

جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة والحياة- قسم التعليم القاعدي

"بيولوجيا النبات العام"

Biologie Végétale Générale

مطبوعة

"المحاضرات"



د. عولمي عبدالمالك

محاضرات بيولوجيا النبات
لطلبة السنة الأولى - بيولوجيا-

2019-2018

مقدمة:

علم النبات هو العلم الذي يهتم بدراسة النباتات، وهو جزء مشتق من علم أوسع هو علم البيولوجيا الذي يدرس كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية.

النباتات ذات أهمية عظمى لمختلف الحيوانات والإنسان، فهي ضرورية لإستمرار الحياة على وجه الأرض، إذ أنها مصدر الأكسجين الضروري لتنفس معظم الكائنات الحية، فضلا عن أن النباتات تعتبر مصدر الغذاء لسائر الحيوانات. فهي صانعة الغذاء العضوي بفضل مادة اليخضور الموجودة بها، وتعتبر بمادتها العضوية غذاء طبيعيا ومتنوعا لكثير من الكائنات.

ولقد ظهرت النباتات على الأرض منذ أحقاب قديمة جدا، وكانت الأشكال الأولى للنبات بدائية في صورة وحيدة الخلية، وبمرور الأزمان إزدادت النباتات تطورا، وتميزت شكلا وتخصصت فيها الأعضاء، فظهرت السرخسيات والحزازيات، وتبعتها النباتات عاريات البذور كالصنوبريات، وأخيرا ظهرت النباتات مغلفات البذور، التي تمثل حاليا نحو 80% من النباتات الخضراء. وسميت بمغلفات البذور Angiosperme لنمو بذورها داخل مبيض مغلق، كما سميت بالنباتات الزهرية Anthophytes لقدرتها على تشكيل الأزهار.

وهكذا نجد أن النباتات الزهرية هي أرقى المجاميع النباتية نظرا لتوزيع الوظائف بين مختلفة أعضاء النبات الواحد. يتكون النبات الزهري من مجموعتين من الأعضاء الأولى توجد تحت سطح التربة وتشمل الجذور والثانية فوق سطح التربة وتشمل الساق والأوراق والأزهار. هذه الأخيرة تعتبر تركيب مميز خاص بعملية التكاثر الجنسي، ووجود الزهرة أهم ميزة للنباتات الراقية.

نظرا لأهمية النباتات وفائدتها في حياة الإنسان فقد إهتم وإعتنى بها وإنتخب أفضلها وزرعها، فكانت منها مصدر غذائه كالقمح والبقول والبطاطا، ومصدر لباسه وكسائه كالقطن والكتان، ومصدر وقوده كالأشجار الخشبية، ومصدر علاجه كالنباتات الطبية. لهذا لقيت دراسة علم النبات إهتمام الرحالة والباحثين والعلماء منذ أزمنة طويلة، وكانت معظم إهتماماتهم في البداية تركز على الوصف الظاهري والأهمية الإقتصادية والفائدة الطبية.

بدأ تطور علم النبات مع بداية عصر النهضة الحديثة خلال القرنين السابع عشر والثامن عشر حيث ظهرت الأكاديميات العلمية وبرز بعض العلماء المتخصصين لدراسة النبات منهم العالم الألماني يواكيم جنج Joachim jung (1657-1587) الذي يعتبر من أوائل علماء النبات الذين إهتموا بدراسة مورفولوجيا النبات، وإعتقد أن الأوراق النباتية صفة مميزة لتصنيف النباتات بجانب صفات أخرى، كما إعتبر الجذر والساق والأوراق والأزهار والثمار والبذور هي أجزاء النبات الكامل.

كان لإختراع الميكروسكوب الفضل الكبير لدراسة تشريح النبات، وبعدها ساهم ظهور الميكروسكوب الإلكتروني في الثلاثينيات من القرن العشرين في معرفة التركيب الدقيق للكائنات الدقيقة وأجزاء الخلية. ويعتبر كل

من العالم الإيطالي مالبيجي M. Malpighi (1628-1694م) والعالم الإنجليزي جرو N. Grew (1628-1711م) من أهم علماء التشريح الذين وضعوا أسس علم تشريح النبات، فقد إكتشف مالبيجي الثغور في الأوراق وعرف فائدتها وبين أن النبات يحتوي على أوعية مختلفة منها الأوعية الخشبية والأوعية اللبنية والقنوات الغدية. واهتم جرو بدراسة تشريح الأنسجة وتركيب الألياف والأوعية الناقلة.

ونظرا لتوسع دراسة علم النبات وظهور تخصصات وتفرعات كثيرة عنه نتيجة لكثرة العلماء وطلبة العلم وتخصص كل منهم بدراسة مجال معين من النبات. تم تقسيم علم النبات إلى العلوم الآتية:

- علم التشكل الظاهري للنبات **Morphologie végétale**، يهتم هذا العلم بالشكل الظاهري للنبات، وترتيب أجزائه وعلاقة أعضاء النبات ببعضها.
- علم تشريح النبات **Anatomie végétale**، ويبحث هذا العلم في تركيب النبات الداخلي.
- علم الخلية **Cytologie**، يبحث في تركيب وإنقسام الخلية.
- علم وظائف أعضاء النبات **Physiologie végétale**، ويبحث في النشاط الحيوي لمختلف أعضاء النبات ووظائف كل منها، وتأثير عوامل البيئة عليها.
- علم تقسيم النبات **Taxonomie végétale**، يهتم بتسمية النباتات ومدى علاقتها ببعضها.
- علم البيئة النباتية **Ecologie végétale**، ويبحث في علاقة النبات بالبيئة التي يعيش فيها.
- علم النباتات المتحجرة **Paléontologie végétale**، يهتم بدراسة النباتات القديمة النامية في أحقاب جيولوجية سابقة.
- علم أمراض النبات **Phytopathologie végétale**، يبحث في الأمراض النباتية من حيث أعراضها ومسبباتها ودورة حياتها وطرق مقاومتها.
- علم وراثية النبات **Génétique végétale**، يدرس النظريات المختلفة لوراثة الصفات في النبات.
- علم النبات الإقتصادي **L'économie agricole**، يدرس النباتات ذات الأهمية الإقتصادية وتوزيعها وإستغلالها.

(جزء 1): الخلية النباتية وعضياتها

تعريف الخلية النباتية:

تعتبر الخلية اللبنة الأساسية في بناء الكائن الحي سواء كان نباتي أو حيواني، وتمثل الوحدة الأساسية من الناحية التشريحية والفيزيولوجية. تختلف الخلية من حيث الحجم والشكل والتركيب والوظيفة من نسيج لآخر. إن أول من إكتشف الخلية النباتية هو العالم الإنجليزي روبرت هوك Robert hooke في سنة 1665م وذلك عبر فحصه لصفحة من الفلين، فأطلق عليها اسم الخلية Cellule لتشابهها مع خلية النحل.

تقسم الخلايا من حيث مكتنفاتها إلى قسمين: خلايا بدائية النواة Cellules procaryotes (هي خلايا لا تحتوي على نواة حقيقية كما في البكتيريا وبعض الأشنات)، وخلايا حقيقية النواة Cellules eucaryotes (وهي خلايا تحتوي على نواة واضحة بالإضافة إلى مركبات الخلية المعروفة الأخرى).

تتركب الخلية النباتية الحية (شكل 1) من جدار خلوي يحيط بالبروتوبلازم Protoplasme، والبروتوبلازم يتكون أساسا من جزئين من المحتويات:

- محتويات بروتوبلازمية يطلق عليها أيضا اسم الهيالوبلازم Hyaloplasme، وتتضمن الأعضاء الحية بالخلية كالنواة، البلاستيدات، الشبكة الأندوبلازمية، الميتوكوندري،... وغيرها.
- محتويات غير بروتوبلازمية يطلق عليها أيضا اسم البارابلازم Paraplasme، وتتضمن العناصر الغير حية بالخلية كحبيبات النشاء، البلورات، البروتين،... وغيرها.

(جزء 2): الأنسجة النباتية

1.2 تعريف النسيج:

يتكون الجسم النباتي في النباتات الزهرية من خلايا متخصصة يجتمع كل نوع منها معا، فجسم النبات الراقي يتكون من أعضاء Organes، ويتكون كل عضو من مجموعة أنسجة Tissus، ويتكون النسيج من عدد من الخلايا ويختص بوظيفة معينة، ولا يمكنه أن يعيش مستقلا، بل يعتمد في حياته على باقي الأنسجة. ويمكن تعريف النسيج النباتي بأنه مجموعة من الخلايا لها نفس الأصل وتشارك في وظيفة أساسية واحدة.

النسيج النباتي قد يكون بسيطا إذا تكون من نوع واحد من الخلايا كالأنسجة البرنشيمية والكولنشيمية، وقد يكون مركبا إذا احتوى على أكثر من نوع من الخلايا كنسجي الخشب واللحاء.

والأنسجة قد تكون مرستيمية (إنشائية) **Méristèmes**، أي تتكون من خلايا ذات قدرة على الإنقسام. أو تكون مستديمة **Permanents**، أي تتكون من خلايا بالغة فقدت القدرة على الإنقسام وتخصصت لأداء وظيفة محددة.

2.2 الخلايا والأنسجة المرستيمية

الأنسجة المرستيمية هي الأنسجة التي تتكون من مجموعة الخلايا التي تنقسم بشكل مستمر لتكون خلايا جديدة لم يتم التخصص فيها بعد، ولهذا فهي توجد في مناطق النمو للنبات. تتحول بعض خلايا هذه الأنسجة إلى خلايا بالغة بأن تفقد خاصية الإنقسام وتأخذ شكل محدد لتؤدي وظيفة معينة، وفي بعض الأحيان وفي ظروف خاصة تستعيد بعض الخلايا البالغة قدرتها على الإنقسام متحولة إلى خلايا مرستيمية.

ويمكن تقسيم الأنسجة المرستيمية على أسس عدة، منها التقسيم حسب أصل منشأها والتقسيم حسب موقعها ومكان تموضعها بالنبات كما يبين الجدول (1).

جدول (1): أنواع وأقسام المرستيمات

نوع المرستيم	خصائصه
أنواعها حسب أصل منشأها	
أنسجة مرستيمية إبتدائية	توجد مثل هذه الخلايا في جنين البذرة وأطراف الجذور والسيقان، وفي بداءات الأوراق والأزهار.
أنسجة مرستيمية ثانوية	تنشأ عن خلايا مستديمة عادت عن التمايز أو عن خلايا مرستيمية إبتدائية عاودت النشاط بعد الركود.
أنواعها حسب موقعها ومكان تموضعها بالنبات	
أنسجة مرستيمية قمية	تموضع في قمم الأغصان والجذور، مسؤولة على النمو الطولي للنبات.
أنسجة مرستيمية جانبية	هي أنسجة مرستيمية ثانوية أساسا، تتمثل في: الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني
أنسجة مرستيمية بينية	توجد في الجزء السفلي لسلايميات الفوارع والأوراق، تنشط في معظم الأحيان لفترة قصيرة فقط كما في حال نمو البراعم.

وبشكل عام توجد بنيتان من الأنسجة في النباتات، بنية أولية وبنية ثانوية. فالبنية الأولية تنشأ عن المرستيم الإبتدائي ويدعى جسم النبات المتكون هنا بجسم النبات الإبتدائي أما الانسجة فتسمى بالأنسجة الإبتدائية، وتبقى هذه البنية مترافقة مع كامل أطوار النبات في معظم ذوات الفلقة الواحدة وبعض النباتات الحولية من ذوات الفلقتين. أما البنية الثانوية فتنشأ عن المرستيم الثانوي في مرحلة متأخرة من النمو، ونتيجة لحدوث هذا النمو يتكون جسم النبات الثانوي والأنسجة المتكونة تدعى بالأنسجة الثانوية، ويحدث هذا في معراة البذور ومعظم ذوات الفلقتين ونادرا عند بعض ذوات الفلقة الواحدة.

وعليه تعتبر الخلايا المرستيمية الابتدائية والثانوية أساس تشكل جميع الأنسجة النباتية المستديمة بمختلف أنواعها. وفي ما يلي سيتم إستعراض هاذين النسيجين ومختلف الأنسجة الناتجة عنهما:

3.2 أنواع الأنسجة النباتية:

1.3.2 الأنسجة المرستيمية الابتدائية *Méristèmes primaires*:

تتكون من مجموعة من الخلايا المرستيمية تمتاز هذه الخلايا بجدرانها الرقيقة غير المتغلظة ذات شكل مكعب أو مستطيل متراسة (لا توجد بينها مسافات بينية)، ممتلئة بالسيتوبلازم، نواتها كبيرة نسبيا، مع وجود فجوات صغيرة الحجم وقد تكون غير موجودة (شكل 4).

وتكون هذه الخلايا متموضعة إما في نهايات الأغصان فتدعى بالمرستيم القمي الساقى، أو في نهايات الجذور فتعرف بالمرستيم القمي الجذري. ويؤمن المرستيم القمي النمو الطولي لهذه الأعضاء وتكوين نسجها المختلفة، ويشكل المرستيم الساقى إضافة إلى ذلك الأعضاء المتخصصة كالأوراق والبراعم والأزهار، ولذلك يدعى مرستيم الساق بالمرستيم المولد للنسج والأعضاء، بينما يدعى مرستيم الجذر بالمرستيم المولد للنسج فقط.

ويتميز النسيج المرستيمي القمي إلى عدة أنواع من الأنسجة جميعها مستمدة من أصل واحد هو النسيج المرستيمي الابتدائي. يوضح الشكل (5) مقطع طولي في القمة النامية لجذر والقمة النامية لساق، حيث تظهر الطبقات المرستيمية التالية من الخارج إلى الداخل:

- ← منشئ البشرة (أو البشرة الأولية): وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا المرستيمية مسؤولة على تكوين البشرة في مناطق النضج لكلا من الساق والجذر.
- ← منشئ القشرة (أو المرستيم الأول الأساسي): ويلي منشأ البشرة يتكون من عدة طبقات من الخلايا المرستيمية، مسؤولة على تكوين القشرة واللب في الساق والقشرة في الجذر في الأجزاء البالغة منهما.
- ← منشئ الأسطوانة الوعائية (أو الكامبيوم الأولي) *Procambium*: يمثل النسيج الأوسط من النسيج المرستيمي ويكون الحزم الوعائية (الخشب واللحاء الابتدائيين) والكامبيوم الوعائي في السيقان والجذور.
- ← منشئ القلنسوة: هذا النسيج المرستيمي الابتدائي خاص بالجذور دون السيقان مسؤول على تكوين القلنسوة التي تحافظ على القمة النامية في الجذر من التمزق عند إمتدادها داخل التربة.

1.1.3.2 الأنسجة الابتدائية *Tissus primaires*:

كما تم ذكره سابقا تنشأ الأنسجة الابتدائية عن نشاط المرستيم الابتدائي قد تبقى طول حياة النبات كما عند كثير من النباتات ذوات الفلقة الواحدة وبعض ثنائيات الفلقة، بما عدة أنواع من الأنسجة المستديمة البسيطة والمركبة وهي:

1.1.1.3.2 أنسجة الحماية (الضامة):

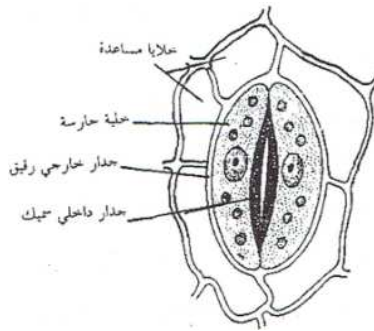
وهي نسج تحيط بالأعضاء النباتية وتلعب دورا أساسيا في حماية النبات من المؤثرات الخارجية كالإضاءة الشديدة والحرارة المرتفعة. ويوجد في النباتات نوعين رئيسيين من النسج الواقية هما البشرة والفلين (الذي نتطرق إليه في جزء الأنسجة الثانوية).

* البشرة Epiderme:

تغطي أجزاء النبات أثناء نموها الإبتدائي طبقة من الخلايا تسمى البشرة Epiderme، هذه الخلايا على تماس مباشر مع الوسط الخارجي وبالتالي تختلف عن الخلايا الأخرى بالنبات. تتكون البشرة عادة من صف واحد من الخلايا الحية ليس بينها مسافات بينية وهي على عدة أشكال قد تكون متساوية الأبعاد أو مستطيلة أو عدسية الشكل، تغطي خلايا البشرة في الأعضاء الهوائية عادة بطبقة مستمرة متجانسة غير نفوذة للماء تسمى الأدمة Cuticle، تتشكل أساسا من مادة الكيوتين، تحفظ هذه الطبقة أعضاء النبات من دخول أو إختراق الطفيليات لها كما تمنع التبخر والمؤثرات الكيميائية، وأيضا تزيد من قوة ومتانة نسيج البشرة.

تنشأ البشرة عن المرستيم القمي، وتحتوي على تراكيب خاصة وزوائد كالثغور والشعيرات والحراشف وغيرها، تساعد هذه التراكيب النبات على أداء وظائف مختلفة، ويمكن تلخيص أهمها في ما يلي:

- **الثغور Stomates:** توجد الثغور (أو المسام) في خلايا البشرة، وهي تشرف على التبادل الغازي ما بين النسج الداخلية في العضو النباتي من ساق وأوراق، وبين الوسط الخارجي.



(شكل 6) تركيب الثغر

يتألف المسام من خليتين هلالية الشكل (كلوية) تتقابلان من ناحية وجههما المقعر، تكون أصغر حجما من خلايا البشرة المجاورة، تسميان بالخلايا السمتية (أو الحارسة)، توجد بينهما فتحة تلعب دورا هاما في إنجاز عملية تبادل الغازات تسمى فتحة المسام Ostiole. (شكل 6)

تنفتح الثغور إذا كانت الخلايا الحارسة ممتلئة (متنفخة)، وتغلق إذا إنكمشت الخلايا الحارسة نتيجة فقدانها للماء وإرتخاء الجدران على فتحة الثغر، وذلك تحت تأثير الضغط الأسموزي للخلايا الحارسة.

- **الزوائد البشرية Trichomes:** هي إستطالات وزوائد تنمو على السطح العلوي للبشرة، تختلف كثيرا في أشكالها ووظائفها. فقد تكون على شكل أشعار أو إستطالات أو حراشف أو ماصات أو حلميات، منها ما هو وحيد الخلية أو متعدد الخلايا وقد تكون بسيطة أو متفرعة (شكل 7)، يمكن لهذه التراكيب أن تكون حية أو ميتة، وتقوم بوظائف حيوية متنوعة وهامة في معظم الأحيان، منها الحماية والوقاية من المؤثرات الخارجية أو التدعيم أو إمتصاص الماء كما في الشعيرات الجذرية، أو ذات وظيفة إفرازية كما في الشعيرات الغدية.

2.1.1.3.2 الأنسجة البرنشيمية (البرنشيم Parenchyme):

تمتاز الخلايا البرنشيمية بأنها خلايا حية ذات فجوة كبيرة ومسافات بينية واسعة، تأخذ غالبا شكل متساوي الأبعاد، عادة جدرانها رقيقة متكونة من مادة السليلون الذي يتلحجن قليلا في بعض الأحيان كما في برنشيم الخشب الثانوي. تقوم خلايا البرنشيم بوظائف النبات الهامة كالتمثيل الضوئي والتنفس والإفراز وإدخار الغذاء. وفي بعض الحالات تستعيد الخلايا البرنشيمية قدرتها على الإنقسام وتصبح خلايا مرستيمية ثانوية كما في الكامبيوم، ولهذا تعتبر الخلايا البرنشيمية أقرب الخلايا إلى الخلايا مرستيمية.

