئوية، وتصل درجة الحرارة الدنيا المطلقة في كثير من مناطق البحر المتوسط إلى تحت الصفر (جبل طارق وغزة 1.1 درجة مئوية تحت الصفر، وقد تصل في بعض المناطق إلى 6 درجات مئوية تحت الصفر وأكثر)، وفي بعض المناطق لا تنخفض إلى الصفر مثل القاهرة وبيروت وصقلية وطرابلس وغيرها. والندى قليل بصورة عامة، ويتشكل عادة قبيل الأيام

الماطرة وكميته لا تزيد عن 10 مم في السنة (Walter, 1973) ويعني هذا أن ليس للندى تأثير في تغيير الظروف المناخية.

الغطاء النباتي في منطقة البحر المتوسط

لقد بقيت الغابات الممثلة لحوض البحر المتوسط في أماكن محدودة وهي في الأغلب المناطق المرتفعة وصعبة المنال، أما في الهضاب والمناطق المنخفضة والقريبة من سطح البحر، فقد استبدلت بشكل كامل تقريباً وحلت محلها النباتات الزراعية أو التشكيلات النباتية المتراجعة والفقيرة بالأنواع النباتية، وفي الأمكنة شديدة الانحدار لم يبق، نتيجة لقطع الغابات ونتيجة لتعرية وانجراف التربة، إلا التربة الصخرية.
وبسبب طبيعة تضاريس حوض البحر المتوسط المتمثلة بالجبال المطلة على البحر، يتغير الغطاء النباتي من سطح البحر وحتى قمم الجبال ويمكن تمييز النطاقات الرأسية التالية:

١. النطاق السفلي: ويتألف من غابات متوسطية دائمة الخضرة قاسية الأوراق وغابات مخروطية متوسطية.
٢. النطاق متوسط الارتفاع ويتألف من غابات متساقطة الأوراق وغابات مخروطية.
٣. النطاق العلوي: ويتألف من شجيرات وأنصاف شجيرات جفافية قصيرة.

يتغير ارتفاع النطاقات المختلفة من الشمال إلى الجنوب، وينمو غالباً على السفوح الجبلية ذات الارتفاع الواحد والتوجه المختلف، أنماط مختلفة من الغابات.

١. النطاق السفلي:

وتنتشر فيه:

أ. الغابات دائمة الخضرة قاسية الأوراق.

ب. الغابات المتوسطية المخروطية.

أ. الغابات دائمة الخضرة قاسية الأوراق.

وتنمو هذه الغابات غالباً على تربة البحر المتوسط الحمراء Teraa-Rosa، وعلى تربة ناتجة منن تدهورها، ويسمى هذا النطاق غالباً بنطاق السنديان *Quercus ilex* أو نطاق الزيتون (انظر Takhtajan, 1986).

تنتشر هذه الغابات في المناطق ذات المناخ المتوسطي المثالي حيث الشتاء معتدل ورطب والصيف حار وجاف ويستمر عدة أشهر، لذا فإن معظم أنواع هذه الغابات (باستثناء بعض المناطق المحدودة الرطبة) جفافية ولا يتوقف النمو الخضري فيها شتاء حتى أن بعض الأنواع تزهر وتثمر في الشتاء، أما في الصيف الحار والجاف فإن بعض الأنواع تسقط جزءاً من أوراقها وحتى جزءاً من الفروع، وأغلب الأنواع دائمة الخضرة وأوراقها صغيرة قاسية وجفافية، والبراعم محمية قليلاً بالحراشف وتوجد هذه الغابات في كافة شواطئ المتوسط عدا الشواطئ الليبية والمصرية.

توجد هذه الغابات في الأجزاء الشمالية من المتوسط على ارتفاع يصل حتى 300 – 500 م، أما في الأجزاء الجنوبية فتوجد على ارتفاع يصل إلى 1500 – 1800 م وخاصة في جبال الأطلس.

ونتيجة لنشاط الإنسان خلال آلاف السنين فإن الغابة الأولية الممثلة لهذا النطاق قد تراجعت ولم تبق إلا في أماكن محدودة وقليلة، ويميز في هذه الغابات طبقات عدة وهي:

١. الطبقة الشجرية ويصل ارتفاعها إلى 15 – 18 م وتتألف من أشجار السنديان *Quercus ilex* فقط (الشكل 109).



١. الشكل 109. غابات السنديان *Quercus calliprinos* في سوريا

٢. طبقة الشجيرات ويصل ارتفاعها إلى 3 – 5 م (وأحياناً يصل ارتفاعها إلى 12 م) ويسود فيها الغار *Laurus nobilis* والقطلب *Arbutus unedo* والبطم اللانتسكي *Pistacia lentiscus* والسويد *Rhamnus palaestina* والزورد *Phillyrea media* والخلنج *Erica arborea* والآس *Myrtus communis* وغيرها.

٣. النباتات المتسلقة وأهمها الفشاغ *Smilax aspera* واللونسيرا *Lonicera* واللبلاب (حبل المساكين) *Hedera helix* والظيان *Clematis flammula* وغيرها.

٤. طبقة الأعشاب وتغطيتها لا تزيد عن 30%، ويضم الصفندر *Ruscus aculeatus* وأنواع الفوّة *Rubia* والهليون *Asparagus* والحلاب *Euphorbia* والبنفسج Viola وغيرها.

٥. طابق الحزازيات وهو قليل النمو.

ويستبدل بالسنديان *Q. Ilex* في مناطق البحر المتوسط الشرقية الجافة، مثل شواطئ الأناضول وفي شرق البحر المتوسط، السنديان *Quercus calliprinos* الذي يصل ارتفاعه في بعض الأحيان من 10 . 12 م (الشكل 109). وقد تراجعت هذه الغابات في شرق المتوسط واستبدل بها الماكي Maquis الذي لا يختلف كثيراً عن غابات غرب المتوسط إلا في بعض الأنواع حيث نجد إلى جانب السنديان *Q. Calliprinos* الحوز *Styrax officinalis* والزيتون والخروب *Ceratonia* والبطم الفلسطيني *Pistacia palaestina* والبطم اللانتسكي *P. Lentiscus* وغيرها.

ب. الغابات المتوسطية المخروطية:

تنتشر بشكل قليل في النطاق السفلي وتكون غالباً على شكل مجموعات صغيرة أو أفراد متباعدة، وأهم الأنواع المشكلة للغابات المخروطية في المتوسط هي الصنوبر الثمري *Pinus pinea* الذي ينتشر في اغلب أجزاء المتوسط باستثناء شمال إفريقيا حيث لا يوجد بشكل بري. كما ينتشر الصنوبر الحلبي *Pinus halepensis* الذي ينمو في الأمكنة ذات المناخ الدافئ قليلة التغيرات الحرارية، ويستبدل الصنوبر الحلبي، في الجزء الشرقي من المتوسط بالصنوبر البروتي *Pinus brutia* (الشكل 110) الذي ينتشر في شواطئ آسيا الصغرى الغربية والجنوبية وفي سورية والعديد من جزر بحر إيجه وقبرص وكريت وجنوب إيطاليا.



الشكل 110. غابة الصنوبر البروتي (شرق المتوسط)

تدهور الغابات دائمة الخضرة قاسية الأوراق

تدهورت الغابات دائمة الخضرة قاسية الأوراق والغابات المخروطية المتوسطية، الممثل الحقيقي لمنطقة حوض المتوسط، تحت تأثير النشاطات البشرية وخاصة قطع الأشجار وحرق الغابات وحلت محلها تشكيلات الماكي Maguis والغاريك Garique ويسود فيهما بشكل أساسي الأنواع التي تعيش تحت الطبقة الشجرية في الغابات قاسية الأوراق التي كانت سائدة فيما مضى.

