كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : تنامي نباتي

المحاضرة : الرابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

ملخص الرسم رقم (٢)

محاضرة

المرستيم Méristèmes

ينشأ التنامي غير المحدود للنبات ، كما أشرنا في المقدمة ، عن نشاط نسج متخصصة، تدعى بالمرستيم أو النسج الجنينية المنشئة . ويتكوّن المرستيم من مجموعة صغيرة جداً من الخلايا ، التي تتصف بالفتوّة والنشاط والتقسم الذاتي . إنّه مركز منتج للخلايا ، ومنشىء للنسج ، ومكوّن للأعضاء .

أولاً ـ منشأ وتموضع المرستيم :

نميّز عادة بين نمطين من المرستيم ، مختلفين من حيث المنشأ ودورهما في تشييد النباتات الوعائية .

١ ـ المرستيم الإبتدائي Méristèmes primaires :

يظهر المرستيم الإبتدائي في مرحلة مبكرة جداً من تنامي الجنين (بين عدة ساعات ـ عدة أيام) (الشكل ٣٢) . ولكن التعضي النهائي لايتم إلا خلال المراحل الأولى من النمو الذي يلي الإنتاش مباشرة ، فيبدو ، عندئذ ، على شكل مجموعات صغيرة من الخلايا الجنينية . ونستطيع أن نميّز في نبات من مغلفات البذور مثلاً (الشكل ٣٣) :

ـ **المرستيم القمي Méristèmes apicaux** :ويكون متموضعاً إما في نهايات الأغصان ، فيدعى بالمرستيم القمي الساقي ، أو في نهايات الجذور ، فيعرف بالمرستيم القمي الجذري . ويؤمن المرستيم القمي النمو الطولي لهذه الأعضاء ، وتكوين نسجها المختلفة ، ويشكل المرستيم الساقي إضافة إلى ذلك الأعضاء المتخصصة كالأوراق والبراعم والأزهار . ولذلك يدعى مرستيم الساق بالمرستيم المولد للنسج والأعضاء ، بينما يدعى مرستيم الجذر بالمرستيم المولد للنسج فقط .

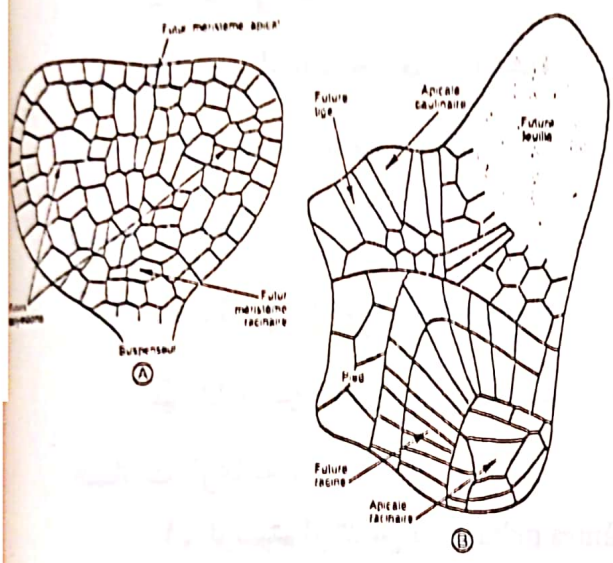
تعليل

ـ **طليعة الكامبيوم Procambium** :وتنشأ عن المرستيم القمي الساقي أو الجذري ، وتشكل النسج الناقلة الإبتدائية ، وكذلك الكامبيوم عند اللزوم .

وتدعى النسج المتكوّنة من نشاط المرستيم الإبتدائي بالنسج الإبتدائية ، وعندما

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

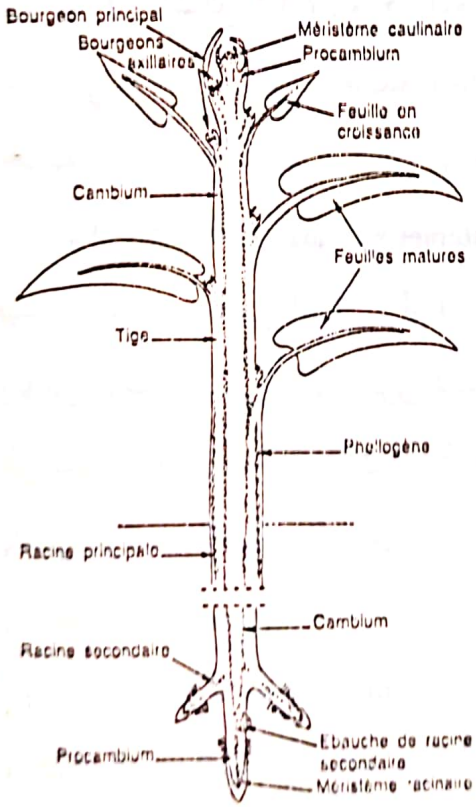
لايشتمل العضو إلا على نسج إبتدائية فقط ، فإنّ بنيته إبتدائية أيضاً .



(الشكل ٣٢) ـ تموضع المناطق المرستيمية المقبلة في جنين فتي

A ـ مقطع طولي محوري في جنين مازال في المرحلة قلبية الشكل ويمكن تميز المرستيم المقبل لكل من الساق والجذر .

B ـ مقطع طولي في جنين عمره ٤٨ ساعة ويمكن التعرف على كل من الساق والجذر المقبلين ومرستيم كل منهما .



(الشكل ٣٣) ـ تموضع الأنماط المختلفة للمرستيم في نباتات الفلقة : المرستيم الإبتدائي (الجذري والساقي وطليعة الكامبيوم) والمرستيم الثانوي (الوعائي والفلييني في كل من الجذر والساق) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٢ ـ المرستيم الثانوي Méristèmes secondaires :

يظهر المرستيم الثانوي في مرحلة متأخرة أو (ثانوية) ، بعد أن يكون التنامي الإعاشي قد قطع شوطاً بعيداً . وينشأ إما من المرستيم الإبتدائي ذاته (من طليعة الكامبيوم) أو من التمايز التراجعي Dédifférenciation للخلايا البرانشيمية الواقعة بين الحزم . ويكون تموضعه جانبياً سواء في الساق أم في الجذر ، حيث يظهر على شكل حلقة مضاعفة (الشكل ٣٣) :

ـ الحلقة الداخلية أو الكامبيوم الوعائي ـ اللحائي الذي يشكل النسج الناقلة الثانوية .

ـ الحلقة الخارجية أو الكامبيوم الفليني Phellogène الذي يعطي الفلين والبرنشيم القشري الثانوي .

ويدعى المرستيم الثانوي بالمرستيم المولد للنسج فقط ، لأنه لاينتج عن نشاطه إلا النسج الثانوية الواقية منها والناقلة . كما لايوجد هذا النمط من المرستيم إلا في عاريات البذور وثنائيات الفلقة فقط من مغلفات البذور ، وفي بعض الحالات النادرة جداً من أحاديات الفلقة والتريديات الحالية . وقد يظهر ، في بعض أحاديات الفلقة ، مايعرف بمرستيم التوسع الثانوي Méristème d'alargissement sécondaire ، بدلاً من المرستيم الثانوي العادي .

ونظراً للأهمية البالغة للمرستيم ودوره في تشييد النبات وتكوين نسجه وأعضائه سنحاول دراسته بشيء من التعمق .

ثانياً ـ بنية المرستيم ووظيفته :

١ ـ المرستيم الإبتدائي الجذري Méristème primaire racinaire :

آ ـ البنية :

تظهر خلال المرستيم الإبتدائي الجذري ، على المقطع الطولي ، متوضعة في صفوف منتظمة ومتجهة نحو القمة (الشكل ٣٤) . وهذا مايدفع إلى البحث في نهاية هذه الصفوف عن الخلايا الأصلية Cellules initiales التي ينشأ عن نشاطها التقسمي النسج الإبتدائية المختلفة ، وتبيّن ، في النباتات الوعائية ، وجود مجموعة أو عدة مجموعات من

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الخلايا الأصلية في قمم جذورها ، يكون عددها متغيراً تبعاً للمجموعات النباتية المختلفة :

- ففي التريديات ، توجد خلية أصلية وحيدة ، تكون ضخمة الحجم ، هرمية الشكل قمية التموضع . وتنقسم حسب وجوهها الأربعة لتعطي النسج الإبتدائية كلها لكل من الجذر والقلنسوة (الشكل ٣٥) .

- أمّا في عاريات البذور ، فتحتوي قمة الجذر على طبقتين من الخلايا الأصلية ، متوضعتين فوق بعضهما . تعطى العلوية منهما الإسطوانة المركزية ، بينما تعطي السفلية القلنسوة وطبقة الأوبار الماصة والقشرة .