تتواجد الخلايا البرنشيمية في أجزاء واسعة من النبات كالقشرة واللُب في الساق والجذر، وكذلك في النسيج المتوسط للأوراق، والجزء اللحمي من الثمار، كما يوجد البرنشيم ممزوجا مع الأنسجة الناقلة. يعتبر منشأ البرنشيم متعدد في النبات، حيث ينشأ أحيانا من المرستيم القمي في الساق والجذر، وأحيانا من المرستيم المشكل لبداءة الأوراق وكذلك من الكامبيوم الوعائي. ويوجد عدة أنواع من الخلايا البرنشيمية حسب محتويات ووظيفة الخلايا أهمها: (شكل 8).

أ- البرنشيم التمثيلي **Chlorenchyme**: تمتاز خلايا هذا النسيج بإحتوائها على الصانعات الخضراء Chloroplastes، تقوم بعملية التركيب الضوئي، تقع هذه الأنسجة في الأجزاء المعرضة لأشعة الشمس من النبات ذات اللون الأخضر كالأوراق والسيقان الفتية.

ب- البرنشيم التخزيني: لا يحتوي على صانعات خضراء، تكون خلاياه كبيرة الحجم تلعب دور تخزيني للماء وبعض المواد الغذائية كالنشاء والبروتينات والسكريات، قد توجد منفردة أو في مجموعات. ينمو البرنشيم الإدخاري بصورة خاصة في الأعضاء المحورية للنبات، في النخاع والثمار والبصلات والدرنات والجذور اللحمية وغيرها.

ت- برنشيم التهوية **Aérenchyme**: يتميز هذا النسيج عن النسيج الأخرى بوجود فراغات بينية واسعة بين خلاياه، تدخر فيها الهواء وتشكل مع بعضها شبكة هوائية واحدة، يوجد هذا النوع من الأنسجة في النباتات المائية ونباتات الأوساط الرطبة حيث تساعدها على التنفس.

ث- برنشيم الإمتصاص: يتواجد هذا النوع من الخلايا البرنشيمية في منطقة الأوبار الماصة للجذر الفتي، كما يتواجد في النسيج الماص عند النباتات الطفيلية وأكلة الحشرات. يلعب دور في عملية سحب السوائل وإدخالها إلى جسم النبات.

3.1.1.3.2 الأنسجة الدعامية:

أ. الأنسجة الكولنشيمية (الكولنشيم Collenchyme):

توجد الأنسجة الكولنشيمية في قشرة الساق وفي أعناق وأنصال الأوراق، ولا توجد في الجذور الأرضية عادة، والخلايا الكولنشيمية هي أنسجة دعامية تزيد من قوة وصلابة الأجزاء التي تتواجد بها، وتمتاز خلايا هذه النسيج

بأنها حية متطاولة وذات جدران إبتدائية متغلظة بشكل غير منتظم وغير متجانس بمادتي السليلوز والبكتين وغالبا ما يوجد التغلظ للجدران في الزوايا. توجد بالخلية فجوة عصارية كبيرة، وقد تحتوي الخلايا الكولنشيمية على بلاستيدات خضراء، أحيانا توجد بينها فراغات بينية أو تضيق أو تنعدم. وتقسم تبعاً لنوع التغلظ لجدرانها إلى: (شكل 9)

- ✓ الكولنشيم الزاوي: يزداد تغلظ جدران هذه الخلايا طولياً في الأركان والزوايا، وتتلاشى المسافات البينية بينها.
- ✓ الكولنشيم الصفائحي: وفيه يكون التغلظ طولياً في الجدران الموازية للمحيط الخارجي لسطح النبات ويقل في الجدران المتعامدة مع سطح النبات، وتتلاشى المسافات بينها.
- ✓ الكولنشيم الفراغي: يزداد التغلظ هنا على مستوى الجدران المقابلة للفراغات البينية.

ب. الأنسجة الإسكلرنشيمية (الإسكلرنشيم Sclérenchyme):

هي خلايا تفقد بروتوبلازمها عند النضج فتصبح خلايا ميتة، جدرانها ثخينة قاسية متغلظة بمادة اللجنين، تنشأ هذه الخلايا مباشرة من الخلايا المرستيمية وقد تنشأ من تغلظ خلايا برنشيمية ثانوية، تلعب دور الدعم والإسناد في النبات، تمتاز الخلايا الإسكلرنشيمية عن الخلايا الكولنشيمية بعدم مرونة جدران خلاياها، كما تختلف خلاياها فيما بينها إختلافاً كبيراً من حيث الشكل والأصل والتركيب وطريقة التكوين، وهناك نوعان رئيسيان من الخلايا الإسكلرنشيمية هما: (شكل 10)

✓ الألياف Fibres: وهي عبارة عن خلايا متطاولة أسطوانية الشكل مدببة الأطراف. توجد الألياف إما مجتمعة وإما منفردة في الجذور والسيقان والأوراق والثمار، وترافق عدة نسج أخرى حيث توجد في الخشب وفي اللحاء وتحيط بالحزم الوعائية أو بقممها كما في الأوراق.

✓ الخلايا الحجرية Sclérites: أو تسمى السكليريات، تنتشر هذه الخلايا على نطاق واسع داخل الجسم النباتي، تختلف كثيراً في الشكل والحجم، فقد تكون كروية أو مضلعة أو متساوية الأضلاع، وقد تكون متطاولة أو متفرعة. وتنشأ نتيجة لحدوث تلجنن ثانوي في جدران بعض الخلايا البرنشيمية، تقسم الخلايا الحجرية من حيث الشكل إلى: - خلايا عظمية (تشبه العظم) - خلايا نجمية - خلايا شعرية.

4.1.1.3.2 الأنسجة الناقلة Tissus conducteurs:

هي من الأنسجة المركبة بالنبات، حيث يتركب النسيج الناقل من خلايا متباينة الشكل والتركيب والوظيفة، وتشمل هذه الأنسجة في النبات على الخشب واللحاء. وهي أنسجة تنقل المواد الغذائية في النبات. يتركب الخشب من: الأوعية الخشبية، القصبيات، ألياف الخشب، وبرنشيم الخشب. بينما يتركب اللحاء من: الأنابيب الغربالية، الخلايا المرافقة، ألياف اللحاء، وبرنشيم اللحاء.

وإستنادا إلى أصل وزمن تشكل الخشب يلاحظ وجود نوعين من الخشب هما: الخشب الإبتدائي والخشب الثانوي، ونفس الشيء بالنسبة للحاء إذ يلاحظ وجود اللحاء الإبتدائي واللحاء الثانوي، وفي هذا الجزء من الدراسة المتعلق بالبنية الإبتدائية للنبات سوف يتم التطرق إلى بنية وتركيب الخشب واللحاء الإبتدائيين.

أ. الخشب الإبتدائي *Xylème primaire*:

ينشأ إعتبارا من المرستيم القمي المعروف بإسم طليعة الكامبيوم (الكامبيوم الإبتدائي Procambium)، ويظهر مع البنية الإبتدائية (الفتية) للنبات، يقوم بدور نقل الماء والمواد الأولية (النسغ الناقص) من الجذور إلى الأوراق. وينقسم الخشب الإبتدائي إلى قسمين حسب زمن تشكل الخشب هما:

✓ **الخشب الأول Protoxylème**: وهو أقدم أجزاء الخشب تكوينا، بنيته بسيطة، تكون أوعيته ضيقة قابلة للإستطالة والتغلظ بها حلقي أو حلزوني (شكل.12).

الخشب التالي Métaxylème: وهو أحدث من الخشب الأول من حيث النشأة، تكون الأوعية فيه أكثر توسعا وتغلظا، تأخذ في الغالب الشكل الشبكي أو الحلزوني وفي بعض الأحيان تأخذ الشكل المنقر (شكل.12). ويتألف الخشب الإبتدائي من: (شكل.11)

- **الأوعية الخشبية Vaisseaux**: تعرف أيضا بإسم القصبات ويتكون الوعاء الخشبي من خلايا مترابطة طوليا فوق بعضها البعض تذوب جدرانها العرضية لتشكل قنوات مختلفة الطول. وخلايا الأوعية الخشبية تفقد بروتوبلازمها عند النضج وتموت، وهي ذات جدران مغلظة بمادة اللجنين، تظهر الأوعية في المقطع العرضي مستديرة أو مضلعة، يحدث التغلظ تدريجيا في هذه الخلايا ويختلف باختلاف عمر النبات.

- **القصبيات Trachéides**: هي خلايا متطاوله ممتدة ليس بها بروتوبلازم، ذات نهايات مدببة، جدرانها ثخينة نسبيا ملجننة تحتوي على ثقوب أو نقر. هذه البنية تساعد القصبيات على القيام بوظيفة النقل ووظيفة الدعم في نفس الوقت. تتكون كل قصبية من خلية واحدة مستطيلة الشكل في الغالب، تنتشر الثقوب أو نقر على الجدران المشتركة بين القصبيات المتجاورة لتسمح بمرور الماء من خلية إلى أخرى. تأخذ القصبيات أشكالا عديدة تبعا لدرجة التغلظ الثانوي على جدرانها، ففي الأجزاء حديثة التكوين تكون حلقية أو حلزونية، أما التي تنشأ بعد ذلك فتكون شبكية أو منقره.

- **ألياف الخشب Fibres du xylème**: وهي عناصر ممتدة وحيدة الخلية متطاوله الشكل، جدرانها ملجننة أسمك من جدران القصبيات، وهي تلعب دور التدعيم. عموما يزداد تواجد الألياف في الخشب الذي تكثر فيه الأوعية التوصيلية ونقل في الخشب الذي تغلب فيه القصبيات.

- **برنشيم الخشب Parenchyme du xylème**: يتألف من خلايا برنشيمية حية متخشبة تقترن بنسيج الخشب، تكون إما مستطيلة أو قصيرة، غالبا ما تتخشب جدرانها مع الاحتفاظ بمحتواها الحي، وأحيانا تفقد محتوياتها

وتزداد الجدر المتخشبة فتتحول إلى عناصر ميتة دعامية (إسكليريدات) فتساعد الأوعية والقصيبات في تعزيز التقوية، ويلاحظ ذلك في الأجزاء المسنة من النبات.

أهم وظيفة للخلايا البرنشيمية هي تخزين المواد الغذائية كالنشاء والمواد الدهنية وهذه الخلايا إما تكون مبعثرة بين عناصر الخشب أو مجتمعة حول الأوعية.

ب. اللحاء الابتدائي *Phloème primaire*:

ينشأ اللحاء الابتدائي من الأنسجة المرستيمية القمية (الكامبيوم الابتدائي)، وهو عبارة عن نسيج مركب يتألف من أنواع مختلفة من الخلايا، وظيفته الأساسية نقل المواد الغذائية المركبة في الأوراق (النسغ الكامل) وتوزيعها في جميع أجزاء النبات، ويصاحب اللحاء دائما الخشب ليكون الجهاز الوعائي، تتميز عناصره الناقلة بإندام الجدران الملجننة حيث تتكون من السليلوز. ويتألف اللحاء من: الأنابيب الغربالية، الخلايا المرافقة، ألياف اللحاء، وبرنشيم اللحاء. (شكل 13)

ينقسم اللحاء الابتدائي إلى قسمين:

✓ **لحاء أول *Protophloème***: ويتشكل قبل اللحاء التالي في مراحل مبكرة من النمو، يتميز هذا النسيج الناقل بصغر قطر الوحدات الغربالية فيه (أنابيبه ضيقة القطر).

✓ **لحاء تالي *Métaphloème***: يظهر بعد نشأة وتكشف اللحاء الأول، ويتكون من جميع عناصر اللحاء في مغلفات البذور، يتميز بإتساع الوحدات الغربالية عما عليه في اللحاء الأول، ويمثل الجزء الوحيد الذي ينقل الغذاء (النسغ الكامل) في الأعضاء البالغة عند النباتات التي لا يحدث فيها التغلظ الثانوي.

- **الأنابيب الغربالية *Tubes criblés***: هي أنابيب مكونة من سلسلة طويلة من الخلايا الحية، مترابطة بعضها فوق بعض رأسيا (عموديا)، جدرانها مكونة من السليلوز، تحتوي الجدران العرضية لها على ثقب تعرف بالثقب الغربالية تكون ما يعرف بالصفحة الغربالية، والتي من خلالها تقوم بوظيفة التوصيل للغذاء. قد توجد ثقب أيضا في الجدران الجانبية إلا أنها تكون أصغر وأضيق.

تحتوي خلية الأنابيب الغربالية في البدء على سيتوبلازم وفجوة ونواة، وأثناء نضج الخلية الغربالية تختفي النواة ويصبح السيتوبلازم رقيقا ونفودا.

- **الخلايا المرافقة *Cellules compagnes***: ترافق خلية الأنبوبة الغربالية عادة خلية حية، تعرف بالخلية المرافقة، تنشأ الخلايا المرافقة مع خلايا الأنابيب الغربالية إعتبارا من خلية مرستيمية واحدة مشتركة، حيث تنقسم الخلية المرستيمية الأم طوليا إلى خليتين غير متساويتين، الكبيرة منها تكون خلية أنبوبة غربالية والصغرى تكون خلية مرافقة. توجد الخلايا المرافقة ملاصقة للأنابيب الغربالية على مستوى الجدران الجانبية لها وتساهم هذه الخلايا مع الأنبوب الغربالي بنقل المواد الغذائية في النبات.

- ألياف اللحاء **Fibres du phloème**: تتخلل العناصر الغريالية ألياف اللحاء، وعندما يكون اللحاء حديث النمو تكون أليافه قابل للنمو في الطول والإستطالة، وعندما تنتهي إستطالتها تكون جدرانها ثانوية بما نقر بسيط وظيفتها دعامية في الحزمة.

- برنشيم اللحاء **Parenchyme du phloème**: تشبه الخلايا البرنشيمية في الأنسجة، ولكنها تميل إلى الإستطالة. جدرانها مكونة من مادة السليلوز تتخللها نقر بسيطة، تقوم بتخزين المواد الغذائية المختلفة، وقد تتغلظ جدرانها بمادة اللجنين في اللحاء الثانوي في النسج المسنة.

5.1.1.3.2 الأنسجة الإفرازية **Tissus sécréteurs**:

تقوم هذه الأنسجة بإفراز بعض المواد والمركبات الكيميائية الناتجة عن عمليات الأيض كالأصماغ والمواد الراتنجية والرحيق وغيرها، قد تستخدم هذه المواد أحيانا كما في حالة الإنزيمات وقد تطرح إلى الخارج في حالات أخرى. والخلايا الإفرازية يمكن أن تكون منعزلة عن غيرها من الخلايا ويمكن أن تجتمع لتكون نسيجا إفرازيا. تنتشر الخلايا الإفرازية في مختلف أقسام النبات وتقسّم إلى قسمين رئيسيين، أنسجة إفرازية خارجية وأنسجة إفرازية داخلية.

أ. الأنسجة الإفرازية الخارجية: تكون على أشكال متعددة كالأوبار أو الحراشف أو الغدد، تنشأ غالبا من نسيج البشرة وقد يسهم في تشكيلها أيضا طبقة الخلايا تحت البشرة أو طبقة خلوية أعمق من ذلك. من أمثلتها الغدد الرحيقية في الأزهار التي تلقح بالحشرات، والزوائد الغدية الموجودة على سطح أوراق النباتات آكلة الحشرات والتي تقوم بإفراز بعض الإنزيمات والمواد اللزجة لإقتناص الحشرات وتحليلها وهضمها. وهناك أشكال أخرى عديدة من الأنسجة الإفرازية منها ما يوضحها الشكل (14).

ب. الأنسجة الإفرازية الداخلية: تتكون التراكيب الإفرازية الداخلية من خلايا متخصصة لإفراز مواد معينة، يمكن أن تكون خلايا أو تجاويف أو قنوات أو أوعية، وعموما تقسم التراكيب الإفرازية الداخلية إلى: (شكل 15)

✓ القنوات اللبنية: وهي عبارة عن خلايا تخصصت في إفراز اللبني النباتي Latex، وهو عبارة عن سائل لزج ذو لون أبيض أو أصفر أو برتقالي، يتكون من مزيج من مواد تريينية، وتانينية (عصفية)، وأشباه قلويدات، وسكريات وبروتينات، ودهون، ومطاط،... وغيرها. وتعرف القناة اللبنية بأنها بسيطة إذا تشكلت من خلية فردية تتغلغل بين الخلايا الأخرى، أو مركبة إذا تكونت من سلسلة متصلة من الخلايا تتفكك جدرانها لتشكل قناة مستقيمة أو متفرعة.

✓ الغدد الإنقراضية **Lysigenous**: هنا تنقرض بعض الخلايا تاركة فراغا تجتمع فيه المواد المفرزة، ويحفظ هذا التجويف عادة بقايا متمزقة من الخلايا المنحلة وهي في الغالب كروية الشكل، وذلك كما في الغدد الزيتية الموجودة في أغلفة ثمار الحمضيات كالبرتقال.

✓ الغدد الإنفصالية **Schizogenous**: هو تجويف يكون أكثر إنتظاما حيث تتفرق الخلايا بعد ذوبان صفائحها الوسطى، ويحيط بتجويف الغدة خلايا طلائية صغيرة مستطيلة أو كروية الشكل تعمل على إعطاء شكل منتظم للتجويف، من أمثلتها القنوات الراتنجية في الصنوبر.

2.3.2 الأنسجة المرستيمية الثانوية **Méristèmes secondaires**:

يظهر المرستيم الثانوي في مرحلة متأخرة بعد أن يكون النمو الإعاشي قد قطع شوطا بعيدا، وينشأ إما من مرستيم إبتدائي ذاته (من طليعة الكامبيوم Procambium) أو من التمايز التراجعي Dédifférenciation لخلايا مستديمة تعود عن التمايز، ويكون تموضعه جانبيا Latérale سواء في الساق أم في الجذر، حيث يظهر على شكل حلقة مضاعفة:

✓ الحلقة الداخلية أو الكامبيوم الوعائي الذي يشكل النسيج الناقلة الثانوية.

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

ويدعى المرستيم الثانوي بالمرستيم المولد للنسج فقط، لأنه لا ينتج عن نشاطه إلا النسج الثانوية (الواقية والناقلة)، كما لا يوجد هذا النمط من المرستيم إلا في عاريات البذور وثنائيات الفلقة من مغلفات البذور، وفي حالات نادرة يظهر في أحاديات الفلقة.

من خلال الشرح السابق يتبين أن هناك نوعان أساسيان من المرستيم الثانوي هما:

أ. **الكامبيوم الوعائي Cambium vasculaire**: ينشأ الكامبيوم الوعائي عن طليعة الكامبيوم Procambium، تشبه خلاياه خلايا المرستيم الإبتدائي بخصائصها الخلوية من حيث كونها قليلة التمايز وتنقسم تلقائيا، وتختلف عنها بشكلها المتطاوّل الذي يظهر على المقطع العرضي على شكل مستطيل تقريبا وتوضعها في صفوف منتظمة وفي تنامي الجهاز الفجوي الذي غالبا ما يشكل فجوة مركزية واحدة (شكل 16).

