الباب التاسع

تأثير عوامل البيئة على مورفولوجيا وتشريح النبات

معظم النباتات الراقية ذاتية التغذية ، فهى تقوم بنفسها بتصنيع ما تحتاجه من مواد عضوية ضرورية لمعيشتها ولنموها ، وذلك باستخدام الماء الممتص وثانى أكسيد الكربون الجوى والطاقة المستمدة من ضوء الشمس فى وجود الكلوروفيل ، فى تصنيع المواد الكربوايدراتية ، ثم تكون باقى المواد العضوية وذلك فى وجود الأملاح الذاتية الممتصة من المحلول الأرضى . ونظراً لتوفر ثانى أكسيد الكربون باستمرار فإننا نجد أن الماء والضوء هما عاملان يؤثران على نمو النبات ، فتتأقلم النباتات تبعاً لقلة أو زيادة أحد هذين العاملين لكى تتلاءم مع الظروف الشاذة الناتجة عن ذلك ، ويظهر أثر هذا التأقلم على الشكل الظاهرى للنبات وكذلك على صفاته التشريحية .

تقسم النباتات تبعاً لكميات الماء والرطوبة المتوفرة فى بيئة النمو إلى نباتات مائية ونباتات أرضية ، وتقسم النباتات الأرضية إلى نباتات محبة للرطوبة ونباتات وسطية ونباتات جفافية .

النباتات المائيـة

النباتات المائية hydrophytes هى تلك النباتات التى تنمو مباشرة فى الماء أو فى تربة غدقة مشبعة بالماء أو مغطاة بالماء ، ولذلك فإن هذه النباتات ، وبخاصة جذورها تنمو فى وسط غنى بالماء فقير فى الأكسوجين ، ويرجع ذلك إلى أن لتر الماء يحتوى فقط على 6 سم ^{3} من الأكسوجين الحر وعلى 0.3 سم ^{3} من ثانى أكسيد الكربون فى درجة 20 ° م بينما يحتوى لتر الهواء الجوى على 210 سم ^{3}

أكسوجين و 0.3 سم ^{3} ثانى أكسيد الكربون • من ذلك يتضح أن قلة الأكسوجين هى أحد العوامل المحددة لنمو النباتات فى الوسط المائى ، وذلك لأهميته فى التنفس ، ولهذا فإن النباتات الأرضية تموت عند غمرها أو غمر جذورها بالماء لعدم توفر الأكسوجين اللازم لتنفس خلاياها •

الخصائص المورفولوجية

حاجة النباتات المائية إلى إستخدام الجذور فى إمتصاص الماء تقل كثيراً عن حاجة النباتات الأرضية ، وذلك لتوفر الماء حول النباتات ، ولهذا نجد أن بعض النباتات المائية ليس لها جذور كما فى نبات حامول الماء *Utricularia* (شكل 14/8 ب) وتخشوش الحوت *Ceratophyllum* (شكل 1/9 ب) ، كما نجد فى البعض الآخر أن وظيفة الجذر إقتصرت على تثبيت النباتِ فقط دون الامتصاص كما فى نبات تيللاندسيا *Tillandsia usneoides* • وقد تقوم الجذور بالامتصاص ، وكثيراً ما تقل قدرتها على الإمتصاص عن النباتات الأرضية ، وينتج ذلك من عدم وجود الشعيرات الجذرية كما فى نبات الزقيم *Pistia stratiotes* ، أو تكون الجذور عبارة عن شعيرات دقيقة rhizoids قليلة العدد كما فى نبات عدس الماء *Lemna minor* • فى هذه النباتات نجد أن الأسطح الخضرية المغمورة فى الماء تساهم فى عملية الإمتصاص حيث أصبحت طبقة الأدمة رقيقة جداً لا تمنع دخول الماء ، بل تعطله قليلاً •

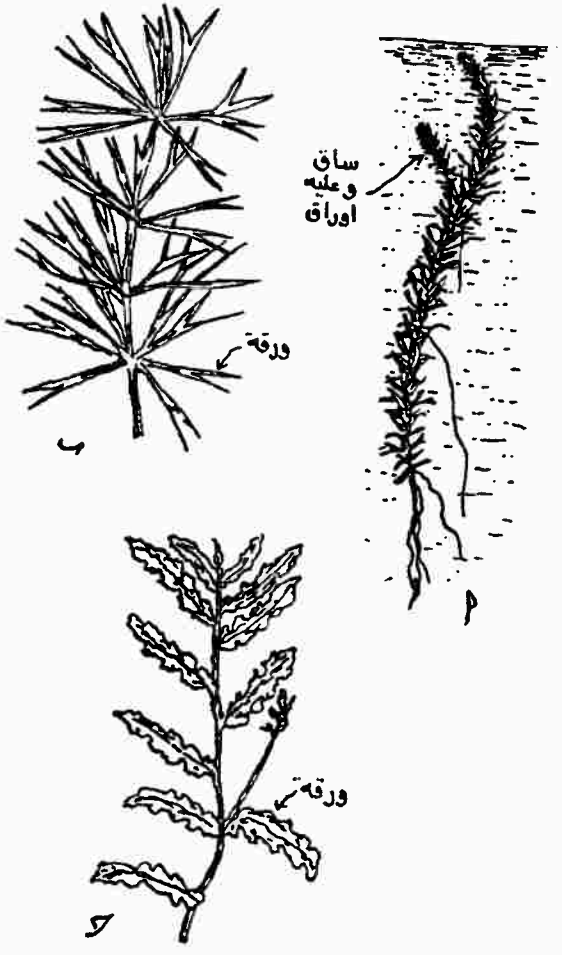
أوراق النباتات المائية المغمورة فى الماء تكون عادة مقسمة أو مجزأة وبذلك تزداد سطوح أوراقها ، وتزداد بالتالى فرص حصولها على أكبر كمية من الأكسوجين الموجود فى الماء • وكذلك فإن تجزؤ الورقة يقيها ضد التمزق بفعل تيارات الماء ، وذلك كما فى أوراق نبات حامول الماء والشقيق المائى ونخشوش الحوت ، أما الأوراق الطافية أو المرتفعة عن سطح الماء فعادة تكون غير مجزأة كما فى الشقيق المائى (شكل 7/8 و)•

الخصائص التشريحية

يحدث تحور واضح فى أنسجة النباتات المائية لتتلاءم مع ظروف التوازن المائى المرتفع high water balance الناتج عن وفرة الماء وقلة فرص النتح ، نتيجة لإرتفاع الرطوبة فى الجو المحيط • فنجد أن البشرة فى هذه النباتات غير مكيتنة أو ذات طبقة رقيقة من الكيوتين ، وأن الثغور لا توجد فى الأجزاء المغمورة من النباتات بل توجد فقط فى الأجزاء المعرضة للهواء • وفى الأوراق الطافية نجد أن الثغور توجد على السطوح العليا وليس على السطوح السفلى الملاصقة للماء ، وتكون الثغور عادة مرتفعة عن سطح البشرة • تقل أهمية الثغور كثيراً فى النباتات المائية عن أهميتها فى النباتات الأرضية ، ذلك أن وظيفة الثغور ترتبط بعملية النتح وهى تعمل على رفع العصارة إلى أعلى النباتات ، وكذلك فإنها تعمل على تبادل الغازات ولهذا فإنها أصبحت قليلة الأهمية فى النباتات المائية نظراً لأن النباتات المائية تقوم بالإمتصاص من جميع أسطح النبات ، كما أن دخول وخروج الغازات يحدث من جميع أسطح النبات • وكثيراً ما تحتوى خلايا بشرة النباتات المائية على بلاستيدات خضراء وذلك حتى تستفيد من أكبر كمية من الضوء الواصل إليها •

النسيج الوسطى للورقة لا يتميز عادة ، إلى نسيج عمادى وآخر أسفنجى ، بل يتكون غالباً من خلايا برنشيمية وكلورنشيمية عادية ، تكثر بينها المسافات البينية • وقد تتسع تلك المسافات مكونة فراغات وغرف واسعة ممتلئة بالهواء ، وتفصلها الخلايا البرنشيمية والكلورنشيمية وأحياناً خلايا كولنشيمية ، سمكها عادة خلية واحدة كما فى سيقان البردى *Papyrus* والألوديا *Elodea* (شكل 2/9 أ) وجذور جسيوا *Jussieua* (شكل 10/6)• وأعناق أوراق البشنين *Nymphyaea* (شكل 6/9) والياسنت المائى *Eichhornia* • وتسمى الأنسجة من هذا النوع أنسجة أيرنشيمية aerenchyma • تختزن الأنسجة الإيرنشيمية فى فراغاتها وغرفها الهوائية الهواء الممتص من الماء وكذلك الغازات الناتجة عن عمليتى التمثيل الضوئى والتنفس ، كما تسمح بإنتشار للغازات داخل أعضاء النبات ، وكذلك

بالانتشار السريع للأكسوجين المتكون من عملية التمثيل الضوئى إلى الأنسجة التى تقوم بعملية التنفس وتحتاج إلى الأكسوجين ، إذ من المعروف أن سرعة عملية التمثيل الضوئى تفوق سرعة التنفس بحوالى عشرة إلى عشرين ضعفاً فى معظم أوقات النهار • لهذا فتركيز الأكسوجين فى الفراغات الهوائية يكون عالياً بالنهار



(شكل 1/9) : نباتات مائية مغمورة

أ) إلوديا ب) نخشوش الحوت جـ) سلق الماء

فيستعمل جزء منه فى التنفس نهاراً ويخزن الباقى لإستعماله ليلاً عند توقف عملية التمثيل الضوئى . وفى الليل يزداد تركيز ثانى أكسيد الكربون فيخزن بالفراغات الهوائية حتى الصباح ، حيث تقوم الأنسجة باستخدامه فى عملية التمثيل الضوئى . كذلك فإن تلك الفراغات الهوائية تساعد فى تقليل الكثافة النوعية للنباتات وبالتالى تساعدها فى البقاء معلقة فى الماء أو طافية على سطحه حتى تكون قريبة من الضوء .

الأنسجة التدعيمية بالنسيج الأساسى تكون قليلة جداً أو غير موجودة بالنباتات المائية وخاصة الموجودة فى المياه الساكنة .

الأسطوانة الوعائية تكون عادة مركزية ، مما يفيد فى مقاومة النبات للتيارات المائية . وقد تختزل خلايا التوصيل وبخاصة الخشب الذى قد يتحول إلى قناة وسطية واحدة كما فى ساق الألوديا (شكل 2/9 أ).

توجد ثلاثة أنواع من النبات المائية ، النباتات المغمورة والنباتات الطافية والنباتات البرمائية .

1- النباتات المغمورة

تنمو النباتات المغمورة submerged plants كلية تحت سطح الماء ، وتحدث بها أقصى حالات التحور عن النباتات الأرضية ، ومن أمثلتها نباتات الألوديا وساق الماء *Potamogeton* ونخشوش الحوت حيث نجد أوراقها تتجزأ إلى خيوط رفيعة لتزيد من مساحة سطح الإمتصاص (شكل 1/9 ب).