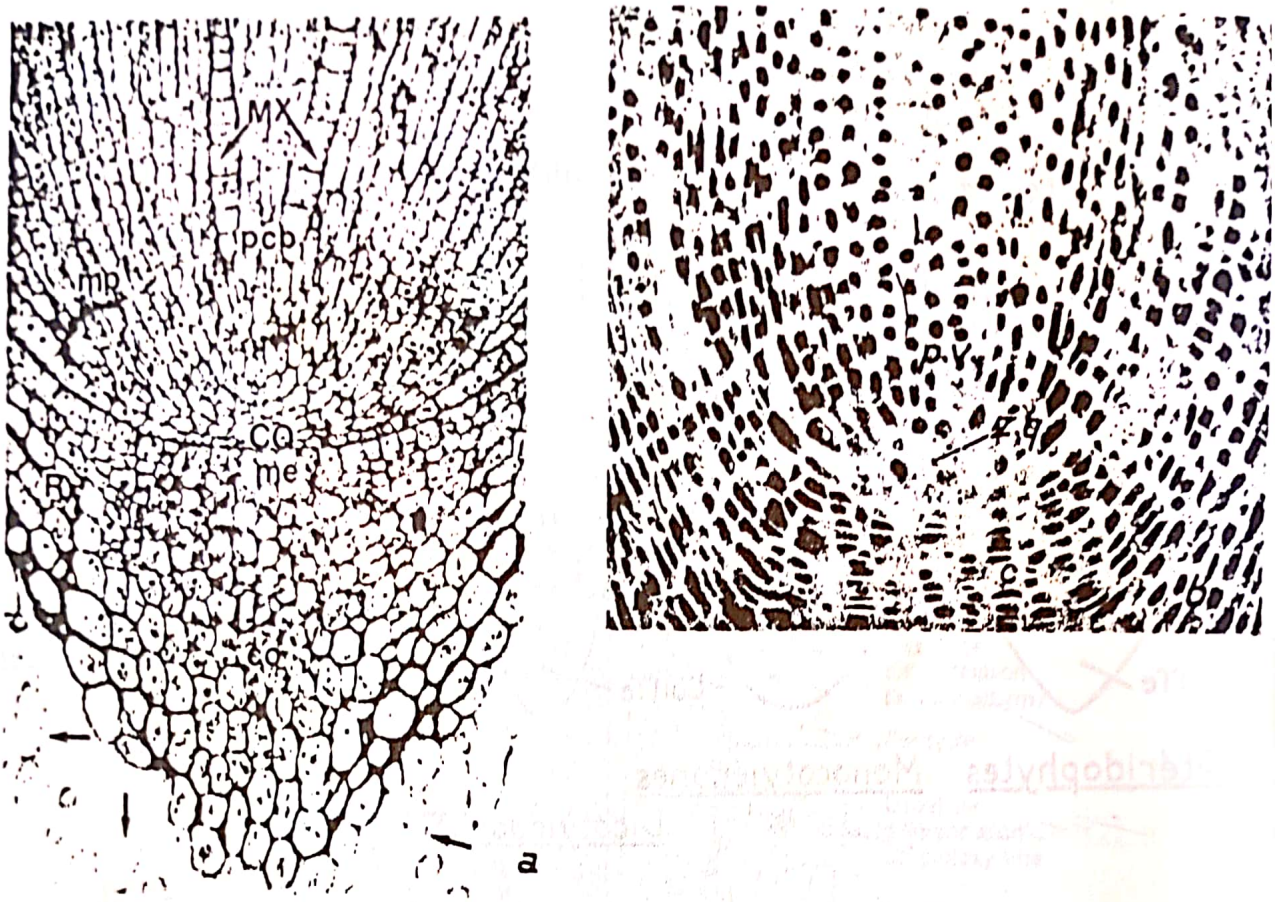
- ويوجد في مغلفات البذور ثلاث طبقات من الخلايا الأصلية المولدة للنسج : تعطي الطبقة السفلية القلنسوة ، أمّا المتوسطة فتعطي الأوبار الماصة والقشرة ، في حين تعطي الطبقة العلوية الإسطوانة المركزية (الشكل ٣٥) . والفرق الوحيد ، بين أحاديات الفلقة وثنائياتها ، هو أن الطبقة السفلية في الثنائيات تعطي طبقة الأوبار الماصة إضافة إلى القلنسوة.

إلا أنّ الدراسات الحديثة لمرستيم الجذر (التي تقوم على الطريقة الإحصائية في توزيع الإنقسامات الخلوية ، وعلى إستخدام التميدين الموسوم Thymidine tritiée) أظهرت أنّ الخلايا الأصلية ، حسب التفسير القديم ، لاتنقسم إلا ببطء شديد ، بينما يكون تقسم الخلايا المحيطة بها شديداً ، ولذلك فإنّ الخلايا الأصلية تشكل منطقة مرستيمية خاملة ، أطلق عليها Clowes (1960) اسم المركز الهاجع Centre quiescent (الشكل ٣٥) .

إنّ هذا المفهوم الحديث لبنية قمة الجذر لاينطبق على مغلفات البذور فحسب وإنما على التريديات أيضاً . فقد تبيّن أن الخلية الأصلية الوحيدة لاتنقسم إلا ببطء شديد بينما تنقسم الخلايا المحيطة بها بشدة .

والجدير بالملاحظة ، أنّ المراجع التي تعالج مرستيم الجذر كلها تقريباً ماتزال تصفه كمرستيم قمي . وهذا ، في الحقيقة ، غير صحيح ، لأنه مرستيم بيني Méristème Intercalaire ، فهو بشكل القلنسوة من جهة التي تتوسف وتنسلخ بإنتظام ، وجسم الجذر من الجهة الأخرى .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



(الشكل ٣٤) ـ مقطعان طوليان محوريان في قمة الجذر ، تظهر الخلايا فيهما متوضعة في صفوف منتظمة ومتجهة نحو القمة .

a ـ في قمة جذر الذرة الصفراء

b ـ في قمة جذر الصنوبر ، ويظهر فيه المركز الهاجع .

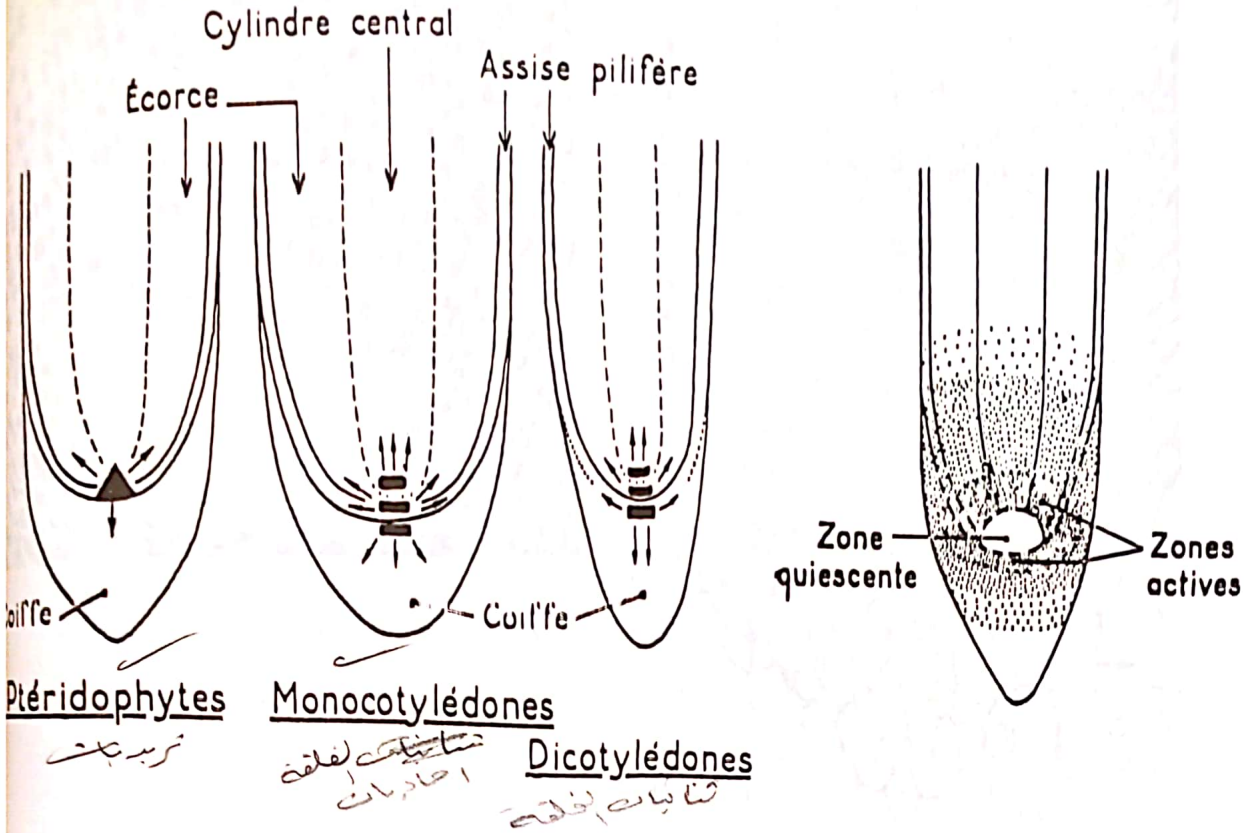
(co : القلنسوة ، CQ : المركز الهاجع ، me : مرستيم التزميم والصيانة للقلنسوة ، mp : المرستيم المتاخم للقمة ، MX : الأوعية المقبلة ، pcb طليعة الكامبيوم . والسهم يشير إلى الخلايا الآخذة في التوسف والإنسلاخ) .

لاحظ انفصال القلنسوة عن جسم الجذر . ولذلك يدعى الجذر بالنمط المغلق .

تميز المرستيم الجذري خطأ.

