

## الباب الثالث عشر

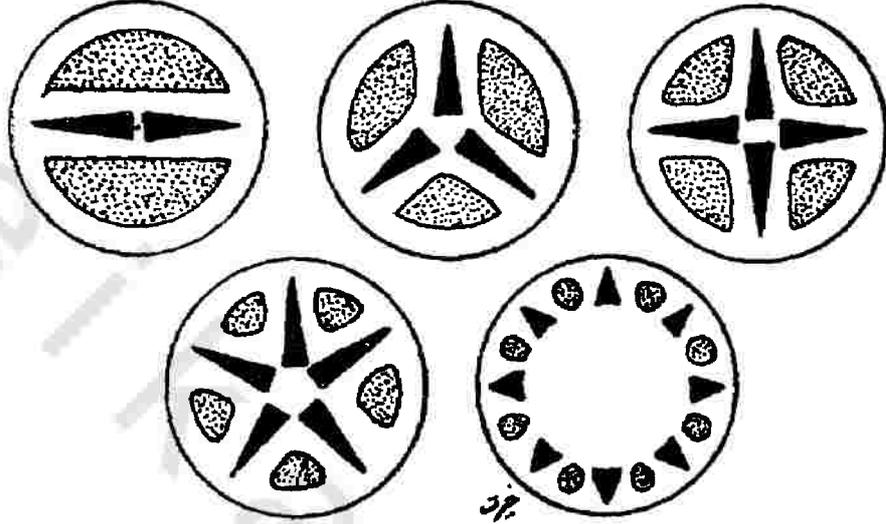
### الجذر The Root

من الفوارق الهامة بين كل من الساق والجذر ، أنه بينما يمثل الساق المحور الهوائي للنبات فإن الجذر يمثل المحور الأرضي له . وقد تكون الساق أرضية في هيئة ريزوم ، كما قد يكون الجذر هوائياً كما في نبات الأورككيدز ، إلا أن ذلك يمثل بعض الأوضاع الشاذة بالنسبة للوضع الطبيعي الأصلي لكل منهما . والجذر هو الجزء الأرضي من محور النبات ويقوم بعدة وظائف هامة ، فمن طريقه يصعد كل من الماء والأملاح المعدنية لتوزع على مختلف أعضاء المجموع الخضري ، وهو سواء كان أصلياً أم عرضياً يقوم بتثبيت النبات في التربة ، كما قد يقوم بتخزين المواد الغذائية أثناء فترات خاصة من فصول السنة .

ويختلف الجذر من الوجهة التشريحية عن الساق ، في وجود القلنسوة مغلقة للقمة النامية في شكل مخروط يبقى الأنسجة الداخلية من التمزق والتلف ، وفي وجود القمة النامية داخلية أكثر منها سطحية كما هو الحال في الساق ( ولذا يرجع الوضع الداخلي للمرستيم القمي إلى غياب الأعضاء الخضرية من المجموع الجذري ) ، وفي الوضع القطري المتبادل للمجاميع الابتدائية لكل من الخشب واللحاء .

وتتميز الجذور عن بعضها بعدد مجاميع الخشب الموجودة في الاسطوانة الوعائية . فإذا كان بالجذر مجموعتان من الخشب سمي Diarch كما في الملوخية ، وإن كان به ثلاث مجموعات سمي Triarch كما في البصل ، أو أربع سمي Tetrarch كما في الفول ، أو خمس سمي Pentarch كما في نبات *Ranunculus* والفول أيضاً ، أما إذا زادت مجاميع الخشب عن ذلك سمي Polyarch ( شكل ١٠٩ ) ، وبمناز بهذا الوضع الأخير جذور نباتات ذات الفلقة الواحدة . وتعتبر هذه الأوضاع عموماً مما يميز التركيب التشريحي الابتدائي لكل من الجذر والساق عملياً .

وتمتاز الجذر تشریحياً بوجود عناصر الخشب الأول جهة الخارج والثاني جهة الداخل ويعبر عن هذا الوضع باصطلاح Exarch ، وبخالف هذا وضع عناصر الخشب الابتدائي في الساق.



( شكل ١٠٩ )

رسم تخطيطي يبين الاوضاع الابتدائية المختلفة لجميع الخشب في الجذر .

وقد يكون النخاع واضحاً محاطاً بالنظام القطري لسكل من الخشب واللحاء كما في جذور نباتات ذات الفلقة الواحدة ، ويكون أقل وضوحاً في جذور نباتات ذات الفلقتين حيث يحل محله عادة عناصر الخشب الثاني . وتمتاز جذور نباتات ذات الفلقتين ومعرفة البذور بحدوث النمو الثانوي بها ، بعكس جذور نباتات ذات الفلقة الواحدة ، فيظهر السكبيوم قرب الطرف الداخلي لسكل مجموعة من مجاميع اللحاء الابتدائي ويمتد جانبياً حيث يتحد في النهاية أمام كل مجموعة من مجاميع الخشب الابتدائي ليكون حلقة كاملة مفصصة تنشط مكونة كلا من عناصر اللحاء والخشب الثانوي ، ثم تستدير وتأخذ الاسطوانة الوعائية أخيراً مظهراً يقارب مظهر الساق الخشبية . وتزول قشرة الجذور بسرعة بعكس السوق ، كما يقابل فيها وضع البريديم في السوق المستنة ، غلاف رقيق من طبقات الفلين .

وينشأ الجذر من نمو واستطالة جذير الجنين ، ويكون في نباتات ذات الفلقتين في وضع رأسي وندي ، أما في نباتات ذات الفلقة الواحدة فإنه ينحني عادة وسط مجموعة الجذور العرضية العديدة المتكونة .

التركيب التشريحي للجذور الحديثة لنباتات ذات الفلقتين

تشاهد الأنسجة الآتية في المقطع العرضي للجذر الحديث لنباتات ذات الفلقتين مرتبة من الخارج الى الداخل وهي :

#### أولا — الطبقة المغلفة Piliferous Layer

وتقابل هذه الطبقة البشرة العادية في وضعها ، وتمايز باختصاصها في تكوين الشعيرات الجذرية Root Hairs (في منطقة الشعيرات) . وهي تتكون من صف واحد من الخلايا تتأزرقة جذرها وبعدم وجود الثغور بينها وانعدام وجود الكيوتين عليها ، ويلاحظ وجود البروتوبلاست بها ، كما يقل وجوده في بعضها . وتظهر هذه الخلايا منضغطة أو مهشمة بالنسبة لاحتكاكها بجزيئات التربة .

