Lecture 5

Plant Form

the plant kingdom has great diversity, not only among its many phyla but even within species. The earliest vascular plants, many of which are extinct, did not have a clear differentiation of the plant body into specialized organs such as roots and leaves.

Among modern vascular plants, the presence of these organs reflects increasing specialization, particularly in relation to the demands of a terrestrial existence.

تمتلك المملكة النباتية تنوعاً كبيراً، ليس فقط بين شعبها، وإنما بين الأنواع. لم تظهر النباتات الوعائية البدائية، التي انقرض الكثير منها، تمايزاً واضحاً لجسم النبات، بحيث تظهر أجزاء متخصصة مثل الجذور والأوراق.

في النباتات الوعائية الحديثة، يعكس وجود هذه الأجزاء زيادة في التخصص، خصوصاً فيما يتعلق باحتياجات الحياة على الأرض.

Vascular plants have roots and shoots

A vascular plant consists of a root system and a shoot system (figure 5.1). Roots and shoots grow at their tips, which are called apices (singular, apex).

للنباتات الوعائية جذوروسوق

يتكون النبات الوعائي من نظام الجذور (أو المجموع الجذري)، والنظام الخضري (أو المجموع الخضري) الشكل (5. 1). تنمو الجذور والسوق عند مقدماتها التي تدعى القمم (مفردها قمة أو ذروة).

The root system anchors the plant and penetrates the soil, from which it absorbs water and ions crucial for the plant's nutrition. Root systems are often extensive, and growing roots can exert great force to move matter as they elongate and expand**. Roots evolved later than the shoot system as an adaptation to living on land.**

يقوم النظام الجذري بتثبيت النبات، واختراق التربة، حيث يمتص منها الماء والأيونات (الشوارد) اللازمة (المهمة) لتغذية النبات. وغالباً ما يكون النظام الجذري واسعاً، ويمكن للجذور النامية أن تعطي قوة كبيرة لتحريك المواد في أثناء استطالتها وتوسعها. **وقد تطورت الجذور لاحقاً بعد السوق (النظام الخضري) لتواكب النمو على اليابسة.**

The shoot system consists of the stems and their leaves. Stems serve as a scaffold for carrying the leaves, the principal sites of photosynthesis. The arrangement, size, and other features of the leaves are very important in the plant's production of food. Flowers, other reproductive organs, and ultimately, fruits and seeds are also formed on the shoot.

يتكون النظام (المجموع) الخضري من الساق وأوراقها. وتقوم الساق بتشكيل منصة لحمل الأوراق، التي هي الأجزاء الأساسية لعملية التركيب الضوئي. إن ترتيب الأوراق وحجمها إضافة لبعض الصفات الأخرى للأوراق مهمة جداً في عملية انتاج النبات للغذاء؛ حيث تتكون الأزهار وأعضاء التكاثر الأخرى، وأخيراً الثمار والبذور على الساق النامية.

The unit of the vegetative shoot consists of the internode, node, leaf, and axillary bud, but not reproductive structures. An axillary bud is a lateral shoot apex that allows the plant to branch or replace the main shoot if it is eaten by an herbivore. A vegetative axillary bud has the capacity to replace the primary shoot. When the plant has shifted to the reproductive phase of development, these axillary buds may produce flowers or floral shoots.

تتكون الوحدة النباتية الخضرية من السلامية، والعقدة، والورقة، والبرعم الإبطي، ولا تشمل التراكيب التكاثرية. والبرعم الإبطي هو قمة ساق جانبية، تمكن النبات من التفرّع أو تعويض الساق الرئيسة إذا تم رعيه من قبل الحيوانات العاشبة. للبرعم الابطي النباتي القدرة على إعادة تكوين الساق الأولية. عند انتقال النبات للمرحلة التكاثرية من التنامي (التطور)، يمكن لهذه البراعم الإبطية أن تنتج زهوراً، أو سوقاً زهرية.

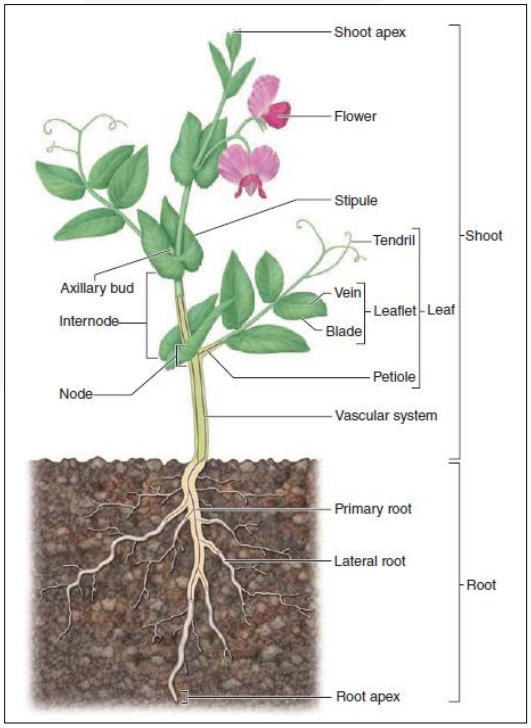


Figure (5.1): Diagram of a plant body.

Roots and shoots are composed of three types of tissues

Plant cell types can be distinguished by the size of their vacuoles, whether they are living or not at maturity, and by the thickness of their cellulose cell walls, a distinguishing feature of plant cells. Some cells have only a primary cell wall of cellulose, synthesized by the protoplast near the cell membrane.

تتكون الجذوروالسوق من ثلاثة أنواع من الأنسجة

يمكن تمييز أنواع الخلايا النباتية من خلال حجم فجواتها، سواء أكانت حية أم ميتة عند نضجها (اكتمال نموّها)، ومن خلال ثخانة جدرها الخلوية السيلولوزية، التي هي الصفة المميزة للخلايا النباتية. فبعض الخلايا له جدار خلوي ابتدائي من السيلولوز يبنى من المادة الحية بالقرب من الغشاء الخلوي.

heavily reinforced cell walls with multiple layers of cellulose and other strengthening molecules, including lignin and pectin. Cellulose layers are laid down at angles to adjacent layers like plywood; this enhances the strength of the cell wall.

تدعّم الجدران الخلوية بقوة بعدة من طبقات السيلولوز، وبجزيئات تقوية أخرى تتضمن اللجنين والبكتين. ويتم ترتيب طبقات السيلولوز بزوايا مع الطبقات المجاورة لها، كما هي في حالة الخشب الرقائقي (المطابق) وهذا بدوره يحسن قوة الجدار الخلوي.

Roots, shoots, and leaves all contain three basic types of tissues: dermal, ground, and vascular tissue. Because each of these tissues extends through the root and shoot systems, they are called tissue systems.

تحوي الأوراق، والجذور، والسوق ثلاثة أنواع أساسية من الأنسجة: الأدمة، والنسيج الأساسي، والوعائي. وحيث إن كلاً من هذه الأنسجة يمتد عبر الجذوروالسوق، فإنه يطلق عليها اسم الأنظمة النسيجية.

Dermal tissue, primarily epidermis, is one cell layer thick in most plants, and it forms an outer protective covering for the plant. Ground tissue cells function in storage, photosynthesis, and secretion, in addition to forming fibers that support and protect plants. Vascular tissue conducts fluids and dissolved substances throughout the plant body.

يتكون نسيج الأدمة، الذي هو البشرة بشكل أساسي، من طبقة واحدة من الخلايا في معظم النباتات، ويشكل طبقة خارجية واقية للنبات. وتقوم خلايا النسيج الأساسي بالتخزين والتركيب الضوئي والإفراز. بالإضافة إلى تشكيل الألياف التي تدعم النبات وتحميه. تنقل الأنسجة الوعائية السوائل، والمواد المذابة لجميع أجزاء (كافة أنحاء) الجسم.

New growth occurs at meristems

When a seed sprouts, only a tiny portion of the adult plant exists. Although embryo cells can undergo division and differentiation to form many cell types, the fate of most adult cells is more restricted. Further development of the plant body depends on the activities of meristems found in shoot and root apices, as well as other parts of the plant.

Meristem cells are undifferentiated cells that can divide indefinitely and give rise to many types of differentiated cells.

نمو جديد من خلال الميرستيم

عند بداية نمو البذرة، هناك جزء صغير فقط من النبات البالغ فيها. ومع أن خلايا الجنين يمكنها الانقسام والتمايز لتكوين كثير من أنواع الخلايا، إلا أن مصير معظم الخلايا البالغة أكثر تقييداً. ويعتمد التطور اللاحق لجسم النبات على نشاطات الميرستيم، الموجود في قمة السوق والجذور، وفي أجزاء أخرى من النبات.

الخلايا الميرستيمية هي خلايا غير متخصصة يمكن أن تنقسم بشكل غير محدد وتعطي العديد من أنماط الخلايا المتمايزة.

Overview of meristems

Meristems are clusters of small cells with dense cytoplasm and proportionately large nuclei that act as stem cells do in animals. That is, **one cell divides to give rise to two cells, of which one remains meristematic, while the other undergoes differentiation and contributes to the plant body** (figure 5.2). In this way, the population of meristem cells is continually renewed.

نظرة عامة على الميرستيمات

تتكون الميرستيمات من كتل من الخلايا الصغيرة ذات السيتوبلاسما الكثيفة، والأنوية الكبيرة نسبياً التي تعمل بوصفها خلايا جذعية، كما هو في الحيوان، بمعنى أن **خلية واحدة تنقسم لتعطي خليتين، تبقى إحداهما ميرستيمية في حين تتمايز الأخرى لتشكل جسم النبات** الشكل (2.5). وبهذه الطريقة يتجدد عدد الخلايا الميرستيمية المولدة باستمرار.

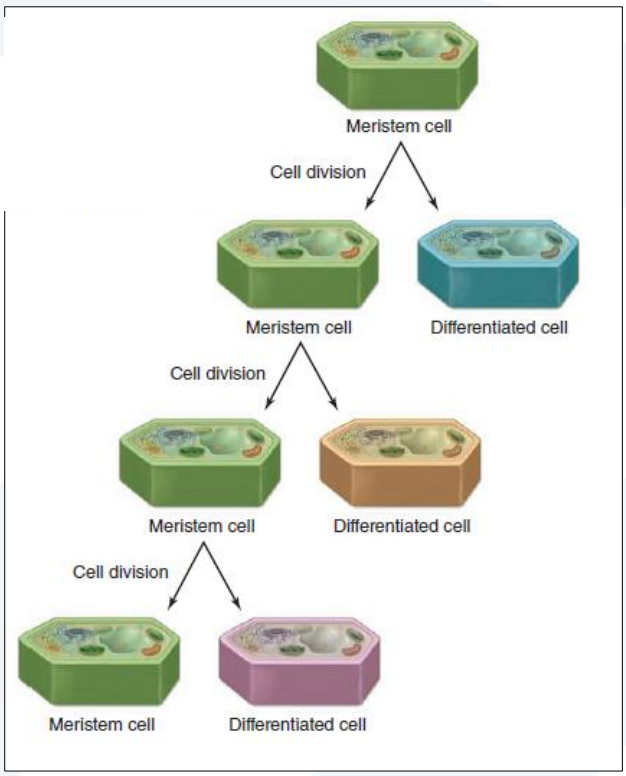


Figure (5.2): Meristem cell division.

Apical meristems

Apical meristems are located at the tips of stems and roots (figure 5.3). During periods of growth, the cells of apical meristems divide and continually add more cells at the tips. **Tissues derived from apical meristems are called primary tissues,** and the extension of the root and stem forms what is known as the primary plant body. **The primary plant body comprises the young, soft shoots and roots of a tree or shrub, or the entire plant body in some plants.**

الميرستيم القمي

يقع الميرستيم القمي في قمم (نهايات) السوق والجذور الشكل (5. 3). وفي أوقات النمو، تنقسم خلايا الميرستيم القمي، وتضيف باستمرار المزيد من الخلايا على هذه القمم. **تسمى الأنسجة الناتجة عن الميرستيم القمي بالأنسجة الأولية**. إن تمدد الجذر والساق واستطالتهما يكوّن ما يعرف بالجسم الأولي. **يشمل الجسم الأولي للنبات الأجزاء الغضة، والطرية من الجذور، والسوق للشجرة أو الشجيرة، أو كل الجسم في بعض النباتات**.

The apical meristem gives rise to the three tissue systems. The three primary meristems are:

1. **The protoderm, which forms the epidermis.**
2. **The procambium, which produces primary vascular tissues (primary xylem for water transport and primary phloem for nutrient transport).**
3. **The ground meristem, which differentiates further into ground tissue.**

يكون الميرستيم القمي ثلاثة أنظمة نسيجية، وهذه الميرستيمات الثلاث الأولية هي:

1. **البشرة الابتدائية التي تكون البشرة.**
2. **الكامبيوم الأولي الذي يكون الأنسجة الوعائية الأولية (الخشب الأولي واللحاء الأولي).**
3. **الميرستيم الأساسي الذي يتمايز أكثر مكوناً النسيج الأساسي.**

In some plants, such as horsetails and corn, intercalary meristems arise in stem internodes (spaces between leaf attachments), adding to the internode lengths

.

في بعض النباتات مثل ذيل الحصان والذرة، يظهر الميرستيم السلامي في سلاميات الساق (وهي المسافات بين ارتباطات الأوراق)، مما يؤدي إلى إطالة السلاميات.

Lateral meristems

Many herbaceous plants (that is, plants with fleshy, not woody, stems) exhibit only primary growth, but others also exhibit secondary growth, which may result in a substantial increase of diameter. **Secondary growth is accomplished by the lateral meristems**-peripheral cylinders of meristematic tissue within the stems and roots that increase the girth (diameter) of gymnosperms and most angiosperms. Lateral meristems form from ground tissue that is derived from apical meristems. Monocots are the major exception (figure 5.4).

الميرستيمات الجانبية

يبدي كثير من النباتات العشبية (ذات السوق اللحمية وليس الخشبية) نمواً أولياً فقط، في حين أن النباتات الأخرى تنمو نمواً ثانوياً ويمكن أيضاً أن يؤدي لزيادة كبيرة في قطرها. **ويتم النمو الثانوي من خلال الميرستيم الجانبي**، وهو أسطوانات جانبية في النسيج الميرستيمي للسوق والجذور تؤدي لزيادة قطرها في عاريات البذور ومعظم مغلفات البذور، بحيث تبقى النباتات وحيدة الفلقة هي الاستثناء الرئيس، الشكل (4.5).

Within the bark of a woody stem (woody plants):

1. **The cork cambium-a lateral meristem that contributes to the outer bark of the tree.**
2. **The vascular cambium (just beneath the bark) is the lateral meristem that produces secondary vascular tissue. The vascular cambium forms between the xylem and phloem in vascular bundles, adding secondary vascular tissue to both of its sides. Xylem is added to the inside of the vascular cambium, and phloem is added to the outside**.

يوجد في لحاء الساق الخشبية (النباتات الخشبية):

1. **الكامبيوم الفليني وهو ميرستيم جانبي ينتج القلف الخارجي للشجرة.**
2. **الكامبيوم الوعائي (تحت القلف) وهو ميرستيم جانبي ينتج الأنسجة الوعائية الثانوية، ويتكون بين الخشب واللحاء في الأسطوانة الوعائية، مضيفاً نسيجاً وعائياً لجانبي الأسطوانة. الخشب يضاف إلى داخل الكامبيوم الوعائي، واللحاء يضاف إلى الخارج.**

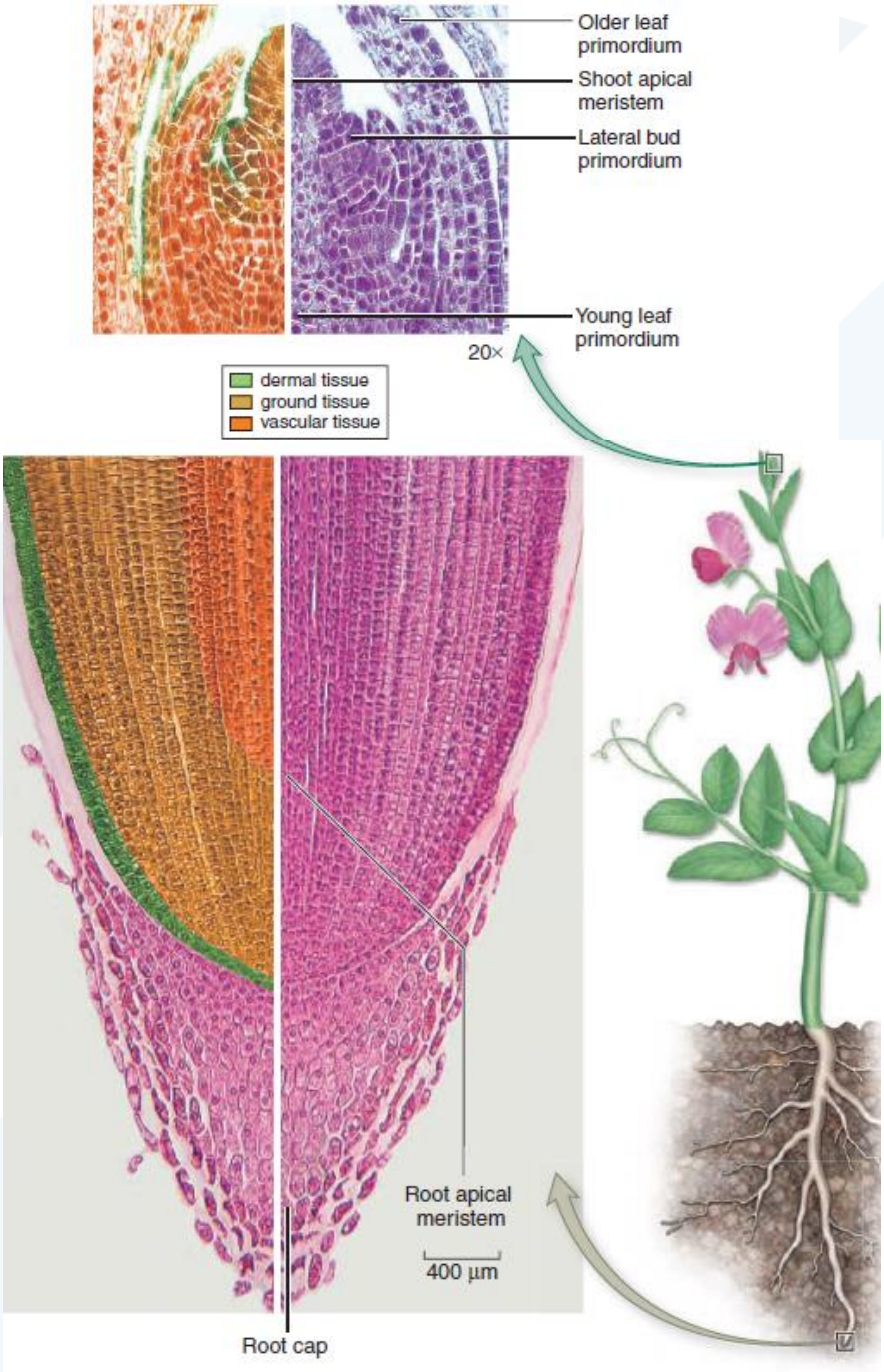


Figure (5.3): Apical meristems.

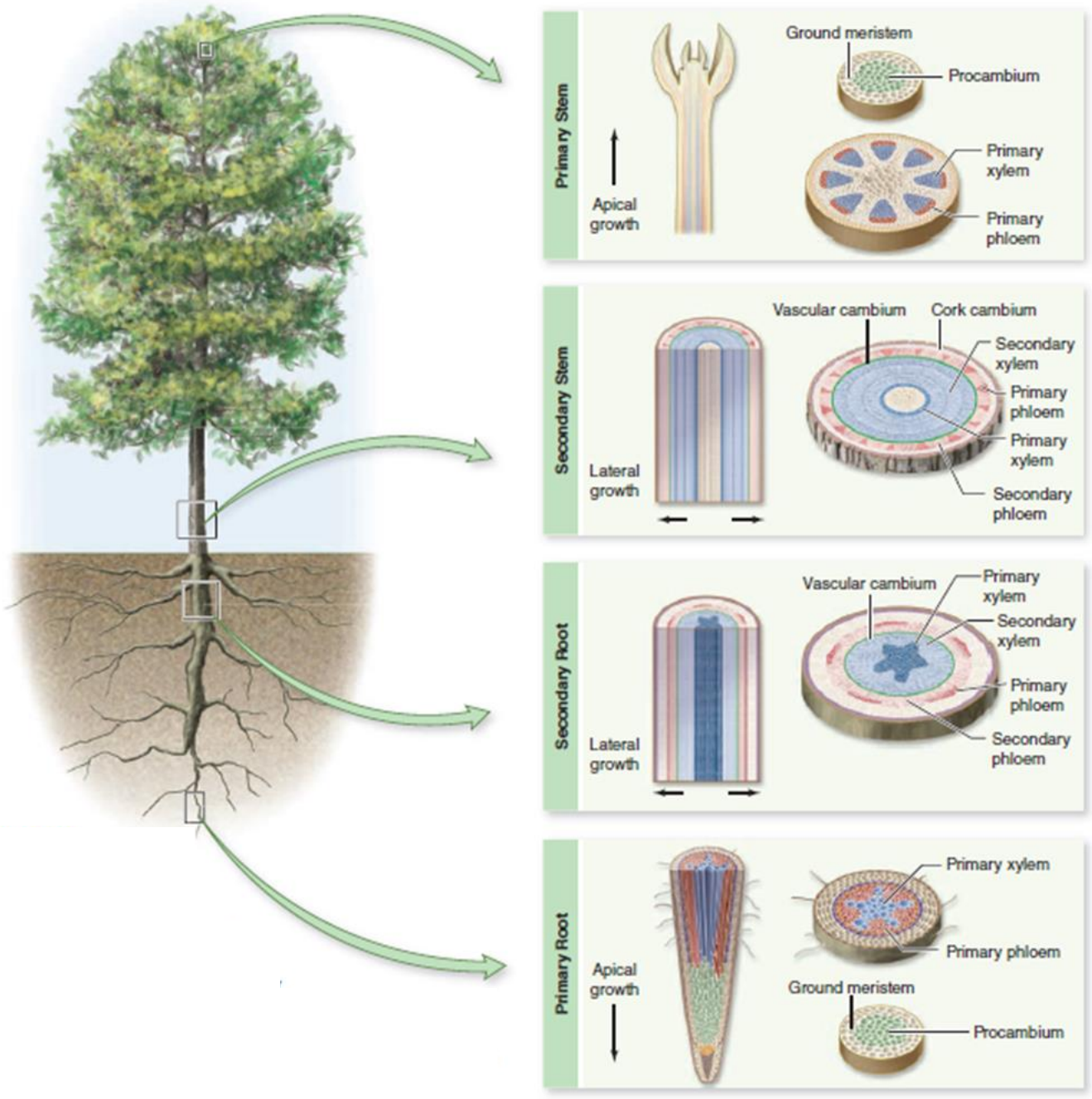


Figure (5.4): Apical and lateral meristems.

Roots are adapted for growing underground and absorbing water and solutes

Roots have a simpler pattern of organization and development than stems, and we will consider them first. Keep in mind, however, that roots evolved after shoots and are a major innovation for terrestrial living.

تتكيف الجذورللنمو تحت الأرض وامتصاص الماء والمواد المذابة

للجذور نمط تنظيمي وتطوري أبسط من ذلك الذي للسوق، وسوف ندرسها أولاً. ويجب أن نتذكر، مع ذلك، أن الجذور تطورت بعد السوق وأنها تشكل الابداع (الابتكار) الرئيس للحياة على اليابسة.

Four regions are commonly recognized in developing roots: the root cap, the zone of cell division, the zone of elongation, and the zone of maturation (figure 5.5). In these last three zones, the boundaries are not clearly defined.

هناك أربع مناطق يمكن تميزها في الجذور النامية هي: قلنسوة الجذر، ومنطقة انقسام الخلايا، ومنطقة الاستطالة، ومنطقة النضج الشكل (5.5). وتكون الحدود بين المناطق الثلاثة الأخيرة غير واضحة تماماً.

