الباب الرابع

التركيبات الإفرازية والوعائية

Chapter 4

Secretory and Vascular Structures

obeikandl.com

obeikandl.com

Secretory structures

Secretory structure are structures in plant that participate in secretion of water or/and other substances, such as salts, gums, resins, nectars and digestive enzymes. Some of these structures are of epidermal origin and are known as trichomes as those described in Chapter 3 (Fig.3.23 & 3.24).

Plant secretions result from the activity of certain cells, either individually or accumulated in groups forming specific structures. Individual secretory cells usually keep their cells as in the case of lithocysts which secrete grape-shaped clusters of calcium carbonate known as cystoliths inside the cells (Fig.2.15).

Secretions in complex secretory structures are exuded outside the secretory cells and gathered in certain collecting cells as in tamarisk (Fig.4.2) or in reservoir cell as in the glands

التركيبات الإفرازية

التركيبات الإفرازية هى تركيبات نباتيـة تسـاهم فـى إفـراز المـاء أو مركبـات أخـرى مثـل الأمـلاح والصمـوغ والراتنجـات والرحيـق والإنزيمـات الهاضمـة . بعـض هـذه التركيبات لها نشأة بشرة وتعرف عادة بزوائد البشرة كتلك السابق وصفها فى الفصل الثالث (شكل 3.23 ، 3.24).

تنشأ الإفـرازات النباتيـة نتيجـة لنشـاط بعـض الخلايـا منفـردة أو متجمعة فى مجـاميع مكونـة لتركيبات معينـة . الخلايـا الإفرازيـة الفرديـة تحتفظ عـادة بموادهـا المفرزة داخـل خلاياها كمـا فـى حالـة الحوصـلات الحجرية التى تتكون فى عناقيد تشبه عناقيد العنب والمكونـة من كربونـات الكـالسيوم داخـل خلايـا خاصة (شكل 2.15) .

إفـرازات التركيبـات الإفرازيـة المركبة تفرز خارج الخلايا الإفرازيـة وتتجمع فى خلايا مجمعة خاصـة كمـا فـى حالـة الأثل (شـكل 4.2) أو فـى خلايـا مخزنـة كمـا فـى غـدد أوراق بنجويكولا جراندىفلـورا (شكل 4.1)،

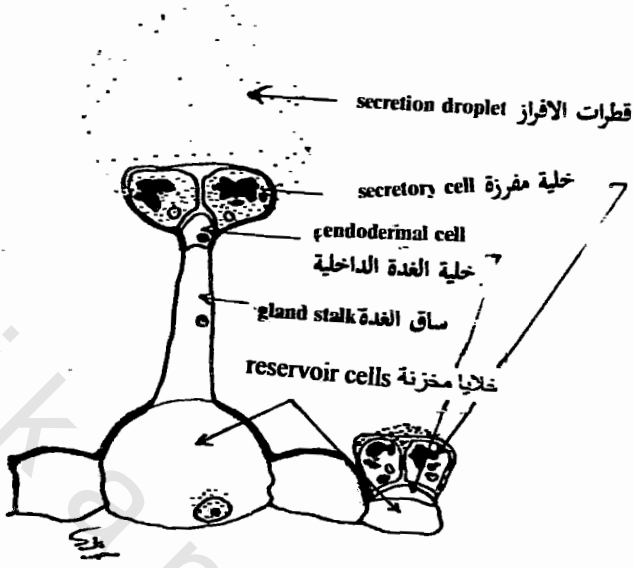


Fig.4.1: Stalked and sessile glands from leaf of *Pinguicula grandiflora*
عدد ساقية وجالسة من ورقة نبات بنجويكولا جراندیفلورا

obeikandl.com

of *Pinguicule grandiflora* leaves (Fig.4.1), or in ducts as in resin ducts (Fig.4.8).

The secretory structures may release their secretions outside the plant as in hydathodes (Fig.4.10) and nectaries (Fig. 4.4), or may keep them inside the plants as in laticiferous ducts (Fig.3.35) which differ from other glands of being made of one or more linked cells and their secretion known as latex is kept inside the cells.

Two types of glands are recognized external occurring on the plant epidermis as in glandular hairs and nectaries, and internal which are embedded in the plant tissues as in oil and resin glands.

Detailed descriptions of representatives of different secretory structures are given below.

1- Salt secreting glands of tamarisk: The tamarisk (*Tamarisk aphylla*) salt gland (Fig.4.2) is formed of eight cells, six of which are secretory and the basal two cells are the collecting cells. The group of the six secretory cells is enclosed in a circular layer

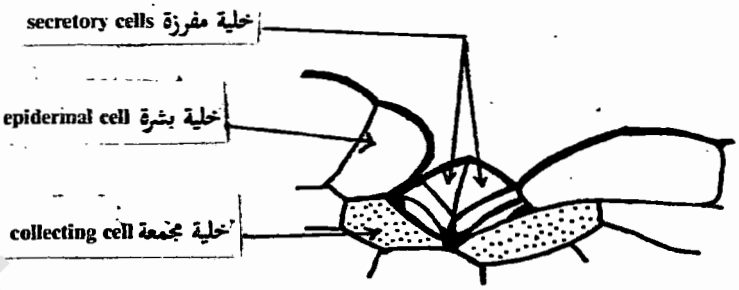
أو تتجمع فى قنوات كما فى القنوات الراتنجية (شكل 4.8) .

قد تفرز التركيبات الإفرازية إفرازاتها خارج النبات كما فى الثغور المائية (شكل 4.10) وكما فى الغدد الرحيقية (شكل 4.4) . قد تبقى الإفرازات داخل النبات كما فى القنوات اللبنية (شكل 3.35) ، والتي تختلف عن الغدد الأخرى فى انها تتكون من خلية أو أكثر متصلة طوليا وتبقى إفرازاتها المعروفة باللبن النباتى داخل الخلية .

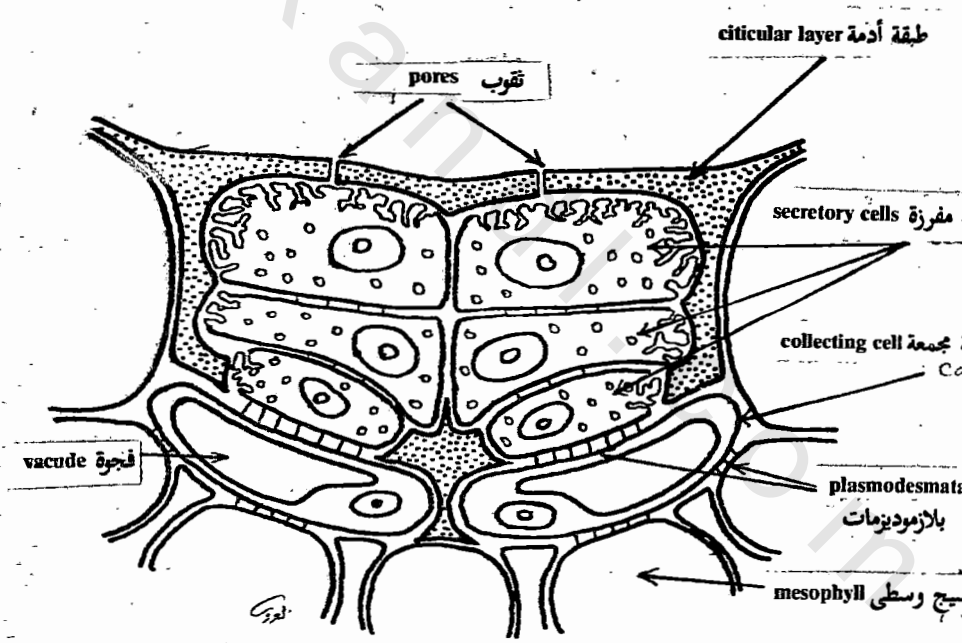
يمكن تمييز نوعين من الغدد، غدد خارجية توجد فى بشرة النبات كما فى زوائد البشرة الغدية ، وغدد داخلية وتوجد مغمورة فى أنسجة النبات كما فى الغدد الزيتية والراتنجية.