وتمتد القلنسوة في كل من عاريات البذور وثنائيات الفلقة (كنبات الفول مثلاً) على طول البشرة الجذرية Rhizoderme (الشكل ٣٦) . حيث تبقى خلايا القلنسوة على إتصال مع خلايا الجذر ، ويدعى هذا النوع من المرستيم الجذري بالنمط المفتوح . بينما تكون القلنسوة ، في أحاديات الفلقة (كالذرة الصفراء مثلاً ومعظم نباتات الفصيلة النجيلية)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



(الشكل ٣٥) ـ بنية قمة الجذر (الخلايا الأصلية ونشاطها) في المجموعات النباتية المختلفة وذلك حسب الفرضيات القديم منها والحديث . لاحظ في الشكل الأخير على اليمين أنّ المنطقة الهاجعة حسب المفهوم الحديث إنما تقابل الخلايا الأصلية للمفهوم القديم

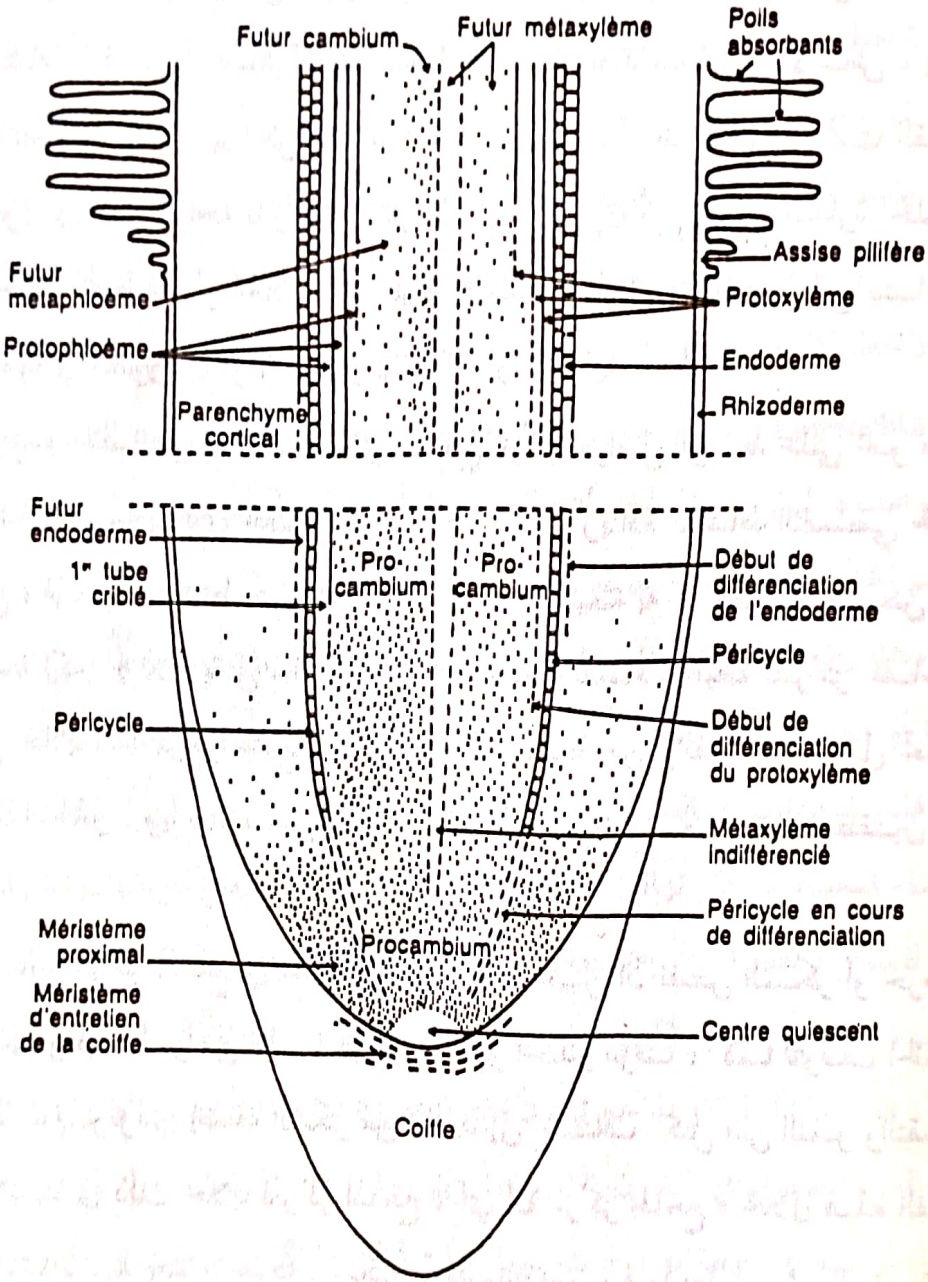
مستقلة عن جسم الجذر تماماً ، حيث يوجد انفصال واضح بين الخلايا المولدة للقلنسوة والخلايا التي تشكل الجذر (الشكل ٣٤ ، a) . وهذا مايسمح بنزع القلنسوة بسهولة أثناء الدراسة التجريبية التي تهدف إلى تحديد دور القلنسوة من جهة ، وإجراء دراسة مباشرة على المرستيم الواقع تحتها من جهة أخرى . وهذا مايعرف بالنمط المغلق للجذر .

ب ـ الوظيفة Fonctionnement :

إنّ السؤال المهم الذي يطرح نفسه ، لدى دراسة وظائف المرستيم الجذري ، هو التالي : ماذا يمثل المركز الهاجع ؟ وماهي الغاية من وجوده ؟ ومادوره في تشكل الجذر ؟ .

فالمركز الهاجع ، كما شاهدنا ، هو منطقة من المرستيم التي تتصف خلاياها ، بالمقارنة مع الخلايا المحيطة به ، بكبر الفجوات وسيتوبلاسما قليلة اللزوجة ، والجسيمات الريبية قليلة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



(الشكل ٣٦) - رسم تخطيطي يمثل تعضي قمة الجذر في ثنائيات الفلقة . لاحظ امتداد القلنسوة على طول البشرة الجذرية . ولذلك يدعى الجذر بالنمط المفتوح .

العدد ، وثخانة الغلف ، ونشاط تقسمي بطيء جداً ، أي أنها متوقفة في الطور G_1 من الدارة الخلوية . بينما تكون الخلايا المحيطية عكس ذلك تماماً . ولذلك أطلق Clowes على

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تلك الخلايا نشيطة الإنقسام اسم الخلايا الأصلية التي تولد القلنسوة وجسم الجذر .

ويكون المرستيم ، في المراحل الأولى من تشكل الجذر ، أي بعد الإنتاش ، متجانساً من حيث النشاط التقسمي . فالمركز الهاجع لايظهر إلا بعد فترة من الإنتاش ، يكون المرستيم قد أنتج فيها عدداً كبيراً من الخلايا البنات، حيث تبدأ الخلايا الواقعة تحت القلنسوة مباشرة الدخول في طور الراحة تدريجياً ، فتتوقف في الطور G_1 أو G_0 من الدارة الخلوية . بينما تبقى الخلايا المحيطية (أو الخلايا الأصلية حسب Clowes) محافظة على نشاطها ، ويكون معظمها في الطور G_2 أو في الطور S من الدارة الخلوية .

وتجعل هذه الخصائص خلايا المركز الهاجع تتأثر بعوامل الوسط على نحو مغاير للخلايا المحيطية . فبينما يودي خفض درجة الحرارة إلى زيادة النشاط التقسمي لخلايا المركز الهاجع ، فإن هذا النشاط يتناقص كثيراً في الخلايا المحيطة به . كما أنّ تعريض قمة الجذر إلى أشعة اكس (X) يقتل معظم الخلايا النشيطة الإنقسام والمحيطة بالمركز الهاجع ، في حين تبقى خلايا هذا المركز سليمة وتدخل في طور نشيط من الإنقسام يودي إلى تجديد قمة أخرى لهذا الجذر . ويوجد ، على مايبدو ، نوع من التوازن بين هاتين المنطقتين من المرستيم .

أما عن دور المركز الهاجع في تشكل الجذر ، فقد تبيّن أنّ نقص السكر أو حرمان الوسط الذي ينمو فيه الجذر من هذه المادة يوقف نمو الجذر مؤقتاً ، كما تتوقف الخلايا كلها عن الإنقسام. وتؤدي إضافة السكر من جديد إلى استئناف كل من النمو والتقسم النشيط للخلايا بما في ذلك خلايا المركز الهاجع ، أي أنّ المركز الهاجع ، خلال هذه الفترة من استعادة النشاط ، لم يعد موجوداً . ولكنّه يأخذ بالظهور ، فيما بعد ، بشكل تدريجي وعلى نحو مشابه لظهوره أثناء الإنتاش العادي (Webster et al . 73) . فالمركز الهاجع، على مايبدو ، يساهم خلال هذه الفترة في تشكل الجذر . فقد تبيّن أن هذا المركز يقدم ، أثناء النمو الطبيعي والمنتظم للجذر ، وفي فواصل زمنية منتظمة ، خلايا جديدة تحل مكان الخلايا الأصلية التي تمايزت أو الآخذة في التمايز . وتكون هذه الحادثة ، على مايبدو ، مرتبطة بالظاهرة المهمة التالية والتي أشار إليها Ericson et Sax (1956) : ينبغي على الخلية الأصلية للجذر ، أن تقطع ست دورات إنقسامية ، قبل أن تتوقف عن الإنقسام .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وهذا مايؤدي في النهاية إلى توقف الإنقسام وبالتالي توقف نمو الجذر . إلا أنّ وجود المركز الهاجع يحافظ على استمرار النمو (نمواً غير محدود) . وما أنّ يختفي المركز الهاجع حتى يتوقف نمو الجذر . فخلايا المركز الهاجع إذاً ، تنقسم ببطء وفي فواصل زمنية منتظمة لتعطي خلايا بنات جديدة التي تأخذ بالتقسم النشيط ستة إنقسامات متتالية ثم تتوقف ، فتعود خلايا المركز الهاجع إلى الإنقسام من جديد ، وهكذا ... .

لاحظ كل من Naylor و Steeves و Raju (1964) وجود نمطين من الجذور في نبات Euphorbia esula وهما : جذر رئيسي شاقولي طويل وغير محدود النمو . وآخر أفقي قصير ومحدود النمو . وتبيّن لهم أن هذا الإختلاف يعود إلى عدم وجود المركز الهاجع في مرستيم الجذر القصير ، ووجوده في مرستيم الجذر الطويل .

