الفصل الثامن

التفاعلات المباشرة بين النباتات في المجتمع النباتي
Direct reactions amongst plants within the community

(٨,١) التحام الجذور
Root cohesion

تنتشر ظاهرة التحام (التصاق) الجذور بين الأنواع النباتية وخاصة الأنواع الشجرية، وتكثر بشكل خاص بين جذور أفراد النوع الواحد، ولكنها أقل نسبياً بين أفراد الأنواع المختلفة. وقد بينت الدراسات الأولية التي تمت في الولايات المتحدة الأمريكية، أن ظاهرة التحام الجذور توجد بين ٥٦ نوعاً نباتيا شجرياً تنتمي إلى ١٩ جنساً. وتبين هذه الدراسات أن الالتحام يتم، في الغالب، بين الجذور المسنة أما الجذور الجديدة فهي أقل التحاماً. وقد لوحظت ظاهرة التحام الجذور بين جذور لا يزيد قطرها عن ثلاثة مليمترات. وقد بينت التجارب أن الماء ومواد الغذاء المعدني يمكن أن تنتقل من نبات إلى آخر من خلال جذورها الملتحمة. كما يمكن أن تنتقل البكتيريا والفطريات أيضاً (Rabotnov, 1992a)، ويجرى انتقال الماء خلال الجذور الملتحمة من كلي النباتين ولكن الاتجاه السائد أن ينتقل الماء والمواد الغذائية من النبات جيد النمو إلى النبات ضعيف النمو أو الذي يعيش في ظروف غير مناسبة. فمثلاً وجد أن النباتات البعيدة عن مصادر الماء يمكن أن تجتاز فترة الجفاف بنجاح عن طريق أخذها للماء من النباتات القريبة من مصادر المياه وذلك بواسطة الجذور الملتحمة.

(٨,٢) التأثير الميكانيكي
Mechanical effect

كثيراً ما تكون بعض الأفراد عقبة أمام النمو الطبيعي لأفراد أنواع أخرى. فقد تشكل بعض النباتات عقبة طبيعية أمام انتقال حبوب اللقاح بواسطة الرياح. وربما يؤدي هذا إلى انخفاض إنتاج النباتات من الثمار والبذور. كما قد تعوق بعض النباتات إنبات بذور نباتات أخرى، وهذا يلاحظ بوضوح في المناطق الباردة التي تسود فيها النباتات الحزازية (Mosses) والأشنات (Lichens) التي تغطي سطح التربة تغطية كاملة. فعندما تسقط بذور النباتات العشبية

أو الشجيرية لا تصل إلى سطح التربة وإنما تُحجز فوق النباتات الحزازية و الأشنات ؛ وبالتالي تبقى معرضة لعوامل الوسط الخارجي من حرارة مرتفعة وبرودة شديدة. كما أن البادرات كثيراً ما تموت بسبب تغير رطوبة النباتات الحزازية و الأشنات من جهة ونفاد المواد المدخرة في البذور قبل أن تصل جذور البادرات إلى التربة من جهة ثانية.

وتبين الدراسات أن إزالة الغطاء النباتي المؤلف من الحزازيات و الأشنات تؤدي إلى زيادة كبيرة في عدد البذور التي تتمكن من الإنبات وفي عدد البادرات التي تبقى حية (Rabotnov, (1992a) كما تؤثر النباتات في بعضها البعض تأثيراً ضاراً عن طريق تمزيق الأوراق وتكسير الفروع الجديدة حديثة النمو، وخاصة عند اهتزاز النباتات بعنف بتأثير الرياح، وهذا ما يحدث في غابات المناطق المعتدلة عريضة الأوراق (الشكل رقم٣٤).

الشكل رقم (٣٤). تمزق أوراق الزمزريق *(Cercis siliquestrum)* الحديثة نتيجة احتكاك فروع الأشجار بها

(٨,٣) التطفل
Parasitism

التطفل ظاهرة كثيرة الانتشار في عالم النباتات يعتمد فيها نوع نباتي على نوع نباتي آخر في الحصول على غذائه، والنباتات المتطفلة إما أن تكون كاملة التطفل (Complete parasite) وإما أن تكون جزئية التطفل (نصف متطفلة Hemi parasite). وينتمي إلى النباتات كاملة التطفل الكثير من الأنواع النباتية مثل الهالوك *(Orobanche sp.)* والذنون *(Cistanche phelipaea)* (الشكل رقم٣٥) الذي يتطفل على المجموع الجذري، ونوع الحامول *(Cuscuta campestris)*(الشكل رقم ٣٦) الذي يتطفل على الفروع الهوائية (المجموع الخضري Shoot system)، وأيضاً الكثير من الكائنات الدنيا ومنها الفطر كفطرة صدأ القمح *(Puccinia graminis)* التي تتطفل على نباتات القمح.

الشكل رقم (٣٥). نبات الذنون *(Cistanche phelypaea)* المتطفل على الجذور.

الشكل رقم (٣٦). نبات الحامول *(Cuscuta campestris)* المتطفل على المجموع الخضري لنبات العاقول *(Alhagi graecorum)*.

أما النباتات نصف المتطفلة فمن أمثلتها نبات الهدال *(Loranthus curviflorus)* ونبات الدبق(*Viscum album)* (الشكل رقم ٣٧) والتي تقوم أوراقها الخضراء بعملية البناء الضوئي وبذلك تستطيع هذه النباتات صنع غذائها العضوي بنفسها وتحصل على احتياجاتها الغذائية الأخرى من النبات العائل (المضيف) (Host).

الشكل رقم (٣٧). نبات الدبق *(Viscum album)* نصف المتطفل على أشجار اللوز.

يثير النبات المتطفل النبات العائل مما يؤدي إلى حدوث رد فعل من قبل النبات العائل، وهذه الإثارة قد تكون بمجرد تماس الطفيلي بالعائل أو قد تكون، في الغالب، من جراء المؤثرات الكيميائية التي يفرزها أو يطرحها المتطفل من سموم وخمائر (Enzymes). أما مقاومة النبات العائل فقد تكون ضعيفة بحيث يجد الطفيلي وسطاً مناسباً، ويتلف ما يصادفه من أنسجة أثناء اختراقه جسم العائل، أو على الأقل يحدث ضموراً فيها كما هي الحال في نبات البرسيم (الفصة) عندما يتطفل عليه نبات الحامول *(Cuscuta sp.)* ويرسل فيه ممصاته العديدة. وأيضاً نبات العنب عندما يصيبه مرض المن بتأثير فطر من الفطور الزِقِّية (Ascomycetes). وفي حالات أخرى تكون مقاومة العائل شديدة بحيث تنشط أنسجته المصابة فتزداد حيويتها وتكثر تغذيتها مما يؤدي إلى تضخم خلاياها نتيجة انقسام النواة في الخلية الواحدة انقسامات متتالية أو تكاثر الخلايا تكاثراً مرضياً سريعاً. وهكذا تتشكل أورام ظاهرة تعرف بالعفصات (Galls) (الشكل رقم ٣٨). ويُضعف الطفيلي نمو النبات العائل ويجعله أقل قدرة على منافسة النباتات الأخرى أو قد يسبب موته وبذلك يحد من تكاثره وانتشاره.

الشكل رقم (٣٨). تشكل العفصات (Galls) على نبات البلوط برانتي *(Quercus brantii)*.

وللتطفل تأثير آخر في النبات العائل 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 تسمى إيرغوت (Ergot) يُستخرج منها على مواد طبية منها الإيرغوتين (Ergotine).

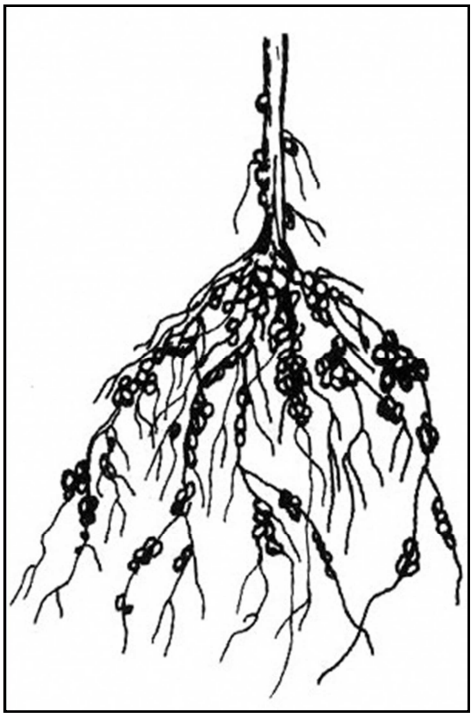
(٨,٤) التكافل

Symbiosis

التكافل هو عبارة عن شركة بين نباتين مختلفتين يجدان فيها نفعاً متبادلاً دون أن يكون هناك ضرر على أي منهما كما في التطفل، وهناك نوعان من التكافل هما المقايضة (المبادلة) (Mutualism) والمعايشة (Commensalisms). ومن أمثلة ذلك الأشنات (Lichens). وهي نباتات تتكون من فطر وطحلب ويقوم الطحلب بعملية البناء الضوئي نظراً لاحتوائه على اليخضور (الكلوروفيل) (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.

ومن أمثلة التكافل أيضاً العلاقة بين النباتات القرنية (Fabaceae =Legumes)، كالفول والبرسيم وغيرها، وأنواع بكتيريا العقد الجذرية *(Rhizobium spp.)* والتي تعيش في عقد نسيجية على جذور النباتات القرنية (الشكل رقم ٣٩). حيث تقوم البكتيريا بإمداد النبات بما يحتاجه من النيتروجين في صورة نيتروجين عضوي تقوم بتثبيته من نيتروجين الهواء، وتحصل البكتيريا بالمقابل من النبات على الماء والأملاح والمواد الكربوهيدراتية إضافة إلى المأوى. وبفضل علاقة التكافل هذه تتمكن النباتات القرنية من النمو بصورة جيدة على التربة الفقيرة بالنيتروجين.

وتعتمد بعض الأنواع النباتية في نموها على علاقات التكافل مع الفطر الجذرية (Mycorrhiza) مثل أنواع الصنوبر *(Pinus spp.)* والزان *(Fagus spp.)* والبلوط *(Quercus spp.)* 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 التكافل، فإن الفطر يزود الأشجار التي يتكافل معها بالعناصر المعدنية كما أنه يستفيد من الكربوهيدرات التي تقدمها له الأشجار، وبهذا تمكّن الفطور الجذرية النباتات من النمو في الترب الفقيرة.



الشكل رقم (٣٩). العقد الجذرية في نبات من الفصيلة القرنية (Leguminosae = Fabaceae)

(٨,٥) النباتات العالقة (الفوقية – المحمولة)

Epiphytes

ومن صور المعايشة (Commensalism) بين النباتات العلاقة بين النباتات العالقة (Epiphytes) والنباتات التي تستعملها كموطن تنمو فيه. والنباتات العالقة هي تلك النباتات التي تستعمل النباتات الأخرى كوسط (Substrate) تنبت وتنمو فيه البذور كما تستعملها أيضاً كمستند لها.

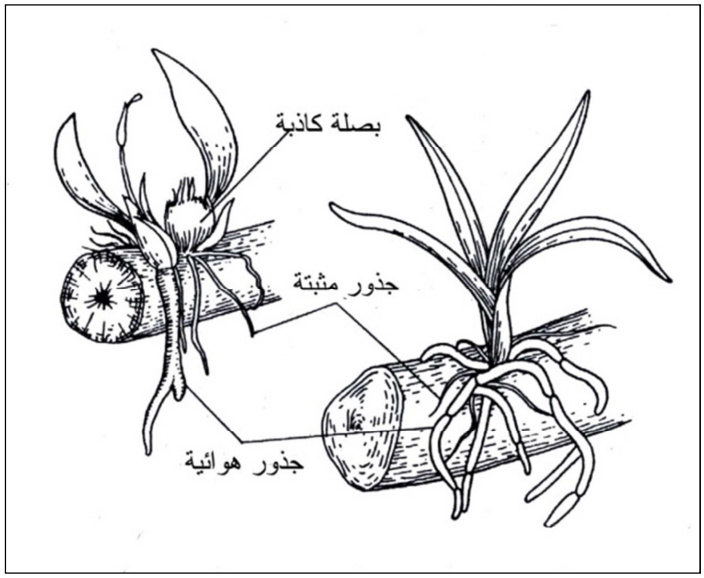
ولا يوجد بين النباتات العالقة والنبات التي تعيش عليها تأثيرات فسيولوجية أو كيميائية، ويعتقد فالتر (1973) Walter أن هناك كثيراً من النباتات العالقة التي تعيش فقط على الفروع الحية للأشجار، كما أنها تختار أنواعاً معينة من الأشجار، وربما ينجم هذا الاختيار عن خصائص القشرة وخاصة قساوتها في الفروع الميتة.

تنبت بذور النباتات العالقة. عادة، على فروع الأشجار أو جذوعها لذا فإنها توجد في ظروف إضاءة جيدة، ولكنها تعاني من مشكلة الحصول على الماء والأملاح المعدنية، وتتمكن من امتصاص الماء من الرطوبة الجوية المرتفعة والتي تتوفر في الغابات وخاصة الغابات الاستوائية المطرية حيث تكثر النباتات العالقة، ولكن بالرغم من توفر الرطوبة الجوية فإن النباتات العالقة تمتلك خصائص معينة تضمن تزويدها بالماء اللازم لنموها ومن أهم هذه التكيفات جمع التربة في مكان نموها، وتتكون هذه التربة في معظمها من مواد دبالية (Humus) نتجت من تحلل البقايا النباتية الورقية (Plant leaf litters)، وتعمل هذه التربة على الاحتفاظ بالماء وتزود النبات به، كما أن الجذور الهوائية تمتص الرطوبة من الهواء كما في بعض أنواع الفصيلة السحلبية (Orchidaceae) (الشكل رقم٤٠)، أو تمتلك النباتات العالقة حراشف ماصة (Suction scales) كأسية الشكل على الأوراق قادرة على امتصاص الماء. وهناك بعض النباتات التي تجمع الماء في أوراقها المتحورة في شكل جرة ذات غطاء لصيد الحشرات تحوي سائلاً لاذعاً وهاضماً لأجسام الحشرات للحصول على المكونات النيتروجينية منها كما في نبات الجرة *(Nepenthes sp.)* (الشكل رقم ٤١). هذا إضافة إلى أن النباتات العالقة تتميز بضغط أسموزي مرتفع وهذا يمكنها من امتصاص بخار الماء من الجو حتى لو كانت نسبتة غير مرتفعة.

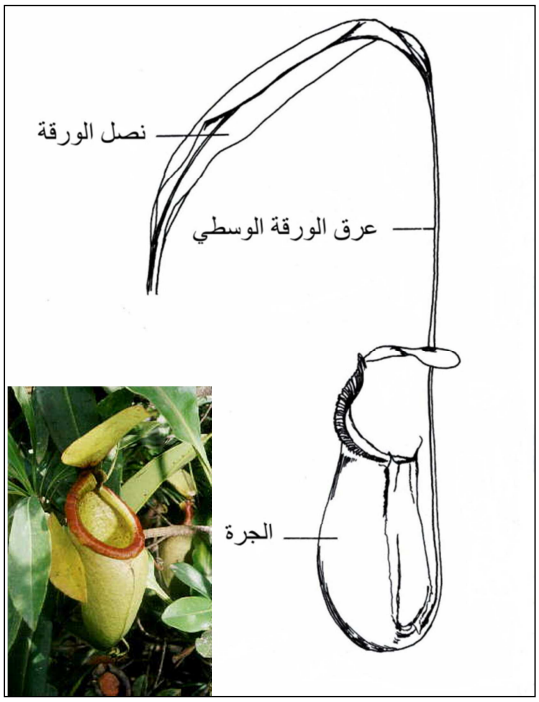
ويتم حصول النباتات العالقة على المواد الغذائية من الغبار أو الدبال الذي يتجمع في موقع نموها وتحصل على النيتروجين من مياه الأمطار التي تحتوي على نسبة مرتفعة منه في المناطق المدارية التي تكثر فيها هذه النباتات العالقة حيث الأمطار رعدية في هذه المناطق.

إن العلاقة بين النباتات العالقة والنباتات التي تتخذها مسكناً وتسمى النباتات الحاملة (Phorophytes) هي إحدى صور المعايشة (Commensalisms) وهي علاقة بين نباتين أحدهما، وهو النبات العالق، يحصل على منفعة والثاني، وهو النبات الحامل (Phorophyte) لا يحصل على أي منفعة، ولكنه لا يتضرر غالباً من هذه العلاقة. ولكن بعض الباحثين (Rabotnov, 1992a) يعتقد أن النباتات العالقة تؤثر أحياناً تأثيراً سلبياً في النباتات الحاملة. ففي جزيرة جاوه مثلاً تبين أن النباتات العالقة من السحلبيات (Orchids)، والتي تتخذ من الأشجار مسكناً لها، تؤثر في هذه

الأشجار بطريقة غير مباشرة، وذلك عن طريق الفطر الجذرية التي تتعايش مع جذور النباتات السحلبية والتي تبين أنها تتطفل على الأشجار التي تتخذها النباتات السحلبية مسكناً لها، ونفس الصورة وجدت عندما تعيش الأشنات على الأشجار حيث وجد في بعض الأحيان أن الفطر، وهو أحد مكوني الأشنة، يتطفل على أوراق الأشجار التي تتخذها مسكناً.



الشكل رقم (٤٠). الجذور الهوائية في بعض النباتات العالقة السحلبية (الأوركيدات) (Orchids) من الفصيلة السحلبية (Orchidaceae).



الشكل رقم (٤١). الورقة المتحورة إلى جرة بغطاء لنبات الجرة *(Nepenthes sp.)* من النباتات العالقة.

كما أنه من غير المشكوك فيه أن النباتات العالقة وخاصة الأشنات (Lichens) والطحالب (Algae)، التي كثيراً ما تغطي جذوع الأشجار، تؤثر تأثيراً سلبياً في هذه الأشجار وذلك من خلال تأثيرها في درجة الحرارة والرطوبة والصفات الفيزيائية للجذوع. كما أن تغطية النباتات العالقة للجذوع يؤدي إلى نقص عدد الصانعات اليخضورية في القشرة وهذا ينعكس في خفض معدل البناء الضوئي، إضافة إلى أن امتصاص النباتات العالقة، التي تغطي الجذع، للماء الذي يسيل على السطح الخارجي للجذع، يقلل من كمية المياه التي تصل إلى التربة التي ينتشر فيها المجموع الجذري للأشجار. كما تمتص النباتات العالقة الأملاح المعدنية والمادة العضوية التي تغسل من أوراق وجذوع الأشجار وتحرم الأشجار منها. وكثيراً ما تُخفّض النباتات العالقة من كمية الإضاءة التي تنفذ إلى الطوابق السفلية مما قد يؤثر في نمو بادرات الأشجار، ويمكن أيضاً أن تسبب النباتات العالقة ضرراً ميكانيكياً وذلك إذا كانت ثقيلة الوزن حيث يمكن أن تمزق الأوراق وتكسر الفروع الحديثة.

