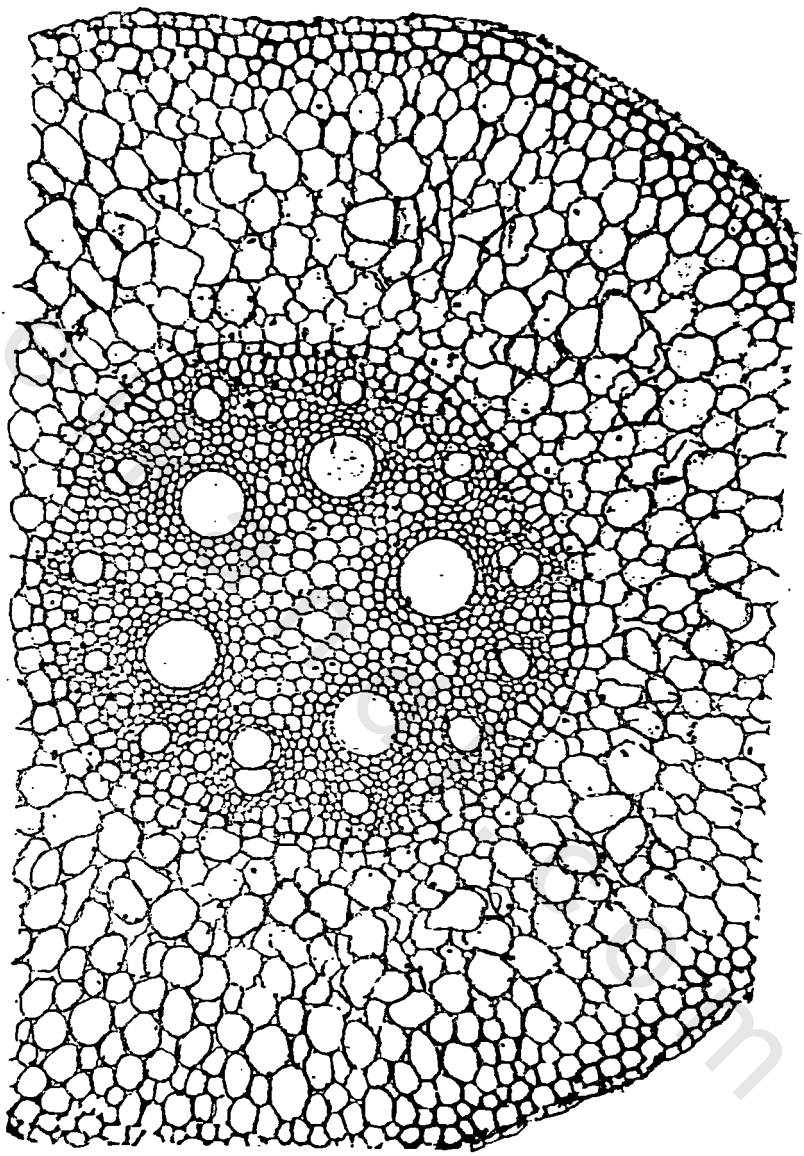
الباب الخامس

تركيب الجذر

Chapter 5

Root Structure

obeikandl.com



Primary structure of roots

Roots are the first organs of the young growing plant to appear during seed germination. They typically grow in the soil below ground. Their main functions are to anchor the plant in the substratum and to absorb water and dissolving minerals and to transfer them to the shoot system.

Roots differ from shoots mainly in the absence of nodes and internodes, the presence of a parenchymatous root cap to protect the apical meristem of the root (Fig.3.6 & 3.7), while growing through the soil and in that root branches originate endogenously from the pericycle (Fig.5.7).

In a cross section of a typical root before any secondary growth, we find that the cells of the epidermis are not cutinized, and that some epidermal cells develop root hairs which are hair-like protuberances. During the growth of a root hair, the cell becomes highly vacuolated and the nucleus migrates towards the terminal position of the growing hair (Fig.5.1).

التركيب الابتدائى للجذور

الجذور هى أول الأعضاء النباتية ظهورا أثناء إنبات الجذور . تنمو الجذور مثاليا فى التربة تحت سطح الأرض . أهم وظائف الجذور هى تثبيت النبات فى وسط النمو ، وإمتصاص الماء والأملاح الذائبة ثم نقلها خلالها إلى المجموع الخضرى .

تختلف الجذور عن السيقان أساسيا فى عدم وجود العقد والسلاميات ، وفى وجود قلنسوة جذرية برنشيمية لحماية القمة النامية للجذر (شكل 3.6 , 3.7)، خلال نموها بالتربة وكذلك فى أن أفرع الجذر تنشأ داخليا من طبقة البريسيكل (شكل 5.7) .

بفحص قطاع عرضى فى جذر نموذجى قبل حدوث أى نمو فى السمك نجد أن خلايا البشرة غير مكيتنة وأن بعض خلايا البشرة تنمو خارجيا مكونة شعيرات جذرية. خلال نمو الشعيرة الجذرية تصبح خلية البشرة ذات فجوات كبيرة ، وأن نواة الخلية تهاجر ناحية الجزء الطرفى للشعيرة (شكل 5.1) .