وهنا يطرح السؤال التالي نفسه : كيف يبقى المركز الهاجع محافظاً على هذه الحالة من الراحة أو الخمول ؟ مثال توضيحي لفكرة عدم نشاط المنطقة الهوائية .

فقد شاهدنا ، إنّ النشاط الضعيف لهذه الخلايا ، لايعني أنها فقدت القدرة على الإنقسام النشيط بشكل نهائي . فبعض الشروط (مثل خفض درجات الحرارة والنقص الآني للسكر واشعة اكس) تستطيع تحريض هذه الخلايا على الإنقسام . فإذا ماتعرضت القلنسوة أو حتى الخلايا الأصلية ذاتها إلى أي نوع من الأذى الذي يؤدي إلى موتها أو تلفها ، فإن خلايا المركز الهاجع تكون قادرة على تجديدها . ويتم إنجاز هذا التجديد في نبات الذرة الصفراء في غضون ٣٦ ساعة وبدرجة ٢٨مْ . كما يحافظ المركز الهاجع على المنطقة المرستيمية المحيطة به ، حيث يعمل على تجديدها إذا ماتعرضت إلى أي أذى .

وهذا مايدعو إلى الإعتقاد بأنّ نشاط هذه الخلايا للمركز الهاجع مثبط فقط ، وأنّ هذا التثبيط مرتبط بنشاط الخلايا الأصلية المحيطة بها ، فما أنّ ينعدم هذا النشاط للخلايا المحيطية أو يتناقص حتى يزول تثبيط الخلايا المركزية ، كما لو أنّ النشاط الشديد للخلايا المحيطية مسؤول عن بقاء خلايا المركز في حالة من الراحة . وبالفعل ، بيّن Darlow (1974 - 1975) أنّ نزع القلنسوة يؤدي إلى تحريض خلايا المركز الهاجع وبخاصة المتاخمة لمنطقة الجرح ، على الإنقسام النشيط الذي ينتج عنه في النهاية تجديد القلنسوة . ولكن ما أن يتم إنجاز هذا التجديد حتى يتناقص نشاط هذه الخلايا ، فيظهر المركز الهاجع من جديد .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وهكذا نرى أن تناقص نشاط الخلايا المحيطية يزيد من نشاط خلايا المركز الهاجع ، كما لو أنّ هذه الخلايا النشيطة هي التي تثبط انقسام خلايا المركز . ولتفسير ذلك قُدمت الفرضيتان التاليتان :

- يرى أصحاب الفرضية الأولى ، أنّ الخلايا المحيطية (الأصلية) تُفرز مثبطات للنمو والتي تصبح ، إذا ماتجاوز تركيزها الدرجة الفضلى ، مثبطة للإنقسام أيضاً ، كالسيتوكينينات مثلاً Cytokinines . وبالفعل ، وجد كل من Torrey (1972) و Feldaman (1972) أنّ مركز اصطناع هذه الهرمونات إنما هو الجذر ، وأنه يمكن أن تتجمع في المركز الهاجع بدرجة فوق الفضلى .

- أما الفرضية الثانية فتعود إلى العالم Clowes (1976) ، المعلم الأول في مرستيم الجذر، والذي يرى أن هذا التثبيط هو نتيجة حتمية للضغط الميكانيكي الناتج عن نمو الخلايا الأصلية وتقسمها وكذلك عن الخلايا البنات المتولدة عنها مباشرة ، والتي تحيط بالمركز الهاجع إحاطة تامة . وهذا مايؤدي إلى تثبيط إنقسام خلايا المركز .

وتجدر الإشارة أنه لايوجد ، حتى الآن ، أي برهان قاطع على صحة هذه الفرضية أو تلك .

الأهمية البيولوجية للمركز الهاجع :

إنّ الإنقسامات النادرة لخلايا المركز الهاجع تقلل من احتمال وقوع الأخطاء الوراثية أثناء نسخ الـ DNA وتضاعف الصبغيات في هذه الخلايا . كما أنّ هجوع هذه الخلايا وخمولها يجعلها أقل تأثراً أو إحساساً بقساوة الوسط .

ويسمح بتحديد الخلايا المحيطة بها بشكل منتظم ، تلك الخلايا التي أطلق عليها Clowes والناطقون بالانكليزية اسم الخلايا الأصلية خطأ ، والتي ماهي في الحقيقة إلا خلايا دخلت في طور الإنقسام النشيط . فالخلايا الأصلية الحقيقية هي خلايا المركز الهاجع بالذات، لأنه ما أنْ يختفي هذا المركز بشكل دائم حتى تصبح المحافظة على النمو غير المحدود للجذر مستحيلة (كما في الجذور القصيرة والطويلة) . ولذلك ، فإن المركز الهاجع يشبه (كما سنرى فيما بعد) المرستيم المترقب لقمة الساق تماماً .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

جـ ـ ضبط تشكل النسج :

تتشكل القلنسوة من نشاط الخلايا الأصلية المتاخمة للوجه السفلي للمركز الهاجع ، والتي تُعرف بمرستيم الترميم والصيانة (الشكل ٣٦) ، الذي يجدد خلايا القلنسوة ويعمل على ترميم المتوسف منها . ويعتبر هذا الترميم ضرورياً ، لأن الخلايا الخارجية للقلنسوة ، التي تفرز كمية غزيرة من السكريات المتعددة ، التي تسهل انزلاق الجذر وانسيابه بين ذرات التربة ، تتآكل ثم تتوسف . بينما تبقى الخلايا الداخلية (المركزية) كبيرة الحجم ، قليلة الفجوات وغزيرة بالصانعات النشوية الضخمة ، وتكوّن مايُعرف بالمركز الحسي تجاه الجاذبية الأرضية .

أمّا الخلايا الأصلية الواقعة في الجهة العلوية من المركز الهاجع (أو الأصالات المولدة لجسم الجذر) ، فتعطي كل الخلايا الضرورية لتشكل النسج المختلفة للجذر (طبقة الأوبار الماصة والقشرة) . في حين تنشأ النسج الناقلة الإبتدائية عن نشاط طليعة الكامبيوم التي تكون خلاياها مشابهة للأصالات المولدة لجسم الجذر من حيث نشاطها التقسمي والمدة القصيرة للدارة الخلوية ، ولكنها ضيقة ومتطاولة في إتجاه محور الجذر . فخلايا الطبقة الخارجية من طليعة الكامبيوم تتوقف عن الإنقسام في الطور G_1 لتكوّن المحيط الدائر ، ولكنها تبقى محتفظة بقدرتها على استئناف الإنقسام النشيط لدى تشكل الجذور الجانبية بينما تتشكل النسج الناقلة من الطبقات المتبقية من طليعة الكامبيوم .

لقد حاول عدد من الباحثين ، منذ بداية هذا القرن ، دراسة النسج الناقلة وضبط تشكلها . ويبدو أنّ تصميم المخطط الهندسي لهذه النسج يتم إنجازه في مرحلة مبكرة جداً ، فالإسطوانة المركزية تكون بتماس مع أصالات جسم الجذر تقريباً ، وتظهر أول إشارة نسيجية لتشكل الأوعية الخشبية على مسافة ٧٠ ـ ٨٠ ميكروناً من ذروة المركز الهاجع ، بينما تظهر الأنابيب الغربالية على بعد 170 - 230 ميكروناً (Luxova , 1975) . فهذا المخطط يصمم ، إذن ، في مستوى المرستيم ، وكان السبق في هذا التصور للباحث Torrey الذي أشار إلى ذلك منذ زمن طويل .

إنّ عدد الحزم الناقلة في الجذر ثابت في كثير من الأنواع النباتية وبخاصة ثنائيات الفلقة منها . والسؤال الذي يطرح نفسه ، ماهي العوامل التي تضبط تشكل هذه الحزم وعددها ؟

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أي التي تتحكم بتصميم مخططها الهندسي ؟

ويعتقد فريق من الباحثين (ومنهم Esau 1965) أنّ هذا المخطط يتم إنجازه بتحريض من النسج الناقلة الموجودة مسبقاً في الجذر (النسج الكبيرة العمر) ، عن طريق بعض العوامل التي تفرزها .

بينما يرى فريق آخر أنّ مرستيم الجذر الذي يتصف بأداء وظائفه بشكل ذاتي ، هو الذي يضبط تمايز الخلايا التي ينتجها إلى نسج مختلفة .

ويعتقد فريق ثالث من الباحثين ، أمثال Bunning (1952) , Torrey (1955) ، أن تصميم هذا المخطط وتحديده يتم من قبل مرستيم الجذر بالذات ولكن بمشاركة بعض العوامل المحرضة القادمة من النسج الأكبر عمراً .

أمّا العالم Wardlaw (1928) فقد لاحظ وجود علاقة طردية بين قطر الإسطوانة المركزية وعدد الحزم الناقلة . وهذا مايتفق مع الفرضية القائلة بوجود علاقة بين القامة ـ والبنية Corrélation taille - structure . ويرى Torrey (1955) أنه لايكون لهذه العلاقة بين القامة ـ والبنية تأثير إلا في مستوى المرستيم بالذات ، لأن إنجاز المخطط الوعائي يتم في مرحلة مبكرة جداً ، وحسب رأيه ، فإن تحديد هذا المخطط يتم تحت إشراف عامل مايزال مجهولاً ، ويؤثر أيضاً في إنقسام الخلايا الناتجة عن هذا المرستيم وإتساعها .

