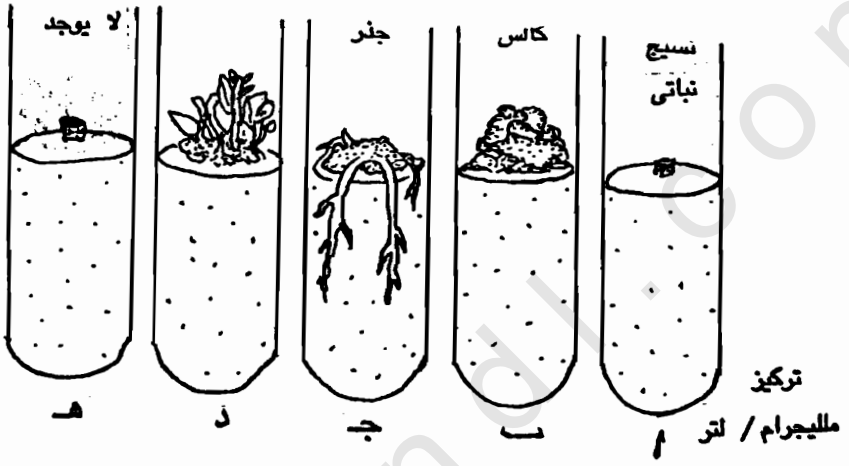
الباب السادس

الجـذر

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 جراندیفلورا *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. ففى أحد التجارب وضع نسيج نخاع ساق الدخان على بيئة آجار مغذى nutrient agar (تتكون هذه البيئة من ببتون peptone ومستخلص لحم وماء وآجار 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 بأندول 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)٠



(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 فتتجه الجذور فى نموها عادة إلى أسفل وأحياناً تنمو جانبياً٠

2- وجود منطقة مرستيم قمى قصيرة تغلفها قلنسوة root cap٠

3- وجود شعيرات جذرية قرب الأطراف٠

obeikandi.com

4- غياب الأوراق والبراعم ، وبالتالى عدم وجود عقد وسلاميات ، ولو أنه فى 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.

obeikandl.com

الفصل الأول
مورفولوجيا الجذر

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

مناطق الجـــذر

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

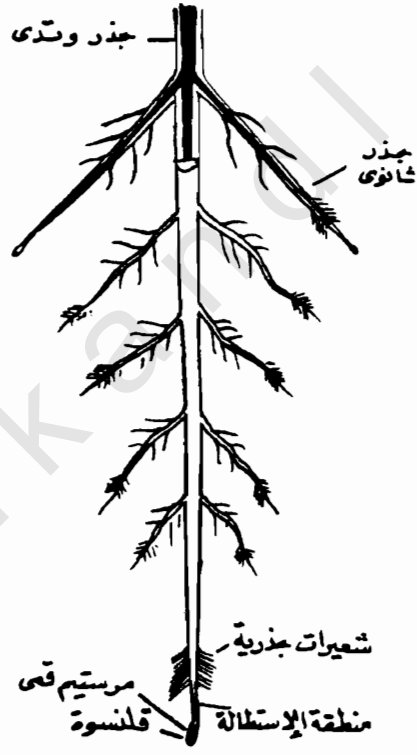
1- منطقة القلنسوة (Root cap) Calyptra : القلنسوة نسيج مخروطى الشكل، يعمل على وقاية الأنسجة الرهيفة للمرستيم القمى للجذر من الإحتكاك بحبيبات التربة ، كما أنها تساعد الجذر النامى على إختراق التربة بما لها من شكل إنسيابى ، وبما لجدر خلاياها الخارجية من قوام هلامى.

نسيج القلنسوة له حجم ثابت عادة ويتكون من عديد من الخلايا البالغة كثيرة الفجوات ، تحيط بالمرستيم القمى. تتآكل الخلايا الخارجية باستمرار نتيجة لإحتكاكها بحبيبات التربة ، ولهذا فإن النسيج المرستيمى 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 جذوربعض 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 فى تكوين منطقة القلنسوة ويدخل البعض الآخر فى تكوين منطقة الاستطالة ، ويحدث فى 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 القمى ، ويعزى إلى هذه المنطقة معظم النمو الطولى للجذر. ويحدث فى هذه المنطقة امتصاص متوسط للماء والعناصر الغذائية.



(شكل 2/6) : مناطق الجذر

obeikandl.com

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 مخروطى 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 ينتهى عمر الشعيرة الجذرية بعد فترة قصيرة من استكمال نموها ، فتموت وتنفصل عن الجذر ومعها خلية البشرة المكونة لها. أحياناً تبقى الشعيرات الجذرية لمدة طويلة كما فى نبات الألحوان. الشعيرة الجذرية عبارة عن نمو أنبوبى جانبى لخلية البشرة ، يستطيل لدرجة كبيرة تصل إلى عدة ملليمترات ، وتنمو منزلقة بين حبيبات التربة ، كما تلتصق بها بإحكام ، يساعدها فى ذلك الطبقة الهلامية التى تغلف جدرانها (شكل 17/6).

والشعيرات الجذرية تزيد كثيراً من السطوح الماصة للجذر ولذلك تعتبر منطقة الشعيرات الجذرية أهم مناطق الجذر فى القدرة على إمتصاص 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 فى جميع النباتات عدا القليل منها ، فهى تقل فى النباتات المائية ، وقد تختفى كلية فى نبات الزقيم *Pistia* والياسنت المائى *Eichornia* (شكل 9/3) ، ولكن لوحظ أن بعض هذه النباتات المائية الخالية من الشعيرات الجذرية تكون جذورها شعيرات جذرية إذا نميت فى 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 التى تعرف بالإكسوديرم exodrmis. وفى هذه المنطقة يكون قد تم نضج جميع أنسجة الجذر. تظهر الجذور الثانوية بعد فترة من سقوط الشعيرات الجذرية ، لهذا يلاحظ وجود مساحة جرداء فى مبدأ هذه المنطقة ، وتكون أصغر الجذور الثانوية أقربها إلى القمة ، وتتدرج الجذور الثانوية فى الطول كلما اتجهنا نحو القاعدة.

ويلاحظ أن الجذر الابتدائى ينمو رأسياً فى التربة متجهاً إلى أسفل ، ويظهر عليه بوضوح الانتحاء الأرضى الموجب ، أما الجذور الجانبية فتنمو متخذة زاوية حادة مع الجذر الابتدائى ، وبعضها قد ينمو أفقياً ولا يظهر عليه الانتحاء الأرضى الموجب.

أنواع الجذور

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

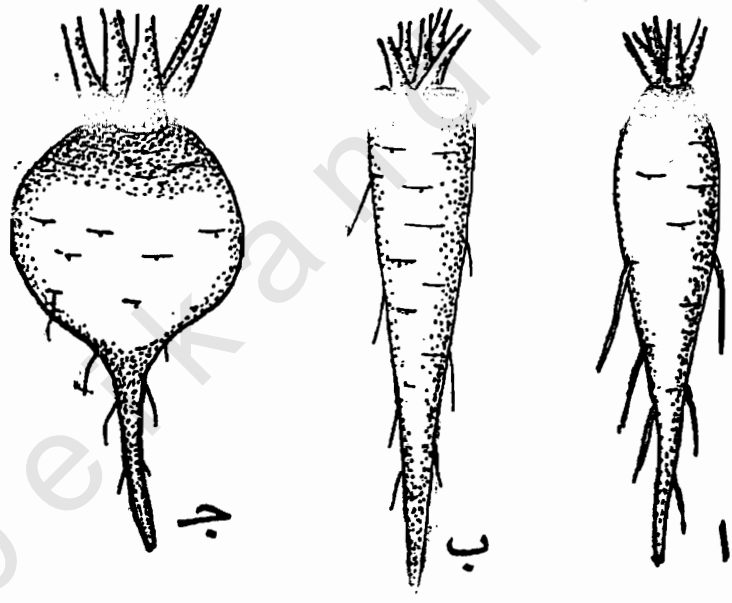
تقسيم الجذور حسب المنشأ

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

1- الجذور الابتدائية Primary roots : يتكون الجذر الابتدائى نتيجة لاستمرار نمو الجذير. يتفرع الجذر الابتدائى 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 التى تنشأ من الجذر الابتدائى ، قد يستديم الجذر الابتدائى فيكون هو الجذر الأساسى للنبات ، ويسمى فى هذه الحالة بالجذر الوتدى tap root ، كما فى جذور النباتات ذات الفلقتين وجذور النباتات عارية البذور (شكل 2/6). الجذور الإبتدائية للنباتات ذات الفلقة الواحدة ذات عمر قصير ، فهى تموت فى الأطوار الأولى من حياة النبات.