وينقسم الكامبيوم الوعائي بدوره إلى قسمين هما:

- **الكامبيوم الحزمي Cambium intrafasciculaire**: يعتبر الكامبيوم الحزمي في السيقان حديثة التكوين (الفتية) نسيجا مرستيميا إبتدائيا لأنه تكون من منشأ الأسطوانة الوعائية في القمة النامية، أما عند حدوث التغلظ الثانوي في السيقان المسنة فإنه يعتبر نسيجا مرستيميا ثانويا وسبب ذلك هو توقفه عن الإنقسام لفترة معينة من الزمن، ولا يستأنف نشاطه الإنقسامي إلا عند حدوث التغلظ الثانوي وبذلك يكون أنسجة ثانوية هي لحاء ثانوي للخارج وخشب ثانوي للداخل.

- **الكامبيوم بين الحزمي Cambium interfasciculaire**: ينشأ من خلايا مستديمة ذات طبيعة برنشيمية، ترجع إلى الحالة المرستيمية عند بدأ التغلظ الثانوي. تقع هذه الخلايا على طول الخلايا البرنشيمية الواقعة عند إستقامة

خلايا الكامبيوم الحزمي (بين الحزم الوعائية الناقلة). تنقسم بدورها عند حدوث التغلظ الثانوي مكونة خشب ثانوي إلى الداخل ولحاء ثانوي إلى الخارج.

ب. الكامبيوم الفليني *Phellogène*: ينشأ هذا الكامبيوم عن تحول بعض الخلايا البرنشيمية (خلايا مستديمة) موجودة بالقشرة إلى خلايا مرستيمية أثناء النمو الثانوي. ويتكون الكامبيوم الفليني من طبقة واحدة من الخلايا تحتوي على فجوات صغيرة، تنقسم هذه طبقة من الخلايا المرستيمية بالإتجاه المماسي مكونة فلين إلى الخارج ليحل محل الأنسجة الممزقة في السيقان والجذور نتيجة زيادة سمك النبات، ومكونة قشرة ثانوية إلى الداخل.

1.2.3.2 الأنسجة الثانوية *Tissus secondaires*:

هي أنسجة ثانوية تتشكل لاحقا في جسم النبات تظهر مع بداية النمو الثانوي، تضاف للأنسجة الإبتدائية، وتؤدي إلى زيادة سمك العضو النباتي سواء كان جذرا أو ساقا، وذلك من خلال تكوين كل من: الأنسجة الوعائية الثانوية المتمثلة في الخشب واللحاء الثانويين (تنتج عن الكامبيوم الوعائي)، وأنسجة الحماية الثانوية *Periderme* (تنتج عن الكامبيوم الفليني).

1.1.2.3.2 أنسجة النقل الثانوية:

عندما يصل النبات إلى مرحلة متقدمة من نموه، تصبح النسيج الناقلة الإبتدائية لساقه أو جذره غير كافية لنقل الحاجة المتزايدة من الماء والأملاح المعدنية والمواد الغذائية، لذلك تتشكل نسيج ناقلة ثانوية تضاف إلى النسيج الناقلة الإبتدائية هي الخشب واللحاء الثانويين التي تتشكل إعتبارا من نشاط الكامبيوم الوعائي.

- الخشب الثانوي *Xylème secondaire*: يشكل الخشب الثانوي الجزء الهام من النسيج الوعائي، كما يشكل في النباتات المتخشبة الجزء الأكبر من الجسم النباتي. يقوم بنقل النسغ الناقص من الجذور إلى الأوراق، كما يقوم بدعم الجسم النباتي. ويتكون الخشب الثانوي من أوعية ذات أقطار مختلفة والتغليظ السائد بها هو السلمبي والشبكي والمنقر، كما يتكون أيضا من القصيبات، وألياف وبرنشيم الخشب.

- اللحاء الثانوي *Phloème secondaire*: ينشأ خلال فترة التغلظ الثانوي للسيقان والجذور ليحل محل اللحاء الإبتدائي يقوم بنقل النسغ الكامل. ويتكون اللحاء الثانوي من صفوف رأسية (عمودية) من الأنايب الغريالية والخلايا المرافقة وبرنشيم وألياف اللحاء وقد توجد أيضا خلايا إسكليريديية، وتنتشر ألياف اللحاء بشكل غير منتظم ضمن أنسجة اللحاء الثانوي.

2.1.2.3.2 أنسجة الحماية الثانوية (البشرة الثانوية *Peridèrme*):

لا تدوم فعالية البشرة في كثير من الأنواع النباتية إلا فترة بضعة أشهر، وعندها يتشكل غلاف جديد بدلا عنها هو البشرة الثانوية، تقوم هذه الأخيرة بحماية النسيج النباتية وتحيط بالأعضاء المحورية (السيقان والجذور).

تحل البشرة الثانوية محل البشرة العادية بعد موتها وإنسلاخها، وتشكل بصورة موازية لزيادة قطر الجذر أو الساق في النباتات التي يحدث بها تغلظ ثانوي، وتنشأ وتتطور هذه البشرة إعتباراً من مرستيم ثانوي هو الكامبيوم الفليني Phellogène. تتميز البشرة الثانوية إلى ثلاث طبقات أساسية هي الفلين إلى الخارج والقشرة الثانوية إلى الداخل بينهما الكامبيوم الفليني (شكل 17).

- الفلين Liège: يتألف الفلين من صفوف خلوية منتظمة شعاعية ومتراصة جداً، ذات جدران خلوية متفلنة ومحتوى ميت، وهكذا تتشكل طبقة من الخلايا الميتة لا تسمح بمرور الماء والغازات من خلالها. بعد أن يتشكل الفلين لفترة من الزمن ونتيجة لزيادة سمك الساق بسبب النمو الثانوي يتشقق الفلين في أغلب الأنواع النباتية ويستبدل الكامبيوم الفليني بأخر أعمق منه في القشر.

توجد في الفلين فتحات خاصة تكون فيها الخلايا متفككة عن بعضها تسمى العديسات Lenticelles تتكون هذه العديسات من نشاط الكامبيوم الفليني الذي يقع تحت الثغور، تساعد على تحقيق التبادل الغازي بين المحيط الخارجي والداخلي للنبات، تأخذ من الأعلى شكل درنات صغيرة مع شق في الوسط (شكل 18). تظهر العديسات على شكل فتحات بارزة مستطيلة الشكل وأحياناً شقوق طويلة على السطح الخارجي للساق.

- القشرة الثانوية Phelloderme: وتعرف أيضاً بالأدمة الفلينية، تتكون من عدد قليل من الطبقات، خلاياها برنشيمية حية بخلاف خلايا الفلين الميتة، توجد بعض الفراغات البينية بينها، وقد تحتوي في سيقان بعض النباتات على صناعات خضراء، كما أنها يمكن أن تقوم بدور إيداري بتخزين كميات من النشاء.

(جزء 3): تشريح الأعضاء النباتية

1.3 دراسة التركيب التشريحي للجذر:

يختلف التركيب التشريحي وترتيب الأنسجة الإبتدائية وكذلك النسب بينها تبعاً لنوع النبات سواء كان من ذوات الفلقة الواحدة أو ذوات الفلقتين. تتصف الجذور بمختلف أشكالها، رئيسية أو جانبية ببنية داخلية مشابهة. يبين مقطع طولي للجذر وجود عدة مناطق متباينة التركيب مختلفة الوظيفة، يلاحظ عند الإنتقال من قمة جذر بإتجاه ساق وجود ثلاث مناطق رئيسية بالإضافة إلى القلنسوة هي: (شكل 19)

أ. القلنسوة La coiffe: تتركب من خلايا برنشيمية متشابهة دائمة التجدد، تحيط بمخروط النمو للجذر (الخلايا المرستيمية للجذر) وتقوم بحمايته أثناء تقدمه بين حبيبات التربة، تشتمل أحياناً على النشاء، تفرز الخلايا المحيطة بالقلنسوة مادة مخاطية لزجة تسهل إختراق الجذر للتربة.

ب. منطقة النسيج غير المتميزة: هذه المنطقة مسؤولة عن نمو الجذر طولياً، وذلك بفضل إنقسام خلاياها النشط من جهة وتطاول هذه الخلايا من جهة أخرى، وتنقسم إلى منطقتين:

✓ المنطقة المرستيمية (أو منطقة القمة النامية): خلاياها مرستيمية نشطة، تنقسم باستمرار لتعوض عن الخلايا التي بدأت بالتمايز في منطقة الأوبار الماصة.

✓ منطقة الإستطالة: تلي القمة النامية مباشرة، تفقد خلاياها القدرة على الإنقسام، وتستطيل عموديا دافعة قمة الجذر لأسفل التربة، في هذه المنطقة يبدأ تشكل النسيج الوعائي.

ت. منطقة الأوبار الماصة: تلي منطقة الإستطالة، يحتوي سطحها على زوائد تعرف بالشعيرات الجذرية أو الأوبار الماصة، وهي عبارة عن إمتدادات أنبوبية دقيقة تنشأ من خلايا البشرة تغطي بمادة لزجة لتسهيل إنزلاقها بين حبيبات التربة، وظيفتها إمتصاص الماء والأملاح. تتميز بأنها تتقدم باستمرار مع نمو الجذر، فبينما تسقط الأوبار الهرمة العلوية، تتشكل عوضا عنها أوبار فتية جديدة نحو الأسفل.

ث. منطقة الجذور الجانبية: تلي منطقة الأوبار الماصة وتعرف أيضا بالمنطقة الدائمة، تمتد إلى غاية الساق، تحاط في بعض الأحيان بنسيج فليبي وتغيب فيها الأوبار الماصة، تتشكل فيها الجذور الجانبية (الثانوية، الثالثة،... وغيرها) وذلك إنطلاقا من المحيط الدائر كما في الجزر، وقد تتشكل أحيانا من الأدمة الباطنة كما في نبات الحمص *Cicer*.

1.1.3 البنية التشريحية للجذر عند ثنائيات الفلقة:

يظهر مقطع عرضي لجذر فتي الأجزاء التالية من الخارج إلى المركز (شكل 20):

- أ. الطبقة الوبرية: وتقابل طبقة البشرة في السيقان، وهي تتكون من صف واحد من خلايا رقيقة الجدران، تمتد بعض خلاياها لتكون أوبار جذرية ماصة.
- ب. طبقة القشرة *Ecorce*: تتكون من عدة طبقات من الخلايا البرنشيمية مختلفة الحجم، وهي طبقة واسعة مقارنة بالطبقات الأخر بالجذر. وتتميز القشرة إلى ثلاث طبقات هي:
- ✓ القشرة الخارجية *Exoderme*: تقع تحت البشرة مباشرة وتقوم مقامها إذا تمزقت، تتألف من طبقة واحدة أو أكثر، أحيانا قد تترسب في خلاياها مادة الفلين لتصبح غير نفوذة. وتعتبر من الناحية البنوية نسيجا واقيا يقوم بوظيفة الدفاع عن النسج الداخلية في الجذر.
- ✓ القشرة الوسطية *Enterderme*: هي أكثر إتساعا من القشرة الخارجية والداخلية، غالبا ما تكون خلاياها برنشيمية عادية أو تخزينية (تخزن أحيانا النشاء)، ذات مسافات بينية، وقد تظم خلايا أو قنوات إفرازية.
- ✓ القشرة الداخلية *Endoderme*: تعرف أيضا بالأدمة الباطنة، تتكون من صف واحد من الخلايا المترصة لتكون غلافا محكما حول الأسطوانة الوعائية، تتميز عما يجاورها من الخلايا بوجود شريط كاسبر *Bande de Caspary* على جدرانها (شكل 22). و شريط كاسبر هو عبارة عن ترسبات لمادة الخشبين أو الفلين، وأحيانا للمادتين معا على الجدار الأولي لخلايا الأدمة الباطنة.

ت. **الأسطوانة الوعائية:** تتميز جذور جميع النباتات البذرية بوجود أسطوانة مركزية محددة وواضحة، وهي في الجذر أكثر وضوحا منها في الساق. تتألف من عدة أجزاء هي:

- **المحيط الدائر Péricycle:** وهي طبقة واحدة من الخلايا البرنشيمية تمتاز بقدرتها على الرجوع إلى الحالة المرستيمية والإنقسام لتشكيل الجذور الثانوية، كما يتكون منها أيضا الكامبيوم الفليني المسؤول على إعطاء التغلظ في جذور ثنائيات الفلقة. يحيط هذا النسيج بالجهاز الناقل أو الوعائي والذي يتألف من الخشب واللحاء.

- **الحزم الوعائية Faisceau vasculaire:** تتكون من حزم ناقلة متناوبة من الخشب واللحاء، إذ تتشكل على أنصاف أقطار متناوبة أو شعاعية، وبأعداد متساوية، ويختلف عدد الحزم من نبات إلى آخر عند ثنائيات الفلقة فهو في العادة يتراوح بين 2 و 5 حزم ونادرا ما يصل إلى 8 حزم، فمثلا يكون ثنائيا كما في الفول أو ثلاثيا كما في البسلة *Pisum* أو رباعيا كما في الأقحوان *Calendula* أو خماسيا كما في الخبايز.

✓ **الخشب Xylème:** يتركب من أوعية مضلعة متلاصقة صغيرة وكبيرة، الصغيرة منها تتشكل أولا وتجاور المحيط الدائر وتمثل الخشب الأول Potoxylème، أما الكبيرة فتتشكل بعدها وتكون أقرب للمركز وتمثل الخشب التالي Métaxylème، ومجموعها يكون الخشب الابتدائي Xylème primaire. تلتقي أحيانا مجاميع الخشب التالي لجميع الحزم مكونة نسيجا متجانسا يشغل المركز ولذلك لا تظهر منطقة النخاع في بعض جذور ثنائيات الفلقة.

✓ **اللحاء Phloème:** يتوضع اللحاء في الأسطوانة المركزية على شكل حزم متناوبة مع مثيلتها الخشبية، تظهر في مقطعها العرضي مستديرة يفصلها عن مجاميع الخشب خلايا برنشيمية تعرف بالأشعة النخاعية. يكون إتجاه اللحاء الأول Protophloème إلى المحيط الدائر (الخارج) واللحاء التالي Métaphloème إلى المركز. يتركب اللحاء هنا عند ثنائيات الفلقة من أنابيب غربالية، وخلايا مرافقة، وبرنشيم وألياف اللحاء.

- **النخاع Moelle:** هو نسيج خلاياه برنشيمية يكون ضعيف النمو، يتموقع في مركز الجذر. عادة تكون مساحة النخاع صغيرة في ثنائيات الفلقة وأحيانا معدومة.

2.1.3 البنية التشريحية للجذر عند أحاديات الفلقة:

من الناحية التشريحية لا يختلف كثيرا التركيب الداخلي لجذور أحاديات الفلقة عن جذور ثنائية الفلقة، فكلما النوعين تتألف جذوره من بشرة وقشرة وأسطوانة مركزية بها الحزم الناقلة (شكل 21)، غير أن هناك بعض الاختلافات تميز جذور أحاديات الفلقة، كونها تمتاز بوجود قشرة ضيقة (أقل إتساعا) ونخاع أوسع مما عند ثنائيات الفلقة، بالإضافة إلى ذلك فإن الأدمة الباطنة عند أحاديات الفلقة تكون أكثر وضوحا وشريط كاسبر يكون أكثر تغلظا بها يأخذ شكل حرف U داخل الخلايا (شكل 22). أيضا يكون عدد المجاميع الخشبية كبيرا مقارنة به عند ثنائيات الفلقة، عادة يكون أكثر من 8 حزم فما أكثر (مثلا يكون 12 حزمة عند نبات السوسن) ونادرا ما يقل

عن هذا العدد كما في نبات البصل (به حزمتين فقط). كما لا يوجد برنشيم اللحاء في تركيب اللحاء لأحاديات الفلقة.

3.1.3 التغلظ الثانوي في الجذر:

يحدث التغلظ الثانوي عادة في الجذور الوتدية وفروعها للنباتات من ذوات الفلقتين وعاريات البذور، أما عند أحاديات الفلقة فنادرًا ما يحدث بجذورها تغلظًا ثانويًا نظرًا لبقاء أنسجتها إبتدائية.

يبدأ التغلظ الثانوي بأن تكون الخلايا المتبقية من الكامبيوم الأولي (Procambium) الموجودة للداخل من كتل اللحاء الإبتدائي أشربة غير متصلة من الكامبيوم الوعائي عددها يساوي عدد الحزم الوعائية، ثم تتحول بعض خلايا المحيط الدائر المقابلة للخشب إلى كامبيوم وعائي على شكل أشربة تتصل فيما بعد مع مثيلاتها من الأشربة المتشكلة أسفل اللحاء لتتكون حلقة كامبيوم وعائية متموجة، لا تلبث حلقة الكامبيوم أن تصبح دائرية نتيجة لإزدياد نشاط أجزاءها المقابلة للحاء الإبتدائي عن أجزائها المواجهة لأذرع الخشب الإبتدائي.

يستمر نشاط الكامبيوم معطيا خشبًا ثانويًا للداخل ولحاءً ثانويًا للخارج، وعمومًا يكون معدل تكوين الخشب الثانوي أعلى من معدل تكوين اللحاء الثانوي.

لا تعطي حلقة الكامبيوم في جميع أجزائها خشبًا ولحاءً ثانويين فقط بل تعطي في بعض أجزائها خلايا برنشيمية تعرف بالأشعة. حيث تنتج الخلايا المرستيمية المتشكلة عن المحيط الدائر فوق أذرع الخشب الأشعة النخاعية (تصل بين القشرة والنخاع)، بينما تنتج الخلايا المرستيمية التي تحت اللحاء الأشعة الوعائية والتي تكون أضيق من الأشعة النخاعية (تنتهي داخل الخشب واللحاء الثانويين).

يؤدي نشاط الكامبيوم الوعائي إلى زيادة قطر المحيط الخارجي للنبات فيحدث ضغط على الأنسجة الخارجية مما ينتج عنه تمزيق للقشرة، وللمحافظة على الأنسجة الخارجية يتكون الكامبيوم الفليني عن تحول خلايا المحيط الدائر إلى خلايا مرستيمية، ثم يبدأ بالإنقسام مكونًا الفلين إلى الخارج وقشرة ثانوية إلى الداخل. (شكل 23)

2.3 دراسة التركيب التشريحي للساق:

الساق هو عضو نباتي يحمل الأوراق والبراعم، يختلف الساق عن الجذر في ترتيب الحزم الوعائية وفي ترتيب زوائده حسب نظام محدد، حيث ترتيب حزم الخشب واللحاء الإبتدائية يكون متطابق في الساق، بينما تكون حزم الخشب متناوبة مع حزم اللحاء في الجذر. وأيضًا يتميز الخشب في الساق إعتبارًا من المركز نحو المحيط في كل حزمة أي أن الخشب الأول إلى الجهة الداخلية من الخشب التالي، على عكس الجذر حيث يكون الخشب الأول إلى الجهة الخارجية من الخشب التالي.