وقد لا تظهر الشعيرات الجذرية في بعض الأعشاب والنباتات المائية ، وغالبا ما تكون قصيرة العمر فتذوى سريعا هي وخلايا البشرة المكونة لها ، ثم يظهر غيرها في المنطقة المختصة بتكوينها . وقد تنفقد بعض النباتات الموجود على جذورها الشعيرات الجذرية كثيرا منها ، اذا نمت في الماء أو المحاليل الكيماوية . واذا نمت في الهواء الرطب تتخذ وضعاً مستقيماً على زوايا قائمة من الجذر نفسه ، بالنسبة لعدم وجود ما يعوقها بعكس ما إذا نمت في التربة العادية ، حيث تتخذ أوضاعاً مختلفة . والشعيرات الجذرية اذا ماذوت ، فسرعان ما تسور جذر خلايا البشرة وغالبا الطبقات التي تليها مكونة منطقة تسمى الاكسودرمس Exodermis ( وهي تمثل عادة في الطبقات الخارجية من القشرة ) ، وهذه تحمي الأنسجة الداخلية للجذر وتكون غير ثابتة بالنسبة لتآكل خلاياها بسبب احتكاكها بجزيئات التربة . ولا يحدث هذا التغير عادة في جذور نباتات ذات الفلقتين إلا بعد زوال طبقة البشرة ، وترى خلايا هذه الطبقة أصغر حجماً من خلايا القشرة العادية وتكون جذرها أكثر سمكا .

## ثانياً — القشرة The Cortex

وهي واسعة النطاق وتتكون في مجموعها من خلايا برنشيمية متجانسة متساوية الأقطار ذات جدر رقيقة ومسافات بينية هوائية متسعة . وتكون الطبقات الخارجية من القشرة منطقة تسمى Hypodermis ، وهي التي تتحول بسورة جدر خلاياها الى منطقة الاكسودرمس ، وخلاياها عادة أصغر حجماً فارغة رقيقة الاتصال ببعضها اذا ما قورنت بخلايا المنطقة الباقية من القشرة ذات الخلايا الأكثر اتساعاً والمحتويات الدائمة والنقر البسيطة التي تتخلل جدر خلاياها . والقشرة في الجذور عريضة اذا ما قورنت نسبة سمكها بالقطر الكلي لمحور الجذر على عكس قشرة الساق ، ويعود ذلك الى قيامها بعمليات التخزين . وقد يصل سمك القشرة في عدد من الجذور الدرنية أضعاف سمك الاسطوانة الوعائية التي تظهر وسط نسيج القشرة البرنشيمي كشرائط خيطي رقيق .

وتتعدم البلاستيدات الخضراء في خلايا القشرة في الجذور بالنسبة لبعدها عن الضوء ، وهي ضعيفة التكوين ومصيرها دائماً الى الزوال بسبب استمرار تآكل الطبقات الخارجية من خلاياها نتيجة لاحتكاكها بمجزيئات التربة وبسبب النمو الثانوي الذي يحدث أخيراً . وهي عادة خالية من الأنسجة المقوية فلا ترى بها خلايا كولنشيمية أو ليفية كما هو الحال في السوق ، وقد ترى بها الخلايا الافرازية والقنوات الراتنجية ، في بعض أنواع النباتات .

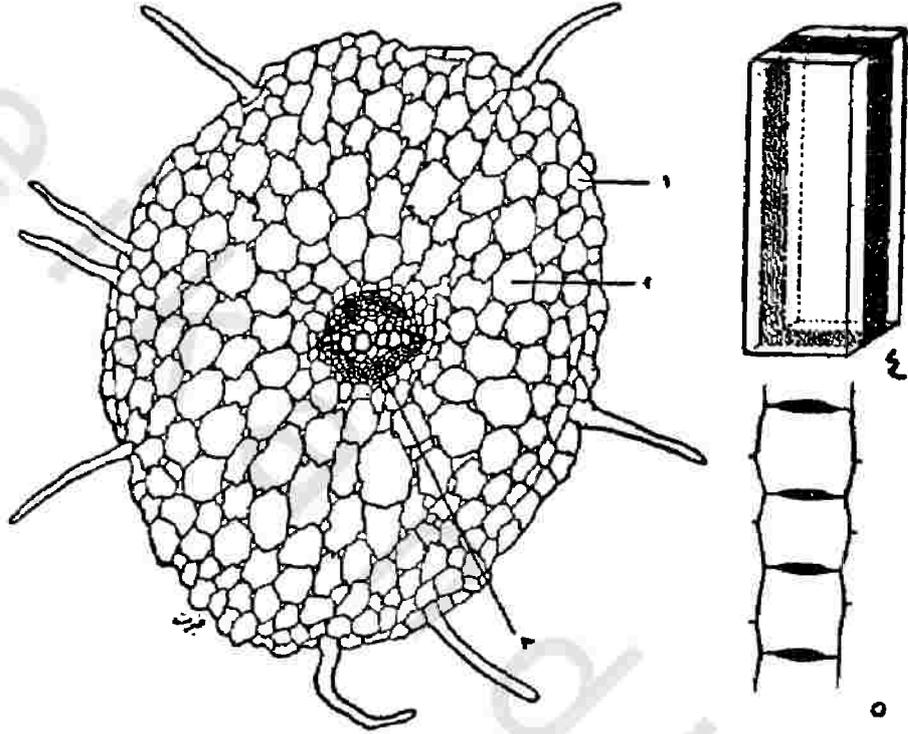
وتنتهي القشرة بالاندودرم Endodermis ، ويعتبر جزءاً منها وآخر طبقات خلاياها من الداخل ، وقد سبق وصفه في باب الجهاز الناقل . وتبقى هذه الطبقة حتى بدء تكوين الجذور الجانبية أو حدوث النمو الثانوي حيث تتلاشى مع الأنسجة الخارجية ، ولذلك كانت مدة نشاطها قصيرة في غالبية النباتات . وتكون خلايا الاندودرم في جذور نباتات ذات الفلقتين كالترمس والبقول أقل وضوحاً وانتظاماً عما هي في جذور نباتات ذات الفلقة الواحدة . وتظهر الجدر القطرية في مقطعها العرضي منظرية في شكل أشرطة تسمى بأشرطة كاسيري Casparian Strips وقد تكون هذه الأشرطة مختزلة في هيئة بقع ضئيلة Dots ( شكل ١١٠ — ٤ ، ٥ ) .