الماكي Maguis

يشكل الماكي، وهو تشكيلات نباتية مؤلفة من شجيرات قاسية الأوراق وقليل من الأشجار، واحد من أهم ميزات الغطاء النباتي للبحر المتوسط، وينتشر الماكي في كل أجزاء البحر المتوسط ويحتل مساحات واسعة، وتسود فيه الشجيرات دائمة الخضرة والتي يبلغ ارتفاعها 1 – 4 م وقد يكون كثيفاً أو قليل الكثافة، وترتفع بين الشجيرات أحياناً بعض الأشجار التي تمثل بقايا الغابة التي كانت سائدة فيما مضى (الشكل 111).

ويسود في شرق المتوسط الماكي الذي يحتوي على الخروب *Ceratonia* والآس *Myrtus communis* والزرود *Phillyrea* والخلنج *Erica* والقطلب *Arbutus andrachne* والغار *Laurus nobilis* والبطم (المصطكى) *Pistacia lentiscus* ووالبطم الفلسطيني *P. Palaestina* إبى جانب أنواع الجنستا Genista والقستوس Cistus والوزال *Spartium junceum* والأنواع المتسلقة مثل السميلاكس *Smilax aspera* والظيان Clematis والهليون *Asparagus* وغيرها.



الشكل 111. الماكي في شرق المتوسط ويسود فيه الوزال *Spartium junceum* (اللون الأصفر)

الغاريك Garique

وهو عبارة عن تراجع للماكي، ويتألف من شجيرات قصيرة وأعشاب حولية ومعمرة (الشكل 112) (للغاريك أسماء متعددة ففي شرق المتوسط يسمى الفريغانا Phryganon وفي اسبانيا يسمى التوميليار Tomillaris الخ). ينتشر الغاريك بشكل واسع في حوض البحر المتوسط وبخاصة

في الأمكنة الصخرية الجافة، وتنتمي أكثر الأنواع المشكلة للغاريك إلى الفصائل الشفوية والقرنية والوردية والمركبة والحلابية *Euphorbiaceae*، وهذه الأنواع متكيفة لتحمل الجفاف والحر الشديد والطويل، وأغلبها ذات أوراق ضيقة قاسية، وكثيراً ما تكون مغطاة بالأوبار المفرزة للزيوت العطرية، ومجموعها الجذري عميق وقد تفقد قسماً من أوراقها في الفترة الجافة. وأهم الأنواع المكونة للغاريك: إكليل الجبل *Rosmarinus* والزعتر *Thymus* والجنستا *Genista* والدفنة *Daphne* وأنواع القستوس *Cistus* والحلاب *Euphorbia* والخزامى *Lavandula* والجعدة *Teucrium polium* والبلان *Poterium* والكثير من الأعشاب الحولية والمعمرة.



الشكل 112. الغاريك على شواطئ البحر المتوسط

٢. النطاق المتوسط

وينتشر فيه:

أ. الغابات متساقطة الأوراق.

ب. الغابات المخروطية.

أ. الغابات متساقطة الأوراق

والتي تحل محل الغابات دائمة الخضرة قاسية (جلدية) الأوراق الموجودة في النطاق السفلي. ونجد في هذه الغابات أنواع البلوط متساقطة الأوراق مثل *Quercus pubescens* والعذر *Quercus cerris* بالإضافة إلى الكستناء *Castania* والمران *Fraxinus* وغيرها. كما نجد في الغابات ساقطة الأوراق والدردار Acer والجوز *Juglans* والغرغار *Ulmus* وغيرها. وتتميز الغابات المؤلفة من هذه الأنواع بكونها سريعة النمو وتنتشر في مكان غابات البلوط المتراجعة. وأهم النباتات المتسلقة في هذه الغابات هي حبل المساكين *Hedera helix* والفشاغ *Smilax excelsa* والظيان *Clematis vitalba* وغيرها.



الشكل 113. الغابات متساقطة الأوراق في شرق المتوسط

تحتوي الطوابق السفلية في هذه الغابات على العرعر *Juniperus oxycedrus* والدردار *Acer tataricum* والزعرور *Crataegus monogina* وسماق الصباغين *Cotinus coggigria* وغيرها. وتنمو في حوض المتوسط في أكثر الأمكنة رطوبة وغالباً على السفوح الشمالية والغربية (في البلقان وصقلية وآسيا الصغرى) غابات الزان وبقايا غابات مختلطة من الزان وأنواع المخروطيات. ويسود في الجزء الأوروبي من حوض المتوسط، في هذه الغابات الزان *Fagus silvatica* أما في آسيا الصغرى فنجد *Fagus orientalis*، هذا وفي بعض الأحيان يشكل الزان غابات مع الشوح *Abies alba* والبتولا *Betula*.

ب. الغابات المخروطية:

وتتألف غالباً من أنواع الصنوبر والأرز *Cedrus* والشوح *Abies* والتنوب *Picea* وغيرها، فيوجد في شرق المتوسط مثلاً غابات مؤلفة من الشوح *Abies cilicica* ومن الأرز اللبناني *Cedrus libani* (الشكل 114) بالإضافة إلى أنواع العرعر حيث نجد العدريش *Juniperus drupacea* وكذلك الدفران *J.oxycedrus* واللزاب *J. excelsa* الذي ينمو على السفوح الصخرية الجافة.



الشكل 114. غابة الأرز اللبناني في سورية

٣. النطاق العلوي

ويتمثل بقمم الجبال فوق حدود الغابات، فيوجد في شمال البحر المتوسط على ارتفاع أكثر من 1800 م وفي جنوبه على ارتفاع أكثر من 2800 – 3000 م. ويتميز المناخ السائد في هذه الأمكنة بشتاء بارد كثير الثلوج وبصيف جاف ذي شدة إضاءة عالية. كما تقل كمية الأمطار

عنها في النطاق المتوسط، هذا والمياه تجري بشكل سريع، فتتعرى التربة وتصبح قليلة السماكة لا تحتفظ بالماء وهذا يزيد من جفافية أعالي الجبال.

ويتألف الغطاء النباتي السائد من أنواع نباتية جفافية وقادرة على تحمل برد الشتاء وحر الصيف والرياح الشديدة. ويسود في الجزء السفلي من هذا النطاق الشجيرات القصيرة والأشكال الوسادية المشوكة والقادرة على حماية نفسها من الصقيع والرياح الشديدة وأهمها: العدريش *Juniperus* oxycedrus , والعرعر القزم *J. nan* الكرز البري *Prunus prostrara* والبرباريس *Berberis* وغيرها. وفي شرق البحر الأبيض المتوسط نجد أنواع الساتوريا *Saturia* و الغملول *Acantholimon* والأسترغال *Astragalus* وغيرها.