وفيما يلى شرح تفصيلى لنماذج من التركيبات الإفرازية المختلفة .

1- الغدد المفرزة للملح فى الأثل: غدد الأثل الملحية (شكل 4.2) تتكون من ثمانية خلايا ، ستة خلايا منها إفرازية والخليتان القاعديتان خلايا مجمعة. مجموعة الستة خلايا الإفرازية تحاط بطبقة من الكيوتين



قطاع عرضى فى بشرة ورقة أثل مبينا غدة ملح
T.S. in tamarisk leaf epidermis showing salt gland



Enlarged diagram of the gland رسم تخطيطى مكبر للغدة

Fig.4.2: Salt glands in tamarisk leaf غدد ملحية فى ورق أثل

except in the lower part, between the secretory cells and the basal collecting cells. The surface cuticular layer of the upper two cells of the gland are connected by each other vertically by plasmodesmata. Plasmodesmata are also present between the upper mesophyll cells and the collecting cells. Salty solution passes through plasmodesmata from the mesophyll to the collecting cells, then moves upwards from cell to cell. The solution accumulates in the micro-vacuoles lining the secretory cells, then fuse with the plasma membrane lining the micro-vacoules. The salt is, then released into the pectin-rich cell wall, and moved towards the top of the gland where it is released through the cuticular pores in the surface layer. The cuticular layer surrounding the gland prevents the back flow of salt.

2- Nectaries: Nectaries are special structures that sectere a sweet liquid known as nectar, and is found mostly in insect polinated plants. They may be

ماعدا فى الناحية الداخلية بين الخلايا المفرزة السفلية والخليتين المجمعتين . ويوجد متخللا أدمة السطح العلوى الخارجى ثقوب . الخلايا المختلفة للغدة تتصل ببعضها رأسيا بواسطة بلازمودزمات. توجد البلازمودزمات أيضا بين السطح العلوى لخلايا النسيج الوسطى والخلايا المجمعة . يمر المحلول الملحى خلال البلازمودزمات من الخلايا الوسطى إلى الخلايا المجمعة ثم يتحرك المحلول إلى أعلى من خلية إلى أخرى. يتجمع المحلول فى الفجوات الدقيقة المبطنة للخلايا المفرزة ، ثم يتحد مع الغشاء البلازمى المبطن للفجوات الدقيقة . يفرز الملح عقب ذلك فى جدار الخلية الغنى بالبكتين ، ثم يتحرك الملح إلى أعلى الغدد حيث يتحررخلال فتحات الأدمة بالسطح العلوى .

وتمنع طبقة الكيوتين المحيطة بالغدة عودة الملح ثانية إلى الغدة.

2- الغدد الرحيقية : الغدد الرحيقية هى تركيبات خاصة تقوم بإفراز سائل سكرى يعرف بالرحيق ، يوجد غالبا فى النباتات التى تلقح حشريا . قد

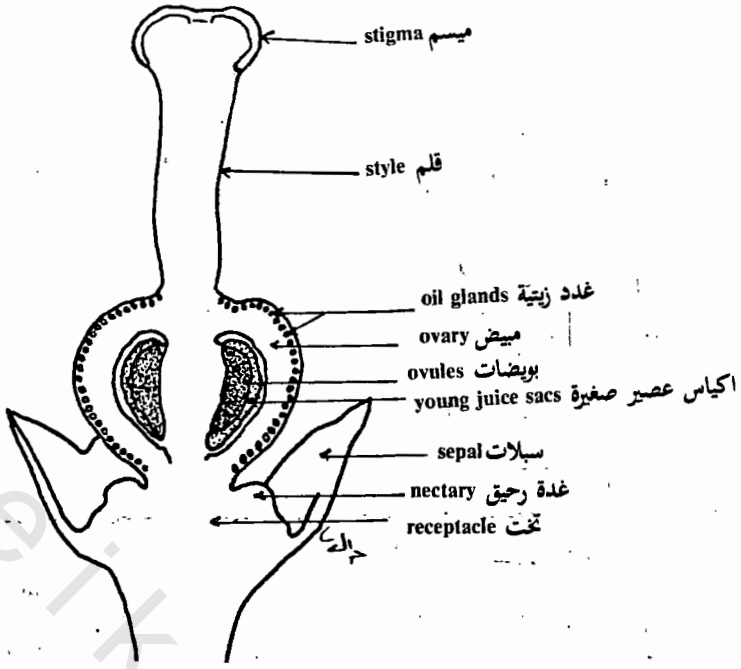


Fig.4.3: L.S. of maturing ovary of orange قطاع طولى فى مبيض زهرة برتقال

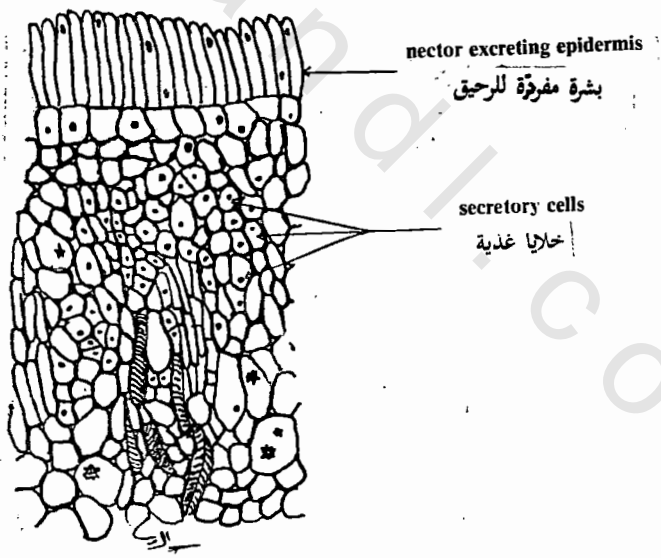


Fig.4.4: Nectary on the base of castor oil petiole

دة رحيق فى قاعدة عنق ورقة خروع

found in the base of sepals and petals, in stamens, on a disc below the ovary (Fig. 4.3). Also they may be found on leaves. In *Abutilon* the nectar is secreted from a special secreting trichome (Fig 3.25).

Nectaries present on flowers are termed floral nectaries, other are called extrafloral nectaries. The secretory cells of nectaries are thin walled and usually posses dense cytoplasm and distinct nuclei.

In extrafloral nectaries such as that of castor oil, which occur at the junction of petiole and leaf blade, a nectar excreting palisade-like epidermis can be found (Fig. 4.4).

3- Digestive glands: Digestive gland can be found among insectivorous plants such as pitcher plant (*Nepenthes*) and sundew plant (*Drosera*).

The digestive glands secrete proteolitic enzymes which act on the captured insects. These

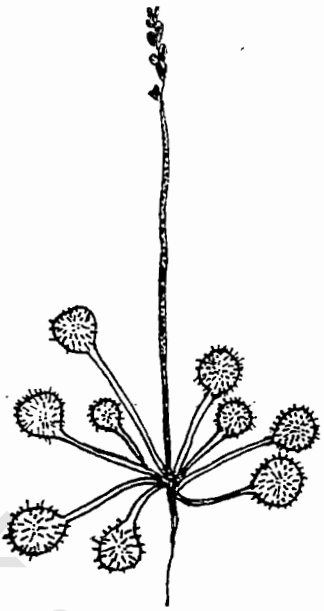
توجد الغدد الرحيقية فى السبلات أو البتلات أو الأسدية ، وقد توجد فى قرص أسفل المبيض (شكل 4.3) . كذلك فقد توجد الغدد الرحيقية فى الأوراق . فى نبات أبو تيلون يفرز الرحيق من زوائد بشرية غدية خاصة (شكل 3.25) .