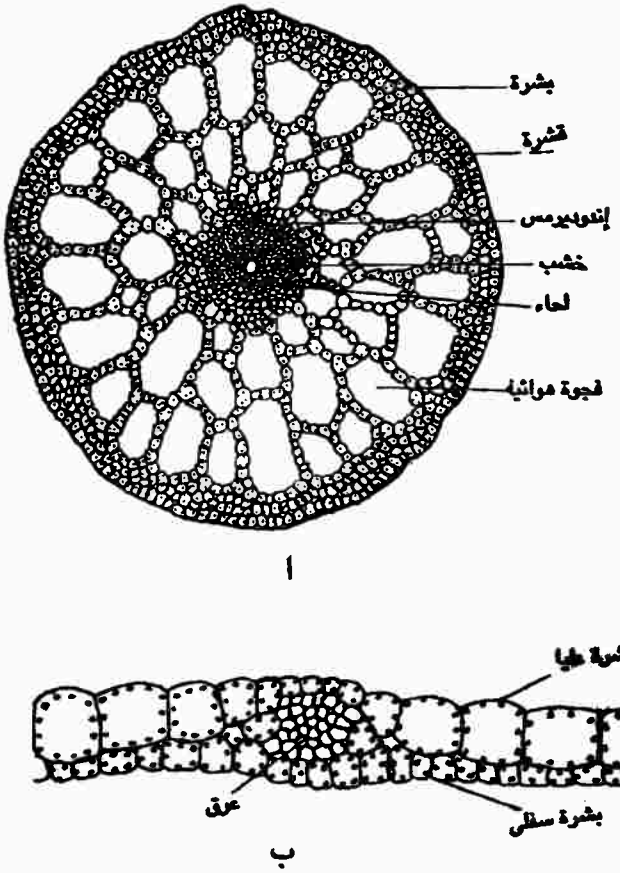
تشريح ساق الألوديا

إذا فحصنا قطاعاً عرضياً فى ساق نبات الألوديا نلاحظ أنه يتكون من الخارج إلى الداخل كالآتى (شكل 2/9 أ).

البشرة : تتكون من طبقة واحدة من خلايا رقيقة الجدر تحتوى على بلاستيدات خضراء ، خالية من الثغور والزوائد السطحية وغير مغطاة بالكيوتين.

القشرة : واسعة مكونة من خلايا كلورنشيمية رقيقة الجدر ، غنية بالغرف أو الفراغات الهوائية lacunae التى تخزن الغازات ، آخر طبقات القشرة من الداخل هى الأندوديرمس التى يوجد على جدر خلاياها أشرطة كاسبار ٠

الأسطوانة الوعائية : وأول أنسجتها البريسيكل الذى يتكون من طبقتين إلى ثلاث طبقات من الخلايا البرنشيمية الرقيقة الجدر ٠ ويوجد للداخل من البريسيكل



أ

ب

(شكل 2/9) : تشريح ساق وورقة الألوديا

أ) قطاع عرضى فى ساق الألوديا

ب) قطاع عرضى فى جزء من ورقة الألوديا

حزمة واحدة مركزية الخشب يوجد بوسطها قناة وسطية تمثل الخشب تحاط بخلايا برنشيمية ثم بخلايا اللحاء .

تشريح ورقة الألوديا

إذا فحصنا قطاعاً عرضياً فى ورقة نبات الألوديا (شكل 2/9 ب) ، نلاحظ أن الورقة قد اختزلت كثيراً بالنسبة لأوراق النباتات الأرضية ، فالورقة رقيقة جداً وتتكون فى معظم أجزاء النصل من صفين من الخلايا ، الصف العلوى يمثل البشرة العليا ، ويتكون من خلايا كلورنشيمية كبيرة الحجم ، والصف السفلى يمثل البشرة السفلى ويتكون من خلايا كلورنشيمية صغيرة الحجم ، ولا توجد ثغور أو شعيرات فى مناطق العروق ، توجد حزم وعائية مختزلة لا تتميز عادة إلى خشب ولحاء أو أن الخشب غير موجود.

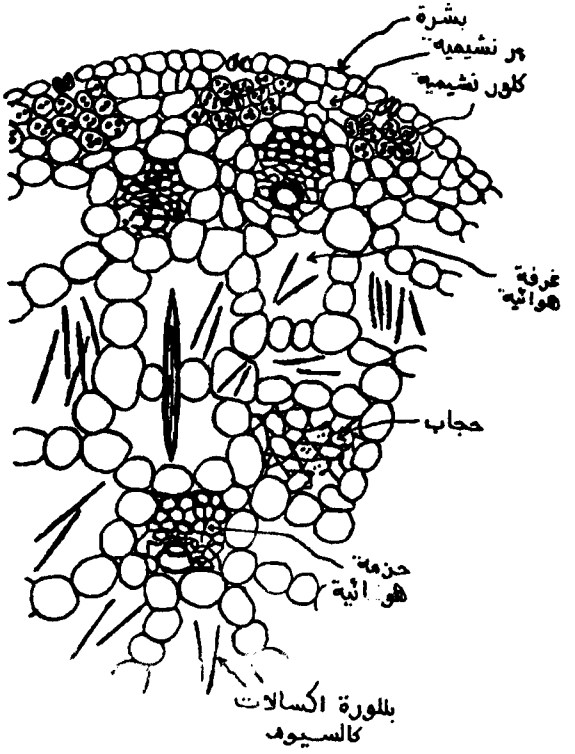
(شكل 3/9) : منظر لنبات العوام (ورد النيل)

2- النباتات الطافية

النباتات الطافية floating plants تطفو على سطح الماء ، وكثيراً منها يطفو حراً كما في نبات ورد النيل (الياسنت المائى) *Eichhornia* والزنيم.

الياسنت المائى (العوام)

نبات مائى على سطح الماء يتكون من مجموعة من الاوراق وكل ورقة منتفخة مستديرة تقريباً ولها عنق منتفخ عوام . الجذور عديمة الشعيرات الجذرية وعليها جذور ثانوية ويصل بين كل نبات وآخر ساق أفقية مدادة offset (شكل 3/9).



(شكل 4/9) : قطاع عرضى فى جزء من عنق ورقة العوام (الياسنت المائى)

عند عمل قطاع عرضى فى العنق (شكل 4/9) نجد أنه يتكون من بشرة ، خلاياها ذات جدر رقيقة • يوجد أسفل كل ثغر مجموعة من خلايا كلورنشيمية ، أغلب خلايا العنق هى خلايا برنشيمية يوجد بينها غرف هوائية ، ويتخلل هذه الغرف الهوائية حواجز عريضة تسمى الأحجبة diaphragms • يتكون الحجاب أى الحاجز العرضى الواحد من طبقة واحدة من الخلايا البرنشيمية بينها مسافات بينية ضيقة تظهر كثقوب دقيقة ، وقد تحتوى هذه الخلايا على بلاستيدات خضراء وهى تسمح بمرور الغازات ولا تسمح بمرور الماء • يعتقد أن وظيفة الحجاب هى منع إمتلاء الغرف الهوائية بالماء flooding •

الأنسجة الوعائية ضعيفة التكوين وتوجد مبعثرة فى النسيج البرنشيمى ، والحزمة تتكون من لحاء للخارج وخشب للداخل ويوجد خارج اللحاء خلايا كولنشيمية على هيئة قبعة cap ، توجد بلورات إبرية من أكسالات الكالسيوم مبعثرة فى القطاع وتكثر فى الغرف الهوائية•

3- النباتات البرمائية

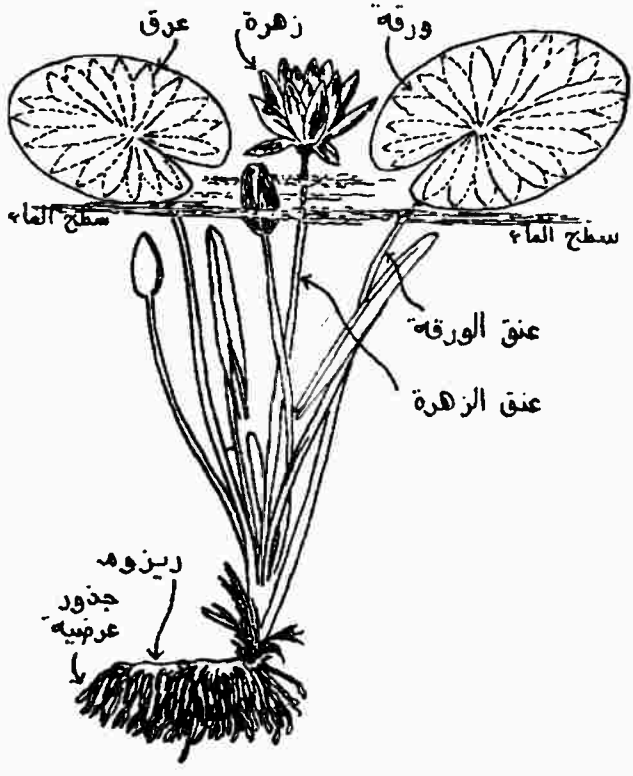
النباتات البرمائية amphilbious plants هى نباتات حدثت بها تحورات تمكنها من المعيشة المائية وكذلك من المعيشة الأرضية ومنها نبات ذيل القط *Typha latifolia* والشقيق المائى والبشنين • معظم نباتات هذا النوع لها أجزاء أرضية تنمو سريعاً فى الأرض المغمورة بالماء ثم ينمو جزء منها هوائياً فوق سطح الماء • يقل درجة تفرع الجذور وتكون الشعيرات الجذرية بزيادة كمية الماء •

البشنين

يوجد فى مصر نوعان من البشنين ، هما البشنين الأبيض *Nymphyaea lotus* وأزهاره بيضاء ، والبشنين الأزرق *N. coerulea* وأزهاره زرقاء • ولكل من هذه النوعين من الأزهار البيضاء والزرقاء شهرة فى التاريخ المصرى القديم ، وقد عرفت هذه الأزهار باسم اللوتس وقد نقشت هذه الزهور على معظم التماثيل

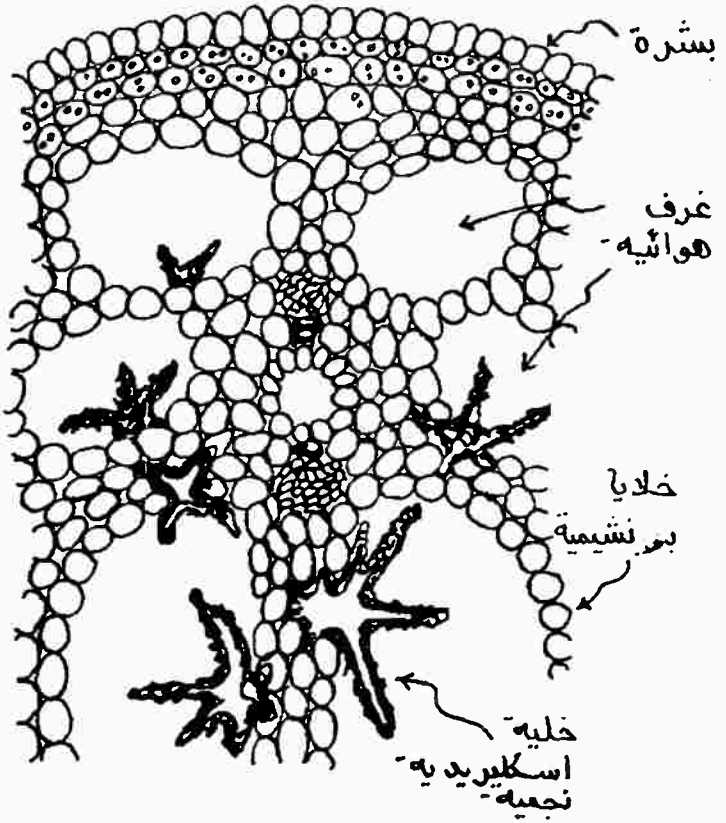
القديمة ، وقد أولع قدماء المصريين بهذه الزهرة فكانوا يحلون بها صدورهم ويزينون بها دورهم وكانت لها نفس المكانة لأزهار الورد فى الوقت الحاضر ، وكانت زهرة اللوتس شعار إله النيل ٠

