

الباب التاسع

تأثير عوامل البيئة على مورفولوجيا

وتشريح النبات

معظم النباتات الراقية ذاتية التغذية ، فهي تقوم بنفسها بتصنيع ما تحتاجه من مواد عضوية ضرورية لمعيشتها ولنموها ، وذلك باستخدام الماء الممتص وثاني أكسيد الكربون الجوى والطاقة المستمدة من ضوء الشمس فى وجود الكلوروفيل ، فى تصنيع المواد الكربوهيدراتية ، ثم تكون باقى المواد العضوية وذلك فى وجود الأملاح الذاتية الممتصة من المحلول الأرضى . ونظراً لتوفر ثلثى أكسيد الكربون باستمرار فإننا نجد أن الماء والضوء هما عاملان يؤثران على نمو النبات ، فتتألم النباتات تبعاً لقلّة أو زيادة أحد هذين العاملين لى تتألم مع الظروف الشاذة الناتجة عن ذلك ، ويظهر أثر هذا التألم 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 المائية

النباتات المائية hydrophytes هى تلك النباتات التى تنمو مباشرة فى الماء لو فى تربة غدقة مشبعة بالماء أو مغطاة بالماء ، ولذلك فإن هذه النباتات ، وبخاصة جنورها تنمو فى وسط غنى بالماء فقير فى الأكسوجين ، ويرجع ذلك إلى أن لتر الماء يحتوى فقط على 6 سم³ من الأكسوجين الحر وعلى 0.3 سم³ من ثلثى أكسيد الكربون فى درجة 20 ° م بينما يحتوى لتر الهواء الجوى على 210 سم³

أكسوجين و 0.3 سم³ 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 النبات فقط دون الإمتصاص كما فى نبات تيلاندسيا *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 .

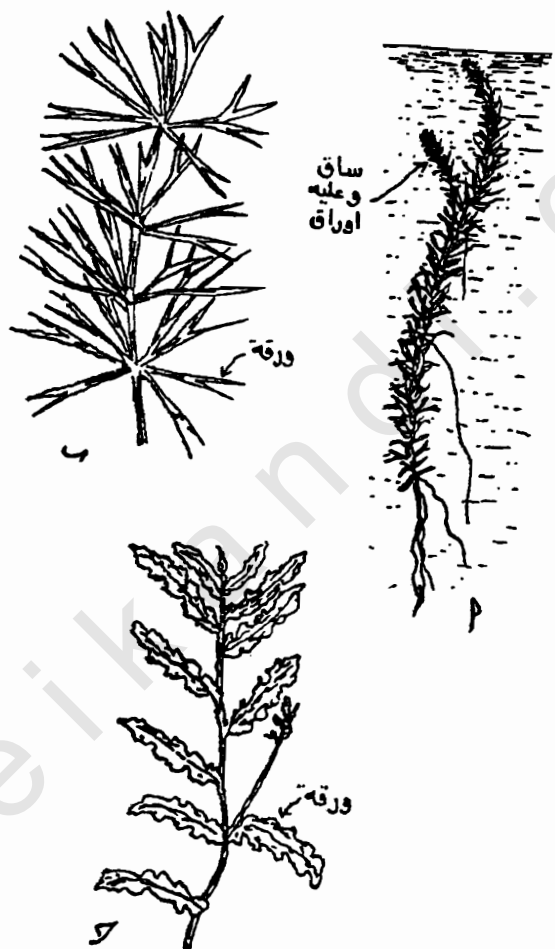
أوراق النباتات المائية المغمورة فى الماء تكون عادة مقسمة أو مجزأة وبذلك تزداد سطوح أوراقها ، وتزداد بالتالى فرص حصولها على أكبر كمية من الأكسوجين الموجود فى الماء . وكذلك فإن تجزؤ الورقة يقيها ضد التمزق بفعل تيارات الماء ، وذلك كما فى أوراق نبات حامول الماء والشقيق المائى ونخشوش الحوت ، أما الأوراق الطافية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

الخصائص التشريحية

يحدث تحول 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 مكينة أو ذات طبقة رقيقة من الكيتين ، 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 *Nymphaea* (شكل 6/9) والياسنت المائى *Eichhornia* . وتسمى الأنسجة من هذا النوع أنسجة إيرنشيمية *aerenchyma* . تخزن الأنسجة الإبرنشيمية فى فراغاتها وغرفها الهوائية الهواء الممتص من الماء وكذلك الغازات الناتجة عن عمليتى التمثيل الضوئى والتنفس ، كما تسمح بانتشار للغازات داخل أعضاء النبات ، وكذلك

بالانتشار السريع للأكسوجين المتكون من عملية التمثيل الضوئي إلى الأنسجة التي تقوم بعملية التنفس وتحتاج إلى الأكسوجين ، إذ من المعروف أن سرعة عملية التمثيل الضوئي 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

(ج) سلق الماء

(ب) نخشوش الحوت

(أ) إلوديا

فيستعمل جزء منه في التنفس نهاراً ويخزن الباقي لإستعماله ليلاً عند توقف عملية التمثيل الضوئي . وفي الليل يزداد تركيز ثاني أكسيد الكربون فيخزن بالفراغات الهوائية حتى الصباح ، حيث تقوم الأنسجة بإستخدامه في عملية التمثيل الضوئي . كذلك فإن تلك الفراغات الهوائية تساعد في تقليل الكثافة النوعية للنباتات وبالتالي تساعد في البقاء معلقة في الماء أو طافية على سطحه حتى تكون قريبة من الضوء .

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

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

توجد ثلاثة أنواع من النبات المائية ، للنباتات 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 وسيقاء الماء Potamogeton ونخشوش الحوت حيث نجد أوراقها تتجزأ إلى خيوط رفيعة لتزيد من مساحة سطح الإمتصاص (شكل 1/9 ب) .

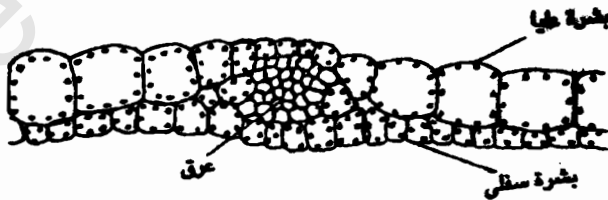
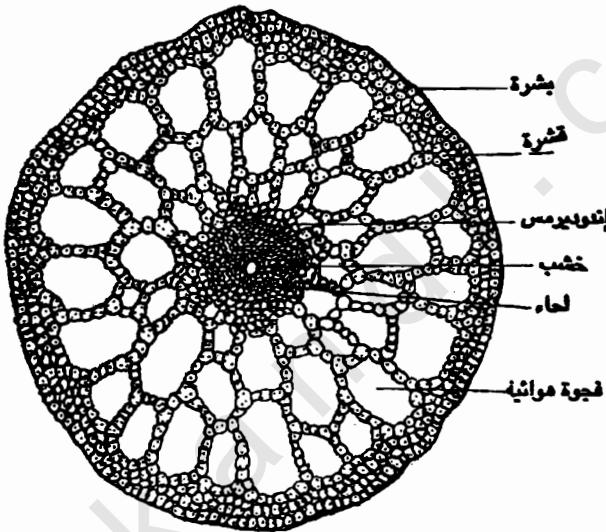
تشرح ساق الألوديا

إذا فحصنا قطاعاً عرضياً في ساق نبات الألوديا نلاحظ أنه يتكون من الخارج إلى الداخل كالآتي (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 أشربة كاسبار .