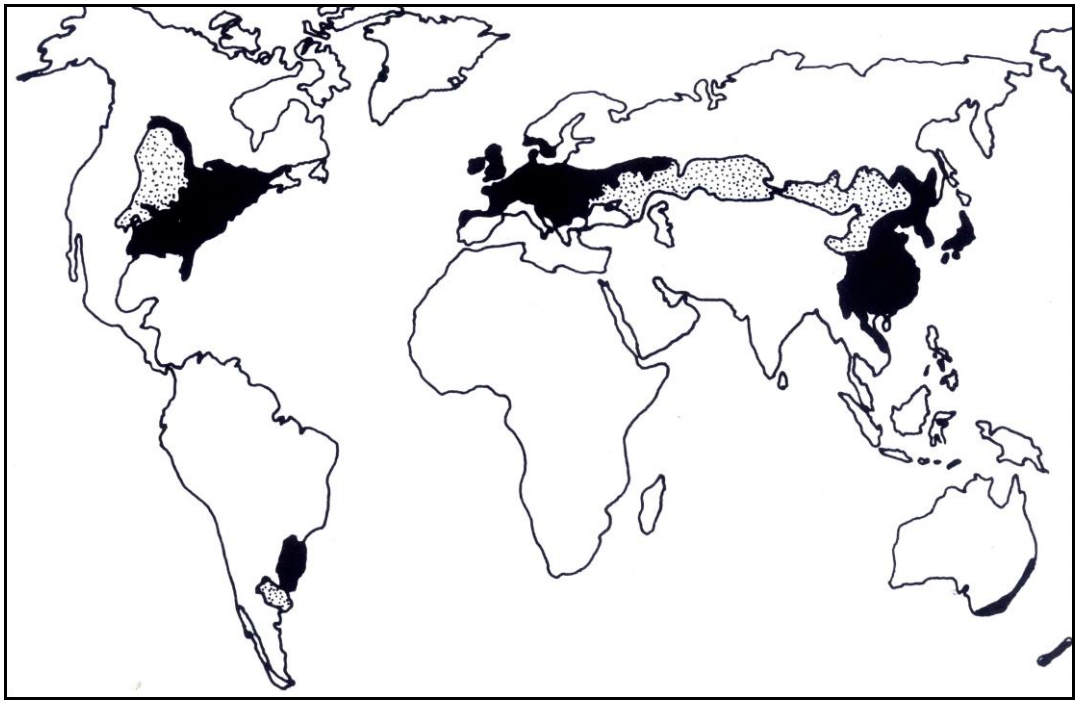
أما في القمم العالية فتنتشر السهوب الجبلية التي يسود فيها النجيليات، وخاصة أنواع العلفية *Bromus* والبوا *Poa* وغيرها.

الفصل الرابع

الغابات متساقطة الأوراق Deciduous Summer Forests

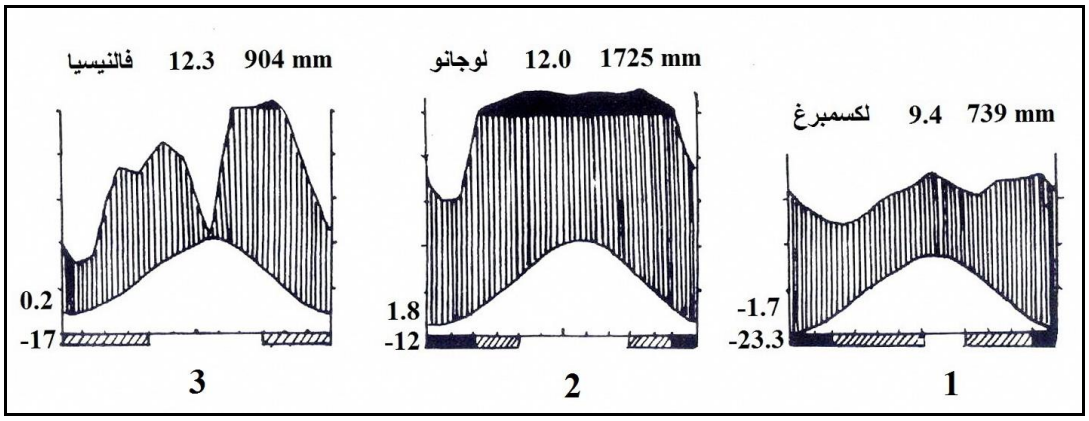
تنتشر الغابات متساقطة الأوراق في المناطق المعتدلة من نصف الكرة الشمالي ذات المناخ المحيطي، أما في الأجزاء ذات المناخ القاري فيستبدل بها الغابات المخروطية إبرية الأوراق Coniferous forests، وهذا يلاحظ بشكل واضح في أوراسيا حيث تنتشر هذه الغابات في أوروبا الغربية وتمتد حتى الجزء الأوروبي من روسيا، أما في جزئها الآسيوي حيث المناخ القاري فتنتشر الغابات المختلطة والغابات المخروطية.

وتوجد هذه الغابات في غرب أوروبا حتى القسم الغربي من أوروبا الروسية وتمتد شرقاً على شكل شريط ضيق حتى تصل إلى غرب سيبيريا حيث تشكل نطاقاً يفصل بين السهوب Steppes في الجنوب والتايغا Taiga في الشمال، كما توجد في شبه جزيرة القرم وجبال القوقاز وشرق آسيا (منشوريا وشرق الصين وكامتشاتكا وساخالين وشمال اليابان) وفي أمريكا الشمالية (الولايات الأطلسية)، أما في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، فنجدها فقط في باغونيا وتنعدم في بقيم المناطق وذلك لعدم توفر المناخ المناسب لنموها (الشكل 115).



الشكل 115. مناطق انتشار الغابات متساقطة الأوراق (أسود) والسهوب (منقط)

يتميز المناخ في المناطق التي تسود فيها الغابات المعتدلة متساقطة الأوراق بصيف دافئ، ففيها أربعة أشهر، كحد أدنى، يزيد متوسط درجة حرارتها عن 10 درجات مئوية، وبشكل عام يتراوح متوسط حرارة درجة تموز (يوليو) بين 13 و23 درجة مئوية، ومتوسط درجة حرارة كانون الثاني (يناير) حوالي 6 درجات مئوية تحت الصفر، وقد يصل في بعض المناطق القارية من روسيا إلى 10 – 12 درجة مئوية تحت الصفر. تسقط الأمطار على مدار السنة ولكن القسم الأكبر منها يسقط في الصيف، وقد يصل متوسط الأمطار الشهري في أشهر الصيف إلى 100 – 130 مم (الشكل 116). وسندرس كمثال لهذه الغابات تلك الموجودة في غرب أوروبا.



الشكل 116. المخططات المناخية لمنطقة الغابات المعتدلة متساقطة الأوراق (1 و2) والمنطقة الانتقالية بين منطقة البحر المتوسط والغابات المعتدلة متساقطة الأوراق (3)

تنتشر هذه الغابات في أوروبا على طول شواطئ الأطلسي ابتداءً من شمال شبه جزيرة ايبريا وحتى جنوب اسكندنافيا، وتضيق منطقة انتشارها نحو الشرق بسبب قارية المناخ (الشكل 115). وأهم ما يميز هذه الغابات فقرها بالأنواع وبخاصة الأنواع السائدة في الطابق الشجري، ويسود فيها بشكل أساسي الزان *Fagus silvatica* والنيّرية *Carpinus betulus* وأنواع البلوط مثل البلوط القوي *Quercus robur* والبلوط بيتريا *Quercus petraea* وغيرها، أما الأنواع الأخرى التي تنمو في هذه الغابات فدورها ثانوي مثل المران *Fraxinus excelsior* والقيقب الدلبي الكاذب *Acer pseudoplatanus* والقيقب الدلبي *Acer platanoides* والزيزفون القلبي *Tilia cordata* والزيزفون عريض الورق *Tilia platyphyllos* و البوقيصا *Ulmus scabra* وكذلك أنواع البرقوق *Prunus avium* والتفاح *Malus* وغيرها.

يعود فقر هذه الغابات بالأنواع إلى طغيان الجليد في البليستوسين Pleistocene، مما أدى إلى انقراض الأنواع التي كانت تعيش في هذه الغابات في البليوسين Pliocene مثل الجوز والكستناء والميعة *Liquidambar* وغيرها (Walter,1964).