ويوضح Torrey بين عامي (١٩٥٧ ـ ١٩٦٣) أنّ بعض المواد الكيميائية أو هرمونات النمو (AIA و K) تستطيع أن تلعب دوراً ما في مستوى التأثيرات المتبادلة المسؤولة عن تصميم المخطط الوعائي . ومن المحتمل ، إذن ، أن يكون تأثير النسج الأكبر عمراً عن طريق هرمونات النمو . فقد لاحظ لدى قطع جذور نبات البازيلياء وزرعها في الزجاج بعد إستئصال قممها ، تحديد قمم أخرى لهذه الجذور ، يكون عدد الحزم الناقلة فيها متغيراً تبعاً لتغير الوسط . فيتشكل بوجود الأوكسين ٦ حزم ، ويطرأ على هذه الجذور ، لدى نقلها إلى وسط لايحتوي على الأوكسين ، تبدل تدريجي في بنيتها وتميل نحو البنية البسيطة المشابهة للبنية في الحالة الطبيعية حيث يكون عدد الحزم ٣ .

كما تبين من التجارب التي أجراها Najad واستاذه Neville (1973) على جذور نبات الكاكاو ، والتي تقوم على استئصال إحدى الفلقتين ، أو عزلها بوساطة حز أفقي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يشمل نصف ثخانة السويقة الواقعة تحت إحدى الفلقتين ، أنّ للفلقتين دوراً أساسياً في تحديد عدد الحزم في الجذر ، وأنّ تأثيرهما لايظهر إلا في مرحلة مبكرة جداً من الأيام الأولى التي تلي الإنتاش ، أي في الفترة التي تستهلك فيها مدخراتهما الغذائية في تغذية الأعضاء الأخرى ، وأنّ هذا التأثير يكون عن طريق الأوكسين الذي يتم اصطناعه في الفلقتين وينتقل منهما بواسطة النسج الناقلة نحو الجذر . ويدعم إتجاه انتقال الأوكسين في الجذر هذا الإحتمال .

تم من الملخص رقم ⑥

ويرى هذان الباحثان أنّ مرستيم الجذر ماهو إلا منفذ للمعلومات والتأثيرات التي يتلقاها من الفلقتين . وينبغي ، حتى يستطيع تنفيذ هذه المعلومات ، أن يكون في حالة من النشاط والنمو وذلك في اللحظة التي يتلقى فيها هذه الأوامر ذاتها . فقد تبيّن أن وقف نمو المرستيم ، عن طريق صبه في قالب من الجبصين وذلك خلال الفترة التي تؤثر فيها الفلقتان ، يؤدي إلى عدم ظهور تأثيرهما المحدد لعدد الحزم بعد تحرير المرستيم من الجبصين أي بعد تجاوز الفترة التي تؤثر فيها الفلقتان .

ويفترض Bunning أن النسج المرستيمية التي ستعطي النسج الناقلة تمارس تأثيراً مثبطاً على الخلايا المجاورة لها ، فتمنعها من التمايز باتجاه مماثل لتمايزها الخاص . وهذا مايفسر انفصال الحزم الناقلة عن بعضها بمسافات منتظمة .

وهكذا ، نرى أنّ هذه النتائج ، وعلى الرغم من تعددها وتنوعها ، لاتؤكد بشكل قاطع فرضية Torrey التي تعزو ضبط البنية الوعائية إلى مرستيم الجذر ذاته . كما أنّ النتائج التي أمكن التوصل إليها والمتعلقة بالساق ، تجعلنا نتعامل مع هذه المعطيات بحذر . وتفترض هذه النتائج (كما سنرى فيما بعد) أنّ المخطط الهندسي للنسج الناقلة وبخاصة التوضع الحلقي للعناصر الناقلة الإبتدائية واتجاه تمايزها ، لايعتمد على النسج التحتية (أي الواقعة أسفل المرستيم) ، ولا على المرستيم الساقي الواقع في الأعلى . ويبدو ، أنه تعبير أو نتيجة لساحة متدرجة عرضية تبدأ من السطح الحر باتجاه المركز (Neville , 1968) . وهذا مايتفق مع فرضية Warren Wilson (1961) التي تفسر تحديد الكامبيوم بعد قطع السلامية طولياً إلى شطرين.

وتقدم لنا الأبحاث الحديثة لكل من Torrey و Feldman نتائج في غاية الأهمية :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يؤدي حذف السكر من الوسط الذي تُزرع فيه جذور الذرة الصفراء مخبرياً إلى تناقص ملحوظ في حجم المركز الهاجع ، ثم يعود هذا الحجم إلى التزايد لدى إضافة السكر من جديد . وتترافق هذه التغيرات في الحجم بتغيرات موازية في عدد الحزم الناقلة .

ويستنتج هذان الباحثان أنّ مساحة أو سطح المركز الهاجع تعمل على تحديد عدد الخلايا الأصلية المولدة للجذر وضبطها ، وتقوم هذه الخلايا بدورها بتصميم المخطط الهندسي للنسج الناقلة وتحديده بشكل مباشر . إنّ هذه النتيجة الهامة تبين ، إضافة إلى ذلك ، الدور المنظم الذي تقوم به المواد الغذائية كالسكر مثلاً ، في ضبط تشكل النسج .

وهذا مايفسر ميل الجذر ، أثناء تنامي النبات ، إلى زيادة عدد الحزم الناقلة أو نقصانه في هذه اللحظة أو تلك . وذلك تبعاً لشروط الاستقلاب العام للنبات (Torrey et Walace , 1975) .

كما تبين في جذور نبات لبلاب الحقول أيضاً ، أنّ عدد الحزم يتوقف على طول القطعة المقطوعة من الجذر والمزروعة في الزجاج . ويتراوح هذا العدد بين ٢ ــ ٥ حزم . ويبدو أن تأثير القطعة يكون مرتبطاً بكمية المواد الموجودة فيها .

٢ ـ المرستيم الإبتدائي الساقي Méristème primaire caulinaire :

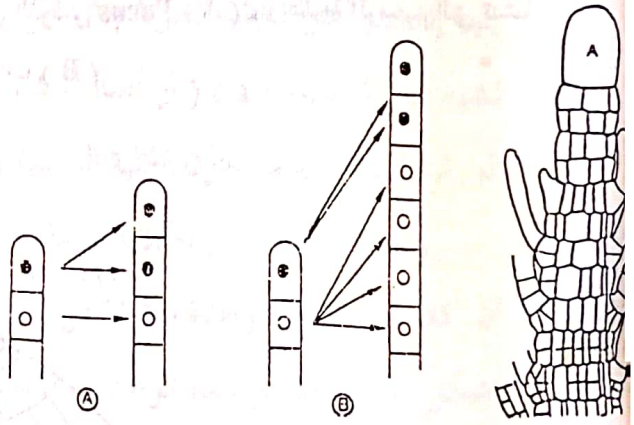
يُعد التنوع الحالي للأشكال النباتية نتيجة حتمية لما طرأ على بنية المرستيم الإبتدائي ، أثناء مسيرة النشوء والتطور ، من تنوع وتعقيد مضطردين . فقد قامت استراتيجية التطور في البداية ، على حصر النشاط التقسمي الذي يحقق تنامي المتعضية ، في الخلية القمية فقط . ثم الميل إلى الحد من نشاط هذه الخلية تدريجياً ونقله إلى الخلايا المتاخمة لها والمحيطة بها . فتميزت هذه الخلية بديمومتها وبنشاطها التقسمي المستقطب (اتجاه الإنقسامات يكون عمودياً على محور المتعضية) الذي ينتج كل الخلايا المكوّنة للمتعضية أو لجزء منها . ولذلك تعتبر الخلية القمية كأصلٍ تشتق منه الخلايا الأخرى كلها ، وهذا سبب تسميتها الخلية الأصلية Cellule initiale .

٢ ـ ١ ـ وتمثل الأشنيات الخيطية الحالة الأكثر بساطة ، حيث تقتصر الإنقسامات على الخلية القمية الأصلية ، فتبنى المتعضية من مشتقات هذه الخلية فقط أو الخلايا البنات

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

التي لاتنقسم أبداً (الشكل ٣٧ ، A) .

إنّ أول تعقيد طرأ على هذه البنية البسيطة هو اكتساب الخلية البنت المشتقة من الخلية الأصلية مباشرة القدرة على الإنقسام ونقل هذه القدرة إلى خلفها التي ستصبح أصلاً لمجموعة خلوية . وهكذا تم نقل جزئي للنشاط الخلوي المولد لمجموع الخلايا المكونة للنبات من الخلية القمية إلى مشتقاتها (الشكل ٣٧ ، B) . ونميّز هنا بين نمطين من النشاط : نشاط الخلية الأصلية (أي تشكل الخلايا البنات المشتقة عنها مباشرة) ، ونشاط كل خلية من الخلايا البنات (أي تكوين المجموعات الخلوية) . ويبقى الخيط بسيطاً إذا ماحافظت هذه الخلايا على تقسمها في الإتجاه نفسه (الشكل ٣٧ ، B) ، بينما يصبح متعدداً أو مركباً لدى اكتساب هذه الخلايا البنات القدرة على الإنقسام في مستويات أخرى (الشكل ٣٧ ، C) ، وتتحرر الخلية الأصلية القمية من أي ضغط ميكانيكي ممايساعدها على النمو.