نبات البشنين له ريزوم ينمو زاحفاً على قاع البركة ويخرج منه جذور عرضية كما يخرج منه أوراق لها أعناق طويلة تنمو رأسياً لتضع أنصال الأوراق على سطح الماء ٠ والورقة مستديرة ذات شق لها عروق كبيرة واضحة تتفرع تفرعاً ثنائياً لتساعد على فرد نصل الورقة على سطح الماء (شكل 5/9)٠



(شكل 5/9) : منظر لنبات البشنين

وبعمل قطاع عرضى فى عنق ورقة البشنين نجد أن البشرة تتكون من خلايا رقيقة الجدر تحيط بصفوف من خلايا برنشيمية وكلورنشيمية ، يوجد فى الداخل خلايا برنشيمية يتخللها غرف هوائية وحزم وعائية موجودة بترتيب معين • توجد غرفتين هوائيتين كبيرتين تتوسطان القطاع • يوجد خلايا إسكليريدية نجمية الشكل مفردة مبعثرة فى القطاع ومتصلة بالغرف الهوائية (شكل 6/9)•



(شكل 6/9) : قطاع عرضى فى جزء من عنق ورقة البشنين

النباتات الأرضية المحبة للرطوبة

النباتات الأرضية المحبة للرطوبة hygrophytes هى تلك النباتات التى تعرف بنباتات الظل الأستوائية الأصل ، وهى نباتات تنمو فى بيئات رطبة باستمرار ، ومنها النباتات الحزازية bryophyts والنباتات السرخسية ferns وبعض النباتات الزهرية مثل نبات ديفنباخيا *Dieffenbachia*. تختلف النباتات الأرضية المحبة للرطوبة عن النباتات المائية من حيث تحورات النتح . النباتات الأرضية المحبة للرطوبة تحدث لها تحورات لتشجيع النتح حيث أن الظروف البيئية لا تساعد على ذلك وذلك لتسهيل صعود العصارة والحصول أساساً على العناصر الذائبة فى الماء التى يحتاجها النبات بعكس النباتات المائية التى تمتص الماء والعناصر الذائبة من أجزاء النبات المختلفة المغمورة فتقل حاجتها إلى النتح لتسهيل صعود العصارة .

تحورات النتح فى النباتات الأرضية المحبة للرطوبة ، تظهر بصورة واضحة على أنصال أوراق تلك النباتات التى تكون رقيقة مسطحة مغطاة بأدمة رقيقة وبها ثغور مرتفعة عن السطح . قد تكون سطوح الأوراق شمعية مما يساعد على تجمع الماء وسرعة سقوطه من على المجموع الخضرى ، وقد توجد على سطوح الأوراق زوائد صغيرة تساعد على تكوين طبقة رقيقة من الماء بين هذه الزوائد وبذلك تعمل على سرعة تبخره . وقد تحتوى الأوراق على صبغات تمتص الأشعة الضوئية والحرارة الساقطة على الأوراق مؤدية إلى رفع درجة حرارة الورقة وبالتالى زيادة سرعة النتح .

كثير من النباتات المحبة للرطوبة لها ثغور مائية حيث يخرج منها الماء بالإدماع عند توقف أو قلة النتح .

النباتات الجفافية

النباتات الجفافية xerophytes واسعة الإنتشار ، وتوجد فى ظروف بيئية يصعب معها الحصول على الماء ويسهل فيها النتح • فهى توجد عادة فى المناطق الصحراوية التى تشغل ما يزيد عن 25 % من مساحة الأراضى فى العالم ، وفيها يشح الماء الأرضى وتقل الرطوبة الجوية • وكذلك فإن هذه النباتات تشاهد فى ظروف الجفاف الوظيفى حيث يتوفر الماء الأرضى ولكن يصعب على النباتات إمتصاصه لإرتفاع درجة ملوحته أو لإنخفاض درجة حرارة التربة ، ولذلك يضع البعض النباتات الملحية ضمن هذه النباتات •

أنواع النباتات الجفافية المنتشرة فى العالم تزيد بكثير عن أنواع النباتات المائية ، كذلك فإن هذه الأنواع تختلف كثيراً فيما بينها من ناحية الشكل والتركيب وما يحدث بها من تحورات إذا ما قورنت بالاختلافات فى النباتات المائية • تحدث بالنباتات الجفافية تحورات خاصة تمكنها من إمتصاص أكبر قدر من الماء الأرضى أو بخار الماء الجوى وتمكنها من تخزين الماء بها للإستعمال وقت ندرة الماء وتمكنها كذلك من الإقلال من عملية النتح للإحتفاظ بأكبر قدر من الماء •

الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية

تحدث للأوراق تحورات الغرض منها تقليل مساحة سطوحها المعرضة للهواء الجوى ، مما يساعد على الإقلال من النتح ، فقد تتحور الأوراق إلى حراشيف كما فى الكازورينا والاسبرجس والمهلنبيكيا (شكل 3/7 ب) ، أو إلى أشواك كما فى التين الشوكى (شكل 3/7 أ) ، أو تصبح إبرية كما فى الصنوبر *Pinus* ، أو تتحور الأذينات إلى أشواك كما فى السنط *Acacia* (شكل 11/8 ب) • وقد يقل نتح الأوراق بالتفافها حول نفسها كما فى نبات قصب الرمال *Ammophila* (شكل 7/9 أ) ، وقد يقل النتح بتغيير إتجاه النصل بالنسبة لأشعة الشمس بحيث لا تسقط أشعة الشمس متعامدة على نصل الورقة بل تمر موازية له كما فى الكافور • وقد

تتحور السيقان إلى أشواك كما فى العاقول *Alhagi* والسلة *Zilla spinosa*. ومن النباتات الجفافية ما يختزن الماء لوقت الحاجة وتعرف تلك النباتات بالنباتات العصارية succulents • وقد يكون إختزان الماء فى الأوراق كما فى نبات الحى علم والصبار (شكل 11/7 ب) ، أو فى الساق كما فى نبات التين الشوكى ، ونادراً فى الجذور كما فى نبات أكساليس *Oxalis tetraphylla* • ويساعد إرتفاع نسبة المواد الغروية فى أنسجة النباتات العصارية على زيادة قوة حفظ خلاياها للماء • ومن أهم مميزات النباتات العصارية كبر حجمها بالنسبة لمساحة سطوحها ، وذلك طبعاً يقلل من النتح ، ويتضح ذلك من مقارنة نتح حجم معين من نبات عصيرى بنتح حجم مماثل من نبات عادى حيث نجد أن النباتات العصيرية يقل فيها النتح كثيراً لصغر مساحة أسطحها ، فقد وجد أن النتح فى نبات الكاكتس الكروى *Cactus* أقل 600 مرة من نتح حجم مماثل من نبات أريستولوخيا *Aristolochia* •

تمتاز النباتات الجفافية عن النباتات الوسطية بمقاومتها للذبول الفسيولوجى الناتج عن نقص الماء • فالنباتات الجفافية قد تفقد من 8 إلى 25 % من محتواها المائى قبل أن تظهر عليها أعراض الذبول ، فى حين أن النباتات الوسطية تظهر عليها أعراض الذبول بنقص طفيف فى محتواها المائى يصل إلى 1 - 2 % • كذلك فإن الضغط الأسموزى لخلايا النباتات الجفافية يكون عادة مرتفعاً بالنسبة للنباتات الوسطية مما يرفع من قدرتها على إمتصاص الماء •

الخصائص التشريحية

تحدث تحورات واضحة فى التركيب التشريحى للنباتات الصحراوية لتمكنها من المعيشة تحت ظروف التوازن المائى المنخفض حيث يقل الماء الأرضى والجوى وتزداد فرص النتح • تختلف أنواع التحورات ومداها من نبات إلى آخر ، فنجد أن خلايا النباتات الجفافية تقل بوجه عام فى الحجم عن خلايا النباتات الوسطية ، كما تصبح جدرها أكثر سمكاً ، ويقل حجم المسافات البينية بها ، وكذلك يظهر التغليظ فى الجدر وبخاصة فى الجدر الخارجية للبشرة التى تغطى أيضاً

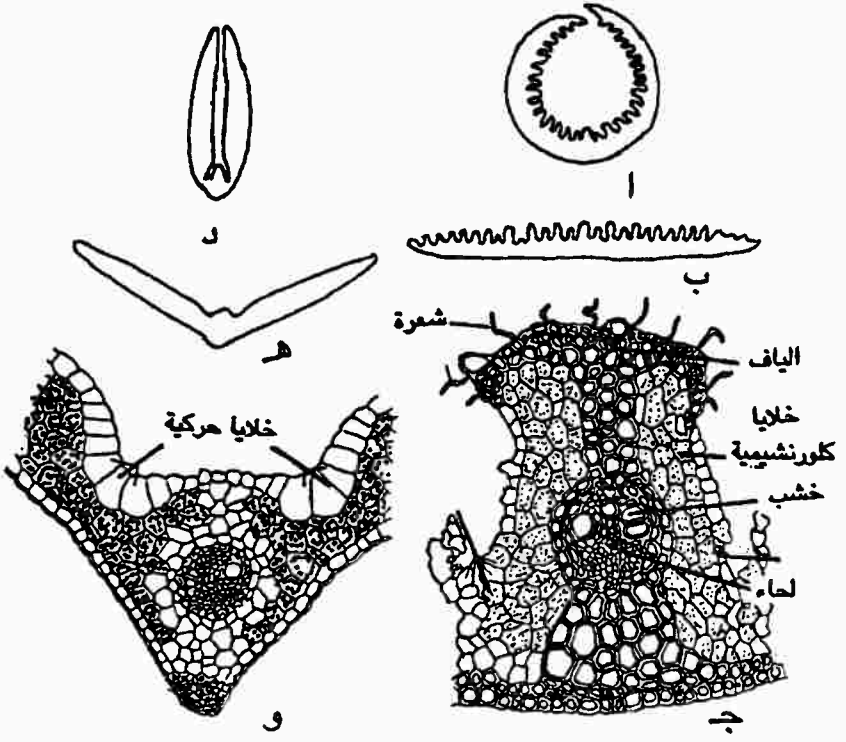
بطبقات سميكة من الأدمة قد تزيد فى السمك عن سمك خلايا البشرة نفسها ، وكثيراً ما تتكون عليها طبقات من الشمع كما فى نبات الصبار *Aloe* • الأدمة السميكة تكون ملساء ، فتساعد على عكس كثير عن الضوء الساقط عليها فتحد من إرتفاع درجة حرارة النبات ولا يزداد النتح • كذلك فإن سمك طبقة الأدمة تقلل كثيراً من النتح الأدمى cuticular transpiration ، وهو النتح الذى يحدث من خلال جدر خلايا البشرة • فالنتح الأدمى قد يصل فى النباتات الوسطية إلى حوالى 10 % من النتح الثغرى ، وقد يقل كثيراً عن ذلك فى النباتات الجفافية وقد يمتنع بتاتاً ، مما يحد كثيراً من فقد الماء عند قفل الثغور •

وفى كثير من النباتات التى توجد فى مناطق مكشوفة معرضة لرياح قوية يغطى سطح الأوراق بزوائد بشرة وخاصة حول الثغور، وهذه تساعد على إبعاد تيارات الهواء عن مستوى الثغور ، كما تساعد على حفظ البيئة رطبة حول الثغور وبذلك تقلل من سرعة النتح •

توجد الثغور فى النباتات الجفافية عادة غائرة عن سطح البشرة كما فى أوراق الصنوبر ، أو فى تجاويف وتحاط بشعيرات كما فى أوراق الدفلة (شكل 10/9) وسيقان الكازورينا (شكل 9/9) والرتم *Retama* ، وبذلك يتجمع الهواء الرطب المحتوى على بخار الماء الناتج من النتح فى التجاويف فتقل سرعة النتح •