1.2.3 البنية التشريحية للساق عند ثنائيات الفلقة:

توضح المقاطع العرضية لساق فتي وجود النسج التالية إنطلاقًا من الخارج إلى الداخل (شكل 24):

أ. **البشرة Epiderme**: تتكون من صف واحد من الخلايا، لا توجد مسافات بينها (فيما عدا الثغور)، سميقة الجدران ويكون السطح الخارجي لها أكثر سمكا ومغطى بطبقة من الكيوتين تسمى الأدمة Cuticule. تغطي البشرة في كثير من السيقان العشبية بشعيرات متعددة الأنواع والأحجام وفي حالات أخرة بخلايا إفرازية مميزة، ولكن بعد موت البشرة وتكون البيريدانم تكتسب الساق مظهرا موحدًا بلونه الأسمر وملمسه الخشن وبوجود بعض التشققات المختلفة كما في كثير من النباتات الخشبية المعمرة.

ب. **القشرة Ecorce**: وهي جزء من النسيج الأساسي تلي البشرة مباشرة، تتكون من عدة طبقات من الخلايا عادة تحتوي على طبقة من الخلايا الكولنشيمية تكون أسفل البشرة تكسب الساق قوة ومثانة كما في نبات عباد الشمس، تليها من الداخل عدة طبقات من الخلايا البرنشيمية ذات جدران سليولوزية تتخللها مسافات بينية، تحتوي هذه الخلايا في السيقان الفتية على صناعات خضراء تعطيها اللون الأخضر، وتنتهي القشرة من الداخل بطبقة من الخلايا البرنشيمية العادية تحيط بالأسطوانة الوعائية تحتوي على حبيبات النشاء تسمى بالغللاف النشوي. وتحتوي القشرة في بعض الحالات على خلايا إسكلرنشيمية أو ألياف تتموضع في مناطق مختلفة من القشرة.

ت. **الأسطوانة الوعائية**: وهي تمثل جميع الأنسجة التي تقع تحت القشرة، وتشمل الأنسجة التالية:

- **الحزم الوعائية Faisceaux libéro-ligneux**: تترب الحزم الوعائية على هيئة أسطوانة منفصلة، وهي حزم جانبية مفتوحة، تتكون كل حزمة من خشب ولحاء بينهما طبقة من الكامبيوم، يقع الخشب في الجانب الداخلي منها، بينما يقع اللحاء في الجانب الخارجي على عكس ما عليه في الجذر. يتكون اللحاء الابتدائي من أنابيب غربالية والخلايا المرافقة والبرنشيم وألياف اللحاء، أما الخشب الابتدائي فيتألف من القصبية والأوعية والألياف إضافة إلى برنشيم الخشب، وتكون الحزم الوعائية متجاورة مفصولة عن بعضها البعض بالأشعة النخاعية.

- **النخاع Moelle**: هو الجزء المركزي من الساق يتكون من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم بينها مسافات بينية وظيفتها تخزين الماء والمواد الغذائية. قد تختفي هذه المنطقة في بعض السيقان العشبية نتيجة تمزق أو إنكماش خلاياها فتسمى بالسيقان الجوفاء كما في نبات الفول، أما إذا وجد النخاع في الساق فتسمى الساق مصمتة كما في نبات عباد الشمس.

1.2.3 البنية التشريحية للساق عند أحاديات الفلقة:

تنحصر الاختلافات بين سيقان ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين في كون أن السيقان عند أحاديات الفلقة لا يتميز فيها النسيج الأساسي إلى قشرة ونخاع، بحيث يلاحظ أن النسيج الأساسي يمتد من أسفل البشرة حتى مركز الساق، ويتكون من خلايا إسكلرنشيمية على هيئة أسطوانة أو طبقة أسفل البشرة مباشرة تليها خلايا برنشيمية تكون معظم النسيج الأساسي الذي تنتشر فيه الحزم الوعائية. والحزم الوعائية تكون غير مرتبة في حلقات (مبعثرة)، وهي جانبية مغلقة لعدم وجود الكامبيوم بها، تتكون كل حزمة من لحاء يتجه للخارج وخشب للداخل

ولا يوجد برنشيم اللحاء لذلك يبدو اللحاء منتظم الشكل. يتكون الخشب من عدد قليل من الأوعية تترتب على شكل حرف V أو Y، ويترتب الخشب التالي في كل حزمة بوعاءين كبيرين من الأوعية المنقرعة يشغلان رأس الحرف Y أو V، أما الخشب الأول فيتكون من وعاء أو أكثر وعدد قليل من القصيبات ويشغل الطرف السفلي للحرف، وأسفل الخشب الأول غالبا توجد فجوة كبيرة غير منتظمة تمثل بعض أوعية الخشب التي تمزقت نتيجة الشد الواقع عليها. (شكل 25)

3.2.3 التغلظ الثانوي في الساق:

مع استمرار نمو المجموع الخضري في النبات وزيادة حجم الأعضاء التي يحملها الساق، يحتاج النبات للزيادة في عناصر التوصيل للغذاء والتخزين، وكذلك العناصر الميكانيكية التدعيمية. لذا وتبعاً لذلك ينشط كل من الكامبيوم الوعائي لينتج أنسجة نقل جديدة (ثانوية)، و الكامبيوم الفليني ليشكل البشرة الثانوية. ويحدث هذا التغلظ الثانوي في معظم سيقان النباتات المعمرة في ذوات الفلقتين وعاريات البذور، ونادراً ما يلاحظ عند ذوات الفلقة الواحدة.

ويمكن تلخيص التغيرات التي تحدث أثناء النمو الثانوي كالتالي:

- الكامبيوم الوعائي وتشكل الخشب واللحاء الثانويين:

كما سبقت الإشارة إليه يتكون الكامبيوم الوعائي من الكامبيوم الحزمي الذي يمثل ما تبقى من منشأ الأسطوانة الوعائية Procambium، والكامبيوم بين الحزمي الناتج عن تحول بعض الخلايا البرنشيمية الموجودة بين الحزم الوعائية على إمتداد خلايا الكامبيوم الحزمي إلى خلايا مرستيمية، فتتكون نتيجة لذلك حلقة متصلة من الكامبيوم.

تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائي إنقساماً مماسياً حيث تضيف خشباً ثانوياً إلى الداخل دافعاً الخشب الإبتدائي نحو اللب، وتضيف لحاءاً ثانوياً إلى الخارج دافعاً اللحاء الإبتدائي نحو المحيط، هذا النشاط يؤدي إلى تمشم اللحاء الإبتدائي وفقد قدرته التوصيلية نتيجة الضغط الحاصل عليه عكس الخشب الذي يبقى محافظاً على قدرته التوصيلية لفترة أطول نظراً لإندفاعه داخل اللب.

ويبدأ نشاط الكامبيوم بإنقسام خلاياه المرة بعد المرة، ففي كل مرة تنقسم خلية كامبيوم حزمي إلى خليتين تبقى إحدهما مرستيمية وتصبح الثانية خلية خشب ثانوي أو لحاء ثانوي حسب إتجاه وصفها بالنسبة للخلايا المنقسمة، وغالبا يكون عدد الخلايا التي تتحول إلى خشب ثانوي أكبر بكثير من عدد الخلايا التي تتحول إلى لحاء ثانوي، ويؤدي ذلك إلى زيادة في قطر الساق نتيجة تكون هذه الأنسجة الجديدة.

إضافة إلى نشاط الكامبيوم الحزمي وبين الحزمي يتكوين خشب ولحاء ثانويين، فإنه يكون كذلك الأشعة الثانوية، وهي خلايا برنشيمية تنشأ من إنقسام الكامبيوم الحزمي فتسمى أشعة وعائية، أو من إنقسام الكامبيوم بين الحزمي فتسمى أشعة نخاعية، وفي مثل هذه الحالات يتوقف نشاط خلية أو أكثر من خلايا حلقة الكامبيوم

من إنتاج الخشب واللحاء الثانويين وإنتاج خلايا برنشيمية بدلا منها. تكون الأشعة الوعائية أضيق من الأشعة النخاعية. يبين الشكل (26) كيفية حدوث وتشكل البنية الثانوية.

- الكامبيوم الفليني وتشكل البشرة الثانوية:

نتيجة للضغط القوي المتزايد الذي يحدث على الأنسجة الخارجية (خاصة البشرة والقشرة) بسبب النمو الثانوي للحزم الوعائية مما يعرضها للتمزق، تظهر طبقة الكامبيوم الفليني التي تنتج عن إستعادة صف واحد من خلايا القشرة (أحيانا البشرة كما في التفاح) قابليتها للانقسام، غالبا ما تظهر هذه الطبقة بعد مدة من ظهور الكامبيوم الوعائي ومزاولته لنشاطه. تنقسم خلايا الكامبيوم الفليني بطريقة مشابهة تماما لانقسام خلايا الكامبيوم الوعائي، حيث تنقسم الخلايا مماسيا مكونة فلين إلى الخارج يلعب دورا وقائيا يموت بمجرد تسرب مادة السوبرين على جدرانها الخلوية وعند موته فستموت كل الخلايا التي تقع خارجه بسبب إنقطاع الماء والغذاء عنها، وتتساقط على شكل طبقات تعرف بالقلف، وتنقسم خلايا الكامبيوم الفليني أيضا إلى الجهة الداخلية معطية نسيج برنشيمي يمثل القشرة الثانوية.

3.3 دراسة التركيب التشريحي للورقة:

تختلف الورقة في تركيبها الداخلي عن كل من الجذر والساق إختلافا كبيرا خصوصا في جزئها المنبسط المعروف بالنصل، كما تتباين الأوراق فيما بينها بدرجة كبيرة، ولكنها كلها تشترك في وجود النسيج البشري، النسيج الوعائي، والنسيج الأساسي.

1.3.3 البنية التشريحية للورقة عند ثنائيات الفلقة:

عند دراسة مقطع عرضي في ورقة أحد النباتات ثنائية الفلقة بحيث يكون عموديا على العرق الوسطي وفحصه تحت المجهر الضوئي، فإنه تظهر ثلاث أنسجة رئيسية وهي: (شكل 27)

أ. البشرة **Epiderme**: وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا تحيط بسطحي الورقة العلوي والسفلي، قد تتكون من صف واحد من الخلايا وبذلك تسمى بالبشرة البسيطة أو تتكون من عدة صفوف وبذلك تسمى بالبشرة المضاعفة. لا تحتوي خلايا البشرة على صناعات خضراء بإستثناء الخلايا الحارسة المحيطة بفتحات الثغور. الوظيفة الأساسية للبشرة هي حماية الأنسجة الداخلية من العوامل الخارجية لذا فإن جدرانها الخارجية تتشبع بمادة شمعية غير نفوذة للماء والغازات تسمى هذه الطبقة بالأدمة Cuticle، ويتم تبادل الغازات والأبخرة في الورقة عن طريق الثغور التي تنتشر على سطحها ضمن نسيج البشرة.

ب. النسيج المتوسط **Mésophylle**: يقع بين البشريتين العلوية والسفلية ويتميز إلى نوعين من الأنسجة الأول يسمى النسيج العمادي والثاني النسيج الإسفنجي.

✓ النسيج العمادي **Tissu palyssadique**: هو عبارة عن مجموعة من الخلايا البرنشيمية أسطوانية أو عمودية الشكل، توجد أسفل البشرة العليا مباشرة وتكون عمودية عليها، تحتوي على عدد كبير من الصانعات الخضراء للقيام بعملية التركيب الضوئي، يتكون هذا النسيج من صف واحد من الخلايا أو أكثر كما يمكن أن يتشكل في بعض الحالات من خلايا كولنشيمية للتدعيم حسب متطلبات وبيئة النبات.

✓ النسيج الإسفنجي **Tissu spongieux**: يقع أسفل النسيج العمادي بجانب البشرة السفلية للورقة، يتشكل من خلايا مستديرة (غير منتظمة الشكل) مفككة تتخللها مسافات بينية واسعة لهذا سميت بالنسيج الإسفنجي، هذه الخلايا أصغر حجما من الخلايا العمادية كما تحتوي على عدد قليل من الصانعات الخضراء نظرا لبعدها عن الضوء. يعتبر احتوائها على مسافات بينية واسعة مهم في الورقة حيث أنها تعتبر الغرف التي تحتجز بها الغازات الضرورية لعملية التنفس والتركيب الضوئي، وتقوم خلايا هذا النسيج أيضا بنقل الماء والغذاء بين أنسجة الورقة حيث أن الأطراف الداخلية للخلايا العمادية تجتمع على شكل مجاميع تتصل كل مجموعة منها بإحدى الخلايا الإسفنجية وتقوم بجمع نواتج التركيب الضوئي وتوصله إلى الحزم الوعائية التي توزعه إلى كافة أجزاء النبات.

ت. **النسيج الوعائي**: توجد الحزم الوعائية في النسيج المتوسط وتمثل في العرق الوسطي الأكبر حجما والعروق الأخرى الأقل حجما المتفرعة والمنتشرة في الورقة. تتكون الحزم الوعائية وخاصة التي توجد في العرق الوسطي لكبر حجمها ووضوح أنسجتها من لحاء ناحية البشرة السفلية وخشب ناحية البشرة العلوية، يتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيم وألياف اللحاء، بينما يتكون الخشب من خشب أول وخشب تالي. حيث يكون الخشب التالي مجاورا للحاء والخشب الأول متجها إلى الأعلى، وتوجد عدة صفوف من أوعية الخشب في هذه الحزمة، ولكن تقل العناصر الوعائية في الحزمة كلما بعدت عن العرق الوسطي حتى تصبح ممثلة بعنصر واحد من عناصر الخشب أو اللحاء. أحيانا قد توجد طبقة من الخلايا البرنشيمية ذات شكل مميز تحيط بالحزمة الوعائية يطلق عليها غلاف الحزمة. وعادة يوجد بمنطقة العروق خلايا كولنشيمية تكون مجاورة للبشرتين العلوية والسفلية تلعب دور التدعيم.

تنحصر وظيفة الحزم الوعائية في تموين خلايا الورقة بالماء والأملاح المنحلة فيه (الخشب)، ونقل المواد العضوية المتشكلة نتيجة التركيب الضوئي من الأوراق إلى بقية أعضاء النبات (اللحاء). كما تلعب الحزم دورا إسناديا وداعما لقرص الورقة.

2.3.3 البنية التشريحية للورقة عند أحاديات الفلقة:

تركيب الورقة عند أحاديات الفلقة مماثل لتركيب الورقة عند ثنائيات الفلقة، حيث تتكون من بشرة علوية وبشرة سفلية بينهما النسيج المتوسط والحزم الوعائية، غير أن الاختلاف بينهما كون أن النسيج المتوسط عند أحاديات الفلقة يكون كله متجانس ولا يتمايز إلى نسيج عمادي ونسيج إسفنجي إلا في بعض الحالات القليلة، حيث يتكون كله من خلايا برنشيمية متشابهة تحتوي على البلاستيدات الخضراء بينها فراغات بينية صغيرة

(شكل 28). وتنظم الحزم الوعائية وسط النسيج الإسفنجي وتكون الحزم الوعائية متساوية الحجم تقريبا ومتوازية ومنفصلة عن بعضها البعض عدى بعض الحزم الصغيرة. وتكون أكبر الحزم حجما حزمة العرق الوسطي كما في نصل ورقة القمح، وقد لا يوجد عرق وسطي كما في وريقات النخيل.

تتركب الحزم الوعائية من خشب على هيئة حرف V مقلوب، أي يتجه الخشب الأول وفرغ الخشب الأول إلى أعلى ناحية البشرة العلوية، والخشب التالي ناحية اللحاء (ناحية البشرة السفلية). تحاط كل حزمة بغلاف مكون من خلايا برنشيمية متساوية الأقطار، ويحيط بالحزم أيضا في كثير من الأحيان إسكلرنشيم لإعطائها دعامة أكثر. لا توجد خلايا كولنشيمية عند أوراق أحاديات الفلقة.

4.3 الفرق من الناحية التشريحية بين النباتات أحادية وثنائية الفلقة:

يلخص الجدول (2) أهم الفروقات من الناحية التشريحية بين النباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين فيما يخص الجذر، الساق، والورقة:

جدول (2): أهم الفروقات من الناحية التشريحية فيما يخص الجذر، الساق، والورقة بين أحاديات وثنائيات الفلقة.

وجه المقارنة	ثنائيات الفلقة	أحاديات الفلقة
الفرق من ناحية الجذر		
القشرة	عادة عريضة (واسعة)	عادة ضيقة
الحزم الناقلة	أذرع الخشب عددها قليل عادة من 2 إلى 8 أذرع	أذرع الخشب عديدة وغير محدودة عادة أكثر من 8 أذرع
	عدد الأوعية الخشبية في الحزمة الواحدة كبير	عدد الأوعية الخشبية في الحزمة الواحدة قليل مما عليه في ثنائيات الفلقة
اللحاء	يوجد برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء	لا يوجد برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء
النخاع	ضيق وقد لا يتواجد	عادة واسع وواضح
الكامبيوم والبنية الثانوية	يوجد كامبيوم وعائي وبنية ثانوية	لا يوجد كامبيوم وعائي ولا توجد بنية ثانوية
الأدمة الباطنة	خلايا الأدمة الباطنة غير واضحة وشريط كاسبر يكون بين الخلايا (مماسي)	خلايا الأدمة الباطنة واضحة، وشريط كاسبر يأخذ شكل حرف U ضمن الخلايا
الفرق من ناحية الساق		
النسيج الأساسي	يتميز إلى قشرة ونخاع وأشعة نخاعية	لا يتميز إلى أجزاء كما في ثنائيات الفلقة
الحزم الوعائية	تكون مرتبة في شكل حلقة أو أكثر	تكون مبعثرة ضمن النسيج الأساسي
	تكون مفتوحة النمو تحتوي على الكامبيوم	تكون مغلقة النمو (لا تحتوي على الكامبيوم).

الخشب	الأوعية الخشبية في الحزم الوعائية تكون مرتبة في صفوف قطرية	الأوعية الخشبية في الحزم تكون مرتبة عادة على شكل حرف Y أو V
اللحاء	يوجد برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء	عدم وجود برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء
الفرق من ناحية الورقة		
البشرة	البشرة متجانسة الخلايا منتظمة الشكل	البشرة في الغالب غير مستوية الشكل حيث تتخللها مناطق مرتفعة فوق مواضع الحزم الوعائية وتخصر بينها أحادي
النسيج المتوسط	يتميز إلى نسيج عمادي ونسيج إسفنجي	يتكون من نسيج واحد متجانس ولا يتميز إلى نسيج عمادي وآخر إسفنجي
الحزم الوعائية	يوجد الكولنشيم في الحزمة	لا يوجد كولنشيم حول الحزم، وغالبا يعوض بالإسكلرنشيم
	تكون في نظام تعرق شبكي، أكبرها في العروق الوسطى	تكون في نظام تعرق متوازي، عادة أكبرها الحزمة الوسطية منها
الخشب	يكون في صفوف رأسية، الخشب الأول لأعلى والتالي لأسفل	يكون بشكل حرف V مقلوب، الخشب الأول لأعلى والتالي لأسفل
اللحاء	وحداته أنابيب غريالية خماسية وخلايا مرافقة وبرنشيم اللحاء	وحداته أنابيب غريالية ثمانية وخلايا مرافقة و لا يوجد برنشيم اللحاء

(جزء 4): مورفولوجيا أعضاء النبات

1.4 دراسة التركيب المورفولوجي للجذر:

الجذر هو الجزء من النبات الذي يوجد عادة تحت سطح التربة وينمو باتجاه الجاذبية الأرضية، تمتد فروعها بين حبيبات التربة، ويمتاز الجذر بشكله المخروطي وعدم إحتوائه على العقد والسلاميات عكس ما هو موجود في الساق، والمجموع الجذري ضروري لنمو المجموع الخضري، ويمتاز الجذر بعدة مميزات أهمها:

- غياب الأوراق والبراعم كما في الساق.
- وجود منطقة مرستيم قمي قصيرة تغلفها القلنسوة.
- الجذور العرضية والجانبية داخلية المنشأ (أي تنشأ من الأدمة الباطنة أو من الطبقات الداخلية من القشرة)
- وجود شعيرات جذرية وأوبار ماصة قرب الأطراف.

