الباب الخامس عشر

الورقة The Leaf

تعتبر الورقة ثانى وحدات المجموع الخضرى ، وهى ذات أهمية فسيولوجية كبيرة فى النباتات الراقية ، حيث يحتوى هذا العضو على المنطقة الأساسية التى تحدث بها العملية الحيوية المسماة بعملية التمثيل الضوئى . وتكون الأوراق نسبة كبيرة من مساحة المجموع الخضرى ، ولها علاقة كبيرة بعدة أجهزة كالجهاز الميكانيكى ، والوعائى ، والماص ، وجهاز التخزين .

وتنشأ الأوراق فى السوق الخضرية كنتوءات صغيرة مرستيمية فيما يسمى بالأوراق الأولية ، فى نظام متعاقب قمى على القمة النامية للساق . ويمتاز تكوين الأوراق فى معظم النباتات بالنمو الطرفى المبكر . وينشط النمو عادة فى وقت الربيع بالنسبة للبلوغ السريع لكل الأنسجة وللزيادة الكبيرة فى أحجام الأوراق . وتحدث الخطوة النهائية لتكوين الأوراق فى درجات معقدة من حيث امتداد الخلايا وانقسامها ، غير ان النسيج الخاص بعملية التمثيل الضوئى (وخصوصاً طبقة أو طبقات الخلايا العمادية) هو الذى يبلغ أخيراً .

وتعتبر الورقة من الوجهة التشريحية كامتداد جانبي للساق ، بالنسبة لاشتمالها على معظم الأنسجة التى يتألف منها محور النبات ، كنسيج البشرة والقشرة وكذا الاسطوانة الوعائية ، إلا أن نظام وضع هذه الانسجة وتركيبها يختلف فى الورقة عما هو فى الساق . وتتركب أنصال الأوراق عموما من ثلاث مناطق رئيسية وهى ، البشرة ، والنسيج الوسطى أو الميزوفللى ، ثم النسيج الوعائى .

التركيب التشريحى لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقتين

لما كانت أنصال الأوراق منبسطة أومسطحة غالبا ، فانها تتميز تبعاً لذلك الى وجهين أو سطحين . وتكون أنصال الأوراق بالنسبة لوضعها فى البراعم المختلفة ذات وجهين ، يكون أحدهما قريباً من المحور الأصلى للساق بينما يكون الآخر فى الناحية المقابلة بعيداً عن هذا المحور . وفى وقت نمو البراعم وخصوصاً فى زمن الربيع ، تتخذ أنصال الأوراق تدريجياً وضعاً موازيا لسطح التربة . ويسمى السطح الداخلى القريب من المحور بعد بلوغ الأوراق وانبساطها بالسطح العلوى Inner أو Adaxial أو Ventral Surface ، أما السطح الخارجى البعيد عن المحور فيسمى بعد بلوغ الأوراق بالسطح السفلى Outer أو Abaxial أو Dorsal Surface . ويلاحظ عادة أنه يتوسط السطح السفلى لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقتين وفى مقابل موضع العرق الوسطى بروز فى هيئة استدارة يقابلها جهة السطح العلوى انخفاض وسطى ، كما فى أنصال أوراق الفول والبرسيم . غير أنه قد يقابل هذه الاستدارة جهة السطح السفلى ، بروز جهة السطح العلوى ، كما هو الحال فى أنصال أوراق القطن والملوخية . كما يخالف التركيب التشريحى لأنصال الأوراق فى مناطق العروق ، وخصوصاً العروق الوسطية ، التركيب التشريحى للنسيج الوسطى الميزوفللى .

أولا — البشرة The Epidermis

يغطى نسيج البشرة كلا من سطحى الورقة ، كما يغلف النسيج الداخلى الميزوفللى البرنشيمى (الذى يقابل من الجهة المورفولوجية نسيج القشرة البرنشيمى للساق) ، والذى تمتد وتجرى داخله الحزم الوعائية .

والقشرة العليا خلاياها أكبر حجما عادة من خلايا البشرة السفلى ، الأرق جدراً والأقل كوتنه . وهى ذات شكل بيضى ، وذات جدر خارجية أكثر سمكا من الجدر القطرية والتماسية ، كما تغطى عادة بطبقة تختلف فى سمكها من الكيوتين ، وقد تغطى بمادة شمعية . وتتلاصق خلايا البشرتين بعضهما الى جوار بعض مكونة نسيجاً مغلفاً تتخلله ثقوب أو منافذ دقيقة

هي الثغور التي توجد منتثرة بدون نظام معين . وتعتبر الثغور المنافذ الوحيدة التي تمر خلالها الغازات وكذا بخار الماء ، هذا الى جانب الغدد المائية أو الهايداثودز . وقد تتضاعف طبقات البشرة مكونة البشرة المتضاعفة التي تزيد فى القوة الواقية لأنصال الأوراق والتى يتخللها الحوصلات الحجرية ، وتقوم خلاياها عادة بتخزين الماء فى النباتات الزيروفيتية ، كما هو الحال فى أوراق نبات الدفلة وكثير من أوراق النباتات الأخرى . وتكون جدر خلايا كل من البشرتين العليا والسفلى أكثر سمكا فى المناطق المشغولة بالحزم الوعائية الكبيرة .

ويتوقف عدد الثغور على عوامل عدة ، كاختلاف نوع النبات وعمر الأوراق وكذا المؤثرات الجوية الخارجية . إلا أن عدد الثغور يكون فى السطح السفلى عادة أكثر منه فى السطح العلوى ، وخصوصاً اذا ما كان وضع الأوراق على المحور فى زوايا تقرب من الزاوية القائمة . ففى أنصال أوراق البسلة يبلغ عدد الثغور فى البشرة السفلى ضعف ما هو موجود منها فى العليا . وقد لاتوجد الثغور فى بعض النباتات فى أسطح أوراقها العلوية كما فى الزيتون والتين والمطاط ، كما قد توجد فى أسطح أنصالها العلوية ولا توجد فى أسطحها السفلية كما هو الحال فى أوراق النباتات المائية الطافية مثل نبات البشنين . وقد يكون السطح العلوى للأوراق ناعماً أملساً ، وقد يغطى كل من سطحيها بمختلف أنواع الزوائد التى سبق ذكرها فى الجهاز الضام .