وفى النباتات التى تلتف أوراقها يلاحظ وجود خلايا حركية bulliform cells فى قواعد التجاويف الموجودة على السطوح العليا للأوراق • الخلايا الحركية هى خلايا متخصصة من خلايا البشرة ، تختلف عن باقى خلايا البشرة فى أنها أكبر حجماً وفى أن جدرها جميعاً حتى الخارجية منها رقيقة الجدر خالية من الأدمة مما يجعلها عرضة لفقد الماء بالتبخر أسرع مما تفقده باقى خلايا البشرة المغطاة بالأدمة ، مسببة إنكماش الخلايا الحركية بدرجة كبيرة فتلتوى الورقة للداخل جهة سطحها العلوى • عند توفر الرطوبة تزداد الخلايا الحركية فى الحجم ثانية وأسرع من خلايا البشرة الأخرى فينفرد النصل ، وهكذا تلتف وتنفرد الأوراق تبعاً لقلة أو وفرة

الماء • توجد الخلايا الحركية بأعداد كبيرة هى ورقة نبات قصب الرمال ، وقد توجد بقلة كما فى نبات بوا *Poa pratensis* حيث يوجد بالنصل إنخفاضين فقط (شكل 7/9) ، وكذلك توجد الخلايا الحركية فى أوراق نبات الذرة (شكل 22/8) • ومما يلاحظ أن الثغور فى هذه النباتات توجد فى التجاويف الموجودة على السطوح العليا للأوراق مما يقلل كثيراً من النتح الثغرى عند التفاف الأوراق •



(شكل 7/9) : أوراق نباتات قصب الرمال وبوا

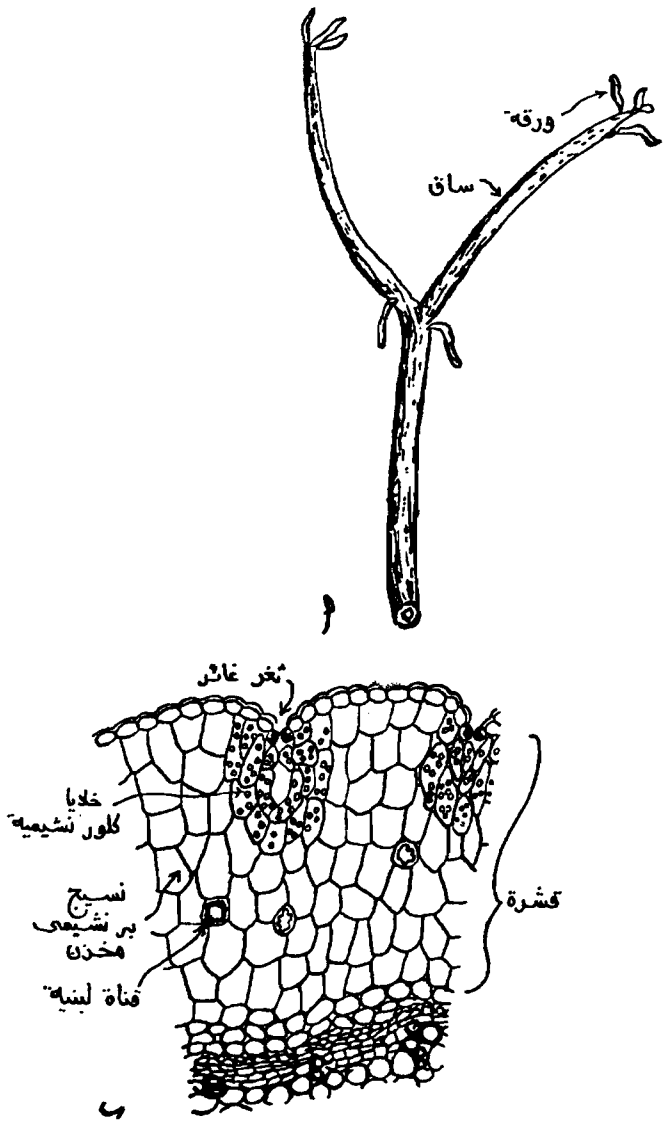
ورقة مقفولة وورقة مفتوحة ، وجزء من قطاع عرضى
فى ورقة قصب الرمال (أ – جـ) وفى ورقة بوا (د - و)

قد تتضاعف البشرة فى الأوراق فتساعد فى إحكام جدر الأوراق ضد فقد الماء وذلك كما فى أوراق نباتات التين المطاط *Ficus elastica* (شكل 16/3 د) والدفلة *Nerium oleander* (شكل 10/9) ٠

فى النسيج الوسطى لأوراق النباتات الجفافية يلاحظ إزدياد نسبة النسيج العمادى إلى النسيج الأسفنجى ، وقد تزداد عدد طبقاته إلى ثلاثة كما فى الدفلة ، وقد يوجد النسيج العمادى أسفل البشرة العليا وأعلى البشرة السفلى كما فى أوراق نبات أتريبلكس *Atriplex* والدفلة ، وقد يكون النسيج الوسطى كله عمادياً كما فى نبات جريجيا *Greggia cemporum* ٠

يلاحظ فى النباتات الجفافية إحتوائها على نسب عالية من الأنسجة الدعامية مما يساعدها على مقاومة الذبول الفسيولوجى الناتج عن نقص الماء ٠ وتشمل الأنسجة الدعامية الألياف والخلايا الإسكليريدية والخلايا الملجننة الأخرى التى توجد عادة فى الأوراق مغلفة للحزم الوعائية وقد تصل ما بين البشرة العليا والبشرة السفلى مكونة دعامة بشكل حرف I أو T ٠ كذلك فإن شبكة الحزم الوعائية فى أوراق النباتات الجفافية تكون أكثف منها فى النباتات الوسطية ٠

فى النباتات الجفافية العصارية توجد أنسجة خاصة لإختزان الماء وهى تتكون عادة من خلايا برنشيمية يزداد بها حجم الفجوات العصارية وتقل أو تنعدم بينها المسافات البينية كما فى سيقان نبات إيفوربيا (شكل 8/9) ، وأحياناً تكون جدرها رقيقة كما فى البيجونيا ٠ وفى الأوراق العصارية نجد أن النسيج التخزينى يوجد مجاوراً للبشرة العليا أو السفلى أو كليهما ، ويشغل حيزاً كبيراً من الورقة ، وقد ينضغط النسيج الوسطى لدرجة كبيرة ، وقد يشغل النسيج المخزن أغلب مواضع النسيج الوسطى كما فى أوراق صبار الأجاف *Agave* وبعض النباتات الملحية مثل نبات سلسولا *Salsola* والسويدا *Suaeda* (شكل 12/9) ٠ وقد يخزن الماء فى زوائد مثانية من البشرة كما فى نبات الحى علم والاتريبلكس (شكل 14/5 جـ)٠



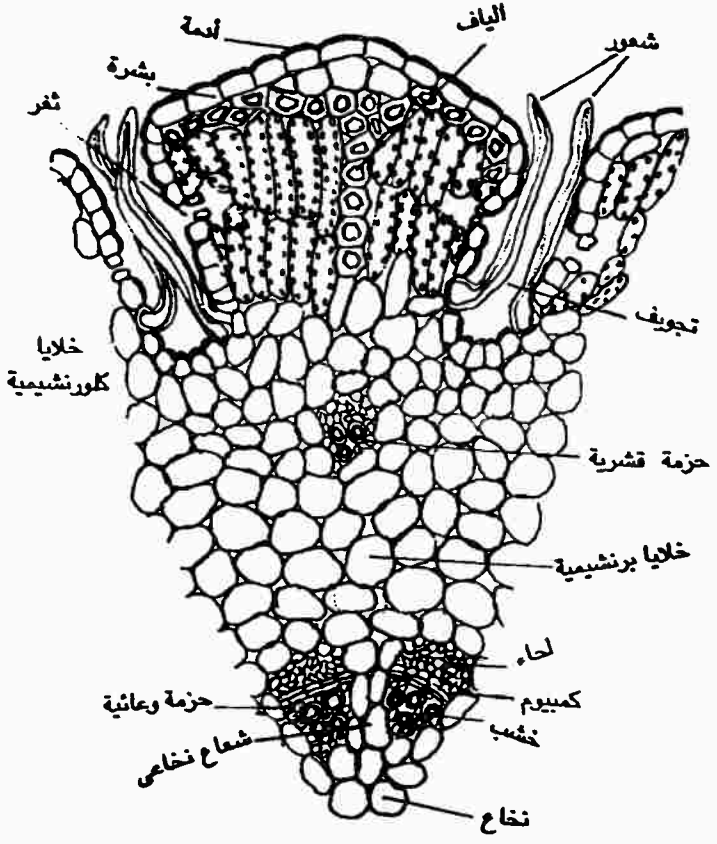
(شكل 8/9) : نبات إيفوربيا

أ) ساق النبات ب) قطاع عرضى فى جزء من الساق

تشريح ساق الكازورينا

إذا فحصنا قطاعاً عرضياً فى أحد الفروع الصغيرة لساق كازورينا *Casuarina* (شكل 9/9) نلاحظ أن السطح الخارجى للقطاع به تجاويف عميقة crypts وأن القطاع يتكون من الخارج إلى الداخل كما يأتى :

البشرة : تتكون من صف واحد من الخلايا ، وتكون خلايا البشرة الموجودة على الأجزاء الخارجية سميكة الجدر الخارجية ومغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين ،



(شكل 9/9) : جزء من قطاع عرضى فى ساق كازورينا مسن

وتكون الخلايا الموجودة بالتجاويف سميكة الجدر الخارجية نسبياً • توجد الثغور بالتجاويف وتحاط بشعور كثيفة تحمى الثغور من النتح الشديد •

القشرة : توجد تحت البشرة وتتكون فى الأجزاء الخارجية من القطاع من خلايا اسكلرنشيمية تمتد فى الوسط الداخل بشكل حرف T ، يتكون باقى نسيج القشرة من خلايا كلورنشيمية مستطيلة تشبه الخلايا العمادية يليها عدة طبقات من خلايا برنشيمية ثم صف من خلايا الغلاف النشوى •

الحزم الوعائية : توجد فى حلقتين ، الحلقة الخارجية تتكون من حزم قشرية منغمسة فى الخلايا البرنشيمية للقشرة ، وهى حزم جانبية مقفولة تتكون من لحاء للخارج وخشب للداخل ، والحلقة الداخلية تتكون من حزم جانبية مفتوحة تتكون من لحاء للخارج وخشب للداخل ويفصلهما كامبيوم وعائى • تغلف الحزم الداخلية من الخارج بعدة طبقات من خلايا إسكلرنشيمية تصل ما بين الغلاف النشوى واللحاء ، وتعتبر البريسيكل أو ألياف لحاء إبتدائى •

تشريح ورقة الدفلة

إذا فحصنا قطاعاً عرضياً فى ورقة الدفلة نلاحظ أنها تتكون من الآتى من أعلى إلى أسفل (شكل 10/9) •

