

الباب الخامس عشر

الورقة The Leaf

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

وتنشأ الأوراق فى السوق الخضرية كنتوءات صغيرة مرستيمية فيما يسمى بالأوراق الأولية ، فى نظام متعاقب قى على القمة النامية للساق . ويمتاز تكوين الأوراق فى معظم النباتات بالنمو الطرى 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 المعادية) هو الذى يبلغ أخيراً .

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

التركيب التشريحي لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقتين

لما كانت أنصال الأوراق منبسطة أو مسطحة غالباً ، فأنها تتميز تبعاً لذلك الى وجهين أو سطحين . وتكون أنصال الأوراق بالنسبة لوضعها في البراعم المختلفة ذات وجهين ، يكون أحدهما قريباً من المحور الأصلي للساق بينما يكون الآخر في الناحية المقابلة بعيداً عن هذا المحور . وفي وقت نمو البراعم وخصوصاً في زمن الربيع ، تتخذ أنصال الأوراق تدريجياً وضماً موازياً 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 وفي مقابل موضع العرق الوسطى بروز في هيئة استدارة يقابلها جهة السطح العلوى انخفاض وسطى ، كما في أنصال أوراق الفول والبرسيم . غير أنه قد يقابل هذه الاستدارة جهة السطح السفلى ، بروز جهة السطح العلوى ، كما هو الحال في أنصال أوراق القطن والملوخية . كما يخالف التركيب التشريحي لأنصال الأوراق في مناطق العروق ، وخصوصاً العروق الوسطية ، التركيب التشريحي 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 حجماً عادة من خلايا البشرة السفلى ، الأرق جدرأوالأقل كوثته . وهى ذات شكل يضى ، وذات جدر خارجية أكثر سمكاً من الجدر القطرية والتماسية ، كما تغطى عادة بطبقة تختلف فى سمكها من السكوتين ، وقد تغطى بمادة شمعية . وتتلاقى خلايا البشريتين 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 الهيداثودز . وقد تتضاعف طبقات البشرة مكونة البشرة المتضاعفة التي تزيد في القوة الواقية لأنصال الأوراق والتي يتخللها الحوصلات الحجرية ، وتقوم خلاياها عادة بتخزين الماء في النباتات الزبروفية ، كما هو الحال في أوراق نبات الدفلة وكثير من أوراق النباتات الأخرى . وتكون جدر خلايا كل من البشريتين العليا والسفلى أكثر سمكا في 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 في السطح السفلى عادة أكثر منه في السطح العلوى ، وخصوصاً إذا ما كان وضع الأوراق على المحور في زوايا تقرب من الزاوية القائمة . ففي أنصال أوراق البسلة يبلغ عدد الثغور في البشرة السفلى ضعف ما هو موجود منها في العليا . وقد لا توجد الثغور في بعض النباتات في أسطح أوراقها العلوية كما في الزيتون والتين والمطاط ، كما قد توجد في أسطح أنصالها العلوية ولا توجد في أسطحها السفلية كما هو الحال في أوراق النباتات المائية الطافية مثل نبات البشنين . وقد يكون السطح العلوى للأوراق ناعماً أملساً ، وقد يغطى كل من سطحها بمختلف أنواع الزوائد التي سبق ذكرها في الجهاز الضام .

ثانياً — النسيج الميزوفلى The Mesophyll

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

١ — الخلايا البرنشيمية العمادية The Palisade Parenchyma

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

السطح العلوى لنصل الورقة أكثر اخضراراً من السطح السفلى ، كما قفل بينها المسافات البينية أو الفراغات الهوائية . ويتركب النسيج المهادى 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 ومرتبطة فى شكل مفكك، ولذلك تتلاقى أطرافها 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 فى الخلايا المهادية ، ولذلك كانت الأسطح السفلية لأفصال الأوراق أقل اخضراراً من أسطحها العلوية . ويكون نحو ٨٢٪ من الكلوروبلاستيدات فى ورقة نبات الخروع تابعاً للخلايا المهادية و ١٨٪ تابعاً للاسفنجية .