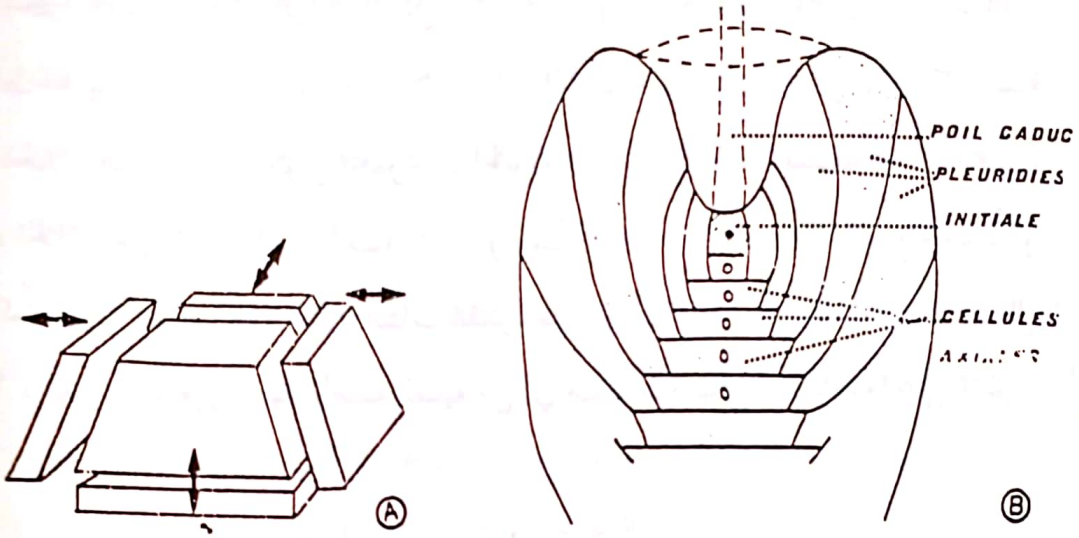


الشكل (٣٧) ـ تشكل متعضية خيطية الشكل .
A ـ عن طريق إنقسام الخلية القمية فقط .
B ـ عن طريق إنقسام القمية ومشتقاتها .
C ـ خيط متعدد الصفوف أو مركب ناتج عن نشاط الخلايا المشتقة من الخلية الأصلية (A) ، والتي تكون انقساماتها عمودية وموازية للمحور (٢ : فروع جانبية) .

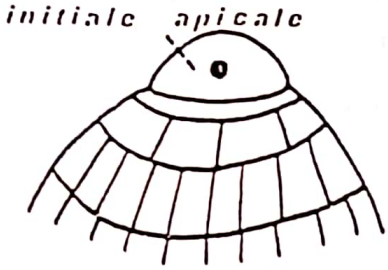
ويُعد تقسم الخلية الأصلية تبعاً لعدة وجوه مرحلة تطورية متقدمة . فقد تأخذ هذه الخلية شكل متوازي مستطيلات كما في أشنة الفوقس مثلاً (الشكل ٣٨ ، A) التي تنقسم حسب وجوهها الجانبية والوجه القاعدي ، فتتكون مجموعة صغيرة من الخلايا التي تنقسم

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بشكل متكرر مما يؤدي إلى تشكل منطقة (بسماكة ٣٠٠ ميكرون تقريباً) من الخلايا الصغيرة تدعى طليعة المرستيم **Proméristème** (الشكل ٣٨ ، B) والتي تليها مباشرة منطقة التمايز حيث تستطيل الخلايا ، وتتمايز لتعطي القشرة والمخ ... أو تأخذ شكلاً عديسياً كما في أشنة **Dictyota** (الشكل ٣٩) .



(الشكل ٣٨) - رسم تخطيطي للخلية القمية الأصلية في الفوقس **Fucus** (A) ، ولطليعة المرستيم التي تنشأ عن الخلايا البنات (B) .



DICTYOTA
DICHOTOMA

(الشكل ٣٩) - رسم تخطيطي للخلية القمية الأصلية في **Dictyota** والتي تكون عدسية الشكل .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٢ ـ ٢ ـ أمّا في البريويات Bryophytes ، فتوجد خلية قمية أصلية هرمية الشكل ، كبيرة الحجم (50 ميكروناً طولاً و 16 ميكروناً عرضاً) ، وتتميز بخصائصها الخلوية التي تبدو مرستيمية (نواة ضخمة ، نوية كبيرة وحسيمات ريبية متعددة) ومتمايزة في آن واحد (فجوات كبيرة ، والصانعات الخضراء تحتوي على النشاء) . في حين تكون الخلايا المحيطة بها أكثر مرستيمية (ارتفاع النسبة نواة / سيتوبلاسما ، فجوات ضامرة ، وغزارة الـ RNA في السيتوبلاسما) . ونادراً ما تشاهد هذه الخلية القمية في حالة إنقسام ، وقد أمكن ، في عدد من الأنواع ، تقدير سرعة إنقسامها ، حيث تنقسم مرة واحدة كل ٣٦٠ ساعة في النوع Polytrichum formosum ، أو كل ٣ أيام في أنواع أخرى وحتى كل ٣٦ ساعة .

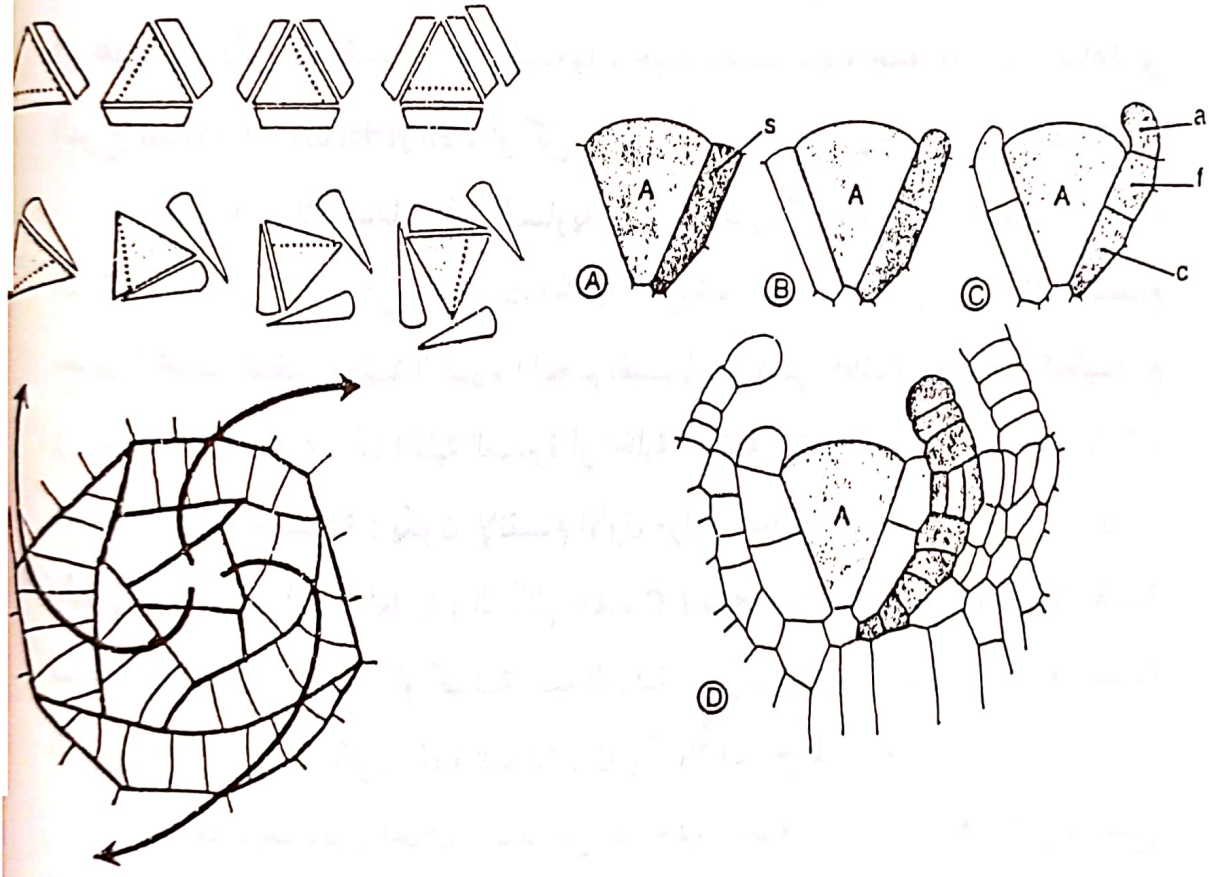
وتكرر هذه الإنقسامات غير المتساوية بإنتظام حسب كل وجه من وجوهها الجانبية الثلاثة ، وهذا ما يميزها عن إنقسامات الخلايا المجاورة لها . وتنتقل الهيولى قبل كل إنقسام جانبياً بحيث تتلقى الخلية الكبيرة الحجم الهيولى الأكثر كثافة ، فتبقى كخلية أم (الشكل ٤٠ ، A) ، أما الخلية الصغيرة أو الخلية الجانبية (S) ذات الفجوات الصغيرة ، فتأخذ بالإنقسام بسرعة : يكون الإنقسام الأول موازياً لسطح العضو (الشكل ٤٠ ، B)، يليه إنقسام آخر للخلية العلوية (الشكل ٤٠ ، C) ينتج عنه ، من جهة ، الخلية القمية لشبه الورقة المقبلة (a) (أو أصالة شبه الورقة) ، ومن جهة أخرى ، أصالة القطعة الورقية (f) ، بينما تكون الخلية السفلية (C) أصلاً للنسج المركزية .

وإذا ما تابعنا مصير الخلايا المشتقة من كل خلية جانبية (الشكل ٤٠ ، D) لاتضح أن كلاً منها يشكل وحدة مكونة من شبه ورقة وقطعة ورقية وجزء من الساق . ويقابل تشكل كل وحدة من هذه الوحدات إنقسام واحد فقط للخلية القمية .