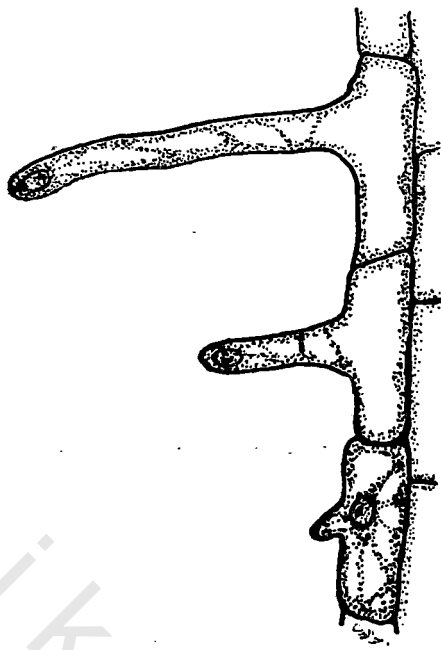
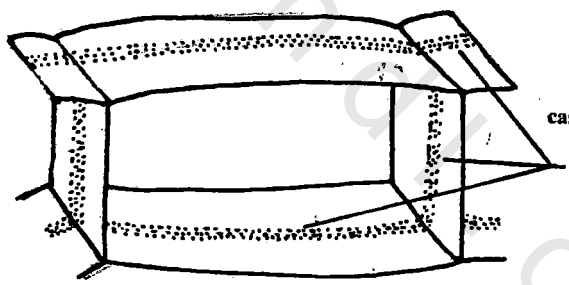
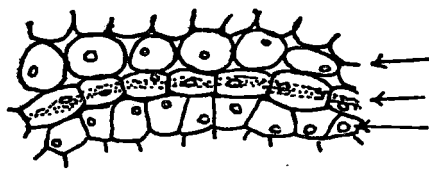


Fig.5.1: Development of root تكشف الشعيرات الجذرية



inidividual cell of endodermis خلية اندوديرمس



Cells of endodermis showing casparian strips خلايا اندوديرمس مبينا اشرطة كاسبرى

Fig.5.2: Endodermal cells خلايا إندوديرمس

The root epidermis is usually called the proliferous layer. This layer degenerates after few days and is replaced by the outer layers of cortex which become suberized and called exodermis.

The epidermis is followed by several layers of, mostly parenchymatous cells, called cortex. The last layer of the cortex is the endodermis, which is characterised by the casparian strips (Fig.5.2).

To the inside of the endodermis there is the stele which begins by the pericycle, following the endodermis directly. It is a narrow zone of parenchyma cells, one to few cells thick. Lateral roots originate from the pericycle, usually at positions exterior to the protoxylem.

In the centre of the stele the xylem appears as star-shaped central strand with several arms radiating from a common centre and thus it is considered actinostele (Fig.5.3).

وعادة يطلق على بشرة الجذر الطبقة الوبرية . بنمو الجذر تتآكل الطبقة الوبرية خلال أيام قليلة ويحل محلها الطبقات الخارجية من القشرة التى تتسوبر وتسمى البشرة الخارجية.

يلى البشرة للداخل عدة طبقات برنشيمية تسمى القشرة . آخر طبقات القشرة هى الاندوديرمس الذى يميزه وجود أشرطة كاسبرى (شكل 5.2) .

للداخل من طبقة الاندوديرمس توجد الأسطوانة الوعائية التى تبدأ بطبقة البريسيكل التى تلى الاندوديرمس مباشرة ، وهى منطقة ضيقة من الخلايا البرنشيمية سمكها من خلية إلى خلايا قليلة . وتنشأ من طبقة البريسيكل الجذور الجانبية، عادة من مواقع منها مقابلة للخشب الأول .

يوجد الخشب عادة فى مركز الاسطوانة الوعائية بشكل نجمى له عدة أذرع خارجة من مركز واحد ولهذا تعتبر الاسطوانة الوعائية فى هذه الحالة من نوع الأسطوانة الوعائية الشعاعية (شكل 5.3) .