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

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

ثالثاً — النسيج الوعائى Vascular Tissue

تجرى الحزم الوعائية الآتية من الساق في فصل الورقة ، وتتفرع مراراً في نباتات ذات الفلقتين حتى تكون شبكة دقيقة توصل العصارة الى أجزاء النصل ، وتكون في ذات الوقت نسيجاً وعائياً يشد النسيج الميزوفللى بعضه الى بعض . ولما كانت الحزم الوعائية تدخل الورقة من الساق منخنية الوضع ، يصبح وضع عناصر الخشب التى كانت داخلية في الساق ، جهة السطح العلوى لفصل الورقة . كما تصبح عناصر اللحاء التى كانت خارجية في الساق ، جهة السطح السفلى له . ولا يختلف تركيب كل من الخشب واللحاء في حزم اتصال الاوراق عما هو في السوق ، فيتركب الخشب من قصيبات أو قصبات في صفوف قطرية وخلايا برنشيمية ، كما يتركب اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا برنشيمية . غير انه كلما صغرت هذه الحزم ، عندما تفصل الى حواف النصل ، كلما اختزل عدد الأوعية وكذا عدد الأنابيب الغربالية كما تقل نسبة الانسجة الثانوية حتى تختفى نهائياً . وقد يحل محل اللحاء في الحزم الصغيرة جداً خلايا برنشيمية فقط ولا يبقى شيء 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 .

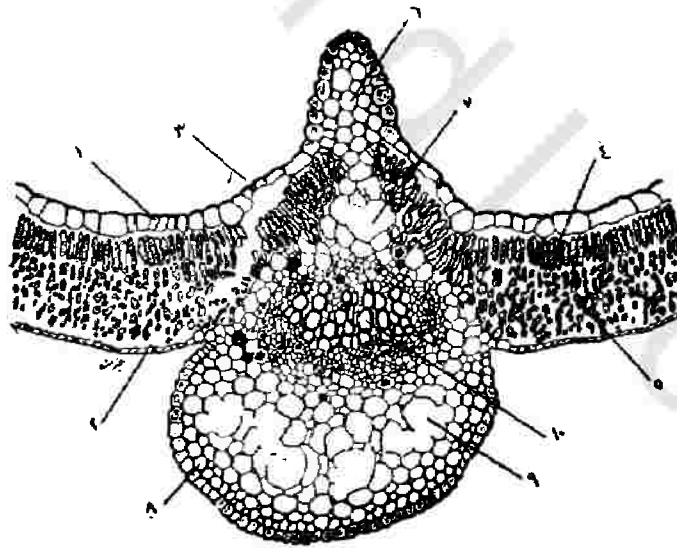
وقد تظهر الحزم الوعائية المتقاطعة في أماكن معينة من النصل في وضع مائل ، ويكون مقطعها طويلاً ، فترى بها الأشكال المميزة للخشب الابتدائى واضحة جلية .

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

يشبه الخلايا الكولنشيمية . وقد يلاحظ هذا التبدل أيضاً بنسبة أقل حول مواضع الحزم الوعائية الأصغر حجماً في النصل .

وقد تحاط الحزم الوعائية الكبيرة بالحجم بنطاق من الألياف تحصر أهميته الميكانيكية في تقوية نصل الورقة . وقد تتلف هذه النطاقات الحزم الوعائية تليفاً كاملاً أو بدرجات متفاوتة . وتقل هذه النطاقات عادة ، وتختزل أحجامها حتى تتلاشى تقريباً ، حول الحزم الوعائية الصغيرة .

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



(شكل ١٢٥)

ق . ع . في نصل ورقة نبات الملوخية .

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

التركيب التشريحي لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة يختلف التركيب التشريحي لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة من عدة أوجه ، عن التركيب التشريحي العادى لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقتين ، كما هو الحال في أوراق الحشائش والتجليات .