ويقوم الجذر بعدة وظائف فيزيولوجية وميكانيكية أهمها:

- إمتصاص الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه ونقلها إلى الساق.
- تخزين المواد الغذائية في بعض أنواع الجذور كما في البطاطا الحلوة.
- تثبيت النيتروجين في بعض النباتات فتزيد من خصوبة التربة كما في جذور الفول والحمص.
- تساهم بعض أنواع الجذور في إصطناع بعض المواد العضوية الخاصة التي لا يصنعها الجزء الخضري.

وتتشكل الجذور في المجموعات النباتية المختلفة بطرق متباينة، فتتميز في عاريات البذور ومعظم النباتات ثنائيات الفلقة بشكل أساسي إعتبارا من الجذير *Radicule*، يتصف الجذير بنشاط إنقسامي مرتفع مؤديا إلى تشكيل الجذر الرئيسي والذي يتفرع إلى جذور ثانوية ثم إلى ثالثة،... وهكذا. أما في النباتات أحادية الفلقة فيبدأ النشاط الإنقسامي للجذير ضعيفا، وعادة يحمل (ينقص أو يتوقف) هذا النشاط مبكرا، ولذلك تنمو الكتل الأساسية للجذور على الساق. لذلك تسمى هذه الجذور بالجذور العرضية.

1.1.4 أنواع الجذور وتحواراتها: (شكل 29)

تنقسم الجذور بالنسبة لنشأتها في النباتات المختلفة إلى مجموعتين أساسيتين هما:

1.1.1.4 الجذور الوتدية *Racines pivotantes*: يتميز بمحور رئيسي يعرف بالجذر الوتدي تخرج منه جذور جانبية ومجاميع جذرية أخرى أدق من سابقتها وهكذا، فيتكون مجموع جذري ضخم يغطي إحتياجات النبات ويوجد هذا النوع من الجذور في ثنائيات الفلقة كالقول مثلا، ويمكن للجذر الوتدي عند بعض النباتات أن يلعب دور تخزيني للمواد الغذائية بحيث يتشحم وينتفخ ويتخذ أشكالا مختلفة، فيكون تارة مغزلي (*Fusiforme*) كما في الفجل، أو مخروطي (*Conical*) كما في الجزر، وأحيانا متكوراً (لفتي *Napiforme*) كما في اللفت.

2.1.1.4 الجذور العرضية *Racines adventives*: وهي الجذور التي لا تنشأ من الجذير ولا من الجذر الإبتدائي

أو فروعه بل تنشأ من أعضاء بالغة مثل أجزاء الساق التي تحمل البراعم، وأحيانا على الأوراق، وأهم أنواعها:

أ. الجذور الليفية ***Racines fasciculées***: تكون أسطوانية الشكل متساوية السمك، تكثر في النباتات أحادية الفلقة كالقمح والشعير. كما أنها تتكون على السيقان الأرضية في بعض النباتات كالأبصال. والجذور الليفية سطحية حيث لا تتعمق كثيرا في التربة كما يحدث في الجذور الوتدية، ولكنها تنتشر إنتشارا كبيرا في الطبقات السطحية للتربة مما يثبت التربة، ولذلك تستخدم بعض النباتات ذات الجذور الليفية لتثبيت الترب الرملية.

ب. الجذور المساعدة ***Racines étançons***: تنشأ على العقد الأولى من الساق القريبة من سطح التربة لبعض السيقان الهوائية، وتتجه هذه الجذور إلى الأرض لتساعد في إمتصاص وتدعيم وتثبيت النبات كما في الذرة *Zea*.

ت. الجذور المتقلصة (الشادة) ***Racines contractiles***: من أمثلتها الجذور الموجودة في أسفل الكورمات *Cormes* والبصلات *Bulbes*، حيث عند تكاثر هذه النباتات فإن نمو السنة الحالية يتكون فوق نمو السنة الماضية، مما يؤدي إلى إرتفاع مستوى الكورمة أو البصلة عاما بعد آخر، لهذا نجد بعض هذه النباتات تكون جذورا شادة

تعمل على جذب الأبصال أو الكورمات إلى أسفل لتضع نمو السنة الحالية (الجديد) في المستوى الملائم له وبذلك يكون مستواه ثابت دائما بالنسبة لسطح التربة.

ث. الجذور الدرنية: هي جذور تتضخم لإختزانها مواد غذائية، وغالبا ما تكون في صورة نشاء، يمكن أن تستخدم في التكاثر كما في البطاطا الحلوة. وقد تنشأ من جذور ثانوية وعرضية كما في نبات الداليا *Dahlia*.

ج. الجذور التنفسية *Racines respiratoires*: تنمو على الأجزاء المغمورة من النباتات التي تعيش في المستنقعات الطينية رديئة التهوية. تنمو هذه الجذور من أجزاء النباتات الأرضية وتتجه إلى أعلى حتى تخرج من فوق سطح التربة بدلا من إتجاهها إلى أسفل. ويتركب الجذر التنفسي من طبقة خارجية فلينية تحتوي على العديد من العديسات، ويوجد للداخل قشرة مكونة من خلايا برنشيمية تتخللها فراغات بينية واسعة، وظيفتها توصيل الهواء الجوي إلى أنسجة الجذر الداخلية، كما في أشجار ابن سينا *Avicenna*.

ح. الجذور الماصة (الطفيلية) *Racines haustorias*: وهي جذور تنشأ من سيقان وجذور بعض النباتات المتطفلة، تخترق أنسجة العائل (النبات المتطفل عليه) حتى تبلغ الحزم الوعائية فتمتص منها الماء والغذاء الجاهز، وهذا النوع من النباتات أنسجتها لا تحتوي على الكلوروفيل وبالتالي لا تستطيع تصنيع الغذاء الخاص بها فتلجأ إلى التطفل، ومن أمثلتها نبات الهالوك *Orobanche*.

خ. الجذور المتسلقة *Racines grimpantes*: الجذور المتسلقة هي جذور عرضية تنشأ على سيقان نباتات ضعيفة غير قادرة على النمو العمودي، وتساعد هذه الجذور النباتات على التسلق على الدعامات المختلفة كالمباني والأشجار، وقد تفرز بعض المواد الهلامية لتساعدها على التثبيت كما في نبات حبل المساكين *Hedera helix*.

د. الجذور الدعامية: وهي الجذور التي تنشأ من الأجزاء النباتية في بعض النباتات وتتدلى في الهواء، وعندما تصل إلى سطح التربة تخترقه كما أن بعض هذه الجذور وبعد تخشبهها تؤدي وظيفة حمل الأفرع الهوائية، من أمثلتها نبات التين البنغالي *Ficus benghalensis*.

ذ. الجذور التمثيلية: هي جذور هوائية تحتوي على صبغة الكلوروفيل، ولهذا فهي تقوم بعملية التمثيل الضوئي، وتلاحظ هذه الجذور في بعض النباتات التي تنمو عالقة على الأشجار وخاصة في المناطق الإستوائية وذلك كما في نبات تنيوفيللم *Taeniophyllum*، سيقان هذا النبات لا تحمل أوراقا بل تحمل أزهارا فقط وبالتالي يعتمد على جذوره للقيام بالتمثيل الضوئي.

2.4 دراسة التركيب المورفولوجي للساق:

تنمو السيقان في النباتات عادة فوق سطح التربة، ولكنها في حالات أخرى تنمو تحت سطح التربة. تتميز السيقان إلى عقد *Noeud* وسلاميات *Entre-noeud*، العقد هي أماكن إتصال الأوراق بالساق، والسلاميات هي المسافات بين العقد. تنمو في إبط الأوراق براعم تعرف بالبراعم الإبطية *Bourgeon latéral*، وذلك لتفريقها عن

البراعم الطرفية Bourgeon terminal، التي توجد في نهايات السيقان والأفرع، وتعرف بالقمم النامية. تنشأ الساق الإبتدائية من تكشف ونمو المرستيم القمي للريشة.

تنمو البراعم الإبطية والطرفية لتكون أفرعا خضرية أو أفرعا زهرية أو أفرعا خضرية زهرية. وأغلب السيقان أسطوانية الشكل وبعضها مضلعة أو مفلطحة منبسطة (شكل 30)، كما أن معظم السيقان مصممة بواسطة نخاع، والبعض الآخر منها جوفاء، وفي بعض الأنواع تغطي الساق بشعيرات وتسمى الساق مشعرة أو تغطي بزوائد شوكية وتسمى ساق شوكية.

تسمى السيقان هوائية إذا كان نموها فوق سطح التربة، وأرضية إذا كان نموها تحت سطح التربة. منها ما هو خشبي (صلب) لوجود نسبة كبيرة من العناصر الملجننة، ومنها ما هو غض (طري) كما عند معظم الأعشاب والحشائش الصغيرة، ويمكن أن تكون ضعيفة غير قادرة على حمل النبات عموديا.

وظائف الساق:

- وظيفة الساق الرئيسية هي حمل الأوراق والأزهار أعلى التربة، وأيضا:
- نقل الماء والأملاح المعدنية من الجذر وتوصيلها لأعلى النبات.
- توصيل المغذيات المركبة في الأوراق إلى الأزهار والثمار والجذور.
- تتحور لتساعد النبات في القيام ببعض الأدوار كالتسلق، أو التكاثر، أو تخزين الغذاء،.... وغيرها.

1.2.4 أنواع السيقان وتحوراتها:

هناك أنواع كثيرة من السيقان والتي يتحور قسم منها متخذاً أشكالاً مختلفة لمساعدة النبات على القيام بعدة وظائف أو للتكيف مع ظروف بيئية خاصة، وتنقسم السيقان إلى:

1.1.2.4 السيقان الهوائية Tiges aériennes:

وهي السيقان التي تنمو فوق سطح التربة وتكون معرضة للهواء والضوء، وتنقسم السيقان الهوائية إلى: (شكل 31) أ. السيقان القائمة Tiges dressées: يمكن أن تكون خشبية Tiges ligneuses كما في الأشجار والشجيرات، أو تكون عشبية Tiges herbacées غضة خضراء اللون كما في حالة أعشاب المراعي.

ب. السيقان الورقية Tiges cladodes: وهي سيقان متحورة خضراء تأخذ شكل الورقة وتقوم بعملية التركيب الضوئي، وذلك كما في نبات السفندر *Ruscus* ونبات كشك الماء *Asparagus*.

ت. السيقان الشوكية Tiges épineuses: وهي ساق تتحور إلى أشواك لوقاية النبات من الحيوانات وأيضا للتقليل من النتح، ويحدث هذا النوع من التحور في بعض النباتات الصحراوية كما في نبات العاقول *Alhagi* ونبات الجهنمي *Bougainvillea*.

ث. السيقان الزاحفة Rampantes: تنمو أفقيا على التربة، حيث يزحف النبات على سطح الأرض دون تكوين جذور مثل البطيخ *Cucumis*.

- ج. السيقان الجارية: تنمو أيضا أفقيا فوق سطح الأرض غير أنها تكون جذور عرضية أثناء زحفها على سطح التربة عند مناطق العقد كما في نبات الفراولة *Fragaria*.
- ح. السيقان العصرية: تتحول الساق إلى عضو متشحم يخزن الماء كما في نبات التين الشوكي *Opuntia*.
- خ. السيقان القزمية: تكون الساق قصيرة جدا كما يلاحظ في الجزر واللفت *Brassica*.
- د. السيقان المتسلقة *Grimpantes*: وهي سيقان ضعيفة غير قادرة على حمل أعضاء النبات الأخرى كالأوراق والأزهار، فتتسلق على الدعامات ويكون ذلك عن طريق محاليق كما في العنب *Vitis*، أو عن طريق أشواك كما في بعض أنواع الورد *Rosa*، أو عن طريق أعناق الأوراق كما في نبات أبو خنجر *Nasturtium*.
- ذ. السيقان الملتفة: وهي السيقان التي تلتف حلزونيا حول الدعامات أو السند وبذلك تقوم بحمل الأوراق والأزهار والثمار إلى أعلى كما في العليق *Convolvulus*، والفاصولياء *Phaseolus*.

2.1.2.4 السيقان التحت أرضية *Tiges souterraines*:

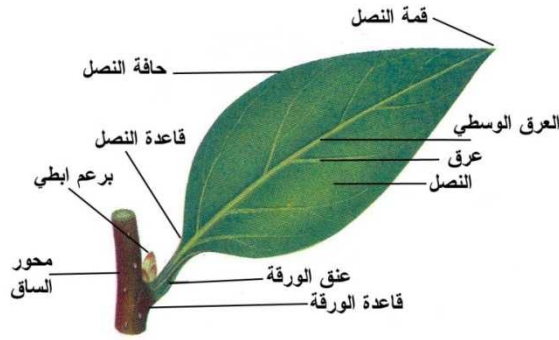
- وهي سيقان تكون مطمورة تحت سطح التربة، تحمل هذه السيقان براعم وأوراق حرشفية وفي فصل النمو تقوم بتخزين الكثير من الغذاء في أجزائها الأرضية ليستفيد منها في فترة النمو القادمة، وهناك عدة أنواع منها هي: (شكل 32)
- أ. السيقان الريزومية *Rhizomes*: وهي سيقان تمتد أفقيا تحت سطح التربة، تتفرع في كل إتجاه وتظهر عليها عقد تخرج منها جذور عرضية، وتحمل العقد أوراقا حرشفية تنمو من آباطها براعم، تنمو هذه البراعم الإبطية عموديا معطية أفرعا هوائية خضرية، وذلك كما في ريزوم نبات السوسن *Iris* ونبات الكانا *Canna*.
- ب. السيقان الدرنية *Tubercules*: هي عبارة عن ساق منتفخ لإحتزان الغذاء ينمو تحت سطح التربة، تحتوي الدرنة على عيون (إنخفاضات بالساق) كل منها يمثل برعما أو أكثر خارجا من إبط ورقة حرشفية، من أمثلتها درنة البطاطس *Solanum*.
- ت. البصلة *Bulbes*: هي ساق قرصية قصيرة تحمل الأوراق ذات القواعد الحرشفية والعصرية، تخرج منها جذور عرضية، تخزن الأبصال الغذاء في قواعد أوراقها كما في البصل *Allium*.
- ث. الكورمة *Corme*: الكورمات هي قواعد سيقان قصيرة إنتفخت لإحتزان الغذاء، تظهر بها عادة سلاميات قصيرة وعقد واضحة، تظهر عند العقد أوراق حرشفية دائرية ذات اللون البني، كما في نبات القلقاس *Colocasia* والكرم *Crocus*.

3.4 دراسة التركيب المورفولوجي للورقة:

الأوراق هي أعضاء نباتية محدودة النمو منبسطة رقيقة وغنية بالكلوروفيل، تنمو من عقد الساق وتنمو البراعم من آباطها، تنمو في البداية قمة الورقة أكثر من أطرافها ثم يحدث نمو بيني يتناول جميع أجزاء الورقة، وأهم

وظائف الورقة هو القيام بعملية التمثيل الضوئي، ولذلك تعد الورقة مهمة جدا في النبات نظرا لأنها المسؤولة على تجهيز الغذاء في صورة قابلة للاستعمال من باقي أجزاء النبات.

تتركب الورقة من ثلاث أجزاء رئيسية كما هو موضح بالشكل (شكل 33) هي القاعدة العنق والنصل:



(شكل 33) أجزاء الورقة

- قاعدة الورقة **Gaine**: هي الإنتفاخ الصغير عند نقطة إلتصاق الورقة بالساق، ويمكن لهذا الإنتفاخ أن يمتد في بعض النباتات فيشكل غمدا يحيط بالورقة جزئيا أو كليا كما في القمح والشعير. وفي نباتات أخرى تحمل القاعدة زائدتين تعرف بالأذينات Stipules.

- العنق (السويقة) **Pétiole**: وهو جزء الورقة الذي يصل النصل بالساق، يكون أسطواني الشكل، ينقل المواد من وإلى النصل، كما يحمل النصل بعيدا عن الساق لتعرضه للضوء والهواء. يختلف طول العنق باختلاف النبات وقد ينعدم في بعضها فتسمى الورقة جالسة.

- النصل **Limbe**: النصل هو الجزء الوظيفي الأساسي في الورقة الذي يقوم بعملية التمثيل الضوئي، يأخذ شكل منبسط ومفلطح عادة، تحتوي بشرته على عدد كبير من الثغور التي بواسطتها يتم التبادل الغازي، كما يحتوي النصل على العروق التي تقوم بنقل المواد الأولية والغذائية وتساعد الورقة على الإنتصاب وإكتساب القوة والمتانة.

يمكن للتعرقات أن تكون شبكية متداخلة في النصل كما في النباتات ثنائية الفلقة (الخبائز مثلا)، أو تكون متوازية طوليا في النصل كما عند أحاديات الفلقة (السوسن مثلا).

1.3.4 أشكال الورقة:

تحدد أشكال وأنواع الأوراق حسب نصلها إلى ثلاثة أنواع رئيسية، حيث تعتبر الأوراق بسيطة **Simple** إذا تكون نصلها من قطعة واحدة (بها عدة أنواع أيضا حسب شكل، قمة، وحافة النصل). وتعتبر الورقة مركبة **Composée** إذا تكون نصلها من عدة أجزاء منفصلة تسمى كل منها وريقة **Folioles**. أيضا تعتبر الورقة مفصصة **Lobée** إذا تجزأ فيها النصل إلى عدة أجزاء غير تامة الانفصال (لا تصل إلى العرق الوسطي) وهي على نوعان، إما ريشية التفصص إذا إتجه إنقسام النصل نحو العرق الوسطي، أو راحية التفصص إذا إتجه تفصص النصل نحو القاعدة.

يلخص الجدول (3) أهم أشكال وأنواع الأوراق تبعا للصفات المذكورة سابقا: (الأشكال 34، 35، 36، 37، 38)

جدول (3): أهم أشكال وأنواع الأوراق حسب شكل وقمة وحافة النصل.

