الباب الثالث

الجهاز الضام The Dermal System

تفرز المادة الحية فى أبسط أنواع الطحالب ذات الخلية الواحدة غشاء واقياً يسمى جدار الخلية ، يفصلها عن الوسط المحيط بها ويحميها من المؤثرات الخارجية . أما النباتات الراقية العديدة الخلايا فأكثر حاجة لجهاز ضام خارجى لحماية أنسجتها الداخلية ، وهذا الجهاز أكثر أهمية بالنسبة للأعضاء الهوائية للنباتات الأرضية العادية ، حيث إن هذه الأعضاء قابلة لفقد الماء بواسطة التبخر ، أو للتلف بسبب الأمطار الغزيرة والرياح الرملية السافية ، ومهاجمة القواقع والحشرات ، وغيرها من الحيوانات الضارة ، كما أنها أكثر حاجة لما يحميها من الضوء الشديد أو فقد حرارتها بالتشعع . أما فى حالة النباتات المائية المغمورة فانه لا يقوم بكل هذه الوظائف ، حيث إنه لا ضرر عليها من الجفاف تحت ظروفها العادية .

ويتكون الجهاز الضام من الطبقة أو الطبقات الخارجية التى تحيط بجسم النبات ، غير أن هابرلاندت لا يعتبر كل طبقة أو طبقات سطحية تقوم بغير وظيفة حماية النبات تابعة لهذا النسيج ، حيث إنه ينظر إليها من الوجهة التشريحية الفسيولوجية فقط (كما سبق ذكره) ، وهو لذلك يستبعد الكثير مما يقوم بوظائف أخرى غير وظيفة الحماية . فيعتبر الهايداثودز Hydathodes التى تظهر على سطح أوراق معينة وكذلك العدد (مع أن أصلها جميعاً من البشرة) تابعة للجهاز الافرازى ، والخلايا الحارسة للثغور (مع أنها جزء من البشرة) يضمها إلى جهاز التهوية ، والطبقة السطحية للجذور الحديثة المسماة Piliferous Layer (مع أنها تابعة للبشرة) يضيفها إلى الجهاز الماص حيث إنها تقوم بوظيفة امتصاص الماء والأملاح الغذائية الذائبة ، وبعض الخلايا

السطحية المقوية (مع أنها ناتجة من البروتودرم) إلا أنه يتبعها للجهاز الميكانيكى ، أما العديسات فمع أنها تابعة للبريدرم ، إلا أنه يضعها مع الجهاز التنفسى .

ومن المستحسن وصف الجهاز الضام على حالة تشمل كل ما يحيط بجسم النبات سواء كان منه ما يقوم بوظيفة الوقاية أو غير ذلك من الوظائف ، حتى يسهل تتبعه كمجموعة واحدة ، وعلى ذلك يمكن ذكر الأشكال المختلفة للنسيج الضام كالآتى :

(أولا) البشرة : البشرة البسيطة ، البشرة المتضاعفة ، زوائد البشرة ، الثغور ، الطبقة السطحية للجذور الحديثة .

(ثانياً) البريدرم : الفلين ، الفلوجين ، العديسات .

(ثالثاً) القلف .