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



(شكل 2/9) : تشريح ساق وورقة الألوفا

أ) قطاع عرضى فى ساق الألوفا
ب) قطاع عرضى فى جزء من ورقة الألوفا

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

تشريح ورقة الألوديا

إذا فحصنا قطاعاً عرضياً في ورقة نبات الألوديا (شكل 2/9 ب) ، نلاحظ أن الورقة قد اختزلت كثيراً بالنسبة لأوراق النباتات الأرضية ، فالورقة رقيقة جداً وتتكون في 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 في مناطق العروق ، توجد حزم وعائية مختزلة لا تتميز عادة إلى خشب ولحاء أو أن الخشب غير موجود .



(شكل 3/9) : منظر لنبت العولم (ورد النيل)

2- النباتات الطافية

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

الياسنت المائى (العوام)

نبات مائى على سطح الماء يتكون من مجموعة من الاوراق وكل ورقة منتفخة مستديرة تقريباً ولها عنق منتفخ عوام . الجذور عديدة 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 البرنشيى ، والحزمة تتكون من لحاء للخارج وخشب للداخل ويوجد خارج اللحاء خلايا كولنشيمية على هيئة قبة cap ، توجد بلورات إبرية من أكسالات الكالسيوم مبعثرة فى القطاع وتكثر فى الغرف الهوائية.

3- النباتات البرمائية

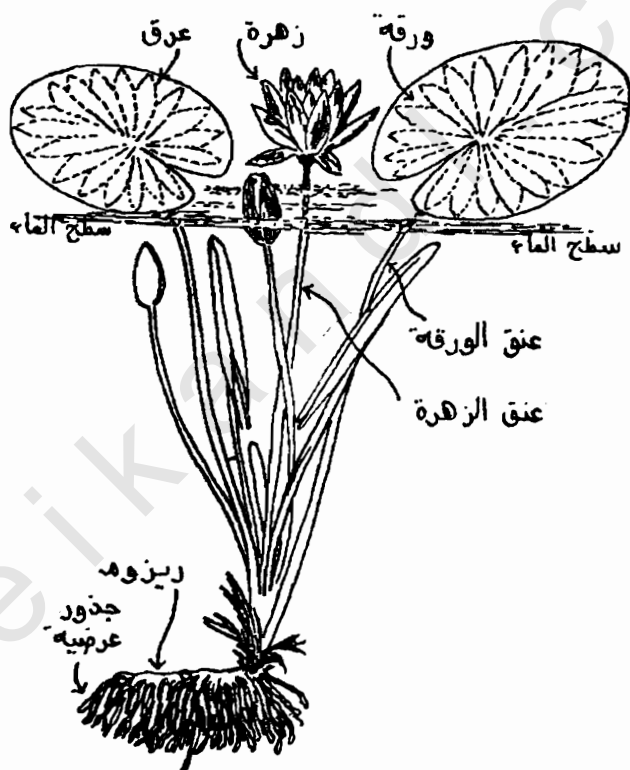
النباتات البرمائية amphibious plants هى نباتات حدثت بها تحورات تمكنها من المعيشة المائية وكذلك من المعيشة الأرضية ومنها نبات ذيل القط *Typha latifolia* والشقيق المائى والبشنين • معظم نباتات هذا النوع لها أجزاء أرضية تنمو سريعاً فى الأرض المغمورة بالماء ثم ينمو جزء منها هوائياً فوق سطح الماء • يقل درجة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

البشنين

يوجد فى مصر نوعان من البشنين ، هما البشنين الأبيض *Nymphaea 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 نعتت هذه الزهور على معظم التماثيل

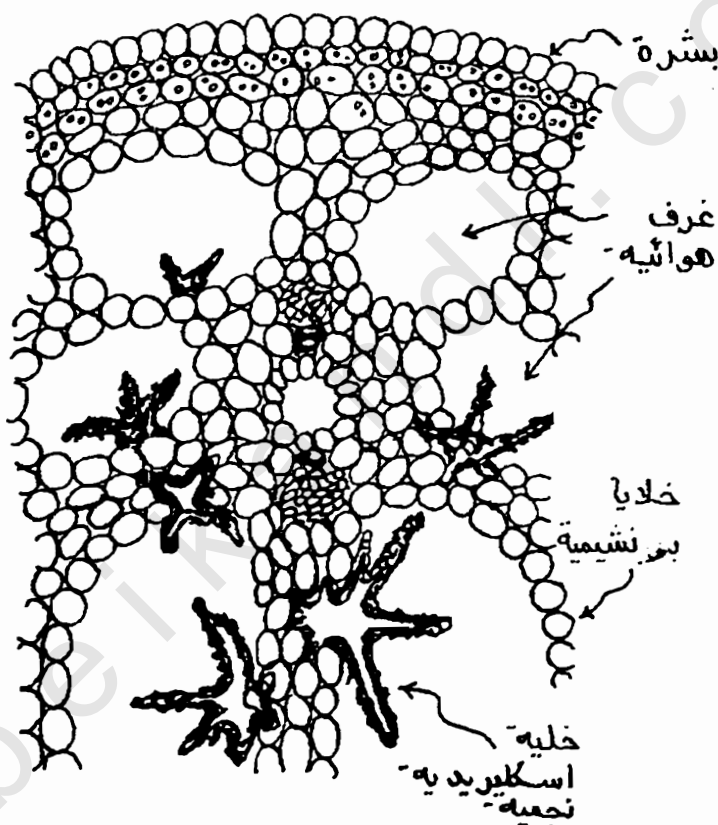
القديمة ، وقد أولع قدماء المصريين بهذه الزهرة فكانوا يحلون بها صدورهم ويزينون بها دورهم وكانت لها نفس المكانة لأزهار الورد في الوقت الحاضر ، وكانت زهرة اللوتس شعار إله النيل .

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 . والورقة مستديرة ذات شق لها عروق كبيرة واضحة تتفرع تفرعاً ثنائياً لتساعد على فرد نصل الورقة على سطح الماء (شكل 5/9) .



(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 إسكليريديّة 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* هي تلك النباتات التي تعرف بنباتات الظل الأستوائية الأصل ، وهي نباتات تنمو في 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 النتج . النباتات الأرضية المحبة للرطوبة تحدث لها تحورات لتشجيع النتج حيث أن الظروف البيئية لا تساعد على ذلك وذلك لتسهيل صعود العصارة والحصول أساساً على العناصر الذائبة في الماء التي يحتاجها النبات بعكس النباتات المائية التي تمتص الماء والعناصر الذائبة من أجزاء النبات المختلفة المغمورة فتقل حاجتها إلى النتج لتسهيل صعود العصارة .

تحورات النتج في النباتات الأرضية المحبة للرطوبة ، تظهر بصورة واضحة على اتصال أوراق تلك النباتات التي 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 وبالتالي زيادة سرعة النتج .

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

النباتات الجفافية

النباتات الجفافية xerophytes واسعة الإنتشار ، وتوجد فى ظروف بيئية يصعب معها الحصول على الماء ويسهل فيها النتج . فهى توجد عادة فى المناطق الصحراوية التى تشغل ما يزيد عن 25 % من مساحة الأرضى 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 النتج للإحتفاظ بأكبر قدر من الماء .