أولا — البشرة

قد يختلف تركيب خلايا البشرة تبعاً للبيئة الموجود بها النبات ، غير أنها تشابه بصفة عامة في معظم أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة . حيث يتكون معظمها (في كل من البشريتين العليا والسفلى) من خلايا تظهر بيضية الشكل في مقطعها العرضي ومستطيلة نواماً في مقطعها الطولى ذات جدر قطرية مستقيمة غالباً وغير متموجة ، كما تغطى منطقة واضحة من الكيوتيكلى . وتمتاز بوجود الشعيرات من النوع الوحيد الخلية ذى القمة المدببة ، وخصوصاً على البشرة العليا . ويكاد أن يتساوى عدد الثغور في كل من سطحى نصل الورقة ، وخصوصاً في الحالات التى تخرج فيها الأوراق على زوايا حادة من محور الساق كما في التجليات ، حيث توجد الثغور في صفوف منتظمة ذات توجيه واحد موازية للمحور الطولى . ففي أنصال أوراق نبات القمح يقابل كل تسعة ثغور على السطح السفلى سبعة على السطح العلوى ، وفي 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 أو المصاطب Ridges أعلى مواضع الحزم الوطائية والمجاميع الليفية تحصر بينها منخفضات أو قنوات Furrows واضحة ، كما تمتاز خلايا البشرة في مواضع المرتفعات بصغر حجمها عما يوجد منها في مناطق المنخفضات . أما الثغور فتوجد عادة على جانبي أو في قاع^(١) موضع كل منخفض من هذه المنخفضات . وخلايا البشرة في هذه المنخفضات أكبر حجماً ، وهى رقيقة الجدر فارغة من المحتويات غالباً ، ولا تحتوى على البلاستيدات الخضراء . وقد لا يوجد هذا النوع من الخلايا في بعض أنواع النباتات ، كما أنها قد توجد في أكثر من صف واحد

(١) كما في دريقات نخيل الباج .

وتقوم بوظيفة التفاف أنصال الأوراق في حالة الجفاف . والتفاف فصل الورقة ثم انقراؤه نظرية ربما كانت ذات فائدة في تعويض فقد الماء من الورقة تحت الظروف الجافة . ويحدث الالتفاف بواسطة التغيرات في الضغط الانتفاخي لمثل هذه الخلايا . وهذه ترى بوضوح في أنصال أوراق القمح وفي أوراق نبات الكلمجروستنس مرافقة لخلايا البشرة العليا (شكل ١٢٦ — ١، ٢، ٣، ٤) .

ثانياً — النسيج الميزوفللى

لا يتكشف النسيج الميزوفللى في أنصال أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة (وكذا النباتات المائية والتي تنمو في الأماكن الظليلة ونباتات معراة البذور) الى كل من الخلايا الهادية 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 السوق وتسير موازية بعضها لبعض موزعة في النسيج الميزوفللى في هيئة مجموعات متوازية من الحزم الجانبية المقفولة . ويكون أكبرها حجماً عادة حزمة العرق الوسطى ، كما في فصل ورقة القمح ، وهذه يقابلها بروز جهة السطح السفلى . وقد لا يوجد عرق وسطى إطلاقاً كما في وريقات نخيل البلح ، أما الحزم الباقية فتترتب في 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 سمكة ملحظة . تشبه خلايا الاندودرم في شكلها غير أنها لا تماثلها في وظيفتها ، أما الطبقة الخارجية فتسمى غالباً باسم Mestome Sheath وتتكون من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر تظهر في مقطعها العرضى متساوية الأقطار تقريباً ، ومستطيلة في مقطعها الطولى . وتكون هذه الطبقة نطاقاً كاملاً حول الحزمة ، ومن المفروض أنها تعمل كطبقة تقل ناتجيات

عملية التمثيل الضوئي مباشرة الى الجهاز الوعائي . واذا أحاطت هذه الطبقة بالحزم البكيرة فلا تحتوى خلاياها على البلاستيدات الخضراء ، وبذلك يسهل تمييزها عن باقي النسيج المحيط بها ، أما اذا أحاطت بالحزم الصغيرة فان خلاياها تحتوى عادة على البلاستيدات الخضراء .

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

وبمائل تركيب الحزمة الوعائية الكبيرة الحجم في فصل الورقة تركيب مثلها في الساق ، ويلاحظ التميز التام بين كل من الأنايب الغربالية والخلايا المرافقة في مناطق اللحاء ، وكذا وجود عناصر الخشب في شكل حرف Y ، مع وجود الفراغ الهوائى عند الحافة الخارجية للخشب . إلا أن خشب أوراق النخيل يتكون النوع (الثانى فيه) من وطاء واحد أو وطاءين كبيرين ، (والأول) من عدة عناصر منتثرة مع عدم وجود هذا الفراغ الهوائى .

وبحيط بالحزم مادة نسيج ميكانيكي في شكل ألياف توجد على كل من الجانبين الخارجى والداخلى لكل حزمة وقد تحيط بها أو تمتد حتى البشريتين أو إحداها في نظام نطاقى . وتعتبر هذه الظاهرة في أوراق النجيليات القوة الميكانيكية اللازمة لحفظ الأوراق ، كما قد تساعد في حالة التفاف أنصالها .