الجذر 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 اللفتى 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

ا - جذر مغزلى فى الفجل ب - جذر مخروطى فى الجزر
جـ - جذر لفتى فى اللفت

2- الجذور العرضية Adventitious roots : الجذور العرضية هى جذور لا تنشأ من الجذير أو من أصل جنينى ، 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 fiberous 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 الوتدية ، وعادة لا تزيد فى العمق عن مترين ، ولكنها تنتشر إنتشاراً كبيراً فى الطبقات السطيحة 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 الابتدائى 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 ، وتقسم الجذور حسب الوظيفة إلى ما يأتى :

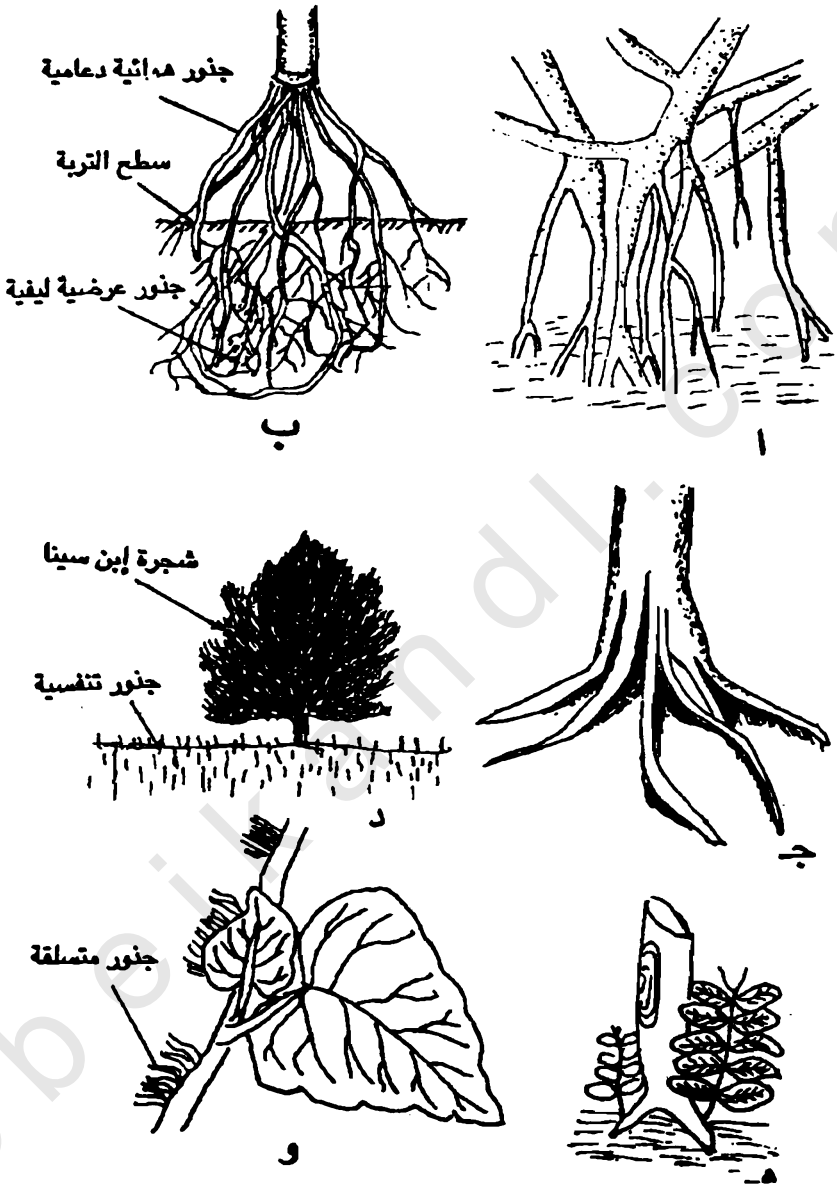
1- جذور دعامية هوائية Prop roots : وهى جذور عرضية هوائية تساعد على تثبيت المجموع الخضرى ، قد تنمو من عقد الساق القريبة من سطح التربة ، كما فى نبات التين البنغالى *Ficus benghalensis* ، وفيها تنمو الجذور من أفرع النبات الأفقية العليا متجهة إلى أسفل حتى تصل إلى سطح التربة ، قد تتفرع فوق سطح التربة ، ثم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

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

3- جذور دعامية سائدة Buttress roots : تشاهد هذه الجذور فى بعض الأشجار الإستوائية حيث الأمطار كثيرة والمياه متوفرة فنجد أن جذور النبات الأصلية سطحية ، لذلك يكون النبات الجذور السائدة التى تنشأ نتيجة للتغليظ الثانوى غير المتجانس للجذور الرئيسية. يتم معظم التغليظ على السطح العلوى 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 فى أشجار إريودندرون *Eriodendron* (شكل 4/6 جـ) وتاكسوديوم *Taxodium* (شكل 5/6 ب).

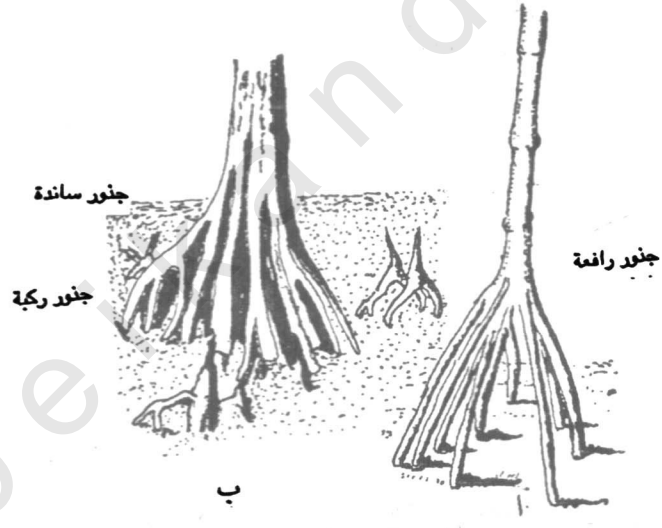
(شكل 4/6) : أنواع من الجذور

أ) جذور دعامية هوائية فى التين البنغالى
ب) جذور دعامية هوائية وجذور عرضية ليفية فى الذرة
جـ) جذور دعامية سائدة فى أريودندرون
د) جذور تنفسية فى أشجار ابن سينا
هـ) جذور تكاثرية فى الجوافة
و) جذور متسلقة فى حبل المساكين


جذور هوائية دعامية
سطح التربة
جذور عرضية ليفية
ب
ا
شجرة إبن سينا
جذور تنفسية
د
جـ
جذور متسلقة
و
هـ

4- جذور متسلقة Climbing roots : الجذور المتسلقة هى 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 الدعامة ، وقد تفرز مواداً تساعدها على الالتصاق بالأسطح كما فى نبات حبل المساكين *Hedera helix* (شكل 4/6 و).

5- جذور مخزنة Storage roots : هى جذور تتضخم لاختزانها مواد غذائية ، وغالباً ما يكون فى صورة نشا. والجذور المخزنة قد تكون جذوراً وتدية شحمية كما فى الفجل والجزر واللفت (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.