تعرف غدد الأزهار بالغدد الرحيقية الزهرية ، والغدد الرحيقية الأخرى تعرف بالغدد الرحيقية غير الزهرية . الخلايا المفرزة للغدد الرحيقية ذات جدر رقيقة ويميزها عادة وجود سيتوبلازم كثيف وأنوية مميزة .

الغدد الرحيقية غير الزهرية مثل غدد نبات الخروع توجد عند منطقة إتصال عنق الورقة بنصلها ، والخلايا المفرزة للرحيق خلايا بشرة تشبه الخلايا العمادية (شكل 4.4) .

3- الغدد الهاضمة : يمكن مشاهدة الغدد الهاضمة بين النباتات آكلة الحشرة مثل نبات الجرة (نبنثس) ونبات ورد الشمس (دروسيرا) .

تفرز الغدد الهاضمة إنزيمات تحلل البروتين والتى تعمل على



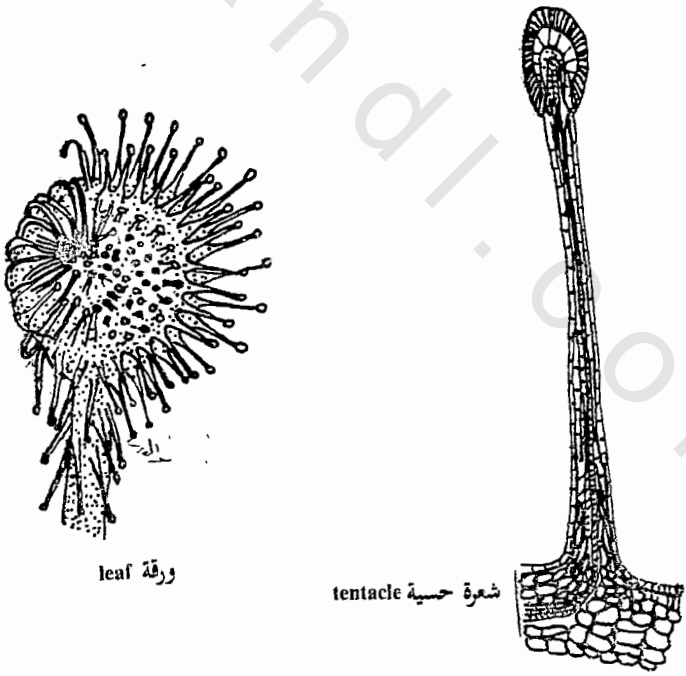


Fig.4.5: Sundew plant (*Drosea*) نبات ورد الشمس (دروسيرا)

obeikandl.com

glands are considered external glands. In sundew plant, leaves are covered with tentacles having on their ends secretory glands, which bend over the insects secreting viscid acid secretion (Fig.4.5).

4- Internal glands: Two types of internal glands are known; lysigenous and schizogenous, depending on the method of duct or cavity development. In lysigenous type the cavity is formed by cell destruction which is often achieved by enzymatic dissolution. In schizogenous type the space is formed by the separation of cells. Some types of internal glands are given below:

a) Oil glands: They are often of the lysigenous type, and occur mostly in the mesophyll of some plant leaves, *e.g.* orange and camphor. In orange the oil glands are also found in the ovary (Fig.4.3) and in orange peel (Fig. 4.6). Glands

... الحشرات الأسيرة . وتعتبر هذه الغدد من الغدد الخارجية ، ففي نبات ورد الشمس تغطى الأوراق بثغور حسية في نهاياتها غدد إفرازية. تنحنى الثغور حول الحشرة الملامسة وتفرز عليها إفرازات لزجة حامضية (شكل 4.5) .

4- الغدد الداخلية : يعرف نوعان من الغدد الداخلية ؛ غدد تحللية وغدد مفصلية، وذلك بناء على طريقة نشأة القناة أو الفجوة المتكونة . ففي حالة الغدد التحللية تجد أن الفجوة تتكون نتيجة لتلف الخلايا الذى يتم عادة بفعل إنزيمات تحللية. أما فى حالة الغدد الإنفصالية فإن المسافات الخالية المتكونة تنتج عن فصل الخلايا عن بعضها .

وفيما يلى شرح بعض أنواع الغدد :

أ) الغدد الزيتية : وهى عادة من النوع التحللى ، وتقع غالبا فى النسيج الوسطى لبعض أوراق النباتات مثل البرتقال والكافور . وفى حالة البرتقال توجد الغدد الزيتية فى المبيض (شكل 4.3). وكذلك فى قشرة الثمرة (شكل

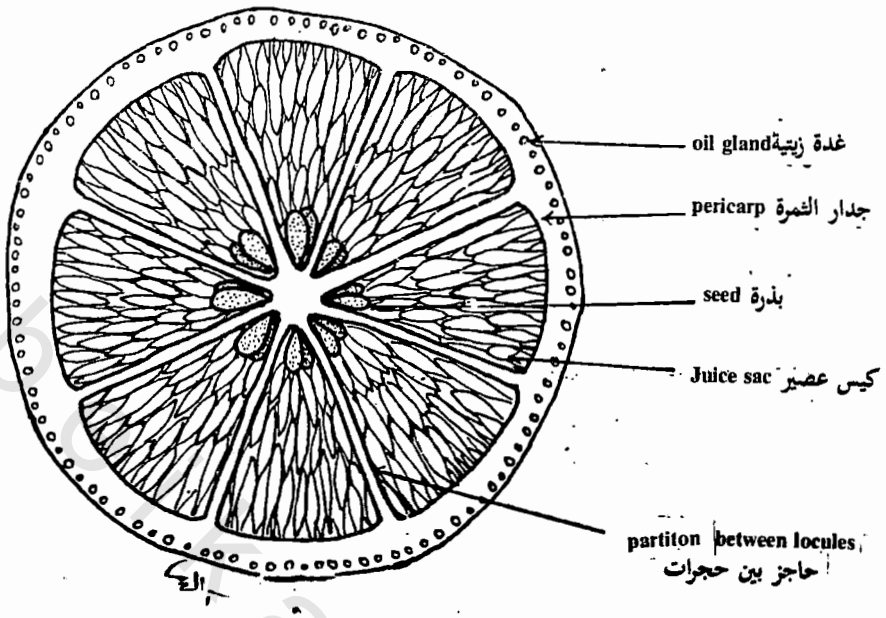


Fig.4.6: T.S. in orange fruit قطاع عرضى فى ثمرة البرتقال

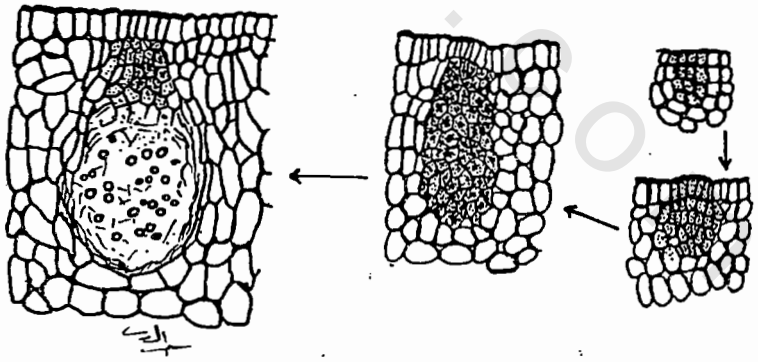


Fig.4.7: Different stages in the development of oil cavity in orange peel
خطوات نشأة فراغ زيتى فى قشرة البرتقال

4.6) . الغدد كروية الشكل وتتكون بتحلل مجموعة من الخلايا مكونة التجويف (شكل 4.7) . والإفرازات الناتجة عن تحلل الخلايا تبقى فى الفراغ المتكون .

ب) الغدد الراتنجية : وهى غالبا من النوع الإنفصالى وتتكون غالبا فى الخشب الثانوى وأوراق كثير من النباتات معراة البذور .