ويمكن للنباتات العالقة أن تؤثر إيجابياً في النبات الذي تتخذه مسكناً لها، فالنباتات العالقة من الأشنات التي تتكون من الفطر والطحالب الخضر المزرقة وكذلك النباتات العالقة من الطحالب

الخضر المزرقة المثبتة للنيتروجين تؤثر إيجابياً عن طريق تزويد النباتات التي تعيش عليها بالنيتروجين.

(٨,٦) النباتات نصف العالقة

Hemiepiphytes

وهي عبارة عن مجموعة نباتية تحتل مكاناً وسطاً بين النباتات المتسلقة (Lianas) والنباتات العالقة (Epiphytes) وتبدأ حياتها إما على شكل نباتات متسلقة وإما على شكل نباتات عالقة. فمثلاً بعض أنواع الفصيلة الآرية (Araceae) تنمو في البداية على شكل نباتات متسلقة عادية ولكن بعد فترة من نموها يموت الجزء السفلي من الساق وتنقطع الصلة بين النباتات والتربة. ويتحول النبات من نبات متسلق إلى نبات عالق، أو تشكل النباتات العالقة التي تنمو على الأشجار جذوراً عرضية هوائية تمتد لتصل إلى التربة وتبدأ بامتصاص الماء والأملاح المعدنية. وإلى هذه النباتات تنتسب النباتات الخناقة (Stranglers) مثل نبات التين البنغالي *(Ficus benghalensis)* (الشكل رقم ٤٢)، ويبدأ النبات من الأشجار الخناقة (كالتين البنغالي) حياته كبذرة تنبت وتعطي بادرة تتسلق على جذوع أشجار الغابة أو فروعها، ولهذا النبات الخناق نوعان من الجذور، جذور تنمو حول فروع الشجرة الحاملة أو جذعها وأخرى تتدلى نحو أرض الغابة. وتمتص جذور التين البنغالي الماء والغذاء مما يتجمع في شقوق قلف (Bark)الشجرة الحاملة. ولا يعني ذلك تطفلاً على الشجرة لأنها لا تمتص منها شيئاً من الماء أو الغذاء وإنما تنمو عالقة عليها فقط، حتى إذا ما وصلت جذور التين البنغالي (المتدلية) إلى أرض الغابة، ووجدت لها مكاناً في تربتها، ازداد نمو النبات بسرعة وقويت الجذور وتغلظت وازدادت تفرعاتها والتفافاتها حول الشجرة وغطتها بشبكة متماسكة وقوية. ويتبع ذلك

ضيق الشبكة الجذرية للتين حتى تحول دون اضطراد نمو وتغلظ الشجرة التي تحملها، وتموت نتيجة ذلك الشجرة الحاملة. وبعد موتها تستمر جذور التين الخناق في النمو والتغلظ حتى تخفي الجذع الأصلي للشجرة الحاملة، وتتشكل على الجذور دعامات جانبية تمكن التين من الاعتماد على نفسه، حتى إذا تم موت الشجرة الحاملة أصبح التين الخناق نباتاً شجرياً مستقلاً قائماً له هامة (تاج) (Crown) ذات فروع وأوراق. وتصل بعض هذه النباتات الخناقة إلى أحجام ضخمة تنافس في الطول وضخامة الجذع أشجار الغابة.

الشكل رقم (٤٢). نبات التين البنغالي *(Ficus benghalensis)* من النباتات نصف العالقة الخناقة.

(٨,٧) 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 منها:

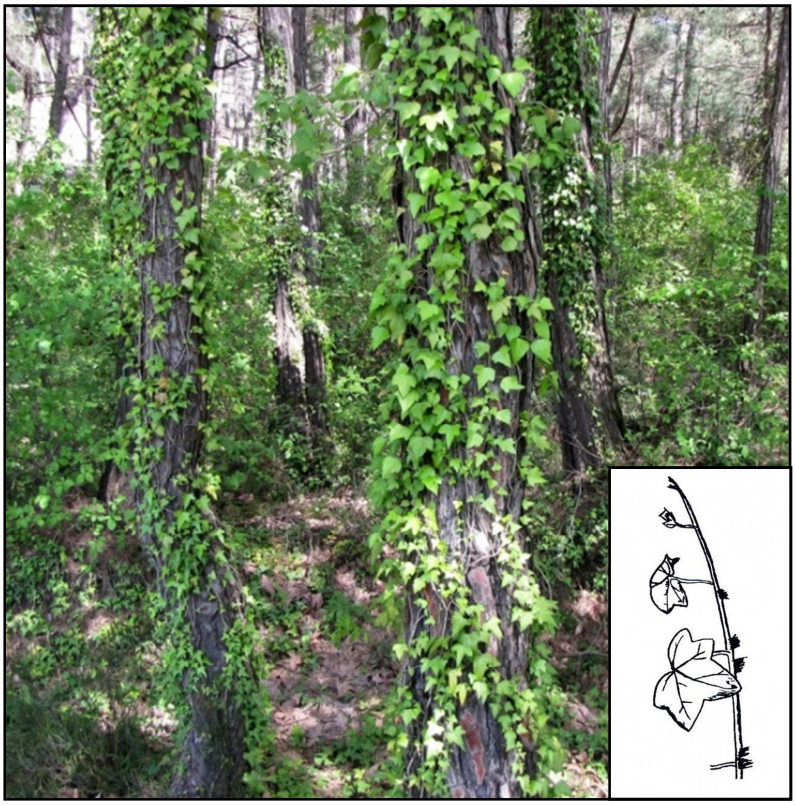
(٨,٧,١) الأشواك Thorns

التي يتسلق بواسطتها نبات الجهنمية *(Bougainvillea sp.)* (الشكل رقم ٤٣) أو المحاجم (Suction discs) كما في نبات القصب الهندي *(Calamus sp.)* الذي يصل طوله إلى ٢٠٠ ـ ٢٤٠ متراً، وكذلك نوع من العنب البري *(Vitis hedracea)*.

الشكل رقم (٤٣). نبات الجهنمية *(Bougainvillea sp.)* المتسلق بالأشواك.

(٨,٧,٢) الجذور العرضية Adventitious roots

التي تخرج من ساق النبات المتسلق وتدخل في قشرة الأشجار مثل نبات الفانيلا *(Vanilla sp.)* وحبل المساكين (اللبلاب) *(Hedera helix)* (الشكل رقم ٤٤) والكثير من أنواع الفصيلة الآرية (Araceae).



الشكل رقم (٤٤). نبات حبل المساكين المتسلق بالجذور العرضية

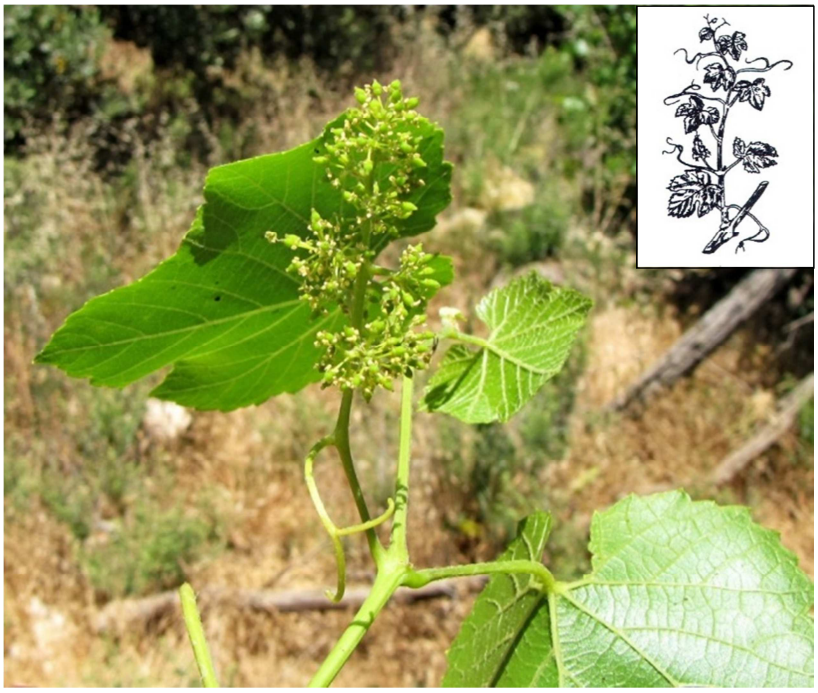
(٨,٧,٣) الالتفاف Twining

حيث تلتف سيقان النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار ؛ لأن النباتات المتسلقة تمتلك سوقاً ذات قمم سريعة النمو وسلاميات طويلة ولا تتكشف فيها الأوراق في بداية نموها، شأنها في ذلك شأن النباتات التي تعاني من الشحوب الضوئي (Etiolation). وعن طريق الحركة اللولبية للساق ترتفع هذه النباتات إلى أعلى ممسكة بجذوع وفروع الأشجار، وبعد ذلك تبدأ الساق بالتغلظ والتخشب، وتنتسب أغلب النباتات المتسلقة إلى هذه المجموعة مثل نبات المدادة *(Convolvulus althaeoides)* (الشكل رقم٤٥) وأنواع العليق *(Convolvulus spp.)*.

الشكل رقم (٤٥). نبات المدادة *(Convolvulus althaeoides)* المتسلق بالالتفاف.

(٨,٧,٤) المحاليق Tendrils

والمحاليق أعضاء خاصة متحورة (Modified) من الساق تمكّن النباتات المتسلقة من تثبيت نفسها بجذوع وفروع الأشجار مثل نوع نبات العنب البري (الشكل رقم ٤٦).



الشكل رقم (٤٦). نوع نبات العنب البري *(Vitis vinifera)* المتسلق بالمحاليق

تتمكن النباتات المتسلقة التي بها الوسائل السابق ذكرها 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 تتسلقها.

وتكثر النباتات المتسلقة في الغابات المدارية وخاصة 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 ٧٠ 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 (Commensalism) وفيها يحصل النبات المتسلق على منفعة من هذه العلاقة حيث يوفر له النبات الداعم وسيلة يتسلق عليها ويصل إلى قمة الأشجار في الغابة حيث الإضاءة المرتفعة، أما النبات الداعم فلا يحصل على أي 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 (بيئة) 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.

الفصل التاسع

التفاعلات غير المباشرة بين النباتات في المجتمع النباتي
Indirect reactions amongst plants *within the community*

لا تقتصر التفاعلات بين النباتات المشكلة للمجتمع النباتي على التفاعلات والتأثيرات المباشرة، وإنما تؤثر النباتات في بعضها البعض تأثيراً غير مباشر، وأهم هذه التأثيرات غير المباشرة الآتي:

(٩,١) تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال التضاد الكيميائي
Effect of plants on each other's through Allelopathy

اشتق مصطلح Allelopathy (التضاد الكيميائي) من الإغريقية من المقطع (الجذر) Allelo ويعني متبادلاً (Matual) والمقطع Pathy ويعني ضرراً (Harm) أو مرضاً. وقد استعمل هذا المصطلح للمرة الأولى من قبل العالم النمساوي Molisch (1973) (انظر Willis, 2007) لوصف التأثير المثبط الذي يحدثه نبات في نبات آخر من خلال إفرازه لمركبات كيميائية. وقد استعمل Rice (1984) هذا المصطلح بمعنى أوسع، إذ يتضمن، حسب رأيه، التأثيرات الضارة والنافعة التي يحدثها نبات في نبات آخر أو في الكائنات الدقيقة، نتيجة إطلاقه لمركبات كيميائية في الوسط المحيط. وقد حددت جمعية الأليلوباثي، في عام ١٩٩٦ هذا المصطلح بأنه أي عملية تتضمن إنتاج منتجات أيضية ثانوية (Secondary metabolites) من قبل النباتات العليا أو الطحالب أو الفطريات أو البكتيريا، وتؤدي إلى تأثير في نمو وتطور النظم البيئية (Ecosystems) الزراعية أو الطبيعية. ويعرف Rabotnov (1992a) ظاهرة التضاد الكيميائي (Allelopathy) بأنها تأثير نبات في نبات آخر ينموان في المجتمع النباتي نفسه، وذلك من خلال تغيير الوسط نتيجة إفراز مركبات كيميائية مختلفة ناتجة من النشاط الأيضي للنباتات. واستعمل مصطلح الأليلوباثي من قبل بعض الباحثين مثل Martin and Redmache (1960) Muller (1966) (انظر Willis, 2007) للدلالة على التأثيرات الضارة التي يلحقها نبات راق بنبات راق آخر نتيجة إفرازه لمركبات كيميائية مثبطة للنمو في الوسط المحيط.

لاحظ المزارعون، قبل وقت طويل من استعمال مصطلح الأليلوباثي، أن بعض النباتات تؤثر في النباتات الأخرى تأثيراً سلبياً. كما لاحظ ثيوفراستس Theophrastus الإغريقي، نحو عام ٣٠٠ قبل الميلاد، أن نبات القطيفة *(Amaranthus sp.)* يؤثر تأثيراً سلبياً في نبات البرسيم *(Medicago sativa)*. وذكر الصينيان Yong and Tang نحو ٢٦٧ نوعاً نباتياً تؤثر سلبياً في الأنواع الأخرى التي تنمو معها. ويعد ديكاندول De Candolle (1855) من أوائل الباحثين الذين بينوا تجريبياً أن جذور بعض النباتات تفرز بعض المركبات الكيميائية التي تثبط نمو النباتات التي تنمو معها، مثل نبات ذنب السبع (*Cirsium sp.*) الذي يثبط نمو نبات الشوفان(*Avena sp.*)، وبعض أنواع الحلاب *(Euphorbia spp.)*، والسكابيوزا *(Scabiosa sp.)*، التي تثبط نمو نبات الكتان *(Linum sp.)*، وكذلك نبات الزوان *(Lolium sp.)* الذي يثبط نمو نبات القمح وغيرها (Willis, 2007 ; Kruse *et al*. 2000).

تفرز مركبات التضاد الكيميائي Allelopathic compounds 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 (Aldehydes) أو تربينات (Terpenoids) أو قلويدات (Alkaloids) أو ستيرويدات (Steroids) أو كومارينات (Coumarins) أو أحماض عضوية (Organic acids) وغيرها (Rabotnov, 1992a). ويوضح الجدول رقم (١٥) بعض الأنواع النباتية المفرزة للمركبات الكيميائية والنباتات المتأثرة.

الجدول رقم (١٥). بعض الأنواع النباتية المفرزة لمركبات مثبطة (Kruse *et al.*, 2000).

النوع	المركب الكيميائي	النباتات المتأثرة
القيقب *Acer saccharium*	Phenolics	*Betula elloghaniensis*/البتولا التنوب *Picea glauca*
الميس *Celtis sp.*	Coumarins	الأعشاب والحشائش Herbs and grasses
الكافور *Eucalyptus sp.*	Phenolics	الشجيرات والأعشاب والحشائش
الجوز *Juglans regia*	Juglone (Quinone)	أنواع الصنوبر، والتفاح والبتولا *Betula* والطماطم والبطاطا والنغث *Alnus glutinosa*
أنواع العرعر *Juniperus spp.*	Phenolics	الحشائش Grasses
الدلب *Platanus occidentalis*	Coumarins	البتولا والحشائش والأعشاب
Kalmia angustifolia	Phenolics	الحشائش والأعشاب
أويسة *Vaccinium macrocarpon*	Phenolics	الصنوبر *Pinus sp.* والتنوب *Picea glauca*
السماق *Rhus coriaria*	Phenolics, terpenoiols	الشوح *Abies alba*
سرخس *Pteridium aquilinum*	Phenolics	الشوح *Abies alba*
الزنزلخت (النيم) *Azadirachta indica*	Triterpens	تؤثر تأثيراً بالغاً في نباتات القمح مثلاً وحتى مسافة ٥ م منها

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 الطين أو المواد العضوية، وقد تتفكك بوساطة الكائنات الدقيقة.

تؤثر المركبات الكيميائية المفرزة بطرائق مختلفة أهمها:

١- تثبيط إنبات البذور وتعيق نمو البادرات نتيجة تثبيطها للانقسام الخلوي وخاصة الخلايا الإنشائية (Meristematic cells).

٢- تثبيط أكسدة بعض الهرمونات مثل حمض الإندول الخلي (Indole acetic acid).

٣- تغيير نفاذية الأغشية الخلوية.

٤- تثبيط امتصاص العناصر المعدنية.

٥- تثبيط عملية التنفس.

٦- تثبيط تفتح الثغور مما يؤدي إلى تقليل معدل البناء الضوئي.