ثانيا — النسيج الميزوفللى The Mesophyll

وهو عبارة عن نسيج الورقة الأساسى ، ويسمى تبعاً لوضعه الذى يتوسط كلا من البشرتين بالنسيج المتوسط . ويتكون عادة من خلايا كلورنشيمية ذات جدر سليلوزية رقيقة ، ويشتمل هذا النسيج على نوعين من الخلايا :

١ — الخلايا البرنشيمية العمادية The Palisade Parenchyma

وهذه ترى أسفل البشرة العليا مباشرة ، وتتكون من خلايا أنبوبية مستطيلة ضيقة رقيقة الجدر توجد نواة كل منها بالقرب من أحد الجانبين ، ويكون محورها الطولى عادة عمودياً على كل من البشرتين ، وتحتوى على كمية كبيرة من البلاستيدات الخضراء . ولذلك كان

السطح العلوى لنصل الورقة أكثر اخضراراً من السطح السفلى ، كما تقل بينها المسافات البينية أو الفراغات الهوائية . ويتركب النسيج العمادى فى الأوراق العادية لنباتات ذات الفلقتين من طبقة واحدة من الخلايا كما فى أوراق الفول ، وقد يتضاعف فيتكون من أكثر من طبقة واحدة كما فى أوراق الدفلة وأوراق التين البنغالى .

٢ — الخلايا البرنشيمية الاسفنجية The Spongy Parenchyma

وتلى فى وضعها البشرة السفلى مباشرة ، وهى ذات جدر رقيقة كما انها غير منتظمة الشكل والوضع فى غير اتجاه معين ومرتبة فى شكل مفكك، ولذلك تتلاقى أطارفها الضيقة. ويلاحظ تبعاً الى ذلك أن جدرها السطحية تكون مجاورة للمسافات البينية الهوائية المتسعة . وقد سميت بالخلايا الاسفنجية تبعاً لهذا الوضع المفكك الغير متناسق أو منتظم . وتحتوى خلاياها على سيتوبلازم خارجى ملاصق لجدرها من الداخل ، وعلى عدد من البلاستيدات الخضراء أقل مما يوجد في الخلايا العمادية ، ولذلك كانت الأسطح السفلية لأنصال الأوراق أقل اخضراراً من أسطحها العلوية . ويكون نحو ٨٢٪ من الكلوروبلاستيدات فى ورقة نبات الخروع تابعاً للخلايا العمادية و ١٨٪ تابعاً للاسفنجية .

وللخلايا الاسفنجية وظيفتين هامتين، تنحصر الأولى منهما فى أنها تعمل كنسيج خاص بعملية النهوية فى أنصال الأوراق وفى سهولة انتشار غاز ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء والأكسيجين خلال المسافات الهوائية حيث تأخذ مجراها بسهولة . أما الثانية فتقوم فيها بعملية التمثيل الضوئى نسبياً ، ولو أن الخلايا العمادية أكثر تخصصاً فى القيام بهذه العملية .

وفى كثير من الأوراق تتخذ منتجات عملية التمثيل الضوئى مجرى يتبع المحور الطولى للخلايا العمادية ، ولذلك تتصل وترتكز مجاميع من الخلايا العمادية باحدى الخلايا الاسفنجية الملاصقة لها عند نهاياتها السفلية . وتسمى مثل هذه الخلايا الاسفنجية بالخلايا المجمعة Collecting Cells ، وتتلقى هذه منتجات عملية التمثيل الضوئى من الخلايا العمادية وتوصلها الى الغلاف المحيط بالحزم الوعائية Bundle Sheath ومنه الى القنوات الوعائية الرئيسية ، ثم الى أعضاء النبات المختلفة .

ثالثا — النسيج الوعائى Vascular Tissue

تجرى الحزم الوعائية الآتية من الساق فى نصل الورقة ، وتتفرع مراراً فى نباتات ذات الفلقتين حتى تكون شبكة دقيقة توصل العصارة الى أجزاء النصل ، وتكون فى ذات الوقت نسيجاً وعائياً يشد النسيج الميزوفللى بعضه الى بعض . ولما كانت الحزم الوعائية تدخل الورقة من الساق منحنية الوضع ، يصبح وضع عناصر الخشب التى كانت داخلية فى الساق ، جهة السطح العلوى لنصل الورقة . كما تصبح عناصر اللحاء التى كانت خارجية فى الساق ، جهة السطح السفلى له . ولا يختلف تركيب كل من الخشب واللحاء فى حزم أنصال الاوراق عما هو فى السوق ، فيتركب الخشب من قصيبات أو قصبات فى صفوف قطرية وخلايا برنشيمية ، كما يتركب اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا برنشيمية . غير انه كلما صغرت هذه الحزم ، عندما تصل الى حواف النصل ، كلما اختزل عدد الأوعية وكذا عدد الأنابيب الغربالية كما تقل نسبة الانسجة الثانوية حتى تختفى نهائياً . وقد يحل محل اللحاء فى الحزم الصغيرة جداً خلايا برنشيمية فقط ولا يبقى شىء من عناصر الخشب ، سوى عدد من القصيبات لتوصيل الماء الى أجزاء النصل المختلفة . وتحاط مثل هذه الحزم عادة بغلاف من خلايا برنشيمية تحتوى على البلاستيدات الخضراء وتسمى Border Parenchyma .