وهكذا نرى أن الأوراق كلها تُشتق من نشاط هذه الخلية القمية الأصلية . ولذلك فإن هذه الأخيرة تلعب دوراً أساسياً في تحديد توضع الأوراق على الساق وتوزعها في الفراغ على نحو تلتقط فيه كل ورقة أكبر كمية من الضوء . وبالفعل ، فقد تبين وجود طرائق متنوعة لنشاط هذه الخلية ، ينتج عنها التنوع الملاحظ في توضع الأوراق على طول الساق : فغالباً ماتبدو متوضعة حسب ثلاثة لوالب (الشكل ٤١ ، C) ، ونادراً حسب صفين فقط كما في Fissidens ، فهذا النمط يتطلب وجود خلية قمية أصلية وثنائية الشكل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

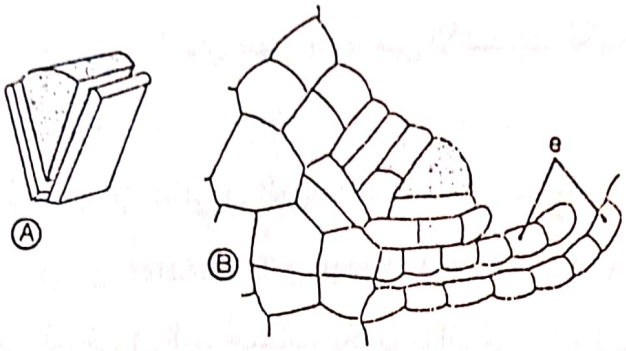
(أو على شكل الزاوية) ، التي نادراً ماتتشكل في الطحالب المنتصبة القامة ، بينما تسود في الكبديات المستلقية على الأرض . فتنقسم ، عندئذ ، هذه الخلية الوتدية الشكل أولاً حسب وجهها العلوي ثم حسب وجهها السفلي بشكل متناوب . مكوّنة بذلك نمطين من الخلايا الجانبية : فمشتقات العلوية منها تتنامى إلى نسيج برنشيمي يخضوري ، في حين تتمايز مشتقات الخلية السفلية إلى برنشيم إدخاري وأشباه جذور وحراشف الشكل (٤٢) .



الشكل (٤٠) ـ طرق إنقسام الخلية الجانبية ومشتقاتها في الطحالب .
(A : الخلية القمية ، s : الخلية الجانبية ، a : أصالة شبه الورقة ، f : أصالة القطعة الورقية ، c : أصالة النسج المركزية .

(الشكل ٤١) ـ طرق إنقسام الخلية القمية وتوضع الأوراق في الطحالب .
A : انقسام موازي لسطح الخلية القمية ينتج عنه توضع الأوراق في ثلاثة صفوف طويلة . B : انقسام بزاوية ٢٠ درجة تقريباً مع السطح يؤدي إلى توضع الأوراق في لولب واحد . C : مقطع عرضي في مستوى قاعدة الخلية القمية يوضح توضع القطع الورقية في ٣ لوالب .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل (٤٢) ـ الخلية القمية الوتدية الشكل في الكبديات ، وطرق انقسامها حسب الوجه العلوي ثم الوجه السفلي بالتناوب (A) وتشكل المشرة بدءاً من مشتقاتها (B) (e : حرشفة) .

وتدل الخلايا القميـة على الطريق التطوريـة التي ميزت المتعضيات الخيطية بالنمو الطولي. كما تطورت الصفات الخاصة بهذه الخلايا القمية على نحو رائع في البريويات وفي بعض الأشنيات البحرية الكبيرة القامة . فقد تميزت هذه الخلايا عن الخلايا الأخرى للمتعضية ليس فقط بضخامتها وقطبيتها ، وإنما باكتسابها لوظائف أخرى أيضاً . فكثرة الواصلات الهيولية **Plasmodesmes** ، التي تربطها بالخلايا المحيطة بها ، وتجعلها على إتصال دائم معها ، تشير إلى أهمية التبادلات بينها وبين تلك الخلايا : فإنتقال نواتج الإستقلاب والهرمونات والأنزيمات ، يكون دون شك ، على علاقة مع الدور المنظم الذي تلعبه هذه الخلايا في ضبط تشكل المتعضية .

فبينما يُبنى النبات من الإنقسامات المتكررة للخلايا البنات (أو الخلايا الجانبية) الناتجة عن نشاط الخلية القمية ، فإنّ هذه الأخيرة لاتنقسم إلا نادراً ، مما يؤدي إلى خفض معدل تضاعف الـ DNA في نواة الخلية القمية ، وبالتالي الحد من أخطار التبدل الذي يمكن أن يطرأ على بنية هذه الجزيئة وهذا ماسيحفظ الذخيرة الوراثية .

وهكذا نرى أنّ الظاهرة الأساسية التي برزت في الأشنيات الكبيرة وفي البريويات ، هي نقل إمكانية الإنقسام من الخلية الأصلية إلى معظم الخلايا البنات الناتجة عن نشاطها . والتي تكوّن ، منذتلك اللحظة ، مرستيماً حقيقياً . فالإستطالة لم تعد مقتصرة على تلك

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الخلية القمية فقط ، وإنما شملت الخلايا الناتجة عنها أيضاً . وتبدو هذه الإستراتيجية التي تقوم على نقل النشاط التقسيمي ، الذي ظهر بدءاً من الأشنيات الكبيرة والبريويات ، أكثر وضوحاً في النباتات الوعائية .

٢ ـ ٣ ـ المرستيم الإبتدائي في التريديات وتشكل النسج :

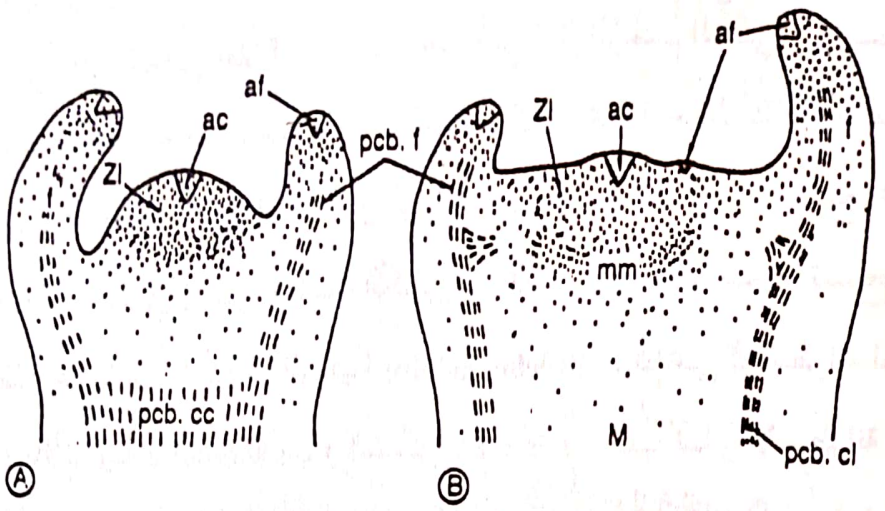
لقد لاحظ كل من Hofmeister و Naegli (١٨٤٥ ، ١٨٥١) ، منذ قرن ونيف، أنّ المرستيم القمي الساقي في السرخسيات يكون مولفاً من خلية قمية ، كبيرة القد ، هرمية الشكل ، يحيط بها مجموعة من الخلايا الجانبية المشتقة من نشاطها مباشرة . ويطرأ على هذا المرستيم تبدلات عميقة وذلك تبعاً لعمره كما في نبات Pteris crética . ويظهر على المقطع الطولي للقمة الفتية (الشكل ٤٣ ، A) الخلية القمية التي تتميز عن الخلايا الجانبية بفجواتها الكبيرة نسبياً ، وبالهيولى القليلة الكثافة أو اللزوجة ، كما يكون الطور G_2 من الدارة الخلوية طويلاً . بينما تظهر الخلايا الجانبية كثيفة الهيولى قصيرة الدارة الخلوية ، وتساهم بفعالية في تشكل نسج الساق وأوراقه .

وتأخذ احدى خلايا الطبقة السطحية ، الواقعة على بعد معين من الخلية القمية ، بالنمو فيزداد حجمها ، كما يصبح شكلها هرمياً تقريباً ، فتشكل مايُعرف بالأصالة الورقية Initiale foliaire التي ستعطي البداءة الورقية Ébauche foliaire . بينما تتمايز خلايا الطبقة السطحية ، الواقعة بين البداءات الورقية المتتالية ، إلى بشرة للساق . وتستطيل الخلايا المرستيمية المركزية تدريجياً مع المحافظة على لزوجة الهيولى وكثافتها مكوّنة طليعة الكامبيوم Procambium . وتأخذ بعض الصفوف من خلايا طليعة الكامبيوم بالتفرع جانبياً نحو البداءات الورقية مشكلة مايُعرف بالأثر الورقي Traces foliaires (أو أصالات العروق الورقية) التي تعد أصلاً للعروق الورقية المقبلة . وتشكل الطبقة الخارجية من اسطوانة طليعة الكامبيوم المحيط الدائر ، الذي تتناوب خلاياه مع خلايا الأدمة الباطنة (آخر طبقة داخلية من القشرة) .

كما يتمايز الخشب في مركز اسطوانة طليعة الكامبيوم ، بينما يتمايز اللحاء جانبياً . ويكوّن مجموع النسج الناقلة للساق ما يعرف بالإسطوانة المركزية أو Stèle .

إنّ التوضع المركزي للخشب المحاط باللحاء يشكل النمط الأكثر بساطة وبدائية أو

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



(الشكل ٤٣) - رسم تخطيطي لمقطعين طوليين في قمة الفارع لنبات Pteris cretica .