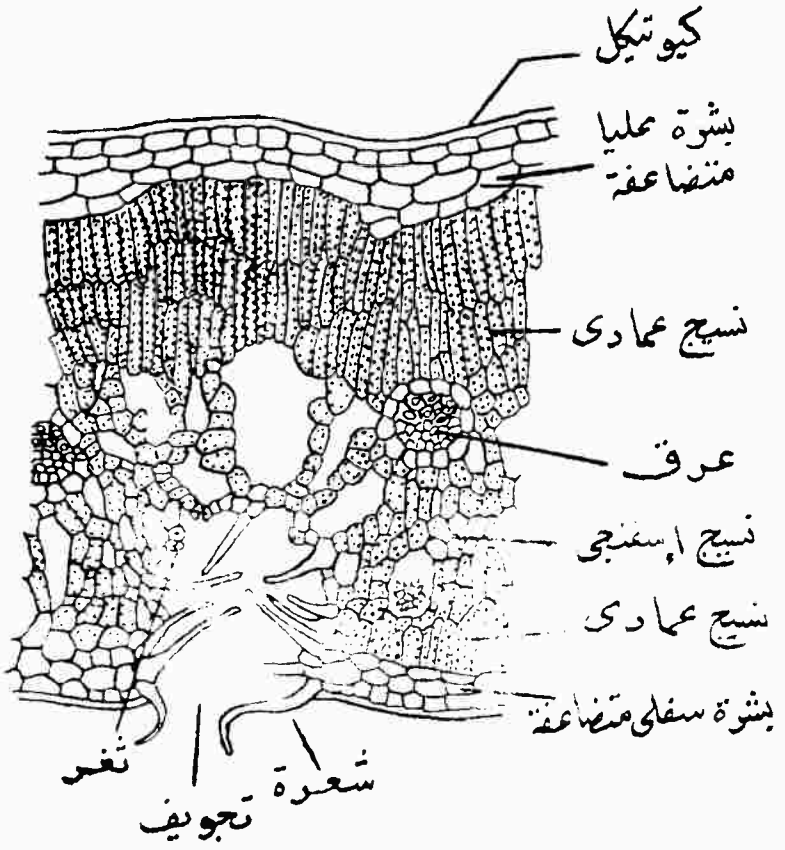
البشرة العليا : متضاعفة تتكون من طبقتين أو أكثر من الخلايا المتراصة ، وتغطى خلايا الطبقة الخارجية بطبقة سميكة من الأدمة •

النسيج الوسطى : يتكون من طبقتين أو ثلاثة من الخلايا العمادية الغنية بالبلاستيدات الخضراء ، يليها عدة طبقات من الخلايا الأسفنجية التى تكثر بينها الفراغات الهوائية ، ثم يليها طبقة أو طبقتين من الخلايا العمادية •

الحزم الوعائية : صغيرة وتوجد مغمورة فى النسيج الوسطى وتتكون من خشب جهة البشرة العليا ولحاء جهة البشرة السفلى • فى العرق الوسطى يوجد

بالحزمة لحاءان يحصران بينهما الخشب وتحاط الحزمة من أعلى وأسفل بخلايا برنشيمية ثم بخلايا كولنشيمية .

البشرة السفلى : متضاعفة كالبشرة العليا ، سمك طبقة الأدمة أقل من سمكها فى البشرة العليا ، وتحتوى على الثغور داخل تجاويف بها شعور كثيرة .



(شكل 10/9) : جزء من قطاع عرضى فى ورقة الدفلة

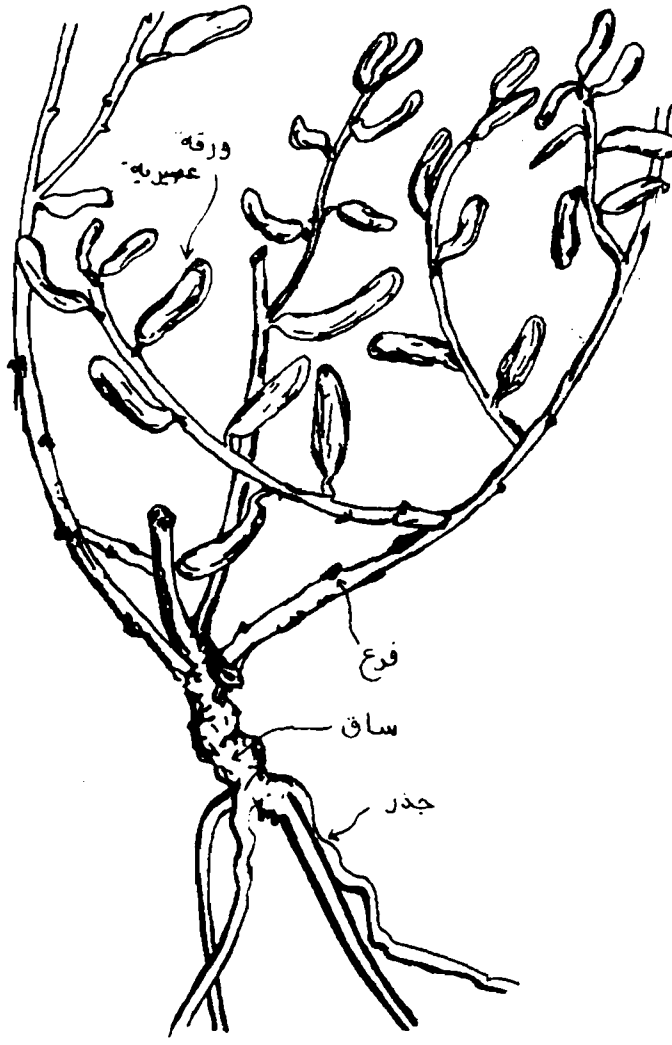
النباتات الملحية

تعتبر النباتات الملحية halophytes نباتات جفافية لحدوث تحورات بها تشابه ما يحدث فى النباتات التى تنمو طبيعياً فى أرض جافة ، رغم أنها لا تقاوم ظروف الجفاف ، بل تنمو فى بيئة تتوفر بها الماء ، ونظراً لإرتفاع درجة ملوحة ماء التربة فإن التحور الأساسى لهذه النباتات هو إرتفاع الضغط الإسموزى للعصير الخلوى لخلاياها بدرجة تمكنها من الاستفادة من الماء الأرضى ، فنجد أن الضغط الإسموزى للعصير الخلوى لخلايا نبات الخريزة *Salicornia* ولنبات السويدا *Suaeda* يصل إلى 80 ضغط جوى • وقد يصل فى نوع من نبات أتريبلكس *Atriplex* إلى 120 ضغط جوى • وترجع قلة إمتصاص بعض هذه النباتات للماء إلى عدم توفر الأكسوجين بالتربة الملحية عادة مما يقلل من كفاءة الجذور للإمتصاص ويقلل من كمية الجذور المتكونة • وفى حالة النباتات التى تكون جذوراً تنفسية مثل إبن سينا نجد أن الجذور التنفسية تتكون بوفرة ويحدث الإمتصاص طبيعياً •

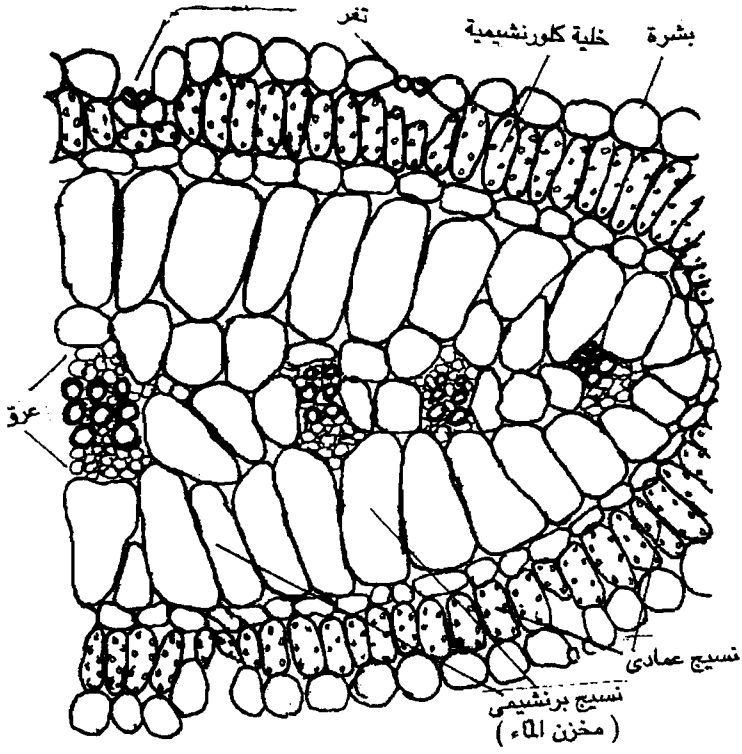
عموماً فإن التحورات الأساسية المورفولوجية والتشريحية للنباتات الجفافية تشاهد أيضاً فى النباتات الملحية ، وذلك من حيث التحورات الخاصة بتخزين الماء وتقليل النتح كما فى نبات سلسولا والسويدا ، فأوراقها العصارية تحتوى على خلايا مخزنة للماء قليلة المسافات البينية ، تحاط بطبقة واحدة من نسيج عمادى •

السويـــدا

نبات صغير كثير التفريع وله أوراق عصارية منتفخة (شكل 11/9)• بعمل قطاع عرضى فى الورقة نجد أن خلايا طبقة البشرة شبه كروية منتفخة ، توجد ثغور على البشرة ، كما توجد إنخفاضات فى البشرة توجد فى قاعدتها غدد ملحية salt glands • يوجد تحت البشرة صف من خلايا كلورنشيمية تشبه خلايا النسيج العمادى يشغل الجزء الداخلى خلايا كبيرة برنشيمية مخزنة للماء ، تتوسطها الحزم الوعائية مرتبة على هيئة خط محدد (شكل 12/9)•



(شكل 11/9) : منظر لنبات السويدا

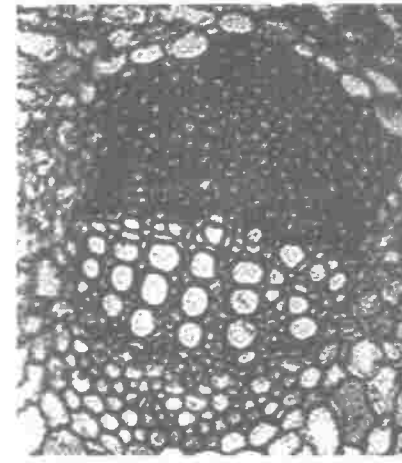


(شكل 12/9) : جزء من قطاع عرضى فى ورقة السويدا

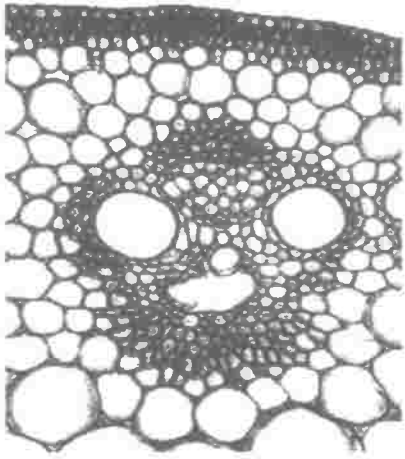
النباتات الوسطية

تنمـو النباتـات الوسطيـة mesophytes فـى بيئـات لا هـى بالشديدة الجفـاف ، ولا هـى بالشديدة الرطوبـة ، فـى ظـروف متوازنـة مـن حيـث وفـرة المـاء بالتربـة ودرجة التبخر ، ويكون المحلول الغذائى الأرضى ، فى نفس الوقت لا هو بـالمخفف جداً ولا هو بـالمركز ، وتكون كمية الأكسوجين حول الجذور معتدلـة • مثل هذه النباتات لا تظهر عليها عادة تحورات خاصـة ، بل تمثل حالـة وسطية بين النباتـات المائية والنباتات الجفافية • هذه النباتات لها مجموع جذري وآخر خضرى جيدى التكشف ، تنمو نمواً سريعاً إذا ما قورنت بنمو النباتـات المائيـة والنباتـات الجفافيـة ، مساحة أوراقها كبيـرة ، وطبقـة البشـرة بهـا وكذلك الكيوتين الذى يغطيهـا رقيقان نسبياً ، والثغور غير محميـة ، أنسجتها الوعائيـة متخصصـة بدرجـة كبيرة (شكل 19/8 ، 22/8) •

