



المحاضرة الثالثة عشر

التركيب الداخلى للأوراق

أ.د/ أحمد لطفى ونس

أستاذ النبات وعميد الكلية

شاهد المحاضرة فيديو على الروابط التالية:

<https://youtu.be/WuDOuZcWHal>

<https://youtu.be/jC-wuXzE8eU>

<https://youtu.be/ekEnHXT5Z-s>

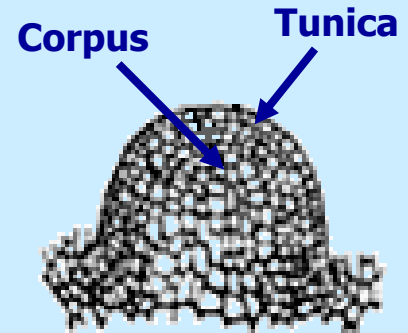
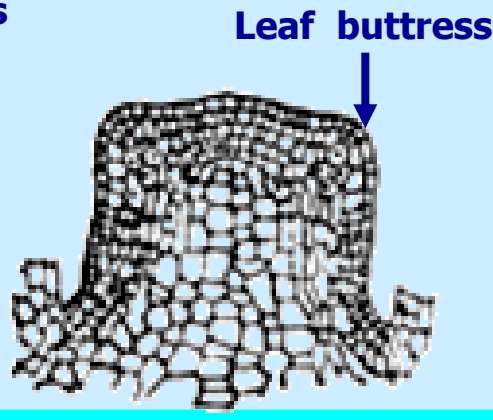
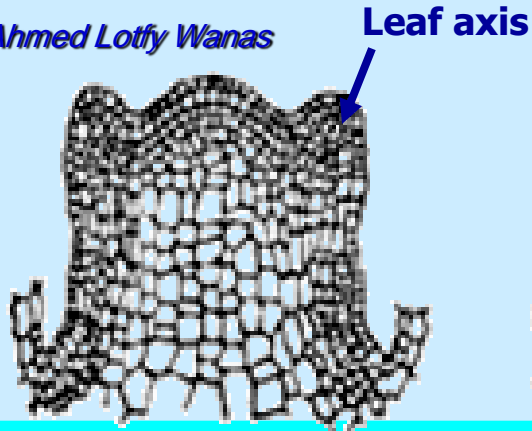
التركيب الداخلى للأوراق

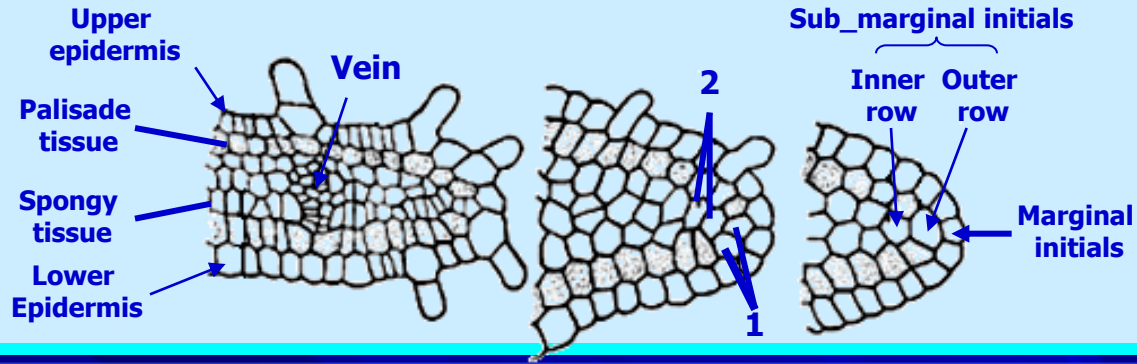
Internal structure of leaves

تنشأ الأوراق من بدايات الأوراق التي توجد حول المرستيم القمي في البراعم ، يحدث النمو في البداية في جميع أجزاء بداية الورقة ويكون معظمه ناتج عن نشاط الخلايا المرستيمية الموجودة في قمة بداية الورقة ثم يقل النمو القمي ويتوقف مبكرا ويكتمل نمو الورقة الصغيرة بنمو باقى أجزائها وخاصة الجزء الوسطى كما في أوراق معظم النباتات ذات الفلقتين أو الجزء القاعدى فى أوراق معظم النباتات ذات الفلقة الواحدة.

أول ما يظهر من بداية الورقة نتوء جانبي صغير على أحد جوانب المرستيم القمي يسمى سند الورقة **Leaf buttress** ثم يتركز النشاط الإنقسامى فى منطقة علوية محدودة من سند الورقة مكونة محور الورقة **Leaf axis** ثم يتكون على جانبي محور الورقة عدا عند القاعدة مجموعتان من المرستيمات الحافية **Marginal meristems** وهى التى يتكون منها نصل الورقة بينما ينشأ العرق الوسطى من نسيج محور الورقة المحصور بين المرستيمات الحافية وينشأ عنق الورقة من الجزء القاعدى لمحور الورقة.