تتميز أشجار هذه الغابات بأنها من النباتات الوسطية Mesophytes، وذلك بسبب توفر الحرارة والأمطار في فصل النمو (الصيف)، فأوراق الأشجار عريضة (مثل الزان *Fagus* والقيقب *Acer* والبلوط *Quercus*) ولهذا تسمى أحياناً بالغابات عريضة الأوراق Broad– leaved forests، ولكن بعض الأنواع صغيرة الأوراق (مثل البتولا *Betula* والحور الرجراج *Populus tremula* وغيرها) وتسمى الغابات التي تسود فيها هذه الأنواع بالغابات صغيرة الأوراق Small–leaved forests. والأوراق عادة خضراء زاهية ورقيقة نسبياً وذلك لأنها تعيش في الصيف حيث الظروف البيئية المناسبة للنمو، ونادراً ما يكون نصل الورقة كبيراً جداً كما في الدلب *Platanus*، وكستناء الحصان *Aesculus hippocastanum*، أو ريشياً كما في المران *Fraxinus* والغبيراء *Sorbus* .

ولا تتحمل الأوراق برودة الشتاء وتسقط في الخريف (الشكل 117)، وهذه الظاهرة هي صفة تكيفية لتقليل النتح، إذ أن التربة باردة جداً في الشتاء وبالتالي فهي جافة فيزيولوجياً أي لا تتمكن الجذور من امتصاص الماء منها. والجذع في هذه الأشجار مغطى بقشرة سميكة، والبراعم محمية

بالحراشف البرعمية التي غالباً من تكون صمغية، والتاج بالغ النمو والتفرع وكثيراً ما يكون ثماني الفروع (بينما في الغابات الاستوائية نادراً ما يكون خماسي الفروع). كما تتميز هذه الغابات عن الغابات الاستوائية المطرية بأن أشجار الطابق الأول لها نفس الارتفاع وبالتالي فإن سطح الغابة Canopy غالباً ما يكون مستوياً، بينما يكون في الغابات الاستوائية المطرية متموجاً أو حتى مسنناً، وذلك بسبب اختلاف ارتفاع الأشجار وتعدد أنواعها، أما في هذه الغابات فالأنواع المشكلة للطبقة الأولى قليلة بل وتتألف غالباً من نوع واحد كما في غابات الزان *Fagus* والبلوط *Quercus*. وتزهر أغلب الأشجار في الربيع المبكر قبل تفتح الأوراق، والتأبير فيها هوائي Anemophilous وأزهارها غالباً صغيرة وغير لافتة للنظر، ويعتقد الوخين (Alechin, 1961) أن إزهار هذه الأنواع قبل تفتتح الأوراق هو تكيف للتأبير (التلقيح) الهوائي.

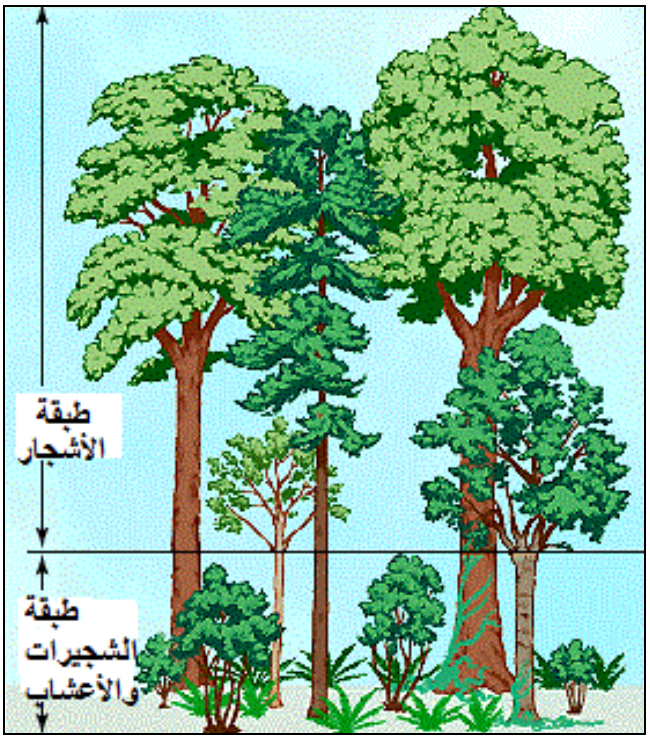


الشكل 117. تغير ألوان الأوراق قبل سقوطها

ويجري التأبير الحشري في عدد قليل من الأنواع مثل القيقب *Acer* الذي يزهر في الربيع والزيزفون *Tilia* الذي يزهر في منتصف الصيف، وتفرز أزهار الزيزفون *Tilia* الرحيق عَطر

الرائحة الذي يجذب الحشرات التي تقوم بعملية التأبير (التلقيح) حتى ولو كانت الأشجار في وسط الغابة ومتباعدة عن بعضها البعض.

ويمكن في هذه الغابات، تمييز الطوابق التالية (الشكل 118):



الشكل 118. قطاع طولي في غابة معتدلة متساقطة الأوراق

أ. طبقة أو طبقتان من الأشجار، تتألف الأولى من الأشجار الطويلة، والثانية من الأشجار القصيرة.

ب. طبقة الشجيرات.

ج. طبقة الأعشاب التي قد تتألف من طبقتين أو أكثر حسب طول الأعشاب، وينمو في الطبقة العشبية عدد من الأنواع المعمرة شبه المختفية Hemicryptophytes وعدد من الأنواع العشبية الأرضية Geophytes التي تزدهر فقط في الربيع. هذا وتحول الشدة الضوئية المنخفضة في فصل النمو، في مستوى سطح التربة، دون نمو إلاّ القليل من النباتات العشبية الحولية Therophytes، كما أن الحزازيات Mosses قليلة غالباً وذلك لأن سطح التربة مغطاة بالأوراق الساقطة، وتوجد الحزازيات على سطح الصخور أو على جذوع الأشجار الميتة الموجودة فوق سطح التربة.

يختلف المناخ الدقيق Microlimate في داخل هذه الغابات عن المناخ خارجها، ففي غابات البلوط الفتية تصل الشدة الضوئية في مستوى سطح التربة إلى نحو 1% من الشدة الضوئية في مستوى سطح الغابة Canopy، أما في الغابات المؤلفة من أشجار كبيرة العمر فالنسبة تصل إلى 2%، كما أن متوسط درجة الحرارة عند سطح الغابة أعلى بدرجتين منه عند سطح التربة، ويمكن أن تصل درجة الحرارة القصوى إلى 11 درجة مئوية أكثر منها عند سطح التربة، ودرجة الحرارة الدنيا المطلقة عند سطح الغابة أقل بشكل متوسط بثلاث درجات منها عند سطح التربة، والهواء داخل الغابة أبرد طوال النهار منه خارج الغابة، والرطوبة عند سطح التربة حوالي 90 . 98%، أما عند سطح الغابة فهي أقل من 77%، أي أنها تتناقص مع تزايد الشدة الضوئية. وتحتجز تيجان الأشجار حوالي 11 -. 12% من الأمطار.

وتمثل غابات الزان وغابات البلوط أهم أنماط الغابات متساقطة الأوراق.

أ. غابات الزان:

وهي مميزة لأوروبا الغربية، وتقل في المناطق ذات الرطوبة المرتفعة (ايرلندا – غرب انجلترا) بشكل عام (الشكل 119)، وفي المناطق الشمالية من أوروبا الغربية توجد غابات الزان في السهول أما في المناطق الجنوبية فترتفع في الجبال وتشكل نطاقاً أعلى من نطاق غابات البلوط *Quercus* أو الكستناء *Castania*.