الخصائص المورفولوجية والفسولوجية

تحدث للأوراق تحورات الغرض منها تقليل مساحة سطوحها المعرضة للهواء الجوى ، مما يساعد على الإقلال من النتج ، فقد تتحور الأوراق إلى حراشيف كما فى الكازورينا والاسبرجس والمهالنبيكا (شكل 3/7 ب) ، أو إلى أشواك كما فى التين الشوكى (شكل 3/7 أ) ، أو تصبح إبرية كما فى الصنوبر *Pinus* ، أو تتحور الأنينات إلى أشواك كما فى السنط *Acacia* (شكل 11/8 ب) . وقد يقل نتج الأوراق بالتفافها حول نفسها كما فى نبات قصب الرمال *Ammophila* (شكل 7/9 أ) ، وقد يقل النتج 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 يخزن 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 أكسالييس *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 النتج ، ويتضح ذلك من مقارنة نتج حجم معين من نبات عصيرى بنتج حجم مماثل من نبات عادى حيث نجد أن النباتات العصيرية يقل فيها النتج كثيراً لصغر مساحة أسطحها ، فقد وجد أن النتج فى نبات الكاكتس الكروى *Cactus* أقل 600 مرة من نتج 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 التشريعى للنباتات الصحراوية لتمكنها من المعيشة تحت ظروف التوازن المائى المنخفض حيث يقل الماء الأرضى والجوى وتزداد فرص النتج • تختلف أنواع التحورات ومداها من نبات إلى آخر ، فنجد أن خلايا النباتات الجفافية تقل بوجه عام فى الحجم عن خلايا النباتات الوسطية ، كما تصبح جذرها أكثر سمكاً ، ويقل حجم المسافات البينية بها ، وكذلك يظهر التغليظ فى الجذر وبخاصة فى الجذر الخارجية للبشرة التى تغطى أيضاً

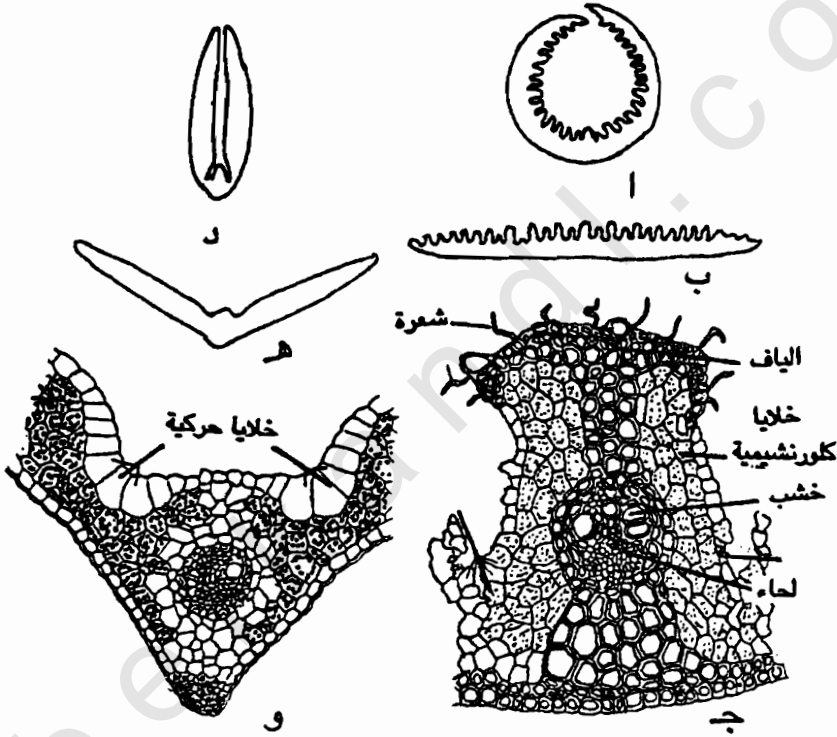
بطبقات سميكة من الأدمة قد تزيد في السمك عن سمك خلايا البشرة نفسها ، وكثيراً ما تتكون عليها طبقات من الشمع كما في نبات الصبار *Aloe* . الأدمة السميكة تكون ملساء ، فتساعد على عكس كثير من الضوء الساقط عليها فتحد من لارتفاع درجة حرارة النبات ولا يزداد النتح . كذلك فإن سمك طبقة الأدمة تقل كثيراً من النتح الأدمى cuticular transpiration ، وهو النتح الذى يحدث من خلال جدر خلايا البشرة . فالنتح الأدمى قد يصل في النباتات الوسطية إلى حوالى 10 % من النتح الثغرى ، وقد يقل كثيراً عن ذلك في النباتات الجفافية وقد يتمتع بتلثاً ، 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 النطلة (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 ثقية وأسرع من خلايا البشرة الأخرى فينفرد النصل ، وهكذا تلتف وتتفرد الأوراق تبعاً لقلة أو وفرة

الماء • توجد الخلايا الحركية بأعداد كبيرة هي 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 التقاف الأوراق •



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

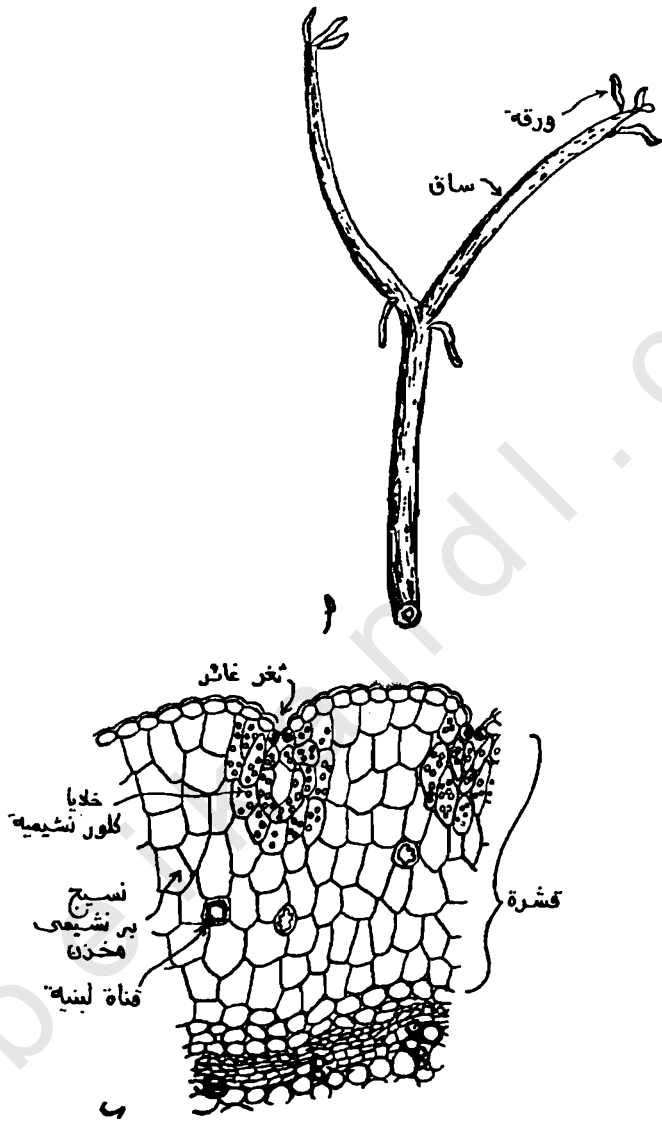
ورقة مقفولة وورقة مفتوحة ، وجزء من قطاع عرضى
فى ورقة قصب الرمال (أ - ج) وفى ورقة بوا (د - و)

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

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

يلاحظ في النباتات الجفافية إحتوائها على نسب عالية من الأنسجة الدعامية مما يساعد على مقاومة الذبول الفسيولوجى الناتج عن نقص الماء . وتشمل الأنسجة الدعامية الألياف والخلايا الإسكليرية والخلايا الملجننة الأخرى التى توجد عادة في الأوراق مغلقة للحزم الوعائية وقد تصل ما بين البشرة العليا والبشرة السفلى مكونة دعامة بشكل حرف I أو T . كذلك فلن شبكة الحزم الوعائية في أوراق النباتات الجفافية تكون أكثر منها في النباتات الوسطية .