وكثير منها يحول دون استقرار النباتات المرافقة لها في البيئة أو يقتلها، ولكن تأثيرها يجري، في معظم الحالات، من خلال تثبيط النمو. ويتوقف، في الغالب، على خصائص التربة كالتهوية ودرجة الحرارة ونشاط الكائنات الدقيقة وغيرها (Rabatnov, 1992a). 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 (*Eucalyptus sp.*) في الغطاء النباتي العشبي الذي يعيش تحتها، فقد بينت دراسات (Mullan, 1970) (أنظر Willis, 1999) ودراسات (Evenari, 1961) في جنوب كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية وفي منطقة حوض البحر المتوسط (انظر Willis, 1999) أن نمو الأعشاب يضعف كثيراً عندما تنمو تحت أشجار الكافور وعلى مسافة قريبة منها. ويعود ذلك حسب رأي هؤلاء الباحثين إلى وجود مركبات فينولية (Phenolic compounds) تفرزها أوراق الكافور وتصل إلى التربة إما عن طريق غسل الأوراق بماء المطر وإما مع الأوراق الساقطة. وقد وجد أن تأثير أشجار الكافور على النباتات العشبية يختلف باختلاف التربة، فإذا كان الكافور ينمو في تربة طينية فإن تأثير إفرازاته في النباتات العشبية يكون كبيراً. أما إذا كان الكافور ينمو في تربة رملية فإن تأثير إفرازاته يكون ضعيفاً. وربما يعود هذا إلى التحلل السريع للمركبات الفينولية بوساطة الكائنات الدقيقة في التربة الرملية جيدة التهوية أو إلى غسلها أو إلى كليهما. ومن هذا المثال نجد أن تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفرازها لمركبات كيميائية يتوقف إلى درجة كبيرة على عوامل الوسط الذي تنمو فيه هذه النباتات. ويُعتقد أن عدم مقدرة نباتات الصنوبر وغيره من النباتات كالبطاطا والطماطم على النمو نمواً طبيعياً تحت أشجار الجوز (*Juglans regia*)

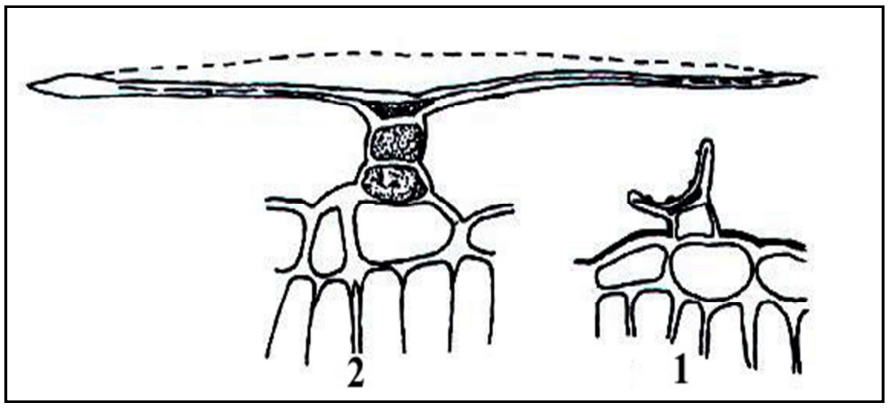
يعود إلى إفراز أوراق الجوز لمادة الجوغلون(Juglon) (Fischer, 1978) . وقد تبين أنه إذا رويت النباتات بالماء الذي يحتوي على محلول الجوغلون فإن نموها يضعف كثيراً. وغالباً ما تموت. وتُفرز مادة الجوغلون من أوراق أشجار الجوز وتصل إلى التربة عن طريق مياه الأمطار التي تغسل الأوراق والفروع. وبينت التجارب (Isfahan and Shariati, 2007) أن إفرازات الكافور(*Eucalyptus camadulensis*) والجوز(*Juglans regia*) أدت إلى خفض الإنبات وتأخره وتشوه بادرات نبات الإكليل (*Coronilla varia*).

أظهرت الدراسات أن عدم نمو الكثير من النباتات بالقرب من نبات الشيح المر (*Artemisia absinthium*) يعود إلى إفرازه لمركبات كيميائية تعوق نموها. إذ تتكون في أوراق الشيح المر مواد مرة المذاق هي الأبسنتين (Absintine) تفرزها غدد خاصة على سطح الأوراق (الشكل رقم٤٧). وتنتقل هذه المفرزات مع مياه الأمطار وتصل إلى التربة. وقد بينت التجارب أن هذه الإفرازات تثبط نمو نبات الشمر(*Foeniculum vulgare*) حتى لو كان على مسافة بعيدة عن نبات الشيح (الجدول رقم ١٦) (Rabotnov, 1992a) :

الجدول رقم (١٦). تأثير مفرزات الشيح المر *(Artemisia absinthium)* في نبات الشمر (*Foeniculum vulgare*).

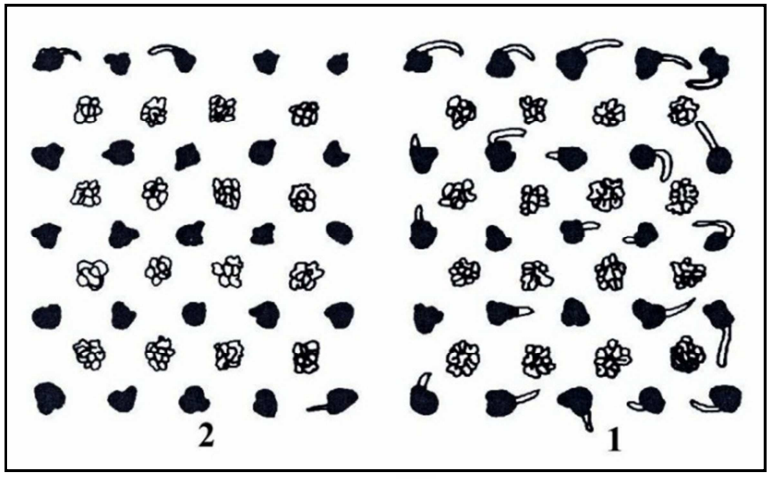
المسافة بين نبات الشيح ونبات الشمر	طول نبات الشمر
١٣٠ سم	٣٩ سم
١٠٠ سم	١٧ سم
٧٠ سم	٥.٧ سم

وأوضحت دراسات (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 حولها وإلى مسافة ٢ م وأحياناً أكثر من ذلك. ويحيط بهذه المنطقة الخالية من النباتات العشبية منطقة أخرى قطرها ٣ – ٨ م تنمو فيها الأعشاب نمواً ضعيفاً. كما تبين أن وضع غرام واحد من أوراق السالفيا *(Salvia leucophylla)* في ناقوس زجاجي مع نباتات مختلفة أدى إلى موت بادرات نبات الخيار وتثبيط إنبات بذور نبات العلفية (*Bromus mollis*).



الشكل رقم (٤٧).الأوبار المفرزة في نبات الشيح المر *Artemisia absinthium* ولها شكل الحرف T
١– مقطع عرضي ٢– منظر جانبي

تتمكن بذور بعض النباتات عند إنباتها من إفراز مركبات كيميائية تعوق أو توقف أحياناً إنبات بذور الأنواع الأخرى (الشكل رقم ٤٨). كما تؤثر الإفرازات الجذرية لبعض النباتات في النباتات الأخرى التي تنمو معها في نفس المجتمع النباتي الطبيعي أو الصناعي. فعند زراعة نوع نباتي لسنوات عدة في نفس التربة كثيراً ما تسوء نوعية التربة وتنخفض خصوبتها، مثال ذلك زراعة البرسيم أو القنب لسنوات متتالية في التربة نفسها. ويمكن أن يكون انخفاض خصوبة التربة نتيجة لنقص المواد الغذائية اللازمة لنمو النبات الذي ينمو فيها، أو نتيجة لتجمع مركبات مختلفة تفرزها جذور النباتات المزروعة، لدرجة أن هذه الإفرازات تصبح ضارة بالنبات المزروع نفسه. ومنذ فترة بعيدة بينت الدراسات التأثيرات الضارة للإفرازات الجذرية لنبات *(Agropyon repens)* ونبات العلفية *(Bromus inermis)* في نمو بادرات الأشجار والأعشاب التي تنمو معها.



الشكل رقم (٤٨). تأثير بذور نبات البنجر السكري *(Beta sp.)* ( ) في تثبيط إنبات بذور خرم الحنطة *(Agrostema githago)* ( ).
١– إنبات بذور خرم الحنطة بعد استبعاد إفرازات بذور البنجر
٢– إنبات بذور خرم الحنطة دون استبعاد إفرازات بذور البنجر

ويمكن أن يكون تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال إفرازاتها حتى في إنبات ونمو بادرات النوع نفسه، فمعروف أن بادرات نبات الشوح *(Picea excelsa)* 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 البوط *(Typha sp.)* الذي لا تنبت بذوره ولا تتمكن بادراته من النمو في مجتمع البوط، الذي يقتصر تكاثر النباتات فيه على التكاثر الخضري بوساطة الريزومات، أما إنبات البذور ونمو البادرات فيجرى في الأراضي العارية أو في المناطق التي تكون فيها نباتات البوط 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 sp.)*، ويعود السبب في ذلك إلى إفرازات أشنة الكلادونيا التي تثبط نمو الفطور الجذرية (Mycorrhiza) مثل النوع (*Paxillus inolutus*) التي تتعايش مع جذور بادرات أنواع الصنوبر *(Pinus spp.)*، مما ينعكس سلباً في نمو بادرات وأشجار الصنوبر (Rabotnov, 1992a).

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

(٩,٢) 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 الموارد الموجودة في البيئة غير كافية لتلبية احتياجات الأنواع كافة المكونة للمجتمع النباتي، ينشأ بين هذه الأنواع تنافس على هذه الموارد. 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 ملاءمة لنوع أو أكثر، ويعتقد بعض الباحثين (Crawley, 1996) أن التنافس يخص العلاقات المتبادلة الضارة لكلا النوعين. أما عندما يؤدي التنافس إلى خفض ملاءمة الوسط قليلاً أو انتفائه كلياً فيستعمل مصطلح آخر وهو (Amensalism) أي الضرر غير المتماثل.

والتنافس صفة عامة للمجتمعات النباتية كافة، ويكون غير ذي 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، ويعد (Clements, 1907) أول من حدد مفهوم التنافس بشكل دقيق وواضح (انظر Rabotnov, 1992a).

يعد التنافس من المفاهيم الهامة والأساسية في علم المجتمعات النباتية، وذلك بسبب تأثيراته الهامة في العمليات كافة التي تجري في المجتمع النباتي، والتي تنعكس بشكل واضح في بنية المجتمع (Community structure).

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 إلاّ 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 والضوء والمواد الغذائية.

ويوجد نوعان من التنافس هما التنافس بين أفراد النوع الواحد والتنافس بين أفراد الأنواع المختلفة.

(٩,٢,١) 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 زالت فتية. وتزداد شدة التنافس مع زيادة الاختلاف في هذه العوامل، وتنعكس في مقدرة أفراد الأنواع على إنتاج البذور والثمار. وقد أجريت تجارب عديدة للوقوف على التنافس بين أفراد النوع الواحد. وتقاس شدة التنافس بين أفراد النوع التي تنمو معاً، إما على أساس عدد الأفراد التي تموت وإما على أساس قوة الأفراد وإنتاجها من البذور والثمار أو من الكتلة الحية (Biomass).

تختلف شدة التنافس بين أفراد النوع الواحد تبعاً للكثافة، فزيادة الكثافة حتى حد معين يمكن أن تؤدي إلى تأثير إيجابي في نمو أفراد النوع، وذلك في مراحل النمو الأولى. وهذا يعود إلى أن النباتات تشكل وسطاً تنخفض فيه سرعة الرياح مما ينعكس في خفض شدة النتح (Transpiration) من النباتات والتبخر (Evaporation) من سطح التربة. كما تنخفض تغيرات درجة الحرارة، ولكن مع زيادة نمو المجموع الجذري والخضري، في المراحل اللاحقة، تزداد

شدة التنافس بين أفراد النوع بداية من أجل الحصول على حاجتها من الماء والمواد الغذائية، وبعدها للحصول على الضوء الكافي، مما ينعكس على قوة الأفراد وإنتاجها. وتزداد شدة التنافس بين أفراد النوع الواحد مع زيادة الكثافة العددية في وحدة المساحة مما ينعكس في زيادة عدد الأفراد التي تموت وخاصة من بداية التفرع (Branching) وحتى الإزهار (Flowering) (الجدول رقم١٧).

الجدول رقم (١٧). عدد الأفراد الميتة من نبات القمح وعلاقتها بالكثافة العددية (Rabotnov, 1992a).

الكثافة العددية / م	نسبة عدد الأفراد الميتة (٪)
٨٥ نباتاً	٩
١٣٠ نبات	٢٥
١٧٠ نبات	٥١

ولا تقتصر نتيجة التنافس على زيادة عدد الأفراد الميتة وإنما، أيضاً، على قوة نمو النباتات وإنتاجها ومساحة الأوراق وعمق المجموع الجذري وغيره، ففي تجربة على القمح حيث زرع بكثافات مختلفة، اختلف عدد الأوراق ومساحتها ووزن المجموع الخضري اختلافاً بيناً (الجدول رقم ١٨).

الجدول رقم (١٨). تأثير الكثافة في إنتاج ومساحة أوراق القمح (Rabotnov, 1992a).

عدد الأفراد/م^2	متوسط عدد الأوراق/ نبات	متوسط مساحة الأوراق (سم^2/نبات)	متوسط وزن المجموع الخضري (جم/نبات)
٧	٢٩.٥	٢٦٦٠	٤٧.٦
٦٩٤	١.٢	٥٠	١.٢

والأمر نفسه كان في التجارب التي أجريت على تباع (دوار) الشمس (*Helianthus annuus*)حيث انعكست الكثافة وبالتالي التنافس بين الأفراد في ارتفاع النباتات ومساحة الأوراق ووزن المجموع الخضري (الجدول رقم١٩). ولم يقتصر الأمر على مساحة ووزن المجموع الخضري وإنما انخفض أيضاً عدد البذور المتشكلة ووزن البذرة الواحدة وحيويتها.

الجدول رقم (١٩). تأثير الكثافة في تباع الشمس (انظر Went, 1973).

عدد النباتات /١٠ م^2	ارتفاع النبات (سم)	مساحة الأوراق (سم^2)		وزن المجموع الخضري الجاف (جم)	
		لكل نبات	في المتر المربع	لكل نبات	في المتر المربع
١	٢٢٠	٢٧٠٠٠	٢٧٠٠	٤٩١.٤	٤٩
٤	٢٣٥	٩٨٠٠	٣٩٠٠	٢٩٧.٢	٧٠
١٦	٢٠٧	٢٦٠٠	٤٢٠	٨٥.٥	١٣٥
٦٤	١٥٠	٥٨٠	٣٨٠٠	٢٠.٨	١٣٠
٢٥٠	١١٥	٦٤	١٦٠٠	٤.٦	١١٥
٦٠٠٠	١٠٠	٤١	٤١٠٠	٢.١	٢١٠

ولا يتوقف التنافس بين أفراد النوع الواحد على الكثافة فقط وإنما أيضاً على خصائص النوع وعلى ظروف الوسط (Environment). ففي تجارب أجريت في ظروف وسط متماثلة (التربة والمناخ) وزرعت بكثافة واحدة (٣ × ٣ سم)، اختلفت نسبة الموت تبعاً للنوع (الجدول رقم ٢٠).

الجدول رقم (٢٠). نسبة موت أفراد الأنواع المختلفة نتيجة التنافس فيما بينها (Rabotnov, 1992a).

النوع	المساحة	نسبة الموت (٪)
القنب *Canabis sativa*	٣ × ٣ سم	٢٨.١٥
الأسبرا (*Aspera sp.* Corn grass)	٣ × ٣ سم	٢٠
البابونج الأصفر *Anthemis tinctoria*	٣ × ٣ سم	٦٥

كما تؤثر العوامل البيئية أيضاً في شدة التنافس بين أفراد النوع الواحد. فالتجارب التي أجريت على نبات عشبي نجيلي (Grass) زرع بكثافة واحدة (٣ × ٣ سم) في تربة مسمدة بالنيتروجين والفسفور وأخرى غير مسمدة، بينت أن نسبة الموت ازدادت من ٥.٨٪ على الترب غير المسمدة لتصل إلى ٢٥.١٪ على الترب المسمدة (Rabotnov,1992 a). وهذا يعود إلى أنه كلما كانت ظروف الوسط أكثر ملاءمة لنمو النبات تزداد شدة التنافس بين أفراده، وذلك بسبب زيادة نمو الأفراد وقوتها مما ينعكس في زيادة مقدرتها التنافسية (Competitive capability)، وهذا يزيد من موت الأفراد الأقل مقدرة تنافسية.

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

(٩,٢,٢) التنافس بين الأنواع المختلفة Interspecific competition

وهو التنافس الذي يجرى 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.

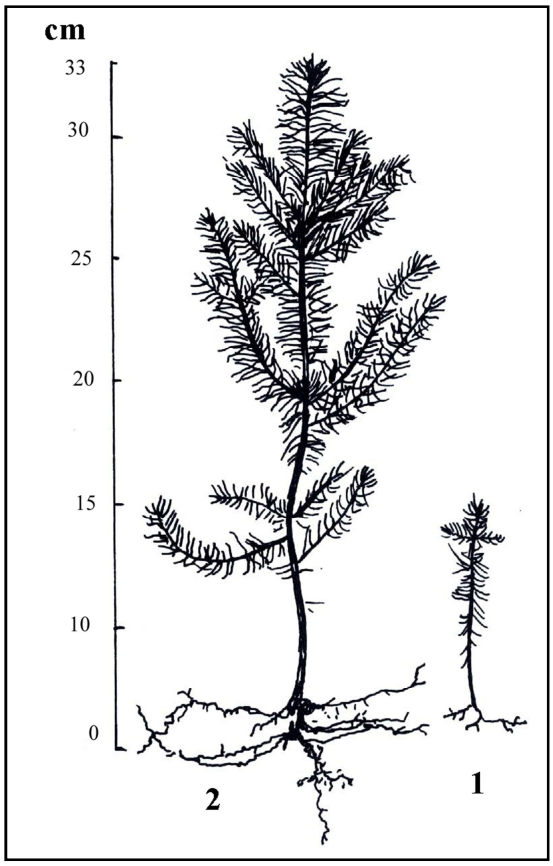
يكون التنافس على أشده بين الأنواع ذات أشكال الحياة (Life forms) المتشابهة، كالنباتات النجيلية مع بعضها البعض، أو الأشجار، منه بين الأنواع غير المتشابهة، كما هي الحال بين نبات نجيلي وآخر غير نجيلي. والتنافس حاد بين شجيرة وشجيرة وبين شجرة وشجرة ونتيجته اختزال عدد الأفراد وأحجامها أو اختفاء نوع أو أكثر من أنواع النباتات. وتعتمد نتيجة التنافس على خصائص الجذر والساق والأوراق، فكلما زاد الاختلاف بين الأنواع في صفة أو أكثر من هذه الصفات انخفضت حدة التنافس. فمثلاً يقل التنافس كثيراً أو ينعدم بين نبات ذي

مجموع جذري وتدي عميق وآخر ذي مجموع جذري سطحي، ولهذا السبب يمكن أن تنمو النباتات معاً دون أن يحدث بينها تنافس شديد إلاَ في مرحلة البادرة.

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، خاصة في السنوات الجافة حيث يكون الماء هو العامل المحدد للنمو (Growth limiting factor). ويتضح ذلك من التجارب العديدة التي أجريت في الغابات (Karpov, 1969) وذلك بأخذ مربعات محددة وحفر خنادق حولها بعمق ٤٠ – ٥٠ سم ثم تقطيع جذور الأشجار كافة. وبعد ذلك توضع في الخندق مواد تمنع نفوذ جذور الأشجار مرة ثانية إلى المربعات المدروسة. وبعدها يملأ الخندق بالتربة وبذلك يكون قد استبعد التنافس الجذري دون تغيير في شدة الضوء (Light intensity). وفي إحدى هذه التجارب التي أجريت في غابات البلوط – الدردار *(Quercus-Fraxinus)* تبين أن نمو الأشجار الفتية من البلوط يزداد كثيراً وتزداد مساحة أسطح الأوراق (Leaves surface area) وأيضاً إنتاج النباتات كما انخفض كثيراً عدد البادرات (Seedlings) والأشجار الفتية التي ماتت. وفي هذه الحالة كان الماء هو العامل المحدد للنمو واتضح ذلك من قياس كمية الرطوبة في التربة (Soil moisture) في نهاية فصل النمو حيث كان المحتوى المائي فوق نقطة الذبول (Wilting point) في المربعات المحمية من التنافس الجذري. وقدرت كمية الماء في الطبقة السطحية (٠ ـ ٥٠ سم) بما يعادل ٥٠.٦ مم من الأمطار بالمقارنة مع ٤ مم من الأمطار في المربعات غير المحمية.