### ثالثاً — الاسطوانة الوعائية The Stele

تشغل الاسطوانة الوعائية مركز الجذر تماماً ، وتحاط بالبريسكل Pericycle الذي يعتبر أول طبقاتها . ومنطقة البريسكل ضيقة كثيراً إذا ما قورنت بمنطقة القشرة أو بميلاتها في السوق ، وتكون من خلايا ذات طبيعة برنشيمية تباع عادة في طور مبكر من تكوين الجذر ، وتظهر في صف واحد من الخلايا وقد تكون في صفين أو ثلاثة صفوف . وخلاياها القادرة على الرجوع الى الحالة المرستيمية الانشائية وتكوين مرستيمات ثانوية تنشأ عنها الجذور الجانبية وكذلك طبقات البريدرم الأولى . وقد يظهر البريسكل في جذور كثير من النباتات كحلقة متقطعة غير كاملة ، فقد تلتصق مجاميع الخشب الابتدائي في قليل من النباتات بطبقة الاندودرم وبذلك تقسم منطقة البريسكل إلى عدة أشرطة تتساوى في عددها مع عدد مجاميع الخشب . ويمد البريسكل من الأنسجة الدائمة في الجذور حتى بدء النمو الثانوي ، وباستمرار حدوث النمو الثانوي في الجذور المسنة للنباتات الخشبية تكون طبقات البريدرم وبزول البريسكل .

وأهم أجزاء الاسطوانة الوعائية هو النسيج الوعائي الابتدائي ذو النظام القطري لسكل من مجاميع الخشب واللحاء . ويرى الخشب مرتباً في هيئة مجموعتين متقابلتين يتبادل منهما مجموعتان من مجاميع اللحاء ، كما في جذر الترمس والملوخية (شكل ١١٠—٣) ، وقد يكون في أربعة مجاميع أو خمس يتبادل منهما مجاميع أخرى من اللحاء كما في جذر الفول ، وعادة يكون عدد الحزم ثابتاً في جذور النوع الواحد من النباتات . وتظهر عناصر الخشب في مقطعها العرضي مضلعة الشكل ، ويكون وضع البروتوزيلم الذي يتكون أولاً خارجياً وتكون خلاياه صغيرة الحجم ذات غلظ حلقى وحلزوني ، أما الميتازيلم فذو وضع داخلي وتكون خلاياه أكثر اتساعاً وتمتاز بوجود النقر ، كما تكون بالنسبة لسكل مجاميع الخشب نسيجاً متجانساً يشغل المركز ولذلك لا تظهر منطقة النخاع . وتأخذ عناصر الخشب في الاكتمال التدريجي في اتجاه المركز ، وتقع أول عناصر الخشب الأول عادة في منطقة البريسكل التالية لمنطقة الأندودرم .

ولا يكثر وجود عناصر الخشب ذات الغلاظ الحلقى والحزوني في الخشب الأول للجذور، كما هو الحال في السوق، وهذه إن وجدت تكون أقل عدداً بالنسبة لقصر منطقة الاستطالة بها التي قد تبلغ سنتيمتراً واحداً، أما في السوق فقد تصل ما بين ٨ — ١٠ سم.



(شكل ١١٠)

ق . ع . في جذر حديث به مجموعتين من الخشب ، ١ = الطبقة المغانة ، ٢ = القشرة ،  
٣ = الاسطوانة الوعائية ، ٤ = رسم تخطيطي لاحدى خلايا لاندودرم بوضع موضع  
التغايط من جدرها ، ٥ = ق . ع . في بعض خلايا الاندودرم .

وترى مجاميع اللحاء الابتدائي كأشرطة من نسيج يتبادل مع مجاميع الخشب، وتظهر في مقطعها العرضي مستديرة أو مثلثة الشكل يفصلها عن مجاميع الخشب أنسجة برنشيمية. ويكون نسيج اللحاء أقل تمييزاً في نباتات ذات الفلقتين عما هو في نباتات ذات الفلقة الواحدة، فتماثل خلاياه لحد ما الخلايا البرنشيمية المحيطة به. ويتكون اللحاء الابتدائي في الجذور من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيمية، مشابهاً في ذلك لحاء حزم السوق. والجذر الحديث خال من السكبيوم، وتكون مجاميع اللحاء به صغيرة عادة وقد تتكون في بعض الأحيان من أنبوبة غربالية واحدة أو أكثر.

## التركيب التشريحي لجذور نباتات ذات الفلقة الواحدة

يشبه التركيب التشريحي لجذور نباتات ذات الفلقة تركيبها في جذور نباتات ذات الفلقتين، إلا في بعض الاختلافات التي تميز كلا منهما عن الآخر، وتلخص فيما يلي :

١ — تظهر منطقة الاكسودرمس مبكرة قبل زوال الطبقة المغلفة ، ويتخلل الاكسودرمس في هذه الحالة خلايا ذات جدر رقيقة تسمح بالاتقال من الخارج الى الداخل .  
٢ — القشرة واسعة النطاق وتبقى دائمة عدة سنوات ، بالنسبة لعدم حدوث النمو الثانوي في هذا النوع من الجذور .

٣ — معظم جذور نباتات ذات الفلقة الواحدة عرضية أكثر منها أصلية .

٤ — تمايز طبقة الأندودرم بالغلظ الحاض لجدر خلاياها . فقد تظهر في مقطعها العرضي ذات غلظ منتظم بشكل حرف U ، أو قد يشمل الغلظ جدرها الجانبية والداخلية فقط بشكل حرف C ، هذا مع وجود بعض الخلايا في حالة فردية بدون تغليظ وخصوصاً أمام مواضع الحشب الأول ، وتسمى بالخلايا المنفذة Passage Cells .

٥ — الپريسيكل أقل سمكاً وقد تتلجن خلاياه أو تتسور في الجذور المسنة .

٦ — تزود الاسطوانة الوعائية المركزية بنطاقات من نسيج ميكانيكي لين يفصل كلا من حزم الحشب عن حزم اللحاء ، كما في جذور معظم الحشائش .