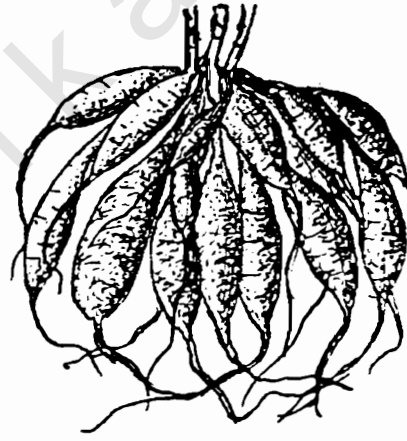


(شكل 5/6) : أنواع من الجذور

أ) جذور رافعة فى نبات أرياراتى
ب) جذور ساندة وجذور ركبة تنفسية فى نبات تاكسوديم

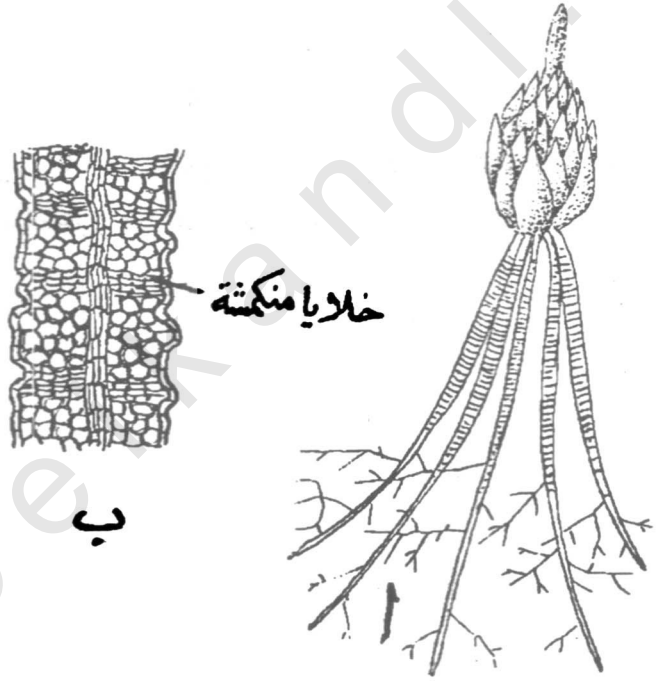
6- جذور شادة Contractile roots : عند تكاثر النباتات بالكورمات أو الأبصال فإن نمو السنة الحالية يتكون فوق نمو السنة الماضية ، مما يؤدى إلى إرتفاع مستوى الكورمة أو البصلة عاماً بعد آخر. لهذا فإننا نجد أن بعض هذه النباتات تكون جذوراً شادة تعمل على جذب الأبصال أو الكورمات إلى أسفل لتضع نمو السنة الحالية فى المستوى الملائم له ، وبذلك يكون مستوى الأبصال 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 وهى ذات قدرة على الإنقباض مما قد يتسبب عنه قصر الجذر بمقدار 30 إلى 40 % من طوله ، ويؤدى ذلك إلى سحب النبات إلى أسفل. وتشاهد الجذور الشادة فى أبصال البنكريشيام *Pancratium* وفى 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).



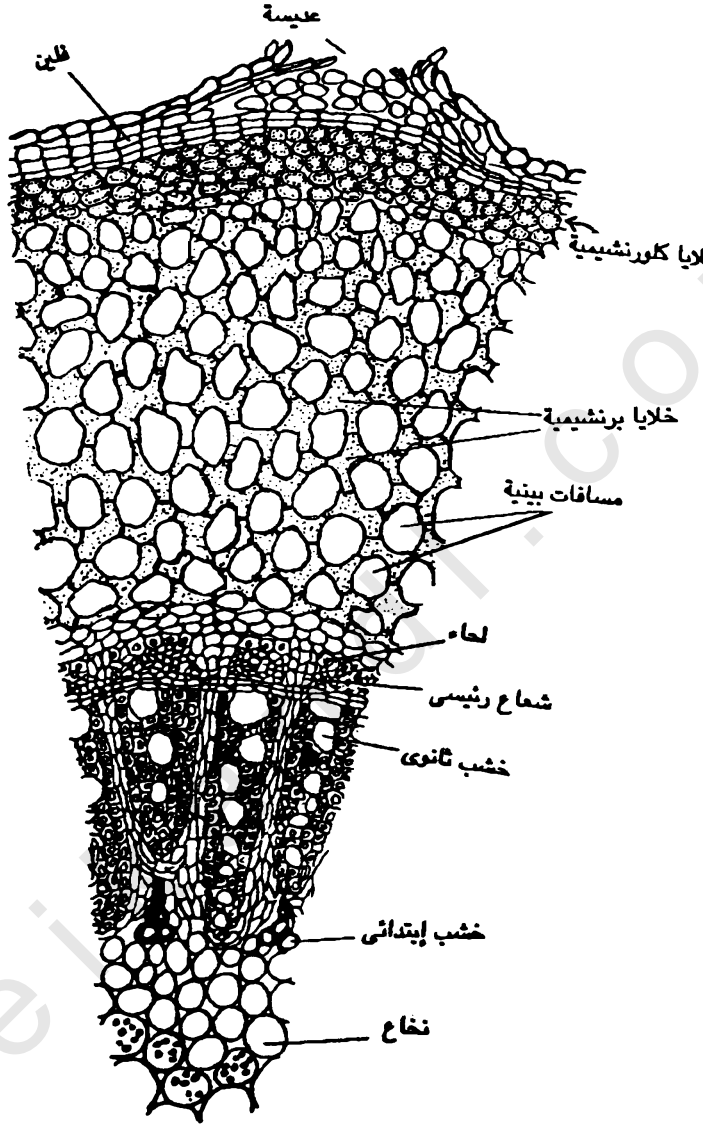
(شكل 6/6) : جذور عرضية درنية فى نبات الداليا

7- جذور تنفسية Respiratory roots : تتنفس كل جذور النباتات وتحصل على الأكسوجين اللازم لها من التربة أو من البيئة المحيطة بالجذور ، ولكن بعض النباتات تنمو فى المستنقعات الطينية الرديئة التهوية والغنية ببقايا النباتات المتحللة ، حيث يقل الأكسوجين وترتفع نسبة ثانى أكسيد الكربون فلا تستطيع جذورها العادية الحصول على الأكسوجين الكافى لتنفسها، لذلك فهى 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 التنفسى من طبقة خارجية فلينية تحتوى على عديد من العديسات ويوجد للداخل قشرة مكونة من خلايا برنشيمية تتخللها



(شكل 7/6) : جذور شادة

أ) جذور شادة فى بصلة ب) قطاع طولى فى جزء من جذر شاد



(شكل 8/6) : جذر تنفسى

قطاع عرضى فى جذر تنفسى لنبات ابن سينا

obeikan.com

مسافات بينيـة واسعة (شكل 8/6) ، ويساعد ذلك التركيب على سرعة دخول الهواء إلـى الجـذور الأرضـية. لا تحمـل الجـذور الأفقيـة ولا الجـذور التنفسية شـعيرات جذريـة. ولـذلك يتكـون فـى قاعـدة كـل جـذر تنفسى فـرع جـذرى قـصير يحمـل الشعيرات الجذرية التى تقوم بامتصاص الماء والعناصر الغذائية اللازمة من التربة وذلك كما فى أشجار ابن سينا *Avicennia officinalis* (شكل 4/6 د).

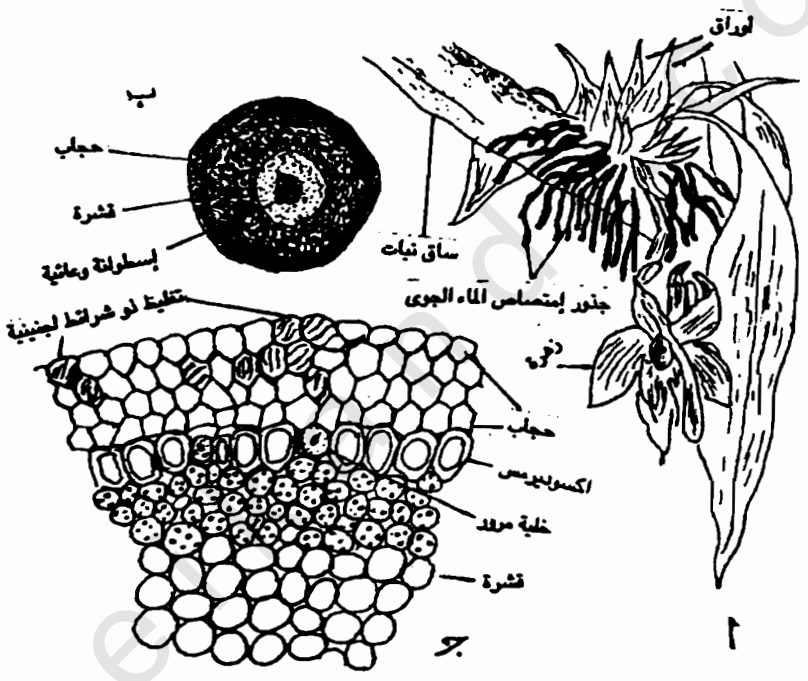
وقد تكون الجذور التنفسية مخروطيـة الشكل وتظهر فوق سطح المستنقع ويحمل هذا الجزء المخروطى فرعين أو أكثر من الجذور وتسمى هذه بجذور الركبة knee roots وذلك كما فى نبات تاكسوديم (شكل 5/6 ب). ويعتقد أن كفاءة جذور الركبة فى عملية التنفس وتبادل الهواء غير كبيرة.

8- **جذور لإمتصاص المـاء الجوى** : تكون بعض نباتـات 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 بإمتصاص 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 بـه. والحجاب نسيج يتكون من عدة طبقات من خلايا ميتة فارغة ، جدرها مغلظة بواسطة شرائط لجنينية ومتصلة ببعضها وبالجو بواسطة ثقوب. يلى الحجاب للداخل طبقة واحدة من خلايا الاكسوديرم يليها القشرة التى تتكون من خلايا كلورنشيمية (شكل 9/6 جـ).