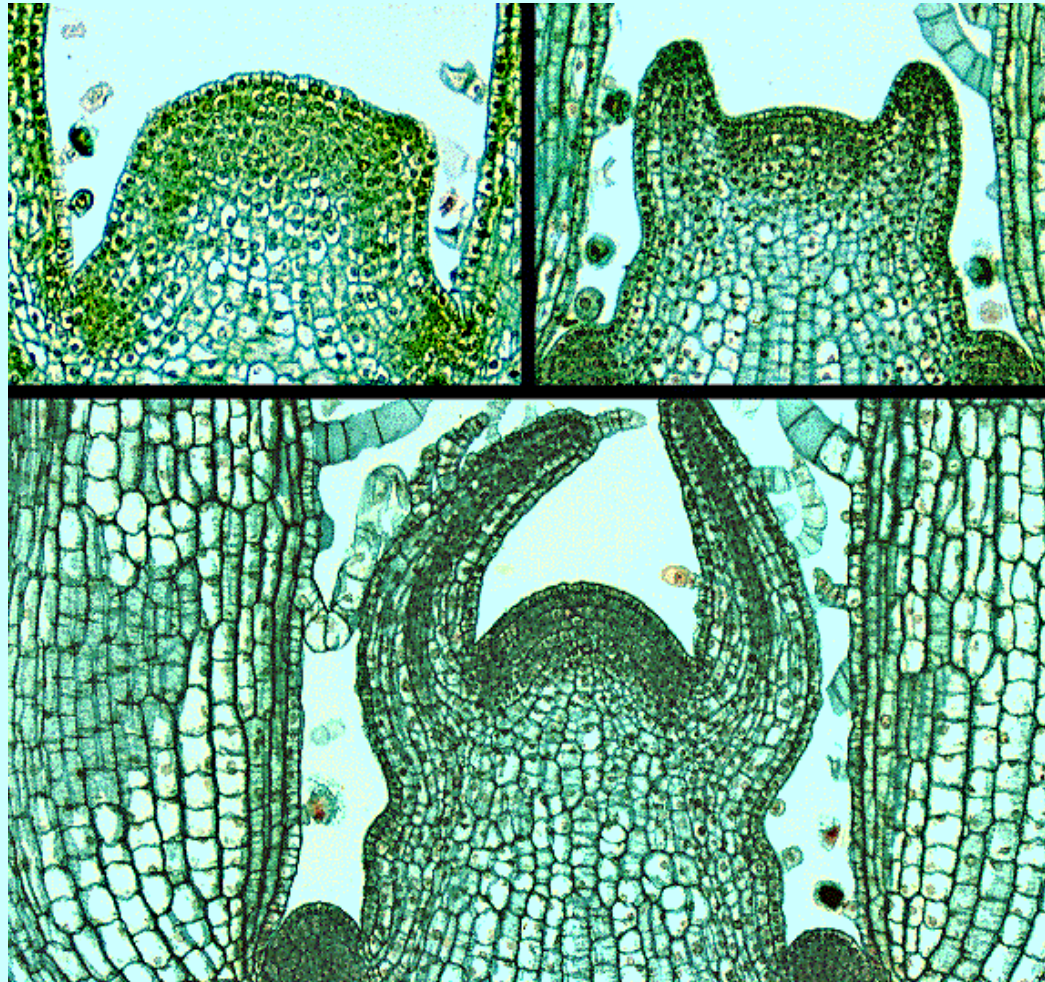
Prof. Ahmed Lotfy Wanas





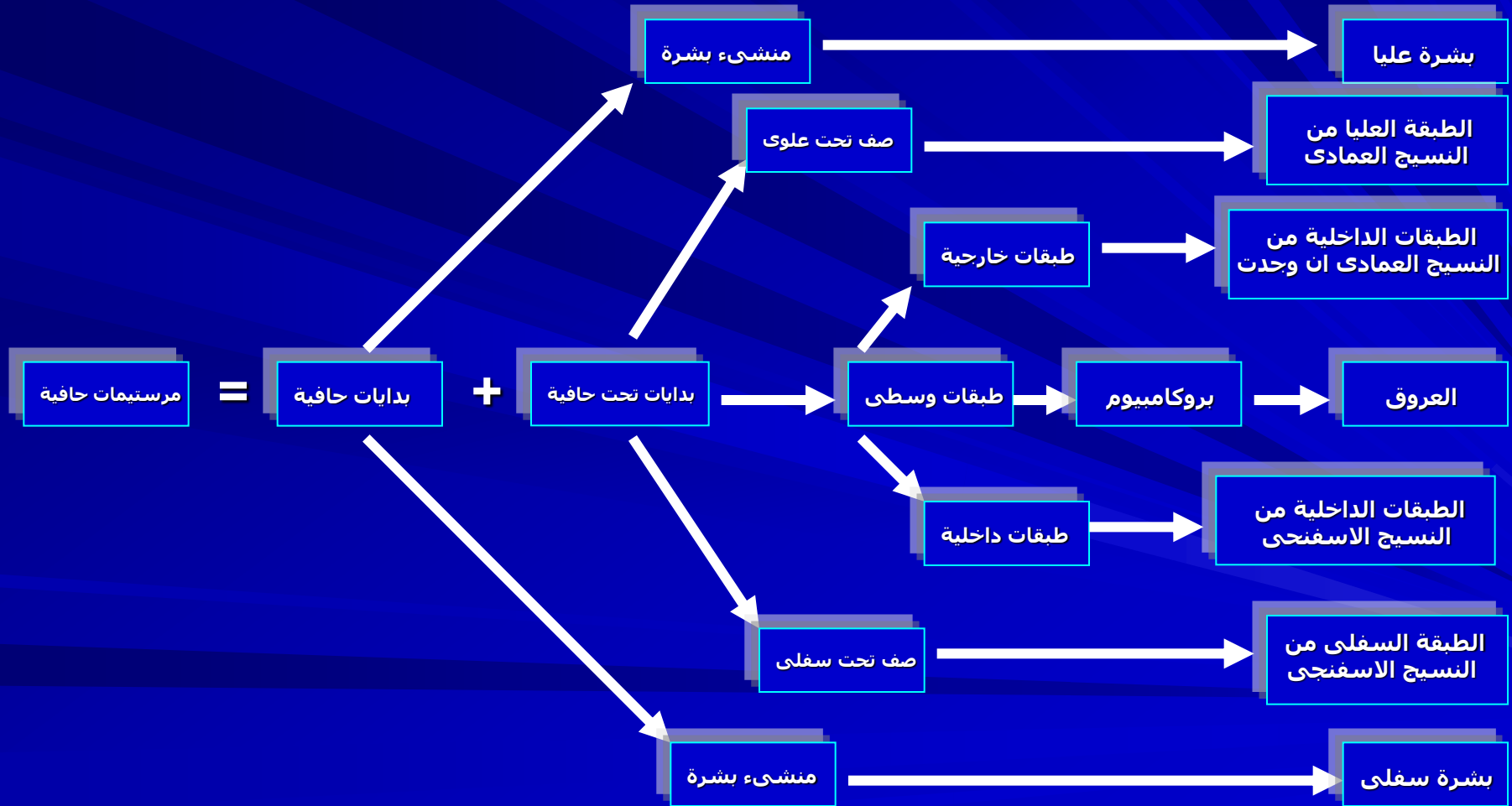
تشمل المرستيمات الحافية نوعين من البدايات المرستيمية هما البدايات الحافية والبدايات تحت الحافية. البدايات الحافية **Marginal initials** هي خلايا مرستيمية تكون الطبقة السطحية لمحور الورقة وتنقسم خلاياها بجدر عمودية على السطح لتكون منشئ البشرة **Dermatogen** الذى بانقسام ونمو وتشكل خلاياه يكون البشريتين العليا والسفلى للورقة. أما البدايات تحت الحافية **Sub-marginal initials** فتتقسم بجدر موازية للسطح مكونة صفين من الخلايا أحدهما داخلى والأخر خارجى. تنقسم خلايا الصف الخارجى بجدر عمودية على السطح وينتج عن ذلك تكوين صفين من الخلايا، صف تحت علوى (أى تحت منشئ البشرة العليا) وهذا يعطى الطبقة العليا من النسيج العمادى، وصف تحت سفلى (أى تحت منشئ البشرة السفلى) وهذا يعطى الطبقة السفلى من النسيج الأسفنجى. أما الصف الداخلى من البدايات تحت الحافية فتتقسم خلاياه فى اتجاهات مختلفة مكونة باقى النسيج الأسفنجى وكذلك نسيج البروكامبيوم الذى تنشأ الحزم الوعائية، وقد تتكون منه طبقات داخلية من النسيج العمادى وذلك فى الأوراق التى يكون نسيجها العمادى مكون من أكثر من طبقة واحدة. تتشكل الأنسجة الوعائية من البروكامبيوم ويبدأ التشكل من قاعدة الورقة على إمتداد الأثر الورقى متجها إلى أعلى فى نصل الورقة، واللحاء هو أول ما يتشكل من الأنسجة الوعائية يليه الخشب ويحدث التشكل بنفس الترتيب فى الأثر الورقى.

development sequence of leaf initiation in coleus



Prof. Ahmed Lotfy Wanas

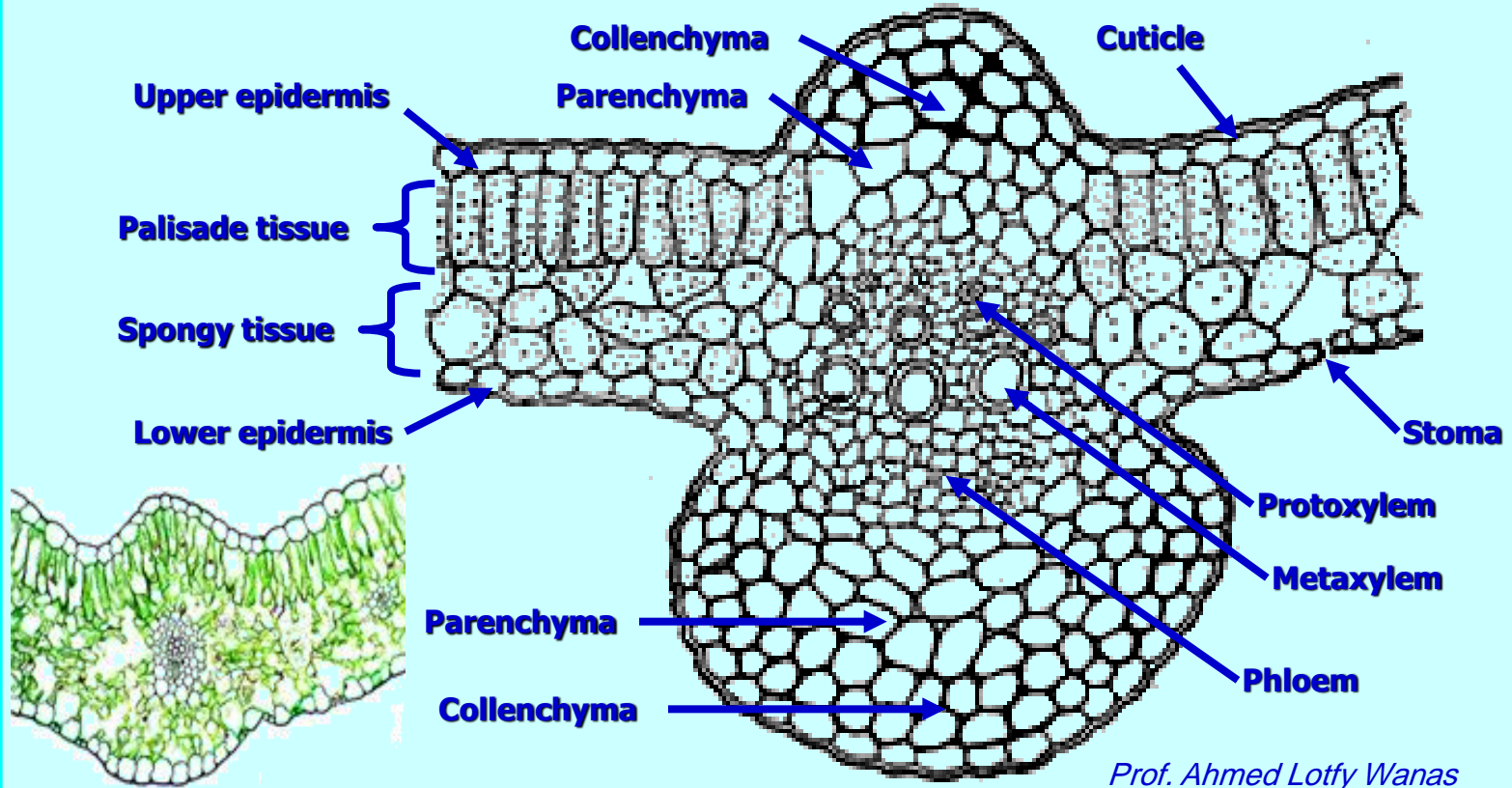
خريطة توضح خطوات نشوء وتكشف نصل الورقة البسيطة من المرستيمات الحافية في نباتات ذات الفلقتين