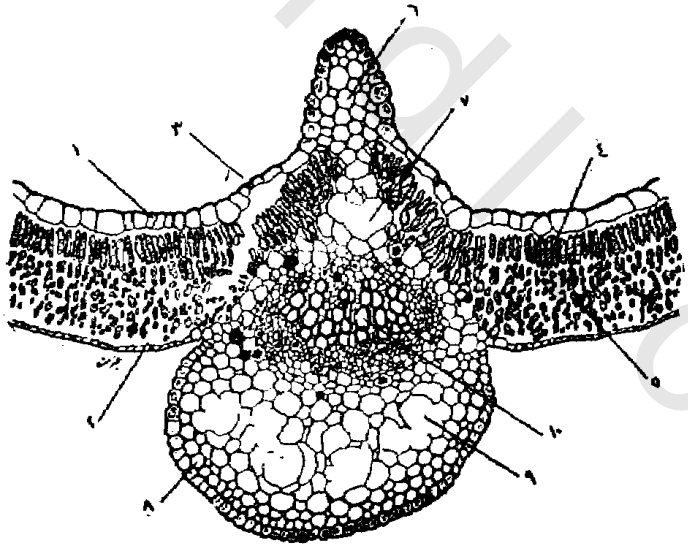
وقد تظهر الحزم الوعائية المتقاطعة فى أماكن معينة من النصل فى وضع مائل ، ويكون مقطعها طولياً ، فترى بها الأشكال المميزة للخشب الابتدائى واضحة جلية .

ويتكون النسيج الوعائى فى نصل الورقة من مجاميع من الحزم الوعائية ، أكبرها حجما حزمة العرق الوسطى بصفة دائمة . وبفحص الصفات التشريحية العادية لمنطقة العرق الوسطى يلاحظ غياب الخلايا البرنشيمية الممثلة الضوئية (الكلورنشيمية) من هذا الجزء من النصل . ويحل محل الخلايا البرنشيمية العمادية والاسفنجية حول الحزمة الوعائية للعرق الوسطى عدد من طبقات من خلايا برنشيمية عادية متساوية الأقطار . وتكون الخارجية منها أسفل كل من البشرتين العليا والسفلى ذات جدر مغلظة فى شكل

يشبه الخلايا الكولنشيمية . وقد يلاحظ هذا التبديل أيضاً بنسبة أقل حول مواضع الحزم الوعائية الأصغر حجما فى النصل .

وقد تحاط الحزم الوعائية الكبيرة الحجم بنطاق من الألياف تنحصر أهميته الميكانيكية فى تقوية نصل الورقة . وقد تغلف هذه النطاقات الحزم الوعائية تغليفاً كاملا أو بدرجات متفاوتة . وتقل هذه النطاقات عادة ، وتختزل أحجامها حتى تتلاشى تقريباً ، حول الحزم الوعائية الصغيرة .

وتكون الحزمة الوسطى للعرق الوسطى فى تركيبها من النوع النموذجى (شكل ١٢٥) . ويظهر بها التوجيه المعتاد وجوده فى الانصال النموذجية لأوراق نباتات ذات الفلقتين ، فالخشب يقع فى اتجاه السطح العلوى بينما يقع اللحاء فى اتجاه وقرب السطح السفلى . وقد يتكون النسيج الوعائى فى منطقة العرق الوسطى من أكثر من حزمة واحدة فى شكل حلقة ، كما فى نصل ورقة نبات *Ficus elastica* .



(شكل ١٢٥)

ق . ع . فى نصل ورقة نبات الملوخية .

١ = بشرة عليا ، ٢ = بشرة سفلى ، ٣ = ثغر ، ٤ = خلايا عمادية ، ٥ = خلايا أسفنجية ، ٦ و ٨ = خلايا كولنشيمية ، ٧ و ٩ = قنوات غروية ، ١٠ = حزمة العرق الوسطى الوعائية .

التركيب التشريحى لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة

يختلف التركيب التشريحى لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة من عدة أوجه ، عن التركيب التشريحى العادى لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقتين، كما هو الحال فى أوراق الحشائش والنجيليات .