<u>الأوراق البسيطة</u>	
حسب شكل النصل:	
كما في الصنوبر <i>Pinus</i>	← الشكل الإبري Acicular
كما في الذرة <i>Zea</i>	← الشكل الشريطي Linear
كما في البصل <i>Allium</i>	← الشكل الأنبوبي Tubular
كما في الكافور <i>Eucalyptus</i>	← الشكل الرمحي Lanceolate
كما في التين البنغالي <i>Ficus benghalensis</i>	← الشكل البيضي Ovate
كما في الدبق <i>Mistletoe</i>	← الشكل القلبي Cordate
كما في الحبايز <i>Malva</i>	← الشكل الكلوي Reniforme
كما في الأقحوان <i>Tanacetum</i>	← الشكل الملعقي Spatulée
كما في العليق <i>Convolvulus</i>	← الشكل المرزاقى Hastate
كما في أبوخنجر <i>Tropaeolum</i>	← الشكل القدحي (قرصي) Peltate
كما في الياسمين <i>Jasminum</i>	← الشكل الإهليجي Elliptical
كما في الأنتوريوم <i>Anthurium</i>	← الشكل السهمي Sagittée
كما في ورد الديباج <i>Calatrupis</i>	← الشكل البيضي المقلوب Obovate
كما في الفجل <i>Raphanus</i>	← الشكل القبتاري Lyrate
كما في الغرّب <i>Populus</i>	← الشكل الدلتي Deltoid
كما في الموز <i>Musa</i>	← الشكل المستطيل Oblong
حسب قمة النصل:	
كما في الدورانتا <i>Duranta</i>	← القمة الحادة Acute
كما في السرسوع <i>Dalbergia</i>	← القمة المستدقة Acuminate
كما في الفيكس <i>Ficus religiosa</i>	← القمة المستديرة Obtuse
كما في خف الجمل <i>Bauhinia</i>	← القمة الغائرة Emarginate
كما في الحامض <i>Oxalis</i>	← القمة المثلومة (معقودة) Notched
كما في الكاروب <i>Ceratonia</i>	← القمة المشقوقة Retuse
كما في النجيليات <i>Graminea</i>	← القمة السفوية Aristate
كما في الدفلة <i>Nerium</i>	← القمة المستوية Entire
حسب حافة النصل:	
كما في الخروع <i>Ricinus</i>	← شوكية Spinous
كما في المشمش <i>Phaseolus</i>	← مسننة Dentate
كما في الورد <i>Rosa</i>	← منشارية Serrate
كما في البلوط <i>Quercus</i>	← متموجة (متعرجة) Sinuate

← كاملة Entire	كما في الزيتون <i>Olea</i>
← هدية Ciliate	كما في بعض النباتات المائية
← مقروضة Crenate	كما في التوت <i>Morus</i>
الأوراق المركبة	
← مركبة راحية (Digitate (Palmate)	كما في الترمس <i>Lupinus</i>
← مركبة ريشية Composé pinnate	كما في البسلة الفول <i>Vicia</i>
← مركبة ريشية فردية Imparipinnate	كما في الورد <i>Rosa</i>
← مركبة ريشية زوجية Paripinnate	كما في الكاسيا <i>Cassia</i>
← مركبة ريشية مضاعفة	
← مركبة ريشية ثنائية التضعيف Bipinnate	كما في البونسيانا <i>Poinciana</i>
← مركبة ريشية ثلاثية التضعيف Tripinnate	كما في السراخس <i>Fern</i>
الأوراق المفصصة	
← ريشية التفصص Pinnate	كما في الخس <i>Lactuca</i>
← راحية التفصص Palmate	كما في العنب <i>Vitis</i>

2.3.4 ترتيب الأوراق على الساق:

تختلف طريقة توزيع الأوراق على الساق باختلاف نوع النبات، وتوجد ثلاث أنواع لترتيب الأوراق وهي: (شكل 39)

- أ. ترتيب متبادل **Alternale**: أي خروج ورقة واحدة من كل عقدة وبشكل متبادل كما في العنب والبرتقال.
- ب. ترتيب متقابل **Opposée**: أي خروج ورقتان متقابلتان عند كل عقدة، بحيث تكون كل ورقتان بإتجاه معاكس للورقتان اللتان فوقهما أو تحتهما كما في الياسمين والنعناع.
- ت. ترتيب سواري (محيطي) **Verticillée**: هو خروج ثلاث أوراق أو أكثر من عقدة واحدة كما في الدفلة.

3.3.4 تحورات الورقة:

تتحور أوراق بعض النباتات للقيام بوظيفة أخرى غير التركيب الضوئي وأهم هذه التحورات: (شكل 40)

- أ. الأوراق الشوكية: تتحور الأوراق هنا إلى أشواك للتقليل من النتح. وقد تتحور الورقة كليا إلى شوكة أو جزء منها فقط. كما في نبات البربري *Berberis*، ونبات التين الشوكي *Opuntia*.
- ب. الأوراق المحلاقية: وهي عبارة عن تراكيب خيطية تنتج من تحور بعض أجزاء الورقة المركبة للإلتفاف والتسلق كما في نبات البازلاء *Pisum*.

ت. الأوراق المخزنة: تتحور الأوراق في هذه الحالة إلى أعضاء لتخزين الماء والغذاء كما في نبات الرطريط *Zygophyllum*.

ث. الأوراق صائدة الحشرات: تتخذ أوراق هذه النباتات أشكالا مختلفة للقيام بوظيفة التغذية عن طريق صيد وإقتناص الحشرات، من أمثلتها نبات الدروسيرا *Drosera*.

ج. الأعناق الورقية: وهنا تتحور بعض أعناق الأوراق إلى صفائح مفلطحة تشبه الورقة وتقوم مقامها في العمل كما في بعض أنواع السنط *Accacia*.

ح. الأوراق الزهرية: وهي أوراق تحورت للقيام بوظيفة التكاثر كالسبلات والبتلان،... وغيرها.

4.4 دراسة الزهرة La fleure:

الزهرة هي عضو التكاثر عند النباتات حيث تحتوي على أعضاء التكاثر الجنسية، ويحدث بها الإخصاب فتكون البذور. والزهرة عبارة عن ساق قصيرة متحورة للتكاثر الجنسي وتحمل أوراقا عقيمة من الخارج (الكأس والتويج) أعضاء الحماية، وأوراقا خصبة من الداخل (الأسدية والكرابل) أعضاء التكاثر (شكل 41)، والزهرة قد تكون طرفية، تنشأ عن تكشف برعم طرفي أو إبضية تنشأ عن تكشف برعم إبضي، تخرج الزهرة عادة من إبط قنابة Bractée، والقنابة تشبه الأوراق العادية للنبات وتكون خضراء كما في زهرة العايق *Delphinium* أو ملونة كما في أزهار نبات الجهنمية *Bougainvillea* أو قد تكون غائبة (غير موجودة) كما في المنثور *Mathiola*. تتركب الزهرة من عنق Péduncle اسطواني ينتفخ في نهايته مكونا تحت الزهرة أو كرسي الزهرة، وقد يحمل العنق أوراقا صغيرة تعرف بالقنبيات Bractéoles ويكون عددها إثنين في ثنائيات الفلقة وواحدة في أحاديات الفلقة، عنق الزهرة قد يكون طويلا أو قصيرا أو غائبا فتسمى الزهرة عند إذ جالسة.

1.4.4 أجزاء الزهرة:

1.1.4.4 كرسي الزهرة (التخت) Réceptacle:

وهو الجزء المنتفخ الذي يعلو عنق الزهرة، والذي ترتكز عليه الأوراق الزهرية، ويكون عادة قصير جدا والمسافات بين العقد متقاربة جدا يصعب تمييزها في أغلب الأزهار، وأحيانا يستطيل كرسي الزهرة في السلامية بين الكأس والتويج مكونا ما يسمى الحامل الزهري Anthophore، وقد يتضخم كرسي الزهرة بدرجة كبيرة كما في أزهار الفراولة *Fragaria*.

2.1.4.4 الكأس Calice:

وهو المحيط الزهري الخارجي، ويتركب من أوراق صغيرة خضراء تسمى السبلات Sépales، يبدي الكأس مجموعة من التفرعات والأشكال بين الأنواع النباتية:

فقد تكون السبلات سائبة كما في أزهار المنتور ويسمى الكأس عندئذ بالكأس سائب البتلات Dialysépales، وقد تكون السبلات ملتحمة كما في أزهار القطن ويسمى الكأس عندئذ بالكأس ملتحم السبلات Gamosépales.

يمكن للكأس أن يسقط مبكرا بعد تفتح البراعم الزهرية كما في زهرة الخشخاش *Papaver* كما يمكن أن يستسلم مع الثمرة كما في زهرة الباذنجان *Solanum*.

يمتاز الكأس في أغلب فصائل أحاديات الفلقة بأنه ثلاثي، بينما في ثنائيات الفلقة يكون في الغالب خماسي. في بعض الأزهار يوجد محيط خارج الكأس وهو محيط زهري خامس يعرف بمحيط تحت الكأس كما في أزهار القطن *Gossypium*. أما وظيفة الكأس فهي حماية الأجزاء الزهرية الأخرى في البرعم الزهري، وقد تكون للسبلات وظائف أخرى، فالسبلات الملونة كما في نبات السالفيا *Salvia* تعمل على جذب الحشرات، وقد يساعد الكأس الزغبي أو الشعري على انتشار الثمار.

3.1.4.4 التويج Corolle:

وهو المحيط الذي يلي الكأس من الداخل، ويتركب من عدة أوراق ملونة تعرف بالبتلات Pétales، وعددها يساوي عدد السبلات في معظم الأزهار، وقد تكون البتلات سائبة، عندها يقال عن التويج بأنه تويج سائب البتلات Dialypétales كما في زهرة الخبايز، وقد تكون البتلات ملتحمة فيقال عن التويج أنه ملتحم البتلات Gamopétales كما في أزهار النرجس البري *Narcissus*، وقد يكون التويج غائبا ويقال له عندئذ عديم البتلات Apétales. وللتويج أشكال متعددة كما يبين الشكل (42)، فقد يكون:

- ❖ صليبي الشكل كما في المنتور *Matthiola*.
- ❖ فراشيا، كما في البازلاء العادية *Pisum*.
- ❖ شعاعيا، كما في الأزهار الخارجية لنورة دوار الشمس *Helianthus*.
- ❖ شفويا، كما في النعناع *Mentha*.
- ❖ أنبوبيا، كما في الأزهار الداخلية لنورة دوار الشمس.
- ❖ قمعيا، كما في زهرة نبات البيتونيا *Petunia*.
- ❖ دائريا، كما في الطماطم *Solanum*، وغيرها من الأشكال.

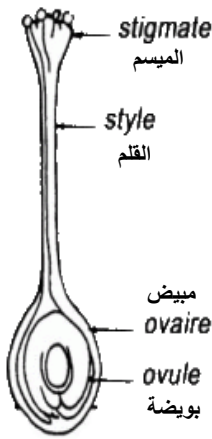
ويقوم التويج أيضا بحماية المحيطات الأساسية للزهرة من المؤثرات الخارجية، وله أهمية كبيرة في تصنيف النباتات الزهرية. وفي معظم نباتات الفلقة الواحدة يتشابه المحيطان الغير أساسيين فيكونان أوراقا ملونة أو غير ملونة ويعرف المحيطان في هذه الحالة بالغللاف الزهري Périanthe وتعرف أوراقه بالبتلات Tépale.

4.1.4.4 الطلع Androcées:

وهو العضو المذكور في الزهرة تعرف أوراقه بإسم الأسدية Etamines. تتكون السداة من خيط Filet يحمل في طرفه العلوي المتبر (المتك) Anthère وهو جزء منتفخ تتكون بداخله حبوب اللقاح ضمن أربعة أكياس طلعية (شكل. A-43). وبحسب توضع الأسدية على كرسي الزهرة يوجد نوعان رئيسيان الأول توضع حلزوني للأسدية وفيه تترتب الأسدية بشكل حلزوني على كرسي الزهرة، والثاني توضع الأسدية محيطيا وفيه يتساوى عدد الأسدية في المحيط الواحد مع عدد أوراق المحيطات الخارجية خاصة السبلات.

تكون الأسدية عادة سائبة كما في المنثور، ولكن في بعض الحالات تلتحم الأسدية وهذا الإلتحام قد يحدث في عدة مستويات، كأن يكون الإلتحام على مستوى المآبر، أو أن يكون الإلتحام على مستوى الخيوط (شكل. B-43). يتكون المتبر من فصين Lobes يصل بينهما نسيج يعد إمتدادا للخيوط الواصل أو الموصل Connective، ويتم تفتح المآبر بعدة طرق أهمها: التفتح الطولي، التفتح العرضي، التفتح بثقوب، التفتح بمصاريع،... وغيرها.

5.1.4.4 المتاع (المدقة) Gynécées:



(شكل. 44) شكل المدقة

وهو عضو التأنيث في الزهرة ويعتبر المحيط الداخلي بها، يتركب من كريمة أو عدة كرايل Carpelles، تتكون كل كريمة من مبيض Ovaire به البويضات Ovules ومن قلم Style وميسم Stigmate (شكل. 44).

أ. المبيض: المبيض هو الجزء القاعدي المنتفخ من الكريمة، والكرايل إما تكون منفصلة Apocarpe، أو ملتحمة Syncarpe، وهنا نميز نموذجين:
- مبيض وحيد الحجرة: تكون الكرايل منذ بداية نشأتها ملتحمة لتشكل حجرة واحدة بالمبيض.

- مبيض متعدد الحجرات: هنا تلتحم حواف الكرايل فقط ليتشكل مبيض متعدد الحجرات.

وقد يحدث إلتحام الكرايل في المبيض فقط وتبقى الأقلام والمياسم سائبة كما في نبات الكتان *Linum*، أو قد يحدث الإلتحام في المبيض والقلم وتبقى المياسم سائبة كما في زهرة الخبايز *Malva*، أو قد يحدث الإلتحام في المبيض والقلم والميسم كما في جنس الموالح *Citrus*. أما شكل الميسم فيختلف بين الأنواع النباتية، فقد يكون كرويا أو قرصي أملس لزج، أو وبريا، أو ريشيا، أو ذا نتوءات. وظيفة المتاع هي تكوين البويضات داخل المبيض، وإستقبال حبوب اللقاح على المياسم، حيث تنمو داخل نسيج القلم فتساعد على حدوث الإخصاب وتكوين البذور والثمار.

ب. القلم: هو عبارة عن جزء أسطواني الشكل يعلو المبيض ويحمل على رأسه الميسم يمكن أن يكون أجوفا أو خلوي، كما قد لا يكون موجودا في الزهرة.

ت. الميسم: هو جزء مفلطح يمثل نهاية القلم، يساهم في إلتقاط حبات الطلع وإنتاشها، يمكن للميسم أن يكون بسيطا أو متفرعا، حيث يأخذ عدة أشكال حسب نوع وبيئة النبات كما يبين الشكل (45).

2.4.4 التبريع الزهري Estivation:

هو ترتيب وضع أوراق المحيطات الزهرية بالنسبة لبعضها البعض ضمن البرعم الزهري، وللتبريع الزهري عدة أنواع منها: (الشكل 46)

أ. الترتيب المصراعي Valvaire: وفيه تترتب حواف الأوراق الزهرية بجوار بعضها البعض دون تراكب كما في بتلات الجزر Carota، وقد تنحني الحواف قليلا نحو الداخل فتسمى منشئية الحافة للداخل Induplicate أو تنثني قليلا نحو الخارج فتسمى منشئية الحافة للخارج Reduplicate.

ب. الترتيب الملتف Contortée: وهنا يلتف طرف كل ورقة زهرية على طرف الورقة المجاورة، بينما يغلف الطرف الأخر الورقة الزهرية المجاورة، فتكون لجميع الأوراق الزهرية حافة خارجية وأخرى داخلية، وقد يكون الإلتفاف بإتجاه عقارب الساعة أو بإتجاه عكس عقارب الساعة.

ت. الترتيب المتراكب Cochléaire: وفيه تكون أحد الأوراق الزهرية في المحيط الزهري متراكبة فوق الورقتين المتجاورتين، وتكون إحدى الأوراق الأخرى داخلية بالنسبة للورقتين المتجاورتين وتكون بقية الأوراق ملتفة، أي ذات حلقة خارجية وأخرى داخلية. ويوجد نوعان من الترتيب المتراكب، متراكب تنازلي ومتراكب تصاعدي (الشكل 46).

ث. الترتيب الكوانسي (المعقد) Quinconciale: وفيه تكون ورقتان زهرتان داخليتان وورقتان زهرتان خارجيتان والخامسة أحد طرفيها سائب والأخر مغطى كما في الكاسيا Cassia.

3.4.4 وضع المحيطات الزهرية على كرسي الزهرة (التخت):

يوجد ثلاث أنواع من المحيطات الزهرية كما يظهر الشكل (47) هي:

أ. زهرة علوية Epigyne: وفيها يكون كرسي الزهرة مقعرا يشبه الكأس. يتوسط المبيض قعر الكرسي وتخرج المحيطات الزهرية الأخرى في مستوى أعلى من مستوى خروج الكرابل، لذلك يوصف المبيض بأنه سفلي Inférieur، كما في زهرة دوار الشمس.

ب. زهرة سفلية Hypogyne: وفيها يكون كرسي الزهرة محدبا، وتخرج المحيطات الزهرية عليه في مستويات مختلفة، بحيث يتوضع المبيض في قمة التحدب، ويوصف المبيض بأنه علوي Supérieur كما في أزهار الفصيلة الحوذانية Ranunculaceae.

ت. زهرة محيطية **Périgyne**: وفيها يكون كرتسي الزهرة بشكل قرصي سميك شبه مقعر ويحمل في وسطه المبيض، وتخرج الأسدية من على حوافه الخارجية، بينما تخرج أوراق الكأس والتويج خارج القرص، كما في أزهار الفصيلة الوردية Rosaceae.

4.4.4 الأزهار الناقصة (الغير كاملة):

إذا احتوت الزهرة على المحيطات الأربعة (الكأس، التويج، الطلع، المتاع) سميت بالزهرة الكاملة **Complète**، أما إذا فقدت أحد هذه المحيطات سميت بالزهرة الناقصة أو الغير كاملة **Incomplète**. فقد تفقد الزهرة وجود الكأس فتكون الزهرة عديمة السبلات كما في شقائق النعمان، وقد يغيب الغلاف الزهر تماما فتدعى الزهرة عارية كما في الصفصاف **Salix**.

وقد يندم في الزهرة وجود إحدى الأعضاء التكاثرية بحيث تحتوي إما على الأسدية أو على المتاع، فتسمى الزهرة حين إذ وحيدة الجنس **Unisexuée**، وفي هذه الحالة إما تكون وحيدة الجنس مذكرة (تحتوي على الطلع فقط)، أو وحيدة الجنس مؤنثة (تحتوي على المتاع فقط)، بينما تسمى الزهرة خنثى **Hermaphrodite** إذا احتوت على المتاع والطلع معا.

وعندما يكون النبات نفسه يحمل الأزهار الذكورية والأنثوية معا يسمى النبات وحيد المسكن **Monoïque** كما في الذرة، وعندما تكون الأزهار المذكرة في نبات والأنثوية في نبات آخر من نفس النوع يسمى النبات ثنائي المسكن **Dioïque** كما في النخيل **Phoenix**، وقد يحمل النبات أزهارا خنثى وأزهارا وحيدة الجنس في نفس الوقت فيسمى النبات متعدد الجنس **Polysexuée** كما في نبات الحميض **Rumex**.

5.4.4 التناظر في الزهرة

توجد ثلاث نماذج هي: (شكل 48)

- الزهرة المتناظرة **Actinomorphes**: وذلك عندما تكون القطع الزهرية منتظمة، وبالتالي يمكن تقسيمها طوليا إلى نصفين متماثلين بأكثر من محور (أو قطاع) يمر بمركزها، مثل زهرة النرجس **Narcissus**.
- الزهرة وحيدة التناظر **Zygomorphes**: وهنا لا يمكن تقسيم الزهرة إلى نصفين متماثلين إلا بقطاع طولي واحد فقط يمر بمركزها، مثل زهرة البازلاء **Pisum**.
- الزهرة الغير متناظرة **Asymétrique**: يستحيل هنا تقسيم الزهرة إلى نصفين متماثلين، أي لا يوجد محور يمكن أن يقسم الزهرة إلى نصفين متماثلين، وذلك كما في زهرة الكنا **Canna**.