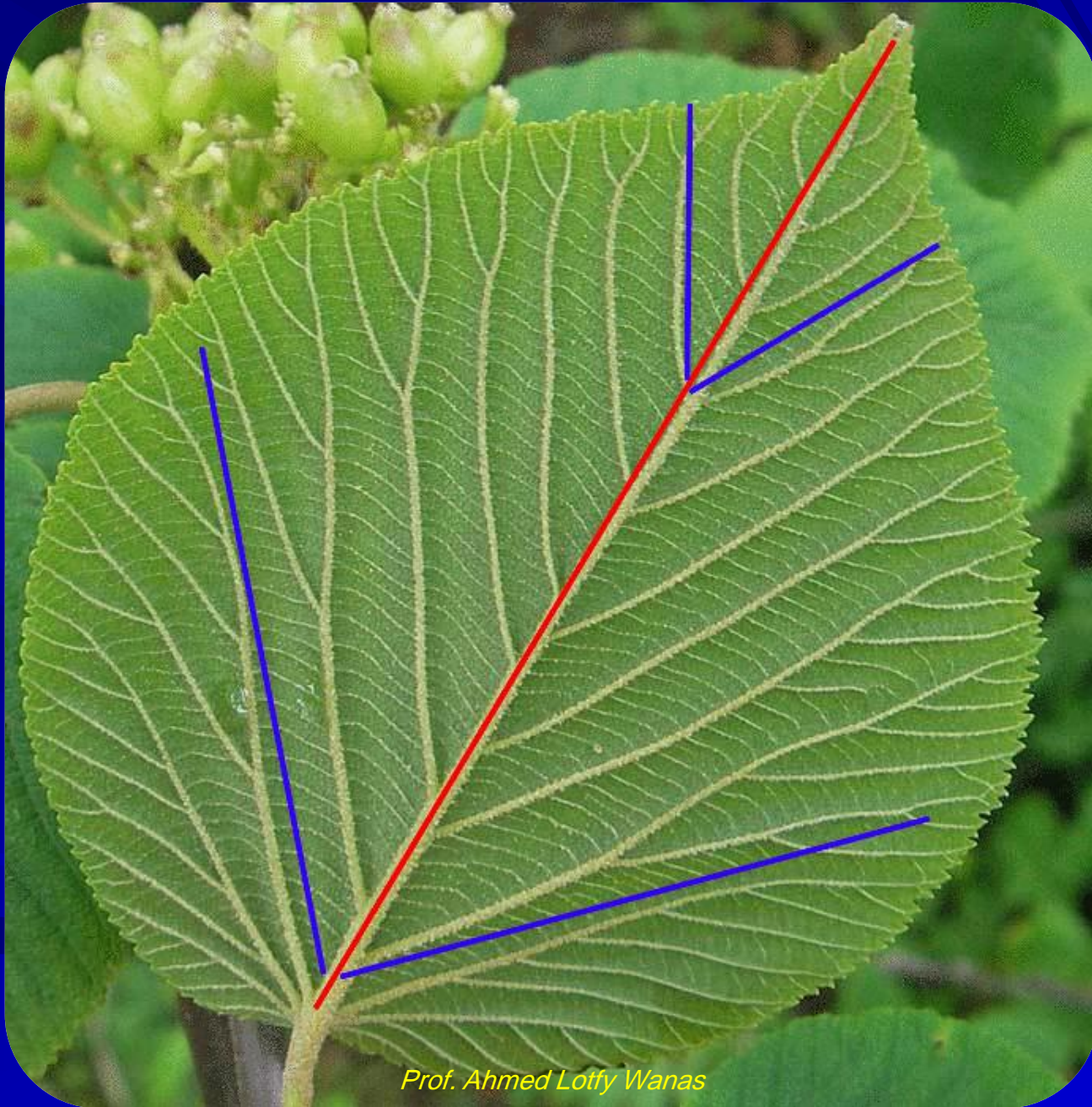
التركيب الداخلي للأوراق

تتركب الورقة من ثلاثة أجهزة نسيجية تشبه إلى حد كبير تلك الموجودة في السيقان والجذور الحديثة إلا أنها تختلف في توزيعها لتلائم وظيفتي الأوراق الأساسيتين وهما التمثيل الضوئي والنتح ، والأجهزة النسيجية المكونة للورقة هي الجهاز النسيجي الضام الذي يتمثل في البشريتين العليا والسفلى وزوائدهما ، والجهاز النسيجي الأساسي الذي يتكون من النسيج الوسطى والنسيج المحيط بالعروق، والجهاز النسيجي الوعائي الذي يتكون من الأنسجة الوعائية المنغصسة في النسيج الأساسي وتتكون من الخشب واللحاء ونادرا ما يوجد كامبيوم.

التركيب الداخلي لأتصال أوراق النباتات ذات الفلقتين

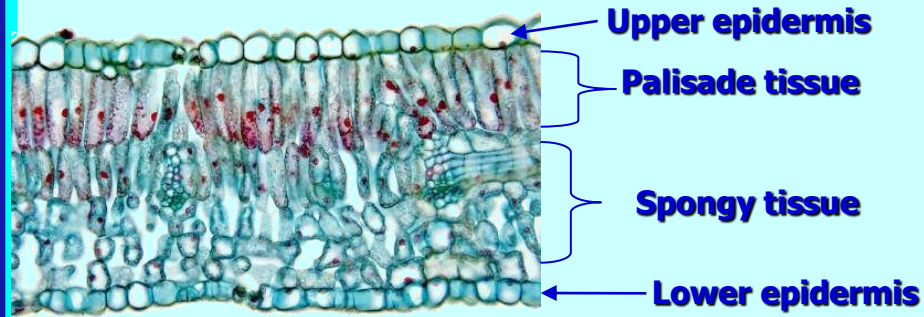


Prof. Ahmed Lotfy Wanas

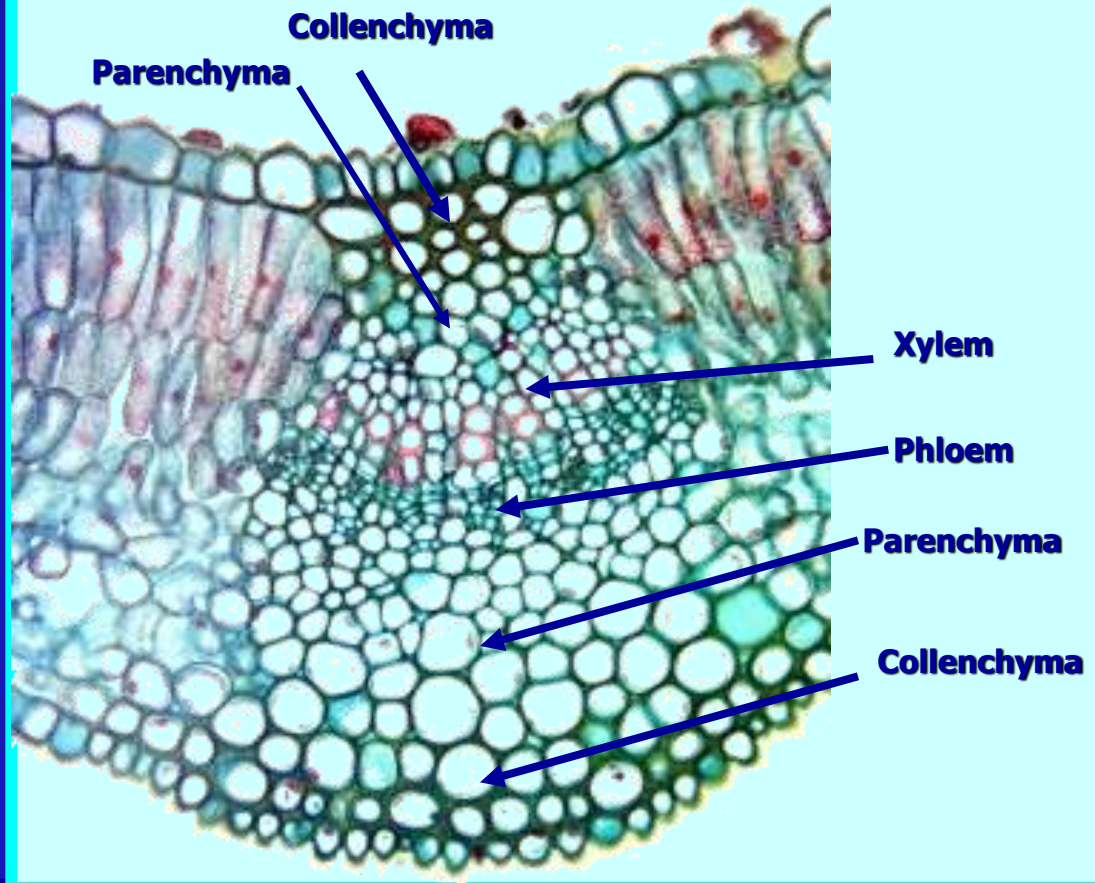


Prof. Ahmed Lotfy Wanas

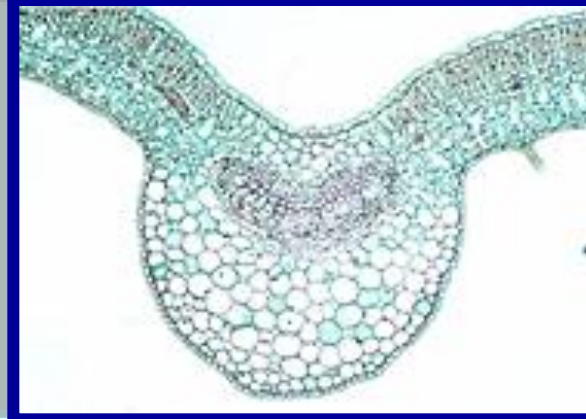
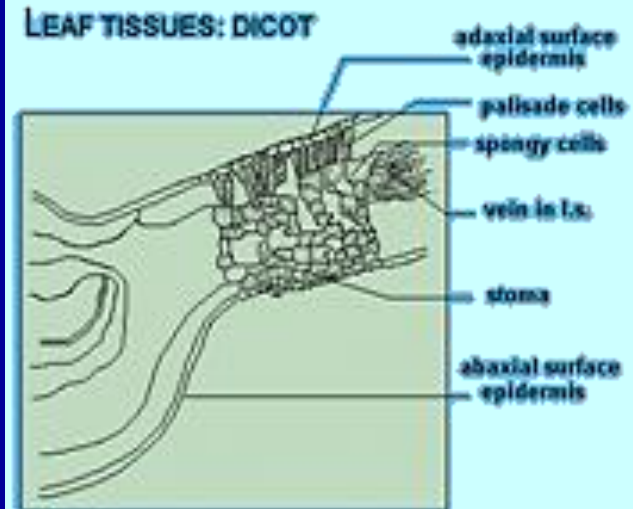
Lamina