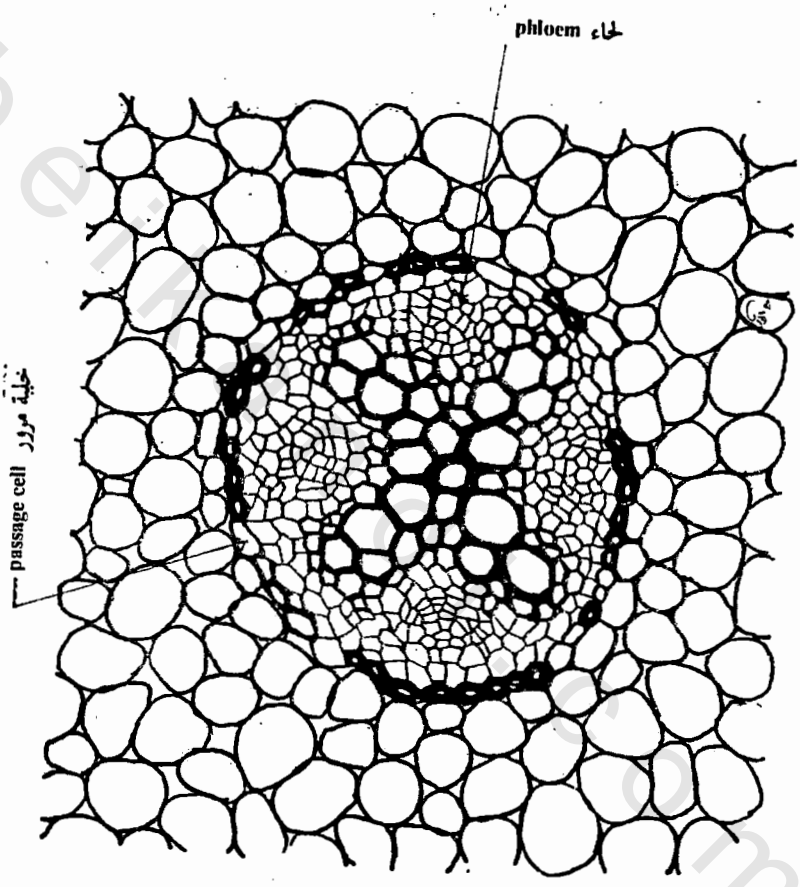


Fig. 5.3: Cross section of butter cup (*Ranunculus*) root (dicot)

قطاع عرضى فى جذر الشقيق (ذو فلقتين)

Sometimes, as in most monocots central pith, mostly, parenchymatous is found (Fig. 5.4). According to the number of arms, or the number of xylem groups, the root is said to be diarch, (two groups), triarch (3 groups) tetrarch (4 groups), pentarch (5 groups) and polyarch (several groups). Dicots had limited number of arms (Fig.5.3), while monocots are mostly polyarch (Fig. 5.4, 5.5 & 5.6).

The primary xylem which matures first defined as protoxylem. The protoxylem is composed mostly of parenchyma cells with small number of trachery elements usually possessing annular and spiral thickening (Fig.3.42).

The primary xylem which matures later is defined as metaxylem. Maturation progresses from the outside towards the centre and such xylem is called exarch. Metaxylem is composed mostly

أحيانا كما فى معظم جذور النباتات وحيدة الفلقة يوجد نخاع برنشيمى يشغل مركز القطاع (شكل 5.4) . وفقا لعدد أذرع الخشب أو لعدد مجوعات الخشب. يوصف الخشب بأنه ثنائى أذرع الخشب ، أو ثلاثى أذرع الخشب أو رباعى أذرع الخشب أو خماسى أذرع الخشب أو عديد أذرع الخشب . ويلاحظ أن النباتات ذات الفلقتين ذات عدد محدود من أذرع الخشب (شكل 5.3) ، فى حين أن النباتات ذات الفلقة الواحدة عديدة أذرع الخشب (شكل 5.4 ، 5.5 ، 5.6) .

يسمى الخشب الابتدائى الذى ينضج أولا بالخشب الأول ويقع فى الجذور قريبا من البريسيكل . يتكون الخشب الأول غالبا من خلايا برنشيمية وقليل من الوحدات الخشبية الناقلة والتى تكون مغلظة حلقيا أو لولبيا (شكل 3.42) .

يسمى الخشب الابتدائى الذى ينضج متأخرا بالخشب التالى . ويحدث النضج فى الجذور من الخارج إلى الداخل ولهذا يوصف الخشب فى الجذور بأنه خارجى

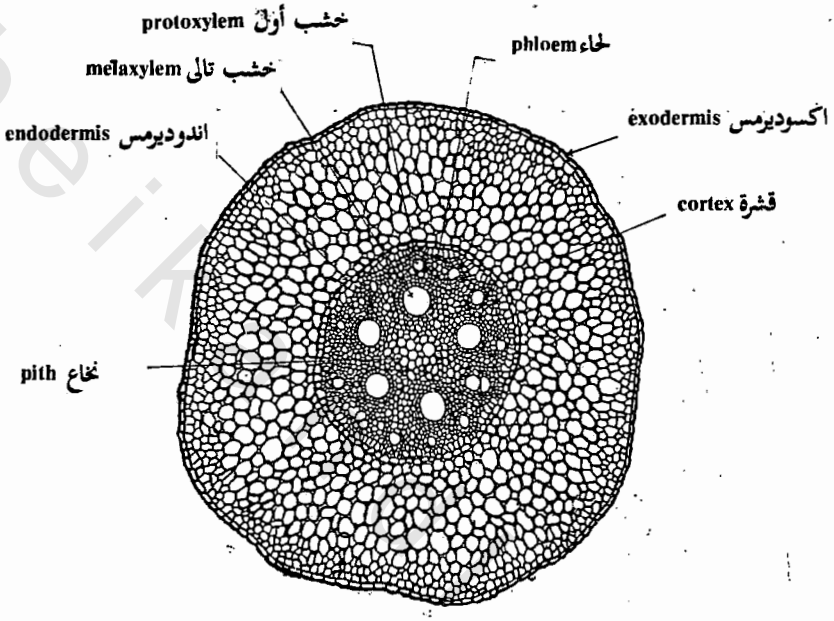


Fig.5.4: T.S. of corn root (monocot)

قطاع عرضى فى جذر ذرة (وحيد الفلقة)

of tracheary elements, beside parenchyma cells and fibers. Vessels are generally wider than those of primary xylem and having reticulate and pitted secondary cell walls (Fig.3.42).

Phloem forms separate strands alternating with the xylem. It is composed of sieve tubes and companion cells (Fig. 3.36 & 3.37), beside some parenchyma cells. Usually one or more layers of parenchyma cells separate the phloem from the xylem.

Generally, there is some difference in the antomy of monocot roots (Fig. 5.4, 5.5 & 5.6) and dicot roots (Fig. 5.3) as follows:

1- Cortex in monocots is narrower than that of dicots.