وبالرغم من أن غابات الزان في أوروبا تتألف من أنواع مختلفة من الزان مثل الزان الشائع *Fagus silvatica* في غرب أوربا وأوكرانيا، والزان تاوركا *F. taurica* في شبه جزيرة القرم والزان الشرقي *F . orientalis* في القوقاز، فإن هذه الغابات متشابهة في كافة المناطق، وهذا يعود لكون الزان المحب للظل هو النوع السائد وبالتالي فهو الذي يحدد صفات هذه الغابات وبيئتها.

يمكن أن ينمو الزان المحب للظل في شدة ضوئية تقدر بنحو 1.5% أو أقل الشدة الضوئية النهارية، ولهذا فإن النباتات الأخرى التي تعيش في غابات الزان قليلة، وهذا يعود لكثافة الغابة من ناحية ولانخفاض الشدة الضوئية داخلها من ناحية ثانية، والأعشاب الصيفية معدومة تقريباً، ولكن تتميز غابات الزان هذه بوجود عدد من الأعشاب المعمرة Ephemeroids مثل الشقار الحرجي *Anemone nemorosa* والغالانثوس *Galanthus nivalis* وأنواع الجنس دنتاريا *Dentaria*.



الشكل 119. غابات الزان

ب. غابات البلوط:

تنتشر غابات البلوط في أوروبا الغربية وفي الجزء الأوروبي من روسيا وفي ايرلندا وغرب انجلترا (الشكل 120)، ويسود فيها الأنواع البلوط القوي *Quercus robur* والبلوط بيتريا *Quercus petraea* والبلوط المومبر *Quercus pubescens* ويشكل كل من هذه الأنواع غابات مستقلة. كانت غابات البلوط في أوروبا الغربية في القرون الوسطى أوسع انتشاراً منها حالياً، وذلك لأن الإنسان حافظ عليها إذ أنه كان يستعمل ثمار البلوط غذاء لبعض الحيوانات، ولكن فيما بعد أخذت هذه الغابات تستبدل بالتدرج وتحل محلها غابات الزان. وتشكل غابات البلوط في المناطق الجبلية نطاقاً أقل ارتفاعاً من نطاق غابات الزان. والبلوط بعكس الزان محب للضوء. والشدة الضوئية داخل الغابة أعلى منها في غابات الزان، وهذا بدوره يسمح بنمو نباتات أخرى تحت طابق البلوط، ولهذا فغابات البلوط مؤلفة من عدة طوابق قد تصل في بعض الأحيان إلى سبعة طوابق.



الشكل 120. غابات البلوط

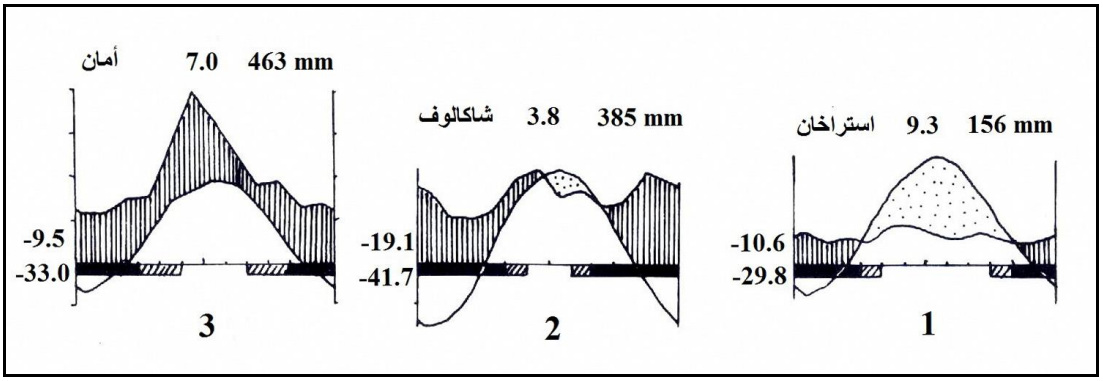
الفصل الخامس

السهوب Steppes

السهوب نمط من الغطاء النباتي العشبي الذي تندر فيه الأشجار، والأعشاب كثيفة أو قليلة الكثافة ويتألف بشكل أساسي من أعشاب جفافية Xerophytes أو أعشاب متكيفة لتحمل الجفاف. وللسهوب أسماء مختلفة ففي آسيا وأوربا تسمى الستيب Steppe وفي أمريكا الشمالية تسمى براري Prairie ، وفي أمريكا الجنوبية تسمى بامبا Pampa. وتكثر السهوب في جنوب روسيا وفي الصين وهنغاريا والولايات المتحدة الأمريكية وفي أمريكا الجنوبية (الارغواي والأرجنتين) (الشكل 115).

ويتميز مناخ مناطق السهوب بشتاء بارد وصيف حار ويبلغ متوسط درجة الحرارة السنوي حوالي 3- 7.5 درجة مئوية. وفي السهوب الجنوبية تصل درجة الحرارة إلى 10 درجات مئوية، ومتوسط درجة حرارة أدفأ أشهر السنة (تموز) حوالي 19.5 - 24.5 درجة مئوية، ومتوسط الرطوبة النسبية في الساعة الواحدة ظهراً حوالي 56- 67%، أما متوسط الرطوبة النسبية لأكثر أشهر السنة جفافاً في الساعة الواحدة ظهراً فيصل إلى حوالي 35- 49%، وتتراوح كمية

الأمطار السنوية بين 300 و470 مم يسقط منها في الصيف حوالي 160 – 180 مم (الشكل 121).



الشكل 121. المخططات المناخية للمناطق شبه الصحراوية 1 والسهوب 2 والغابات السهبية 3

ومن أهم مميزات السهوب قلة نمو الأشجار فيها، وسبب ذلك، كما تدل الدراسات المتعددة التي جرت في السهوب الأوروبية، يعود إلى قلة الرطبة في فصل النمو. ولكن قلة الرطوبة لا تمنع نمو أشجار منفردة متباعدة عن بعضها البعض كما في السافانا حيث يمكن للمجموع الجذري أن يتفرع بشكل كبير ويحتل مساحات واسعة من التربة تكفي رطوبتها لإمداد الأشجار المنفردة بالماء اللازم، ويعزو فالتر (Walter, 1973) سبب عدم نمو الأشجار المنفردة في السهوب للقدرة التنافسية الكبيرة للحشائش والتي لا تسمح لبادرات الأشجار بالنمو، وقد تنمو الأشجار في الأمكنة التي يكون فيها الغطاء العشبي النجيلي قليل الكثافة، وبشكل خاص على التربة الحصوية.

الصفات العامة لسهوب شرق أوروبا

تحتل السهوب المناطق الواقعة بين الصحاري والغابات متساقطة الأوراق، وتسود فيها الأعشاب القادرة على تحمل الجفاف Xerophytes، ولكن هذه الأعشاب أقل تحملاً للجفاف من النباتات الصحراوية وأكثر تحملاً من نباتات الغابات متساقطة الأوراق. ولون الأعشاب وخاصة النجيلية منها أخضر مائل إلى الاصفرار (وخاصة في فترة الإزهار) وهي متكيفة لتحمل الجفاف الذي يحدث في الصيف، وذلك عن طريق الأوبار التي تغطي الأوراق أو الطبقة الشمعية التي تقلل النتح أو عن طريق صغر الأوراق التي غالباً ما تكون منطوية تشكل جوفاً بين حافتي نصل الورقة مما يساعد على تقليل النتح، والسهوب غنية بالأنواع النباتية.