في النباتات الجفافية العصارية توجد أنسجة خاصة لإحتزان الماء وهى تتكون عادة من خلايا برنشيمية يزداد بها حجم الفجوات العصارية وتقل أو تنعدم بينها المسافات البينية كما في سيقان نبات إيفوريا (شكل 8/9) ، وأحياناً تكون جدرها رقيقة كما في البيجونيا . وفي 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 في أوراق صبار الأاجاف *Agave* وبعض النباتات الملحية مثل نبات سلسولا *Salsola* والسويدا *Suaeda* (شكل 12/9) . وقد يخزن الماء في زوائد مثلية من البشرة كما في نبات الحى علم والأتريبلكس (شكل 14/5 ج) .



(شكل 8/9) : نبات إيفوربيا

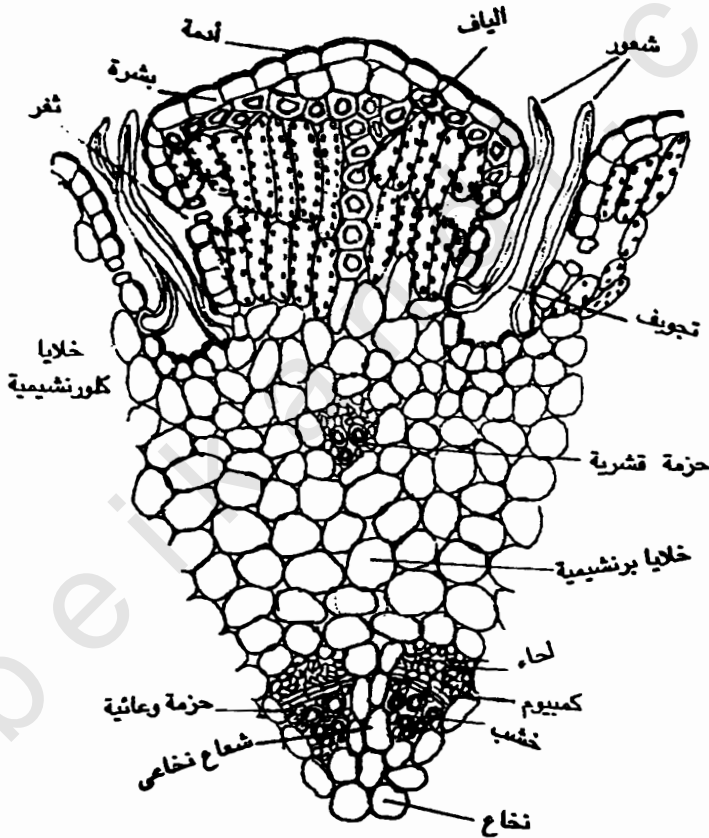
(ب) قطاع عرضي في جزء من الساق

(أ) ساق النبات

تشريح ساق الكازورينا

إذا فحصنا قطاعاً عرضياً في 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 ممس

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 إسكارنشيمية تمتد فى الوسط الداخلى 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 إسكارنشيمية تصل ما بين الغلاف النشوى واللحاء ، وتعتبر البريسكيل أو ألياف لحاء ابتدائى •

تشريح ورقة الدفلة

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

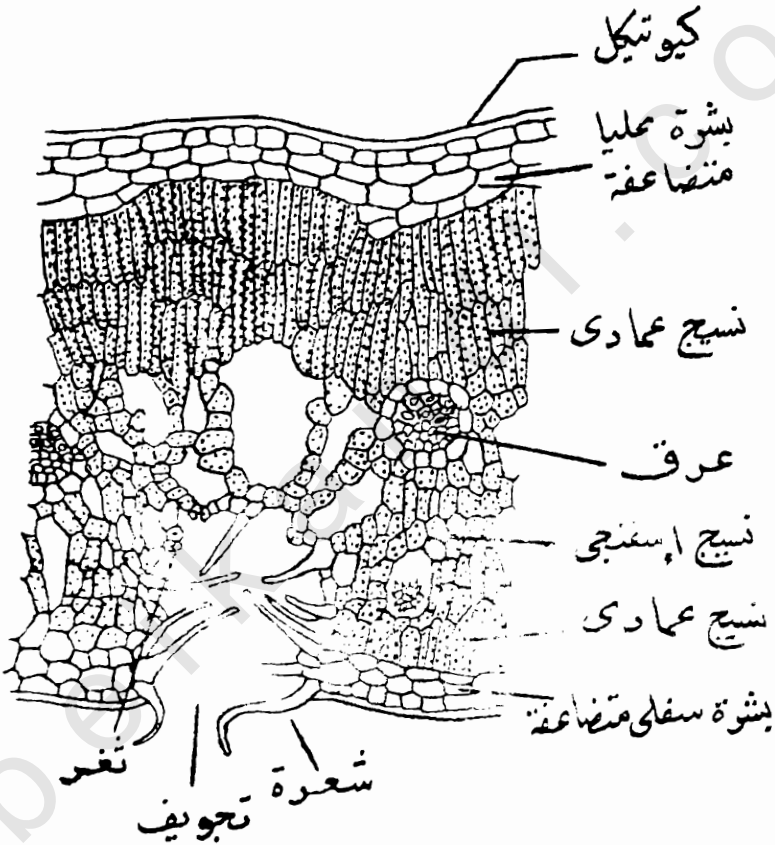
البشرة العليا : متضاعفة تتكون من طبقتين أو أكثر من الخلايا المتراسة ، وتغطى خلايا الطبقة الخارجية بطبقة سميكة من الأدمة •

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

بالجزمة 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 في البشرة العليا ، وتحتوى على الثغور داخل تجاويف بها شعور كثيرة .