9- **جـذور تمثيليـة Photosynthetic** : الجـذور التمثيليـة جـذور هوائيـة تحتوى علـى 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 *Taeniophylhum*. 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

الضوئى. 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 جسيوا ريبنز ***Jussieua repens***.



(شكل 9/6) : جذور لامتصاص الماء الجوى

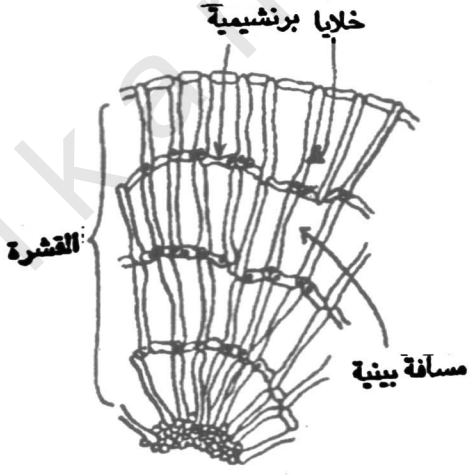
أ) ساق نبات عليها نبات الأوركيد ستانهوبى
ب) قطاع عرضى تخطيطى فى جذر لامتصاص الماء الجوى
جـ) قطاع عرضى تفصيلى فى جزء من الجذر

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 بإمتصاص الأكسوجين ، فى حين أن الجذر الابتدائى يقوم بإمتصاص الماء والعناصر اللازمة من الماء أو من قاع النهر.

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

يمكن تقسيم الجذور الدرنية للبطاطا إلى أحجام مناسبة وزراعتها فتعطى 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

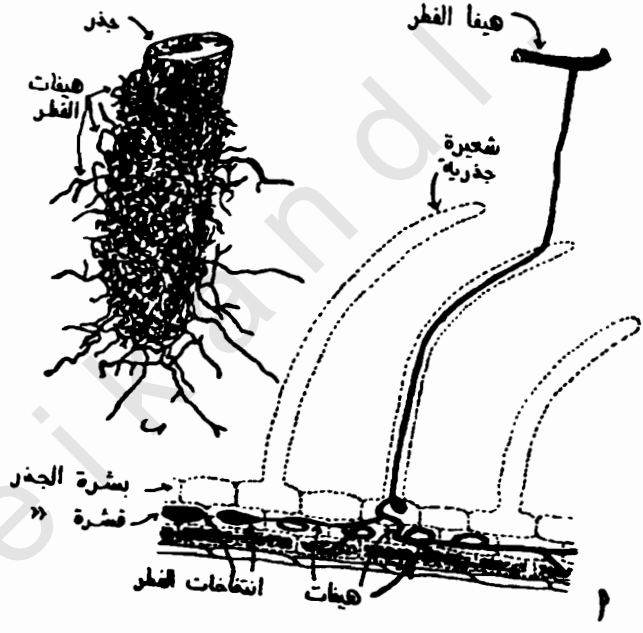


(شكل 10/6) : جذر عوام

قطاع عرضى فى جذر عوام فى نبات جسيوا

obeikandl.com

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 الجذرفى التربة ويعتبر داخلى المعيشة endotrophic كما فى نباتات الأوركيد (شكل 11/6)• وتسمى العلاقة الفطرية الجذرية هذه بالميكورايزا mycorrhiza•



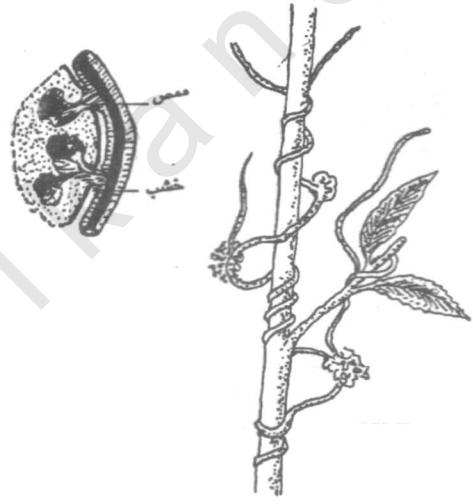
(شكل 11/6) : جذور تعاونية

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

obeikandl.com

وتوجد حالة طريفة لهذا النوع من الجذور وذلك فى النبات الزهرى العشبى الخالى من الكلوروفيل مونوتروبا *Monotropa* ، حيث نجد أن جذوره مغطاة تماماً بهيفات 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 .

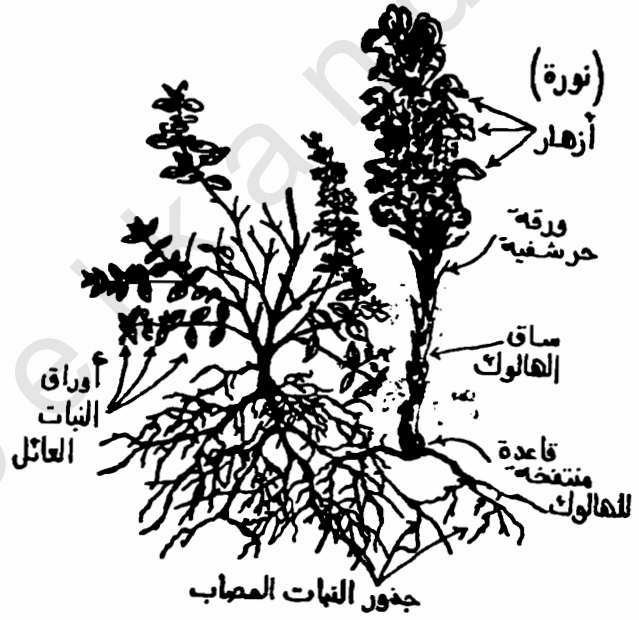
13- جذور طفيلية ماصة Haustoria : بعض النباتات لا تكون جذوراً حقيقية كما أن أنسجتها المختلفة لا تحتوى على صبغة الكلوروفيل فهى لا تستطيع القيام بالتمثيل الضوئى ، لذلك فهى تلجأ إلى التطفل ، أى المعيشة على كائن حى آخر لتأخذ منه الغذاء . ومن أمثلة ذلك نبات الحامول الذى يتطفل على نباتات كثيرة منها نبات البرسيم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



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

ويرسل الحامول جذوراً طفيلية ماصة تعرف بالماصات تخترق ساق النبات العائل ، وتتصل الأنسجة الوعائية للحامول بالأنسجة الوعائيـــة للعائل (شكل 12/6) ، وعن طريق الماصات يتم نقل الاحتياجات الغذائية من العائل إلى الطفيل . ساق الحامول ضعيف غير قائم ولذلك يتسلق 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 مماصات 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 وهى لا تحمل أوراقاً خضراء بل تحمل أوراقاً خرشفية عديدة ، وعادة يخرج من إبط كل ورقة زهرة (13/6).



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

الفصل الثانى
تشريح الجذر

يختلف التركيب النسيجى لجذر النبات حسب نوع النبات ، وكذلك فى النبات الواحد حسب مناطق الجذر المختلفة ، فمنطقة القمة النامية تختلف عن منطقة الاستطالة ، وهذه تختلف عن منطقة الشعيرات الجذرية. وفى المنطقة الدائمة يختلف التركيب التشريحى للمناطق الأولى منها حيث تكون الأنسجة جميعها ابتدائية ، عن المناطق التالية التى قد يحدث بها تغليظ ثانوى.