وبالرغم من أن السهوب شديدة التباين فإنه يمكن تقسيمها إلى نمطين:

١. الشمالية، حيث كمية الأمطار كبيرة وتسمى المروج Meadow (Forb steppe).
٢. الجنوبية، وكمية الأمطار فيها أقل وتسمى السهوب النجيلية حيث يسود فيها نبات *Stipa* .

١. المروج: Meadow

تتميز المناطق التي تنتشر فيها المروج بارتفاع رطوبة التربة وخاصة بعد ذوبان الثلوج، وتبدأ الأعشاب بالنمو في الربيع بعد ارتفاع درجة الحرارة وتُشكل غطاءاً نباتياً كثيفاً. وتتميز المروج بأن عدد الأنواع النباتية مرتفع إذ يزيد في بعض الأماكن عن 220 نوعاً قليل منها من الأنواع النجيلية، أما الأنواع الباقية فهي من الأعشاب المختلفة وبالتالي فالأعشاب Herbs هي التي تسود في المروج (الشكل 122).

وكلما اتجهنا نحو الجنوب حيث السهوب النجيلية يتناقص دور الأعشاب السائدة في المروج مثل ناعمة المروج *Salvia pratensis* وأنواع الأقحوان *Chrysanthemum* والشيخة *Senecio* وأذن الفأر *Myosoits* وغيرها.

أما الأعشاب الممثلة للسهوب النجيلية فنادرة وإن وجدت فإنها تنمو على السفوح الجنوبية، وتلعب النجيليات دوراً ثانوياً في المروج مثل أنواع المرجية *Agrostis* والخرطال *Avena* والحلفا *Stipa* والعلفية *Bromus* وغيرها.



الشكل 122. منظر عام للمروج

ويكثر في المروج النبات الحزازي *Thuidium abietinum* الذي يغطي سطح التربة، وكذلك بعض النباتات الأرضية Geophytes مثل أنواع الغاجية *Gagea* والخزام *Hyacinthus* وغيرها. ولا توجد النباتات المتدحرجة في المروج.

٢. السهوب النجيلية

وتقسم السهوب النجيلية إلى سهوب شمالية غنية بالأنواع العشبية المختلفة وفقيرة نسبياً بالنجيليات، وجنوبية فقيرة بالأعشاب المختلفة وغنية بالنجيليات وذلك لأن الأعشاب أقل تحملاً للجفاف من النجيليات ومن ثم تصبح ذات مقدرة أقل على مزاحمة النجيليات مع الاتجاه نحو الجنوب حيث يزداد الجفاف.

والأعشاب المختلفة إما أن تكون مبكرة الإزهار (تزهر قبل حلول الجفاف) أو متأخرة الإزهار وعندها يكون مجموعها الجذري عميقاً وغزير التفرع مثل أنواع اللينوسيرز *Linosyris* والقنطريون *Centaurea* والشيح *Artemisis* والقرصعنة *Eryngium*.

كما تَسقط بعض أوراق الأعشاب الأمر الذي يقلل من النتح. ويسود على الحدود بين المروج Meadow والسهوب النجيلية نبات الحلفا *Stipa* ذو النورات الطويلة التي تكسب السهوب لوناً فضياً يذكر بأمواج البحر خاصة عند هبوب الرياح الخفيفة (الشكل 123). وأهم أنواع الحلفا *Stipa* التي تسود في المناطق الشمالية من السهوب النجيلية هي *Stipa joanins* و*Stipa stenophylla* وفي المناطق الجنوبية تنتشر الحلفا *Stipa lessingiana* و*Stipa ucrainica*، ونظراً لزيادة الجفاف في المناطق الجنوبية من السهوب النجيلية فإن الغطاء النباتي قليل الكثافة وتكثر فيه الأعشاب الحولية Ephemerals التي تنمو في الربيع المبكر وتموت مع بداية الجفاف بعد أن تكون قد أثمرت، وإلى جانب ذلك نجد النباتات العشبية المعمرة Ephemeroids مثل أنواع التوليب *Tulipa* والغاجيا *Gagea* والزعفران *Crocus* والصاصل *Ornithogalum* وغيرها .



الشكل 123. السهوب النجيلية

الفصل السادس

منطقة الغابات المخروطية The Boreal Coniferous Forests

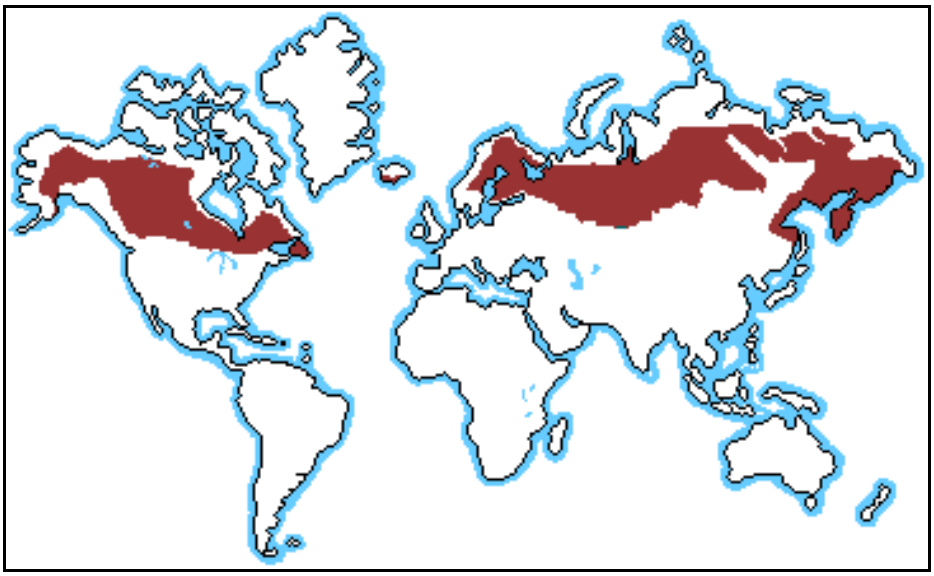
لا تستبدل بالغابات متساقطة الأوراق مباشرة الغابات المخروطية وإنما يفصل بينهما منطقة انتقالية تشغلها الغابات المختلطة Mixed forests (الشكل 124). وتنمو في منطقة الغابات المختلطة الأنواع عريضة الأوراق والأنواع إبرية الأوراق حيث تشكل كل منها غابة مستقلة أو أن هذه الأنواع تعيش معاً في غابة واحدة. وتكثر الغابات المختلطة في أمريكا الشمالية حيث نجد أشجار تسوغا *Tsuga* والعرعر *Juniperus* والصنوبر *Pinus* والبلوط *Quercus*. كما تكثر هذه الغابات في جنوب اسكندنافيا حيث يسود فيها الشوح *Abies* والصنوبر *Pinus* والبلوط، أما في الجنوب الغربي من اسكندنافيا فنجد أيضاً نبات البلوط *Quercus petraea* والزان *Fagus silvatica* وأحياناً البوقصيا *Ulmus glabra* والقيقب *Acer platanoides* والزيزفون *Tilia cordata* والمران *Fraxinus excelsior* وغيرها.