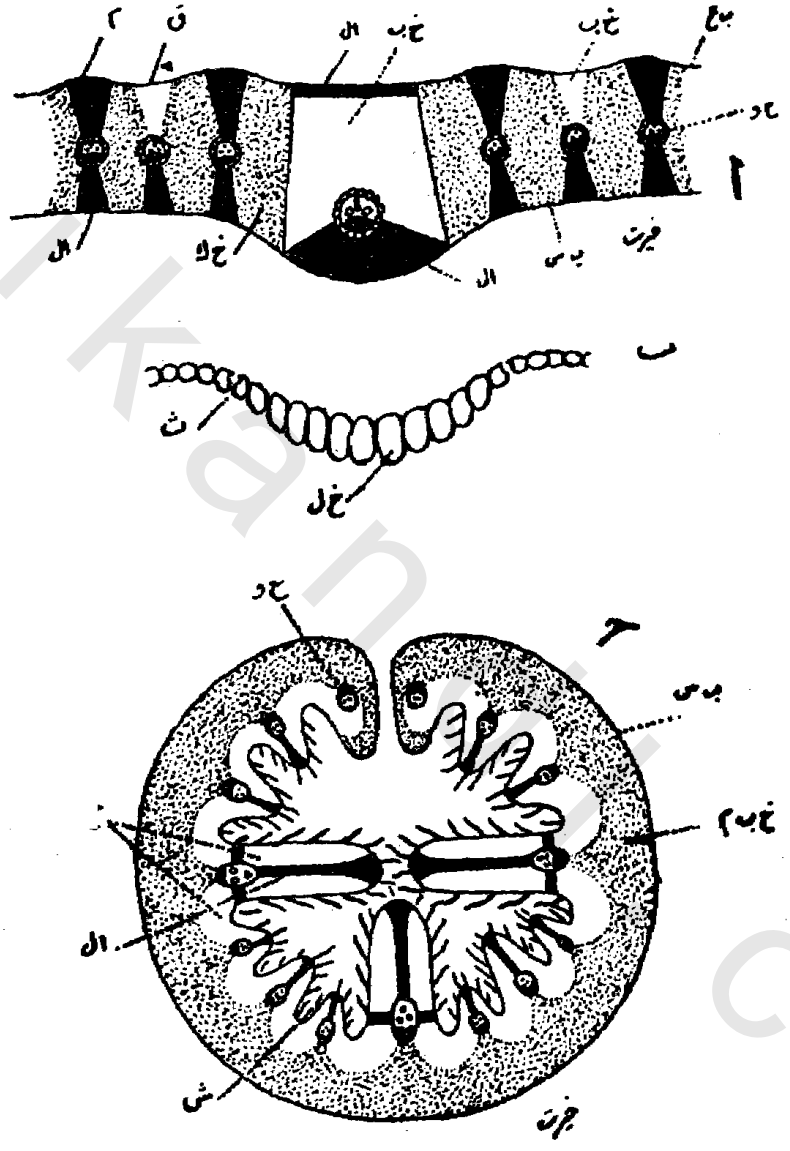
أولا — البشرة

قد يختلف تركيب خلايا البشرة تبعاً للبيئة الموجود بها النبات ، غير انها تتشابه بصفة عامة فى معظم أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة . حيث يتكون معظمها (فى كل من البشرتين العليا والسفلى) من خلايا تظهر بيضية الشكل فى مقطعها العرضى ومستطيلة نوعا ما فى مقطعها الطولى ذات جدر قطرية مستقيمة غالباً وغير متموجة ، كما تغطى بطبقة واضحة من الكيوتيكل . وتمتاز بوجود الشعيرات من النوع الوحيد الخلية ذى القمة المدببة ، وخصوصاً على البشرة العليا . ويكاد أن يتساوى عدد الثغور فى كل من سطحى نصل الورقة ، وخصوصاً فى الحالات التى تخرج فيها الاوراق على زوايا حادة من محور الساق كما فى النجيليات ، حيث توجد الثغور فى صفوف منتظمة ذات توجيه واحد موازية للمحور الطولى . ففى أنصال أوراق نبات القمح يقابل كل تسعة ثغور على السطح السفلى سبعة على السطح العلوى ، وفى الذرة يقابل كل خمسة ثغور على السطح السفلى ثلاثة على العلوى . وتميز كل هذه الثغور بوجود الحجرات الهوائية أسفلها مباشرة .

وتمتاز البشرة العليا عادة بوجود مناطق المرتفعات أوالمصاطب Ridges أعلى مواضع الحزم الوعائية والمجاميع الليفية تحصر بينها منخفضات أو قنوات Furrows واضحة ، كما تمتاز خلايا البشرة فى مواضع المرتفعات بصغر حجمها عما يوجد منها فى مناطق المنخفضات . أما الثغور فتوجد عادة على جانبى أو فى قاع[1] موضع كل منخفض من هذه المنخفضات . وخلايا البشرة فى هذه المنخفضات أكبر حجماً ، وهى رقيقة الجدر فارغة من المحتويات غالباً ، ولا تحتوى على البلاستيدات الخضراء . وقد لا يوجد هذا النوع من الخلايا فى بعض أنواع النباتات ، كما أنها قد توجد فى أكثر من صف واحد

(١) كما فى وريقات نخيل البلح .

فى بعض النباتات الأخرى . هذا وتقل طبقة الكيوتين على الجدر الخارجية لهذه الخلايا بعكس باقى خلايا البشرة الأخرى . وتسمى هذه الخلايا بالخلايا اللافة Bulliform أو Roll Cells ، أو المفصلية Hinge Cells ، أو المحركة Motor Cells (شكل ١٢٦ — ب)،



(شكل ١٥٢)

(ا) رسم تخطيطى لقطاع عرضى فى نصل ورقة القمح . (ب) الخلايا اللافة . (حـ) رسم تخطيطى لقطاع عرضى فى ورقة نبات الكلمجروستس .

ب ع = بشرة عليا ، م = مصطبة ، ق = قناة ، خ ب = خلايا برنشيمية ، خ ك = خلايا كلورنشيمية ، آل = الياف ، ح و = حزمة وعائية ، ب س = بشرة سفلى ، خ ب م = خلايا برنشيمية ملجننة ، ش = ثغيرات .

وتقوم بوظيفة التفاف أنصال الأوراق فى حالة الجفاف . والتفاف نصل الورقة ثم انفراده نظرية ربما كانت ذات فائدة فى تعويض فقد الماء من الورقة تحت الظروف الجافة . ويحدث الالتفاف بواسطة التغيرات فى الضغط الانتفاخى لمثل هذه الخلايا . وهذه ترى بوضوح فى أنصال أوراق القمح وفى أوراق نبات الكلمجروستس مرافقة لخلايا البشرة العليا (شكل ١٢٦ — ا ، ب ، حـ) .

ثانياً — النسيج الميزوفللى

لا يتكشف النسيج الميزوفللى فى أنصال أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة (وكذا النباتات المائية والتى تنمو فى الأماكن الظليلة ونباتات معراة البذور) الى كل من الخلايا العمادية والاسفنجية ، ولكنه يتكون بدلا عن ذلك من نوع واحد من الخلايا البرنشيمية المحتوية على عدد كبير من البلاستيدات الخضراء . وأقطار هذه الخلايا متساوية تقريباً ، كما يوجد بينها فراغات هوائية بنسبة وحجم أقل كثيراً مما يشاهد بين الخلايا الاسفنجية العادية .