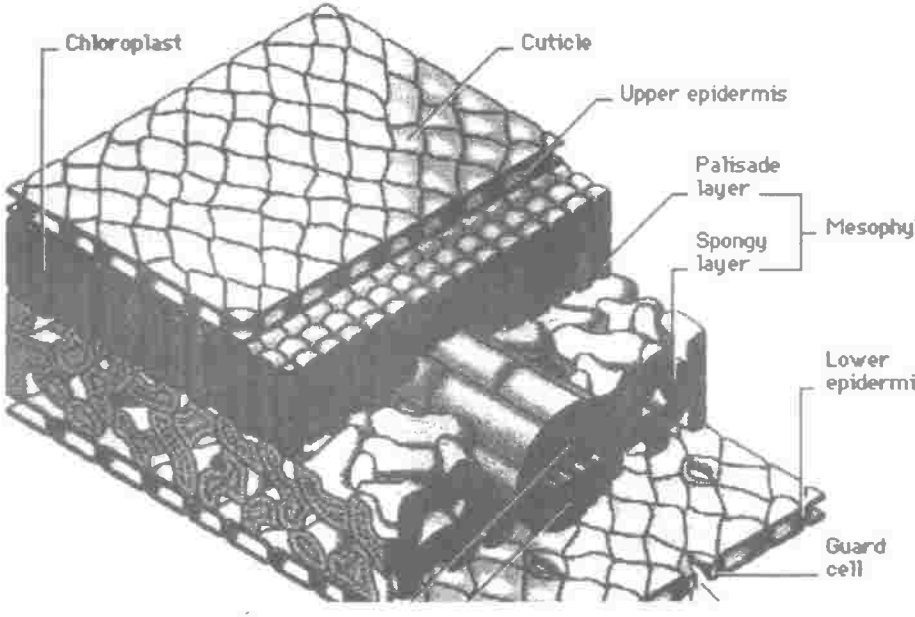
فى بعض الحالات نجد أن النباتات الوسطية تحدث بها تغيرات تجعلها مقاربـة للنباتات الجفافية ، كما فى حالة الأشجار المتساقطة الأوراق وبعض النباتات العشبية المعمرة ، حيث تكون نباتاتٌ وسطية صيفاً ونباتات جفافية شتاء ، ولذلك يطلق عليها نباتـات متحولـة tropophytes • يحـدث التحـول لهـذه النباتـات شـتاءاً إلـى نباتـات جفافية نسبياً نتيجة لصعوبة إمتصاص جذورها للماء بسبب البرودة ، فلا يتوازن نـتح المجمـوع الخـضرى مـع قـدرة جـذورها علـى الإمتـصاص ، فتتـساقط أوراق الأشجار وتبقى الأفرع عارية عدا من البراعم والتى تكون مغطـاة ومحميـة بواسطة الحراشيف العازلة ، كذلك فإن الأجزاء الخضرية الموجودة فوق سطح التربـة فـى الأعشاب المعمرة تموت أو تتساقط عند برودة الجو خريفاً وشتاءاً ، وتبقى الأجزاء الأرضية فقط كالريزومات والدرنات والكورمات والأبصال التى تستعيد نشاطاتها عند تحسن الجو فى الربيع •



حزمة وعائية فى ساق
نبات ذات فلقتين



حزمة وعائية فى ساق
نبات ذات فلقة واحدة



رسم مجسم لورقة نبات ذات فلقتين

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

1 - السواح ، محمد وجدى و حسين العروسى (1964) : أساسيات علوم النبات (الطبعة الأولى) الدار القومية للطباعة والنشر .

2- العروسى ، حسين وأسامة عبد الحميد المنوفى (2007) : النبات العام ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية.

3- العروسى ، حسين و سمير ميخائيل وعماد الدين وصفى (1989) : الأطلس النباتى ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية.

4 - العروسى ، حسين و عماد الدين وصفى (2008) : المملكة النباتية ، مكتبة المعارف الحديثة ، الإسكندرية.

5 - الهلالى ، عباس فتحى (1963) : النبات ، دار المعارف بمصر .

6 - تادرس ، تادرس منقريوس و عبد الحليم نصر و عبد الحليم منتصر (1963) : أسس علم النبات ، دار المعارف بمصر .

7 - حسونة ، محمد جمال الدين (1972) : أساسيات فسيولوجيا النبات ، دار المعارف بمصر .

8 - فكرى ، محمد عزيز و عماد الدين الشيشينى (1965) : الخلية من النواحى السيتولوجية والبيوكيماوية والوراثية ، الجزء الأول ، الدار القومية للطباعة والنشر .

9 - مجاهد ، أحمد محمد و مصطفى عبد العزيز وأحمد الباز يونس وعبد الرحمن أمين (1960) : مقدمة النبات العام ، مكتبة الأنجلو المصرية.

ثانياً : المراجع الأجنبية :

1- Bold, H.C. (1956) : The plant Kingdom. Prentic-Hall, Inc., New Jersey.

2- Bonner, J. and A.W. Galston. (1952) : Principles of Plant Physiology. W.H. Freeman and Co., San Francisco.

3- Bower, F.O. (1947) : Botany of the living Plant. Macmillan and Co., London.

4- Cronquist, A. (1971) : Introductory Botany. Harper & Row Pub, N.Y.

5- Cutter, E.G. (1969) : Plant Anatomy: Experiment and Interpretation, Part 1, Cells and tissues. Edward Arnold Ltd., London.

6- Dean, H. L. (1949) : Biology of Plants. Brown Co., lowa.

7- Eames. A.J. and L.H. Mac Daniels, (1953) : An Introduction to Plant Anatomy. McGraw-Hill book Co. Inc., New York.

8- Esau, K. (1953) : Plant Anatomy, John Wiley and Sons Inc., New York.

9- Esau, K. (1956) : Antomy of seed Plants. John Wiley and Sons Inc., New York.

10- Fahn, A. (1969) : Plant Anatomy, Pergamon Press. Oxford.

11- Fritsch, F.F. & E.J. Salisbury (1956) : Plant Form and Function. Bell and Sons, London.

12- Hall, J. L., T. J. Flowers and R.M. Roberts (1982): Plant Cell Structure and Metabolism. Longman Gr., Essex.

13- Harrow, B. and A. Mazur, (1964) : Textbook of Biochemistry. Saunders Co., Philadelphia.

14- Haupt, A.M. (1956) : An Introduction to Botany. Mc Graw Hill Book Co., New York.

15- Howland, J.L. (1973) : Cell Physiology. Macmillan Co., New York.

16- Jamieson, B.G.M. and J.F. Reynolds. (1967) : Tropical Plant Types. Pergamon Press, Oxford.

17- Janick, J., R. Schery, F.Woods, and V. Ruttan, (1969) : Plant Science. W.H Freeman and Co., San Francisco.

18- Jensen, W.A. (1967) : The Plant Cell. Macmillan and Co., London.

19- Jensen, W.A. and L.G. Kavaljian (1967) : Plant Biology Today, Advances and Challenges. Macmillan and Co., London.

20- Johansen, D.A. (1940) : Plant Microtechnique. Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York.

21- Ledbetter, M, C. and K.R. Porter, (1970) : Introduction to the Fine Structure of Plant Cells. Springer-Verlag, Berlin.

22- Johnson, A,F.M. (1922) : A textbook of Botany for Students. Allman and Son. London.

23- Lang, W.H. (1924) : Strasburger's Text Book of Botany. Macmillan and Co., London.

24- Lawerence, G.H.M. (1968) : Taxonomy of Vascular Plants. The Macmillan Co., New York.

25- Mc Lean, R. C. and W.R. Lvimey-Cook. (1967) : Tectbook of Theoritical Botany. Vol 1. Longmans, London.

26- Meyer, B.S. and D.B. Anderson, (1955) : Plant Physiology. D. Van Nostrand Co. Inc. Toronto.

27- Miller, E.V. (1957) : The Chemistry of Plants. Reinhold Pub. New York.

28- Neushul, M. (1974) : Botany. Hamilton Pub, Co., California.

29- O'Brien, T.P. and Mc M.E. Cully, (1970) : Plant. Structnre and Development. Macmillan, London.

30- Pridham, J. B. (1968) : Plant Cell Organelles. Academic Press, London.

31- Priestley, J. H. and L.I. Scott, (1957) : An Introduction to Botany. Longmans. London.

32- Ray, P.M (1963) : The Living Plant. Holt. Rinehort and Winston, New York.

33- Reed, H.S. (1942) : A Short History of the Plant Sciences. Chronica, U.S.A.

34- Richardson, M. (1968) : Tramslocation in Plants. Edward Arnold Ltd, London.

35- Robbins, W.W., T.E Weier, and C.R. Stocking (1958) : Introduction to Plant Seience. John Wiley and Sons, Inc., New York.

36- Said, H., A. Younis, A. Amin, and G. Sidrak, (1958) : A Textbook of Intermediate Botany. Anglo-Edyptian Bookshop. Cairo.

37- Salisbury, F.B. and R.V. Parke (1968) : Vascular Plants: Form and Function. Macmillan and Co. London.

38- Sasikumar. B. (1972) : A Jornal of Botany for B. Se. Students.

39- Sharp. L.W. (1943) : Fundamentals of Cytology. Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York.

40- Sinnott, E.W. and K.S. Wilson, (1963) : Botany, Principles and Problems: Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York.

41- Sistrom, W.R. (1968) : Microbial Life. Amerind Pub. Co., Pvt. Ltd., Delhi.

42- Stauffer, A. (1963) : General Biology. D. Van Nostrand Co., Inc., New Jersy.

43- Street. H.E. (1967) : Plant Metabolism. Pergamon Press. Oxford.

44- Swanson, C.P. (1964) : The Cell. Prentice-Hall, Inc., New Jersy.

45- Tribe, L. (1970) : The Plant Kingdom. Hamlyn, London.

46- Wareing, P.F. and I.D.J. Phillips (1973) : The Control of Growth and Differentiation Plants. Pergamon Pres, Oxford.

47- Weaver. J.E. and F.E. Clements (1957) : Plant Ecology. Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York.

48- Weier, T.E, C.R. Stovking, and M.G. Barbour, (1970) : Botany. An Introduction to Plant Biology, John Wiley and Sons, New York.