تتكون الغدة بإنفصال خلايا برنشيمية وقد يتسع قطر قناة الغدة بإنقسام الخلايا المحيطة بمستويات عمودية على حواف القناة . وينتج عن ذلك تكوين قناة منتظمة محاطة بصف من الخلايا الصغيرة التى تعمل على الإفراز وتعرف بالخلايا الطلائية . فى حالة الصنوبر نجد أن هذه الخلايا رقيقة الجدر وغير ملجننة. وتتكون القنوات الراتنجية غالبا نتيجة لحدوث أضرار (شكل 4.8) .

المواد الراتنجية هى خليط من مركبات ذات وزن جزيئى مرتفع وغالبا من التربينات القابلة للذوبان فى كحول الإيثايل وغير قابلة للذوبان فى الماء. وبتعريض هذه الراتنجات للجو تتبخر مركباتها الطيارة تاركة بواقى صلبة أو شبه صلبة تحمى المنطقة التالفة .

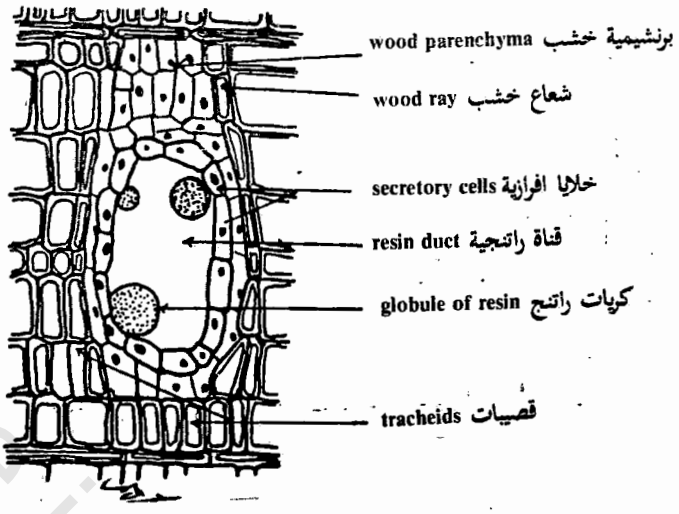
are spherical in shape and are formed by the disintegration of a group of cells forming the cavity (Fig.4.7), and the secretions previously formed in the cells are released in the cavity.

b) Resin ducts: They are often of the shizogenous type and are found mostly in the secondary xylem and leaves of many gymnosperms.

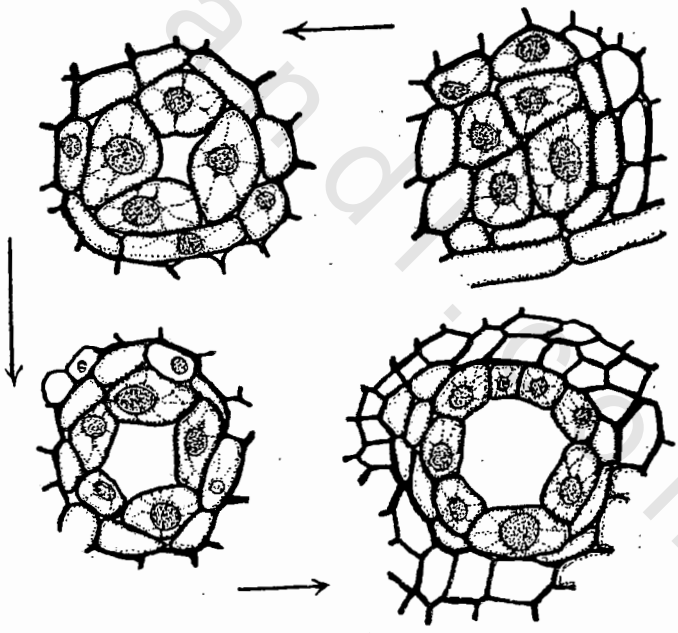
They are formed by the separation of parenchyma cells. The diameter of the duct may be enlarged by division of the surrounding cells in a plane perpendicular to the boundary of the canal. These result in a regular canal surrounded by layer of small cells having secretory function and known as epithelial cells. In pine these cells are thin walled and not lignified. Resin ducts are produced mostly as result of injury (Fig.4.8).

Resin is a mixture of high-molecular weight compounds mostly terpenoids, which are soluble in ethanol and not in water. On exposure to air the volatile components evaporate leaving a solid or semi-solid residue, protecting the damaged area.

Obeikandl.com



Resin duct in pine wood قناة راتنجية فى خشب الصنوبر



Stages in the formation of resin duct خطوات تكوين قناة راتنجية

Fig.4.8: Resin ducts in pine القنوات الراتنجية

c) **Gum ducts:** These are found in dicot woods in a way similar to that of resin ducts in pine. Gum ducts may arise normally or as a reaction to injury. Ducts due to injury may develop schizogenously or lysigenously and sometime shizolisigenously. In the latter case the cavity is formed, firstly, schizogenously, then the cavity enlarges by disintegration of the boundry cells. This process in known as gummosis, and result in gum accumulation in the ducts. Diseases and insect injury may cause gummosis (Fig.4.9).

Gums are mostly complex, highly branched polysaccharides that swells in water to form jels or sticky solutions.

جـ) **الغدد الصمغية :** توجد فى خشب النباتات ذات الفلقتين بطريقة تشبه القنوات الراتنجية فى الصنوبر . قد تتكون الغدد الصمغية طبيعيا فى النبات وقد يكون تكونها كرد فعل للضرر الحادث للنسيج . القنوات الناتجة نتيجة للضرر قد تنشأ إنفصاليا أو تحلليا وأحيانا بالطريقتين معا أى إنفصالية تحللية . وفى الحالة الأخيرة تتكون القناة ، وتعرف هذه العملية بالتصمغ . وينتج عنه تجمع صمغ فى القنوات . ينتج التصمغ أيضا عن الاصابات المرضية والحشرية (شكل 4.9).

تتكون الصموغ غالبا من مركبات معقدة متفرعة من عديدات التسكر وذات خاصية الانتفاخ فى الماء مكونة جيلى أو سوائل لاصقة .

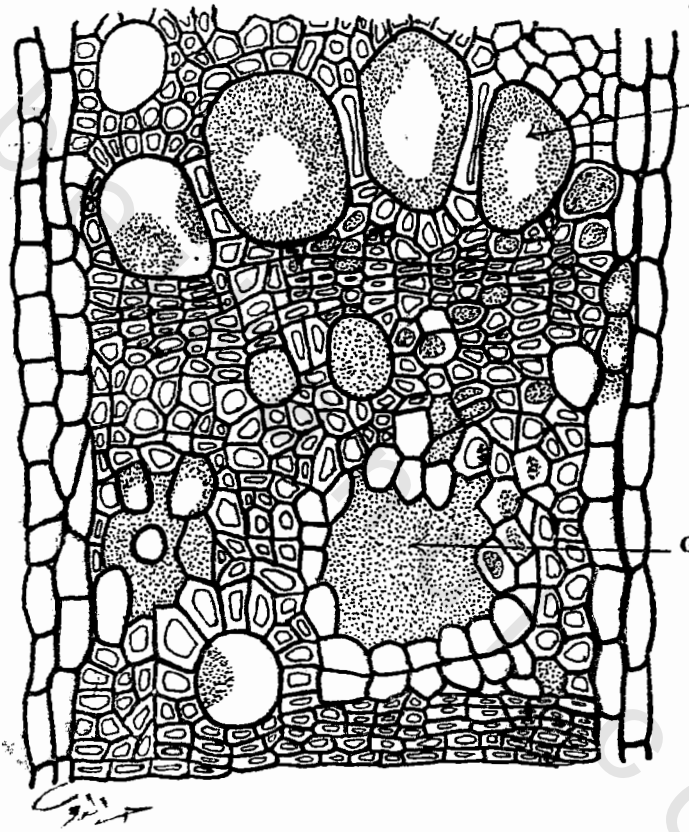


Fig.4.9: Gummosis in cherry wood التصمغ فى خشب الكريز

5-Hydathodes: Hydathodes are special secretory structures that secretes water from the interior of the leaf and deposit it, in the form of drops, on leaf surface. This phenomenon is called guttation.