وفي تجارب على نبات تباع الشمس *(Helianthus rigidus)* عندما أبعدت النباتات المنافسة له زاد النمو في الارتفاع بمقدار ٢٨٪ وتضاعف قطر الساق كما زادت مساحة الأوراق إلى ثلاثة أضعاف وتضاعف عدد النورات وزاد حجمها بمعدل ٣٥٪. كما زاد أيضاً عدد البذور وحجمها، أي أن إزالة التنافس الجذري قد أدى إلى زيادة الماء المتاح مما أدى إلى زيادة ملموسة في النمو.

وفي الدراسات العديدة التي تمت في الغابات خاصة على التنافس الجذري عن طريق تقطيع جذور النبات المنافس، تبين أن الأشجار البالغة لا تظلل الأشجار الفتية فقط، وإنما تنافسها، أيضاً، على الماء والمواد الغذائية وهذا هو السبب في نمو الأشجار الفتية نمواً بطيئاً (الشكل رقم ٤٩). فمثلاً في غابات التنوب (*Picea)* يكون التنافس حاداً بين الأنواع النباتية من أجل المواد الغذائية وخاصة النيتروجين والفسفور (الشكل رقم٥٠).

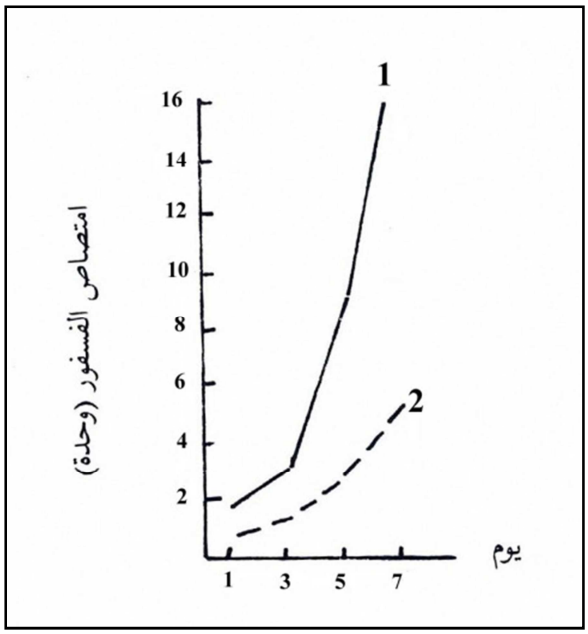


الشكل رقم (٤٩). تأثير التنافس الجذري في نمو بادرات نبات التنوب *(Picea sp.)* عن (Goricheva, 1979).

١– نمو البادرة في الوسط الطبيعي حيث التنافس الجذري الشديد

٢– نمو البادرة بعد إزالة جذور النباتات المُنافسة

وهكذا تبين نتيجة الدراسات أهمية التنافس بين الأنواع النباتية المختلفة وخاصة على الماء والمواد الغذائية وأهمها النيتروجين، وهذا لا يعني التقليل من أهمية التنافس على الضوء، فالعديد من الدراسات تبين أهمية التنافس بين النباتات من أجل الضوء، ففي كثير من الحالات تحدد شدة الإضاءة بقاء البادرات حية ونموها اللاحق وخاصة في الغابة، مثل بادرات نباتي الصنوبر *(Pinus sp.)* والتنوب *(Picea sp.)*. وذلك لأن نقص الإضاءة في هذه الغابات هو السبب الرئيسي، في كثير من الحالات، في موت البادرات وفي النمو الضعيف للأشجار الفتية وموت الكثير منها.



الشكل رقم (٥٠). تأثير التنافس في امتصاص الفسفور من قبل نبات التنوب *(Picea sp.)* عن (Goricheva, 1979).

١- بعد إزالة جذور النباتات المُنافسة

٢- في الوسط الطبيعي حيث التنافس الجذري الشديد

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 عنها بادرات 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 (Grime, 1973) إلى أن أهم الخواص التي تميز النباتات ذات القدرة العالية على المنافسة هي:

١- القامة العالية للمجموع الخضري.

٢- أنماط النمو (غالباً ما تكون على شكل رايزومات (جذامير) كبيرة متشعبة أو نمو عشبي في شكل كتلة ضخمة) تجعل النبات أكثر قدرة على استغلال البيئة فوق سطح التربة وتحته.

٣- سرعة النمو الخضري والجذري.

٤- القدرة الكبيرة على طرح بقايا نباتية (Litter) فوق سطح التربة.

(٩,٣) تأثير النباتات في بعضها البعض من خلال تأثيرها في عوامل الوسط
Effect of plants on each others through their effect on the environment

يؤثر الوسط المحيط في النباتات تأثيراً بالغاً فهو مصدر الضوء والحرارة والمواد الغذائية اللازمة لنموها وتكاثرها، ولكن النباتات تؤثر بدورها في الوسط المحيط (انظر الفصل العاشر) وخاصة عوامل المناخ، بحيث يتشكل داخل المجتمع النباتي وسط(مناخ) خاص يسمى وسط (بيئة) المجتمع النباتي (Phytoclimate). وينعكس التغير في وسط المجتمع النباتي، من انخفاض في شدة الإضاءة أو تغير الرطوبة الجوية ورطوبة التربة وغيرها، في النباتات التي تعيش في المجتمع النباتي نفسه. أي يمكن للنباتات أن تؤثر في بعضها البعض تأثيرات غير مباشرة عن طريق تغيير عوامل الوسط الذي تعيش فيه، ومن أمثلة ذلك الآتي:

(٩,٣,١) التظليل وتغيير النظام الحراري والمائي Shading and changing the thermal and moisture system

من المعروف أن النباتات التي تعيش في المجتمع النباتي ذات ارتفاعات مختلفة، فالنباتات المرتفعة تحجب جزءاً من الضوء ولا تسمح بوصوله إلى النباتات الأقصر منها أي تظللها، والتظليل لا يعني تغيير شدة الإضاءة ونوعية الأشعة فقط وإنما تغيير النظام الحراري والمائي وغيره بالنسبة للنباتات المجاورة. وتلاحظ هذه الظاهرة بشكل واضح في المجتمعات النباتية الشجرية وفي السهوب التي تسود فيها الأعشاب والحشائش الطويلة. وفي المجتمعات النباتية المائية وبخاصة تلك التي تكثر فيها النباتات طافية الأوراق. وكما هو معروف فإن للضوء أهمية بالغة في حياة النباتات، ونتيجة لتظليل النباتات لبعضها البعض، فلا تتمكن من العيش في مستوى الطبقات السفلية إلاّ النباتات الكارهة للضوء والمتحملة للظل، أما النباتات المحبة للضوء فتختفي.

(٩,٣,٢) خفض شدة الرياح والتبخر Reducing wind velocity and evaporation

تؤثر الأجزاء النباتية الموجودة فوق التربة تأثيراً غير مباشر في النباتات المجاورة وذلك من خلال خفضها لشدة الرياح كما أن التبخر من النباتات يزيد من رطوبة الهواء، إضافة إلى أن التنفس والبناء الضوئي والإفرازات النباتية المختلفة تغير من تركيب الهواء داخل المجتمع النباتي مما ينعكس سلباً أو إيجاباً في النباتات التي تعيش في المجتمع النباتي نفسه.

(٩,٣,٣) طبيعة نمو المجموع الجذري Nature of root system growth

يؤدي نمو النباتات عميقة المجموع الجذري مع نباتات أخرى سطحية المجموع الجذري إلى تأثيرات غير مباشرة بين النباتات. فالنباتات سطحية المجموع الجذري تمتص القسم الأكبر من مياه الأمطار وتحول دون وصول بعض منها إلى مستوى المجموع الجذري العميق. كما تمتص النباتات عميقة المجموع الجذري القسم الأكبر من المياه الصاعدة بالخاصة الشعرية، وبهذا تؤثر النباتات في بعضها البعض عن طريق تغيير المحتوى المائي للتربة.

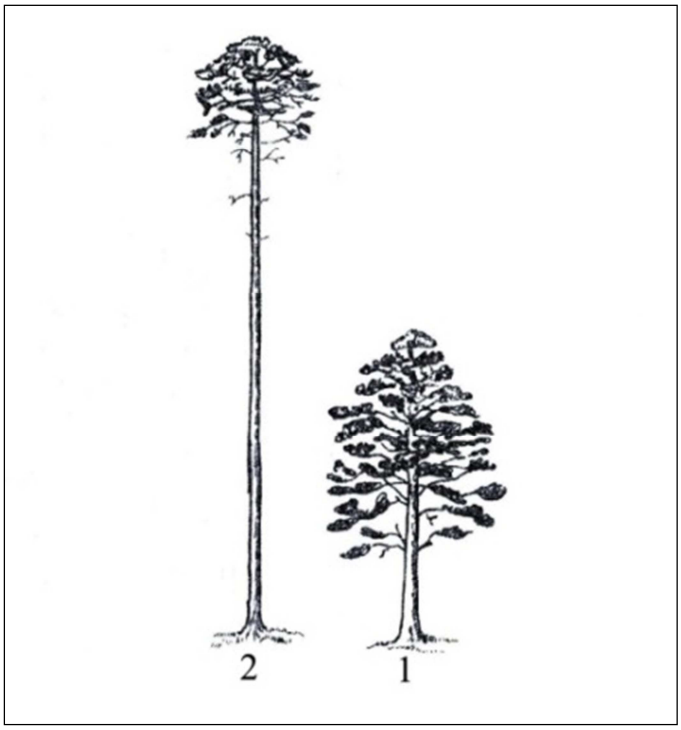
إن تغير وسط المجتمع النباتي له أهمية بالغة، فكثير من النباتات لا تتمكن من العيش في أجزاء من منطقة انتشارها الطبيعية إلاّ داخل الغابة. حيث النظام الحراري داخل الغابة مناسب لنموها. فنبات أولكس *(Ulex europaeus)* ينمو ويكمل دورة حياته، خارج الغابة، في شواطئ المحيط الأطلسي في أوروبا الغربيةحيث المناخ المعتدل، أما في المناطق القارية من أوروبا فلا يتمكن من النمو واستكمال دورة حياته إلاّ داخل الغابة.

تشكل النباتات، في كثير من الحالات، وسطاً ملائماً لنمو نباتات أخرى من خلال تشكيلها لوسط ظليل حيث تحميها من الأشعة الشمسية الحارقة، فبادرات نبات سيريوس *(Cereus sp.)* مثلاً تحتاج إلى الظل في السنوات الـ ٥ ـ ١٠ الأولى من حياتها، وإذا لم يتوفر الظل فإن بادراتها تموت، أما في ظل النباتات الأخرى فإن نحو ٣٥٪ من البادرات تبقى حية.

(٩,٤) نتائج التفاعلات بين النباتات في المجتمع النباتي

Results of reactions amongst plants within the plant community

تؤثر النباتات وخاصة السائدة منها في المجتمع النباتي تأثيرات واضحة في النباتات الأخرى تتجلى في زيادة عدد ما يموت من البادرات وببطء نمو الأفراد الصغيرة وقلة في الإنتاج وغيره. ويكفي لملاحظة ذلك مقارنة الأشجار، مثلاً، التي تنمو في المجتمع النباتي بالأشجار نفسها التي تعيش خارج المجتمع النباتي (الشكل رقم ٥١). فالأشجار التي تعيش خارج الغابة تكون أقل ارتفاعاً وأكثر أوراقاً وتاجها أكبر وأكثر ترامياً وجذعها أغلظ وقشرته أكثر سماكة، ومجموعها الجذري واسع الانتشار وقليل العمق. أما تلك التي تعيش داخل الغابة فإنها تنمو باسقة إلى الأعلى ونموها يكون معتدلاً ثم سرعان ما تفقد فروعها السفلية نتيجة لعدم كفاية الضوء. كما أن قشرتها رقيقة ومجموعها الجذري قليل الانتشار ويتغلغل عميقاً في التربة، ولا يقتصر الأمر على الفروق الشكلية وإنما يتعدى ذلك إلى العمليات الحيوية. فتقليل تظليل أشجار التنوب لبعضها البعض عن طريق قطع بعض الأشجار في الغابة أدى إلى تضاعف معدل البناء الضوئي وزيادة شدة التنفس والنتح، كما ازداد عدد الأزهار والثمار والبذور وغيرها (Karpov, 1969).



الشكل رقم (٥١). تأثير النباتات في بعضها البعض عن طريق تغيير وسط المجتمع
١– شجرة صنوبر تنمو خارج الغابة ٢. شجرة تنمو في الغابة

لاتقتصر هذه الفروق على النباتات الشجرية وإنما تلاحظ أيضاً في المجتمعات العشبية أيضاً، فالنباتات العشبية المعمرة تزهر خارج الغابة في السنة الثانية من عمرها أما الأعشاب نفسها التي تنمو في المجتمعات العشبية الكثيفة فبعضها يزهر في السنة الثالثة وأغلبها بعد السنة الرابعة.

تؤدي التفاعلات بين النباتات في المجتمع النباتي إلى اختلاف الأشجار، مثلاً، في طولها وحجمها وقطر جذعها بالرغم من أن لها العمر نفسه كما تنتمي إلى النوع نفسه أيضاً، ويميز عادة الفئات التالية من الأشجار التي لها العمر نفسه (الشكل رقم ٥٢).

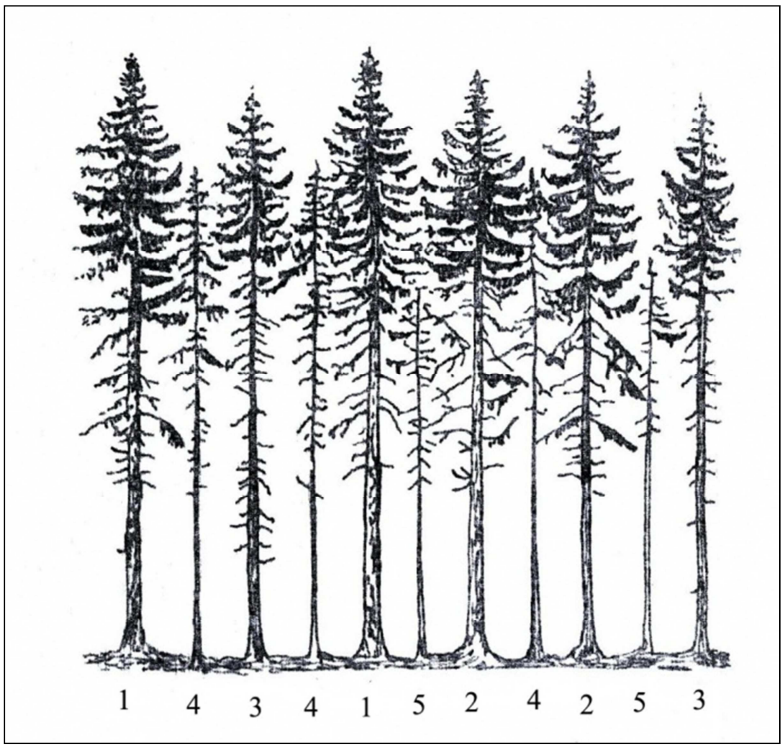
• الفئة الأولى: وتضم الأشجار الباسقة وثخينة الجذوع وذات التيجان النامية التي تبرز فوق تيجان الأشجار الأخرى وتمثل أشجار هذه الفئة الأشجار السائدة المطلقة.

• الفئة الثانية: وتضم الأشجار الأقل نمواً من أشجار الفئة الأولى وتشكل عادة القسم الأساسي من طبقة الأشجار، وتمثل أشجار هذه الفئة الأشجار السائدة.

• الفئة الثالثة: وتضم الأشجار الأقل ارتفاعاً ولها جذوع أقل ثخانة من أشجار الفئة الثانية وتاجها لا يصل إلى قمة طبقة الأشجار ويبقى نسبياً في ظل تيجان أشجار الفئة الثانية.

• الفئة الرابعة: وتضم الأشجار ذات الجذوع الرفيعة وغير المرتفعة وتبقى تيجانها في ظل طبقة الأشجار وأوراقها قليلة ونادراً ما تزهر، وتسمى بالأشجار المقهورة.

• الفئة الخامسة: وتضم الأشجار قليلة الارتفاع والتي لها جذوع رفيعة وتيجانها صغيرة وتسمى بالأشجار المقهورة المطلقة.



الشكل رقم (٥٢). تؤدي التفاعلات بين النباتات في المجتمع النباتي إلى تمايز الأشجار إلى فئات

١- أشجار الفئة الأولى ٢- أشجار الفئة الثانية ٣- أشجار الفئة الثالثة ٤- أشجار الفئة الرابعة ٥- أشجار الفئة الخامسة

الباب الخامس

تأثير المجتمعات النباتية في الوسط وتأثير الأنشطة

الخارجية عليها

Effect of plant communities on the environment and effect of external activities on them

الفصل العاشر

تأثير المجتمعات النباتية في الوسط
Effect of plant communities on the environment

تستمر حياة النباتات في وجود عوامل الطاقة والماء والمواد الغذائية وغيرها من العوامل التي تستمدها من الوسط المحيط. والعوامل البيئية هي التي تحدد نمط الغطاء النباتي، كما تحدد الأنواع السائدة في المجتمعات النباتية. وتصنف العوامل البيئية ذات التأثير الفعّال في توزع المجتمعات النباتية في أربع مجموعات وهي:

١- مجموعة العوامل المناخية (الجوية). Climatic (atmospheric) factors

٢- مجموعة عوامل التربة. Edaphic (soil) factors.

٣- مجموعة عوامل الموقع (العوامل الطبوغرافية). Orographic (topographics) factors

٤- مجموعة العوامل الأحيائية (الحيوية). Biotic factors.

تؤثر بعض عوامل البيئة، كالماء والرطوبة والضوء ودرجة الحرارة ومواد الغذاء المعدني وغيرها، تأثيراً مباشراً في النباتات. بينما يؤثر البعض الآخر، كالتضاريس والارتفاع فوق سطح البحر، بصورة غير مباشرة عن طريق تأثيرها في العوامل المباشرة. هذا ويمكن للعوامل البيئية ذات التأثير المباشر أن تؤثر في النباتات، أيضا، بصورة غير مباشرة، فدرجة الحرارة تؤثر في رطوبة الهواء ودرجة حرارة التربة، وبهذا فهي تؤثر في النباتات بطريق غير مباشر.