الشكل 124. الغابات المختلطة

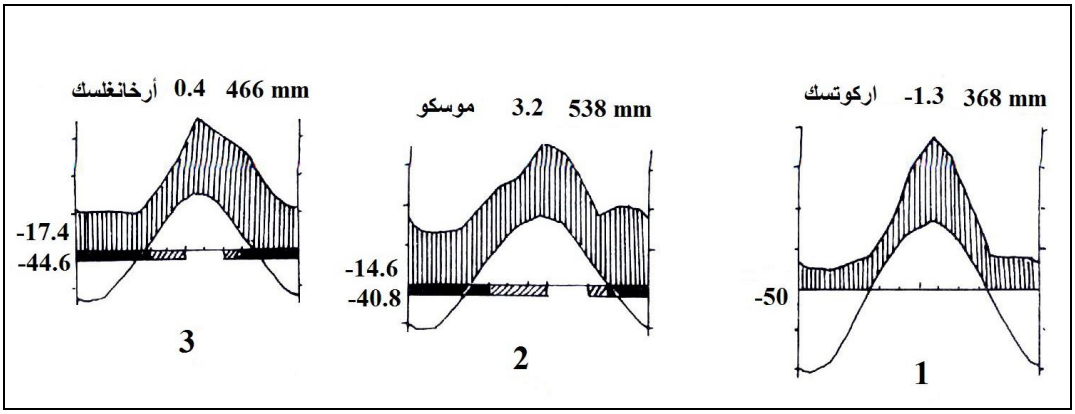
الغابات المخروطية أو التايغا Tiaga

تتألف الغابات المخروطية من الأنواع ذات الأوراق الإبرية وتحتل مساحات واسعة في نصف الكرة الشمالي في شمال أوراسيا وشمال أمريكا الشمالية وتشكل حدودها الشمالية نهاية حدود الغابات بشكل عام، ولا توجد هذه الغابات في نصف الكرة الجنوبي وذلك لانعدام المناخ الماثل الذي تعيش فيه (الشكل 125).



الشكل 125. مناطق انتشار الغابات المخروطية

ويتميز المناخ في منطقة التايغا بأنه شديد القارية ، حيث تصل الفروق في درجة الحرارة بين الصيف والشتاء في شرق سيبيريا حتى 100 درجة مئوية (درجة الحرارة الدنيا المطلقة تصل إلى 70 درجة مئوية تحت الصفر) ولا تزيد كمية الأمطار في سيبيريا الشرقية عن 350 مم في السنة، والشتاء بارد قليل الثلج أما الصيف فلطيف والمناخ في شمال أوروبا ألطف منه في شرق سيبيريا إذ تصل كمية الأمطار السنوية إلى 500 مم، ومتوسط درجة حرارة كانون الثاني (يناير) حوالي 15 درجة مئوية تحت الصفر، وتصل درجة حرارة شهر تموز (يوليو) إلى حوالي 20 درجة مئوية. ويزيد الهواء البارد الذي يأتي من المحيط المتجمد الشمالي من قسوة المناخ (الشكل 126).



الشكل 126. المخططات المناخية لمنطقة

1.الغابات المخروطية في سيبيريا 2. الغابات المختلطة 3. الغابات المخروطية في شمال أوروبا

ويسود في هذه الغابات المخروطية (الشكل 127) الأنواع المحبة للظل مثل أنواع التنوب *Picea abies* و*Picea obovata* والصنوبر *Pinus cembra* التي تشكل الغابات المخروطية المعتمة Dark coniferous forests، أما في المناطق شديدة القارية والتي تقل فيها القدرة التنافسية لهذه الأنواع أو في المناطق التي تكثر فيها الحرائق نجد الغابات المخروطية المضيئة Light coniferous forests والتي يسود فيها الصنوبر *Pinus*، وفي المناطق شديدة القارية من سيبيريا يسود أنواع اللاركس مثل السيبيري *Larix sibirica* أو *Larix dahurica* التي تسقط أوراقها في الشتاء.



الشكل 127. منظر عام للغابات المخروطية

هذا ويسود غالباً في الطبقة الشجرية لهذه الغابات نوع واحد (الشكل 127)، وخاصة في أوراسيا، فهناك غابات يسود فيها التنوب *Picea* لوحده أو الصنوبر *Pinus* أو اللاركس *Larix* وغيرها.

وتوجد غابات الصنوبر وغابات التنوب على ترب مختلفة. فالتنوب ينمو على التربة الطينية، أما الصنوبر فينمو على التربة الرملية، ولكن يمكن للتنوب أن ينمو على التربة الرملية، وبما أنه محب للظل بالمقارنة مع الصنوبر فإنه يستطيع أن يعيش في غابات الصنوبر تحت مستوى طابق الصنوبر، ولكنه لا يلبث أن يعلو فوقه لسرعة نموه، وعندها يصبح الصنوبر تحت طابق التنوب فيموت لكونه لا يتحمل الظل الذي تشكله أشجار التنوب المتراصة.

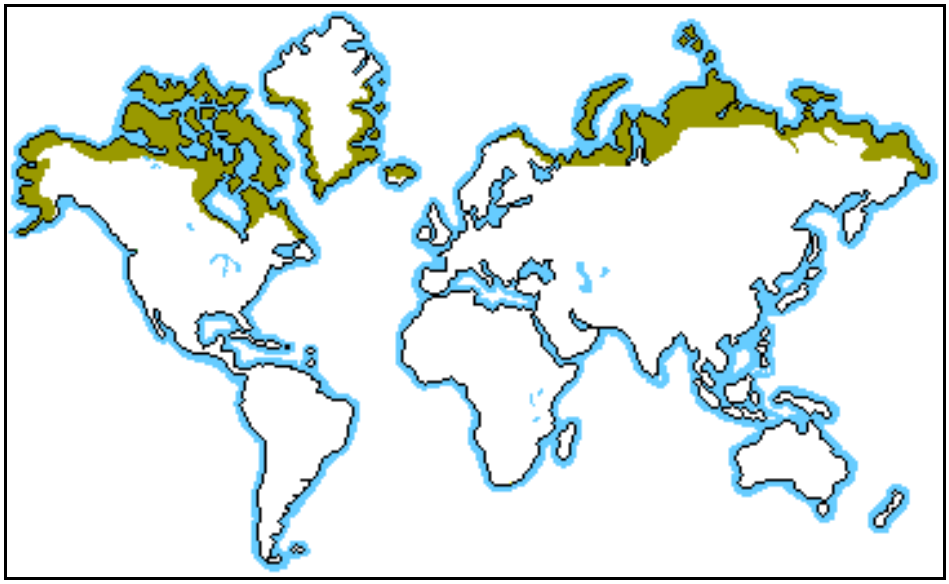
ويمكن أن يلاحظ في الطبيعة جميع مراحل استبدال غابات الصنوبر ونمو غابات التنوب محلها إلا في المناطق ذات التربة الفقيرة الجافة التي لا يستطيع أن يحل فيها التنوب محل الصنوبر. وهنا يظهر السؤال التالي: إذا كان التنوب يستطيع أن يحل محل الصنوبر في كافة الأمكنة تقريباً، فكيف يمكن تفسير وجود مناطق واسعة تنمو فيها غابات الصنوبر حتى الآن؟ هذا الأمر يفسره الوخين (Alechin, 1961) بأن الحرائق التي تكثر في هذه الغابات وتلتهم مساحات كبيرة تؤثر تأثيراً بالغاً في التنوب ذي المجموع الجذري السطحي، بينما الصنوبر عميق الجذور أقل تأثراً بالحريق من التنوب، وهذا يؤدي إلى موت التنوب وبقاء الصنوبر ولكن فيما بعد يمكن أن يعود التنوب إلى هذه الغابات حيث تقضي عليه الحرائق مرة أخرى وهكذا.