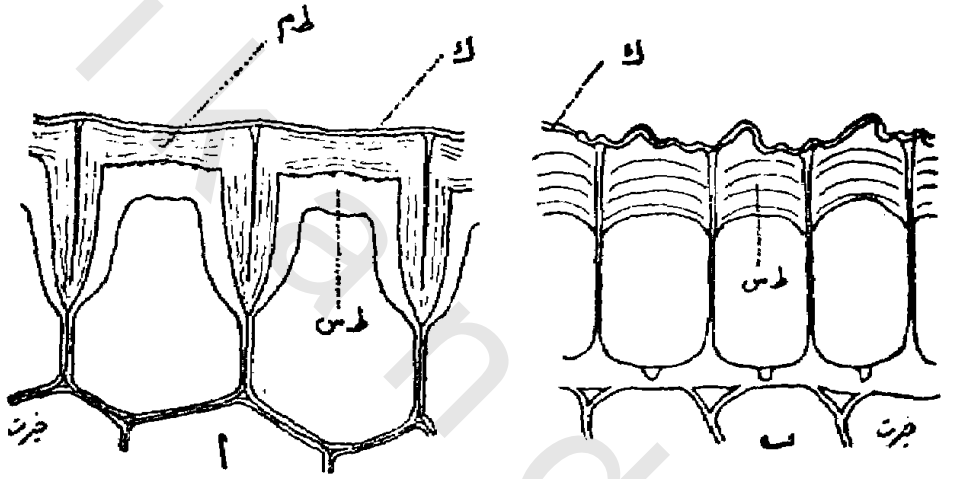
أولا — البشرة The Epidermis

وهى تمثل أول أوضاع الجهاز الضام وتتكون فى معظم الحالات من طبقة واحدة فى الخلايا تفصل الأنسجة الداخلية للنبات والموجودة أسفلها عن الوسط الخارجى ، كما تحميها من الأضرار التى ذكرت من قبل .

١ — البشرة البسيطة The Simple Epidermis

تتصل خلايا البشرة ببعضها اتصالا تاماً جانبياً ، وهى عادة أنبوبية الشكل ، وفى حالاتها النموذجية يكون قطرها الطولى صغيراً ، وقد يزداد حجمها كثيراً فى حالة تخزين المـاء . وفى معظم أوراق نباتات ذات الفلقتين التى تنمو نمواً بطيئاً والتى لا تستطيل فى أى اتجاه ، تـكون خلايا البشرة متساوية الأقطار ، أما فى أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة وفى أعناق الأوراق وفى السوق ، وكذلك فى كل الأعضاء النباتية التى تستطيل فى نموها تكون خلايا البشرة ذات شكل مستطيل . وقد تتكون البشرة من أكثر من نوع واحد من الخلايا ، ففى النجيليات تظهر خلايا قزمية Dwarf Cells (شكل ٣١ — ب) على أبعاد منتظمة بين خلايا البشرة .

ويعتبر الجدار الخارجي Outer Wall لخليـة البشرة أهم أجزائها من الوجهة الفسيولوجية ، ويختلف عادة عن الجدر الأخرى فى زيادة سمكه ، وفى بعض الصفات الـكيميائية والطبيعية بسبب وجود مواد دهنية تسمى بالـكيوتين Cutin ، كما قد توجد أيضاً مركبات ذات طبيعة شمعية . ويتكون الجدار الخارجي عادة من ثلاثة مناطق مميزة ، فالداخلية منها والمجاورة لفجوة الخليـة تسمي بالطبقات السليلوزية Cellulose Layers (شكل ٢٦ — ا) ، يليها الطبقات المـكوتنة Cutinised Layers وتحتوى على نسب



(شكل ٢٦)

(ا) خلايا بشرة نبات الصبار *Aloe* (ب) خلايا بشرة البصل *Allium cepa* — ك = كيوتيكل ، ط م = طبقات مكوتنة ، ط س = طبقات سليلوزية ، (عن هابرلاندت)

مختلفة من الـكيوتين ، أما الطبقة الخارجية للجدار فتحتوى على أكبر كمية من الـكيوتين وتسمى الـكيوتيكل Cuticle وتكون طبقة رقيقة مستمرة على كل البشرة . ومن المعتاد وجود الـكيوتيكل والطبقات السليلوزية ، أما الطبقات المـكوتنة فيغلب عدم وجودها إذا كان الجدار الخارجي رقيقاً ، وربما لاتوجد أيضاً فى بعض حالات الجدر الخارجية السميكة (شكل ٢٦ — ب) . وفى حالة وجودها تـكون مميزة تماماً عن الطبقات السليلوزية الموجودة أسفلها ، وقد تكون منطقة تلامسهما ، ملساء وقد تـكون الطبقات المـكوتنة أحياناً ذات عدة بروزات فى كثير من مواضعها مكونة أسنانا دقيقة أو امتدادات مختلفة الاشكال كما يرى فى بعض أنواع نبات الصبار *Aloe* ، حيث إنها تساعد فى التحام هاتين الطبقتين معاً .