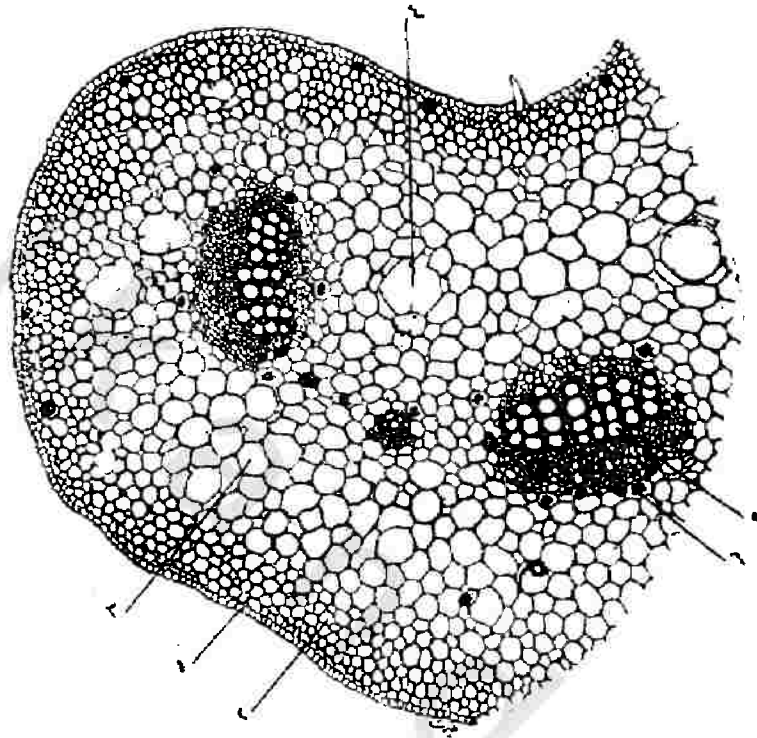
التركيب التشريحي لأعناق أوراق نباتات ذات الفلقتين

يصل العنق قاعدة الورقة بنصلها ، وقد يكون قصيراً أو طويلاً ، وقد يكون في مقطعه العرضى مستديراً أو يكون سطحه العلوى مستويًا والسفلى مستديراً محدباً ، وغالباً ما يكون سطحه العلوى مقعراً نتيجة لوجود القناة الطولية به . وقد يكون أملساً أو مغطى بشعيرات تختلف باختلاف النباتات ، يزداد عددها في منطقة القناة الطولية . وقد توجد عليه أشواك كما في عنق ورقة الورد ، أو غدد كما في عنق ورقة الشمس والخروع والياسفلورا .

وتتم عادة في نباتات مغطاة البذور، من الساق الى عنق كل ورقة، حزمة جانبية وعائية واحدة أو أكثر في وضع منحني. وتختلف أوضاع هذه الحزم كما تختلف عددها في أعناق نباتات ذات الفلقتين باختلاف شكل العنق ونوع النبات

ويحاط العنق عادة بنسيج البشرة التي تماثل بشرة الساق، وتكون من خلايا متجاورة متلاصقة التصاقاً تاماً إلا في مواضع الثغور. وتكون جدر خلاياها الخارجية عادة أكثر سمكاً من جدرها القشرية والتماسية، كما تغطي جدرها الخارجية بطبقة يختلف سمكها من الكبتين. وبلى البشرة عادة نسيج ميكانيكي مكون من عدة طبقات تختلف في عددها عادة من الخلايا السكولنشيمية المملظة الأركان كما في عنق ورقة الداتورة، أو الضروفية كما في عنق ورقة النوت. وينظم سمك هذه الطبقات في الأعناق المستديرة، إلا أنها تزداد أسفل التجويف الموجود في السطح العلوي للأعناق ذات القناة الطولية. أما النسيج الأساسي فيتكون جميعه من خلايا برنشيمية متساوية الأقطار تزداد اتساعاً جهة المركز، كما تحتوي على الكلوروبلاستيدات جهة السطح الخارجي، وهذه تقل تدريجياً جهة الداخل. ويتكون النسيج الوعائي عادة في الأعناق ذات السطح العلوي المعقر من حزمة واحدة في شكل قوس أو حدود كما في عنق ورقة نبات ألبديا، وهذه ينتهي طرفها أسفل جانبي التجويف. وتكون من لحاء جهة السطح السفلي المستدير وخشب في عدة صفوف قشرية جهة السطح العلوي المعقر، كما يوجد على كل من جانبي طرفيها زوج من حزم صغيرة غير نامة التكوين وغير مميزة تكون كل منها من بعض عناصر الخشب. وفي عنق ورقة نبات الملوخية تتخذ الحزم شكل الحدود أيضاً موازية لوضع الجانب المستدير من العنق، غير أنها تكون منفصلة في هيئة ثلاث حزم كبيرة، وقد يكون بينها أخرى صغيرة (شكل ١٢٧). وفي الأعناق المستديرة كعنق ورقة الخروع تكون الحزم الوعائية مرتبة في شكل حلقة مشابهة تماماً لترتيبها في سوق نباتات ذات الفلقتين، إذ يرى الخشب منجهاً نحو المركز واللحاء نحو السطح الخارجي.