(شكل 10/9) : جزء من قطاع عرضي في ورقة الدفلة

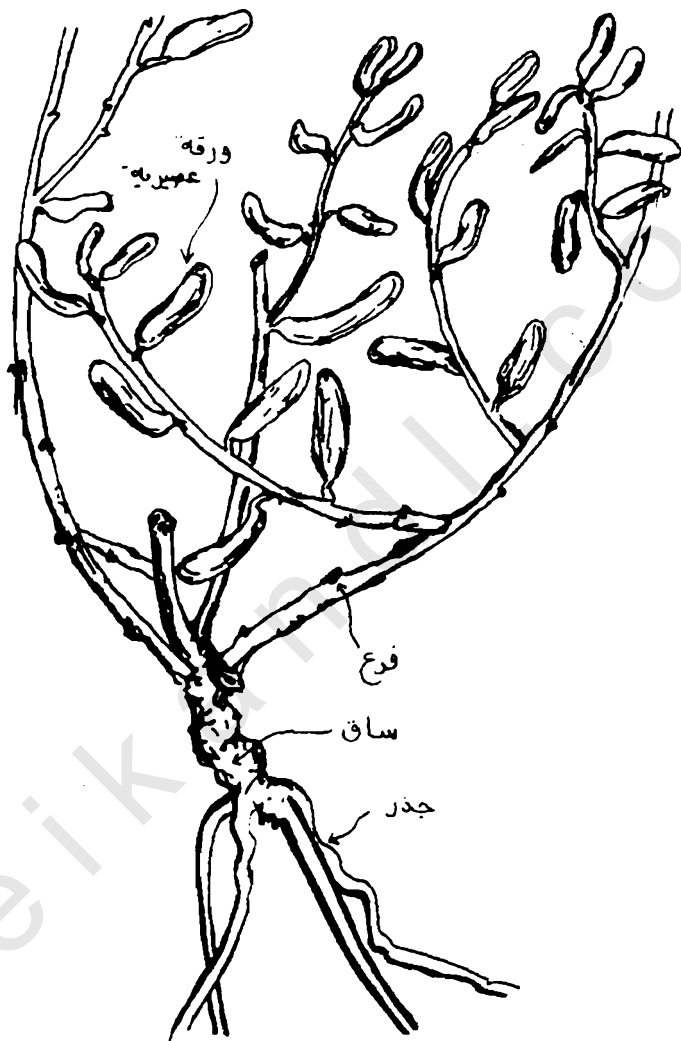
النباتات الملحية

تعتبر النباتات الملحية halophytes نباتات جفافية لحدوث تحورات بها تشابه ما يحدث في النباتات التي تنمو طبيعياً في أرض جافة ، رغم أنها لا تقاوم ظروف الجفاف ، بل تنمو في بيئة تتوفر بها الماء ، ونظراً لارتفاع درجة ملوحة ماء التربة فإن التحور الأساسى لهذه النباتات هو ارتفاع الضغط الاسموزى للعصير الخلوى لخلاياها بدرجة تمكنها من الاستفادة من الماء الأرضى ، فنجد أن الضغط الاسموزى للعصير الخلوى لخلايا نبات الخريزة *Salicornia* ونبات السويدا *Suaeda* يصل إلى 80 ضغط جوى . وقد يصل في نوع من نبات أتريلكس *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 . وفي حالة النباتات التي تكون جذوراً تنفسية مثل ابن سينا نجد أن الجذور التنفسية تتكون بوفرة ويحدث الإمتصاص طبيعياً .

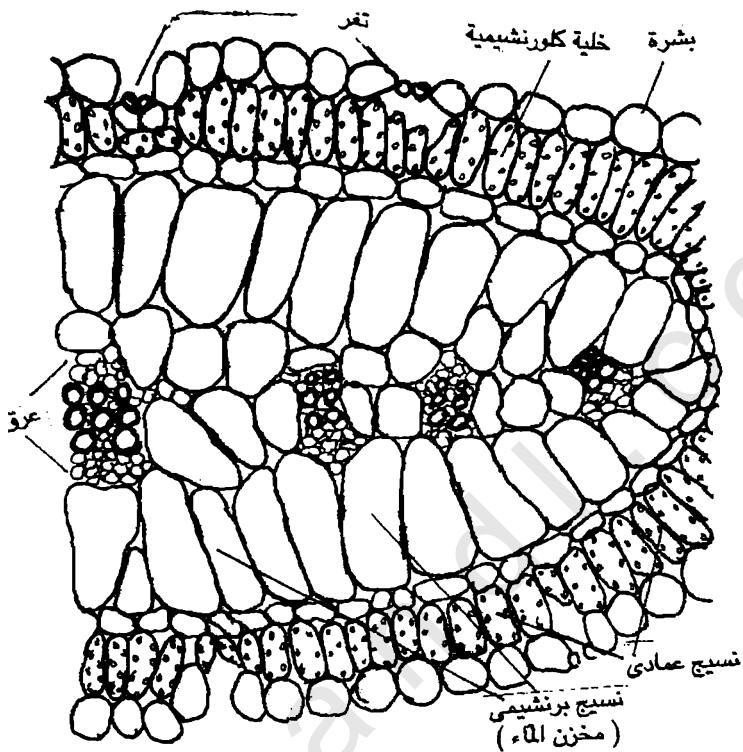
عموماً فإن التحورات الأساسية المورفولوجية والتشريحية للنباتات الجفافية تشاهد أيضاً في النباتات الملحية ، وذلك من حيث التحورات الخاصة بتخزين الماء وتقليل النتج كما في نبات سلسولا والسويدا ، فأوراقها العصارية تحتوى على خلايا مخزنة للماء قليلة المسافات البينية ، تحاط بطبقة واحدة من نسيج عمادى .

السويدا

نبات صغير كثير التفريع وله أوراق عصارية منتفخة (شكل 11/9) . بعمل قطاع عرضى في الورقة نجد أن خلايا طبقة البشرة شبه كروية منتفخة ، توجد ثغور على البشرة ، كما توجد إنخفاضات في البشرة توجد في 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

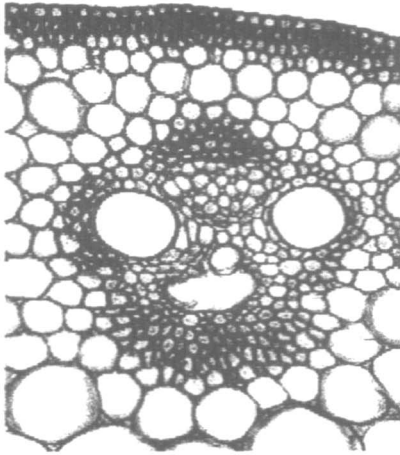


(شكل 12/9) : جزء من قطاع عرضي في ورقة السويدا

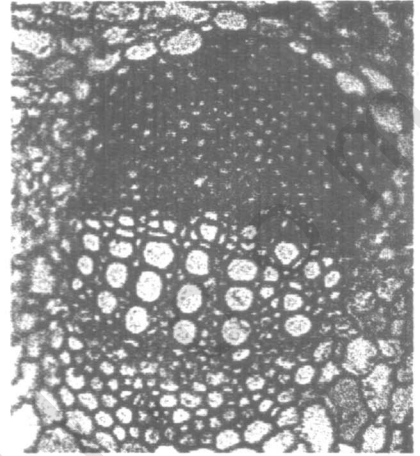
النباتات الوسطية

تنمو النباتات الوسطية mesophytes فى بيئات لا هى بالشديدة الجفاف ، ولا هى بالشديدة الرطوبة ، فى ظروف متوازنة من حيث وفرة الماء بالتربة ودرجة التبخر ، ويكون المحلول الغذائى الأرضى ، فى نفس الوقت لا هو بالمخفف جداً ولا هو بالمركز ، وتكون كمية الأكسوجين حول الجذور معتدلة . مثل هذه النباتات لا تظهر عليها عادة تحورات خاصة ، بل تمثل حالة وسطية بين النباتات المائية والنباتات الجفافية . هذه النباتات لها مجموع جذري وآخر خضري جيدى التكشف ، تنمو نمواً سريعاً إذا ما قورنت بنمو النباتات المائية والنباتات الجفافية ، مساحة أوراقها كبيرة ، وطبقة البشرة بها وكذلك الكيوتين الذى يغطيها رقيقان نسبياً ، والثغور غير محمية ، أنسجتها الوعائية متخصصة بدرجة كبيرة (شكل 19/8 ، 22/8) .