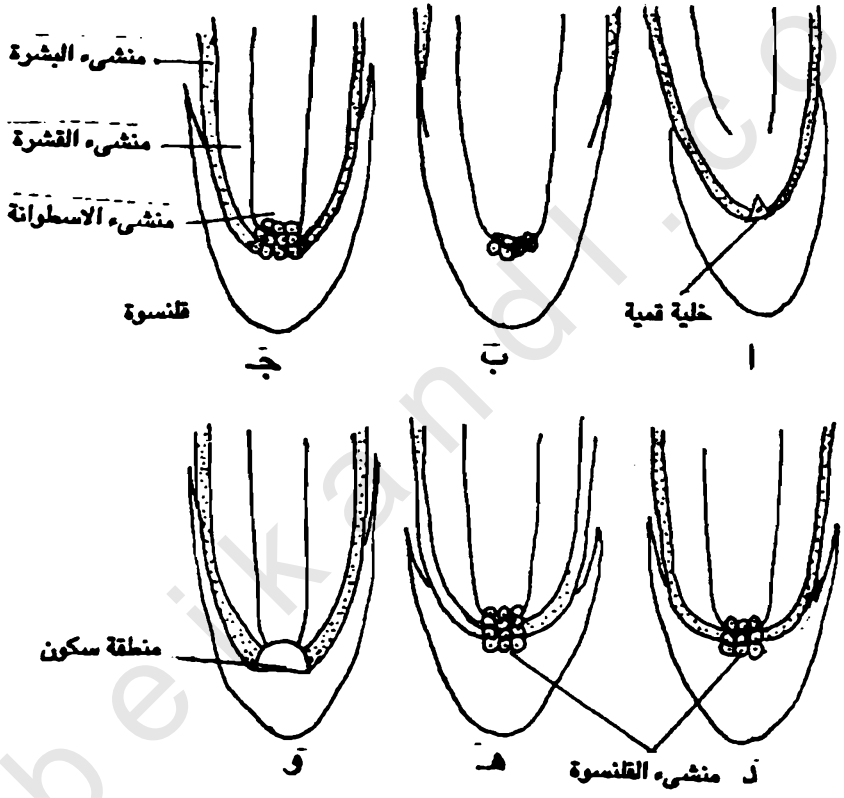
المرستيم القمى

تختلف نشأة المرستيم القمى apical meristem باختلاف المجاميع النباتية. قد ينشأ المرستيم القمى فى الجذر من خلية واحدة قمية apical cell هرمية الشكل عادة ، ومن تلك الخلية القمية تتكون أنسجة الجذر بما فيها القلنسوة ، وذلك كما يحدث فى جذور كثير من النباتات السرخسية (شكل 14/6 أ).

وقد ينشأ المرستيم القمى من مجموعتين من الميادىء المرستيمية initials، المجموعة الداخلية تعطى منشىء الأسطوانة الوعائية plerome ، المجموعة الخارجية تنشأ منها البشرة والقشرة والقلنسوة ولا يوجد فى هذه الحالة حد فاصل بين منشىء القشرة ومنشىء القلنسوة وذلك كما فى جذور النباتات عاريات البذور (شكل 14/6 ب).

وقد ينشأ المرستيم القمى من ثلاث مجاميع من الميادىء المرستيمية وذلك كما فى معظم النباتات كاسيات البذور ، فتعطى المجموعة الداخلية منشىء الأسطوانة الوعائية وتعطى المجموعة الوسطية منشىء القشرة فى حالة النباتات ذات الفلقتين ومنشىء البشرة والقشرة معاً فى حالة النباتات ذات الفلقة الواحدة ، وتعطى المجموعة الخارجية منشىء البشرة والقلنسوة معاً فى حالة النباتات ذات الفلقتين ومنشىء القلنسوة فقط فى حالة نباتات الفلقة الواحدة (شكل 14/6 جـ ، د).

وقد ينشأ المرستيم القمى من أربعة مجاميع من المبادىء المرستيمية وهى قليلة الوجود كما فى جذور بعض نباتات العائلة النجيلية ونبات الفول وبعض النباتات المائية ، وهى من الداخل إلى الخارج منشىء الأسطوانة الوعائية plerome ومنشىء القشرة periblem ومنشىء البشرة dermatogen ومنشىء القلنسوة calyptrogen (شكل 14/6 هـ).

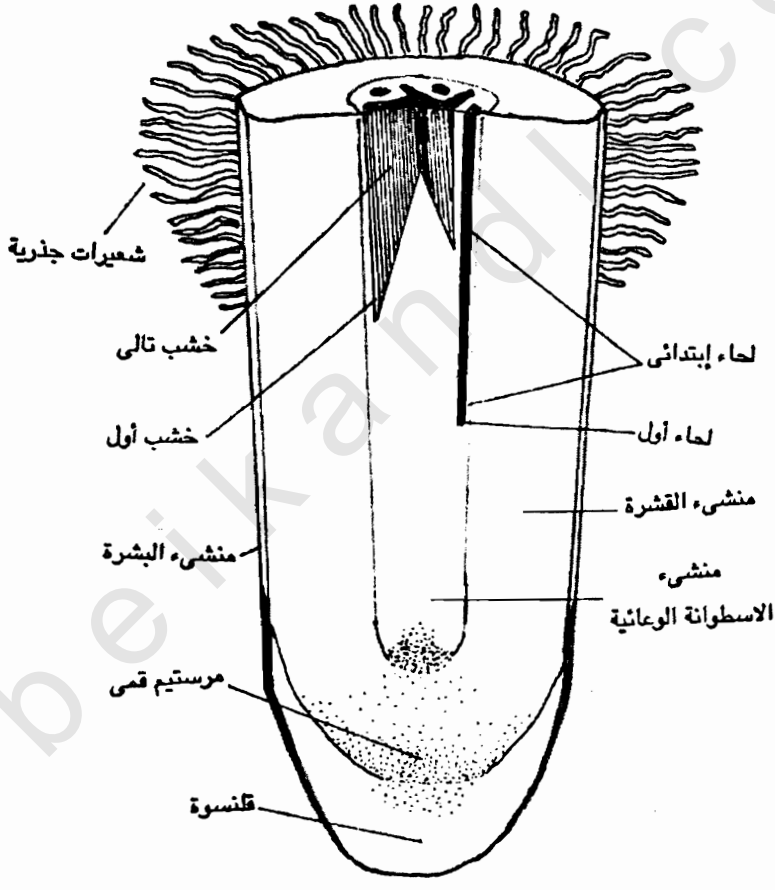


(شكل 14/6) : الأنواع المختلفة لنشوء المرستيم القمى

أ) من خلية واحدة قمية هرمية الشكل
ب) من مجموعتين من المبادىء المرستيمية
جـ ، د) من ثلاثة مجاميع من المبادىء المرستيمية
هـ) من أربعة مجاميع من المبادىء المرستيمية
و) الخلايا المرستيمية حول منطقة سكون

obeikandl.com

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



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

بفحص الجذر فى منطقة الاستطالة يزداد تمييز كل من منشىء البشرة ومنشىء القشرة ومنشىء 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 منشىء القشرة إلى خلايا برنشيمية عادة تكون نسيج القشرة ، أما منشىء الأسطوانة الوعائية فأول ما يتشكل وينضج منه هو نسيج البريسيكل 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 الابتدائى ، 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) كالآتى :

البشـــرة

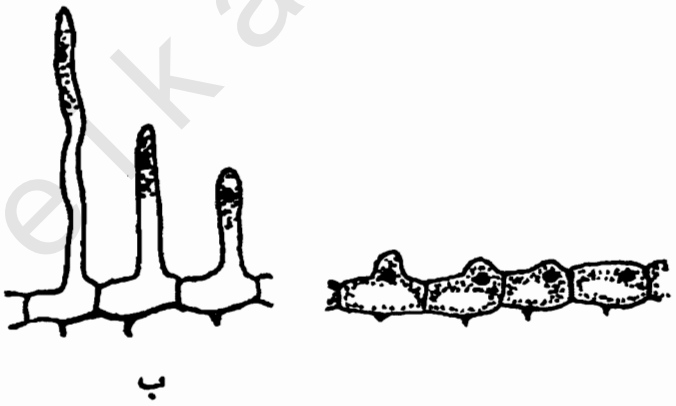
البشرة epidermis هى الطبقة الخارجية من الجذر وتتكون من صف واحد من الخلايا المتراصة الرقيقة الجدر الخالية من الكيوتين غالباً. فى بعض الحالات تستديم طبقة البشرة ويتكون عليها طبقة واضحة من الكيوتين. فى منطقة الشعيرات الجذرية تستطيل بعض الخلايا مكونة الشعيرات الجذرية ، ولهذا تعرف طبقة البشرة فى هذه المنطقة 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 أنبوبى 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 الطرفى من الشعيرة الجذرية أرق من جدار الجزء القاعدى ، وأخيراً تتصلب قمة الشعيرة ويعتقد أن ذلك راجع إلى تحول المركبات البكتينية إلى بكتات الكالسيوم.

القشـــرة

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 فى الجذور الهوائية وقد تحتوى خلايا القشرة على نشا مخزن.

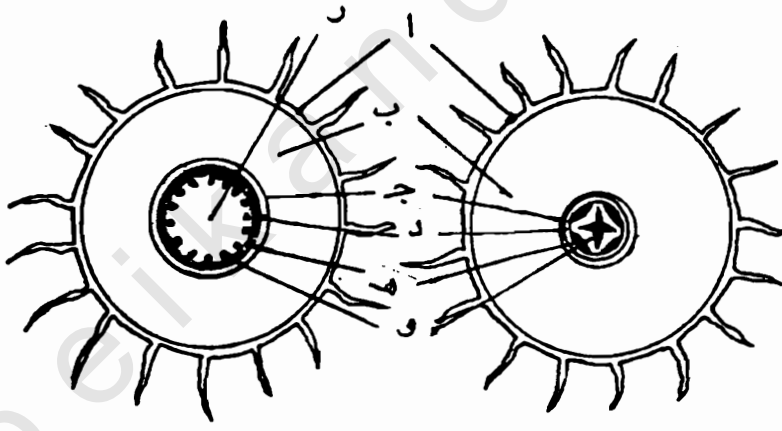


(شكل 16/6) : خطوات تكوين شعيرة جدرية

obeikandl.com

بجفاف وسقوط طبقة الشعيرات الجذرية تتعرض أول طبقات القشرة للخارج وتسمى بالإكسوديرمس exodermis ، وجدر هذه الخلايا مغلظة بالسيوبرين ويتراوح سمك الاكسوديرم من طبقة إلى عدة طبقات.