فهرس أبجدى

أبصال bulbs 199 ، 202-203

إبن سينا *Avicennia* 160 ، 161 ، 165 ، 166 ، 320

أبو تيلون *Abutilon* 117 ، 292

أبو خنجر *Tropaeolum* 143 ، 223 ، 247 ، 259 ، 263 ، 275

أبو فروة *Kastanea* 259

أتريبلكس *Atriplex* 117 ، 119 ، 315 ، 320

أثر ساقى branch trace 230-231

أثر ورقى leaf trace 230-231

أثل *Tamarix* 70

أجاف (أنظر صبار *Agave*)

أذنة auricle 256

أذينة stipule 254

أراليا 257 ، 263

أرز *Cedrus* 212

أرز *Oryza* 1

أروكاريا *Araucaria* 212

أريارتى *Iriarti* 160 ، 162

أريستولوخيا *Aristolochia* 224 ، 236 ، 237 ، 312

إريودندرن *Eriodenron* 160 ، 161

أسبرجس *Asparagus* 162 ، 196 311

إسفندان *Acer* 103

أكاسيا *Acacia* 255 ، 256 ، 270

أكساليس *Oxalis* 200 ، 256 ، 257 ، 312

إكويسيتم *Equisetum* 215 ، 216

إلوديا *Elodea* 211 ، 229 ، 301 ، 302 ، 303 - 305

أليف خشب 126-127

أليف لحاء 132

أم اللبن *Euphorbia* 144 ، 214

أنابيب دقيقة microtubules 36 ، 55 ، 83

أنابيب غربالية sieve tubes 39 ، 128-131

أنابيب لبنية latix tubes (أنظر قنوات لبنية)

انبات gemination 11 - 27

أرضى hypogeal 13 ، 18 ، 20 ، 22

هوائى epigeal 13 ، 18 ، 24 ، 26

أنتيجونن *Antigonon* 199

إندوسبرم 11

إنقسام الخلية النباتية 79-93

أنيمون *Anemone* 261

أوركيد orchid 16 ، 29 ، 169

أوعية خشبية vessels 123-125

أيبومبا *Ipomea* 266

أيريولات areolae 290-291

إيفوربيا *Euphorbia* (أنظر بنت القنصل)

بادرة seedling 13

باسيفلورا *Passiflora* 199

بالاكوينم *Palaqimum* 145

بانسيه *Viola tricolour* 255

بتسبورم *Piltsporum* 259 ، 263

بجنونيا *Begnonia* 237 ، 274 ، 276

بذور seeds 11-27

إندوسبرمية endospermic 12

غير إندوسبرمية exendospermic 11

برايوفيللم *Bryophyllum* 272

بربرى *Berbris* 273 ، 274

بردى *Cyperus papyrus* 228 ، 301

برسيم *Trifolium alexndrinum* 224 ، 225، 259 ، 262

برسيم حجازى *Medicago sativa* 114 ، 229 ، 249

برعم bud 207-210

إبطى axillary 7 ، 9 ، 19 ، 192 ، 207

إضافى accessory 207

طرفى teminal 7 ، 9 ، 192 ، 207

عرضى adventitious 209 ، 210

مختلط mixed 207

بروتوبلازم protoplasm 36 ، 55

بروتوبلاست protoplast 29

بروسيربيانكا *Proserpinaca* 267 ، 269

بريسبرم perisperm 12

بربوفيللم 209 ، 210

بسباسة caruncle 18

بسلة *Pisum sativum* 15 ، 56 ، 58 ، 120 ، 122 ، 255 ، 275 ، 290

بسلة الزهور *Lathyrus odiratus* 248 ، 249 ، 273

بشنين *Nymphaea* 120 ، 307-309

بصل *Allium cepa* 8 ، 11 ، 13 ، 24-26 ، 94 ، 174 ، 195 ، 202 ، 203 ، 259، 271 ، 294

بطاطا *Ipomea batatas* 162 ، 209 ، 210

بطاطس *Solanum tuberosum* 1 ، 7 ، 56 ، 58 ، 110 ، 159 ، 200 ، 201

بطيخ *Citrullus vulgaris* 14

بلابل bulbils 210-211

بلاتانس *Platanus* 117 ، 118

بلارجونيم *Pelargonium* 11 ، 224 ، 231 ، 262

بلازم أساسى ground plasm 35 ، 36

بلازمودزمات plasmodesmata 36 ، 69 ، 71 ، 113

بلاستيدات plasids 47-51

بلاستيدات خضراء chloroplasts 29 ، 35 ، 47 -49

بلاستيدات عديمة اللون leucoplasts 49-51

بلاستيدات ملونة chromoplasts 49 ، 50

بلانتاجو *Plantago* 265

بلح (أنظر نخيل البلح)

بلورات crystals 58 ، 60-62

بلوط *Quercus* 138 ، 200 ، 242 ، 292

بن *Coffea arabica* 63 ، 69

بنت القنصل *Euphorbia* 141 ، 315 ، 316

بنجر *Beta valgaris* 8 ، 12 ، 63 ، 158 ، 195 ، 266

بنفسج *Viola odorata* 259

بنكريشيام *Pancratium* 163

بوا *Poa* 314

بوانسيانا *Poinciana* 10 ، 254 ، 257

بوهينيا *Bauhinia* 236 ، 237 ، 259 ، 262

بيجونيا *Begonia* 60 ، 122 ، 209 ، 229 ، 272

بيروكسيسومات peroxisomes 26 ، 55
تاكسوديم *Taxodium* 160 ، 162 ، 166
تخت torus 205
ترمس *Lupinus termis* 12 ، 20
تعاقب قمي acropetal succession 212
تفاح *Pyrus malus* 114 ، 207 ، 255 ، 281
تنيو فيللم *Taeniophyllum* 166
توت *Morus alba* 8 ، 10 ، 209 ، 213 ، 242
تيل *Hibiscus cannabinus* 1
تيلاندسيا *Tillandsia* 277 ، 300
تيلوزات tyloses 241 - 242
تين *Ficus carica* 7 ، 261
تين بنغالي *Ficus bengalensis* 160 ، 161
تين شوكي *Opuntia* 196، 197، 204 ، 272 ، 311
تين مطاط *Ficus elastica* 61 ، 315
تيوليب *Tulip* 203
ثغور stomata 4 ، 114 - 116
ثوم 211
ثغور مائية hydathodes 142 ، 143
جدار خلوي call wall 64- 78 ، 91- 92 ، 93
جذر (جذور) root 151- 189
ابتدائي primary 7 ، 157
تشريح anatomy 172-187 ، 188- 189 ، 190 ، 251- 252
تعاونية symbiotic 168 - 169
تغليظ ثانوي secondary thichening 182- 184 ، 231- 246
تكاثرية reproductive 168
تمثيلية photosynthetic 166
تنفسية respiratory 164 ، 155
ثانوي secondary 7 ، 155 ، 157
جانبية 185 - 187
جنيني seminal 21 ، 22 ، 159
درنية tuberous 163
دعامية ساندة buttress 160 ، 161
دعامية هوائية prop 160 ، 161
دعامية هوائية زافعة lifting prop 160 ، 162
ركبة knee 166
شادة contractile 163 ، 164
طفيلية ماصة haustoria 170
عرضية adventitious 159 ، 185- 187
عوامة buoyant 167 ، 168
مخزنة storage 158 ، 163
مناطق 154 - 157
مورفولوجي morphology 152- 171 ، 188
وتدي tap 7 ، 157 ، 158
جذير radicle 11
الجرة *Nepenthus* 279 ، 280
جرجير *Eruca sativa* 258
جريجيا *Greggia* 135
جزر *Daucus carota* 8 ، 11 ، 108 ، 109 ، 158 ، 162
جسم كروي spherosome 26 ، 53
جسيوا *Jussieua* 167 ، 301
جلاديولس *Gladiolus* 163
جلوريوز *Gloriosa* 262

جميز *Ficus sycamorus* 15

جنين embryo 11 ، 12

جهاز جولجى golgi apparatus 29 ، 35 ، 38 ، 53-54 ، 97 ، 101 ، 105

جهنمية *Bougainvillea* 197 ، 198، 199 ، 272

جوافة *Psidium* 95 ، 120 ، 160 ، 161

جوز *Juglans* 297

جين gene 43 ، 44

حامول *Cascuta* 170 ، 171

حامول الماء *Utricularia* 278 ، 279 ، 300

حبة لقاح pollen grain 11

حبل المساكين *Hedera helix* 8، 160، 161، 162

حبل المساكين الأرضى 194

حبل سرى funicle 12

حبيبة النشا starch grain 51 ، 56-57 ، 58

حبيبة اليرون eleurone grain 57 ، 59

حجنة *Phragmitis communis* 256

حريق *Urtica* 140، 142 ، 144

حزم وعائية vascular bundles 147 - 148 ، 181

حمض دياكسى ريبوز نووى DNA 39- 47

حمض ريبوز نووى RNA 39- 47

حنك السبع 63

حور *Populus* 10 ، 105 ، 209 ، 281

حى علم *Mesembryanthemum* 117، 277 ، 312 ، 315

خردل *Brassica campestris* 14

خروع *Ricinus cominunis* 8 ، 11 ، 12 ، 13 ، 18-20 ، 261 ، 264 ، 271

خريزة *Salicornia* 320

خس *Lactuca sativa* 16

خشب wood

ربيعى spring 239

صميمى heart 240 - 262

صيفى summer 240

عصيرى sap 240 - 242

مبكر early 239

متأخر late 240

خشخاش *Papaver somniferum* 63 ، 261

خشخاش شوكى *Argemone maxicana* 262 ، 273 ، 274

خف الجمل (أنظر بوهينا)

خلية نباتية plant cell 4 ، 29-149

اسكلرنشيمية sclerenchyma 120-122

اسكلريدية sclereid 120-122

إفرازية secretory 139

ألياف fiber 122 ، 149

إندوديرم endodermis 177-179

إنقسام division 79-86 ، 94 ، 102

إختزالى meiosis 86 - 91

غير مباشر mitosis 80-85 ، 94

مباشر direct 80 ، 81

برنشيمية parenchyma 106-110 ، 149

برنشيمية خشب 126

برنشيمية لحاء 133

بروزنشيمية prosenchyma 107

بشرة epidemis 112-119 ، 149

حارسة guard 115-116

حركية bulliform 294 ، 313-314
سليكا silica 112 ، 294
طلائية epithelium 146
غدية gland 139
غربالية sieve 132
فلين cork 29 ، 112 ، 149 ، 294
قمية apical 215 ، 216
كلورنشيمية chliorendiyma 107 ، 149
كولنشيمية collenchyma 110 ، 111 ، 149
مرافقة companion 132
مرستيمية meristem 16 ، 96-105
ناقلة transfer 133-135
خناق الذباب *Dionaea* 279-280
خوخ *Prunus persica* 114
داتورا *Datura* 11
داليا *Dahlia* 60 ، 162 ، 163
دخان *Nicotiana* 11 ، 16 ، 108 ، 130 ، 264 ، 292
دراسينا *Dracaena* 60 ، 148 ، 182 ، 228 ، 231 ، 244-246
درنة tuber 199 ، 200 ، 201
دفلة *Nerium oleander* 207 ، 290 ، 293 ، 291 ، 292 ، 313 ، 315
دورنتا *Duranta* 207 ، 259 ، 261 ، 262 ، 283
دوم *Hyphaena thebaica* 192 ، 213
ديشيديا *Dischidia* 276 ، 277
ديفنباخيا *Dieffenbachia* 310
ذرة *Zea mays* 8 ، 11 ، 12 ، 13 ، 15 ، 20-22 ، 79 ، 159 ، 160 ، 161 ، 167 ، 174 ، 190 ، 226 ، 227 ، 228 ، 295 ، 314
ذيل القط *Typha latifolia* 307
رافليزيا *Rafflsia* 204
رافى raphe 18
رامى *Boehmeria nivea* 122
رتم *Retama* 313 ، 314
رجلة *Portulaca oleracea* 117 ، 118
رطريط *Zygophulum* 276 ، 277
رمان 63
روبينيا *Robinia* 238
ريبوسوم ribosome 26 ، 28 ، 44 ، 45-47
ريحان *Ocimum* 262
ريزوم rhizome 194 ، 199-200
ريشة plumule 11
زان *Fagus* 137 ، 138 ، 281
زراعة أنسجة tissue culture 11 ، 108-109 ، 151-152
زقيم *Pistia* 300 ، 306
زنبق *lilium* 107 ، 202 ، 203 ، 294
زوائد البشرة trichomes 114 ، 117-119
زومبيا *Zpombia* 273
زيتون *Olea europaea* 117، 119، 122
زيزفون *Tilia* 239
زينيا *Zinnia* 256
ساق stem 7 ، 191-252
أرضية subterranean 199 -203
أسطوانى columnar 213