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



(شكل ١٢٧)

ق . ع . في عنق ورقة نبات اللوحيّة .

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 والبريسكل . وهذان مع وجودهما في العنق قد يصعب تمييزها عن باقي خلايا النسيج الأساسي .

التركيب التشريحي لأعناق أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة

تظهر هذه الأعناق عادة في مقطعها العرضي مستوية السطح العلوي ومستديرة محدبة السطح السفلي، كمنق ورقة اللانانيا (شكل ١٢٨ — ١) وأعناق أوراق كثير من أنواع

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

ويتميز الخشب الثانوى فى هذه الحالة بتكونه من :

(أ) عناصر ناقلة تتكون غالباً من القصبات والقصبات 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 الكيوم 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 :

(أ) خلايا مضلعة رقيقة الجدر وهى الأنايب الغربالية .

(ب) خلايا مرافقة صغيرة مثلثة الشكل كثيفة البروتوبلازم .

(ج) برنشيمة اللحاء .

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

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

ومن الممكن تمييز منطقة الكيوم غير انها لا تكون واضحة ، كما هو الحال في السوق .
وتكون غالباً من ثلاث صفوف قطرية أو أكثر من الخلايا المتكشفة . وعادة لا يستمر
نشاط الكيوم طويلاً في عروق معظم الأوراق .

سقوط الأوراق

تصل الأوراق الى نهاية نموها سريعاً ، حتى اذا ما بلغت حجمها الطبيعي ، وقفت عند
مستمرة في تأدية وظائفها مدة قد تصل الى ٨ أشهر ، وقد تزداد الى سنة أو سنتين
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 ابطن
أو أكثر . ويختلف الزمن الذي تمكث فيه الأوراق على النبات بالنسبة لنوع النبات
وللمناخ والموقع والتربة ، وغير ذلك . وفي حياة النباتات مواسم أو أدوار تسمى
واسم أو أدوار الراحة Resting Periods ، من أهم ظواهرها عملية سقوط الأوراق ،
حيث تذبل أولاً ثم تجف وتسقط . ويرافق ذبول الأوراق عادة اصفرار لونها نتيجة
لانهلال مادة الكلوروفيل وظهور مادتي الزانثوفيل والكاروتين .

وقد تبقى الأوراق وقت الشتاء في بعض النباتات ، ثم تسقط عند تفتح البراعم الجديدة
وقت الربيع . وفي بعض الخروطيات لا قبل الأشجار (أي 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 في منطقة تسمى Absciss Layer .

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

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

ولا تبقى الندبة الورقية هكذا مارية 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 . وتم هذه العملية عادة قبل أو بعد سقوط الورقة ، في منطقة تسمى بالمنطقة الواقية Protective Layer ، وبمائل تكوين هذه الطبقة تكوين البريدرم العادي في شكل أقل تعقيداً . أما أوعية الخشب فتسدها الحوصلات التيلوزية الناتجة عن الخلايا البرنشيمية المحيطة بها ، كما تجمع 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. BAILY, 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 Vegeta-
tive 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". Trans-
lated 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". Trans-
lated 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, 1916.
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. PRANTL, 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." München, 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.: { "Solereder's Systematic Anatomy of the Dicotyledons". Vol. I and II. Translated by BOOBLER 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. 1903.
30. WEAVER, J. E. AND BURNER, W. E.: { "Root Development of Vegetable Crops". New York, 1927.