٧ — لا يتكون الپريدوم من منطقة الپريسيكل ، ولذلك علاقة بدوام بقاء القشرة مدة طويلة .

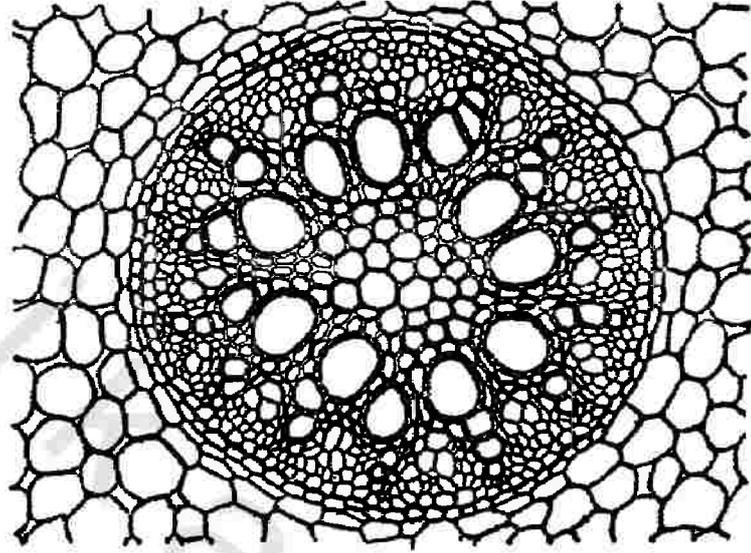
٨ — مجاميع الحشب عديدة دائماً Polyarch ( شكل ١١١ ) ، إلا في أحوال قليلة كما في جذر البصل ، وقد يصل عددها من ١٥ — ٢٠ مجموعة .

٩ — تكون عناصر كل مجموعة من مجاميع الحشب أقل عدداً وأكثر استدارة .

١٠ — تظهر مجاميع اللحاء أكثر تميزاً عما يحيط بها من الأنسجة ، سواء كانت

برنشمية أو ليفية

١١ — النخاع واضح متسع، ويتكون من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم ذات مسافات بينية هوائية متسعة. وقد يحل محله وطاء خشبي كبير كما في جذور بعض الأبصال .



(شكل ١١١)

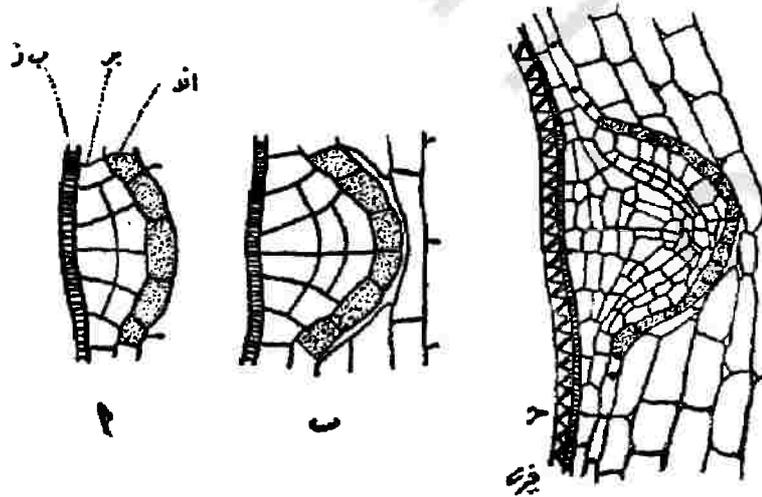
ق . ع . في جنس نبات ذى فلة واحدة ، (عن SMALL)

### أصل وتكوين الجذور الجانبية والعرضية

الجذور الجانبية جميعها ذات منشأ داخلي Endogenous ، بعكس التكوين الخارجي Exogenous لكل من الأوراق والبراعم التي تنشأ من الطبقات الخارجية للقمة النامية للساق . ويبدأ ظهورها عادة في المنطقة التي تلي منطقة الشعيرات ، ويعتبر ظهور هذه الزوائد الجانبية من المميزات الرئيسية التي تميز الجذور عن السوق ، حيث أن البراعم والأوراق الأولية تنشأ من المرستيم الأولى للقمة النامية بترتيب ونظام معين ، أما في الجذور فلا يكون مرستيم القمة النامية أي نوع من الزوائد . وتنشأ الجذور الجانبية عادة من أنسجة دائمة داخلية في نظام متعاقب قمى ، ثم تظهر في الخارج بعد عدة تطورات متتالية . وتنشأ المرستيمات التي تكون هذه الجذور في كل من نباتات معراة ومغطاة البذور في منطقة البريسكل أسفل طبقة الاندودرم مباشرة ، أما في النباتات التبريدية فيبدأ تكونها من خلايا الاندودرم نفسه ، وفي كل من هاتين الحالتين تكون خلايا

البريسيكل أو الأندودرم في آخر أطوار بلوغها . وعادة يكون منشأ الجذور الجانبية في كل من نباتات منغطة ومعراة البذور مقابلاً لوضع مجاميع الخشب ( شكل ١١٢ ) ، وقد يختلف هذا الوضع قليلاً فيكون بين مجاميع كل من الخشب واللحاء . وتظهر هذه الجذور في صفوف طولية بالنسبة لقصر ظهورها في مناطق معينة ، وهي المناطق المقابلة لمجاميع الخشب ، ولذلك يتساوى عدد هذه الصفوف مع عدد مجاميع الخشب . وتبعاً لذلك يكون للجذر ذى الأربعة مجاميع من الخشب أربعة صفوف طولية من الجذور الجانبية كما في جذر الجزر ، وإن كان به مجموعتين فقط كانت في صفين طوليين كما في جذر الفجل والبنجر . وتتماز هذه الجذور المحتزنة بوضوح صفوف جذورها الجانبية وبالمثل جذور النباتات التي تنمو في الماء ، ويختل هذا النظام في الجذور التي تنمو في التربة الصلبة إلا إذا كان قطر الجذر الأصلي كبيراً لحد ما .