تتميز العوامل البيئية في الطبيعة بأنها مجتمعة ومتداخلة، ويتوقف تأثير كل عامل على محصلة تأثيرات العوامل الأخرى المرافقة. فالنباتات التي تعيش على تربة خصبة في ظل الغابة تحتاج إلى شدة إضاءة أقل من النباتات نفسها التي تعيش ظل الغابة ولكن على تربة فقيرة. فشجرة البندق *(Corylus avellana)* مثلاً، تعيش على التربة الخصبة إذا كانت العتبة الضوئية[1] حوالي ٢٪ من الشدة الضوئية الكاملة. أما على التربة الفقيرة فتحتاج إلى عتبة ضوئية لا تقل عن ٥٪ من الشدة الضوئية الكاملة.

(١) العتبة الضوئية هي الحد الأدنى من الإضاءة التي يتمكن فيها النبات من البقاء على قيد الحياة وأي انخفاض في شدة الإضاءة دون العتبة الضوئية يؤدي إلى موت النبات.

إن التفاعلات بين البيئة والأنواع النباتية المكونة للمجتمع النباتي ليست وحيدة الجانب. فكما أن عوامل البيئة تؤثر في النباتات كذلك فإن النباتات تؤثر تأثيراً بالغاً في البيئة التي تعيش فيها. ويجب عدم الخلط بين تأثيرات البيئة في النباتات وبين التأثيرات التي تحدثها النباتات في البيئة، فالبيئة تقدم قدراً معيناً من العوامل، منها الضوء والماء والمواد الغذائية للنباتات التي تعيش في البيئة. فتُتكيف النباتات لهذه العوامل البيئية بحيث تتحملها وتعيش في حدودها. فإذا لم يكن الماء وفيراً انطبعت النباتات بالطابع الجفافي فأطلق عليها النباتات الجفافية (Xerophytes). أما إذا كان هناك وفرة في الماء فإنها تنطبع بالطابع الوسطي فتسمى بالنباتات الوسطية (Mesophytes)، على أن النباتات في جميع الحالات تغير عاملاً أو أكثر من عوامل البيئة تغييراً هاماً وملحوظاً. فإذا فحصنا البيئة داخل أي مجتمع نباتي فسيتضح أن ظروف البيئة داخل هذا المجتمع تختلف اختلافاً كبيراً عن ظروف البيئة في الأمكنة الجرداء المجاورة. وبالتالي؛ فالبادرة أو النبات البالغ الذي يعيش في أرض جرداء يتعرض إلى ظروف بيئية تختلف كل الاختلاف عن الظروف التي يتعرض لها داخل المجتمع النباتي. وذلك لأن الأنواع النباتية تُحدث تفاعلات في البيئة التي تعيش فيها، إذ تخفض شدة الإضاءة وتكسر حدة الريح وتقلل من تبخر الماء من التربة وتزيد من رطوبة الهواء وغيرها. وتأثيرات النباتات في البيئة شديدة التعقيد، وهناك في العادة تأثيرات ابتدائية تصاحبها عدة تأثيرات ثانوية، فالأشجار تقلل الضوء، وعن طريق تأثيرها في الضوء تغير درجة الحرارة والرطوبة والتبخر. ويحدث أحياناً أن يتأثر عاملان تأثراً مباشراً، مثال ذلك تأثير الحشائش في المستنقعات التي تعمل على خفض المحتوى المائي والضوء في وقت واحد.

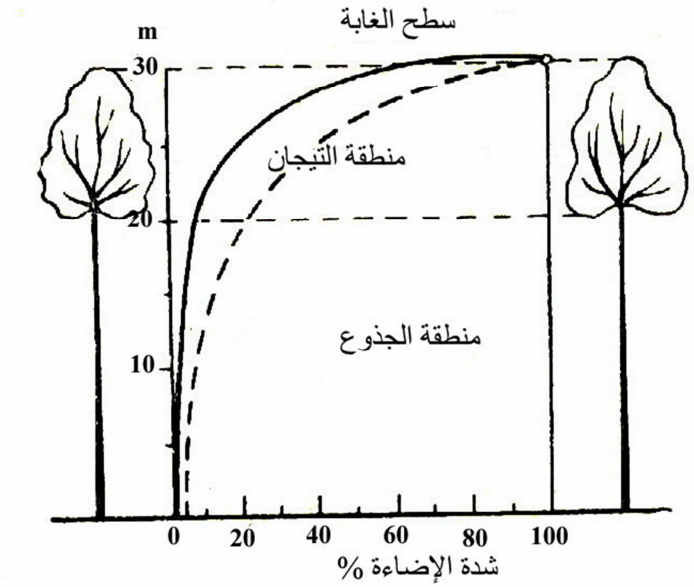
وتأثير المجتمع النباتي عادة أكبر من تأثيرات الأنواع أو الأفراد المكونة له، ومع أن الفرد النباتي هو الذي يحدث التفاعل، إلاّ أن الأخير لا يبدو واضح الأثر إلاّ بتضافر جميع الأنواع المكونة للمجتمع في إحداثه. فالمجتمع من الأشجار يلقي ظلاً أقل مما يلقيه نفس العدد من الأشجار وهي متفرقة، ولكنه ظل ثابتاً ودائماً؛. وبالتالي يكون ذا أهمية وتأثير كبيرين، والدبال الورقي المكون للطبقة العلوية التي تغطي سطح التربة، هو مجموع الأوراق المتساقطة من جميع النباتات. ولكن تكوينه يتوقف تماماً على المجتمع، فإذا سقطت الأوراق حول أشجار متفرقة فإن الرياح سرعان ما تذورها بعيداً، أو تجففها الشمس، ولكنها قلما تتراكم إلاّ إذا تجمعت الأشجار. وتحدث بعض التأثيرات كنتيجة مباشرة لبعض الوظائف التي يقوم بها النبات، مثال ذلك نقص الماء بالامتصاص وزيادة الرطوبة بسبب النتح (Transpiration)، وتآكل الصخور نتيجة لإفراز ثاني أكسيد الكربون(CO_2) الذي يكّون مع الماء حمضاً ضعيفاً.

وبالرغم من أن تأثير المجتمع النباتي في البيئة هو نتيجة تأثير الأنواع المختلفة معاً، إلا أن أنواع النباتات السائدة هي التي تحدث الدور الرئيس. أما الأنواع الثانوية فيكون دورها ضئيلاً أو حتى عديم الأهمية. وأهم تأثيرات غطاء المجتمعات النباتية في البيئة هي:

(١٠,١) تأثير الغطاء النباتي في الضوء

Effect of vegetation on light

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 رقم ٥٣).



الشكل رقم (٥٣). تأثير المجتمع النباتي (الغابة) في الشدة الضوئية حيث تنخفض شدة الإضاءة من سطح الغابة إلى أرضيتها.(الخط المتصل في يوم مشمس والخط المتقطع في يوم غائم).

(١٠,١,١) الانعكاس Reflection

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 forests) بحوالي ١٠ – ١٨٪. وتصل هذه النسبة في الغابات عريضة الأوراق إلى ٣٦٪ (انظر Alekseev, 1975). وتعكس الحقول المزروعة قمحاً من ١٠ إلى ٢٥٪ من الضوء الساقط عليها حسب مراحل نمو القمح. كما تتوقف كمية الضوء المنعكس عن النباتات المكونة للغطاء النباتي على طبيعة الأوراق. فالأوراق الخضر الداكنة تعكس نسبة أقل مما تعكسه الأوراق ناصلة اللون مثل أوراق الحور الأبيض *(Populus tremula)* وأوراق كثير من النباتات التي تعيش في الصحاري. كما تعكس الأوراق الموبرة كمية من الضوء تزيد عن ضعفين أو ثلاثة أضعاف ما تعكسه الأوراق الملساء. وتختلف نسبة ما ينعكس من الضوء الساقط اختلافاً كبيراً تبعاً لطول الموجة. فالأوراق الخضر تعكس أكثر من ٧٠٪ من الأشعة تحت الحمراء القريبة التي تسقط عليها و١٠ – ٢٠ ٪ من الأشعة الخضراء و٣ – ١٠٪ من الأشعة الأرجوانية والحمراء.

(١٠,١,٢) الامتصاص Absorption

تمتص الأوراق الجزء الأعظم من الأشعة التي تخترقها، فالأشعة فوق البنفسجية تمتصها طبقة البشرة ولا يصل منها إلى النسيج الكلورنشيمي (Chlorenchyma tissue) إلاّ نحو٢ – ٥٪. أما أشعة الضوء المرئي فتمتص الأوراق القسم الأكبر منها، ويقع القسم الأكبر من الأشعة الممتصة في مجال الأشعة الأرجوانية والحمراء، والأشعة البنفسجية والزرقاء. أما الأشعة الخضراء والصفراء فهي الأقل امتصاصاً. كما تمتص الأوراق قسماً ضئيلاً من الأشعة تحت الحمراء القريبة والتي طولها أقل من ٢٠٠٠ مليميكرون.

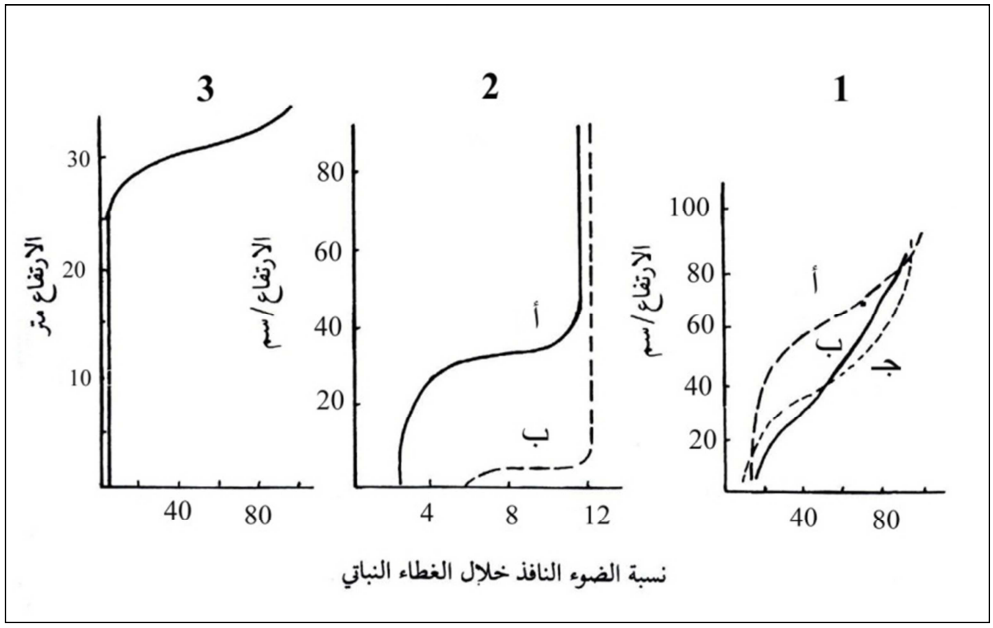
(١٠,١,٣) النفاذ Penetration

يمر بعض الضوء عبر الورقة ولكن كميته في العادة ضئيلة. وتتوقف كمية الضوء التي تخترق الورقة على تركيب الورقة وثخانتها. وتمتص الأوراق الثخينة والعصارية كل الضوء الذي يدخلها تقريباً. بينما تنفذ كمية ضئيلة من الضوء عبر أوراق النباتات الوسطية (Mesophytic leaves) تتراوح بين ١٠ و٢٠٪ من كمية الأشعة التي تخترق الورقة. أما الأوراق الرقيقة فينفذ عبرها نسبة عالية من الضوء تصل إلى ٤٠٪. ولكن لا توجد النباتات التي لها مثل هذه الأوراق الرقيقة إلاّ في البيئات الظليلة،. حيث إن معظم الضوء الذي يوجد في هذه البيئات من نوع الضوء المنتشر (Diffuse light) ويتم امتصاصه بصورة تامة تقريباً. وأغلب الأشعة التي تنفذ عبر الورقة هي من الأشعة الخضراء والصفراء وتحت الحمراء.

وهكذا نجد أن الغطاء النباتي يؤثر في نوعية وكمية الإشعاع الشمسي، ويتكون الضوء داخل الغطاء النباتي من الأشعة المنعكسة من على سطح الأوراق والأشعة التي تنفذ عبرها بالإضافة إلى نسبة من الضوء المباشر. وكما ورد سابقاً تحتوي الأشعة المنعكسة من على سطح الأوراق والنافذة عبرها على نسبة ضئيلة من الأشعة الأرجوانية الحمراء التي تمتصها صبغة اليخضور والتي تلعب الدور الرئيس في عملية البناء الضوئي. ففي السهوب(Steppes) مثلاً تصل نسبة الأشعة المنعكسة عن الغطاء النباتي إلى ٢٦٪ من كمية الأشعة الساقطة. وتشكل الأشعة الأرجوانية والحمراء ٤٪ منها فقط. وهذا يعني أن النباتات لا تستفيد كثيراً من الأشعة المنعكسة والأشعة التي تنفذ عبر الأوراق بسبب فقرها بالأشعة الأرجوانية الحمراء.

يعد انخفاض شدة الضوء (Light intensity) وتغير الطيف الشمسي داخل المجتمعات النباتية، وخاصة 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 ٣,٥٪ من الشدة الضوئية عند مستوى سطح الغابة، وإلى أقل من ١٪ في الغابات الاستوائية المطرية (Walter,1982). وهذا يعني أن الشدة الضوئية في مستوى سطح التربة كثيراً ما تكون، في المجتمعات النباتية الكثيفة، أقل من ١٪ (الشكل رقم ٥٣ و٥٤). ولا يقتصر انخفاض شدة الضوء على الغابات وإنما نجده في المجتمعات النباتية

الكثيفة كافة ففي حقل مزروع بالبطاطس تبين أن الشدة الضوئية في مستوى الأوراق الأولى المُظللة حوالي ٤٠٪ من الشدة الضوئية الكاملة وفي مستوى سطح التربة أقل من ذلك بكثير. وتبين الدراسات أن النباتات المحبة للظل لا تستطيع أن تعيش في الغابات الاستوائية والمدارية في عتبة ضوئية تقل عن نحو ١٪ من الشدة الضوئية الكاملة (Richards, 1996). ولكن هذه النباتات يمكن أن تنمو وتتكاثر في مستوى الطبقة السفلية الملامسة للتربة في مثل هذه الغابات الكثيفة حتى ولو كانت شدة الضوء دون العتبة الضوئية وذلك بسبب نفاذ بعض الضوء مباشرة خلال المسافات الضيقة بين الأوراق ووصولها إلى التربة وخاصة في وسط النهار حيث تكون الأشعة الشمسية شبه عمودية أو عمودية ويمكن عندها أن تصل شدة الإضاءة في مستوى الطبقة الملامسة للتربة، إلى نحو ١٠٪ وذلك لفترة قصيرة في منتصف النهار (الشكل رقم ٥٥).

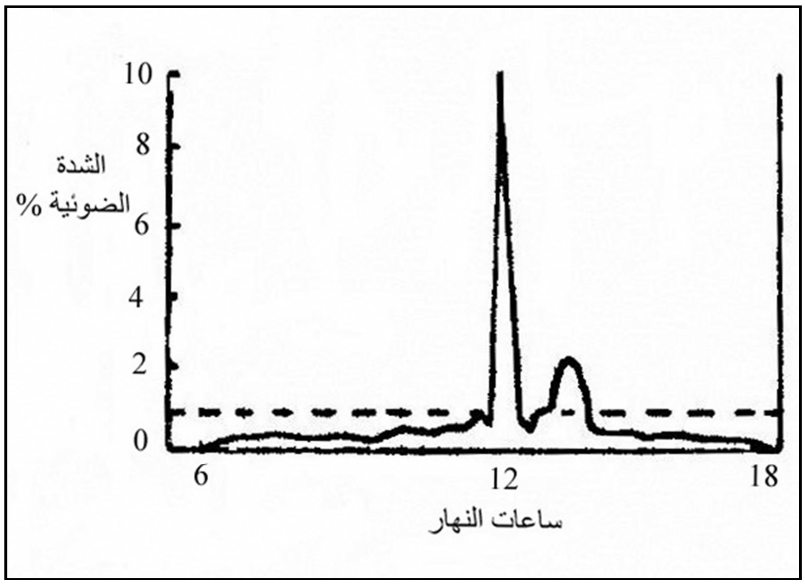


الشكل رقم (٥٤). شدة الإضاءة داخل المجتمع النباتي.

١– في المروج حيث يسود: أ. النفل *(Trifolium sp.)*. ب. *(Festuca sp.)*. جـ. *(Dactylis sp.)*.

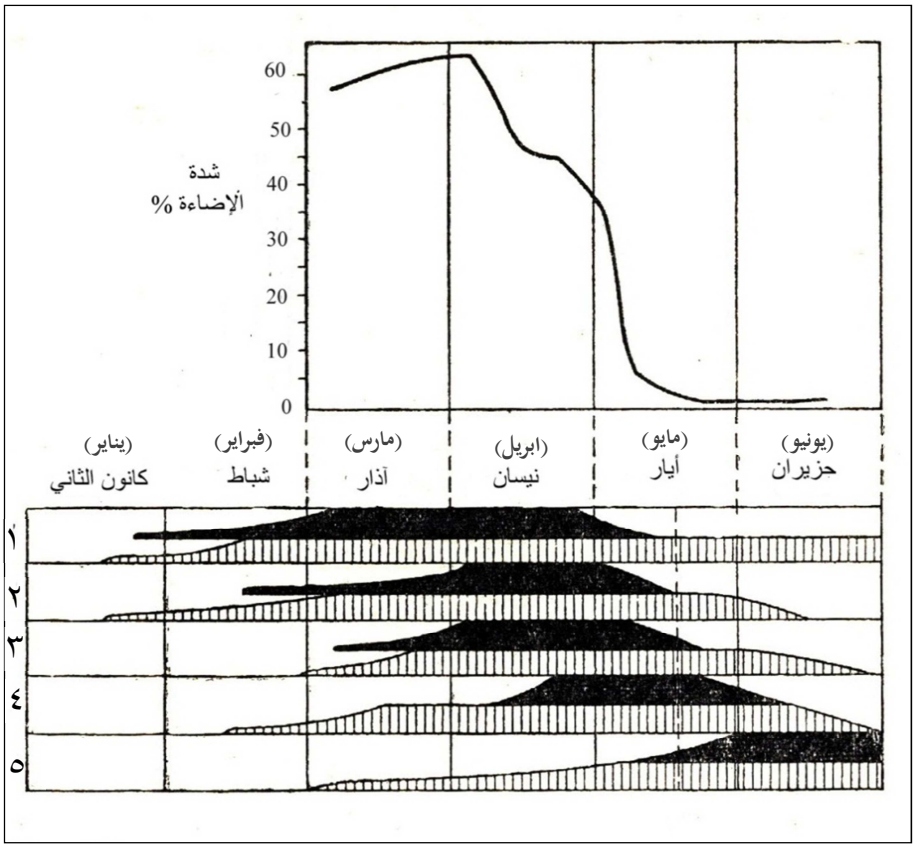
٢– في مستوى الطابق السفلي في غابة تنوب (*Picea*) حيث يسود أ. الآس البري *(Vaccinium sp.)* ب. الأشنات (Lichens)

٣– في غابة البلوط *(Quercus)*.