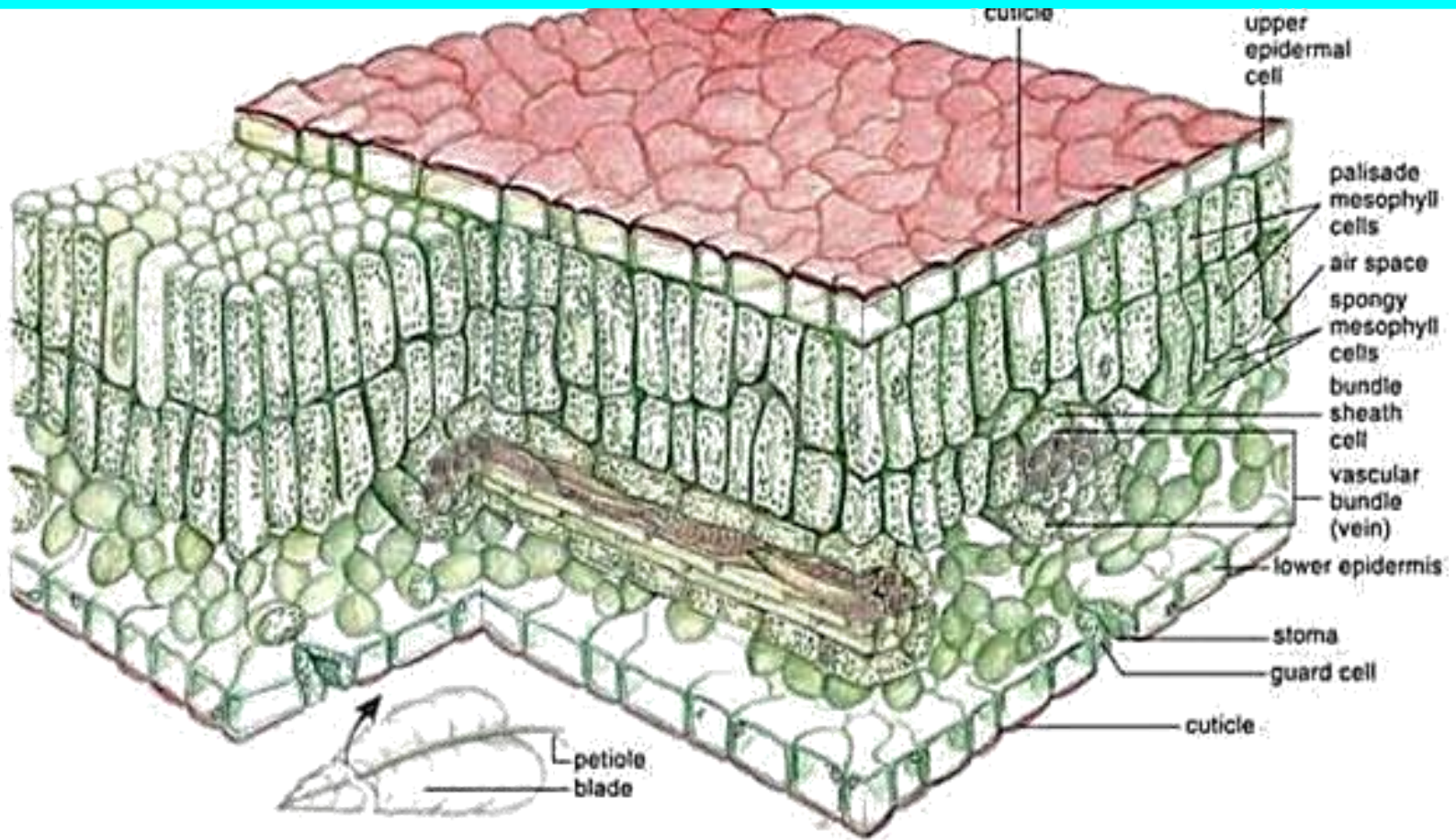
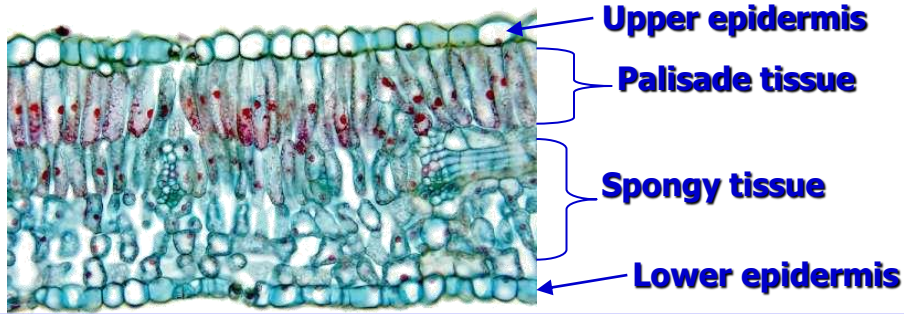


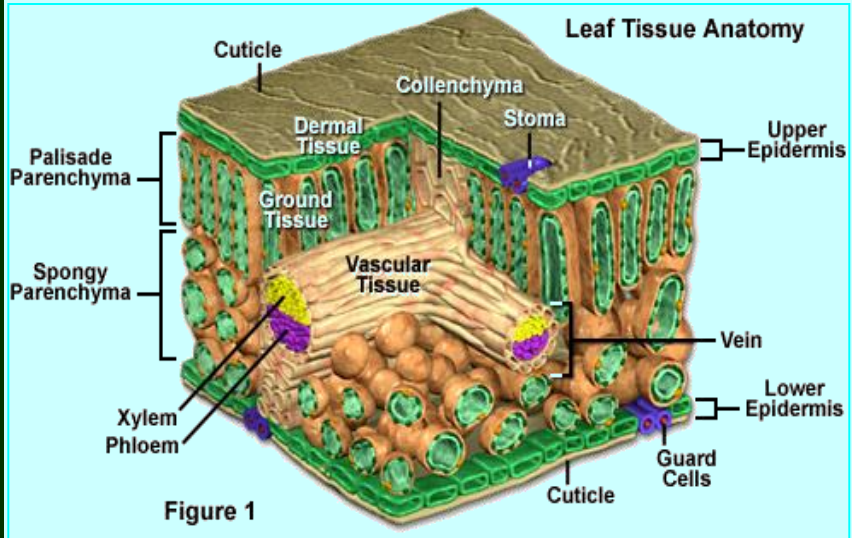
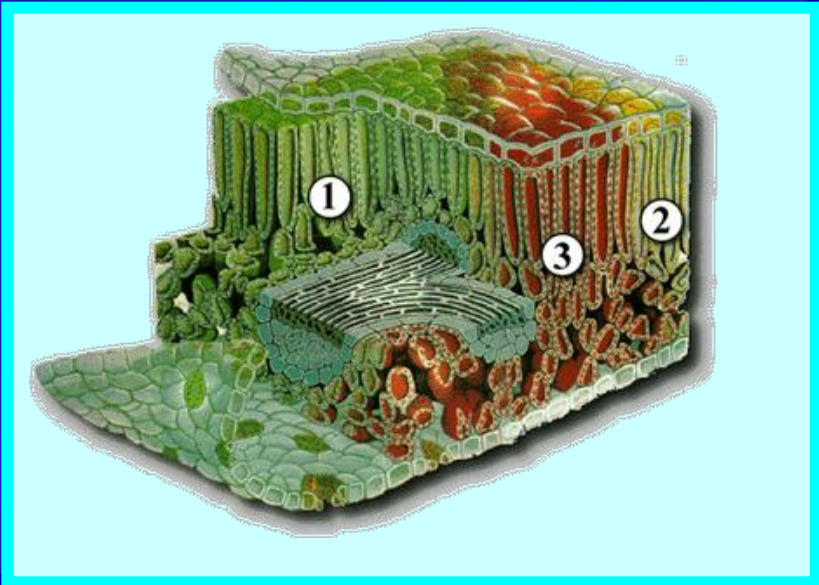
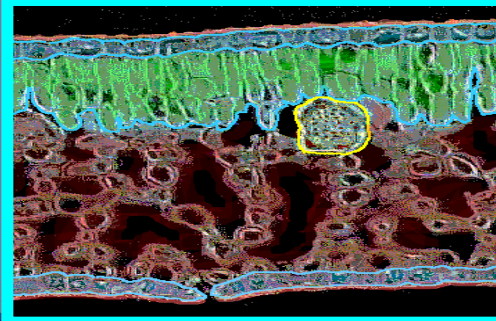
Midrib