ثالثاً — النسيج الوعائى

تدخل الحزم الوعائية الأوراق من الساق وتسير موازية بعضها لبعض موزعة فى النسيج الميزوفللى فى هيئة مجموعات متوازية من الحزم الجانبية المقفولة . ويكون أكبرها حجما عادة حزمة العرق الوسطى ، كما فى نصل ورقة القمح ، وهذه يقابلها بروز جهة السطح السفلى . وقد لا يوجد عرق وسطى إطلاقا كما فى وريقات نخيل البلح ، أما الحزم الباقية فتترتب فى وضع متبادل منها الكبير ومنها الصغير على مسافات متفاوتة . وتحاط كل حزمة عادة بغلاف مكون من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم متساوية الأقطار يسمى Bundle Sheath . ويتكون عادة من طبقتين من الخلايا ، الداخلية منهما ذات جدر سميكة ملجننة تشبه خلايا الاندودرم فى شكلها غير أنها لا تماثلها فى وظيفتها ، أما الطبقة الخارجية فتسمى غالباً باسم Mestome Sheath وتتكون من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر تظهر فى مقطعها العرضى متساوية الأقطار تقريباً ، ومستطيلة فى مقطعها الطولى . وتكون هذه الطبقة نطاقاً كاملا حول الحزمة ، ومن المفروض أنها تعمل كطبقة تنقل نواتج

عملية التمثيل الضوئى مباشرة الى الجهاز الوعائى . واذا أحاطت هذه الطبقة بالحزم الكبيرة فلا تحتوى خلاياها على البلاستيدات الخضراء ، وبذلك يسهل تمييزها عن باقى النسيج المحيط بها ، أما اذا أحاطت بالحزم الصغيرة فان خلاياها تحتوى عادة على البلاستيدات الخضراء .

ويتجه خشب كل حزمة نحو السطح العلوى للنصل ، ويتكون عادة من قصيبات صغيرة . أما اللحاء فيكون قريباً من السطح السفلى للنصل ، ويتكون من قليل من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة . أما الحزم الصغيرة جداً فقد يمثل اللحاء بها عدد من الخلايا البرنشيمية .

ويماثل تركيب الحزمة الوعائية الكبيرة الحجم فى نصل الورقة تركيب مثلها فى الساق ، ويلاحظ التميز التام بين كل من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة فى مناطق اللحاء ، وكذا وجود عناصر الخشب فى شكل حرف Y ، مع وجود الفراغ الهوائى عند الحافة الخارجية للخشب . إلا أن خشب أوراق النخيل يتكون النوع (الثانى فيه) من وعاء واحد أو وعاءين كبيرين ، (والأول) من عدة عناصر متثرة مع عدم وجود هذا الفراغ الهوائى .

ويحيط بالحزم عادة نسيج ميكانيكي فى شكل ألياف توجد على كل من الجانبين الخارجى والداخلى لكل حزمة وقد تحيط بها أو تمتد حتى البشرتين أو إحداهما فى نظام نطاقى . وتعتبر هذه الظاهرة فى أوراق النجيليات القوة الميكانيكية اللازمة لحفظ الأوراق ، كما قد تساعدها فى حالة التفاف أنصالها .

التركيب التشريحى لأعناق أوراق نباتات ذات الفلقتين

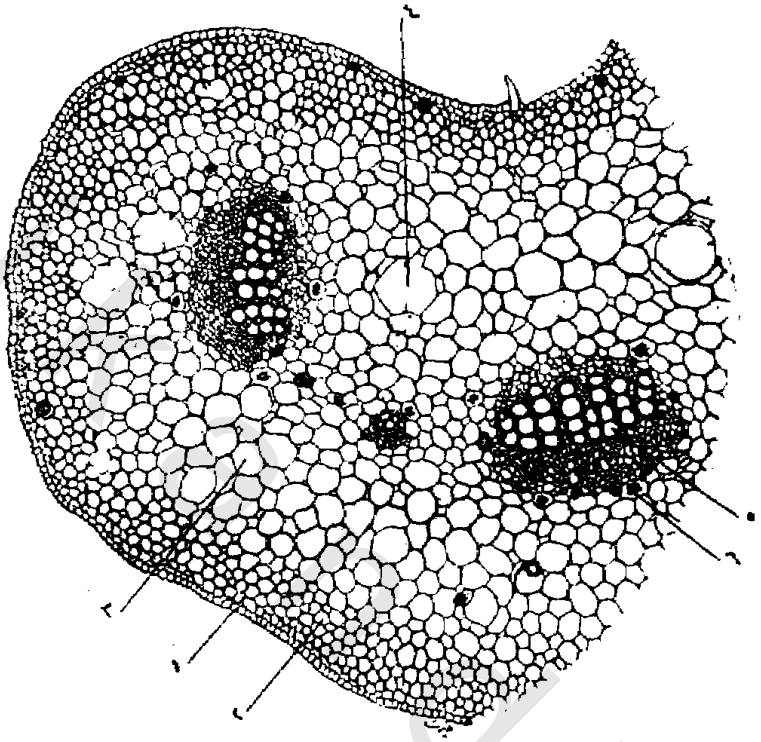
يصل العنق قاعدة الورقة بنصلها ، وقد يكون قصيراً أو طويلا ، وقد يكون فى مقطعه العرضى مستديراً أو يكون سطحه العلوى مستويا والسفلى مستديراً محدبا ، وغالباً مايكون سطحه العلوي مقعراً نتيجة لوجود القناة الطولية به . وقد يكون أملساً أومغطى بشعيرات تختلف باختلاف النباتات ، يزداد عددها فى منطقة القناة الطولية . وقد توجد عليه أشواك كما فى عنق ورقة الورد ، أوغدد كما فى عنق ورقة المشمش والخروع والپاسيفلورا .