2- Diameter of the stele in monocot roots is bigger than in dicots.

3- Number of xylem strands are greater and number of tracheary elements in each group are fewer in monocots than in dicots.

المنشأ . يتكون الخشب التالى من الوحدات الخشبية الناقلة وقليل من الخلايا البرنشيمية والألياف . الأوعية الخشبية للخشب التالى أوسع بوجه عام عن مثيلاتها فى الخشب الأول ويكون تغليظها شبكيا أو منقرا (شكل 3.42) .

يكون اللحاء شرائط منفصلة تتبادل مع الخشب ، وتتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة (شكل 3.36 , 3.37) بجانب بعض الخلايا البرنشيمية . عادة يوجد صف أو أكثر من خلايا برنشيمية تفصل بين الخشب واللحاء .

عموما توجد بعض الاختلافات فى تشريح جذور نباتات الفلقة الواحدة (شكل 5.4 ، 5.5 ، 5.6) . ونباتات الفلقتين (شكل 5.3) وذلك كما يأتى :

1- القشرة فى نباتات الفلقة الواحدة أضيق منها فى ذوات الفلقتين.

2- قطر الأسطوانة الوعائية فى نباتات الفلقة الواحدة أكبر من قطرها فى نباتات الفلقتين .

3- عدد أذرع الخشب أكبر كما أن عدد وحدات الخشب الناقلة فى كل

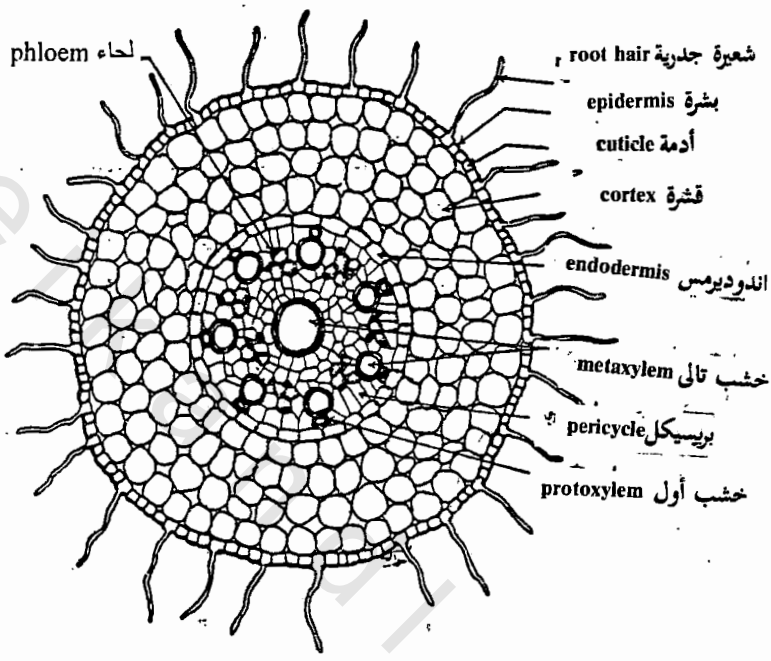


Fig.5.5. T.S. in barley root (monocot)

قطاع عرضى فى جذر شعير (وحيد الفلقة)

4- In most plants especially monocots. a suberin layer is deposited over the entire inner surface of the endodermal cell wall, covering the casparian strip. Usually, this is followed by the formation of a thick cellulose wall internal to the suberin layer, starting opposite the phloem, and progressing towards the protoxylem points. The thin-walled cells opposite the protoxylem are called passage cells (Fig. 5.3).

5- The pith in most moncot roots are wider than in dicot roots, however in barley roots there in no pith in the centre, but instead there is a large metaxylem vessel (Fig.5.5).

Roots of plants growing under high water levels show some modification to help in storing oxygen needed for respiration. In a cross section of rice root (Fig. 5.6), we find

مجموعة أقل فى ذوات الفلقة الواحدة عن ذوات الفلقتين .

4- فى معظم النباتات وخاصة ذات الفلقة الواحدة تترسب مادة السيوبرين على الجدر الداخلية جميعا لخلايا الاندوديرمس ، مغطية شرائط كاسبرى . وعادة يعقب ذلك تكوين جدار سليلوزى سميك للداخل من طبقة السيوبرين الداخلية بدءا من خلايا الاندوديرمس المقابلة للحاء ثم تمتد ناحية الخشب الأول . وتسمى الخلايا الرقيقة الجدر من الاندوديرمس والواقعة مقابل الخشب الأول بخلايا المرور (شكل 5.3) .

5- يكون النخاع فى معظم النباتات وحيدة الفلقة أوسع منه فى النباتات ذات الفلقتين ، إلا أننا نجد أنه فى جذور الشعير لا يوجد نخاع فى مركز القطاع ، ولكن يوجد بدلا منه وعاء خشب تالى كبير (شكل 5.5) .