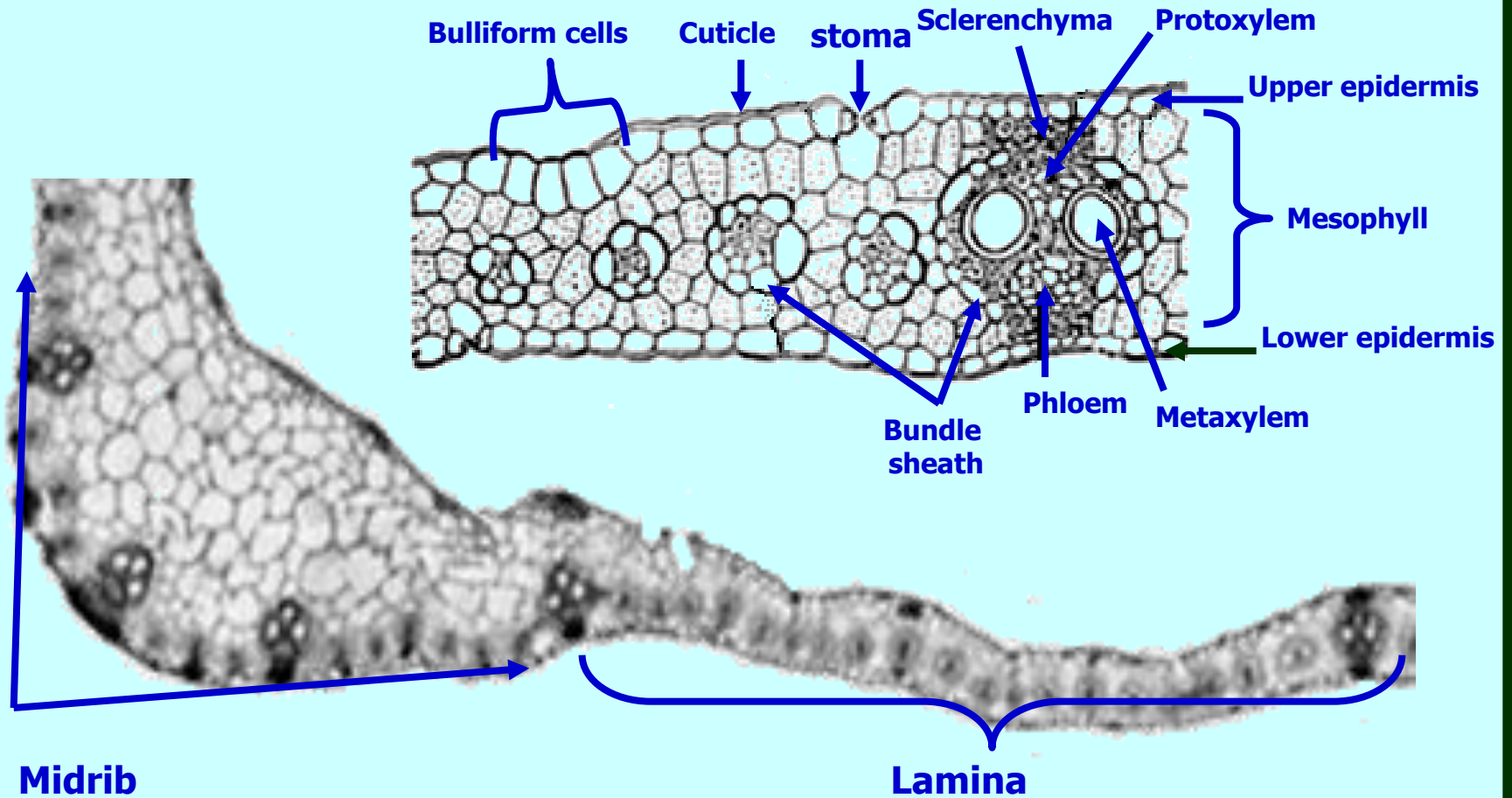
رسوم تخطيطية + مجسم ثلاثي الأبعاد + صورة لقطاع عرضي في ورقة نبات ذات فلتين