الشكل رقم (٥٥). تغير شدة الإضاءة خلال ساعات النهار في الغابة.
(الخط المتقطع نقطة التعويض)

كما تتغير شدة الإضاءة داخل المجتمع النباتي تبعاً لفصول السنة. ويتوقف هذا التغير على طبيعة الغطاء النباتي. ففي الغابات دائمة الخضرة تبقى شدة الإضاءة واحدة تقريباً على مدار السنة. أما في الغابات متساقطة الأوراق فترتفع شدة الإضاءة داخل الغابة في فترة سقوط الأوراق، وتنخفض في فترة اكتساء الأشجار بالأوراق. وينعكس هذا التغير في شدة الإضاءة داخل الغابة على الأنواع النباتية التي تنمو تحت مظلة الأشجار. ففي مثل هذه الغابات متساقطة الأوراق ينمو عدد كبير من الأعشاب في نهاية الشتاء وبداية الربيع حيث ترتفع شدة الإضاءة داخل الغابة. وتكمل دورة حياتها قبل اكتساء الأشجار بالأوراق وانخفاض شدة الضوء داخل الغابة (الشكل رقم ٥٦). وهكذا ، فإن اختلاف شدة الإضاءة في وسط الغطاء النباتي يحدد، إلى حد كبير، الأنواع النباتية التي تنمو في الطبقات السفلية في المجتمع النباتي والتي تنتمي في غالبيتها إلى النباتات المحبة للظل. كما يحدد طول فترة نموها ووقت ازدهارها وإثمارها.



الشكل رقم (٥٦). تغير شدة الإضاءة بسبب اكتساء الأشجار بالأوراق في غابة بلوط (*Quercus carpinus*) (الجزء العلوي من الشكل) فترة إزهار النباتات (المنطقة السوداء) والنمو الخضري (المنطقة المخططة) في الطبقة السفلية من الغابة (الجزء السفلي من الشكل)

١– نبات حشيشة الزئبق(*Mercurialis perennis*)

٢– نبات الفيكاريا (*Ficaria verna*)

٣– نبات الشقائق (*Anemone nemaros*)

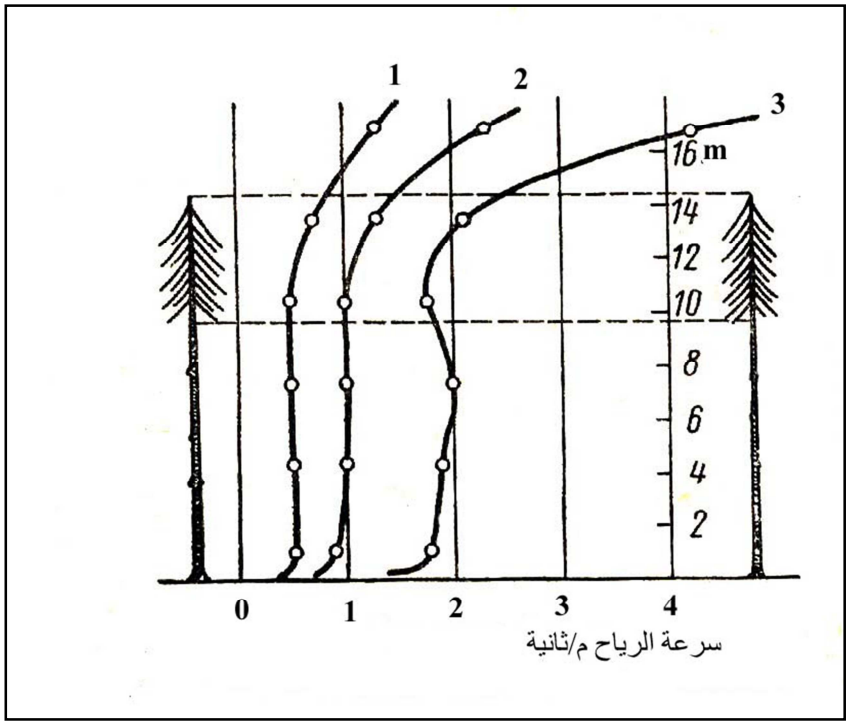
نبات العنصل(*Scilla monscripta*)

٥– نبات كونوبوديوم (*Conopodium denudatum*)

(١٠,٢) تأثير الغطاء النباتي في الرياح

Effect of vegetation on wind

من المعروف أن الغطاء النباتي يشكل عائقاً يعترض تحرك الرياح فيعوقها أو يغير اتجاهها وبالتالي يغير من تأثيرها. ويكون هذا التأثير أوضح ما يمكن في الغابات أو خلف الأشجار والشجيرات المرتفعة أو في المجتمعات العشبية التي تسود فيها الحشائش المرتفعة. حيث تنخفض شدة الرياح بشكل واضح لدرجة السكون تقريباً، وذلك على مسافة من حافة الغابة) الشكل رقم٥٧ والجدول رقم ٢١).



الشكل رقم (٥٧). تأثير الغابة في شدة الرياح

١– سرعة الرياح ١.٥ م/ ثانية ٢. سرعة الرياح ٢.٥ م/ ثانية ٣. سرعة الرياح ٤.٠ م/ثانية

الجدول رقم (٢١). انخفاض سرعة الرياح في غابات البلوط والبندق ابتداءً من حافة الغابة (Voronov, 1973)

المسافة من حافة الغابة إلى داخلها/ م.	٣٤	٥٦	٧٧	٩٨	١٢١	١٨٨	٢٢٦
سرعة الرياح (٪) من سرعتها خارج الغابة	٥٤	٤٥	٢٣	١٩	٧	٥	٣ – ٢

وتختلف سرعة الرياح ليس فقط من حافة الغطاء النباتي إلى داخله وإنما أيضاً من طبقة إلى أخرى في نفس المكان من المجتمع النباتي(الجدول رقم ٢٢).

الجدول رقم (٢٢). تغير سرعة الرياح من قمة الغابة إلى سطح التربة (على مسافة ١٥ م من حافة الغابة (Voronov, 1973)

الارتفاع عن سطح التربة/ م	**سرعة الرياح م / ثانية**	**المكان**
١٧	١,٦	فوق قمة الغابة
١٤	٠,٩	عند قمة الغابة
١١	٠,٧	داخل طبقة الأشجار
٤	٠,٦	تحت طبقة الأشجار
أقل من متر	٠,٠	تحت طبقة الأشجار

والأمر نفسه يلاحظ في المجتمعات النباتية العشبية حيث تنخفض سرعة الرياح من طبقة إلى أخرى، كما تنخفض سرعة الرياح فوق قمة الغطاء النباتي أيضاً (الجدول رقم ٢٣).

الجدول رقم (٢٣). تغير سرعة الرياح في السهوب من قمة الغطاء النباتي إلى سطح التربة

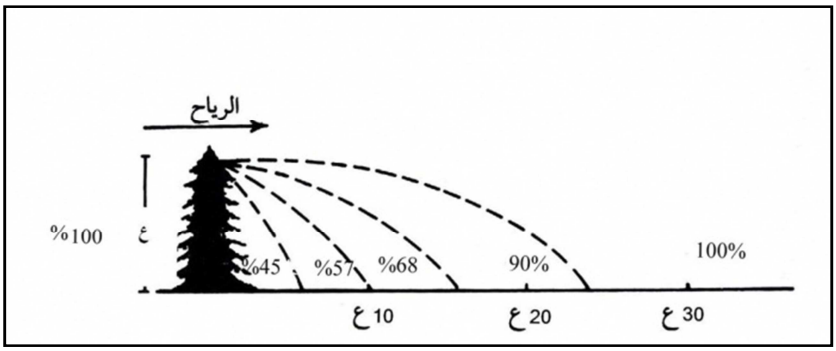
ارتفاع الغطاء النباتي/ سم	الارتفاع فوق سطح التربة /سم	سرعة الرياح م/ ثانية
٧٦	٨	٠
	٣١	١,١
	١٥٢	٧,٧

ويتوقف تأثير الغطاء النباتي في خفض سرعة الريح على كثافته وارتفاع الأنواع المكونة له. فكلما كانت الأنواع المكونة للغطاء النباتي كثيفة ومرتفعة كانت فعاليتها في تخفيف سرعة الرياح عالية. ولانخفاض سرعة الرياح بتأثير الغطاء النباتي أهمية كبيرة في حماية التربة من الانجراف ؛ وذلك لأن الغطاء النباتي يُخفّض سرعة الرياح إلى الحد الذي تصبح معه غير قادرة على نقل ذرات الأتربة والرمال. كما يكّون الغطاء النباتي عائقاً ميكانيكياً أمام زحف وانتقال الرمال أو حبيبات التربة مما يعني الحد من عمليات حتها وانجرافها، وإن جريان الرياح، وخاصة السريعة منها، فوق سطح التربة والنباتات يؤدي إلى فقد الماء من هذه السطوح بسرعة وزيادة النتح. لذا ؛ فإن خفض سرعة الرياح يؤثر تأثيراً مباشراً في تقليل فقد الرطوبة مما ينعكس إيجاباً على نمو النباتات.

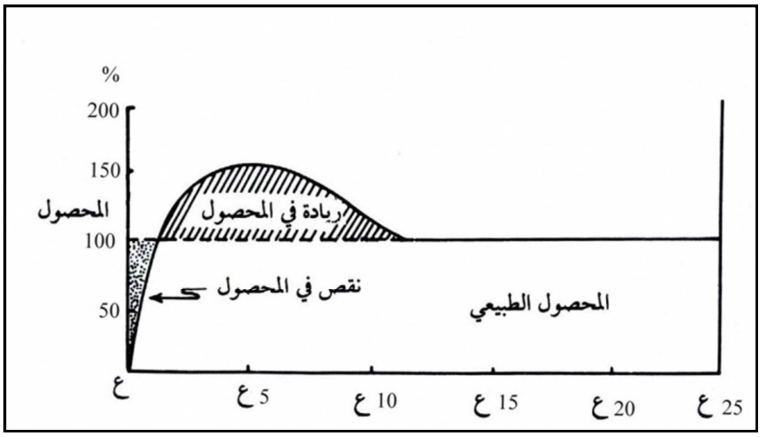
وجدير بالذكر أن الغطاء النباتي لا يقلل من سرعة الرياح داخل الغطاء النباتي وإنما أيضاً على مسافة من حافته، وقد استغل الإنسان هذه الظاهرة فأحاط حقوله بمصدات الرياح، لما للمصدات من تأثير مباشر في صد وكسر حدة الرياح وتقليل سرعتها (الجدول رقم ٢٤)، وخفض معدل التبخر والنتح (الشكل رقم ٥٨) وزيادة الإنتاج (الشكل رقم٥٩).

الجدول رقم (٢٤). تأثير مصدات الرياح في خفض سرعة الرياح (الزغت، ١٩٧٥ م)

سرعة الرياح قبل وصولها إلى المصد كم / ساعة	سرعة الرياح بعد المصد كم/ ساعة		
	على بعد خمسة أضعاف ارتفاع المصد	على بعد عشرة أضعاف ارتفاع المصد	على بعد خمسة عشر ضعفاً لارتفاع المصد
٢٥ – ٣٥	٧ –١٥	١٥– ١٩	١٩ – ٢١
٥٥ –٦٥	١٥ – ٣٠	٣٠ – ٣٧	٣٧ – ٤٣



الشكل رقم (٥٨). نسبة التبخر من سطح التربة قبل وبعد المصد (عن الزغت، ١٩٧٤ م). حيث ع = ارتفاع المصد.



الشكل رقم (٥٩). تأثير المصد في زيادة إنتاج المحاصيل (عن الزغت، ١٩٧٤ م). حيث ع = ارتفاع المصد.

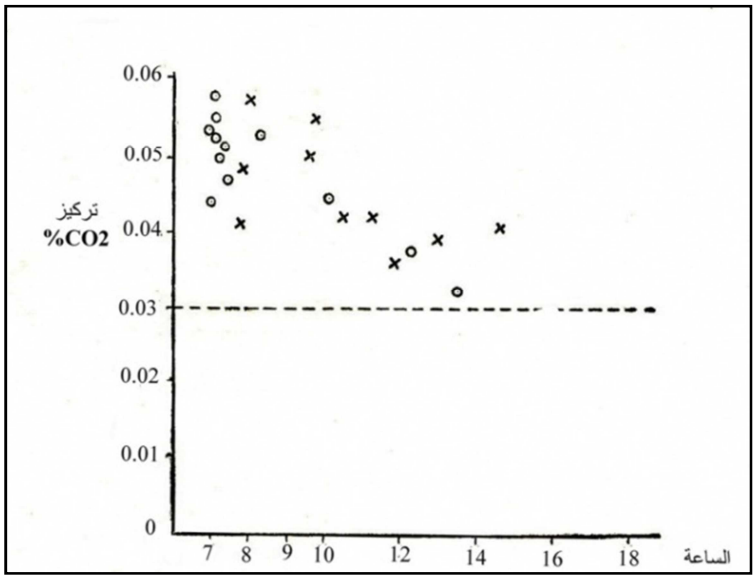
(١٠,٣) تأثير الغطاء النباتي في تركيز ثاني أكسيد الكربون

Effect of vegetation on carbon dioxide concentration

معروف تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون في البناء الضوئي منذ زمن بعيد، وبصورة عامة يزداد معدل البناء الضوئي بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) إلى أن يصبح أحد العوامل البيئية الأخرى محدداً. ويختلف تركيز ثاني أكسيد الكربون في وسط المجتمع النباتي عنه في المناطق الجرداء. كما يختلف تركيزه أيضاً داخل المجتمع النباتي بين الليل والنهار وفي فصول السنة المختلفة.

إن تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء المحيط بالنباتات ليس ثابتاً في الأوقات المختلفة (الشكل رقم ٦٠) ففي الأوقات التي يكون فيها معدل البناء الضوئي مرتفعاً يلاحظ انخفاض تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء المحيط بالنباتات، وبخاصة وسط هامات الأشجار. وعلى العكس من ذلك يزداد تركيزه ليلاً حين تتوقف عملية البناء الضوئي. ويعود عدم ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء المحيط بالنباتات إلى طبيعة المصادر المطلقة والمستهلكة له. ويتكون ثاني أكسيد الكربون نتيجة لتنفس النباتات والحيوانات إضافة إلى ما يسمى بتنفس التربة. حيث تطلق

التربة كميات كبيرة منه نتيجة لتنفس جذور النباتات والكائنات المختلفة التي تعيش فيها والتي تفكك البقايا النباتية والحيوانية (الجدول رقم ٢٥). وتنطلق من التربة كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون كلما كانت غنية بالمادة العضوية، وكلما كانت جيدة التهوية والرطوبة ،وكلما كانت درجة حرارتها ملائمة لنشاط الكائنات الدقيقة، وتبين القياسات أن التربة الغنية بالمادة العضوية وجيدة التهوية تطلق أكثر من ٢٠ كيلوغراماً من CO_2 لكل هكتار في الساعة الواحدة (Montieth *et al.*, 1964).



الشكل رقم (٦٠). تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون خلال ساعات النهار (Voronov,1973)
o. في غابة أولية +. في غابة ثانوية.

الجدول رقم (٢٥). كميات CO_2 المنطلقة من تنفس الترب المختلفة (Voronov, 1973)

نوع التربة	كمية CO_2 المنطلقة كغم/هـ/ يوم
تربة الشورنزوم وتربة النباتات الاستوائية المطيرة	١٠٠
تربة الغابات في المناطق المعتدلة	٨٠
التربة الكستنائية	٤٠
التربة الصحراوية	٥ - ١٠
تربة اللاتيريت والتربة الحمراء	٤٠
التربة الطمية	١١
تربة أعالي الجبال	٥

وقد يسفر تنفس التربة متى كان واضحاً عن زيادة موضعية في تركيز ثاني أكسيد الكربون في الطبقة السطحية الملامسة للهواء ويعود هذا إلى تنفس جذور النباتات والكائنات الدقيقة، التي تعيش في التربة وتفكك المادة العضوية

من جهة وإلى سكون الرياح في هذه الطبقة من جهة ثانية، مما لا يسمح بإزالة الهواء من هذه الطبقة واستبداله بهواء جديد يكون تركيز ثاني أكسيد الكربون فيه منخفضاً. ويزداد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغابة كلما اقتربنا من سطح التربة. ففي غابات الزان *(Fagus)* يصل تركيز ثاني أكسيد الكربون في مستوى الطبقة العشبية إلى ٢٥٤٪ من تركيزه في الهواء الجوي الطبيعي. أما على ارتفاع متر ونصف فيصل إلى حوالي ١٤٧ ـ ١٧٠ ٪ من تركيزه في الهواء الجوي. وفي مستوى تيجان الأشجار كان تركيزه في النهار أقل من تركيزه في الهواء الجوي (Schennikov, 1964).

وبسبب كون تركيز ثاني أكسيد الكربون في الطبقة الملامسة لسطح التربة أعلى من تركيزه المعتاد في الهواء الجوي فإن معدل البناء الضوئي للنباتات التي تعيش في مستوى الطبقات السفلى من الغطاء النباتي يكون مرتفعاً وخاصة بادرات الأشجار. وبالتالي تعوض زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون عن نقص الإضاءة التي تعاني منها نباتات الطبقات السفلى.

ويتعرض تركيز ثاني أكسيد الكربون داخل المجتمعات النباتية لتغيرات يومية وفصلية. فتركيزه نهاراً داخل المجتمعات النباتية أقل منه ليلاً، وذلك بسبب توقف البناء الضوئي، كما أن تركيزه في الخريف أعلى منه في الصيف في الغابات المعتدلة متساقطة الأوراق، وذلك بسبب ارتفاع معدل البناء الضوئي صيفاً. أما في الخريف فينخفض معدل البناء الضوئي بسبب سقوط الأوراق من جهة إضافة إلى انطلاق كمية كبيرة من CO_2 نتيجة تفكك الأوراق الساقطة من جهة أخرى وهذا يرفع تركيز CO_2 في فصل الخريف.