6.4.4 تمثيل الزهرة:

تمثل الزهرة، بواسطة معادلة تدعى بالمعادلة الزهرية **Formule florale**، بواسطة مخطط يسمى بالمسقط الزهري **Diagramme floral**، و بعمل مقطع طولي **Coupe longitudinale**.

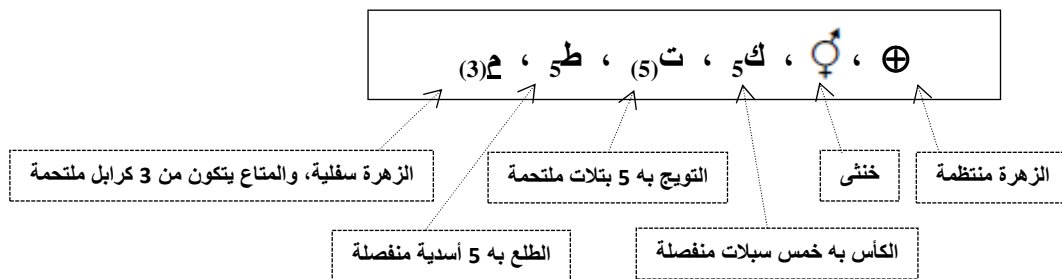
أ. المعادلة الزهرية: تستخدم هنا رموز معينة لمعرفة ترتيب وعدد أجزاء المحيطات، وإلتحام الأجزاء من عدمه. وبذلك يمكن التعبير بإيجاز عن صفات الزهرة في صيغة تسمى القانون الزهري. يلخص الجدول (4) مختلف الرموز المستعملة:

جدول (4) الرموز الزهرية المستعملة في القانون الزهري

الرمز	المقصود به	الرمز	المقصود به
⊕	زهرة منتظمة	ت	التويج
%	" وحيدة التناظر	ط	الطلع
فراغ	" غير منتظمة	م	زهرة سفلية (المبيض علوي)
♀	" خنثى	م̄	زهرة علوية (المبيض سفلي)
♂	" مذكرة	م	زهرة محيطية
♀	" مؤنثة	غل	الغلاف الزهري
ك	" الكأس	∞	عدد غير محدد

يبدأ القانون الزهري بالرمز الدال على التماثل الزهري، ثم الرمز الدال على جنس الزهرة، ثم يليها رموز المحيطات الزهرية المختلفة بالترتيب من الخارج إلى الداخل (الكأس ثم التويج ثم الطلع ثم المتاع). يكتب على يسار كل رمز رقم يدل على عدد وحدات كل محيط، ويوضع هذا الرقم بين قوسين إذا كانت أجزاء المحيط ملتحمة أو الرقم دون قوسين في حال انفصال الأجزاء، وإذا كانت الأوراق الزهرية غير محددة العدد يرمز لها بالرمز ∞ مكان الرقم، وإذا كانت الزهرة سفلية يوضع خط أسفل رمز المتاع، وإذا كانت علوية يوضع الخط أعلاه، أما إذا كانت محيطية فلا يوضع خط على الإطلاق.

مثال على معادلة زهرية:



ب. المسقط الزهري:

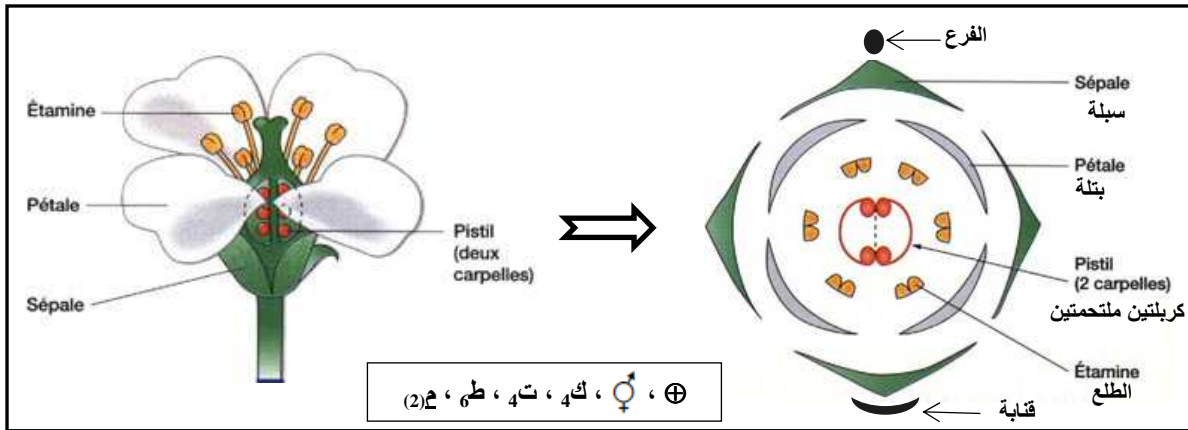
هو عبارة عن رسم تخطيطي لمقطع عرضي لزهرة يوضح شكلها وتنظيمها، وأيضا يبين:

- عدد أجزاء كل محيط وترتيبها.
- إتجاه تفتح المأبر للداخل أو للخارج.
- شكل المبيض في المقطع العرضي.
- عدد الحجرات في المبيض ووضع البويضات فيها.
- نوع التناظر في الزهرة.
- تموضع السبلات والبتلات في الزهرة.

ويظهر على مستوى المسقط الزهري كذلك مكان الفرع الذي يحمل الزهرة، ويسمى جانب الزهرة المقابل للفرع الذي يحملها بالجانب الخلفي والجانب المقابل للقنابة بالجانب الأمامي.

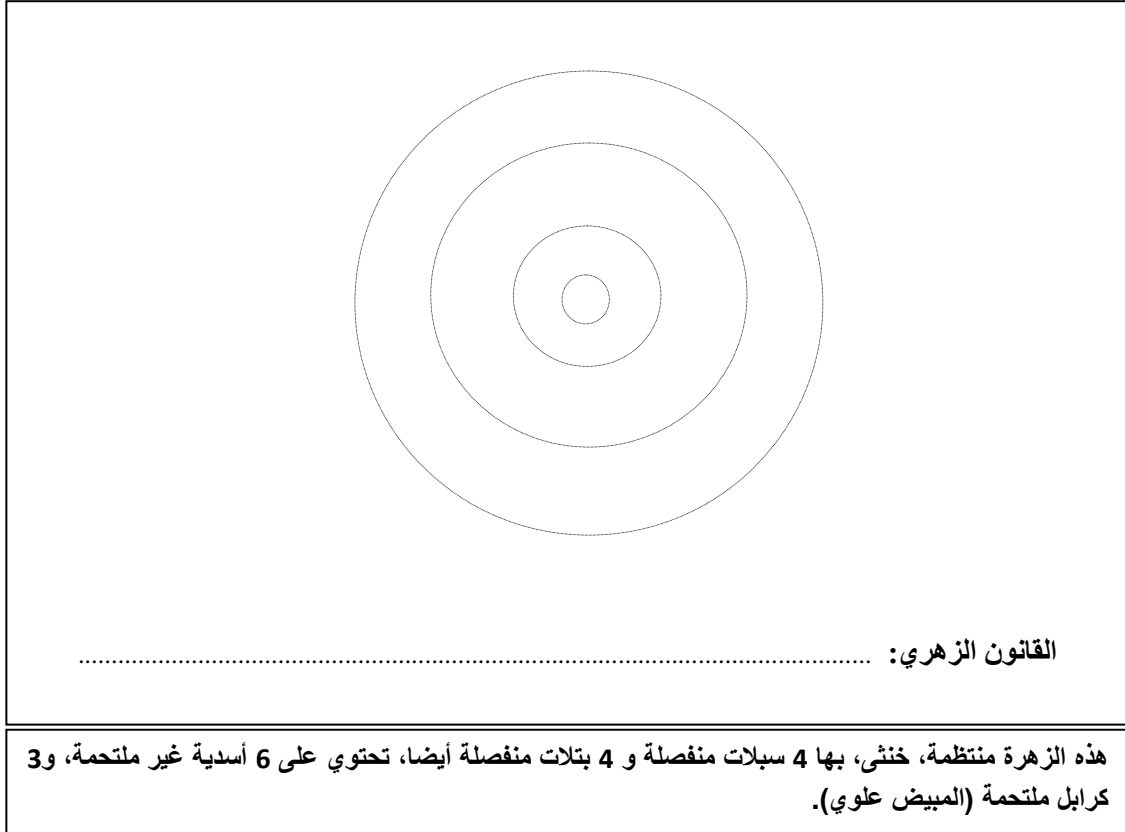
يوضح الشكل (49) مثال عن مسقط زهري مع شرح لكل محيط.

ملاحظة: البيانات بالإسقاط الزهري للتوضيح فقط.



(شكل 49) مخطط يوضح نموذج عن مسقط زهري

مثال تطبيقي عن مسقط زهري:



ت. المقطع الطولي: هو عبارة عن رسم تخطيطي يوضح ترتيب أجزاء الزهرة في مقطع طولي يقسم الزهرة إلى نصفين طوليا، وبذلك يبين نوع الزهرة علوية أو سفلية أو محيطية، ويبين المبيض والوضع المشيمي للبويضات (إتصال البويضات بجدار المبيض).

5.4 دراسة النورة L'inflorescence:

تكون الأزهار في النباتات إما منفردة تتوضع في نهاية الأفرع كما في زهرة الخشخاش *Papaver*، وتسمى منفردة طرفية، أو تتوضع جانبيا في آباط الأوراق فتسمى زهرة مفردة جانبية، وغالبا ما تتكون أكثر من زهرة في مجموعة واحدة تسمى نورة Inflorescence. تتركب النورة من ساق يسمى شمراخ النورة (أو محور النورة)، وتخرج الأزهار من جوانب الشمراخ في آباط القنابات.

1.5.4 أنواع النورات:

تقسم النورات تبعا لطبيعة الشمراخ وتوزيع الأزهار وطريقة تفرع النورة إلى: (شكل.50).

1.1.5.4 نورات غير محدودة النمو Indéterminées:

تتماز هذه النورات بإستمرار الشمراخ بالنمو معطيا أزهارا وأفرعا زهرية على جوانبه، وتفتح الأزهار من أسفل إلى أعلى، أي الأزهار المتفتحة المتقدمة في السن توجد عند القاعدة، ومن أنواعها ما يلي:

أ. نورات غير محدودة بسيطة: وفيها لا يتفرع المحور الأصلي للنورة، وتحمل الأزهار عليه مباشرة، ومن أنواعها:

- العنقودية **Grappe**: يستطيل محور النورة الأصلي ويحمل أزهارا معنقة في تتابع قمي كما في المنشور.
- السنبلية **épi**: يستطيل محور النورة ويحمل أزهارا جالسة كما في الجلاديولس *Gladiolus*.
- الهريسة: تشبه النورة السنبلية وقد تكون الأزهار معنقة، ولكن الأزهار وحيدة الجنس وتكون مدلاة إلى أسفل كما في الصفصاف *Salix*.

- المشطية **Corymbe**: يستطيل محور النورة ويحمل أزهارا معنقة، إلا أن أعناق الأزهار السفلى تكون أكثر طولا من أعناق الأزهار العليا وتظهر الأزهار كلها على مستوى واحد كما في نورة الأبيريس *Iberis*.
- الخيمية **Ombelle**: يكون محور النورة قصيرا جدا وتخرج الأزهار ذات الأعناق المتساوية من عقد المحور المتقاربة جدا فتظهر الأزهار في مستوى واحد كما في البصل، أصغرهما بالداخل وتندرج بالكبر كلما إتجهنا إلى الخارج.

- الهامة **Capitule**: يكون محور النورة قصيرا مفلطحا أو مقعرا ويحمل أزهار لاطئة صغيرة في الوسط وتندرج في الكبر بإتجاه الخارج، وتحاط النورة من الخارج بقنابات عديدة تسمى قلافة كما في نورة دوار الشمس.
- الإغريضية **Spadice**: يكون محور النورة مستطيلا ومتضخما ويحمل أزهارا جالسة وحيدة الجنس ويغلف محور النورة بورقة قنابية كبيرة تسمى الأغريض كما في نورة القلقاس.

ب. نورات غير محدودة مركبة: وفيها يتفرع محور النورة، وتحمل الأزهار على الأفرع الجانبية، وتعتبر الأفرع نورات بسيطة، وقد تكون:

- عنقودية مركبة: وفيها تكون الأفرع الجانبية عبارة عن نورة عنقودية بسيطة، والنورة غالبا قائمة كما في العنب.
- خيمية مركبة: النورات الجانبية خيمية بسيطة وتحاط النورة بقلافة مثل اليانسون *Pimpinella*.
- مشطية مركبة: النورات الجانبية مشطية بسيطة كما في نورة الأرتاسيا *Hydrangea*.
- سنبلية مركبة: النورات الجانبية سنبلية بسيطة، كما في سنبل القمح.
- إغريضية مركبة: ويكون محور النورة الرئيسي متضخما ويحمل نورات بسيطة وأزهارا جالسة وحيدة الجنس كما في نورة نخيل البلح *Phoenix*.

2.1.5.4 نورات محدودة النمو Déterminées:

وهي نورات ينتهي فيها محور النورة برعم زهري مما يوقف نموها، ويخرج من أسفلها زهرة أو أكثر وعادة يحمل كل محور فرعا أو اثنين تخرج من إبط قنابة أو أكثر وبذلك تكون الزهرة محدودة النمو، ويكون تفتح الأزهار

عندئذ من الأعلى إلى الأسفل في تعاقب قاعدي، أي أن أصغرهما سنا يكون في الأسفل أو في الخارج وأكبرها سنا بإتجاه القمة أو الوسط، ومن أنواعها:

- وحيدة الشعبة **Monochasium**: ينتهي محور النورة بزهرة ثم يخرج من إبط قنابة محور النورة أسفل الزهرة زهرة أخرى وهكذا يتكرر خروج أزهار عدة، مثل العناقية *Vinca*. وهي على أنواع حيث إذا كان خروج الأزهار كلها من جهة واحدة تسمى النورة قوقعية *Hélicoïde*، أما إذا كان خروج الأزهار من جهتين مختلفتين فتسمى النورة عقربية *Scorpioïde*.

- ثنائية الشعبة **Dishasium**: ينتهي محور النورة بزهرة ويخرج فرعان من إبطي ورقتين أسفل الزهرة ويحمل زهرتين جانبيتين متقابلتين كما في نبات الجوافة *Psidium*.

- متعددة الشعب **Polychasium**: ينتهي محور النورة بزهرة تحيط بها أكثر من زهرتين، والزهرة الأكبر عمرا تتوسط باقي الأزهار كما في الكافور.

3.1.5.4 نورات مختلطة Mixte: وهي نورات مركبة يتفرع فيها المحور الأصلي تفرعا محدودا بينما تنمو المحاور الجانبية نموا غير محدودا كما في نورة السالفيا *Salvia*.

(جزء 5): الأعضاء التكاثرية وتكونها Gamétogénèse

1.5 الأعضاء التكاثرية الذكورية

- بنية حبة الطلع (حبوب اللقاح):

يعتبر الشكل العام لبنية حبات الطلع Grains de pollens موحدا تقريبا عند جميع مغلفات البذور (أحاديات وثنائيات الفلقة) (شكل 64)، حيث لا توجد تقريبا إختلافات كبيرة ولكن الشكل الخارجي لهذه الحبات يختلف باختلاف الفصائل والأنواع النباتية المتباينة (شكل 65). تحتوي حبة الطلع أو اللقاح على فجوة عصارية وسطية كبيرة وعندما تنضج يصبح السيتوبلازم أكثر كثافة ويحتوي على كمية كبيرة من النشاء، يحيط بحبة الطلع غشاءان (غلافان)، غشاء داخلي رقيق *Intine*، وغشاء خارجي ثخين *Exine* غير نفوذ للماء تتكون عليه نتوءات مختلفة الشكل سمكة نسبيا يحتوي على الكيوتين. وتحتوي حبوب اللقاح على ثقبون إنبات تمتاز هذه الثقبون بعدم وجود جدار خارجي على مستواها. يختلف عادة عدد ثقبون الإنتاش في الحبة، فتحتوي في الغالب حبوب اللقاح عند النباتات أحادية الفلقة على ثقب إنتاش واحد، بينما تحتوي عند ثنائيات الفلقة على عدة ثقبون إنتاش.

تحتوي حبة اللقاح على نواة واضحة أحادية الصيغة الصبغية (n)، تنقسم النواة لتكون نواتين أوخليتين، خلية كبيرة هي الخلية الخضرية *Cellule végétative* (الإعاشية) وتعرف أيضا بالخلية الأنبوبية وخلية صغيرة تعرف

بالخلية المولدة Cellule générative أو النواة التكاثرية، تحتوي نواة كل منهم على n صبغي وعند إنتاش حبة الطلع وتكون الأنبوبة الطلعية تنقسم الخلية المولدة لتكون جاميطتين ذكريتين (نطفتين ذكريتين).

3.2 الأعضاء التكاثرية الأنثوية:

1.2.5 البويضة والكيس الجنيني:

تتميز البويضة في مغلفات البذور بأنها صغيرة الحجم، تنشأ داخل المبيض، ويسمى مكان خروج البويضة من جدار المبيض بالمشيمة Placenta. وتتألف البويضة الناضجة بشكل عام من الأجزاء التالية: (شكل 68)

أ. النوسيل Nucellus: وهو جسم البويضة المركزي، يتكون من خلايا برنشيمية متشابهة تظهر أولا فوق المشيمة، ثم لا تلبث أن تتمايز داخله خلية أكبر من الخلايا الأخرى وهي الخلية الأم للأبواغ الرباعية التي التي تشكل فيما بعد الكيس الجنيني (شكل 68).

ب. اللحافتان Intéguments: وهي عبارة عن غلافين يحيطان بالنوسيل تماما من أسفله تاركين فتحة صغيرة تسمى النقر أو الكوة Micropyle، وظيفة اللحافتان حماية النوسيل، كما تقوم بتزويدها بالغذاء اللازم (شكل 68).

ت. الحبل السري Funicule: عبارة عن حيط دقيق يصل البويضة مع المشيمة ويعرف مكان إلتصاقه بالبويضة بالسرة Hile
ث. الكلازا Chalaze: هي الجزء المقابل للنقر أسفل النوسيل، وتعد المنطقة التي تنفصل فيها اللحافة الداخلية عن النوسيل.
ج. الكيس الجنيني Sac embryonnaire: يحوي في الغالب على ثمانية خلايا تمثل النبات العروسي.

2.2.5 تشكل الكيس الجنيني:

يوجد في جسم البويضة خلايا متشابهة منها الخلية الجرثومية الكبيرة (أو البوغة الكبيرة Megaspore) والتي تنقسم نواتها إلى نواتين (أحادية الصيغة الصبغية n) تذهب إحداها جهة النقر والأخرى جهة الكلازا ثم تنقسم كل نواة عند كل طرف إلى أربعة أنوية تتجه من كل طرف نواة واحدة إلى مركز الكيس الجنيني لتكون النواة القطبية (نواة الأندوسبارم الإبتدائية)، بذلك يتكون بالكيس الجنيني ثمانية نوى، ثلاث منها عند كل قطب، وإثنتان في المركز. وتعرف الأنوية الثلاث التي عند طرف الكلازا بالخلايا السمتية Cellules antipodes، أما الأنوية الثلاثة عند طرف النقر الوسطية منها هي البيضية الأنثوية (Egg) Oosphère، والخليتان الجانبيتان فتعرفان بالخليتان المساعدتان Synergides، وفي هذه المرحلة تكون البويضة مستعدة للإخصاب (شكل 68).