Hydathodes occur, commonly, along margins and tips of leaves at vein endings. Excess water passes from the terminal tracheids of the veins through the intercellular spaces of loosly packed parenchyma, devoid of chloroplasts, called the epithem. The epithem may be bound by suberized cells or with cells having casparian strips. Some hydathodes lack a typical epithem. The inter-cellular spaces of the epithem open to the exterior by special permanently opened pores surrounded by guard cells of stomatal origin. Beneath the pore there is a large inter-cellular space (Fig.4.10, 4.11).

5- الثغور المائية : الثغور المائية هى تركيبات خاصة إفرازية ، تفرز الماء من داخل أنسجة الورقة وتخرجها فى صورة قطرات مائية على سطح الورقة . وتعرف هذه الظاهرة بالادماع .

توجد الثغور المائية عادة عند حواف وقمم الأوراق فى نهاية العروق. يمر الماء الزائد من نهاية القصيبات الموجودة فى نهايات العروق إلى المسافات البينية للخلايا البرنشيمية المفككة تقريبا والخالية من البلاستيدات الخضراء والتى يطلق عليها نسيج إبيثيم الذى قد يحدد جانبيا بخلايا مسوبرة أو مغلفة بشرائط كاسبرى. أحيانا نجد فى بعض أنواع الثغور المائية غياب نسيج الإبيثيم النموذجى . تفتح المسافات البينية للخارج خلال فتحات خاصة محاطة بخليتين حارستين وذات أصل ثغرى إلا أنها تكون مفتوحة دائما . ويوجد أسفل فتحة الثغور المائية مسافة بينية كبيرة (شكل 4.10 , 4.11) .

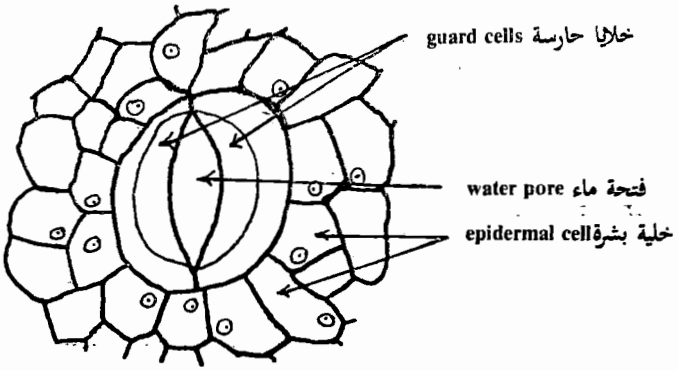


Fig.4.10: Water-pore from the margin of *Tropaeolum majus*

منظر سطحى لثغر مائى فى حافة ورقة نبات أبوجنحر

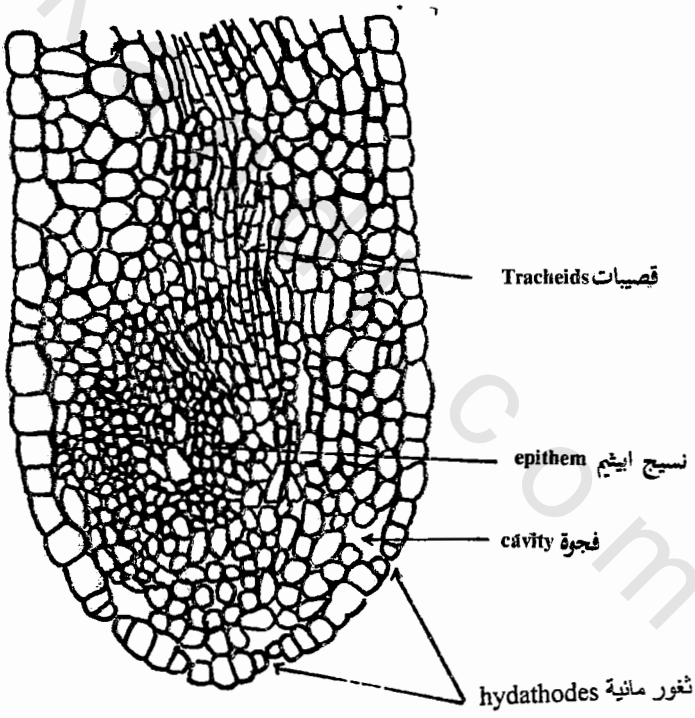


Fig.4.11: Longıtudinal section in cabbage leaf showing hydathods

قطاع طولى فى ورقة كرنب مبينة ثغور مائية

Guttation drops are brought to the surface by the terminal tracheids of the veins, and are usually seen in early morning after a cool night. Normally guttation from hydathodes is a passive process and is forced out by hydrostatic pressure.

Vascular bundles

The vascular bundle is one of the strands of primary vascular tissue constituting the vascular system. The vascular system is the continuous network of vascular tissue through out a plant.

A vascular bundle when fully formed is generally composed of two well-defined complex tissues; xylem and phloem, which may be separated by fascicular cambium. The vascular bundle is considered conjoint if it consists of both xylem and phloem.

Different types of vascular bundles are considered as follows:

1- Collateral bundle: It is a vascular bundle in which the phleom occurs on only one side of the xylem in one radius.

قطرات الادماع تصل إلى السطح عن طريق نهاية قصيبات العروق ، وتشاهد عادة فى الصباح الباكر بعد ليلة باردة.وعملية الادماع هى عادة عملية سلبية وتنتج عن ضغط مائى .

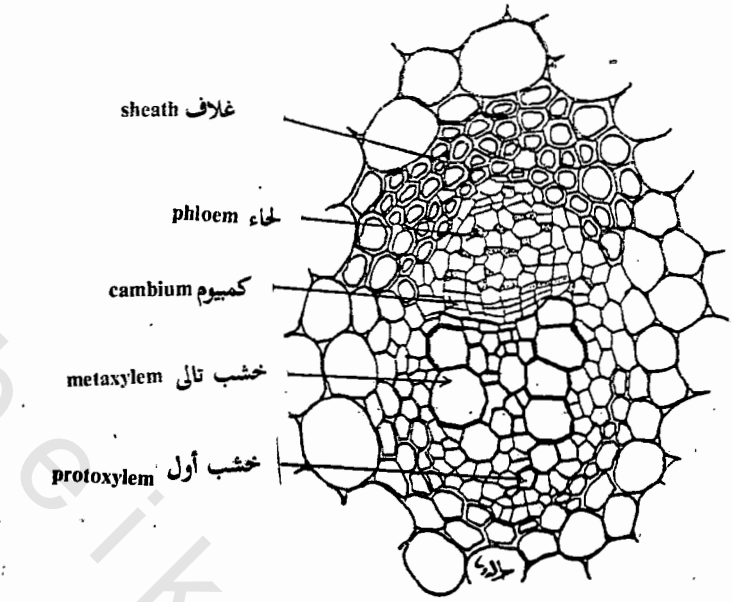
الحزم الوعائية

الحزمة الوعائية هى أحد الخيوط الابتدائية للنسيج الوعائى المكون لنظام الشبكة الوعائية . الشبكة الوعائية هى النظام الشبكى المتصل من النسيج الوعائى الممتد خلال جسم النبات.

وتتكون الحزمة الوعائية عند تمام نضجها ، عادة من نسيجين مركبين من الخشب واللحاء واللذان قد يفصلهما نسيج الكامبيوم الحزمى . وتعتبر الحزمة الوعائية مقترنة إذا تكونت من كل من الخشب واللحاء.

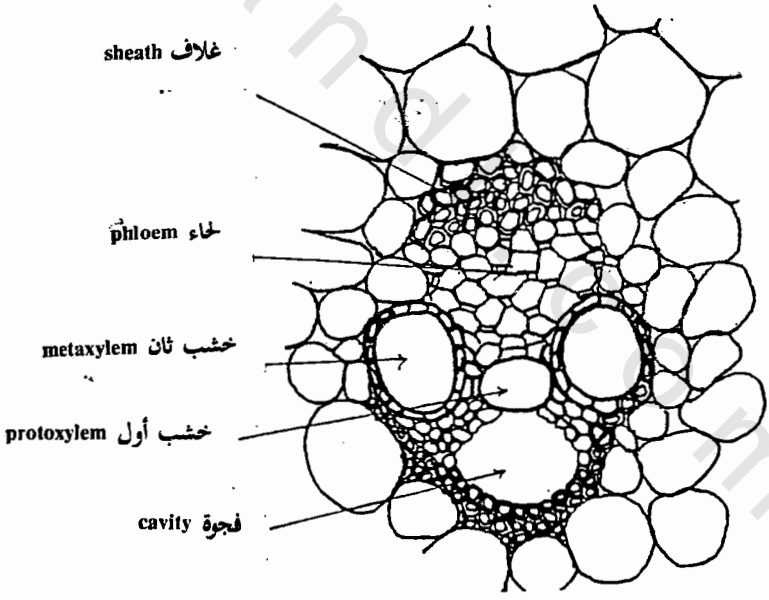
يمكن تمييز أنواع مختلفة من الحزم الوعائية كما يأتى :

1- حزم جانبية : وهى الحزم الوعائية التى يكون فيها اللحاء والخشب على نصف قطر واحد ، ويقع اللحاء للخارج ويقع الخشب



حزمة جانبية مفتوحة فى ساق نبات الشقيق

Top,open collaleral bundle from stem of Rananculus rcpens



حزمة جانبية مقفولة بساق نبات الذرة

Bottom;closed collateral bundle from stem of corn

Fig.4.12: Collateral bundles حزم جانبية

Phloem occurs only towards the outside of the xylem. If cambium is present between xylem and phloem as in dicot stems the bundle is described as open collateral bundle, and if cambium is abscent it is called closed collateral bundle as in most monocot stems (Fig.4.12)

2- Bicollateral bundle: It is a vascular bundle in which the phloem occurs on both the sides of the xylem. Cambium, if present, occurs only between the outer phloem and the xylem. The internal phloem may be embedded in the outer part of the pith and not adjacent to xylem. Bicollateral bundles are found in solanaceous and cueurbitaceous plants (Fig. 6.4).

3- Concentric bundles: These are vascular bundles in which one vascular tissue surrounds the other. Concentric vascular bundles are of two types.

a) Amphicribral, in which the phloem surrounds, completely the xylem, and is found in many ferns and few dicots, as in rhizome of *Polipodium* sp. (Fig.4.13).

للداخل . وعند وجود الكامبيوم بين الخشب واللحاء ، كما فى سيقان النباتات ذات الفلقتين فتعرف الحزم بأنها جانبية مفتوحة وعند غياب الكامبيوم فتعتبر الحزمة جانبية مغلقة كما فى سيقان النباتات وحيدة الفلقة (شكل 4.12) .

2- حزم ذات جانبين : وهى حزم وعائية يكون فيها اللحاء على جانبى الخشب . وعند وجود الكامبيوم فإنه يقع فقط بين اللحاء الخارجى والخشب. أحيانا يكون اللحاء الداخلى مغمورا فى الجزء الخارجى من النخاع وليس ملاصقا للخشب . تشاهد الحزم ذات الجانبين فى نباتات العائلتين الباذنجانية والقرعية (شكل 6.4).

3- حزم مركزية : وهى حزم وعائية يكون فيها أحد النسيجين الوعائيين محيطا بالنسيج الآخر . يوجد نوعين من الحزم الوعائية المركزية :

أ) حزم مركزية الخشب ، وفيها يحيط اللحاء إحاطة كاملة بالخشب ويشاهد فى كثير من السرخسيات وفى قليل من النباتات ذات الفلقتين ومن أمثلتها ريزوم نبات بوليبوديم (شكل 4.13) .

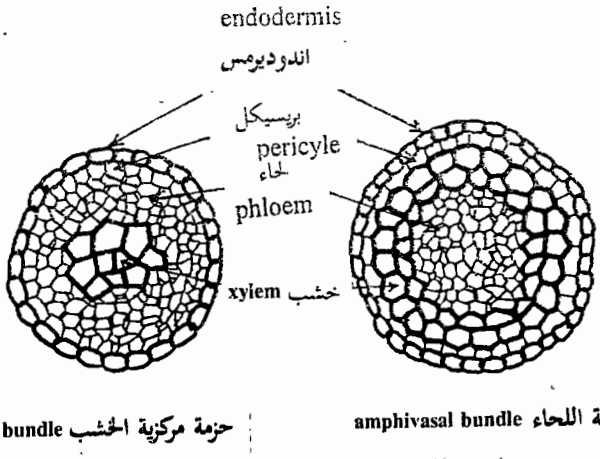


Fig.4.13: Concentric bundles حزم مركزية

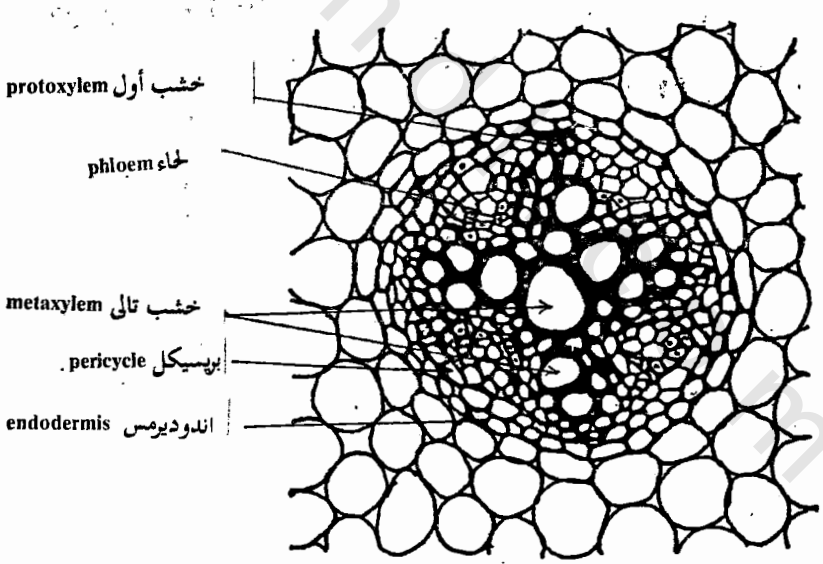


Fig.4.14: T.S. of *Ranunculus* root قطاع فى ساق الشقيق (حزم قطرية)

obeikandl.com

b) Amphivasal, in which the xylem completely surrounds the phloem, and is found in many monocots and few dicots, as in stem of *Cordyline* sp. (Fig. 4.13).

4- Radial bundles: These are vascular bundles in which the xylem and phloem occurs at different and alternating radii and separated by parenchymatous cells. This type is found among roots of Angiosperms (Fig.4.14).

Stele (Vascular cylinder)

The stele is the centeral core of the stems and roots of the sporophytes of vascular plants, including the pericycle, the vascular tissue, the medullary rays and the pith. Three basic types of stele are recognized (Fig.4.15).

1- Protostele : It consists of solid central core of xylem, surrounded by a ring of phloem

ب) حزم مركزية اللحاء ، وفيها يحيط الخشب إحاطة تامة باللحاء ، ويشاهد فى كثير من نباتات الفلقة الواحدة وقليل من ذوات الفلقتين مثل نبات كورديلين (شكل 4.13) .

4- حزم قطرية : وهى حزم وعائية يكون فيها كل من الخشب واللحاء على أنصاف أقطار مختلفة ومتبادلة ويفصل بينهما خلايا برنشيمية. يشاهد هذا النوع فى جذور النباتات مغطاة البذور (شكل 4.14) .

الأسطوانة الوعائية

الاسطوانة الوعائية هى القلب المركزى للسيقان والجذور للأطوار الجرثومية للنباتات البذرية ، وتشمل البريسيكل والأنسجة الوعائية والأشعة النخاعية والنخاع . وتمكن تمييز ثلاثة أنواع من الأسطوانات الوعائية (شكل 4.15) .

1- الأسطوانة الوعائية البدائية: وتتركب من قلب مركزى من الخشب محاط بحلقة من اللحاء ولا يوجد نخاع

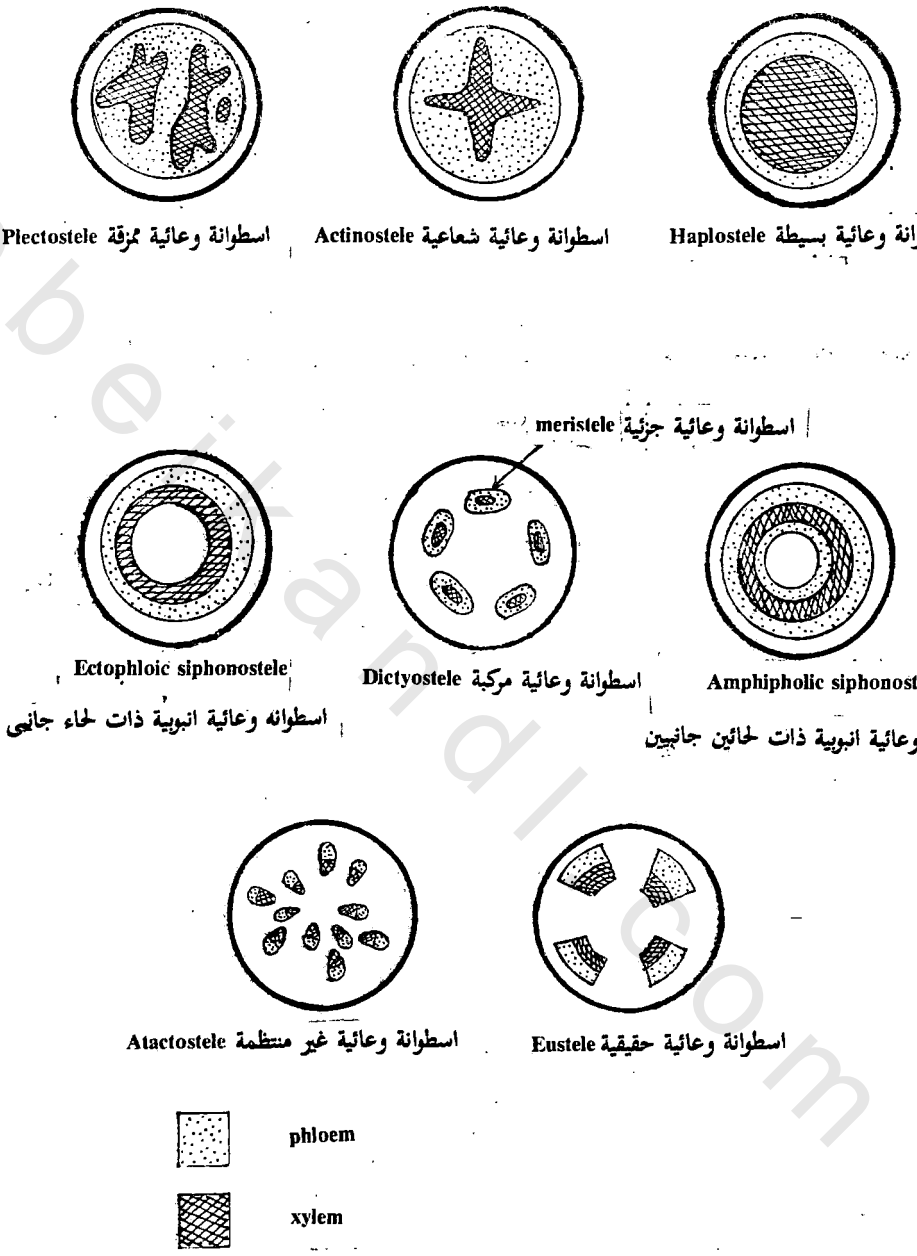


Fig.4.15: Different types of stele

راع مختلفة من الإسطوانات الوعائية

and lacking central pith. Protostele is considered the most primitive type of stele and are charactesistic of stems of lower pteridophytes and of roots of most vasular plants.

Three types of protostele are recognized:

a) Haplostele, is the simplest type of the protosteles. The xylem appears, in cross section, more of less circular, *e.g. Rhynia & Psilotum* (Fig.4.16).

b) Actinostele, in which the xylem appears, in cross section, stellate or lobed, *e.g. Psilotum* (Fig.1.26).

c) Plectostele, in which the xylem splits into several elongated plates surrounded by phloem. Some of the plates may be joined together and others remain separated, *e.g. Lycopodium* (Fig.4.17).

فى المركز . وتعتبر الإسطوانة الوعائية البدائيـة ، أكثـر أنـواع الإسطوانات الوعائيـة بداءة وتميز سيقان الانـواع البدائية من سيقان النباتـات السرخسية ومعظم جذور النباتات الوعائية .

يعـرف ثلاثـة أنـواع مـن الأسطوانات الوعائية البدائية :

أ) الأسطوانة الوعائية البسيطة ، وهـى أكثر الأنـواع بدائيـة . يظهـر الخشب فـى القطـاع العرضـى دائـرى تقريبا كما فى الرينيـا وسيلوتم (شكل 4.16) .

ب) الأسـطوانة الوعائيـة الشعاعية، وفيها يظهر الخشب بشكل شعاعى وأحيانا مفصص ومـن أمثلتها ساق نبات سيلوتم (شكل 1.26) .

جـ) الأسطوانة الوعائية الممزقـة، وفيها يظهـر الخشب منشقا إلـى عدة صفـائح متطاولـة ومحاطـة باللحـاء . بعض الصفـائح قـد تتصـل ببعضهـا والبعض الآخر يبقى منفصلا كمـا فـى ساق نبات ليكوبوديوم (شكل 4.17) .

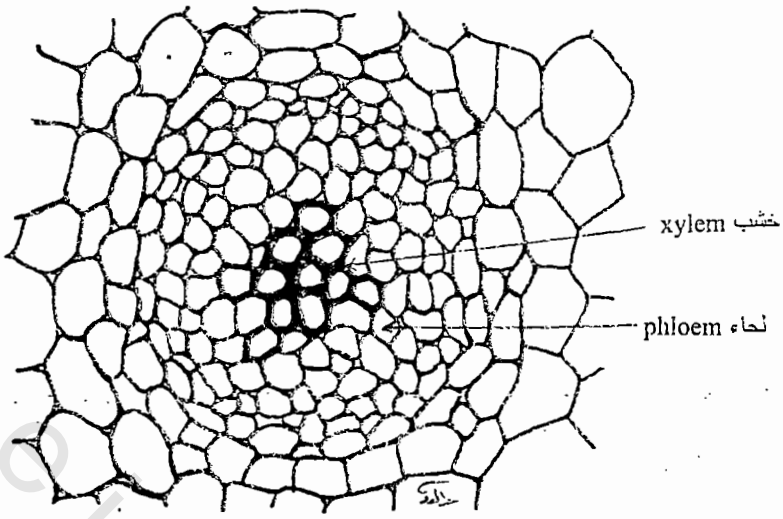


Fig.4.16: Haplostele of *Psilotum* إسطوانة وعائية بسيطة لنوع من سيلوتم

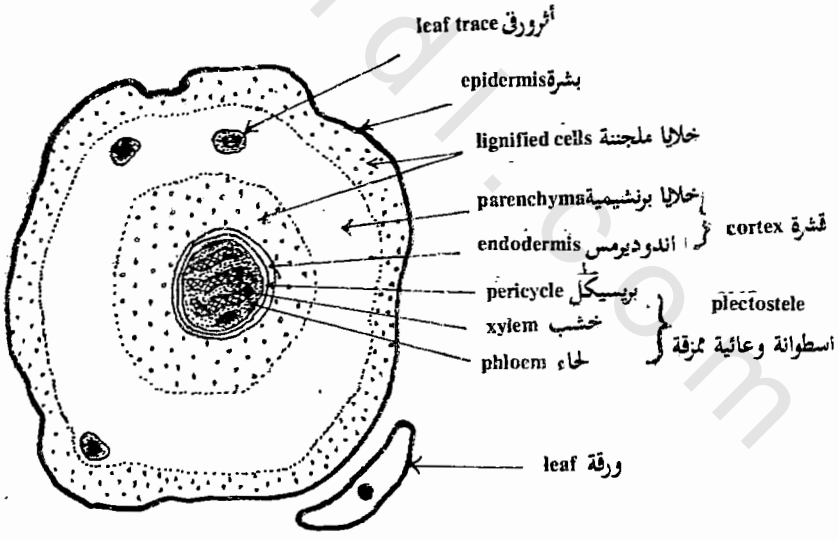


Fig.4.17: T.S. in stem of *Lycopodium clavatum*
قطاع عرضى فى ساق ليكوبوديم

2-Siphonostele: This type of stele has a central core of pith surrounded by ring or rings of vascular tissues. Siphonosteles are found among more advanced pteridophytes and spermatophytes.

Five types of siphonosteles are recognized:

a) Ectophloic siphonostele, in which a ring of xylem surrounds the core of pith, followed externally by another ring of phloem, (Fig.4.15).

b) Amphiphloic siphonostele (Solenostele), in which two rings of phloem surround the xylem both externally and internally. When endodermis is present, two layers of endodermis occur, one outside the outer phloem and the other inside the inner phloem, *e.g.*

2- الأسطوانة الوعائية الأنبوبية :

يميز هذا النوع من الأسطوانات الوعائية وجود قلب من النخاع محاط بحلقة أو أكثر من الأنسجة الوعائية .

يوجد هذا النوع فى الأطوار الراقية من السراخس وفى النباتات البذرية .

ويمكن تمييز خمسة أنواع من الاسطوانات الوعائية الأنبوبية :

أ) أسطوانة وعائية أنبوبية ذات لحاء جانبى ، وفيها توجد حلقة خشب تحيط بالمركز النخاعى ، ثم تحاط خارجيا بحلقة من اللحاء (شكل 4.15).

ب) أسطوانة وعائية أنبوبية ذات لحائين جانبيين ، وفيها يوجد لحاءان أحدهما يكون حلقة تحيط بحلقة الخشب خارجيا والثانية بشكل حلقة تحيط بالخشب داخليا . فى حالة وجود الاندوديرمس فيوجد صفين منفصلين من الاندوديرمس أحدهما يوجد خارج اللحاء الخارجى والثانى يوجد داخل

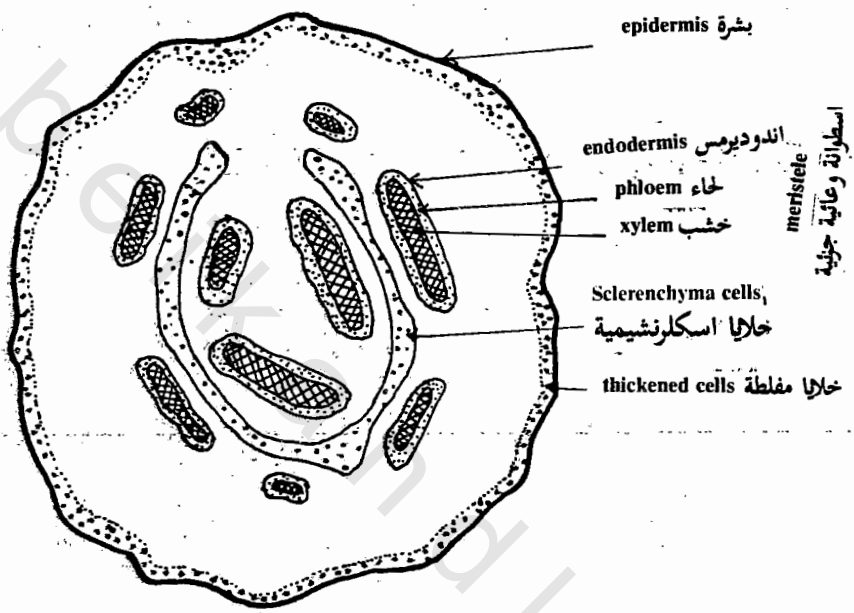


Fig.4.18: T.S. in rhizome of *Pteridium aquilinum*

قطاع عرضى فى ريزوم نبات تيرديم أكويلينم

Adiantum and *Marsilea*. (Fig.4.15).

c) Dictyostele is a type of dissected siphonostele separated by parenchymatous areas, and usually associated with large closely placed leaf gaps. Bundles are inter-connected to form a cylindrical network and each bundle is of concentric structure, consisting of a central strand of xylem surrounded by phloem. Each bundle is termed meristele, and is considered amphicribiral bundle (Fig.4.15).

d) Polycyclic stele is a type of stele similar to the dictyostele, but with two or more concentric rings of vascular tissue. The individual cylinders are interconnected. *e.g. Pteridium* (Fig.4.18).

اللحاء الداخلى وذلك كما فى أديانتم ومارسيليا (شكل 4.15) .

جـ) أسطوانة وعائية مركبة، وهى نوع من الأسطوانات الوعائية الأنبوبية تمزقت حلقاتها بفواصل برنشيمية وتكون مصحوبة بفجوات ورقية كبيرة متقاربة . تتصل الحزم الوعائية ببعضها لتعمل شبكة أسطوانية . الحزمة الوعائية تتركب من جديلة مركزية من الخشب تحاط باللحاء . وتعرف الحزمة الواحدة بأنها أسطوانة وعائية جزئية . وتعتبر حزمة مركزية الخشب (شكل 4.15).

د) أسطوانة وعائية متعددة الحلقات ، وهى تشبه الأسطوانة الوعائية المركبة ولكنها تتكون من حلقتين أو أكثر من الحزم الوعائية . وتتصل الحزم الوعائية ببعضها وذلك كما فى بتريديم (شكل 4.18) .

e) Eustele is a type of dissected siphonostele, in which vascular cylinders appear as a ring of collateral or bicollateral bundles separated by medullary rays as in stems of most dicotyledonous plants (Fig.6.3).

3- Atactostele : This type of stele is characterized by the irregularity of arrangement of vascular bundles in the ground tissue as in stems of mono-cytoledonous plants (Fig.6.12).

In rare cases the stem or the root contains more than one independent stele, such a condition is termed polystely, as in case of aerial axes of *Selaginella* sp., which possess several protosteles.

هـ) الأسطوانة الوعائية الحقيقية وهى نوع من الأسطوانات الوعائية الأنبوبية المجزأة ، وفيها تظهر الحزم الوعائية كحلقة من الحزم الجانبية أو ذات الجانبين ، يفصل بينها أشعة نخاعية ، وذلك كما فى سيقان معظم النباتات ذات الفلقتين (شكل 6.3) .

3- أسطوانة وعائية غير منتظمة : ويميزها عدم وجود ترتيب معين لتوزيع الحزم الوعائية فى النسيج الأساسى ، وذلك كما فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة (شكل 6.12) .

وفى حالات نادرة يحتوى الجذر أو الساق على أكثر من أسطوانة واحدة مستقلة ، وتعرف هذه الحالات بتعدد الأسطوانات الوعائية وذلك كما فى الساق الهوائى لنبات سيللاجينيللا الذى يحتوى على عديد من الأسطوانات الوعائية البدائية .