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

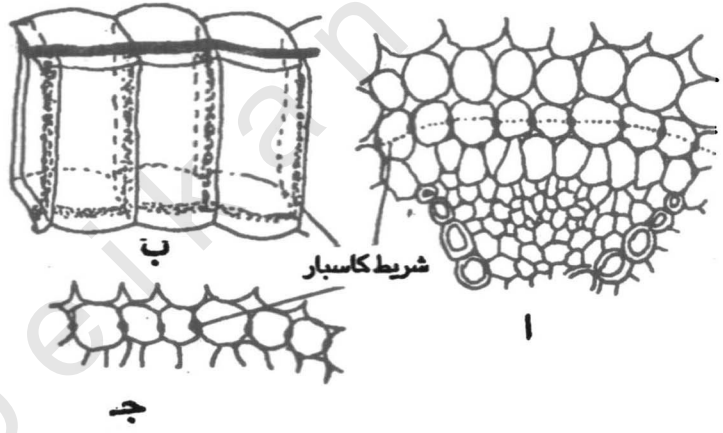


(شكل 17/6) : رسم تخطيطى لقطاع عرضى فى جذر ذو فلقتين (يمين) وآخر ذو فلقة واحدة (يسار)

أ) البشرة ب) القشرة جـ) الاندوديرمس د) البريسيكل
هـ) اللحاء د) الخشب ز) النخاع

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

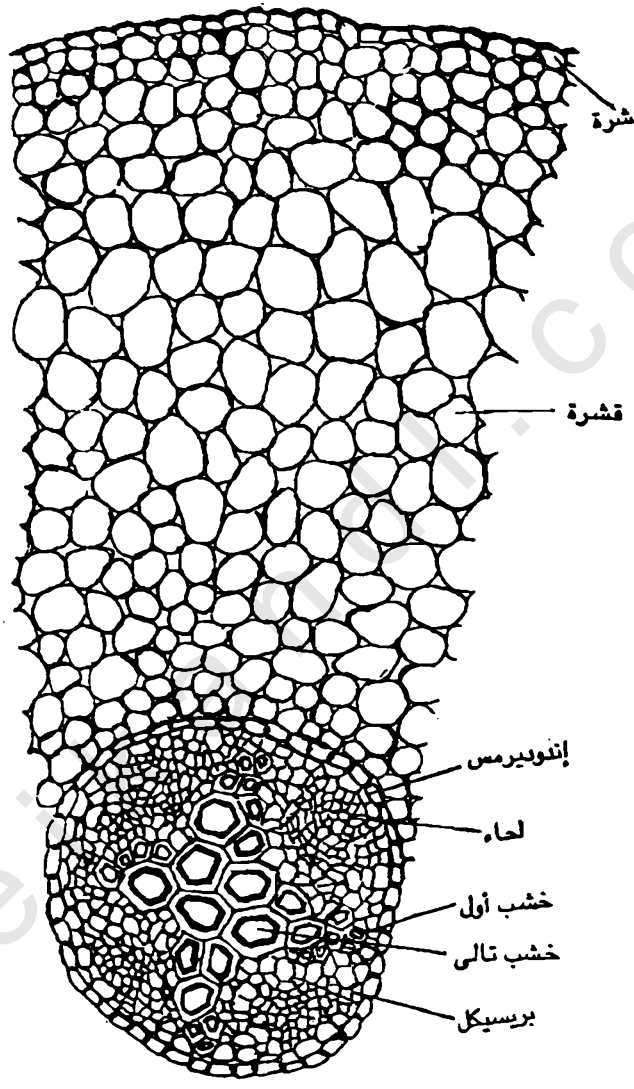
فى الجذور التى تكبر فى السن ولا يحدث لها تغليظ ثانوى مثل جذور نباتات الفلقة الواحدة فإن جدر خلايا الاندوديرمس يحدث لها تغليظ ثانوى ، وذلك بترسيب طبقة من السيوبرين ، ثم تغطى بطبقات من السليلوز واللجنين ويكون التغليظ عادة غير منتظم حيث أنه غير موجود أو رقيق على الجدار الخارجى للخلية وسميك على باقى الجدر. 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 مبينة شريط كاسبار

أ) قطاع عرضى فى جزء من جذر ذو فلقتين
ب) شكل مجسم لخلايا اندوديرمس
جـ) قطاع عرضى فى خلايا اندوديرمس

obeikandl.com

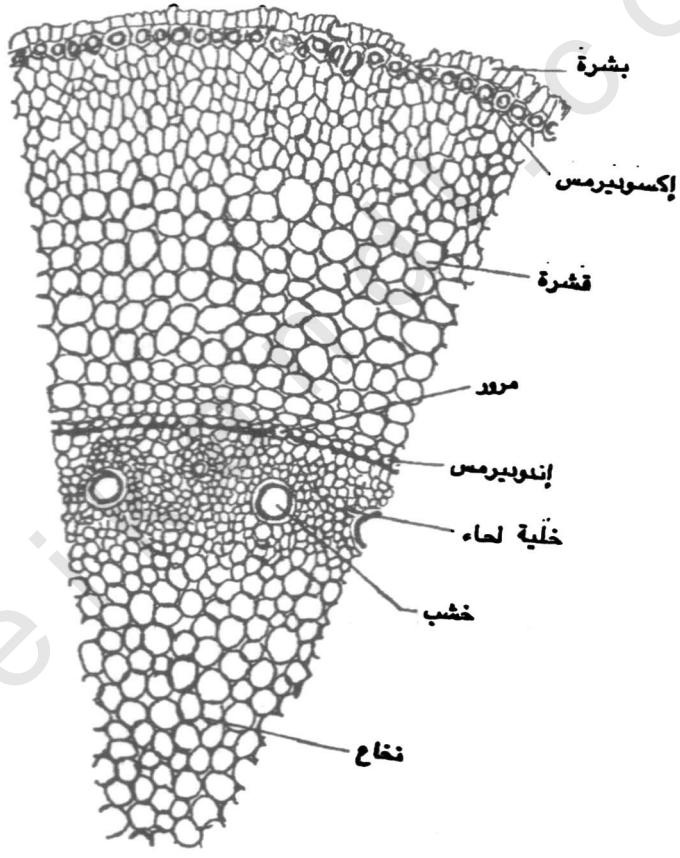


(شكل 19/6) : جزء من قطاع عرضى فى جذر نبات ذو فلقتين

الاسطوانة الوعائية

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

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



(شكل 20/6) : جزء من قطاع عرضى فى جذر نبات ذو فلقة واحدة

2- الحزم الوعائية vscular bundles : تتكون الحزم الوعائية من أذرع من الخشب الابتدائى primary xylem تتبادل مع كل من نسيج اللحاء الابتدائى primary phloem. وتتكون الحزمة الواحدة من ذراع خشب تجاوره على نصف قطر آخر كتلة لحاء مكونة ما تسمى بالحزمة القطرية radial bundle (شكل 27/5 أ).

يفصل بين الخشب واللحاء مجموعة من خلايا مرستيمية غير متشكلة. تقوم هذه الخلايا المرستيمية فى جذور النباتات التى تتغلظ ثانويا بوظيفة الكامبيوم الوعائى ، وفى الجذور التى لا تتغلظ ثانوياً تنضج وتصبح خلايا برنشيمية بالغة أو اسكلرنشيمية.

يتكون ذراع الخشب من خشب أول protoxylem الخارج وخشب تالى metaxylem الداخل ، ولذلك توصف الحزم الوعائية فى الجذور بأنها خارجية الخشب الأول exarch ، الخشب الأول الموجود الخارج ينضج أولاً أثناء النمو السريع الجذور ولذلك فإن أوعيته ضيقة ذات تغليظ حلقى أو حلزونى وأحياناً سلمى. أما الخشب التالى فإنه ينضج متأخراً حين يبطىء نمو الجذر ، لهذا فأوعيته واسعة وتغليظها يكون شبكياً أو منقراً.