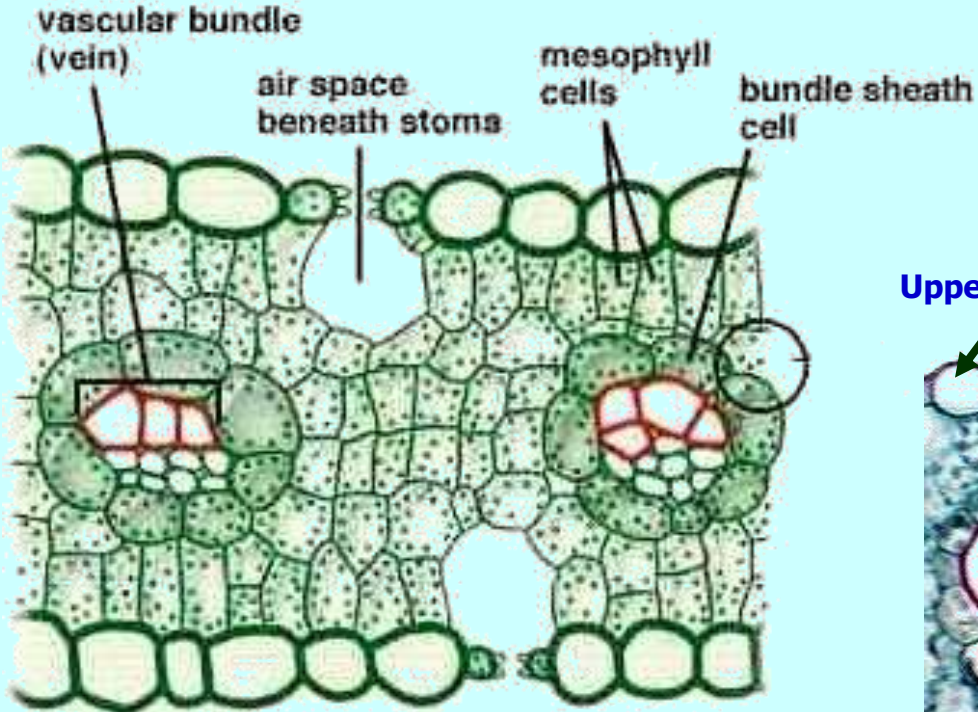


التركيب الداخلي لأنصال أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة



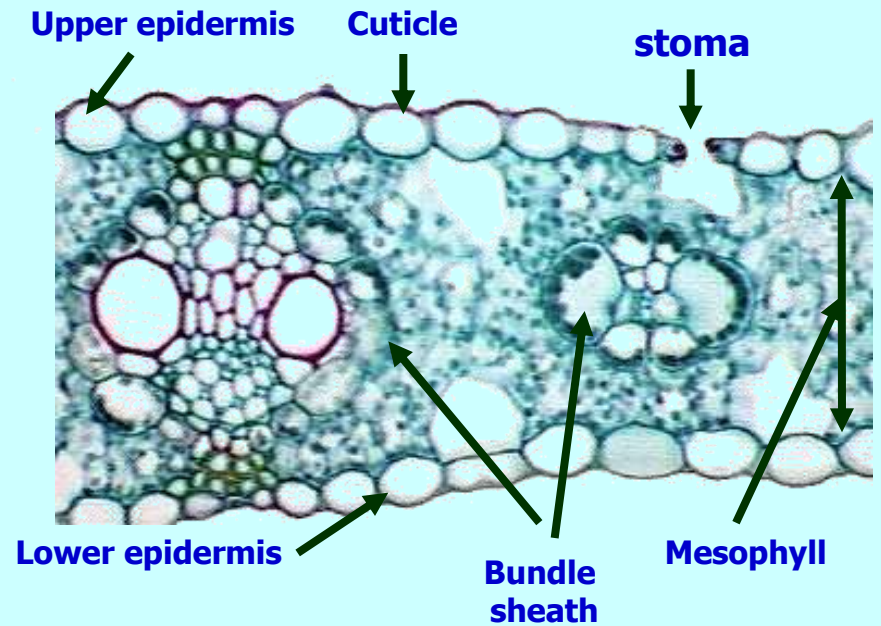


Structure of maize lamina

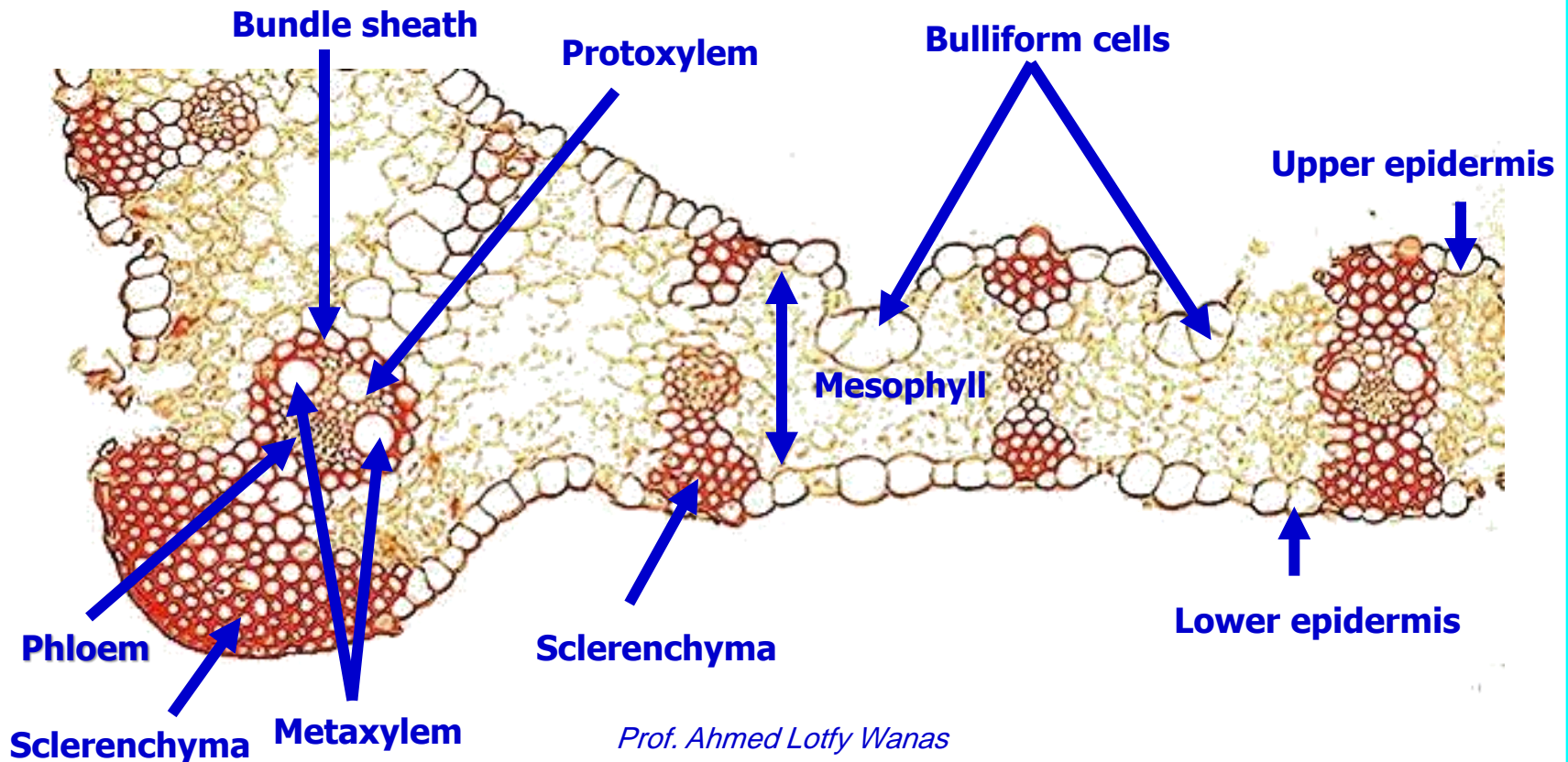


PORTION OF A CROSS SECTION
OF A LEAF WITH C₄ PHOTOSYNTHESIS

Prof. Ahmed Lotfy Wanas

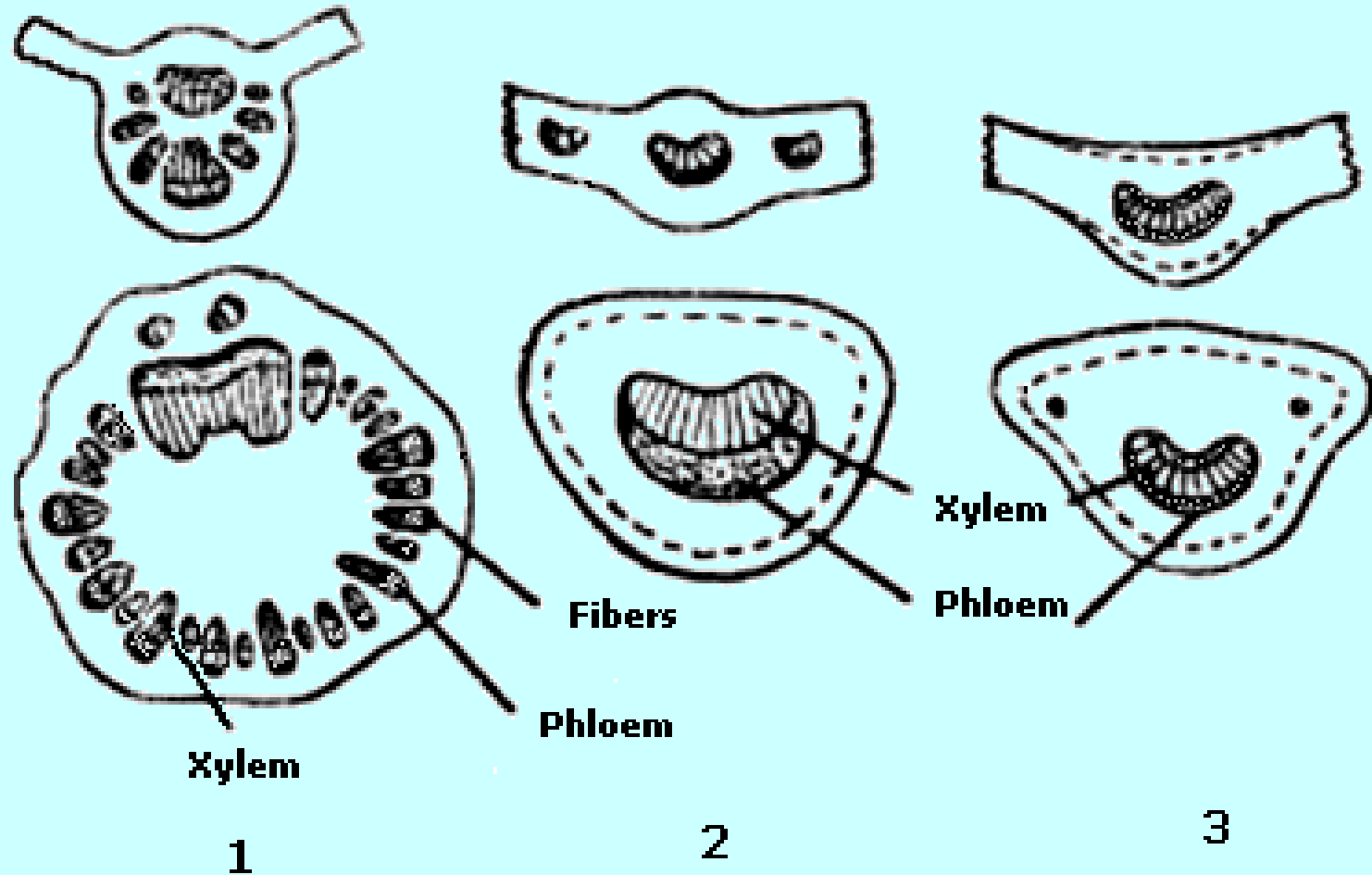


ق.ع فى ورقة نبات القمح



التركيب الداخلى لأعناق الأوراق

لا تظهر أعناق الأوراق فى القطاعات العرضية بشكل كامل الإستدارة إلا فى حالات قليلة كما فى أوراق العنب إذ تكون عادة مسطحة أو مقعرة قليلاً فى السطح العلوى. تتركب أعناق الأوراق عادة من نفس الأنسجة الموجودة فى السيقان الحديثة لنفس النباتات، فالبشرة تشبه مثيلتها فى الساق وتحتوى عادة على ثغور وكثيراً ما توجد بها زوائد بشرة، والنسيج الأساسى يتكون عادة من خلايا بارنكيميية تحتوى على بلاستيدات خضراء فى طبقاتها الخارجية القريبة من البشرة وكثيراً ما يحتوى النسيج الأساسى على خلايا كولنكيميية خاصة فى أعناق أوراق نوات الفلقتين وخلايا إسكلرانكيميية فى أعناق أوراق نوات الفلقة الواحدة وتتركز الخلايا الكولنكيميية والإسكلرانكيميية كأنسجة تدعيمية فى الطبقات الخارجية قريبا من البشرة. أما الأنسجة الوعائية فى عنق الورقة فهى تمثل إمتدادات للأنسجة الوعائية الموجودة فى السيقان الحديثة لنفس النبات، لذا يوجد فى عنق الورقة حزم وعائية تشبه تلك الموجودة فى الساق الحديثة لنفس النبات، وقد تكون الحزم الوعائية فى العنق مرتبة فى شكل دائرة واحدة كما فى أعناق أوراق العنب ولكنها غالباً تكون مرتبة فى شكل نصف دائرة أو هلال يكون فيه الخشب متجهاً إلى أعلى واللحاء متجهاً إلى أسفل، وعادة يكون عدد الحزم الوعائية فى العنق من ١ إلى ٣ وذلك فى أوراق نوات الفلقتين ذات التعريق الريشى وأكثر من ذلك فى الأوراق ذات التعريق الراحى، بينما تكون الحزم الوعائية عديدة فى أعناق أوراق نوات الفلقة الواحدة.