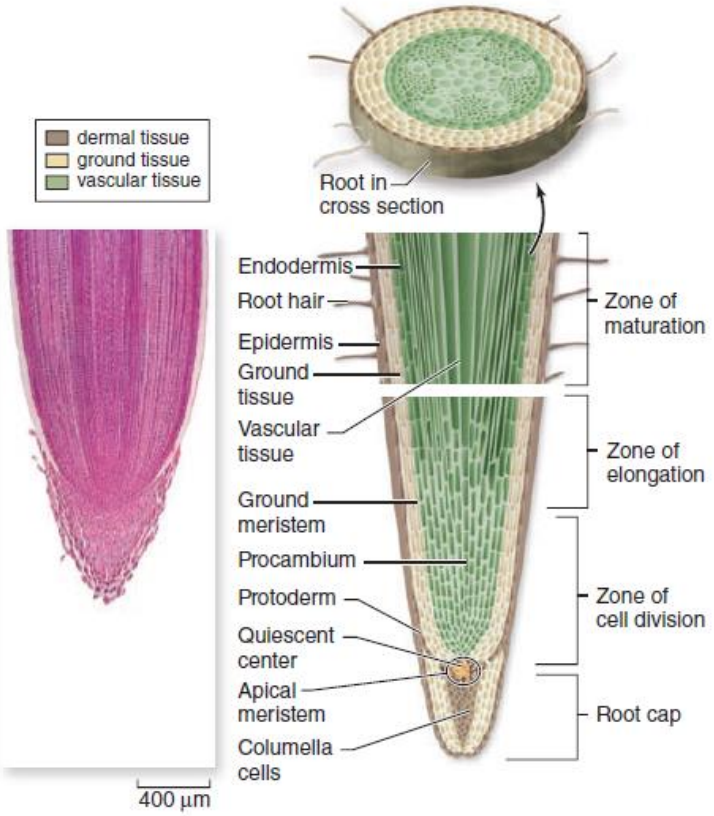


Figure (5.5): Root structure. A root tip in corn, *Zea mays*.

1. The root cap

The root cap has no equivalent in stems. It is composed of two types of cells: the inner columella cells (they look like columns), and the outer, lateral root cap cells, which are continuously replenished by the root apical meristem. In some plants with larger roots the root cap is quite obvious. Its main function is to protect the delicate tissues behind it as growth extends the root through mostly abrasive soil particles.

1. قلنسوة الجذر

ليس هناك في الساق ما يقابل قلنسوة الجذر. إنها مكونة من نوعين من الخلايا: الخلايا العمودية الداخلية (التي تشبه الأعمدة)، والخارجية وهي خلايا قلنسوة الجذر الجانبية التي تستمر في التكون من الميرستيم القمي للجذر. وفي بعض النباتات ذات الجذور الكبيرة تبدو القلنسوة بوضوح ووظيفتها الرئيسة حماية الأنسجة الطرية خلفها عندما يؤدي النمو لامتداد الجذر عبر حبيبات التربة المخرشة غالباً.

Golgi bodies in the outer root cap cells secrete and release a slimy substance called mucigel that passes through the cell walls to the outside. The root cap cells, which have an average life of less than a week, are constantly being replaced from the inside, **forming mucigel, which eases the root through the soil. The slimy mass also provides a medium for the growth of beneficial nitrogen fixing bacteria in the roots of plants such as legumes.** A new root cap is produced when an existing one is artificially or accidentally removed from a root.

تفرز أجسام كولجي الموجودة في الخلايا الخارجية للقلنسوة مادة مخاطية (لزجة) تسمى الهلام النباتي وتطلقها عبر جدر الخلايا إلى الخارج. وتتجدد خلايا القلنسوة من الداخل؛ لأن معدل حياتها أقل من أسبوع، وتكّون (تشكّل) **الهلام النباتي الذي يسهّل تحرك الجذر في التربة. هذه المادة اللزجة توفر أيضاً وسطاً لنمو الجراثيم المفيدة والمثبتة للنيتروجين في جذور النباتات مثل البقوليات**، وتتكون قلنسوة جذرية جديدة عندما تتم إزالة الموجودة قصداً (صنعياً) أو بصورة عرضية.

The root cap also functions in the perception of gravity. The columella cells are highly specialized, with the endoplasmic reticulum in the periphery and the nucleus located at either the middle or the top of the cell. They contain no large vacuoles. **Columella cells contain amyloplasts (plastids with starch grains) that collect on the sides of cells facing the pull of gravity.** When a potted plant is placed on its side, the amyloplasts drift or tumble down to the side nearest the source of gravity, and the root bends in that direction.

تعمل القلنسوة أيضاً على إدراك الجاذبية، وتكون الخلايا العمودية عالية التخصص وذات شبكة سيتوبلاسمية داخلية في الأطراف، وتكون النواة متموضعة في وسط الخلية أو أعلاها وهي لا تحتوي فجوات كبيرة. **تحتوي الخلايا العمودية الصانعات النشوية (المحتوية على حبيبات النشاء) التي تقوم بالتجمع على جو انب الخلايا التي تواجه فعل الجاذبية**. وعند وضع نبات مزروع في وعاء على جانبه، تندفع الصانعات النشوية للأسفل في الاتجاه الأقرب لمصدر الجاذبية وتنحني الجذور في ذلك الاتجاه.

The precise nature of the gravitational response is unknown, but some evidence indicates **that calcium ions in the amyloplasts influence the distribution of growth hormones (auxin in this case) in the cells.** Multiple signaling mechanisms may exist, because bending has been also observed in the absence of auxin.

إن طبيعة الاستجابة للجاذبية غير معروفة بالضبط، إلا أن بعض الأدلة تشير إلى أن **أيونات الكالسيوم في الصانعات النشوية تؤثر في توزيع هرمونات النمو (الأكسين في هذه الحالة) في الخلايا**. وقد توجد آليات ترميز عدة، حيث لوحظ أن انحناء الجذور يتم أيضاً بغياب الأكسين.

2. The zone of cell division.

3. The zone of elongation.

4. The zone of maturation

The cells that have elongated in the zone of elongation become differentiated into specific cell types in the zone of maturation (figure 5.6, see also figure 5.5). **The cells of the root surface cylinder mature into epidermal cells, which have a very thin cuticle, and include both root hair and nonhair cells**. Although the root hairs are not visible until this stage of development.

2. منطقة الانقسام.

3. منطقة الاستطالة.

4. منطقة النضج

تتمايز الخلايا التي تمت استطالتها في منطقة الاستطالة، لتصبح أنواعاً من الخلايا المتخصصة في منطقة النضج الشكل (6.5) وانظر أيضاً للشكل (5.5). **وتنضج خلايا أسطوانة سطح الجذر لتعطي خلايا البشرة، التي تمتلك قشيرة**

رقيقة جداً، وتشمل خلايا شعيرات جذرية وأخرى من دون شعيرات. ومع أن الشعيرات الجذرية غير مرئية حتى هذه المرحلة من التنامي (التطور).

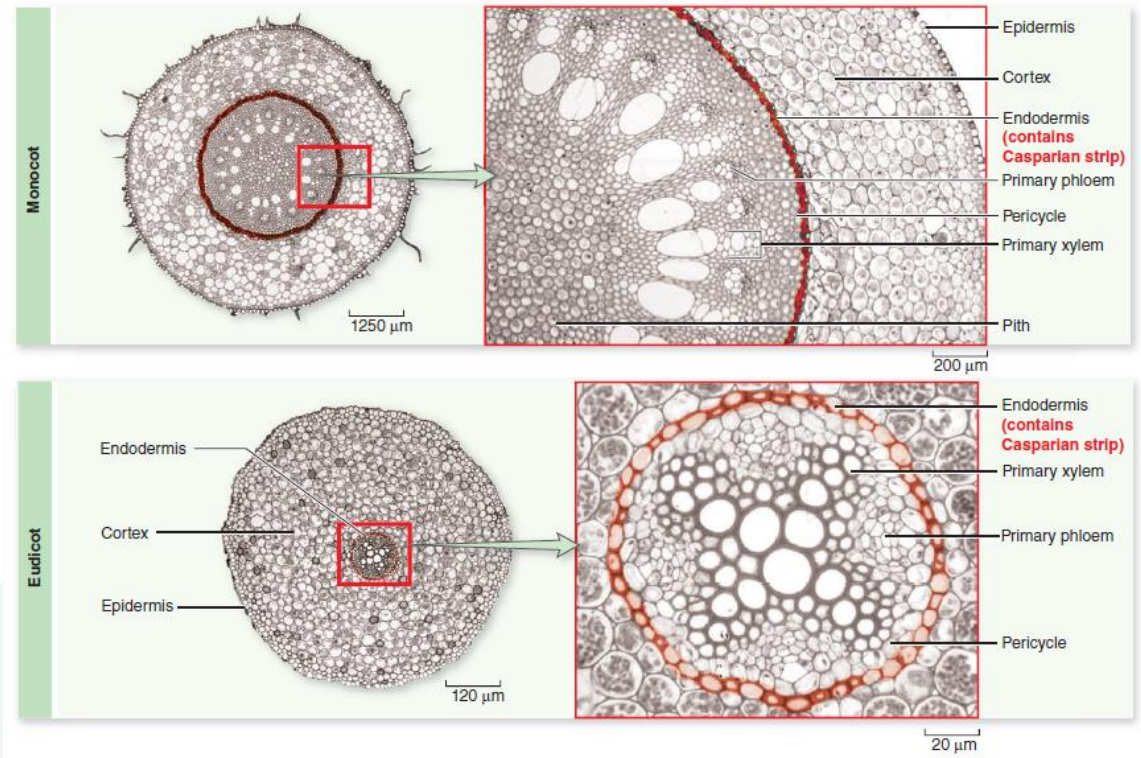


Figure (5.6): Cross sections of the zone of maturation of roots.

Endodermal primary walls are impregnated with suberin, a fatty substance that is impervious to water. The suberin is produced in bands, called Casparian strips, that surround each adjacent endodermal cell wall perpendicular to the root's surface (figure 5.7). These strips block transport between cells. The two surfaces that are parallel to the root surface are the only way into the vascular tissue of the root, and the plasma membranes control what passes through.

يتم اشباع الجدر الأولية للبشرة بمادة السوبرين، وهي مادة دهنية غير منفذة للماء. ويتم إنتاج هذا السوبرين على شكل حلقات، تسمى شريط كاسبر، الذي يحيط بجدار كل خلية بشرة متجاورة بشكل عمودي على سطح الجذر الشكل (7.5). وتمنع هذه الأشرطة عملية النقل بين الخلايا، ويكون السطحان الموازيان لسطح الجذر الطريق الوحيد نحو النسيج الوعائي للجذر، حيث يسيطر الغشاء الخلوي على كل ما يمر خلاله.

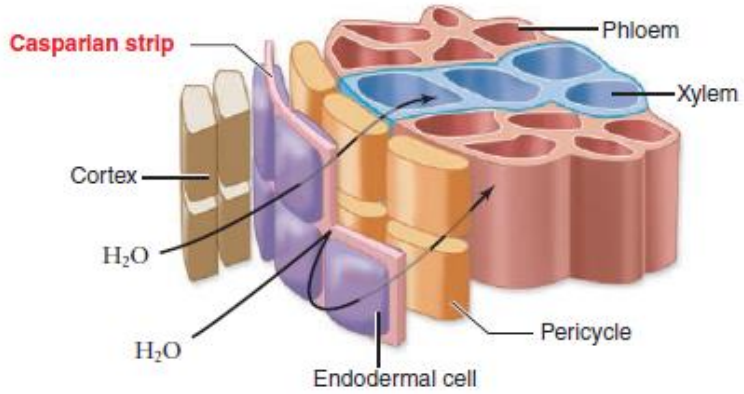
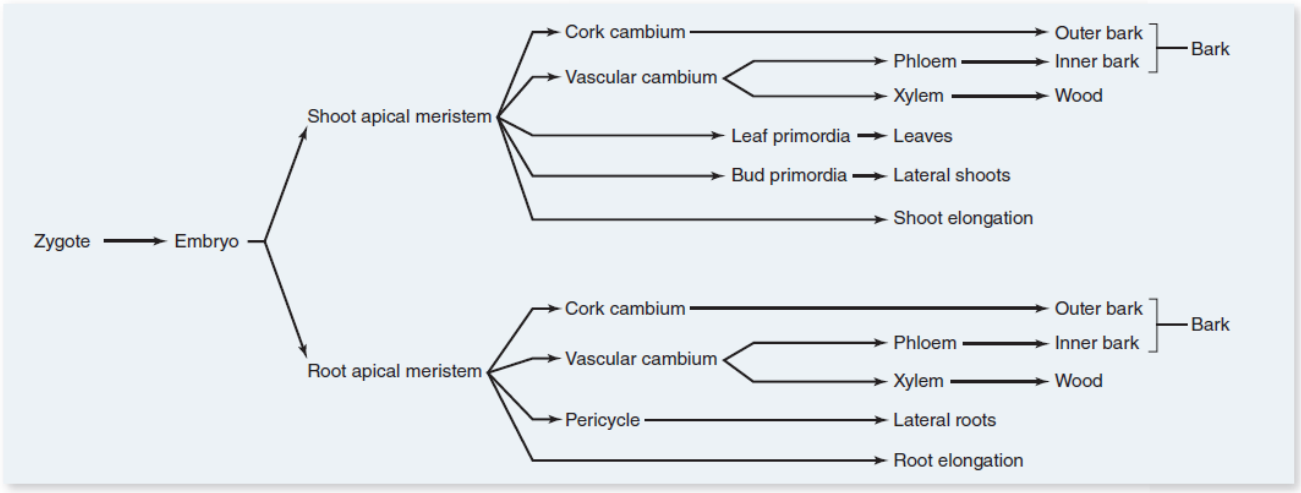
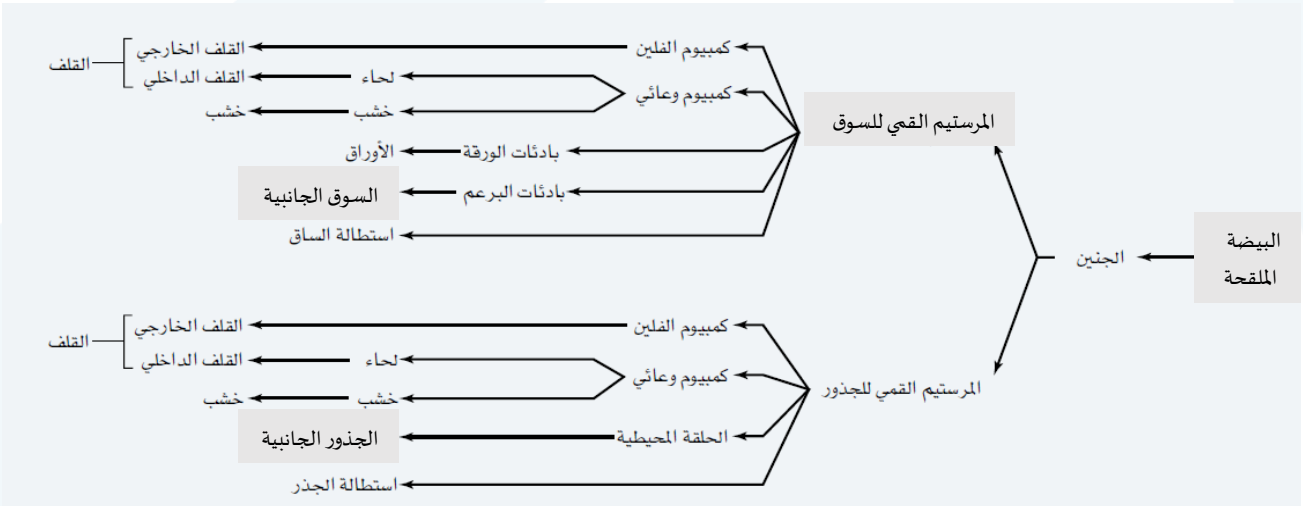


Figure (5.7): Casparian strip.

Stages in the differentiation of plant tissues





End of lecture