قد يشغل الخشب مركز القطاع فيسمى الجذر أصم (شكل 19/6) ، وقد يوجد النخاع فى المركز (شكل 20/6). تختلف عدد أذرع الخشب التى تشاهد فى القطاع العرضى ، فعددها قليل فى جذور النباتات ذات الفلقتين حيث تكون عادة من 2 إلى 8 وتزيد عن ذلك فى النباتات ذات الفلقة الواحدة.

يتكون اللحاء الابتدائى أيضاً من لحاء أول protophloem الخارج ولحاء تالى metaphloem الداخل ، وتكون الأنابيب الغربالية اللحاء الأول أضيق من الأنابيب الغربالية اللحاء التالى ، ولو أنه يصعب فى كثير من الحالات التمييز بينهما.

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

التغليظ الثانوى للجذور

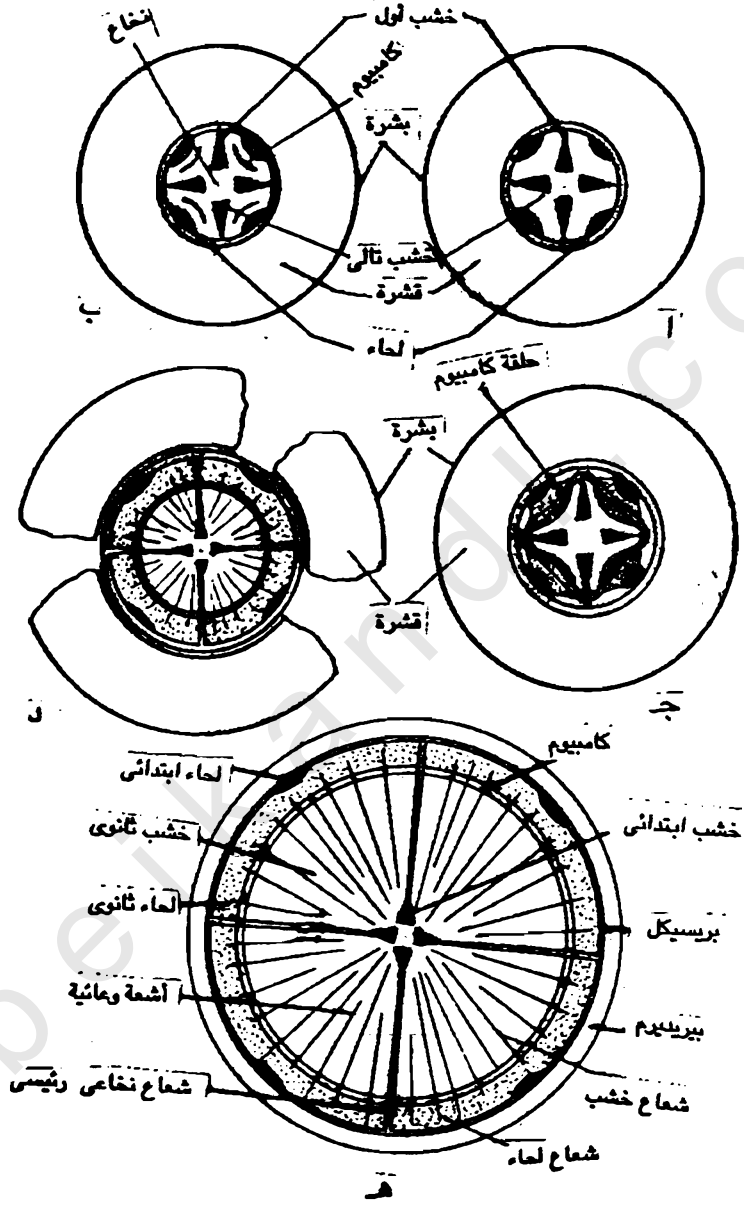
التغليظ الثانوى هو عبارة عن نمو العضو النباتى فى السمك وذلك بتكوينه لأنسجة وعائية ثانوية تنتج عن نشاط الكامبيوم الوعائى ، وكذلك بتكوينه لنسيج البريديرم الذى ينتج عن نشاط الكامبيوم الفلينى.

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

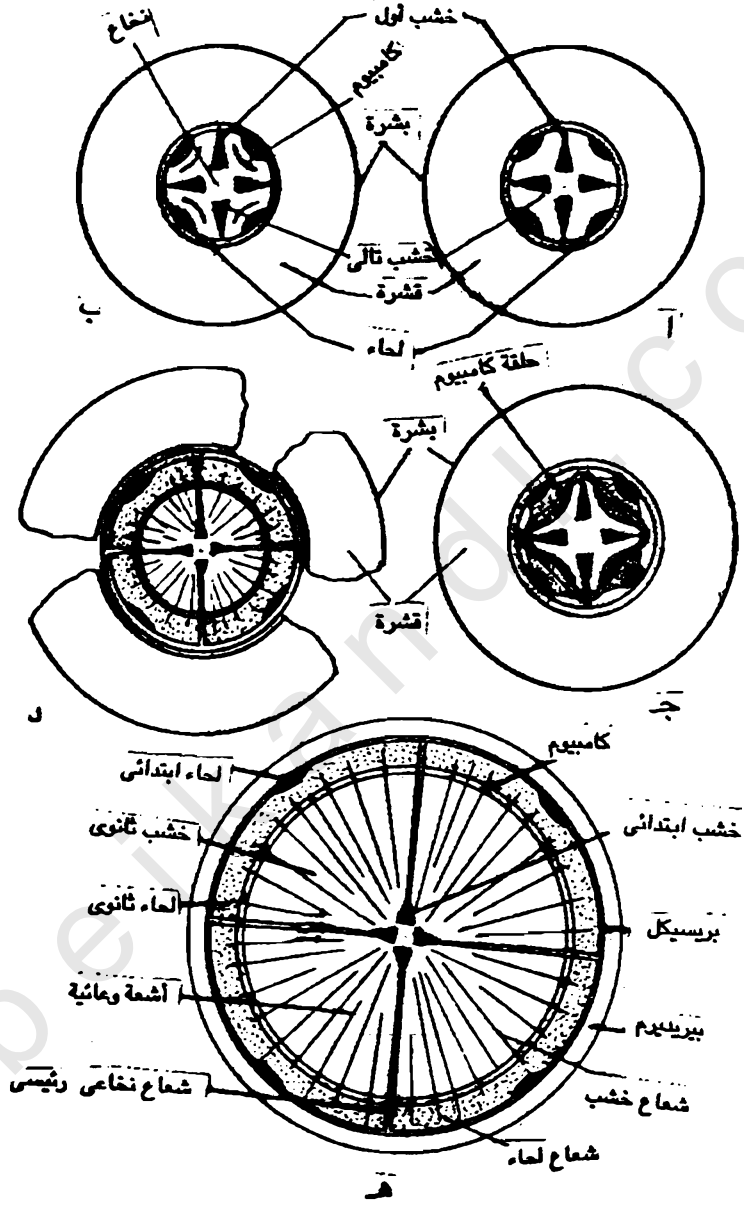
يبدأ حدوث التغليظ الثانوى بأن تكون الخلايا المرستيمية الموجودة للداخل من كتل اللحاء الابتدائى شرائط غير متصلة من الكامبيوم الوعائى عددها يساوى عدد الحزم الوعائية (شكل 21/6 ب). تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائى المغزلية معطية خشب ثانوى secondary xylem للداخل ولحاء ثانوى secondary phloem للخارج.