وعند ما يبدأ الجذر الجانبي في التكشف تتحول منطقة من البريسيكل (خليتين في الغالب) الى خلايا مرستيمية ، وترداد هذه الخلايا في مبدأ الأمر في الكبر قطرياً ثم تنقسم كلها تماسياً ( شكل ١١٣ — ١ ) ، كما تنقسم بعد ذلك في اتجاهات مختلفة . وسرعان ما تتكون



( شكل ١١٣ )

قطاعات طولية تبين الخطوات الأولى في تكوين الجذر الجانبي . س ز = بروتوزيلم ،  
 بر = بريسيكل ، اند = اندودرم ، ( عن DuRoiot و Van Tieghem )

منطقة القمة النامية بخلاياها الانشائية وقلنسوتها ، في مجموعة كبا ازداد حجمها زاد ضغطها على الأنسجة الخارجية بالنسبة لها ومزقتها ( شكل ١١٣ — ب ) . ويبدأ الجذر الجانبي في اتخاذ طريقه نحو الخارج بواسطة إفراز إنزيمات هاضمة تذيب الأنسجة المحيطة به وهذه تتم تدريجياً ، هذا علاوة على الضغط الميكانيكي الذي يحدث أثناء اختراقه لكل من الأندودرم والقشرة والبشرة مكملاً نموه بالطريقة العادية ( شكل ١١٣ — ج ) . وعند حدوث النمو الثانوي يتصل الكييوم بكييوم الجذر الأصلي ، كما تتصل باقي الأنسجة في مواضع خروج الجذور الجانبية ( شكل ١١٤ ) . ولا تتساوى كل الجذور الجانبية في العادة في سرعة نموها ، فبينما يسرع بعضها ، قد يكون البعض الآخر أبطأ نمواً وأصغر حجماً .



( شكل ١١٤ )

رسم فوتوغرافي لقطع عرضي في جذر اللوخية السن ، يبين موضع خروج أحد الجذور الجانبية .

وتتكون الجذور العرضية من مرستيات جذرية قمية في بريسيكل كل من السوق والجذور أو في اللحاء الثانوي للمحاور المسنة التي وقف بها نشاط البريسيكل ، حيث تأخذ

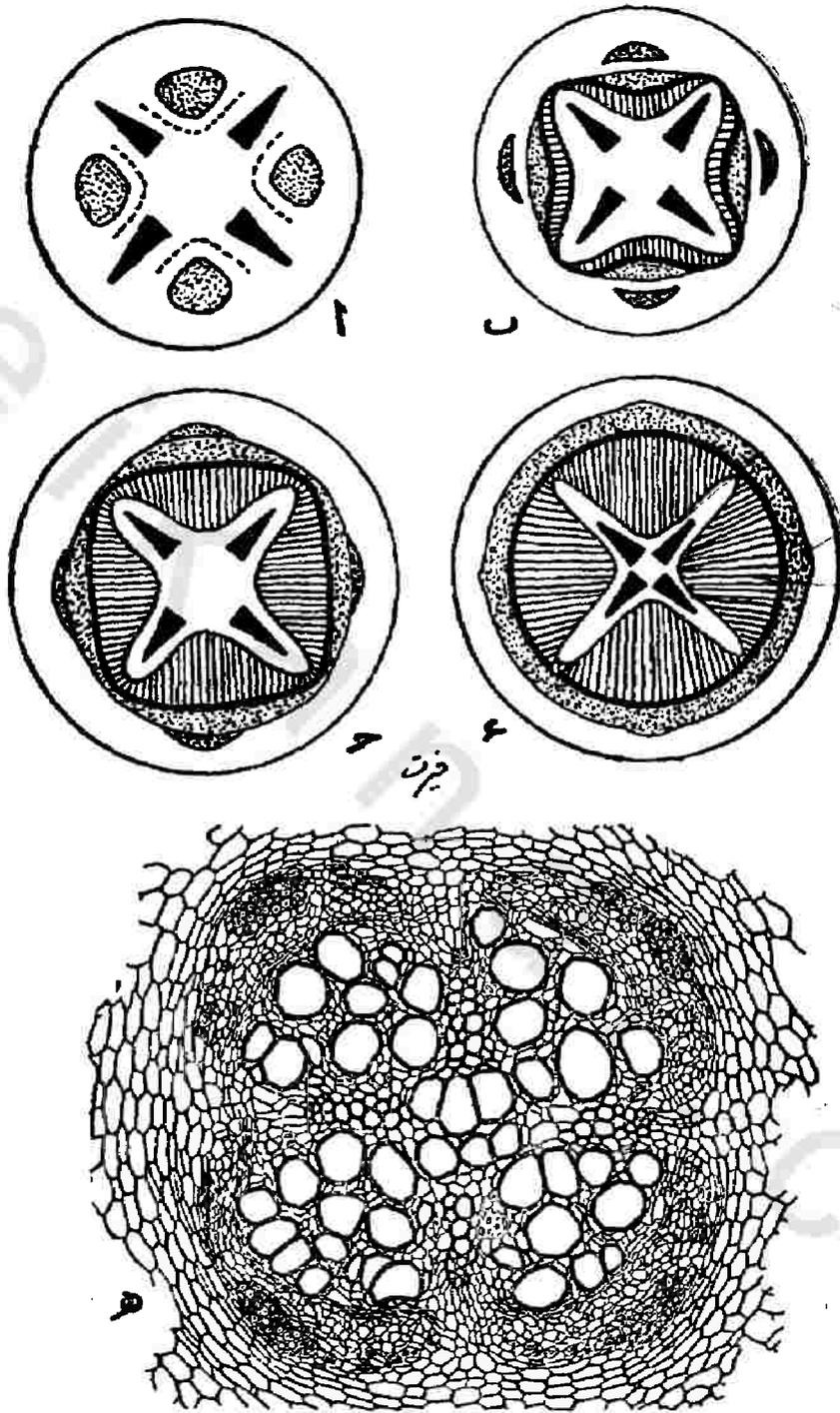
طريقها خلال الأنسجة الخارجية . وقد تنشأ الجذور العرضية في بعض النباتات التيريدية ، ونادراً ما تنشأ في معراة البذور من خلايا القشرة الخارجية ، ويرجح أن تعتبر مثل هذه الجذور ممصات أو زوائد من أنواع أخرى .