رسومات تخطيطية لقطاعات عرضية في الجزء الوسطى من النصل (الصف العلوى)
 وأغلق الأوراق (المصف السفلى) في (1) الخب ، (2) يونيسس ، (3) المذلة .

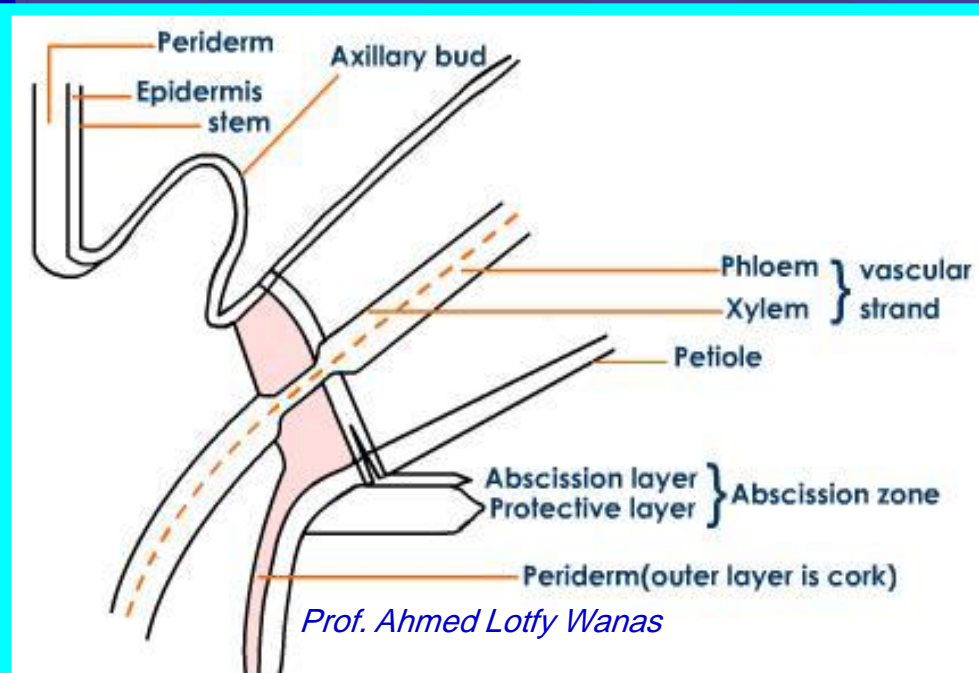
تساقط الأوراق Abscission of leaves

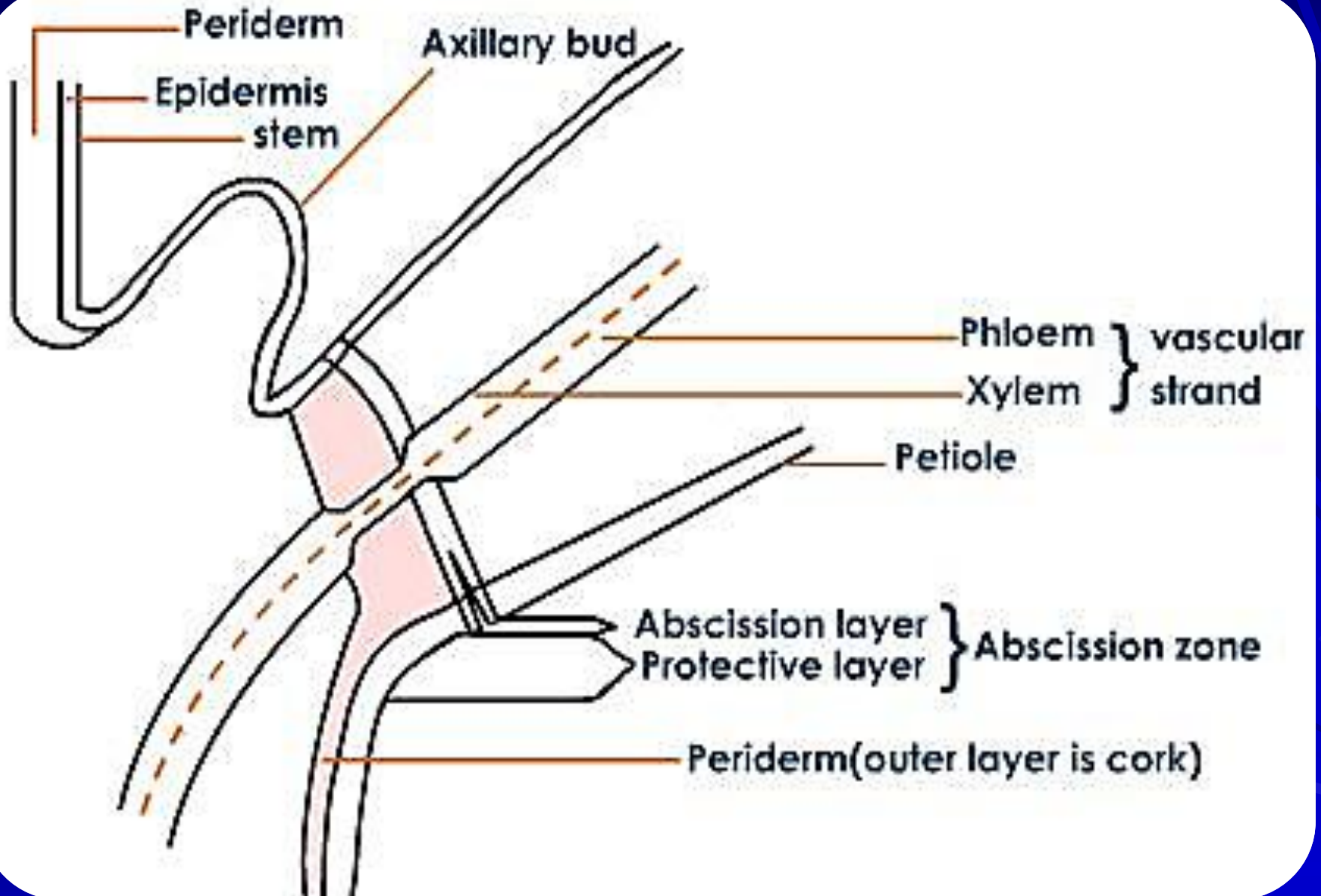
لكل ورقة عمر محدد يختلف باختلاف النباتات تؤدي خلاله الورقة وظائفها ثم تموت، وفي معظم النباتات السرخسية ومغطة البذور العشبية لا تنفصل الورقة عن النبات بعد موتها بل تبقى متصلة به وتتحلل وهي في مكانها، أما أوراق معراة البذور والنباتات الخشبية من مغطة البذور فإنها تنفصل عن ساق النبات قبل موتها عادة عن طريق حدوث تغيرات تركيبية في الأنسجة الموجودة في منطقة محددة بالورقة تعرف بمنطقة التساقط **Abscission zone**.

تساقط الأوراق هو عبارة عن انفصال الأوراق عن الأفرع الحاملة لها بدون حدوث أضرار لتلك الأفرع، وقد تتساقط الأوراق طبيعيا كما يحدث في الأشجار متساقطة الأوراق ويعتبر ذلك إحدى الميكانيكات التي تحدث في الأشجار متساقطة الأوراق لمقاومة برودة الشتاء، ويحدث تساقط الأوراق في الشتاء نتيجة لانخفاض درجة الحرارة والنهار القصير وزيادة الماء المفقود بالنتح نتيجة لزيادة سرعة الرياح. وقد يحدث التساقط نتيجة لأضرار تلحق بالنبات كالتساقط الذي يحدث نتيجة لغمر النبات بالماء أو تعرض النبات للجفاف أو التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة أو نقص العناصر الغذائية.