A - قمة فتية جداً فيها : الخلية القمية الأصلية (ac) وخلايا المنطقة الجانبية والأوراق الفتية جداً بما فيها الخلايا القمية الورقية (af) في حالة إنقسام نشيط . بينما تكون الخلايا الواقعة أسفل القمة اقل نشاطاً . وفجواتها كبيرة وستتحول إلى طليعة الكامبيوم الساقي المركزي (pcb . cc) التي سترتبط بها مباشرة طليعة الكامبيوم الورقي (pcb . f) .

B - قمة أكبرعمراً فيها : الخلية القمية غير نشيطة ، ويوجد على يمينها خلية قمية ورقية فتية تبشر ببداية تشكل ورقة جديدة (af) ، كما يوجد أسفل القمة منطقة مرستيمية (mm) ستعطي البرنشيم المخي (M) . وتكون طليعة الكامبيوم الورقي واقعة على امتداد طليعة الكامبيوم الساقي الجانبي (pcb . cl) .

مايعرف بطليعة الإسطوانة المركزية أو الإسطوانة المركزية الأولية Protostèle (الشكل ٤٤ ، A) ، التي تشاهد في النباتات الوعائية الأولية .

ويتناقص نشاط الخلية القمية ، بعد تشكل بعض الأوراق ، تناقصاً ملحوظاً ، على الرغم من استمرار تركيب الـ DNA لبعض الوقت . وتصبح القمة البالغة لهذا النبات مؤلفة من خلية قمية متوقفة في الطور G_2 ومتعددة الصيغة الصبغية غالباً . ومن مرستيم جانبي مولد للنسج (الشكل ٤٣ ، B) . فتطول مدة الدارة الخلوية ، كما يتباطأ تشكل الأوراق. أمّا الخلية القمية ، وعلى الرغم من توقفها عن الإنقسام أو ندرة تقسمها ، فإنها تبقى ، دون أدنى شك ، محتفظة بدورها المنظم . فإرتفاع كمية الـ RNA ، وزيادة عدد الواصلات الهيولية التي تربطها مع الخلايا المجاورة تؤكد صحة ذلك . كما يطرأ تبدل هام

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

على الخلايا المركزية للقمة بحيث تتوقف عن التنامي إلى طليعة كامبيوم . فتبدأ بالإنقسام عمودياً على المحور لتعطي خلايا البرنشيم المخي فهي تمثل المرستيم المخي . وتصبح طليعة الكامبيوم ، عندئذ ، جانبية ، فتكوّن اسطوانة مركزية مجوفة تحيط بالمخ إحاطة تامة . وتنفصل ، لدى تشكل الأوراق ، الآثار الورقية عن طليعة الكامبيوم ، وينتج عن ذلك تشكل فتحة صغيرة في إسطوانة طليعة الكامبيوم ، تأخذ شكل نافذة صغيرة تسمح بمشاهدة المخ ، أطلق عليها اسم النافذة الورقية **Brèche foliaire** . فتدعى الإسطوانة المركزية ، عندئذ ، بالأنبوبية **Siphonostèle** (الشكل ٤٤ ، B) . كما تبدو الإسطوانة ، عندما تقترب النوافذ الورقية من بعضها ، على شكل شبكة نتيجة لتفرع الحزم الوقية منها . فتدعى بالإسطوانة المركزية الشبكية **Dictyostèle** . كما تظهر ، على المقطع العرضي ، على شكل حزر أو مجموعات متعددة من الخشب واللحاء (الشكل ٤٤ ، C) .

ويرى معظم علماء النبات والمستحاثات أنّ ظهور النوافذ الورقية يمثل مرحلة هامة من المراحل التطورية .

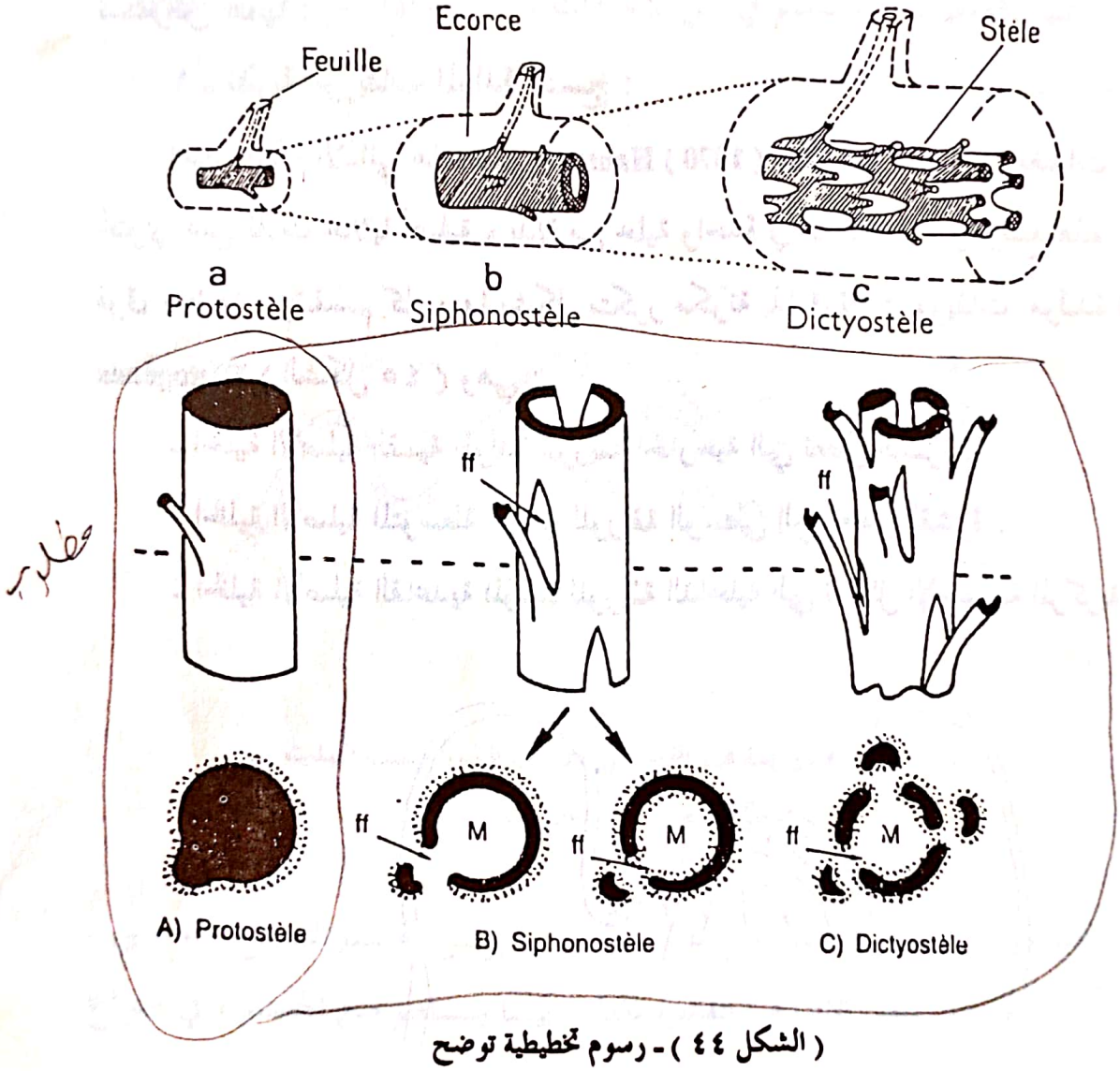
وباختصار : يتصف تنامي القمة الإعاشية (المرستيم القمي الساقي) للسرخس **Pteris cretica** بما يلي :

- فقدان الخلية القمية لنشاطها المولد للنسج تدريجياً .
- ظهور المرستيم المولد للمخ .
- تصدع الإسطوانة المركزية أو تمزقها نتيجة لإنطلاق الحزم الناقلة منها وتفرعها نحو الأوراق .

إنّ هذه الصفات والخصائص تبشر بالتعضي القمي للنباتات الزهرية . ومع ذلك ، يبقى تفرع الساق في السرخسيات تفرعاً ثنائياً أي من النمط الأولي الذي يتم عن طريق إنقسام المرستيم القمي إنقساماً ثنائياً ، والذي نادراً مايتم عن طريق البراعم العرضية . كما أنّ نمو الأوراق يكون من نمط خاص أيضاً وذلك بواسطة مرستيم قمي ورقي . فالبداءة الورقية التي تكون ملتفة على نفسها على شكل العكاز ، تأخذ بالتفتح والإنبساط بشكل تدريجي يرافقه نضج في الجزء القاعدي للنصل . ويدعى هذا النمط من الورقة بالفروند **Fronde** . وتكون هذه التحولات التي تطرأ على تعضي القمة الإعاشية ووظائفها متباينة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الوضوح تقريباً حسب أنواع السراخس . وهـذا مايفسـر التنـوع الشـكلي الـذي يصـل إلى أكثر من ١٢،٠٠٠ نوع ، كما يقدم تعليلاً لتباين وجهات نظر الباحثين الذين درسوا هـذه الأنواع المختلفة .



(الشكل ٤٤) - رسوم تخطيطية توضح

تشكل وتنامي الأنماط المختلفة للإسطوانة المركزية في التريديات : في الأعلى : المراحل المختلفة لتشكل الإسطوانة المركزية أثناء النمو .

في الوسط : منظر عام للخشب ونرى فيه بداية تشكل الأثر الورقي (ضلع الورقة) إمّا بدون نافذة ورقية أو مع نافذة ورقية (ff) .

في الأسفل : مقاطع عرضية في الانماط المختلفة للإسطوانة المركزية في مستوى الخط المنقط . ومُثل الخشب بالأسود واللحاء بالتنقيط (M : البرنشيم المخي ، A : اسطوانة أولية ، B : انبوبية ، C : شبكية) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner