بسم الله الرحمن الرحيم

# تقـــديم

بسم الله ، خالق الكون وواهب الحياة ، الذى أحسن كل شىء خلقه ثم هدى ، نقدم إلى المثقفين المهتمين بعلوم الحياة ، وطلاب الجامعات الدارسين لعلوم النبات ، فى وطننا العربى ، هذا المؤلف عن مورفولجيا وتشريح النبات.

توخينا فيه ، سهولة التعريف للشكل الظاهرى للنبات والتركيب الداخلى التشريحى لأعضائه المختلفة مع بيان أوجه الشبه والاختلاف بين أعضاء النبات المختلفة ، مع عرض سهل مبسط للأسس العلمية وتطبيقاتها على نباتات مختلفة ذات قيمة اقتصادية غالباً ، وجهدنا أن يكون ذلك كله مصحوباً برسومات توضيحية تسهل الفهم وتعين على الاستيعاب.

وفى تقديرنا أن ما بذلناه من جهد متاح ، وما إستعنا به من مراجع وتجارب وخبرة ، كفيل بأن يحقق ما هدفنا إليه من أن يجىء الكتاب وافياً بالغرض منه ، قدر الإمكان دون تقصير أو إسهاب ، معيناً لطالب العلم بغير ملل أو إرهاق.

**ولله الفضل وهو ولى التوفيق ،،،**

يناير **٢٠١١** **المؤلفان**

obeikandl.com

obeikandl.com

# مقدمة تاريخية

النباتات ذات أهمية عظمى لمختلف الحيوانات والإنسان ، فهى ضرورية لاستمرار الحياة على وجه الأرض ، إذ أنها المصدر المستمر لتزويد الهواء الجوى بالأكسوجين اللازم لتنفس معظم الكائنات الحية ، فضلاً عن ذلك فإن النباتات تعتبر مصادر الغذاء العضوى لسائر عالم الحيوان ، حيث أنها تصنع المادة العضوية الأساسية من الماء وثانى أكسيد الكربون ، وتعتبر النباتات بمادتها العضوية غذاءاً طبيعياً متنوعاً لكثير من الكائنات.

ظهرت النباتات على الأرض خلال أحقاب قديمة من الزمان - قدرها العلماء بحوالى ألف وسبعمائة مليوناً من السنين - فى صورة دنيئة وحيدة الخلية ، وبمرور الأزمان إزدادت النباتات حجماً ، وتميزت شكلاً ، تخصصت فيها الأعضاء ، فظهرت الطحالب وتبعتها نباتات حزازية وأخرى سرخسية ، وتلتها نباتات عاريات البذور. وأخيراً فى أواسط الحقبة الميسوزية ، منذ حوالى مائة وستون مليوناً من السنين ، ظهرت النباتات الزهرية التى تمثل حالياً أكبر مجموعة من نباتات الأرض، من هذه النباتات ما ظهر فائدته للإنسان وحيواناته ، فاعتنى بها وأنتخب منها أفضلها وزرعها ، فكانت منها مصادر غذائه كالقمح والأرز والفول والبطاطس والموز وأشجار المُوالح ، ومصادر كسائه كالقطن والكتان والتيل ، ومصادر وقوده وبنائه كالأشجار الخشبية ، ومصادر علاجه كالنباتات الطبية ، ومنها مّا اتخذها للمتعة والزينة ، يستمتع بجمال أزهارها وظلال أشجارها.

وكان لقدماء المصريين فضل كبير فى كشف أهمية العديد من النباتات ، فزرعوا الكثير من النباتات البرية وعرفوا القيم الطبية للكثير منها واستخدموا نبات البردى فجعلوا منه صحائفهم التى دونوا عليها تاريخهم ، ومن بقايا هذه الصحائف ،

ومما حفظوه من نباتات إلى جانب ما سجلوه كتابة ورسماً على جدران مقابرهم ومعابدهم ومسلاتهم ، تم كشف الكثير من معارفهم النباتية.

وكان للإغريق فضل كبير فى نشأة علوم النبات ، ويعتبر عهد الفيلسوف أرستطاليس Aristotle (384-322 ق.م) معلم الأسكندر الأكبر ، عهداً ذهبياً لعلوم النبات ، فقد ألف خمسة كتب عن نظرية النبات Theory of plant وكانت له نظرة علمية للأشياء فوجد علاقة بين نسبة المحتوى المائى للنبات وعمره ، وبين أن النباتات العشبية بمحتواها المائى المرتفع ذات أعمار قصيرة ، وعلل ذلك لسهولة تجمد مائها شتاءاً ، فى حين أن الأشجار بمحتواها المائى المنخفض ذات أعمار طويلة. واعتبر الأوراق والسيقان والجذور أعضاءاً نباتية ، لكل خصائصه التى تميزه وأن تلك الأعضاء ترتبط معاً فى تنسيق وتفاعل لحفظ حياة النبات الكامل. تتلمذ على أرستطاليس الفيلسوف ثيوفراستس Theophrastis (370-285 ق.م) الذى امتاز بدقته فى الملاحظة وجمع المعلومات وقدرته فى الحصول على الاستنتاجات المنطقية المعقولة. فقد شرح خطوات إنبات كثير من البذور ، وميز الجذور والسيقان والأوراق طبقاً لخصائصها الفسيولوجية ، كما فرق بين النباتات ذات السيقان غير المتفرعة وذات الأوراق المتوازية العروق والتى تعرف حالياً بذوات الفلقة الواحدة وبين النباتات ذات السيقان المتفرعة وذات الأوراق الشبكية التعريق والتى تعرف حالياً بذوات الفلقتين. ويعتبر ثيوفراستس أول من قام بمحاولة لتقسيم النباتات حيث قسمها إلى أشجار trees وشجيرات shrubs وأعشاب herbs.

فى الفترة من عهد الاسكندر الأكبر Alexander the Great (356-323 ق.م) حتى عهد أوجستس Augustus (63 ق.م - 14 م) ، كانت مدينة الإسكندرية والتى أنشأها الإسكندر الأكبر سنة 331 ق.م منارة العلم وكانت كلية ومكتبة الإسكندرية التى أنشأها بتولمى Ptolemy خلال حكمه (305-285 ق.م) معهداً أخرج العديد من علماء العصر ، جمعوا حضارات الإغريق والرومان والمصريين

القدماء وأدمجوها مع أفكار مصرية جديدة ووصلوا بذلك إلى تحليل لمشاكل العالم الطبيعية.

يعتبر النصف الثانى من القرن الأول الميلادى ، مولد نهضة علمية فى ميادين العلم المختلفة ، وكان من نبغائها العالم الرومانى بلينى Pliny (23-79 م) ويعتبر معجمه *Historia naturalis* التاريخ الطبيعى ثروة علمية كبيرة جمع فيها معلومات كبيرة عن ألفين من المراجع التى فقد معظمها. وقد كتب هذا المعجم فى سبع وثلاثين جزءاً منها ستة عشر جزءاً عن النباتات.

كان للعرب دور كبير فى ترجمة المؤلفات الأجنبية وخاصة عن الإغريق والرومان ، وكان لهم الفضل فى حفظ كثير من تلك المؤلفات المترجمة وخاصة أن أصول بعضها كان قد فقد. وقد أضاف العرب أنفسهم إلى العلماء السابقين الشيء الكثير من دراستهم ومعارفهم الخاصة. ومن مشاهير العلماء العرب الذين اهتموا بالنباتات ، جابر بن حيان (700-765م) وابن سينا (980-1037م). وكانت اهتماماتهم بالناحية الطبية تفوق اهتماماتهم الأخرى. وقد ترجمت كثير من مؤلفات العرب إلى لغات أخرى ، فمؤلف ابن سينا عن النباتات الطبية ترجم إلى اللاتينية فى القرن الثانى عشر ثم أعيد طبعه أكثر من عشرين مرة فى القرن السادس عشر ، ومؤلف ابن البيطار عن الليمون Lemons ترجم إلى اللاتينية ونشر فى البندقية عام 1583م ثم فى باريس عام 1602م.

بدأت بشائر النهضة الحديثة مع بداية القرن السابع عشر واستغرقت القرنين السابع عشر والثامن عشر فظهرت الأكاديميات العلمية وعقدت المؤتمرات العلمية وحدثت بعض الاكتشافات الهامة التى كان لها الأثر الكبير فى تفتح وتكشف كثير من حقائق العلم. خلال هذه الفترة ظهر بعض العلماء المتخصصين لدراسة النبات ثم ظهر بينهم من كرس جهده لفرع أو أكثر من فروع النبات ، ومن علماء تلك الفترة العالم الألمانى جونكين جنج Joanchin Jung (1587-1657م) الذى يعتبر من أوائل علماء النبات الذين اهتموا بدراسة مورفولوجيا النبات ، مستقلة عن دراسة

التقسيم وقد كرس جهده لدراسة مورفولوجيا النبات ، واعتقد أن الأوراق النباتية صفة مميزة لتقسيم النباتات بجانب صفات أخرى ، كما اعتبر الجذر والساق والأوراق والأزهار والثمار والبذور هى أجزاء النبات الكامل.

كان لاختراع الميكروسكوب الفضل الكبير لدراسة تشريح النبات فكان لجانسن Z. Janssen صانع أول ميكروسكوب مركب من عدستين عام 1590م وليفنهوك الهولندى A.V. Leeuwenhoek (1632-1723م) الذى طور صناعة الميكروسكوبات وتمكن من رؤية البكتيريا ، فضل كبير فى ذلك المجال ، كما كان لاختراع الميكروسكوب الالكترونى فى الثلاثينيات من القرن العشرين والذى وصلت قدرة تمييزه فى صورته الأولى عام 1938م إلى مائة انجستروم ثم تحسنت وصارت أقل من ثلاثة انجستروم حالياً ، فضل أعظم فى معرفة التركيب الدقيق للكائنات الدقيقة ولأجزاء الخلية. ومن علماء التشريح النباتى يعتبر كل من العالم الإيطالى مالبيجى M. Malpighi (1628-1694م) والعالم الانجليزى جرو N. Grew (1641-1718م) واضعا أسس علم تشريح النبات ، فقد شاهدا الخلايا النباتية واعتبراها وحدة النسيج النباتى. اكتشف مالبيجى الثغور فى الأوراق وعرف فائدتها وبين أن بالنبات أوعية مختلفة ، منها الأوعية الخشبية والأوعية اللبنية والقنوات الغدية. واهتم جرو بدراسة تشريح الأنسجة وتركيب الألياف والأوعية.

يتسم علماء القرنين التاسع عشر والعشرين بالتخصص فى دراستهم ، وذلك نتيجة لتجمع المعلومات الكثيرة وكثرة العلماء وطلاب العلم فبعد أن كان النبات علماً أصبح مجموعة من العلوم ولكل علم من هذه العلوم فروعاً مختلفة.

ويمكن تقسيم علوم النبات إلى العلوم الآتية :

1- علم الشكل الظاهرى للنبات Plant morphology ويبحث هذا العلم فى شكل النبات الظاهرى وترتيب أجزائه وعلاقة أعضاء النبات ببعضها.

2- علم تشريح النبات Plant anatomy ويبحث هذا العلم فى تركيب النبات الداخلى.

3- علم الخلية Cytology ويبحث فى تركيب وانقسام الخلية.

4- علم وظائف أعضاء النبات Plant physiology ويبحث فى النشاط الحيوى لمختلف أعضاء النبات ووظائف كل منها ، وتأثير عوامل البيئة عليها.

5- علم تقسيم النبات Plant taxonomy ويبحث فى تسمية النباتات وفى مدى قرابتها لبعضها.

6- علم بيئة النبات Plant ecology ويبحث فى علاقة النبات بالظروف البيئية التى يعيش فيها.

7- علم النباتات المتحجرة Paleobotany ويبحث فى النباتات التى كانت نامية فى الأحقاب الجيولوجية المختلفة.

8- علم أمراض النبات Phytopathology ويبحث فى الأمراض النباتية من حيث أعراضها ومسبباتها ودورات حياتها وطرق مكافحتها.

9- علم وراثة النبات Plant genetics ويدرس النظريات المختلفة لوراثة الصفات فى النبات.

10- علم تربية النباتات Plant breeding ويدرس تطبيق علم وراثة النباتات فى الحصول على سلالات نباتية جديدة تتوافر فيها مميزات وصفات وراثية مطلوبة مثل القدرة على مقاومة آفات معينة وإنتاج محصول مرتفع ذو صفات اقتصادية جيدة.

11- علم النبات الاقتصادى Economic botany ويدرس النباتات ذات الأهمية الإقتصادية وتوزيعها واستغلالها.

# الباب الأول

# الشكل العام الظاهرى لنبات زهرى

تختلف النباتات الزهرية إختلافاً كبيراً فى أشكالها وأنواعها ، ولكن يميزها جميعاً أنها تتكون من أعضاء نباتية محددة هى الجذر والساق والأوراق والأزهار ، والأخيرة ينتج عنها بعد الإخصاب والنضج ، الثمار والبذور ، وعموماً يمكن القول بأن جسم النبات الزهرى يتكون من مجموع جذرى يوجد عادة تحت سطح التربة ومجموع خضرى يوجد عادة معرضاً للهواء.

يتكون المجموع الجذرى عادة من جذر رئيسى يعرف بالجذر الابتدائى وعادة ما يكون سميكاً فى أجزائه العليا ومتدرجاً فى السمك كلما اتجه إلى أسفل ويعرف فى هذه الحالة بأنه جذر وتدى. يخرج من الجذر الابتدائى أفرع تعرف بالجذور الثانوية ، وهذه يخرج منها جذور أخرى وهكذا. وتخرج من الجذر الابتدائى وأفرعه ، قرب أطرافها شعيرات جذرية تزيد من سطح المجموع الجذرى المعرض للغذاء الأرضى.

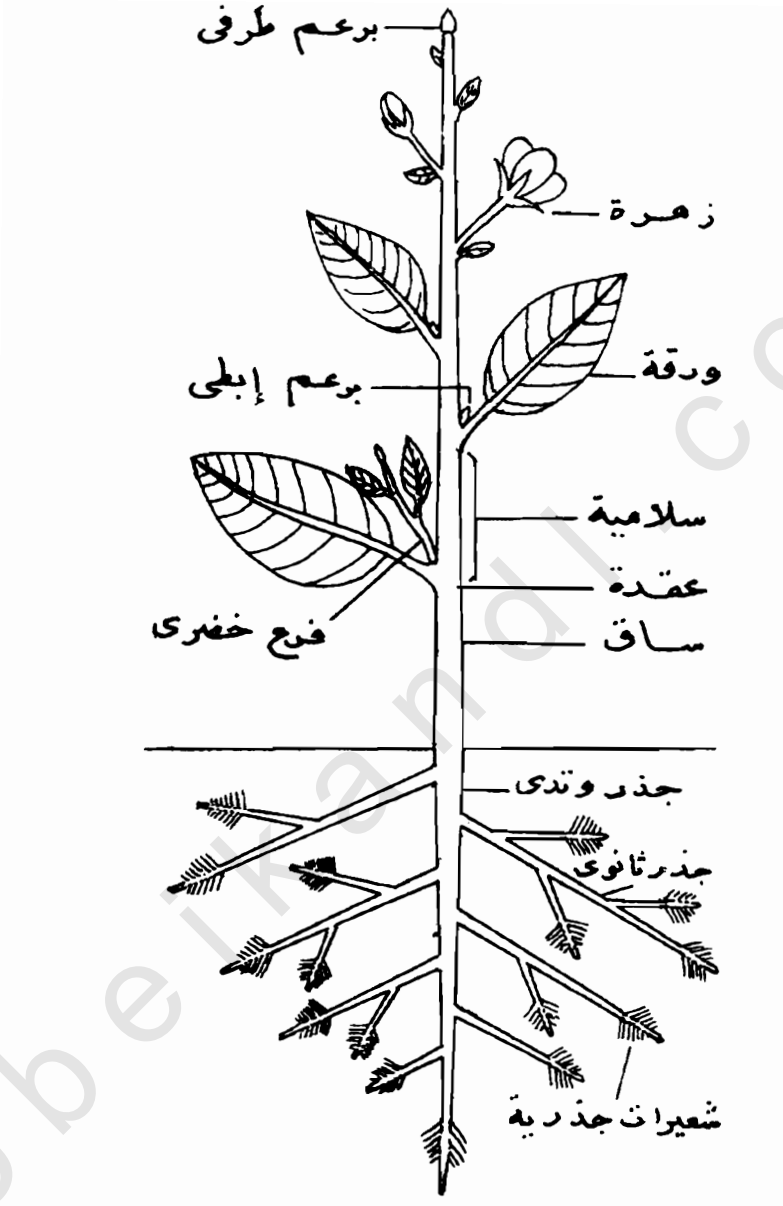
يتكون المجموع الخضرى من ساق ، غالباً ما تكون قائمة ومتفرعة ، ويحمل الساق وفروعه الأوراق والأزهار والثمار. ويعرف مكان إتصال الأوراق بالساق بالعقد nodes ، وتعرف المسافة ما بين عقدتين بالسلامية internode توجد فى آباط الأوراق براعم buds ، قد تكون خضرية فتعطى بنموها أفرعاً خضرية وقد تكون البراعم زهرية فتعطى بتكشفها أزهاراً أو نورات. كما يوجد فى قمة الساق أو الفرع برعم طرفى ، بتكشفه يزداد الساق أو الفرع فى الطول معطياً على جانبيه أوراقاً وبراعماً جانبية جديدة (شكل 1/1).

يمكن تقسيم النباتات من حيث التركيب والشكل والحجم إلى أعشاب ونباتات ذات سيقان ضعيفة وشجيرات وأشجار. فالأعشاب herbs نباتات غضة ، وأنسجتها تحتوى على نسب قليلة من نسيج الخشب ، ولا تتجاوز أطوالها عادة

المتر، ومن أمثلتها البرسيم والطماطم. النباتات ذات السيقان الضعيفة قد تكون زاحفة أو متسلقة لأن سيقانها لا تحتوى على نسبة كبيرة من نسيج الخشب وتسمى نباتات متسلقة lianas مثل العنب البرى وحبل المساكين. الشجيرات shrubs نباتات ذات سيقان خشبية قائمة طولها حوالى المترين أو أكثر قليلاً ، كثيرة التفريع وخاصة قرب سطح التربة ، ومن أمثلتها القطن والخروع والمشمش. أما الأشجار trees فهى نباتات ذات سيقان خشبية غليظة قائمة طويلة يزيد ارتفاعها عن ثلاثة أمتار مثل أشجار التوت والصفصاف والنخيل ، وقد تصل فى الطول إلى ثمانين متراً كما فى بعض أشجار السيكوايا الضخمة المنتشرة فى بعض غابات أمريكا.

وتختلف أعمار النباتات ، أى فى الزمن الذى تحتاجه لإتمام دورة حياتها وذلك من وقت إنبات بذورها حتى تكوينها لثمار وبذور ثم موتها ، فالنباتات الحولية تتم دورة حياتها خلال عام واحد ثم تجف وتموت ، وذلك كما فى القمح والفول ، وهى عادة نباتات عشبية ، تختزن معظم غذائها فى البذور.

بعض النباتات الحولية تتم دورة حياتها فى فصل واحد من العام تقريباً ، وذلك كما فى الذرة والقرع ، مثل هذه النباتات يمكن تعريفها بأنها نباتات حولية فصلية ephemerals. البعض الآخر من النباتات العشبية وذات الحولين biennials تستكمل دورة حياتها فى حوالى عامين ، فى العام الأول يستكمل النبات نموه الخضرى ويخزن الغذاء اللازم لنمو العام الثانى فى الجذور أو الدرنات أو الكورمات أو الأبصال أو غيرها من النموات المخزنة ، وفى العام التالى يحدث الإزهار ثم الإثمار وتكوين البذور ، ثم تجف وتموت ، والنباتات ذات الحولين هى نباتات عشبية عادة ومن أمثلتها البصل والجزر واللفت والبنجر والبطاطس والقلقاس والبنجر. النباتات المعمرة perennials نباتات تعيش لأكثر من عامين ومعظمها نباتات خشبية كالشجيرات والأشجار ، وقد تكون عشبية تكون سيقاناً أرضية معمرة وقد تجدد نموها الخضرى سنوياً كالنجيل والاسبرجس. وعادة تزهر وتثمر النباتات المعمرة بعد عدة سنوات من إنبات البذرة ثم تزهر وتثمر سنوياً بعد ذلك.




(شكل 1/1) : رسم توضيحى يوضح التركيب الظاهرى لنبات زهرى

النباتات الحولية وذات الحولين هى نباتات عشبية عادة وقد تكون شجيرية ولكنها لا تكون شجرية ، وهى وحيدة الحمل monocarpic ، أى أنها تزهر وتثمر مرة واحدة فى دورة حياتها ثم تموت ، أما النباتات المعمرة فمنها الأعشاب والشجيرات وجميع الأشجار ، فهى نباتات عديدة الحمل polycarpic أى أنها تزهر وتثمر مرات عديدة أثناء حياتها ، ونادراً ما يحدث خلاف ذلك ، كما فى حالة الصبار الأمريكى *Agave Americana* الذى يزهر مرة واحدة عندما يصير عمر النبات حوالى 50 سنة فيعطى نورة يصل طولها حوالى 15 متر ، تنضج النورة وتتكون البذور ويموت النبات.

ويمكن تقسيم النباتات حسب مدة حملها للأوراق الخضراء إلى نباتات مستديمة الخضرة evergreen وهى نباتات تحمل أوراقاً خضراء على مدار السنة كما فى أشجار الجميز والكافور وشجيرات البرتقال والجوافة ، ونباتات متساقطة الأوراق deciduous وهى نباتات تسقط أوراقها جميعها وتصبح عارية من الأوراق الخضراء أثناء فصل الشتاء وذلك كما فى أشجار التوت والحور والبوانسيانا وشجيرات المشمش والتين ، مع ملاحظة أن النباتات مستديمة الخضرة تسقط بعض أوراقها.

obeikandl.com

# الباب الثانى

# البـذور وإنبـاتها

## البــذور

تنشأ النباتات الزهرية عادة من إنبات البذور seed ، بعض النباتات الزهرية فقدت القدرة على إنتاج البذور ، ومثل هذه النباتات كالموز والقصب تتكاثر خضرياً.

وحديثاً أمكن إنتاج نباتات من نسيج برنشيمى أو من خلية واحدة برنشيمية ويعرف ذلك بزراعة الأنسجة tissue culture كما فى نباتات الجزر ، أو من خلية واحدة من حبة اللقاح كما فى نبات الداتورة والدخان والبلارجونيوم *Pelargonium*.

البذور هى تركيبات محكمة للتكاثر وحفظ النوع تنتج عن إخصاب بويضات ، تتكون البذرة من جنين embryo ، وغذاء يستخدمه الجنين أثناء إنباته ، وغلاف يسمى بغلاف البذرة أو القصرة testa. يتكون الجنين من جذير radicle وريشة plumule وفلقة cotyledon أو أكثر. بذور النباتات الزهرية قد تحتوى على فلقة واحدة كما فى بذور البصل والذرة والبلح ، وقد تحتوى على فلقتين كما فى بذور الفول والقطن والخروع ، وتحتوى بذور النباتات عاريات البذور على عديد من الفلقات قد تصل إلى 15 فلقة كما فى بذور الصنوبر. الفلقة عبارة عن ورقة متحورة تختلف عادة فى الشكل عن الأوراق الخضراء لنفس النبات.

يظهر نسيج الاندوسبرم endosperm ، بعد الإخصاب ، والاندوسبرم عبارة عن نسيج مغذى للجنين ، وباستمرار نمو الجنين وتغذيته على الاندوسبرم يتناقص الاندوسبرم وقد يستهلك كلية ، وفى هذه الحالة يكون الجنين كبيراً ويكون الغذاء مخزناً داخل الفلقات ، تعرف البذرة فى هذه الحالة بأنها بذور غير أندوسبرمية

exendospermic كما فى بذور الفول والترمس. قد لا يستهلك الجنين الأندوسبرم كلية أثناء تكوين البذرة ، فيتبقى جزء منه يحيط بالجنين ، وفى هذه الحالة يكون الجنين صغيراً وتعرف البذرة بأنها أندوسبرمية endospermic كما فى بذور الخروع والذرة والبصل والبلح. ويختلف نوع الغذاء المخزن باختلاف النبات ، فالغذاء المخزن بأندوسبرم القمح والشعير والذرة يتكون أساساً من مواد نشوية ، والغذاء المخزن بأندوسبرم البلح يتكون أساساً من الهيميسيليلوز ، والغذاء المخزن بأندوسبرم الخروع يتكون أساساً من الزيوت ، والغذاء المخزن بفلقتى بذرة الفول يتكون من مواد نشوية وبروتينية.

يحيط بالجنين وغذائه المخزن غلاف يسمى بالقصرة ، وقد يوجد غلاف آخر رقيق داخلى. تنشأ أغلفة البذرة من أغلفة البويضة. توجدعلى القصرة ندبة هى السرة hilum. وهى مكان إتصال البذرة بجدار الثمرة عن طريق الحبل السرى funicle . ويوجد بالقصرة ، عادة ، ثقب دقيق يعرف بالنقير micropyle ومن خلال النقير يدخل الماء إلى البذرة فى المراحل الأولى للإنبات.

تحتوى بعض البذور على بقايا نسيج النيوسيلة nucellus الذى يتغذى عليه الجنين فى المبدأ ، ويسمى الجزء المتبقى من النيوسيلة فى البذرة بالبريسيوم perisperm وذلك كما فى بذرة البنجر.

## إنبات البذور

عمليات إنبات البذور تشمل مجموع الظواهر والتغييرات التى تحدث للبذور نتيجة لنشاط الأجنة الساكنة ونموها مؤدية إلى تمزق الأغلفة البذرية وظهور النموات الجديدة وتتكون البادرات.

يبدأ الإنبات بدخول الماء إلى البذرة خلال النقير عادة ، فتتشرب أنسجة البذرة المختلفة الماء ويزداد حجمها ، وتساعد زيادة الرطوبة فى قصرة البذرة على زيادة نفاذيتها للأكسوجين وثانى أكسيد الكربون وبالتالى تزداد سرعة عملية التنفس ، كما

تؤدى زيادة الرطوبة فى أنسجة البذرة إلى زيادة نشاط الانزيمات الموجودة بالبذرة ، والتى تساعد على هضم المواد الغذائية المخزنة سواء فى الفلقات أو فى الأندوسبرم، فتفرز أجنة القمح والشعير والذرة أنزيمات الأميليز والمالتيز التى تهضم النشا المخزن فى الاندوسبرم محولة إياه إلى سكر جلوكوز ، كما يفرز جنين البلح أنزيمات الهيميسيليوليز التى تحلل الهميسيليلوز إلى سكريات عديدة. تنتقل المواد الناتجة من تحلل الغذاء المخزن ، فى صورة ذائبة إلى القمم النامية للأجنة ، وينشط تكوين الهرمونات ، فتنشط الخلايا المرستيمية وتنقسم وتنمو الأجنة.

نتيجة لنشاط الجنين ونموه وضغطه على القصرة ، تتمزق القصرة ويظهر الجذير وينمو متجهاً إلى أسفل ، ثم تنمو الريشة وتتجه فى نموها إلى أعلى. ويطلق لفظ بادرة seedling على النبات الصغير ما دام يعتمد فى غذائه على الغذاء المخزن فى البذرة ، ويستمر ذلك حتى يعتمد النبات على نفسه فى التغذية وذلك بتكوين جذور لامتصاص الماء والغذاء من التربة وتكوين أوراق خضراء تقوم بعملية التمثيل الضوئى.

يوجد نوعان من الإنبات وهما الإنبات الأرضى hypogeal germination والإنبات الهوائى epigeal germination. فى الإنبات الأرضى تستطيل السويقة الجنينية العليا epicotyl ، وهى المسافة ما بين الفلقة أو الفلقات وأول ورقة خضراء عادية ، وتنشط مبكراً ، بينما يكون نشاط السويقة الجنينية السفلى hypocotyl ، وهى المسافة ما بين الفلقة أو الفلقات والجذير ضعيفاً أو معدوماً ، ولهذا فتبقى الفلقة أو الفلقات تحت سطح التربة كما فى إنبات الفول والذرة (شكل 1/2 ، 3/2). فى الإنبات الهوائى تستطيل السويقة الجنينية السفلى بسرعة كبيرة حاملة الفلقة أو الفلقات فوق سطح التربة ، أما السويقة الجنينية العليا فيتأخر تكشفها حتى بعد ظهور الأوراق الفلقية فوق سطح التربة وذلك كما فى إنبات الخروع والبصل (شكل 2/2 ، 5/2). فى الإنبات الهوائى يخضر لون الفلقات بعد ظهورها فوق سطح التربة وتقوم بعملية التمثيل الضوئى.

## العوامل المؤثرة على إنبات البذور

وجد حديثاً أن معاملة البذور بالمركبات الهرمونية مثل الجبريللين gibberellin تساعد على سرعة إنبات كثير من الحبوب والبذور مثل حبوب القمح والذرة ، ويعتقد أن هذه المركبات تعمل على تنشيط إنزيمات الأميليز عند بدء الإنبات.

لا يحدث الإنبات فى البذور إلا بتوفر عدة عوامل أهمها ما يأتى :

**1- حيوية البذور Viability** : لا تنبت البذور إلا إذا كانت حية ، وتختلف فترة حياة البذور تبعاً لنوع النبات ونوع الظروف البيئية التى تتعرض لها البذور. تحتفظ بذور معظم المحاصيل العادية بحيويتها لمدة سنة إلى ثلاث سنوات. بعض البذور تفقد حيويتها فى ظرف أسابيع من نضجها كما فى بذور نبات الاسفندان *Acer saccharinum* ، والبعض يحتفظ بحيويته لسنين طويلة كما فى بذور بعض أنواع من نباتات الكاسيا *Cassia* spp. التى تحتفظ بحيويتها لأكثر من مائة عام.

توجد طرق عديدة للكشف على حيوية البذور منها طريقة سلوك الأجنة المفصولة ، فتنزع القصرة من البذور باحتراس ، ثم توضع الأجنة على ورقة نشاف مبلل على درجة الحرارة الملائمة ، فتنمو الأجنة الحية ولا تنمو الأجنة غير الحية وتفسد. كما يمكن الكشف على حيوية الأجنة باستخدام أنواع معينة من الأصباغ ، ومنها صبغة كلوريد التترازوليم tetrazolium chloride غير الملونة والتى تختزلها الأنسجة الحية فقط وتتلون بلون أحمر برتقالى.

**2- كمون البذور Dormancy** : كثير من البذور يمكنها الإنبات إذا توفرت جميع الظروف الملائمة ، وذلك بمجرد نضجها ، وقد يتم ذلك وهى بداخل ثمارها كما فى البسلة والبطيخ. والبعض الآخر من البذور لا يمكنها الإنبات ، إلا بعد إنقضاء فترة زمنية قد تكون قصيرة وقد تصل إلى سنين تبعاً لنوع النبات ، تعرف بفترة الكمون. وأسباب الكمون فى البذور عديدة منها عدم نفاذية القصرة للماء كما فى البرسيم ، أو شدة صلابة أغلفة البذرة التى تمنع تمدد الجنين كما فى الخردل

وعرف الديك ، أو أن أغلفة البذرة تكون غير منفذة للأكسوجين كما فى الشبيط ، أو أن الأجنة تكون غير مكتملة النضج عند انتشار البذور وتحتاج إلى فترة زمنية لنضجها كما فى بذور نباتات الأوركيد.

ويمكن كسر كمون البذور بطرق عديدة منها أن تخدش البذور وتسمى بعملية الخربشة scarification ، أو تعويض البذور بالتعاقب لدرجات حرارة منخفضة ثم مرتفعة ، أو تعريضها لضغط عالى ، أو تعامل البذوربمركبات هرمونية مثل الجبريللين.

**3- الماء** : يرجع سكون الجنين فى البذور غير النابتة إلى انخفاض نسبة تركيز الماء بها ، فالبذور الناضجة تحتوى عادة على 15% أو أقل من الماء ، ولذلك فتوفر الماء وإمتصاص البذور له يؤدى إلى زيادة الماء بداخل البذور ، أى إلى تخفيف البروتوبلازم والغذاء المخزن مما يسبب تنبيه الانزيمات التى تقوم بهضم المكونات الغذائية المخزنة وتحولها إلى صور قابلة للإمتصاص. ويمكن للبذور أن تتشرب بخار الماء من الجو المحيط كما تتشرب الماء السائل ، ولذلك تحفظ البذور فى أماكن جافة.

**4- الأكسوجين** : إزدياد النشاط الحيوى للجنين أثناء نموه يستلزم ، زيادة معدل تنفسه واستهلاكه للأكسوجين ، لهذا فإن إنبات البذور على قطن مبلل يكون أفضل من إنباتها وهى مغمورة فى الماء لقلة الأكسوجين فى الحالة الأخيرة. بعض البذور يمكنها بدء الإنبات فى غياب الأكسوجين حيث تتنفس لا هوائياً ولكنها لا تستطيع الاستمرار فى ذلك كما فى بذور البسلة.

**5- درجات الحرارة** : تختلف الحرارة الملائمة للإنبات فى البذور المختلفة ، ودرجة الحرارة المثلى لإنبات معظم البذور تتراوح ما بين 25 - 30 ° م. ومعظم البذور لا تنبت فى درجات تقل عن 5 ° م أو تزيد عن 45 ° م ويختلف المجال الحرارى للإنبات من بذرة إلى أخرى ، فحبوب القمح يمكنها الإنبات على حرارة حوالى صفر- 35 ° م والذرة من 5 - 45 ° م.

**6- الضـــوء** : لا يؤثر الضوء عادة على إنبات البذور ولكن أحياناً قد يسبب الضوء عدم إنبات البذور كما فى الفلوكس *Phlox drummondii* ، والعكس صحيح ، فنجد أن بعض البذور لا تنبت فى الظلام ولابد من وجود الضوء لإنباتها مثل بذور الدخان وبعض أنواع الخس. وقد وجد أن اللون الأحمر من الضوء هو الفعال واللازم للإنبات أما بقية ألوان الطيف الضوئى فليس لها تأثير. وقد وجد أن بهذه البذور صبغة تسمى فيتوكروم هى المسئولة عن امتصاص اللون الأحمر من الضوء وحدوث الإنبات.

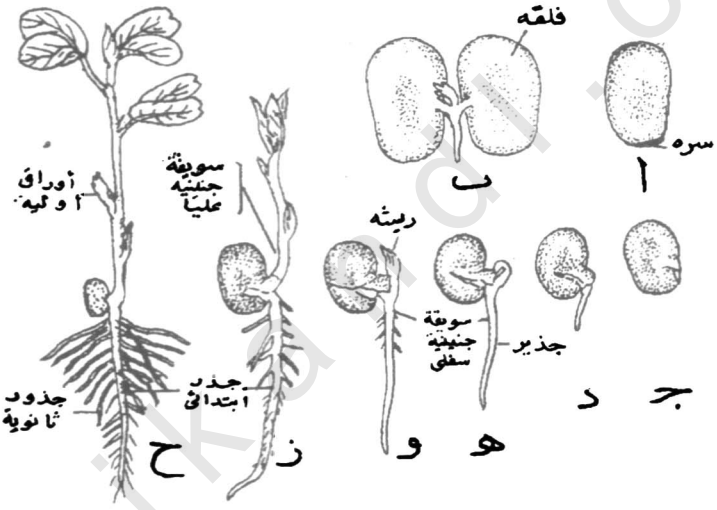
وجد أن بذور بعض أنواع نبات بتيولا *Betula* تحتاج إلى وجود نهار طويل لكى تنبت أى تحتاج إلى فترة ضوئية طويلة والعكس صحيح فى نباتات أخرى قليلة العدد مثل نبات نيموفيلا *Nemophila* حيث تحتاج إلى فترة ضوئية قصيرة للإنبات.

**7- الفطريات** : وجد أن بذور بعض أنواع من الأوركيد orchid لا تنبت إلا فى وجود فطريات معينة مثل فطر ريزوكتونيا *Rhizoctonia* ، ويعتقد أن الفطر يمد البذور بالفيتامينات اللازمة لإنباتها ، أو أنه يغير درجة حموضة البيئة إلى الدرجة الملائمة لإنبات البذور. كما وجد أن بذور نبات فرشة الملح *Atriplex confertifolia* لا تنبت إلا فى وجود فطر معين ، حيث أن الفطر يقوم بخربشة قصرة البذرة فيساعدها على الإنبات ، وتعتبر البذرة مهد وبيئة ملائمة لنمو الفطر. ويمكن إعتبار هذه أمثلة لمعيشة تعاونية بين الفطر والنبات حيث أن كل منهما يستفيد من معيشته مع الآخر.

**8- النبات العائل** : فى نبات الهالوك (شكل 13/6) لا تنبت البذور إلا إذا جاورت فى التربة نباتات تناسبها تتطفل عليها ، فإذا لم تصادف هذه النباتات فإنها تبقى ساكنة فى التربة دون أن يلحقها ضرر لمدد طويلة قد تصل إلى عشر سنوات أو أكثر، ومن الثابت أن جذور النبات العائل تفرز مركبات تنتشر فى التربة وتنبه إنبات بذور الهالوك ، وهذه حالة نادرة غير شائعة فى النباتات.

بذرة الفول *Vicia faba* بذرة مستطيلة نوعاً ، ذات فلقتين، عديمة الأندوسبرم، تتكون من جنين تغلفه قصرة جلدية مجعدة ، صفراء إلى بنية اللون ، وبأحد طرفيها ندبة سوداء مستطيلة تعرف بالسرة ، كما يوجد بقرب السرة على أحد جانبى البذرة الضيقين إنتفاخ مثلث الشكل يحدد موضع الجذير تحت القصرة ويسمى بجيب الجذير radicle pocket ٠ ويوجد بين السرة وجيب الجذير ثقب دقيق هو النقير ٠

يتكون الجنين من فلقتين ممتلئتين بالمواد الغذائية المكونة أساساً من النشا والبروتين٠ يوجد بين الفلقتين محور صغير يتصل بالفلقتين بعنقين فلقيين cotyledonary stalks٠ ويتكون المحور من جذور وسويقة جنينية سفلى ناحية جيب الجذير وريشة وسويقة جنينية عليا فى الناحية الأخرى (شكل 1/2)٠




**(شكل 1/2) : إنبات بذرة الفول**

أ ) منظر سطحى لبذرة فول

ب) بذرة منزوعة القصرة تبين فلقتين ومحور الجنين وعنقى الفلقتين

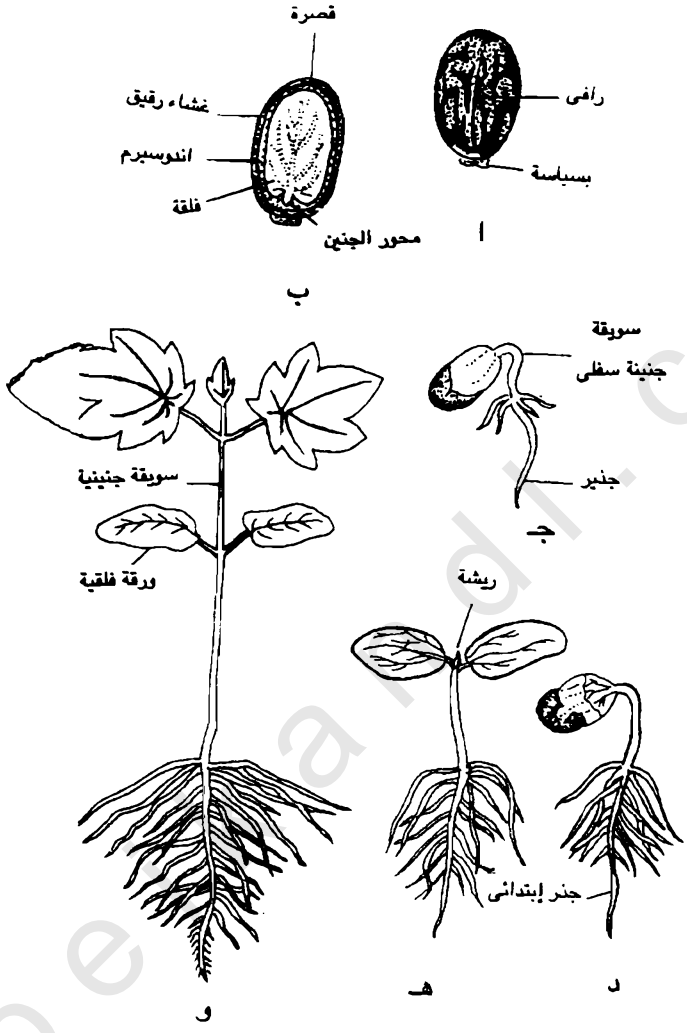
جـ -ح) خطوات الإنبات

عند إنبات بذرة الفول تمتص البذرة الماء الذى يدخل خلال النقير ، فتنتفخ البذرة وتتمزق القصرة ، ويبدأ التمزق عادة عند جيب الجذير ويبرز الجذير للخارج وينمو عنقا الفلقتين وينفرجان قليلاً ، وتنمو السويقة الجنينية العليا دافعة الريشة إلى أعلى ، وتتخذ السويقة الجنينية العليا أثناء نموها تحت سطح الأرض شكلاً منحنياً حتى لا تتعرض الريشة للتمزق بسبب الاحتكاك بحبيبات التربة أثناء اختراقها لها٠ ينمو الجذير ويصبح جذراً ابتدائياً وتتكون عليه جذور ثانوية٠ ويستمر نمو السويقة الجنينية العليا حتى تبلغ سطح التربة فتستقيم ، وتبدأ الريشة فى النمو وتكوين الورقتين الخضريتين الأوليتين propylls ، وهما يختلفان عن باقى أوراق النبات فى أن الورقة الأولية بسيطة جالسة صغيرة ، فى حين أن الأوراق العادية لنبات الفول التى تظهر بعد ذلك هى أوراق مركبة معنقة ذات أذينات٠ تبقى الفلقتان تحت سطح الأرض حتى يستهلك الغذاء المخزن فيهما أثناء تكوين البادرة ، وعندئذ تتحلل وتنفصل عن النبات ، لهذا فإنبات بذور الفول إنبات أرضى٠

## إنبات بذرة الخروع

بذرة الخروع *Ricinus communis* بذرة مستطيلة فى استدارة ، ذات فلقتين ، إندوسبرمية ، وذات قصرة صلبة ملساء مزركشة ، يظهر على منتصف سطحها البطنى خط طولى هو مكان اتصال الحبل السرى بالبذرة ويعرف بالرافى raphe٠ وفى أحد أطراف القصرة توجد كتلة إسفنجية تسمى البسباسة caruncle ، وهى عبارة عن إنتفاخ فى قاعدة الحبل السرى يخفى أسفله السرة والنقير٠ يوجد بداخل القصرة غشاء رقيق يعرف بالشغاف tegmen هو بقايا نسيج النيوسيلة٠ ويوجد بداخل الشغاف إندوسبرم زيتى أبيض اللون يشغل معظم البذرة ويوجد فى منتصفه الورقتان الفلقيتان وهما رقيقتان ولونهما أبيض ويحصران بينهما محور الجنين قريباً من البسباسة٠ ويتكون محور الجنين من الجذير والسويقة الجنينية السفلى ناحية البسباسة ومن الريشة فى الناحية الأخرى (شكل 2/2)٠

عند إنبات بذرة الخروع تتشرب البسباسة الماء بكثرة وتنقله عن طريق النقير إلى الجنين والأندوسبرم فيكبران فى الحجم وتتمزق القصرة ، ثم ينمو الجذير متجهاً




(شكل 2/2) : إنبات بذرة الخروع

أ ) منظر للسطح البطنى لبذرة الخروع ب) قطاع طولى فى البذرة
جـ - و) خطوات الإنبات

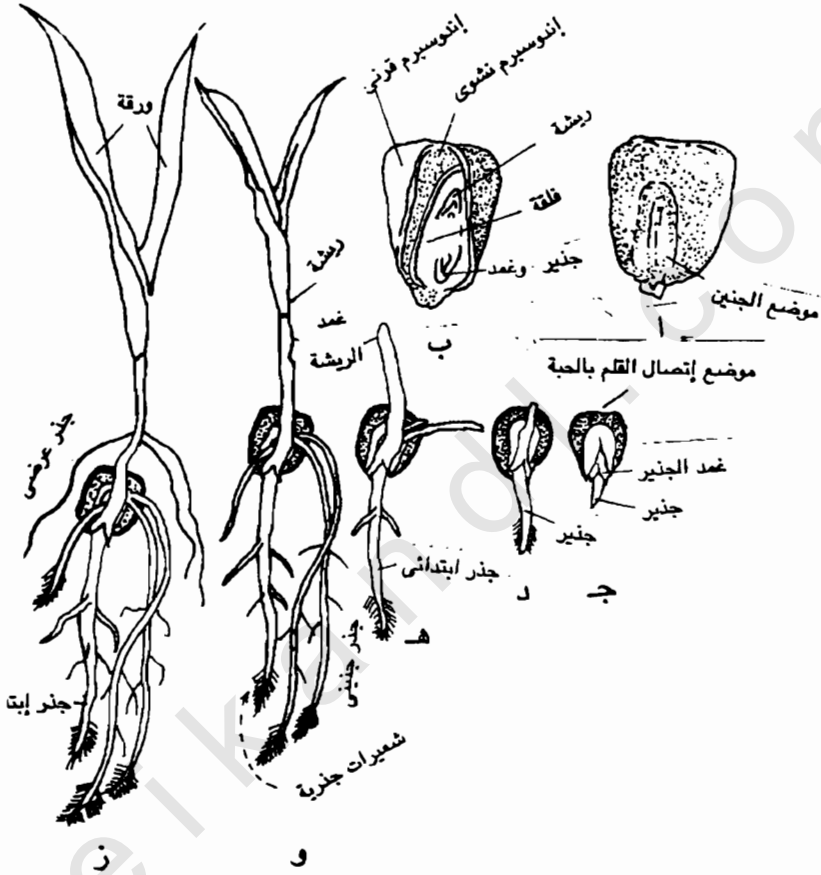
obeikandl.com

إلى أسفل ، وتنمو بعد ذلك السويقة الجنينية السفلى وتستطيل بسرعة وهى منحنية قرب طرفها حاملة الفلقتين والريشة بينهما وبقايا الاندوسبرم خارجها. يتحول الجذير إلى الجذر الابتدائى ويتكون عليه جذور ثانوية. يستمر نمو السويقة الجنينية السفلى وعند وصولها إلى سطح التربة فإنها تستقيم وتسقط القصرة ويخضر لون الورقتين الفلقيتين وتنفردان ، وتنمو الريشة وتتكون الأوراق الخضراء العادية ، كما تتكشف السويقة الجنينية العليا.

إنبات بذرة الخروع إنبات هوائى وتشبهها فى طريقة الإنبات بذرة الترمس والقطن غير أن بذرة الترمس بذرة غير إندوسبرمية.

## إنبات حبة الذرة

حبة الذرة *Zea mays* عبارة عن ثمرة جافة تحتوى على بذرة واحدة التحمت قصرتها مع جدار الثمرة. بذرة الذرة ذات فلقة واحدة إندوسبرمية ، الحبة منبسطة عريضة أحد طرفيها مدبب وهو مكان اتصال الحبة بالقولحة ، وطرفها الآخر عريض يوجد بوسطه ندبة دقيقة هى بقايا الميسم الذى جف وسقط. ويوجد على أحد سطحى الحبة المنبسطين وهو السطح العلوى المتجه ناحية قمة كوز الذرة ، إنخفاض بيضاوى الشكل يحدد موضع الجنين. بعمل قطاع طولى فى منتصف حبة ذرة مبتلة فى مستوى عمودى على السطح العريض يظهر الجنين ناحية الانخفاض وعلى الجانب الآخر نجد الأندوسبرم ، وهو نوعان ، الخارجى قرنى horny صلب يبدو شفاف ، والداخلى نشوى starchy أبيض اللون ، ويحتوى الأندوسبرم القرنى على بروتين أكثر من الأندوسبرم النشوى ، يتكون الجنين من فلقة واحدة تعرف بالقصعة scutellum وتوجد على الجانب الداخلى من محور الجنين ، مجاورة للأندوسبرم. تتصل القصعة من منتصفها تقريباً بالمحور الجنينى فى منطقة إتصال الجذير بالريشة. ويوجد الجذير ناحية الطرف المدبب محاطاً بغمد الجذير coleorhiza ، وتوجد الريشة ناحية الطرف العريض وتحاط بغمد الريشة coleoptile. يحاط الجنين والأندوسبرم بقصرة البذرة الملتحمة بجدار الثمرة (شكل 3/2).




**(شكل 3/2)** : إنبات حبة الذرة

أ) السطح العلوى لحبة ب) قطاع طولى فى حبة جـ - ز) خطوات الإنبات

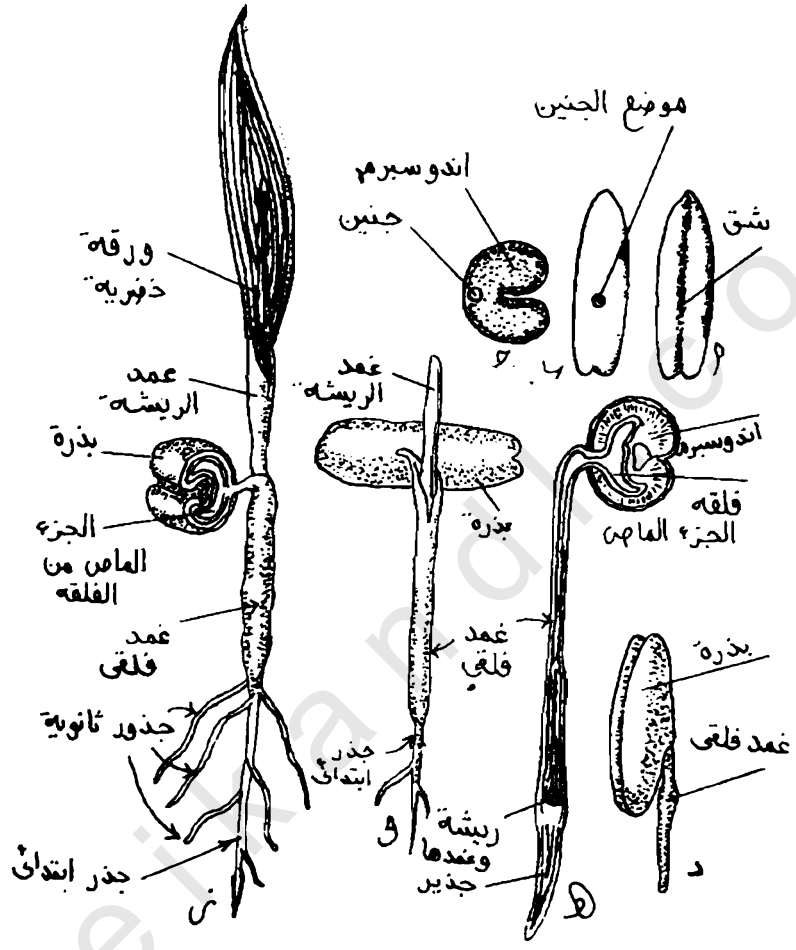
عند إنبات حبة الذرة يمتص الجنين الماء فينتفخ ويضغط على جدار الحبة فيتمزق ، كما تفرز القصعة أنزيمات تهضم نشا وبروتين الإندوسبرم. ينمو الجنين ويظهر الجذير محاطاً بغمده متجهاً فى نموه إلى أسفل ، ثم يتمزق غمد الجذير ، ويواصل الجذير نموه متحولاً إلى جذر ابتدائى ويظهر عليه جذور ثانوية. يلى ظهور الجذير ثلاثة أو أربعة جذور جنينية seminal roots ، وهى خيطية. لا يستمر نمو الجذر الابتدائى والجذور الجنينية كثيراً ، بل تموت مبكراً ويحل محلها جذور عريضة تنشأ من قاعدة الساق. أما الريشة فتنمو داخل غمدها متجهة إلى أعلى حتى تظهر فوق سطح التربة ، فتخترق الريشة غمدها وتكون المجموع الخضرى.

إنبات حبة الذرة إنبات أرضى ويماثلها فى الإنبات إنبات حبة القمح وحبة الشعير.

## إنبات بذرة البلح

بذرة البلح *Phoenix dactylifera* بذرة صلبة إسطوانية ، نهايتيها مستديرتين ، بها إنفخاض طولى ، وحيدة الفلقة ، أندوسبرمية ، ذات قصرة بنية اللون. يوجد قرب نهاية ثلث طول البذرة إلى منتصف البذرة فى الجانب المواجه للشق الطولى إنخفاض دائرى صغير يدل على موضع الجنين. والجنين صغير يتكون من فلقة واحدة تغلف الجذير والريشة ، كما تغلف الريشة بغمد الريشة ، ويحاط الجنين بأندوسبرم قرنى صلب (شكل 4/2).

عند الإنبات يتفتح الجنين بعد امتصاصه للماء ، ويفرز أنزيمات تحلل الهيميسيليلوز المخزن فى الأندوسبرم. تنمو الفلقة وتستطيل ويخرج جزء منها حاملاً معه الجذير والريشة خارج البذرة ، وينمو إلى أسفل ، ويعرف هذا الجزء من الفلقة بالغمد الفلقى cotyledonary sheath. يمتص الجزء الباقى من الفلقة ويعرف بالجزء الماص absorbing part ، الغذاء المهضوم ويوصله إلى باقى




**(شكل 4/2) :** إنبات بذرة البلح

أ ) منظر بطنى لبذرة
ب) **منظر ظهرى لبذرة**
جـ) قطاع عرضى فى بذرة ماراً بالجنين
د - ز) **خطوات الإنبات**

أجزاء الجنين ، ونتيجة لذلك يقل الأندوسبرم تدريجياً ويكبر الجزء الماص من الفلقة ويصبح مقطعه هلالى الشكل. يستمر نمو الغمد الفلقى إلى أسفل حتى يصل إلى عمق محدد بعدها يظهر الجذير مخترقاً غمد الفلقة. وأثناء ذلك تنمو الريشة محاطة بغمدها داخل الغمد الفلقى متجهة إلى أعلى ، ثم تخترق الريشة وغمدها الغمد الفلقى متجهة إلى أعلى حتى تصل إلى مستوى فوق سطح التربة ، فتخترق الريشة غمدها وتكون المجموع الخضرى.

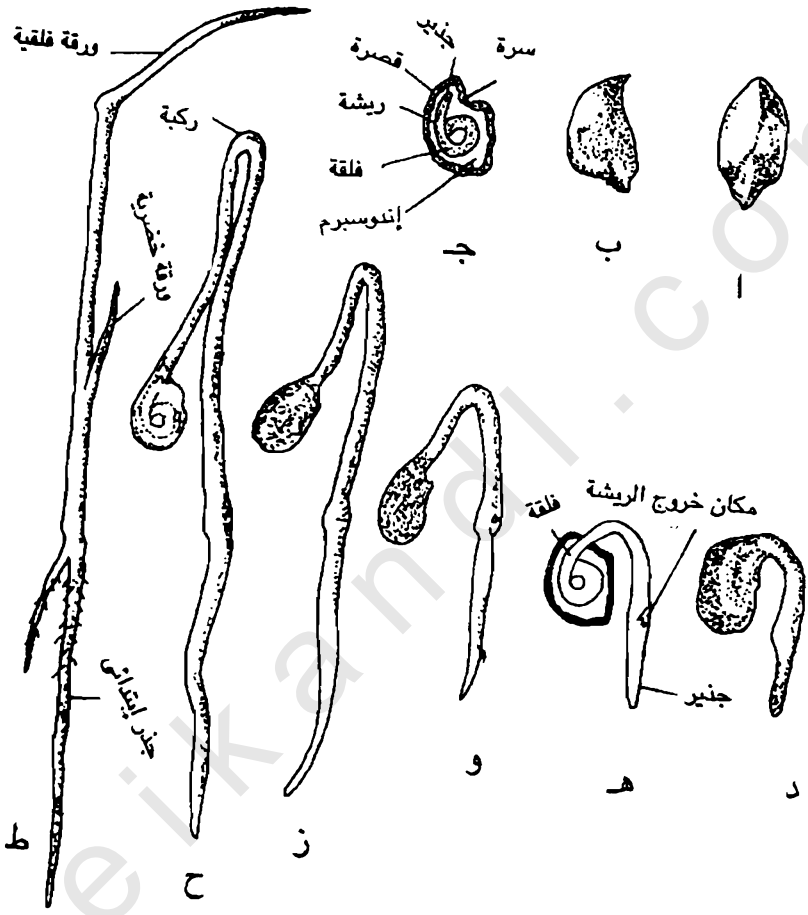
وظيفة الفلقة فى إنبات بذرة البلح هى هضم وامتصاص الغذاء الأندوسبرمى وتوصيله إلى الجذير والريشة ، كما تقوم بحمل الجذير والريشة خارج البذرة ثم حمايتها أثناء استطالة الفلقة ، وكذلك فإنها تضع الجذير والريشة فى العمق المناسب للإنبات.

ويعتبر إنبات بذرة البلح إنباتاً أرضياً وذلك لبقاء الفلقة تحت سطح التربة.

## إنبات بذرة البصل

بذرة البصل *Allium cepa* بذرة سوداء صغيرة غير منتظمة الشكل ، لها وجه محدب ويوجد بأحد أطرافها إنخفاض عبارة عن السرة. البذرة وحيدة الفلقة إندوسبرمية. الجنين صغير دودى الشكل مستدير الطرفين منحنى ، طرفه القريب من السرة عبارة عن الجذير ، وتوجد الريشة فى تجويف جانبى من الفلقة ، يحيط الأندوسبرم بالجنين ، والأندوسبرم شبه شفاف يحتوى على نسبة عالية من زيوت طيارة (شكل 5/2).

عند الإنبات يمتص الجنين الماء وتستطيل الفلقة ، ينمو الجنين متجهاً إلى خارج البذرة ، وعادة تتجه قمة الجنين إلى أعلى ، ثم بعد فترة من نموها تغير إتجاهها إلى أسفل ، ويسمى الانحناء الحاد الناتج عن تغير إتجاه نمو الفلقة بالركبة knee. ويتبع ذلك خروج الجذير وخروج الفلقة على امتداد محور الجذير مع بقاء جزء منها داخل البذرة لهضم وإمتصاص الغذاء الإندوسبرمى وتوصيله للبادرة.




(**شكل 5/2**) : إنبات بذرة البصل

أ ) منظر أمامى لبذرة
ب) **منظر جانبى لبذرة**
جـ) قطاع فى بذرة
د- ط) **خطوات الإنبات**

obeikandl.com

تنمو الفلقة إلى أعلى ، وتكون منحنية فى المبدأ ، حاملة معها بقايا البذرة ، التى تشمل جزء من الفلقة الداخلى وبقايا الأندوسبرم والقصرة فوق سطح التربة ، ثم تستقيم ويصبح جزء الفلقة الموجود فوق سطح التربة أخضر اللون ويقوم بعملية التمثيل الضوئى . ويلاحظ وجود تضخم فى الجزء السفلى من الفلقة عند إتصالها بالجذير ، كما يلاحظ وجود شق على جانب من هذا التضخم. تخرج الريشة من هذا الشق الجانبى للفلقة لتكون المجموع الخضرى. أثناء ذلك يتحول الجذير إلى جذر ابتدائى تتكون عليه جذور ثانوية. لا يعمر الجذر الإبتدائى وجذوره الثانوية ، فيموت مبكراً ويحل محله جذور عرضية تنمو من قاعدة الساق.

ويعتبر إنبات بذرة البصل إنباتاً هوائياً نظراً لظهور الفلقة فوق سطح التربة.

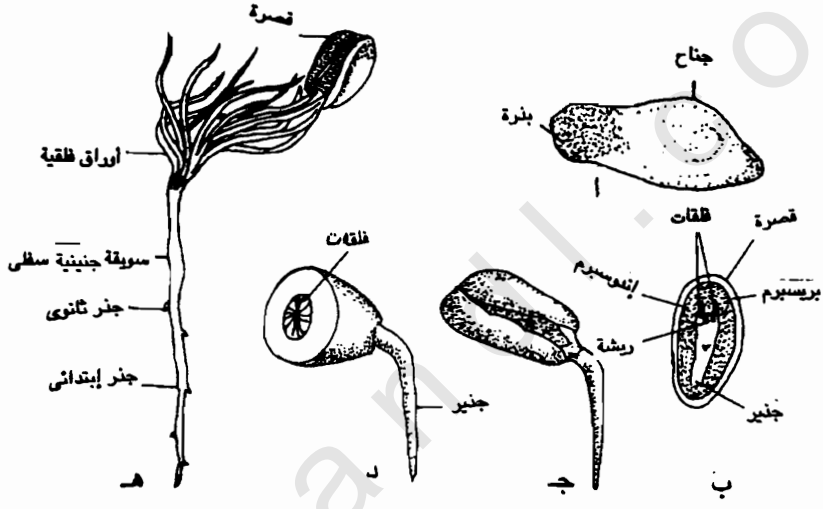
## إنبات بذرة الصنوبر

الصنوبر *Pinus* spp من النباتات المخروطية عاريات البذور وبذرته ذات قصرة صلبة رمادية إلى بنية اللون ، ذات جناح رقيق غالباً ، والجناح عبارة عن طبقة من الحرشفة الكربلية تتصل مع البذرة عند إنفصالها من المخروط المؤنث. يبطن القصرة غشاء رقيق هو البريسبرم الذى يتكون من بقايا النيوسيلة. يوجد الجنين فى وسط البذرة ويحاط بالأندوسبرم ، كما فى بذور جميع أنواع النباتات عاريات البذور. الجنين اسطوانى الشكل ويتكون من محور قصير ، يوجد فى أحد طرفيه الجذير محاطاً بقلنسوة كبيرة ومتجهاً ناحية النقير ، وتوجد الريشة فى طرفه الآخر وتكون محاطة بعدد من الأوراق الفلقية التى قد تصل إلى خمسة عشر (شكل 6/2).

تنبت البذور فى بعض أنواع الصنوبر بعد فترة سكون ، فتمتص البذرة الماء ويتغذى الجنين على الأندوسبرم ، ثم تتمزق القصرة ويبرز الجذير وينمو إلى أسفل. ويصبح جذراً وتدياً وتتكون عليه جذور ثانوية ، تستطيل السويقة الجنينية السفلى بسرعة كبيرة حاملة الفلقات والريشة وبقايا الأندوسبرم وقصرة البذرة فوق سطح التربة. تمتص الفلقة بقايا الأندوسبرم ، تسقط قصرة البذرة وتتحرر الفلقات

وتصبح خضراء اللون وتكبر فى الحجم ، تنمو الريشة وتتكشف السويقة الجنينية العليا ، تكون الريشة المجموع الخضرى فتظهر على الساق أوراقاً إبرية.

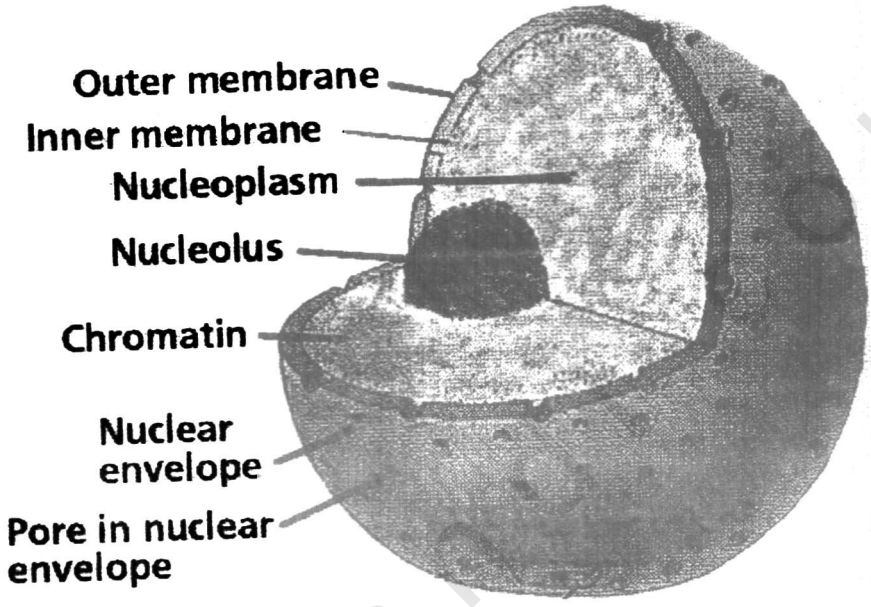
ويعتبر إنبات الصنوبر إنباتاً هوائياً نظراً لظهور الفلقات فوق سطح التربة.



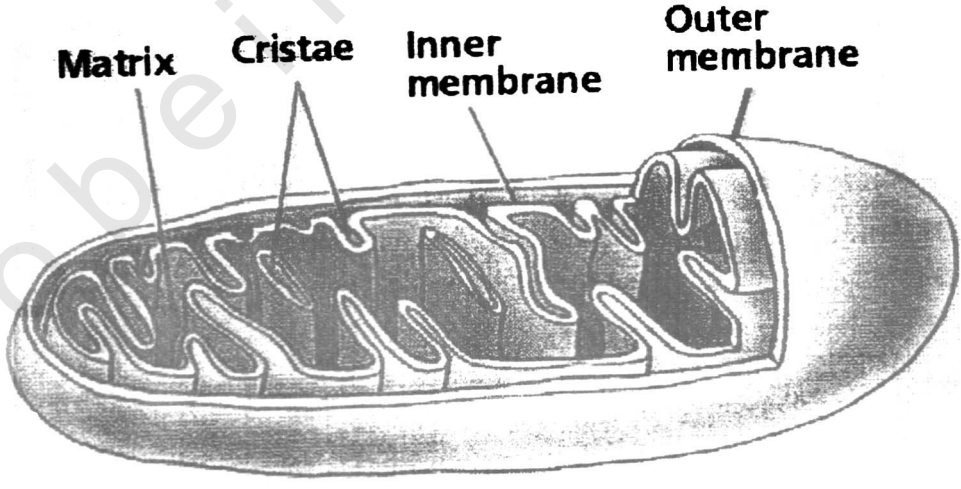

**(شكل 6/2)** : إنبات بذرة الصنوبر

أ ) بذرة مجنحة
ب) قطاع طولى فى بذرة
جـ - د) خروج الجذير
هـ) بادرة

obeikandl.com




نواة خلية نباتية




ميتوكوندريه

# الباب الثالث

# الخلية النباتية

أثبت العالم الإنجليزى روبرت هوك Robert Hook سنة 1665 ، بعد أن فحص قطعة من الفلين بواسطة ميكروسكوبه البدائى ، أن نسيج الفلين يتكون من وحدات ، أطلق على كل وحدة من هذه الوحدات إسم خلية cell ٠ تحقق هوك من أن خلايا الفلين خلايا ميتة وذلك عندما قارنها بالخلايا الحية الموجودة فى أوراق النبات ، حيث وجد أن الأخيرة تحتوى على ما أسماه بالعصير والذى عرف فيما بعد بالبروتوبلاست protoplast٠ عقب ذلك بسنوات قليلة حوالى سنة 1676 شاهد صانع العدسات الهولندى أنطون فان لوفنهوك Anton van Leeuwenhock أجساماً خضراء بداخل الخلايا النباتية ، وهذه عرفت فيما بعد باسم البلاستيدات الخضراء٠ وفى سنة 1833 إكتشف العالم الإنجليزى روبرت براون Robert Brown النواة ، وذلك أثناء فحصه لخلايا نسيج بشرة نبات الأوركيد ، ثم أثبت العالم الألمانى شلايدن M. Schleiden أن النواة تحتوى على نوية٠ وفى سنة 1829 وضع كلا من عالم النبات شلايدن وعالم الحيوان الألمانى شفان T. Schwann نظرية الخلية cell theory وفحواها أن الخلية هى الوحدة الأساسية لتكوين الكائن الحى وأنها تقوم بجميع العمليات الحيوية وأنها تنشأ من إنقسام خلايا أخرى٠ وفى سنة 1829 أطلق بركنجى Purkinje اسم بروتوبلازم على المادة الحية للخلية٠ وفى سنة 1898 إكتشف العالم الإيطالى جولجى C. Golgi جهاز جولجى وذلك فى خلايا حيوانية٠ وفى سنة 1900 إكتشف العالم الألمانى ألتمان R. Altmann الميتوكوندريات٠

تتركب الخلية النباتية الحية (شكل 3/3) من جدار خلوى cell wall يحيط بالبروتوبلاست ، والبروتوبلاست هو اصطلاح أدخله هانشتين Hanstein سنة 1880 ليعرف به جميع مكونات الخلية ما عدا الجدار الخلوى٠ والبروتوبلاست يتكون من مواد بروتوبلازمية وغير بروتوبلازمية٠

# طرق فحص الخلية النباتية

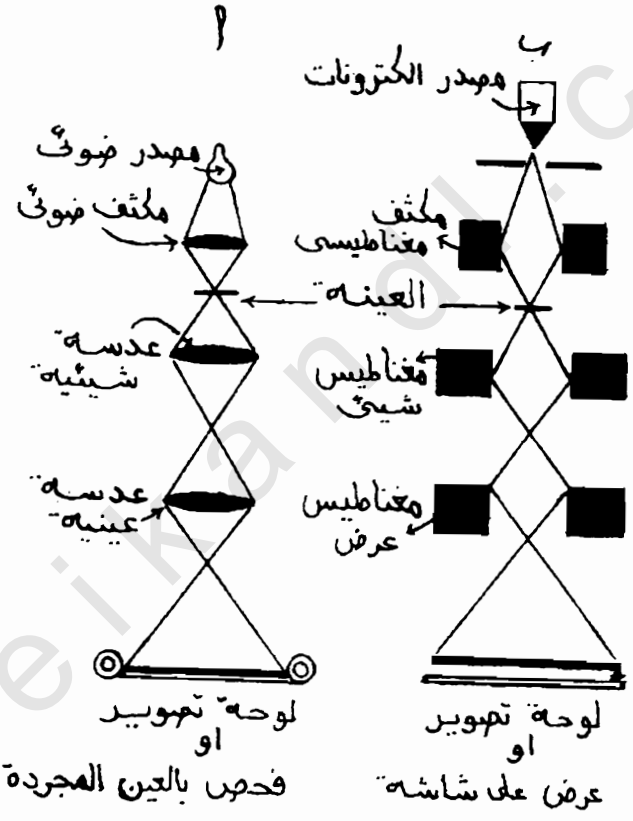
تمت الدراسات الدقيقة للخلية النباتية بعد أن أمكن التوصل إلى فحص الخلايا بقوى تكبير وصلت إلى حوالى 3 مليون مرة مع درجة توضيح تصل إلى 0.2 نانومتر وذلك باستخدام المجهر الالكترونى electronic microscope بعد أن كانت أقصى قوة تكبير للمجهر الضوئى العادى حوالى ألف مرة ، مع درجة توضيح لا تقل عن 0.2 ميكرون.

يستعمل المجهر الضوئى الضوء العادى فى تكوين الصورة بينما يستعمل المجهر الإلكترونى الأشعة الإلكترونية المارة فى أنبوبة مفرغة لذلك الغرض. وفى المجهر الضوئى تستخدم عدسات عينية وشيئية وعدسة مكثف وكلها زجاجية وذلك لتوجيه وتجميع الضوء بينما يستعمل فى المجهر الإلكترونى مجالات مغناطيسية لتوجيه وتجميع الأشعة الإلكترونية بدلاً من العدسات الزجاجية (شكل 1/3 أ ، ب).

وفى المجهر الضوئى يمكن رؤية الصورة بالعين أو بالتصوير ، أما فى المجهر الإلكترونى فتظهر الصورة على شاشة خاصة أو تصور بجهاز خاص.

يوجد نوعين من المجهر الإلكترونى وهما المجهر الإلكترونى النافذ transmission type ، ذلك أن الأشعة الإلكترونية تمر خلال العينة المراد فحصها معطية صورة تفصيلية لمكونات العينة ، والمجهر الإلكترونى الماسح scanning type ويستعمل لفحص مجسم لسطح العينة وذلك فى ثلاثة أبعاد أو إتجاهات. وفى المجهر الإلكترونى الماسح (شكل 2/3) لا يوجد مجال مغناطيسى يحل محل العدسة العينية بل نجد أن الألكترونات تنعكس وتتشتت من على سطح العينية المفحوصة ، ويوجد جزء حساس detector يستقبل هذه الأشعة الإلكترونية وينقلها إلى دائرة تكبير للأشعة ، ثم تنتقل الأشعة إلى أنبوبة أشعة الكاثود (المهبط) التى تتصل بها دائرة تجسيم فتتكون الصورة المكبرة المجسمة.

لفحص الأنسجة النباتية وخلاياها بواسطة المجهر الضوئى تعمل قطاعات رقيقة باستعمال أمواس حادة يدوية أو آلياً بواسطة جهاز الميكروتوم microtome الشمعى أو الثلجى. أما الفحص بالمجهر الإلكترونى فيحتاج إلى عمل قطاعات رقيقة جداً قد تصل فى السمك إلى 30 ملليميكرون أو أقل ويتم ذلك بتثبيت العينة ثم تحميلها فى نوع خاص من البلاستيك.

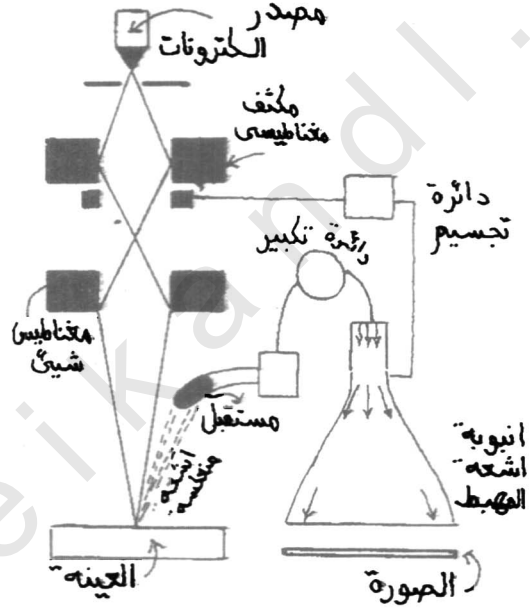



(شكل 1/3) : المجهر الضوئى والمجهر الإلكترونى النافذ

رسم تخطيطى مبسط يوضح تركيب المجهر الضوئى ( أ ) والمجهر الإلكترونى النافذ (ب) ومسار الأشعة فيهما مع بيان كيفية تكوين الصورة

obeikandl.com

ويجرى عمل القطاعات بواسطة أمواس خاصة من الزجاج المشطوف أو من الماس المصقول وذلك بواسطة جهاز ميكروتوم دقيق ultramicrotome ويجب أن لا يزيد سمك القطاع فى حالة استخدام المجهر النافذ عن 100 نانومتر حتى يمكن للأشعة الإلكترونية النفاذ خلاله. وتستعمل حديثاً وبكثرة طريقة التجميد والتبخير تحت تفريغ freeze eiching لعمل القطاعات لفحصها بالمجهر الإلكترونى. وفى هذه الطريقة تجمد العينة بسرعة ثم يجرى تقطيع الجزء المجمد بواسطة موس باردة. وعمل قطاعات تحت هذه الظروف يسبب إنشقاق الخلايا فى أضعف أجزائها وهى أسطح الأغشية الموجودة فى الخلية مما يسبب كشف التركيب الداخلى للخلية. ثم يسمح لبعض الماء المتجمد حول الأغشية أن يتبخر ويعرض القطاع




(شكل 2/3) : المجهر الإلكترونى الماسح

رسم تخطيطى مبسط يوضح تركيب المجهر الإلكترونى الماسح ومسار الأشعة فيه مع بيان كيفية تكوين الصورة

obeikandl.com

لبخار مزيج من البلاتين والكربون والذى يتراكم على السطوح المقطوعة مكونا صورة سلبية negative أو مكررة replica للتركيب الخلوى. تجرى جميع الخطوات السابقة تحت تفريغ under vacuum. ثم تزال جميع أجزاء الخلية وتبقى الصورة المكررة replica للخلية وهى التى تفحص بالمجهر الإلكترونى وتعتبر هذه أحسن طريقة لفحص التركيب الدقيق للخلايا الحية.

وتتراوح أحجام الخلايا النباتية ومكوناتها كالآتى :

| الوحـــــدة | الطول أو القطر بالميكرون |
|---|---|
| أغلب خلايا النباتات الزهرية | 100 - 5 |
| أغلب الخلايا البكتيرية | 5 - 0.5 |
| البلاستيدات الخضراء | 10 - 2 |
| الميتوكوندريات | 5 - 0.5 |
| الريبوسومات | 0.02 |

والوحدات التى تستعمل فى قياس أجزاء الخلية هى :

الميكرون ويرمز له μ أو m μ = $\frac{1}{1000}$ من المليمتر

الميلليميكرون ويرمز له m μ = نانومتر nanometer ويرمز له n m = $\frac{1}{1.000.000}$ من المليمتر

أنجستروم ويرمز له A° = $\frac{1}{10.000.000}$ من المليمتر

# مكونات الخلية النباتية

تتكون الخلية النباتية من أجزاء مختلفة كالآتى :

1) بروتوبلاست

( أ ) بروتوبلازم (مكونات بروتوبلازمية)

1- سيتوبلازم

2- نواة

3- ريبوسومات

4- بلاستيدات

5- ميتوكوندريات

6- أجسام كروية

7- جهاز جولجى

8- أنابيب دقيقة

9- بيروكسيسومات

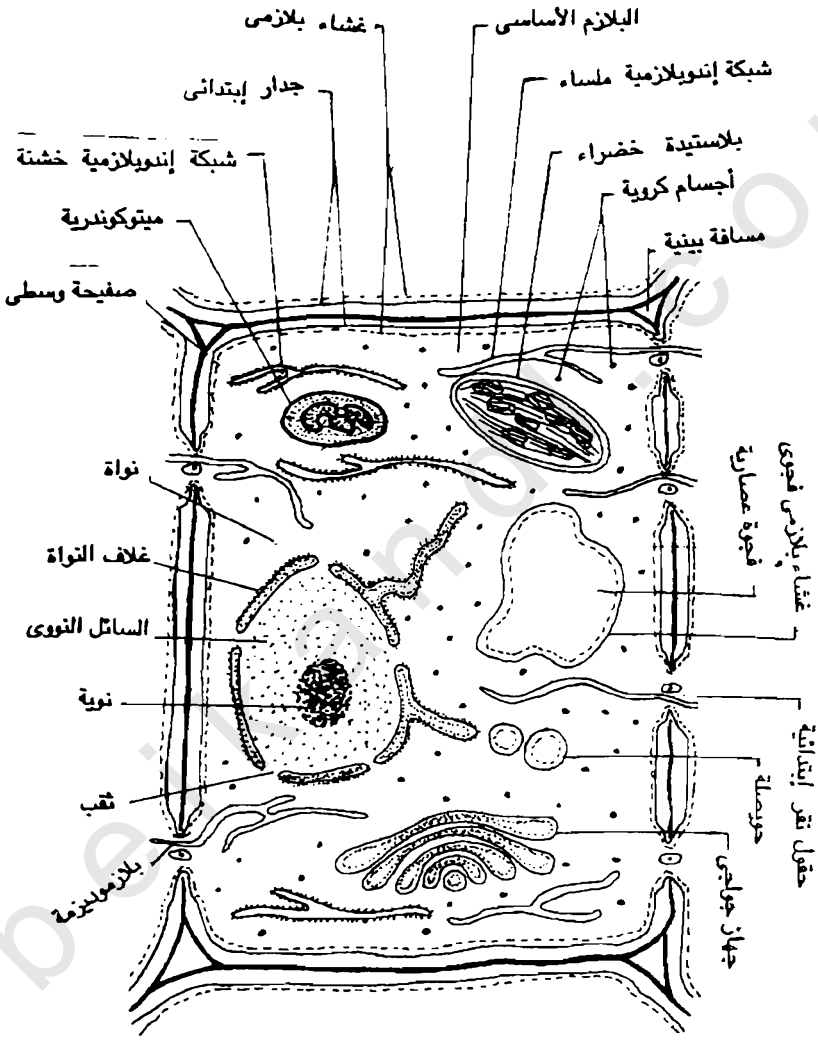
(ب) مكونات غير بروتوبلازمية

1- فجوات عصارية

2- مواد غير حية مثل النشا والدهون والبروتين والبلورات

2 ) جدار خلوى

obeikandl.com




(شكل 3/3) : قطاع فى خلية نباتية

# البروتـوبلازم

يقصد بالبروتوبلازم protoplasm المادة الحية للخلايا ، والبروتوبلازم مادة هلامية غير متجانسة ، ويتضح بالفحص الميكروسكوبى الدقيق تكونها من محلول غروى متجانس نسبياً يعرف بالسيتوبلازم ، يوجد معه مكونات أخرى أكثر كثافة وهى النواة والريبوسومات والبلاستيدات والميتوكوندريات والأجسام الكروية وأجهزة جولجى والأنابيب الدقيقة والبيروكسيسومات. يتكون البروتوبلازم أساساً من بروتينات وأحماض نووية ودهون وماء.

يمتاز البروتوبلازم بعدة خواص أهمها الحركة والحساسية والتحول الغذائى والتكاثر والنمو. يوجد أنواع من الحركة motility للبروتوبلازم ، أهمها الحركة الانسيابية وفيها يتحرك السيتوبلازم فى إتجاهات عديدة داخل الخلية ومن خلية إلى أخرى خلال قنوات سيتوبلازمية تعرف بالبلازمودزمات plasmodesmata. الحساسية irritability هى قدرة البروتوبلازم فى الاستجابة للمؤثرات الخارجية. يمكن إظهار ذلك بالإسراع أو بالإقلال من حركة البروتوبلازم بتعريض الخلايا لمؤثر ميكانيكى أو كهربائى أو طبيعى. التحول الغذائى metabolism ينتج عن النشاط الإنزيمى للبروتوبلازم ويشمل عمليات الهدم catabolism وعمليات البناء anabolism. ظاهرة التكاثر reproduction وينتج عنها زيادة عدد وحدات البروتوبلاست. ظاهرة النمو growth ينتج عنها زيادة حجم النبات وتكشفه. ويمكن مشاهدة ظاهرتى التكاثر والنمو فى مناطق النمو كالقمم النامية للسيقان والجذور.

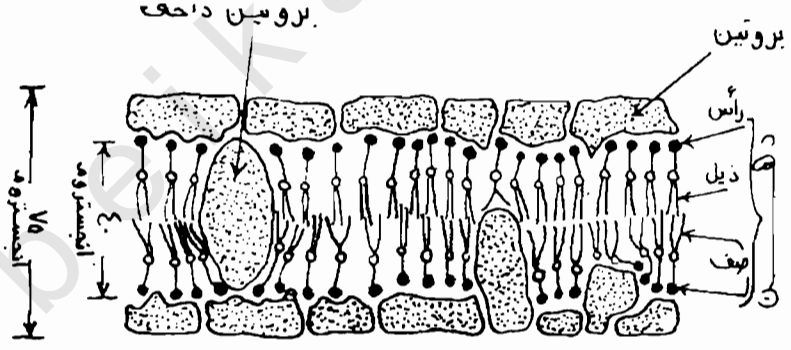
## السيتوبلازم

السيتوبلازم cytoplasm هو المادة الغروية الأساسية للبروتوبلازم ويتكون من البلازم الأساسى والأغشية البلازمية والشبكة الأندوبلازمية.

البلازم الأساسى groundplasm عبارة عن محلول غروى حقيقى يختلف فى لزوجته باختلاف الخلية ونوعها وعمرها ، ويحتوى على الماء بنسبة 85- 90 %،

كما يحتوى على أنواع مختلفة من البروتينات والدهون فى حالة غروية وسكريات وأملاح فى حالة ذائبة ، وهو المحلول الذى ينغمس فيه بقية أجزاء السيتوبلازم.

يمتاز السيتوبلازم بأغشيته البلازمية plasma membranes فمنها ما يشاهد فى مناطق تلامسه مع الجدر الخلوية داخلياً وتعرف بالأغشية البلازمية الخارجية ectoplasts ، ومنها ما يغلف الفجوات العصارية وتعرف بالأغشية البلازمية الفجوية tonpoplasts. الأغشية البلازمية الخارجية والفجوية تغلف البلازم الأساسى ، وتمتاز بارتفاع نسبة البروتينات والدهون بها عن البلازم الأساسى. والغشاء البلازمى رقيق سمكه حوالى 75 انجستروم ويتكون من طبقتين بروتينيتين يوجد بينهما طبقة ثالثة دهنية. ويظهر الغشاء البلازمى عند الفحص بالميكروسكوب الإلكترونى كخطين غامقى اللون سمك كل منهما حوالى 17 أنجستروم هما طبقتى البروتين. ويفصل بينهما طبقة رائقة سمكها حوالى 40 أنسجتروم هى الطبقة الدهنية. وقد وجد أن طبقة البروتين تتكون من جزيئات بروتين منفصلة كما يتخلل طبقة الدهن جزيئات بروتين. وطبقة الدهن تتكون من جزيئات دهن متراصة فى صفين بجانب بعضها البعض وكل جزئى يتكون من رأس head محب للماء وذيل tail كاره للماء (شكل 4/3).




(شكل 4/3) : الغشاء البلازمى الخارجى
قطاع عرضى فى جزء من غشاء بلازمى خارجى

والأغشية البلازمية أغشية حية إختيارية النفاذية selective permeable أى لها القدرة على التحكم فى دخول الذائبات والمذيبات ، كما أنها تحتوى على أنزيمات وحاملات أيونات وجزيئات تساعد على مرور أيونات وجزيئات خاصة فى اتجاه عكسى بالنسبة للإتجاه الطبيعى لمنحدر التركيز ، وذلك تبعاً لاحتياجات الخلية ، وهذا يعرف بالنقل النشط active transport. عادة يوجد اختلاف فى النفاذية الاختيارية لكل من الغشاء البلازمى الخارجى والغشاء البلازمى الفجوى فمثلاً نجد فى الطحلب الأخضر فالونيا *Valonia* أن الغشاء البلازمى الخارجى ينفذ المغنسيوم ، بينما لا ينفذه الغشاء البلازمى الفجوى ، لهذا نجد المغنسيوم موجود فى البلازم الأساسى ولا يوجد فى الفجوة العصارية لهذا الطحلب.

الشبكة الأندوبلازمية endoplasmic reticulum عبارة عن أنابيب وحويصلات دقيقة متشابكة منغمسة فى البلازم الأساسى وجدرها تماثل فى تركيبها الغشاء البلازمى. الشبكة الإندروبلازمية قد تكون ملساء أو خشنة (شكل 3/3) ، ويرجع خشونة النوع الأخير إلى أنها تحمل على سطوحها أجسام دقيقة تعرف بالريبوسومات ribosomes. تتصل الشبكة الإندوبلازمية بالغشاء البلازمى الخارجى وبالغلاف النووى ، كذلك قد تتصل بجهاز جوّلجى. يعتقد أن وظيفة الشبكة الإندوبلازمية هى سهولة تمرير المواد داخل الخلية أو تخزينها وخاصة المركبات البروتينية. فالبروتين الذى يتكون على الريبوسومات يمر إلى تجاويف الشبكة الإندوبلازمية ويتجمع فيها وقد ينتقل بعد ذلك إلى جهاز جولجى أو يرشح إلى السيتوبلازم. ومن المعروف أن الشبكة الإندوبلازمية يحدث لها تبرعم وتنفصل منها حويصلات تحتوى على البروتين وتتحرك عبر السيتوبلازم لتلتحم بالغشاء البلازمى وتفرغ محتوياتها خارجه أو تلتحم بأغشية جهاز جولجى لتفرغ محتوياتها بداخله وبذلك تنقل محتويات الشبكة الإندوبلازمية إلى جهاز جولجى.

## النـــواة

النـواة nucleus جسم كـروى أو بيـضاوى ، تختلـف أحجامهـا كثيـراً حـسب نوعيـة الخليـة ونـوع النبـات فهـى كبيـرة نـسبياً وتتوسـط عـادة الخليـة فـى الخلايـا المرستيمية ، وصغيرة نسبياً وتوجد عادة جانبياً فى الخلايا البالغة. تحتوى الخلية النباتية للنباتات الراقية على نواة واحدة عادة ، إلا أنه فى بعض الحالات كما فى الأنابيب اللبنية latex tubes نجد أن الخلية الواحدة تحتوى على عديد من النوايات. ومن المعروف أن الخلية تموت إذا فصلت منها النواة ، إلا أن الأنابيب الغربالية الناضجة تستمر حية برغم خلوها من النواة. ويرى البعض أن الأنبوبة الغربالية تكون دائماً على صلة وثيقة بخلية مرافقة أو أكثر ، كل خلية مرافقة لها نواتها التى تخدمها وتخدم الأنبوبة الغربالية المجاورة.

تختلف النواة عن السيتوبلازم فى زيادة لزوجة السائل النووى عن السيتوبلازم وفى زيادة نسبة الأحماض النووية فى النواة عن السيتوبلازم.

يوجد بالنواة نوعان رئيسيان من الأحماض النووية هما حمض الدى اكسى ريبوز النووى deoxyribonucleic acid الذى يرمز له بالرمز DNA وحمض الريبوز النووى ribonucleic acid الذى يرمز له بالرمز RNA. يتركب كل من الحمضين النوويين DNA و RNA من وحدات تسمى نيوكليوتيدات nucleotides، وتتكون كل وحدة من هذه الوحدات من جزىء من السكر الخماسى دى اكسى ريبوز فى حالة الحمض DNA أو سكر ريبوز فى حالة الحمض RNA. يرتبط مع السكر جزىء فوسفات من ناحية وقاعدة نيتروجينية من ناحية أخرى. تتكون القاعدة النيتروجينية من أدينين adenine ، وجوانين guanine وسيتوسين cytosine ، يضاف إليهم ثيمين thymine فى حالة الحمض DNA ويوراسيل uracil فى حالة الحمض RNA. القواعد النيتروجينية جزيئاتها حلقية فهى تتكون من حلقة واحدة سداسية كما فى سيتوسين وثيمين ويوراسيل وتعرف بالبيربميدينات pyrimidines أو تتكون من حلقتين خماسية وسداسية كما فى أدنين وجوانين وتعرف بالبيورينات purines.

الحامض النووى DNA عبارة عن سلسلتين حلزونيتين من النيوكليوتيدات تلتفان حول بعضهما ويربط بين بعض القواعد فى السلسلتين روابط أيدروجينية٠ وهذه الروابط تربط بين أدينين فى سلسلة وثيمين فى السلسلة الأخرى وأيضاً نفس الشىء بالنسبة لجوانين وسيتوسين (شكل 5/3 أ ، ب)٠ وأحياناً يكون DNA عبارة عن خيط يوجد على هيئة حلقة كما فى البكتريا وأحياناً فى الميتوكوندريات والبلاستيدات الخضراء (شكل 6/3)٠

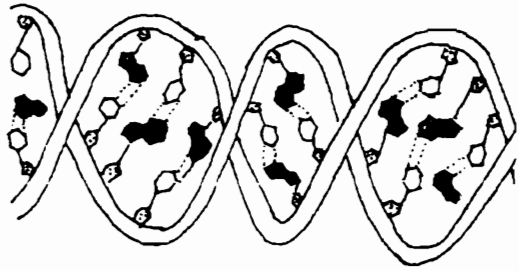
الحامض النووى RNA عبارة عن خيط حلزونى ولا يوجد إلتحام بين خيط وآخر بالروابط الإيدروجينية بعكس ما هو موجود فى DNA٠ ولكن فى بعض الحالات كما فى حالة حمض الريبوز النووى الناقل فإنه توجد روابط إيدروجينية بين القواعد فى نفس الجزىء٠ ويوجد أنواع عديدة من RNA ولها وظائف مختلفة فى الخلية وهى كالآتى :

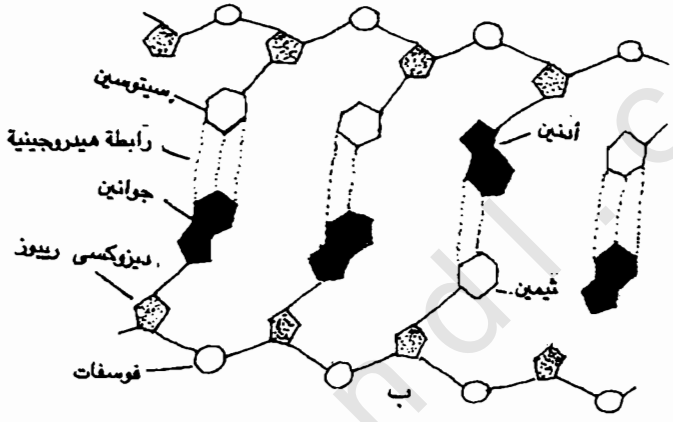
**1- حمض ريبوز نووى ناقل transfer RNA (t RNA)** : وهو أصغر أنواع RNA حجماً وله وزن جزئى 25000 دالتون dalton [1]، وتلتصق به الأحماض الأمينية قبل تركيب البروتين٠ وهو يتكون من نيوكليوتيدات توجد على هيئة قاعدة وساق وفرعين أو ثلاثة فروع وكل فرع ينتهى بدائرة ، وتوجد روابط إيدروجينية بين أدنين ويوراسيل وبين جوانين وسيتوسين فى كل من الساق والثلاثة فروع فقط٠ أما القاعدة والدوائر الثلاثة فلا يوجد فيها روابط إيدروجينية والجزء القمى هو الذى يرتبط به الحامض الأمينى عند تكوين البروتين (شكل 8/3 ، 9/3)٠

**2- حمض ريبوز نووى رسول messenger RNA (m RNA)** : ويقوم بنقل الشفرة الوراثية من النواة إلى السيتوبلازم ، وهو غير ثابت ويتغير وزنه الجزيئى ويتراوح من 50.000 - 5 مليون دالتون٠ وهو كبير الحجم نسبياً بحيث يمكن رؤيته بالمجهر الإلكترونى كخيط رفيع٠ ولا يوجد روابط إيدروجينية للربط بين القواعد النيتروجينية (شكل 8/3)٠

---

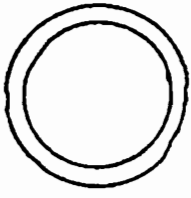
[1] الدالتون هى وحدة وزن تعادل $^1/_{16}$ من وزن ذرة اكسوجين ، وتعادل $1.65 \times 10^{-24}$ جرام٠






(**شكل 5/3**) : الحمض النووى DNA

أ ، ب جزء من الحمض النووى DNA



(**شكل 6/3**) : DNA حلقى

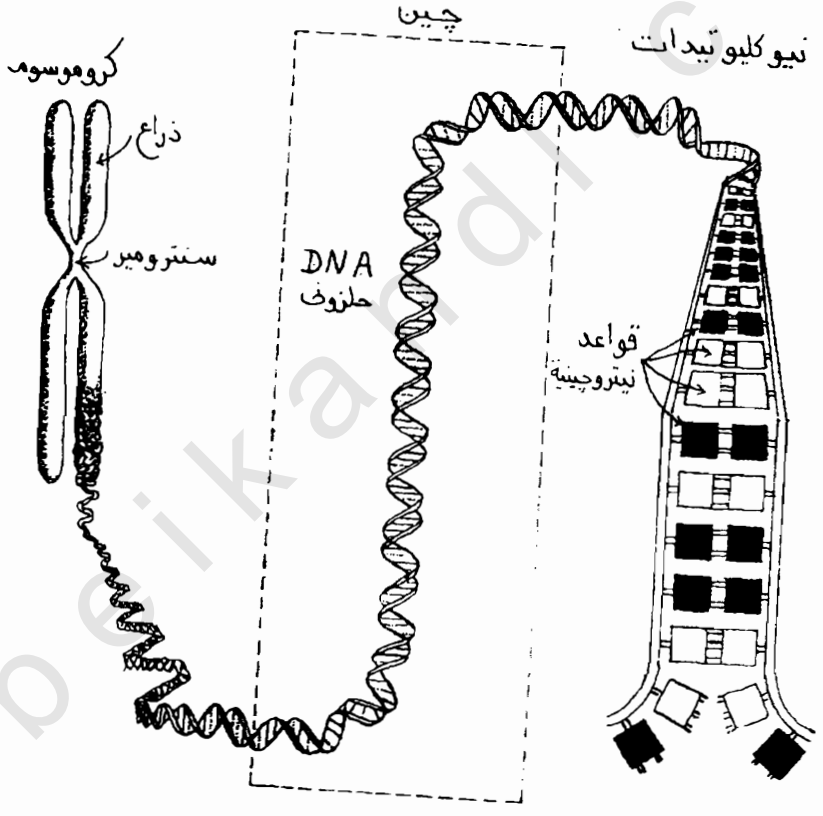
obeikandl.com

3- حمض ريبوز نووى ريبوسومى r RNA) ribosomal RNA) : توجد أنواع عديدة منه تدخل فى تركيب الريبوسوم وقد عرف تركيب بعضها ، وتوجد روابط ايدروجينية بين القواعد النيتروجينية فى بعض أجزائه.

تتكون النواة من مادة هلامية كثيفة غنية بالبروتينات والبروتينات الدهنية وحمض الريبوز النووى وتعرف بالسائل النووى nuclear sap ، وتغلف بغلاف رقيق يتكون من غشائين يشبهان فى تركيبهما الأغشية البلازمية ويعرف بالغلاف النووى nuclear envelop والذى يحمل على سطحه الخارجى ريبوسومات. يوجد بالغلاف النووى ثقوب تمتلىء بمادة لزجة تفصل السائل النووى عن السيتوبلازم ، ويمكن اعتبار الغلاف النووى ضمن الشبكة الغشائية للخلية لاتصاله فى أجزاء متعددة منه بالشبكة الأندوبلازمية. يوجد وسط السائل النووى نوية أو أكثر. والنوية nucleolus جسم كروى أو بيضاوى أكثر لزوجة من السائل النووى. والنوية غنية بجزئيات الحامض النووى RNA والبروتينات وبها قليل من الحمض النووى DNA ، ولا تحاط النوية بغشاء ، ويعتقد أن النويات تعمل كمراكز لتكوين الحمض النووى RNA والبروتينات ، كما يعتقد أيضاً أنها أماكن لتكوين الريبوسومات ثم تعبر الريبوسومات من فتحات النواة إلى سيتوبلازم الخلية (شكل 3/3). ويوجد بالسائل النووى شبكة كروماتينية.

تتركب الشبكة الكروماتينية chromatin reticulum من وحدات تشاهد منفصلة محددة فى بعض مراحل إنقسام الخلية تعرف باسم كروموسومات Chromosomes ، تشاهد فى الطور الوسطى وفى الخلايا البالغة فى شكل شبكة غير منتظمة. تتكون الشبكة الكروماتينية من بروتينات نووية ، والبروتين النووى هو حمض نووى مرتبط مع بروتينات أهمها الهستونات histones. ويعتقد أن فائدة هذا الإرتباط هى حفظ الهستون لجزىء DNA وهو الحمض الأساسى الذى يدخل فى تركيب البروتينات النووية للشبكة الكروماتينية ، كما يوجد الحمض النووى RNA بنسب أقل.

يتكون الكروموسوم من وحدتين طوليتين وتسمى كل وحدة كروماتيدة chromatid. وكل كروماتيدة لها ذراعين arms. تلتحم كروماتيدتى كل كروموسوم بواسطة جزء ضيق يسمى السنترومير centromere. تتكون الكروماتيدة من حشوة matrix ، عبارة عن مادة تكوين جسم الكروماتيدة وتتكون من بروتين وأحماض نووية. وينغمس فى الحشوة حمض دى اكس ريبوز نووى الذى يوجد على هيئة سلسلتين حلزونتين من النيوكليوتيدات. تحمل



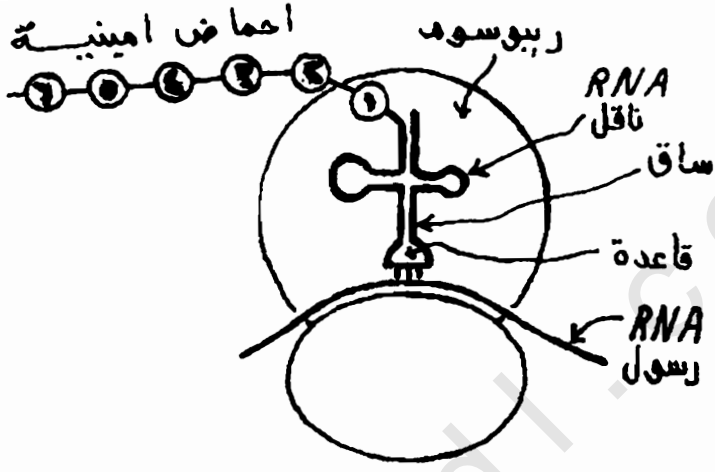

(شكل 7/3) : الكروموسوم والجين و DNA

الكروموسومات الجينات genes أى العوامل الوراثية وهى التى تتحكم فى الصفات الوراثية والتفاعلات الحيوية للنبات. الجين عبارة عن جزء من DNA ويتكون من عدد من النيوكليوتيدات (شكل 7/3) يختلف بإختلاف الجين.

ويحتوى السائل النووى ، أيضاً على ريبوسومات لها القدرة على تخليق أنواع مختلفة من البروتينات.

تتحكم النواة فى الوظائف الحيوية للخلية إذ أنه من المعروف أن الحمض النووى DNA الذى يدخل فى تركيب الشبكة الكروماتينية قادر على تكرار نفسه ، أى أن جزىء معين من حمض DNA يمكنه تكوين جزئيات أخرى مشابهة منه. كما أن جزىء الحمض DNA قادر على التحكم فى تكوين نوع أو أكثر من جزىء الحمض RNA ، وذلك بتحديده لترتيب وحدات النيوكلوتيدات فى جزيئات الحمض RNA ، وذلك بأن ينفك حلزونى DNA عن بعضهما ويسمحا بذلك تكوين m RNA ، الذى ينفصل عن DNA ويخترق الريبوسومات ، وبذلك يربطها ببعضها مكوناً عديد الريبوسومات. وأما عن t RNA فإنه ينقل الأحماض الأمينية إلى عديد الريبوسومات وذلك بأن تستقر قاعدته على m RNA ، ثم يستمر إرتباط الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية على هيئة سلسلة لتكوين البروتين الذى ينفصل عن الريبوسوم (شكل 8/3).

ومن المعروف أن وحدة البروتين هى الحامض الأمينى. ومن ذلك يتضح أن جزيئات الحمض RNA المتكونة تتحكم فى تكوين نوع البروتين على الريبوسومات فى النواة أو السيتوبلازم ، فالحمض النووى RNA يحدد ترتيب ربط الأحماض الأمينية ببعضها لتكون البروتين ونتيجة لإختلاف الترتيب تتكون أنواعاً مختلفة من البروتينات والتى منها الإنزيمات. وبهذا نجد أن النواة تتحكم فى عمليات النشاط الحيوى للخلية.



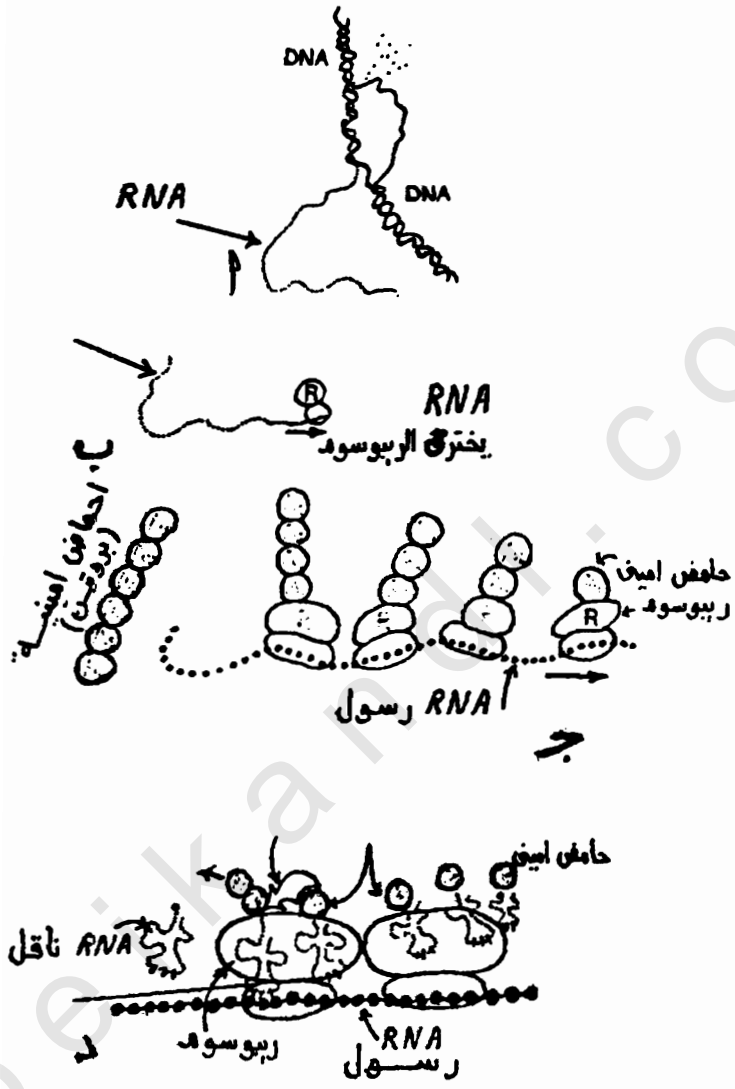

(شكل 8/3) : الريبوسوم

## الريبوسومات

الريبوسومات ribosomes أجسام بروتوبلازمية صغيرة ، توجد حرة فى السيتوبلازم أو على أغشية الشبكة الإندروبلازمية الخشنة (شكل 3/3) ، كما توجد فى داخل البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريات. الريبوسومات الموجودة فى البلاستيدات الخضراء والميتوكوندريات أصغر حجماً عن المعتاد.

يتركب الريبوسوم من وحدتين غير متساويتين فى الحجم ، الوحدة الواحدة كروية إلى بيضاوية تقريباً ، وتتكون من خليط من البروتين وحمض الريبوز النووى RNA (شكل 8/3). والتمييز بين حجم كل من الوحدتين يكون على أساس سرعة الترسيب عند تعريضهم لقوة طاردة مركزية قوية ultracentrifugation.

obeikandl.com




(شكل 9/3) : خطوات تكوين بروتين الخلية

أ ) تكوين RNA رسول من DNA
ب) اختراق RNA رسول للريبوسوم
جـ) عديد الريبوسومات يكون البروتين
د ) منظر تفصيلى لعديد الريبوسومات وتكوين البروتين

obeikandi.com

ترتبط الريبوسومات عادة فى مجاميع بواسطة حمض ريبوز نووى رسول RNA m· وتعرف تلك المجاميع بعديد الريبوسومات polysomes أو polyribosomes· ويعتبر عديد الريبوسومات أماكن تخليق البروتين فى الخلية (شكل 3/8)· ويعمل حمض الريبوز النووى الرسول كقالب لتصنيع البروتين· ولا تتم بلمرة الأحماض الأمينية مباشرة ، ولكن يتطلب ذلك وجود نوع آخر من حمض الريبوز النووى وهو حمض الريبوز الناقل t RNA· ويختلف نوع t RNA بإختلاف نوع الحمض الأمينى·

**البلاستيدات**

البلاستيدات plastids هى أجسام بروتوبلازمية لها القدرة على النمو والانقسام ، سواء كانت فى خلايا مرستيمية أو خلايا بالغة· وتنشأ البلاستيدات من أجسام صغيرة توجد فى خلايا الأنسجة وتعرف بمبادىء البلاستيدات proplastids أو تنشأ من انقسام البلاستيدة الخضراء إلى بلاستيدتين·

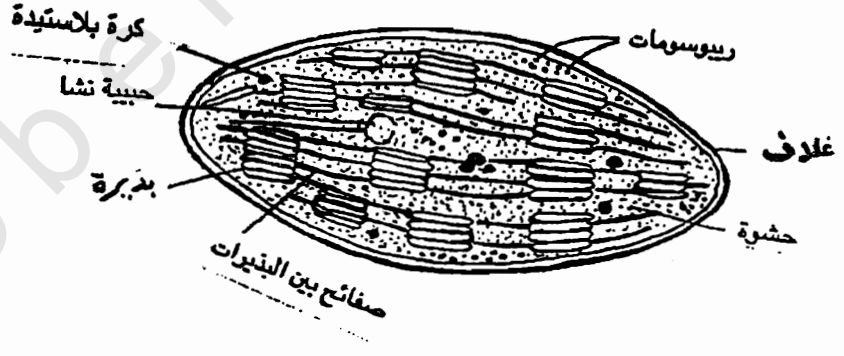
لا توجد البلاستيدات فى بعض النباتات الدنيئة كما فى البكتريا والفطريات· تحتوى الخلية الواحدة على بلاستيدة واحدة كما فى بعض أنواع الطحالب· أما فى النباتات الراقية فغالباً ما تحتوى خلاياها على عديد من البلاستيدات·

تقسم البلاستيدات على أساس غياب أو وجود صبغات معينة إلى بلاستيدات خضراء وبلاستيدات ملونة وبلاستيدات عديمة اللون· ويمكن للبلاستيدات أن تتحول من صورة إلى أخرى ، والبلاستيدات الخضراء تتحول فى الثمار والأزهار الصغيرة إلى بلاستيدات ملونة فى الثمار الناضجة والأزهار الكاملة النمو كما فى حالة ثمار الطماطم· ويمكن أيضاً للبلاستيدات العديمة اللون أن تتحول إلى بلاستيدات خضراء عند تعرضها للضوء كما فى درنات البطاطس·

**1- البلاستيدات الخضراء Chloroplasts** : هى بلاستيدات ذات لون أخضر وذلك لاحتوائها على أصباغ الكلوروفيل وأهمها كلوروفيل أو وكلوروفيل ب ،

وأصباغ الكاروتين ومنها الكاروتين والزانثوفيل. كما تحتوى على كل من الحمض النووى RNA و DNA. كذلك تحتوى البلاستيدات الخضراء على ريبوسومات أصغر فى الحجم من الريبوسومات العادية وكذلك يمكنها الانقسام والتكاثر. تختلف البلاستيدات الخضراء فى الحجم وغالباً ما تكون ذات أشكال قرصية أو بيضاوية فى النباتات الراقية.

تتكون البلاستيدة الخضراء من كتلة كثيفة من وسط مائى به بروتين أساساً تعرف بإسم الحشوة stroma وتغلف بغلاف يتكون من غشائين يشبهان باقى الأغشية البلازمية فى كون الغشاء يتركب من طبقتين بروتينيتين بينهما طبقة دهنية. وتحتوى الحشوة على أجزاء دقيقة محببة تعرف بالبذيرات grana ، وتتكون كل بذيرة من أقراص متراصة فوق بعضها. وتتركب هذه الأقراص من أغشية تسمى ثيلاكويد thylakoid. وتتركب الأغشية من بروتينات ودهون وصبغات الكلورفيل والكاروتينات. وتوجد أيضاً أغشية تصل حواف أقراص كل بذيرة بحواف أقراص بذيرة أخرى مجاورة ، وتسمى هذه الأغشية بإسم صفائح بين البذيرات intergrana lamellae ويوجد فى الحشوة أيضاً أجسام كروية تعرف باسم كرات البلاستيدة plastoglobuli. وهذه تحتوى على مركبات دهنية أو محبة للدهون ويعتقد أن هذه الكرات تخزن بها الدهون الزائدة عن حاجة البلاستيدة (شكل 10/3).




(شكل 10/3) : بلاستيدة خضراء

وظيفة البلاستيدة الخضراء تحويل الطاقة الضوئية المستمدة من أشعة الشمس إلى طاقة مخزنة فى الغذاء المصنع الذى يكون على صورة سكريات ونشويات. ويخزن السكر الزائد فى البلاستيدة على هيئة نشا وتتم هذه الخطوة فى الحشوة. والنشا المتكون فى البلاستيدة الخضراء يسمى بالنشا الانتقالى أو التمثيلى.

**2- البلاستيدات الملونة Chromoplasts :** هى بلاستيدات ذات ألوان مختلفة، عدا اللون الأخضر ، فمنها الأصفر والبرتقالى والأحمر ، ويتوقف اللون على نوع الصبغة الكاروتينية الموجودة ومقدارها. تختلف البلاستيدات الملونة كثيراً فى الشكل فمنها القرصى والكروى والعصوى والشريطى والخيطى والحلزونى والمفصص وعديد الأضلع والبلورى (شكل 11/3). وهذه البلاستيدات هى المسئولة عن اللون فى الأزهار والثمار كما فى الطماطم وبعض أنواع الجذور كالجزر.

تتكون البلاستيدة الملونة من كتلة كثيفة تسمى الحشوة stroma وتغلف بغلاف يتكون من غشائين كما فى البلاستيدة الخضراء. يوجد بالحشوة حويصلات قليلة العدد جدرانها غشائية وخيوط دقيقة fibrillar elements غير معروف طبيعتها ، ومحتويات كروية الشكل غير محاطة بأغشية ويعتقد أنها تحتوى على الصبغات الكاروتينية الصفراء وهى كثيرة العدد ، وتختلف كثيراً فى الحجم وقد يصل قطرها إلى 500 نانومتر.

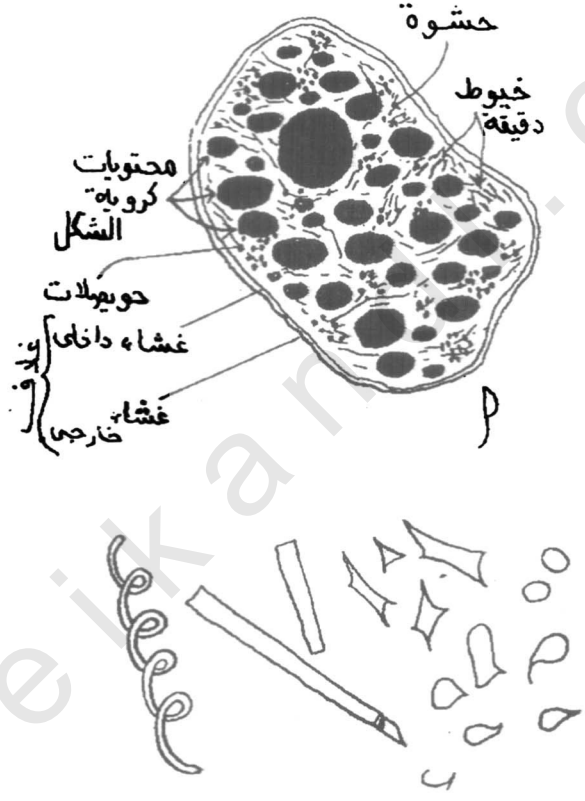
ومما يميز البلاستيدات الملونة أن لها القدرة على التمدد بدرجة كبيرة وذلك لكى تلائم شكل بلورات الصبغات التى قد تتبلور بداخلها.

وظيفة البلاستيدات الملونة غير معروفة بالضبط.

3- البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts : هى بلاستيدات لا تحتوى على صبغات ، ذات أشكال متعددة كما فى البلاستيدات الملونة ، ويمكن أن يتغير شكلها لأنها ذات قدرة عالية على التمدد والمطاطية ، توجد البلاستيدات عديمة اللون

فى الخلايا البالغة غير المعرضة للضوء كالدرنات والكورمات وفى أندوسبرم وفلقات البذور.

تقوم البلاستيدات عديمة اللون بتكوين وتخزين المواد الغذائية فمنها ما يختص بالنشا ويعرف بيلاستيدات النشا ومنها ما يختص بالدهون وتعرف **بيلاستيدات الدهن.**




**(شكل 11/3) : بلاستيدات ملونة**

**أ - قطاع عرضى فى بلاستيدة ملونة ب - أشكال مختلفة لبلاستيدات ملونة**

obeikan.com

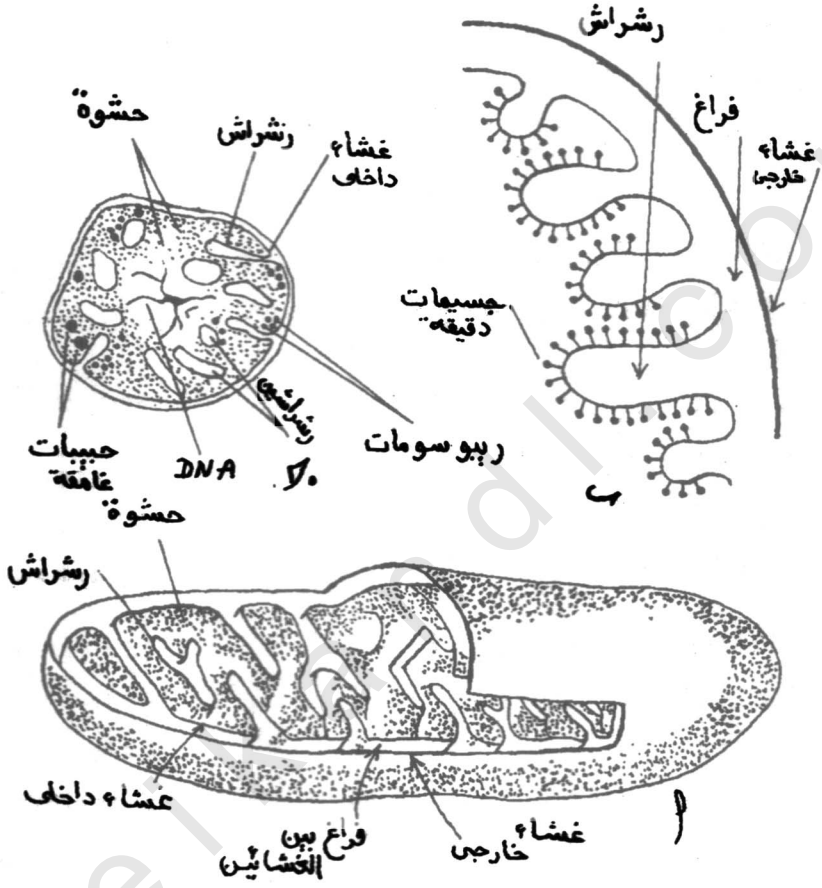
بلاستيدات النشا amylopasts تقوم بتحويل السكر إلى نشا ، ثم تخزنه بداخلها ولهذا يعرف النشا الموجود بها بالنشا الإختزانى reserve ، ويختلف النشا لإختزانى الذى يتكون فى البلاستيدات العديمة اللون عن النشا الإنتقالى الذى يتكون فى البلاستيدات الخضراء فى أن الأول حبيباته كبيرة الحجم ويوجد بأعداد قليلة ومستديمة فى البلاستيدة ، فى حين أن الثانى حبيباته صغيرة ويوجد بأعداد كبيرة ويختفى فى الظلام لتحوله إلى سكريات تنتقل إلى أنسجة النبات الأخرى. تتكون حبيبة النشا داخل البلاستيدة عديمة اللون وتكبر فى الحجم وذلك بترسب طبقات جديدة فينتج عنها انتفاخ جدار البلاستيدة (شكل 14/3 ى) الذى يتفجر عادة فى النهاية. وقد تتكون أكثر من حبيبة نشا داخل البلاستيدة الواحدة.

بلاستيدات الدهن elaioplasts تقوم بتكوين وتخزين الزيوت والدهون ، وهى موجودة أساساً فى بعض نباتات ذات الفلقة الواحدة وبعض النباتات الحزازية.

## الميتوكوندريات

الميتوكوندريات mitochondria هى أجسام بروتوبلازمية حية لها القدرة على النمو والإنقسام ، وتشاهد مغمورة فى سيتوبلازم الخلايا النباتية المختلفة وبخاصة الخلايا المرستيمية ، ولكنها تضمحل وتختفى من الأنابيب الغربالية.

تشاهد الميتوكوندريات بأشكال مختلفة منها الكروى والعصوى والخيطى ، والشكل العصوى هو الغالب (شكل 12/3 أ). تتركب الميتوكوندرية من بروتينات ذائبة تعرف بالحشوة matrix ويوجد بها DNA على هيئة جزء وسطى يخرج منه خيوط وريبوسومات أصغر من حجمها المعتاد وحبيبات غامقة دقيقة electron-opaque granules غير معروف وظيفتها (شكل 12/3). تغلف الحشوة بغلاف يتكون من غشائين بينهما فراغ. يتكون كل غشاء من طبقتين بروتينيتين بينهما طبقة دهنية ، الغشاء الداخلى متعرج وذو نتوءات تمتد للداخل تسمى رشراشات cristae ، ويوجد على الغشاء الداخلى للميتوكوندريات آلاف من جسيمات دقيقة يتركب كل منها من رأس كروى وساق أسطوانية جوفاء ، وقاعدة أسطوانية متصلة بالغشاء (شكل 12/3 ب).




(شكل 12/3) : الميتوكوندرية

أ ) منظر عام ب ) جزء من غلاف الميتوكوندرية

جـ ) قطاع عرضي

ويعتقد أن هذه الجسيمات تحتوى على الأنزيمات اللازمة لتحويل مركب أدينوسين ثنائى الفوسفات الذى يرمز له بالرمز ADP إلى مركب أدينوسين ثلاثى الفوسفات الذى يرمز له بالرمز ATP. وكذلك فإن الميتوكوندريات تحتوى على الأنزيمات المختلفة اللازمة لدورة كريس وكذلك إنزيمات السيتوكروم. لهذا فتظهر أهمية الميتوكوندريات فى أنها تقوم بتفاعلات التنفس لإعطاء الطاقة لمختلف أنشطة الخلية.

## الأجسام الكروية

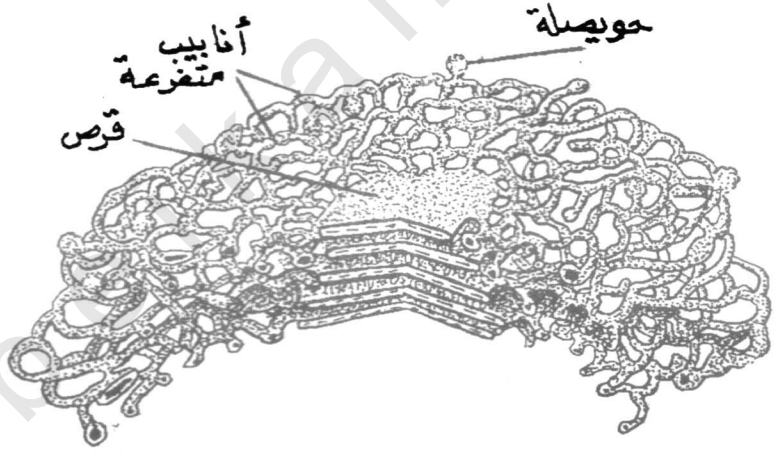
الأجسام الكروية spherosomes أجسام بروتوبلازمية صغيرة كروية (شكل 3/3) توجد فى الخلايا النباتية ، وتشابه الليسوسومات lysosomes الموجودة فى الخلايا الحيوانية. يتكون الجسم الكروى من حشوة كثيفة بروتينية تحاط بغشاء مفرد حيث يتكون من طبقة بروتين خارجية يليها للداخل طبقة دهنية. توجد الأجسام الكروية بكثرة فى الخلايا المخزنة للمواد الدهنية حيث تخزن بها الدهون ، وتقل أعدادها مع الإنبات وتحلل الدهون ، ويتوافق ذلك مع زيادة أعداد الأجسام الصغيرة microbodies. وهى تحتوى على أنزيمات تقوم بتحليل الجزيئات الكبيرة للمواد الداخلة فى تركيب بروتوبلازم الخلية وخاصة الدهون. ومن المعروف أن هذه الأنزيمات تبقى غير نشطة مادامت موجودة داخل الأجسام الكروية ، أما عند تمزق جدار هذه الأجسام فإن الأنزيمات تنطلق لتساعد على هدم محتويات الخلية وموتها وذلك عند كبر الخلايا فى السن وكما يحدث فى الأوعية الخشبية والألياف والقصيبات عند نضجها.

## جهاز جولجى

يعرف جهاز جولجى Golgi apparatus باسم ديكتيوسوم dictyosome ، وتنتشر الديكتيوسومات فى البلازم الأساسى. ويتكون كل ديكتيوسوم من مجموعة أقراص تسمى سسترنات cisternae متراصة فوق بعضها ، وتحتوى بداخلها مركبات عديدة مثل البروتينات والكربوايدرات. وجدار كل قرص عبارة عن

غشاء يتكون من بروتينات ودهون ، ويخرج من حواف هذه الأقراص أنابيب عديدة متفرعة ومتشابكة تنتهى عادة بحويصلات (شكل 13/3).

وظيفة جهاز جولجى هى الإفراز ، فنجد أن أغشية الحويصلات التى يكونها جهاز جولجى تتكون من بروتين ودهون مماثلة فى ذلك الغشاء البلازمى الخارجى. تنفصل الحويصلات وتتحرك فى إتجاه جدار الخلية حتى تلتحم بالغشاء البلازمى وتزيد من مساحة سطحه ، وخاصة فى الخلايا المنقسمة والتى تكبر فى الحجم (شكل 2/5). تفرز المحتويات الموجودة بداخل الحويصلات وهى عبارة عن بروتين وكربوايدرات ومواد إفرازية خارج الغشاء البلازمى فيدخل الكربوايدرات فى تكوين الجدار الخلوى والصفيحة الوسطى مسبباً زيادة مساحتها. والبروتين قد يدخل فى تركيب الغشاء البلازمى. كما أن المواد الإفرازية تفرز خارج الخلية ولذلك يزداد عدد وحدات جهاز جولجى فى خلايا النبات المختصة بالإفراز كما فى قلنسوة الجذر والتى تفرز مواد هلامية خارج الخلايا لتساعد على سهولة إنزلاق الجذر بين حبيبات التربة.




(شكل 13/3) : جهاز جولجى بعد إزالة نصفه الأمامى

### أنابيب دقيقة

الأنابيب الدقيقة microtubules عبارة عن أنابيب طويلة غير متفرعة جوفاء تختلف فى أطوالها كثيراً ، قطرها الخارجى حوالى 25 نانومتر وقطر التجويف حوالى 15 نانومتر ، يتكون جدار الأنبوبة الدقيقة من وحدات بروتينية protofilaments كروية كثيرة متلاصقة ، تشكل خيوطاً بروتينية تتلاصق ثلاثة عشر منها متجاورات لتكون الجدار. تدخل الأنابيب الدقيقة فى تكوين الأهداب والأسواط وكذلك فى تكوين خيوط المغزل حيث تلعب دوراً هاماً فى إنقسام الخلية ، ويعتقد أنها تحدد مكان إنقسام النواة كما تتحكم فى إتجاه ترسيب اللويفات السيليلوزية فى الجدار الخلوى وبذلك تتحكم فى شكل الخلية النهائى.

### بيروكسيسومات

البيروكسيسومات peroxisomes عبارة عن حويصلات قطرها حوالى 1 ميكرون ويوجد بداخلها محلول متجانس من البروتين وهى تحتوى على إنزيمات عديدة مختصة بإنتاج وتحليل مركبات فوق الأكسيد مثل فوق أكسيد الإيدروجين $H_2O_2$ والذى يقوم بتحليله إنزيم الكاتاليز. ولهذه الأجسام دور رئيسى فى القيام بعملية التنفس الضوئى photorespiration.

## مكونات الخلية غير البروتوبلازمية

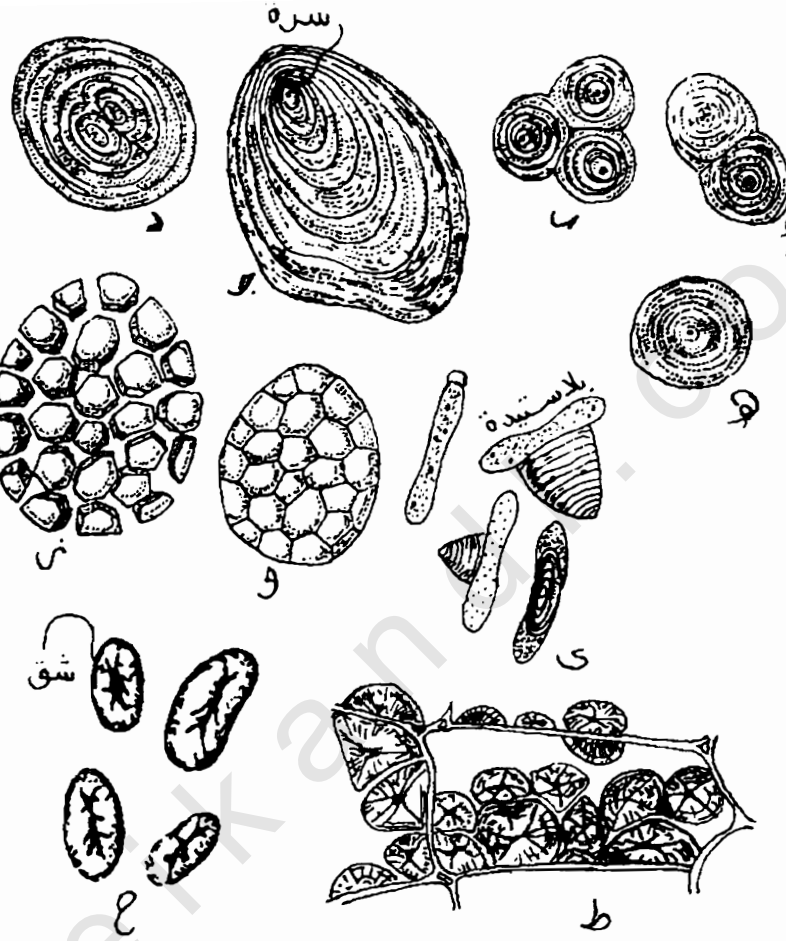
تحتوى الخلية النباتية بجانب البروتوبلازم على مكونات أخرى غير حية لا تدخل فى تركيب البروتوبلازم. توجد هذه المكونات فى صورة ذائبة أو غير ذائبة فى العصير الخلوى cell sap ، الذى يوجد فى الفجوات العصارية vacuoles. وقد توجد المكونات غير البروتوبلازمية فى السيتوبلازم على هيئة بلورات أو فى صور غير ذائبة عادة.

تحتوى الخلية النباتية على فجوة عصارية أو أكثر تبعاً لنوع الخلية وعمرها (شكل 1/5)٠ وتحاط الفجوة العصارية من الخارج بغشاء بلازمى فجوى tonoplast٠ ويتكون العصير الخلوى من محلول مذاب فيه أو موجود به فى حالة غروية مواد مختلفة منها السكريات والبروتينات وأحماض عضوية وأملاح غير عضوية وقلويدات وأصباغ ، وقد تحتوى على بلورات مترسبة٠ وعادة تكون هذه المركبات هى نواتج عمليات التحويل الغذائى الغير مرغوب وجودها فى السيتوبلازم لتأثيرها الضار عليه٠ وقد وجد حديثاً أن الفجوات العصارية قد تحتوى على إنزيمات محللة لحمضى RNA و DNA والبروتين والنشا ، ومثال ذلك خلايا القمم النامية لجذر الذرة٠ وفيما يلى شرح لأهم المكونات غير البروتوبلازمية فى السيتوبلازم والعصير الخلوى٠

## حبيبات النشا

يعتبر النشا starch grains أهم المكونات غير البروتوبلازمية التى تتكون بداخل الخلية النباتية٠ ويوجد النشا فى صورة حبيبات تختلف شكلاً وحجماً حسب النبات المكون لها ، وكثيراً ما تظهر حبيبات النشا فى شكل حلقات متداخلة تتوسطها سرة hilum ، قد تكون وسطية ، أى مركزية centric كما فى القمح ، وقد تكون جانبية ، أى لا مركزية excentric كما فى البطاطس وتظهر السرة على هيئة نقطة كما فى حبيبات نشا البطاطس والقمح٠ وقد يظهر شق فى موضع السرة ، قد يكون متفرعاً كما فى حبيبات نشا البسلة والفاصوليا٠

وتعتبر حبيبة النشا المحتوية على سرة واحدة حبيبة بسيطة ، أما إذا تكونت بها أكثر من سرة وجمعتهم حلقات مشتركة فتعتبر حبيبة نصف مركبة ، فإذا لم تجمعهم حلقات مشتركة أى أن الحبيبة ناتجة عن تجمع حبيبات جزئية فإن الحبيبة المتكونة تكون مركبة ، وهذه الأنواع المختلفة موجودة فى البطاطس وتعتبر حبيبات نشا الأرز حبيبات مركبة (شكل 14/3)٠




(**شكل 14/3**) : مكونات غير بروتوبلازمية للخلايا النباتية

أ ، ب) حبيبتى بطاطس مركبة
د) حبيبة نشا بطاطس نصف مركبة
و ، ز) حبيبتى نشا أرز مركزية ومفككة
ط) بلورات انيولين داخل خلية نبات داليا

**جـ) حبيبة نشا بطاطس بسيطة**
**هـ) حبيبة نشا قمح مركزية**
**ح) حبيبات نشا فاصوليا ذات شق متفرع**
**ى) بلاستيدات يتكون عليها حبيبات النشا فى مراحل مختلفة**

obeikandl.com

تتكون الحلقات المتداخلة فى حبيبة النشا نتيجة تبادل حلقات غنية بالماء مع حلقات غنية بالنشا ، والسرة هى جزء غنى بالماء. ويعتقد البعض أن الحلقات تنتج عن تبادل نوعين من مكونات النشا هما الأميلوز amylose والأميلوبكتين amylopectin ، واختلاف درجة امتصاص كل من المركبين للماء وينتج عنه تكوني حلقات النشا عند وضع الحبيبة فى الماء ، إذ أن الأميلوز أكثر إمتصاصاً للماء من الأميلوبكتين. ويعتقد أن التغيير فى الظروف البيئية مثل الضوء ودرجة الحرارة أثناء تكوين الحبيبات ينتج عنه تكوين هذه الحلقات ، ولهذا فإن تثبيت الظروف البيئية أثناء تكون الحبيبات ينتج عنه عدم تكون الحلقات.

يتكون النشا فى البلاستيدات الخضراء عندما تحتوى الخلية على مواد سكرية زائدة ، فإذا قل المحتوى السكرى فى الخلية عن المعدل يتحول النشا إلى سكريات ذائبة ، ولهذا فيعتبر هذا النشا إنتقالى ، وكذلك يتكون النشا فى البلاستيدات عديمة اللون ويخزن بها ولذلك يعتبر نشا إختزانى. ويخزن النشا عادة ، فى الخلايا البرنشيمية للريزومات والدرنات والثمار وفلقات واندوسبرم البذور.

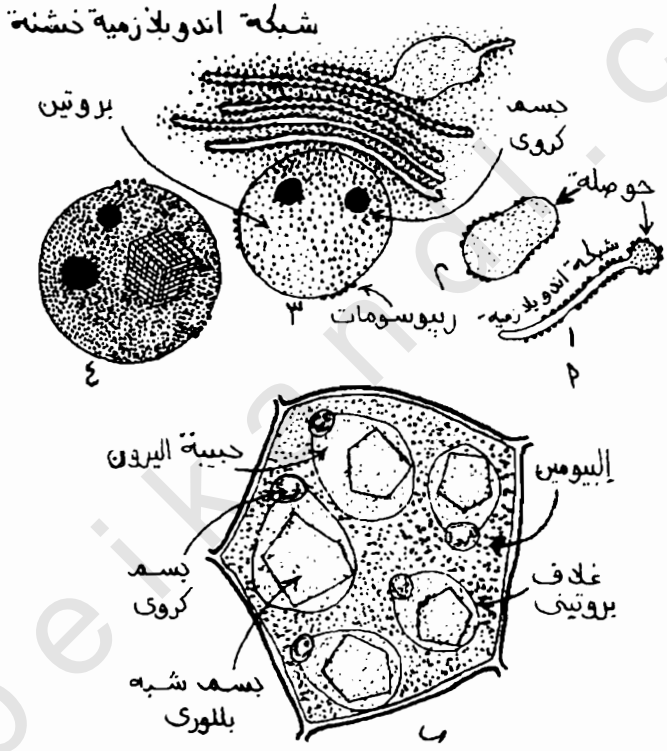
## البـــروتين

يدخل البروتين protein فى تكوين البروتوبلازم ، ويوجد أحياناً كمركب إختزانى. يوجد البروتين فى حبيبات الأليرون aleurone grains فى حبة القمح وفى بذرة الخروج (شكل 14/3 ط). تتكون حبيبات الأليرون فى حبة القمح من بروتين غير متبلور. ويعتبر البعض طبقة الأليرون الموجودة فى الحبوب هى المسئولية عن إنبات تلك الحبوب وذلك لإفرازها إنزيمات تساعد على الإنبات.

حبيبة الأليرون فى بذرة الخروع تتكون من غلاف خارجى بروتينى يوجد بداخله عادة جسمان أحدهما كبير ومضلع ويتكون من بروتين نقى ويعرف بالجسم شبه البللورى crystalloid وسمى كذلك لأنه يشبه الغرويات فى قدرته على تشـــرب الماء والإنتفاخ. والجسم الآخر صغير وكروى وغير متبلور ويعرف بالجسم الكروى globoid ويتكون من فيتين phytin وهو عبارة عن ملح المغنسيوم

والكالسيوم لاينوسيتول حمض الفسفوريك. ويوجد الجسمان فى وسط من الألبيومين السائل الذى يتصلب فيما بعد محيطاً بالجسمين الشبه البللورى والكروى (15/3).

أما عن كيفية تكون حبيبات الأليرون فإن الحبيبة تنشأ كحويصلة من الشبكة الإندوبلازمية ثم تنفصل عنها ويوجد على غلافها ريبوسومات. وتكبر الحويصلة فى الحجم وتحتوى بداخلها على بروتين ، ثم يتكون الجسم أو الجسمين الكرويين ثم الجسم الشبه البللورى (شكل 15/3 أ) ، وبذلك تصبح حبيبة أليرون.




**(شكل 15/3)** : حبيبات الاليرون

أ ) خطوات تكوين حبيبة أليرون (١، ٢، ٣ ، ٤ تدريجياً)
ب) خلية بها حبيبات أليرون

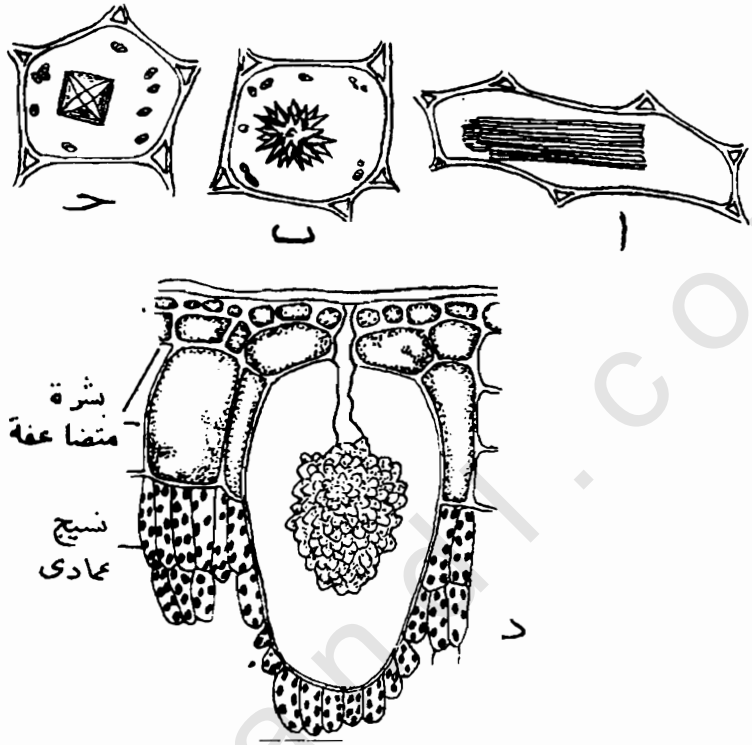
obeikandl.com

## الدهـون والزيـــوت

يكثر وجود الدهون fats والزيوت oils فى النباتات الزيتية مخزنة فى الثمار الناضجة والبذور وأحياناً فى الدرنات والريزومات٠ ويعتبر حمض الأوليك oleic acid أكثر الأحماض الدهنية وجوداً فى تركيب الدهون والزيوت النباتية ويليه فى الانتشار حمض اللينوليك linoleic والبالميتوليك palmitoleic٠

## البـــلورات

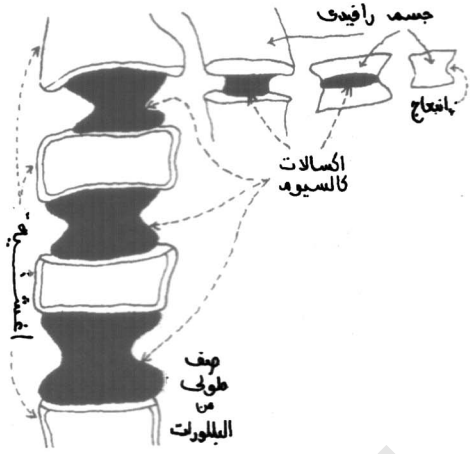
تختلف البلورات crystals كثيراً فى تركيبها الكيماوى ، فقد تكون بروتينية ، وتظهر بشكل مكعبات صغيرة فى درنات البطاطس ، وقد تكون سكرية كيلورات الأنيولين inulin الكروية التى تتكون من وحدات سكر فركتوز ، والتى توجد فى درنات نباتات الداليا (شكل 14/3 ط)٠ وتعتبر بلورات أملاح الكالسيوم هى أكثر البلورات إنتشاراً بالخلايا النباتية٠ وتوجد بلورات اكسالات الكالسيوم فى صور مختلفة ، فقد تكون معينة الشكل rbombic أو نجمية الشكل druses وتوجد فى أعناق أوراق نبات البيجونيا وكذلك فى جذور وسيقان نبات القطن (شكل 16/3 ب ، جـ) ، وقد تكون إبرية الشكل وتوجد فى حزم تعرف باسم رافيدات raphids (شكل 16/3 أ) كما فى ساق نبات الدراسينا *Dracaena* والجذور الدرنية لنبات كشك ألماظ *Asparagus*٠ تتكون البلورات الإبرية فى الفجوة العصارية داخل أجسام رافيدية raphidosomes ، عبارة عن أغشية تنشأ بجانب الغشاء البلازمى الفجوى٠ وبعمل قطاع عرضى فيها تظهر بشكل مستطيل منبعج للداخل من الجانبين ، ويعتقد أن هذين الإنبعاجين يعملان على دفع الكالسيوم داخل الجسم الرافيدى٠ ويبدأ حدوث تبلور أكسالات الكالسيوم فى منتصف المستطيل بين الإنبعاجين ، وتكبر البلورة فى الحجم تدريجياً ونتيجة لذلك يكبر الجسم فى الحجم٠ ثم يصبح هذا الجسم جزء من نظام غشائى موجود داخل الفجوة العصارية يعمل على تنظيم وترتيب هذه الأغشية والبلورات الموجودة بداخلها على هيئة صفوف طويلة (شكل 17/3)٠




(**شكل 16/3**) : بلورات أملاح الكالسيوم فى خلايا نباتية

أ) بلورات إبرية
ب) بلورة نجمية
جـ) بلورة معينة
د) حوصلة حجرية

توجد بلورات كربونات الكالسيوم فى شكل عناقيد متدلية من جدر الخلايا التى تكبر كثيراً فى الحجم عن الخلايا المجاورة ، كما فى خلايا بشرة أوراق نبات التين المطاط *Ficus elastica* ، فيظهر نتوء سليلوزى يخرج من جدار الخلية ، ويترسب عليه كربونات الكالسيوم مكوناً الحوصلة الحجرية cystolith. وتعرف الخلية المحتوية على الحوصلة الحجرية بخلية الحوصلة الحجرية lithocyst (شكل 16/3 د).




(شكل 17/3) : بلورات إبرية من اكسالات كالسيوم
قطاع عرضى فى خلية يبين خطوات تكوين البلورات ( أ - د)

## التـــانينات

التانينات tannins عبارة عن مجموعة غير متجانسة من مشتقات الفينول التى يغلب وجودها فى الأنسجة الميتة كما فى الخشب الصميمى ، كما توجد فى الأنسجة المرستيمية ، وقد توجد فى السيتوبلازم والنواة والفجوات العصارية والجدر الخلوية. وقد توجد التانينات بكميات كبيرة فتظهر فى القطاعات بشكل كتل خشنة أو سميكة ملساء أو رقيقة ذات أحجام مختلفة وملونة باللون الأصفر أو الأحمر أو البنى.

توجد نظريات مختلفة حول أهمية التانينات فى النبات. يعتقد البعض أنها كالغرويات تتشرب بالماء ، وبذلك تحمى النبات من الجفاف ، ويعتقد البعض أنها مركبات مضادة للتأكسد ، كما يعتقد البعض أنها مركبات تقلل أو تمنع إصابة النبات بالكائنات الحية الدقيقة وبذلك تحميه من العفن.

## أشبـــاه القلويـــات

أشباه القلويات (القلويدات) alkaloids هى مركبات أزوتية معقدة التركيب ، كثيراً ما تسبب تأثيرات فسيولوجية واضحة على الحيوانات ، ومن أمثلتها الكافيين caffein الذى يؤثر على الجهاز العصبى المركزى والذى يوجد فى بذور البن وأوراق الشاى ، والأفيون ذو التأثير المخدر والذى يوجد فى المادة اللبنية latex التى تنتج من الثمار غير الناضجة لنبات الخشخاش *Papaver somniferum* ، والكينين quinine والذى يسبب هبوط فى عضلات القلب ويستعمل طبياً فى علاج الملاريا والذى يوجد فى قلف بعض الأنواع من نباتات الكينا *Cinhona*.

## الصبـــغات

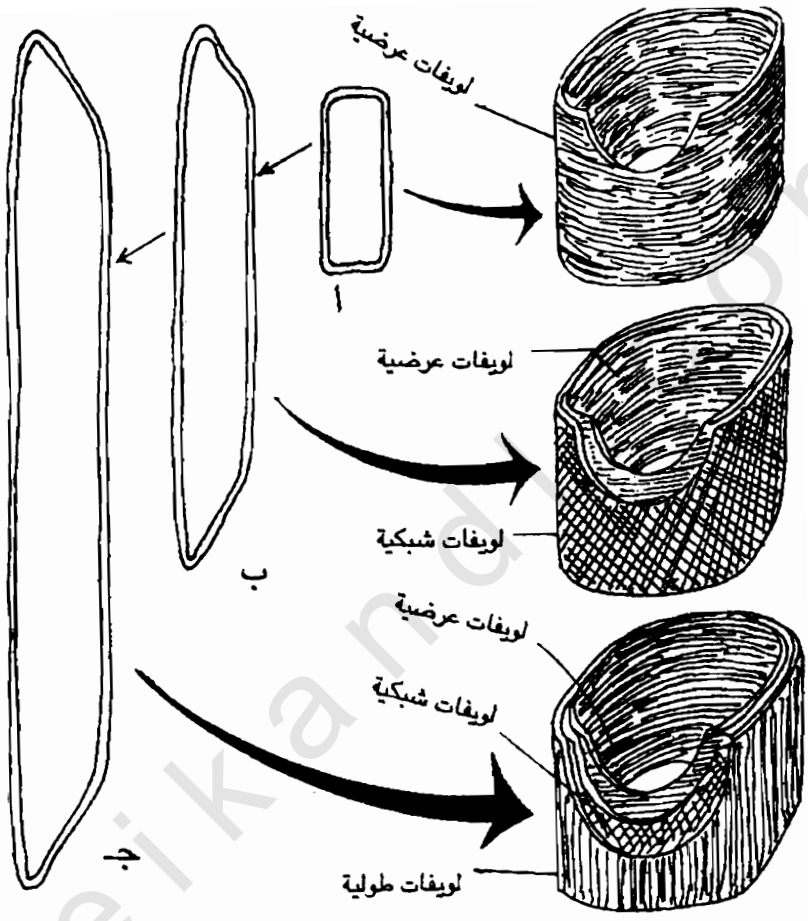
الصبغات النباتية pigments قد تكون غير قابلة للذوبان فى الماء وتذوب فى الكحول ، وتوجد فى البلاستيدات الخضراء كما فى الصبغات الكلوروفيلية ذات اللون الأخضر والصبغات الكاروتينية ذات اللون الأصفر ، وقد تكون قابلة للذوبان فى الماء وتوجد فى الفجوات العصارية وتشمل صبغات الفلافونات flavons ونواتج أكسدتها هى الأنثوسيانينات anthocyanins المسئولة عن اللون فى كثير من الأزهار والثمار والجذور فهمى تعطى اللون لأزهار حنك السبع والبلارجونيوم وبذور ثمار الرمان وجذور البنجر. ويتغير لون صبغة الأنثوسيانين تبعاً لدرجة الحموضة ، ففى الوسط الحامضى تكون ذات لون أحمر وفى الوسط القلوى تكون ذات لون أزرق. ويعزى تلون أوراق بعض الأشجار فى الخريف إلى قلة نسبة الكلوروفيل والكاروتين وزيادة نسبة الأنثوسيانين والتانين وصبغات أخرى غير شائعة.

# الجـدار الخلـوى

فى الخطوات الأخيرة لإنقسام خلية نباتية يتكون غشاء يفصل البروتوبلاستين الناشئين ، يعرف بالصفيحة الخلوية cell plate٠ تتحول الصفيحة الخلوية إلى جدار بكتينى يعرف بالصفيحة الوسطى middle lamella تتكون أساساً من بكتاتَ الكالسيوم والمغنسيوم ، ويعقب ذلك حدوث ترسيب على جانبى الصفيحة الوسطى مكونة الجدار الابتدائى primary wall الذى يتكون أساساً من السيليلوز ويختلط معه مركبات أخرى مثل الهيميسيليلوز والبكتين والبروتين٠ وقد يعقب ذلك ترسيب جدار آخر داخلى ، يتكون بعد تمام نمو الخلية فى الحجم ويعرف بالجدار الثانوى secondary wall٠ يتكون الجدار الثانوى عادة من ثلاث طبقات ، الوسطية منها سميكة ، أما الطبقتان الخارجية والداخلية فرقيقتان ، ويتركب الجدار الثانوى من السيليلوز أساساً ، وتختلط معه مركبات أخرى غير سيليلوزية أهمها اللجنين والسيوبرين٠

أمكن باستعمال الميكروسكوب الإلكترونى ، معرفة التركيب الدقيق للجدار الخلوى ، فوجد أن الهيكل السيليلوزى المكون للجدار يتركب من لويفات صغيرة microfibrils عديدة تختلف فى اتجاه ترتيبها ، ففى الجدر الإبتدائية للخلايا التى ستصبح متطاولة ، نجد أن اللويفات متوازية وعمودية أو موازية للمحور الطولى للخلية (شكل 18/3)٠ وفى الخلايا التى ستصبح كروية فإن اللويفات تكون شبكية متداخلة٠ أما فى الجدر الثانوية فإن اللويفات تكون متوازية ومائلة على المحور الطولى للخلية (شكل 19/3 أ)٠ وعند تكون الجدار الثانوى من أكثر من طبقة فإن اتجاه ميل اللويفات يختلف من طبقة إلى أخرى٠ ويمكن تحديد الجدار الثانوى من الجدار الإبتدائى بمعرفة إتجاه وضع اللويفات بالنسبة للمحور الطولى للخلية عند فحصها بالميكروسكون الإلكترونى (شكل 19/3 أ ، ب)٠

يتراوح سمك اللويفة الصغيرة من 10-25 نانومتر ، وقد تصل فى الطول إلى عدة ميكرونات٠ وتحتوى كل لويفة صغيرة على عديد من الحزم bundles ،




(شكل 18/3) : النمو الشبكى المتعدد

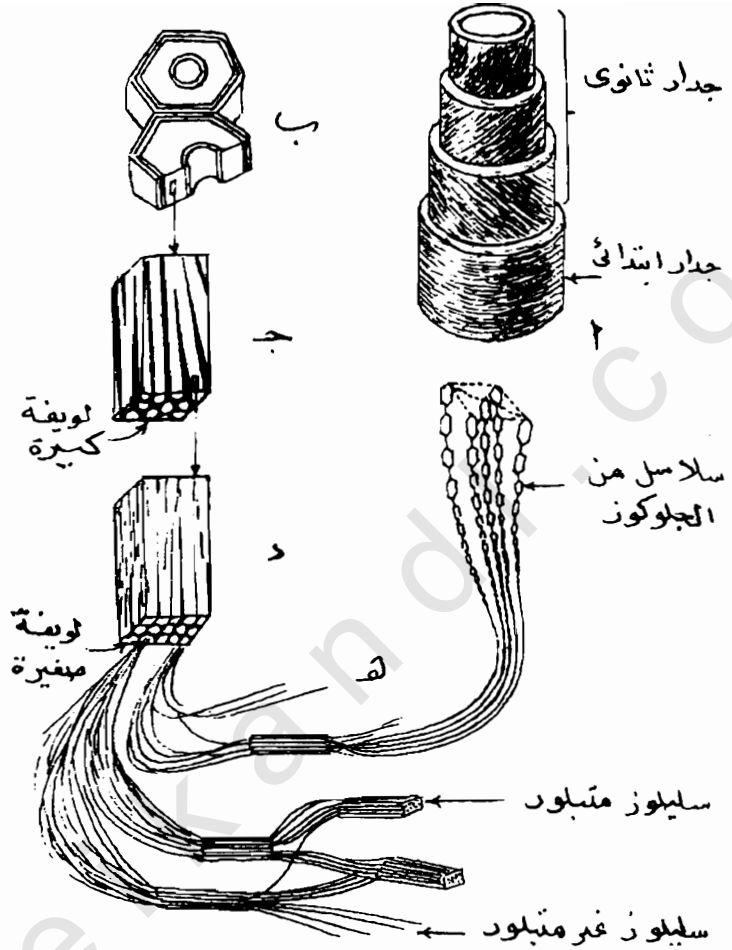
كيفية ترتيب اللويفات الصغيرة فى الجدار الابتدائى أثناء خطوات نمو الخلية ( أ ، ب ، جـ)

obeikandl.com

وتتكون كل حزمة من عديد من جزيئات السليلوز ، ويمكن تمييز سليلوز الحزمة الواحدة باستخدام أشعة X والضوء المستقطب إلى مناطق من سيليلوز متبلور crystalline cellulose وتعرف باسم الميسيلى micelle ، وتكون فيها جزيئات السليلوز متوازية ، وأخرى من سيليلوز غير متبلور amorphous cellulose وتكون فيها جزيئات السيليوز غير متوازية (شكل 19/3 هـ)٠ وترجع مرونة الجدر الابتدائية إلى انخفاض نسبة السليلوز المتبلور بها وارتفاع نسبة السليلوز غير المتبلور ، فى حين ترجع قلة مرونة الجدر الثانوية إلى إرتفاع نسبة السليلوز المتبلور وانخفاض نسبة السليلوز غير المتبلور ، ولهذا نجد أن السليلوز المتبلور يوجد بنسبة منخفضة فى جدر الخلايا الحديثة وتزداد هذه النسب مع كبر الخلايا فى السن حتى نصل نسبته إلى 90 % فى جدر بعض الألياف النباتية٠

مما سبق يتضح أن الجدار الخلوى عبارة عن هيكل شبكى من سلاسل من السليلوز تتجمع فى حزم تفصلها فراغات ، كما تتجمع الحزم فى لويفات صغيرة تفصلها أيضاً فراغات ، كما قد تتجمع اللويفات الصغيرة فى الجدر الثانوية فى لويفات كبيرة macrofibrils تفصلها أيضاً فراغات (شكل 19/3 جـ ، د ، هـ)٠ تترسب بهذه الفراغات المختلفة مواد مختلفة ، تختلف حسب نوع الجدار ونوع وعمر الخلية ، ففى الجدر الابتدائية تمتلىء الفراغات أساساً بمركبات بكتينية ، وفى جدر الأنسجة الخشبية والاسكلرنشيمية تمتلىء الفراغات أساساً باللجنين ، وفى جدر البشرة يترسب الكيوتين ، وفى جدر خلايا الفلين يترسب السيويرين ، أما فى حالة الجدر التى تكاد تكون سليلوزية بحتة مثل الجدر الثانوية لشعيرات القطن فإن الماء يشغل تلك الفراغات٠

وظيفة الجدار الخلوى هو حفظ مكونات الخلية بداخله كما أنه يعطى الخلية صلابة ومتانة٠




(شكل 19/3) : تركيب الجدار الخلوى

أ) اتجاه اللويفات الصغيرة فى كل من الجدار الابتدائى والجدار الثانوى
ب) قطاع عرضى يبين الجدر الابتدائية والجدر الثانوية
جـ) جزء من الجدار الثانوى الوسطى مكبر يبين اللويفات الكبيرة
د) جزء من لويفة كبيرة مكبر يبين اللويفات الصغيرة
هـ) تركيب اللويفة الصغيرة

obeikandl.com

اختلفت الآراء نحو كيفية النمو والترسيب فى الجدار الخلوى ووضعت لذلك مختلفة ، منها نظريتان قديمتان هما نظرتبى التداخل والتراكم وأدخل عليهما تعديلات فى نظريتين حديثيتين وضعتا بعد استعمال الميكروسكوب الإلكترونى ، وهما نظريتى النمو الموازيكى والنمو الشبكى المتعدد.

**1- نظرية التداخل Intussusceptions theory** : تعتبر هذه النظرية أن نمو الجدار الخلوى ينتج عن تكوين مواد جديدة للجدار بين المواد السابقة، فمثلاً عندما تتكون جزيئات سليلوز حديثة ويتكون منها لويفات صغيرة توضع متداخلة بين اللويفات الصغيرة القديمة. ويعتقد أن ذلك يحدث عند نمو واستطالة الخلية الذى يؤدى إلى اتساع المسافات بين اللويفات الصغيرة المكونة للجدار ، ولهذا فإن ملىء هذه المسافات بلويفات صغيرة جديدة يمنع من رقة الجدر وتمزقها.

**2- نظرية التراكم Opposition theory** : تعتبر هذه النظرية أن نمو الجدار الخلوى ينتج عن تكوين مواد جديدة فوق مواد الجدار السابقة ، أى يحدث النمو على هيئة طبقات بعضها فوق بعض ، ويؤدى هذا إلى حدوث نمو فى سمك الجدار وليس فى مساحته.

**3- نظرية النمو الموازيكى Mosaic growth theory** : تبنى هذه النظرية على وجود مساحات دقيقة من الجدار الابتدائى يتخللها السيتوبلازم ، ويحدث فى هذه المساحات تخليق لسيتوبلازم جديد يؤدى إلى زيادة كميته، وبالتالى إلى ابتعاد اللويفات الصغيرة عن بعضها وكبر سطح الخلية ، يلى ذلك تكون لويفات صغيرة أخرى تملأ هذه الفراغات الدقيقة.

**4- نظرية النمو الشبكى المتعدد Multinet growth theory** : تقول هذه النظرية أن نمو الجدار الابتدائى تتم بطريقة التراكم مع تغيير اتجاه اللويفات الصغيرة فى الطبقات المختلفة ، فبعد أن تكون اللويفات الصغيرة

متشابكة وعرضية تقريباً ، أى عمودية على المحور الطولى للخلية وذلك فى طبقات الجدار الأولى ، نجد أنها تتحول تدريجياً فى الطبقات التالية إلى أن تصبح طولية ، أى موازية للمحور الطولى للخلية ، ثم تتكون طبقات أخرى إلى الداخل تكون اللويفات فيها متشابكة تقريباً (شكل 18/3)٠

## النقـــــر

أثناء تكوين الجدر الخلوية لا يتم ترسيب مواد الجدار بانتظام بل تترك مساحات محدودة منخفضة عن باقى سطح الجدار ، بها عادة ثقوب دقيقة تعرف بالنقر pits ، تمر خلالها فى جدار الخلايا الحية شرائط سيتوبلازمية تعرف بالبلازمودزمات plasmodesmata ، تصل ما بين سيتوبلازم الخلايا المتجاورة٠

ومن أنواع النقر ما يأتى :

**1- حقول النقر الابتدائية**

تظهر حقول النقر الابتدائية primary pit fields أثناء تكون الجدار الابتدائى فوق الصفيحة الوسطى ، حيث أن تكوين الجدار لا يتم بنفس السمك فى جميع أجزائه ، بل تترك مساحات رقيقة تعرف بحقول النقر الابتدائية ويطلق عليها البعض مبادىء النقر primordial pits (شكل 20/3 أ)٠ تمر البلازمودزمات خلال حقول النقر الابتدائية٠ ونظراً لدقة البلازمودزمات فلا يمكن رؤيتها فى معظم الخلايا باستعمال الميكروسكوب الضوئى إلا باستعمال طرق خاصة ، وترى بسهولة نسبياً فى جدر خلايا أندوسبرم بعض البذور كما فى البلح والبن (شكل 20/3 ب)٠ وتظهر البلازمودزمات عند الفحص بالميكروسكوب الألكترونى (شكل 20/3 جـ) كخيوط سيتوبلازمية تصل خلية بأخرى٠ البلازمودزمة أنبوبية الشكل قطرها حوالى 500 أنجستروم ولها جدار مماثل تماماً فى تركيبة الغشاء البلازمى ، ويوجد بداخل الجدار فراغ lumin ويتوسط الفراغ تركيب كثيف غير معروف طبيعته

الابتدائيــة فقــط ، أو مبعثــرة وتختــرق الجــدر فــى مواضــع عديــدة ، وخيــوط البلازمودزمـات قـد تكـون متفرعـة كمـا فـى الأثـل *Tamarix* ٠ ويعتقـد أن وظيفـة البلازمودزمات هى نقل المواد من خلية إلى أخرى٠

توجـد حقـول النقـر الابتدائيـة فـى الخلايـا ذات الجـدر الابتدائيـة مثـل الخلايـا البرنشيمية والأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة٠

**2- النقر البسيطة**

أثنـاء تكـون الجـدار الثـانوى فـوق الجـدار الابتـدائى ، تتـرك مسـاحات صـغيرة متنـاثرة بـدون تغليـظ ، تظهـر فـى المنظـر السـطحى كثقـوب دائريـة ، وفـى القطـاع العرضـى كقنوات منتظمة القطر فى جدار الخلية٠

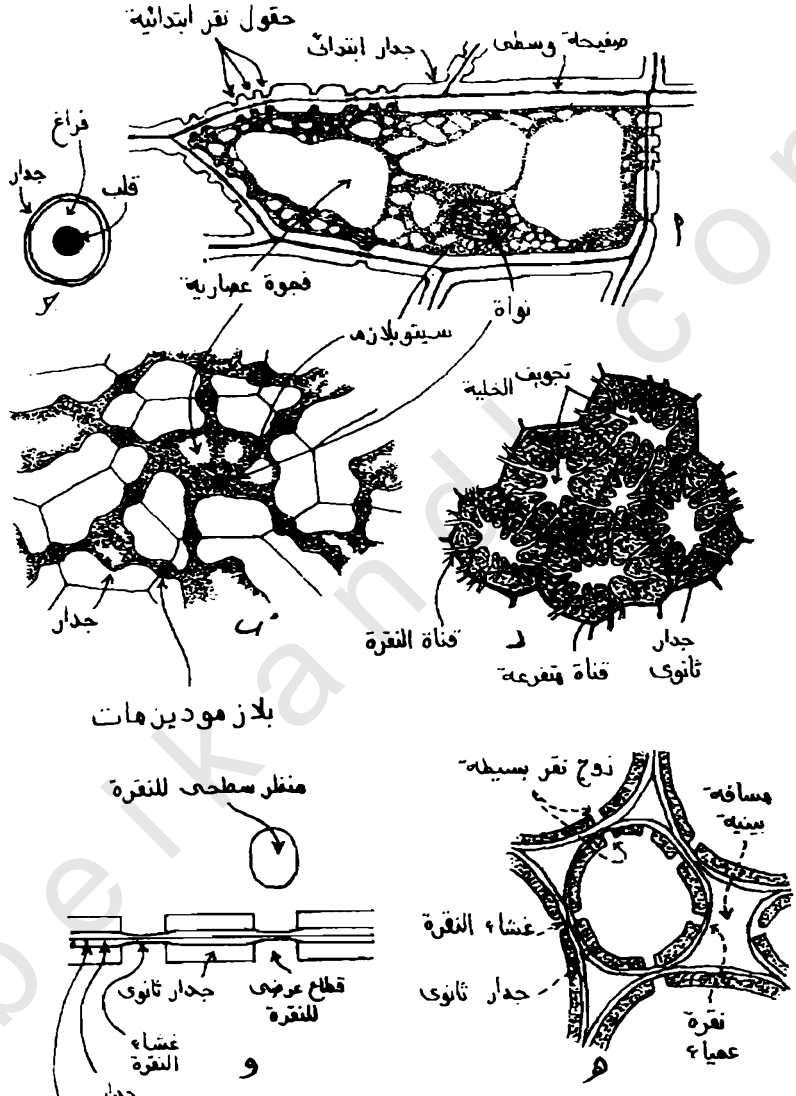
تتكـون النقـر البسـيطة simple pits عـادة فـى منطقـة حقـول النقـر الابتدائيـة ، فتتكون نقرة أو أكثر فـوق الحقـل الواحـد ، غالبـاً مـا يقابـل كل نقـرة فـى خلية نقرة أخرى فـى الخليـة المجـاورة ، وتـسمى النقرتـان المتجـاورتان باسـم زوج النقـر pit pair٠ ويعـرف الجـدار الرقيـق الفاصـل بين كل نقرتين متجاورتين بغشاء النقرة pit membrane٠ وقـد تتكـون نقرة مقابـل مسـافة بينيـة وتـسمى النقـرة فـى هـذه الحالـة بالنقرة العمياء blind pit (شكل 20/3 هـ)٠

وتظهـر النقـر البـسيطة بالميكروسـكوب الالكترونـى علـى هيئـة إنخفاضـات بيضاوية أو دائرية فى اللويفات الصغيرة المكونة للجدار٠ ويظهر غشاء النقرة فـى قاع الانخفاض مكوناً من لويفات صغيرة أيضاً ، ويوجد بين لويفات الغشاء ثقوب عديدة واضحة هى مواضع البلازمودزمات٠

---

(**شكل 20/3**) : أنواع النقـــــر

أ ) خلية تبين حقول النقل الابتدائية
ب) خلية أندوسبرم بلح تبين حقول النقر الابتدائية والبلازموديزمات
جـ) قطاع عرضى فى بلازموديزمة تحت المجهر الالكترونى
د) خلية حجرية ذات نقر متفرعة
هـ) أزواج نقر بسيطة ونقر عمياء
و ) جزء مكبر لنقر بسيطة




obeikandl.com

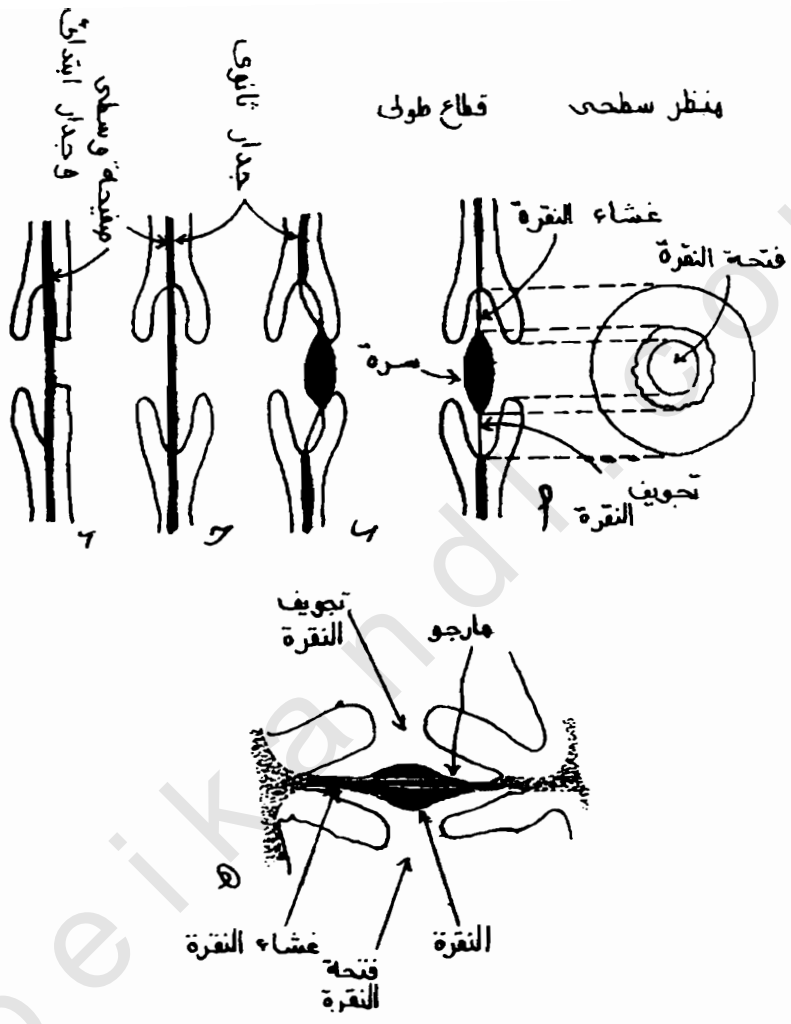
وفى الخلايا السميكة الجدر مثل الخلايا الاسكليريدية تكون انخفاضات النقر عميقة لدرجة كبيرة نظراً لسمك الجدار ، ولهذا تسمى هذه الانخفاضات بقنوات النقر pit canals• وفى الخلايا الحجرية قد تشترك نقرة بسيطة أو أكثر فى قناة واحدة متفرعة وتعرف هذه النقر باسم النقر المتفرعة ramiform pits (شكل 20/3 د)•

وتوجد النقر البسيطة فى خلايا البشرة المغلظة والخلايا البرنشيمية المغلظة والاسكلرنشيمية وبعض الأوعية الخشبية والقصيبات•

**3- النقر المضفوفة**

تتميز النقر المضفوفة bordered pits بحدوث تغليظ جزئى فى غشاء النقرة، وبأن الجدار الثانوى المتكون ينفصل عن الجدار الابتدائى نامياً فوق النقرة بشكل قبة تحيط بغشاء النقرة ، تاركة فتحة مركزية صغيرة تختلف فى شكلها وتعرف بفتحة النقرة pit aperture• ويعرف الفراغ الموجود بين غشاء النقرة والجدار الثانوى بتجويف النقرة pit cavity• وفى قليل من كاسيات البذور وفى كثير من عاريات البذور وخاصة المخروطيات يحدث علاوة على ما سبق تغليظ مصمت غير منفذ للماء فى شكل عدسة محدبة الوجهين وذلك فى منتصف غشاء النقرة ، ويعرف هذا التغليظ بالسرة torus ، وقطر السرة أكبر قليلاً من قطر فتحة النقرة• وعموماً فتمثل النقرة المضفوفة فى المنظر السطحى بدائرتين متداخلتين ، الداخلية تمثل فتحة النقرة ، والخارجية تمثل الحد الخارجى لجدار النقرة (شكل 21/3 أ)•

يتكون غشاء النقرة من لويفات سليلوزية صغيرة كثيرة متشابكة وبها فتحات أكبر من فتحات خيوط البلازمودزمات ، وعن طريق هذه الفتحات يعبر الماء والعناصر الذائبة غشاء النقرة• وفى حالة النقرة المضفوفة ذات السرة ، فإن السرة تكون معلقة فى هذه اللويفات• والجزء المرتفع من غشاء النقرة ، والذى يحيط بالسرة تكون لويفاته غير متشابكة بل متوازية قطرياً ، يسمى مارجو margo (شكل 21/3 هـ )•

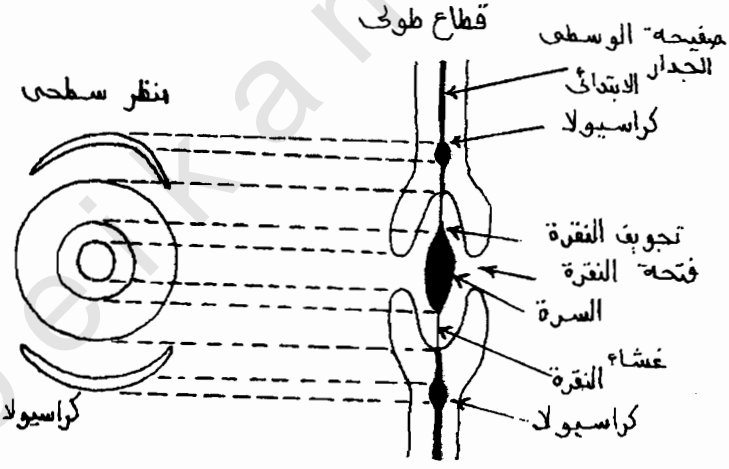



(شكل 21/3) : قطاعات طولية فى النقر المضفوفة

أ ) زوج نقر مضفوفة ذات سرة فى موضع وسطى
ب) زوج نقر مضفوفة بها سرة فى وضع جانبى
جـ) زوج نقر مضفوفة بدون سرة
د ) زوج نقر نصف مضفوفة
هـ) زوج نقر مضفوفة ذات سرة (بالميكروسكوب الالكترونى)

obeikandl.com

وفى حالة الأنسجة النشطة ذات النقر المضفوفة ذات السرة فإنه عندما يكون إندفاع الماء من خلية إلى أخرى عن طريق النقرة شديد فإن غشاء النقرة يتحرك فى اتجاه فتحة النقرة ويغلقها بواسطة السرة (شكل 21/3 ب)٠ وفى هذه الحالة يمنع مرور الماء من خلية إلى أخرى مجاورة٠ وعندما يتغير الضغط المائى فإن غشاء النقرة يعود إلى موضعه الطبيعى مرة أخرى فيسهل حركة الماء من الخلية إلى الخلية المجاورة٠ وجود فقاعات هوائية فى الأوعية أو القصيبات يتسبب فى قطع اتصال عمود الماء ، وبذلك تمنع صعود الماء إلى أعلى فى نسيج الخشب ، ولذلك يتحرك غشاء النقرة ناحية فقاعة الهواء مسبباً غلق فتحة السرة ، وبذلك تأمن الأوعية والقصيبات من دخول الهواء إليها وقطع عمود الماء فيها٠ أما فى الأنسجة غير النشطة مثل أنسجة الخشب الصميمى فإن غشاء النقرة يتحرك جانبياً وتغلق السرة فتحة النقرة وتبقى هكذا حيث أن غشاء النقرة يفقد مرونته وقدرته على الحركة٠ ولذلك فإن النقر المضفوفة ذات السرة تعمل على تنظيم مرور الماء فى



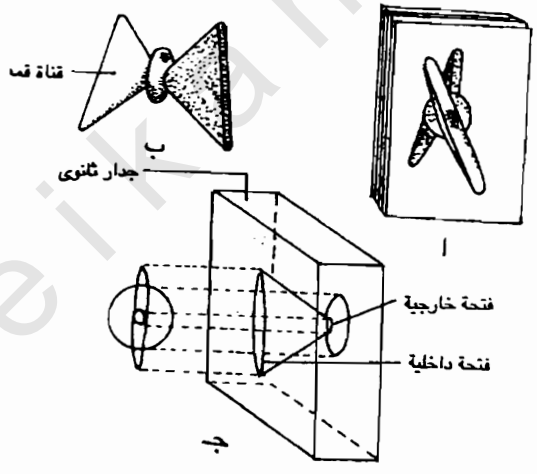

(شكل 22/3) : نقرة مضفوفة

قطاع طولى ومنظر سطحى لنقرة مضفوفة ذات كراسيولات crassulae

الأوعية الخشبية والقصيبات وغيرها من الخلايا ، ولعله نوع من صمام الأمن يعمل على مواجهة تغييرات الضغط المائى داخل الأوعية الخشبية والقصيبات ، كما تعمل أيضاً على عدم قطع أعمدة الماء فى نسيج الخشب بواسطة الفقاقيع الهوائية وبذلك تزيد من كفاءة هذا النسيج فى توصيل الماء والأملاح الذائبة من الجذر إلى المجموع الخضرى.

تتكون النقر المضفوفة فى أزواج عادة ، وأحياناً تتكون نقر نصف مضفوفة half bordered pits كما يحدث عندما يجاور وعاء خشبى خلية برنشيمية فيكون زوج النقر المتكون مضفوف على جانب الوعاء الخشبى وبسيط على جانب الخلية البرنشيمية ، وقد توجد سرة أو نصف سرة أو لا توجد إطلاقاً (شكل 21/3 د).

فى بعض النباتات عاريات البذور مثل الصنوبر يوجد تغليظ للصفيحة الوسطى والجدار الابتدائى يظهر فى المنظر السطحى على هيئة خط أو قوس يسمى كراسيولا crassula وعادة يوجد اثنان منهما يحيطان بكل نقرة (شكل 22/3).




**(شكل 23/3)** : زوج نقر مضفوفة ذات قناة قمعية

أ) منظر سطحى ب) منظر جانبى جـ) مسقط

يوجد نوع آخر من النقر المضفوفة موجود أساساً فى الألياف القصبية fiber tracheids فنجد أن النقرة لها قناة خاصة مميزة متطاولة وذات شكل قمعى مسطح flattened funnel تصل عادة ما بين تجويف النقرة وتجويف الخلية مارة عبر الجدار الخلوى السميك ، ولذلك فالقناة الواحدة تفتح من ناحية فى تجويف الخلية بفتحة كبيرة بيضاوية أو شريطية الشكل وتفتح من الناحية الأخرى خارجياً فى تجويف النقرة بفتحة دائرية صغيرة٠ وتجويف النقرة فى هذا النوع من النقر يكون أضيق من مثيله فى النقر المضفوفة العادية ، ويوجد لكل زوج نقر قناتان ، قد تكونان متوازيتين أو متعامدتين عتلى شكل X (شكل 23/3)٠

## كيمياء الجدار الخلوى

يتكون جدار الخلية النباتية من هيكل سيليلوزى يوجد معه مركبات أخرى مختلفة ويتلخص التركيب الكيماوى لأهم مكونات الجدار الخلوى فى الآتى :

**1- سيليلوز Cellulose** : يكون السيليلوز الهيكل الأساسى للجدر الخلوية ، وهو عبارة عن مركب كربوايدراتى عديد التسكر يتكون من سلسلة طويلة من جزيئات سكر الجلوكوز $C_6 H_{12} O_6$ يتراوح عددها فى جزىء السليلوز الواحد ما بين 3000 إلى 8000 جزىء٠ والسليلوز ينفذ الماء والمواد الذائبة تماماً٠ تصبغ الجدر السليلوزية باللون الأزرق عند إضافة اليود ثم حامض كبريتيك بتركيز 66 %٠

**2- هيميسيليلوز Hemicellulose** : يوجد الهيميسيليلوز فى الجدر الابتدائية وهو مركب كربوايدراتى معقد يتكون من خليط من سلاسل وحداتها سكريات خماسية $C_5 H_{10} O_5$ مثل أرابينوز وزيلوز ، وسكريات سداسية $C_6 H_{12} O_6$ مثل مانوز وجالا كتوز ، مع خليط من مركبات أخرى٠

**3- بكتين Pectin** : يكثر وجود البكتين فى تركيب الصفيحة الوسطية ، والبكتين مادة كربوايدارتية غروية محبة للماء ، تتكون من سلاسل من إسترميثيل حمض الجالاكتيورونيك ester methyl galacturonic acid ٠

**4- لجنين Lignin** : يوجد اللجنين فى الصفائح الوسطية والجدر الابتدائية والجدر الثانوية لأوعية وقصيبات الخشب والخلايا الاسكلرنشيمية ، واللجنين يكسب الخلايا صلابة وقوة٠ اللجنين مادة غير كربوايدراتية معقدة ، تركيبها الدقيق غير معروف ، ولكن يعتقد أنها تتكون من حلقات عطرية ووحدة التركيب فيها هو فينيل البرويان phenyl propanoid٠ وينفذ اللجنين الماء والمواد الذائبة تماماً٠ وتأخذ الجدر الملجننة لوناً أصفر عند معاملتها بمحلول من كبريتات الأنيلين٠

**5- سيوبرين Suberin** : يوجد السيوبرين فى جدر خلايا الفلين٠ والسيويرين مادة دهنية غير منفذة للماء والغازات ، ولهذا يستعمل الفلين كسدادات للقوارير٠ وتصبغ الجدر المسوبرة بلون أصفر عند معالمتها بمحلول اليود ، وبلون أحمر عند معاملتها بصبغة سودان 3 ٠

**6- كيوتين Cutin** : يغلب وجود الكيوتين فى الجدر الخارجية لخلايا البشرة، وتوجد منه طبقات فوق الجدر الخارجية للبشرة مكونة الأديم cuticle٠ والكيوتين مادة دهنية غير منفذة للماء والغازات ، تقاوم تأثير كثير من التفاعلاتّ التى تحلل أو تذيب السيليلوز ويمكن صبغ الكيوتين بلون أحمر عند معاملته بصبغة سودان 3٠

**7- السيليكا Silica** : مادة معدنية تترسب فى الجدر الخارجية لبعض الأنسجة النباتية ، كما فى بشرة كثير من النباتات النجيلية٠ فتصبح حواف أوراقها حادة مسننة كما توجد السليكا فى جدر بعض أنواع الطحالب مثل الدياتومات٠

**8- كيتين Chitin** : يوجد الكيتين فى جدر الفطريات وبعض النباتات الدنيئة الأخرى٠ والكيتين مركب معقد تتكون وحداته من جلوكوز أمين glocosamine٠

**9- جيلاتين Gelatin** : يوجد الجيلاتين فى الجدر الثانوية لألياف بعض النباتات كاسيات البذور ، وكذلك فى أنسجة بعض الثمار والبذور ، والجيلاتين مادة بروتينية ، وفائدته غير معروفة بالضبط.

**10- كالوس Callose** : مادة كربوايدراتية عديدة التسكر ، تعطى عند تحللها جلوكوز ، وتوجد فى بعض أنواع خلايا اللحاء وأنابيب حبوب اللقاح ، يأخذ الكالوس اللون الأزرق عند صبغه بصبغة لاكموید lacmoid أو أزرق ريسورسين resorcin blue.

**11- مركبات أخرى مثل التانينات والصموغ والراتنجات :** ويكثر وجود هذه المركبات فى جدر الخشب الصميمى ومعظمها يزيد من متانة وتحمل مقاومة الخشب الصميمى بمقارنته بالخشب الرخو.

obeikandl.com

# الباب الرابع
# انقسام الخلية النباتية

من الضرورى لحدوث النمو والتكاثر فى الكائنات الحية أن تكون لخلاياها كلها أو بعضها القدرة على الانقسام. فى النباتات الراقية تتخصص بعض خلايا النبات لعملية الانقسام ، وتعرف هذه الخلايا بالخلايا المرستيمية meristematic cells. وأثناء عملية الانقسام يحدث إنتقال للعوامل الوراثية أى الجينات genes ، من الخلايا المنقسمة إلى الخلايا الناتجة عن الإنقسام. وتتكون الجينات من حمض دى أكسى ريبوز النووى (DNA) ، الذى يتميز بقدرته على تكرار نفسه.

تحمل الجينات على الكروموسومات chromosomes التى يتكون منها الشبكة الكروماتينية chromatin reticulum الموجودة فى نواة الخلية. ولكل نوع من النباتات عدد ثابت من الكروموسومات فى خلاياه المختلفة ما عدا الجاميطات فهى تحتوى على نصف العدد الثابت من الكروموسومات ، فمثلاً نجد أن الخلية الطبيعية لنبات القطن *Gossypium barbadense* تحتوى على 52 كروموسوما ، وكلٍ من جاميطاته يحتوى على 26 كروموسوم. كما نجد أن الخلية العادية لنبات الذرة *Zea mays* تحتوى على عشرين كروموسوما فى حين أن كل من جاميطاته يحتوى على عشرة كروموسومات.

تعرف ثلاثة أنواع من الانقسام فى الخلية ، هى الانقسام المباشر ، والانقسام غير المباشر ، والانقسام الاختزالى.

obeikandl.com

## الانقسام المباشر

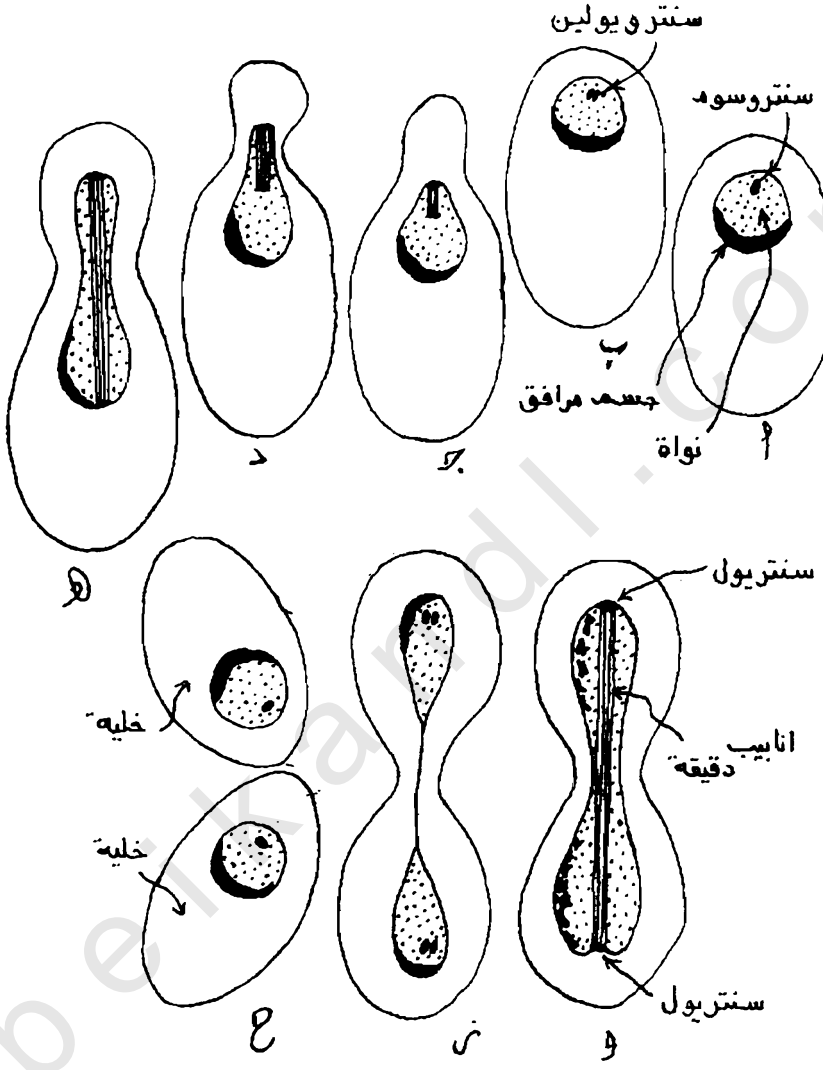
الانقسام المباشر amitosis يعرف أيضاً ، بالانقسام البسيط ، ويحدث عادة فى بعض النباتات الدنيئة وحيدة الخلية كالبكتريا والخمائر. وفى فطر الخميرة تتكون نواة الخلية من جزئين أحدهما كروى موجب لصبغة فولجين feulgen والآخر هلالى سالب لصبغة فولجين ويسمى بالجسم المرافق companion body. ويوجد بداخل النواة أو ملاصقاً لغلافها جسم مركزى centrosome. فى أثناء الإنقسام يستطيل الجزء الكروى ثم يضيق من الوسط ثم ينفصل إلى جزئين متساويين يكونا النواتين الجديدتين. وفى هذه الأثناء يستطيل الجسم المرافق ويتجزأ إلى أجزاء صغيرة حبيبية الشكل تتوزع بالتساوى تقريباً بين النواتين الجديدتين. كما أن السنتروسوم ينقسم أثناء إنقسام الخلية إلى سنتريولين centrioles ويتجه كل سنتريول إلى أحد طرفى النواة ويتحد بغلاف النواة ويصل بين السنتريولين أنيبيبات سيتوبلازمية دقيقة microtubules تشابه خيوط المغزل (شكل 1/4). يلاحظ أنه لا تتميز كروموسومات أثناء الإنقسام.

## الانقسام غير المباشر

يعرف هذا الإنقسام أيضاً بالانقسام العادى أو الإنقسام الميتوزى mitosis. ويحدث هذا الإنقسام فى الخلايا المرستيمية غير المختصة بالتزاوج. وفى الإنقسام غير المباشر يحدث أولاً إنقسام للنواة إلى قسمين متساويين تماماً. وتسمى مرحلة إنقسام النواة karyokinesis ، ويعقب عادة ، إنقسام النواة مباشرة إنقسام السيتوبلازم cytokinesis لتتكون بذلك خليتان مشابهتان تماماً لخلية الأم.

وأحياناً يحدث إنقسام النواة ولا يعقبه إنقسام السيتوبلازم ، فينتج عتن ذلك خلية ذات نواتين ، إذا تكرر ذلك ينتج خلية عديدة النوايات ، وتعرف مثل هذه الخلية بالخلية السينوسيتية coenocyte ، كما فى بعض الأنابيب اللبنية وبعض الفطريات والطحالب.

يحدث الإنقسام غير المباشر على خطوات خمسة متتابعة (شكل 3/4) كما يلى :




**(شكل 1/4)** : الانقسام المباشر

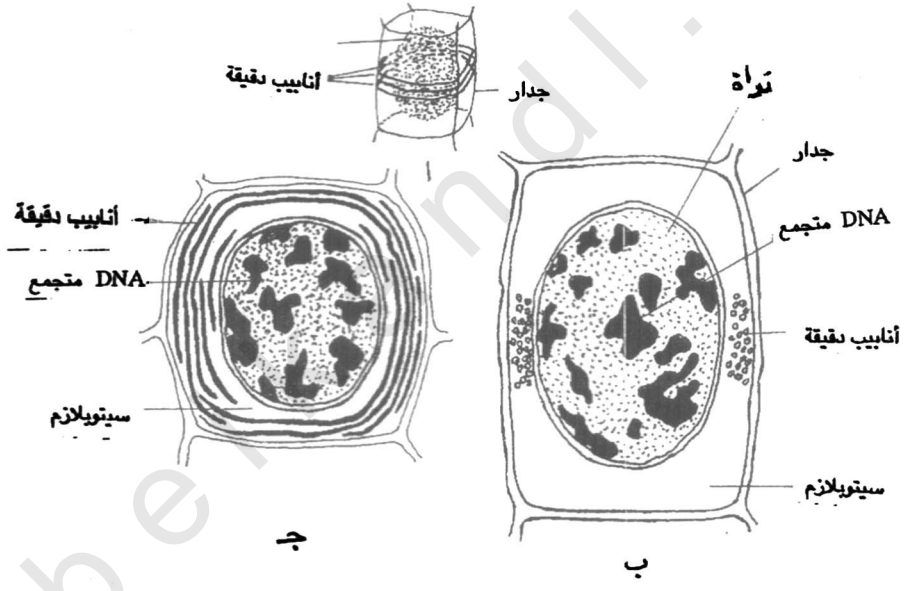
خطوات الإنقسام المباشر فى الخميرة

obeikandl.com

### ( أ ) الطور الوسطى (البينى ) Interphase

خلال هذا الطور تنشط الخلية حيوياً لتوفير كميات المواد المكونة للسيتوبلازم والمادة الكروماتينية بالنواة التى تلزم لتكوين خليتين جديدتين ، ولهذا فإنه إذا بدأت الخطوات التالية فى الإنقسام فإن الإنقسام لن يتأثر مطلقاً بالتغيرات البيئية التى قد تقلل من وصول متطلبات النمو والإنقسام إلى الخلية.

وخلال هذا الطور يحدث تضاعف للأحماض النووية DNA المكونة لكروموسومات الخلية ، وكذلك تتضاعف الأحماض النووية RNA والبروتينات التى تدخل فى تركيب الكروموسومات. وفى نهاية هذا الطور تكون نواة الخلية




(شكل 2/4) : أنابيب دقيقة فى بداية انقسام الخلية

أ ) خلية فى بداية الانقسام
ب) قطاع طولى فى خلية
جـ) قطاع عرضى فى خلية

obeikandl.com

أكبر حجماً من نواة الخلايا غير المنقسمة كما أن السائل النووى يكون حبيبى دقيق (شكل 3/4 أ)٠

ويعتقد أن الأنابيب الدقيقة microtubules هى التى تحدد مكان الإنقسام للخلية حيث تتجمع وتحيط بالنواة فى هذا المكان وتكون موازية للصفيحة الخلوية التى ستتكون بعد إنقسام الخلية (شكل 2/4)٠

### ( ب ) الطور التمهيدى Prophase

فى بداية هذا الطور تنفصل الشبكة الكروماتينية إلى الكروموسومات التى تتكون منها ، ويظهر كل كروموسوم كخيطين رفيعين يلتفان حول بعضهما ويلتقيان معاً فى منطقة ثابتة بالنسبة لكل كروموسوم ، وتعرف هذه المنطقة بالسنترومير centromere ، كما يعرف كل خيط من الكروموسوم بالكروماتيد chromatid٠ تقصر الكروموسومات وتسمك كما تغلف بمادة شديدة القابلية للصبغ تعرف باسم ماتركس matrix٠ أثناء ذلك تصفو منطقة بيضاوية حول النواة بأن تنتقل منها البلاستيدات والميتوكوندريات والأجزاء الكبيرة الأخرى٠ وتحدد هذه المنطقة الأقطاب ومستوى الإنقسام٠ وفى نهاية هذا الطور يختفى الغلاف النووى والنويات (شكل 3/4 ب ، جـ)٠

### ( جـ ) الطور الاستوائى Metaphase

فى بداية هذا الطور تكون الكروموسومات متصلة بالميتوبلازم مباشرة ، ثم تتكون خيوط دقيقة تشع من نقطتين فى طرفى الخلية يعرفان بالقطبين poles ، وتتقابل الخيوط الدقيقة التى تعرف بخيوط المغزل spindle عند خط استواء الخلية٠ هذه الخيوط عبارة عن أنابيب دقيقة تتكون من الميتوبلازم٠ تتحرك الكروموسومات إلى نقطة تقابل خيوط المغزل ، فتتصل السنترميرات ببعض خيوط المغزل ، وتسمى خيوط المغزل المتصلة بالسنترميرات بالأنابيب الدقيقة الكروموسومية chromosomal microtubules ، وتسمى خيوط المغزل الأخرى بالأنابيب الدقيقة المستمرة continuous microtubules (شكل 3/4 د)٠

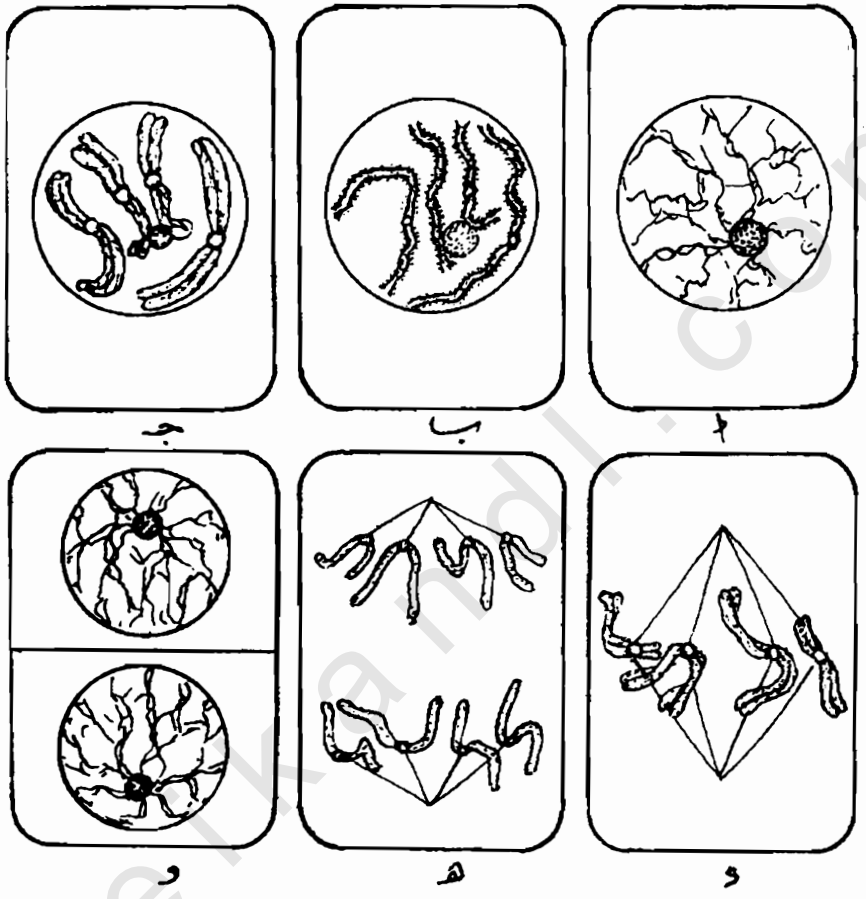
### ( د ) الطور الانفصالى Anaphase

فى بداية هذا الطور تنشق السنترومیرات وبذلك ينفصل كروماتيدى كل كروموسومين ويصبحان كروموموميين متشابهين ، وبذلك يصبح فى الخلية ضعف العدد العادى من الكروموسومات ، يتحرك كل من الكروموسومين المتشابهين الناتجين عن إنشقاق السنترمير ، فى إتجاهين متضادين نحو قطبى المغزل ، وبذلك يتجمع عند كل قطب عدد من الكروموسومات مساو للعدد الأصلى من الكروموسومات ومشابه له (شكل 3/4 هـ)٠

ميكانيكية حركة الكروموسومات تجاه الأقطاب غير معروفة بالضبط ، إلا أنه من المعروف أن الأنابيب الدقيقة الكروموسومية تقصر بينما الأنابيب الدقيقة المستمرة تتمدد أثناء حركة الكروموسومات نحو الأقطاب٠ ويفترض أن مركب أدينوسين ثلاثى الفوسفات الذى يرمز له بالرمز ATP هو مصدر الطاقة فى هذه العملية٠

### (هـ) الطور النهائى Telophase

يحدث فى هذا الطور تغييرات عكسية بالنسبة لما حدث فى الطور التمهيدى ، فتتلاشى مادة الماتركس المغلفة للكروموسومات ، وتقل قابلية الكروموسومات للصبغ ، وتصبح الكروموسومات أطول وأرفع٠ تظهر النوية أو النويات ، ودائماً تتصل النوية بكروموسوم ثابت فى كل مجموعة كروموسومية ، وفى موضع ثابت منه ، تتشابك الكروموسومات مكونة الشبكة الكروماتيدية٠ يتكون الغلاف النووى من الشبكة الاندوبلازمية ، وبذلك يتم تكوين نواتين داخل الخلية٠ تستمر خيوط المغزل بين النواتين الجديدتين٠ يتكون عند خط إستواء المغزل حويصلات ناتجة من جهاز جولجى ، تتجمع وتلتحم مكونة الصفيحة الخلوية وغشاءان بلازميان على جانبى الصفيحة الخلوية والتى تتحول فيما بعد إلى الصفيحة الوسطى ، التى يترسب على كل من جانبيها جدار ابتدائى ، وبذلك ينتهى هذا الطور بتكوين خليتين جديدتين تحتوى كل منهما على العدد الأصلى من الكروموسومات (شكل 3/4 و)٠



(شكل 3/4) : خطوات الانقسام غير المباشر

١ ) الطور الوسطى
ب ، جـ) الطور التمهيدى
د) الطور الاستوائى
هـ) الطور الانفصالى
و ) الطور النهائى

# الانقسام الاختزالى

يعرف الانقسام الاختزالى ، أيضاً ، بالانقسام الميوزى meiosis ، ويحدث هذا الانقسام فى النباتات الراقية عند تكوين الجاميطات ، وتحتوى الجاميطات الناتجة عن الانقسام على نصف عدد الكروموسومات الموجودة فى الخلية الأم المنقسمة. وتختلف عادة كروموسومات كل جاميطة من الجاميطات الناتجة من خلية أم واحدة فى نوع الجينات المحددة للصفات المختلفة. وعند حدوث التزاوج بين نواة الجاميط المذكر مع نواة الجاميطة المؤنثة ينتج الزيجوت الذى يحتوى على نفس عدد الكروموسومات الأصلية فى الخلايا العادية لنباتات الأبوين ، وتكون العوامل الوراثية فى الزيجوت بعضها ناتج عن الجاميط الأب والبعض ناتج عن الجاميطة الأم.

فى بعض النباتات لا يرتبط الانقسام الاختزالى ارتباطاً مباشراً بتكوين الخلايا الجنسية ، فنجد أن الخلايا الناتجة عن الانقسام الاختزالى تنقسم عدة مرات قبل تكوين الخلايا الجنسية. فكثير من الطحالب الخضراء والفطريات والحزازيات تحتوى نواياتها على العدد الأحادى من الكروموسومات ، أى نصف العدد الأصلى من الكروموسومات ، ويستمر ذلك معظم دورة الحياة ويسمى هذا الطور من دورة الحياة بالطور الجاميطى gametophyte . وأن العدد الثنائى من الكروموسومات لا يشاهد إلا فى فترة قصيرة من دورة حياة الكائن الحى والتى تسمى بالطور الجرثومى sporophyte .

والانقسام الاختزالى فى معظم النباتات يتكون من انقسامين متتاليين ، وينتج عنهما تكوين أربع جاميطات من كل خلية أم. فى الانقسام الاختزالى الأول meiosis I يختزل عدد الكروموسومات إلى النصف ، وفى الانقسام الاختزالى الثانى meiosis II يبقى عدد الكروموسومات كما هو لأنه انقسام غير مباشر (شكل 4/4).

ويحدث الانقسام الاختزالى فى خطوات متتابعة كما يأتى :

**أولاً : الانقسام الاختزالى الأول**

**( أ ) الطور التمهيدى الأول Prophase I**

فى بداية هذا الطور تحتوى نواة الخلية على عدد ثنائى من الكروموسومات ينتج عن وجود مجموعتين متماثلتين من الكروموسومات. تتجمع خلال هذا الطور الكروموسومات المتماثلة فى أزواج ثم تتنافر. تقصر الكروموسومات وتزداد فى السمك ، وفى نهاية الطور تكون النوية أو النويات والغلاف النووى قد تلاشت ، ويمكن تقسيم هذا الطور إلى خمس مراحل كما يأتى

**1) المرحلة القلادية Leptotene** : تظهر الكروموسومات كخيوط طولية ورفيعة ملتوية ، تظهر عليها انتفاخات حبيبية مختلفة الحجم ، تقبل الصيغات بشدة وتسمى كروموميرات chromomers. عدد الكروموميرات وأحجامها ومواضعها على كل كروموسوم ثابتة لكل كائن حى (شكل 4/4 أ).

**2) المرحلة التزاوجية Zygotene** : تقترب الكروموسومات المتماثلة من بعضها ، ويلتصق كل زوج منها فى عدة مواضع متماثلة على طول الكروموسومين (شكل 4/4 ب).

**3) المرحلة الضامة Pachytene** : ينشق كل كروموسوم طولياً إلى كروماتيدين يلتقيان معاً فى السنترومير. ويلتف كل كروموسوم مع الكروموسوم المماثل له ، وبذلك تكون الكروماتيدات موجودة فى مجاميع رباعية chromatid tetrads وينتهى هذا الطور بزوال قوى الجذب الموجودة بين كل كروموسومين متماثلين. يبدأ كل كروموسوم فى الابتعاد عن مثيله (شكل 4/4 جـ).

**4) المرحلة الانفراجية Diplotene** : عند ابتعاد كل كروموسوم عن مثيله فإنه لا ينفصل عنه تماماً ، حيث أن الكروماتيدة الداخلة من كل كروموسوم تتصل بمثيلاتها فى الكروموسوم الماثل ، وتسمى منطقة الاتصال لكل كروماتيدين باسم كيازما chiasma ، وقد يكون الاتصال فى أكثر من كيازما. ويكون عدد الكيازمات فى كروماتيدات الكروموسومات الطويلة أكثر من عددها فى كروماتيدات

الكروموسومات القصيرة. وعند زيادة ابتعاد كروموسمى كل زوج قد يحدث كسر فى مواضع الكيازمات يعقبه التحام بالتبادل بين جزئى الكروماتيدين المنكسرين ، ويؤدى هذا إلى حدوث العبور الوراثى crossing over (شكل 4/4 د).

**5) المرحلة التشتتية Diaknesis** : يصل التنافر بين كل كروموسومين متماثلين إلى ذروته ، وتقصر الكروموسومات ، وتزداد فى السمك ، ويصعب مشاهدة الكروماتيدات فى كثير من الأحوال وتختفى النوية أو النويات والغلاف النووى (شكل 4/4 هـ).

**(ب) الطور الاستوائى الأول Metaphase I**

يتكون القطبان وخيوط المغزل ، ثم تتحرك الكروموسومات وتصطف عند خط استواء خيوط المغزل متصلة بها عند السنترومیرات ، تتجاور الكروموسومات المتماثلة فى أزواج (شكل 4/4 و).

**(جـ) الطور الانفصالى الأول Anapase**

يتجه كروموسوم من كل زوج نحو أحد أقطاب المغزل بينما يتجه الكروموسوم الآخر نحو القطب المقابل ، وبذلك يجتمع عند كل قطب نصف عدد الكروموسومات الموجودة فى الخلية الأصلية (شكل 4/4 ز).

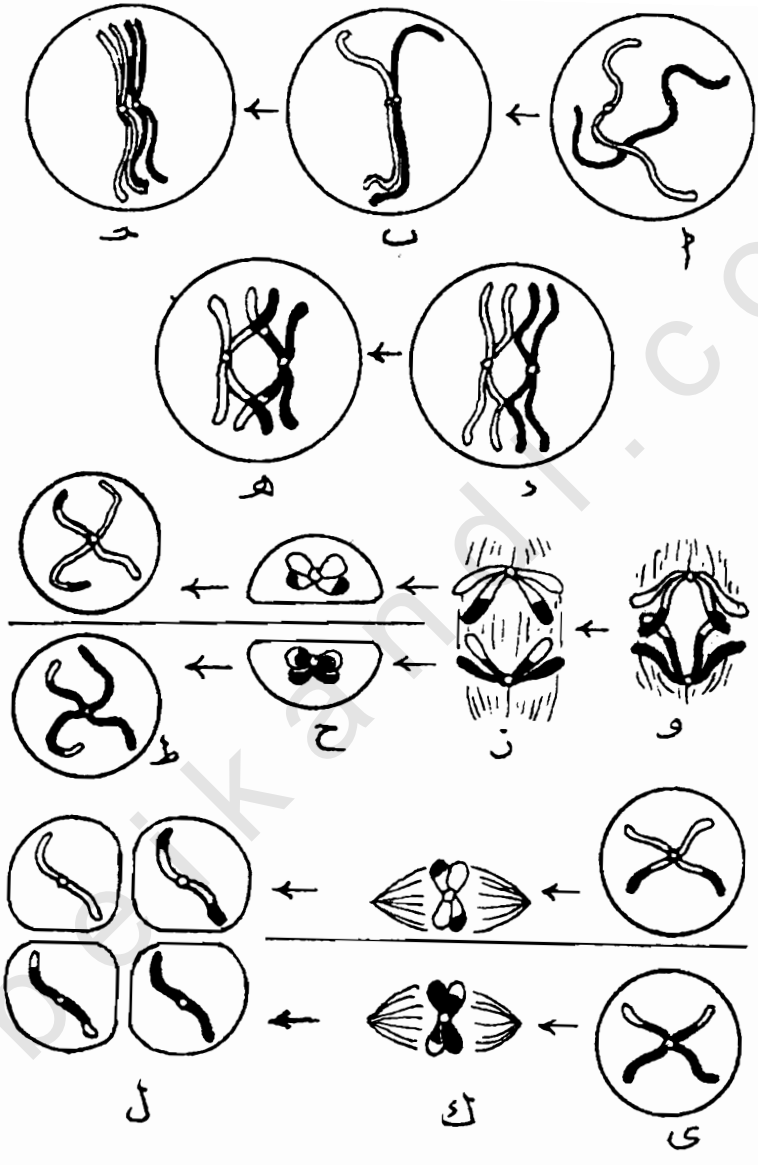
---

(**شكل 4/4**) : خطوات الانقسام الاختزالى

أ- هـ) الطور التمهيدى الأول
جـ) المرحلة الضامة
و) الطور الاستوائى الأول
ط) الطور الوسطى
ل) الطور النهائى الثانى

أ) المرحلة القلادية
د) المرحلة الانفراجية
ز) الطور الانفصالى الأول
ى) الطور التمهيدى الثانى

ب) المرحلة التزاوجية
هـ) المرحلة التشتتية
ح) الطور النهائى الأول
ك) الطور الاستوائى الثانى


أ
ب
ج
د
هـ
و
ز
ح
ط
ى
ك
ل

**(د) الطور النهائى الأول Telophase I**

يختفى المغزل ، وترفع وتستطيل الكروموسومات ، وتظهر النوية أو النويات وتتشابك الكروموسومات مكونة الشبكة الكروماتينية ، ويتكون الغلاف النووى ، وبذلك تحتوى الخلية الناتجة على نواتين أحاديتى العدد الكروموسومى يتكون الجدار الذى يفصل ما بين النواتين. وفى كثير من الأحيان لا يتكون جدار عرضى يفصل النواتين الأحاديتى الكروموسومات ، بل تواصل كلاً من النواتين الانقسام الإختزالى الثانى لتكوين أربع نوايات بالخلية ثم تتكون الجدر الفاصلة (شكل 4/4 ح).

**(هـ) الطور الوسطى Interphase**

تستطيل الكروموسومات ، فى هذا الطور ، وتصبح أقل قابلية للصبغ ، وهذا الطور قد يكون طويلاً حسب نوع النبات (شكل 4/4 ط). وفى بعض النباتات لا يوجد الطور الوسطى حيث يبدأ الطور التمهيدى للإنقسام الاختزالى الثانى عقب الطور النهائى للإنقسام الاختزالى الأول مباشرة دون تغيير فى مظهر الكروموسومات.

**ثانياً : الانقسام الاختزالى الثانى**

جميع خطوات هذا الإنقسام تشبه خطوات الانقسام غير المباشر إلا أنها تتم فى خلايا ذات عدد أحادى من الكروموسومات (شكل 4/4 ى - ل) ، وخطواتها كالآتى :

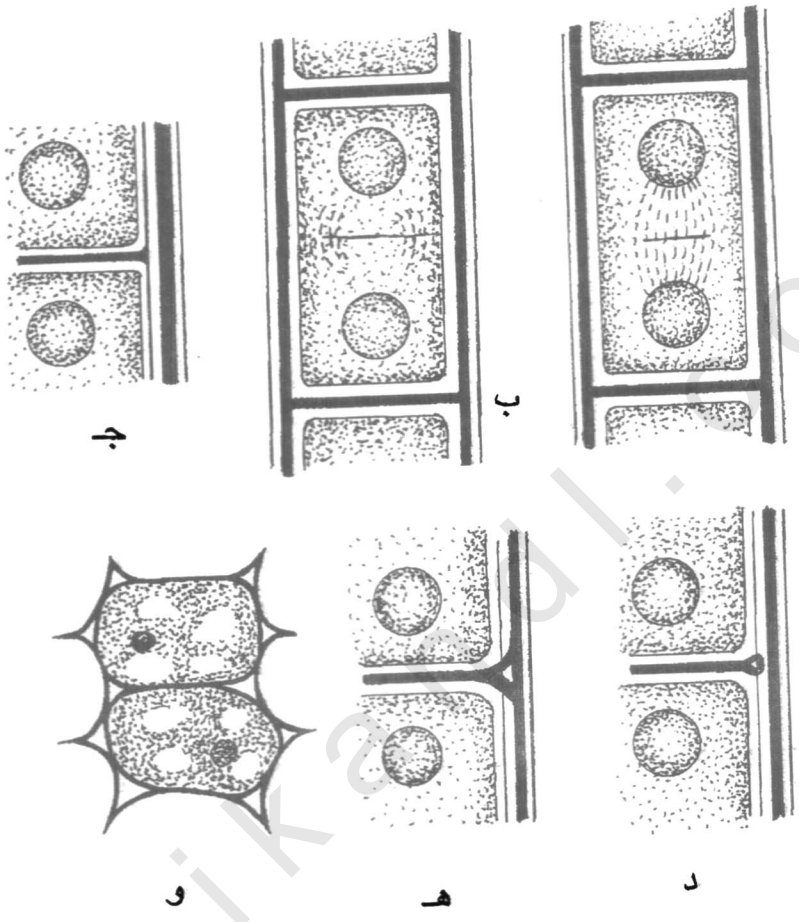
| | |
|---|---|
| ( أ ) الطور التمهيدى الثانى | Prophase II |
| (ب) الطور الاستوائى الثانى | Metaphase II |
| (ج ) الطور الانقصالى الثانى | Anaphase II |
| ( د ) الطور النهائى الثانى | Telophase II |

وبذلك ينتج عن الإنقسام الاختزالى بمرحلتيه أربع خلايا تحتوى كل منها على العدد الأحادى من الكروموسومات haploid ، وذلك من إنقسام خلية أم ذات عدد ثنائى من الكروموسومات diploid ٠

## إنقسام السيتوبلازم وتكوين الجدار الخلوى والمسافات البينية

فى الطور النهائى من إنقسام الخلية تتكون من الخلية الواحدة نواتان ، وتصل خيوط المغزل بين النواتين مكونة شكل برميلى يسمى فراجموبلاست phragmoplast٠ تتجمع على خط إستواء الفراجموبلاست حويصلات تحتوى على مركبات بكتينية وبعض المكونات الأخرى التى تنشأ من أجسام جولجى المنتشرة فى السيتوبلازم ، وينتج عن ذلك تكوين الصفيحة الخلوية cell plate٠ كما يتكون من جدران الحويصلات غشاءان بلازميان للخليتين الجديدتين وذلك على جانبى الصفيحة الخلوية٠ وأثناء ذلك تختفى خيوط الفراجموبلاست من المنطقة الوسطية وتزداد جانبياً حتى تصل إلى الجدر الجانبية ويتم تكوين الصفيحة الخلوية (شكل 5/4 أ ، ب)٠ تحدث بعد ذلك تغييرات فى الصفيحة الخلوية ، وتتحول تدريجياً إلى الصفيحة الوسطى middle lamella (شكل 5/4 جـ)٠ يعقب ذلك ترسيب مواد الجدار الابتدائى على كل من جانبى الصفيحة الوسطى وذلك بواسطة محتويات الحويصلات الناتجة من جهاز جولجى والتى تنتج بكميات كبيرة فى هذه الأثناء (راجع وظيفة جهاز جولجى)٠ ويلاحظ أن الصفيحة الوسطى للجدار الجديد لا تلامس الصفائح الوسطى للجدر الجانبية للخلية الأصلية ، بل تلامس من جوانبها الجدر الابتدائية للجدر الجانبية للخلية الأصلية٠

فى فترة لاحقة يتم اتصال الصفيحة الوسطى للجدار الجديد بالصفائح الوسطى الجانبية للخلية الأم بإحدى طريقتين :




**(شكل 5/4)** : خطوات تكوين الجدار الخلوى

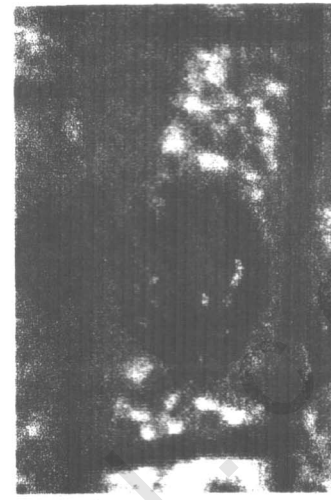
أ ، ب) تكوين الصفيحة الخلوية
جـ ) تكوين الصفيحة الوسطى
د ، هـ) تكوين مسافة بينية
و) تشكل الخلايا المنقسمة

obeikandl.com

فى الطريقة الأولى تكبر الخليتان الجديدتان فى الحجم وتضغطان على جدر الخلية الأم ، فتتمدد ثم تتمزق فى مناطق تقابل الجدار الجديد مع الجدر القديمة وينتج عن ذلك اتصال الصفيحة الوسطى للخليتين الناتجتين بالصفائح الوسطى لجدر الخلية الأم.

وفى الطريقة الثانية تظهر فجوة صغيرة تتكون عند كل نقطة من نقط اتصال الصفيحة الوسطى للجدار الجديد بالجدر القديمة ، ثم تكبر هذه الفجوة وبذلك تتصل الصفيحة الوسطى للجدار بالصفائح الوسطى للجدر القديمة ، وتتكون المسافات البينية التى تظهر فى القطاع العرضى بشكل مثلث وتكون مغلفة بالصفائح الوسطى للجدر الملاصقة (شكل 5/4 د ، هـ ، و). ويعتقد البعض أن الصفيحة الوسطى لجدار خلية تتكون من طبقتين ، ولهذا فإنه عند استدارة الخلية تتكون المسافات بين طبقتى الصفائح الوسطى. ويعتقد البعض الآخر أن الصفيحة الوسطى تذوب جزئياً فى المسافات البينية ولذلك تبقى المسافات مبطنة ببقايا الصفائح الوسطى. ويعتقد أن ذوبان الصفائح الوسطى الجزئى راجع إلى تحللها بواسطة الأنزيمات المحللة للبكتين التى تفرزها الخلايا.

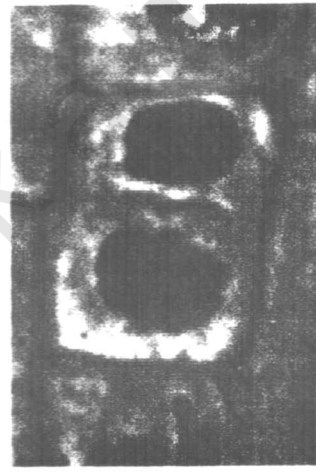
من الممكن أن تزداد المسافات البينية نتيجة لتجمع أكثر من مسافة بينية ، أو نتيجة لانكماش بعض الخلايا أو تحللها أو نتيجة لاختلاف سرعة النمو فى الأنسجة المختلفة.



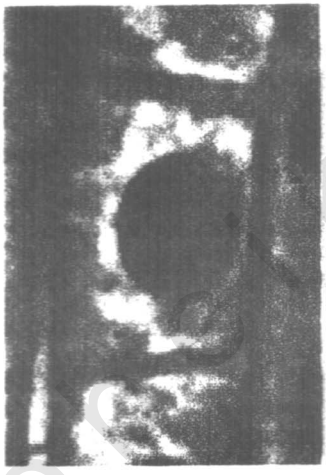
الطور التمهيدى

الطور الإستوائى

الطور الإنفصالى



الإنقسام السيتوبلازمى



الطور النهائى

**خطوات إنقسام غير مباشر فى جذر البصل**

# الباب الخامس

# أنواع الخلايا والأنسجة النباتية

يتكون جسم النبات فى أبسط أنواعه من خلية واحدة تقوم بجميع وظائف الحياة ، وذلك كما فى البكتريا وفى كثير من الطحالب. ويتركب جسم النبات فى النباتات الأرقى من عدد من الخلايا المتشابهة شكلاً ووظيفة ، وذلك كما فى طحالب باندورينا *Pandorina* الذى يكون مستعمرات كروية أو بيضاوية تتكون من عدد من الخلايا المتشابهة ، والتى تقوم كل منها بجميع وظائف الحياة. وفى النباتات الزهرية نجد أن جسم النبات يتكون من خلايا متخصصة يتجمع كل نوع منها معاً ، فجسم النبات الراقى يتكون من أعضاء organs ، ويتكون العضو النباتى من مجموعة أنسجة tissues.

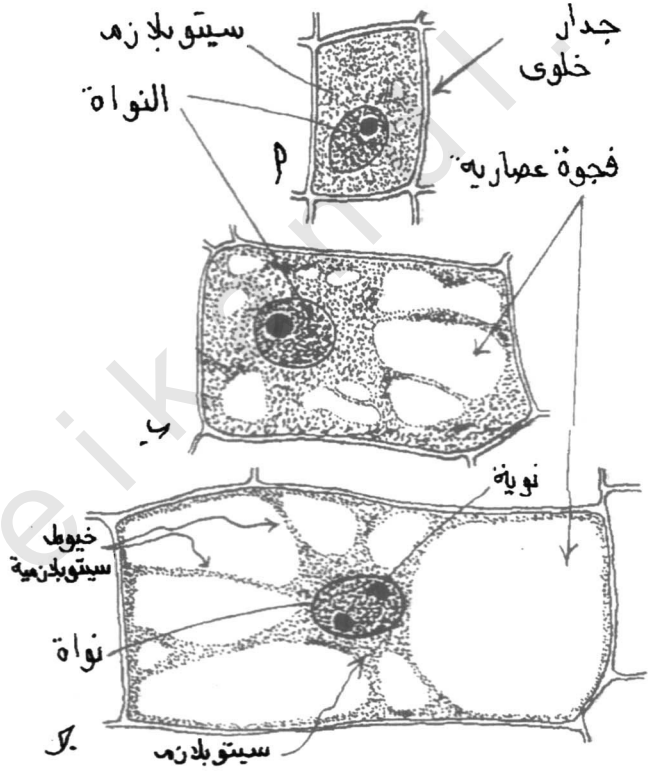
والنسيج النباتى هو مجموعة من الخلايا لها نفس الأصل وتشترك فى وظيفة أساسية واحدة. ويختص كل نسيج من النبات بوظيفة اساسية معينة ، ولا يمكنه أن يعيش مستقلاً ، بل يعتمد فى حياته على باقى الأنسجة.

النسيج النباتى قد يكون بسيطاً إذا تكون من نوع واحد من الخلايا كالأنسجة البرنشيمية والكولنشيمية. وقد يكون النسيج مركباً إذا احتوى على أكثر من نوع من الخلايا ، كنسيج الخشب الذى قد يتكون من أوعية خشبية وقصيبات وبرنشيمية خشب وألياف خشب ، ونسيج اللحاء الذى قد يتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيمية لحاء وألياف لحاء.

والأنسجة قد تكون مرستيمية meristems (إنشائية) ، أى تتكون من خلايا ذات قدرة على الإنقسام ، وقد تكون مستديمة permanent ، أى تتكون من خلايا بالغة فقدت القدرة على الإنقسام.

# الخلايا والأنسجة المرسستيمية

الأنسجة المرستيمية meristems هى أنسجة تتكون من خلايا ذات قدرة على الإنقسام والنمو ، ولهذا فهى توجد فى مناطق النمو بالنبات. وتمتاز الخلايا المرستيمية بجدرها الرقيقة غير المغلظة واحتوائها على سيتوبلازم كثيف ونواة كبيرة نسبياً ، مع وجود فجوات صغيرة الحجم وقد تكون غير موجودة ، إلا أنه فى بعض الخلايا المرستيمية مثل خلايا الكامبيوم الوعائى تكون الجدر سميكة نسبياً والفجوات كبيرة وواضحة (شكل 1/5 أ ، ب). توجد الخلايا



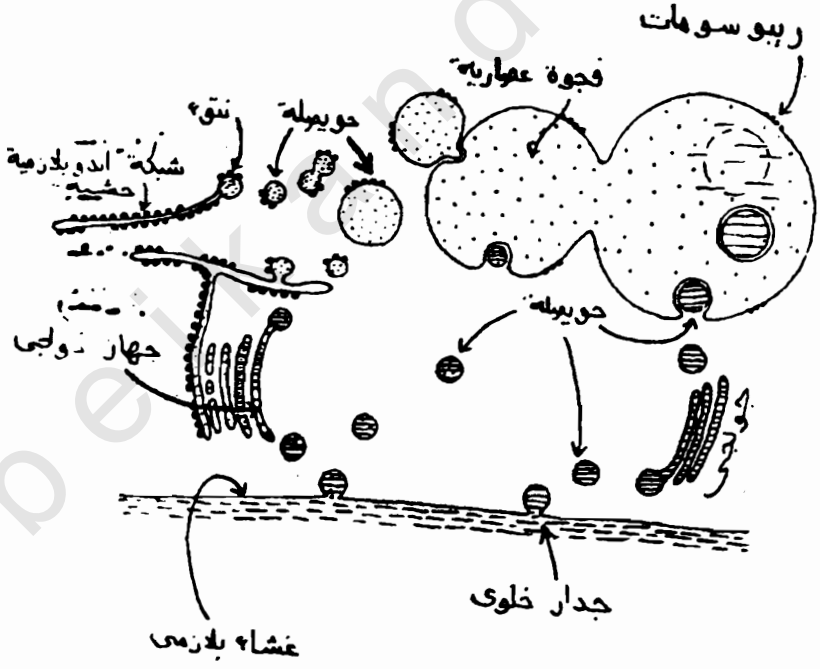

**(شكل 1/5)** : نمو وتشكل الخلايا

أ – جـ) خطوات تكوين خلية بالغة من خلية مرستيمية

obeikandl.com

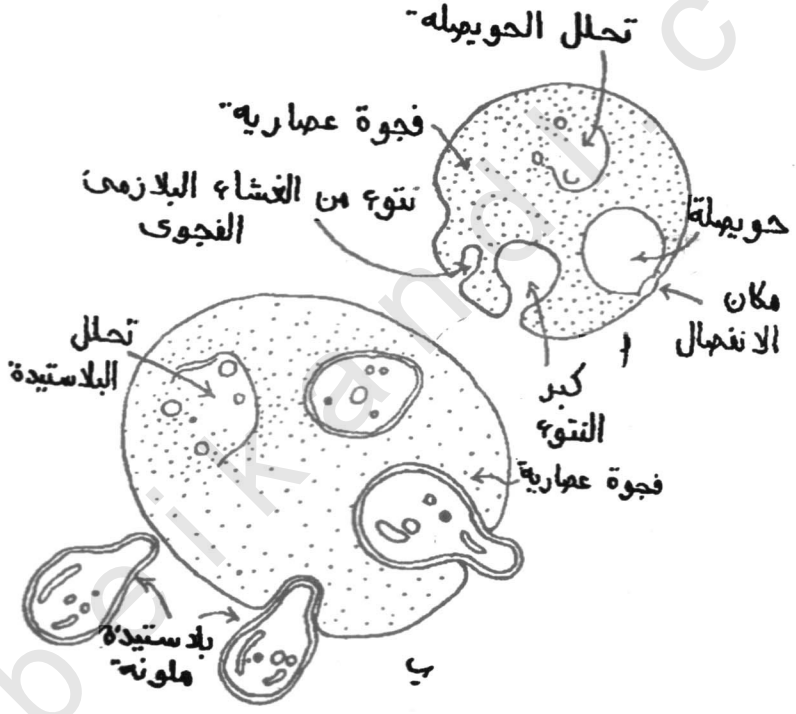
المرستيمية متراصة والمسافات البينية بينها غير واضحة إلا بالفحص بالميكروسكوب الالكترونى. تتحول بعض خلايا هذه الأنسجة إلى خلايا بالغة بأن تفقد خاصية الإنقسام ، وتدخل فى مرحلتين متميزتين ، الزيادة فى الحجم extension والتشكل differentiation. المقصود بالتشكل هو أن تأخذ الخلية الشكل النهائى الذى يتلاءم مع وظيفتها وذلك حسب نوع النسيج البالغ المتكون. فى بعض الأحيان وتحت ظروف خاصة تستعيد بعض الخلايا البالغة قدرتها على الانقسام متحولة إلى خلايا مرستيمية.

وعادة تحتوى الخلايا المرستيمية والحديثة على فجوات صغيرة وعديدة ، ومع النضج يقل عدد الفجوات بالخلية وتزداد فى الحجم ، وفى النهاية قد تتحد الفجوات ويصبح بالخلية فجوة واحدة كبيرة. وأحياناً قد يمتد خلال الفجوة العصارية الكبيرة




(شكل 2/5) : خطوات تكوين الفجوة العصارية والغشاء البلازمى والجدار الخلوى

خيوط سيتويلازمية. أما عن كيفية تكون هذه الفجوات فإنه يحدث نتوءات صغيرة على الشبكة الإندويلازمية وتنفصل هذه النتوءات على هيئة حويصلات صغيرة وهذه الحويصلات تنتفخ وتتحد مع بعضها لتكون حويصلات أكبر ، وهذه بدورها تتحد مع الحويصلات الأكبر منها وفى النهاية تتكون فجوة أو فجوات عصارية كبيرة. كما أن أجسام جولجى ينطلق منها أيضاً حويصلات منها ما يستعمل فى بناء الغشاء البلازمى والجدار الخلوى ومنها ما يتحد بالفجوة العصارية (شكل 2/5).




**(شكل 3/5) : فجوات عصارية ملتقمة**

**أ ) فجوة عصارية يتكون من غشائها البلازمى حويصلات**
**ب) فجوة عصارية وخطوات التقام بلاستيدة ملونة**

obeikandl.com

فى بعض الخلايا المرستيمية والعادية نجد أن الفجوات العصارية تحتوى على أنزيمات عديدة تحلل DNA و RNA والبروتينات والنشا ويكون لها القدرة على أخذ أجزاء من السيتوبلازم وتحليلها بداخلها ، ومثل هذه الفجوات تسمى الفجوات العصارية الملتقمة autophagic vacuoles ٠

أما عن كيفية إحتواء الفجوة العصارية على أجزاء من السيتوبلازم فهى تختلف بإختلاف الخلايا ، فى بعض الخلايا نجد أن الفجوة العصارية تلتقم البلاستيدة أو الميتوكوندريـة ، وفى البعض الآخـر نجـد أن الغشـاء البلازمى الفجـوى يكون نتوءات داخل الفجوة وكل نتوء يأخذ من السيتوبلازم ويكبر فى الحجم تدريجياً ثم ينفصل عن الغشاء البلازمى الفجوى وبداخلها جزء من السيتوبلازم (شكل 3/5 أ ، ب)٠

ونتيجة لوجود الفجوات العصارية الملتقمة يقل حجم السيتوبلازم ويكبر حجم الفجوة العصارية مع كبر الخلية وذلك ما يحدث فى أثناء تكوين خلايا الأنابيب الغربالية وقد يستهلك البروتوبلازم تماماً وتصبح الخلية ميتة كما فى الأوعية الخشبية والقصيبات٠

ويمكن تقسيم الأنسجة المرستيمية على أسس عديدة منها :

**أولاً : عدد مستويات الإنقسام التى تنقسم بها الخلية المرستيمية**

**1- مرستيم عمودى Rib meristem :** وينتج عن إنقسام الخلية فى مستوى واحد فقط٠ ولذلك ينتج عن الإنقسام صف واحد من الخلايا٠ ويساعد ذلك على زيادة نمو العضو النباتى فى الطول كما يحدث عند تكوين نخاع الساق وعنق الورقة٠

**2- مرستيم طبقى Plate meristem :** وينتج عن إنقسام الخلية فى مستويين فقط ، ولذلك يكون النسيج الناتج بشكل طبقى ويساعد ذلك على زيادة مساحة السطح كما فى الأوراق٠

3- مرستيم كتلى Mass meristem : وينتج عن إنقسام الخلية فى أكثر من مستويين ، ويساعد ذلك على زيادة حجم النسيج فى جميع الاتجاهات ، كما يحدث عند تكوين إندوسبرم ونخاع وقشرة بعض النباتات.

## ثانياً : منشأ المرستيم

1- مرستيم ابتدائى Primary meristem : وينشأ عن استمرار إنقسام خلايا الجنين كما فى النسيج المرستيمى القمى للسيقان أو الجذور الابتدائية ومبادىء الأوراق والكمبيوم الحزمى. الأنسجة البالغة الناتجة عن نمو وتشكل خلايا المرستيم الابتدائى تعرف بالأنسجة الابتدائية وينتج عنها تكوين جسم النبات الابتدائى الكامل.

2- مرستيم ثانوى Secondary meristem : وينشأ المرستيم من خلايا بالغة ، إستعادت القدرة على الانقسام ، وغالباً ما تكون برنشيمية ، وذلك كما فى الكامبيوم بين الحزمى وكامبيوم الجروح والكامبيوم الفلينى. يبنى المرستيم الثانوى أنسجة إضافية تعرف بالأنسجة الثانوية تحل محل أو تضاف إلى الأنسجة الإبتدائية.

## ثالثاً : موضع المرستيم فى النبات

1- مرستيم قمى Apical meristem : توجد فى القمة النامية للجذور والسيقان وبعض أوراق النباتات ، وتسبب استطالة العضو النباتى.

2- مرستيم بينى Intercalary meristem : وهو مرستيم ابتدائى غالباً ، ينتج بعد تحول بعض أجزاء من المرستيم القمى إلى أنسجة بالغة وترك أجزاء بينها مرستيمية تعطى نمو طولى للعضو النباتى. وتشاهد عادة فى النباتات ذات الفلقة الواحدة فى قاعدة الأوراق وفى أجزاء من السلاميات.

3- مرستيم جانبى Lateral meristem : وهو مرستيم تنقسم خلاياه بجدر موازية لمحيط النبات مسبباً زيادة العضو النباتى فى السمك مثل الكامبيوم الوعائى والكامبيوم الفلينى.

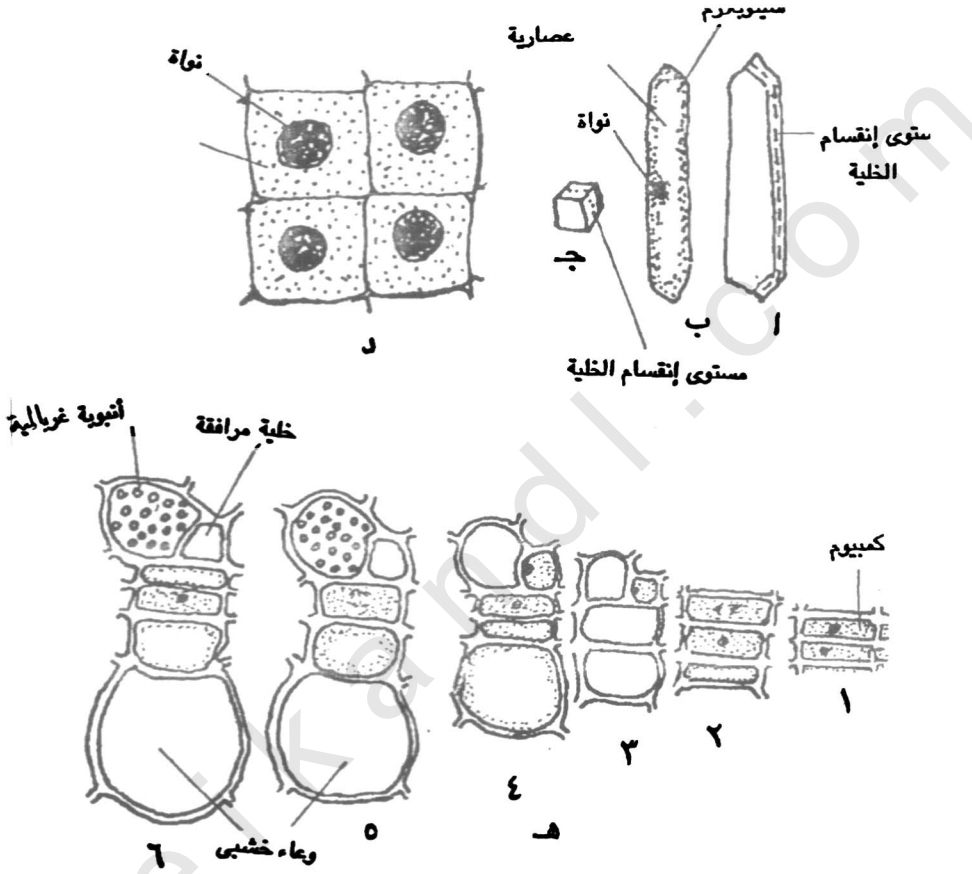
## الكامبيوم الوعائى

يعرف الكامبيوم الوعائى vascular cambium أيضاً بالنسيج المرستيمى الوعائى. ويكون الكامبيوم الوعائى نسيجاً ابتدائياً إذا نشأ عن استمرار إنقسام بعض خلايا المرستيم القمى ، ويكون نسيجاً ثانوياً إذا نشأ عن تجدد النشاط الإنقسامى لبعض الخلايا البالغة ، وعادة يكون خليطاً من الحالتين كما يحدث عند التغليظ الثانوى للسيقان والجذور. تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائى بجدر موازية لمحيط العضو النباتى معطية لحاءاً ثانوياً للخارج وخشباً ثانوياً للداخل ، كما تعطى خلايا الأشعة النخاعية والأشعة الوعائية. ويتسبب عن نشاط الكامبيوم الوعائى زيادة النمو فى السمك.

يوجد نوعان من خلايا الكامبيوم الوعائى ، خلايا مغزلية وخلايا شعاعية. الخلايا المغزلية fusiform cells هى خلايا طويلة فى إتجاه المحور الطولى للعضو النباتى ، نهايتيها مسحوبتان قليلاً ، ويتكون منها خلايا أنسجة الخشب واللحاء. فعند انقسام خلية مغزلية تعطى خليتين تبقى إحداهما مرستيمية وتتحول الأخرى إذا كانت خارجية إلى خلية نسيج لحاء ، أما إذا كانت داخلية فتتحول إلى خلية نسيج خشب. وبتكرار الانقسام تعطى مرة خلية لحاء وأخرى خلية نسيج خشب. وقد يتم ذلك بالتساوى ، وكثيراً ما يزيد معدل تكوين نسيج الخشب عن معدل تكوين نسيج اللحاء. والخلايا الشعاعية ray cells هى خلايا صغيرة متطاولة قليلاً أو متساوية الأقطار تعطى عند انقسامها الخلايا البرنشيمية المكونة للأشعة النخاعية والأشعة الوعاية (شكل 4/5).

تحدث تغيرات فى محتويات خلايا الكامبيوم على مدار السنة ، ومن ذلك الفجوات العصارية والميتوكوندريات وأجهزة جولجى والشبكة الإندوبلازمية.

تتجزأ الفجوة العصارية أثناء الخريف والشتاء ، إلى فجوات عصارية صغيرة متطاولة غير منتظمة الشكل وتعرف بالشكل الملينى myelin form ، ثم تصبح بعد ذلك كروية الشكل ولكن مع تكوين نتوءات وتدل هذه النتوءات على أن هذه الخلايا




**(شكل 4/5) : أنسجة مرستيمية**

أ ، ب) خلية كامبيوم مغزلى　　جـ) خلية كامبيوم شعاعى

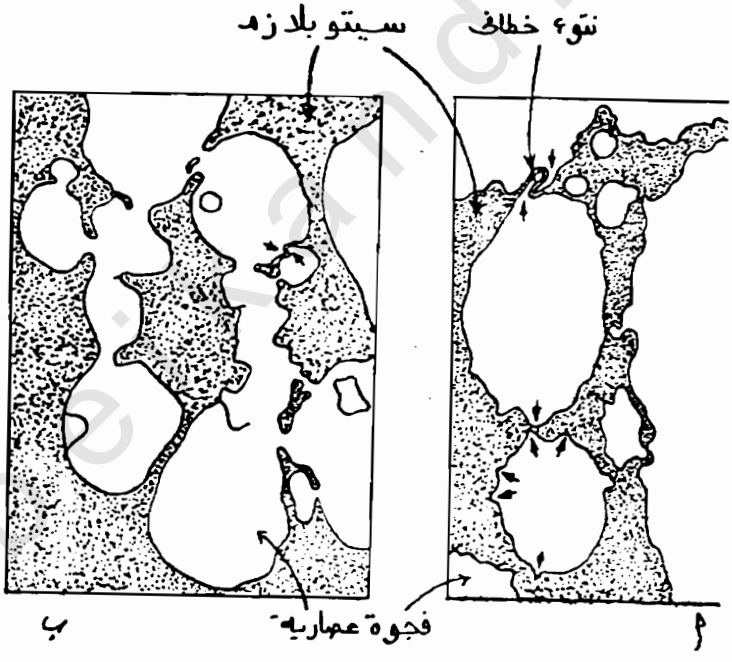
د) خلايا مرستيم قمى

هـ) خطوات انقسام خلية كامبيوم وعائى وتكوين الخشب واللحاء

obeikandl.com

فى فصل الشتاء تكون غير ساكنة تماماً بل لها نشاط نسبى. وفى أواخر الشتاء تتحد هذه الفجوات بأن يكبر كل نتوء ليكون شكل خطافى ويتداخل كل خطافين مع بعضهما ثم يزول مكان الاتصال بينهما ويحدث الإلتحام ويتكون نتيجة لذلك شكل شبكى يسمى بالشبكة الملينية myelinic network (شكل 5/5). وفى أوائل الربيع تبدأ الخلايا فى النشاط وإمتصاص الماء ولذلك فإن الشبكة الملينية تمتص الماء وتنتفتخ لتكون فجوة عصارية مركزية قد يتخللها شرائط سيتوبلازمية. ويعتقد أن حامض الأبسيسك والذى يوجد فى سيقان النباتات فى فصل الخريف هو المسئول عن تكوين الشبكة الميلينية.

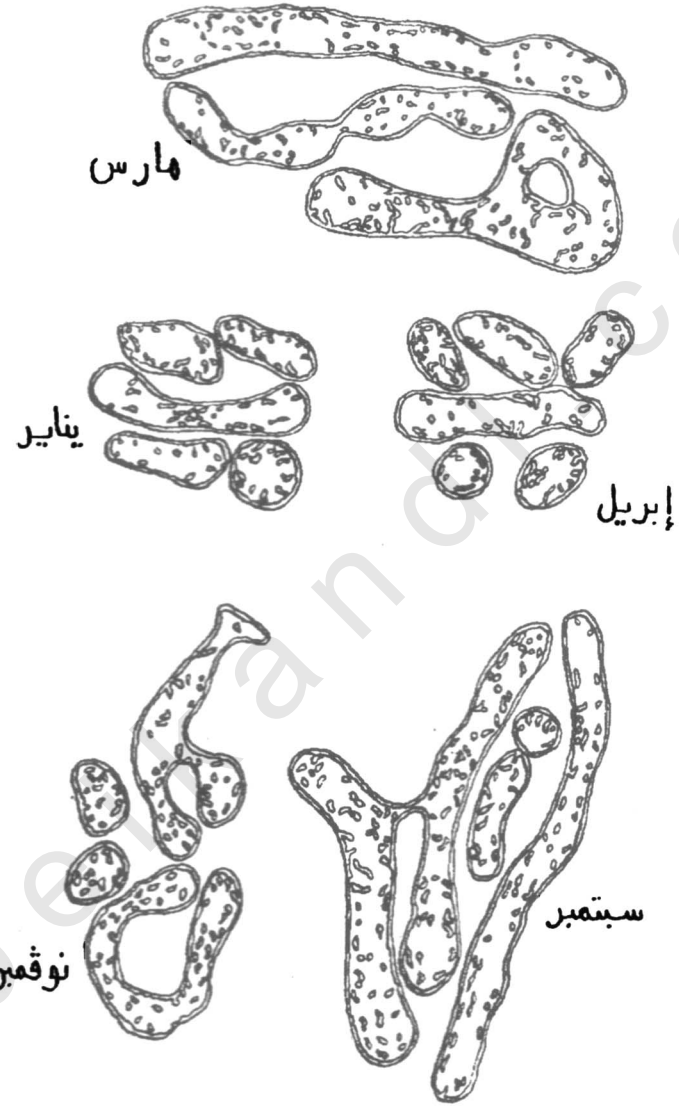
تحدث دورة للميتوكوندريات (شكل 12/3) فى داخل الكمبيوم وهذه الدورة (شكل 6/5) تشاهد فى كثير من النباتات ومنها نبات الأسفندان




(شكل 5/5) : الفجوات العصارية فى خلايا الكامبيوم

أ) خطوات تكوين الشبكة الميلينية ب) شبكة ميلينية

*Acer pseudoplatanus*. فى أوائل الربيع وقبل إنقسام الخلايا وعندما تمتص الخلايا الماء وتنتفخ خلايا الكمبيوم فإن الميتوكوندريات تصبح مستطيلة. وفى أثناء




**(شكل 6/5) : دورة الميتوكوندريات داخل خلايا الكمبيوم الوعائى**

obeikandl.com

موسم النمو فى الربيع تكون الميتوكوندريات كروية عادة ، وفى أثناء الصيف تقل سرعة إنقسامها ويزيد طولها ، وفى الخريف تكون طويلة ولها أشكال مختلفة مثل X ، Y ، Q ، وفى وقت السكون للخلايا فى شهر يناير تصبح مرة أخرى قصيرة وكروية. وفى أثناء هذه الدورة يكون التركيب الدقيق للميتوكوندريات ثابت. وأما عن العوامل التى تتسبب فى صغر حجم الميتوكوندريات وتصبح كروية فهى إنخفاض درجة الحرارة وقلة الماء فى النسيج النباتى وسرعة الإنقسام غير المباشر لخلايا الكمبيوم وزيادة سرعة الحركة الإنسيابية للبروتوبلازم داخل الخلايا ، والعكس صحيح.

بالنسبة لأجهزة جولجى (شكل 13/3) فإنه فى بعض النباتات لا يحدث تغيير فى هذه الأجهزة خلال فصول السنة ، ولكن فى خلايا كمبيوم نباتات أخرى مثل الحور *Populus* والجميز ، فإن عدد أجهزة جولجى فى الشتاء يكون قليلاً كما لا توجد حويصلات منفصلة من هذه الأجهزة ولكن فى الربيع فإن عدد الأجهزة يزداد كما أنه يحدث تكوين وإنفصال حويصلات بكميات كبيرة.

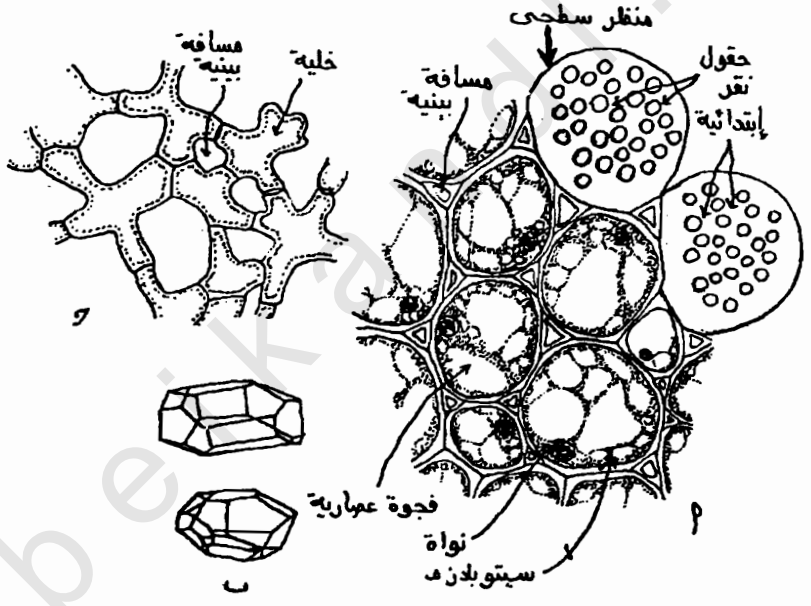
تتكون الشبكة الإندوبلازمية بكميات كبيرة فى خلايا الكمبيوم. عادة تتكون الشبكة الإندوبلازمية الخشنة بكميات فى الربيع والصيف ، والعكس صحيح فى الشتاء حيث تقل كميات الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وتزداد كميات الشبكة الإندوبلازمية الملساء. وفى المعتاد تكون الريبوسومات على هيئة عديد الريبوسومات فى الربيع وتصبح ريبوسومات منفردة فى الشتاء.

يعتقد أن التغيرات الموسمية فى تكوين أجهزة جولجى والشبكة الإندوبلازمية مرتبط بتأثير الهرمونات النباتية. فوجود الهرمون النباتى إندول حامض الخليك يزيد من تخليق البروتين و RNA ويسمح بتكوين أجهزة جولجى وريبوسومات ، بينما حامض الأبسيسيك يقلل من تخليق DNA ، RNA. ولذلك يعتقد أن دخول خلايا الكمبيوم مرحلة السكون فى الخريف والشتاء نتيجة لوجود حامض الأبسيسك المثبط لتخليق DNA ، RNA.

# الخلايا والأنسجة البرنشيمية

توجد الأنسجة البرنشيمية parenchyma فى القشرة والنخاع والأشعة النخاعية والأشعة الوعائية للجذور والسيقان ، وفى النسيج الوسطى للأوراق ، كما توجد الخلايا البرنشيمية فى أنسجة الخشب واللحاء والقشرة الثانوية.

الخلايا البرنشيمية خلايا حية بالغة تختلف فى الشكل ، فقد تكون كروية (شكل 7/5 أ) وعادة تكون مضلعة نتيجة للضغوط الواقعة عليها من الخلايا المجاورة ، وغالباً ما تكون ذات أربعة عشر ضلعاً (شكل 7/5 ب). وتظهر فى القطاع العرضى بشكل مضلع عادة أو مستدير ، وفى القطاع الطولى بشكل دائرى أو



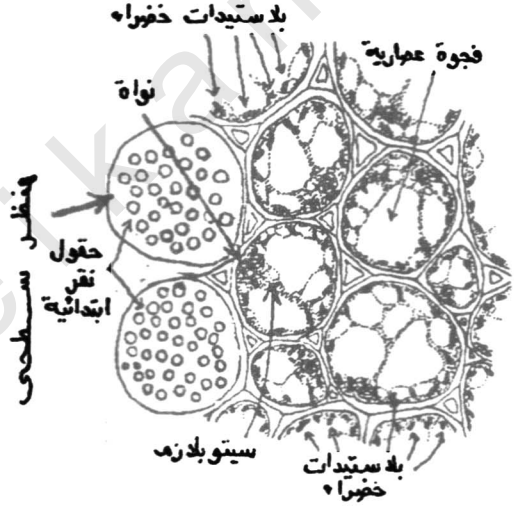

**(شكل 7/5) : خلايا برنشيمية**

**أ ) قطاع فى نسيج برنشيمى ب) خلايا برنشيمية مضلعة**
**جـ) خلايا برنشيمية نجمية**

بيضاوى يميل إلى الاستطالة. برنشيمية الحزم الوعائية تكون عادة متطاولة مستدقة الأطراف ، وقد تكون مقسمة ، وتعرف بالخلايا البروزنشيمية prosenchyma (شكل 17/5 جـ ، هـ).

توجد أشكال أخرى كثيرة للخلايا البرنشيمية ، فقد تكون مستطيلة كما فى خلايا النسيج العمادى للأوراق (شكل 19/8) ، وقد تكون نجمية كما فى نخاع ساق نبات السمار *Juncus* والعرق الوسطى لورقة الكانا *Canna* (شكل 7/5 جـ) ، وقد تكون كلوية مفصصة كما فى النسيج الوسطى لورقة نبات الزنبق.

الخلايا البرنشيمة عادة رقيقة الجدر ذات فجوة كبيرة وسطية غالباً ، ومسافات بينية واسعة ، وتحتوى على بلاستيدات عديمة اللون فى الخلايا الداخلية وبلاستيدات خضراء فى الخلايا القريبة من السطح الخارجى للنبات المعرض للضوء ، وتعرف الخلايا البرنشيمية المحتوية على بلاستيدات خضراء بالخلايا الكلورنشيمية chlorenchyma ، وهذه تكون النسيج الوسطى للأوراق (شكل 8/5).



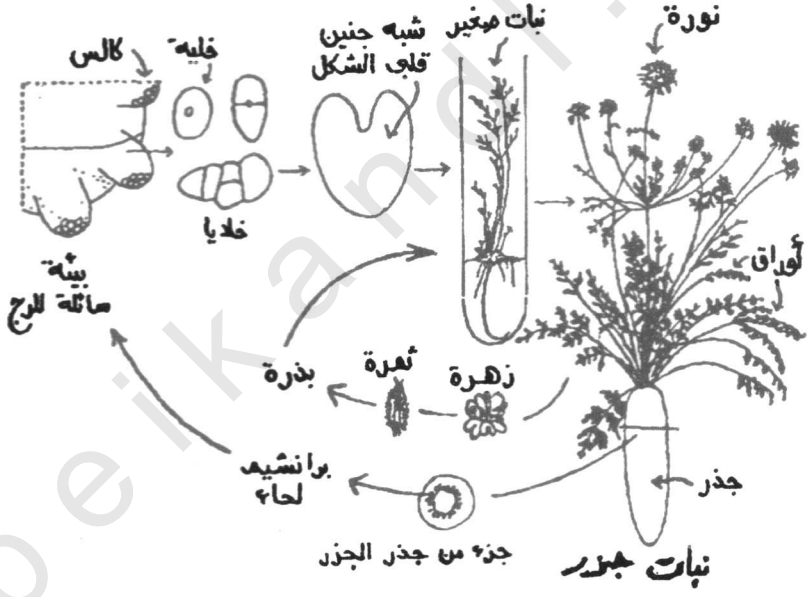

(شكل 8/5) : خلايا كلورنشيمية
قطاع فى نسيج كلورنشيمى

جدار الخلية رقيق إبتدائى به حقوق نقر ابتدائية ، وفى بعض الحالات كما فى أندوسبرم بذرة البلح لا توجد مسافات بينية بين الخلايا ، ويكون الجدار الإبتدائى سميك (شكل 20/3 ب) لاحتوائه على غذاء مخزن فى صورة هيميسليلوز يستهلك أثناء إنبات البذرة. وتوجد خلايا برنشيمية ذات جدر سميكة ملجننة كما فى أنسجة الخشب الثانوى ونخاع بعض النباتات.

فى بعض الحالات تستعيد الخلايا البرنشيمية قدرتها على الإنقسام ، وتصبح خلايا مرستيمية ثانوية كما فى الكمبيوم الفلينى وكمبيوم الجروح ، ولهذا تعتبر الخلايا البرنشيمية أقرب الخلايا إلى الخلايا المرستيمية. وقد أمكن حديثاً جعل الخلايا البرنشيمية تنمو وتنقسم بعيداً عن النبات الكامل بتغذيتها تغذية صناعية خاصة. وبذلك أمكن فى بعض الحالات الحصول على نبات كامل من خلية برنشيمية واحدة وتسمى هذه الخلية totipotent cell ، وفى هذه الحالة يؤخذ نسيج برنشيمى من جذر الجزر أو ساق نبات الدخان أو نسيج كلورنشيمى من أوراق الفول السودانى ويوضع على بيئة مغذية مناسبة وعادة تحتوى هذه البيئة على مصدر كربون عضوى وأزوت عضوى وفيتامينات وهرمونات وأملاح مغذية ، ويؤدى ذلك إلى إنقسام هذه الخلايا وتكوين نسيج من خلايا برنشيمية يعرف بالكالس callus . فى وجود مركبات معينة تتشكل خلايا الكالس إلى أنواع مختلفة من الخلايا مثل خلايا نسيج اللحاء أو الخشب ، وتسمى هذه بطريقة زراعة الأنسجة tissue culture. وفى حالات أخرى يمكن تنمية نسيج الكالس على بيئة سائلة ثم رج هذه البيئة ، فتسبب إنفصال خلايا برنشيمية من على سطح نسيج الكالس. تنتقل هذه الخلايا المنفردة إلى بيئات أخرى مغذية مناسبة كما سبق توضيحه ، يكون أحد مكوناتها عادة لبن جوز الهند حيث أنه يحتوى على مركبات يعتقد أن لها فائدة فى إنقسام وتكشف الخلايا. تنقسم الخلية المفردة إنقسامات عديدة ثم يتكون منها شبه جنين embryoid قلبى الشكل ، يسمى شبه جنين هنا لأنه غير ناتج عن إخصاب. ينمو شبه الجنين ليكون نبات صغير ، ينقل إلى بيئة أخرى حيث يكبر فى الحجم ليعطى نبات كامل مزهر ، وهذا ما يعرف بطريقة زراعة خلية واحدة

free cell culture. وبذلك يمكن عمل دورة حياة كاملة للنبات بواسطة البذرة أو بواسطة خلية برنشيمية مفردة. وقد أمكن عمل ذلك فى عدد من النباتات منها نبات الجزر (شكل 9/5). ويشترط فى الخلية البرنشيمية التى تستعمل فى زراعة خلية واحدة أن يكون لها نواة كبيرة نسبياً وبها نوية واضحة وأن تكون ذات فجوات عصارية عديدة وكبيرة ، وأن يوجد بها خيوط سيتوبلازمية تصل النواة بالسيتوبلازم مع وجود حركة إنسيابية واضحة للبروتوبلازم.

تقوم الخلايا البرنشيمية عادة بوظيفة تخزينية ، ففيها تخزن المواد الزائدة عن حاجة النبات كالنشا والبروتينات والدهون والزيوت. وفى النباتات العصارية الجفافية تقوم الخلايا البرنشيمية بتخزين الماء ويساعدها على ذلك رقة جدرها وكبر فجوتها العصارية وإحتوائها على مواد هلامية غروية تساعد الخلايا على زيادة




**(شكل 9/5) : مزارع الأنسجة**

**دورة حياة نبات الجزر ناتج عن زراعة بذرة أو بزراعة خلية برنشيمية واحدة**

القدرة على التشرب والإحتفاظ بالماء. كما قد تقوم الخلايا البرنشيمية بالتخلص من المواد السامة للنبات كالأكسالات ببلورتها فى الخلايا ، أما الخلايا الكلورنشيمية فتظهر أهميتها لإحتوائها على بلاستيدات خضراء وقيامها بعملية التمثيل الضوئى.

## الخلايا والأنسجة الكولنشيمية

توجد الأنسجة الكولنشيمية collenchyma فى قشرة الساق وفى أعناق وأنصال الأوراق ولا توجد الأنسجة الكولنشيمية عادة فى الجذور الأرضية ، وقد توجد فى الجذور المعرضة للهواء.

الخلايا الكولنشيمية خلايا بالغة ذات جدر مرنة قابلة للتمدد تشبه الخلايا البرنشيمية إلا أنها أطول منها وقد تكون مستدقة من أحد طرفيها ، جدرها الإبتدائية مغلظة غلظاً غير منتظم بمادتى السيليلوز والبكتين مع وجود نسبة كبيرة من الماء. ويعتبر تغليظ الجدر إبتدائيا لأن الخلايا أثناء تكوينها تكبر فى الحجم وتسمك جدرها فى نفس الوقت. تحتوى جدر الخلايا على حقول نقر إبتدائية ، كما يوجد بالخلية فجوة عصارية كبيرة. وقد تحتوى الخلايا الكولنشيمية على بلاستيدات خضراء.

بعض الخلايا الكولنشيمية تستعيد قدرتها على الإنقسام متحولة إلى خلايا مرستيمية. كما أن البعض يتلجنن بشدة متحولاً إلى خلايا إسكلرنشيمية.

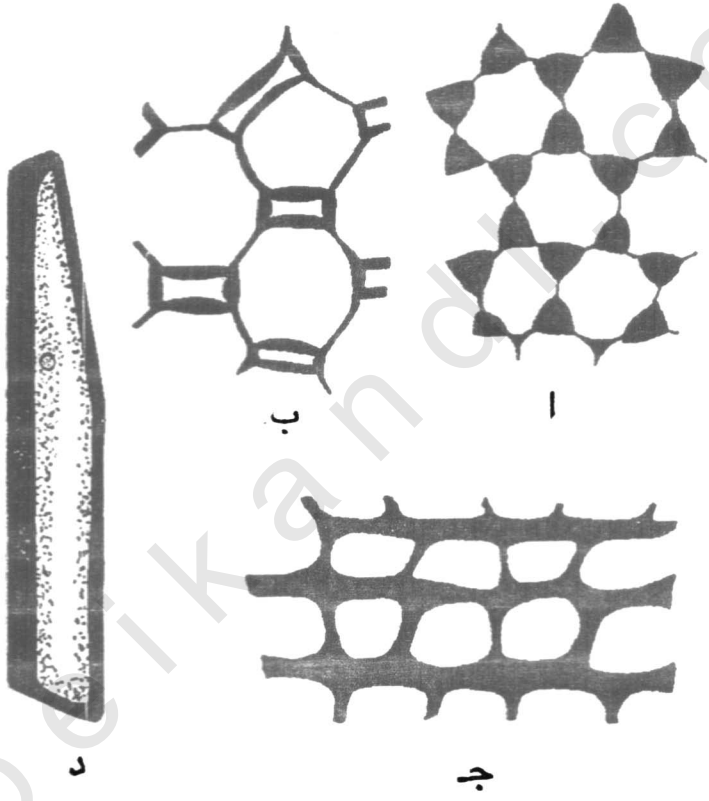
ويمكن تقسيم الخلايا الكولنشيمية تبعاً لنوع التغليظ فى جدرها كالآتى :

**1- كولنشيمية زاوية Angular collenchyma** : يزداد تغليظ جدر هذه الخلايا طولياً فى الأركان ، وتتلاشى المسافات البينية بينها. هذا النوع هو الشائع فى قشرة البطاطس (شكل 10/5 أ).

**2- كولنشيمية صفيحية Lamellar collenchyma** : يزداد تغليظ جدر هذه الخلايا طولياً فى الجدر الموازية للمحيط الخارجى لسطح النبات ويقل فى الجدر المتعامدة على سطح النبات ، وتتلاشى المسافات البينية. ويشاهد هذا النوع فى سابق نبات سامبيوكس *Sambucus* (شكل 10/5 جـ).

3- كولنشيمية فراغية **Lacunar collenchyma** : يزداد تغليظ جدر هذه الخلايا طولياً فى أجزاء الخلية المواجهة للمسافات البينية كما فى أعناق أوراق السلفيا *Salvia* (شكل 10/5 ب).

تقوم الخلايا الكولنشيمية أساساً بوظيفة تدعيم النبات ، وإذا إحتوت على بلاستيدات خضراء ، فإنها تقوم بعملية التمثيل الضوئى.




(شكل 10/5) : خلايا كولنشيمية

أ) خلايا كولنشيمية زاوية
ب) خلايا كولنشيمية فراغية
جـ) خلايا كولنشيمية صفيحية
د) قطاع طولى لخلية كولنشيمية

obeikandi.com

# البشـرة

تكـون البـشرة epidermis طبقـة واقيـة علـى الأسـطح الخارجيـة للنبـات المعرضـة للجو ، تستبدل عادة فى الجذور والسيقان المسنة بنسيج الفلين. سمك طبقة البشرة عادة صف واحد فى الخلايا. وفى بعض الحـالات يصبح سمكها أكثر من طبقة وخاصة فى أوراق النباتات الجفافية المعرضة لشمس قوية ، وتسمى البشرة فى هذه الحالـة بالبشرة المتضاعفـة كما فى أوراق التين المطاط (شكل 16/3 د).

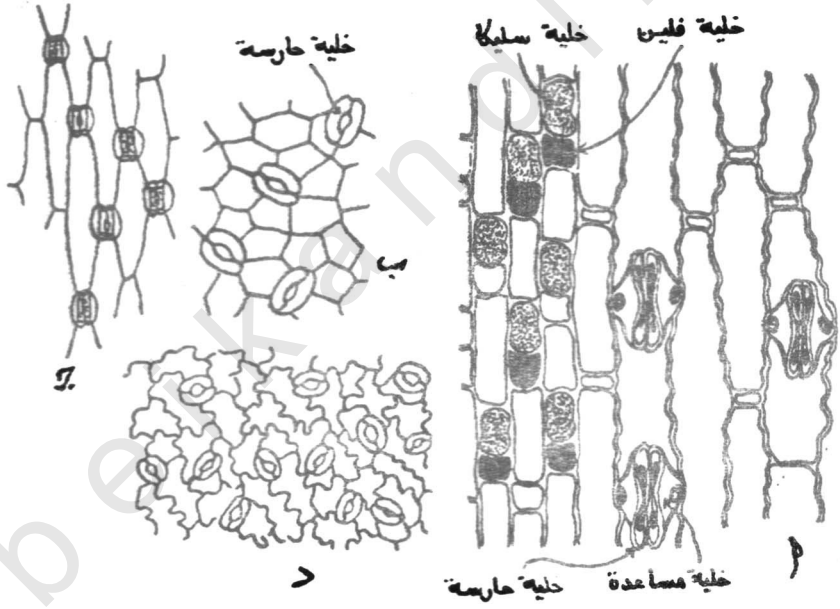
خلايا البشرة خلايا حية بالغة ، نادراً ما تحتوى على بلاستيدات خضراء ، وذات فجوات عصارية كبيرة. تظهر الخلايا فى القطاع العرضى فى معظم النباتات بشكل صف واحد من الخلايا المستطيلة الشكل المتراصة بدون مسافات بينية إلا فى مواضع الثغور التى تحاط بخلايا متخصصة تعرف بالخلايا الحارسة. ويختلف شكل خلايا البشرة العادية كثيراً فى المظهر السطحى ، فقد تكون ذات جدر متعرجة كما فى بشرة ورقة الفلفل أو مضلعة متساوية الأقطار كما فى بشرة ورقة العنب أو مضلعة متطاولة كما فى بشرة ورقة السوسن (شكل 11/5 ب - د).

قد تتكون البشرة من عدة أنواع من الخلايا غير الخلايا الحارسة ، ففى بشرة نباتات العائلة النجيلية تظهر معظم الخلايا بشكل مستطيل ، ويوجد بجانبها نوعان من الخلايا القصيرة ، هما خلايا السيلكا silica cells وهى خلايا غنية بمادة السيلكا، وخلايا الفلين cork cells وهى خلايا ذات جدر مسوبرة (شكل 11/5 أ).

الجدار الخارجى لخلية البشرة هو أغلظ الجدر عادة ، أما الجدر الجانبية فرقيقة. وتغطى الجدر الخارجية لبشرة السيقان والأوراق ، عدا فى مناطق الثغور، بطبقة من الأدمة cuticle غير المنفذة للماء. وتتكون طبقة الأدمة أساساً من مواد دهنية أهمها الكيوتين cutin. وطبقة الأدمة قد تكون ملساء أو خشنة أو ذات شقوق، ويختلف سمكها باختلاف النباتات والظروف البيئية ، ففى النباتات المائية تكون هذه الطبقة رقيقة جداً وقد تختفى ، وفى النباتات الجفافية تكون الأدمة سميكة

وقد تتكون من عدة طبقات ، الخارجيـــة منها غنيـة بالكيوتين وخالية من السليلوز ، والوسطية تحتوى على مزيج من الكيوتين والسليلوز ، والداخلية تحتوى على سليلوز فقط ، وأحيانات توجد طبقة من البكتين تفصل ما بين الأدمة وخلايا البشرة. فى بعض النباتات قد يترسب شمع wax على سطح الأدمة ، كما فى ثمار العنب وسيقان القصب.

تحتوى جدر خلايا البشرة بما فى ذلك الجدر الخارجية على حقول نقر إبتدائية وبلازموديزمات. ويعتقد أن البلازموديزمات الموجودة على الجدر الخارجية تلعب دوراً فى تكوين طبقة الأدمة ، إذ يعتقد أن المركبات الكيوتينية تخرج من الخلية إلى السطح فى صورة زيتية سائلة عن طريق البلازموديزمات ، ثم تتجمد لتكون أول طبقات الأدمة ثم يتكون تحتها طبقات أخرى تباعاً.




(شكل 11/5) : أنسجة البشرة

أ) بشرة ورقة نبات نجيلى
ب) بشرة ورقة العنب
جـ) بشرة ورقة السوسن
د) بشرة ورقة الفلفل

قد تمتد وتنمو بعض خلايا البشرة للخارج مكونة زوائد تختلف فى الشكل والحجم تعرف بزوائد البشرة trichomes• زوائد البشرة قد تكون إفرازية أو غير إفرازية ، والأخيرة تكون مفرغة لدرجة كبيرة• زوائد البشرة ذات جدر سليلوزية ومغطاة بأدمة قد تكون مشبعة بمادة السيلكا أو بكربونات الكالسيوم•

تعتبر البشرة نسيج واقى يحفظ الأنسجة الداخلية من عوامل البيئة الخارجية ، كما أنه يعمل على القيام بتدعيم ميكانيكى للأنسجة الداخلية• وتقوم طبقة الأدمة بتحديد فقد الماء عن طريق النتح ، كما تقوم الثغور بالتحكم فى كمية بخار الماء المفقود وفى تبادل الغازات• وتقوم بشرة الجذور بما عليها من شعيرات جذرية بامتصاص الماء والغذاء الأرضى•

## الثغـــــور

الثغور stomata هى فتحات فى البشرة تحيط بها خلايا متخصصة تعرف بالخلايا الحارسة guard cells ، وغالباً ما تطلق الثغور على الفتحات والخلايا الحارسة المحيطة بها•

توجد الثغور فى أجزاء النباتات الحديثة الهوائية ، وبصفة خاصة فى الأوراق، ويختلف عدد الثغور فى السطوح السفلى عن السطوح العليا للأوراق ، عادة تزداد فى السطوح السفلى ، وقليلاً ما يحدث عكس ذلك كما فى أوراق البرسيم الحجازى والقمح• وفى بعض الأحيان لا توجد ثغور على السطوح العليا إطلاقاً كما فى التفاح والخوخ•

وتكون الثغور ، عادة ، مبعثرة فى بشرة أوراق النباتات ذات الفلقتين ، وتكون، عادة ، مرتبة فى صفوف متوازية فى أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة• وتوجد الثغور ، عادة ، فى مستوى خلايا البشرة العادية ، إلا أنها فى بعض الحالات قد تكون منخفضة عن سطح خلايا البشرة العادية كما فى أوراق السوسن ، وقد تكون مرتفعة كما فى أوراق الفلفل والطماطم•

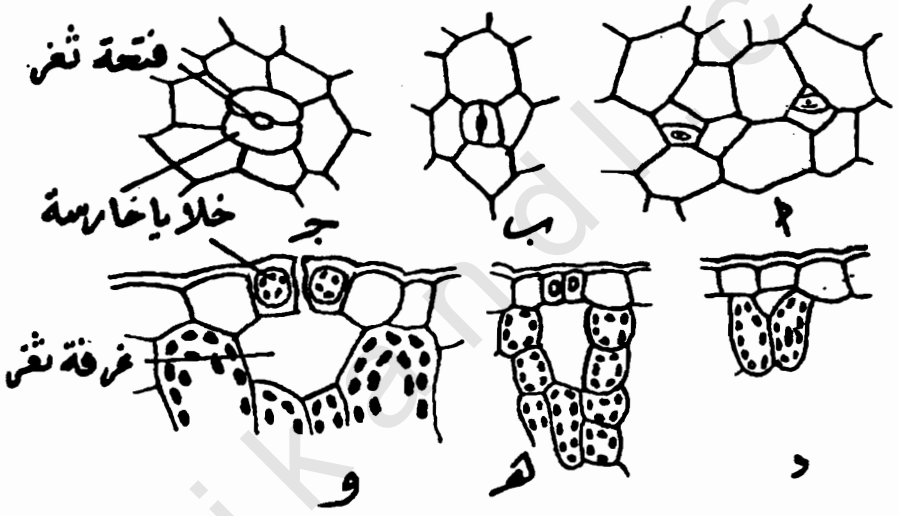
تحاط كل فتحة ثغر بخليتين حارستين تختلفان فى الشكل عن باقى خلايا البشرة ، وتكونان ، عادة ، كلويتى الشكل فى المنظر السطحى. والخلايا الحارسة خلايا حية ، بروتوبلازمها أكثر كثافة من بروتوبلازم خلايا البشرة العادية كما أنها تحتوى على بلاستيدات خضراء ، جدرها الجانبية رقيقة أما جدرها الخارجية والداخلية فسميكة ، وكثيرا ما يبرز الجداران الخارجى والداخلى أو الخارجى فقط فى إتجاه فتحة الثغر.

يختلف شكل الخلايا الحارسة فى معظم نباتات العائلتين النجيلية والسعدية ، فتكون دمبلية الشكل dumbell shaped حيث تكون فى المظهر السطحى سميكة الجدر فى أجزائها الوسطية منتفخة ورقيقة الجدر فى أطرافها. وفى كثير من الأحيان تحاط الخليتان الحارستان بخليتين أو أكثر يختلفان فى الشكل عن باقى خلايا البشرة وتسمى بالخلايا المساعدة subsidiary cells (شكل 11/5).

تعتبر الثغور نهاية شبكة المسافات البينية الموجودة بين خلايا النبات ، فيوجد أسفل الثغر تجويف يعرف بغرفة الثغر. وتتصل غرفة الثغر بالمسافات البينية لخلايا الأنسجة المحيطة بها.

وللثغور القدرة على التحكم فى سعة فتحاتها ، وتوجد عدة نظريات حول ميكانيكية فتح وقفل الثغور. وتقول إحدى هذه النظريات أن الخلايا الحارسة نظراً لاحتوائها على بلاستيدات خضراء ، فإن تركيز السكر بها يكون كبيراً أثناء النهار أى يزداد ضغطها الأسموزى فينتقل الماء إليها من الخلايا المجاورة مما يؤدى إلى إنتفاخها وتكورها فتتسع فتحة الثغر. وفى الليل تتحول السكريات الذائبة بالخلايا الحارسة إلى نشا فيقل الضغط الأسموزى بالخلايا الحارسة عنه فى الخلايا المجاورة فينتقل الماء من الخلايا الحارسة إلى الخلايا المجاورة ويقل المحتوى المائى للخلايا الحارسة فتترهل الجدر الجانبية الرقيقة للخلايا الحارسة وتغلق فتحة الثغر.

**كيفية تكوين الثغر** : تنقسم إحدى خلايا البشرة إلى خليتين غير متساويتين فى الحجم ، تنقسم الخية الصغيرة والتى تعتبر الخلية الأمية للخليتين الحارستين ، إلى خليتين تكبران فى الحجم وتأخذان الشكل المحدد للخليتين الحارستين ، ثم تنتفخ مواد الصفيحة الوسطى الموجودة بين الخليتين ، ويحدث إنفصال فى الجزء الوسطى من الصفيحة الوسطى وتتكون فتحة الثغر (شكل 12/5)٠




**(شكل 12/5) : خطوات تكوين ثغر**

أ – جـ) منظر سطحى  د – و) قطاع طولى

obeikandl.com

## زوائد البشرة غير الإفرازية

تعرف جميع زوائد البشرة سواء كانت وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا ، سواء كانت إفرازية (شكل 23/5 أ ، ب) أو غير إفرازية (شكل 13/5 ، 14/5) بالتريكومات trichomes. ويمكن تقسيم زوائد البشرة غير الإفرازية إلى الآتى :

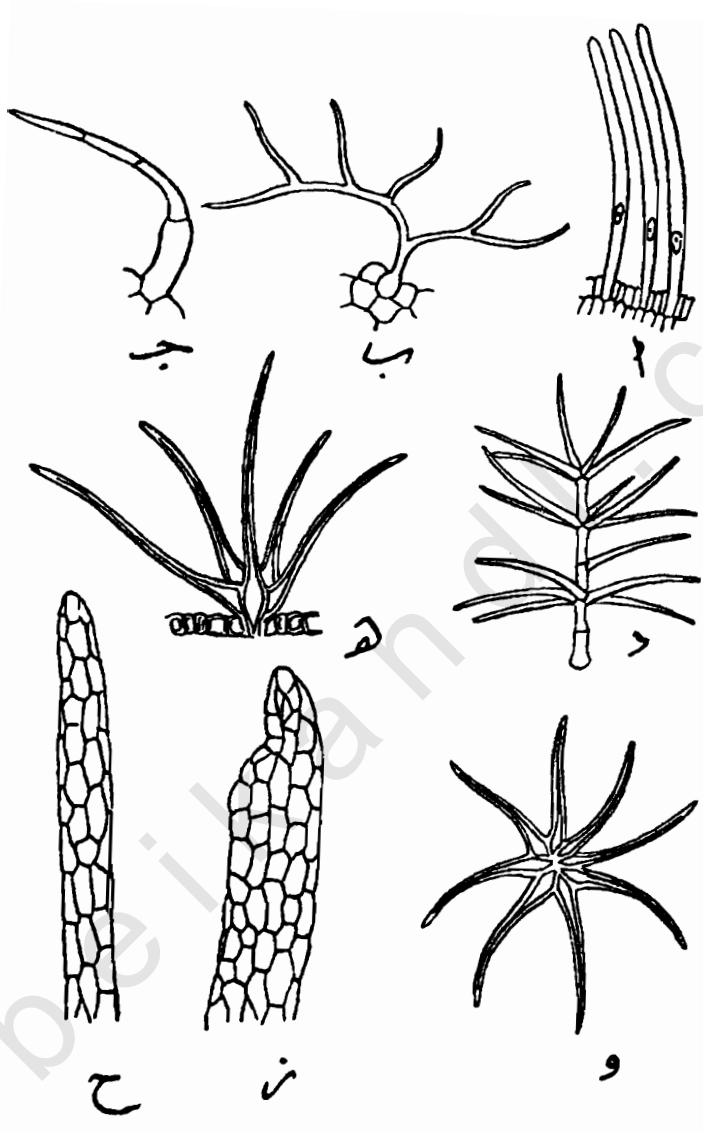
**1- شعور وحيدة الخلية Unicellular hairs** : وتتكون من خلية واحدة جزء منها يقع بين خلايا البشرة والجزء الخارجى الباقى يمتد إلى الخارج ، وقد يكون الجزء الخارجى غير متفرع كما فى شعرة بذرة القطن ، وقد يكون متفرعاً كما فى شعور أوراق المنثور ونادراً فى شعر القطن (شكل 13/5 أ ، ب).

**2- شعور عديدة الخلايا Multicellular hairs** : وتتكون من عديد من الخلايا قد تكون غير متفرعة كما فى شعور أوراق القرع والطماطم وخلاياها توجد فى صف واحد ، وشعور قواعد بتلات الرجلة وخلاياها توجد فى عدة صفوف. وقد تكون الشعور عديدة الخلايا متفرعة كما فى نباتات ستيراكس *Styrax* وأبوتيلون *Abutilon* حيث يكون التفريع نجمى ، وقد يكون التفريع شجيرى كما فى نبات بلاتانس *Platanus* (شكل 13/5 جـ - ح).

**3- شعور عديدة الخلايا منبسطة Squamiform hairs** : وهى شعور ذات رأس منبسطة قد تكون جالسة فتسمى حراشيف scales ، أو تكون معنقة فتسمى شعور درعية peltate hairs كما فى أوراق الزيتون (شكل 14/5 أ ، ب).

**4- المثانات Bladders** : وهى زوائد بشرة كبرت فى الحجم وتخصصت لتخزين الماء. تحمل المثانة على عنق يمتد على خلايا البشرة كما فى أوراق نبات أتريبلكس *Atriplex* (شكل 14/5 جـ) وقد تكون جالسة كما فى نبات حى علم.

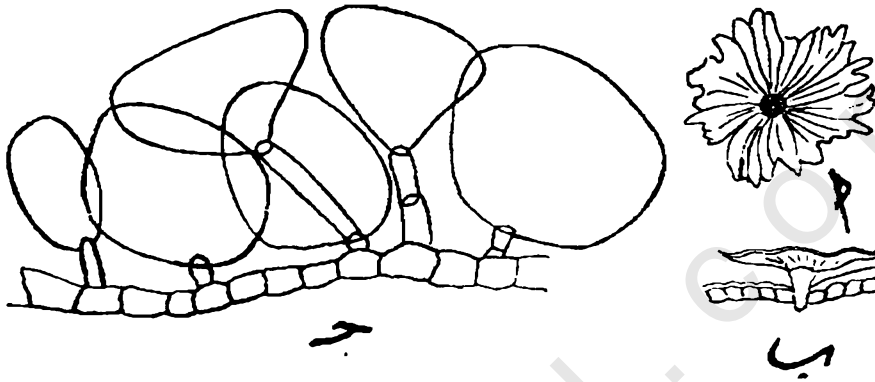
**5- زوائد غير سطحية Emergences** : وهى ذات أصل من البشرة وبعض الطبقات من تحت البشرة كما فى أشواك نبات الورد.




**(شكل 13/5) : زوائد البشرة غير الإفرازية**

أ ) شعر بذرة القطن أثناء نموه
ب) شعرة ورقة منتور
جـ) شعرة ورقة طماطم
د) شعرة نبات بلاتانس
هـ ، و) شعرة نبات ستيراكس
ز ، ح) شعرة بتلات الرجلة

obeikandl.com




(شكل 14/5) : شعور درعية ومثانات

أ ، ب) شعور درعية فى أوراق الزيتون جـ) مثانات فى أوراق أتريبلكس

obeikandl.com

## الخلايا والأنسجة الاسكلرنشيمية

الخلايا الاسكلرنشيمية sclerenchyma خلايا ميتة لا تحتوى على بروتوبلازم عند النضج ، إلا أنها قد تكون حية وتحتوى على بروتوبلازم ، الخلايا ذات جدر ثانوية سميكة صلبة ، عادة ملجننة وبها نقر بسيطة عادة ، وقد تكون النقر ذات قنوات ، وأحياناً تكون مضفوفة. تنشأ الخلايا الاسكلرنشيمية مباشرة من خلايا مرستيمية ، وقد تنشأ من تغلظ خلايا برنشيمية تغليظاً ثانوياً ، بعدها تفقد بروتوبلازمها.

يوجد نوعان من الخلايا الاسكلرنشيمية ، هما الخلايا الاسكلريدية وخلايا الألياف.

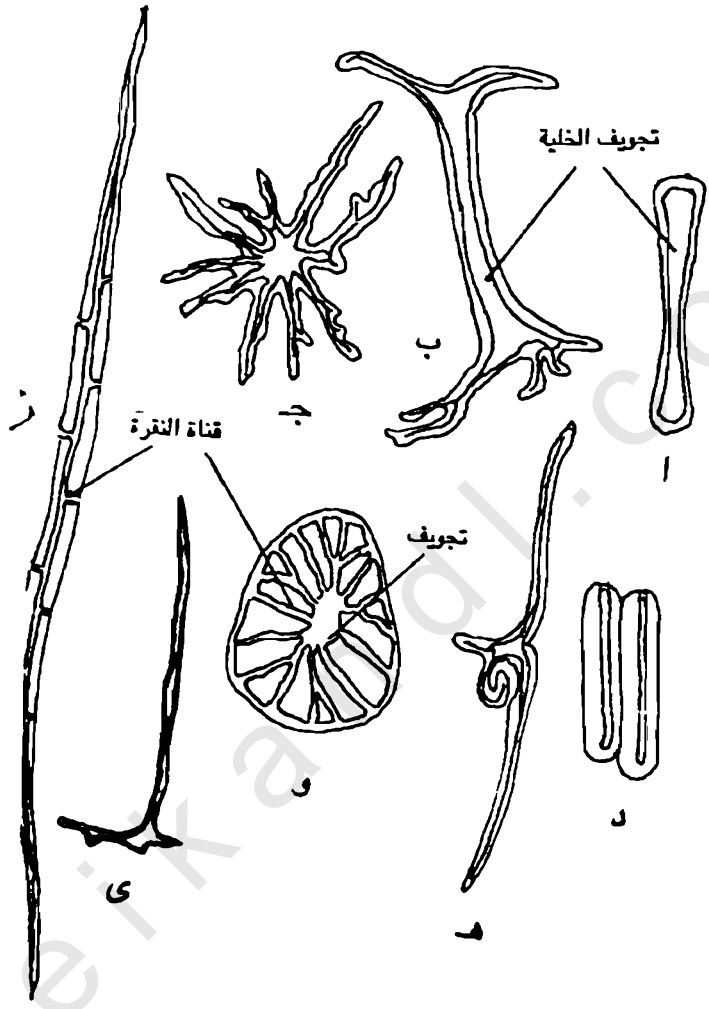
### الخلايا الاسكلريدية

تختلف الخلايا الاسكلريدية sclereids كثيراً فى الشكل والحجم ، فقد تكون كروية أو مضعلة وقد تكون متساوية الأضلع ، وقد تكون متطاولة ، وكثيراً ما تكون متفرعة. وقد توجد هذه الخلايا متجمعة فى السيقان والأوراق والثمار والبذور مكونة أنسجة ، أو قد توجد كخلايا منفردة مبعثرة بين خلايا النسيج الواحد ، ومنها أنواع عديدة كالآتى :

(أ) **الخلايا الحجرية Brachysclereids** : تشبه الخلايا البرنشيمية من حيث الشكل والحجم ، إلا أن جدرها سميكة ملجننة ، وتشاهد فى لب بعض الثمار مثل الكمثرى والجوافة (شكل 15/5 و).

(ب) **الخلايا العصوية Macrosclereids** : خلاياها أسطوانية الشكل ، توجد عادة متراصة بجانب بعضها بشكل الخلايا العمادية ، كما فى قصرة البسلة والفاصوليا (شكل 15/5 د).

(جـ) **الخلايا النجمية Astrosclereids** : وهى خلايا متفرعة بكثرة وبشكل غير منتظم وتشاهد فى أوراق نبات الشاى وأعناق أوراق البشنين *Nymphae* (شكل 15/5 جـ).




(شكل 15/5) : خلايا اسكلرنشيمية

ا ، ب) خلايا عظمية
جـ) خلية نجمية
د) خلايا عصوية
هـ) خلية خيطية
و) خلية حجرية
ز) خلية ليفية
د) خلية شكل L

obeikandl.com

**( د ) الخلايا العظمية Osteosclereids :** وهى خلايا أسطوانية تشبه الخلايا العصوية ، إلا أن أطرافها منتفخة وقد تتفرع كما فى ورقة نبات هاكيا *Hakea* وتحت بشرة قصرة البسلة (شكل 15/5 أ ، ب)٠

**(هـ) الخلايا الخيطية Trichosclereids :** خلايا طويلة رفيعة ، قد تكون متفرعة ، وتشاهد فى أوراق الزيتون (شكل 15/5 هـ)٠

**( و ) خلايا لها شكل حرف L L – shaped sclereids :** خلايا رفيعة لها شكل حرف L وتوجد فى الشعيرات الغدية الموجودة على أعناق ورقة البيجونيا *Begonia imperalis* (شكل 15/5 ى)٠

## الألياف

تختلف الألياف fibers عن الخلايا الاسكلريدية فى أنها طويلة ورفيعة وغير متفرعة ، أطرافها مستدقة غالباً (شكل 15/5 ز)٠ وقد يصل طولها إلى 25 سم كما فى ألياف نبات الرامى *Boehmeria nivea*٠ الخلايا ذات جدر غليظة ملجننة ، عادة ، إلا أن التغليظ قد يكون سليلوزى كما فى ألياف الكتان ، فراغ الخلية صغير وقد يتلاشى كلية أو حتى فى بعض مناطق الخلية٠ الألياف عادة غير مقسمة ، إلا أنه قد توجد ألياف مقسمة بجدر عرضية ملجننة إلى عدة خلايا فى الليفة الواحدة كما فى العنب٠ تنزلق نهايات خلايا الألياف على بعضها مكونة خيوط طويلة مكونة من عدة خلايا تتصل أطرافها ببعضها٠

قد توجد الألياف متجمعة فى كتل مستقلة كما فى ألياف اللحاء ، وقد توجد ضمن مكونات الخشب ، كما قد توجد فى أوراق بعض نباتات الفلقة الواحدة٠

تقوم خلايا الألياف بوظيفة التدعيم للنبات ، بعضها ذو أهمية إقتصادية كما فى ألياف الكتان وهى ألياف سليلوزية لحائية تستخرج من السيقان ، وألياف السيسل وهى ألياف ملجننة ورقية٠

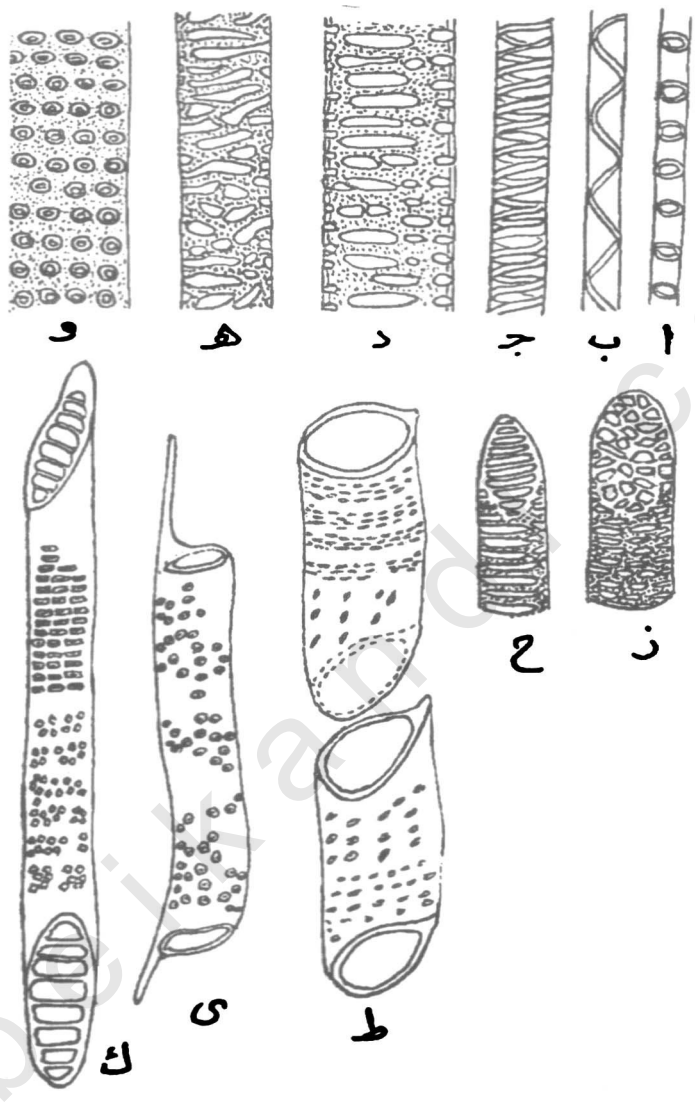
# نسيـــج الخشـــب

نسيج الخشب xylem نسيج مركب يتكون فى النباتات كاسيات البذور من أوعية خشبية وقصيبات وألياف خشب وبرنشمية خشبية ، ويتكون فى النباتات عاريات البذور من قصيبات وألياف خشب وبرنشيمية خشب ولا توجد أوعية خشبية عادة. الوظيفة الرئيسية لنسيج الخشب هو توصيل الماء والأملاح الذائبة من الجذور عبر الساق إلى الأوراق وذلك بواسطة الأوعية الخشبية والقصيبات ، أما الألياف فتقوم بمهمة دعامية وتقوم الخلايا البرنشيمية بمهمة تخزينية.

## 1 - الأوعية الخشبية

تعرف الأوعية الخشبية Vessels أيضاً باسم القصبات tracheae. ويتكون الوعاء الخشبى من خلايا متراصة طولياً فوق بعضها لمسافات مختلفة تقل عادة عن المتر ونادراً ما تمتد بطول ساق النبات. خلايا الأوعية الخشبية ميتة ذات جدر مغلظة تغليظاً ثانوياً ملجنناً ونهايتها مثقبة. تحتوى جدر الأوعية على نقر بسيطة أو مضفوفة أو نصف مضفوفة.

تختلف الأوعية فى أطوالها وفى طرق تغليظها ، يتأثر ذلك بنوع وعمر النبات وقت تكون الوعاء الخشبى ، فالأوعية التى تتكون وتنضج فى أول عمر النبات وقت إستطالة النسيج المكون للأوعية تكون الخشب الأول protoxylem ، وتكون أقل قطراً من أوعية الخشب التالى وهى التى تنضج حين تقل أو تتوقف إستطالة النسيج المكون للأوعية ، ويكون تغليظ أوعية الخشب الأول حلقياً annular أو لولبياً spiral ، وهذهالأوعية قابلة للإستطالة ، فى حين يكون تغليظ أوعية الخشب التالى سلمياً scalariform بأن يزداد التغليظ اللولبى قليلاً ، أو شبكياً reticulate إذا تقارب اللولب وتشابك بدرجة كبيرة ، وقد يكون منقراً pitted ، وفيه يشمل التغليظ الثانوى جميع الجدر تاركاً مواضع النقر (شكل 5، 16 أ - و). وفى بعض الأحيان يتكون بالوعاء الواحد أكثر من نوع من التغليظ ، وقد تتكون حالة وسطية بين نوعين من التغليظ.




(شكل 16/5) : الأوعية الخشبية

أ ـ و) أنواع التغليظ
هـ) شبكى
ز) شبكى

أ) حلقى
و ) منقر
ح ، ك) سلمى

ب ، جـ) لولبى
ز ـ ك) أنواع الصفائح المثقبة
ط ، ى) بسيطة

د) سلمى

obeikandl.com

تعرف النهايات المثقبة للأوعية الخشبية بالصفائح المثقبة perforated plates وتختلف تلك الصفائح فى طريقة تثقيبها (شكل 16/5 ز - ك) ، فتكون تلك الصفائح بسيطة إذا إحتوت على ثقب واحد ، أو عديد التثقيب multiperforate إذا إحتوت على أكثر من ثقب ، فإذا كانت الثقوب متطاولة ومتوازية فيكون سامياً scalariform ، وإذا كانت الثقوب موزعة فى نظام شبكى كان التثقيف شبكاً reticlate. وتعتبر خلية الوعاء الخشبى القصيرة الواسعة ذات النهايات الأفقية والتثقيب البسيط أرقى الأنواع (شكل 16/5 ط ، ى).

تنشأ خلايا الأوعية الخشبية من خلايا مرستيمية ، فتنقسم الخلية المرستيمية فى إتجاه طولى للخلية ، ثم تفقد إحدى الخليتين الناتجتين القدرة على الإنقسام. تتمدد الخلية الغير منقسمة نتيجة لإنقسام ونمو الخلية المرستيمية المجاورة. وأثناء ذلك يحافظ الجدار الابتدائى على سمكه. تنتفخ الصفيحة الوسطى فى الأماكن التى سيحدث بها تثقيب فى الصفيحة المثقبة. يتكون الجدار الثانوى داخل الجدار الإبتدائى ويتكون على الجزء الداخلى من الجدار التغليظ المميز للجدار. يذوب الجدار الابتدائى والصفيحة الوسطى فى أماكن الثقوب بالصفيحة المثقبة وذلك بواسطة الأنزيمات الموجودة بالبروتوبلاست ، كما يتحلل البروتوبلاست ذاته نتيجة لوجود الفجوات العصارية الملتقمة (شلك 3/5) والأجسام الكروية ، وبذلك تصبح خلية الوعاء الخشبى المتكونة خلية ميتة ناضجة.

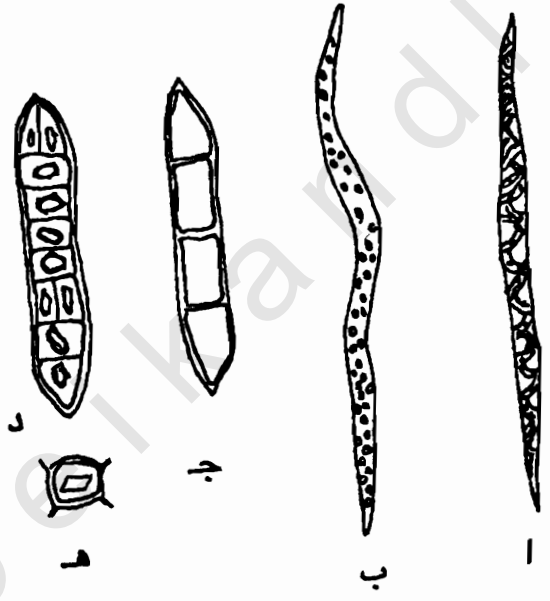
### 2 - القصيبات

القصيبات tracheids خلايا ميتة عند النضج ، أضيق من الأوعية الخشبية ، وجدرها مغلظة تغليظاً ثانوياً ملجنناً ، مقطعها مضلع عادة ، ونهايتها مستدقة وغير مثقوبة. تنلق النهايات المائلة للقصيبات معاً مكونة جدراً مائلة تكثر عليها النقر ، كما توجد نقر على الجدر الجانبية. النقر مضفوفة غالباً وقد تكون بسيطة ، وعبر هذه النقر يتحرك الماء والأملاح من خلية إلى أخرى.

تشبه القصيبات خلايا الأوعية الخشبية فى طرق التغليظ الثانوى الذى قد يكون حلقياً أو لولبياً أو سلمياً أو شبكياً أو منقراً ، كما تشبه القصيبات الألياف فى الشكل إلا أن جدر القصيبات أرق والتجويف أوسع من تجويف الألياف (شكل 17/5 أ ، ب)٠

### 3 - ألياف الخشب

تشبه ألياف الخشب الألياف العادية ، وهى ملجننة ، جدرها أسمك من جدر القصيبات ، ويوجد منها ثلاثة أنواع ، ألياف قصيبية fiber tracheids وألياف ليبرية libriform fibers وألياف جيلاتينية gelatinous fibers٠




**(شكل 17/5) : قصيبات وبرنشيمية خشب**

ا) قصيبة تغليظها لولبى ب ) قصيبة تغليظها منقر
جـ) برنشيمية خشب مقسمة
د ، هـ) برنشيمية خشب مقسمة تحتوى إحداهما على بلورات فى قطاع طولى وقطاع عرضى

الألياف القصيبية أقل طولاً وسمكاً من الألياف الليبرية ، نقرها مضفوفة ذات قنوات قمعية مسطحة (شكل 23/3)٠ الألياف الليبرية لها نقر بسيطة من نوع خاص فهى تفتح فى الجدار السميك فى إتجاه تجويف الخلية بشكل قمعى مسطح٠ وقد يتكون بالألياف القصيبية والليبرية جدر عرضية تفصل الليفة الواحدة إلى عدة خلايا وتسمى ألياف مقسمة septate fibers ، وهى توجد بكثرة فى نباتات ذات الفلقتين٠ كثيراً ما تحتفظ تلك الألياف بمادتها الحية لعدة سنوات كما فى العنب٠ تقوم الألياف المقسمة الحية بتخزين الغذاء الزائد عن الحاجة وذلك بالإضافة إلى وظيفتها التدعيمية٠

الألياف الجيلاتينية جدرها الثانوية تحتوى على لجنين ، ويكون بها نسب كبيرة من السليلوز ولها مظهر جيلاتينى٠

**4 - برنشيمة الخشب**

تشبه الخلايا البرنشيمية العادية ، إلا أنها تميل إلى الاستطالة وقد تتغلظ جدرها تغليظاً لجنينياً ، ويوجد عليها نقر بسيطة أو مضفوفة أو نصف مضفوفة ، وتختلف فى محتوياتها من المواد المخزنة ، وقد تكون مقسمة بجدر عرضية إلى غرف ، وقد تحتوى كل غرفة منها على بلورة واحدة عادة (شكل 17/5 جـ - هـ)٠

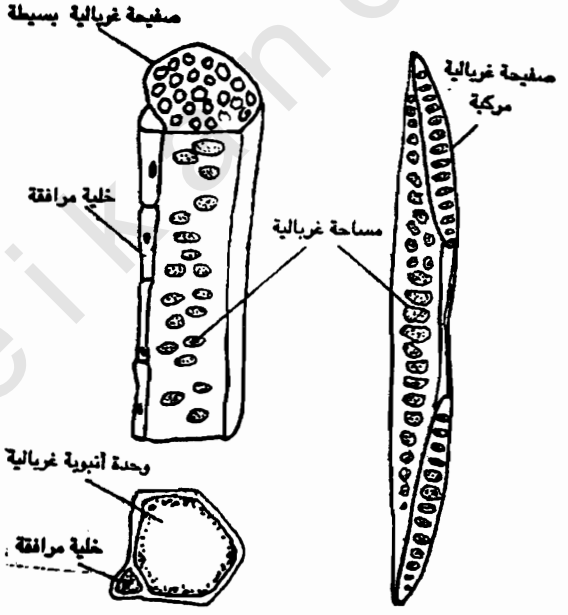
# نسيـــج اللحـــاء

نسيج اللحاء phloem نسيج مركب ، يتكون فى النباتات كاسيات البذور من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة واسكلرنشيمية لحاء وبرنشيمية لحاء ، ويتكون فى النباتات عاريات البذور من خلايا غربالية وألياف لحاء برنشيمية لحاء.

الوظيفة الرئيسية لنسيج اللحاء هو نقل الغذاء العضوى المجهز من الأوراق إلى باقى أجزاء النبات ، كما تقوم الألياف بالتدعيم والخلايا البرنشيمية بالتخزين.

**1 - الأنابيب الغربالية**

تتكون الأنبوبة الغربالية sieve tube من صف من الخلايا الحية تسمى وحدة الأنابيب الغربالية sieve tube elements (شكل 18/5). ولكل وحدة من وحدات




(شكل 18/5) : وحدات أنابيب غربالية وخلايا مرافقة

الأنابيب الغربالية جدر ابتدائية رقيقة سليلوزية ، وفى بعض الأحيان تكون جدرها سميكة. تحتوى وحدة الأنابيب الغربالية فى المبدأ على سيتوبلازم ونواة ومحتويات أخرى منها أجسام بروتينية لزجة slime protein bodies (شكل 19/5 جـ ، د ، هـ). أثناء نضج الوحدة الغربالية تختفى النواة ، ويكون السيتوبلازم طبقة رقيقة تبطن الجدر مع وجود فجوة عصارية كبيرة ، ثم يتحلل الغشاء البلازمى الفجوى فتختلط محتويات الفجوة العصارية مع السيتوبلازم.

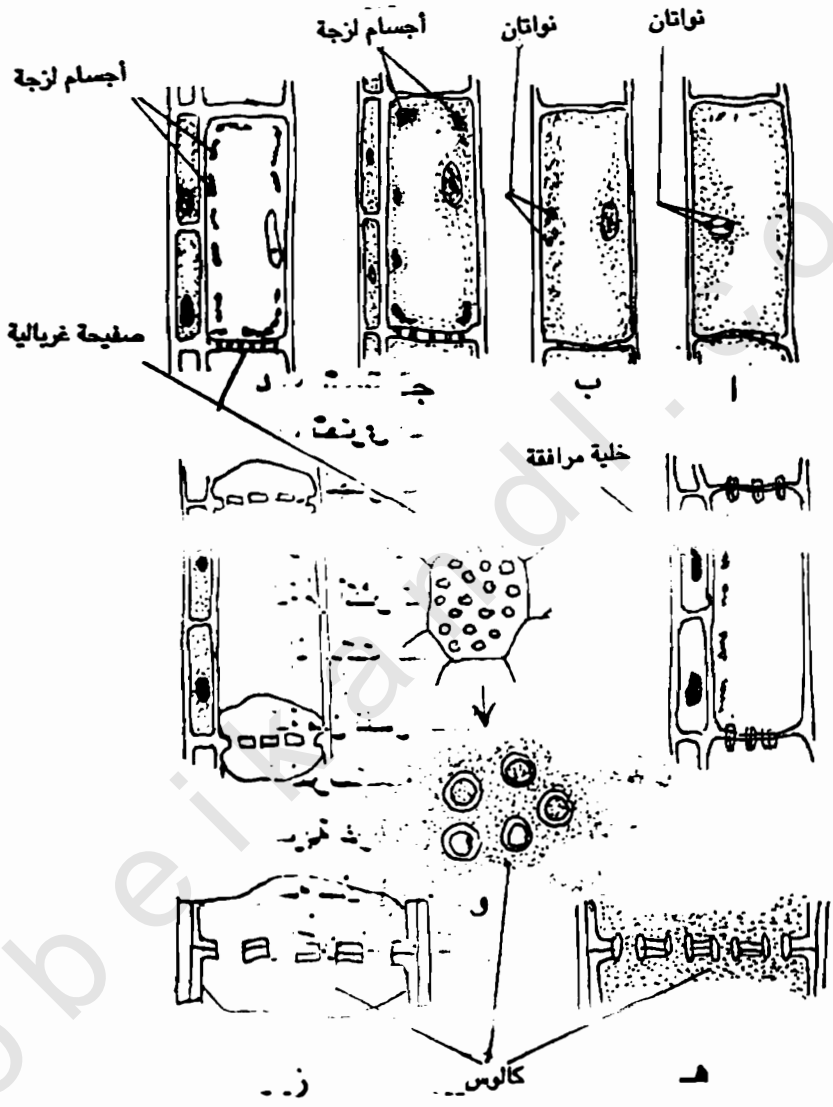
تنفصل وحدات الأنبوبة الغربالية عن بعضها بجدر مثقبة ، قد تكون أفقية أو مائلة وتسمى بالصفائح الغربالية sieve plates (شكل 18/5).

والصفائح الغربالية قد تكون مركبة إذا إحتوت على عدد من المساحات الغربالية sieve areas يفصلها مساحات خالية من الثقوب. والمساحة الغربالية هى مساحة من الصفيحة الغربالية بها ثقوب عديدة. وتتوزع المساحات الغربالية على الصفيحة الغربالية بشكل سلمى أو شبكى. والصفائح الغربالية المركبة تكون فى وضع مائل على الأنبوبة الغربالية وتشاهد فى سيقان العنب. وقد تكون الصفائح الغربالية بسيطة إذا احتوت الصفيحة الواحدة على مساحة غربالية واحدة. وتكون الصفائح الغربالية البسيطة عمودية على الأنبوبة الغربالية أو مائلة عليها قليلاً ، كما فى سيقان اللوف والقرع ، والنوع الأخير هو أكثر أنواع الأنابيب الغربالية رقياً.

قد توجد المساحات الغربالية على الجدر الجانبية إلا أن ثقوبها تكون أضيق من ثقوب المساحات الغربالية الموجودة بالصفائح الغربالية. إذا جاورت المساحات الغربالية جدر خلايا برنشيمية تتكون حقول نقر إبتدائية مقابل ثقوب المساحات الغربالية. تم خلال ثقوب المساحات الغربالية خيوط سيتوبلازمية cytoplasmic strands تصل بروتوبلاست الوحدة الغربالية بالوحدات الأخرى وبالخلايا المجاورة. وتكون تلك الخيوط السيتوبلازمية التى تخترق الصفيحة الغربالية سميكة ، وتكون أرفع فى المساحات الغربالية الجانبية. وتحاط الخيوط

السيتوبلازمية المارة بالصفائح الغربالية بطبقة رقيقة من مادة الكالوس callose ، وهى مادة كربوايدراتية تعطى جلوكوز عند تحللها ، وتأخذ اللون الأزرق عند معاملتها بأزرق الأنيلين. يزداد ترسيب الكالوس حول الخيوط السيتوبلازمية فى الخريف أو عقب حدوث جروح ، وقد يؤدى ذلك إلى تغطية الصفائح الغربالية وإنسداد ثقوبها وإختفاء الخيوط السيتوبلازمية وفقدان الوحدة لوظيفتها (شكل 19/5). عند نشاط نسيج اللحاء ثانية فى الربيع تذوب عادة أجزاء من مادة الكالوس فتنفتح الثقوب وتتكون الخيوط السيتوبلازمية من جديد. عند موت الوحدة الغربالية يختفى الكالوس وتبقى الثقوب معراة.

فى أثناء تكوين خلايا الأنابيب الغربالية تتكون بداخلها مادة بروتينية يختلف نوعها باختلاف النبات ، كما يحدث تجمع لهذه المادة البروتينية ليتكون منها الأجسام البروتينية اللزجة ، وهى ذات أشكال عديدة تختلف باختلاف النبات فهى خيطية فى القرع أو أنبوبية فى الدخان أو بلورية فى فول الصويا ، وعند تمام تكوين هذه الأجسام داخل الخلايا فإنه يحدث بعد ذلك مباشرة سلسلة من التغيرات وهى إختفاء النواة وتحلل الغشاء البلازمى الفجوى ، وبذلك يزداد تميؤ سيتوبلازم الخلية نتيجة لاختلاط مكونات الفجوة العصارية بالسيتوبلازم وتغير شكل الشبكة الإندوبلازمية ، ثم يلى ذلك تجزىء الأجسام البروتينية إلى أجزاء صغيرة ، تتحرك وتتوزع فى سيتوبلازم الخلية ، أما عن وظيفة هذه الأجسام البروتينية أو نواتجها بعد التجزئة فإنه من الثابت أنه عند إختلاط الضغط المائى داخل خلايا الأنابيب الغربالية فإن هذه الأجسام البروتينية أو نواتجها تصل إلى ثقوب الصفيحة الغربالية وبذلك تمنع الانسياب السريع للمواد الغذائية المجهزة فى الأوراق ، لأنه إذا لم يحدث ذلك فإن المواد الغذائية المجهزة ستصل إلى الجذر بسرعة كبيرة دون أن يستفيد منها باقى أجزاء النبات وبذلك يعانى النبات من نقص الغذاء العضوى. كما أن هذه الأجسام أو نواتجها تشترك مع الكالوس فى سد ثقوب الصفائح الغربالية فى الشتاء.




**(شكل 19/5) : تكوين الانابيب الغربالية والخلايا المرافقة**

أ- د) خطوات تكوين وحدة أنبوبة غربالية وخليتين مرافقتين

هـ - ز) تكوين الكالوس

obeikandl.com

**2 - الخلايا الغربالية**

الخلايا الغربالية sieve cells هى خلايا أسطوانية طولية ذات جدر طرفية مائلة بشدة ومتراكبة مع جدر خلايا غربالية أخرى. لا توجد صفائح غربالية ، بل توجد مساحات غربالية غير متخصصة ، ثقوبها ضيقة ومتماثلة على أجزاء الخلية ، كما لا يوجد مع الخلايا الغربالية خلايا مرافقة ، ولكن يوجد معها فى النباتات المخروطية خلايا زلالية تشبه الخلايا المرافقة.

**3- الخلايا المرافقة**

الخلايا المرافقة companion cells هى خلايا برنشيمية متخصصة توجد ملاصقة للأنابيب الغربالية ، تحتوى الخلية المرافقة على سيتوبلازم كثيف ونواة. تقابل المساحات الغربالية فى الجدر الجانبية لوحدات الأنابيب الغربالية حقول نقر إبتدائية فى جدر الخلايا المرافقة. توجد علاقة وثيقة بين وحدة أنبوبة غربالية خالية من النواة وبين خلية مرافقة أو أكثر تحتوى كل منها على نواة ، فتتوقف الأنبوبة الغربالية عن أداء وظيفتها إذا ماتت الخلايا المرافقة المتصلة بها.

تنشأ الخلايا المرافقة من نفس الخلايا المرستيمية التى تنشأ منها الأنابيب الغربالية . تنقسم الخلية المرستيمية الأمية طولياً إلى خليتين غير متساويتين ، الكبيرة منها تكون وحدة أنبوبة غربالية والصغرى تكون خلية مرافقة ، وفى حالة وجود أكثر من خلية مرافقة لكل وحدة أنبوبة غربالية فإن الخلية الصغيرة تنقسم عرضياً لتعطى خليتين مرافقتين للخلية الكبيرة ، وهكذا (شكل 19/5 أ- د).

**4 - ألياف اللحاء**

يحتوى اللحاء الابتدائى والثانوى على ألياف قد تكون مقسمة أو غير مقسمة ميتة أو حية ، توجد فى مجاميع وقد توجد فى صفوف تتبادل مع صفوف الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة. كما قد يحتوى اللحاء على خلايا إسكليريدية توجد مع

الألياف أو توجد منفردة وتظهر عادة فى اللحاء المسن نتيجة للتلجنن الشديد للخلايا البرنشيمية.

5 - برنشيمة اللحاء

هى خلايا برنشيمية تميل للإستطالة ، وقد تكون ملجننة وقد تكون مقسمة بجدر عرضية إلى غرف قد تحتوى كل غرفة منها على بلورة ، كما يحدث فى برنشيمة الخشب ، وقد تحتوى برنشيمة اللحاء على مواد مخزنة أخرى.

## الخلايا والأنسجة الناقلة

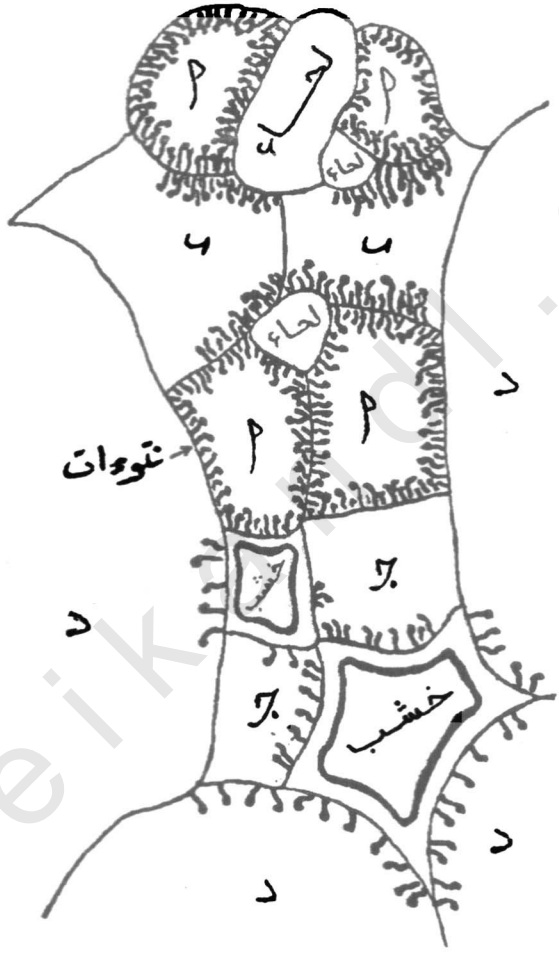
تتميز الخلايا الناقلة transfer cells بأن جدرها الخلوية يخرج منها نتوءات كثيرة تمتد إلى داخل الخلية. ويحيط بهذه النتوءات الغشاء البلازمى (شكل 20/5). نتيجة لذلك تزيد نسبة المساحة الداخلية للخلية إلى حجمها ، حيث نجد أن مساحة الجدار الداخلى والغشاء البلازمى تكون أكبر فى هذه الخلايا عنه فى حالة خلايا أخرى لها نفس الحجم وليس بها هذه النتوءات ، لذلك فإن هذه الخلايا ذات كفاءة عالية فى إمتصاص وإفراز العناصر والمواد العضوية نتيجة لكبر السطح بالنسبة للحجم وقد أمكن إثبات ذلك باستخدام العناصر المشعة.

تتميز هذه الخلايا بغزارة سيتوبلازمها وكثافة شيكتها الإندوبلازمية وبوجود عدد كبير من الميتوكوندريات ذات الرشراشات الكثيرة وخاصة بجانب هذه النتوءات.

تقسم هذه الخلايا على أساس كيفية توزيع النتوءات داخل الخلية إلى خلايا غير قطبية non-polar حيث توجد النتوءات موزعة بانتظام على محيط السطح الداخلى للخلية كله ، وخلايا قطبية polar حيث توجد النتوءات هى جهة واحدة أو جهتين من الخلية أو أكثر ، أى تكون غير موزعة بانتظام ومركزة فى مناطق دون أخرى. توجد هذه النتوءات فى أنواع كثيرة من الخلايا فهى توجد فى الخلايا البرنشيمية

والكلورنشيمية وبرنشيمية اللحاء وبرنشيمية الخشب والبشرة والبريسيكل والخلايا الغدية.

توجد الخلايا الناقلة ، عادة ، فى العروق الصغيرة للأوراق وملاصقة لأنسجتها الوعائية وحيث يكون تبادل العناصر والمركبات العضوية بين النسيج




**(شكل 20/5) : الخلايا الناقلة**

**قطاع عرضى فى جزء من عرق ورقة صغير يبين أنواع الخلايا الناقلة المختلفة (أ ، ب ، جـ ، د)**

obeikandl.com

الوسطى للورقة والعروق على أشده ، وهذه الخلايا هى المسئولة عن سرعة إنجاز عملية التبادل لكبر سطوحها الداخلية ، ويوجد من هذه الخلايا أربعة أنواع (شكل 20/5) هى أ (A) ، ب (B) ، جـ (C) ، د (D)٠

**النوع أ** : خلايا غير قطبية ملاصقة للأنابيب الغربالية وتتميز بغزارة سيتوبلازمها (تعتبر خلايا مرافقة متحورة)٠

**النوع ب** : خلايا قطبية تكون ملاصقة للأنابيب الغربالية أو الخلايا المرافقة أو خلايا النوع أ ، وسيتوبلازمها أقل كثافة من النوع السابق ، توجد النتوءات فى الجزء من الخلية الملاصق للأنابيب الغربالية أو الخلايا المرافقة أو خلايا النوع أ ، ولا توجد النتوءات فى الأجزاء المقابلة للمسافات البينية أو الأنواع الأخرى من الخلايا (تعتبر برنشيمية لحاء متحورة)٠

**النوع جـ** : خلاياه قطبية تكون ملاصقة للأوعية الخشبية والقصيبات ، توجد النتوءات فى الجزء من الخلية الملاصق للأوعية الخشبية والقصيبات فقط ، كثافة سيتوبلازمها أقل من النوع السابق وعدد النتوءات أقل من الأنواع السابقة (تعتبر خلية برنشيمية خشب متحورة)٠

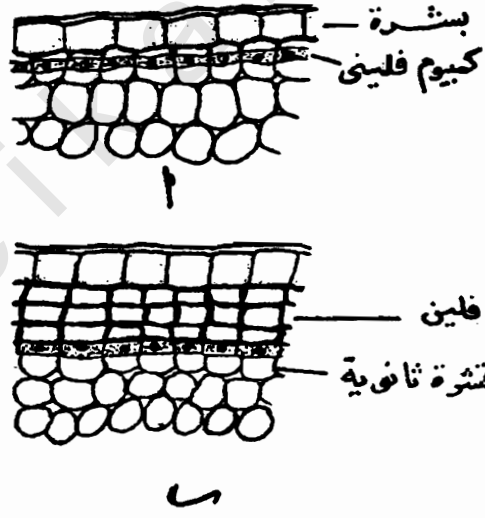
**النوع د** : تكون خلاياه قطبية ملاصقة لغلاف حزمة الورقة ، توجد النتوءات فى الجزء من الخلايا المقابل لأقرب أوعية خشبية أو قصيبات ، وعدد النتوءات قليل٠ السيتوبلازم عادى الكثافة ومماثل للخلايا العادية الأخرى (تعتبر خلية غلاف حزمة متحورة)٠

النوع أ ، ب هى أكثر الأنواع شيوعاً فى عروق الأوراق٠

## نسيج البريديرم

نسيج البريديرم periderm نسيج وقائى ، ثانوى المنشأ ، يحل محل بشرة السيقان والجذور المستمرة فى النمو فى السمك ، كذلك يتكون البريديرم فى مواضع إنفصال وتساقط الأعضاء النباتية كالأوراق وأسفل الجروح ، فيحمى الأنسجة الداخلية من فقد الماء بالبخر ومن الميكروبات ، كما يتكون حول الإصابات المرضية فى كثير من النباتات المقاومة للمرض فيحد من انتشار الكائنات الممرضة فى الأنسجة السليمة.

ينشأ البريديرم من الكامبيوم الفلينى phellogen ، وهو نسيج مرستيمى ثانوى يتكون من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة . وينشأ الكامبيوم الفلينى عن تحول خلايا البشرة أو بعض خلايا القشرة أو البريسيكل أو اللحاء إلى خلايا مرستيمية تحتوى على فجوات عصارية كبيرة. تنقسم خلية الكامبيوم الفلينى إلى خليتين ، الخارجية تستكمل نضجها متحولة إلى خلية فلينية ، وتبقى الداخلية مرستيمية ، وهذه

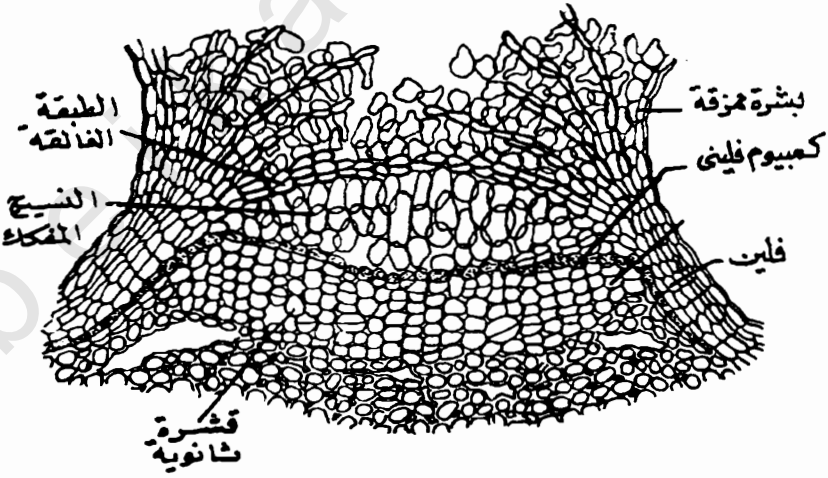



(شكل 21/5) : تكوين نسيج البريديرم

بدورها تنقسم إلى خليتين ، الداخلية تستكمل نضجها متحولة إلى خلية برنشيمية والخارجية تبقى مرستيمية ، وهكذا يتكرر الانقسام وتكون النتيجة النهائية تكوين نسيج الفلين phellem خارجياً وتكوين نسيج القشرة الثانوية phelloderm داخلياً. وعادة يكون معدل تكوين الفلين أعلى من معدل تكوين القشرة الثانوية ، يشمل نسيج البريديرم كل من الفلين والكامبيوم الفلينى والقشرة الثانوية (شكل 21/5).

باستمرار نمو السيقان والجذور فى السمك يتمزق البريديرم الذى تكون أولاً ، ويحل محله بريديرم آخر ينشأ من أنسجة أعمق من الأنسجة التى نشأ منها الكامبيوم الفلينى السابق ، وهكذا.

تظهر خلايا الفلين فى القطاع العرضى بشكل مستطيلات متراصة فى صفوف ، خالية من المسافات البينية ، خلايا الفلين تموت عند نضجها نتيجة لتغليظها بمادة السيوبرين الدهنية الغير منفذة للماء. جدر الخلايا خالية من النقر وفراغ الخلية مملوء بالهواء ، وقد يحتوى على بلورات أو مواد تأنينية.




(شكل 22/5) : عديسة نبات الزان

تعمل طبقة الفلين على حماية أنسجة النبات الداخلية ، كما تعمل على تقليل أو منع فقد الماء من أنسجة النبات الداخلية ، كذلك تعمل كعازل حرارى يقلل من تأثير التغييرات الحرارية الخارجية على الأنسجة الداخلية ، ويستعمل الفلين تجارياً كسدادات للقوارير ويؤخذ من نبات البلوط الفلينى.

ونظراً لأن الفلين لا ينفذ الغازات بسهولة مما ينتج عنه صعوبة تنفس أنسجة النبات الداخلية فإن الكامبيوم الفلينى لا تنتج عنه دائماً خلايا فلين للخارج بل فى بعض المناطق ، يعطى تحت الثغور عادة بدلاً من الفلين نسيج مفكك مكون من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر تفصل بينها مسافات بينية ، وتعرف هذه المناطق بالعديسات lenticels ولهذا تعتبر العديسات نسيج للتهوية ولتبادل الغازات (شكل 22/5).

والعديسات من المكونات الطبيعية لنسيج البريديرم فى الجذور والسيقان ، وتختلف العديسات فى الحجم فقد تكون ميكروسكوبية وقد ترى بسهولة بالعين المجردة وعادة تبرز للخارج.

ويتصل الكامبيوم الفلينى للعديسة بالكامبيوم الفلينى للبريديرم ، ولكنه يلتوى عادة للداخل عند العديسات فيظهر أكثر عمقاً. ينتج الكامبيوم الفلينى فى منطقة العديسة خلايا برنشيمية للخارج وللداخل ، ويعرف النسيج الخارجى بالنسيج المفكك losse tissue ، والنسيج الداخلى بالقشرة الثانوية. فى بعض النباتات مثل الزان *Fagus* نجد أن النسيج المفكك لا يتكون باستمرار ، بل يعطى الكامبيوم الفلينى ، وخاصة تحت الظروف الجوية الشديدة البرودة ، طبقة أو طبقات فلينية لتعزل الأنسجة الداخلية عن الجو الخارجى ، تعرف بالطبقة الغالقة closing layer. وعند تحسن ظروف البيئة يكون الكامبيوم الفلينى نسيجاً مفككاً ثانية يضغط على الطبقة الغالقة فيمزقها ، وقد تتكرر هذه العملية فيظهر بالنسيج المفكك عدة طبقات غالقة تفصل بينها خلايا مفككة.

# الأنسجة الإفرازية

الأنسجة الإفرازية secretory tissues هى أنسجة تقوم بافراز أو إخراج مواد خاصة. ويقصد بالإفرازات secretions ، بوجه عام ، مجموع المركبات التى ينتجها السيتوبلازم أثناء عمليات التحول الغذائى. وقد تستخدم تلك الإفرازات استخدامات خاصة تكون ذات فائدة للنبات وتدخل فى دورات التحول الغذائى للنبات مثل الإنزيمات أو تؤثر على نمو النبات مثل الهرمونات ، أو تكون غير ذات فائدة للنبات مثل اللبن النباتى. ويميز البعض بين الإفراز والإخراج. فالإفراز هو إنتاج مركبات مفيدة للنبات فى حين أن الإخراج excretion هو إنتاج مركبات غير مفيدة للنبات.

يجب التفرقة بين الخلية الإفرازية غير الغدية والخلية الإفرازية الغدية gland cell. ففى الحالة الأولى نجد أن الخلية تفرز أفرازاً يتجمع داخل الخلية ولا يكون للخلية وسيلة لإخراجه خارجها كما فى حالة القنوات اللبنية فى كثير من النباتات مثل الفيكس ريليجيوزا *Ficus religiosa* (شكل 24/5 أ). أما فى الحالة الثانية فنجد أن الخلية لها القدرة على أفراز ما بداخلها خارج الخلية ، ويحدث ذلك بطريقتين ، ففى الطريقة الأولى تتحلل الخلايا ويتبقى الإفراز فى مكان تحلل الخلايا وتعتبر هذه طريقة سلبية حيث أن الخلية الغدية ليس لها تركيب معين للإفراز وتسمى هذه الطريقة من الإفراز holocrine وذلك كما فى الفجوات الإفرازية الانقراضية فى ثمار الموالح. فى الطريقة الثانية وهى طريقة إيجابية للإفراز وتسمى merocrine حيث أن الخلية الغدية لا تتحلل ، وقد يحدث الإفراز مباشرة عن طريق إختراق الغشاء البلازمى الخارجى وعادة يكون الإفراز ماءاً مذاب به أملاح كما فى الغدد المائية ، وتسمى هذه الطريقة من الإفراز eccrine ، أو قد يكون الإفراز نتيجة لتكون حويصلات فى داخل الخلية من أجسام جولجى عادة والتى تتحرك إلى حافة الخلية وتفرز محتوياتها خارج الخلية كما فى الفجوات الإفرازية الانفصالية فى أوراق الصنوبر وفى خلايا قلنسوة الجذر وتسمى هذه الطريقة من الإفراز granulocrine.

وعموماً يمكن تقسيم الأنسجة الإفرازية إلى تركيبات إفرازية خارجية وأخرى داخلية :

## التراكيب الإفرازية الخارجية

تتكون التراكيب الإفرازية الخارجية external secertory structures من بعض خلايا بشرة النبات أو زوائد بشرة النبات ، وقد تشمل معها بعض الطبقات أسفل البشرة. بعض خلايا تلك التركيبات أو جميعها ذات قدرة على إفراز مركبات خاصة إلى سطح النبات مثل الرحيق. بعض النباتات الملحية قد تفرز أملاح. والنباتات آكلة الحشرات تفرز رحيق ومواد لزجة وأنزيمات هاضمة.

ومن أنواع التراكيب الإفرازية ما يأتى :

**1 - الشعور الغدية Glandular hairs** : هى شعور وحيدة الخلية كما فى الحريق أو عديدة الخلايا كما فى اللافندر. ففى الشعور اللاذعة لنبات الحريق *Urtica urens* ، تكون الخلية المفرزة قارورية الشكل منتفخة القاعدة ، منغمسة جزئياً فى نتوء من البشرة عديد الخلايا ومسحوبة إلى أعلى بشكل أنبوبة تستدق قرب الطرف ثم تنتهى بإنتفاخ كروى يدخل فى تركيبه السيلكا. فإذا لامست الشعرة جلد إنسان أو حيوان تنكسر القمة الكروية تاركة النهاية المدببة التى تسبب جرح فى الجلد. وبالضغط على الجزء القاعدى المنتفخ يندفع الإفراز السام المحتوى على مركب الهستامين إلى الجرح مسبباً الإحساس بالألم (شكل 23/5 أ).

بعض الشعور الغدية تتجمع إفرازاتها الغدية تحت طبقة الأدمة ، وبزيادة كمية الإفرازات تتمدد الأدمة وتتمزق ثم يتحرر الإفراز وذلك كما فى أوراق نبات اللافندر *Lavandula vera* (شكل 23/5 ب).

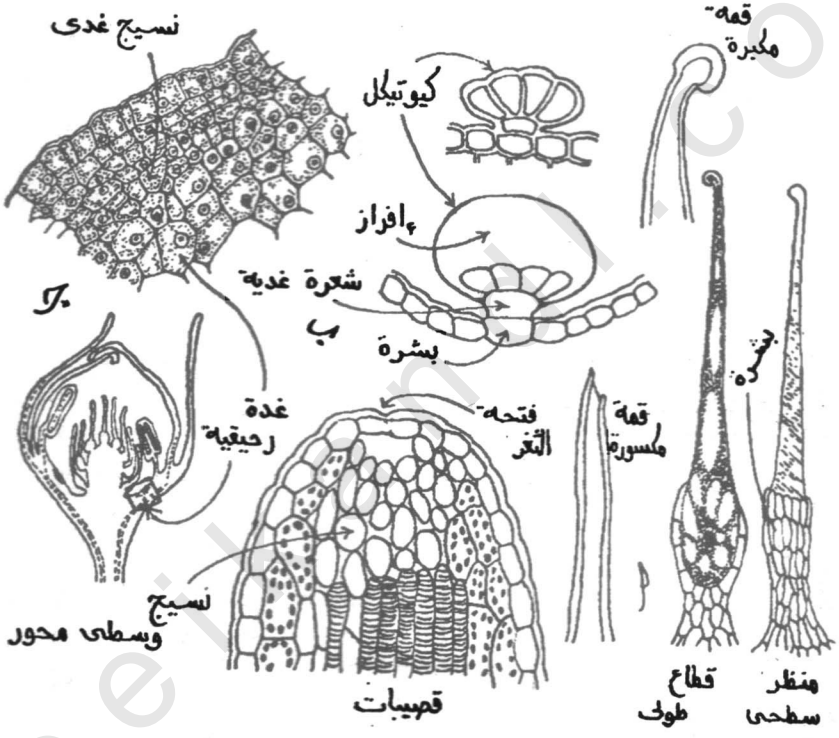
ومن الزوائد الغدية ما يتكون على أوراق النباتات آكلة الحشرات كما فى أوراق نبات ورد الشمس *Drosera*. وتفرز غدد هذه النباتات بجانب المواد اللزجة أنزيمات هاضمة لجسم الحشرة المقتنصة (شكل 14/8 أ).

2 - **الغدد الرحيقية** Nectaries : وهى غدد سطحية تتكون عادة من خلايا بشرة متحورة ، وقد تشمل عدة طبقات من الخلايا أسفل البشرة. وقد توجد الغدد الرحيقية فى الأزهار وتسمى غدد رحيقية زهرية ، وهى توجد فى أجزاء مختلفة من الزهرة منها التخت والسبلات والبتلات (شكل 23/5 جـ) ، أو توجد فى أجزاء النبات مثل السيقان والأوراق والأذينات ، وتسمى غدد رحيقية غير زهرية. تفرز الغدد الرحيقية الرحيق nectar وهو محلول سكرى أغلب سكرياته هى السكروز والجلوكوز والفركتوز. وتوجد علاقة هامة بين نسبة اللحاء والخشب فى الأنسجة الوعائية التى تمد الغدد الرحيقية وكمية السكر بالرحيق. فإذا كان نسيج اللحاء هو السائد فإن الرحيق يحتوى على معدلات مرتفعة من السكر تصل إلى 50% ، وإذا كان الخشب هو السائد قلت نسبة السكر كثيراً. وكلما كانت خلايا الغدد أكثر تشكيلاً وتمييزاً عن الخلايا العادية كلما كان إفرازها أكثر اختلافاً فى تركيبه عن عصارة اللحاء.

تختلف طريقة إفراز الرحيق من خلايا الغدد الرحيقية باختلاف التركيب الدقيق للغدة وباختلاف النباتات . تزداد كميات الشبكة الاندوبلازمية وأعداد جهاز جولجى والحويصلات فى بعض الغدد الرحيقية كما تحتوى تجاويفها على مواد مفرزة. تنتقل الحويصلات الناتجة من هذه الأجزاء بما تحتويه من إفرازات إلى محيط الخلية حيث تصب محتوياتها خارج الخلية وتتجمع الإفرازات خارج الغدد ، وهذا النوع من الإفراز هو granulocrine ، وقد أمكن إثبات هذه الحالة وجميع خطواتها باستعمال العناصر المشعة فى الغدد الرحيقية الموجودة على مبيض نبات الصبار *Aloe*. وفى بعض الغدد الرحيقية يكون العكس صحيح حيث لا تزداد كمية أجسام جولجى أو الحويصلات قبل أو أثناء الإفراز كما فى الغدد الرحيقية لنورة نبات بنت القنصل *Euphorbia pulcherrina*.

يخرج الرحيق إلى سطح النبات فى وجود الأدمة الغير منفذة بأن تكون الأدمة ضعيفة التكوين أو مثقوبة أو تنفجر وتتمزق بزيادة الإفراز.

3 - **الثغور المائية Hydathodes** : هى نوع خاص من الأنسجة الإفرازية مختصة بالإدماع guttation ، توجد عادة فى حواف الأوراق. يفرز الماء من تلك الثغور المفتوحة دائماً ، يحدث ذلك عند حدوث إمتصاص سريع للماء ونشاهد قطرات ماء الإدماع عند إرتفاع رطوبة الجو ، ويوجد نوعان من الثغور المائية. تحتوى الثغور المائية فى النوع الأول على نسيج يدفع الماء إلى الخارج ، وتعرف




**(شكل 23/5) : تراكيب إفرازية خارجية**

أ ) شعرة غدية لنبات الحريق ، والقمة مكبرة
ب) شعرة غدية لنبات اللافندر قبل وبعد الأفراز
ج) زهرة الفراولة مبيناً الغدد الرحيقية وتركيبها
د) ثغر مائى

obeikandl.com

الثغور فى هذه الحالة بالغدد المائية water glands. وفى النوع الثانى تكون الثغور المائية مجرد فتحات يخرج منها الماء نتيدة لدفعه بالضغط الجذرى الذى يدفع الماء فى أنسجة الخشب حتى يصل إلى نهايتها فى الورقة. ثم يتخلل الماء المسافات البينية للنسيج الوسطى المحور epithem ، المكون من خلايا برنشيمية صغيرة لا تحتوى على الكلوروفيل عادة والذى يفصل ما بين نهاية الخشب وفتحة الثغر المائى ، فنيدفع الماء بعد ذلك للخارج خلال فتحة الثغر المائى (شكل 23/5 د). وتوجد الثغور المائية فى أوراق الفراولة والطماطم والقمح وأبو خنجر وغيرها.

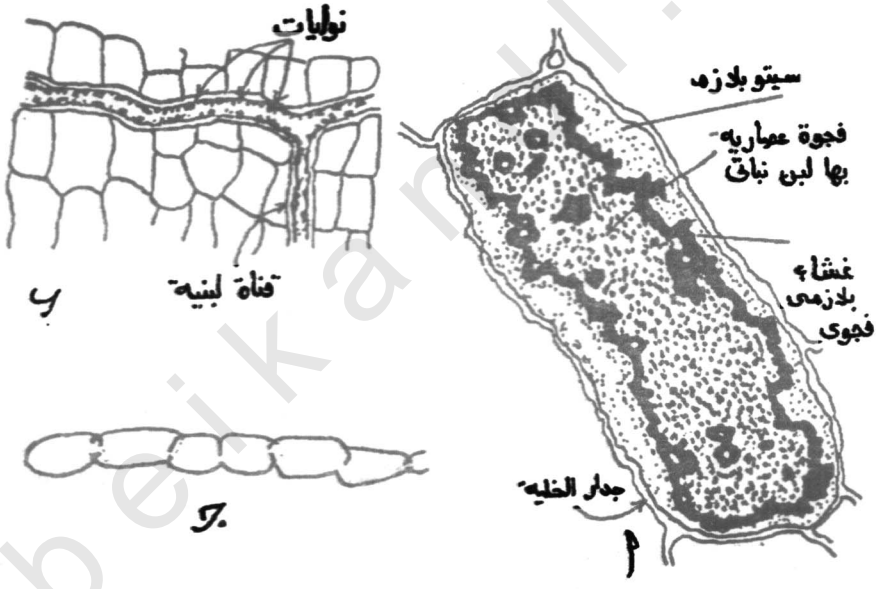
## التراكيب الإفرازية الداخلية

تتكون التراكيب الإفرازية الداخلية internal secretory structures من خلايا متخصصة لإفراز مواد معينة وهذه تحفظ المواد المفرزة فى داخلها كما فى القنوات اللبنية أو فى تجاويف خارجها كما فى الفجوات الإفرازية ، وعموماً يمكن تقسيم التراكيب الإفرازية الداخلية إلى ما يأتى :

1 - القنوات اللبنية Laticiferous ducts : وهى عبارة عن خلايا حية أسطوانية وقد تكون متفرعة تخصصت فى إفراز اللبن النباتى latex الذى يتجمع بداخل الفجوة العصارية ويوجد بتركيز كبير على حواف الفجوة ملاصقاً للغشاء البلازمى الفجوى (شكل 24/5 أ). اللبن النباتى مادة سائلة لزجة ذات لون أبيض أو أصفر أو برتقالى ، وقد تكون عديمة اللون ، تتكون من مواد مختلفة منها سكريات أو أملاح أو أحماض أو أشباه قلويات أو أحماض عضوية أو تانينات فى حالة ذائبة ، وبروتينات ودهون فى حالة معلقات ومستحلبات ، وقد تحتوى على مواد أخرى مثل المطاط أو الشموع. ويعتقد البعض أن اللبن النباتى هو ناتج ثانوى لعمليات التحول الغذائى ، لا يستفيد منه النبات. وتكون القنوات اللبنية نسيجاً ينتشر فى أجزاء النبات. ويوجد نوعان من القنوات اللبنية.

(أ) قنوات وحيدة الخلية non-articulated ducts : وتنشأ القناة الواحدة من خلية واحدة لها أصل فى الجنين تستطيل لدرجة كبيرة وتنمو بين خلايا النبات وتحتوى على عديد من النوايات ، وقد تتفرع بكثرة كما فى نبات أم اللبن *Euphorbia* (شكل 24/5 ب) وقد تكون غير متفرعة كما فى نبات الونكا *Vinca* والحريق.

(ب) قنوات عديدة الخلايا articulated ducts : وتنشأ القناة الواحدة من خلايا عديدة ملتصقة ، والجدر الفاصلة تزول أو تتثقب أو تبقى كما هى. القنوات المتكونة قد تكون متفرعة كما فى نبات الشيكوريا والمطاط ، وقد تكون غير متفرعة كما فى نبات الموز (شكل 24/5 جـ).



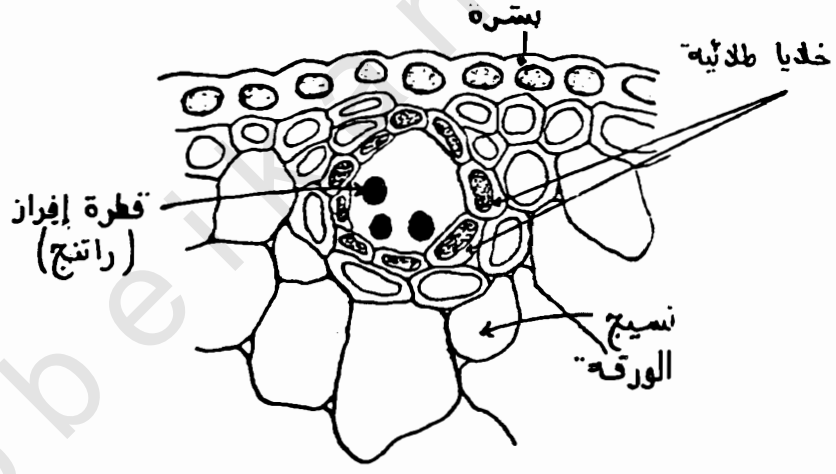

(شكل 24/5) : القنوات اللبنية
أ) قطاع طولى فى خلية لبن نباتى فى الفيكس ريليجيوزا
ب) قناة لبنية وحيدة الخلية متفرعة فى أم اللبن
جـ) قناة لبنية عديدة الخلايا فى الموز

obeikandl.com

لبعض أنواع اللبن النباتى أهمية اقتصادية كبيرة كما فى نبات المطاط *Hevea brasiliensis* ، حيث يحتوى لبنه النباتى على 30% مطاط ، واللبن النباتى لنبات بلاكوينم *Palaquinum* يستخرج منه الصمغ الهندى وهى مادة عديمة التوصيل الكهربائى ولذلك تستخدم فى صناعة الكابلات.

**2 - الفجوات الإفرازية Secretory cavities :** الفجوات الإفرازية عبارة عن فجوات بين الخلايا قد تكون كروية أو مستطيلة تمتد فى صورة قنوات تتجمع فيها إفرازات ناتجة من خلايا غدية محيطة بها. وتتكون الفجوات الإفرازية بطريقتين.

تعرف الطريقة الأولى بالطريقة الانفصالية schizogenous. تنفصل بعض الخلايا عن بعضها بذوبان الصفائح الوسطى ، التى تلصق الخلايا المتجاورة ببعضها ، وإتساع المسافات البينية بين الخلايا المنفصلة. تنقسم الخلايا المحيطة

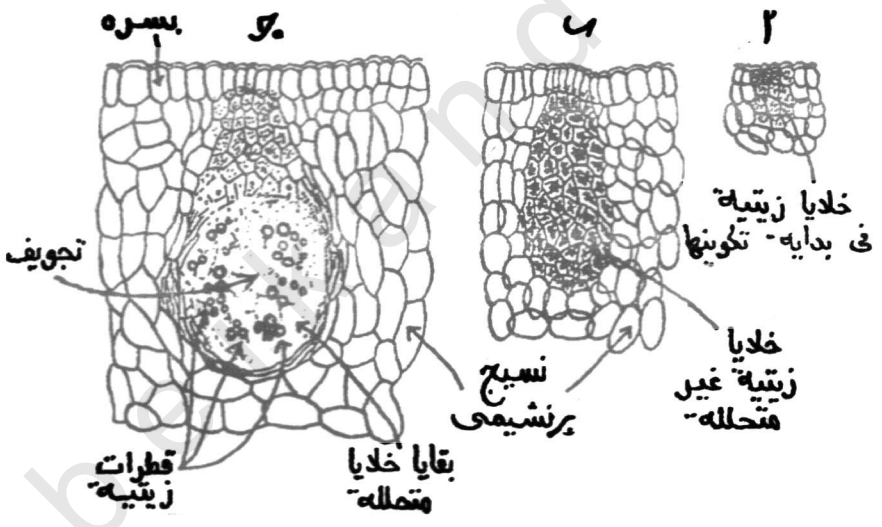



**(شكل 25/5) : فجوة إفرازية انفصالية**
**قطاع عرضى فى تجويف غدى انفصالى فى ورقة الصنوبر**

بالمسافات البينية الناتجة مكونة خلايا إفرازية رقيقة الجدر ذات بروتوبلازم كثيف تبطن التجويف ، تعرف بالخلايا الطلائية epithelium. كما فى أوراق الصنوبر حيث تتكون قنوات تحتوى على زيت التربنتين (الراتنج) (شكل 25/5).

تعرف الطريقة الثانية بالطريقة الإنقراضية (التحللية) lysigenous ، حيث تتكون الفجوة الإفرازية بتحلل بعض الخلايا الداخلية فيتكون تجويف تتجمع فيه المواد المفرزة والناتجة من الخلايا المتحللة ، وتبطن الفجوات عادة ببقايا الخلايا المتحللة ، وذلك كما فى أوراق وقشرة ثمار الموالح (شكل 26/5).

وقد تتكون الفجوة الإفرازية بالطريقتين معاً فتعرف الفجوة بأنها إنفصالية إنقراضية schizolysigenous ، فيتكون التجويف بطريقة الإنفصال ثم بتحلل بعض الخلايا كما فى أزهار قرنفل الزيت.




(شكل 26/5) : فجوة إفرازية انقراضية
خطوات تكوين فجوة افرازية انقراضية فى الموالح

# أنواع الحزم الوعائية

تعرف ثلاثة أنواع رئيسية من الحزم الوعائية vascular bundles ، وتختلف فى موضع كل من الخشب واللحـاء بالنسبة لبعضهما (شكل 27/5) وهذه الأنواع هى :

1 - **الحزمـة القطريـة Radial bundle** : وفيهـا يتبـادل الخـشب واللحـاء فيكون كل منهما على نصف قطر مختلف عن الآخر ومثال ذلك حزم الجذور.

2 - **الحزمـة الجانبيـة Collateral bundle** : فيها يوجد كل من الخشب واللحاء على نصف قطر واحد. ومثال ذلك حزم السيقان.

وفى حالة السيقان ذات الفلقتين يفصل الخشب واللحاء نسيج الكمبيوم الوعائى وتسمى حزمة جانبية مفتوحة open ، أما فى حالة السيقان ذوات الفلقة فلا يوجد نسيج كمبيوم فاصل بين الخشب واللحاء وتسمى حزمة جانبية مغلقة (مقفولة) closed.

**(شكل 27/5)** : أنواع الحزم الوعائية

| | |
|---|---|
| ا ) حزمة قطرية | ب) حزمة مركزية اللحاء |
| جـ) حزمة مركزية الخشب | د ) حزمة ذات جانبين |
| هـ) حزمة جانبية | |

obeikandl.com

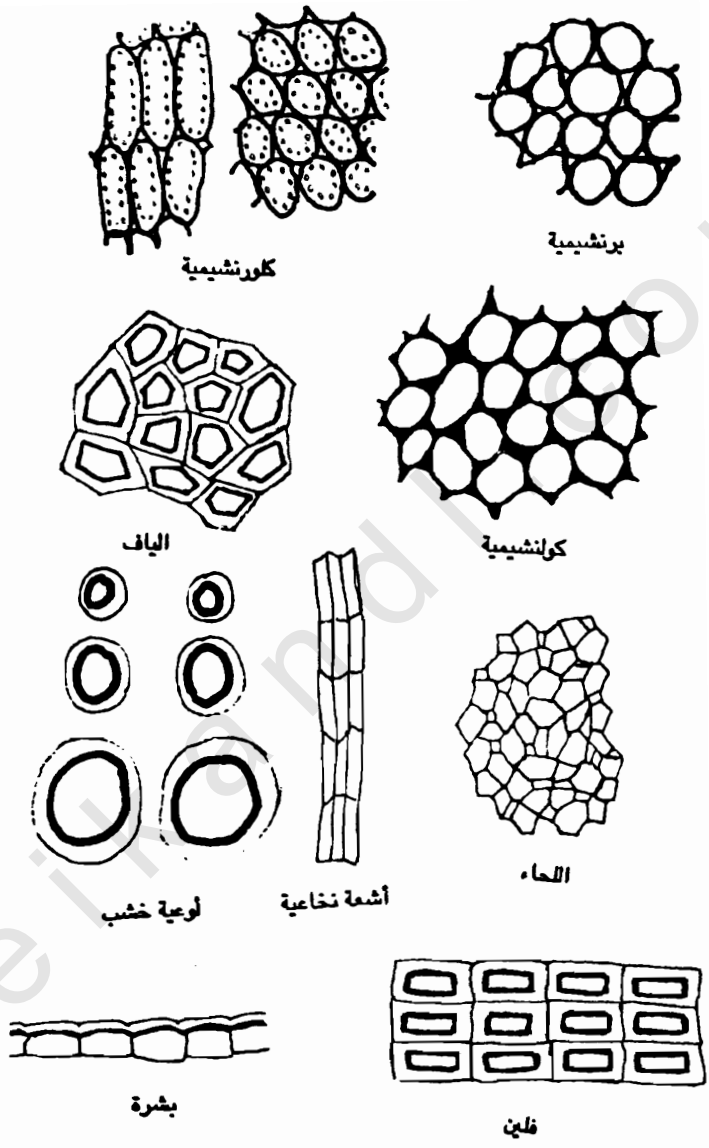
يوجد الخشب أحياناً بين لحاءين أحدهما خارجى ويفصله عن الخشب كمبيوم وعائى والآخر داخلى ولا يفصله عن الخشب كمبيوم ، وتسمى الحزمة فى هذه الحالة بأنها حزمة مفتوحة ذات جانبين open bicollateral ، وتشاهد هذه الحزم فى سوق القرع وبعض نباتات العائلية القرعية والباذنجانية.

**3 - الحزمة المركزية Concentric bundle : فيها نجد أن الخشب أو اللحاء فى مركز الحزمة بينما يكون النسيج الآخر محيط به تماماً ، ويوجد نوعان من هذه الحزم الوعائية :**

**أ ) حزمة مركزية اللحاء Amphivasal : فيها يكون اللحاء مركزياً ويحيط به الخشب كما فى ساق الدراسينا.**

**ب) حزمة مركزية الخشب Amphicribral : فيها يكون الخشب مركزياً ويحيط به اللحاء كما فى ورقة الفوجير *Nephrolepis*.**

obeikandl.com




(شكل 28/5) : كيفية رسم الخلايا المختلفة فى القطاعات العرضية

# الباب السابع

## الســـاق

يقصد بالساق محور النبات وفروعه التى تحمل الأوراق والبراعم والأزهار والثمار ، وتختلف السيقان كثيراً فى صفاتها المورفولوجية والتشريحية ولكنها تتفق جميعاً فى صفات معينة يمكن تلخيصها فى الآتى :

1- بحمل الساق الأوراق والبراعم والأزهار والثمار.

2- يتكون محور الساق من عقد وسلاميات.

3- قد توجد على الساق ندب ورقية أو ندب حراشيف برعمية.

4- الأفرع على الساق خارجية المنشأ.

5- السيقان ذات إنتحاء أرضى سالب ، عادة ، فتتجه فى نموها إلى أعلى.

6- لا تغلف القمة النامية للساق بقلنسوة.

7- الحزم الوعائية فى الساق ، عادة ، جانبية ، وقد تكون مركزية.

وللساق وظيفتان رئيسيتان ، الوظيفة الأولى هى حمل الوراق ووضعها فى الموضع الملائم لحدوث عمليتى التمثيل الضوئى والنتح ، وحمل الأزهار ووضعها فى المكان المناسب لحدوث عمليتى التلقيح والإخصاب ، الوظيفة الثانية للساق هى توصيل الغذاء غير المجهز من الجذور إلى الأوراق والبراعم والأزهار والثمار ، وكذلك توصيل الغذاء العضوى المجهز من الأوراق إلى مختلف أجزاء النبات. كذلك فإن السيقان الخضراء والتى تحتوى خلاياها على بلاستيدات خضراء يمكنها المساهمة فى القيام بعملية التمثيل الضوئى وتصنيع الغذاء العضوى.

# الفصل الأول
# مورفولجيا الساق

تنمو سيقان النباتات الزهرية ، عادة ، فوق سطح التربة ، ولكنها فى حالات أخرى تنمو تحت سطح التربة.

تتميز السيقان إلى عقد nodes وسلاميات internodes. العقد هى أماكن إتصال الأوراق بالساق ، والسلاميات هى المسافات بين العقد. تنمو فى آباط الأوراق براعم تعرف بالبراعم الإبطية axillary buds ، تمييزاً لها عن البراعم الطرفية terminal buds التى توجد فى نهايات الساق والأفرع والتى تعرف أيضاً بالقمم النامية. تنمو البراعم الإبطية والطرفية لتكون أفرعاً خضرية أو أفرعاً خضرية زهرية.

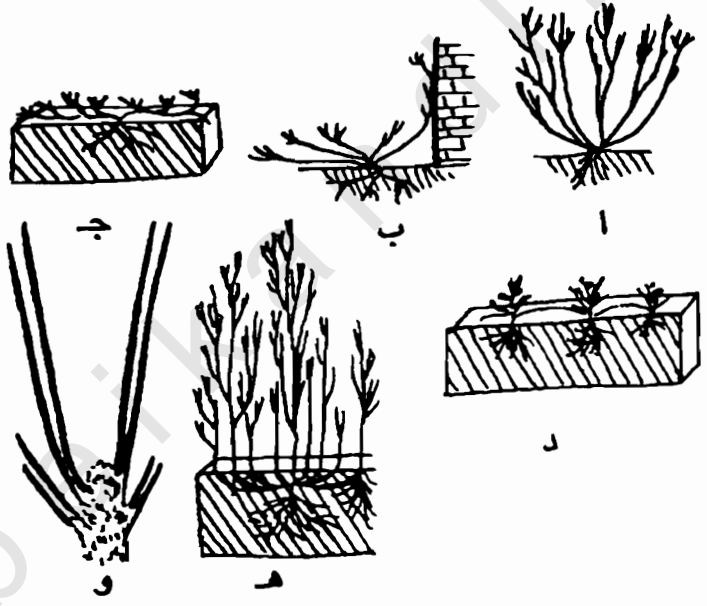
توجد على السيقان المتساقطة الأوراق ندب تبين مواضع سقوط الأوراق وتعرف بالندب الورقية leaf scars ، ويمكن تمييز النباتات المختلفة بشكل هذه الندب. وبالفحص الدقيق يشاهد بكل ندبة ورقية ندب دقيقة تمثل آثار الحزم الوعائية.

تنشأ الساق الابتدائية من تكشف ونمو المرستيم القمى للريشة ، ويحدث التفرع عادة فى النباتات الزهرية نتيجة لتكشف ونمو البراعم الإبطية. وقد يحدث التفريع نتيجة لانقسام المرستيم القمى إلى قسمين وينتج عن ذلك التفرع الثنائى الشعبة ، وهو نادر الحدوث فى النباتات الزهرية ويشاهد فى ساق نخيل الدوم *Hyphaene thebaica* ، وقد شاهد المؤلفان هذا التفريع فى بعض نباتات كتان الألياف.

## طبيعة نمو الساق

السيقان النموذجية للنباتات الزهرية هى سيقان هوائية قائمة erect ، وتنمو رأسياً إلى أعلى فى إتجاه الضوء وفى عكس إتجاه الجاذبية الأرضية ، كما فى كثير من الأشجار والشجيرات والأعشاب (شكل 1/7 أ)٠

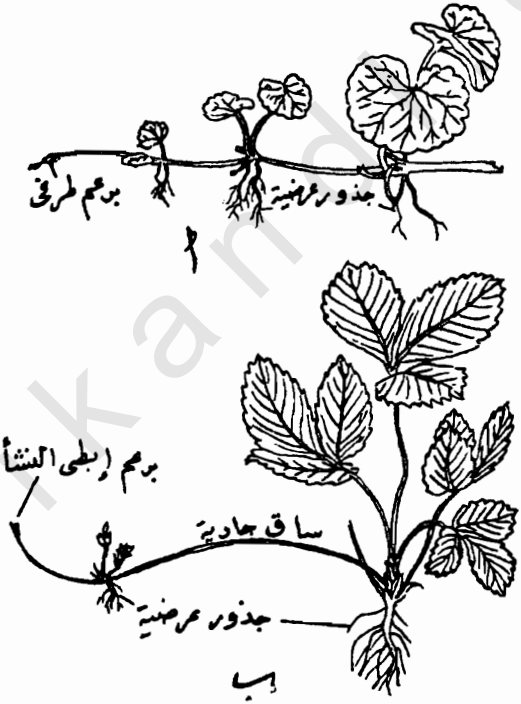
بعض السيقان قد تكون ضعيفة لا تستطيع النمو الرأسى ، فهى تنمو فى بدء حياتها رأسياً لمسافات قصيرة ثم تسقط على الأرض وتنمو أفقياً على سطح التربة ، وتسمى هذه السيقان بالسيقان الزاحفة prostrate stems (شكل 1/7 جـ) ، كما فى البطيخ والخيار والحى علم ، وبعض النباتات التى تنمو زاحفة ، تعطى سيقانها الأفقية جذوراً عرضية تنمو فى التربة ، وتعرف فى هذه الحالة بالسيقان الجارية




(شكل 1/7) : طبيعة النمو فى الساق

| | | |
|---|---|---|
| أ) ساق قائمة | ب) ساق متسلقة | جـ) ساق زاحفة |
| د) ساق جارية | هـ) ساق ريزومية | و ) ساق قزمية |

rummers (شكل 1/7 د)٠ وتعطى الساق الجارية ، عادة ، أفرعاً قصيرة ، قائمة قد تنتج من البراعم الإبطية ، وتوصف الساق الجارية فى هذه الحالة بأنها صادقة المحور monopodium ، وذلك كما فى نبات الليبيا *Lippia* ونبات حبل المساكين الأرضى (شكل 2/7 أ)٠ وقد يحدث أن البرعم الطرفى للساق الجارية ينمو إلى أعلى بعد فترة من النمو الأفقى مكوناً مجموعاً خضرياً ، ويتجدد النمو الأفقى بنشاط البراعم الأبطية ، وتوصف السيقان الجارية فى هذه الحالة بأنها كاذبة المحور sympodium كما فى الفراولة (شكل 2/7 ب)٠ وقد يحدث النمو الأفقى للسيقان تحت سطح التربة وتسمى السيقان فى هذه الحالة بالريزومات (شكل 1/7 هـ)٠




**(شكل 2/7)** : سيقان جارية

أ ) حبل المساكين الأرضى (صادقة المحور)  ب) الفراولة (كاذبة المحور)

بعض السيقان الهوائية لا تستطيع تلقائياً النمو رأسياً ، ولكنها تستطيع ذلك فى وجود دعامة تتسلق عليها ، وتسمى هذه السيقان بالسيقان المتسلقة climbing stems ، وذلك كما فى العنب والعليق (شكل 1/7 ب).

معظم السيقان تكون أفرعاً طويلة ، إلا أن بعض النباتات تكون أفرعاً قصيرة رفيعة ذات عقد متقاربة ، ولهذا فتسمى تلك الأفرع بالسيقان القزمية dwarf stems، وذلك كما فى نبات الصنوبر (شكل 1/7 و). والبعض الآخر يكون سيقاناً سميكة وقصيرة وتسمى سيقاناً قصيرة short stems وذلك كما فى الفجل والبنجر واللفت (شكل 3/6) ، أو تسمى سيقاناً قرصية كما فى البصل (شكل 6/7 ب).

## تقسيم النبات حسب الوظيفة

بعض السيقان تقوم بوظائف أخرى بجانب وظائفها الأصلية وهى حمل الأوراق والبراعم والأزهار والثمار ونقل الغذاء من الجذر إلى الأوراق وبالعكس. وتقسم السيقان حسب ما تقوم به من وظائف إلى ما يأتى :

### 1- سيقان تمثيلية

أوراق النبات هى الأعضاء الأساسية فى النبات التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى ، إلا أن معظم السيقان الهوائية تقوم أيضاً ، بنسبة بسيطة ، بعملية التمثيل الضوئى لاحتوائها على بلاستيدات خضراء. فى حالات خاصة نجد أن السيقان النباتية قد تحورت للقيام أساساً بعملية التمثيل الضوئى بدلاً من الأوراق ولذلك فهى تسمى سيقان تمثيلية photosynthetic stems ، ويحدث ذلك عادة فى كثير من النباتات الجفافية حيث تختزل الأوراق كثيراً وقد تتحور إلى حراشيف أو أشواك ، وتصبح السيقان منبسطة خضراء اللون تقوم أساساً بعملية التمثيل الضوئى للنبات. ويساعد هذا التحور على تقليل النتح لأن الثغور توجد فى السيقان بأعداد أقل بكثير من أعدادها فى الأوراق ، كما أن مساحة السطوح للسيقان أقل بكثير من مساحتها فى الأوراق.

السيقان التمثيلية والتى تسمى أيضاً بالسيقان المتورقة قد تكون محدودة النمو cladodes كما فى السفندر والاسبرجس ، وقد تكون غير محدودة النمو phylloclodes كما فى المهلنبيكيا والتين الشوكى.

فى نبات السفندر *Ruscus* يتكون ساق أصلى أسطوانى ينمو رأسياً ، وتوجد عليه أوراق حرشفية ، تخرج من آباطها سيقان منبسطة ورقية الشكل محدودة النمو، ويوجد بمنتصف السطح العلوى للساق الورقية أوراق حرشفية ، تخرج من آباطها زهرة أو أكثر (شكل 3/7 جـ).

وفى نبات المهلنبيكيا *Muehlenbeckia* تخرج من الساق الأصلية العادية ، من آباط أوراق حرشفية أفرع متورقة غير محدودة النمو ، شريطية خضراء اللون مقسمة إلى عقد وسلاميات واضحة ، وتحمل كل عقدة ورقة حرشفية قد يخرج من إبطها فرع متورق ، وهكذا (شكل 3/7 ب).

وفى نبات التين الشوكى *Opuntia* تكون الساق الأصلية وكذلك فروعها عصيرية خضراء اللون ، بيضاوية ذات سطحين منبسطين ، وتمثل العقد بوسائد مستديرة areoles تحمل الأوراق المحورة إلى أشواك أو المختزلة إلى أوراق خضرية دقيقة تبعاً لنوع النبات ، كما تحمل عدداً كبيراً من الأشواك الدقيقة ، ولا تعتبر هذه الأشواك الدقيقة أوراقاً (شكل 3/7 أ).

### 2- سيقان للحماية

تحدث فى بعض النبات تحورات بالسيقان للحماية protecting stems ضد عوامل البيئة الضارة ، فتتحور بعض السيقان إلى أشواك thorns تحمى النبات من الحيوانات آكلة الأعشاب ، كما قد يفيد هذا التحور أيضاً فى تقليل مساحة السطح الناتج ، لهذا فإن هذا التحور يكثر فى النباتات الجفافية مثل نبات العاقول *Alhagi*. تخرج الساق الشوكية من إبط ورقة ، وكثيراً ما تحمل الشوكة أوراقاً خضرية صغيرة أو أوراقاً حرشفية ، كما قد تحمل أزهاراً ، ويشاهد ذلك فى نباتات العاقول

**(شكل 3/7) : سيقان تمثيلية وسيقان للحماية**

أ ) تين شوكى ب) مهلنبيكيا جـ) سفندر د) جهنمية

والجهنيمة *Bouainvillca* (شكل 3/7 د) ، وقد تكون الأشواك مجرد نموات زائدة على الساق prickles كما فى ساق الورد.

وقد تكون الحماية بطريقة أخرى كما فى نبات سيلين *Silene nutans* حيث أن النبات ينتج أزهاراً وتفرز رحيقاً لجذب حشرات طيارة معينة لعملية التلقيح. قد تزحف على سيقان النبات حشرات متجهة للأزهار وتكون غير ذات فائدة لعملية التلقيح ، ولذلك يفرز ساق النبات مادة صمغية لزجة تلتصق بها تلك الحشرات وتصبح غير قادرة على الحركة.

### 3- سيقان متسلقة

السيقان المتسلقة climbing stems سيقان ضعيفة لا تستطيع بذاتها النمو الرأسى ، ولكنها تستطيع بتحورات خاصة فى سيقانها أن تتسلق على دعامات. فالسيقان النامية رأسياً بالالتفاف حول دعامة تسمى بالسيقان الملتفة twining stems كما فى نباتات العليق *Convolvulus* وست الحسن *Ipomea* (شكل 4/7 أ).

(شكل 4/7) : سيقان متسلقة

أ ) العليق ب) العنب جـ) العنب البرى

وإذا كونت النباتات أعضاء خاصة بالتسلق سواء كان أصلها جذوراً أو سيقاناً أو أوراقاً سميت بالمتسلقات climbers. وهذه الأعضاء الخاصة بالتسلق قد تكون محاليق أو أشواك.

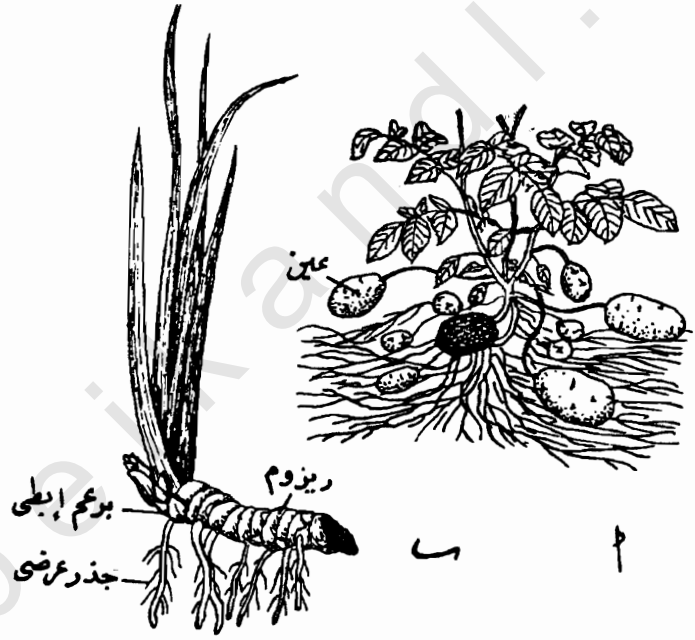
المحاليق tendrils هى تراكيب أسطوانية حساسة باللمس ، فإذا لامست أية دعامة التفت حولها كما فى العنب. ومحلاق العنب متحور عن ساق لأنه ناتج عن نمو برعم طرفى كما أنه متفرع وقد يحمل أوراقاً صغيرة تقسمه إلى عقد وسلاميات (شكل 4/7 ب). قد يكون المحلاق ناتج عن برعم إبطى كما فى الباسيفلورا *Passiflora* ، وقد يتحور الجزء الطرفى من محور النورة إلى محلاق يساعد النبات على التسلق كما فى أنتيجونن *Antigonon*. فى بعض أنواع العنب البرى تتفرع المحاليق وتكون نهاياتها قرصية تلتصق بسهولة بالأسطح الملساء (شكل 4/7 جـ). تساعد الأشواك أيضاً على التسلق بتثبيتها للساق الأصلية فى الدعامة ، زيادة عن فائدتها فى الحماية وذلك كما فى الجهنمية والورد.

السيقان المتسلقة ذات أصل إستوائى ، فهى تنمو ، عادة ، حيث توجد الأشجار المتكاثفة والتى تحجب ضوء الشمس عن النباتات أسفلها ، ولذلك تلجأ هذه النباتات ذات السيقان الضعيفة إلى التسلق على الأشجار لكى تصل إلى إرتفاعات تمكنها من الحصول على الضوء الكافى. وبالرغم من الأصل الاستوائى لهذه النباتات فإنها توجد فى المناطق الأخرى محافظة على خاصية التسلق ، إذ أصبحت صفة داخلة فى تركيبها الوراثى.

### 4- سيقان أرضية للتكاثر والتعمير

وهى سيقان معمرة تنمو تحت سطح التربة ، يتجدد بها النمو الخضرى موسماً بعد آخر ، فتحافظ على حياة النبات فى الأوقات التى تموت فيها أجزاؤها الخضرية لعدم ملاءمة الظروف البيئية فوق سطح التربة للنمو أو لانتهاء موسم النمو الخضرى والزهرى ، ومن ذلك الريزومات والدرنات والكورمات والأبصال. جميع هذه السيقان يمكن استخدامها فى تكاثر تلك النباتات خضرياً ، ومن أنواعها ما يأتى :

أ ) الريزومات Rhizomes : الريزومات سيقان تنمو أفقياً تحت سطح التربة تظهر عليها عقد تخرج منها جذور عرضية. وتحمل العقد أوراقاً حرشفية تنمو من آباطها براعم. وقد تنمو هذه البراعم الإبطية رأسياً معطية أفرعاً هوائية خضرية ، ويستمر البرعم الطرفى فى النمو الأفقى معطياً النمو الكامل للريزوم ، وذلك كما فى ريزوم نبات الأوكساليس *Oxalis*. ويعرف الريزوم فى هذه الحالة بأنه ريزوم صادق المحور monopodium. وغالباً ما يحدث النمو الهوائى نتيجة لتغير إتجاه نمو البرعم الطرفى فيصبح رأسياً بعد فترة من النمو الأفقى معطياً نمواً هوائياً خضرياً ، وفى هذه الحالة يكمل نمو الريزوم نتيجة لنشاط برعم أو أكثر من البراعم الإبطية وذلك كما فى النجيل *Cynodon* والكانا *Canna* والسوسن *Iris* ويعرف الريزوم فى هذه الحالة بأنه كاذب المحور sympodium (شكل 5/7 ب).




**(شكل 5/7)** : الدرنات والريزومات

أ ) درنات البطاطس ب) ريزوم السوسن

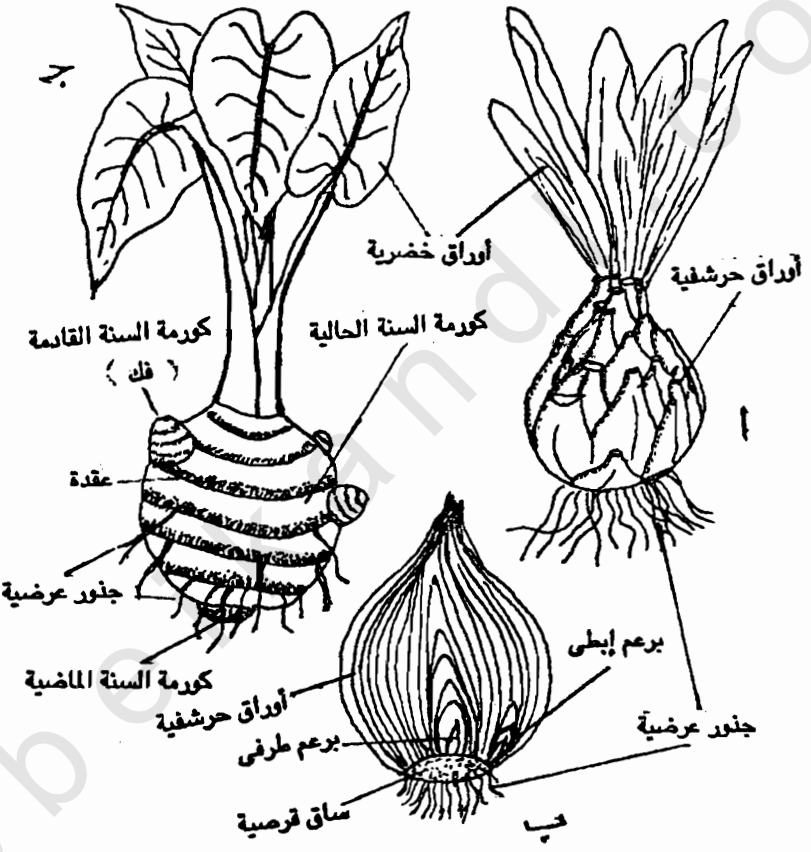
ب) الدرنات Tubers : الدرنات هى سيقان منتفخة لاختزان الغذاء بها ، وتتميز بوجود عيون تمثل عقد الساق وذلك كما فى نبات البطاطس *Solanun tuberosum* تتكون درنات البطاطس تحت سطح التربة عادة كانتفاخات فى نهاية أفرع ريزومية تنمو من الجزء السفلى للساق الهوائية تحت سطح التربة (شكل 5/7 أ). وقد تخرج الأفرع الريزومية من آباط أوراق على السيقان الهوائية. توجد على الدرنات عيون eyes ، عبارة عن إنخفاضات على سطح الدرنة ، تحتوى كل عين على برعم ، وعند كل عين توجد ورقة حرشفية تسقط مبكراً فى الأطوار الأولى من نمو الدرنة ، عدا العين المحتوية على البرعم الطرفى والتى توجد فى الناحية الطرفية للدرنة فى الجهة المقابلة للطرف القاعدى الذى يتصل بالريزوم فلا توجد عنده ورقة حرشفية. يموت النبات وتنفصل الدرنات عن بعضها وعن النبات الأم. فى الموسم التالى عند توفر الظروف الملائمة للنمو تنمو البراعم الموجودة بالعيون أو بعضها ، معطية أفرعاً هوائية ، وهذه تعطى أفرعاً ريزومية تنمو تحت سطح التربة وتنتهى بالدرنات ، وهكذا. وتحت ظروف خاصة قد تتكون درنات هوائية فى آباط الأوراق الخضراء.

يزرع البطاطس بتقسيم الدرنات إلى أجزاء يحتوى كل منها على عين أو أكثر.

جـ) الكورمات Corms : الكورمات هى قواعد سيقان إنتفخت لإختزانها الغذاء ، تظهر بها عادة سلاميات قصيرة وعقد واضحة ، تنمو عادة رأسياً تحت سطح التربة وتنتهى ببرعم طرفى تنمو منه أفرع هوائية. توجد أوراق حرشفية أو قواعد أوراق خضرية على عقد الكورمات. وتوجد فى آباط الأوراق براعم إبطية ، كما تخرج من العقد جذور عرضية. ومن الأمثلة على ذلك كورمات القلقاس *Colocasia antiqorum* ، التى يتكون على عقدها براعم وهذه البراعم قد تنمو وتكبر فى الحجم لتكون كورمات صغيرة تعرف بالفكوك وهى تمثل كورمات السنة التالية ، لأنها تنمو فى الموسم التالى مكونة كورمات جديدة (شكل 6/7 جـ).

يزرع القلقاس بتقسيم الكورمات إلى أجزاء يحتوى كل منها على برعم أو أكثر.

د ) الأبصال Bulbs : تتكون الأبصال من ساق قرصية تحمل الأوراق ذات القواعد الحرشفية والعصيرية ، وتخرج منها جذور عرضية. تختلف الأبصال عن الكورمات فى أن الغذاء يخزن بقواعد أوراق الأيصال. فى حين يخزن الغذاء فى السيقان بالكورمات. يوجد فى قمة الساق القرصية برعم طرفى ، كما توجد فى آباط قواعد الأوراق براعم إبطية.




(شكل 6/7) : سيقان التكاثر والتعمير

أ ) بصلة الزنبق ب) بصلة البصل جـ) كورمة القلقاس

يوجد نوعان من الأبصال ، الأبصال المغلفة والأبصال الحرشفية. تتميز الأبصال المغلفة coated bulbs بأن قاعدة كل ورقة تغلف البصلة كلياً وتوجد متداخلة كما فى البصل *Allium cepa* ، وتمثل قواعد الأوراق فى هذه الحالة بقايا الأوراق الخضرية (شكل 6/7 ب). وتتميز الأبصال الحرشفية scaly bulbs بأن الأوراق الحرشفية ضيقة لا تغلف كل منها على حدة البصلة وذلك كما فى نبات الزنبق *Lilium* حيث تتكون الحراشيف الخارجية من قواعد أوراق أما الحراشيف الداخلية فهى أوراق كاملة مختزلة (شكل 6/7 أ).

يستخدم الغذاء المخزن فى أوراق الأبصال فى نمو البراعم والأوراق الخضرية وتكوين الأزهار ، ثم فى نهاية الموسم تخزن وتستخدم المواد الغذائية الجديدة المتكونة فى الأوراق فى تكوين بصلة أو أكثر كما فى التيوليب Tulip. أما نبات البصل فيشذ عن ذلك لأنه ثنائى الحول فعند زراعة بصلة ينتج عنها شمراخ زهرى أو أكثر وتتكون البذور ثم يموت النبات. وبزراعة البذور فى الموسم التالى تتكون الأبصال. هذا ومن البصل أصناف معمرة تكون بصيلات يمكن استخدامها فى التكاثر.

هـ) الفسائل Offsets : الفسائل هى فروع تنمو من براعم إبطية على الساق الأصلية ، تحت سطح التربة عادة ، وتكون جذور عرضية خاصة بها وهى ملتحمة بالنبات الأم. تنمو تلك الأفرع فوق سطح التربة مكونة نباتات جديدة ملتصقة بالنبات الأم ويمكن فصل هذه النباتات ونقلها بعيداً عن النبات الأم ، وذلك كما فى الموز والنخيل.

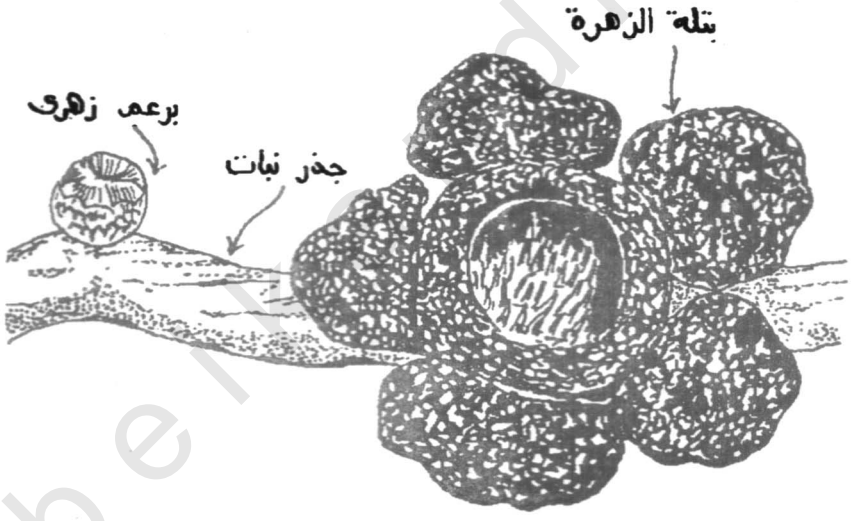
### 5- سيقان مخزنة

السيقان المخزنة storage stems هى سيقان متشحمة تقوم بتخزين الغذاء لاستعماله فى موسم نمو تالى لتكوين نباتات جديدة كما فى الريزومات والدرنات والكورمات. كذلك توجد السيقان المخزنة فى النباتات الجفافية التى تقوم بتخزين

الماء أساساً بالإضافة إلى المواد الغذائية. وهذه السيقان تكون عادة مغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين لتقليل النتح كما فى سوق نبات التين الشوكى (شكل 3/7 أ).

### 6- سيقان طفيلية

السيقان الطفيلية parasitic stems هى سيقان مختزلة إلى خيوط دقيقة تشبه هيفات الفطر وتنمو داخل أنسجة عائلها لتمتص منه الغذاء ، وتصبح الأوراق دقيقة، شبه حرشفية ، كما فى نبات رافليزيا *Rafflesia* الذى يتطفل على جذور نبات العنب البرى. وفى النوع أر نولدى *R. arnoldi* نجد أن الجزء الذى يظهر فوق سطح التربة هو عبارة عن زهرة كبيرة قطرها يصل إلى حوالى المتر (شكل 7/7) ووزنها يصل إلى 9 كيلو جرام وهى تعتبر أكبر زهرة معروفة حتى الآن.

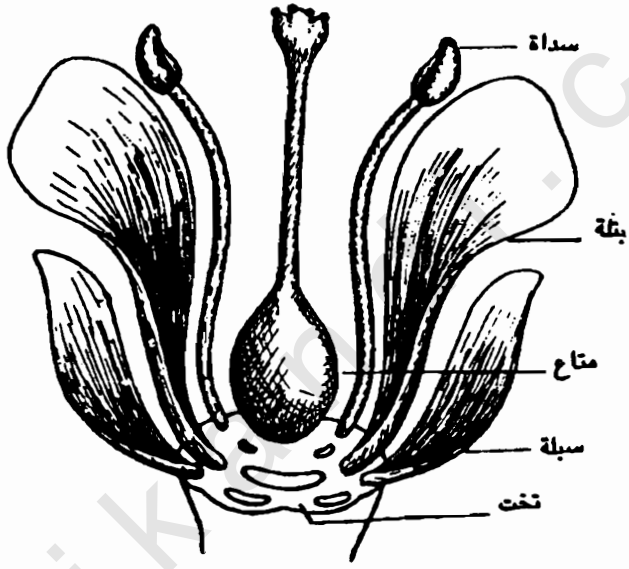



**(شكل 7/7) : سيقان طفيلية**

**جذر نبات عليه برعم زهرى وزهرة نبات رافليزيا أرنولدى**

### 7- سيقان زهرية

تدخل السيقان الزهرية flowering stems فى التركيب الزهرى ، فهى عبارة عن ساق قصيرة تسمى بالتخت torus ، تتكون من سلاميات قصيرة وعقد متقاربة تحمل الأوراق الزهرية. تتكون على الساق الزهرية عادة أربعة عقد دائرية تحمل من الخارج إلى الداخل محيطات الكأس والتويج والطلع والمتاع (شكل 8/7).




(شكل 8/7) : رسم توضيحى لزهرة

### 8- سيقان لدفع الثمرة فى التربة

فى نبات الفول السودانى نجد أن عنق وتخت الزهرة يستطيلان بعد الإخصاب ليدفع الثمرة الصغيرة إلى داخل التربة حيث يتم نضجها وهى تحت سطح التربة (شكل 9/7) وإذا لم تدفن الثمرة الصغيرة فى التربة فإنها تذبل وتموت.

obeikandl.com

**(شكل 9/7) : سيقان لدفع الثمرة فى التربة**

**نبات فول سودانى يوضح كيفية دخول الثمار الصغيرة فى التربة**

obeikan.com

# البـراعم

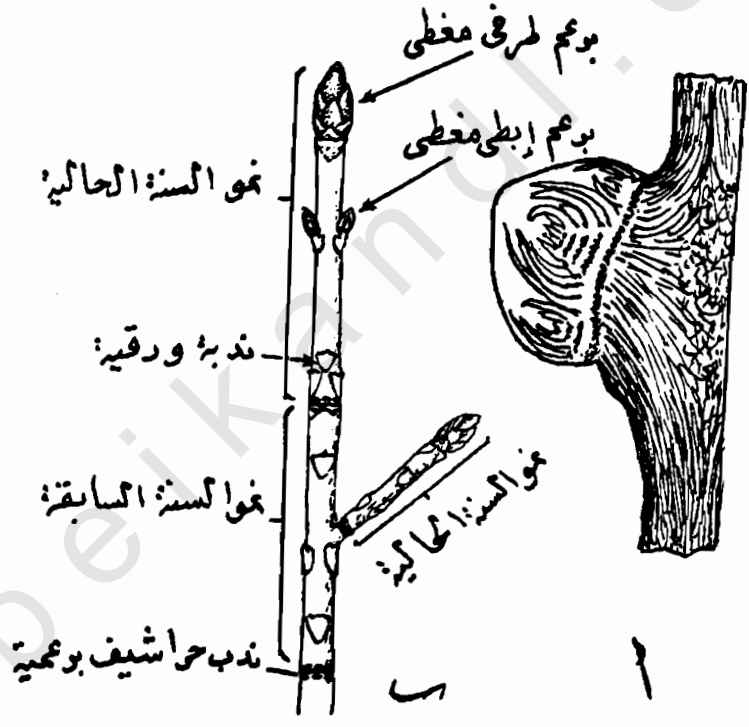
البراعم buds هى سيقان قصيرة غير متكشفة ، عقدها متقاربة وأوراقها صغيرة. توجد البراعم إما طرفياً فى الساق وتعرف بالبراعم الطرفية terminal buds ، أو توجد فى آباط الأوراق وتعرف بالبراعم الإبطية axillary buds. البرعم الطرفى هو المسئول عن نمو الساق فى الطول ، والبراعم الإبطية هى المسئولة عن تفرع الساق. وعادة يوجد برعم واحد فى إبط الورقة. وترتيب البراعم على الساق يشابه ترتيب الأوراق على الساق فإذا تكون على العقدة الواحدة برعم واحد كانت البراعم فى وضع متبادل alternate كما فى أشجار الجوز *Juglans*. وإذا تكون على العقدة الواحدة برعمان ، كل فى إبط ورقة كانت البراعم متقابلة opposite كما فى نبات الليلاك *Syringa vulgaris* ، أما إذا تكون على العقدة الواحدة أكثر من برعمين فى آباط أكثر من ورقتين كانت البراعم سوارية whorled كما فى الدفلة *Nerium*.

فى بعض الحالات يوجد أكثر من برعم فى إبط الورقة الواحدة ، برعم واحد أصلى هو الذى ينمو عادة ، أما البراعم الأخرى فتعرف بالبراعم الإضافية accessory buds كما فى الدورنتا ، والبراعم الإضافية لا تنمو عادة إلا إذا حدث ضرر للبرعم الأصلى. أحياناً نجد أن البراعم الموجودة فى إبط ورقة واحدة تحاط جميعاً بحراشيف مشتركة مكونة برعماً واحداً مركباً وذلك كما فى العنب حيث يحتوى البرعم المركب على ثلاثة براعم (شكل 10/7 أ).

تختلف البراعم حسب طبيعة تكشفها فإذا تكشف البرعم إلى ساق خضرية عرف البرعم بالبرعم الخضرى vegetative bud ، أما إذا أعطى فرعاً زهرياً أو زهرة فيعرف بالبرعم الزهرى floral bud ، وقد يعطى البرعم فرعاً خضرياً وأزهاراً فى نفس الوقت فيعرف بالبرعم المختلط mixed bud. وأحياناً يصعب التمييز بين البراعم الخضرية والبراعم الزهرية ، إلا أنه من الممكن فى بعض النباتات التمييز بينهم بالشكل ، ففى التفاح نجد أن البراعم الزهرية أكبر حجماً من

البراعم الخضرية ، وفى اللوز نجد أن البراعم الزهرية أطول وأرفع من البراعم الخضرية. كذلك يمكن التمييز بين البراعم الزهرية والخضرية بالموضع ، ففى المشمش يوجد فى إبط الورقة الواحدة ثلاثة براعم ؛ البرعم الوسطى خضرى والجانبيان زهريان.

قد تغلف البراعم بأوراق خضراء صغيرة وتعرف بالبراعم العارية وهى براعم نشطة وتوجد عادة فى النباتات العشبية الحولية كما فى القرع والطماطم. وقد تغلف البراعم بحراشيف تنشأ من الأوراق أو قواعد الأوراق أو الأذينات ، وهذه




(شكل 10/7) : البراعم والندب

أ) برعم عنب مركب مغطى ب) فرع نبات متساقط الأوراق

الحراشيف سميكة جلدية بنية اللون ومغطاة عادة بنسيج وقائى فلينى ، وقد تكون عليها شعور أو شمع أو مواد صمغية أو صبغية أو هلامية ، وتعرف بالبراعم المغطاة covered buds ، وهى براعم ساكنة توجد أساساً فى الأشجار المتساقطة الأوراق كما فى الزان والبلوط والعنب والحور والتوت. وعند نمو البراعم المغطاة تتساقط الحراشيف تاركة علامات تعرف بندب الحراشيف البرعمية bud-scale scars ، وهذه الندب صغيرة جداً وتوجد متجاورة ، ويمكن بها معرفة النمو السنوى للساق ، فالمسافة بين مجموعتين من هذه الندب تمثل نمو سنة. يعرف نمو السنة الأخيرة بالمسافة بين البرعم الطرفى النامى وأول مجموعة ندب حراشيف برعمية أسفله (شكل 10/7 ب).

مما سبق يتضح أن وظيفة البراغم هى تكوين الأفرع الخضرية والزهرية للنبات النامى ، إلا أنه فى بعض الحالات تقوم البراعم بوظيفة التكاثر للنبات ، وتقسم البراعم التى تقوم بالتكاثر إلى الأنواع الآتية :

### 1- البراعم العرضية

البراعم العرضية adventitious buds هى البراعم التى تنشأ فى أى مكان من النبات ما عدا قمم السيقان والأفرع وآباط الأوراق ، فقد تتكون على السيقان فى غير المواضع السابقة أو على الأوراق أو على الجذور. تنشأ البراعم العرضية على أوراق نبات البيجونيا أو على أوراق نبات البريوفيللم. فتنشأ البراعم العرضية على حواف أوراق البريوفيللم حيث توجد أنسجة مرستيمية ، فعند سقوط الأوراق ، وهى تسقط عادة وهى فى حالة عصارية نشطة ، تتكون من الأنسجة المرستيمية براعم عرضية ، تنمو إذا توفرت الظروف الملائمة مكونة مجموعاً خضرياً ومجموعاً جذرياً عرضياً (شكل 11/7 جـ). تتغذى البراعم العرضية أثناء نموها من المواد الغذائية الموجودة بالورقة.

وقد تتكون البراعم العرضية على الجذور كما فى جذور البطاطا (شكل 11/7 أ) والجوافة (شكل 4/6 هـ).

(شكل 11/7) : البراعم العرضية والبلابل

أ) نمو براعم عرضية على جذر بطاطا ب) نبات صبار . وبلبل ساقط مكبر
جـ) براعم عرضية على ورقة بريوفيللم

## 2- البلابل (البصيلات)

البلابل عبارة عن براعم إبطية bulbils متشحمة نتيجة لاختزانها الغذاء ، ولها القدرة على النمو بعيدة عن النبات الأم ومعطية نباتات جديدة. وذلك كما فى نبات الصبار *Agave Americana* ، وهو نبات معمر يزهر مرة واحدة ثم يموت. ويتكاثر أساساً بالبلابل (شكل 11/7 ب) كذلك فإن نبات الودنة *Kalanchoe* يكون على حواف أوراقه براعم عرضية تنمو إلى بلابل ، تنفصل عن النبات الأم وتنمو إلى نباتات مستقلة.

نبات الثوم له ساق قرصية يتكون على سطحها العلوى براعم إبطية تتشحم وتختزن المواد الغذائية وتغلف كل منها بغلاف خاص متحولة إلى بلابل ، كما تغلف البلابل كلها بقواعد أوراق حرشفية مشتركة. بعد موت المجموع الخضرى وتوفر الظروف الملائمة فإن كل من هذه البلابل ينمو مستقلاً معطياً نباتاً جديداً.

### 3- البلابل الكامنة

تشبه البلابل الكامنة hibernacula البلابل الأخرى إلا أنها تنشأ من براعم طرفية ، وذلك كما فى نبات الألوديا *Elodea canadensis* ، ونبات هيدروكاريس *Hydrocharis* هما من حشائش الماء. البلبل الكامن فى نبات هيدروكاريس يتكون من أوراق حرشفية تحيط بالقمة النامية ، كما يتكون عليه جذور عرضية. عند سقوط البلابل الكامنة فى ماء البركة فإنها تغطس إلى القاع لثقلها نتيجة لاحتوائها على نسب عالية من النشا المخزن ، وتمضى فترة الشتاء فى حالة كمون ، ثم عند تحسن الظروف البيئية تطفو ثانية إلى سطح الماء وذلك لتكون فقاقيع غاز بأنسجتها نتيجة لاستنافها عملية التمثيل الضوئى وزيادة سرعة التنفس ، وتنمو بعد ذلك إلى نبات جديد.

obeikandl.com

# التفريـــع

تختلف النباتات عن بعضها فى نظم تفرع سيقانها ، ويتوقف ذلك ، على موضع البراعم النشطة سواء كانت طرفية أم إبطية ، وعلى نظم وضع الأوراق على الساق حيث أن ذلك يتوقف عليه توزيع البراعم الإبطية على الساق.

كذلك تؤثر طبيعة تكشف البراعم سواء أكان خضرياً أم زهرياً أم مختلطاً على نظم تفرع السيقان.

ويمكن تقسيم أنواع التفريع فى السيقان إلى ما يأتى :

## 1- تفريع غير محدود النمو (صادق المحور)

فى التفريع غير محدود النمو monopodial branching يستمر البرعم الطرفى فى نموه مكوناً محوراً رئيسياً مقسماً إلى عقد وسلاميات. وكل عقدة عليها ورقة أو أكثر ، أحد براعمها نشط عادة . وقد تنشط البراعم الإبطية معطية أفرعاً أصغر من الساق الرئيسية. وفى هذا النوع من التفريع نجد أن أصغر الأفرع أقربها إلى قمة النبات وأكبرها أبعدها عن القمة ، ويعرف هذا النظام بالتعاقب القمى acropetal succession (شكل 12/7 أ). وفى هذا النوع نجد عادة أن البراعم الطرفية تمنع نمو البراعم الإبطية التى تحتها لمسافة ما ، ويعتقد أن ذلك راجع إلى تأثير الهرمونات المفرزة من البرعم الطرفى. وهذه الظاهرة تعرف بالسيادة القمية apical dominance ، بحيث أنه إذا مات البرعم الطرفى أو قطع فإن البراعم الإبطية أسفله مباشرة تنشط وتنمو ، وهذا ما يحدث عند تقليم الأشجار.

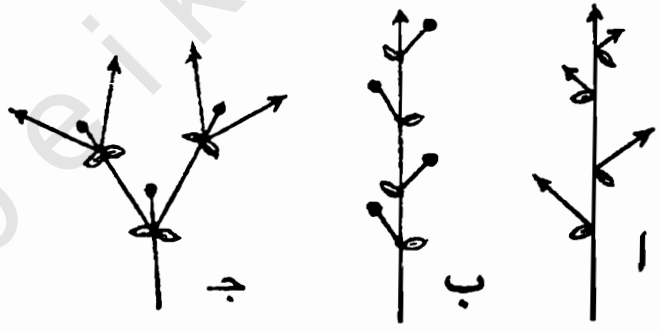
قد يحدث فى التفريع غير المحدود أن ينمو الساق الرئيسى رأسياً ويقل سمكه كلما اتجهنا ناحية القمة ، ويعطى عند العقد أفرعاً أفقية تقريباً ، ويقل طول هذه الأفرع كلما اتجهنا إلى أعلى ، ويعطى بذلك سيقاناً مخروطية excurrent stems ، ونباتات هذا النوع دائمة الخضرة ، عادة ، كما فى أشجار الأرز *Cedrus* والأروكاريا *Araucaria*.

معظم الأشجار تعدى ساق رئيسى يتفرع بدون نظام ، وبذلك تعطى سيقان غير منتظمة النمو ، وذلك كما فى شجيرات وأشجار الموالح والمانجو والتوت.

فى بعض الأحيان لا تنمو البراعم الإبطية ، ويرجع النمو الكلى للنبات إلى نشاط البرعم الطرفى فقط ولا يحدث تفرع بتاتاً ، وتعرف مثل هذه السيقان غير المتفرعة بالسيقان الأسطوانية columnar stems ، كما فى أشجار نخيل البلح.

## 2- تفريع ثنائى

فى التفريع الثنائى dichotomous brenching يحدث النمو الأساسى للنبات نتيجة لتكشف ونشاط المرستيم القمى وذلك بأن ينقسم المرستيم القمى بعد فترة من نموه إلى قسمين يعطى كل منهما فرعاً ، ثم بعد فترة من نموهما ينقسم المرستيم القمى فى كل منهما معطياً فرعين آخرين ، وهكذا. والتفريع الثنائى شائع الحدوث فى النباتات اللازهرية مثل طحلب فيوكس *Fucus* والبنات الحزازى ماركانتيا *Marchantia* والنبات التيريدى سيلاجينيلا *Selaginella* ، ونادر الحدوث فى النباتات الزهرية مثل الدوم *Hyphaene thebaica* ، وقد شاهد المؤلفان ذلك فى بعض نباتات الألياف.




(شكل 12/7) : التفريع فى السيقان

ا ) تفريع غير محدود النمو
ب) تفريع محدود وحيد الشعبة
جـ) تفريع محدود ذو شعبتين

obeikandl.com

### 3- تفريع محدود النمو (كاذب المحور)

فى التفريع المحدود النمو sympodial branching يقف نمو الفرع الرئيسى نتيجة لتحول البرعم الطرفى إلى زهرة أو محلاق أو شوكة ، ثم تكملة النمو الطولى بواسطة البراعم الإبطية. وتوجد أنواع مختلفة من التفريع المحدود .

أ ) تفريع محدود وحيد الشعبة Monochasium : وفيه يتحول البرعم الطرفى إلى عضو مستديم ، زهرة أو محلاق أو شوكة ، ويستمر النمو نتيجة لنشاط برعم واحد إبطى أسفل البرعم الطرفى مباشرة ويعطى ساقاً تنمو على استقامة الساق السابقة ، دافعة العضو المستديم جانباً. بعد فترة من نمو الساق الناتج عن تكشف البرعم الإبطى يتحول برعمها الذى أصبح طرفياً إلى عضو مستديم ويكمل النمو برعم إبطى آخر ، وهكذا ، وينتج عن ذلك محور كاذب sympodium كما فى العنب (شكل 12/7 ب).

ويمكن تمييز المحور الصادق عن المحور الكاذب بأن الزهرة أو المحلاق أو الشوكة تخرج من إبط ورقة فى الحالة الأولى ، وتقابل الورقة فى الحالة الثانية .

ب) تفريع محدود ذو شعبتين Dichasium : وفيه يتحدد نمو البرعم الطرفى، ثم ينمو أسفله من إبط ورقتين متقابلتين برعمان ينموان لمسافة ما ويكونان فرعين ، ثم يتحدد نمو برعميهما الطرفيين وينمو من أسفلهما فرعان ، وهكذا. يتحدد البرعم الطرفى عادة بزهرة كما فى سيلين *Silene* ، (شكل 12/7 جـ).

جـ) تفريع محدود عديد الشعب Polychasium : وفيه يتحدد نمو البرعم الطرفى ثم ينمو من أسفله من آباط ثلاثة أوراق أو أكثر فى وضع سوارى ، ثلاثة براعم أو أكثر وبعد فترة من نمو الأفرع الناتجة يتحدد نمو براعمها الطرفية ، وتنمو أسفلها البراعم الموجودة فى آباط الأوراق معطية أفرعاً وهكذا ، وذلك كما فى نبات أم اللبن *Euphorbia poplus* الذى يكون تفريعه فى المبدأ ثلاثى الشعب ثم يعطى تفريعاً ثنائى الشعب بعد ذلك. ويتحدد هنا البرعم الطرفى بزهرة عادة.

# الفصل الثانى

# تشريح الساق

يختلف التركيب النسيجى لسيقان النباتات حسب أنواع تلك النباتات ، وكذلك تختلف فى النبات الواحد حسب مناطق الساق ، فمنطقة القمة النامية للساق تختلف عن منطقة الأنسجة الابتدائية ، وهذه تختلف عن منطقة التغليظ الثانوى.

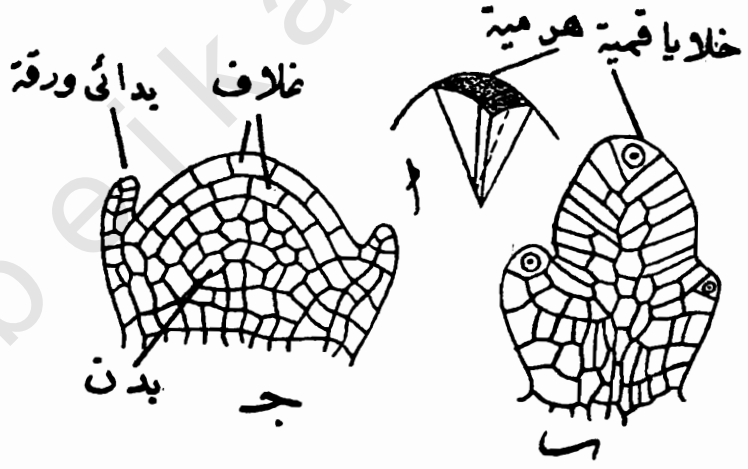
## القمة النامية للساق

بفحص النمو الطرفى للساق نلاحظ وجود قمة مخروطية إلى نصف كروية فى الشكل ، تعرف بالمرستيم الإنشائى الأولى promeristem ، وتظهر على جوانبها السفلى نتوءات صغيرة تزداد طولاً كلما اتجهنا إلى أسفل ، وتعرف هذه النتوءات بمبادىء الأوراق leaf primordia. المرستيم الإنشائى الأولى بالإضافة إلى الأنسجة المرستيمية أسفله والتى لم تتشكل بعد إلى أنسجة ابتدائية وما يحيطها من مبادىء الأوراق يسمى بالمرستيم القمى apical meristem. ويعرف المرستيم القمى بالقمة النامية ، وتعرف القمة النامية بما تغلفها من أوراق صغيرة بالبرعم الطرفى apical bud.

توجد أنواع عديدة من القمم النامية تختلف باختلاف النبات فقد تتكون القمة النامية من خلية واحدة قمية ينتج عنها النمو وذلك كما فى كثير من الطحالب والنباتات الحزازية وبعض النباتات التيريدية. وتوجد أشكال عديدة للخلية القمية أكثرها شيوعاً النوع الموجود فى الطحلب البنى ديكتيوتا *Dictyota* الذى ينمو من خلية قمية عدسية الشكل تنقسم لتكون باقى جسم النبات وهذا الطحلب يعطى تفريعاً ثنائياً. والنوع الثانى للخلية القمية يوجد فى النبات التيريدى أكويسيتم *Equisetum* ،

والخلية القمية فيه هرمية الشكل ، قاعدتها إلى أعلى ، وقمتها إلى أسفل ، ولها أربعة أسطح ، سطح علوى أفقى وثلاثة أسطح جانبية ، ويحدث إنقسام الخليـــة القمية بجدر موازية للأسطح الثلاثة الجانبية مسبباً زيادة ساق النبات طولاً وسمكاً (شكل 13/7 أ ، ب)٠

توجد نظريات مختلفة لتفسير طريقة التكشف فى سيقان النباتات الزهرية٠ أكثر هذه النظريات قبولاً تعرف بنظرية الغلاف والبدن tunica corpus theory٠ وتفترض هذه النظرية أن المرستيم الإنشائى الأولى للساق يتكون من جزئين هما الغلاف tunica والبدن corpus يتكون الغلاف من طبقة أو أكثر من الخلايا تكون الجزء الخارجى الطرفى من القمة النامية٠ تنقسم خلايا الغلاف بجدر عمودية على السطح الخارجى للقمة النامية مسببة زيادة السطح الخارجى للقمة النامية٠ يتكون الغلاف عادة ، من طبقتين إلى أربع طبقات فى النباتات ذات الفلقتين ومن طبقة واحدة إلى طبقتين فى النباتات ذات الفلقة الواحدة٠ كذلك نجد أن عدد طبقات الغلاف قد تختلف فى النبات الواحـــد فهى أكثر عدداً فى الأفـرع الرئيسية عنها فى



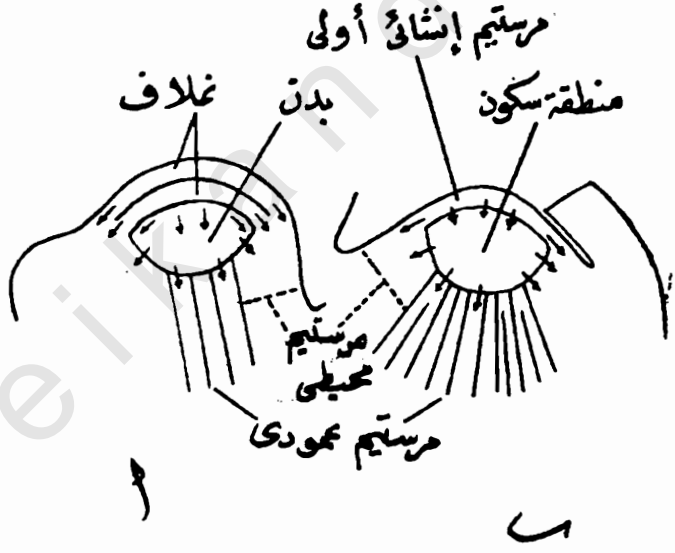

(شكل 13/7) : أنواع القمم النامية

أ ) خلية قمية هرمية منقسمة
ب) قمة نامية للنبات التيريدى اكويستيم
جـ) قمة نامية مكونة من غلاف وبدن

الأفرع الجانبية. يحيط الغلاف بالبدن الذى يتكون من كتلة من الخلايا المرستيمية التى تنقسم فى جميع الاتجاهات مسببة كبر القمة النامية فى الحجم (شكل 13/7 جـ).

ويؤدى الاختلاف فى سرعة نمو كل من الغلاف والبدن إلى تكوين مبادىء الأوراق ، حيث نجد فى بعض الحالات أن مبادىء الأوراق تنتج من إنقسام الغلاف فقط ، لهذا فإن زيادة النمو السطحى للغلاف عن معدل النمو الحجمى يسبب تكوين مبادىء الأوراق.

فى بعض الحالات يكون التمييز غير واضح بين الغلاف والبدن ، وفى هذه الحالة نجد أن الغلاف ينقسم بجدر عمودية على السطح وأحياناً موازية للسطح ، ويحدث ذلك فى كثير من النباتات عاريات البذور مثل الصنوبر. وقد لا يتميز المرستيم الإنشائى الأولى إلى غلاف وبدن حيث تنقسم الخلايا الخارجيـــة الطرفية

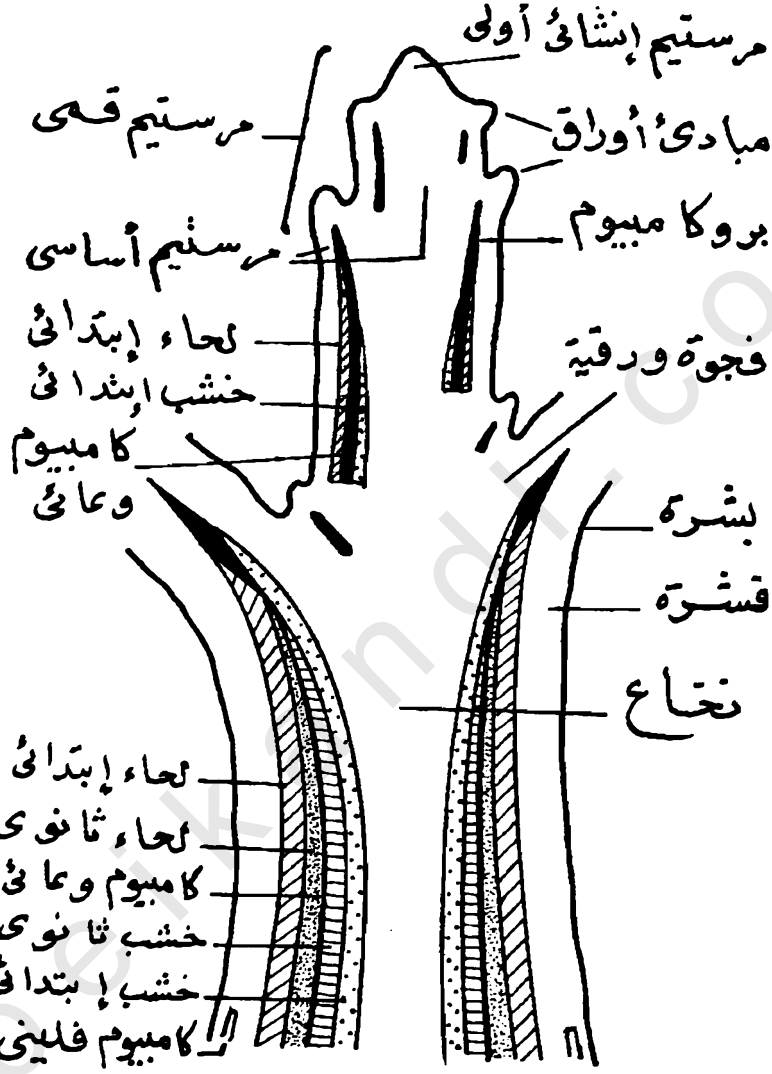



(شكل 14/7) : تكشف المرستيم الانشائى
أ ) فى حالة عدم وجود منطقة سكون
ب) فى وجود منطقة سكون (الصنوبر)

obeikandl.com

للقمة النامية بجدر عمودية وموازية للسطح ، وذلك كما فى بعض السرخسيات والأنواع البدائية من النباتات عاريات البذور كالسيكادات.

أسفل منطقة الغلاف والبدن توجد منطقة وسطية يبدأ فيها تخصص الأنسجة المرستيمية فسيولوجياً ، فالطبقة الخارجية من الغلاف تكون منشىء البشرة protoderm والذى يستمر فى الانقسام بجدر عمودية على السطح الخارجى مكوناً البشرة. وتنقسم باقى الطبقات الداخلية للغلاف إن وجدت فى اتجاهات مختلفة مكونة مرستيم محيطى peripheral meristem ، ويتكون بقية المرستيم المحيطى من الجزء الجانبى من البدن. والمرستيم المحيطى هو المسئول عن زيادة القمة النامية فى السمك والطول. يتكشف المرستيم المحيطى بعد ذلك إلى الجزء الخارجى من المرستيم الأساسى ground meristem الذى يعطى بانقسامه وتشكله نسيج القشرة والأشعة النخاعية ، والبروكامبيوم procambium الذى يعطى بانقسامه وتشكله الحزم الوعائية. الجزء الوسطى من البدن يعطى مرستيم عمودى rib meristem وذلك بانقسام خلاياه بجدر عمودية على السطح الخارجى فيعطى صفوفاً رأسية من الخلايا ، التى تكون الجزء الداخلى من المرستيم الأساسى وهو المسئول عن النمو الطولى للقمة النامية ، والذى يعطى بانقسامه وتكشفه نسيج النخاع (شكل 14/7 ، 15/7). يحدث معظم الانقسام فى منطقة البدن فى الجوانب والقاعدة ، وأقلها فى الجزء المركزى ، وفى بعض النباتات كالصنوبر توجد فى منطقة البدن منطقة سكون ثابتة لا تنقسم خلاياها ، وينشأ المرستيم المحيطى والعمودى من الخلايا المرستيمية المحيطة بقاعدة وجوانب هذه المنطقة (شكل 14/7 ب)




(شكل 15/7) : قطاع طولى فى نبات

مبيناً المرستيم القمى وترتيب تكشف الأنسجة الابتدائية والثانوية

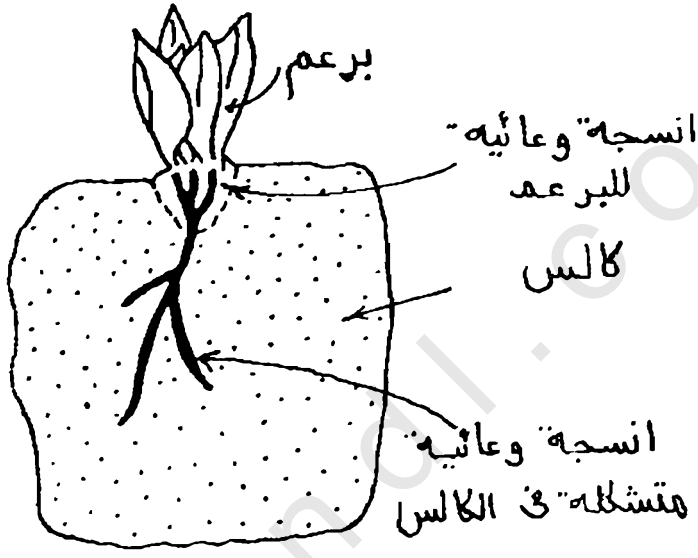
# تركيب الأنسجة الابتدائية للساق

تتكون الأنسجة الابتدائية نتيجة لتمام تشكل أنسجة المرستيم القمى. ويلاحظ فى منطقة القمة النامية عدم تمييز العقد والسلاميات بالعين المجردة نتيجة لشدة تقارب مبادىء الأوراق. ونتيجة لنشاط الأنسجة المرستيمية بين قواعد مبادىء الأوراق تكبر المسافات بين العقد وتتميز السلاميات. ترجع الاستطالة فى السلاميات وهى صغيرة إلى إنقسام الخلايا ، ثم بعد ذلك إلى نمو الخلايا واستطالتها. وقد يحدث النشاط الإنقسامى على أجزاء السلامية بالتساوى ، ولكن كثيراً ما يكون النشاط الانقسامى أكثر فى قاعدة السلامية عنه فى قمتها. وفى بعض الحالات يحافظ الجزء القاعدى على خاصية الانقسام لفترة طويلة ، فى الوقت الذى يتم فيه تشكل باقى أنسجة السلامية مكونة الأنسجة الابتدائية ، وذلك كما فى ساق الذرة وغيرها من النباتات النجيلية ، وتعرف الأنسجة المرستيمية الموجودة بقاعدة السلامية فى هذه الحالة بالمرستيم البينى intercalary meristem.

لا يتم تكشف الأنسجة الابتدائية للساق فى وقت واحد ، وعادة ، تكون البشرة هى أول الطبقات تشكلاً ونضجاً. ويبدأ التشكل والنضج فى الحزم الوعائية بنسيج اللحاء ثم بنسيج الخشب. ويبدأ نضج اللحاء من الخارج إلى الداخل أى من اللحاء الأول إلى اللجاء التالى ، أما الخشب فيبدأ نضجه من الداخل إلى الخارج أى من الخشب الأول إلى الخشب التالى (شكل 15/7).

وقد وجد أن تكشف اللحاء والخشب ناتج عن مركبات هرمونية تنتج فى الأوراق وتنقل إلى الأنسجة النامية لتسبب تكشفها. مما يثبت ذلك أنه عند وضع برعم خضرى من نبات الشيكوريا *Cichorium intybus* على نسيج كالس فإنه يتكون فى هذا النسيج أنسجة وعائية على إمتداد الأنسجة الوعائية للبرعم الخضرى (16/7). وإذا لم يوضع على نسيج الكالس برعم فإنه يبقى كما هو ولا تتكون أنسجة وعائية.

يختلف التركيب التشريحى للأنسجة الابتدائية فى سيقان النباتات ذات الفلقتين عن سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة إختلافات واضحة.




(شكل 16/7) : تكون أنسجة وعائية فى الكالس

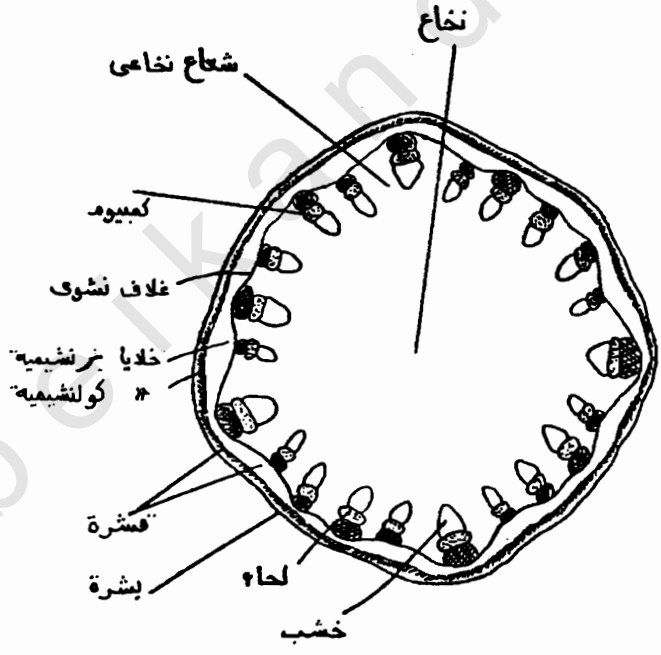
obeikandl.com

# الأنسجة الابتدائية لسيقان النباتات ذات الفلقتين

بفحص منطقة الأنسجة الابتدائية لسيقان النباتات ذات الفلقتين نجدها تتكون من الأنسجة الآتية ، من الخارج إلى الداخل (شكل 17/7 ، 18/7)٠

## البشـــرة

تتكون البشرة epidermis من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة ، الجدر الخارجية للخلايا سميكة ومغطاة بالأدمة ، توجد بين خلايا البشرة ثغور ، ولكن عددها يقل عن أعدادها فى الأوراق٠ لا تحتوى خلايا البشرة عادة على بلاستيدات خضراء ، عدا الخلايا الحارسة٠ قد تمتد من خلايا البشرة زوائد قد تكون وحيدة الخلية ، وقد تكون عديدة الخلايا٠




(شكل 17/7) : قطاع عرضى تخطيطى فى ساق عباد الشمس

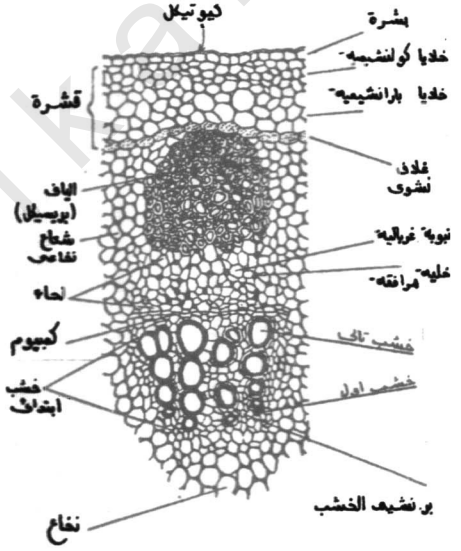
obeikandl.com

## القشـــرة

تلى القشرة cortex البشرة للداخل ، وسمكها أقل عادة من سمك قشرة الجذر وتتكون أساساً من خلايا برنشيمية تحتوى عادة على بلاستيدات خضراء ، فى كثير من الأحيان يحتوى الجزء الخارجى من القشرة على خلايا كولنشيمية مكونة كتلاً منفصلة أو طبقة مستمرة.

من الصعب تحديد نهاية القشرة وبداية الأسطوانة الوعائية وذلك لعدم وجود طبقة الأندوديرمس المميزة بشريط كاسبار ، إلا فى حالات نادرة ، كما فى قشرة ساق نبات أبو خنجر *Tropaeolum* ، ولكن تتميز قشرة كثير من السيقان الصغيرة السن باحتواء آخر طبقات قشرتها على كميات كبيرة من النشا المخزن ولذلك تسمى هذه الطبقة بالغلاف النشوى starch sheath. ويمكن تحديد هذه الطبقة بمعاملة القطاع بمحلول يود مخفف ، فتأخذ هذه الطبقة اللون الأزرق.

وفى كثير من الأحيان نلاحظ وجود أنسجة إفرازية داخلية كالقنوات الراتنجية واللبنية متخللة نسيج القشرة.




(شكل 18/7) : جزء من قطاع عرضى تفصيلى لساق عباد الشمس

## الأسطوانة الوعائية

تتكون الأسطوانة الوعائية vascular cylinder من طبقة البريسيكل التى تغلف عادة الحزم الوعائية والتى توجد مرتبة فى حلقة غالباً. وقد توجد الحزم الوعائية فى حلقتين كما فى كثير من نباتات العائلة القرعية والعائلة الباذنجانية والعائلة العليقية ، وتوجد أشعة نخاعية تفصل ما بين الحزم الوعائية. يوجد النخاع فى مركز الأسطوانة الوعائية.

**1- البريسيكل Pericycle** : البريسيكل هو مجموع الخلايا المغلفة للحاء والناتجة عن إنقسام ونمو وتشكل الجزء الخارجى من البروكامبيوم. وعادة تتكون هذه الخلايا من ألياف أو خلايا إسكليزيدية ، قد تكون حلقة كاملة فى القطاع العرضى كما فى نبات أريستولوخيا أو تكون متقطعة تفصلها خلايا برنشيمية كما فى البرسيم وعباد الشمس.

ويعتقد الكثير بعدم وجود بريسيكل فى سيقان كثير من نباتات كاسيات البذور وأن الألياف التى يظن البعض أنها تنتمى إلى البريسيكل هى ألياف اللحاء الابتدائى ، وذلك لأنها قد تنشأ من اللحاء الأول protophloem نتيجة لتلف وسحق باقى نسيج اللحاء أو أنها تنشأ من المرستيم المكون اللحاء كما فى البلارجونيم ، وقد تنشأ من الطبقات الداخلية للمرستيم الأساسى المنشىء للقشرة فتسمى بألياف محيطة بالأنسجة الوعائية كما فى القرع وأريستولوخيا.

**2- الحزم الوعائية Vascular bundles** : الحزم الوعائية لسيقان النباتات ذات الفلقتين غالباً من النوع الجانبى المفتوح open collateral vascular bundle، فهى جانبية حيث يكون الخشب واللحاء على نصف قطر واحد ، ومفتوحة لأن الكامبيوم الوعائى الحزمى يوجد بين الخشب واللحاء. يكون اللحاء دائماً للخارج والخشب للداخل. قد تحتوى الحزمة الوعائية على لحائين أحدهما خارجى والآخر داخلى ويحصران بينهما الخشب ، ويوجد الكامبيوم الوعائى الحزمى بين

اللحاء الخارجى والخشب ، ويسمى هذا النوع من الحزم بذات الجانبين المفتوحة open bicollateral vascular bundle كما فى اللوف والقرع.

يتكون اللحاء فى النباتات كاسيات البذور من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وألياف لحاء وبرنشيمة لحاء ، وقد يحتوى اللحاء على خلايا أسكلىريدية. وفى النباتات عاريات البذور لا توجد الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة ، ولكن توجد بدلاً منها خلايا غربالية.

يتكون الخشب فى الحزم الجانبية من صفوف قطرية من أوعية الخشب ، ويكون الخشب التالى ذو الأوعية الواسعة للخارج جهة الكامبيوم والخشب الأول ذو الأوعية الضيقة للداخل جهة النخاع ، ولذلك يعتبر الخشب داخلى المنشأ endarch، بعكس الخشب فى الجذر فهو خارجى المنشأ exarch. ويتكون نسيج الخشب أيضاً من قصيبات وألياف وبرنشيمة خشب.

يتكون الكامبيوم الوعائى من صف واحد من الخلايا المرستيمية إلا أنه ينتج عنه للداخل والخارج ، خاصة أثناء التغيظ الثانوى ، طبقات من خلايا لم يتم تكشفها بعد إلى خشب ولحاء وتعرف بمنطقة الكامبيوم cambium zone (شكل 22/7).

3- الأشعة النخاعية Medullary rays : تتكون الأشعة النخاعية من خلايا برنشيمية تصل ما بين القشرة والنخاع وتفصل ما بين الحزم الوعائية ، وقد تكون الأشعة النخاعية عريضة أو ضيقة غير واضحة.

4- النخاع Medulla : يتكون النخاع من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم تشغل مركز الساق. والنخاع فى سيقان النباتات ذات الفلقتين يشغل حيزاً كبيراً نسبياً إذا قورن بالنخاع فى جذور هذه النباتات. فى بعض الحالات كما فى سيقان بعض النباتات العشبية مثل الفول والبرسيم يوجد تجويف وسطى فى موضع النخاع ينتج عن تمزق وتحلل خلايا النخاع أو بعض منها أثناء النمو.

## الأنسجة الابتدائية لسيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة

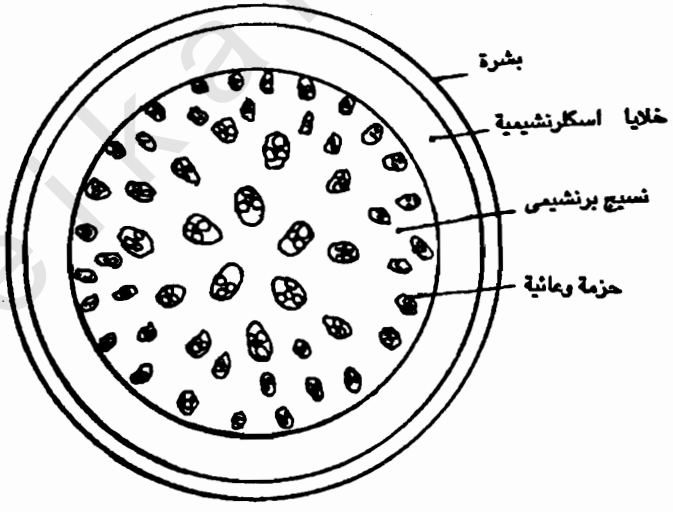
بالفحص التشريحى لسيقان حديثة للنباتات ذات الفلقة الواحدة نجدها تتكون من الأنسجة الابتدائية الآتية من الخارج إلى الداخل (شكل 19/7 ، 20/7)٠

### البشـرة

تتكون البشرة من صف واحد من الخلايا المتراصة التى يعلوها طبقة من الكيوتين وتتخللها الثغور ، وقد تحتوى على زوائد بشرة ، وتشبه خلايا البشرة مثيلاتها فى سيقان النباتات ذات الفلقتين٠

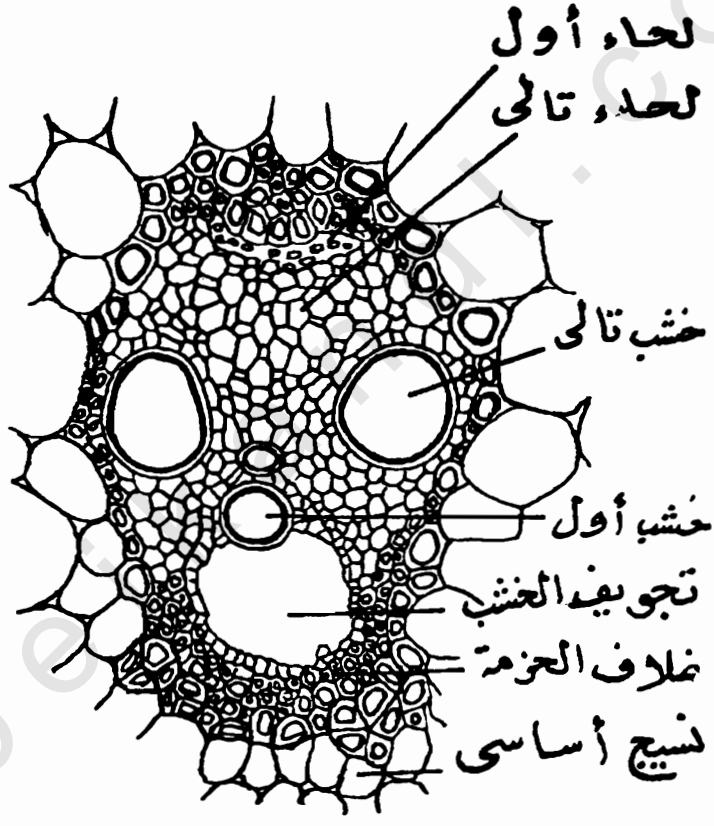
### النسيج الأساسى

تختلف سيقان نباتات الفلقة الواحدة عن سيقان نباتات الفلقتين فى عدم وجود نسيج محدد للقشرة يختلف عن نسيج النخاع ونسيج الأشعة النخاعية ، بل يوجد بدلاً منهم نسيج واحد يلى البشرة مباشرة تتناثر فيه الحزم الوعائية٠ ويعرف هذا النسيج




(شكل 19/7) : قطاع عرضى تخطيطى لساق الذرة

بالنسيج الأساسى ground tissuc• يتكون النسيج الأساسى ، عادة من خلايا برنشيمية وقد تتكون الطبقات الخارجية من النسيج الأساسى من خلايا اسكلرنشيمية كما فى كثير من نباتات العائلية النجيلية• وفى بعض الحالات وخاصة فى السيقان الريزومية يوجد نسيج قشرة ينتهى بالإندوديرمس ويحيط الإندوديرمس بالنسيج الأساسى الذى يحتوى على الحزم الوعائية المبعثرة•




(شكل 20/7) : قطاع عرضى فى حزمة وعائية لساق الذرة

## الحزم الوعائية

الحزم الوعائية عديدة فى القطاع ومبعثرة وقد تزداد عدداً وتصغر فى الحجم ناحية البشرة ، وتقل فى العدد وتكبر فى الحجم ناحية مركز القطاع كما فى الذرة.

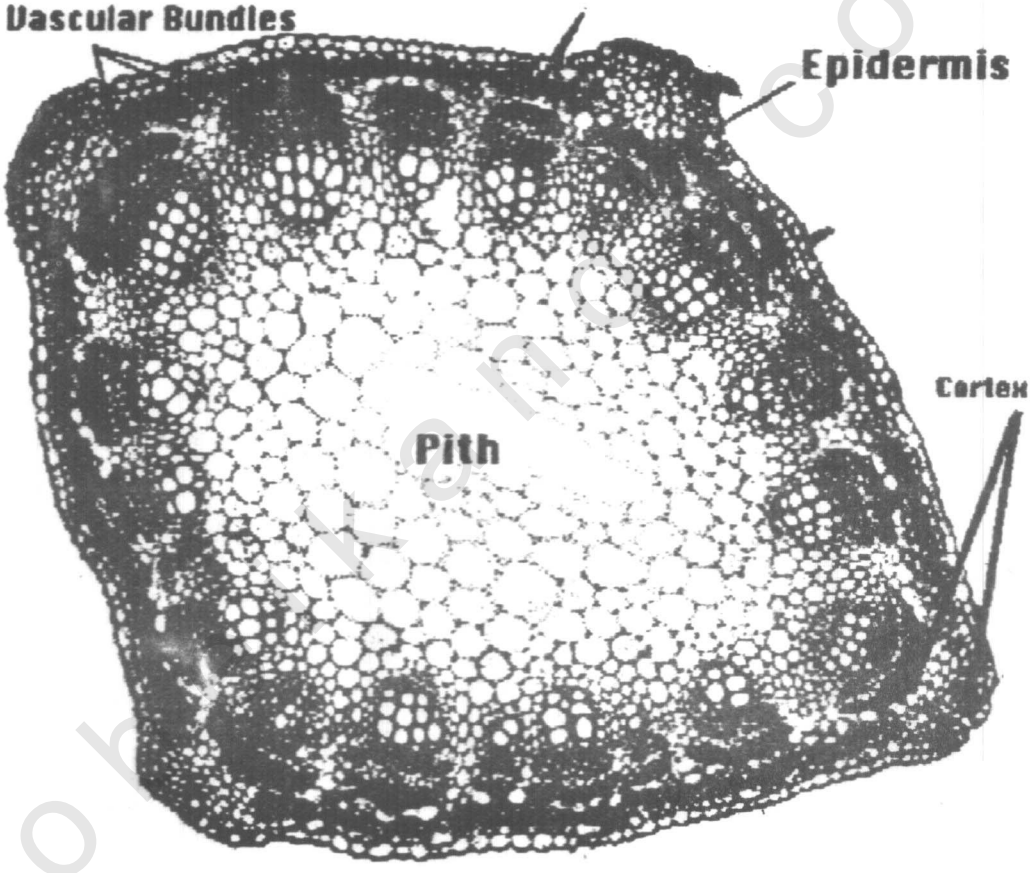
الحزم الوعائية من النوع المقفول ، أى أنها لا تحتوى على نسيج كامبيوم وعائى حزمى ، وهى عادة جانبية ، ولكنها قد تكون مركزية.

تحتوى الحزم الوعائية عادة على وحدات لحاء وخشب أقل مما تحتويه حزم السيقان ذات الفلقتين. وتتركب الحزمة الجانبية من لحاء وخشب على نصف قطر واحد ، اللحاء للخارج والخشب للداخل. يتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وقليل من الخلايا البرنشيمية ، وهو يتكون من لحاء أول للخارج منضغط أو ممزق أو غير موجود ، ولحاء تالى للداخل مميز وواضح. ويتكون الخشب من عدد محدود من أوعية الخشب مرتبة عادة على شكل حرف Y أو حرف V بحيث يشغل الخشب التالى ذراعى الحرف للخارج ، ويوجد الخشب الأول الذى قد يتكون من عدد من القصيبات الملجننة المضغوطة للدخل وذلك علاوة على الأوعية الخشبية. وقد توجد فجوة كبيرة للداخل من الخشب الأول تعرف بتجويف الخشب تنتج عن النمو السريع للساق فى الفترات الأولى من عمر النبات وتمزق بعض أوعية الخشب الأول ، وأحياناً تشاهد بقايا هذه الأوعية فى التجويف.

تغلف الحزم الوعائية فى كثير من سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة بطبقة أو أكثر من الألياف تعرف بغلاف الحزمة bundle sheath ، وقد تتصل أغلفة الحزم الخارجية بألياف النسيج الأساسى الخارجية فى حالة وجودها كما فى الذرة.

الحزم الوعائية المركزية concentric bundles قد تكون مركزية اللحاء amphivasal bundles وفيها نجد اللحاء فى مركز الحزمة ويحاط بالخشب ، وتشاهد الحزم مركزية اللحاء فى سيقان نبات الدراسينا *Dracaena* (شكل 29/7) وفى السيقان الريزومية لنبات البردى Cyperus papyrus. وقد يشاهد هذا النوع

من الحزم فى قليل من سيقان النباتات ذات الفلقتين مثل البيجونيا. وقد تكون الحزم مركزية الخشب amphicribral bundles ، وفيها يوجد الخشب فى مركز الحزمة ويحاط باللحاء ، ويوجد فى سيقان نبات الأوديا *Elodea* (شكل 2/9 أ) ، وكذلك يوجد هذا النوع ، عادة ، فى النباتات التيريدية مثل ريزوم كسيرة البئر.

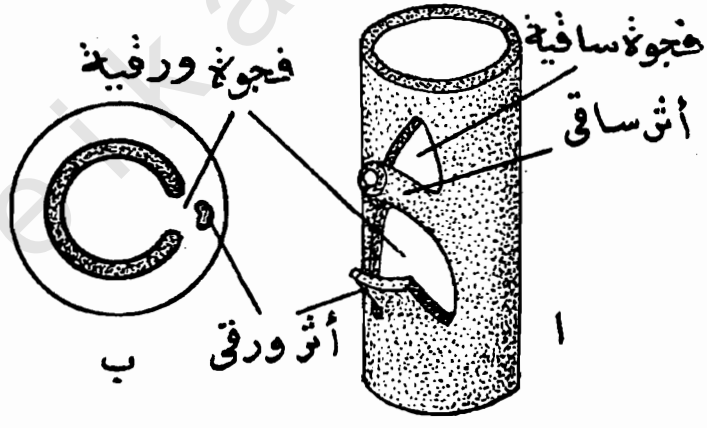



**قطاع عرضى فى ساق برسيم حجازى (ذات فلقتين)**

# الأثر الورقى والأثر الساقى

مع تكون مبادىء الأوراق تنشأ خيوط بروكامبيومية procambial strands أسفل قواعدها ، كامتداد لأنسجة وعائية أسفلها (شكل 15/7) ، تمتد تلك الخيوط داخل مبادىء الأوراق وتتشكل بداخلها ، ولهذا نجد أن الأنسجة الوعائية عند عقد الساق تنتحى وتبرز للخارج لتكون الأنسجة الوعائية للورقة ٠ وتبدأ الأنسجة الوعائية للورقة فى الظهور كتفريع لأنسجة وعائية أخرى أسفل الورقة ، وقد تمتد منطقة التفريع إلى عدة سلاميات أسفل الورقة ، ويسمى الجزء من الأنسجة الوعائية الذى يصل ما بين قاعدة الورقة ومنطقة الاشتقاق من الأنسجة الوعائية للساق بالأثر الورقى leaf trace٠ والأنسجة الوعائية التى تغذى الورقة الواحدة قد تتكون من أثر ورقى واحد ، وقد تتكون من أكثر من أثر ورقى (شكل 21/7)٠

إنحناء وبروز الأثر الورقى عند خروجه من الأنسجة الوعائية للساق إلى الورقة يحدث فصلاً للأنسجة الوعائية للساق فى تلك المنطقة ، وتتكون مكانها منطقة ذات خلايا برنشيمية تصل القشرة بالنخاع مباشرة فى النباتات ذات الفلقتين ،




**(شكل 21/7)** : الأثر الورقى والأثر الساقى

أ ) رسم مجسم لجزء من أسطوانة وعائية تبين الأثر الورقى والساقى والفجوة الورقية والساقية
ب) قطاع عرضى فى ساق يوضح الأثر الورقى والفجوة الورقية

obeikandl.com

وتسمى هذه المنطقة بالفجوة الورقية leaf gab ، ولذلك نجد فى إبط كل أثر ورقى فجوة ورقية ، فإذا كان للورقة ثلاثة آثار ورقية مثلاً فإنه يتكون فى آباطها ثلاث فجوات ورقية. وفى القطاع العرضى للساق يظهر الأثر الورقى كنسيج وعائى بارز للخارج ومنفصل عن الأنسجة الوعائية للساق ويقابل الفجوة الورقية (شكل 21/7).

كذلك فإنه عند تكون فروع جديدة فإنه يتكون لها أنسجة وعائية تظهر كتفرعات لأنسجة الساق الوعائية ويسمى الجزء من الأنسجة الوعائية الذى يصل ما بين قاعدة الفرع ومنطقة إستقاق تلك الأنسجة من الأنسجة الوعائية للساق بالأثر الساقى branch trace . ويكون لكل أثر ساقى فجوة ساقية branch gap كما فى الأثر الورقى تماماً (شكل 21/7 أ).

## التغليظ الثانوى للسيقان

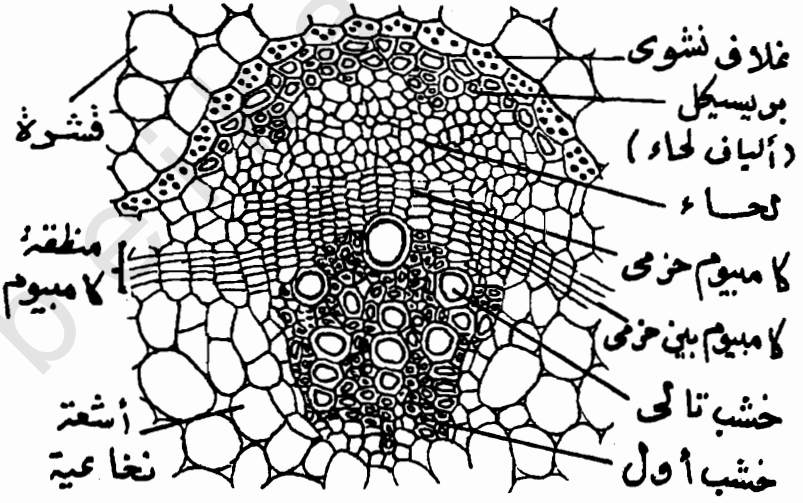
يحدث التغليظ الثانوى للسيقان فى مناطقها التى توقفت عن الاستطالة ، وذلك نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائى وتكوين أنسجة وعائية ثانوية ، ونشاط الكامبيوم الفلينى وتكوين البريديرم . يحدث التغليظ الثانوى فى سيقان النباتات عاريات البذور والنباتات ذات الفلقتين الخشبية وبعض النباتات العشبية مثل البلارجونيم *Pelargonium* ، ولا يحدث التغليظ الثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة إلا نادراً كما فى نبات الدراسينا.

### التغليظ الثانوى لسيقان النباتات ذات الفلقتين

يبدأ حدوث التغليظ الثانوى فى النباتات ذات الفلقتين بانقسام خلايا الكامبيوم الوعائى الحزمى fascicular cambium فى الحزم الجانبية . وعادة ، يحدث فى نفس الوقت أن تستعيد الخلايا البرنشيمية الموجودة بين الحزم الوعائية وفى محازاة الكامبيوم الوعائى الحزمى قدرتها على الإنقسام ، متحولة إلى خلايا كامبيوم وعائى

يعرف بالكامبيوم الوعائى بين الحزمى interfascicular cambium وتتكون نتيجة لذلك حلقة متصلة من الكامبيوم (شكل 22/7 ، 23/7)٠

تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائى المغزلية معطية لحاءاً ثانوياً للخارج وخشباً ثانوياً للداخل ، وعادة تكون كمية الخشب الثانوى المتكون أكثر من كمية اللحاء الثانوى ٠ يتكون الخشب الثانوى من أوعية وقصيبات وألياف خشب وبرنشيمية خشب ملجنن ٠ ويتكون اللحاء الثانوى من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وألياف لحاء ، وقد توجد خلايا اسكليريدية ٠ وتعطى خلايا الكامبيوم الوعائى الشعاعية أشعة برنشيمية قد تكون ضيقة وتسمى بالأشعة النخاعية medullary rays إذا نشأت بين الحزم ، وتسمى بالأشعة الوعائية vascular rays إذا نشأت داخل اللحاء الثانوى أو الخشب الثانوى ٠ وإذا نشأت هذه الأشعة الوعائية داخل اللحاء الثانوى تسمى أشعة لحاء وإذا نشأت داخل الخشب الثانوى تسمى أشعة خشب ٠ وعادة ، يكون سمك الأشعة النخاعية أكثر من سمك الأشعة الوعائية ٠ تمتد الأشعة النخاعية

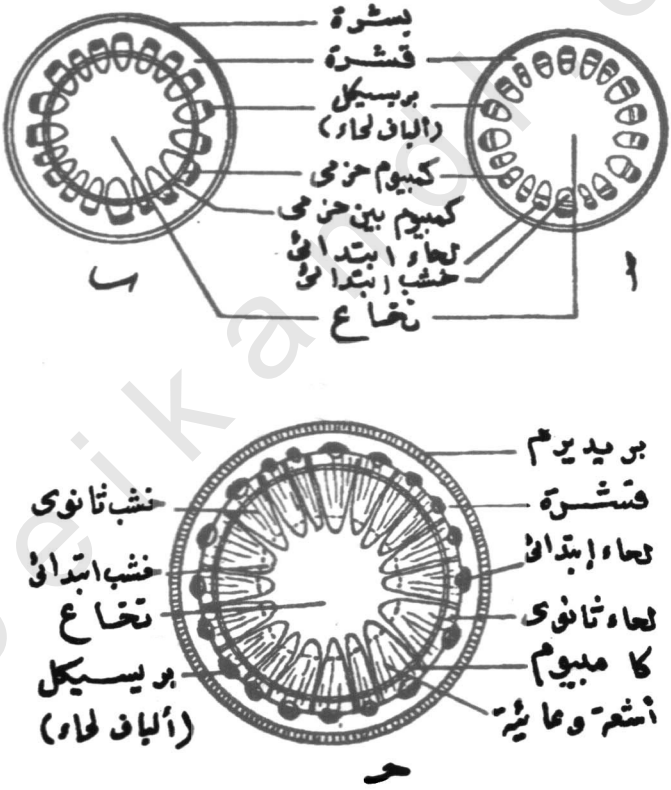



(شكل 22/7) : قطاع عرضى فى حزمة ساق تتغلظ ثانوياً

من القشرة إلى النخاع فى الساق المسن (شكل 23/7 ، 24/7) ، فى حين تنتهى الأشعة النخاعية فى الجذور المسنة مقابل الخشب الابتدائى (شكل 21/6).

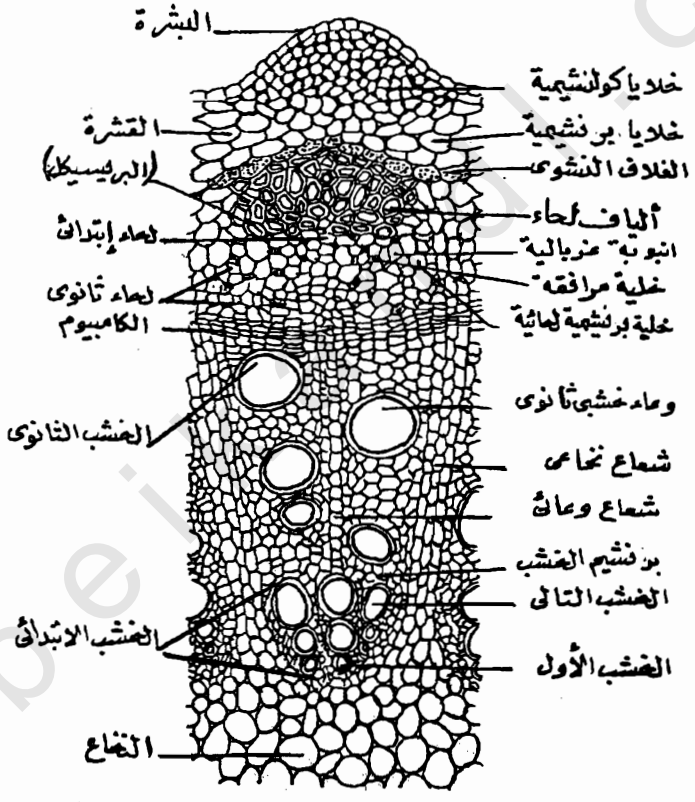
فى بعض الحالات وخاصة فى النباتات المتسلقة الخشبية مثل العنب ، لا يعطى الكامبيوم بين الحزمى لحاءاً وخشباً ، بل يعطى خلايا برنشيمية ، وبذلك فإن الحزم الوعائية تبقى واضحة بعد النمو الثانوى ويفصلها أشعة نخاعية واسعة ذات سمك ثابت.

ونظراً لتكون كل من الخشب واللحاء الثانويين يحدث زيادة فى قطر الساق . ولما كانت عناصر الخشب قوية مغلظة فإن العناصر الخشبية الإبتدائية والثانوية




(شكل 23/7) : خطوات التغليظ الثانوى فى ساق ذى فلقتين

لا تنضغط تحت تأثير الزيادة فى قطر الساق مما يتحتم معه زيادة فى محيط حلقة الكامبيوم ، ويتم ذلك بإحدى طريقتين ، فى الطريقة الأولى تنقسم بعض خلايا الكامبيوم بجدر عمودية على محيط الكامبيوم يتبعه نمو الخلايا الناتجة إلى أحجامها الأصلية ، وفى الطريقة الثانية ، تنقسم خلايا الكامبيوم بجدر محيطية ، ثم تذوب الصفيحة الوسطى بين كل خليتين ناتجتين عن الإنقسام ، ثم تنزلق إحدى الخليتين على الأخرى حتى تصبح مجاورة لها فى إتجاه محيطى بعد أن كانت مجاورة لها فى إتجاه قطرى.




**(شكل 24/7) : جزء من قطاع عرضى تفصيلى**
**فى ساق نبات ذى فلقتين مسن (مغلظ ثانوياً)**

obeikan.com

يؤثر الضغط الواقع على أنسجة الساق نتيجة النمو فى السمك على الأنسجة الموجودة خارج الكامبيوم فيدفع اللحاء الابتدائى للخارج ، وعادة ، تتمزق خلاياه الرقيقة الجدر وتفقد قدراتها الوظيفية ، وتبقى الألياف . أما خلايا القشرة وكذلك النخاع فقد تبقى حية لعدة سنين . خلايا البشرة والقشرة قد تستعيد قدرتها على الإنقسام متحولة إلى خلايا مرستيمية تنقسم بجدر عمودية على السطح لتقابل الزيادة فى سمك الساق . وكثيراً ما تتمزق البشرة ويحل محلها نسيج البريديرم الذى ينشأ ، عادة ، من أول طبقة خارجية من نسيج القشرة التى تتحول إلى كامبيوم فلينى وقد يبقى البريديرم سطحياً لعدة سنوات كما فى المخروطيات . ولهذا تنقسم خلايا القشرة أسفله لتقابل الزيادة فى السمك ، ونتيجة لاستمرار الزيادة فى السمك يتمزق البريدرم باستمرار ويتكون كمبيوم فلينى آخر من طبقات القشرة السفلى ، وهكذا من طبقات أعمق . وقد يتكون الكامبيوم الفلينى من اللحاء كما فى القرنفل والعنب ، وفى هذه الحالة نجد أن البشرة والقشرة والجزء الخارجى من اللحاء تتمزق وتسقط.

وينتج عن التغليظ الثانوى تكون حلقات نمو سنوية ، ولذلك فالأجزاء السفلى من الساق المسنة تحتوى على عدد من الحلقات أكثر من الأجزاء العليا لنفس الساق، ورغم ذلك فنجد أن الكامبيوم الوعائى فى الساق متصل طولياً فى أجزاء الساق المختلفة . فالكامبيوم الوعائى فى ساق عمره ثمانى سنوات أى أن به ثمانى حلقات نمو فى قاعدته ، متصلة بالكامبيوم أعلاه حيث يقل عمر أجزاء الساق كلما إتجهنا إلى أعلى إلى أن يصل إلى قرب القمة حيث يتصل بكامبيوم الساق الحديثة التى لم يحدث بها نمو فى السمك . كذلك فإنه يوجد إتصال مستمر فى أنسجة الساق الناقلة، فالأنسجة الوعائية الابتدائية الموجودة فى قمة الساق تتصل بالأنسجة الوعائية الثانوية الخارجية للأجزاء المسنة أسفلها . ويساعد هذا الاتصال على سهولة نقل الماء والعناصر الغذائية المختلفة خلال نسيج الخشب دون عقبات من أسفل الشجرة إلى أعلاها ، كما يساعد هذا الإتصال على نقل الغذاء العضوى المجهز فى الأوراق إلى أسفل خلال نسيج اللحاء.

## التغليظ الثانوى الشاذ فى نباتات ذات الفلقتين

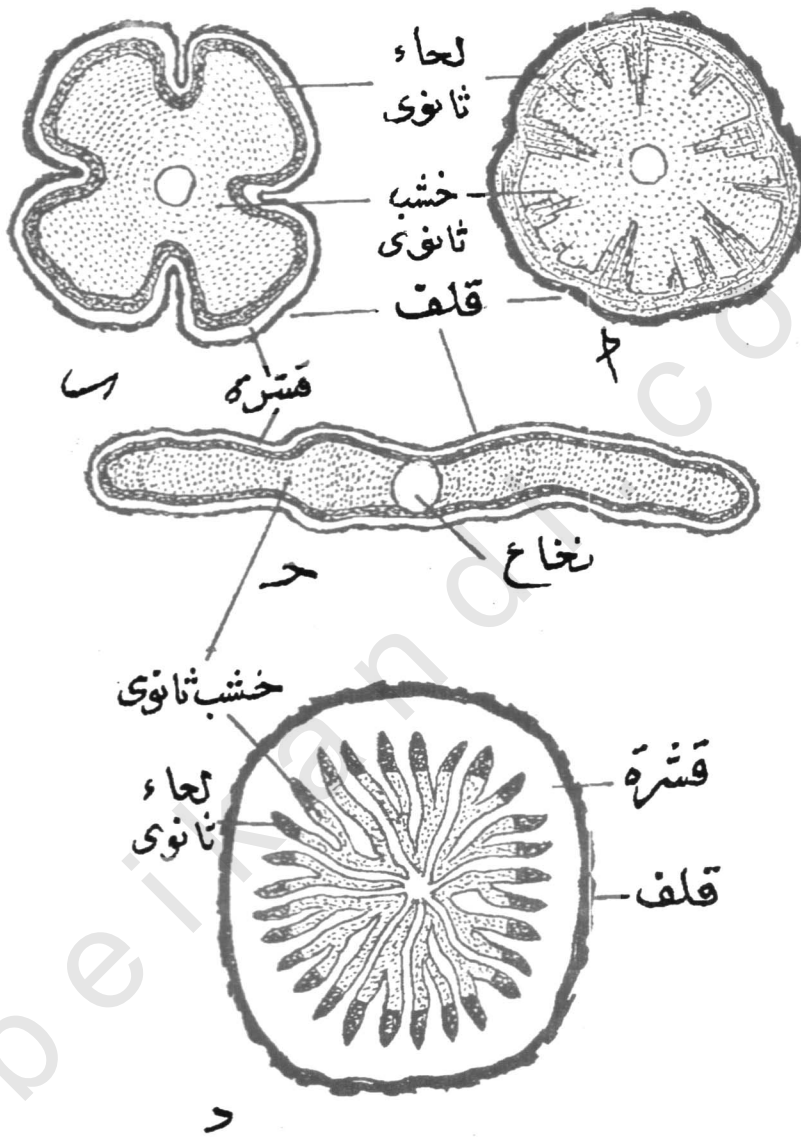
قد يحدث التغليظ الثانوى فى النباتات ذات الفلقتين بطرق أخرى غير التى ذكرت سابقاً ٠ ففى كثير من نباتات العائلة البجنونية Fam, Bignoniaceae نجد أن حلقة الكامبيوم تعطى فى بعض أجزائها كميات متساوية من الخشب الثانوى واللحاء الثانوى ، وتعطى فى أجزاء أخرى كميات كبيرة من الخشب الثانوى وكميات قليلة من اللحاء الثانوى ، كما تعطى فى أجزاء أخرى كميات قليلة من الخشب الثانوى وكميات كبيرة من اللحاء الثانوى ، ولذلك تكون حلقة الكامبيوم الوعائى الناتجة متعرجة كما يصبح الخشب الثانوى مفصصاً (شكل 25/7 أ)٠

وفى بعض أنواع البوهينيا *Bauhinia* يتوقف نشاط الكامبيوم الوعائى فى بعض مناطقه ويصبح الساق شريطياً (شكل 25/7 جـ) ، وفى بعض أنواعه الأخرى يقل نشاط الكامبيوم الوعائى فى بعض المناطق دون الأخرى ويتكون ساق ذات حزوز عميقة (شكل 25/7 ب)٠

وفى نبات أريستولوخيا *Aristolochia* ، وهو نبات غالبية أنواعه ذات سيقان متسلقة بالالتفاف ، يتغلظ الساق تغليظاً عادياً ، ولكن تكون أجزاء من الكامبيوم الوعائى خلايا برنشيمية وبكميات كبيرة على هيئة أشعة مسببة تجزؤ الأسطوانة الوعائية بدرجة كبيرة (شكل 25/7)٠

## النشاط الموسمى للكامبيوم الوعائى

يكون الكامبيوم الوعائى فى الأشجار النامية فى المناطق المعتدل والباردة ساكناً فى الشتاء ونشطاً فى الربيع ٠ ويرجع نشاط الكامبيوم فى الربيع إلى نشاط البراعم ، حيث أن نشاط البراعم فى الربيع ينتج عنه تكون هرمونات بكميات كبيرة وتنتقل هذه الهرمونات إلى الكامبيوم مسببة نشاطه ٠ وينتج عن نشاط الكامبيوم فى الربيع زيادة فى كل من الخشب واللحاء الثانويين وكذلك فى الأشعة النخاعية والوعائية٠




(شكل 25/7) : أنواع من التغليظ الثانوى الشاذ لسيقان نباتات ذات فلقتين

أ) بجنونيا ب ، جـ) نوعان من يوهينيا د) أريستولوخيا

obeikandl.com

ويحدث نشاط الكامبيوم الوعائى على مرحلتين • فى المرحلة الأولى تكبر خلايا الكامبيوم فى إتجاه قطرى وتصبح الجدران القطرية رقيقة ، وفى هذه المرحلة يكون الكامبيوم حساساً لضرر الصقيع • وتحدث المرحلة الثانية بعد أسبوع إلى عدة أسابيع من المرحلة الأولى وفيها تنقسم الخلايا بجدر محيطية •

أثناء فترات السكون تتغلظ جدران خلايا الكامبيوم الوعائى ، كما أن منطقة الكامبيوم تكون ضيقة مع عدم أو وجود قليل من أنسجة الخشب واللحاء المتشكلة•

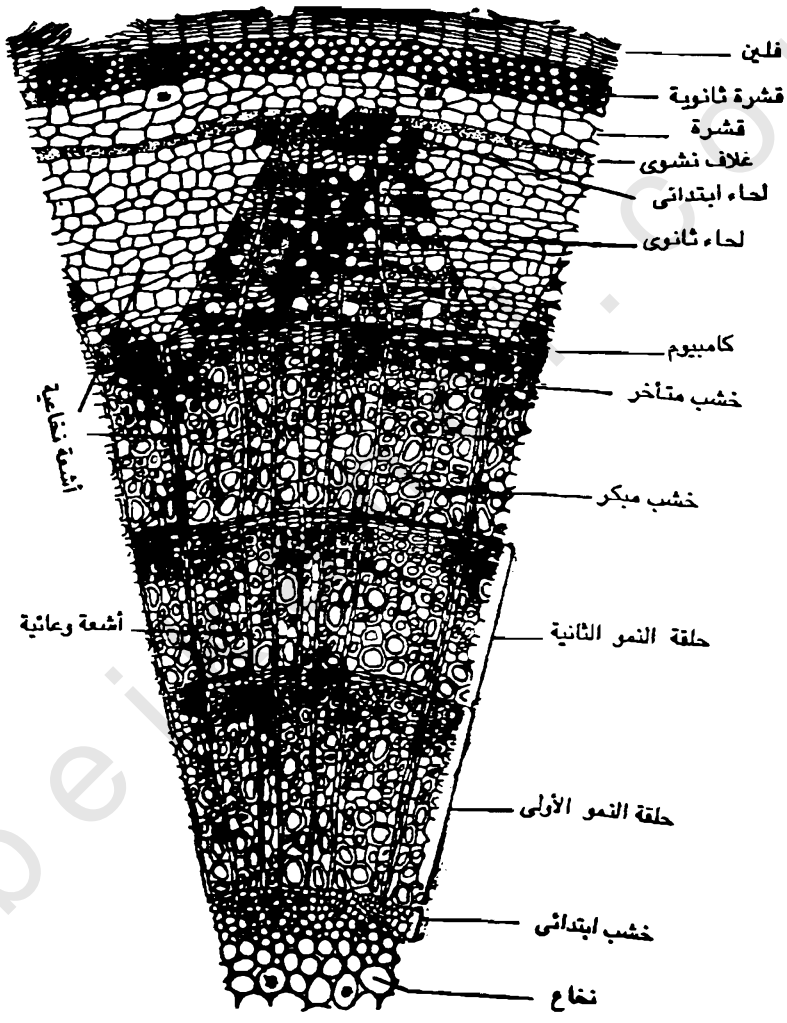
ويعزو البعض توقف نشاط الكامبيوم شتاءاً إلى قصر فترة الإضاءة كما فى نبات روبينيا .*Robinia* sp ، ويعزو البعض الآخر ذلك إلى برودة الجو•

## حلقـــات النمـــو

تظهر حلقات النمو growth rings فى سيقان النباتات الخشبية المعمرة النامية فى المناطق المعتدلة والباردة عند قطع سيقانها عرضياً ، بشكل حلقات مركزية متداخلة من الخشب الثانوى • وعادة يتكون فى كل سنة حلقة واحدة ولهذا تسمى بالحلقات السنوية annual rings ، إلا أنه من الممكن أن تتكون فى السنة الواحدة أكثر من حلقة واحدة ، وذاك نتيجة للتغير فى الظروف البيئية ، ولهذا فيفضل تسميتها بحلقات النمو ، ففى أشجار البلوط .*Quercus* sp يبدأ نمو البراعم فى الربيع وتتكون حلقة نمو ، وأحياناً تنشط براعم الأشجار مرة أخرى فى أواخر الصيف فتتكون حلقة نمو أخرى فى نفس السنة ، وتسمى الحلقة الثانية بالحلقة الكاذبة ، ويمكن تمييزها عن الحلقة الأولى بأن مكوناتها أقل تحديداً من مكونات الحلقة الأولى•

وتؤثر ظروف البيئة مثل الحرارة والبرودة ، والجفاف والرطوبة ، والتغيير فى ظروف الصرف ، وبعض العمليات الزراعية كالتقليم الشديد على تكوين حلقات النمو • وبذلك فإن حلقات النمو تعتبر شاهداً على الظروف التى مرت بها الشجرة • ويختلف سمك حلقة النمو فى النبات الواحد ، وكذلك قد يختلف السمك فى الأجزاء المختلفة من الحلقة الواحدة•

وعموماً ، فإن حلقات النمو السنوية ترجع إلى التغيير العام للظروف البيئية على مدار السنة ، ففى الربيع مع نشاط البراعم ينشط الكامبيوم الوعائى ويكون الخشب المبكر early wood والذى يسمى أيضاً بالخشب الربيعى spring wood ، ويمتاز




(شكل 26/7) : جزء من قطاع عرضى فى ساق ڤيزفون *Tilia* مسن

هذا الخشب بأوعيته الخشبية الواسعة ذات الجدر الرقيقة نسبياً ، وبكثرة خلاياه البرنشيمية ، وفى الصيف بعد تمام تكشف البراعم إلى أفرع خضرية وأفرع زهرية يقل نشاط الكامبيوم ويتكون الخشب المتأخر late wood والذى يسمى أيضاً بالخشب الصيفى summer wood ويمتاز هذا الخشب بأوعيته الخشبية الضيقة وجدرها المغلظة بشدة وبكثرة أليافه. أما فى الخريف والشتاء حيث الظروف البيئية غير ملائمة بتاتاً للنمو فإن نشاط الكامبيوم الوعائى يتوقف تقريباً ويقف تكوين أنسجة ثانوية جديدة.

يحدث الإنتقال من الخشب المبكر إلى الخشب المتأخر تدريجياً ، مما يصعب معه تحديد حد فاصل بين كل منهما ، ولكن يوجد حد فاصل بين الخشب المتأخر لنمو سنة مع الخشب المبكر لنمو السنة التالية. ويعتبر مجموع النمو فى الخشب الثانوى المبكر والمتأخر الناتج عن سنة واحدة حلقة نمو سنوية ، أما عن اللحاء الثانوى فنادراً ما يلاحظ به حلقات نمو (شكل 26/7).

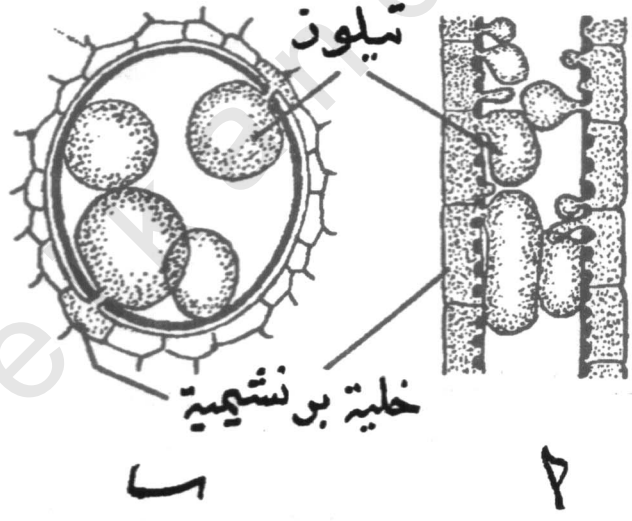
## الخشب الصميمى والخشب العصيرى

فى كثير من النباتات الخشبية تؤدى الأوعية الخشبية وظيفتها لسنة واحدة ، وأحياناً يستمر ذلك لعدة سنوات قليلة ، بعدها تفقد وظيفتها ، والخشب الحديث الذى يوجد فى حلقات النمو الخارجية يكون أفتح لوناً وأنعم ملمساً عن الخشب المسن الذى يوجد فى حلقات النمو الداخلية.

ويعرف الخشب الخارجى الفاتح اللون بالخشب الرخو أو الخشب العصيرى sap wood ، كما يعرف الخشب الداخلى الداكن اللون بالخشب الصميمى hard wood. والجزء الخارجى فقط من الخشب العصيرى هو الذى يقوم بوظيفة نقل الماء والغذاء من الجذر إلى باقى أجزاء النبات كما تحافظ خلاياه البرنشيمية على حيويتها ، ويتكون الخشب الصميمى من أنسجة كلها ميتة محتوية على أصباغ وصموغ وتانينات ومواد راتنجية ، تعطى الخشب لونه الداكن (شكل 28/7 أ).

وهذه المواد تحمى الخشب من التحلل بفعل الكائنات المرضية ، كما تزيد من قوة تحمل الخشب ، وفى بعض الأحيان لا يحتوى الخشب الصميمى على هذه المواد المطهرة والمانعة للعفن فيتعفن قلب الشجرة كما فى أشجار الصفصاف المسنة وأشجار الفلفل ذو الورق العريض *Schinus terebinthifolius* .

تنسد الأوعية الخشبية ، غالباً ، فى الخشب الصميمى والخشب العصيرى الداخلى الذى فقد وظيفته بانتفاخات بالونية الشكل تعرف بالتيلوزات tyloses ، تنتج عن امتداد جدر الخلايا البرنشيمية الملاصقة للأوعية الخشبية ونفاذها عبر تجاويف النقر إلى تجاويف الأوعية الخشبية (شكل 27/7). أثناء تكوين التيلوز يتمدد غشاء النقر الموجود بين الخلية البرنشيمية والوعاء الخشبى إلى داخل الوعاء ، ويتبع ذلك ، عادة ، هجرة نواة الخلية وجزء من السيتوبلازم إلى التيلوز ، تختزن التيلوزات المواد غير الحية ، وقد يتكون لها جدر ثانوية ، وقد تتحول إلى خلايا اسكليريدية وعادة لا تتكون التيلوزات إذا قل قطر فتحة النقرة جهة الوعاء عن



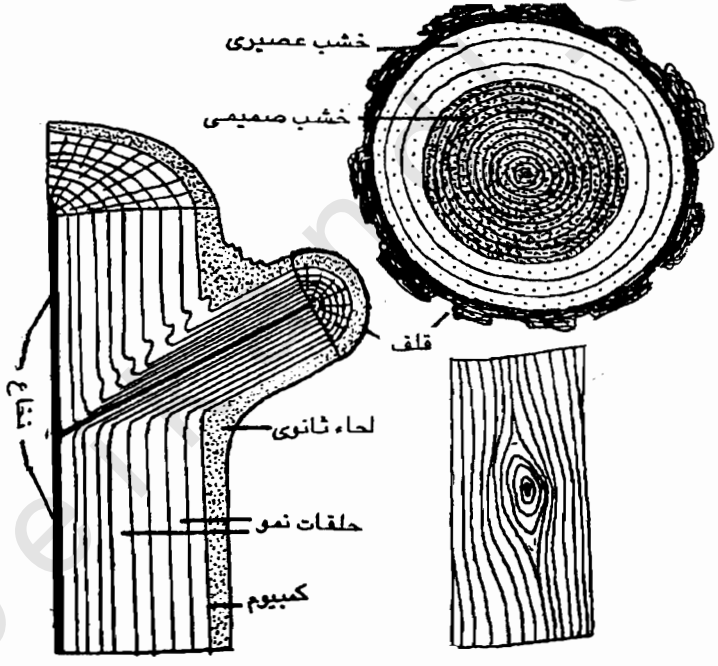

(شكل 27/7) : التيلوزات

أ ) قطاع طولى فى وعاء خشبى يبين التيلوزات
ب) قطاع عرضى فى وعاء خشبى يبين التيلوزات

عشرة ميكرونات . ومن النباتات التى تكون التيلوزات بكثرة ، البلوط والتوت والعنب .

وتسبب كثرة وجود التيلوزات غلق الأوعية الخشبية وتقليل نفاذية الخشب ، ولهذا يستخدم الخشب الذى يكثر به التيلوزات فى صناعة البراميل حيث لا ينفذ هذا الخشب الماء والسوائل.

تتكون التيلوزات أيضاً عند حدوث جروح ، وكذلك عند وجود بعض مسببات الأمراض النباتية.




**(شكل 28/7) : قطاعات فى سيقان مسنة**

**أ ) قطاع عرضى يبين الخشب الصميمى والخشب العصيرى**
**ب) قطاع طولى مماسى يبين عقدة والتجزيع بالخشب**
**جـ) قطاع طولى فى ساق وفرع يبين حلقات النمو**

## العقـــد فى الخشـــب

عقد الخشب knots هى قواعد أفرع النبات الموجودة فى الخشب الثانوى للساق ، والتى تظهر فى القطاع الطولى المماسى بشكل حلقات مركزية متداخلة محاطة بالخشب الثانوى للساق الأصلية بشكل خطوط مموجة تعرف بتجزيع أو تموج الخشب (شكل 28/7 ب)٠

يحدث تكوين العقد أثناء التغليظ الثانوى للساق ، فعند إضافة خشب ثانوى للساق ، يصحبه إضافة كميات قليلة من الخشب الثانوى للأفرع ، وباستمرار إضافة نموات سنوية من الخشب الثانوى يزداد دفن قواعد الأفرع فى الخشب الثانوى للساق ، ولا تضاف حلقات جديدة للأفرع الحية إلا فى أجزائها الخارجية فقط ولا تضاف للأجزاء المدفونة منها ولذلك نجد أن الجزء المدفون من خشب الفرع فى الساق له شكل مخروطى قمته هى نسيج النخاع (شكل 28/7 جـ)٠ إذا مات الفرع أثناء التغليظ الثانوى للساق ، يغطى النمو فى السمك قاعدة الفرع الميت ، وتبقى قاعدة الفرع مدفونة فى الساق ، ولذلك فإنه عند عمل ألواح خشبية من ساق كان بها أفرع ميتة ، فإن عقد الأفرع الميتة تكون سهلة الإنفصال عن خشب الساق ويعتبر ذلك من عيوب الخشب ، أما عقد الأفرع الحية فتكون ملتصقة بشدة بخشب الساق ، وهذا النوع الأخير من الخشب هو الذى يصلح لصناعة الأثاث٠

## اندمال الجروح والتطعيم

عند حدوث جرح فى نبات يتغلظ ثانوياً ، فإن بعض الخلايا البرنشيمية الموجودة بالقرب من منطقة الجرح تنشط وتتحول إلى خلايا مرستيمية تعطى نسيج برنشيمى يعرف بالكالس callus يغطى السطح المقطوع ٠ قد تتسور خلايا الكالس لتحمى السطح المقطوع ، وقد تنشأ الخلايا المرستيمية عن نشاط الكامبيوم الوعائى ، أو قد تستعيد بعض الخلايا البرنشيمية أسفل منطقة الجرح نشاطها المرستيمى مكونة كامبيوم فلينى ومؤدية إلى تكوين نسيج بريديرم٠

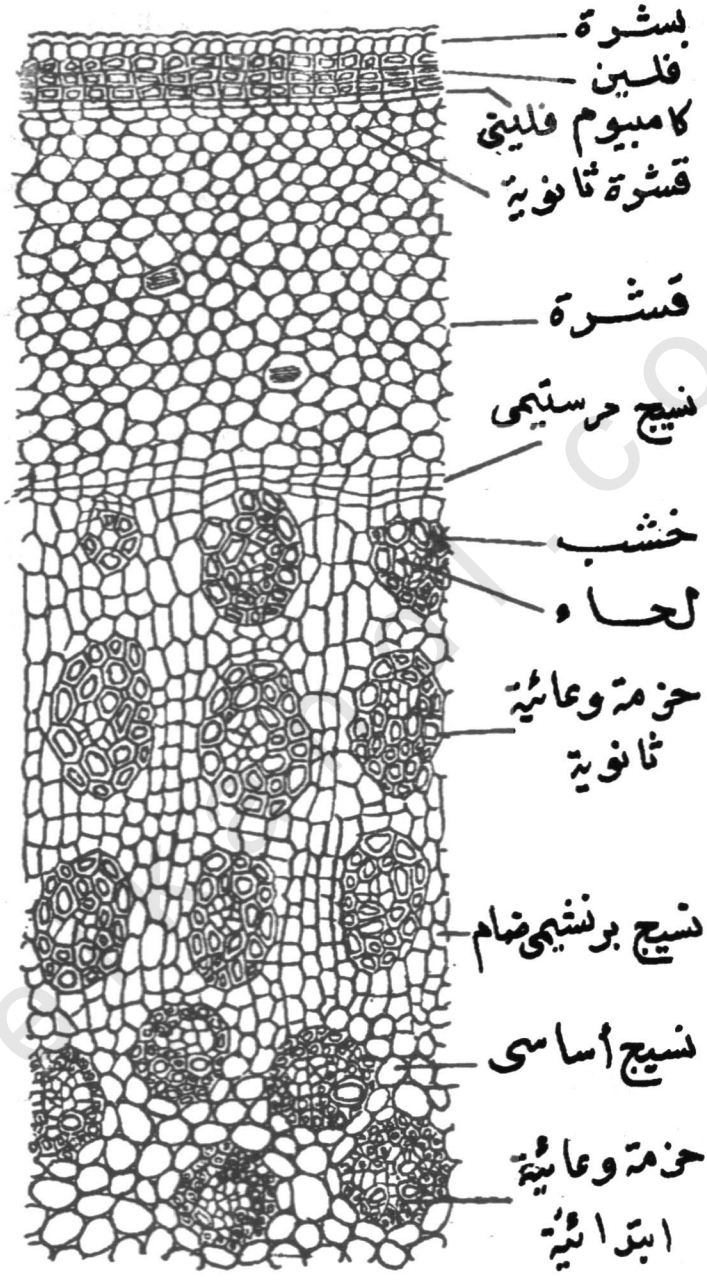
فى حالة حدوث جرح فى أجزاء نباتية لا تتغلظ ثانوياً مثل الأوراق والأفرع الصغيرة ، يكون النبات مركبات خاصة تحمى السطح المقطوع من الجفاف ومن الأضرار الخارجية ، ثم يعقب ذلك تكون البريديرم من الخلايا الحية أسفل السطح المقطوع.

وعملية التطعيم تعتمد على خاصية تكوين الكالس فى الجروح الحديثة لكل من الأصل والطعم . فعند ملامسة جرح الأصل لجرح الطعم يملأ الكالس الناشىء من كل من الأصل والطعم المنطقة ما بين الأصل والطعم ، ثم يتصل كامبيوم الأصل مع كامبيوم الطعم نتيجة لتحول بعض خلايا الكالس إلى خلايا كامبيوم . ينقسم الكامبيوم مكوناً أنسجة وعائية تؤدى إلى ربط الأصل مع الطعم تماماً . لهذا فإن وضع كامبيوم الطعم ملامساً لكامبيوم الأصل يزيد من فرص نجاح عملية التطعيم . ومن المشاكل العامة ، عدم توافق الأصل والطعم ، إما نتيجة لعدم تكون الكالس أو عدم تكون أنسجة وعائية من نسيج الكالس .

## التغليظ الثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة

لا يحدث تغليظ ثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة إلا فى حالات خاصة ، وتحدث الزيادة فى السمك فى النباتات التى لا تتغلظ ثانوياً أثناء النمو الطولى للنبات . وعند توقف النبات فى الطول فإن الزيادة التى قد تحدث فى السمك تكون ضئيلة وتنتج عن إنقسام وكبر الخلايا البرنشيمية للنسيج الأساسى.

يحدث التغليظ الثانوى فى قليل من نباتات الفلقة الواحدة مثل الدراسينا *Draecena* واليوكا *Yucca* والصبار *Aloe* . تتكون الساق الحديثة لهذه النباتات من بشرة وقشرة ثم نسيج أساسى مكون من خلايا برنشيمية مبعثر فيها حزم وعائية . وعند حدوث التغليظ الثانوى تستعيد الطبقات الداخلية من القشرة قدرتها على الإنقسام فتتكون طبقة مرستيمية عريضة من الجزء الداخلى من القشرة تحيط بالحزم الإبتدائية . وتنتظم الخلايا المرستيمية بشكل صفوف قطرية ، وينتج الصف




(شكل 29/7) : جزء من قطاع عرضى فى ساق الدراسينا المسن

الواحد من إنقسام ثلاث إلى أربع خلايا برنشيمية . لا تعطى الخلايا المرستيمية حشب للداخل ولحاء للخارج مثل خلايا الكامبيوم الوعائى ولكن تتشكل وتعطى للداخل حزم وعائية ثانوية كاملة مرتبة فى صفوف عادة ، وتكون الحزم الوعائية منغمسة فى نسيج برنشيمى ملجنن يسمى النسيج الضام conjunctive tissue وتتشكل الخلايا المرستيمية وتعطى للخارج خلايا برنشيمية تعتبر قشرة ثانوية.

الحزم الوعائية الإبتدائية والثانوية فى ساق الدراسينا حزم مركزية اللحاء ، وتتكون الحزمة من حلقة خارجية من الخشب ولحاء فى المركز ، والخشب يتكون فقط من قصيبات وبرنشيمية ملجننة .

ونتيجة للضغط الواقع على البشرة عند حدوث التغليظ الثانوى يتكون كامبيوم فلينى من خلايا تحت البشرة ، ويتكون البريديرم ليقابل الزيادة فى سمك الساق (شكل 29/7).

التغليظ الثانوى فى جذر الدراسينا يحدث بنفس الطريقة حيث تتكون خلايا مرستيمية من آخر طبقات القشرة قبل الأندوديرمس .

obeikandl.com

# منطقة الانتقال بين الجذر والساق

أظهرت الدراسات عن تشريح كل من الجذر والساق وجود اختلافات كبيرة فى تركيب وتوزيع الأنسجة الوعائية لكل من الجذر والساق لنفس النبات ، ونظراً لاتصال الأنسجة الوعائية فى الجذر بمثيلاتها فى الساق كان لابد من وجود منطقة وسطية بين الجذر والساق يحدث فيها تغيير إتجاه وموضع أنسجة كل من الخشب واللحاء تعرف بمنطقة الإنتقال transition zone • ويمكن دراسة ذلك بعمل قطاعات عرضية على مستويات مختلفة فى منطقة الإنتقا ل التى تكون عادة فى منطقة السويقة الجنينية السفلى • وعادة تكون هذه المنطقة قصيرة يتراوح طولها من أقل من ملليمتر واحد إلى حوالى ثلاثة ملليمترات ، وقد تصل فى حالات نادرة إلى عدة سنتيمترات تبعاً لنوع النبات • فى منطقة الإنتقال فى النباتات ذات الفلقتين والنباتات ذات الفلقة الواحدة تحدث تغييرات هامة (شكل 30/7) أهمها ما يأتى :

1- تغيير وضع الخشب واللحاء بعد أن كانا متجاورين محيطياً فى الجذر ليصبحا متجاورين قطرياً فى الساق•

2- تغيير وضع الخشب الأول والتالى فبعد أن كان الخشب الأول خارجى فى الجذر أصبح داخلى فى الساق•

3- منطقة النخاع بعد أن كانت ضيقة أومعدومة فى جذور النباتات ذات الفلقتين أصبحت متسعة فى الساق•

4- قد يحدث تغيير فى عدد الحزم فى كل من الساق والجذر•

ويحدث التغيير أثناء الإنتقال من الجذر إلى الساق بطرق مختلفة نذكر منها طريقتين :

**الطريقة الأولى :** فى هذه الطريقة يكون عدد حزم الساق (شكل 30/7 هـ) ضعف عدد حزم الجذر (شكل 30.7 أ) ، وتحدث فى نباتات القرع والفاصوليا وأبو خنجر•

فى الأجزاء السفلى من منطقة الإنتقال تستطيل كتل اللحاء وتنقبض كل منها فى منتصفها ، وتتجزأ كل من كتل الخشب إلى جزئين بحيث يتباعد الخشب التالى جانبياً ويبقى الخشب الأول فى موضعه (شكل 30/7 ب) • على مستوى من منطقة الإنتقال أعلى من السابق ، يتم إنقسام كل كتلة من كتل اللحاء إلى كتلتين وبذلك يصبح عدد كتل اللحاء ضعف عددها فى الجذر ، يتباعد جزئى كل كتلة لحاء جانبياً ، ويزداد إنفراج الخشب التالى (شكل 30/7 جـ) • على مستوى من منطقة الإنتقال أعلى من السابق يتم إنفصال الخشب الأول ويزداد إنحناء أذرع الخشب

(شكل 30/7) : منطقة لانتقال بين الجذر والساق

ا ـ هـ) فى نبات الفاصوليا  ا ا - هـ هـ) فى نبات بسلة الزهور

وبذلك يصبح عدد أذرع الخشب ضعف عددها الأصلى (شكل 30/7 د) ٠ وفى مستوى أعلى تتم خطوات الإنتقال بأن تكمل أذرع الخشب المنشقة دورانها ، ويصبح الخشب الأول للداخل فى الساق بعد أن كان للخارج فى الجذر وتصبح عدد الحزم الوعائية فى الساق ضعف عددها فى الجذر (شكل 30/7 هـ)٠

**الطريقة الثانية** : فى هذه الطريقة يكون عدد حزم الساق (شكل 30.7 هـ هـ) مساو لعدد حزم الجذر (شكل 30/7 ا ) ، وتشاهد هذه الطريقة فى نباتات البرسيم الحجازى وبسلة الزهور ٠

وفى الأجزاء السفلى من منطقة الإنتقال تستطيل كتل اللحاء وتنقبض كل منها فى منتصفها ، ويلتوى كل من أذرع الخشب حول نفسه (شكل 30/7 ب ب) ٠ وفى مستوى أعلى من منطقة الإنتقال يتم إنقسام كل كتلة لحاء إلى كتلتين وبذلك يصبح عدد كتل اللحاء ضعف عددها فى الجذر ، كما يزداد التفاف أذرع الخشب (شكل 30/7 جـ جـ)٠ وعلى مستوى أعلى يزداد تحرك كل من كتل اللحاء الناتجة عن الإنقسام ناحية أذرع الخشب وتلتحم كل اثنين معاً جانبياً (شكل 30/7 د د) ، وبذلك يعود عدد كتل اللحاء إلى عدده الأصلى ، وتنتج كل كتلة لحاء فى الساق من نصفى كتلتين من لحاء الجذر ٠ وفى مستوى أعلى من الساق تتم خطوات الإنتقال بأن تتم أذرع الخشب دورانها 180 ° بحيث يكون الخشب على نصف قطر واحد مع اللحاء (شكل 30/7 هـ هـ) ، بعد أن كان متبادلاً معه فى الجذر ٠

obeikandl.com

# مقارنة بين تشريح سيقان النباتات ذات الفلقتين والنباتات ذات الفلقة الواحدة

تختلف السيقان ذات الفلقتين عن السيقان ذات الفلقة الواحدة تشريحياً ، ويمكن تلخيص هذه الإختلافات فى الآتى :

1- يتميز النسيج الأساسى فى سيقان النباتات ذات الفلقتين إلى قشرة ونخاع وأشعة نخاعية ، فى حين أن النسيج الأساسى لا يتميز إلى أجزاء فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ، إلا فى حالات خاصة حيث توجد قشرة مميزة ثم نسيج أساسى .

2- توجد طبقة بريسيكل فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ولا توجد فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة . ولو أن البعض يعتقد فى عدم وجود البريسيكل فى سيقان ذات الفلقتين .

3- الحزم الوعائية مرتبة فى دائرة أو دائرتين فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ، ومبعثرة عادة فى ذوات الفلقة الواحدة.

4- الحزم الوعائية مفتوحة أى تحتوى على كامبيوم فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ، ومقفولة أى لا تحتوى على كامبيوم فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة.

5- أوعية الخشب فى الحزم الوعائية مرتبة فى صفوف قطرية فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ، ومرتبة عادة على شكل حرف Y أو V فى سيقان النباتات ذات افلقة الواحدة .

6- لا يوجد للحزم الوعائية غلاف من الألياف ، عادة فى النباتات ذات الفلقتين، فى حين يوجد للحزم الوعائية غلاف من الألياف ، عادة ، فى ذواة الفلقة الواحدة .

7- يحدث تغليظ ثانوى فى كثير من النباتات ذات الفلقتين ، بينما يكون نادراً فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ، وإذا حدث فيكون بطريقة مختلفة عنه فى ذوات الفلقتين ٠

## مقارنة بين تشريح الجذور والسيقان

1- البشرة فى الجذور قصيرة العمر ، وتكون ، عادة ، شعيرات جذرية ، وعندما تتلاشى يحل محلها طبقة الاكسوديرمس ، فى حين تستديم البشرة فى السيقان التى لا تتغلظ ثانوياً ، ولا تزول إلا فى بعض حالات التغليظ الثانوى ، وقد توجد عليها زوائد بشرة ٠

2- لا تحتوى بشرة الجذور على ثغور بينما تحتوى بشرة السيقان على ثغور ٠

3- القشرة فى جذور النباتات ذات الفلقتين عريضة وتتكون ، عادة ، من خلايا برنشيمية خالية من البلاستيدات الخضراء ، فى حين تكون القشرة فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ضيقة وقد تتكون من خلايا برنشيمية وكلورنشيمية وكولنشيمية ٠

4- تنتهى القشرة من الداخل فى الجذور بالأندوديرمس المميز بشريط كاسبار ، فى حين لا يوجد الأندوديرمس ، عادة ، فى السيقان وقد يوجد بدلاً منه الغلاف النشوى ٠

5- يتكون البريسيكل فى الجذور من صف واحد من خلايا رقيقة الجدر فى حين يتكون ، عادة ، فى سيقان النباتات ذات الفلقتين من كتل من خلايا اسكلرنشيمية خارج الحزم الوعائية ٠

6- الحزم الوعائية فى الجذر قطرية ، وفى الساق جانبية غالباً ٠

7- الجذر خارجى الخشب الأول فى حين أن الساق داخلى الخشب الأول ٠

**8- الخشب الإبتدائى متبادل مع الخشب الثانوى فى الجذر المسن ، فى حين يكون الخشب الإبتدائى على إمتداد الخشب الثانوى فى الساق المسن.**

**9- لا يتميز الخشب الثانوى فى الجذور المسنة إلى حلقات سنوية ، فى حين أنه يتميز إلى حلقات سنوية فى كثير من السيقان المسنة.**

**10- النخاع فى جذور ذوات الفلقتين ضيق وقد يكون الجذر مصمتاً ، فى حين أن النخاع فى سيقان ذات الفلقتين متسع وقد يكون الساق أجوفاً.**

**11- الأشعة الرئيسية فى الجذر المسن تقابل حزم الخشب الإبتدائى ، فى حين أن الأشعة النخاعية تمتد من القشرة إلى النخاع فى الساق المسن.**

12- الأنسجة الدعامية فى الجذر متمركزة فى وسط القطاع لتتحمل الجذور الشد ، فى حين تكون تلك الأنسجة موزعة خارجياً بالقطاع لتتحمل السيقان الإنحناء والثنى.

13- تنشأ الجذور الجانبية داخلياً من البريسيكل ، فى حين تنشأ أفرع الساق خارجياً من المرستيم المحيطى.

14- ينشأ الكامبيوم الفلينى من خلايا البريسيكل فى الجذر المسن ، فى حين ينشأ من البشرة أو من القشرة أو من اللحاء فى الساق المسن.

obeikandl.com

# الباب الثامن

# الورقـــة

الأوراق هـى أعـضاء نباتيـة محـدودة النمـو ، مـسطحة ، رقيقـة ، غنيـة بالكلوروفيل عادة ، تخرج من الساق من مناطق تعرف بالعقد ، وتنمو البراعم فى آباطها ، أى فـى الزوايـا العليـا المحصورة بين الأوراق والساق • توجد الأوراق علـى الساق بترتيب هندسـى ثابت لكل نـوع من النباتـات ، والأوراق هـى أكثـر أعضاء النبات الخضرية إختلافاً ، سواء من الناحية المورفولوجية أو من الناحية التشريحية ، ويرجع ذلك إلى ضرورات فسيولوجية ، لأن الورقة نظراً لسطوحها الكبيرة أكثر أعضاء النبات تأثراً بالظروف البيئية ، زيادة على ذلك فإن تركيب الورقة يجب أن يفى بغرضين متضادين وهما ضرورة وجود سطح كبير معرض للشمس للقيام بعملية التمثيل الضوئى ، وضرورة الوقاية ضد شدة النتح التى تنتج عن كبر مساحة أسطح الأوراق ، وتعتبر الأزهار أهم أعضاء النبات إستخداماً فى التعرف على النباتات ، يليها فى ذلك الأوراق•

الأوراق خارجية المنشأ فهى تنشأ كنتوءات سطحية من القمم النامية فى تتابع منتظم ، ويكون أصغر الأوراق أقربها للقمة وتتدرج الأوراق فى الكبر كلما إتجهنا إلى أسفل •

للورقـة وظيفتـان رئيسيتان هما التمثيـل الـضوئى والنـتح ، فنظـراً لإحتـواء الأوراق على كميات كبيرة من الكلوروفيل ولشكلها المسطح عادة ، فإن أهم وظيفة تقوم بها الأوراق للنبات هى التمثيل الضوئى ، أى تكوين المواد الكربوإيداتية من ثـانى أكسيد الكربـون والمـاء مستخدمة فى ذلك الطاقـة الضوئية وذلك فى وجود الكلوروفيل • كذلك فإنه نظراً لاحتواء الأوراق على نسبة عالية من الثغور ، ولكبر مساحة سطوحها بالنسبة لأحجامها فهى أهم الأعضاء النباتية قياماً بعملية النتح ويعتبر النتح أهم عامل يساعد فى صعود الماء والعناصر الذائبة من الجذور إلى أعلى النباتات وهذا ما يعرف بالقوة السالبة•

# الفصل الأول
# مورفولوجيا الورقة

الأوراق هى أكثر أعضاء النبات تبايناً فى النباتات المختلفة ، فهى تختلف من حيث أجزائها وأحجامها وأشكالها العامة وأشكال حواف أنصالها وقممها وقواعدها ، كما قد يحدث لها تحورات تتغير معه أشكال كثير منها عن الأشكال المثالية وذلك تبعاً لنوع الوظيفة التى تقوم بها.

## تركيب الورقة

تتركب الأوراق الخضراء المثالية للنبات من ثلاثة أجزاء ، هى القاعدة والعنق والنصل .

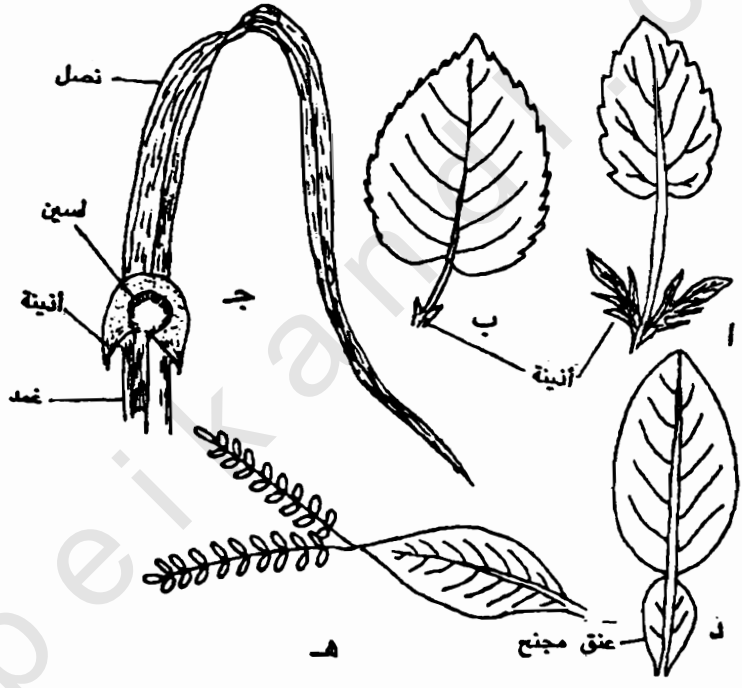
### 1- قاعدة الورقة

قاعدة الورقة leaf base هى الجزء من الورقة المتصل بالساق ويكون عادة متضخم قليلاً أو كثيراً تبعاً لنوع النبات ، ويعتقد أن وظيفة قاعدة الورقة هى حماية البراعم الإبطية كما أنها قد تقوم بوظائف أخرى كما فى البوانسيانا *Poinciana* وكثير من نباتات العائلة البقولية ، حيث تتضخم قاعدة الورقة مكونة عضو الحركة pulvinus (شكل 2/8 و) ، الذى يساعد على تغيير إتجاه الورقة نتيجة لظروف بيئية غير واضحة تماماً وقد يكون ذلك تبعاً لاتجاه مصدر أو نوع الضوء . وفى نباتات الست المستحية *Mimosa pudica* توجد أعضاء الحركة فى قاعدة الورقة وكذلك فى قواعد الوريقات فتتحرك الورقة وكذلك وريقاتها تحت تأثير اللمس أو الحرارة الشديدة (شكل 11/8 د).

وينمو من قاعدة الورقة فى بعض النباتات ذات الفلقتين ونادراً فى ذوات الفلقة الواحدة زائدتان يسميان بالأذينتين stipules ، وتوصف الورقة بأنها ذات أذينات

stipulate كما توصف الورقة الخالية من الأذينات بأنها عديمة الأذينات exstipulate • قد تكون الأذينات صغيرة كما فى أوراق التفاح (شكل 1/8 ب) ، وقد تكون متورقة وتقوم بعملية التمثيل الضوئى كما فى البسلة (شكل 12/8 أ ، ب) والبانسية (شكل 1/8 أ) وقد تكون شوكية كما فى السنط (شكل 11/8 ب)•

وفى كثير من أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة كما فى العائلات النجيلية والسعدية والموزية وبعض ذوات الفلقتين كما فى العائلة الخيمية نجد أن قاعدة الورقة قد نمت واستطالت وأحاطت بالساق مكونة غمد sheath • وفى نباتات




(شكل 1/8) : قاعدة وعنق الورقة

أ ) أذينات متورقة فى ورقة البانسية
ب) أذينات صغيرة فى ورقة التفاح
جـ) قاعدة غمدية فى ورقة شعير
د ) عنق مجنح فى ورقة النارنج
هـ) عنق متورق فى ورقة أكاسيا

obeikandl.com

العائلة النجيلية يوجد بمنطقة إتصال النصل بالغمد نمو غشائى كما فى القمح والشعير ، وقد يكون شعرى كما فى الحجنة *Phragmites communis* ويسمى اللسين ligule ، وهو فى كثير من الأحوال يعمل على منع الماء والمواد الغريبة من السقوط بين الساق والغمد • وفى بعض النباتات مثل الشعير تمتد قاعدة النصل فى شكل زائدتين تعرفان بالأذنتان auricles ، وتلتفان حول الساق (شكل 1/8 جـ)•

**2- عنق الورقة**

العنق petiole هو نمو أسطوانى عادة ، فائدته أن يضع النصل بعيداً عن الساق حتى يتعرض للضوء والهواء المناسبين • وقد يكون العنق مجنحاً كما فى النارنج (شكل 1/8 د) ، وقد يكون ورقياً phyllode كما فى نبات أكاسيا *Acacia pycnantha* (شكل 1/8 هـ)•

وفى الحالات التى لا يوجد للورقة عنق كما فى أوراق نبات الزينيا *Zinnia* والكتان تعرف تلك الأوراق بأنها جالسة sessile •

**3- نصل الورقة**

النصل Lamina هو الجزء المنبسط من الأوراق ، وأكثر أجزائها تبايناً فى الشكل وهو أهم أجزائها لأهميته فى عمليتى التمثيل الضوئى والنتح•

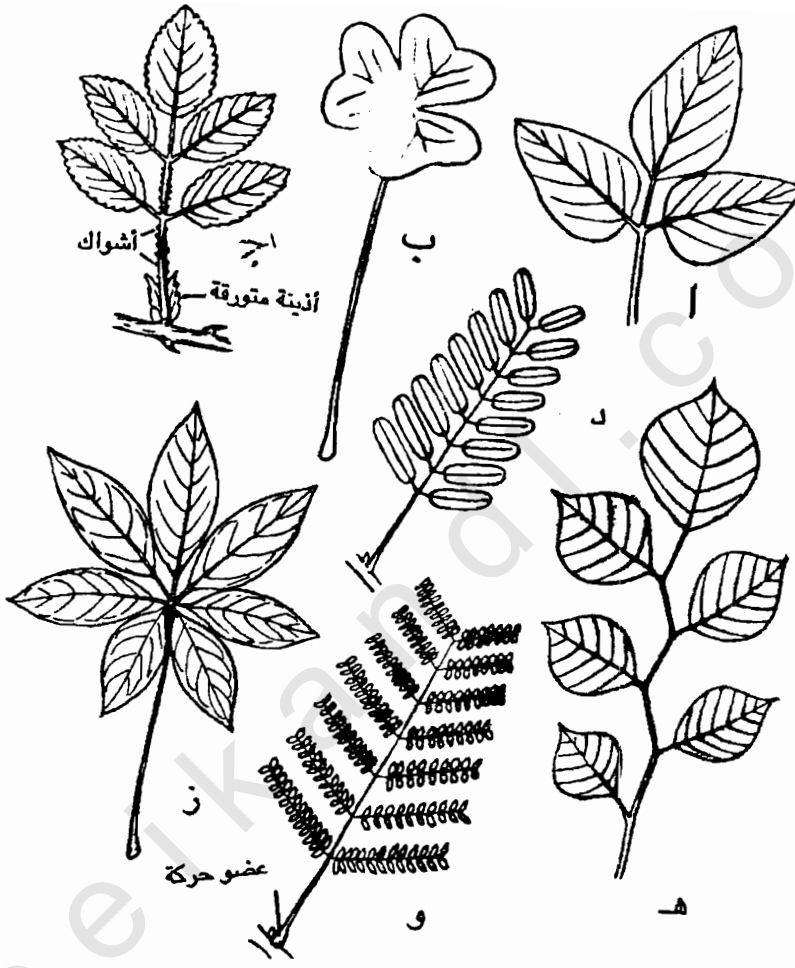
وتعتبر الأوراق بسيطة simple إذا تكون نصلها من قطعة واحدة ، وتعتبر الورقة مركبة compound إذا تكون نصلها من عدة أجزاء تسمى كل منها وريقة leaflet أو ريشة pinna (شكل 2/8) ، والوريقات قد تكون ذات عنق كما فى الفاصوليا (شكل 2/8 أ) وقد تكون جالسة كما فى الأكساليس (شكل 2/8 ب) • تشبه الوريقات الأوراق البسيطة إلا أنه لا يوجد فى آباط الوريقات براعم ، فى حين توجد براعم فى آباط الأوراق ، كذلك فإن وريقات الورقة الواحدة توجد على مستوى سطح واحد فى حين أن أوراق الفرع توجد ، عادة ، على مستويات مختلفة • ويمكن تمييز أفرع الساق عن الأوراق المركبة ، ذلك أن الفرع ينتهى ببرعم طرفى

قد يستمر فى النمو وقد يتحور إلى عضو ثابت فى حين أن محور الورقة المركبة لا ينتهى ببرعم طرفى ، بالإضافة إلى عدم وجود براعم فى آباط الأفرع ووجودها فى آباط الأوراق المركبة.

توجد طريقتان لترتيب الوريقات فى الورقة المركبة ، فى الطريقة الأولى ترتب الوريقات فى صفين على جانبى محور الورقة الذى يقع على إمتداد عنق الورقة ، بحيث تكون كل وريقتين متقابلتين ، وتسمى الورقة فى هذه الحالة ورقة مركبة ريشية compound pinnate . الورقة المركبة الريشية قد تنتهى بوريقة طرفية واحدة توجد بقمة محور الورقة وتسمى ورقة مركبة ريشية فردية كما فى أوراق الورد (شكل 2/8 جـ) ، أو قد ينتهى محور الورقة بورقتين فتسمى ورقة مركبة ريشية زوجية كما فى أوراق اللبخ *Albizzia lebbek* (شكل 2/8 د). فى بعض الحالات توجد الوريقات متبادلة على محور الورقة كما فى السرسوع *Dalbergia sissoo* الذى تتكون ورقته من 5 إلى 7 وريقات ، ومحور الورقة متعرج (شكل 2/8 هـ).

فى الأوراق المركبة الريشية قد تكون الوريقات مكونة من وحدات أصغر تسمى كل منها رويشة pinnule تشبه فى ترتيبها بالوريقة ترتيب أجزاء الورقة المركبة الريشية وتسمى الورقة فى هذه الحالة ورقة مركبة ريشية متضاعفة compound bipinnnate ، وذلك كما فى ورقة أشجار البوانسيانا والسنط (شكل 2/8 و).

فى الطريقة الثانية لترتيب الوريقات فى الورقة المركبة نجد أن الوريقات تخرج من نقطة واحدة عند قمة العنق فتسمى الورقة مركبة راحية compound palmate كما فى الترمس والأراليا (شكل 2/8 ز) . وتعتبر الورقة المركبة من ثلاثة وريقات راحية إذا كانت أعناق وريقاتها متساوية الطول أو جميعها جالسة كما فى أنواع الأكساليس *Oxalis* spp. (شكل 2/8 ب) ، وتعتبر الورقة ريشية فردية حين تكون الوريقة الوسطية ذات عنق أطول من باقى الوريقات كما فى الفاصوليا




**(شكل 2/8) : الورقة المركبة**

أ ) ورقة مركبة ريشية ثلاثية فى الفاصوليا
ب) ورقة مركبة راحية ثلاثية فى الأكساليس
جـ) ورقة مركبة ريشية فردية فى الورد
د ) ورقة مركبة ريشية زوجية فى اللبخ
هـ) ورقة مركبة ريشية فى السرسوع
و) ورقة مركبة ريشية متضاعفة فى البوانسيانا
ز) ورقة مركبة راحية فى الاراليا

obeikandl.com

(شكل 2/8 أ) ، أو عندما تظهر الوريقة الوسطية معنقة وتكون الوريقتان الجانبيتان جالستان كما فى البرسيم المصرى *Trifolium alexandrinum* ، والواقع أن الوريقة الوسطية غير معنقة بل ما يعتبره البعض عنقاً هو عبارة عن جزء من محور الورقة .

أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة نادراً ما تكون مركبة أو مفصصة ، وإذا كانت كذلك كما فى بعض أنواع النخيل فنجد أن الورقة تنشأ من ورقة بسيطة عادية ثم تصبح الورقة مفصصة أو مركبة نتيجة لموت بعض الخلايا والورقة لا زالت صغيرة فى السن ، وبذلك فهى تختلف فى نشأتها عن الأوراق المركبة أو المفصصة فى النباتات ذات الفلقتين حيث يكون شكلها محدداً من وقت نشأتها.

**أشكال النصل** : يختلف نصل الورقة كثيراً فى الشكل (شكل 3/8) ، فقد يكون إبريا acicular بشكل الإبرة كما فى ورقة الصنوبر *Pinus* ، أو أنبوبياً tubular فيكون بشكل الإبرة إلا أنه مجوفاً كما فى أوراق البصل ، أو شريطياً linear كما فى أوراق نباتات العائلة النجيلية (شكل 1/8 جـ) ، أو رمحياً lanceolate فيكون مستدقاً من أعلى وعريضاً نوعاً من أسفل كما فى أوراق الكافور والقرنفل ، أو قلبياً cordate كما فى ورقة المشمش والبنفسج ، أو بيضياً ovate كما فى أوراق الدورنتا *Duranta* ، أو بيضاوياً elliptic كما فى أوراق أبو فروة *Kastanea* أو مستطيلاً oblong كما فى وريقات اللبخ ، أو ملعقياً spatulate فيكون نصل الورقة عريضاً من أعلى وضيقاً من أسفل كما فى ورقة البتسبورم *Pittosporum* ، أو سهمياً sagittate كما فى ورقة الكلا *Zantedeschia* أو مزراقياً hastate وهى تشبه السهمية إلا أن زاويتى مؤخرة النصل تمتدان للخارج كما فى أوراق العليق *Convolvulus* ، أو كلويا reniform كما فى أوراق خف الجمل *Bauhinia*، أو درعياً peltate حيث يكون النصل دائرى الشكل عادة ويخرج العنق من منتصفه كما فى نصل ورقة أبوخنجر *Tropaeolum* .

(شكل 3/8) : أشكال النصـــل

| | | | |
|---|---|---|---|
| أ ) أنبوبية | ب) رمحية | جـ) قلبية | د) بيضية |
| هـ) بيضاوية | و) مستطيلة | ز) ملعقية | ح) سهمية |
| ط) مزراقية | ى) كلوية | ك) درعية | ل) مفصصة ريشية |
| م) مفصصة راحية | ن) مقسمة ريشية | س) مقسمة راحية | |
| غ) مجزأة | ف) مجزأة خيطية | | |

obeikan.com

قد تكون الأوراق مفصصة lobed وفيها يزداد تموج النصل وتصل عمق الإنخفاضات إلى أقل من نصف النصل ، وقد تكون مفصصة ريشياً كما فى أوراق الكريزانثيمم *Chrysanthemum* أو تكون مفصصة راحياً كما فى أوراق القطن ، وقد تكون الورقة مقسمة clefted وفيها يزداد عمق التفصيص إلى أكثر من نصف النصل ولا تصل للعرق الوسطى ، وقد تكون مقسمة ريشياً كما فى ورقة الخشخاش *Papaver* أو مقسمة راحيا كما فى ورقة الخروع والتين ، وقد تكون الورقة مجزأة pinnatified وفيها يصل عمق التقسيم إلى العرق الوسطى تقريباً كما فى الجرجير، وقد تكون الورقة مجزأة خيطية فيكون النصل مجزأ بشكل خيوط عديدة كما فى ورقة الشبت والأنيمون *Anemone* .

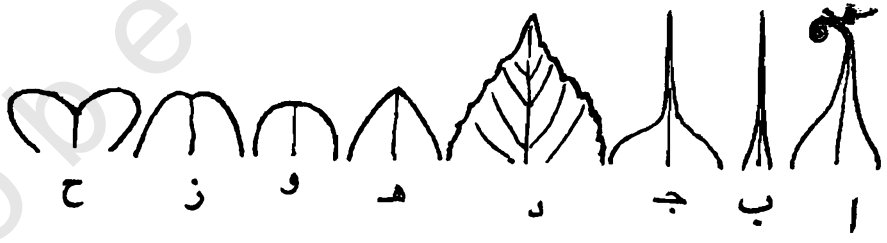
**أشكال حافة النصل** : توجد عدة أنواع من أشكال الحافة (شكل 4/8) ، منها الحافة الكاملة entire ، وهى خالية من التموجات والتسنينات كما فى ورقة الزيتون ، ومنها الحافة المسننة dentate وهى ذات أسنان حادة متماثلة ومتجهة للخارج كما فى ورقة المشمش ، ومنها الحافة المنشارية serrate وهى ذات أسنان حادة واتجاه الأسنان ناحية قمة النصل كما فى ورقة الدورنتا ، ومنها الحافة

**(شكل 4/8)** : أشكال حافة النصل

ا ) حافة كاملة ب) حافة مسننة جـ) حافة منشارية
د) حافة منشارية متضاعفة هـ) حافة متموجة و ) حافة متضرسة

المنشارية المتضاعفة double serrate وفيها تكون الحافة ذات أسنان منشارية كبيرة والأسنان الكبيرة تكون مسننة إلى أسنان أصغر كما فى أوراق الغرغار *Ulmus* ، ومنها الحافة الشوكية spiny وفيها تكون الأسنان كبيرة وصلبة ومدببة الأطراف كالأشواك كما فى أوراق الخشخاش الشوكى *Argemone mexicana* (شكل 11/8 جـ) ، ومنها الحافة المتموجة قليلاً undulate كما فى نصل ورقة أبو خنجر، ومنها الحافة المتضرسة sinuate وفيها تتموج الحافة بشكل إنخفاضات وبروزات بعضها كبير وبعضها صغير كما فى أوراق البلارجونيم *Pelargonium* .

**أشكال قمة النصل :** يختلف شكل قمة النصل (شكل 5/8) فقد تكون محلاقية cirrhous كما فى جلوريوزا *Gloriosa simplex* ، وقد تكون مسحوبة شوكية aristate أى مسحوبة وصلبة كما فى أوراق السيسل *Agave sislana* ، وقد تكون مسحوبة caudate كما فى ورقة فيكس ريليجيوزا *Ficus religiosa* ، وقد تكون مستدقة acuminate وقمتها لها نتوء صغير كما فى الدورنتا ، وقد تكون حادة acute وتظهر بشكل زاوية حادة كما فى الريحان ، وقد تكون مستديرة obtuse كما فى ورقة البتسبورم ، وقد تكون مسطحة flattened كما فى وريقات اللبخ ، وقد تكون معقودة retuse ، أى بها إنخفاض صغير كما فى وريقات البرسيم ، وقد تكون منخفضة emarginated أى بها إنخفاض كبير كما فى ورقة خلف الجمل.




**(شكل 5/8) :** أشكال قمة النصل

| | | |
|---|---|---|
| أ ) قمة محلاقية | ب) قمة مسحوبة شوكية | جـ) قمة مسحوبة |
| د) قمة مستدقة | هـ) قمة حادة | و ) قمة مستديرة |
| ز) قمة معقودة | ح ) قمة منخفضة | |

**أشكال قاعدة النصل :** يختلف شكل قاعدة النصل (شكل 6/8) فقد تكون مستدقة attenuate كما فى ورقة البتسبورم ، أو تكون مثلثة cuneate كما فى الدورنتا ، أو مستديرة obtuse كما فى وريقات الأراليا ، أو مسطحة truncate كما فى الهبسكس ، أو قلبية cordate كما فى ورقة المشمش ، أو درعية peltate عند إتصال العنق بالنصل من سطحه وليس من حافته كما فى أبو خنجر ، أو منقوبة perfoliate وفيها يكون النصل جالساً وتحيط قاعدته بالساق إحاطة تامة كما فى لونيسرا *Lonicera caprifolium* •

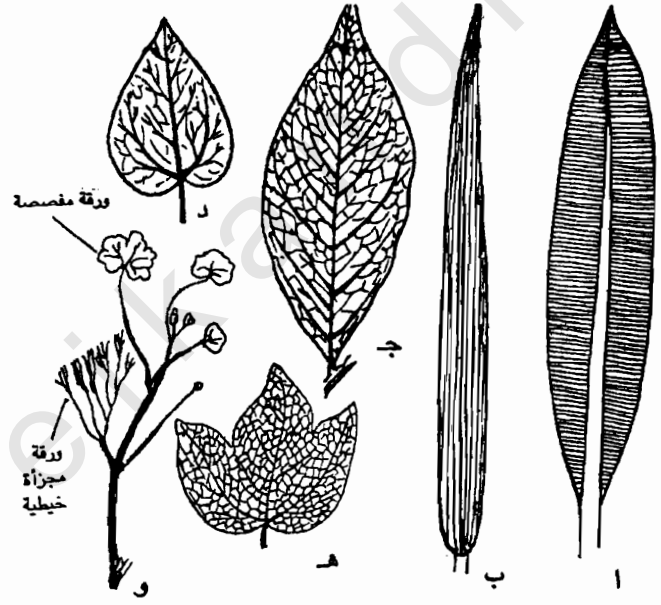
(شكل 6/8) : أشكال قاعدة النصل

| | | |
|---|---|---|
| أ ) قاعدة مستدقة | ب) قاعدة مثلثة | جـ) قاعدة مستديرة |
| د) قاعدة مسطحة | هـ) قاعدة قلبية | و ) قاعدة درعية |
| ز) قاعدة منقوبة | | |

**تعريق النصل Venation :** يوجد بداخل نصل الورقة عروق كثيرة هى مجموع الحزم الوعائية التى تمر بها والتى تقوم بنقل الغذاء الخام إلى الأوراق والغذاء المجهز من الأوراق • تكسب العروق النصل الرقيق متانة وقوة ، فتحميه من التمزق كما تساعد على فرده ، وبذلك تساعد النصل على القيام بعمليتى التمثيل الضوئى والنتح على أكمل وجه•

يختلف نظام توزيع العروق فى الأوراق ، ولكن يوجد نظامان أساسيان لذلك ، يعرف أحدهما بالتعريق الشبكى ويعرف الآخر بالتعريق المتوازى•

**1- التعريق الشبكى Reticulate venation** : هذا التعريق من مميزات النباتات ذات الفلقتين (شكل 7/8 جـ ، هـ) ، ويندر وجوده فى النباتات ذات الفلقة الواحدة كالقلقاس • وفى هذا النوع تتفرع العروق عدة مرات وتتقابل نهايات العروق الصغيرة وتتصل فى شكل شبكى • وقد ينتج التعريق الشبكى فى النصل الواحد عن عرق رئيسى واحد midrib يتفرع ويسمى النظام فى هذه الحالة بالتعريق الشبكى الريشى كما فى أوراق الدخان والونكا • وقد ينتج التعريق الشبكى من عدة عروق رئيسية متساوية فى أقطارها تقريباً تخرج من نقطة واحدة هى قمة عنق الورقة ، وتخرج من العروق الرئيسية عروق جانبية وهكذا ، ويسمى التعريق فيها شبكى راحى كما فى أوراق القطن والخروع ، وفى جميع حالات التعريق الشبكى يمكن رؤيته عادة بالعين المجردة•




(شكل 7/8) : تعريق وتباين الأوراق

أ ) تعريق متوازى عرضى فى الموز
ب) تعريق متوازى طولى فى القمح
جـ) تعريق ريشى شبكى
د ، هـ ) تعريق راحى شبكى فى القطن
و) تباين الأوراق فى الشقيق المائى

obeikandl.com

2- التعريق المتوازى Parallel venation : وهـذا التعـريق من مميـزات النباتات ذات الفلقة الواحدة ، ويندر وجوده فى النباتات ذات الفلقتين مثل نوع من نبات بلانتاجو *Plantago* • فى هذا التعريق يوجد بالنصل عديد من العروق الرئيسية الموازية لبعضها (شكل 7/8 أ ، ب) ، العروق المتوازية تكون واضحة بالعين المجردة وتتصل ببعضها بعروق صغيرة واضحة بالعين المجردة عادة • يوجد نوعان من التعريق المتوازى ، متوازى طولى ومتوازى عرضى ، ففى التعريق المتوازى الطولى تكون العروق المتوازية موازية أيضاً لمحور النصل الطويل كما فى نباتات العائلة النجيلية • وفى التعريق المتوازى العرضى تكون العروق المتوازية متفرعة من العرق الوسطى الرئيسى للورقة الذى يمر بطول الورقة ، قد تكون العروق المتوازية عمودية على العرق الرئيسى كما فى أوراق الموز أو تكون العروق المتوازية مائلة على العرق الرئيسى كما فى الكانا *Canna indica* •

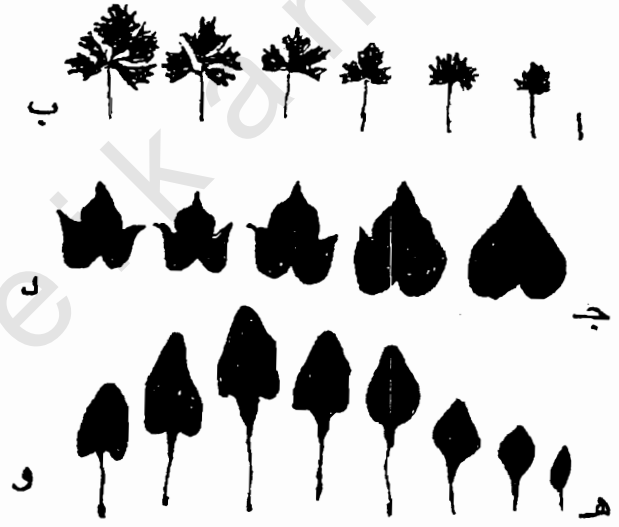
وتوجد حالات وسطية بين التعريقين الشبكى والمتوازى كما فى أوراق الدفلة•

## تباين الأوراق

تحمل بعض النباتات أكثر من نوع من الأوراق تختلف عن بعضها فى الشكل وتعرف هذه الظاهرة بتباين الأوراق heterophylly ، ومن أمثلة ذلك ما نجده فى نبات الشقيق المائى *Ranunculus aquatilis* حيث تكون الأوراق المغمورة فى الماء مجزأة خيطية ، وتكون الأوراق العلوية المكشوفة للهواء مفصصة (شكل 7/8 و) ، وكذلك نجد فى النباتات الصحراوية أن بعضها ينتج أنواعاً مختلفة من الأوراق تبعاً للموسم كما فى نبات السلة *Zilla spinosa* الذى يكون أوراقاً عادية فى موسم الأمطار ويستبدلها بأوراق صغيرة جداً فى موسم الجفاف • وبعض النباتات الوسطية تكون نوعين من الأوراق تبعاً لعمر النبات كما فى القطن الذى يكون أوراقاً صغيرة قلبية الشكل تقريباً والنبات صغير ثم يكون أوراقاً مفصصة عند كبر النبات (شكل 7/8 د ، هـ) •

## تدرج شكل الأوراق أثناء نمو النبات

شوهد فى بعض النباتات حدوث تدرج فى شكل وحجم الأوراق أثناء نموها heteroblastic development ، حيث نجد أن أوراق النبات الصغير لها شكل معين وأثناء نمو النبات يحدث تغيرتدريجى فى شكل وحجم الأوراق ثم يثبت الشكل والحجم عند كبر النبات ، ويعقب ذلك الدخول فى مرحلة إزهار وإثمار النبات . وبذلك يمكن الاستدلال من شكل وحجم الورقة على مرحلة نمو النبات ومدى قربها أو بعدها عن مرحلة الإزهار والإثمار . ففى نبات العائق *Delphinium ajacus* الصغير تكون الأوراق صغيرة مفصصة ثم تتحول تدريجياً إلى أوراق كبيرة مجزأة فى نهاية النمو الخضرى للنبات، وفى نبات الإيبوميا *Ipomea hederacea* تتحول الورقة تدريجياً أثناء نمو النبات من ورقة كاملة إلى مفصصة ، وفى نبات البنجر تتحول الورقة تدريجياً أثناء نمو النبات من ورقة رمحية أو بيضاوية صغيرة إلى ورقة سهمية كبيرة (شكل 8/8).




**(شكل 8/8) : تدرج شكل الأوراق أثناء نمو النبات من بداية عمر النبات حتى مرحلة الإزهار**

أ - ب) نبات العائق　　جـ - د) أيبوميا　　هـ - و) البنجر

ومما يثبت أن هذه الحالة هى دليل على إتجاه النبات إلى النضج والدخول فى مرحلة الإزهار والإثمار فإن أصناف القطن مبكرة الإزهار يحدث فيها تدرج واضح فى شكل الأوراق بين خطوة وأخرى ، أما أصناف القطن متأخرة الإزهار فيحدث فيها نفس التغيير ولكن التدريج يكون غير واضح بين خطوة وأخرى لطول فترة النمو ٠

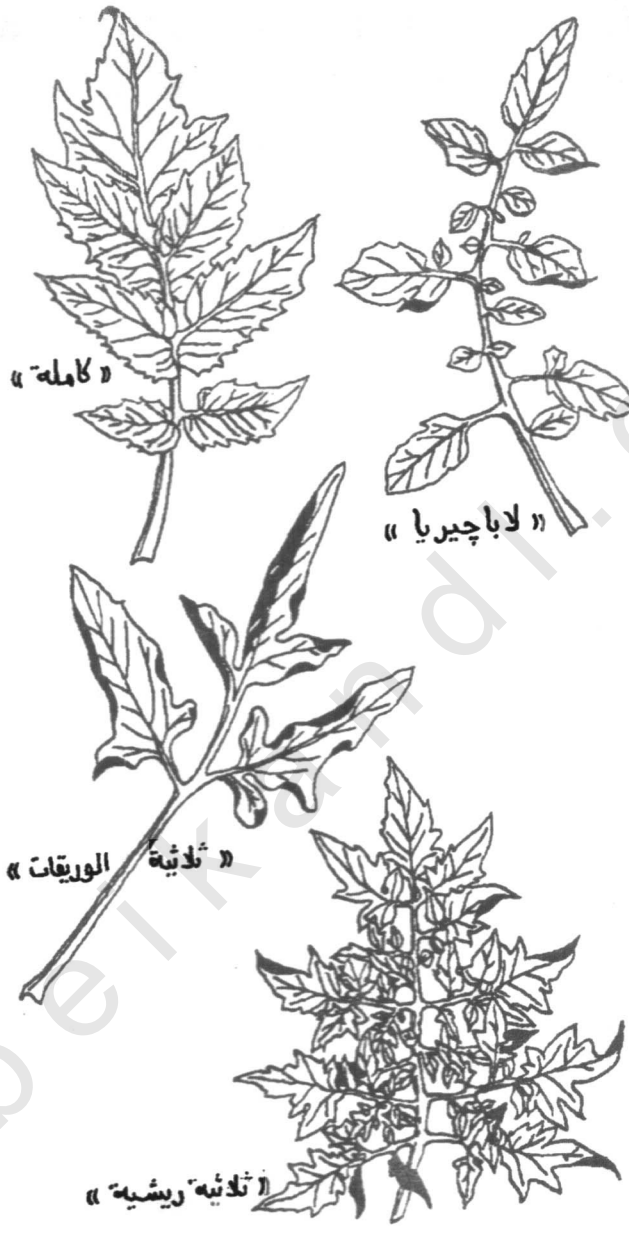
ومما هو جدير بالذكر أن حالة تدرج شكل الأوراق أثناء النمو تعتبر إحدى حالات تباين الأوراق ٠

## العوامل التى تؤثر على شكل الورقة

يتحدد شكل النبات بفعل عوامل وراثية وعوامل بيئية ، أى أنه بتغيير العوامل الوراثية أو العوامل البيئية يمكن تغيير شكل الورقة٠

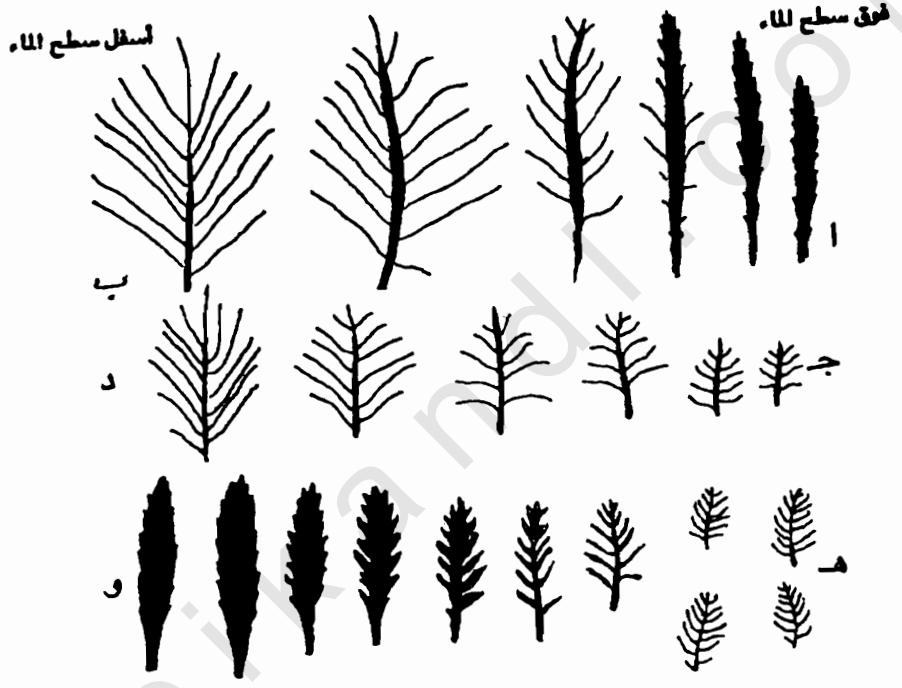
من حيث العوامل الوراثية فمن المعروف أن نبات الطماطم يكون أربعة طرز types من النباتات وكل طراز له شكل معين من الأوراق ٠ وأشكال الأوراق الأربعة هى كاملة entire وثلاثية الوريقات trifoliate ولاباجيريا lapageria وثلاثية ريشية tripinnate (شكل 9/8) ، وهذه الأربعة طرز من النباتات تختلف عن بعضها فى عامل وراثى (جين) واحد فقط ، من ذلك يتضح أن العوامل الوراثية تتحكم وتحدد شكل الورقة٠

من حيث العوامل البيئية فمن المعروف أن النبات المائى بروسيربيناكا *Proserpinaca palustris* تكون أوراقه الموجودة فوق سطح الماء منشارية الحافة فى حين أن أوراق نفس النبات المغمورة تحت سطح الماء تتجزأ حتى تصبح مجزأة خيطية (شكل 10/8 أ إلى ب)٠ وقد وجد أنه يمكن تغيير شكل الأوراق بتغيير مدة الإضاءة التى تتعرض لها الأوراق ، فعند تعريض الأوراق الهوائية إلى نهار قصير (فترة إضاءة قصيرة) بعد أن كانت معرضة لنهار طويل (فترة إضاءة طويلة) فإن الأوراق تتحول تدريجياً من منشارية إلى مجزأة خيطية (شكل 10/8 و إلى هـ) ٠ وفى حالة أخرى عند رفع الأوراق المغمورة أعلى سطح الماء فى




(شكل 9/8) : أشكال مختلفة لأوراق نباتات طماطم

وجود نهار قصير فإن الأوراق تصبح مجزأة خيطية بدرجة أقل (شكل 10/8 د إلى جـ) . من ذلك يتضح أن العوامل البيئية مثل الغمر فى الماء أو مدة الإضاءة تغير من شكل الأوراق.




(شكل 10/8) : تأثير العوامل البيئية على شكل الورقة

حالات بيئية مختلفة لأوراق نبات بروسيربينلكا

أ- ب) أوراق هوائية (فوق سطح الماء) إلى أوراق مغمورة (تحت سطح الماء) فى وجود نهار طويل

د - جـ) أوراق هوائية إلى أوراق مغمورة فى وجود نهار قصير

هـ - و) أوراق هوائية ونهار قصير إلى نهار طويل

وجد أيضاً أن معاملة بعض النباتات بمركب الجيريللين يسبب تغيير شكل الورقة فعند تنمية نبات سنتوريا *Centuria solstitialis* فى بيئة مغذية معقمة تحتوى على الجيريللين فإن أوراق النبات تكون بسيطة كاملة الحافة فى حين أنها فى الحالة العادية تكون مقسمة أو مجزأة.

## أنواع الأوراق

توجد أنواع مختلفة من الأوراق تختلف تبعاً للوظائف التى تقوم بها فالوظيفتين الأساسيتين للأوراق هى القيام بعمليتى التمثيل الضوئى والنتح ولكن بعض الأوراق تقوم بوظائف أخرى تختلف باختلاف النبات ، وأماكن تكونها على النبات ، ووقت تكونها وذلك كما يأتى :

### 1- أوراق خضرية

الأوراق الخضرية foliage leaves هى أوراق النبات العادية والتى تقوم أساساً بوظيفتى التمثيل الضوئى والنتح والتى يعتمد عليها النبات فى تكوين غذائه وفى رفع الماء والأملاح من الجذر إلى الأوراق ، وهى تتكون عادة من ثلاثة أجزاء هى القاعدة والعنق والنصل . ويعتبر النصل هو أهم أجزاء الورقة الخضرية ، ولكن فى بعض الحالات النادرة يختزل النصل وقد يسقط ويأخذ عنق الورقة شكل النصل ويقوم بوظائفه ويسمى بالعنق الورقى كما فى بعض أنواع أكسايا *Acacia pycnantha* (شكل 1/8) .

### 2- أوراق فلقيـــة

الأوراق الفلقية cotyledonary leaves هى الأوراق الموجودة بالجنين فى البذور والتى تعرف بالفلقات ، وقد يوجد بالجنين ورقة واحدة فلقية أو ورقتان أو أكثر . فى بعض النباتات تكون وظيفة الأوراق الفلقية هى تخزين الغذاء اللازم لنمو الريشة والجذير كما فى الفول والترمس ، وفى بعض النباتات الأخرى تظهر

الأوراق الفلقية فوق سطح التربة فى أول الإنبات فيخضر لونها وتقوم بعملية التمثيل الضوئى مساهمة بذلك فى تغذية النبات الصغير قبل أن يكون النبات أوراقه الخضرية كما فى الخروع والبصل والصنوبر (أشكال 3/1 ، 6/1 ، 7/1)· أحياناً تقوم الأوراق الفلقية بهضم وامتصاص الغذاء الأندوسبرمى وإعطائه للجنين النامى كما فى البلح (شكل 5/1) ، وأحياناً تقوم بحمل الريشة والجذير خارج البذرة كما فى البلح والبصل (شكل 5/1 ، 6/1)·

### 3- أوراق أولية

الأوراق الأولية prophylls هى الأوراق التى تظهر عادة على ساق البادرة أو النبات فى أعماره الأولى ، وتختلف شكلاً عن الأوراق العادية ، وهى عادة أصغر حجماً وأرق سمكاً عن الأوراق العادية وتؤدى نفس الوظيفة الرئيسية للأوراق الخضرية وذلك كما فى بادرات الفول حيث تظهر على ساقها ورقتان أوليتان · والورقة الأولية فى الفول جالسة بسيطة صغيرة عديمة الأذينات ، فى حين أن الأوراق الخضرية معنقة مركبة ريشية ذات أذينات (شكل 2/1)·

### 4- أوراق حرشفية

الأوراق الحرشفية scaly leaves هى أوراق لا تقوم بالتمثيل الضوئى فهى أوراق عديمة الكلوروفيل ، قد تكون صغيرة وجافة ورقيقة كما فى الأوراق الحرشفية للسيقان الأرضية كالريزومات والدرنات والكورمات ، كما توجد على السيقان الهوائية لبعض النباتات الجفافية مثل المهلنبيكيا والسفندر(شكل3/7ب، جـ)·

وقد تكون الأوراق الحرشفية صغيرة وسميكة ومغطاه بشعور كما فى كثير من البراعم المغطاة للأشجار المتساقطة الأوراق ، وقد تكون كبيرة وعصارية كما فى بعض الأبصال (شكل 6/7 أ ، ب)·

### 5- أوراق قنابية

الأوراق القنابية bracts هى الأوراق التى تخرج من آباطها الأزهار ووظيفتها الأساسية هى حماية البرعم الزهرى ، والأوراق القنابية قد تكون خضراء عادية كما

فى العائق ، وكثيراً ما تختلف فى الشكل عن الأوراق العادية فقد تكون صغيرة ، وأحياناً تكون ملونة جذابة كما فى الجهنمية (شكل 3/7 د) . قد تكون الأوراق القنابية غائبة كما فى المنتور .

### 6- أوراق زهرية

الأوراق الزهرية floral leaves هى الأوراق المكونة لمحيطات الزهرة . تتكون الزهرة من أربعة محيطات (شكل 8/7) ، المحيط الخارجى هو الكأس وأوراقه تسمى سبلات sepals ، والمحيط التالى هو التويج وأوراقه تسمى بتلات petals ، ويليه محيط أعضاء التذكير ويسمى الطلع وأوراقه المتحورة تسمى أسدية stamens ، والمحيط الداخلى هو محيط أعضاء التأنيث ويسمى المتاع وأوراقه المتحورة تسمى كرابل carpels . وظيفة السبلات والبتلات هى حماية الأعضاء الأساسية للزهرة أى الأسدية والكرابل ، كما قد تقوم البتلات بجذب الحشرات لتلقيح الزهرة ، أما الأسدية والكرابل فهما الأعضاء الجنسية للزهرة ، فالأسدية تكون حبوب اللقاح والكرابل تكون البويضات التى ينتج عن إخصابها وتكشفها تكون البذور .

### 7- أوراق خضرية اكثارية

الأوراق الخضرية الإكثارية هى أوراق خضرية عادية تتكون عليها براعم عرضية ، تكون عند نشاطها وتكشفها نباتات جديدة ، وبذلك تساعد على التكاثر الخضرى للنبات كما فى أوراق البرايوفيللم (شكل 11/7 جـ) والودنة والبيجونيا .

### 8- أوراق للحمـــاية

قد تؤدى الأوراق وظيفة الحماية للنبات protective leaves بأن يحدث لها تحورات خاصة . قد تكون الحماية ضد الحيوانات آكلة الأعشاب فتتحور الأوراق كلها أو أجزاء منها إلى أشواك . يفيد هذا التحور فى نفس الوقت فى الإقلال من النتح وبالتالى يفيد النباتات الموجودة فى بيئات جافة ، فتتحور الورقة كلها فى التين الشوكى إلى شوكة ، ويستدل على هذا التحور بوجود برعم فى إبط الشوكة (شكل

3/7 أ) ٠ وفى أوراق نبات البربرى *Berberis* تتحور الورقة إلى ثلاث أشواك (شكل 11/8 أ) ٠ وفى نباتات السنط *Acacia farnesiana* تنشأ الأشواك عن أذينات الأوراق فيوجد عند قاعدة كل ورقة شوكتان (شكل 11/8 ب) ٠ وفى نبات الخشخاش الشوكى *Argemone mexicana* تتكون أشواك على حواف أنصال الأوراق (شكل 11/8 جـ) ٠ وفى نبات السيسل *Agave sislana* تكون قمة الأوراق مسحوبة شوكية (شكل 5/8 ب)٠ وفى نبات الورد تتكون أشواك على محور الورقة المركبة (شكل 2/8 جـ) وفى نبات زومبيا *Zombia* تتعفن قواعد الأوراق ويتبقى منها أشواك على الساق تبرز فى جميع الاتجاهات ٠

وقد تحدث الحماية ضد الحيوانات بطريقة أخرى وذلك بأن تكون الأوراق حساسة فبمجرد أن يلمسها الحيوان تنطوى على نفسها لوجود أعضاء حركة pulvini بقواعد الأوراق والوريقات ، وبذلك تظهر الأوراق كأنها ذابلة فتكون أقل إغراءاً للحيوان آكل العشب كما فى الست المستحية *Mimosa pudica* (شكل 11/8 د)٠

وقد تكون الحماية ضد أضرار الصقيع كالأوراق الحرشفية التى تغطى بشعور ومواد شمعية وتحمى البراعم المغطاة أثناء موسم الشتاء (شكل 10/7 أ)٠

**9- أوراق متسلقة قابضة**

تقوم الأوراق المتسلقة القابضة grasping leaves بالإمساك بالدعامات وبذلك تساعد السيقان الضعيفة على التسلق ٠ قد يتحور نصل الورقة كله أو أجزاء منه إلى أعضاء قابضة تكون فى صورة محاليق tendrils أو خطاطيف hooks ٠ ففى نوع من البسلة *Lathyrus alpaca* ، يتحور نصل الورقة كله إلى محلاق ، وتكبر الأذينات وتقوم بعمل النصل (شكل 12/8 أ)٠ وفى بسلة الزهور *Lathyrus odoratus* تتحور فقط بعض الوريقات الطرفية إلى محاليق تساعد النبات على التسلق بالتفافها حول الدعامات (شكل 12/8 ب)٠ وفى نبات سميلاكس *Smilax* تتحور الأذينات إلى محاليق (شكل 12/8 جـ) ٠ وقد تكون قمة الورقة محلاقية كما فى جلوريوزا (شكل 5/8 أ)٠

فى نبات البيجنونيا *Begnonia unguis-cati* ذو الأزهار الصفراء نجد أن الورقة مركبة وتتكون من وريقتين عاديتين وتتحور الثلاث وريقات الطرفية إلى ثلاثة خطاطيف صلبة تمسك بها فى الدعامة (شكل 12/8)٠

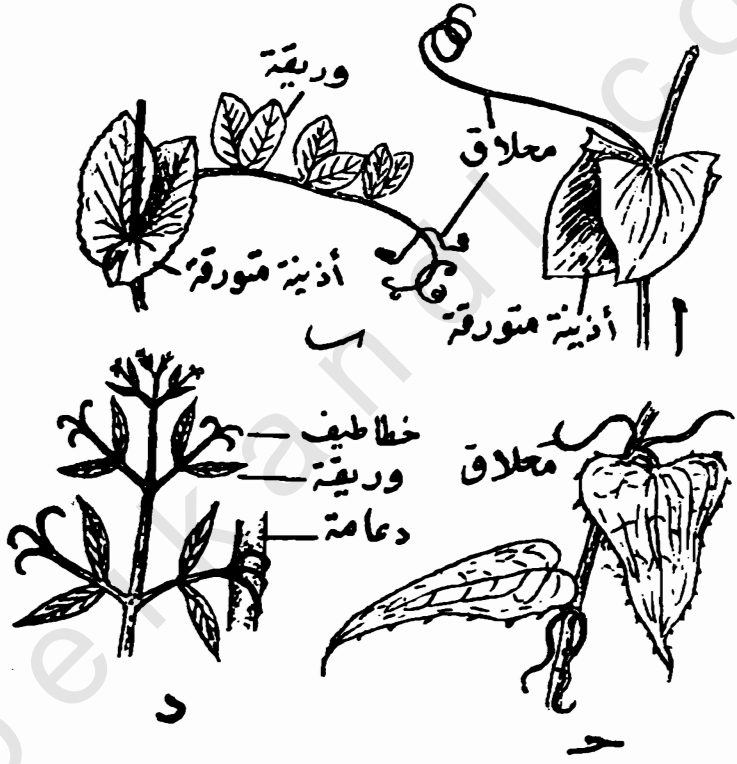
(شكل 11/8) : أوراق للحماية والتدعيم

ا ) أوراق بربرى
ب) ورقة سنط
جـ) ورقة خشخاش شوكى
د ) ورقتى نبات الست المستحية قبل وبعد اللمس
هـ) أغماد أوراق دعامية فى نبات الموز

وقد يتسلق النبات بواسطة عنق الورقة كما فى نبات أبو خنجر والكليماتس.

**10- أوراق عوامة**

تتكون الأوراق العوامة buoyant leaves فى بعض النباتات المائية لتساعدها على الطفو على سطح الماء ، وذلك كما فى نبات الياسنت المائى (ورد النيل) *Eichhornia* حيث نجد أن أعناق الأوراق تكون منتفخة وتمتلىء أنسجتها بالهواء (شكل 13/8 جـ).



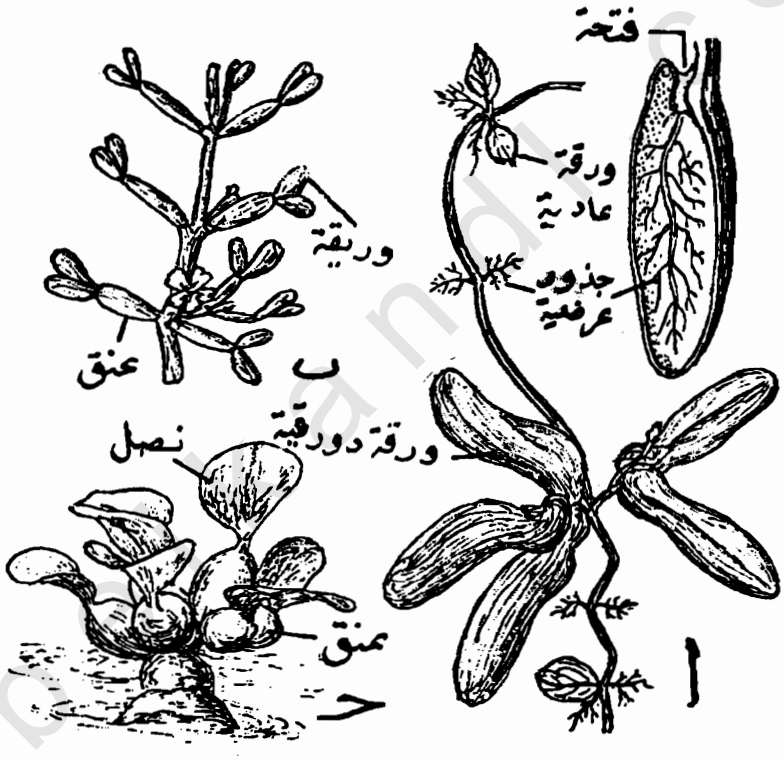

(شكل 12/8) : أوراق متسلقة قابضة

أ ، ب) أوراق ووريقات محلاقية فى البسلة
جـ ) أذينات محلاقية فى أوراق سميلاكس
د ) وريقات خطافية فى البيجنونيا

obeikan.com

## 11- أوراق دعامية

تتكون الأوراق الدعامية supporting leaves فى بعض النباتات ذات السيقان القصيرة جداً وقد يكون نمو تلك السيقان أفقياً ، ولذلك نجد أنه فى بعض النباتات مثل نباتات العائلة الموزية حيث تلتف أغماد الأوراق على بعضها مكونة قاعدة صلبة تشكل جذع النبات وتحمل أنصال الأوراق إلى مستوى مرتفع لتعريضها إلى أشعة الشمس (شكل 11/8هـ ).




(شكل 13/8) : أوراق عوامة ومخزنة

أ ) جزء من نبات ديشيديا وقطاع طولى فى ورقة دورقية الشكل .
ب ) جزء من ساق الرطريط وعليه أوراق مخزنة للماء.
جـ ) أوراق نبات الياسنت المائى.

**12- أوراق مخزنة**

تقوم الأوراق المخزنة storage leaves بتخزين الماء وخاصة فى النباتات الجفافية وذلك كما فى أوراق الحى علم *Mesembryanthemum* والصبار *Agave* والرطريط *Zygophyllum* ، وفى الرطريط نجد أن أعناق الأوراق وكذلك الوريقات متضخمة عصارية (شكل 13/8 ب)٠

يكون نبات ديشيديا *Dischidia rafflesiana* نوعين من الأوراق ، أوراق خضرية عادية وأوراق دورقية الشكل ذات فوهات ضيقة يتجمع فيها الماء الناتج عن تكثف بخار الماء الناتج عن النتح ٠ كذلك فإن بقايا وإفرازات حشرة النمل التى تزور وتسكن هذه الدوارق تعتبر مواد غذائية للنبات ٠ يحصل النبات على الماء والغذاء من هذه الأوراق الدورقية بواسطة جذور متفرعة تنمو بداخل الدوارق (شكل 13/8 أ )٠

فى الأبصال تعتبر قواعد الأوراق العصارية الموجودة على الساق القرصية أوراقاً مخزنة للغذاء يستعملها النبات فى موسم النمو التالى لتكوين الأزهار أو لنمو البراعم الإبطية (شكل 6/7 أ ، ب)٠

فى الأبصال تعتبر قواعد الأوراق العصارية الموجودة على الساق القرصية أوراقاً مخزنة للغذاء يستعملها النبات فى موسم النمو التالى لتكوين الأزهار أو لنمو البراعم الإبطية (شكل 6/7 أ ، ب)٠

**13- أوراق لإمتصاص الماء**

الأوراق المختصة لامتصاص الماء water absorbing leaves تشاهد عادة فى النباتات المائية فهى تمتص الماء بسهولة من أسطحها ٠ بعض النباتات الأرضية التابعة لعائلة الأناناس لها زوائد على الأوراق تمتص بها بخار الماء من الجو ٠ يكون نبات تيلاندسيا *Tillandsia usneoides* شعوراً درعية على أسطح أوراقه يمتص بها الماء فى حين يستخدم جذوره فى تثبيت النبات فقط٠

**12- أوراق مخزنة**

تقوم الأوراق المخزنة storage leaves بتخزين الماء وخاصة فى النباتات الجفافية وذلك كما فى أوراق الحى علم *Mesembryanthemum* والصبار *Agave* والرطريط *Zygophyllum* ، وفى الرطريط نجد أن أعناق الأوراق وكذلك الوريقات متضخمة عصارية (شكل 13/8 ب)٠

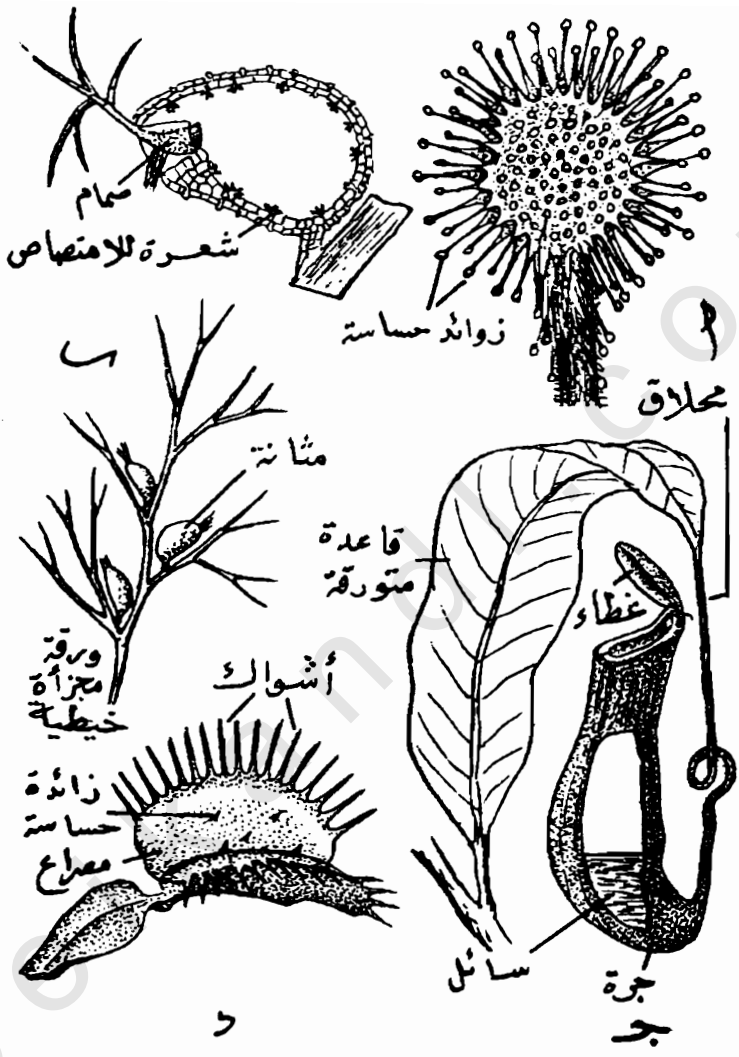
يكون نبات ديشيديا *Dischidia rafflesiana* نوعين من الأوراق ، أوراق خضرية عادية وأوراق دورقية الشكل ذات فوهات ضيقة يتجمع فيها الماء الناتج عن تكثف بخار الماء الناتج عن النتح ٠ كذلك فإن بقايا وإفرازات حشرة النمل التى تزور وتسكن هذه الدوارق تعتبر مواد غذائية للنبات ٠ يحصل النبات على الماء والغذاء من هذه الأوراق الدورقية بواسطة جذور متفرعة تنمو بداخل الدوارق (شكل 13/8 أ )٠

فى الأبصال تعتبر قواعد الأوراق العصارية الموجودة على الساق القرصية أوراقاً مخزنة للغذاء يستعملها النبات فى موسم النمو التالى لتكوين الأزهار أو لنمو البراعم الإبطية (شكل 6/7 أ ، ب)٠

فى الأبصال تعتبر قواعد الأوراق العصارية الموجودة على الساق القرصية أوراقاً مخزنة للغذاء يستعملها النبات فى موسم النمو التالى لتكوين الأزهار أو لنمو البراعم الإبطية (شكل 6/7 أ ، ب)٠

**13- أوراق لإمتصاص الماء**

الأوراق المختصة لامتصاص الماء water absorbing leaves تشاهد عادة فى النباتات المائية فهى تمتص الماء بسهولة من أسطحها ٠ بعض النباتات الأرضية التابعة لعائلة الأناناس لها زوائد على الأوراق تمتص بها بخار الماء من الجو ٠ يكون نبات تيلاندسيا *Tillandsia usneoides* شعوراً درعية على أسطح أوراقه يمتص بها الماء فى حين يستخدم جذوره فى تثبيت النبات فقط٠




**(شكل 14/8)** : أوراق نباتات آكلة الحشرات

أ ) جزء من ورقة ورد الشمس
ب) ورقة مجزأة خيطية من حامول الماء وقطاع طولى فى مثانة
جـ) ورقة نبات الجرة
د ) جزء من ورقة خناق الذباب

وفى نبات الجرة *Nepenthes* تتورق قاعدة الورقة ويصبح الجزء الوسطى من عنق الورقة محلاقياً ، أما الجزء الطرفى من عنق الورقة فيصبح بشكل الجرة ٠ نصل الورقة صغير فى الحجم بالنسبة للعنق ويكون غطاء الجرة ٠ ويعتقد البعض أن الجرة هى جزء من النصل وليس من العنق ٠ الجدر الداخلية للجرة مغطاة بمادة شمعية ملساء أو شعيرات متجهة إلى أسفل كما توجد عليها غدد تفرز مادة سائلة تملأ جزء من الجرة ، ويوجد على حافة فتحة الجرة مادة عسلية لزجة تجذب الحشرات ، التى تنزلق للداخل بتأثير نعومة الجزء الداخلى للجرة أو بفعل الشعيرات المتجهة إلى أسفل ، تسقط الحشرة فى السائل فتنبه تكوين الإنزيمات الهاضمة التى تهضم الحشرة (شكل 14/8 جـ)٠

وفى نبات خناق الذباب *Dionaea* يكون عنق الورقة متورقاً ويتكون النصل من مصراعين يتحركان حول العرق الوسطى ، ويوجد على السطح العلوى لكل مصراع غدد إفرازية منتشرة وثلاثة زوائد حساسة ، كما يوجد على حواف كل مصراع صف من الأشواك ٠ وعند ملامسة حشرة للزوائد الحساسة يتحرك المصراعان بسرعة حول العرق الوسطى ويغلقان على الحشرة ، ثم تفرز الغدد الإنزيمات وتمتص نواتج الهضم (شكل 14/8 د)٠

obeikandl.com

# ترتيب الأوراق على الساق
# Phyllotaxy

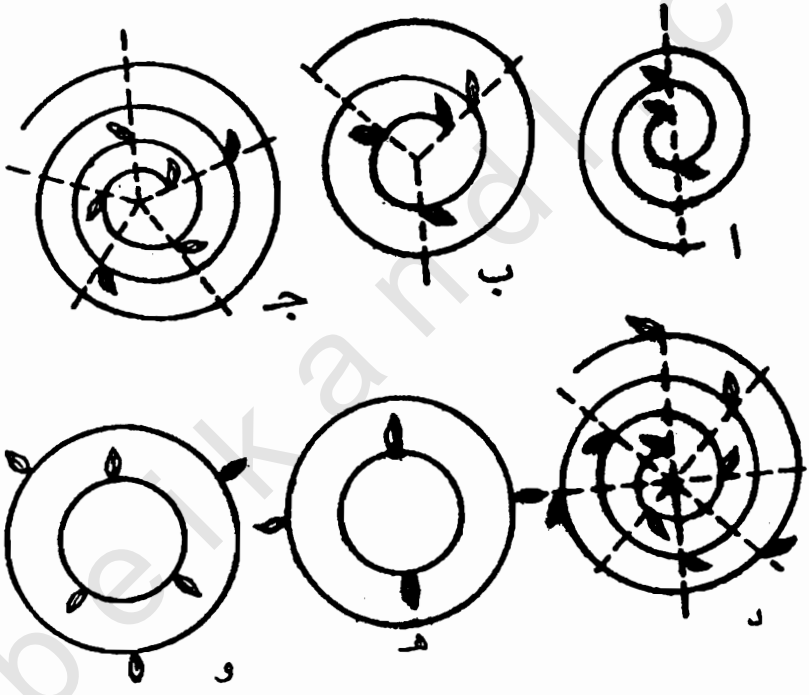
ترتب الأوراق على الساق بطرق مختلفة تختلف حسب نوع النبات ، ويتحدد ترتيب الأوراق عند تكون مبادىء الأوراق حول القمة النامية • وتوجد ثلاث طرق عامة لترتيب الأوراق وهى كالآتى :

## 1- ترتيب حلزونى

الترتيب الحلزونى spiral هو أكثر النظم شيوعاً لترتيب الأوراق على الساق (شكل 15/8 أ – د) • توجد على العقدة الواحدة ورقة واحدة ، ويختلف ترتيب الأوراق على العقد المختلفة لنفس الساق • ففى أبسط أنواع الترتيب الحلوزونى تقع الورقة على العقدة الثانية فى وضع مقابل لورقة العقدة الأولى ، ثم تقع ورقة العقدة الثالثة فوق ورقة العقدة الأولى وهكذا ، ويعرف هذا النظام بالنظام المتبادل ، ويميز نباتات العائلة النجيلية كالقمح • وفى نوع آخر من الترتيب الحلزونى تقع الورقة الرابعة فوق الورقة الأولى والورقة الخامسة فوق الورقة الثانية وهكذا ، وذلك كما فى نبات الزان *Fagus* • ونوع وترتيب الأوراق الحلزونى ثابت دائماً بالنسبة للنبات ، مما يدل على أن كل ورقة فى النبات الواحد تنفصل عن الورقة التالية بزاوية ثابتة من محيط الدائرة تعرف بزاوية الإنفراج angle of divergence ، وهى عبارة عن كسر حسابى يمثل بسطة عدد الدوائر الكاملة التى تحدث إذا مررنا خيط من قاعدة ورقة ماراً بقواعد الأوراق التالية أعلاها حتى نصل إلى الورقة التى تقع رأسياً فوق الورقة الأولى مباشرة ، ويمثل المقام عدد قواعد الأوراق التى مر بها الخيط ما عدا الورقة الأولى ، ففى حالة القمح يمر الخيط بثلاث قواعد أوراق ليعمل دائرة واحدة فتكون زاوية الإنفراج $^{1}/_{3-1}$ أى $^{1}/_{2}$ دائرة ، وفى حالة الزان تكون زاوية الإنفراج $^{1}/_{4-1}$ أى $^{1}/_{3}$ دائرة ، وفى حالة التفاح والحور يعمل الخيط دائرتين كاملتين ليمر من قاعدة الأولى حتى قاعدة الورقة التى تعلوها مباشرة وهى الورقة السادسة وبذلك تكون زاوية إنفراج أوراقه $^{2}/_{6-1}$ أى $^{2}/_{5}$ دائرة•

ونظم ترتيب الأوراق ثابت للصنف النباتى الواحد والنظم المعروفة فى الطبيعة هى $1/2$ و $1/3$ و $2/5$ و $3/8$ و $5/13$ و $8/21$ و $13/34$ و $21/55$ إلا أن النظم $2/5$ و $3/8$ هى أكثر النظم شيوعاً فى النباتات ذات الفلقتين.

يدل مقام كسر زاوية الإنفراج على عدد صفوف الأوراق على الساق ، ففى حالة الكسر $2/5$ تكون الأوراق موجودة فى خمسة صفوف ، وفى حالة الكسر $3/8$ تكون الأوراق موجودة فى ثمان صفوف وهكذا.




(شكل 15/8) : ترتيب الأوراق على الساق

ا ، د) ترتيب حلزونى $1/2$ ، $1/3$ ، $2/5$ ، $3/8$

هـ) ترتيب متقابل متصالب

و ) ترتيب سوارى

obeikandl.com

**2 - ترتيب متقابل**

فى الترتيب المتقابل opposite يوجد على العقدة الواحدة للساق ورقتان متقابلتان ، وعادة تقع الورقتان المتقابلتان على العقدة التالية فى وضع متعامد مع ورقتى العقدة السابقة ثم تقع ورقتى العقدة الثالثة فوق ورقتى العقدة الأولى مباشرة ، وهكذا ، ويسمى هذا النظام بالمتقابل المتصالب decussate ، وبذلك تظهر الأوراق فى أربعة صفوف طولية على الساق ، وذلك كما فى نبات الدورنتا *Duranta* (شكل 15/8 هـ).

**3- ترتيب سوارى**

فى الترتيب السوارى يتكون على العقدة الواحدة أكثر من ورقتين كما فى نبات الدفلة *Nerium oleander* حيث يتكون على العقدة الواحدة ثلاث ورقات (شكل 15/8 و) ، وفى نبات الكازورينا *Casuarina* يتكون على العقدة الواحدة ثمانى أوراق حرشفية عادة .

obeikandl.com

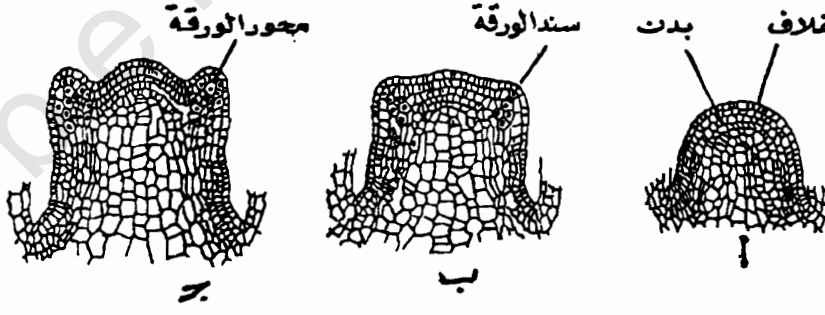
# الفصل الثانى
# تشـــريح الورقـــة

## نشوء وتكشف الورقة

تنشأ الأوراق من مبادىء الأوراق leaf primordial التى توجد حول المرستيم القمى للبراعم • يحدث النمو فى المبدأ فى جميع أجزاء بدائى الورقة ويكون معظمه ناتجاً عن النمو فى القمة • يقل النمو القمى ثم يقف مبكراً ويكتمل نمو الورقة بنمو باقى أجزائها وبخاصة الجزء الوسطى فى معظم أوراق النباتات ذات الفلقتين وفى الجزء القاعدى فى معظم أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة •

يبدأ نشوء الورقة بواسطة انقسامات موازية للسطح الخارجى فى مجموعة قليلة من الخلايا على أحد جوانب القمة النامية للساق • وتنشأ مبادىء الأوراق على جوانب القمة النامية على فترات زمنية ثابتة تقريباً بالنسبة للنوع النباتى الواحد وتحت ظروف بيئية واحدة وتسمى الفترة الزمنية بين نشوء بدائى ورقة وبدائى ورقة أخرى تالية مباشرة بلاستوكرون plastochrone •

تختلف مناطـــق نشـوء الورقة من مرستيمات القمة النامية باختلاف النباتات •

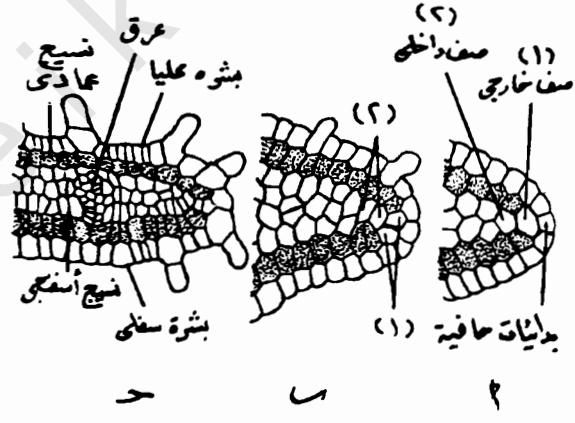



(شكل 16/8) : خطوات تكوين بدائى الورقة

ففى النباتات ذات الفلقتين تحدث الإنقسامات الموازية للسطح فى طبقة أو أكثر أسفل الطبقة السطحية ، وهذا يعنى أنه فى الحالات التى يكون فيها الغلاف مكوناً من طبقة واحدة فإن الانقسامات الموازية للسطح تحدث فى البدن فقط أما إذا زاد الغلاف عن طبقة واحدة فإن الإنقسامات تتكون من الغلاف والبدن أو من الغلاف فقط ، وفى النباتات ذات الفلقة الواحدة تحدث الإنقسامات الموازية للسطح فى الطبقة السطحية عادة ، أى أن بدائى الورقة فى هذه الحالة ينشأ من الغلاف فقط .

تختلف الطرق التى يتم بها تكشف الأوراق . والطريقة الشائعة التى يتم بها الإنقسام والتكشف فى كثير من الأوراق البسيطة ذات الفلقتين كالآتى :

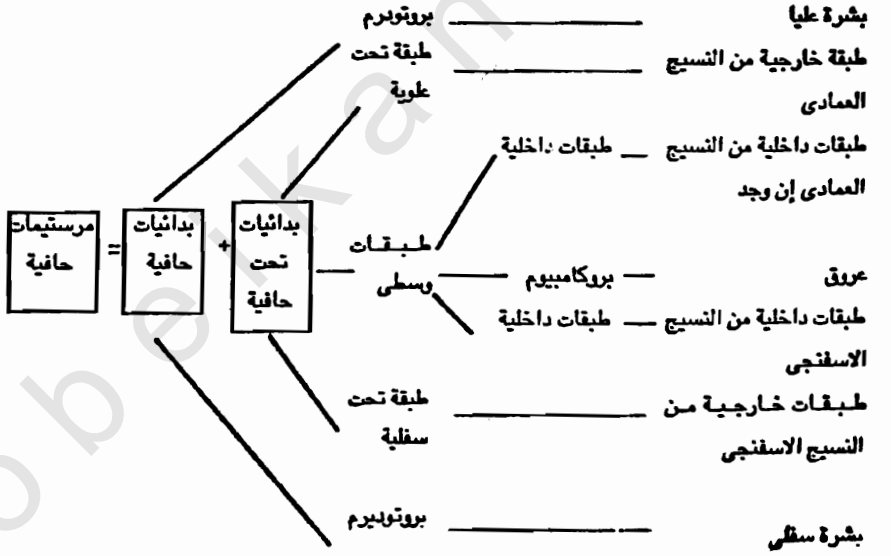
أول ما يظهر من بدائى الورقة هو نتوء جانبى صغير على قمة الساق يسمى سند الورقة leaf buttress ، ثم يتركز نشاط الخلايا المرستيمية بعد ذلك فى منطقة علوية محدودة من سند الورقة مكوناً محور الورقة leaf axis (شكل 16/8) . ثم يتكون على جانبى محور الورقة ، عدا عند القاعدة ، مجموعتان من المرستيمات الحافية marginal meristems التى يتكون منها نصل الورقة . ينشأ العرق الوسطى من نسيج محور الورقة المحصور بين المرستيمات الحافية . وينشأ عنق الورقة من الجزء القاعدى من محور الورقة .




(شكل 17/8) : خطوات تكوين نصل الورقة

تشمل المرستيمات الحافية نوعين من البدائيات ، هما البدائيات الحافية والبدائيات تحت الحافية ، البدائيات الحافية marginal initials هى خلايا مرستيمية تكون الطبقة السطحية ، وتنقسم بجدر عمودية على السطح ويتكون منها منشىء البشرة protoderm والذى بانقسامه وتكشفه يكون البشرتين العليا والسفلى للورقة.

البدائيات تحت الحافية sub-marginal initials هى خلايا مرستيمية توجد أسفل البدائيات الحافية ، وتنقسم بجدر موازية للسطح فيتكون عنها صفان من الخلايا أحدهما داخلى والآخر خارجى ، تنقسم الخلايا الخارجية بجدر عمودية على السطح الخارجى وينشأ عن ذلك صفان من الخلايا ، تعطى الخلايا العلوية منها الطبقة العليا من النسيج العمادى وتعطى السفلى منها الطبقة السفلى من النسيج الاسفنجى ، أما صف الخلايا الداخلية فتنقسم خلاياه فى إتجاهات مختلفة مكونة باقى النسيج الاسفنجى وكذلك نسيج البروكامبيوم الذى تنشأ منه عروق الأوراق ، وفى بعض




(شكل 18/8) : نشوء وتكشف نصل الورقة من المرستيمات الحافية

الحالات يتكون منها طبقات داخلية من الخلايا العمادية إن وجدت (شكل 17/8 و 18/8).

تتشكل الأنسجة الوعاية من البروكامبيوم ، ويبدأ التشكل من قاعدة الورقة متجهاً إلى أعلى فى نصل الورقة ، واللحاء هو أول ما يتشكل من الأنسجة الوعائية يليه الخشب . ويحدث التكشف بنفس الترتيب فى الأثر الورقى .

## أنسجة الورقة

أنسجة الورقة البالغة ، جميعها أنسجة ابتدائية ، إذ لا يحدث تغليظ ثانوى فى أنصال الأوراق ، عادة ، وقد يحدث لحد ما فى أعناق الأوراق والعروق الوسطية ، لا يتكون نسيج بريديرم على الأوراق إلا فى حالة بعض حراشيف البراعم المغطاة.

تتكون الورقة من ثلاثة مجاميع رئيسية من الأنسجة تشبه لحد كبير تلك الموجودة فى السيقان والجذور الحديثة ، إلا أنها تختلف فى توزيعها وذلك لتلائم وظيفتى الأوراق الأساسية وهما التمثيل الضوئى والنتح . الأنسجة الرئيسية المكونة للورقة هى النسيج السطحى الذى يتمثل فى البشرة وزوائدها ، والنسيج الأساسى الذى يتكون من النسيج الوسطى والنسيج المحيط بالعروق ، والأنسجة الوعائية التى تنغمس فى النسيج الأساسى ، وتتكون من الخشب واللحاء ، ونادراً ما يوجد كامبيوم.

## التركيب التشريحى لأنصال أوراق النباتات ذات الفلقتين

بالفحص التشريحى لأنصال أوراق نباتات ذات الفلقتين يلاحظ أنها تتركب من الأنسجة الآتية من أعلى أسفل (شكل 19/8) ٠

### البشرة العليا

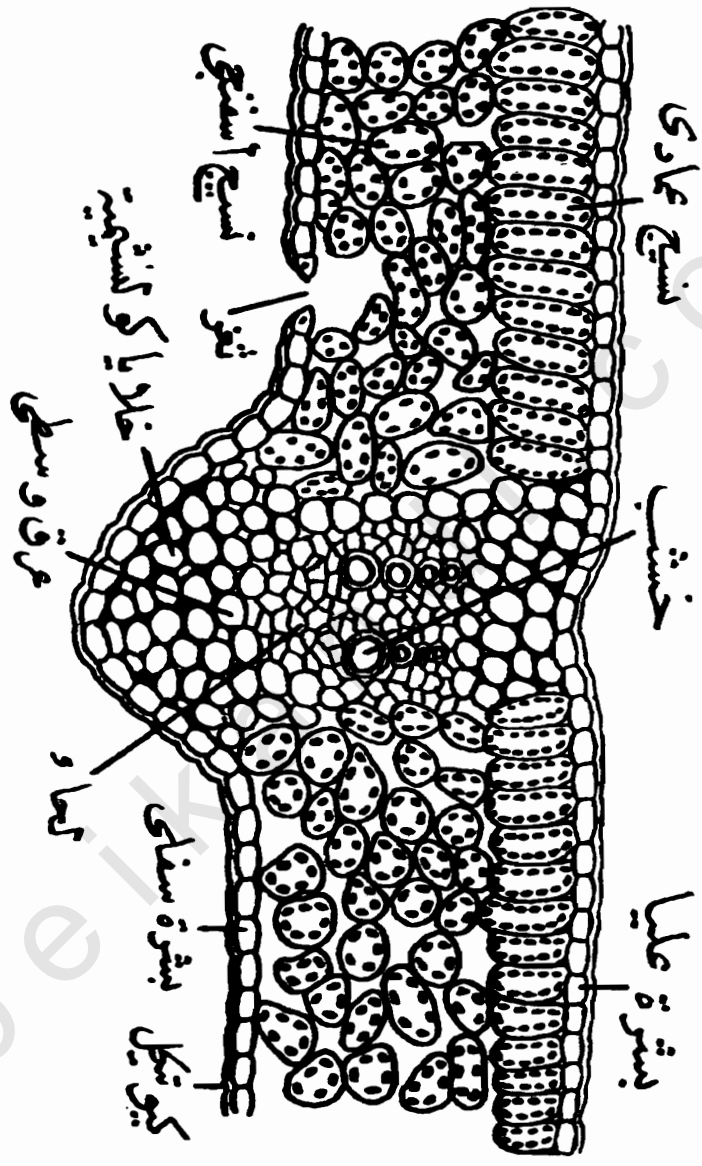
تتكون البشرة العليا من صف واحد من الخلايا التى تظهر فى القطاع العرضى متطاولة ومتراصة بجانب بعضها ، وهى خالية من الكلوروفيل ما عدا فى الخلايا الحارسة المحيطة بفتحات الثغور والتى تحتوى على الكلوروفيل ٠ تظهر خلايا البشرة فى المظهر السطحى بشكل متعرج غير منتظم عادة ، وقد تكون مضلعة وبها ثغور مبعثرة (شكل 1/5 أ ، ب ، د ) ٠ والثغور ، عادة ، مرتفعة عن سطح الورقة فى النباتات المائية ومنخفضة فى النباتات الجفافية وقد يوجد ذلك أيضاً فى النباتات الوسطية ٠ قد تتكون البشرة العليا وخاصة فى بعض النباتات الجفافية من صفين أو أكثر من الخلايا المتراصة كما فى أوراق الدفلة (شكل 10/9) ٠ تغطى الجدر الخارجية لخلايا البشرة المعرضة للجو بطبقة الأدمة ، وكثيراً ما تمتد من الجدر الخارجية زوائد بشرة (شكل 11/5 ، 14/5)٠

### النسيج الأساسى

هو الجزء الأكبر من نصل الورقة ، ويتكون من نسيجين هما النسيج الوسطى mesophyll ، والنسيج المحيط بالعروق الكبيرة ٠

يتكون النسيج الوسطى من خلايا كلورنشيمية كبيرة الحجم عادة ، غنية بالبلاستيدات الخضراء ويتميز إلى نسيج عمادى palisade ونسيج أسفنجى spongy ٠

يوجد النسيج العمادى جهة البشرة العليا ويتكون من صف واحد أو أكثر من خلايا أسطوانية أضلعها الطويلة عمودية على خلايا البشرة ومرتبة بجانب بعضها



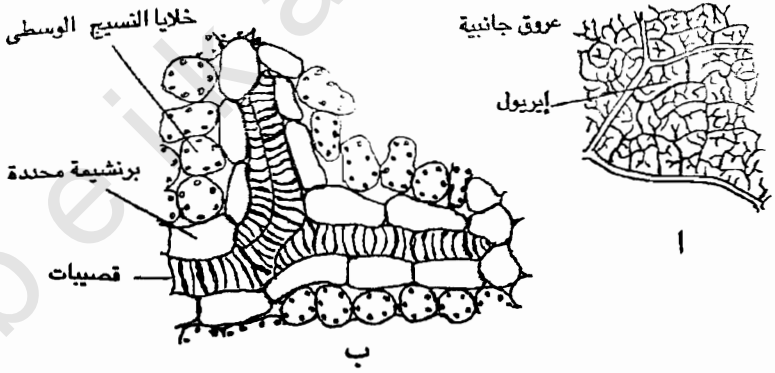
(شكل 19/8) : قطاع عرضى فى جزء من ورقة نبات ذو فلقتين مارا بالعرق الوسطى

وغنية بالبلاستيدات الخضراء وتوجد بينها مسافات بينية • فى قليل من النباتات وبخاصة فى النباتات الجفافية يوجد نسيج عمادى آخر أعلى البشرة السفلى ، وذلك كما فى أوراق السنتوريا *Centaurea* والدفلة •

يوجد النسيج الأسفنجى أسفل النسيج العمادى جهة البشرة السفلى ، ويتكون من عدة طبقات وخلاياه عادة تتراوح فى شكلها من كروية إلى غير منتظمة الشكل ، قد تمتد بشكل فروع أو أذرع تصل الخلايا ببعضها وتكثر بينها المسافات البينية • هذا النسيج تحتوى خلاياه على بلاستيدات خضراء ولكن بنسبة أقل منها فى خلايا النسيج العمادى •

قد يكون النسيج الوسطى متجانس نسبياً ، أى غير متميز إلى نسيج عمادى وآخر أسفنجى وذلك كما فى البسلة والكتان •

وتساعد المسافات البينية الكثيرة بين خلايا النسيج الوسطى على زيادة السطح المتصل بالهواء الخارجى عن طريق الثغور ، ويساعد ذلك الخلايا على القيام بعمليات التنفس والتمثيل الضوئى والنتح بكفاءة عالية ، حيث أن الهواء يتوفر باستمرار حول الخلايا •




**(شكل 20/8) : نهايات العروق فى الأوراق**

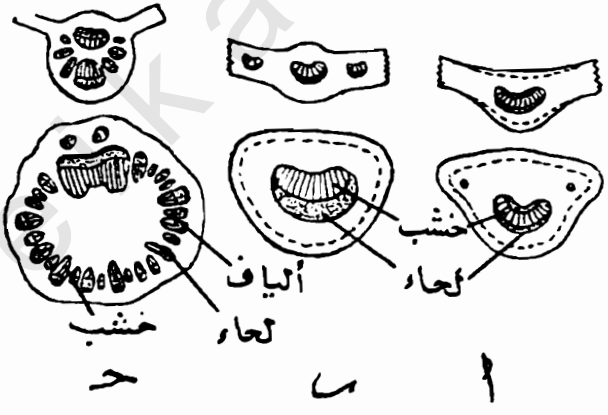
**أ ) جزء وسطى من ورقة تبين نهاية العروق**
**ب) نهايات العروق مكبرة**

النسيج المحيط بالعروق الكبيرة خلاياه أصغر حجماً من خلايا النسيج الوسطى وتقل بينها المسافات البينية ولا يتميز إلى نسيج عمادى وآخر أسفنجى ، ويتكون من خلايا برنشيمية وعادة يحتوى على خلايا كولنشيمية أو إسكلرنشيمية ويمتد هذا النسيج عادة بطول النصل فى مناطق العروق الرئيسية تحت البشرة العليا وأعلى البشرة السفلى .

تحصر نهايات العروق بينها ، عادة ، مساحات صغيرة مضلعة من النسيج الوسطى تسمى هالات أو إيريولات areolae (شكل 20/8 أ) ؛ وحيث أن خلايا النسيج الأسفنجى أسرع فى توصيل الماء عن خلايا النسيج العمادى ، لهذا فإنه كلما زادت نسبة النسيج الأسفنجى فى الورقة كلما قلت العروق وزادت مساحة الايرويولات والعكس صحيح .

## الحزم الوعائية

توجد الأنسجة الوعائية فى نصل الورقة فى نظام متشابك مكونة عروق الورقة veins ، ولهذا تظهر الحزم الوعائية فى القطاعات العرضية فى مساقط




(شكل 21/8) : رسم تخطيطى لقطاعات عرضية فى الجزء الوسطى من أنصال الأوراق (صف علوى) والأعناق (صف سفلى)

أ) الدفلة ب) يونيمس جـ) العنب

مختلفة • توجد الحزم الوعائية عادة ، على الحد الفاصل بين الخلايا العمادية والخلايا الأسفنجية • تتكون الحزمة الوعائية من خشب ولحاء ولا يوجد كامبيوم عادة ، ولذلك فهى من النوع الجانبى المقفول • يوجد الخشب جهة البشرة العليا ويتكون من أوعية خشبية مرتبة فى صفوف ، وقصيبات وألياف وبرنشيمية خشب ، ويكون الخشب الأول إلى أعلى والخشب التالى إلى أسفل • ويوجد اللحاء جهة البشرة السفلى ، ويتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيمية لحاء وفى العروق الصغيرة تقل كميات الخشب واللحاء ، وتمتد أنسجة الخشب لمسافة أطول من اللحاء ، ولذلك تتكون نهايات العروق من قصيبات قصيرة فقط • قد تكون الحزم ذات جانبين ، أى تحتوى على لحاء ثانى علوى ناحية البشرة العليا ، وذلك كما فى العروق الكبيرة لجنس الدخان *Nicotiana* والدفلة (شكل 21/9 أ) ، وفى هذه الحالة لا يمتد اللحاء العلوى عادة إلى العروق الصغيرة •

قد تكون الحزم الوعائية فى العروق الكبيرة مرتبة فى شكل دائرى يكون فيها اللحاء للخارج والخشب للداخل كما فى أوراق العنب (شكل 21/8 جـ) وقد تكون الحزم موزعة بغير نظام كما فى أوراق عباد الشمس ، وأحياناً يوجد بعرق النصل حزمة واحدة قد تكون عرضية هلالية الشكل كما فى أوراق أبو تيلون *Abutilon* ويونيمس *Euonymus* (شكل 21/8 ب) ، وقد تكون دائرية ، كما فى أوراق البلوط•

توجد الحزم الوعائية منغمسة فى النسيج الوسطى فى العروق الصغيرة بينما توجد محاطة بجزء من النسيج الأساسى يكون خالياً من البلاستيدات الخضراء أو يحتوى على قليل منها فى العروق الكبيرة• يبرز النسيج المحيط بالعروق الكبيرة على سطحى الورقة وخاصة على السطح السفلى مكوناً نتوء العرق vein rib • وعادة تحتوى تلك النتوءات على خلايا كولنشيمية تصل الأنسجة الوعائية ببشرة أحد سطحى النصل أو بكليهما•

الحزم الوعائية المكونة للعروق الصغيرة والموجودة فى النسيج الوسطى تحاط عادة ، بطبقة أو أكثر من خلايا برنشيمية أو كلورنشيمية متراصة بجانب بعضها مكونة غلاف الحزمة • ويستمر غلاف الحزمة محيطاً بها حتى نهايتها حيث تحاط القصيبات بخلايا برنشيمية محددة bordered parenchyma ، وبذلك فإن الأنسجة الوعائية لا تتعرض للمسافات البينية ، عدا فى مناطق الثغور المائية ولذلك فإن الماء المار من نهايات العروق إلى النسيج الوسطى لابد أن يمر خلال البرنشيمية المحددة (شكل 20/8 ب) أو خلال غلاف الحزمة • وفى كثير من النباتات ذات الفلقتين نجد أن غلاف الحزمة يتصل بكل من البشرتين العليا والسفلى بواسطة ممرات من خلايا برنشيمية تشبه خلايا غلاف الحزمة تسمى زوائد غلاف الحزمة bundle sheath extensions تقوم بنقل الماء جانبياً من الحزم الوعائية إلى البشرة خلال زوائد غلاف الحزمة ، ولذلك فإن عدد هذه الزوائد عند وجودها يتناسب عكسياً مع كثافة التعريق •

## البشرة السفلى

تشبه خلايا البشرة العليا ، إلا أن جدر خلايا البشرة السفلى أرق ، وتحتوى عادة على ثغور بعدد أكبر من عددها فى البشرة العليا •

obeikandl.com

# التركيب التشريحى لأنصال أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة

بالفحص التشريحى لأنصال أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة يلاحظ أنها تتركب من الآتى (شكل 22/8)٠

## البشـــرة

توجد عادة بشرتين عليـا وسفلى ، وهى تشبه فى تركيبهما بشـرة الأوراق ذات الفلقتين إلا أنها تشاهد فى المظهر السطحى بشكل مضلع متطاول فى إتجاه طول نصل الورقة ، وتوجد بها الثغور مرتبة عادة فى صفوف طوليـة (شكل 11/5 أ ، جـ)٠ فى حالة الأوراق الأنبوبية توجد بشرة تتكون من صف واجد من الخلايا تحيط بالورقة من الخارج كما فى البصل ٠ كثيراً ما يتميز بالبشرة خلايا كبيرة رقيقة الجدر ، تنثنى عندها الورقة وتعرف بالخلايا الحركية bulliform cells ، وقد توجد بالبشرة خلايا سليكا أو خلايا فلين (شكل 11/5 أ) ٠

## النسيج الأساسى

لا يتميز النسيج الوسطى ، عادة ، إلى نسيج عمادى وآخر أسفنجى ، إلا فى بعض الحالات مثل الزنبق والموز والبصل ٠ فى الزنبق والموز يوجد نسيج عمادى أسفل البشرة العليا ونسيج إسفنجى أعلى البشرة السفلى ٠ فى البصل يوجد النسيج العمادى للخارج والنسيج الإسفنجى داخله ، وتوجد الحزم الوعائية منغمسة فى النسيج الأسفنجى ، ويتكون مركز الورقة من فجوة واسعة محاط ببقايا الخلايا البرنشيمية التى كانت تشغل قبل ذلك مكان التجويف فى الورقة الصغيرة ٠

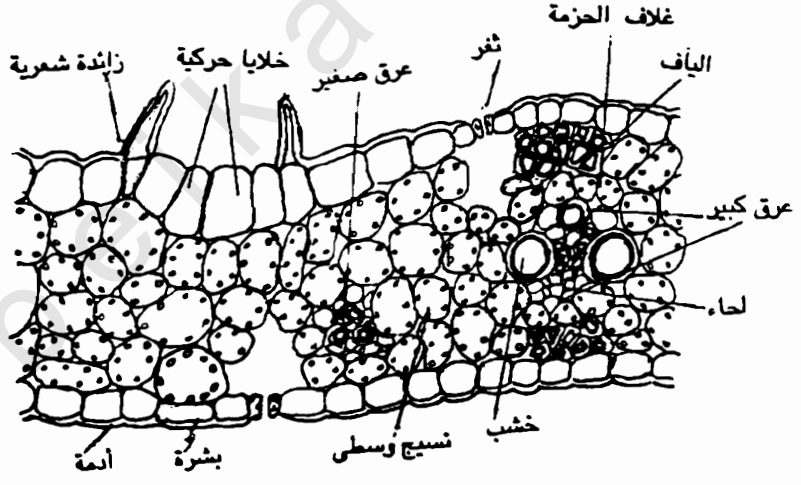
وفى أنصال أوراق معظم نباتات الفلقة الواحدة حيث لا يتميز النسيج الوسطى إلى نسيج عمادى وآخر أسفنجى ، نجد أنه يتركب من خلايا كلورنشيمية ٠ كذلك فإن النسيج الأساسى كثيراً ما يحتوى على خلايا اسكلرنشيمية توجد أعلى أو أسفل

الحزم أو فى كلا الاتجاهين ، وقد تغلف الحزم تغليفاً كاملاً . وفى حالة أخرى تغلف الحزم بخلايا برنشيمية قد تكون رقيقة الجدر وقد تكون مغلظة الجدر . يتكون غلاف الحزمة من طبقتين ، الداخلية مغلظة الجدر والخارجية رقيقة الجدر . ويستعين بعض علماء تقسيم النبات فى تقسيم الحشائش بنوع غلاف الحزم الوعائية.

النسيج المحيط بالعروق الكبيرة يتكون عادة ، من ألياف ويصل إلى كل من البشرة العليا والسفلى .

## الحزم الوعائية

توجد الأنسجة الوعائية فى نظام متوازى عادى ، ذلك لأن تعريق الأوراق ذات الفلقة الواحدة يكون عادة متوازياً ، لهذا فإنه عند عمل قطاعات عرضية تظهر الحزم الوعائية فى مسقط عرضى ويتدرج حجمها فى الصغر من العرق الوسطى حتى حافتى الورقة ذات التعريق المتوازى الطولى ، وتظهر الحزم فى مسقط طولى




(شكل 22/8) : قطاع عرضى فى جزء من ورقة نبات ذو فلقة واحدة (نبات الذرة)

عدا العرق الوسطى فى مسقط عرضى فى حالة أنصال الأوراق ذات التعريق المتوازى العرضى • وقد تظهر فى القطاعات العروق الدقيقة التى تصل الحزم الوعائية المتوازية ببعضها •

تتكون الحزم الوعائية من خشب ولحاء ، يوجد الخشب جهة البشرة العليا ويكون ترتيب الأوعية الخشبية بشكل حرف Y أو V بحيث يكون الخشب التالى ناحية البشرة السفلى•

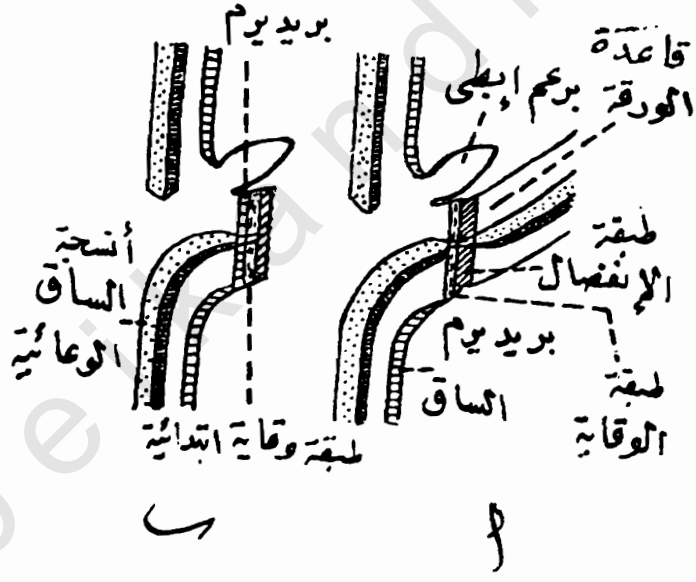
## التركيب التشريحى لأعناق الأوراق

لا تظهر إعناق الأوراق فى القطاعات العرضية بشكل كامل الاستدارة ، بل تكون عادة مسطحة أو مقعرة قليلاً فى السطح العلوى • يحتوى عنقِ الورقة عادة على نفس الأنسجة الموجودة فى سيقان نفس النباتات • فالبشرة تحتوى على خلايا البشرة والثغور ، وقد يوجد بها زوائد بشرة ، النسيج الأساسى مكون عادة من خلايا برنشيمية وقد تحتوى على بلاستيدات خضراء ، عادة توجد به خلايا كولنشيمية واسكلرنشيمية كأنسجة دعامية • توجد الأنسجة الوعائية بأشكال مختلفة تبعاً لنوع النبات ولكنها لا تكون عادة أسطوانة وعائية بل تكون غالباً منتظمة بشكل قوس أو هلال ، يكون فيه الخشب متجهاً إلى أعلى واللحاء متجهاً إلى أسفل (شكل 21/8) وتكون أعداد الحزم عادة من 1 إلى 3 فى الأوراق ذات التعريق الريشى وتزيد عن ذلك فى الأوراق ذات التعريق الراحى •

# تساقط الأوراق

تساقط الأوراق هو عبارة عن إنفصال الأوراق عن الأفرع الحاملة لها بدون حدوث أضرار للأفرع. وقد تتساقط الأوراق طبيعياً نتيجة لتغير الظروف البيئية ، أو يحدث نتيجة لحدوث الأضرار التى تلحق بالنبات .

ويحدث سقوط الأوراق فى الأشجار المتساقطة الأوراق نتيجة لتكوين منطقة خاصة فى قواعد أعناق الأوراق تعرف باسم منطقة الانفصال abscission zone ، وتتكون هذه المنطقة من خلايا برنشيمية أصغر حجماً من الخلايا المجاورة كما أن حزمها الوعائية لا تغلف عادة بخلايا اسكلرنشيمية ، ويحدث بمنطقة الإنفصال تغييران تشريحيان واضحان هما تكوين طبقة الانفصال separation layer وطبقة




(شكل 23/8) : تساقط الأوراق

أ ) تكوين طبقة الانفصال والوقاية
ب) سقوط الورقة وتكوين طبقتى وقاية ابتدائية وثانوية

obeikandl.com

الوقاية protective layer ، طبقة الإنفصال تسهل إنفصال الأوراق عن الأفرع ، وطبقة الوقاية تتكون أسفل طبقة الإنفصال فى جهة الفرع لتحمى السطح المقطوع بعد سقوط الورقة من الجفاف ودخول مسببات الأمراض النباتية (شكل 23/8 أ) ٠

توجد ثلاث نظريات لتفسير ميكانيكية تساقط الأوراق ٠ تقول النظرية الأولى أن التساقط يحدث نتيجة لتحلل الصفائح الوسطى لخلايا النسيج الأساسى الموجودة فى طبقة الإنفصال ، ثم تفكك الخلايا عن بعضها ٠ وتقول النظرية الثانية أن تساقط الأوراق يحدث نتيجة لتحلل جزء أو كل الجدر الإبتدائية أو جميع خلايا النسيج الأساسى الموجودة فى طبقة الإنفصال ٠ ويقول الرأى الثالث أن التساقط يحدث نتيجة لتكون خلايا فلينية تفصل أنسجة الورقة عن أنسجة الساق ٠ وينتج عن تكون طبقة الإنفصال ، بأى من الطرق السابقة ، فصل النسيج الأساسى لعنق الورقة عن الساق مما يؤدى إلى تساقطها ٠

طبقة الوقاية التى تتكون أسفل طبقة الإنفصال ، ناحية الساق تتكون من جزئين ، طبقة وقاية إبتدائية وطبقة وقاية ثانوية ، تنتج طبقة الوقاية الابتدائية عن طريق ترسيب مواد مختلفة على جدران وفى خلايا الجزء المكشوف من الفرع وكذلك فى المسافات البينية ، ويكتمل تكوين هذه الطبقة بعد سقوط الورقة عادة ، ومن هذه المواد المرسبة السيويرين واللجنين وأصماغ جرحية ، كما قد تتكون فى الأوعية الخشبية تيلوزات ومواد غير منفذة للماء ، وبذلك يسد السطح المقطوع ٠ تتكون بعد ذلك طبقة الوقاية الثانوية ، وذلك بعد فترة قصيرة أو طويلة قد تصل إلى عام ويختلف ذلك باختلاف النبات ، وهى عبارة عن تكوين نسيج بريديرم والذى يكون على إتصال ببريديرم الأفرع (شكل 23/8 ب) ٠ وفى حالة حدوث تساقط الأوراق بطريقة تكوين خلايا فلينية فإن طبقة الإنفصال تكون فى نفس الوقت هى طبقة الوقاية٠