وتمر عادة فى نباتات مغطاة البذور ، من الساق الى عنق كل ورقة ، حزمة جانبية وعائية واحدة أو أكثر فى وضع منحنى . وتختلف أوضاع هـذه الحزم كما تختلف عددها فى أعناق نباتات ذات الفلقتين باختلاف شكل العنق و نوع النبات

ويحاط العنق عادة بنسيج البشرة التى تماثل بشرة الساق ، وتتكون من خلايا متجاورة متلاصقة التصاقاً تاماً إلا فى مواضع الثغور . وتكون جدرخلاياها الخارجية عادة أكثر سمكا من جدرها القطرية والتماسية ، كما تغطى جدرها الخارجية بطبقة يختلف سمكها من الكيوتين . ويلى البشرة عادة نسيج ميكانيكى مكون من عدة طبقات تختلف فى عددها عادة من الخلايا الكولنشيمية المغلظة الأركان كما فى عنق ورقة الداتورة ، أو الغضروفية كما فى عنق ورقة التوت . وينظم سمك هذه الطبقات فى الأعناق المستديرة ، إلا أنها تزداد أسفل التجويف الموجود فى السطح العلوى للاعناق ذات القناة الطولية . أما النسيج الأساسى فيتكون جميعه من خلايا برنشيمية متساوية الأقطار تزداد اتساعا جهة المركز ، كما تحتوى على الكلوروبلاستيدات جهة السطح الخارجى ، وهذه تقل تدريجياً جهة الداخل .

ويتكون النسيج الوعائى عادة فى الأعناق ذات السطح العلوى المقعر من حزمة واحدة فى شكل قوس أو حدوة كما فى عنق ورقة نبات ألبدليا ، وهذه ينتهى طرفاها أسفل جانبى التجويف . وتتكون من لحاء جهة السطح السفلى المستدير وخشب فى عدة صفوف قطرية جهة السطح العلوى المقعر ، كما يوجد على كل من جانبى طرفيها زوج من حزم صغيرة غير تامة التكوين وغير مميزة تتكون كل منها من بعض عناصر الخشب . وفى عنق ورقة نبات الملوخية تتخذ الحزم شكل الحدوة أيضاً موازية لوضع الجانب المستدير من العنق ، غير انها تكون منفصلة فى هيئة ثلاث حزم كبيرة ، وقد يكون بينها أخرى صغيرة (شكل ١٢٧) . وفى الأعناق المستديرة كعنق ورقة الخروع تكون الحزم الوعائية مرتبة فى شكل حلقة مشابهة تماماً لترتيبها فى سوق نباتات ذات الفلقتين ، إذ يرى الخشب متجهاً نحو المركز واللحاء نحو السطح الخارجى .

وقد تكون الحزم الوعائية من النوع الجانبي المفتوح بالنسبة لوجود آثار من الكمبيوم بين كل من الخشب واللحاء ، ويستنفد هذا الكمبيوم فى تكوين بعض العناصر الثانوية لكل منهما . وقد تتكون بعض الحزم الثانوية أحياناً كما فى عنق ورقة العنب .



(شكل ١٢٧)

ق . ع . فى عنق ورقة نبات الملوخية .

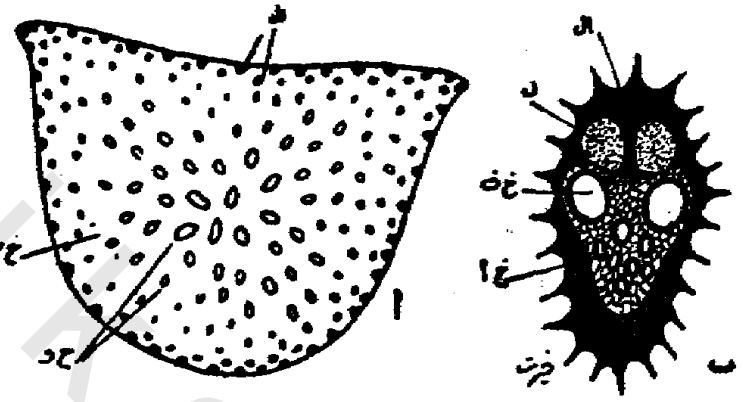
١ = بشرة ، ٢ = خلايا كولنشيمية ، ٣ = خلايا برنشيمية ، ٤ = قناة غروية ، ٥ = خشب ، ٦ = لحاء .

وتزود الحزم الوعائية عند امتدادها من الساق الى العنق بنسيج يمثل امتداد كل من الأندودرم والپريسيكل . وهذان مع وجودهما فى العنق قد يصعب تمييزهما عن باقى خلايا النسيج الأساسى .

التركيب التشريحى لأعناق أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة

تظهر هذه الأعناق عادة فى مقطعها العرضى مستوية السطح العلوى ومستديرة محدبة السطح السفلى، كعنق ورقة اللانانيا (شكل ١٢٨ — ١) وأعناق أوراق كثير من أنواع

النخيل ، وقد تكون اهليلجية كعنق ورقة *Raphis* . ويحاط العنق من الخارج بنسيج البشرة ، وجدر خلاياها الخارجية كثيرة الغلظ مغطاة بطبقة سميكة من السكيوتين . ويمتاز السطح العلوى المستوى بوجود زوائد شوكية حادة على كل من جانبيه ، وعلى مسافات



(شكل ١٢٨)

(ا) رسم تخطيطى لقطاع عرضى فى عنق ورقة اللاتانيا . (ب) رسم تخطيطى لاحدى الحزم الوعائية .

ال = ألياف ، ح و = حوصلة وعائية ، خ ب = خلايا برنشيمية ، ل = لحاء ، خ ث = خشب ثان ، خ ا = خشب أول .

متفاوتة عن بعضها البعض . ويلى البشرة عادة نسيج مقوى ليفى فى كتل منفصلة ، وقد تكون متتالية أو متصلة . أما النسيج الاساسى فيتكون من خلايا برنشيمية متساوية الأقطار يزداد اتساعها جهة الداخل ، كما تعتبر نسيجاً مخزنا لاحتوائها على حبيبات النشا بوفرة ، وتحتوى طبقاتها الخارجية على البلاستيدات الخضراء التى تقل فى اتجاه الداخل .

ويتكون النسيج الوعائى من عدد كبير مبعثر بدون نظام من الحزم الوعائية الجانبية المقفولة ، يصغر حجمها فى اتجاه الخارج (وتتكون من بعض عناصر الخشب) ، ثم يزداد حجمها فى اتجاه الداخل . وتتركب الحزمة التامة التكوين من عناصر الخشب ، يعلوها عناصر اللحاء ، ويكون اللحاء دائما جهة السطح الخارجى والخشب جهة المركز . وقد يكون اللحاء فى مجموعة واحدة مكونة من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة ، وقد يكون فى كتلتين يفصل كلا منهما عن الأخرى امتداد من طبقة الألياف التى تحيط عادة بالحزم الوعائية جميعها ، كما فى عنق ورقة اللاتانيا (شكل ١٢٨ — ب) .

وتسمى مثل هذه الحزم بالحزم الوعائية الليفية Fibro Vascular Bundles ، بالنسبة لإحاطة الألياف بها . وتزداد طبقات خلايا الألياف عادة فوق منطقة اللحاء ، وأسفل منطقة الخشب ، وتقل جهة كل من الجانبين .

النمو الثانوى فى الأوراق

يحدث النمو الثانوى في بعض أوراق نباتات ذات الفلقتين والنباتات المخروطية بنسبة محدودة فى الحزم الوعائية المكونة لعروقها الوسطية ، وهى ظاهرة يكثر مشاهدتها فى مثل هذه الأوراق ، ومثال ذلك ورقة نبات *Syringa vulgaris* .

ويتميز الخشب الثانوى فى هذه الحالة بتكونه من :

(ا) عناصر ناقلة تتكون غالباً من القصبات والقصيبات مرتبة فى عدد محدود من الصفوف القطرية بما فى ذلك الألياف .

(ب) أشعة الخشب فى صفوف يتكون كل منها من خلية واحدة ، وهذه تمتد خلال منطقة الكمبيوم الى اللحاء .

أما الخشب الابتدائى فيقع خارجياً بالنسبة للخشب الثانوى ، ويشتمل على خلايا مرتبة فى نظام قطرى لحد ما ، يصلها ببعضها برنشيمة الخشب بالنظام المعتاد .

أما اللحاء الثانوى فيشتمل على :

(ا) خلايا مضلعة رقيقة الجدر وهى الأنابيب الغربالية .

(ب) خلايا مرافقة صغيرة مثلثة الشكل كثيفة البروتوبلازم .

(ج) برنشيمة اللحاء .

(د) أشعة اللحاء فى صفوف فردية ينتهى كل منها بخلية برنشيمية متسعة .

أما اللحاء الابتدائى فغير محدد ويصعب تميزه ، ويقع خارجياً بالنسبة للحاء الثانوى .

ومن الممكن تميز منطقة الكمبيوم غير انها لا تكون واضحة ، كما هو الحال فى السوق . وتكون غالباً من ثلاث صفوف قطرية أو أكثر من الخلايا المتكثفة . وعادة لا يستمر نشاط الكمبيوم طويلا فى عروق معظم الأوراق .

سقوط الأوراق

تصل الأوراق الى نهاية نموها سريعاً ، حتى اذا ما بلغت حجمها الطبيعى ، وقفت عنده مستمرة فى تأدية وظائفها مدة قد تصل الى ٦ — ٨ أشهر ، وقد تزداد الى سنة أوسنتين أو أكثر . غير انها لا بد أن تسقط سواء قصرت أو طالت مدة وجودها ، لتعوض بأوراق أخرى أحدث عمراً وأكثر نشاطاً ، تاركة مكان قواعدها على السوق ندباً ورقية Leaf Scars تدل عليها . وتكون مواضع هذه الندب عادة مقرونة ببرعم ابطى أو أكثر . ويختلف الزمن الذى تمكث فيه الأوراق على النبات بالنسبة لنوع النبات والمناخ والموقع والتربة ، وغير ذلك . وفى حياة النباتات مواسم أو أدوار تسمى مواسم أو أدوار الراحة Resting Periods ، من أهم ظواهرها عملية سقوط الأوراق ، حيث تذبل أولا ثم تجف وتسقط . ويرافق ذبول الأوراق عادة اصفرار لونها نتيجة لانحلال مادة الكلوروفيل وظهور مادتى الزانثوفيل والكاروتين .

وقد تبقى الأوراق وقت الشتاء فى بعض النباتات ، ثم تسقط عند تفتح البراعم الجديدة وقت الربيع . وفى بعض المخروطيات لا تعبل الأشجار (أى تسقط أوراقها) حتى تبلغ من عمرها عشر سنوات أو أكثر . وليست عملية سقوط الأوراق مجرد وقوع الذابل الميت منها ، ولكنها عملية فسيولوجية تحصل من تفكك الأنسجة الموجودة بين قاعدة الورقة والساق فى منطقة تسمى Absciss Layer .

وقد تبقى الأوراق بعد ذبولها فى بعض النباتات العشبية من ذات الفلقتين وذات الفلقة الواحدة على اتصال بالسوق أو بالأفرع آخذة فى الانحلال والتمزق دون أن تسقط ، إلا أنها تسقط عادة فى معظم النباتات الخشبية بعد ذبولها .

وتتميز منطقة السقوط بصغر حجم خلاياها البرنشيمية ، وبانعدام وجود النسيج الميكانيكى ، أو وجود بعض خلاياه فى حالات فردية غير متجمعة ، وبوجود البللورات المتجمعة . وتبدأ ظاهرة السقوط بأن يطرأ على الجدر الوسطية لهذه المجموعة من الخلايا تحويل كيماوى ينشأ عنه انحلال مادة بكتات الكالسيوم ، وبذلك تأخذ هذه الخلايا فى التفكك والانكماش والضمور والاستدارة ، ويعقب ذلك موتها فى منطقة تسمى منطقة الانفصال Separation أو Abscission Layer ، حيث تبقى الورقة على اتصال بالساق بواسطة نسيج البشرة وشرائط الحزم الوعائية التى لا يحدث لها أى تغيير . إلا أنها لا تبقى طويلا وتتكسر لعدم قدرتها على تحمل ثقل الورقة ذاتها ، وتأخذ فى التمزق الميكانيكى تدريجياً ، وبذلك يكمل انفصال الورقة وسقوطها . ويسرع سقوط الورقة فى هذا الوقت عند هبوب الرياح أو لمجرد لمسها .

ولا تبقى الندبة الورقية هكذا عارية دون حماية ، معرضة للعوامل الجوية ومهاجمة الحشرات أو الأمراض الفطرية المختلفة وكذا لفقدان الماء المستمر ، بل سرعان ما تتكون عدة طبقات من خلايا الفلين تتصل بفلين الساق . وتتم هذه العملية عادة قبل أو بعد سقوط الورقة ، فى منطقة تسمى بالمنطقة الواقية Protective Layer ، ويماثل تكوين هذه الطبقة تكوين البريدرم العادى فى شكل أقل تعقيداً . أما أوعية الخشب فتسدها الحوصلات التيلوزية الناتجة عن الخلايا البرنشيمية المحيطة بها ، كما تتجمع مادة الكيوتين واللجنين (علاوة على الفلين السابق ذكره) مكونة جميعها ما يسمى بالندبة الورقية .

المراجع

1. Amy, F. M. Johnson : . . . "A Text Book of Botany For Students". Burnley, 1936.
2. Arber, A.—M.A., D.Sc. : . "Monocotyledons". Cambridge, 1935.
3. Bally, L. H. : . . . . . "Manual of Cultivated Plants" London, 1924.
4. Bower, F.O.—D.,Sc. F.R.S. : *A.*—"Botany of the Living Plants". London, 1923. *B.*—"The Origin of a Land Flora". London, 1908.
5. Chamberlain, C. J. : . . . . "Gymnosperms, Structure and Evolution". Chicago, 1935.
6. De Bary, A. : . . . . . "Comparative Anatomy of the Vegetative Organs of the Phanerogams and Ferns". Oxford, 1884.
7. Eames, A. J. and Mac Daniels, L. H. : . . . . "An Introduction to Plant Anatomy". New York, 1925.
8. Emmelin and Feldberg : . . "Journal of Physiology". 106, No. 1, 440-55, 1947.
9. Foster, A. S. : . . . . . "Practical Plant Anatomy" California, 1935.
10. Fritch, F. E.—D.Sc., F.R.S. and Salisbury, E. J.—D.Sc., F.R.S. : . . . . . *A.*—"An Introduction to the Study of Plants". London, 1931. *B.*—"Botany for Students of Medicine and Pharmacy". London, 1934. *C.*—"Plant Form and Function London, 1938.
11. Haberlandt, G.—Dr. : . . . "Physiological Plant Anatomy". Translated by Drummond, M.—B.A., F.L.S., London, 1928.
12. Hitchcock, A. S. : . . . . "Methods of Descriptive Systematic Botany". London, 1925.
13. Jeffrey, E. C. : . . . . . "The Anatomy of Woody Plants". New York, 1916.
14. Kerner, A. : . . . . . "Natural History of Plants". Translated by Oliver, F. W., 1894.
15. Khairat, O.—M. Sc. : . . . "*Corchorus olitorius*". Cairo, 1941.
16. Lowson, J. M.—M.A., B.Sc., F.L.S. : . . . . . "A Text Book of Botany". London, 1931.

17. Mansfield, W.: . . . . . "Histology of Medical Plants". New York, 1915.
18. Mathews, J. M.—Ph. D.: . . "The Textile Fibers". London, 1924.
19. Muschler, R.—Dr.: . . . . "A Manual Flora of Egypt". London, 1912.
20. Panhallow, D. P.: . . . . "A Manual of the North American Gymnosperms". Boston, 1907.
21. Parker, T. J.—D.Sc. F.R.S. and Haswell, W. A.—M.A., D.Sc., F.R.S.: . . . . . "A Text Book of Zoology". Vol. 1. London, 1943.
22. Pfantl, K.—Dr.: . . . . . "Text Book of Botany". Translated by Vines, S. H.—M.A., D.Sc., F.L.S. London, 1886.
23. Rawlins, T. E.: . . . . . "Phytopathological and Botanical Research Methods". New York, 1933.
24. Robbins, W. W.: . . . . . "The Botany of Crop Plants". Philadelphia, 1921.
25. Sachs, J.—Dr. . . . . "Geschichte der Botanik." Munchen, 1875.
26. Small, J.—D. Sc., Ph.D., F. L. S.: . . . . . "A Text Book of Botany—For Medical and Pharmaceutical Students". London, 1921.
27. Solereder, H.—Dr.: . . . "Solereders Systematic Anatomy of the Dicotyledons". Vol. I and II. Translated by Boodle and Fritch. Oxford, 1908.
28. Stevens, W. C.: . . . . . "Plant Anatomy". Philadelphia, 1924.
29. Strasburger, E.—Dr., Noll, F.—Dr., Schenck, H.—Dr., and Schimper, A. F. W.—Dr.: "A Text Book of Botany". Translated by Porter, H. C.—Ph. D. 1933.
30. Weaver, J. E. and Burner, W. E.: . . . . . "Root Development of Vegetable Crops". New York, 1927.