

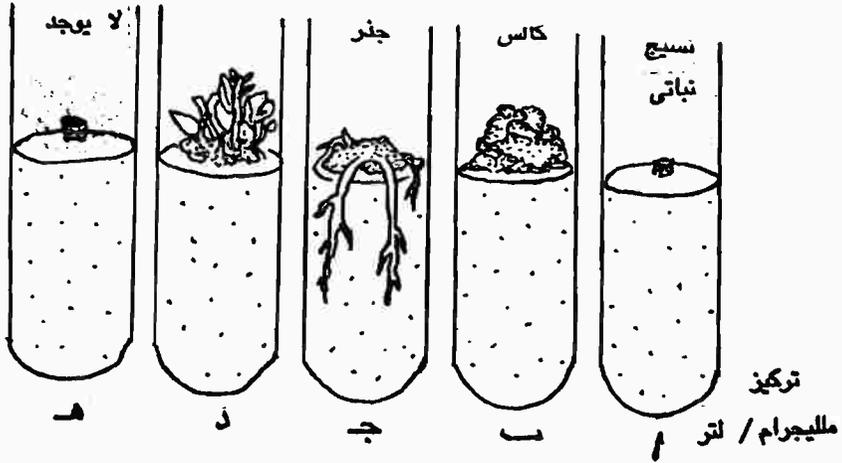
الباب السادس

الجذر

الجذر root هو الجزء من النبات الذى يوجد عادة تحت سطح التربة ويقوم بتثبيت النبات فى وسط النمو وامتصاص الماء والعناصر الغذائية وتوصيلها إلى الساق ومنه إلى باقى أجزاء النبات . والمجموع الجذرى root system ضرورى لنمو المجموع الخضرى ، كما أن المجموع الخضرى مهم لنمو المجموع الجذرى . فالمجموع الخضرى يقوم بتزويد الجذر بالغذاء العضوى المصنع اللازم لنموه ، إلا أنه حالياً أمكن تنمية الجذور صناعياً root culture وبصفة مستمرة بدون الحاجة إلى الساق وذلك بتنمية القمم النامية للجذور فى محاليل غذائية معقمة تحتوى على فيتامينات ، فينمو الجذر ويتفرع . وفى الطبيعة وجدت بعض الحالات النادرة لنمو جذور نباتية بصفة مستمرة دون تكوين لنموات خضرية ، كما فى نبات مونيسس جرانديفلورا *Moneses grandiflora* ، الذى ينمو فى حالة جذرية فقط على الدبال وأحياناً تتكون عليه مؤقتاً براعم عرضية قصيرة مزهرة تعمل على التكاثر .

يمكن التحكم فى تكوين الجذر والساق باستعمال مركبات هرمونية معينة . فى أحد التجارب وضع نسيج نخاع ساق الدخان على بيئة أجار مغذى nutrient agar (تتكون هذه البيئة من ببتون peptone ومستخلص لحم وماء وأجار agar) وقد خلطت هذه البيئة بتركيزات مختلفة من كل من كينيتين kinetin الذى يساعد على إنقسام خلايا النبات واندول حامض الخليك indole acetic acid الذى يساعد على استطالة وكبر خلايا النبات . وقد وجد أن هذين المركبين يتحكمان فى تكوين الجذر والساق تبعاً لتركيزاتهما . فعند خلط بيئة الأجار المغذى بهذين المركبين بنسب مختلفة ووضع النسيج على البيئة وفحص النسيج النباتى بعد عدة أسابيع وجد أن خلط البيئة باندول حامض الخليك وكينيتين بنسبة 15 : 1 نتج عنه تكوين نسيج كالس ، وبتغيير هذه النسبة يمكن تكوين جذور فقط أو سيقان فقط ، فزيادة تركيز

أندول حمض الخليك يشجع تكون المجموع الجذرى وزيادة تركيز الكينيتين يشجع تكوين المجموع الخضرى (شكل 1/6) .



(شكل 1/6) : مزارع الأنسجة وتكوين المجموع الجذرى والخضرى
التحكم فى النمو وفى تكوين المجموع الجذرى أو الخضرى باستعمال تركيزات
مختلفة من أندول حامض الخليك والكينيتين

يمتاز الجذر بعدة مميزات أهمها :

- 1- إنتحاء أرضى موجب فتنجه الجذور فى نموها عادة إلى أسفل وأحيانا تنمو جانبياً .
- 2- وجود منطقة مرستيم قمى قصيرة تغلفها قنسوة root cap .
- 3- وجود شعيرات جذرية قرب الأطراف .

4- غياب الأوراق والبراعم ، وبالتالي عدم وجود عقد وسلاميات ، ولو أنه في بعض الحالات تعطى الجذور براعم عرضية تنمو إلى سيقان .

5- الجذور الجانبية والعرضية داخلية المنشأ .

6- وجود الخشب واللحاء على أنصاف أقطار متبادلة .

حاول بعض العلماء تقدير مدى إنتشار كل من المجموع الجذرى والمجموع الخضرى للنباتات ، ويمكن القول إجمالاً أن إنتشار المجموع الجذرى للأشجار ذات الفلقتين يعادل إنتشار مجموعها الخضرى ، وأن النباتات الصحراوية تكون مجموعاً جذرياً يعادل 30 إلى 40 مرة قدر مجموعها الخضرى ، فى حين أن معظم النباتات الحولية المنزرعة مجموعها الجذرى محدود الإنتشار نسبياً .

الفصل الأول

مورفولوجيا الجذر

تتباين جذور النباتات المختلفة في أشكال جذورها ، فالجذور تتكون عادة تحت سطح التربة ولكنها قد تتكون فوق سطحها . وكل من الجذور الأرضية والهوائية لها أشكالها الخاصة ، تتوقف في ذلك على نوع النبات والوظائف التي يقوم بها الجذر وأماكن تكونه ، كذلك فإن الجذر يختلف شكلاً في مناطقه المختلفة .

مناطق الجذر

يتميز الجذر عند فحصه طولياً إلى خمسة مناطق تختلف في طبيعة نموها ، وهي حسب ترتيبها من القمة (طرف الجذر) إلى القاعدة (شكل 2/6) كالاتى :

1- منطقة القلنسوة (Root cap) *Calyptra* : القلنسوة نسيج مخروطى الشكل، يعمل على وقاية الأنسجة الرهيفة للمرستيم القمى للجذر من الإحتكاك بحبيبات التربة ، كما أنها تساعد الجذر النامى على إختراق التربة بما لها من شكل إنسيابي ، وبما لجذر خلاياها الخارجية من قوام هلامى .

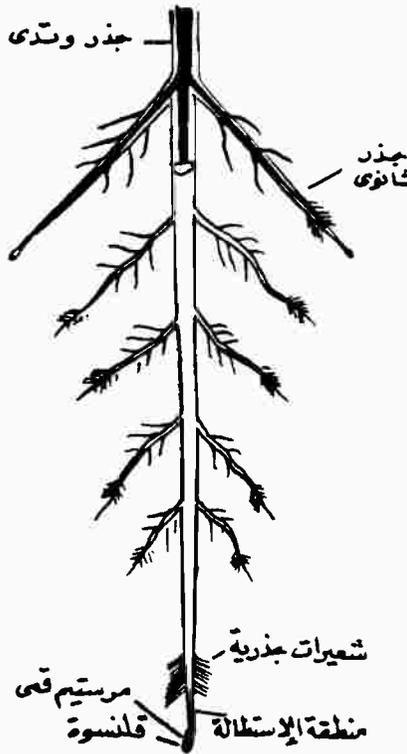
نسيج القلنسوة له حجم ثابت عادة ويتكون من عديد من الخلايا البالغة كثيرة الفجوات ، تحيط بالمرستيم القمى . تتأكل الخلايا الخارجية باستمرار نتيجة لإحتكاكها بحبيبات التربة ، ولهذا فإن النسيج المرستيمي يتجدد باستمرار بتحول بعض خلايا المرستيم القمى إلى خلايا بالغة تنضم إلى نسيج القلنسوة بدلاً من الخلايا التالفة الخارجية . توجد القلنسوة فى جذور معظم أنواع النباتات ، وقد لا توجد فى جذور بعض النباتات المائية أو عند تنمية بعض النباتات الأرضية فى مزارع مائية .

2- منطقة المرستيم القمى *Apical meristem* : المرستيم القمى عبارة عن نسيج مخروطى طوله حوالى ملليمتر واحد ، يتكون من خلايا مرستيمية نشطة

، تنقسم باستمرار مكونة لخلايا جديدة ، يدخل بعضها في تكوين منطقة القلنسوة ، ويدخل البعض الآخر في تكوين منطقة الاستطالة ، ويحدث في هذه المنطقة امتصاص ضئيل للماء وامتصاص كبير للعناصر الغذائية .

3- منطقة الاستطالة Zone of elongation : منطقة الإستطالة ذات طول

ثابت بالنسبة لنوع النبات ، ويتراوح طولها من 1 إلى 5 ملليمتر ، وتنتج عن استطالة الخلايا الناتجة عن انقسام خلايا المرستيم القمي ، ويعزى إلى هذه المنطقة معظم النمو الطولي للجذر . ويحدث في هذه المنطقة امتصاص متوسط للماء والعناصر الغذائية .



(شكل 2/6) : مناطق الجذر

4- منطقة الشعيرات الجذرية **Zone of root hairs**: تتميز منطقة الشعيرات الجذرية بنمو أجزاء من خلايا البشرة إلى الخارج مكونة الشعيرات الجذرية ، وتظهر الشعيرات الجذرية على الجذر بشكل مخروطي إذ أن أطوال الشعيرات يزداد كلما إتجهنا بعيداً عن قمة الجذر . وهذه المنطقة ذات طول ثابت تقريباً ، يتوقف على نوع النبات وعلى الظروف البيئية ، وتبعد هذه المنطقة عن قمة الجذر بمسافة ثابتة دائماً ، ويرجع ذلك إلى جفاف وسقوط الشعيرات الجذرية القديمة ناحية القاعدة وتكون شعيرات جديدة ناحية القمة أثناء نمو الجذر . وعادة ينتهي عمر الشعيرة الجذرية بعد فترة قصيرة من استكمال نموها ، تموت وتتفصل عن الجذر ومعها خلية البشرة المكونة لها . أحياناً تبقى الشعيرات الجذرية لمدة طويلة كما في نبات الأفحوان . الشعيرة الجذرية عبارة عن نمو أنبوبي جانبي لخلية البشرة ، يستطيل لدرجة كبيرة تصل إلى عدة ملليمترات ، وتنمو منزقة بين حبيبات التربة ، كما تلتصق بها بإحكام ، يساعدنا في ذلك الطبقة الهلامية التي تغلف جدرانها (شكل 17/6) .

والشعيرات الجذرية تزيد كثيراً من المسطوح الماصة للجذر ولذلك تعتبر منطقة الشعيرات الجذرية أهم مناطق الجذر في القدرة على امتصاص الماء ، ويكون النبات عدداً من الشعيرات الجذرية تفوق حاجته الفعلية من هذه الشعيرات تحت ظروف النمو العادية ، وتتضح فائدة ذلك عند نمو النبات تحت ظروف جفافية .

توجد منطقة الشعيرات الجذرية في جميع النباتات عدا القليل منها ، فهي تقل في النباتات المائية ، وقد تختفي كلية في نبات الزقيم *Pistia* والياسنت المائي *Eichornia* (شكل 9/3) ، ولكن لوحظ أن بعض هذه النباتات المائية الخالية من الشعيرات الجذرية تكون جذورها شعيرات جذرية إذا نميت في التربة .