(١٠,٤) تأثير الغطاء النباتي في الغازات الأخرى والمواد الطيارة في الهواء

Effect of vegetation on other air gases and volatile substances

يعد النيتروجين الذي يشكل ٧٨٪ من حجم الهواء وسطاً خاملاً بالنسبة للنباتات الخضراء، فلا توجد بعد الأدلة التي تثبت قدرة النباتات الخضر على استعمال النيتروجين الجوي في تخليق المركبات العضوية التي تحتوي على النيتروجين، ولكن بعض أنواع البكتيريا من جنس *(Rhizobium spp.)* التي تعيش داخل جذور النباتات القرنية (Legumes) وبعض الفطر والطحالب الخضر المزرقة لها المقدرة على تحويل النيتروجين الجوي إلى مركبات عضوية. ولكن هذه العمليات لا تغير شيئاً من تركيز النيتروجين.

ونظراً لأن كمية الأكسجين في الهواء كبيرة ٢١٪ من حجمه فإن التغيرات التي يمكن أن تطرأ على كميته في الهواء ليست ذات أهمية بيئية. ولا تعاني أجزاء النبات المعرضة للهواء من أي نقص في كمية الأكسجين. ويختلف الأمر بالنسبة للنباتات المائية وأجزاء النبات المطمورة في التربة، ذلك أن كمية الأكسجين في هواء التربة أقل منها في الهواء الجوي ويعود ذلك إلى استهلاك أكسجين هواء التربة في عمليات تنفس المجموع الجذري للنباتات وتنفس الكائنات الدقيقة وفي عمليات تفكك المادة العضوية الموجودة في التربة، إضافة إلى أن بعض خصائص التربة تعوق

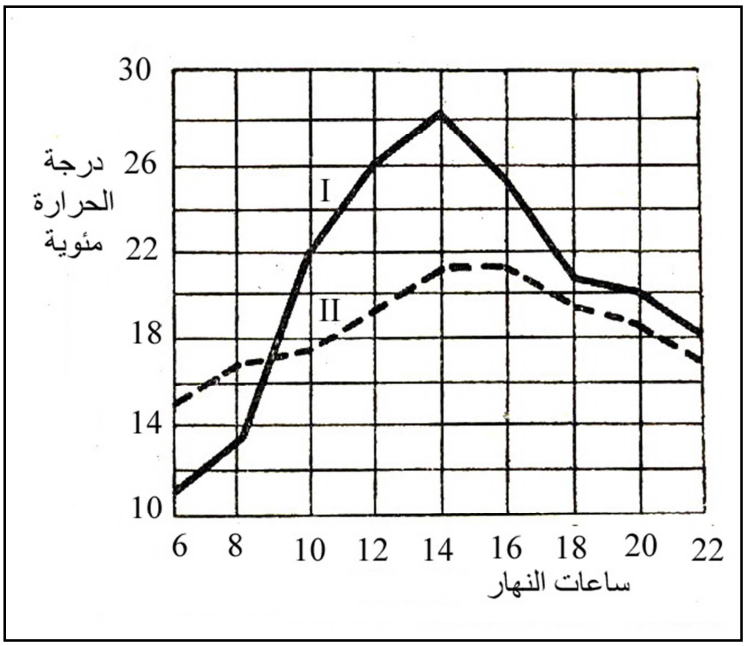
تهويتها كزيادة الرطوبة وتراص حبيبات التربة وغيرها. وينتج من ذلك انخفاض تركيز الأكسجين في هواء التربة كثيراً، لذلك نجد أن النباتات التي تعيش في البيئات زائدة الرطوبة (نباتات رطوبية Hygrophytes) والنباتات المائية (Hydrophytes) تمتلك بعض الخصائص التي تمكنها من التغلب على نقص الأكسجين في بيئاتها.

وتفرز النباتات في الهواء مركبات مختلفة كالزيوت الطيارة (Volatile oils) والتربينات وغيرها وتختلف كمياتها باختلاف الفصول. لذا نشعر برائحة خاصة لكل مجتمع نباتي. ولهذه المفرزات المختلفة تأثيرات إيجابية أو سلبية على النباتات الأخرى (انظر التضاد الكيميائي – Allelopathy).

(١٠,٥) تأثير الغطاء النباتي في النظام الحراري للجو

Effect of vegetation on atmospheric thermal system

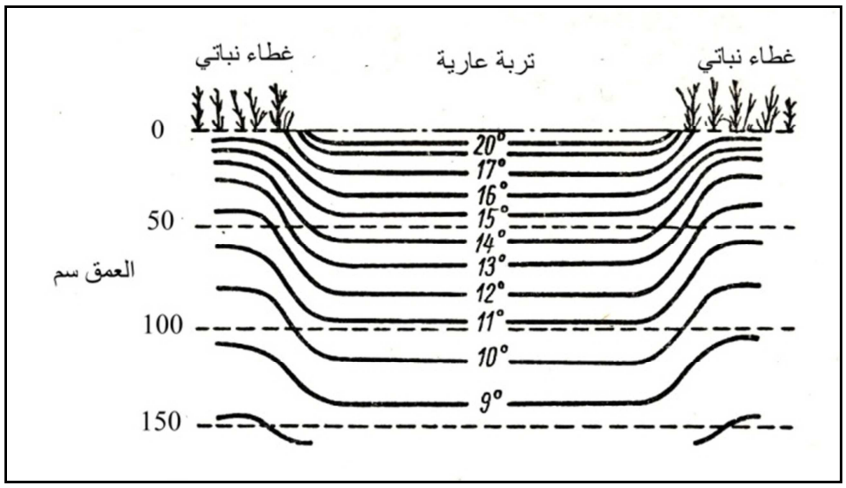
يؤثر الغطاء النباتي بأشكاله المختلفة في درجة حرارة الهواء والتربة وفي تغيراتها اليومية (الشكل رقم ٦١) والفصلية. وتكون عادة درجة حرارة الهواء العليا داخل المجتمعات النباتية أقل منها في المناطق الجرداء. كما أن درجة الحرارة الدنيا أعلى في المجتمع النباتي منها في الأماكن الجرداء. وبالتالي ؛ فإن التغيرات اليومية والسنوية لدرجات الحرارة في وسط الغطاء النباتي أقل منها في الأماكن الجرداء، كما أن متوسط درجة الحرارة السنوية والمدى الحراري داخل الغطاء النباتي أقل منه في المناطق الجرداء. فالمدى الحراري السنوي (الفرق بين الحرارة الدنيا والعليا)، في غابات أوروبا الوسطى، أقل بـ ٥,٨ درجة مئوية صيفاً و١,٦ درجة مئوية شتاءً وبشكل متوسط بـ ٣,٤ درجة مئوية منه في الأماكن الجرداء (Walter, 1982). وفي الواقع تكون درجة الحرارة داخل المجتمعات النباتية أكثر اعتدالاً فهي نهاراً وصيفاً أقل، وليلاً وشتاءً أعلى منها في المناطق الجرداء (الشكل رقم ٦٢). ويعود سبب ذلك إلى أن النباتات المكونة للغطاء النباتي تعكس قسماً من الأشعة الشمسية كما أن قسماً آخر تمتصه النباتات وتستهلكه في رفع درجة حرارتها وفي تبخر الماء (النتح). ومن الجدير بالذكر أن تبخر غرام واحد من الماء من أوراق النباتات يحتاج، في درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية، إلى ٥٨٢ سعراً حرارياً (حريرة). ولهذا نجد أن درجة الحرارة داخل الغطاء النباتي نهاراً وصيفاً أكثر اعتدالاً، أما في الليل والشتاء فتشكل النباتات حاجراً يحول دون ضياع الأشعة الحرارية التي تشعها التربة وتبقى داخل المجتمع النباتي مما يؤدي إلى رفع متوسط درجة الحرارة داخل المجتمعات النباتية. ويضاف إلى ذلك تأثير النباتات في خفض سرعة الرياح مما يعوق حركة الرياح واختلاط الهواء البارد بالهواء الدافئ.



الشكل رقم (٦١). تغيرات درجة حرارة الهواء اليومية

I. في المنطقة الجرداء II. في الغابة

ولا يقتصر تأثير الغطاء النباتي في درجة حرارة الهواء وإنما يتعداه إلى التربة وخاصة الطبقة السطحية منها (الشكل رقم ٦٢). فدرجة حرارة التربة في الشتاء أعلى، وفي بقية فصول السنة أقل منها في الأماكن الجرداء، وخاصة التربة المغطاة بالبقايا النباتية (Plant litter). ولهذا ؛فإن تجمد التربة في المناطق المعتدلة كثيفة الغطاء النباتي نادر الحدوث، بينما تتجمد التربة غالباً في المناطق المجاورة الجرداء. لذا نجد أن بعض النباتات تتمكن من النمو في فصل الشتاء داخل الغابات مثل الشقائق*(Anemone nemorosa)* وبلوموناريا *(Plumonaria aboscura)* بينما لا نجدها خارج المجتمعات النباتية. كما أن الغطاء النباتي الذي يعدل درجة حرارة التربة المرتفعة يشكل وسطاً مناسباً لنمو النباتات ولنشاط الكائنات الدقيقة المختلفة التي تعيش داخل الغابة.



الشكل رقم (٦٢). تأثير الغطاء النباتي العشبي في درجة حرارة التربة، ويلاحظ أن درجة حرارة التربة وللطبقات كافة أعلى منها في المكان العاري

(١٠,٦) تأثير الغطاء النباتي في الأمطار والرطوبة والجريان السطحي

Effect of vegetation on rains, humidity and surface flow

(١٠,٦,١) التأثير في الأمطار Effect on rains

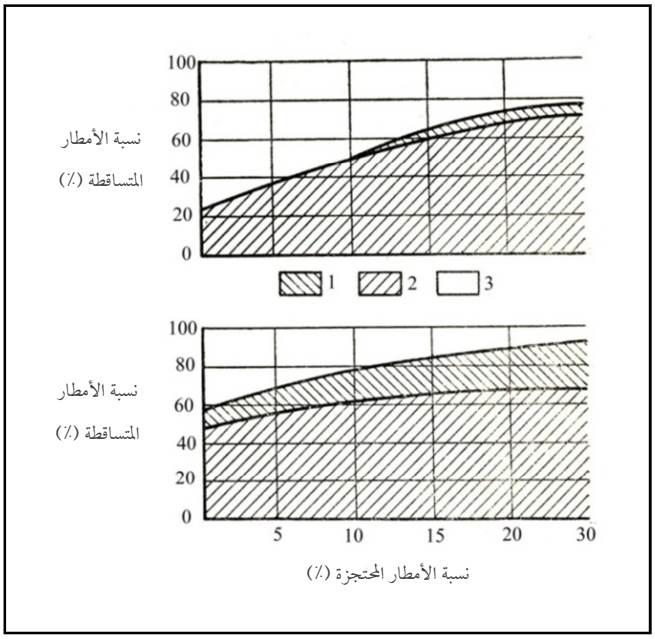
تتوقف كمية الأمطار التي تصل إلى سطح التربة على طبيعة الغطاء النباتي وكثافته، فالنباتات تحجز قسماً من الأمطار وتحول دون وصوله إلى التربة حيث يتبخر ثانية من سطوح النباتات، فغابات التنوب الكثيفة تحجز حتى ٣٦٪ من كمية الأمطار الساقطة وغابات الصنوبر تحجز حوالي ١٤٪ وغابات البتولا *(Betula)* نحو ٩٪. وتبين الدراسات (Richards, 1996) أن ٢٠٪ من كمية الأمطار الساقطة في مناطق الغابات الاستوائية المطيرة تتبخر مباشرة من سطوح الأشجار المكونة لهذه الغابات. وتتوقف كمية الأمطار التي تحجزها الغابات على كثافة وعمر الأشجار (الجدول رقم ٢٦).

الجدول رقم (٢٦). كمية الأمطار التي تحجزها غابات الزان *(Fagus)* ذات الأعمار المختلفة (Voronov, 1973)

	عمر أشجار الغابة (عام)			
	٢٠	٥٠	٦٠	٩٠
نسبة الأمطار المحتجزة (٪)	٢	٢٧	٢٣	١٧
نسبة الأمطار التي تصل سطح التربة (٪)	٩٨	٧٣	٧٧	٨٣

كما تتوقف كمية الأمطار التي يحجزها الغطاء النباتي أيضاً على طبيعة الأمطار وكميتها، فالأمطار الخفيفة (الرذاذ) يُحتجز منها نسبة عالية أما الأمطار الغزيرة (الرخات المطرية) فيحجز منها نسبة أقل. كما تقل نسبة الأمطار

المحتجزة مع زيادة كمية الهطول (الشكل رقم ٦٣). ويحجز الغطاء النباتي قسماً كبيراً من الثلج فالغابات المخروطية دائمة الخضرة الكثيفة تحجز أحياناً ٧٦٪ من كميات الثلج المتساقطة أما غابات الزان متساقطة الأوراق فتحجز بين ١٤ و١٨٪ (Voronov, 1973).



الشكل رقم (٦٣). توزع الأمطار في غابة تنوب *(Picea)* (أعلى) وغابة الزان *(Fagus)* (أسفل)
١– الأمطار التي تسيل مع الجذع ٢– الأمطار التي تخترق تيجان الأشجار
٣– الأمطار التي تحجزها الأشجار.

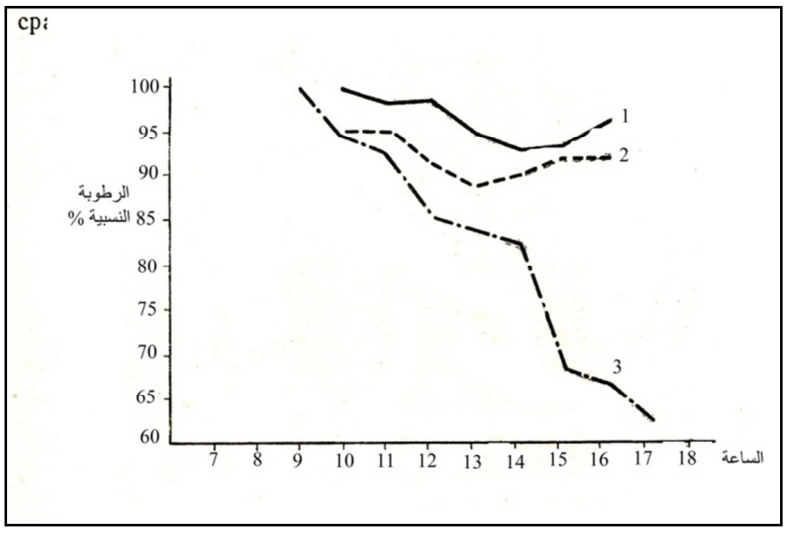
وللغطاء النباتي وخاصة الغابات تأثير واضح في زيادة كمية الأمطار. وبالرغم من الجدل حول تأثير الغابات في كمية الأمطار في المناطق المنبسطة، فإن هناك شبه إجماع بين الباحثين على أن الغابات تزيد كمية الأمطار في المناطق الجبلية. وهذا يعود إلى كون الغابات التي تنتشر على مساحات واسعة تخفض درجة حرارة الهواء مما يرفع من رطوبته، كما يتكثف بخار الماء، من الغيوم التي تلامس الأشجار، على الأوراق والأغصان والجذوع على شكل ندى يطلق عليه اسم الأمطار الأفقية. فكمية الندى في الغابات أكثر بنسبة تتراوح بين ١٥٧ و٣٠٠٪ منها في الحقول المجاورة الجرداء. وتصل كمية الندى في غابات المناطق المعتدلة إلى ما يزيد عن ٣٥ ملم/ سنة (Voronov,1973)، كما يعتقد أن تأثير الغابات في زيادة كمية الأمطار ليس محلياً وإنما يصل إلى مسافة عدة كيلومترات بعيداً عن الغابات.

وللنباتات تأثير كبير في تكثف بخار الماء في المناطق التي يكثر فيها الضباب. ففي شواطئ المحيط الهادي في أمريكا الجنوبية، تنمو نباتات ميزوفيتية (وسطية) في مناخ جاف؛ وذلك بفضل الدور الذي يلعبه الغطاء النباتي في

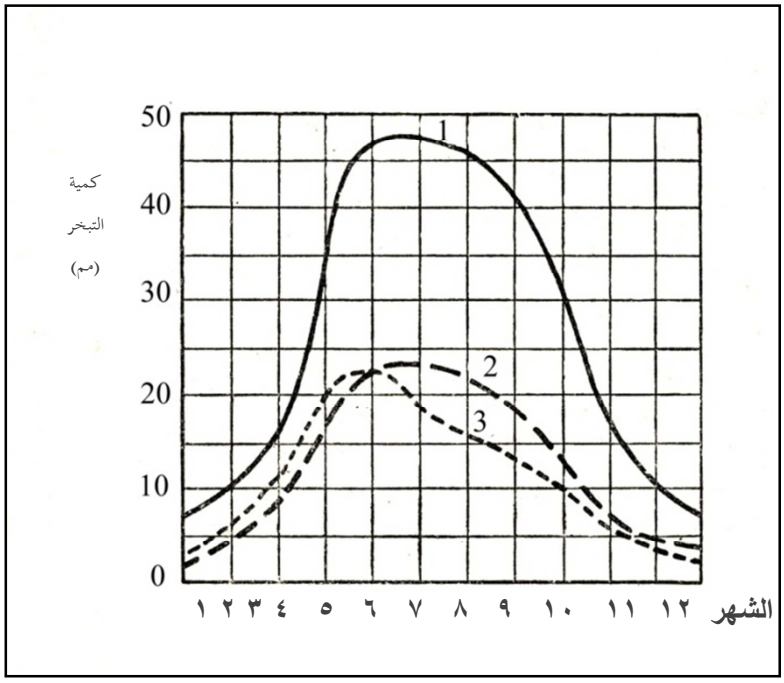
تكثيف الضباب، وقد تفوق كمية الماء التي يكثفها الغطاء النباتي كمية الهطول في بعض المناطق الجبلية التي يكثر فيها الضباب على مدار السنة.