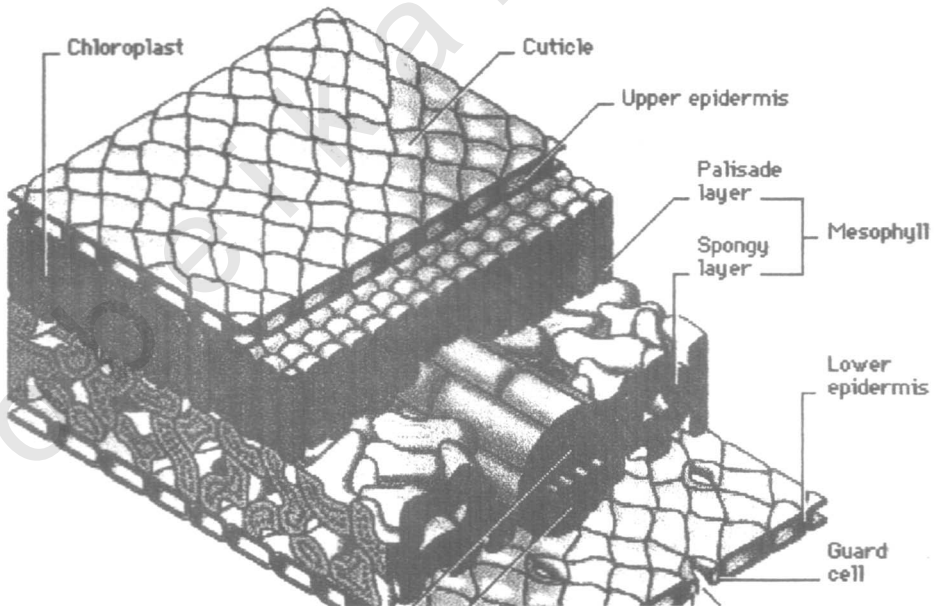
فى بعض الحالات نجد أن النباتات الوسطية تحدث بها تغيرات تجعلها مقاربة للنباتات الجفافية ، كما فى حالة الأشجار المتساقطة الأوراق وبعض النباتات العشبية المعمرة ، حيث تكون نباتات وسطية صيفاً ونباتات جفافية شتاء ، ولذلك يطلق عليها نباتات متحولة tropophytes . يحدث التحول لهذه النباتات شتاءً إلى نباتات جفافية نسبياً نتيجة لصعوبة إمتصاص جذورها للماء بسبب البرودة ، فلا يتوازن نتح المجموع الخضري مع قدرة جذورها على الإمتصاص ، فتتساقط أوراق الأشجار وتبقى الأفرع عارية عدا من البراعم والتى تكون مغطاة ومحمية بواسطة الحراشيف العازلة ، كذلك فإن الأجزاء الخضرية الموجودة فوق سطح التربة فى الأعشاب المعمرة تموت أو تتساقط عند برودة الجو خريفاً وشتاءً ، وتبقى الأجزاء الأرضية فقط كالريزومات والدرنات والكورمات والأبصال التى تستعيد نشاطاتها عند تحسن الجو فى الربيع .



حزمة وعائية فى ساق
نبات ذات فلقة واحدة



حزمة وعائية فى ساق
نبات ذات فلقتين



رسم مجسم لورقة نبات ذات فلقتين

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

- 1 - السواح ، محمد وجدى و حسين العروسى (1964) : أساليب 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 متقريوس و عبد الحليم نصر و عبد الحليم منتصر (1963) : أسس علم النبات ، دار المعارف بمصر .
- 7 - حسونة ، محمد جمال الدين (1972) : أساليب فسيولوجيا النبات ، دار المعارف بمصر .
- 8 - فكرى ، محمد عزيز و عماد الدين الشيشينى (1965) : الخلية من النواحي السيتولوجية والبيوكيماوية والوراثية ، الجزء الأول ، الدار القومية للطباعة والنشر .
- 9 - مجاهد ، أحمد محمد و مصطفى عبد العزيز وأحمد الباز يونس و عبد 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., Iowa.

- 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- Lawrence, G.H.M. (1968) : Taxonomy of Vascular Plants. The Macmillan Co., New York.
- 25- Mc Lean, R. C. and W.R. Lvimy-Cook. (1967) : Textbook of Theoretical 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. Structure 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. Rinehart and Winston, New York.
- 33- Reed, H.S. (1942) : A Short History of the Plant Sciences. Chronica, U.S.A.
- 34- Richardson, M. (1968) : Translocation in Plants. Edward Arnold Ltd, London.
- 35- Robbins, W.W., T.E Weier, and C.R. Stocking (1958) : Introduction to Plant Science. 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 Journal 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 Jersey.
- 43- Street. H.E. (1967) : Plant Metabolism. Pergamon Press. Oxford.
- 44- Swanson, C.P. (1964) : The Cell. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- 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 Press, 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 أبجدي

- إكويسيتيم *Equisetum* 215 ، 216
 إلوديا *Elodea* 211 ، 229 ، 301 ، 302 ،
 303 - 305
 أليف خضب 126-127
 أليف لحاء 132
 لم اللين *Euphorbia* 144 ، 214
 أنابيب دقيقة microtubules 36 ، 55 ، 83
 أنابيب غربالية sieve tubes 39 ، 128-131
 أنابيب لبنية latex tubes (انظر قنوات لبنية)
 أنبات gemination 11 - 27
 أرضى hypogaeal 13 ، 18 ، 20 ، 22
 هوائى epigeal 13 ، 18 ، 24 ، 26
 أنتيجونن *Antigonon* 199
 إندومبرم 11
 إتصلم الخلية النباتية 79-93
 أنيمون *Anemone* 261
 أوركيڊ orchid 16 ، 29 ، 169
 أوعية خضبية vessels 123-125
 إنيوميا *Ipomea* 266
 أيريولات areolae 290-291
 إيغوربيا *Euphorbia* (انظر بنت اللقنصل)
 بلارة seedling 13
 باميفلورا *Passiflora* 199
 بالاكريم *Palaquium* 145
 بقميه *Viola tricolor* 255
 بتمبورم *Piltsporum* 259 ، 263
- أبضال bulbs 199 ، 202-203
 ابن مينا *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 سلقى branch trace 230-231
 أثر ورقى leaf trace 230-231
 أثل *Tamarix* 70
 أجاف (انظر صبار *Agave*)
 أذنة auricle 256
 أذينة stipule 254
 أزاليا 257 ، 263
 أرز *Cedrus* 212
 أرز *Oryza* 1
 أروكلريا *Araucaria* 212
 أريارتي *Iriarti* 160 ، 162
 أريستولوخيا *Aristolochia* 224 ، 236 ،
 237 ، 312
 إريودنرون *Eriodenron* 160 ، 161
 أسبرجس *Asparagus* 162 ، 196 ، 311
 إسفنجان *Acer* 103
 أكاسيا *Acacia* 255 ، 256 ، 270
 أكسالييس *Oxalis* 200 ، 256 ، 257 ، 312

بطاطا *Ipomea batatas* 210 ، 209 ، 162
 بطاطس *Solanum tuberosum* 56 ، 7 ، 1
 201 ، 200 ، 159 ، 110 ، 58
 بطيخ *Citrullus vulgaris* 14
 بلابل 211-210
 بلاتانس *Platanus* 118 ، 117
 بلارجونيوم *Pelargonium* 231 ، 224 ، 11
 262
 بلازم أساسى ground plasm 36 ، 35
 بلازمودزمات plasmodesmata 69 ، 36
 113 ، 71
 بلاستيدات plasids 51-47
 بلاستيدات خضراء chloroplasts 35 ، 29
 49 -47
 بلاستيدات عديمة اللون leucoplasts 51-49
 بلاستيدات ملونة chromoplasts 50 ، 49
 بلانتاجو *Plantago* 265
 بلح (انظر نخيل البلح)
 بلورات crystals 62-60 ، 58
 بلوط *Quercus* 292 ، 242 ، 200 ، 138
 بن *Coffea arabica* 69 ، 63
 بنت القنصل *Euphorbia* 316 ، 315 ، 141
 بنجر *Beta vulgaris* 158 ، 63 ، 12 ، 8
 266 ، 195
 بنفسج *Viola odorata* 259
 بنكريشيام *Pancreatium* 163
 بوا *Poa* 314
 بوانسيانا *Poinciana* 257 ، 254 ، 10
 بوهينيا *Bauhinia* 262 ، 259 ، 237 ، 236
 بيجونيا *Begonia* 229 ، 209 ، 122 ، 60
 272