تركيب ابتدائى 220
تشريح 215-252 ، 303-305 ، 316 ، 317-318 ، 324
تفريع 192 ، 212- 214
تغليظ ثانوى 231- 246
تمثيلية photosynthetic 195- 196 ، 197
جارية runner 193- 194
حلقات نمو growth rings 238- 240
ريزومية rhizome 193 ، 194
زاحفة prostrate 193
زهرية flowering 205
صادقة المحور monopodium 194
طفيلية parasitic 204
قائمة erect 195
قرصية 195
قزمية dwarf 193 ، 195
قصيرة short 195
قمة نامية apical meristem 215- 219
كاذبة المحور sympodium 194
للحماية protecting 196- 198
متورقة cladodes 196
متورقة phylloclades 196
متسلقة climbing 193 ، 198- 199
مخروطى excurrent 212
مخزنة storage 203- 204
ملتفة twining 198
مورفولوجيا 192- 214
ندب scar 192
وظائف 191

سامبيوكس *Sambucus* 110
ست الحسن *Ipomea* 198
الست المستحية *Mimosa potica* 254 ، 273 274
ستانهوبى *Stanhopea* 166 ، 167
ستيراكس *Styrax* 117 ، 118
سرة hilum 12
سرسوع *Dalbergia sissoo* 257
سفندر *Ruscus* 196 ، 197 ، 271
سلامية internode 7 ، 9 ، 192
سلة *Zilla spinosa* 265 ، 312
سلسولا *Salsola* 315 ، 320
سلفيا *Salvia* 111
سلق الماء *Potamogeton* 302
سمار *Juncus* 107
سميلاكس *Smilax* 273 ، 275
سنتوريا *Centaurea* 270 ، 290
سنط *Acacia* 255، 257 ، 273 ، 274، 311
سوسن *Iris* 112 ، 113 ، 114 ، 200
سويدا *Suaeda* 315 ، 320-322
سويقة جنينية سفلى hypocotyl 13
سويقة جنينية عليا epicotyl 13
سيتوبلازم cytoplasm 36- 38
سيسل *Agave sislana* 122 ، 262 ، 273
سيكوايا *Sequoia* 8
سيلين *Silene* 198، 214
شاى 63 ، 120
شبت *Anethum graveolens* 261

شبكة إندوبلازمية endoplasmic reticulum 36 ، 38

شبكة كروماتينية chromatin reticulum 42 79

شبكة ميلينية myelinic network 103

شبيط *Xanthium* 15

شريط كاسبار casparian strip 177 ، 178

شعور غدية glandular hairs 140

شعير *Hordeum* 8 ، 12 ، 13 ، 22 ، 159 ، 255

شعيرات جذرية root hairs 7 ، 155 ، 156 ، 176

شغاف tegmen 18

شقيق مائى *Rananculus aquatilis* 264 ، 265 ، 300 ، 307

شيكوريا *Cichorium* 144 ، 220

صبار *Aloe* 141 ، 244

صبار *Agave* 10 ، 210 ، 312 ، 315

صفصاف *Salix* 8 ، 170 ، 241

صنوبر *Pinus* 11 ، 26 ، 27 ، 139 ، 145 ، 146 ، 169 ، 195 ، 217 ، 218 - 259 ، 271 ، 311 ، 313

طماطم *Lycopersicum* 7 ، 114 ، 117 ، 118 ، 143 ، 267 ، 268

عائق *Delphinium* 266

عاقول *Alhagi* 196 ، 312

عباد الشمس *Helianthus* 222 ، 223 ، 224 ، 292

عدس الماء *Lemna minor* 300

عديسة *lenticel* 137 ، 138

عرف الديك 15

عقد knots 243

عقدة node 7 ، 9 ، 192

عليق *Convolvulus* 195 ، 198 ، 259

عنب 112 ، 113 ، 127 ، 195 ، 198 ، 199 ، 207 ، 208 ، 209 ، 214 ، 242 ، 291 ، 292

عنب برى 8 ، 198

عنق فلقى cotyledonary stalk 16

عوام (أنظر ياسنت مائى)

غدة رحيقية nectary gland 141 ، 142

غدة مائية water gland 143

غرغار *ulmus* 262

غشاء بلازمى خارجى ectoplast 35 ، 37 ، 97

غشاء بلازمى فجوى tonoplast 35

غلاف نشوى starch sheath 223

غمد فلقى cotyledonary sheath 22

فاصوليا *Phaseolus vulgaris* 56 ، 58 ، 120 ، 247 ، 248 ، 256 ، 257

فجوة إفرازية secretory cavity 139

فجوة عصارية 35 ، 55 ، 56 ، 97 ، 98 ، 101 ، 103

فجوة عصارية ملتقمة 98- 99

فجل *Raphanus* 158 ، 162 ، 195

فراولة *Fragaria* 142 ، 143 ، 159 ، 194

فرشة الملح *Atriplex confertifolia* 16

فسائل offsets 203

فلفل *Capsicum* 112 ، 113 ، 114

فلقة cotyledon 11

فلوكس *Phlox* 16

فوجير *Nephrolepis* 148

فول *Vicia faba* 1 ، 8 ، 12 ، 13 ، 17-18 ، 171 ، 225 ، 270 ، 271

فول سودانى *Arachis hypogoea* 108 ، 205 ، 206

فول صويا *Glycine maxima* 130

فيكس *Ficus* 139 ، 144 ، 262

قرع *Cucurbita pepo* 8 ، 117 ، 130 ، 148 ، 225 ، 247

قرنفل الزيت *Fugenia aromatica* 146 ، 259

قصب *Saccharum* 11 ، 113 ، 159

قصب الرمال *Ammophyila* 311 ، 314

قصرة testa 11 ، 12

قصعة scutellum 20

قصيبة trachied 125- 126

قطن *Gossypium* 8 ، 11 ، 20 ، 60 ، 66 ، 79 ، 117 ، 261، 264 ، 265 ، 267

قلقاس *Colocasia* 201 ، 202 ، 264

قلنسوة calyptra 152 ، 154 ، 155

قمح *Triticum* 8 ، 12 ، 13 ، 15 ، 22 ، 56 ، 58 ، 143 ، 159 ، 264 281

قناة لبنية laticiferous duct 29 ، 139 ، 143 - 145

كازورينا *Casuarina* 283 ، 311 ، 313

كاسيا *Cassia* 14

كافور *Eucalyptus* 10 ، 259 ، 311

كاكتس *Cactus* 312

كالس callus 108 ، 187 ، 243

كالوس callose 130 - 131

كامبيوم cambium 101- 105

بين حزمى interfascicular 231- 233

حزمى fascicular 231- 233

فلينى phellogen 136- 138

وعائى vascular 101- 105 ، 236- 238

كانا *Canna* 107 ، 200 ، 265

كتان *Linum usitassimum* 1 ، 122 ، 192 ، 290

كروموسوم chromosome 42 ، 43 ، 44 ، 79

كريزانثيميم *Chrysanthemum* 261

كشك الماظ *Asparagus* 60

كلا *Zantedeschia* 259

كليماتس *Clematis* 275

كمثرى *Pyrus communis* 120

كورمة corm 199 ، 201-202

كينا *Cinhona* 63

لافندر *Lavandula* 140 ، 142

لبخ *Albizzia lebbek* 257 ، 259 ، 262

لسين ligule 256

لفت *Brassica repa* 8 ، 158 ، 162 ، 195

لوز *Prunus amygdalus* 208-

لوف *Luffa* 225

لونيسرا *Lonicera* 263

ليبيا *Lippia* 194

ليلاك *Syringa vulgaris* 207

مانجو *Mangifera indica* 213

مجهر الكترونى 30- 33 ، 64

مجهر ضوئى 30- 33

محاليق tendrils 199

مرستيم حافى marginal meristem 286

مرستيم قمى apical meristem 154- 155 ، 172- 175 ، 215- 219
مشمش *Prunus armeniaca* 8 ، 10 ، 259 261 ، 263
مطاط *Hevea* 144 ، 145
منثور *Mathiola* 117 ، 272
منطقة الانتقال Transition zone 247- 248
منطقة إنفصال abscission zone 297- 298
مهلنبيكيا *Muehlenbeckia* 196 ، 197 ، 271 311
موالح 1 ، 146 ، 213
موز *Musa* 1 ، 11، 144 ، 264 ، 265 ، 274 294
مونوتروبا *Monotropa* 170
مونيسس *Moneses* 151
ميتوكوندريه mitochondrium 28 ، 29 ، 35 ، 51 - 53، 101 ، 103 ، 105
ميكورايزا mycorrhiza 169
نارنج *Citrus aurantium* 255
نبات (نباتات) plant
أرضية محبة للرطوبة hygrophytes 310
برمائية amphibious 307- 309
جفافية xyrophytes 311 - 322
حولية annuals 8
حولية فصلية ephemerals 8
ذات حولين biennials 8
طافية floating 306 - 307
عديدة الحمل polycarpic 10
عشبية herbs 7 ، 8
مائية hydrophytes 299 - 309
متحولة tropophytes 323
متساقط الأوراق deciduous 15
متسلقة lianas 8
مستديمة الخضرة evergreen 15
معمرة perennials 8
مغمورة submerged 303 - 305
ملحية halophytes 320 - 322
وحيدة الحمل monocarpic 15
وسطية mesophiytes 323
نجيل *Cynodon* 8 ، 200
نخشوش الحوت *Ceratophyllum* 300 ، 302
نخيل البلح *Phoenix dactylifera* 8 ، 11 ، 12 ، 13 ، 22-24 ، 69 ، 70 ، 213، 271
نخيل الدوم *Hyphaene thebaica* 192
نسيج نباتى plant tissue 95 - 149
إسفنجى spongy 288 - 289
إسكلرنشيمى sclerenchyma 120- 122
إفرازى secretory 139 - 146
إيرنشيمى aerenchyma 301
برنشيمى parenchyma 106- 110
بريديرم periderm 136 - 138
حجاب velamen 166
خشب xylem 123- 127
عمادى palisade 288 - 289
فلينى phellem 137
قشرة ثانوية phelloderm 137
كولنشيمى collenchyma 110-111
لحاء phloem 128 - 133

مرستيمى meristem 95 ، 96 - 105
ناقل transfer 133 - 135
وسطى mesophyll 288
نقر pits 69 - 76
نقير micropyle 12
نواة nucleus 25 ، 28 ، 39- 44
نيموفيلا *Nemophila* 16
نيوسيلة nucellus 12 ، 18 ، 26
هاكيا *Hakea* 122
هالوك *Orobanche* 16 ، 171
هيسكس *Hibiscus* 263
هيدروكاريس *Hydrocharis* 211
ودنة *Kalanchoe* 210 ، 272
ورد *Rosa* 117 ، 198 ، 199 ، 273
ورد الشمس *Drosera* 140 ، 278 ، 279
ورد النيل (أنظر ياسنت مائى)
ورقة (أوراق) leaf 7 ، 253-298
آكلة الحشرات insectivorous 278- 280
أنواع 270 - 280
تباين heterotrophy 265
ترتيب على الساق phyllotoxy 281 - 283
تساقط 297 - 298
تشريح 284- 298 ، 304 ، 305 ، 309 ، 314 ، 318 - 319 ، 324
حرشفية scaly 271
خضرية foliage 270
خضرية أولية prophyll 18 ، 271
دعامية supporting 276
زهرية floral 272
عنق petiole 255 ، 256
عوامة buoyant 275
فلقية coteledonary 13 ، 18 ، 270-271
قاعدة base 254 - 256
قنابية bracts 271 - 272
للحماية protective 272 - 275
مبادىء primordial 284- 285
متسلقة قابضة grasping 273 ، 275
مخزنة storage 277
مركبة compound 256- 259
مورفولوجيا morphology 254 - 283
نصل 256 - 287
نشوء وتكشف 284 - 287
وظائف 253
ونكا *Vinca* 264
ياسنت مائى *Eichhornia* 275 ، 276 ، 301 306 - 307
يوكا *Yucca* 244
يونيمس *Euonymus* 291 ، 292