الفصل السابع

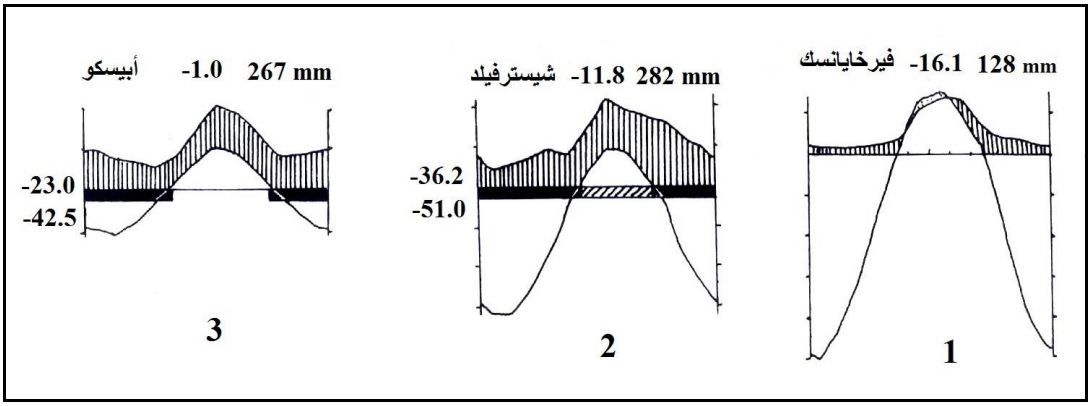
التندرا Tundra

تنتشر التندرا بشكل رئيسي، في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، إلى الشمال من منطقة الغابات المخروطية (الشكل 128)، وتتميز التندرا بظروفها المناخية القاسية، فمتوسط درجة الحرارة فيها أقل بمرتين منها في المناطق المعتدلة، والصيف قصير (2 – 3 أشهر) وبارد، ويمكن أن يتكون فيه الصقيع. ومتوسط درجة حرارة يوليو (تموز) 10 – 12 درجة مئوية ونادراً يصل إلى 14 درجة مئوية، هذا ويشكل خط الحرارة المتساوية لشهر يوليو (تموز) 10 – 14

درجة مئوية الحدود الشمالية للغابات، والشتاء بارد ويستمر حوالي 8 أشهر، وتسقط الأمطار بشكل أساسي في الصيف وتبلغ كميتها في سيبيريا 200 – 250 مم/سنة، أما في التندرا الأوروبية فيصل متوسط أمطارها السنوية إلى 400 مم في (الشكل 129). ويختلف سمك الغطاء الثلجي من 50 مم تقريباً في التندرا الأوروبية إلى 25 سم في سيبيريا. والرياح شديدة وتصل سرعتها أحياناً إلى 10 – 40 م/ ثانية، وتؤدي الرياح إلى نقل الثلج من الأماكن المرتفعة إلى الأماكن المنخفضة المحمية، الأمر الذي يؤدي إلى تكشف التربة في المناطق المرتفعة وهذا يؤدي إلى تجمدها حتى أعماق كبيرة. والتربة منخفضة درجة الحرارة حتى في أشهر الصيف ولا تزيد درجة حرارة طبقاتها العلوية عن 8 – 10 درجات، أما على عمق 150 سم وأكثر فتكون متجمدة بشكل دائم. وتتميز التندرا بطول النهار في الصيف حيث تغيب الشمس لفترة قصيرة جداً أولا تغيب كلياً.



الشكل 128. مناطق انتشار التندرا



الشكل 129. المخططات المناخية للتندرا السيبيرية (1) والكندية (2) والمنطقة الانتقالية بين الغابات المخروطية والتندرا (3)

خصائص الغطاء النباتي في التندرا

يتميز الغطاء النباتي في التندرا بانعدام الأشجار وتكون الحزازيات Mosses والأشنات Lichens هي السائدة (الشكل 130) إلى جانب الشجيرات وأنصاف الشجيرات، والأعشاب الحولية والمعمرة قليلة، أما الأعشاب عميقة الجذور فغير موجودة كلياً.

وتوجد الأشنات والحزازيات في غابات المناطق المعتدلة تحت طوابق الأشجار والشجيرات أي أنها محبة للظل وتعيش تحت حماية الأشجار والشجيرات، أما في التندرة فالأمر مختلف، إذ نجد أن جذور النباتات العشبية والمعمرة والشجيرات وكذلك الجزء السفلي من الفروع تكون مختفية في كتلة حية (ولكنها ميتة من الناحية السفلية) من الغطاء النباتي المؤلف من الأشنات والحزازيات، وتحمى براعم النباتات البذرية أيضاً بالغطاء النباتي المؤلف من الأشنات والحزازيات، أي أن الأشنات والحزازيات هي السائدة.



الشكل 130. التندرا حيث تسود الحزازيات في الغطاء النباتي

ونظراً للبرودة الشديدة فإن تفكك البقايا النباتية يجري بشكل بطيء جداً الأمر الذي يؤدي إلى تشكل الطورب Peat.

ويتميز الغطاء النباتي في التندرا بقلة عدد الطوابق والتي لا تزيد عن ثلاث طبقات هي: 1. طبقة الشجيرات، 2. طبقة أنصاف الشجيرات والأعشاب، 3. طبقة الأشنات والحزازيات. ويتغير الغطاء النباتي في التندرا من الجنوب نحو الشمال وذلك بسبب زيادة قسوة المناخ في هذا الاتجاه.

توجد على الحدود مع الغابات المخروطية منطقة غابات التندرا Tundra–forests (الشكل 131) إذ تنمو فيها الأشجار التي يصل طولها من 3 – 8 م ولكن هذه الأشجار متباعدة عن بعضها ولا توجد إلا في الأماكن المحمية ومن أمثلتها التنوب *Picea* والبتولا *Betula* كما نجد الشجيرات مثل البتولا القزمة *Betula nana*، وفي طبقة الحزازيات تسود خاصة أشنة الكلادونيا *Cladonia rangifernia*، وتعود قلة كثافة الأشجار إلى انخفاض درجة حرارة الصيف من جهة وإلى قلة سمك طبقة التربة غير المتجمدة من ناحية أخرى.



الشكل 131. منظر عام لغابات التندرا

وإلى الشمال من منطقة غابات التندرا Tundra- forests تنعدم الأشجار كلياً وتحل محلها الشجيرات التي تتغطى شتاء بالجليد الذي يحميها من الصقيع، لذا نجد أن كافة الفروع التي ترتفع فوق الغطاء الجليدي تموت شتاء، أي أن الغطاء الثلجي هو الذي يحدد طول هذه الشجيرات ومن هذه الشجيرات البتولا القزمة *Betula nana* والصفصاف القطبي *Salix palari* والفاكسينيوم *Vaccinium* وغيرها.

ومع زيادة قسوة المناخ وقلة سماكة الغطاء الجليدي أو انعدامه كلياً تختفي الشجيرات من الغطاء النباتي وتبقى في الأماكن المنخفضة والمحمية التي يتجمع فيها الثلج، أما في الأماكن الأخرى فتسود الحزازيات وخاصة *Aulacomnium* و *Rhacomnium* و*Hylocomum* و وغيرها. ومن الأشنات أشنة الكلادونيا *Cladonia* والسيترارية *Cetraria* وغيرها. هذا ويسود في طابق الأعشاب أنواع الكاركس *Carex* والبوا *Poa* والبسفايج *Polypodium* وغيرها.

وإذا ما اتجهنا شمالاً، وخاصة على شواطئ المحيط المتجمد الشمالي يصبح الغطاء النباتي قليل الكثافة ونجد فيه الأعشاب الدرياز *Dryas punctata* واكاركس Carex والخشخاش *Papaver radicatum* وغيرها، ومن الحزازيات نجد *Grommia* و*Dicranium* وغيرها،

وتوجد الأشنات (الشكل 132) على الصخور والحجارة فقط ومنها *Alectoria cetraria* وغيرها.



الشكل 132. تغطي الأشنات الصخور