بجنونيا *Begonia* 276 ، 274 ، 237
 بذور seeds 27-11
 إندوسبرمية endospermic 12
 غير إندوسبرمية exendospermic i i
 برايوفيللم *Bryophyllum* 272
 بربرى *Berbris* 274 ، 273
 بردى *Cyperus papyrus* 301 ، 228
 برسيم *Trifolium alexandrinum* 225 ، 224
 262 ، 259
 برسيم حجازى *Medicago sativa* 114 ،
 249 ، 229
 برعم bud 210-207
 إبطى axillary 207 ، 192 ، 19 ، 9 ، 7
 إضافى accessory 207
 طرفى teminal 207 ، 192 ، 9 ، 7
 عرضى adventitious 210 ، 209
 مختلط mixed 207
 بروتوبلازم protoplasm 55 ، 36
 بروتوبلاست protoplast 29
 بروسيربيانكا *Proserpinaca* 269 ، 267
 بريسبرم perisperm 12
 بروفيللم 210 ، 209
 بسباسة caruncle 18
 بسلة *Pisum sativum* 120 ، 58 ، 56 ، 15
 290 ، 275 ، 255 ، 122
 بسلة الزهور *Lathyrus odoratus* 249 ، 248
 273
 بشنين *Nymphaea* 309-307 ، 120
 بصل *Allium cepa* 26-24 ، 13 ، 11 ، 8
 259 ، 203 ، 202 ، 195 ، 174 ، 94
 294 ، 271

- 166 photosynthetic شمسية
155 ، 164 respiratory تنفسية
157 ، 155 ، 7 secondary ثانوى
187 - 185 جانية
159 ، 22 ، 21 seminal جنينى
163 tuberous درنية
161 ، 160 buttress دعامة سائدة
161 ، 160 prop دعامة هوائية
160 ، 160 lifting prop دعامة هوائية زافعة
162
166 knee ركبة
164 ، 163 contractile شادة
170 haustoria طفيلية منصبة
187 - 185 ، 159 adventitious عرضية
168 ، 167 buoyant عوامية
163 ، 158 storage مخزنة
157 - 154 مناطق
171 - 152 morphology مورفولوجى
188
158 ، 157 ، 7 tap وندى
11 radicle جذير
280 ، 279 *Nepenthes* الجرة
258 *Eruca sativa* جرجير
135 *Greggia* جرجيا
109 ، 108 ، 11 ، 8 *Daucus carota* جزر
162 ، 158
53 ، 26 spherosome جسم كروى
301 ، 167 *Jussieu* جسيوا
163 *Gladiolus* جلايولس
262 *Gloriosa* جاوريز
- 55 ، 26 peroxisomes بيروكسيسومات
166 ، 162 ، 160 *Taxodium* تاكسوديم
205 torus تخت
20 ، 12 *Lupinus termis* ترمس
212 acropetal succession تعاقب قمى
281 ، 255 ، 207 ، 114 *Pyrus malus* تفاح
166 *Taeniophyllum* تنيو فيلم
209 ، 10 ، 8 ، 213 *Morus alba* توت
242
1 *Hibiscus cannabinus* تيل
300 ، 277 *Tillandsia* تيلانديسيا
242 - 241 tyloses تيلوزات
261 ، 7 *Ficus carica* تين
161 ، 160 *Ficus bengalensis* تين بنغالى
272 ، 204 ، 197 ، 196 *Opuntia* تين شوكى
311
315 ، 61 *Ficus elastica* تين مطاط
203 *Tulip* تيوليب
116 - 114 ، 4 stomata ثغور
211 ثوم
143 ، 142 hydathodes ثغور مائية
93 ، 92 - 91 ، 78 - 64 call wall جدار خلوى
189 - 151 root جذر (جذور)
157 ، 7 primary ابتدائى
189 - 188 ، 187 - 172 anatomy تشريح
252 - 251 ، 190
169 - 168 symbiotic تعاونية
secondary thickening تغليظ ثانوى
246 - 231 ، 184 - 182
168 reproductive تكاثرية

- 320 *Salicornia* خريزة
- 16 *Lactuca sativa* خس
- wood خشب
- 239 spring ربيعي
- 262 - 240 heart صممي
- 240 summer صيفي
- 242 - 240 sap عصيري
- 239 early مبكر
- 240 late متأخر
- 261 ، 63 *Papaver somniferum* خشخاش
- 262 *Argemone maxicana* خشخاش شوكي
- 274 ، 273
- خف الجمل (أنظر بوهينا)
- 149-29 ، 4 plant cell خلية نباتية
- 122-120 sclerenchyma اسكلرنشيمية
- 122-120 sclereid اسكلريدية
- 139 secretory إفرازية
- 149 ، 122 fiber ألياف
- 179-177 endodermis إندوديرم
- 102 ، 94 ، 86-79 division إنقسام
- 91 - 86 meiosis إختزال
- 94 ، 85-80 mitosis غير مباشر
- 81 ، 80 direct مباشر
- 149 ، 110-106 parenchyma برنشيمية
- 126 برنشيمية خشب
- 133 برنشيمية لحاء
- 107 prosenchyma بروزنشيمية
- 149 ، 119-112 epidemis بشرة
- 116-115 guard حارسة
- 15 *Ficus sycamorus* جميز
- 12 ، 11 embryo جنين
- 35 ، 29 golgi apparatus جهاز جولجي
- 105 ، 101 ، 97 ، 54-53 ، 38
- 199 ، 198 ، 197 *Bougainvillea* جهنمية
- 272
- 161 ، 160 ، 120 ، 95 *Psidium* جوافة
- 297 *Juglans* جوز
- 44 ، 43 gene جين
- 171 ، 170 *Cascula* حامول
- 300 ، 279 ، 278 *Utricularia* حامول الماء
- 11 pollen grain حبة لقاح
- 161 ، 160 ، 8 ، *Hedera helix* حبل المساكين
- 162
- 194 حبل المساكين الأرضي
- 12 funicle حبل سرى
- 58 ، 57-56 ، 51 starch grain حبيبة النشا
- 59 ، 57 eleurone grain حبيبة الليرون
- 256 *Phragmites communis* حجنة
- 144 ، 142 ، 140 *Urtica* حريق
- 148 - 147 ، 148 ، 181 vascular bundles حزم وعائية
- 47 - 39 DNA حمض دياكسي ريبوز نووي
- 47 - 39 RNA حمض ريبوز نووي
- 63 حنك السبع
- 281 ، 209 ، 105 ، 10 *Populus* حور
- 277 ، 117 ، *Mesembryanthemum* حى علم
- 315 ، 312
- 14 *Brassica campestris* خردل
- 12 ، 11 ، 8 ، *Ricinus cominunis* خروع
- 271 ، 264 ، 261 ، 20-18 ، 13

8 Zea mays نرّة
 15 ، 13 ، 12 ، 11 ، 79 ، 22-20 ، 167 ، 161 ، 160 ، 159 ، 174 ، 228 ، 227 ، 226 ، 190 ، 314 ، 295
 307 *Typha latifolia* ذيل القط
 204 *Rafflesia* رافليزيا
 18 raphe رافى
 122 *Boehmeria nivea* رامى
 314 ، 313 *Retama* رتم
 118 ، 117 *Portulaca oleracea* رجلة
 277 ، 276 *Zygophyllum* رطريط
 63 رمان
 238 *Robinia* روبينيا
 47-45 ، 44 ، 28 ، 26 ribosome ريوسوم
 262 *Ocimum* ريحان
 200-199 ، 194 rhizome ريزوم
 11 plumule ريشة
 281 ، 138 ، 137 *Fagus* زان
 109-108 ، 11 tissue culture زراعة أنسجة
 152-151
 306 ، 300 *Pistia* زقيم
 294 ، 203 ، 202 ، 107 *lilium* زنبق
 119-117 ، 114 trichomes زوائد البشرة
 273 *Zpombia* زومبيا
 122 ، 119 ، 117 *Olea europaea* زيتون
 239 *Tilia* زيزفون
 256 *Zinnia* زينيا
 252-191 ، 7 stem ساق
 203 -199 subterranean أرضية
 213 columnar أسطوانى