5- المنطقة الدائمة **Permanent zone**: يزداد طول هذه المنطقة باستمرار نمو الجذر ، وتبدأ هذه المنطقة بسقوط الشعيرات الجذرية ومعها طبقة

البشرة معرضة طبقات القشرة الخارجية التي تعرف بالإكسوديرم *exodermis* . وفي هذه المنطقة يكون قد تم نضج جميع أنسجة الجذر . تظهر الجذور الثانوية بعد فترة من سقوط الشعيرات الجذرية ، لهذا يلاحظ وجود مساحة جرداء في مبدأ هذه المنطقة ، وتكون أصغر الجذور الثانوية أقربها إلى القمة ، وتندرج الجذور الثانوية في الطول كلما اتجهنا نحو القاعدة .

ويلاحظ أن الجذر الابتدائي ينمو رأسياً في التربة متجهاً إلى أسفل ، ويظهر عليه بوضوح الانتحاء الأرضي الموجب ، أما الجذور الجانبية فتتخذ زاوية حادة مع الجذر الابتدائي ، وبعضها قد ينمو أفقياً ولا يظهر عليه الانتحاء الأرضي الموجب .

أنواع الجذور

تنقسم الجذور إلى أنواع مختلفة وتتوقف تلك الأنواع وفقاً للأساس الذي بنى عليه التقسيم ، فتتقسم حسب المنشأ أو حسب الوظيفة .

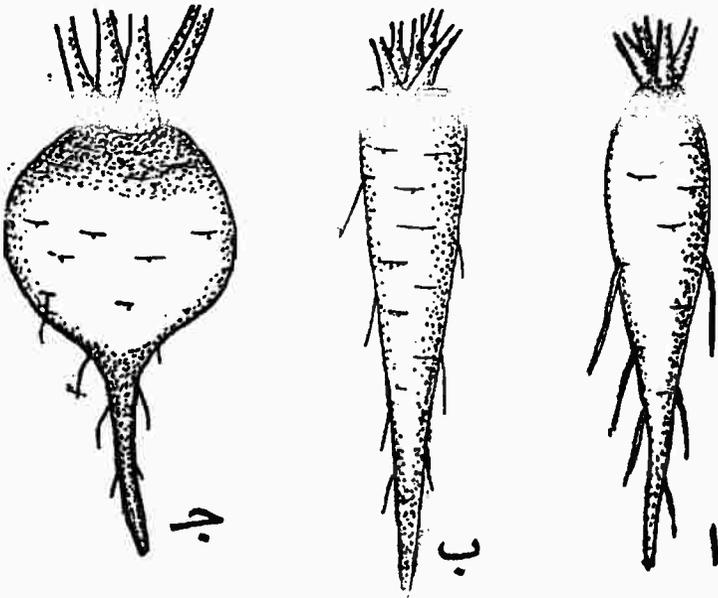
تقسيم الجذور حسب المنشأ

تنقسم الجذور حسب منشأها إلى نوعين رئيسيين هما الجذور الابتدائية والجذور العرضية ، ويوجد نوع ثالث أقل انتشاراً هو الجذور الجنبية .

1- الجذور الابتدائية Primary roots : يتكون الجذر الابتدائي نتيجة لاستمرار نمو الجذير . يتفرع الجذر الابتدائي مكوناً جذوراً أصغر تسمى بالجذور الثانوية *secondary roots* ، والأخيرة قد يتفرع عنها جذور أصغر تسمى بالجذور الثالثية *tertiary roots* ، وهكذا ، وكثيراً ما يطلق اسم الجذور الجانبية *lateral roots* على الجذور التي تنشأ من الجذر الابتدائي ، قد يستديم الجذر الابتدائي فيكون هو الجذر الأساسي للنبات ، ويسمى في هذه الحالة بالجذر الوتدي *tap root* ، كما في جذور النباتات ذات الفلقتين وجذور التبقعات عارية البذور (شكل 2/6) . الجذور الابتدائية للنباتات ذات الفلقة الواحدة ذات عمر قصير ، فهي تموت في الأطوار الأولى من حياة النبات .

الجزر الوتدى يكون عادة مخروطى الشكل غير متشحم ، سميك عند القاعدة ويستدق تدريجياً كلما اتجه إلى أسفل ناحية قمة الجذر ، كما فى القطن والطماطم . وقد يتشحم الجذر الوتدى نتيجة لاختزانه مواد غذائية ، والجذور الوتدية الشحمية تأخذ أشكالاً مختلفة منها الشكل المغزلى fusiform كما فى الفجل المصرى ، والشكل المخروطى كما فى الجزر ، والشكل الفتى napiform كما فى اللفت والبنجر والفجل الأحمر (شكل 3/6) .

تتعمق الجذور الوتدية لمسافات عميقة فى التربة قد تزيد عن خمسة أمتار .



(شكل 3/6) : أنواع الجذور الوتدية

ب - جذر مخروطى فى الجزر

ا - جذر مغزلى فى الفجل

ج - جذر لفتى فى اللفت

2- الجذور العرضية **Adventitious roots** : الجذور العرضية هي جذور لا تنشأ من الجذير أو من أصل جنيني ، بل تنشأ من أى جزء من أجزاء النبات غير الجذر مثل السيقان والأوراق . والجذور العرضية تكون المجموع الجذرى المستديم للنباتات ذات الفلقة الواحدة ، لأن جذورها الإبتدائية قصيرة العمر . وتوجد الجذور العرضية أحياناً فى النباتات ذات الفلقتين بجانب الجذور الإبتدائية كما فى التين البنغالى . وفى الحالات التى يتم فيها التكاثر خضرياً كما فى البطاطس والفراولة وقصب السكر نجد أن المجموع الجذرى يكون كله عرضياً .

الجذور العرضية المختلفة وفروعها التى يكونها نبات واحد تكون عادة متقاربة فى السمك ، ويعرف المجموع الجذرى العرضى فى هذه الحالة بأنه مجموع جذرى ليفى **fibrous root system** ، ويشاهد المجموع الجذرى الليفى فى القمح والشعير والذرة (شكل 4/6 ب).

والجذور الليفية سطحية لا تتعمق كثيراً فى التربة كما يحدث فى الجذور الودية ، وعادة لا تزيد فى العمق عن مترين ، ولكنها تنتشر إنتشاراً كبيراً فى الطبقات السطحية للتربة ، فتعمل على تثبيت التربة ، ولذلك تستخدم النباتات ذات الجذور الليفية لتثبيت التربة الرملية .

3- الجذور الجنينية **Seminal roots** : بالفحص الميكروسكوبى لجنين بعض النباتات النجيلية كالقمح والشعير والذرة تشاهد نتوءات صغيرة على جنين الحبة ويكون عددها أربعة فى القمح والشعير وثلاثة أو أربعة فى الذرة . وأثناء الإنبات تنمو هذه النتوءات بعد فترة من نمو الجذير لتكون جذور جنينية (شكل 3/2) ، تتساوى تقريباً فى الطول والسمك مع الجذير ، ويعتبر البعض أن الجذر الإبتدائى أحد الجذور الجنينية ، وعادة يتلاشى الجذر الإبتدائى والجذور الجنينية بعد فترة قصيرة من عمر النبات ، يتكون بعد ذلك جذور عرضية تنشأ من قاعدة الساق ، لكن تحت ظروف خاصة قد تستديم الجذور الجنينية مع الجذور العرضية .

تقسيم الجذور حسب الوظيفة

كثيراً ما يكون للجذور وظائف أخرى بجانب وظيفتيه الأساسيتين ؛ التثبيت والإمتصاص ، وتقسّم الجذور حسب الوظيفة إلى ما يأتي :

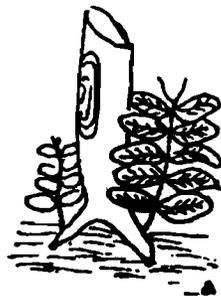
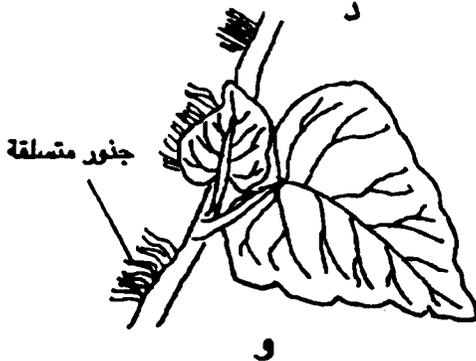
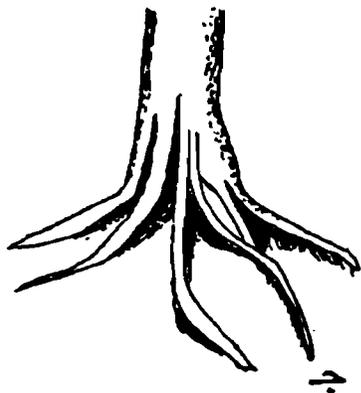
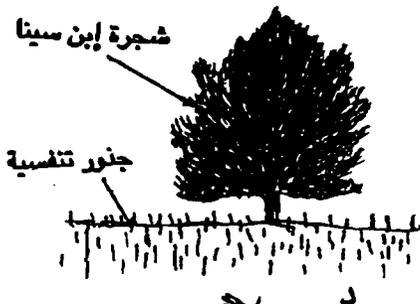
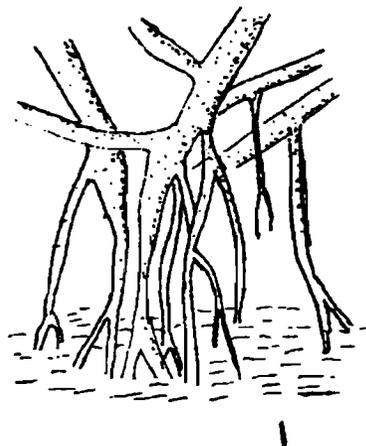
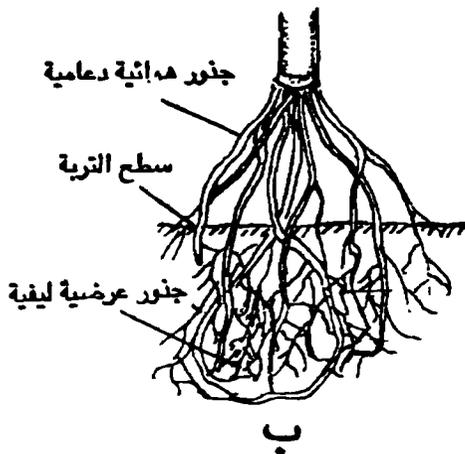
1- جذور دعامية هوائية Prop roots : وهي جذور عرضية هوائية تساعد على تثبيت المجموع الخضري ، قد تنمو من عقد الساق القريبة من سطح التربة ، كما في نبات التين البنغالي *Ficus benghalensis* ، وفيها تنمو الجذور من أفرع النبات الأفقية العليا متجهة إلى أسفل حتى تصل إلى سطح التربة ، قد تتفرع فوق سطح التربة ، ثم تتفرع بغزارة تحت سطح التربة (شكل 4/6 أ) . تقوم الجذور الدعامية الهوائية بالتدعيم بجانب قيامها بإمتصاص العناصر الغذائية من التربة .

2- جذور دعامية هوائية رافعة Lifting prop roots : وهي جذور كالسابقة وتنشأ من عقد الساق القريبة من سطح التربة . تنمو وتمتد وتسبب رفع الساق عدة أقدام فوق سطح التربة كما في نبات إريارتي *Iriartea* (شكل 5/6 أ) .

3- جذور دعامية سائدة Buttress roots : تشاهد هذه الجذور في بعض الأشجار الإستوائية حيث الأمطار كثيرة والمياه متوفرة فنجد أن جذور النبات الأصلية سطحية ، لذلك يكون النبات الجذور السائدة التي تنشأ نتيجة للتغليظ الثانوي غير المتجانس للجذور الرئيسية . يتم معظم التغليظ على السطح العلوي ممتداً فوق سطح التربة فيظهر الجذر بشكل جدران خشبية تمتد من جذع النبات إلى مساحات كبيرة من الأرض حول النبات ووظيفتها الأساسية سند النبات ، وذلك كما في أشجار إريوندرون *Eriodendron* (شكل 4/6 جـ) وتاكسوديوم *Taxodium* (شكل 5/6 ب) .

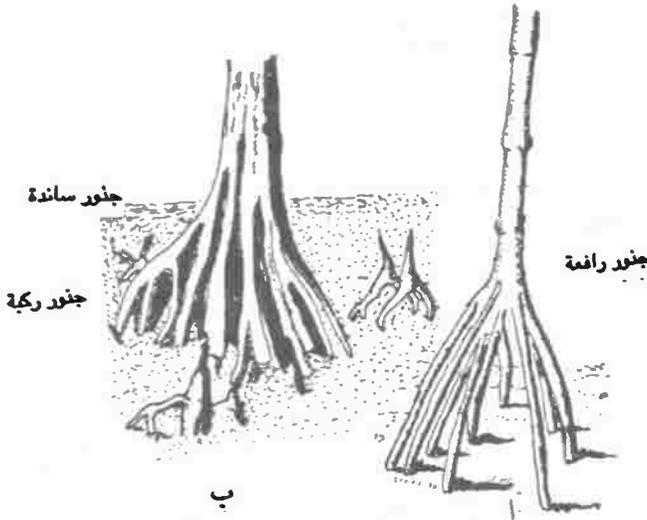
(شكل 4/6) : أنواع من الجذور

- أ (جذور دعامية هوائية في التين البنغالي
ب) جذور دعامية هوائية وجذور عرضية ليفية في الذرة
جـ) جذور دعامية سائدة في أريوندرون
د (جذور تقسية في أشجار ابن سينا
هـ) جذور تكافرية في الجوافة
و) جذور متصلة في حبل المساكين



4- جذور متسلقة **Climbing roots** : الجذور المتسلقة هي جذور عرضية تنشأ على سيقان نباتات ضعيفة غير قادرة على النمو الرأسى ، وتساعد هذه الجذور النبات على التسلق فى إتجاه الدعامات ، وتكون تلك الجذور قصيرة تثبت نفسها فى شقوق الدعامات ، وقد تفرز مواداً تساعدها على الالتصاق بالأسطح كما فى نبات حبل المساكين *Hedera helix* (شكل 4/6 و) .

5- جذور مخزنة **Storage roots** : هي جذور تتضخم لاختزانها مواد غذائية ، وغالباً ما يكون فى صورة نشا . والجذور المخزنة قد تكون جذوراً وتدية شحمية كما فى الفجل والجزر واللغت (شكل 3/6) ، وقد تكون جذوراً عرضية قد تظهر فى شكل إنتفاخات درنية تسمى بالجذور الدرنية *tuberous roots* . وقد تنشأ الجذور الدرنية من جذور ثانوية وعرضية كما فى نبات الداليا *Dahlia* (شكل 6/6) أو من جذور عرضية فقط كما فى البطاطا والاسبرجس .

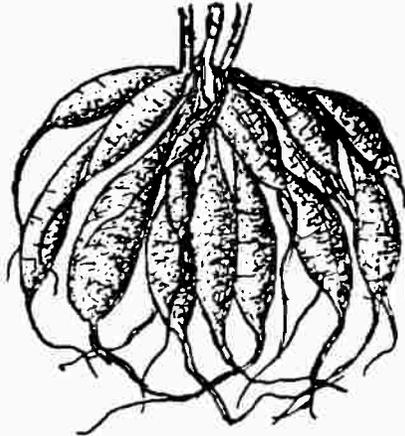


(شكل 5/6) : أنواع من الجذور

أ (جذور رافعة فى نبات أرياراتى
ب) جذور سائدة وجذور ركلة تنفسية فى نبات تاكسوديم

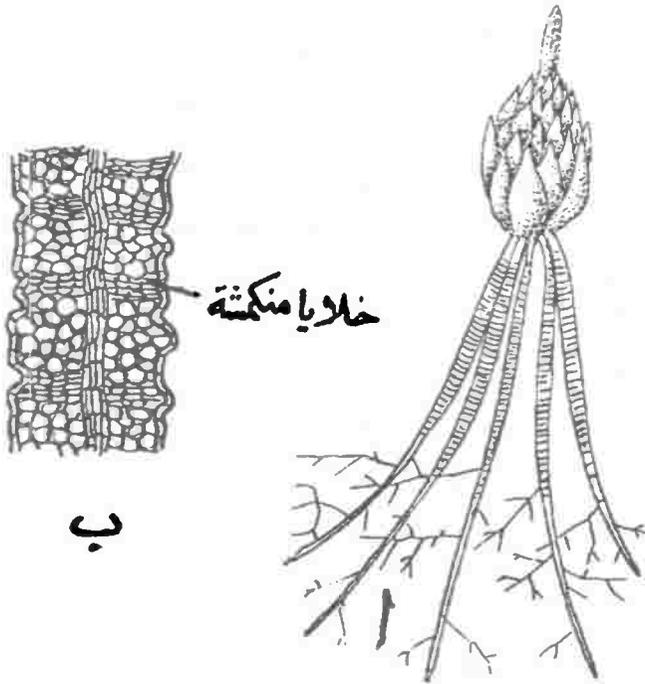
6- جذور شادة *Contractile roots* : عند تكاثر النباتات بالكورمات أو الأبخصال فإن نمو السنة الحالية يتكون فوق نمو السنة الماضية ، مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى الكورمة أو البصلة عاماً بعد آخر . لهذا فإننا نجد أن بعض هذه النباتات تكون جذوراً شادة تعمل على جذب الأبخصال أو الكورمات إلى أسفل لتضع نمو السنة الحالية في المستوى الملائم له ، وبذلك يكون مستوى الأبخصال أو الكورمات ثابت دائماً بالنسبة لسطح التربة . وقد تكون الحركة تبعاً لدرجة رطوبة أو جفاف التربة . والجذور الشادة جذور سميكة يظهر عليها تجاعيد لولبية الشكل وهي ذات قدرة على الإنقباض مما قد يتسبب عنه قصر الجذر بمقدار 30 إلى 40 % من طوله ، ويؤدي ذلك إلى سحب النبات إلى أسفل . وتشاهد الجذور الشادة في أبصال البنكريشيام *Pancratium* وفي كورمات الجلاديولس *Gladiolus* (شكل 7/6 أ) .

ويرجع إنقباض الجذور الشادة إلى إنكماش وإنضغاط بعض خلايا القشرة بعد نفاذ الغذاء المخزن بها (شكل 7/6 ب) .



(شكل 6/6) : جذور عرضية درنية في نبات الداليا

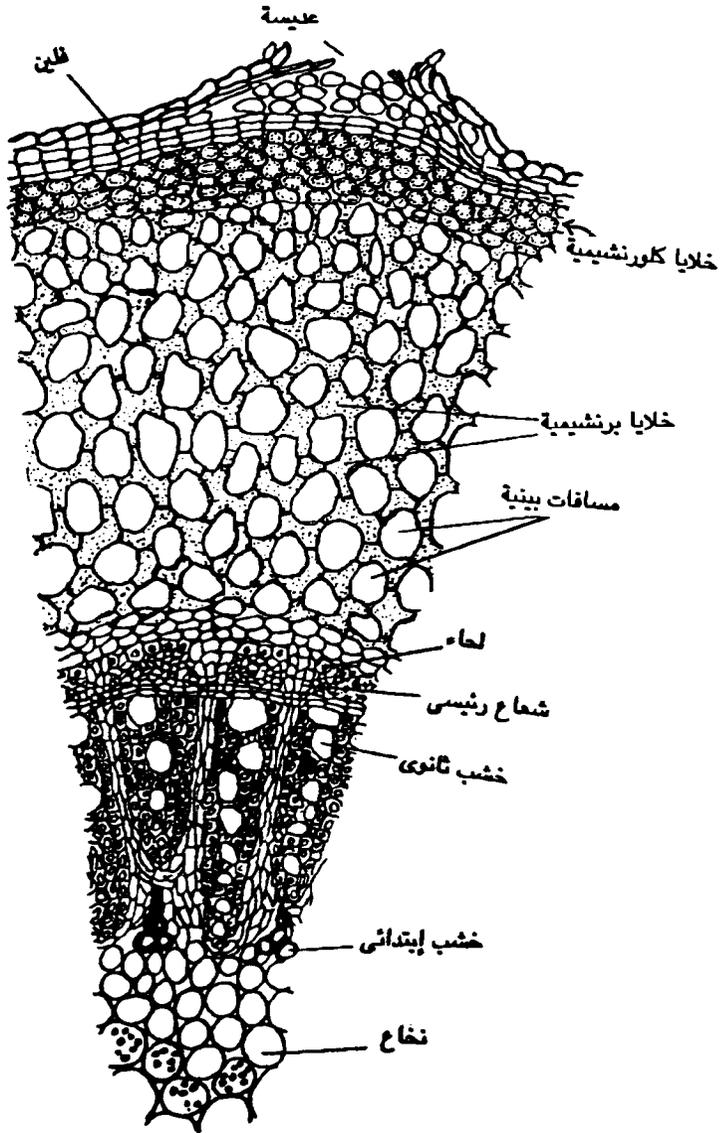
7- جذور تنفسية Respiratory roots : تتنفس كل جذور النباتات وتحصل على الأوكسجين اللازم لها من التربة أو من البيئة المحيطة بالجذور ، ولكن بعض النباتات تنمو في المستنقعات الطينية الرديئة التهوية والغنية ببقايا النباتات المتحللة ، حيث يقل الأوكسجين وترتفع نسبة ثاني أكسيد الكربون فلا تستطيع جذورها العادية الحصول على الأوكسجين الكافي لتنفسها، لذلك فهي تكون جذوراً تنفسية تنمو رأسياً من جذور مغمورة تنمو أفقياً تحت سطح التربة . تنمو الجذور التنفسية رأسياً إلى أعلى حتى تخترق سطح التربة ، وقد يصل إرتفاعها فوق سطح التربة إلى 20 سم . يتركب الجذر التنفسي من طبقة خارجية فلينية تحتوى على عديد من العديسات ويوجد للداخل قشرة مكونة من خلايا برنشيمية تتخللها



(شكل 7/6) : جذور شادة

(ب) قطاع طولى فى جزء من جذر شاد

(أ) جذور شادة فى بصلة



(شكل 8/6) : جذر تنفسي

قطاع عرضي في جذر تنفسي لنبات ابن سينا

مسافات بينية واسعة (شكل 8/6) ، ويساعد ذلك التركيب على سرعة دخول الهواء إلى الجذور الأرضية . لا تحمل الجذور الأفقية ولا الجذور التنفسية شعيرات جذرية . ولذلك يتكون في قاعدة كل جذر تنفسى فرع جذرى قصير يحمل الشعيرات الجذرية التى تقوم بامتصاص الماء والعناصر الغذائية اللازمة من التربة وذلك كما فى أشجار ابن سينا *Avicennia officinalis* (شكل 4/6 د) .

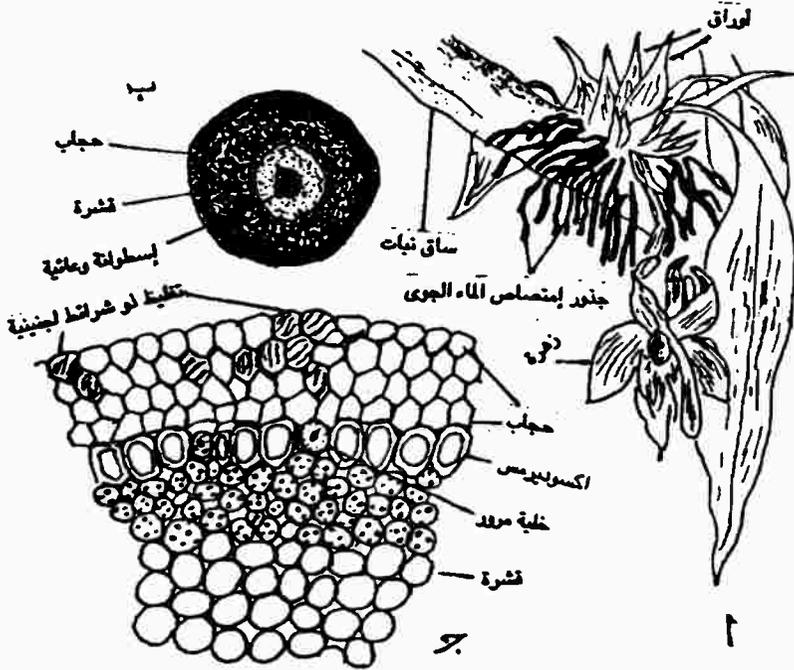
وقد تكون الجذور التنفسية مخروطية الشكل وتظهر فوق سطح المستنقع ويحمل هذا الجزء المخروطى فرعين أو أكثر من الجذور وتسمى هذه بجذور الركبة knee roots وذلك كما فى نبات تاكسوديم (شكل 5/6 ب) . ويعتقد أن كفاءة جذور الركبة فى عملية التنفس وتبادل الهواء غير كبيرة .

8- جذور لإمتصاص الماء الجوى : تكون بعض نباتات الأوركيد العالقة على الأشجار مثل ستانهوبى *Stanhopea* جذوراً عرضية هوائية قصيرة تنمو من السوق ولا تصل إلى سطح التربة ولا تحمل شعيرات جذرية . تختص تلك الجذور بامتصاص ما يصل إليها من ماء كماء المطر (شكل 9/6) . تغلف تلك الجذور بنسيج يعرف بالحجاب velamen ، ذو تركيب إسفنجى يساعد على إمتصاص الماء ، والاحتفاظ به . والحجاب نسيج يتكون من عدة طبقات من خلايا ميتة فارغة ، جدرها مغلظة بواسطة شرائط لجنينية ومتصلة ببعضها وبالجو بواسطة ثقب . يلى الحجاب للداخل طبقة واحدة من خلايا الاكسوديرم يليها القشرة التى تتكون من خلايا كلورنشيمية (شكل 9/6 ج) .

9- جذور تمثيلية Photosynthetic : الجذور التمثيلية جذور هوائية تحتوى على الكلورفيل ولهذا فهى تقوم بعملية التمثيل الضوئى ، وتلاحظ تلك الجذور فى بعض النباتات التى تنمو عالقة على الأشجار وبخاصة فى المناطق الاستوائية وذلك كما فى نبات الأوركيد تنيوفيللم *Taeniophyllum* . سيقان هذا النبات لا تحمل أوراقاً بل تحمل أزهاراً فقط ، وجذور هذا النبات هى الجزء الوحيد من النبات الذى يحتوى على بلاستيدات خضراء ولذا فهى تقوم بعملية التمثيل

الضوئي . بعض أنواع الجذور بالإضافة إلى وظائفها الأخرى تحتوى على كلورفيل كما فى الجذور الدعامية فى نبات الذرة .

10- جذور عوامة : **Buoyant roots** : تخرج من الجذور الابتدائية لبعض النباتات المائية جذور عوامة ، تنمو رأسياً وتطفو فوق سطح الماء ، وتساعد على تعويم النبات على سطح الماء كما فى نبات جسيوار ريبنز *Jussiaea repens* .



(شكل 9/6) : جذور لامتناس الماء الجوى

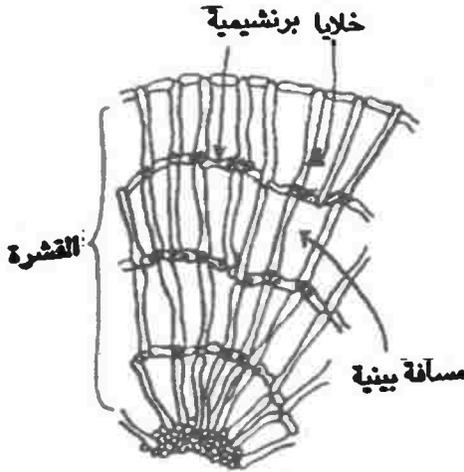
- أ) ساق نبات عليها نبات الأوركيد ستاهوبى
 ب) قطاع عرضى تخطيطى فى جذر لامتناس الماء الجوى
 ج) قطاع عرضى تفصيلى فى جزء من الجذر

ويرجع طفو هذه الجذور إلى إمتلاء المسافات البينية الواسعة الموجودة بين الخلايا البرنشيمية المستطيلة فى نسيج القشرة بالهواء (شكل 10/6) . لهذا فإن الجذور العوامة تقوم بامتصاص الأكسوجين ، فى حين أن الجذر الابتدائى يقوم بامتصاص الماء والعناصر اللازمة من الماء أو من قاع النهر .

11- جذور تكاثرية Reproductive roots : تتكون على جذور بعض الأشجار والشجيرات براعم عرضية تنشط لتعطي أفرعا خضرية ، وتكون وسيلة هامة للتكاثر كما فى نبات الجوافة (شكل 4/6 هـ) .

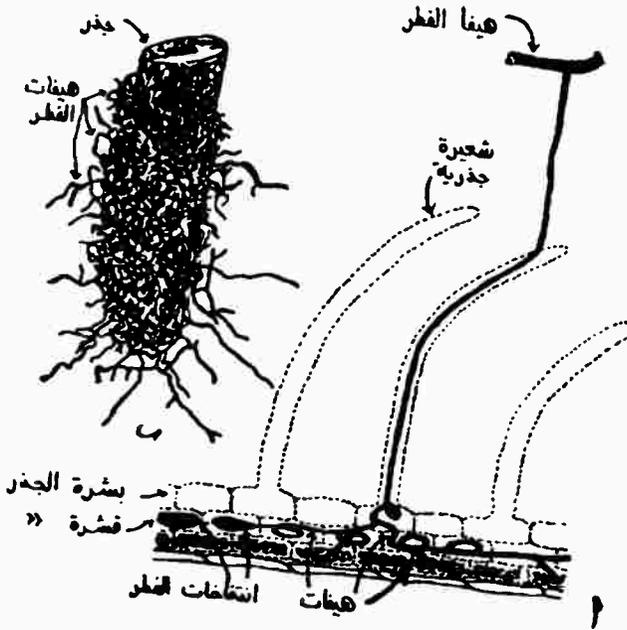
يمكن تقسيم الجذور الدرنية للبطاطا إلى أحجام مناسبة وزراعتها فتعطي براعم عرضية ونباتات جديدة .

12- جذور تعاونية Symbiotic roots : فى كثير من النباتات البذرية وبعض النباتات الأخرى تعيش مع جذورها فطريات كثيرة معينة مثل فوما *Phoma* وأمانيتا *Amanita* معيشة تعاونية . ومعنى التعاون هنا أن كل منهما يفيد الآخر



(شكل 10/6) : جذر عوام
قطاع عرضى فى جذر عوام فى نبات جسيوا

فالجذر يمد الفطر بالغذاء العضوى وخاصة المواد الكربوايدراتية بينما يزيد الفطر من كفاءة إمتصاص الجذور للماء والعناصر الغذائية الذائبة فيه وخاصة فى التربة الفقيرة فى تلك العناصر ، لأن هيفات الفطر لها سطح ماص أكبر بكثير من الجزء الماص لجذور النبات . قد يعيش خارجياً على سطح الجذر ويعتبر الفطر سطحى المعيشة ectotrophic كما فى نبات الصنوبر *Pinus* ، وقد يعيش الفطر داخل الخلايا البرنشيمية لقشرة جذور النبات ويرسل بعض هيفاته خارج الجذر فى التربة ويعتبر داخلى المعيشة endotrophic كما فى نباتات الأوركيد (شكل 11/6) . وتسمى العلاقة الفطرية الجذرية هذه بالميكوريزا mycorrhiza .

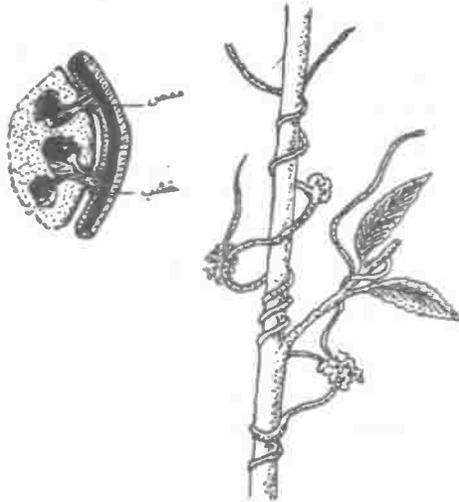


(شكل 11/6) : جذور تعاونية

أ (جزء من قطاع عرضى لميكوريزا داخلية المعيشة
 ب) جزء من جذر عليه فطر سطحى المعيشة

وتوجد حالة طريفة لهذا النوع من الجذور وذلك فى النبات الزهرى العشبى الخالى من الكلوروفيل مونوترويا *Monotropia* ، حيث نجد أن جذوره مغطاة تماماً بهيئات الفطر . يمد الفطر النبات بالماء والعناصر الغذائية ومعظم الغذاء المجهز ، أما النبات فيمد الفطر بالفيتامينات اللازمة له والقادرة على تخليقها دون الفطر . ومن ذلك يتضح أن هذا النبات يعتمد أساساً فى تغذيته على الفطر عدا الفيتامينات التى يمكنه تصنيعها .

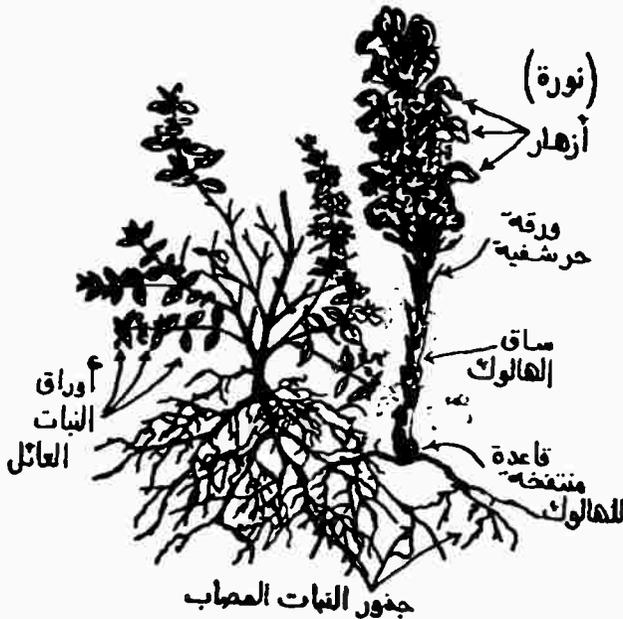
13- جذور طفيلية ماصة *Haustoria* : بعض النباتات لا تكون جذوراً حقيقية كما أن أنسجتها المختلفة لا تحتوى على صبغة الكلوروفيل فهى لا تستطيع القيام بالتمثيل الضوئى ، لذلك فهى تلجأ إلى التطفل ، أى المعيشة على كائن حى آخر لتأخذ منه الغذاء . ومن أمثلة ذلك نبات الحامول الذى يتطفل على نباتات كثيرة منها نبات البرسيم والصفصاف ، فيلتف ساق الحامول حول ساق النبات العائل ،



(شكل 12/6) : نبات حامول متطفل على ساق نبات صفصاف وقطاع يبين الماصات

ويرسل الحامل جذوراً طفيلية ماصة تعرف بالماصات تخترق ساق النبات العائل ، وتتصل الأنسجة الوعائية للحامل بالأنسجة الوعائية للعائل (شكل 12/6) ، وعن طريق الماصات يتم نقل الاحتياجات الغذائية من العائل إلى الطفيل . ساق الحامل ضعيف غير قائم ولذلك يتعلق بالإلتفاف ، هو لا يحمل أوراقاً خضراء بل يحمل أوراقاً حرشفية صغيرة وأزهاراً .

كذلك فإن نبات الهالوك يتطفل على نباتات مختلفة منها الفول ، فيرسل نبات الهالوك من قاعدته الموجودة تحت سطح التربة ماصات تنمو داخل جذور الفول . وتتصل الأنسجة الوعائية للطفيل بالأنسجة الوعائية للنبات العائل . ساق الهالوك قائمة تتكون تحت سطح التربة من قاعدة منتفخة تنمو إلى أعلى مخترقة سطح التربة وهي لا تحمل أوراقاً خضراء بل تحمل أوراقاً حرشفية عديدة ، وعادة يخرج من إبط كل ورقة زهرة (13/6) .



(شكل 13/6) : نبات هالوك متطفل على نبات زهرى

الفصل الثاني

تشرح الجذر

يختلف التركيب التسيجي لجذر النبات حسب نوع النبات ، وكذلك في النبات الواحد حسب مناطق الجذر المختلفة ، فمنطقة القمة النامية تختلف عن منطقة الاستطالة ، وهذه تختلف عن منطقة الشعيرات الجذرية . وفي المنطقة النائمة يختلف التركيب التشريحي للمناطق الأولى منها حيث تكون الأنسجة جميعها ابتدائية ، عن المناطق التالية التي قد يحدث بها تغيظ ثانوي .

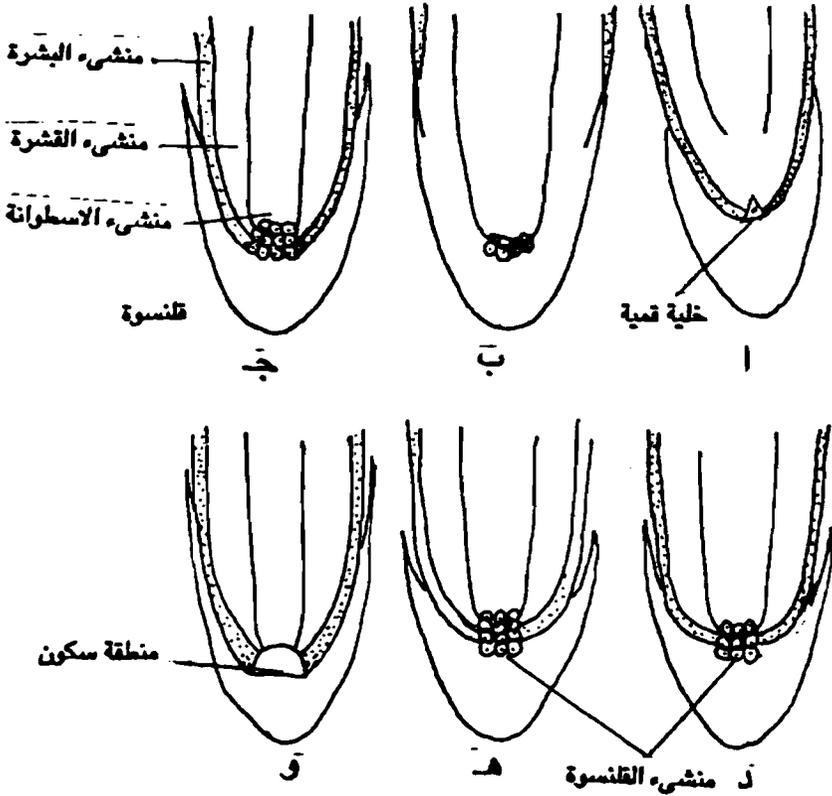
المرستيم القمي

تختلف نشأة المرستيم القمي *apical meristem* باختلاف المجموع النباتية . قد ينشأ المرستيم القمي في الجذر من خلية واحدة هي *apical cell* هرمية الشكل عادة ، ومن تلك الخلية القمية تتكون أنسجة الجذر بما فيها القنسوة ، وذلك كما يحدث في جنور كثير من النباتات السرخسية (شكل 14/6 أ) .

وقد ينشأ المرستيم القمي من مجموعتين من المبادئ المرستيمية *initials* ، المجموعة الداخلية تغطي منشئ الأسطوانة الوعائية *plerome* ، المجموعة الخارجية تنشأ منها البشرة والقشرة والقنسوة ولا يوجد في هذه الحالة حد فاصل بين منشئ القشرة ومنشئ القنسوة وذلك كما في جنور النباتات عاريات الجنور (شكل 14/6 ب) .

وقد ينشأ المرستيم القمي من ثلاث مجاميع من المبادئ المرستيمية وذلك كما في معظم النباتات كاسيات الجنور ، فتغطي المجموعة الداخلية منشئ الأسطوانة الوعائية وتغطي المجموعة الوسطية منشئ القشرة في حالة النباتات ذات القلتين ومنشئ البشرة والقشرة معا في حالة النباتات ذات القلعة الواحدة ، وتغطي المجموعة الخارجية منشئ البشرة والقنسوة معا في حالة النباتات ذات القلتين ومنشئ القنسوة قط في حالة نباتات القلعة الواحدة (شكل 14/6 ج ، د) .

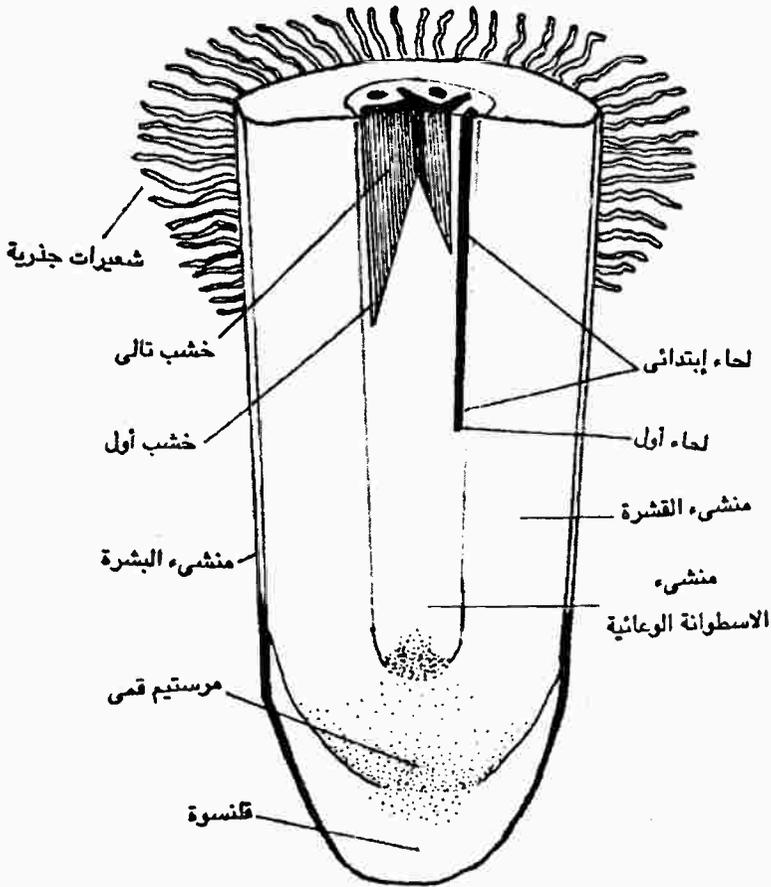
وقد ينشأ المرستيم القمي من أربعة مجاميع من المبادئ المرستيمية وهي قليلة الوجود كما في جذور بعض نباتات العائلة النجيلية ونبات الفول وبعض النباتات المائية ، وهي من الداخل إلى الخارج منشئ الأسطوانة الوعائية plerome ومنشئ القشرة pcriblem ومنشئ البشرة dermatogen ومنشئ القنسوة calyptrogen (شكل 14/6 هـ) .



(شكل 14/6): الأنواع المختلفة لنشوء المرستيم القمي

- (أ) من خلية واحدة قمية هرمية الشكل
 (ب) من مجموعتين من المبادئ المرستيمية
 (ج ، د) من ثلاثة مجاميع من المبادئ المرستيمية
 (هـ) من أربعة مجاميع من المبادئ المرستيمية
 (و) الخلايا المرستيمية حول منطقة سكون

باستخدام النظائر المشعة إتضح أنه توجد في المرستيم القمي لجذر البصل والذرة منطقة ساكنة quiescent zone لا تنقسم خلاياها أو تنقسم ببطء شديد ، في حين تكون الخلايا المحيطة بهذه المنطقة نشطة وتنقسم بسرعة لتكون الأنسجة المرستيمية المنشئة لأنسجة الجذر . والمنطقة الساكنة أقل تأثراً من الأنسجة الأخرى بالأضرار التي تلحق بالجذر ، ولذلك فهي تستعيد نشاطها وتكون أنسجة جديدة إذا لحقت بأنسجة الجذر النشطة أضرار توقف نموها (شكل 14/6 و).



(شكل 15/6) : تحول الأنسجة المرستيمية في الجذر إلى أنسجة ابتدائية

بفحص الجذر فى منطقة الاستطالة يزداد تمييز كل من منشئ البشرة ومنشئ القشرة ومنشئ الأسطوانة الوعائية . وفى منطقة الشعيرات الجذرية يتم نضج الخلايا وتتحدد الأنسجة الابتدائية ، فتتشكل خلايا البشرة وتنمو منها الشعيرات الجذرية التى تكبر ثم تختفى فى المنطقة الدائمة ، كما تتحول خلايا منشئ القشرة إلى خلايا برنشيمية عادة تكون نسيج القشرة ، أما منشئ الأسطوانة الوعائية فأول ما يتشكل وينضج منه هو نسيج البريسكيل ثم نسيج اللحاء ، وتتشكل أوعية الخشب التالى حيث تكبر فى الحجم وتظهر بها فجوات عصارية كبيرة ، ولكن يتم نضج الخشب من الخارج إلى الداخل أى ينضج الخشب الأول أولاً ثم يليه الخشب التالى (شكل 15/6) .

تركيب الأنسجة الابتدائية للجذر

بفحص الجذر فى منطقة الشعيرات الجذرية وأوائل المنطقة الدائمة ، حيث يتم تشكيل ونضج النسيج الابتدائي ، يلاحظ أن الجذر يتكون من أنسجة عديدة تظهر عند فحص القطاعات العرضية أو الطولية من الخارج إلى الداخل (شكل 17/6 ، 19/6 ، 20/6) كالتالى :

البشرة

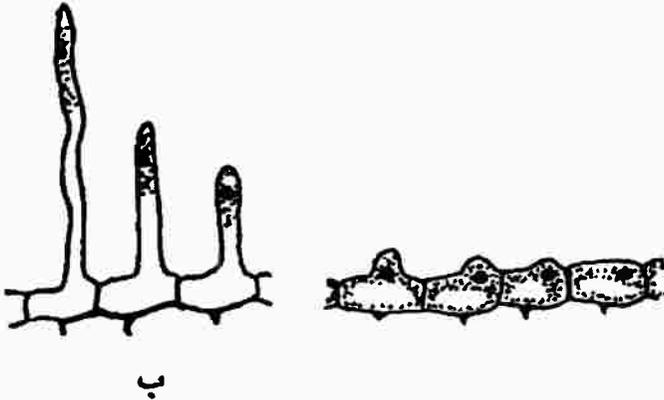
البشرة epidermis هى الطبقة الخارجية من الجذر وتتكون من صف واحد من الخلايا المتراسة الرقيقة الجدر الخالية من الكيوتين غالباً . فى بعض الحالات تستديم طبقة البشرة ويتكون عليها طبقة واضحة من الكيوتين . فى منطقة الشعيرات الجذرية تستطيل بعض الخلايا مكونة الشعيرات الجذرية ، ولهذا تعرف طبقة البشرة فى هذه المنطقة بالطبقة الوبرية piliferous layer . فى بعض النباتات نجد أنه عند تكشف الشعيرات الجذرية تنقسم خلية البشرة بجدار قطرى إلى خليتين غير متساويتين ، الصغيرة تسمى الخلية الخيطية وتحتوى على أنزيمات

بتركيزات كبيرة وبخاصة أنزيمات السيتوكروم ، وهذه تكون الشعيرة الجذرية ، أما الكبيرة فتصبح خلية بشرة عادية ولا تكون شعيرات جذرية .

تنشأ الشعيرات الجذرية كنتوء صغير من خلية البشرة ، تنمو بشكل أنبوبي وتبطن بالسيتوبلازم ، وأثناء نمو النتوء تنتقل نواة الخلية إلى الشعيرة الجذرية وتبقى قريباً من طرفها حيث يزداد تركيز السيتوبلازم (شكل 16/6) . ويلاحظ أن جدار الجزء الطرفي من الشعيرة الجذرية أرق من جدار الجزء القاعدي ، وأخيراً تتصلب قمة الشعيرة ويعتقد أن ذلك راجع إلى تحول المركبات البكتينية إلى بكتات الكالسيوم .

القشرة

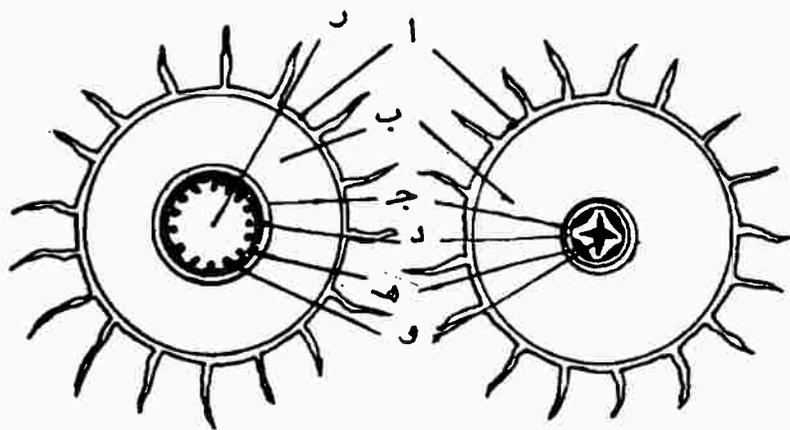
تتكون القشرة cortex ، غالباً من خلايا برنشيمية فقط ، يوجد بينها مسافات بينية واسعة ، وأحياناً توجد بها خلايا اسكلرنشيمية ، قليلاً ما توجد بها خلايا كولنشيمية . ولا توجد بخلايا القشرة بلاستيدات خضراء إلا في الجذور الهوائية وقد تحتوى خلايا القشرة على نشا مخزن .



(شكل 16/6) : خطوات تكوين شعيرة جذرية

بجفاف وسقوط طبقة الشعيرات الجذرية تتعرض أول طبقات القشرة للخارج وتسمى بالإكسوديرمس exodermis ، وجدار هذه الخلايا مغلظة بالسيويرين ويتراوح سمك الإكسوديرم من طبقة إلى عدة طبقات .

آخر طبقات القشرة للداخل تعرف بالإنوديرمس endodermis ، ويميز خلايا هذه الطبقة وجود ترسيب لمادة الميويرين يوزع على الخلية بشكل شريط يحيط بالجدر القطرية والعارية والسفلية للخلية ويسمى بشريط كاسبار Casparian strip (شكل 18/6 أ ، ب ، ج) وغالبا ما يكون عرض شريط كاسبار أقل من عرض الجدر المار بها . وهذا الشريط ليس مجرد تغليظ ثانوي بل أيضا يدخل في تكوين الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي . يعمل شريط كاسبار كمادة لاصقة لخلايا الإنوديرمس ، فلا توجد بينها مسافات بينية ، وكذلك فإنه يمنع مرور الماء خلاله ، ولهذا فمرور الماء من القشرة إلى الأسطوانة الوعائية يتم فقط خلال سيتوبلازم



(شكل 17/6) : رسم تخطيطي لقطاع عرضي في جذر نو فلتين (يمين)

وأخر نو فلة واحدة (يسار)

(د) البريسكل

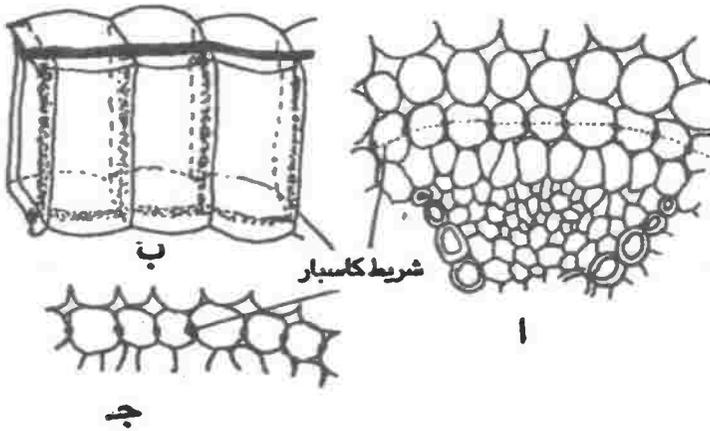
(ج) الإنوديرمس
(ز) النخاع

(ب) القشرة
(د) الخشب

(أ) البشرة
(هـ) اللحاء

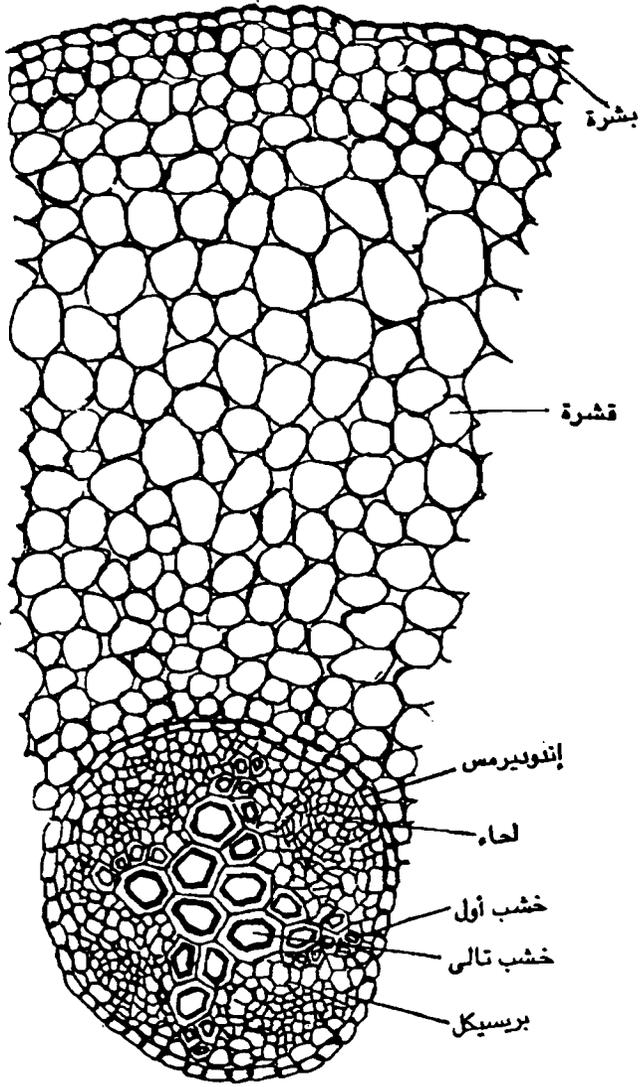
خلايا الاندوديرمس نتيجة لاختلاف الضغط الأسموزى بين الاندوديرمس وباقى خلايا القشرة .

فى الجذور التى تكبر فى السن ولا يحدث لها تغليظ ثانوى مثل جذور نباتات الفلقة الواحدة فإن جدر خلايا الاندوديرمس يحدث لها تغليظ ثانوى ، وذلك بترسيب طبقة من السيوبرين ، ثم تغطى بطبقات من السليلوز واللجنين ويكون التغليظ عادة غير منتظم حيث أنه غير موجود أو رقيق على الجدار الخارجى للخلاية وسميك على باقى الجدر . وهذا التغليظ يمنع مرور الماء والغذاء من الخارج إلى الأسطوانة الوعائية . لهذا نجد أن التغليظ لا يحدث لجميع خلايا الاندوديرمس ، بل تترك خلايا تقع أمام خلايا الخشب الأول موجود عليها شريط كاسبار دون تغليظ ثانوى ، تعرف باسم خلايا المرور *passage cells* ، حيث أنها الخلايا الوحيدة فى الإندوديرمس التى تسمح بمرور الماء من القشرة إلى نسيج الخشب (شكل 20/6) .



(شكل 18/6) : خلايا اندوديرمس مهيئة شريط كاسبار

- أ (قطاع عرضى فى جزء من جنر نو فلقين
 ب) شكل مجسم لخلايا اندوديرمس
 ج) قطاع عرضى فى خلايا اندوديرمس

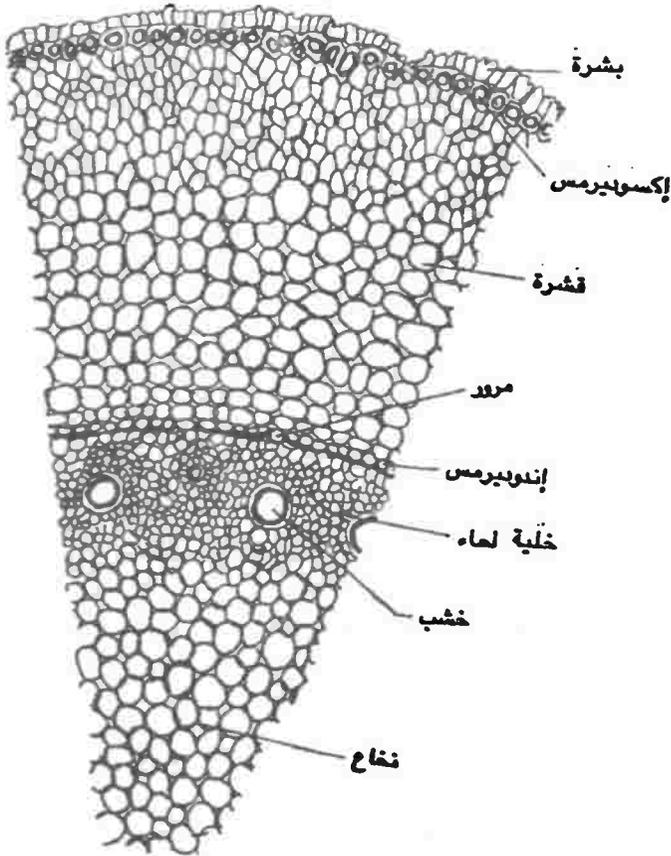


(شكل 19/6) : جزء من قطاع عرضي في جنر نبات ذو فلقين

الاسطوانة الوعائية

تتكون الاسطوانة الوعائية vascular cylinder من نسيج البريميكل والحزم الوعائية ونسيج النخاع.

1- البريميكل Pericycle : يتكون البريميكل عادة من صف واحد من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر ، قد تستعيد قدرتها على الإنقسام ، فمن هذه الطبقة تنشأ الجذور الجانبية والكامبيوم القلبي وجزء من الكامبيوم الوعائي.



(شكل 20/6) : جزء من قطاع عرضي في جذر نبات نو فلقة واحدة

2- الحزم الوعائية vascular bundles : تتكون الحزم الوعائية من أفرع من الخشب الابتدائي primary xylem تتبادل مع كتل من نسيج اللحاء الابتدائي primary phloem . وتتكون الحزمة الواحدة من أفرع خشب تجلوره على نصف قطر آخر كتلة لحاء مكونة ما تسمى بالحزمة الطولية radial bundle (شكل 27/5 أ).

يُفصل بين الخشب واللحاء مجموعة من خلايا مرستيمية غير متشكلة . تقوم هذه الخلايا المرستيمية في جذور النباتات التي تننظظ ثلثياً بوظيفة الكامبيوم الوعائي ، وفي الجذور التي لا تننظظ ثلثياً تتضخ وتصبح خلايا يرشيمية بالغة أو أسكار تشيمية .

يتكون أفرع الخشب من خشب أول protoxylem الخارج وخشب تالي metaxylem للداخل ، ولذلك توصف الحزم الوعائية في الجذور بأنها خارجية الخشب الأول exarch ، الخشب الأول الموجود للخارج ينضج لولا إنشاء القمو السريع للجذور ولذلك فلن أوعيته ضيقة ذات تخطيط حصى أو حلزوني وأحياناً سلمى . أما الخشب التالي فإنه ينضج متأخراً حين يبطل ، نمو الجذر ، لهذا فوعيته واسعة وتغطيتها يكون شبيهاً لو متقراً .

قد يشغل الخشب مركز القطاع فيسمى الجذر أصم (شكل 19/6) ، وقد يوجد القطاع في المركز (شكل 20/6) . تختلف عدد أفرع الخشب التي تشاهد في القطاع العرضي ، فعندما تليل في جذور النباتات ذات الطنين حيث تكون عادة من 2 إلى 8 وترتد عن ذلك في النباتات ذات الحلقة الواحدة .

يتكون اللحاء الابتدائي أيضاً من لحاء أول protoxylem للخارج ولحاء تالي metaphloem للداخل ، وتكون الأنايب الطرفية للحاء الأول أضيق من الأنايب الطرفية للحاء التالي ، ولو أنه يصعب في كثير من الحالات التمييز بينهما .

3- النخاع Medulla : يتكون النخاع من خلايا برنشيمية وأحياناً اسكرنشيمية تشغل مركز القطع ، وأحياناً لا يوجد نخاع بالجذور وفى هذه الحالة يلتقى الخشب التالى لجميع الحزم فى مركز القطع .

التغليظ الثانوى للجذور

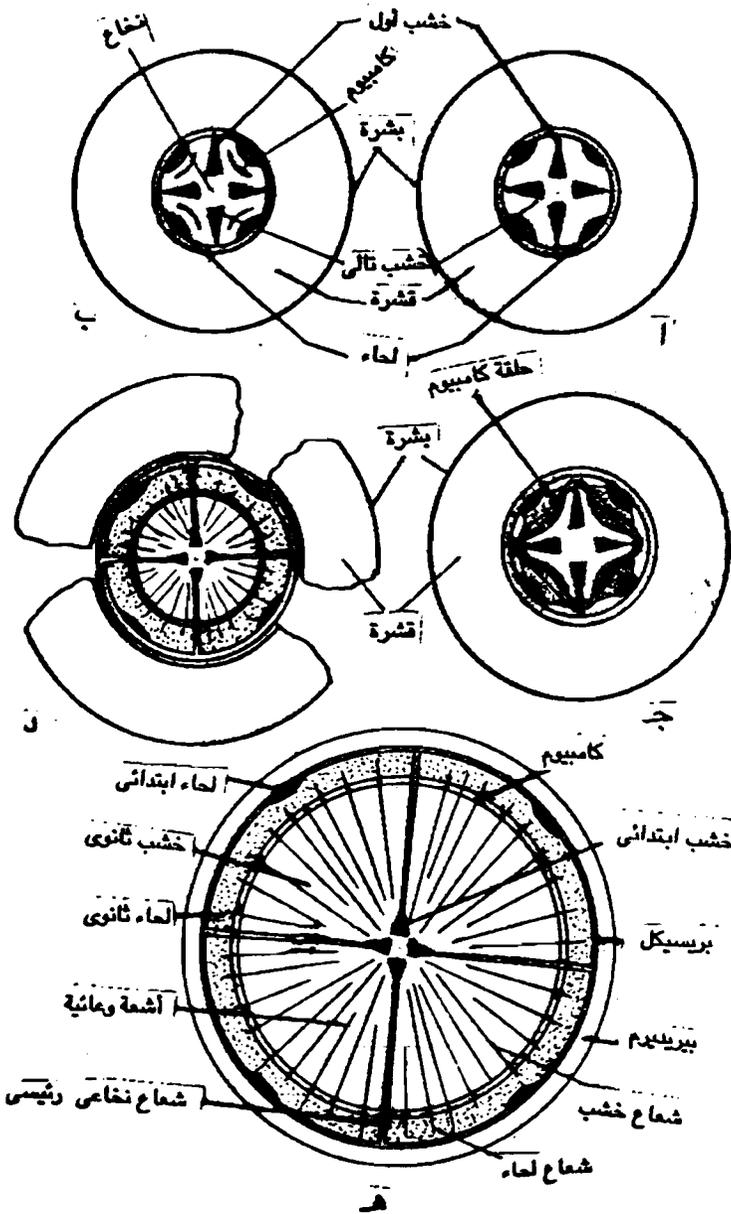
التغليظ الثانوى هو عبارة عن نمو العضو النباتى فى السمك وذلك بتكوينه لأنسجة وعائية ثانوية تنتج عن نشاط الكامبيوم الوعائى ، وكذلك بتكوينه لنسيج البريديرم الذى ينتج عن نشاط الكامبيوم الفلينى .

يحدث التغليظ الثانوى فى جذور كثير من النباتات ذات الفلقتين و عاريات البذور عند توقف النمو الطولى للجذر ، ونادراً ما يحدث فى جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة كما فى جذور نبات الدراسينا *Dracaena* .

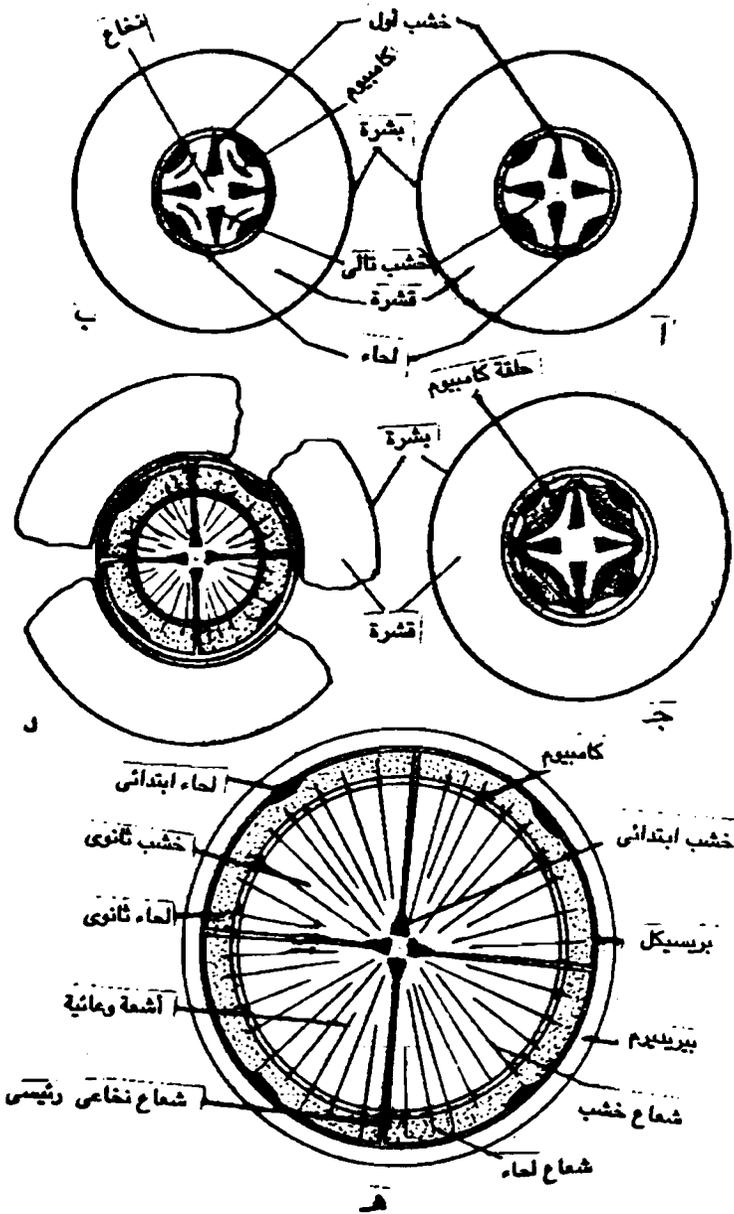
يبدأ حدوث التغليظ الثانوى بأن تكون الخلايا المرستيمية الموجودة للداخل من كتل اللحاء الابتدائى شرائط غير متصلة من الكامبيوم الوعائى عددها يساوى عدد الحزم الوعائية (شكل 21/6 ب) . تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائى المغزلية معطية خشب ثانوى secondary xylem للداخل ولحاء ثانوى secondary phloem للخارج .

تمتد شرائط الكامبيوم تدريجياً على جانبي أذرع الخشب حتى تصل إلى البريسيكل ، فتصبح خلايا البريسيكل المواجهة للخشب الأول مرستيمية ، وبذلك تكمل الحلقة المتعرجة من الكامبيوم الوعائى (شكل 21/6 ج) . ولا تلبث حلقة الكامبيوم أن تستدير نتيجة لازدياد نشاط أجزائها المقابلة للحاء الابتدائى عن أجزائها المواجهة لأذرع الخشب الابتدائى .

يستمر نشاط الكامبيوم معطياً خشباً ثانوياً للداخل ولحاءاً ثانوياً للخارج ، وعموماً يكون معدل تكوين الخشب الثانوى أعلى من معدل تكوين اللحاء الثانوى .



(شكل 21/6) : خطوات تغليظ ثانوي في جذر نبات ذو فلتين

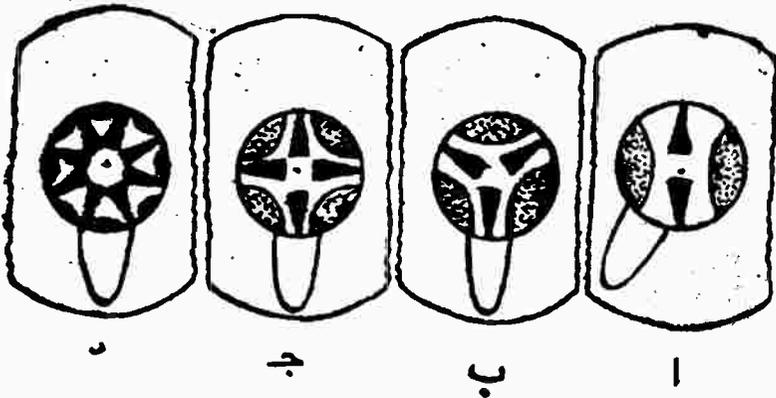


(شكل 21/6) : خطوات تغليظ ثانوي في جذر نبات ذو فلتين

نشأة الجذور الجانبية والعرضية

تنشأ الجذور الجانبية في المنطقة الدائمة من الجذر ، وذلك من أنسجة بالغة ، غالباً ما تكون البريسيكل . وقد تشارك طبقة الأندوديرمس في ذلك بدرجات مختلفة حسب نوع النبات . وتعتبر الجذور الجانبية داخلية المنشأ endogenous نظراً لأنها تنشأ من نسيج البريسيكل العميق ، بعكس أفرع السيقان والأوراق التي تنشأ من أنسجة سطحية وتوصف بأنها خارجية المنشأ exogenous .

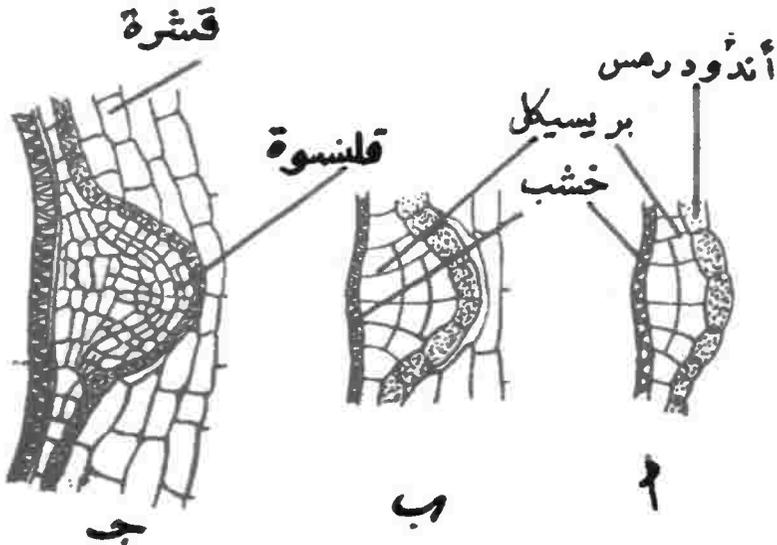
تنمو الجذور الجانبية من مناطق البريسيكل المقابلة للخشب الأول وبذلك يكون عدد صفوف الجذور الجانبية مساو لعدد الحزم الوعائية (شكل 22/6 ب ، ج) ، وتشذ عن ذلك الجذور ذات الحزمتين فيكون عدد صفوف الجذور الجانبية عادة مساو لضعف عدد الحزم الوعائية وذلك لأن الجذور الجانبية تنمو مقابل المسافات بين أذرع الخشب وكتل اللحاء (شكل 22/6 أ) . وفي بعض النباتات مثل نوات الفلقة الواحدة ، حيث أعداد الحزم الوعائية كبيرة تتكون الجذور الجانبية مقابل بعض كتل اللحاء دون البعض الآخر (شكل 22/6 د) .



(شكل 22/6) : حالات مختلفة لنشوء الجذور الجانبية

يبدأ تكوين الجذر الجانبى بأن تنقسم بعض خلايا البريسكيل ، فى المكان الذى سينشأ منه الجذر ، قطرياً ومحيطياً مكونة مرستيم قمى ، تنقسم خلايا الأندوديرمس الملاصقة مكونة قطنسوة تحيط بالقمة النامية . ينمو المرستيم القمى وعليه القطنسوة مخترقاً باقى أنسجة القشرة والبشرة ، وأثناء ذلك يتميز من المرستيم القمى أنسجة الجذر المختلفة . تنفصل القطنسوة الناتجة عن الأندوديرمس وتبقى القطنسوة الحقيقية للجذر الجانبى (شكل 23/6) ، إلا فى الحالات التى لا يتكون بها قطنسوة حقيقية تبقى القطنسوة الناتجة عن الأندوديرمس . تتميز البشرة والقشرة والأنسجة الوعائية للجذر الجانبى ، وتبقى الأنسجة الوعائية للجذر الجانبى على إتصال بمثيلاتها فى الجذر الأسمى .

يعتقد أن الجذر النامى يشق طريقه فى أنسجة القشرة والبشرة بفعل الأنزيمات التى يفرزها وتساعد على تحلل وإذابة خلايا القشرة والبشرة التى يواجهها ، ويعتقد البعض أن الجذر النامى يشق طريقه فى الأنسجة الأخرى بفعل ميكاتيكى بحت .



(شكل 23/6) : خطوات تكوين جذر جانبى

تنشأ الجذور العرضية من مناطق مختلفة خلاف الجذر الابتدائي وجذوره الجانبية ، فتنشأ من السيقان أو الأوراق . والجذور العرضية داخلية المنشأ ، فتنشأ في السيقان الحديثة من خلايا برنشيمية توجد بين الحزم الوعائية ، أما في السيقان المسنة فتنشأ من الأشعة الوعائية قريباً من نسيج الكامبيوم . وعندما تتكون الجذور العرضية من عقل الساق ، في التكاثر الخضري ، فإنها تنشأ من نسيج الكالس callus الذي يتكون في قاعدة العقلة . والكالس عبارة عن نسيج غير منتظم يتكون كله تقريباً من خلايا برنشيمية تنتج عادة عن إستعادة النشاط المرستيمي لبعض الخلايا عند حدوث جرح للنبات ، فتغشى خلايا الكالس السطح المقطوع ، وقد تصبح الخلايا الخارجية بعد ذلك فلينية .

تكشف ونمو الجذور العرضية يماثل ما يحدث عند تكشف ونمو الجذور الجانبية .

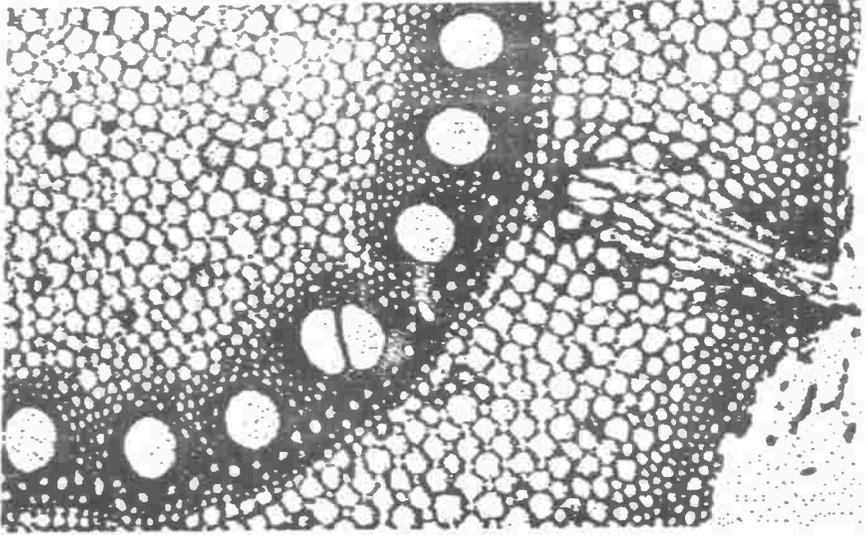
مقارنة بين جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة والنباتات ذات الفلقتين

تتشابه جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة مع جذور النباتات ذات الفلقتين في الصفات العامة التي ذكرت سابقاً ولكنها تختلف عن بعضها اختلافات رئيسية (شكل 17/6) ، تتلخص في الآتي :

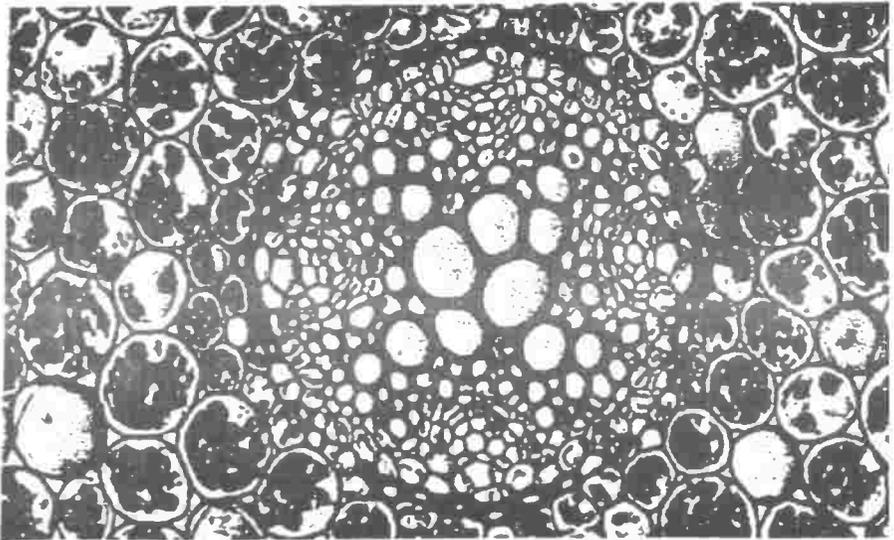
- 1- الجذر الابتدائي محدود النمو ويموت مبكراً أو يحل محله جذور عرضية في نباتات الفلقة الواحدة (شكل 3/2 ، 4/2) ، في حين يستديم الجذر الابتدائي مكوناً جذراً وتدياً في النباتات ذات الفلقتين (شكل 1/2 ، 2/2) . النباتات التي تتكاثر خضرياً جميع جذورها عرضية .
- 2- تتكون الجذور الجانبية في صفوف عديدة في نباتات الفلقة الواحدة ، وتتكون في صفوف محدودة في نباتات الفلقتين .
- 3- القشرة عادة ضيقة في نباتات الفلقة الواحدة وعريضة في نباتات الفلقتين .
- 4- الحزم الوعائية عديدة قد تزيد عن ثلاثين حزمة في نباتات الفلقة الواحدة ومحدودة العدد من 2 إلى 8 في نباتات الفلقتين .
- 5- عدد أوعية الخشب في الحزمة الواحدة قليل في نباتات الفلقة الواحدة وكثير في نباتات الفلقتين .
- 6- النخاع عادة كبير في جذور نباتات الفلقة الواحدة ، وضيق وقد لا يوجد في نباتات الفلقتين .
- 7- يحدث تغليظ ثانوي غير متساوي على الجذر المختلفة لخلايا الأندوديرمس في النباتات ذات الفلقة الواحدة ، فيكون التغليظ رقيقاً أو غير موجود

على الجذر الخارجية وسميك على باقى الجذر ، بينما يكون التغليظ متساوياً ومكوناً لشريط كاسبار فى خلايا الإندوديرم من النباتات ذات الفلقتين .

8- يحدث التغليظ الثانوى فى كثير من جذور النباتات ذات الفلقتين ، ولا يحدث تغليظ ثانوى فى جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة إلا نادراً كما فى نباتات الدراسينا .



قطاع عرضى فى جذر الذرة موضعا به خروج جذر جانبى



الإسطوانة الوعائية فى جذر نبات ذات فلتين حديث