(١٠,٦,٢) التأثير في رطوبة الهواء والتربة Effect on air and soil humidity

يؤثر الغطاء النباتي (Vegetation) بشكل واضح في رطوبة الهواء والتربة، إذ تزداد رطوبة الهواء وخاصة في الفصول الجافة، وتعود هذه الزيادة إلى أن درجة حرارة الهواء داخل المجتمعات النباتية أقل منها خارج المجتمعات النباتية، كما تُبخر النباتات عن طريق أوراقها (النتح) كميات كبيرة من الماء تتراوح في غابات حوض البحر المتوسط بين ١٥٠ ملم (١٥٠٠ م^3/هـ) و٤٠٠ ملم (٤٠٠٠ م^3/هـ). أما في المناطق الحارة فتزيد كمية الماء المتبخرة من النباتات عن ذلك وتصل إلى ٥٤٠٠ م^3/هـ وأكثر. وبسبب انخفاض سرعة الرياح داخل الغطاء النباتي لا يختلط الهواء الجاف الخارجي بالهواء الرطب داخل المجتمع النباتي، ويؤدي مجموع هذه التأثيرات إلى زيادة رطوبة الهواء داخل الغطاء النباتي أكثر من ١٠ ـ ١٥٪، وأحياناً أكثر من ذلك بكثير (الشكل رقم ٦٤). وللغطاء النباتي أيضاً تأثير في رطوبة التربة، فالتبخر من سطح التربة داخل المجتمعات النباتية أقل بكثير منه في المناطق الجرداء، وقد تكون كمية المياه المتبخرة من سطح تربة المجتمعات النباتية الكثيفة أقل بـ ٢,٥ مرة من التربة العارية، ويعود هذا إلى أن النباتات تحمي التربة سواءً عن طريق تغطيتها بطبقة البقايا النباتية الورقية (Plant litter) حيث تشكل حاجزاً يعوق تبخر الماء من التربة، أو عن طريق تلطيف درجة حرارة الهواء ورفع رطوبته وخفض سرعة الرياح، وهذه العوامل كافة تقلل من التبخر من سطح التربة (الشكل رقم ٦٥).



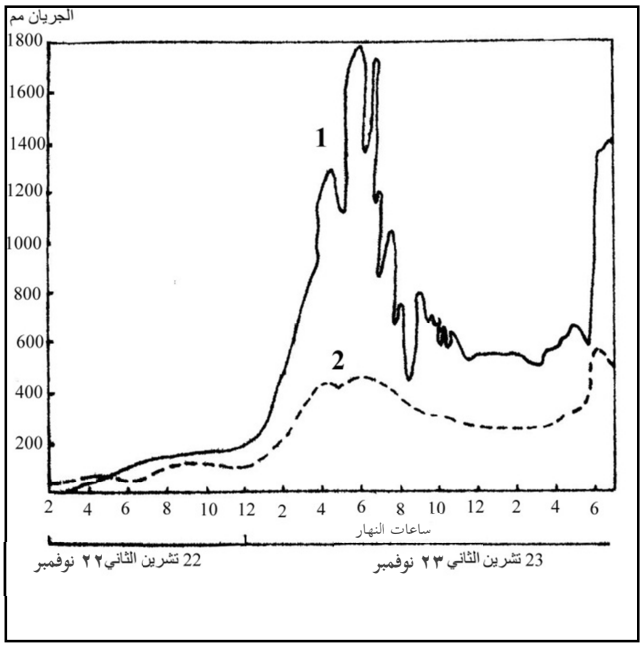
الشكل رقم (٦٤). التغير اليومي لرطوبة الهواء النسبية
١- في الغابة ٢- في الحقول المزروعة ٣- في منطقة جرداء



الشكل رقم (٦٥). تأثير الغطاء النباتي في التبخر من سطح التربة
١. في منطقة جرداء. ٢. في غابة صنوبر. ٣. في غابة زان *(Fagus)*.

(١٠,٦,٣) التأثير في الجريان (الانسياب) السطحي Effect on surface flow

يخفف الغطاء النباتي والكثيف منه بصفة خاصة من الجريان السطحي لمياه الأمطار (الشكل رقم ٦٦)، ويقلل بذلك من أخطار السيول والفيضانات ويؤمن انتظام تدفق مياه الينابيع والأنهار. ودور الغطاء النباتي في تنظيم المياه بالغ الأهمية في المناطق المدارية التي تتميز بتتالي فترات غزيرة الأمطار وأخرى جافة. وكذلك في المناطق التي تسقط فيها الأمطار على شكل رخات مطرية. ومن المعروف أن الينابيع أكثر غزارة وتدفقها أكثر انتظاماً في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف. وإن إزالة النباتات وخاصة على المنحدرات، دون أخذ الاحتياطات اللازمة بإنشاء المدرجات، يؤدي إلى زيادة الجريان السطحي على حساب تسرب الماء إلى داخل التربة ؛ مما يؤدي إلى خفض تغذية المياه الجوفية إلى حد كبير وهذا يقود المنطقة إلى الجفاف.



الشكل رقم (٦٦). تأثير الغطاء النباتي في معدل الجريان السطحي للماء
١. في منطقة جرداء. ٢. في الغابة.

(١٠,٧) تأثير الغطاء النباتي في التربة

Effect of vegetation on soil

لا يقتصر تأثير الغطاء النباتي في التربة على المحافظة عليها من الحت والتعرية، ولكنه يزيد من خصوبتها ويحسن من قوامها ويقلل الجريان (الانسياب) السطحي وغيرها. وتعد النباتات مصدر المادة العضوية (Organic matter) التي تدخل في تركيب التربة. وتختلف كمية المادة العضوية التي تسقط سنوياً على التربة من منطقة إلى أخرى (الجدول رقم ٢٧).

الجدول رقم (٢٧). كمية المادة العضوية السنوية (من الأجزاء الهوائية) التي تسقط على التربة (Shukla and Chandel, 2001)

الغطاء النباتي	الكتلة طن/ هـ
الصحاري الباردة	٠,٤
التندرا	١,٤ — ٠,٧
التايغا	٥ — ١,٥
الغابات المختلطة	٧ - ٥
الغابات متساقطة الأوراق (غابات الزان)	١٥
السهوب	١٠ -٦
الصحاري الحارة	٢,٣ — ٠,٤
السافانا	٣٠
الغابات الموسمية	٥٠
الغابات الاستوائية المطرية	٢٠٠_١٠٠

والدبال (Humus) الذي ينشأ من تفكك المادة العضوية ومصدره النباتات باستثناء جزء ضئيل من بقايا الحيوانات. ويحتوي الدبال على نسبة عالية من الكربون تقدر بحوالي ٥٥٪ كما يحتوي على النيتروجين بنسبة ٣ ـ ٦٪. وللدبال أثر ملحوظ في تحسين خصائص التربة. فهو يعمل كمادة لاصقة تربط حبيبات الرمال، ويعمل على تفتيت التربة الطينية بتفريق حبيباتها والمباعدة بينها. وهو بذلك يزيد من تغلغل الماء فيها ومن تهويتها ويسهل اختراق الجذور لها، ويزيد أيضاً من نشاط البكتيريا، وبسبب المقدرة العالية للدبال على امتصاص الماء فإنه يساعد التربة على الاحتفاظ بالماء لدرجة أن النباتات التي تنمو على ترب غنية بالدبال يكون تعرضها لأضرار الجفاف أقل من النباتات نفسها التي تنمو على ترب فقيرة به. وفي الواقع قد يكون تأثير الدبال من الأهمية لدرجة أنه يطغي على الفروق بين الأراضي بل وقد تحجب هذه الفروق تماماً في الحالات التي ترتفع فيها نسبة المادة العضوية في التربة. أما التربة الفقيرة بالمادة العضوية أو التي فقدت المادة العضوية فتصبح أشد صلابة مما كانت عليه من قبل كما تسوء خصائصها الزراعية، إذ تتشقق بسهولة وبذلك تصبح معرضة لفقد الماء بصورة أكبر.

تحمي النباتات التربة من حدة سقوط الأمطار التي تدق التربة وتؤدي إلى تراصها ونقص طاقتها الامتصاصية. ويحدث هذا بسبب تحول التربة التي أزيل غطاؤها النباتي، تحت تأثير الأمطار، إلى معلق طيني وتنسد المسام تدريجياً وينتهي الأمر بأن تصبح التربة صماء غير مسامية لا تمتص إلاّ القليل من الماء.

تلعب جذور النباتات دوراً كبيراً في المحافظة على جودة تركيب التربة ؛ إذ يؤدي وجود تلك الأعداد الهائلة من الجذور التي تتغلغل في التربة إلى تباعد حبيبات التربة في بعض المواضع وتتزاحم في مواضع أخرى وتتجمع الحبيبات الصغيرة معاً لتكون حبيبات كبيرة. وبسبب موت الجذور القديمة وتشكل جذور جديدة تحل محلها باستمرار تمتلئ التربة بالثقوب ومجاري الجذور القديمة، كما يساعد الدبال المتخلف عن تحلل الجذور على لصق الحبيبات معاً لتكون مجموعات حبيبية مما يؤدي إلى تخفيف (تهوية) التربة وزيادة خصوبتها وسعتها الحقلية (Field capacity)، هذا إضافة إلى الدور الذي تلعبه الجذور في تغيير خصائص محاليل التربة عن طريق إفرازاتها الجذرية التي تحتوي على أحماض عضوية مختلفة.

يخفف الغطاء النباتي من الجريان (الإنسياب) السطحي لمياه الأمطار سواءً عن طريق طبقة البقايا النباتية المترسبة على سطح التربة أو عن طريق السيقان والأوراق التي تعوق حركة الماء فوق سطحها. كما تزيد النباتات من نفاذ الماء في التربة سواءً على جوانب الجذور وفي القنوات الجذرية المتخلفة عن تحلل الجذور الميتة أو عن طريق تحسين بنية التربة، ويترتب على ذلك زيادة تسرب الماء داخل التربة من جهة وتقليل الجريان السطحي من جهة ثانية، وهذا يؤدي إلى خفض انجراف التربة ويجدد في الوقت نفسه المحتوى المائي للتربة وينظم تدفق مجاري المياه.

ولا يتضح ما للغطاء النباتي من أثر مفيد في حماية التربة إلاّ بعد إزالته، وقد أدت إزالة الغطاء النباتي في أحد المنحدرات في ولاية كولورادو في الولايات المتحدة الأمريكية إلى زيادة كمية الطين المنجرف ٨,٥ مرة، وفي إحدى المناطق بلغ الانسياب السطحي فوق أرض رعيت رعياً جائراً ٧ أمثال أكثر من التربة المجاورة التي رعيت رعياً معتدلاً بهدف المحافظة على التربة. هذا إضافة إلى دور النباتات في المحافظة على رطوبة التربة عن طريق الإقلال من التبخر من سطحها، وحمايتها من الانجراف الهوائي، ذلك أن النباتات تشكل عائقاً أمام الرياح فتخفف من سرعتها وشدتها وبالتالي تخفض معظم تأثيراتها الضارة.

تكون حرارة سطح التربة شتاءً، داخل المجتمعات النباتية وخاصة الكثيفة منها، أعلى منها في الأماكن العارية؛ لذلك يلاحظ أن الثلج يبدأ بالإنصهار بصورة مبكرة عندما تكون التربة مغطاة بالنباتات بالمقارنة مع المناطق العارية. ولكن انصهار الثلج يتم ببطء شديد ويستمر وقتاً أطول بعد ابتداء الفصل الدافئ (إذ يتأخر انصهار الثلج في غابات وسط أوروبا مدة قد تصل إلى ٢٥ يوماً بالمقارنة مع المناطق العارية). ونظراً لبطء انصهار الثلج تكون هناك فرصة أكبر لامتصاص كميات كبيرة من المياه الناتجة من انصهاره خاصة وإن التربة جيدة النفاذية بسبب غناها بالمادة العضوية. ومن هنا نجد أن الينابيع والأنهار التي تتغذى من مناطق الغابات تكون قليلة التغير في تركيبها الكيميائي على مدار السنة بالمقارنة مع تلك التي تتغذى من المناطق العارية.

(١٠,٨) تأثير الغطاء النباتي في الوسط المائي

Effect of vegetation on aquatic habitat

للنباتات تأثير ملحوظ في البيئة، فالنباتات المائية والطحالب وغيرها التي تعيش في البحيرات والقنوات المائية، تكون غزيرة في كثير من الأحيان وخاصة في نهاية الصيف بحيث تجعل سير الزوارق عسيراً وتدفق الماء بطيئاً. ولنمو هذه النباتات عاماً بعد عام تأثيراً ملحوظاً في البيئة المائية وذلك لأن المواد التي تجرفها المياه وتحملها إلى البحيرة أو القنوات تترسب حول النباتات التي تشكل عقبة أمام تقدمها، وتعمل النباتات أيضاً على خفض سرعة التيارات المائية. كما تترسب بقايا النباتات في قاع البحيرة بعد موتها وتتحلل جزئياً، بسبب عدم اكتمال التأكسد. وتشكل مع البقايا الحيوانية كتلة من الدبال، تربط بين حبيبات التربة الطينية وتجعلها أكثر تماسكاً. وهكذا تنتهي هذه التفاعلات التي تحدثها النباتات المائية إلى تقليل عمق البحيرة، مما ينعكس في تغير وسطها وقد تتحول البحيرة بالتدريج إلى مستنقع.

وتؤثر النباتات المائية في الأكسجين الذائب في الماء، إذ يزداد تركيزه في النهار نظراً لقيام النباتات بعملية البناء الضوئي وإطلاق الأكسجين، لدرجة أن الأكسجين ينطلق من الماء، في بعض الحالات، بشكل فقاعات غازية، ويعد الأكسجين المنطلق نتيجة لعملية البناء الضوئي للنباتات المائية أهم مصادر الأكسجين الذائب في الماء.

ويحدث في المناطق المعتدلة، شتاءً، بسبب انخفاض معدل البناء الضوئي للنباتات المائية أو توقفها أحياناً وبسبب تأكسد البقايا النباتية المترسبة في قاع البحيرات، أن ينخفض تركيز الأكسجين الذائب في الماء مما يؤدي إلى اختناق الحيوانات المائية بما فيها الأسماك خاصة في البحيرات الضحلة التي يحتوي قاعها على مواد عضوية متحللة والتي يتجمد سطحها، كما تتفشى الأمراض بسبب نقص الأكسجين.

تمتص النباتات المائية من الوسط المائي المعادن والأملاح الذائبة، وتتراكم بعض هذه الأملاح والمعادن في أنسجتها بكميات كبيرة كاليود مثلاً. وبعد موت هذه النباتات وترسبها في قاع البحيرات يعود قسم من هذه المعادن والأملاح ويذوب مرة أخرى في الماء أما القسم الآخر فيبقى في قاع البحيرة ؛ مما يؤدي إلى تغير تركيز هذه المعادن في الوسط المائي.

الفصل الحادي عشر

المجتمعات النباتية كواشف للبيئة

Plant communities as indicators of habitats

كل نبات هو نتاج الظروف التي ينمو فيها، ولذلك يعد كاشفاً للوسط الذي ينمو فيه. فقد تكشف النباتات عن نقص في الماء أو فيض فيه. فنباتات الشيح *(Artemisia sp.)* والصبار*(Opuntia sp.)* والنباتات الجفافية، بشكل عام، تلزم دائماً البيئات منخفضة المحتوى المائي المقرون بدرجة حرارة مرتفعة ورطوبة هواء منخفضة. وتدل نباتات القصب(العقربان) *(Phragmites communis)* والزل (*Arundo donax*) (الشكل رقم ٦٧) وغيرها، على قرب مستوى الماء الأرضي، أما نبات الينبوت (الخرينيبة) *(Prosopis farcta)* فيدل على مستوى الماء الأرضي العميق نسبياً. وتعد نباتات الحضادي (الثليث) *(Halocnemum strobilaceum)* والخريزة *(Salicornia europaea)* وغيرها، من النباتات الملحية (Halophytes)، دالة دلالة قاطعة على فرط وجود الأملاح في التربة، وتسمى مثل هذه النباتات بالنباتات الكاشفة (الدالة) (Plant indicators).

الشكل رقم (٦٧). نبات الزل *(Arundo donax)* كاشف للمياه الجوفية غير العميقة

يمكن أن تكون الأنواع النباتية الكاشفة لأي من عوامل الوسط ذات مدى بيئي واسع، أو ذات مدى بيئي ضيق. كما يمكن أن تكون في الوقت نفسه ذات مدى تحمل واسع لبعض العوامل البيئية ومدى تحمل ضيق لعوامل أخرى. فنبات الزل *(Arundo donax)* مثلاً يعد من النباتات ذات المدى الحراري الواسع. إذ ينتشر في المناطق الجغرافية المتباينة في درجة حرارتها كمنطقة البحر المتوسط والمنطقة الإيرانية الطورانية والمنطقة الأوروبية السيبيرية، ولكنه ذو مدى تحمل ضيق لماء التربة. إذ يقتصر انتشاره على الترب الرطبة كحواف الأنهار والسواقي أو المناطق ذات مستوى الماء الأرضي غير العميق. ولهذا تعد المجتمعات النباتية كواشف أجدر للوسط المحيط من الأنواع النباتية المنفردة وخاصة الأنواع السائدة في المجتمع النباتي، نظراً لأنها تتعرض عادة إلى التأثيرات البيئية الكاملة لفترات طويلة من التدمير.

يمكن أن تدل النباتات الكاشفة على أنماط مختلفة من عوامل الوسط وأهم فئات هذه النباتات:

(١١,١) النباتات الكاشفة للمياه الجوفية

Plant indicators of ground water

يعد كثير من النباتات دالاً على وجود المياه الجوفية غير العميقة أو على توفر الرطوبة وحتى على درجة ملوحتها (الجدول رقم ٢٨).

الجدول رقم (٢٨). الأنواع النباتية الدالة على المياه الجوفية في البادية السورية (Rodin, 1964)

اسم النبات	العمق التقريبي للمياه الجوفية/ م	درجة الملوحة
الحنظل *Citrullus colocynthis*	١٢ - ١٥	غير مالحة
العاقول *Alhagi gracqorum*	١٠ - ١٥	قليلة الملوحة ـ غير مالحة
الخياسة (الحرمل) *Peganum harmala*	١٠ - ١٥	غير مالحة - أو متملحة
عرق السوس *Glycyrrhiza glabra*	١٠ - ١٥	غير مالحة
الطرفة *Tamarix macrocarpa*	٢ - ١٠	مالحة
الأسل *Juncus acutus*	٣ - ٥	قليلة الملوحة - غير مالحة
الينبوت (الخرينيبة) *Lagonychium farctum*	٣ - ١٥	غير مالحة
الحور الفراتي *Populus euphratica*	٢ - ٤	غير مالحة
الثليث *Halocnemum strobilaceum*	١ - ٣	ملحية

ويبين الجدول رقم (٢٩) أهم المجتمعات النباتية الدالة على عمق المياه الجوفية ودرجة ملوحتها في الصحارى الهندية (Shukla and Chandel, 2001).