جذور النباتات النامية تحت مستوى مائى مرتفع يظهر بها بعض التحورات التى تساعد على تخزين الأكسوجين لاستخدامه فى التنفس . ففى قطاع عرضى لجذور الأرز

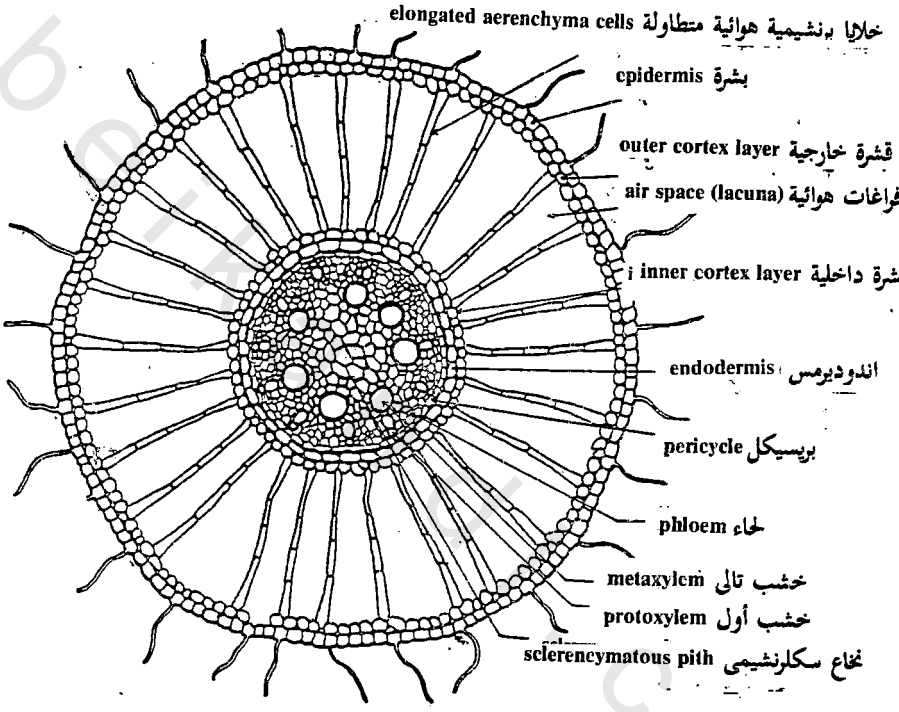


Fig.5.6: T.S.in rice root (monocot)

قطاع عرضى فى أرز (وحيد الفلقة)

that the cortex of one outer layer of continuous parenchyma cells following the epidermis and an inner layer following the endodermis of continuous parenchyma cells. This two layers of cortex are connected by elongated aerenchyma cells, separating large air spaces (lacunae). In these air spaces air is trapped. Radial bundles of phloem and xylem are surrounding sclerenchymatous pith.

Lateral and adventitious roots

Lateral roots originate from the pericycle, usually at points opposite to protoxylem groups. The cells of pericycle resumes their meristematic activity and divide by periclinal and anticlinal walls, thus forming several layers. In dicots, the outermost layer gives rise to both the epidermis and root cap, the middle layer gives rise to the cortex, and the innermost layer gives rise to the stele. Accordingly the vascular tissues of the lateral root

(شكل 5.6) ، نرى أن نسيج القشرة يتكون من صف خارجي متصل من خلايا برنشيمية ملاصق للاندوديرمس. ويتصل هذان الصفان من خلايا القشرة بخلايا طويلة من البرنشيمة الهوائية تفصل بينها مسافات كبيرة هوائية . في هذه المسافات الهوائية يخزن الهواء . وتوجد الحزم القطرية للحاء والخشب محيطة بالنخاع المركزى المكون من خلايا إسكلرنشيمية .

الجذور الجانبية والعرضية

تنشأ الجذور الجانبية من محيط البريسيكل عادة من مواقع مقابلة للخشب الأول . تستعيد خلايا البريسيكل قدرتها المرستيمية ، فتنقسم بجدر موازية للسطح وبأخرى عمودية على السطح الخارجي ، وبهذا تكون عدة طبقات . وفي النباتات ذات الفلقتين ينشأ عن الطبقة الخارجية البشرة والقلنسوة ، وينشأ عن الطبقة الوسطى القشرة وينشأ عن الطبقة الداخلية الأسطوانة الوعائية . ولهذا فإن الأنسجة الوعائية للجذور الجانبية

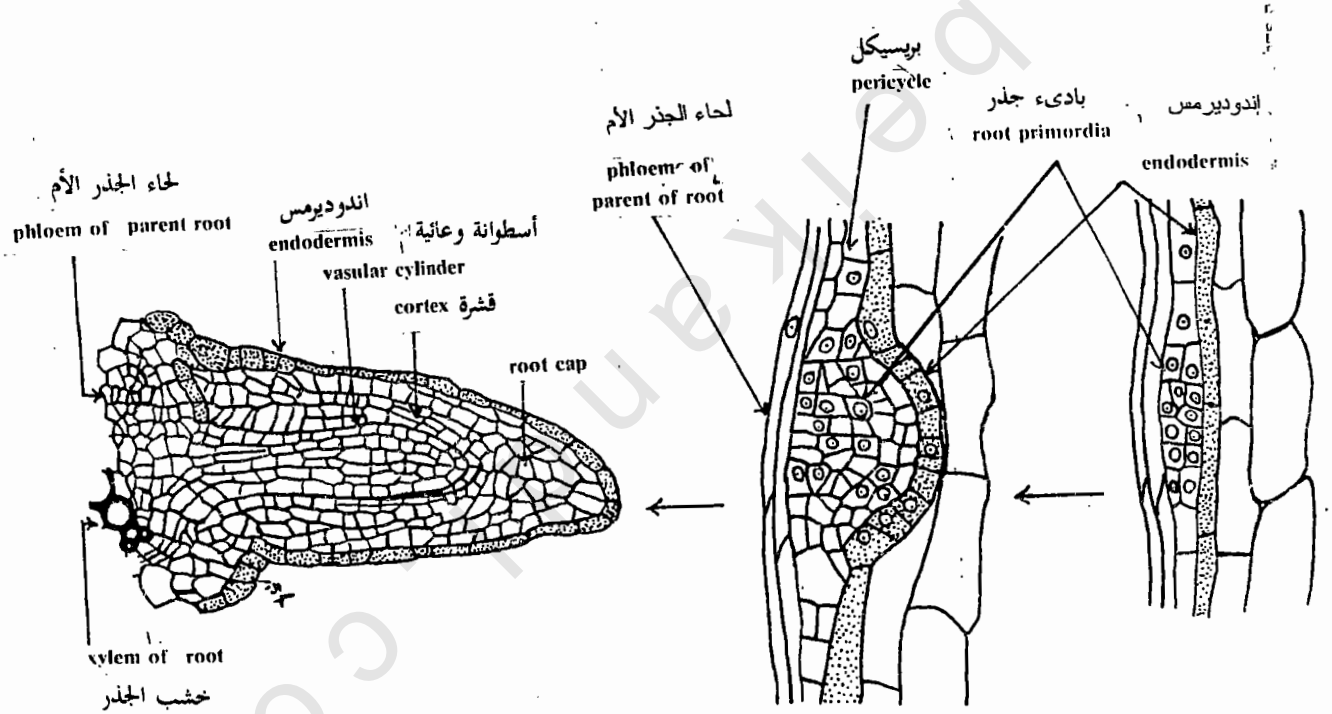


Fig.5.7: Lateral root development in carrot (*Daucas*)

نشوء جذر جانبى فى الجزر

connect directly with similar tissues of the main root .

The newly developed lateral roots force their way through the cortex and epidermis by the process of digestion through the activity of the endodermis which surrounds the developing lateral root till it leaves the main root (Fig 5.7).

Stem-borne adventitious roots develop internally, usually in the parenchyma medullary rays and sometimes from the cambium.

Secondary Growth in Dicot roots

Secondary growth occurs in most dicot roots but is absent in most monocot roots, when secondary growth starts parenchyma cells in the conjunction tissue inside the phloem become meristematic forming crescent-shaped strips of cambium. In the meantime cells of pericycle outside the protoxylem strands become meristematic. The strips of cambium inside the phloem join the cambium outside the

تتصل مباشرة بالأنسجة المماثلة للجذر الناشئة عنه .

يخترق الجذر الجانبى الجديد الناشئ طريقه خلال نسيجى القشرة ثم البشرة بعملية الهضم خلال نشاط نسيج الاندوديرمس الذى يستمر محيطا بالجذر الجانبى حتى يترك الجذر الرئيسى (شكل 5.7) .

الجذور العرضية التى تنشأ من السيقان تنشأ داخليا من خلايا برنشيمية فى الأشعة النخاعية وأحيانا تنشأ من الكامبيوم .

النمو الثانوى فى جذور نباتات ذات الفلقتين

يحدث النمو الثانوى فى معظم جذور نباتات ذات الفلقتين ولا يحدث مثل هذا النمو فى غالبية جذور نباتات الفلقة الواحدة . وعندما يبدأ النمو الثانوى فى الجذور يبدأ تمييز الكامبيوم فى الخلايا الملاصقة للجانب الداخلى من اللحاء بتحول خلايا برنشيمية إلى خلايا مرستيمية ، وفى نفس الوقت تتحول خلايا البريسيكل خارج أذرع الخشب إلى خلايا كامبيوم ثم تمتد الخلايا المرستيمية على جانبى أذرع

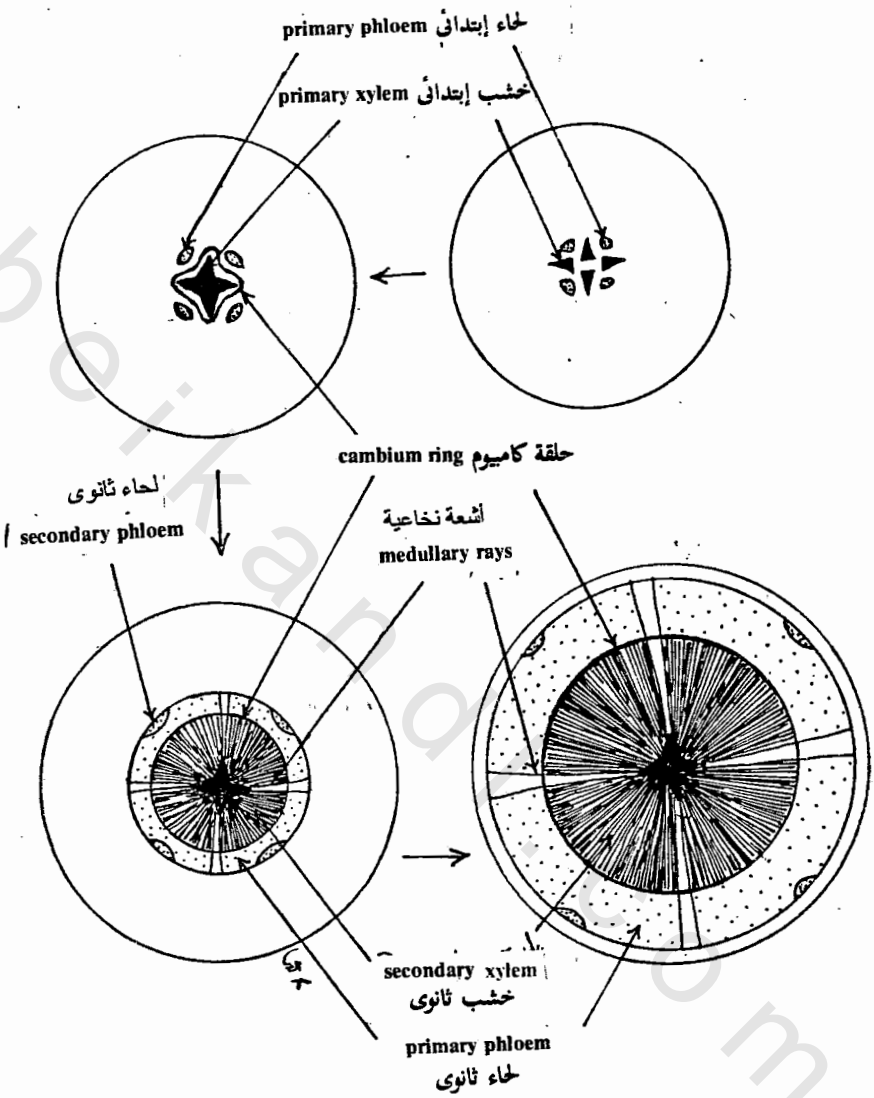


Fig.5.8: Steps of secondary growth in dicot root

خطوات النمو فى السمك فى جذر نبات ذو فلقتين

xylem, and a complete wavy ring of combium is formed (Fig. 5.8). Cambium produces secondary xylem towards the centre and secondary phloem outside. The cambium cells inside the phloem strands produce more secondary xylem elements than the cambium outside the protoxylem. This results in making the cambium ring circular in outline. Secondary xylem is made of xylem vessels, xylem parenchyma and few fibers. Medullary rays are formed opposite to protoxylem stands, and extend through both xylem and phloem. Secondary phloem consists of sieve tubes, companion cells and phloem parenchyma. The secondary phloem pushes the primary phloem outwards and soon becomes disorganized. The primary xylem is pushed into the centre and eventually becomes disorganized. Finally the whole central cylinder is made up mainly of secondary xylem. With increase in diameter of the root, the cortex and the endodermis are shed. Cells of

الخشب . وبذلك تتكون حلقة كاملة متموجة من الكامبيوم (شكل 5.8) . تنقسم خلايا الكامبيوم وتعطى عناصر خشب ثانوى للداخل وعناصر لحاء ثانوى للخارج . تنتج خلايا الكامبيوم للداخل من أشرطة اللحاء عناصر خشب ثانوى بكمية أكبر ما تنتجه خلايا الكامبيوم خارج الخشب الأول وبذلك يصبح الكامبيوم دائريا بعد أن كان متموجا . تتكون عناصر الخشب من أوعية خشبية وبرنشيمة خشب وألياف . تتكون الأشعة النخاعية مقابل أشرطة الخشب الأول وتمتد خلال كل من الخشب واللحاء . ويتكون اللحاء الثانوى من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيمة لحاء، ويدفع اللحاء الثانوى اللحاء الابتدائى إلى الخارج وتصبح خلاياه غير منتظمة ، كما يدفع الخشب الأول إلى المركز وتصبح خلاياه فى النهاية غير منتظمة الشكل ، وأخيرا تصبح الأسطوانة الوسطية مكونة من الخشب الثانوى ، وبزيادة الجذر فى السمك تتمزق القشرة والاندوديرمس وتصبح

of pericycle which are not concerned in the formation of cambium, become meristematic and produce cork cambium. It produces cork cells on the outside to protect the root and produce parenchyma in the inside (Fig.3.46). Lenticels are also produced in many roots. (3.47).

خلايا البريسيكل ، غير المختصة بتكوين الكامبيوم ، مرستيمية وتنتج كامبيوم فلينى ينتج عنه خلايا فللينية للخارج لحماية الجذر وخلايا برنشيمية للداخل (شكل 3.46) ، كما تنتج عديسات فى كثير من الجذور (شكل 3.47).