### النمو الثانوى فى الجذور

يحدث النمو الثانوى لكل من الجذور الأصلية والجانبية لكثير من النباتات وخصوصاً الخشبية المعمرة ، حتى تتمكن من مسايرة المجموع الخضرى أثناء تقدمه فى النمو والاستمرار فى إمداده بكميات الماء والغذاء اللازمة له . ويقابل النمو الثانوى فى جذور نباتات ذات الفلقتين وزيادتها فى السمك ، زيادة عدد وحدات المجموع الجذرى فى نباتات ذات الفلقة الواحدة فى هيئة عدد كبير من الجذور العرضية .

ويبدأ النمو الثانوى بأن ينشأ الكميوم فى هيئة أشرطة مرستيمية ، تتكشف من الأنسجة البرنشيمية أسفل مجاميع اللحاء الابتدائى مباشرة، وينهاو بين مراكز الاسطوانة الوعائية ( شكل ١١٥ - ١ ) . ويتكشف من هذه الأشرطة الانشائية القصيرة عناصر الخشب الثانوى جهة الداخل واللحاء الثانوى جهة الخارج بالنسبة للنشاط العادى للكميوم ، كما تمتد أشرطة الكميوم جانبياً بين كل من مجاميع الخشب واللحاء الابتدائين نتيجة لتكشاف المستمر للخلايا البرنشيمية فى هذه المواضع ، وبذلك تتقابل أشرطة الكميوم فى النهاية عند اليريسيكل بين كل من مجاميع الخشب الابتدائى والأندودرم ( شكل ١١٥ - ٢ ) . وينتج عن ذلك تكون شريط متصل من الكميوم فى شكل حلقة غير تامة الاستدارة مفصصة الى عدة فصوص يساوى عددها عدد مجاميع الخشب الابتدائى الذى تتحنى فوقه . وينشط تكوين العناصر الثانوية مبكرة وخصوصاً فى مناطق الكميوم الموجودة أسفل مجاميع اللحاء الابتدائى ، وينتج عن ذلك تمام استدارة شريط الكميوم فى هيئة حلقة كاملة ( شكل ١١٥ - ٣ ) .

ويتهشم اللحاء الابتدائى نتيجة لاستمرار تكشاف العناصر الثانوية ، كما تتمزق طبقة الأندودرم ، أما الخلايا المهشمة فانها تتمص فى العادة . وينتج عن نشاط الكميوم



(شكل ١١٥)

(١، ٢، ٣، ٤ و) خطوات النمو الثانوي في جذور نباتات ذات الفلقتين ،

(٥) في جنس القرع المسن . ع . ح . د

تكون حلقة كاملة من اللحاء الثانوى واسطوانة من الحشب الثانوى ، كما يزداد قطر الجذور سريعاً تبعاً الى ذلك .. ويمتاز الحشب الثانوى فى الجذور باتساع عناصره وتباعدها مع كثرة عددها ورقة جذرها ، أما الحشب الابتدائى فيبقى وانحما فى الجذور المسنة شاغلا للمنطقة المركزية من الاسطوانة الوعائية ومحتفظاً بوضعه العادى ، فان كان مكوناً من الأصل من أربعة مجاميع فانها تبقى كما هى بوضعها المتصالب أمام مواضع الأشعة النخاعية الكبيرة المتصالبة ، كما فى جذر القرع المسن ( شكل ١١٥ — ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ) .

وتتلاشى طبقة الأندودرم ومنطقة القشرة فى النهاية ويحل محلها البريدرم الذى يتكون من منطقة البريسكيل . أما فيما عدا ذلك من الصفات فيشابه النمو الثانوى فى الجذر النمو الثانوى للساق فى نفس النبات ، مع تشابه العناصر الوعائية الثانوية فى كل منهما ماعدا فروقات طفيفة تعود الى الاختلاف فى وظائفهما . وتقل الألياف فى مناطق الحشب الثانوى كما تزداد الخلايا البرنشيمية ويزداد عدد واتساع الأشعة النخاعية ، أما اللحاء الثانوى فتقل الألياف والأسكلريدز فيه بالمثل كما تزداد الخلايا البرنشيمية المختزنة .

### النمو الثانوى فى الجذور الدرنية

تخدم جذور نباتات عديدة من ذات الفلقيتين فى عملية التخزين ، ولذلك تتخذ شكلا درنياً . ويحدث لمثل هذه الجذور نمو ثانوى شاذ بالنسبة لتكوين النسيج البرنشيمى المخزن ، ويؤدى نشاط الكميوم الى تضاعف الأشرطة الناقلة وترتيبها فى نظام يسهل معه وضع ونقل المواد المختزنة .

ويختلف هذا النسيج البرنشيمى المخزن بالنسبة لقيمتة المورفولوجية فى مختلف الجذور الدرنية . فقد تكون فى حالات كثيرة منطقة كبيرة من الخلايا البرنشيمية المختزنة خارج منطقة الكميوم ، ثمائل فى وضعها ، إما القشرة الابتدائية كما فى جذور ASCLEPIADACEAE و PIPERACEAE الجانية ، أو اللحاء الثانوى كما فى *Rubia* و *Taraxacum* و UMBELLIFERAE . ولا يعتبر النمو الثانوى فى هذه الحالة شاذاً ولو أنه يختلف عن الوضع العادى فى صغر حجم الأسطوانة الوعائية .

وقد ينشأ النسيج المخزن في حالات أخرى من زيادة تكون العناصر البرنشيمية للخشب ، كأشعة أو برنشيمة الخشب ، كما في *Cucurbita* و *Utrica* . ويرى هذا الوضع في الجذور الدرنية اللفتية مثل *Brassica* و *Raphanus* ، ويحتوى الخشب الثانوى على أنسجة برنشيمية متسعة يتقاطع معها أشرطة من الأوعية يرافقها عدد محدود من الألياف تنظم جميعها في هيئة دوائر مستديرة ، ويصعب في هذه الحالة التمييز بين كل من برنشيمة الخشب والأشعة النخاعية .

وقد أشار *J. E. WRISS* الى تكشف حزم وعائية في عدد من الجذور الدرنية في المنطقة البرنشيمية المخزنة للخشب الثانوى أسمها *Tertiary Vascular B.* ، وهذه قد تتكون من اللحاء فقط كما في *Oenothera biennis* ، أو قد تتخذ شكل حزم مركزية اللحاء كما في *Brassica Napus* و *Raphanus sativus* . وقد ينشأ الكميوم في حالة عرضية محيطاً بالأشرطة الوعائية للاسطوانة الخشبية مكوناً أوعية إضافية تلاصق الأولى الأصلية وتفصلها عن نسيج اللحاء جهة الجانب الخارجى ، كما في *Bryonia dioica* .

ويكون النمو الثانوى أكثر شذوذاً في حالة الجذور التى يتكون بها عدة حلقات متتالية من الكميوم . ففي *Beta vulgaris* تكشف طبقة ثانية لجن الكميوم بواسطة الانقسام النماسى الذى يحدث في الخلايا البرنشيمية الموجودة خارج منطقة الكميوم الابتدائية ، وهذه تقصر مدة نشاطها ثم يتلوها في الظهور طبقة ثالثة تنشأ خارج اللحاء الذى كونه الطبقة الثانية . وقد يتكرر حدوث ذلك مرات متتالية فينتج عن ذلك عدة مناطق دائرية يتكون كل منها من اللحاء والخشب بالتبادل . ويقول *Trecul* أن جذور *Myrrhis odorata* ترى بها حالة مماثلة تخالف الأولى في تكوين عدة طبقات إضافية من الكميوم تنشأ جهة الجانب الداخلى للكميوم الابتدائى . أما أكثر حالات النمو الثانوى شذوذاً فترى في جذور بعض نباتات *CONVOLVULACEAE* وكذا جنس *Rumex* ، حيث تنشأ أسطوانات متتالية كاملة أو ناقصة من الكميوم داخل أو خارج الكميوم الابتدائى ، تكون كل منها مستقلة بذاتها خشباً ولحاء بطريقة مفردة .

### منطقة التحول بين الجذر والساق Root-Stem Transition Zone

يكون كل من الجذر والساق محوراً واحداً ولو أنهما يختلفان في تركيبهما الداخلى اختلافًا تاماً بالنسبة لوضع العناصر الناقلة . فبينما يتجه الخشب الأول في الجذر نحو الخارج إذا به يتجه في الساق نحو الداخل ، وبالمثل ينما ترى مجاميع الخشب واللحاء في الجذر في وضع متبادل إذا بها تجتمع مع بعضها في الساق ، كل مجموعة من مجاميع اللحاء مع أخرى من مجاميع الخشب . ولذلك كان من الضروري أن تكون هناك منطقة يحدث فيها هذا التحول من التركيب الخاص بالجذر الى التركيب الخاص بالساق . وتسمى هذه المنطقة بمنطقة التحول بين الجذر والساق ، وفيها ينتهي التركيب الخاص بأنسجة الجذر ويبدأ التركيب الخاص بأنسجة الساق .

وتندمج في هذه المنطقة أنسجة الجذر المختلفة بمثلاتها في الساق ، فالقشرة والأندودوم والبريسكل والأنسجة الوعائية الثانوية تتصل اتصالاً مباشراً ، وبالمثل تتصل الأنسجة الوعائية الابتدائية . غير أن هذا الاتصال لا يكون مباشراً بالنسبة لاختلاف أشكال الحزم الوعائية وترتيبها في كل من هذين العضوين .

وقد يتم هذا التحول مباشرة أو مباغته إلا أنه يحدث عادة تدريجياً . وتكون منطقة التحول قصيرة ، ويختلف طولها ما بين أقل من مليمتر واحد وقد يصل الى ٢ أو ٣ مليمترات ، ونادراً ما يصل طولها الى بضعة سنتيمترات . وقد يحدث التحول في قمة الجذير عند قاعدة السويقة الجينية السفلى وقد يكون قريباً من وسطها أو في الجزء العلوى منها . ولذلك فقد يكون تركيب هذه السويقة مشابهاً لتركيب الجذر أو لتركيب الساق في معظم طولها . ونادراً ما تمتد منطقة التحول الى أول أو ثالث أو رابع عقدة فوق منطقة الفلقات ، كما أنها تكون قصيرة في العادة في كل من نباتات ذات الفلقة الواحدة والنباتات التيريدية .

وقد تظهر المنطقة الفاصلة بين كل من الجذر والساق إذا شوهدت من السطح الخارجى ، في هيئة انخفاض ضئيل ، أو من الاختلاف الواضح في قطرها ، غير أن ذلك قد لا يؤدي في غالبية النباتات الى تحديد موضعها بالضبط .

وبلاحظ في هذه المنطقة ، حيث يحدث التحول من الجذر الى الساق ، زيادة ملموسة في قطر الاسطوانة الوعائية ، كما يصحب ذلك تضاعف وتشعب الأنسجة الوعائية مع اتحاد أشرطتها وتغير اتجاهاتها . وتبع هذه التغيرات أنظمة خاصة يمكن تمييز أربعة أوضاع منها ( شكل ١١٦ ) ، فيما يلي :

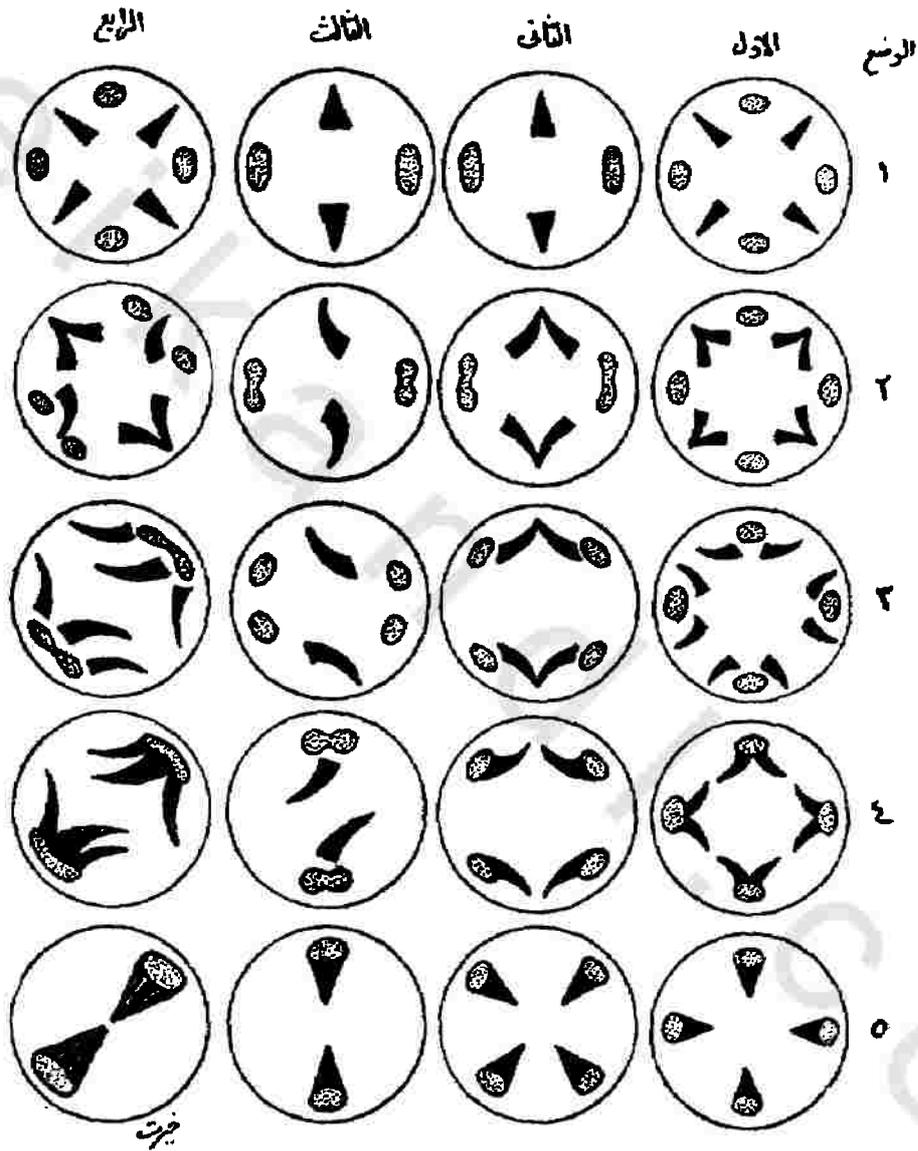
الوضع الأول : وفيه تنشعب كل مجموعة خشبية في الجذر قطريا إلى شعبتين ، وتزيد زاوية التشعب كلما اتجهنا نحو الساق حتى تنفصل الشعبتان كل منهما عن الأخرى بعد تغيير وضعها الأصلي تغييراً كاملاً في زاوية قدرها  $١٨٠^\circ$  . وتحنى كل شعبة كلما اتجهنا الى أعلى جانبياً إحداهما نحو الجهة اليمنى والأخرى نحو الجهة اليسرى حتى تتصل كل منهما بالسطح الداخلى لمجموعة اللحاء القريبة منها . ولا يتغير وضع اللحاء في هذه الحالة في توجيهه أو تركيبه فير في وضع مستقيم ، كما هو ، من الجذر الى الساق . ويكون عدد الحزم الوعائية في هذا الوضع في الجذر مساويا لعددده في الساق الحديثة ، ومن أمثله نباتات *Pumaria* و *Mirabilis* و *Dipsacus* .

الوضع الثاني : يختلف هذا الوضع عن الوضع الأول في تشعب مجاميع اللحاء وانقسامها كمجاميع الخشب . ويتم انفصال هذه الشعب أو الاقسام جانبياً كلما اتجهنا الى أعلى لتلتقي في أزواج في أوضاع تتبادل مع أوضاعها في الجذر ، ثم تلاصق أنصاف مجاميع الخشب ( بعد تغيير أوضاعها بزواوية قدرها  $١٨٠^\circ$  ) أنصاف مجاميع اللحاء . ويكون عدد حزم الساق في هذا الوضع مساويا لضعف عدد أشرطة اللحاء في الجذر ، وهو وضع أكثر شيوعاً من الوضع الأول ، وبشاهد في نباتات *Phaseolus* و *Tropaeolum* .

الوضع الثالث : لا تنقسم مجاميع الخشب في هذا الوضع بل تستمر جارية من الجذر الى الساق بعد تغيير موضعها الأصلي تغييراً كاملاً والتفافها بزواوية قدرها  $١٨٠^\circ$  . أما مجاميع اللحاء فتتشعب وتنقسم كل منها الى قسمين ، ويتحول كل قسم جانبياً حتى يتقابل مع نصف المجموعة الأخرى خارج مجاميع الخشب التي لم تنقسم . ويكون عدد الحزم

في الساق في هذا الوضع مساوياً لعدد مجاميع اللحاء في الجذر ، ومن أمثلته نباتات  
*Lathyrus* و *Medicago* و *Phoenix* .

الوضع الرابع : وفيه تنقسم نصف مجاميع الخشب فقط ، وتتحول أنصاف  
 هذه المجاميع المنقسمة جانبياً حتى تتصل بالمجاميع التي لم تنقسم والتي تغير وضعها الأصلي .



(شكل ١١٦)

رسم تخطيطي لمتنوع أوضاع وخطوات منطقة التحول بين الجذر والساق ،  
 ( عن EAMES & MAO DANIELS ) .

ولا تقسم مجاميع اللحاء في هذا الوضع بل تتحد كل مجموعتي لحاء سوياً وبالمثل بأشرطة الخشب الثلاثية وبذلك تكون الحزمة الوعائية في الساق من خمسة أشرطة أو أجزاء منحدرة (٢ لحاء + ٣ خشب) . ويكون عدد الحزم الوعائية في الساق في هذا الوضع مساوياً لنصف عدد مجاميع الخشب واللحاء في الجذر . والنباتات التي يرى بها هذا الوضع قليلة ومعظمها من ذات الفلقة الواحدة مثل *Anemarrhena* .

وإذا ما وجد اللحاء الداخلي في الساق تمتد أفرع من أشرطة اللحاء في الجذر (عند المستوى الذي يبدأ فيه تركيب الجذر في التغيير) نحو الداخل ، حتى تأخذ وضعاً داخلياً بالنسبة لأشرطة الخشب الجديدة مكونة الحزمة ذات الجانبين . وإذا اتحدت أشرطة الخشب في الجذور جانبياً لتكون اسطوانة جوفاء ، تنفصل الأشرطة قبل تشعبها أو تغير موضعها أو اتجاهها .

وعادة تكون منطقة التحول في بعض نباتات ذات الفلقة الواحدة قصيرة فيصعب تمييزها ، وتكون خطوات التحول في مثل هذه النباتات وكذا نباتات *Cycads* أكثر تعقيداً .