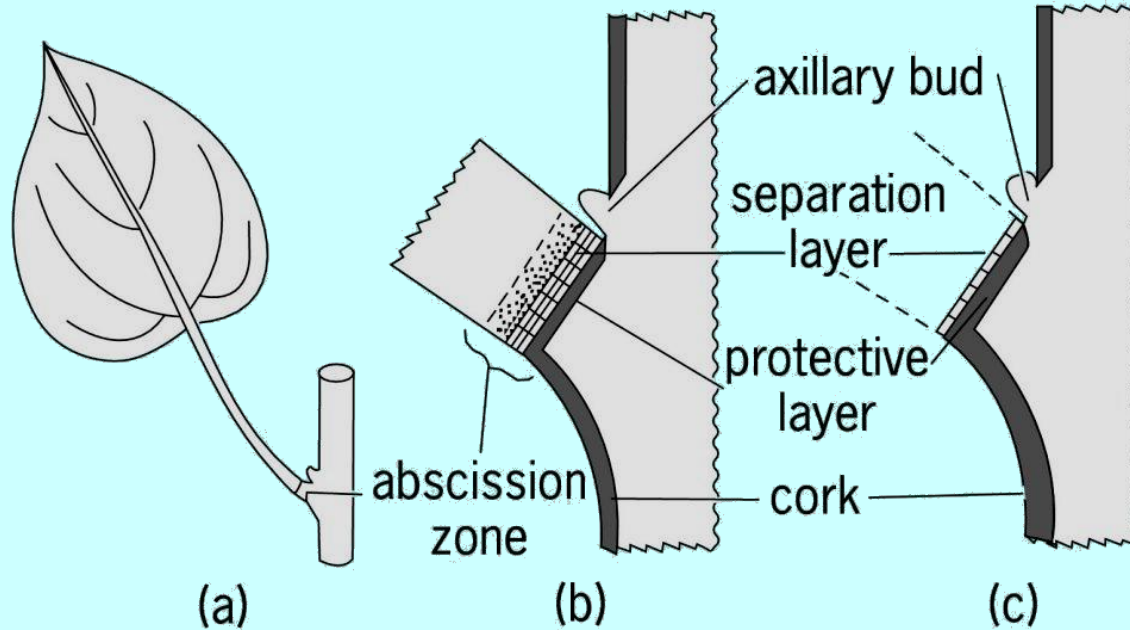
لا يقتصر حدوث التساقط على الأوراق فقط بل يحدث أيضا تساقط للبراعم والأزهار والثمار الصغيرة حديثة التكوين. يحدث التساقط عن طريق تكوين منطقة خاصة في العضو النباتي تعرف بمنطقة الانفصال **Abscission zone** وهي منطقة محددة وراثيا يختلف موضعها في العضو تبعا لنوع النبات ونوع وعمر العضو النباتي (ورقة أو زهرة أو برعم أو ثمرة) ولكنها في الأوراق غالبا ما تتكون في قواعد أعناق الأوراق، تختلف منطقة التساقط في تركيبها عن الأجزاء التي تحتها والأجزاء التي تعلوها وتعتبر من حيث التركيب أضعف جزء في عنق الورقة إذ تختزل الحزم الوعائية فيها وتضعف وتنعدم الأنسجة الكولنكيمية والإسكلرانكيمية وتحتوى على خلايا بارنكيمية أصغر حجما من الخلايا المجاورة.

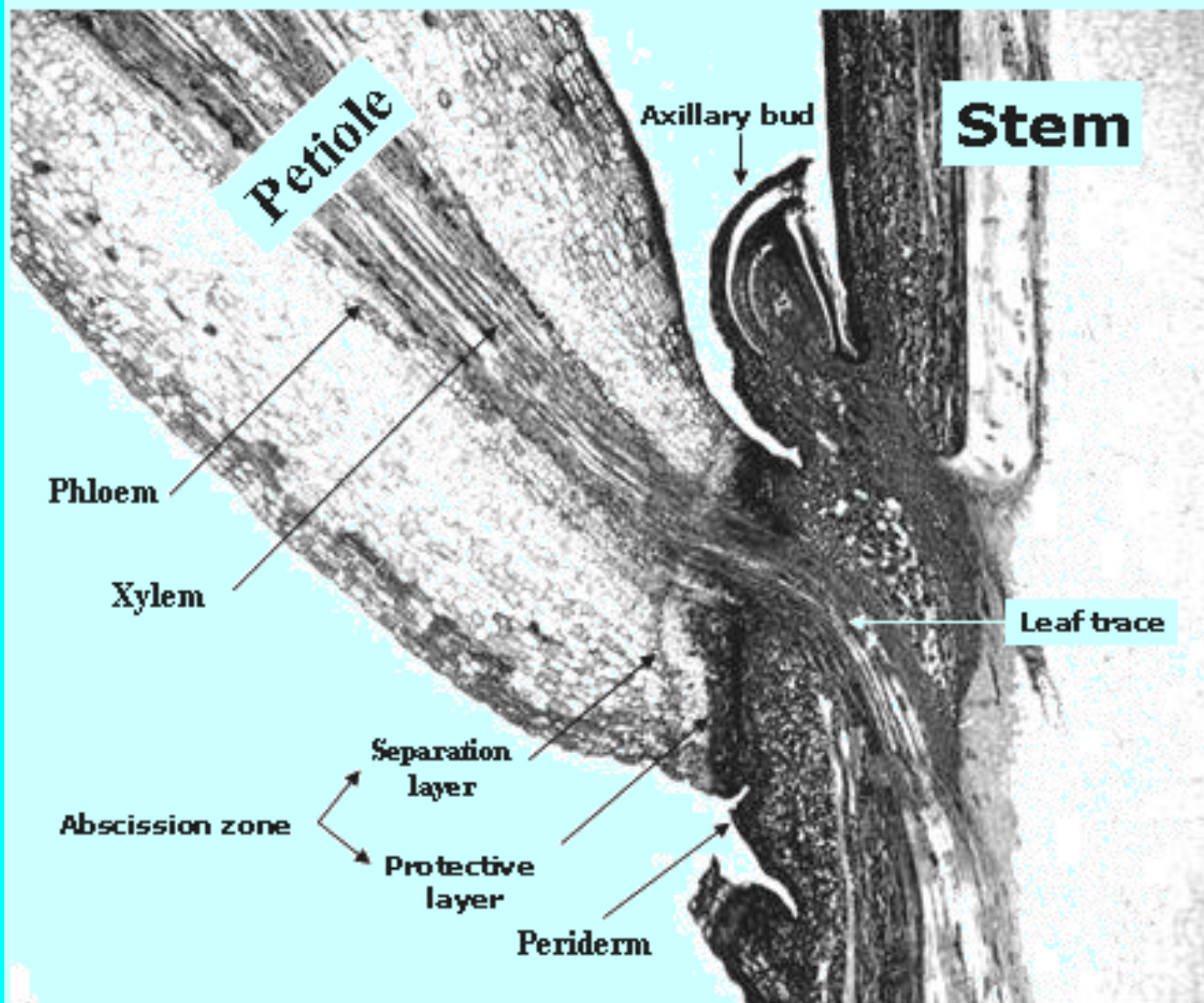
يحدث في منطقة التساقط تغيرات تشريحية واضحة تتمثل في تكوين طبقة الانفصال **Abscission layer** وطبقة الوقاية **Protective layer**، طبقة الانفصال يبدأ تكوينها قبل سقوط الأوراق ببضعة أيام وتتكون من بضعة صفوف من خلايا صغيرة الحجم ذات محتويات بروتوبلازمية كثيفة كما تحتوي على كثير من الإسفروسومات الغنية بالإنزيمات المحللة، في هذه الطبقة والطبقة التي تحتها مباشرة تسد عناصر التوصيل الرئيسية في الحزم الوعائية بواسطة التيلوزات والأصماغ وتستمر عملية التوصيل عن طريق العناصر الثانوية فقط لحفظ الورقة ممتلئة بالماء حتى سقوطها، طبقة الانفصال تسهل انفصال الأوراق عن الأفرع الحاملة لها، يتم انفصال الأوراق عن الأفرع الحاملة إما نتيجة لذوبان الصفائح الوسطى للخلايا الموجودة في طبقة الانفصال مما يؤدي إلى تفكك خلايا هذه الطبقة، أو يحدث نتيجة لذوبان الصفائح الوسطى مع تحلل جزء من أو كل الجدر الابتدائية أو نتيجة لتحلل كل الخلايا الموجودة في طبقة الانفصال، وقد يحدث الانفصال نتيجة لتكوين خلايا قلبية في طبقة الانفصال تفصل أنسجة الورقة عن أنسجة الساق. ينتج عن حدوث الانفصال بأى طريقة من الطرق السابقة أن ينفصل النسيج الأساسي لعنق الورقة عن النسيج الأساسي للفرع الحاملة لها وتبقى الورقة متصلة بالفرع عن طريق الأنسجة الوعائية فقط وهذه تنقص في حينها تحت تأثير ثقل الورقة أو بفعل الرياح، ويعجل الطقس الرطب بسقوط الأوراق لأنه يزيد من وزنها بسقوط الماء عليها كما انه ينشط عملية التحلل المائي للجدر الهلامية للخلايا.





أما بالنسبة لطبقة الوقاية فهي تتكون أسفل طبقة الانفصال جهة الفرع لتحمي السطح المكشوف بعد سقوط الورقة من الجفاف ودخول مسببات المرضية. تتكون طبقات الوقاية لحماية ندبة الورقة أما قبل سقوط الورقة أو بعد سقوطها مباشرة، وقد تكون طبقات الوقاية ذات أصل ابتدائي وأصل ثانوي معاً أو تكون ثانوية النشأة فقط. تتكون طبقة الوقاية الإبتدائية النشأة عن طريق ترسيب مواد مختلفة مثل اللجنين والسوبرين وأصماغ جرحية على جدر الخلايا البارنكيميية الموجودة في الجزء المكشوف من الفرع وفي المسافات البينية كما تمتلئ الخلايا بمواد مطهرة مثل التانينات والراتنجات وغيرها لتمنع تعفن السطح المكشوف، أما طبقات الوقاية ثانوية النشأة فتتمثل في البريديرم الذي ينشأ من الخلايا الواقعة تحت هذه الطبقات ويكون على إتصال ببريديرم الفرع . وفي حالة حدوث انفصال الأوراق عن طريق تكوين خلايا فليينية فإن طبقة الانفصال تصبح في نفس الوقت هي طبقة الوقاية الإبتدائية





صورة توضح إنصال أحد الأوراق بانساق والأذن الوعائى الورقى وموضع تكوين طبقة الانفصال وطبقة التوقاية