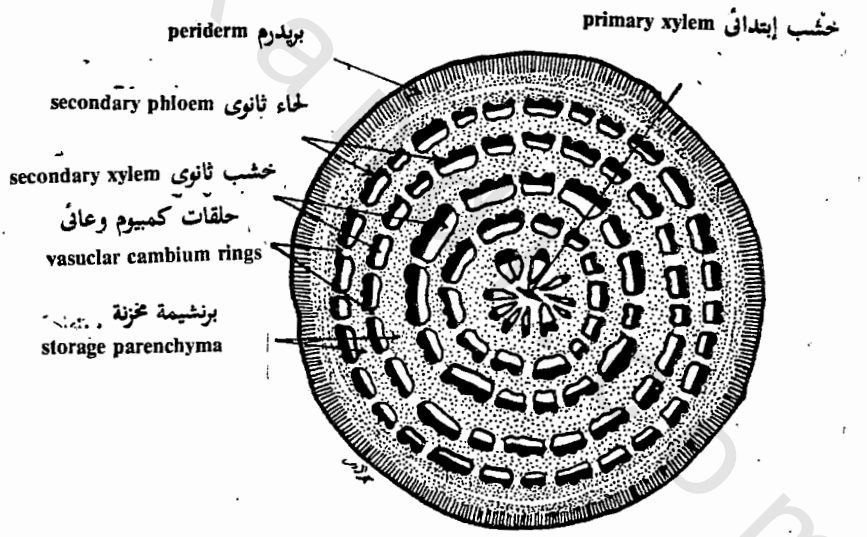


Fig.5.9: Diagram of T.S. of beet root

رسم تخطيطى لقطاع عرضى فى جذر بنجر

Anamolous Secondary Growth in Beet Root

Many plants show secondary growth which differs form the normal type found in dicots, where a solid core of secondary xylem is formed surrounded by a small amount of secondary phloem. In such cases, the formation of combium is out of the normal position or it may behave in an abnormal manner. In roots of beet (*Beta vulgaris*) a large amount of food material is stored (Fig. 1.38) and their anamolous secondary structure is an adaptation to that function. Several cambium rings are formed in these roots after the primary cambium ceases to function. They arise first in the pericycle and later in the parenchymatous tissue outside secondary phloem. Each cambium ring produces secondary tissue in the form of separate vascular bundles, each is made up of secondary xylem and phloem. In between the ring of bundles a wide zone of parenchyma is produced by the cambium. It is known as storage parenchyma (Fig. 5.9 & 5.10).

النمو الثانوى الشاذ فى جذور البنجر

يظهر فى كثير من النباتات نمو ثانوى يختلف عن النمط المعتاد فى نباتات ذات الفلقتين حيث تتكون أسطوانة وسطية واسعة من الخشب الثانوى تحاط من الخارج بإسطوانة ضيقة من اللحاء الثانوى، ففى جذور نباتات البنجر حيث يختزن كمية كبيرة من المواد الغذائية (شكل 1.38) فإن النمو الثانوى الشاذ الذى يحدث فى مثل هذه الجذور يلائم هذه الوظيفة . تتكون عدة حلقات كمبيومية فى الجذور وذلك بعد أن يتوقف الكامبيوم الابتدائى عن العمل ، وتنشأ هذه الحلقات الكمبيومية أولا من البريسيكل، وتنشأ بعد ذلك من النسيج البرنشيمى خارج اللحاء الثانوى. تنتج كل حلقة كمبيومية نسيجا ثانويا على هيئة حزم وعائية منفصلة يتكون كل منها من خشب ثانوى ولحاء ثانوى . تنتج بين حلقات الحزم الوعائية نسيجا عريضا من الخلايا البرنشيمية يعرف بالنسيج البرنشيمى التخزينى يتم فيه تخزين المواد الغذائية والسكرية (شكل 5.9 ، 5.10) .

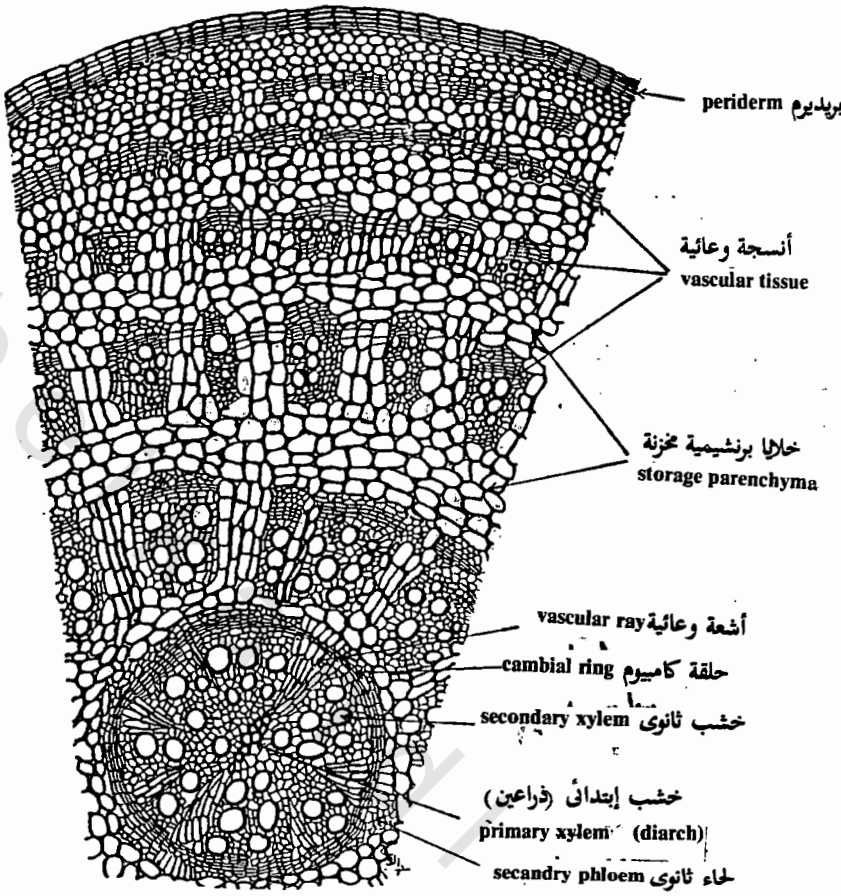


Fig.5.10: T.S. of beet root قطاع عرضى فى جذر بنجر