تتحد النواتان الموجودتان في مركز الكيس الجنيني (تعرفان بالنواتان القطبيتان Noyaux polaires) لتكونا نواة واحدة ثنائية الصيغة الصبغية ($2n$) تعرف بنواة الأندوسبيرم الأولية. تخصب نواة الأندوسبيرم الأولية بعروس مذكر فينتج عن ذلك الخلية الأم المولدة للأندوسبيرم ذات الصيغة الصبغية $3n$. أما دور الخليتين المساعدتين فينحصر بتوجيه طرف الأنبوبة الطلعية وذلك لما تفرزه من مواد كيميائية، وأما الخلايا السمتية فتختفي لاحقا في أثناء الإخصاب.

3.2.5 أنواع البويضات:

تأخذ البويضة أشكال مختلفة في وضعها بالنسبة للحبل السري وهي: (شكل 70)

أ. البويضة المستقيمة **Orthotrope**: وفيها يقع الحبل السري والكلازا والنقير على خط مستقيم واحد، ويكون النقير أبعد أجزاء البويضة عن المشيمة.

ب. البويضة المنعكسة (المقلوبة) **Anatrope**: هي أكثر أنواع البويضات شيوعا، حيث يتحد الغلاف الخارجي جزئيا مع الحبل السري، ويقع النقير على جانب الحبل السري موجهة للمشيمة، في حين تكون الكلازا أبعد أجزاء البويضة عن المشيمة ويكون الكيس الجنيني مستقيما.

ت. البويضة الكلوية (المنحنية) **Campylotrope**: يكون الكيس الجنيني منحنيا، ويقع النقير على جانب الحبل السري والكلازا لجسم البويضة.

ث. البويضة الأفقية **Amphitrope**: يكون فيها جسم البويضة مقلوب الوضع جزئيا، فتكون عمودية على الحبل السري.

(جزء 6): التلقيح والإخصاب

* التكاثر في الأزهار (التأبير والإخصاب):

يمر بعدة مراحل هي:

1.6 إنتاج الأمشاج: (أي تكوين حبوب اللقاح في المتك/المئبر و البيوض في المبيض).

2.6 التلقيح (التأبير) **Pollinisation**:

وهو إنتقال حبوب اللقاح من المئبر إلى الميسم في المتاع ويتم ذلك بعدة طرق منها: بالرياح، الحشرات، الماء، والإنسان.

قد يكون التأبير ذاتيا Autopollinisation بمعنى إنتقال حبوب اللقاح من مئبر الزهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو زهرة أخرى على نفس النبات، أو قد يكون التأبير خلطيا (تصالبي) Allopollinisation بمعنى إنتقال حبوب اللقاح من المئبر في زهرة إلى ميسم في زهرة على نبات آخر، وهذا النوع الأخير هو الشائع.

وتجدر الإشارة إلى أن الزهرة تتكيف لمثل هذا النمط من التلقيح، كما تساعد العوامل الطبيعية العديدة على إنتشاره. يحدث التلقيح الخلطي بصورة عامة، بواسطة عدة عوامل مثل:

- التلقيح بالحشرات **Entomogamie**: تمتاز الأزهار في هذا النوع من التلقيح بألوان جذابة للحشرات، كما تفرز رحيقا ذو رائحة عطرية مميزة لجذب الحشرات إليها، بالإضافة إلى ذلك تمتاز حبوب اللقاح عندها بسطحها الغير أملس (لزوج، أو مشوك،...) مما يسهل إلتصاقها بالحشرات وبالتالي الإنتقال من زهرة لأخرى.

- التلقيح بالرياح **Anémogamie**: يحدث التلقيح عند كثير من النباتات أحادية الفلقة مثل الفصيلة النجيلية وعند بعض ثنائيات الفلقة بالرياح، وتكون حبوب اللقاح هنا عادة ملساء خفيفة حتى يسهل حملها بالرياح.
- التلقيح بالماء **Hydrogamie**: تكون حبوب اللقاح ذات كثافة أقل من كثافة الماء فتطفوا على السطح وتلقح الأزهار الطافية فوق سطح الماء، أما إذا كانت الأزهار تحت الماء فحبوب اللقاح تكون مغمورة في الماء وتكون ذات غلاف شمعي أملس حتى لا يخرقها الماء، والمياسم تكون كبيرة ومتفرعة.
- التلقيح بالطيور **Ornithophilie**: تفرز الأزهار هنا كمية كبيرة من الرحيق وعادة تتلون بتلاتها لإجتذاب نوع محدد من الطيور التي تتغذى على الرحيق مثل طير طنان الرحيق.
- التلقيح بالإنسان: ويعرف بالتلقيح الصناعي **Pollinisation artificielle**، ويقوم به الإنسان للحصول على نباتات محسنة ذات قدرة إنتاجية عالية مثل تحسين محاصيل الحبوب... وغيرها.

2.6 إنتاش حبات الطلع ونمو الأنبوب الطلعي:

بعد سقوط حبوب الطلع على المياسم يبدأ إنتاشها وتشكيل أنبوب الطلع (أنبوبة اللقاح). ينمو الأنبوب الطلعي بعد إنتفاخ حبة الطلع، ويتشكل الإنتفاخ من الغلاف الداخلي الذي يخرج من أحد ثقبوب الغلاف الخارجي ممثلا بداية الأنبوب الطلعي (شكل. 72-A) الذي يتابع نموه بمساعدة الخلية الإعاشية ثم يتدفق محتوى حبة الطلع إلى الأنبوب الطلعي (شكل. 72-B) وتبدأ الخلية المولدة للنطاف (النواة الذكرية) بالإنقسام لتعطي نطفتين (نواتين) بينما يبدأ تحلل الخلية الإعاشية (شكل. 72-C).

يسلك الأنبوب الطلعي طريقه مخترقا نسج الميسم والقلم الرخوة، متجها نحو المبيض، حيث يستمر نموه إلى أن ينفذ إلى الكيس الجنيني، إما عن طريق النقيير وهو الإخصاب الأكثر إنتشارا (شكل. 73)، أو عن طريق الحبل السري ناحية الكلازا وهو الأقل حدوثا.

3.6 الإخصاب **Fécondation**:

يشمل إنبات حبة اللقاح وإنتقال النواة الذكرية إلى الكيس الجنيني والإندماج البروتوبلازمي والنووي لتكوين نواة البيضة المخصبة **Zygote**.

3.6 نمو الجنين وتكون الثمرة والبذرة:

بعدها ينفذ الأنبوب الطلعي إلى البويضة إما عن طريق النقيير (الكوة) أو عن طريق الكلازا، يزول الجزء الطرفي من أنبوبة اللقاح محررا النطفتين في الكيس الجنيني. تتلاشى في هذا الوقت الخلية الإعاشية وتتحد إحدى النطفتين مع البيضة الكروية (الخلية البيضية) لإعطاء البيضة المخصبة (لاقحة **Zygote**) ذات الصيغة الصبغية الثنائية ($2n$)، وتندمج النطفة الثانية (العروس الذكري الثاني) مع نواة الأندوسبيرم الأولية (النواة الثانوية) ذات الصيغة الصبغية المضاعفة لتكون نواة الأندوسبيرم الثلاثية الصبغية ($3n$)، وفي هذه الأثناء تحتفي الخلايا السميتية والخلايا المساعدة، ولا تلبث أن تبدأ نواة الأندوسبيرم بالإنقسام لتعطي النسيج المغذي المعروف

بالسويداء. ويسمى هذا النمط من الإخصاب بالإخصاب المضاعف Double fécondation. يوضح الشكل (74) كيفية حدوث التلقيح، نمو الأنبوب الطلعي، والإخصاب.

(جزء 7): الثمرة والبذرة

1.7. دراسة الثمرة:

تتكون الثمرة بعد عملية الإخصاب، ونمو الجنين، وحدث تغييرات في جدار المبيض وتحول البويضة إلى بذرة. فالثمرة إذا هي عبارة عن مبيض ناضج يحتوي على بذرة واحدة أو أكثر. في بعض الحالات النادرة تتكون الثمرة دون إخصاب ولا تحتوي الثمار في هذه الحالة على بذور كما في بعض أصناف الحمضيات والعنب والموز التي لا تحتوي على بذور، وتسمى هذه العملية بالإثمار البكري.

تحدث تغييرات هامة في الزهرة بعد الإخصاب مباشرة، فتسقط البتلات وتتحف الأسدية، ويبدأ المبيض بالتضخم وجدرانه بالتغلظ حتى تتكون الثمرة.

1.1. تركيب الثمرة: (شكل 58)

تتحول الطبقات الثلاث المكونة لجدار المبيض إلى الغلاف الثمري الذي يتألف بدوره من ثلاث طبقات وهي:

1. **الغلاف الخارجي Exocarpe**: يتكون من صف واحد من الخلايا تنشأ من خلايا البشرة الخارجية لجدار المبيض، يحمل سطحها الخارجي أوبار غزيرة أحيانا أو يكون أملس كما يوجد فيها فتحات صغيرة تسمى بالعديسات.

2. **الغلاف المتوسط Mésocarpe**: يتكون في بعض الثمار من طبقة رقيقة جدا بينما يكون لحميا سميكاً جدا في البعض الآخر، وينشأ من الطبقة المتوسطة في جدار المبيض.

3. **الغلاف الداخلي Endocarpe**: قد يتكون من طبقة واحدة أو عدة طبقات تصبح قاسية حجرية كما في ثمار المشمش والكرز.

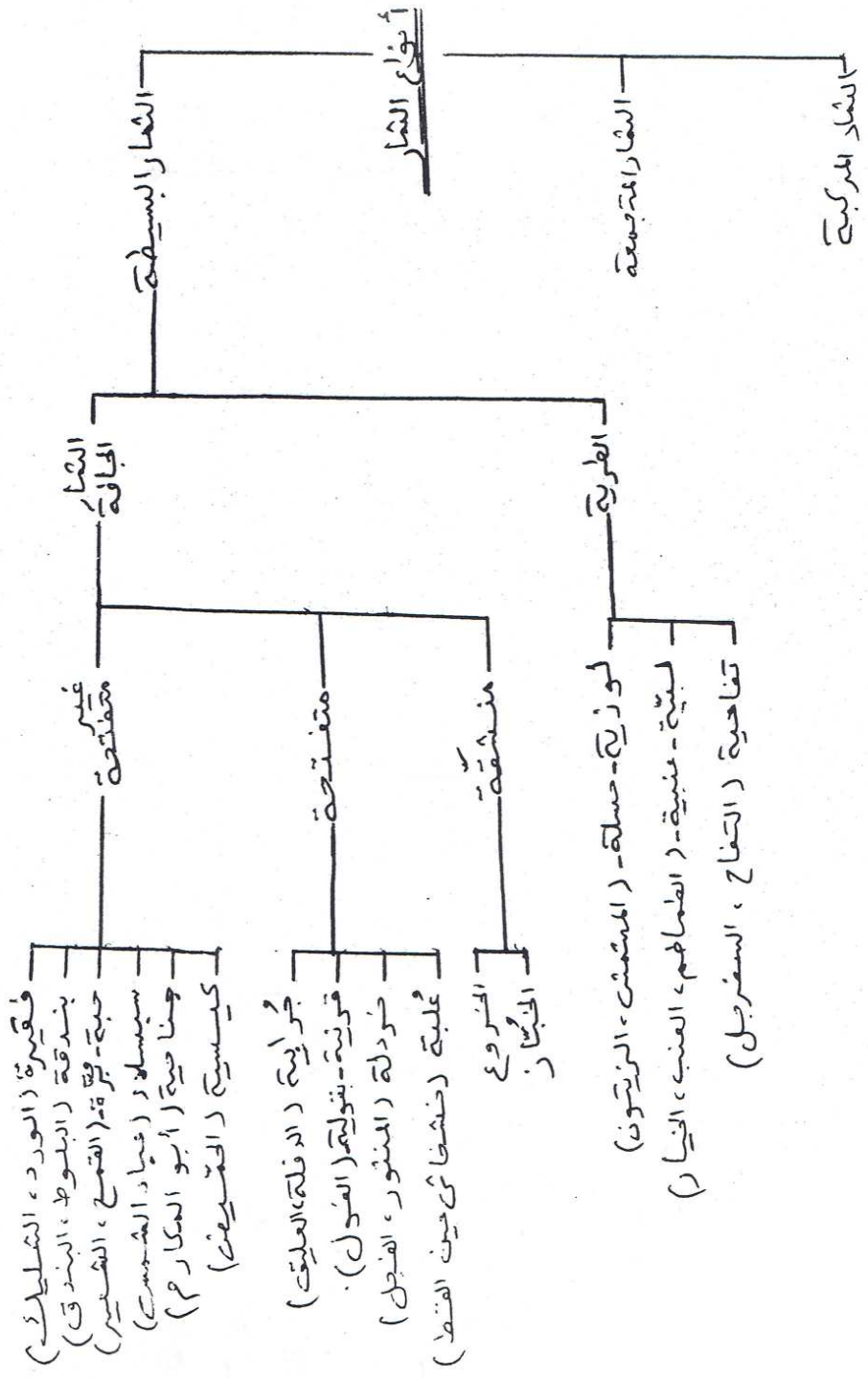
2.1. أنواع الثمار:

تدعى الثمرة التي تنتج عن نمو المبيض وحده بالثمرة الحقيقية. أما الثمرة التي يدخل في تركيبها أجزاء زهرية أخرى مثل قواعد السبلات أو البتلات أو التخت الزهري فتدعى بالثمرة الكاذبة (كالكأس في ثمرة الباذنجان، البتلات في القرع، كرسي الزهرة في التفاح).

للمثمرة ثلاث أنواع رئيسية هي: (شكل 59)

1. **الثمار البسيطة Fruit simple**: تتكون من مبيض واحد كبير نسبياً يتألف من كربلة واحدة أو عدة كرابل متحدة، وهي تتميز إلى نوعين رئيسيين من الثمار هما: ثمار جافة، وثمار طرية.

2. الثمار المتجمعة **Fruit agrégat**: تتألف سواء كانت حقيقية أو كاذبة من ثمار بسيطة متعددة وكلها تنشأ من زهرة واحدة ذات كرابل عديدة منفصلة، مثل ثمار توت العليق، والفرولة.
3. الثمار المركبة **Fruit composé**: تنشأ الثمار المركبة من النورات وليس من زهرة مفردة، وفي جميع الحالات تقريبا تكون الثمرات الفردية ثميرات كاذبة مثل التين.



مخطط لأنواع الثمار
(بيولوجيا النبات)

2.7. دراسة البذرة La graine :

تتألف البذرة من ثلاث أجزاء رئيسية هي: الجنين، الغذاء المدخر، والأغلفة الجنينية الحافظة (شكل 51).

أ- الجنين Embryon: يتكون من محور صغير يحمل فلقة أو أكثر، ويعرف الطرف السفلي للمحور بالجذير Radicule، والطرف العلوي للمحور بالريشة والتي هي عبارة عن برعم قمي تغلفه ورقتين صغيرتين لا لون لهما. وتعرف المنطقة التي ما بين الجذير ونقطة إتصال الفلقات في المحور بالسويقة تحت الفلقية، والمنطقة التي ما بين الريشة ونقطة إتصال الفلقات في المحور بالسويقة فوق الفلقية.

ب- الغذاء المدخر: قد يحتزن الغذاء المدخر للجنين في نسيج خاص يعرف بالسويداء Endosperme، أو يحتزن الغذاء في بذور بعض النباتات في الجنين نفسه، خاصة في أنسجة الفلقات، حيث تظهر الفلقات متضخمة.

ج- أغلفة البذرة: غالبا تحتوي البذرة على غلاف واحد ينشأ عن غلاف البويضة بعد عملية الإخصاب يكون صلب وخشن، وفي حالات أخرى تحتوي البذرة على غلافين الداخلي منهما رقيق والخارجي يدعى بالقصرة يلاحظ عليه ندبة تسمى السرة Hile والتي تظهر على شكل ندبة طويلة سوداء تقع في أعلى البذرة أو على جانبها أو تظهر على شكل سطح خشن وغيرها، ويلاحظ على الغلاف الخارجي أيضا عادة ثقب دقيق يعرف بالنقيير (الكوة) Microphyle يسهل دخول الماء إلى داخل البذرة عند مراحل الإنبات الأولى.

1.2.7. أنواع البذور:

تشارك البذور من حيث الوظيفة (التكاثر)، وتختلف من الناحية المورفولوجية (الحجم والشكل واللون) من نبات لآخر. ويمكن تمييز نوعين من البذور حسب وجود أو عدم وجود السويداء هما:

- بذور بها السويداء (اندوسبيرمية): تكون فلقاتها ضامرة وتحتزن المدخرات الغذائية فيها بالسويداء. تميز جميع أحاديات الفلقة مثل القمح والذرة، وبعض ثنائيات الفلقة مثل بذور الخروع.

بذور عديمة السويداء: تنعدم فيها السويداء نتيجة إستهلاك الجنين لها أثناء تكونه قبل نضج البذور، وهنا تتضخم فيها الفلقات (الأوراق الجنينية) وتمتلئ بالمدخرات الغذائية كما في بذور الفول، الفاصوليا، والحمص.

2.2.7. طرق إنتشار وإنتشار البذور والثمار:

تنتج النباتات البذرية في الغالب عددا وفيرا من الثمار والبذور، حيث أن نسبة كبيرة من هذه البذور تهلك نتيجة التنافس الشديد بين النباتات التي تكونها وتفوق البعض منها على الآخر. تنتشر بذور النباتات بعدة طرق أهمها: (شكل 61).

أ. الإنتشار بواسطة الرياح: البذور والثمار التي تنتشر بواسطة الرياح لها مواصفات وتحوارات خاصة تساعدها على الإنتشار، فهي تمتاز بصغر حجمها وخفة وزنها، وفي بعض أنواع النباتات تحتوي بذورها على أعضاء تساعدها

- على الطيران، قد تكون هذه الأعضاء على هيئة أجنحة أو ريش أو زغب كما في القيقب *Acer* والهندباء *Taraxacum*. وقد تحمل الرياح النبات كاملا مع بذوره كما في نبات كف مريم *Anastatica*.
- ب. الانتشار بواسطة المياه: كثير من البذور والثمار قد تطفو على سطح الماء أو تنجرف مع السيول، ولذلك تنتقل إلى مسافات بعيدة من أمثلتها ثمار جوز الهند *Cocos*.
- ت. الانتشار بواسطة الحيوانات: هذا النوع من البذور يوجد على سطحه تراكيب شوكية كثيرة تلتصق بأي جسم يحتك بها مثل حيوان أو طير مما يسهل من إنتشارها وإنتقالها من مكان لأخر، كما في اللزيق *Xanthium*.
- ث. الانتشار بواسطة الإنسان: الإنسان عامل مهم في نقل الكثير من البذور والثمار من مكان إلى اخر، فهو ينقلها عادة للزراعة قصد التغذية منها، أو لإستعمالها كنباتات تزيينية، ... وغيرها.