تمتد شرائط الكامبيوم تدريجياً على جانبى أذرع الخشب حتى تصل إلى البريسيكل ، فتصبح خلايا البريسيكل المواجهة للخشب الأول مرستيمية ، وبذلك تكمل الحلقة المتعرجة من الكامبيوم الوعائى (شكل 21/6 جـ). 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 ثانوى فى جذر نبات ذو فلقتين

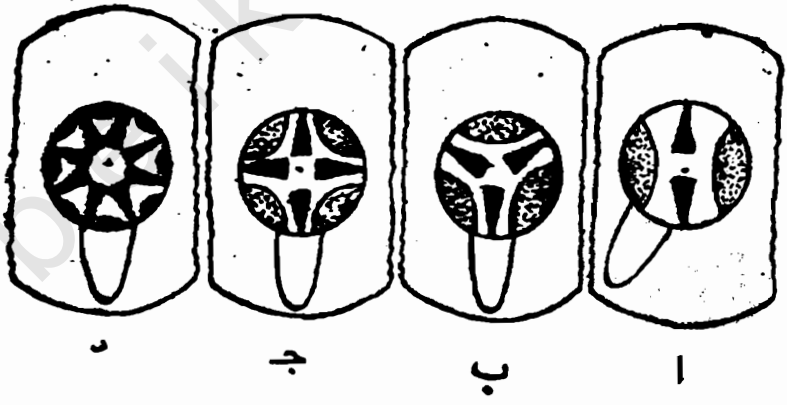


(شكل 21/6) : خطوات تغليظ ثانوى فى جذر نبات ذو فلقتين

نشأة الجذور الجانبية والعرضية

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

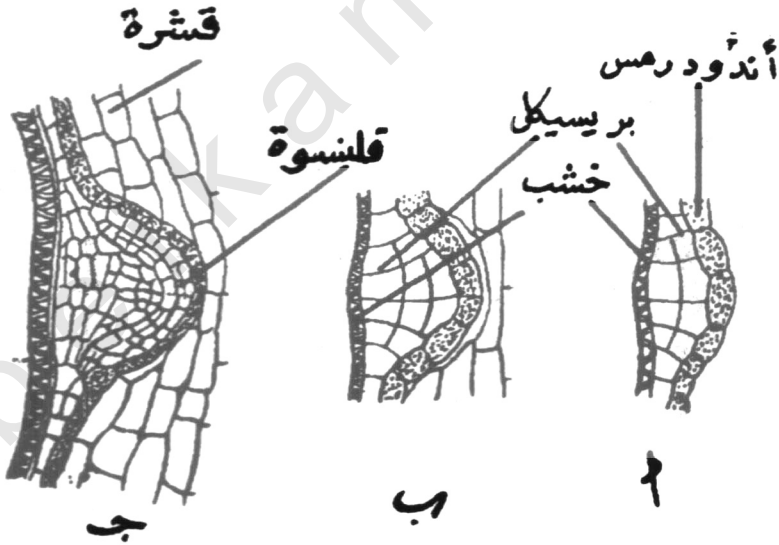
تنمو الجذور الجانبية من مناطق البريسيكل المقابلة للخشب الأول وبذلك يكون عدد صفوف الجذور الجانبية مساو لعدد الحزم الوعائية (شكل 22/6 ب ، جـ) ، وتشذ عن ذلك الجذور ذات الحزمتين فيكون عدد صفوف الجذور الجانبية عادة مساو لضعف عدد الحزم الوعائية وذلك لأن الجذور الجانبية تنمو مقابل المسافات بين أذرع الخشب وكتل اللحاء (شكل 22/6 أ). وفى بعض النباتات مثل ذوات 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 البريسيكل ، فى المكان الذى سينشأ منه الجذر ، قطرياً ومحيطياً مكونة مرستيم قمى ، تنقسم خلايا الأندوديرمس الملاصقة مكونة قلنسوة تحيط بالقمة النامية. ينمو المرستيم القمى وعليه القلنسوة مخترقاً باقى أنسجة القشرة والبشرة ، وأثناء ذلك يتميز من المرستيم القمى أنسجة الجذر المختلفة. تنفصل القلنسوة الناتجة عن الأندوديرمس وتبقى القلنسوة الحقيقية للجذر الجانبى (شكل 23/6) ، إلا فى الحالات التى لا يتكون بها قلنسوة حقيقية فتبقى القلنسوة الناتجة عن الأندوديرمس. تتميز البشرة والقشرة والأنسجة الوعائية للجذر الجانبى ، وتبقى الأنسجة الوعائية للجذر الجانبى على إتصال بمثيلاتها فى الجذر الأصلى.

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 النامي يشق طريقه فى الأنسجة الأخرى بفعل ميكانيكى بحت.



(شكل 23/6) : خطوات تكوين جذر جانبى

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

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

obeikandl.com

مقارنة بين جذور النباتات ذات الفلقة الواحدة والنباتات ذات الفلقتين

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

1- الجذر الابتدائى محدود النمو ويموت مبكراً أو يحل محله جذور عرضية فى نباتات الفلقة الواحدة (شكل 3/2 ، 4/2) ، فى حين يستديم الجذر الابتدائى مكوناً جذراً وتدياً فى النباتات ذات الفلقتين (شكل 1/2 ، 2/2)• النباتات التى تتكاثر خضرياً جميع جذورها عرضية•

2- تتكون الجذور الجانبية فى صفوف عديدة فى نباتات الفلقة الواحدة ، وتتكون فى صفوف محدودة فى نباتات الفلقتين•

3- القشرة عادة ضيقة فى نباتات الفلقة الواحدة وعريضة فى نباتات الفلقتين•

4- الحزم الوعائية عديدة قد تزيد عن ثلاثين حزمة فى نباتات الفلقة الواحدة ومحدودة العدد من 2 إلى 8 فى نباتات الفلقتين•

5- عدد أوعية الخشب فى الحزمة الواحدة قليل فى نباتات الفلقة الواحدة وكثير فى نباتات الفلقتين•

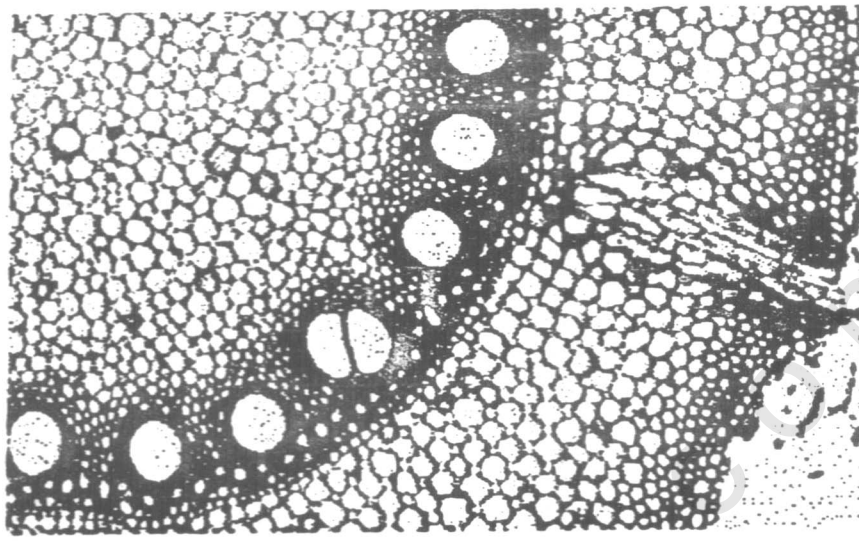
6- النخاع عادة كبير فى جذور نباتات الفلقة الواحدة ، وضيق وقد لا يوجد فى نباتات الفلقتين•

7- يحدث تغليظ ثانوى غير متساوى على الجدر المختلفة لخلايا الأندوديرمس فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ، فيكون التغليظ رقيقاً أو غير موجود

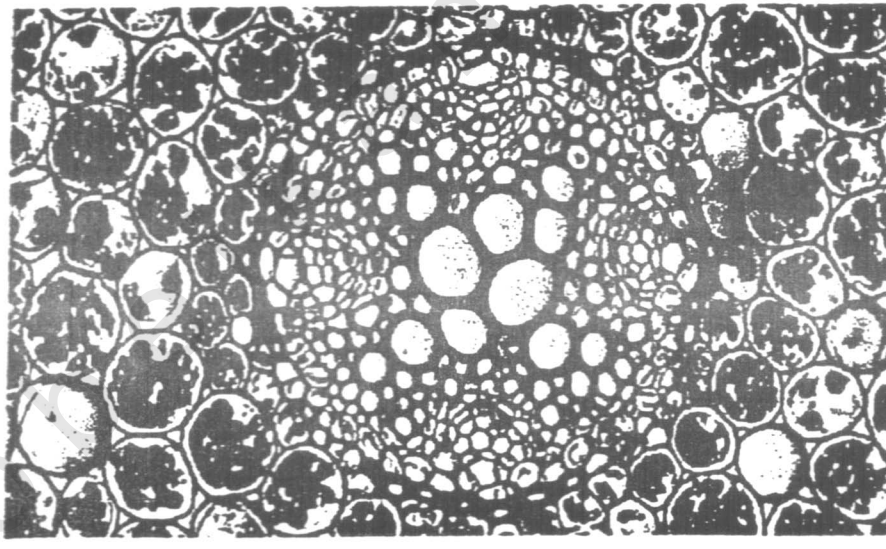
على الجدر الخارجية وسميك على باقى الجدر ، بينما يكون التغليظ متساوياً ومكوناً لشريط كاسبار فى خلايا الإندوديرمس بالنباتات ذات الفلقتين.

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.

obeikandl.com



قطاع عرضى فى جذر الذرة موضحا به خروج جذر جانبى



الإسطوانة الوعائية فى جذر نبات ذات فلقتين حديث