314-313 ، 294 bulliform حركية
 294 ، 112 silica سليكا
 146 epithelium طلانية
 139 gland غدية
 132 sieve غربالية
 294 ، 149 ، 112 ، 29 cork فلين
 216 ، 215 apical قمية
 149 ، 107 chliorendiyma كلورنشيمية
 111 ، 110 collenchyma كولنشيمية
 149
 132 companion مرافقة
 105-96 ، 16 meristem مرستيمية
 135-133 transfer ناقلة
 280-279 *Dionaea* خناق الذباب
 114 *Prunus persica* خوخ
 11 *Datura* داتورا
 163 ، 162 ، 60 *Dahlia* داليا
 108 ، 16 ، 11 *Nicotiana* دخان
 292 ، 264 ، 130
 228 ، 182 ، 148 ، 60 *Dracaena* دراسينا
 246-244 ، 231
 201 ، 200 ، 199 tuber برنة
 290 ، 293 ، 207 *Nerium oleander* دفلة
 315 ، 313 ، 292 ، 291
 262 ، 261 ، 259 ، 207 *Duranta* دورنتا
 283
 213 ، 192 *Hyphaena thebaica* دوم
 277 ، 276 *Dischidia* ديشيديا
 310 *Dieffenbachia* ديفنباخيا

- تركيب ابتدائي 220
- تشرح 215-252 ، 303-305 ، 316 ،
- 318-324 ، 317
- تفرع 192 ، 212-214
- تغليظ ثانوي 231-246
- تمثيلية 195-196 ، 197
- جارية 193-194
- حلقات نمو 238-240
- ريزومية 193 ، 194
- زاحفة 193
- زهريّة 205
- صادقة المحور 194
- طفيلية 204
- قائمة 195
- قرصية 195
- قرمية 193 ، 195
- قصيرة 195
- قمة نامية 215-219
- كاذبة المحور 194
- للحماية 196-198
- متورقة 196
- متورقة 196
- متسلقة 193 ، 198-199
- مخروطي 212
- مخزنة 203-204
- ملتفة 198
- مورفولوجيا 192-214
- ندب 192
- وظائف 191
- سامبيوكس 110 *Sambucus*
- ست الحسن 198 *Ipomea*
- الست المستحية 254 ، 273 *Mimosa potica*
- 274
- ستانهوبي 166 ، 167 *Stanhopea*
- ستيراكس 117 ، 118 *Styrax*
- سرة hilum 12
- سرسوع 257 *Dalbergia sissoo*
- سفندر 196 ، 197 ، 271 *Ruscus*
- سلامية 7 ، 9 ، 192 internode
- سلة 265 ، 312 *Zilla spinosa*
- سلسولا 315 ، 320 *Salsola*
- سلفيا 111 *Salvia*
- سلق الماء 302 *Potamogeton*
- سمار 107 *Juncus*
- سميلاكس 273 ، 275 *Smilax*
- سنتوريا 270 ، 290 *Centaurea*
- سنط 255 ، 257 ، 273 ، 274 ، 311 *Acacia*
- سوسن 112 ، 113 ، 114 ، 200 *Iris*
- سويدا 315 ، 320-322 *Suaeda*
- سويقة جنينية سفلى 13 hypocotyl
- سويقة جنينية عليا 13 epicotyl
- سيتوبلازم 36-38 cytoplasm
- سيسل 122 ، 262 ، 273 *Agave sislana*
- سيكوايا 8 *Sequoia*
- سيلين 198 ، 214 *Silene*
- شاي 63 ، 120
- ثبث 261 *Anethum graveolens*

- 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 16 cotyledonary stalk
- عوام (أنظر يامننت ماني)
- غدة رحيقية nectary gland 141 ، 142
- غدة مائية water gland 143
- غرغار *ulmus* 262
- غشاء بلازمي خارجي ectoplast 35 ، 37 ،
97
- غشاء بلازمي فجوي 35 tonoplast
- غلاف نشوي 223 starch sheath
- غمد فلقى 22 cotyledonary sheath
- فاصوليا *Phaseolus vulgaris* 56 ، 58 ،
120 ، 247 ، 248 ، 256 ، 257
- فجوة إفرازية 139 secretory cavity
- فجوة عصارية 35 ، 55 ، 56 ، 97 ، 98 ، 101 ،
103
- فجوة عصارية ملتقمة 98-99
- فجف *Raphanus* 158 ، 162 ، 195
- فراولة *Fragaria* 142 ، 143 ، 159 ، 194
- فرشة الملح 16 *Atriplex confertifolia*
- فسائل 203 offsets
- فلفل *Capsicum* 112 ، 113 ، 114
- فلقة 11 cotyledon
- فلوكس *Phlox* 16
- فوجير *Nephrolepis* 148
- شبكة إندوبلازمية endoplasmic reticulum
36 ، 38
- شبكة كروماتينية chromatin reticulum 42
- شبكة ميلينية myelinic network 103
- شبيب *Xanthium* 15
- شريط كاسبار casparian strip 177 ، 178
- شعور غدية glandular hairs 140
- شعير *Hordeum* 8 ، 12 ، 13 ، 22 ، 159 ،
255
- شعيرات جنزية root hairs 7 ، 155 ، 156 ،
176
- شغاف 18 tegmen
- شقيق ماني *Ranunculus aquatilis* 264 ،
265 ، 300 ، 307
- شيكوريا *Cichorium* 144 ، 220
- صبار 141 ، 244 *Aloe*
- صبار 10 ، 210 ، 312 ، 315 *Agave*
- صفصاف 8 ، 170 ، 241 *Salix*
- صنوبر 11 ، 26 ، 27 ، 139 ، 145 ،
146 ، 169 ، 195 ، 217 ، 218 - 259
271 ، 311 ، 313
- طماطم *Lycopersicum* 7 ، 114 ، 117 ،
118 ، 143 ، 267 ، 268
- عائق 266 *Delphinium*
- عاقول 196 ، 312 *Alhagi*
- عباد الشمس 222 ، 223 ، 224 ،
292 *Helianthus*
- عس الماء 300 *Lemna minor*
- عديسة 137 ، 138 *lenticel*
- عرف الديك 15
- عقد 243 knots

- حزمى fascicular 231-233
 فلينى phellogen 136-138
 وعائى vascular 101-105 ، 236-238
 كانا *Canna* 107 ، 200 ، 265
 كتان *Linum usitatissimum* 1 ، 122 ، 192 ،
 290
 كروموسوم chromosome 42 ، 43 ، 44 ،
 79
 كريسانثيمم *Chrysanthemum* 261
 كسك الماظ *Asparagus* 60
 كلا *Zantedeschia* 259
 كليماتس *Clematis* 275
 كمثرى *Pyrus communis* 120
 كورمة corm 199 ، 201-202
 كينا *Cinchona* 63
 لافندر *Lavandula* 140 ، 142
 لبخ *Albizia 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 الكرونى 30-33 ، 64
 مجهر ضوئى 30-33
 محاليق tendrils 199
 مرستيم حافى marginal meristem 286
 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 *Ammophyla* 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
 قلقال *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
 كاككتس *Cactus* 312
 كالس callus 108 ، 187 ، 243
 كالوس callose 130 - 131
 كامبيوم cambium 101-105
 بين حزمى interfascicular 231-233

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

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