والجدار الخارجى بالنسبة لسمكه يخدم فى تقليل التبخر حيث إن الطبقات المكوتنة وكذلك الكيوتيكل غير قابلين لنفاذ الماء ، كما أنه ذو قيمة فى زيادة قوة البشرة الميكانيكية ، كما فى حالة الأوراق الجلدية فى النباتات الاستوائية ، فان الجدار الخارجى للبشرة الزائد فى السمك علاوة على منعه لتبخر الماء يزود الأوراق بقوة ميكانيكية لحمايتها من الأمطار الشديدة .

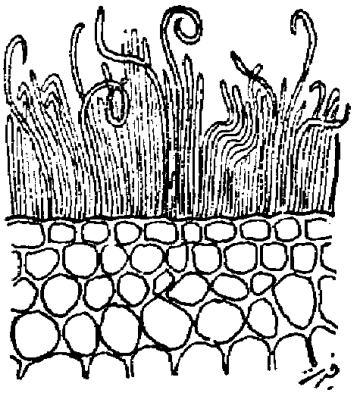
والجدر الخارجية لبشرة النباتات المائية تكون عادة رقيقة وأكثر سمكا عن الجدر القطرية والداخلية ، وإذا نقلت هذه النباتات من البيئة الموجودة بل فانها سرعان ماتذبل وتجف . والجدر الخارجية لخلايا البشرة عموماً وعلاوة على وظائفها السابقة قد تساعد أيضاً فى منع البكتيريا وغيرها من الميكروبات المتطفلة من الوصول إلى داخل النبات .

والجدر الخارجية لبشرة النبات التى تنمو فى المناطق الجافة كثيرة السمك والكوتنة حتى تتمكن هذه النباتات من تقليل فقد الماء بواسطة التبخر . ومثالها النباتات التى تنمو فى صحارى آسيا وأفريقيا ، وكذلك النباتات الألبية ، فهى ذات بشرة كثيفة الكوتنة لتساعد على عدم تبخر الماء المتسبب عن انخفاض الضغط الجوى .

ويختلف عادة سمك جدار البشرة الخارجى فى الأعضاء المختلفة فى النبات الواحد ، فقد تكون بعض أعضاء النبات أكثر حاجة لحمايتها من فقدان الماء من باقى الأعضاء الأخرى ، فالأعضاء الزهرية مثلا قصيرة العمر بخلاف الأوراق العادية الخضراء التى تبقى طول فصل النمو معرضة للتغييرات الجوية ، ولذلك تكون الجدر الخارجية لبشرة التبلات والأسدية والمياسم رقيقة فى العادة ، كما أن الجدر الخارجية لبشرة السطح العلوى للورقة أكثر سمكا من مثيلاتها الموجودة على السطح السفلى .

وللأغطية الشمعية Wax تأثير على تبخر الماء من خلايا البشرة، وهذه توجد على كثير من الثمار كالعنب والبرقوق وعلى كثير من السوق والأوراق . وتكون هذه الأغطية على ثلاثة أشكال ، ففى معظم الحالات تضاف على هيئة طبقة مكونة من حبيبات Granules دقيقة متزاحمة ، كما فى أوراق وسوق النباتات النجيلية وخلافها . وقد تأخذ شكل طبقة

من العصى Rods يكون وضعها عموديا على الكيوتيكل ، وهى عادة أكثر طولا من خلايا البشرة ، وقد تنحنى أطارفها أو تلتوى ، كما فى الموز والكنا ، وأكثرها طولا يشاهد على عقد نبات القصب (شكل ٢٧) . وقد تكون على هيئة طبقة Stratum يختلف سمكها باختلاف النباتات ، فقد يكون سمكها مكرونا واحداً أو ٠٫٠٣ م وقد تصل إلى ٥ م . ويقول De Bary إن المادة الشمعية لا تكون نتيجة تحورات كيميائية من الكيوتيكل أو الطبقات الأخرى من الجدار الخارجى ، بل هى نتيجة عملية إفرازية . وتساعد الأغطية الشمعية على عدم تبلل السطح الخارجى للنبات بقطرات المطر أو الندى ، كما قد تحاط كل فتحة ثغرية بحلقة من هذه المادة ، وقد توجد فى بعض النباتات كطبقة زالقة تمنع النمل من الوصول إلى الغدد الرحيقية .

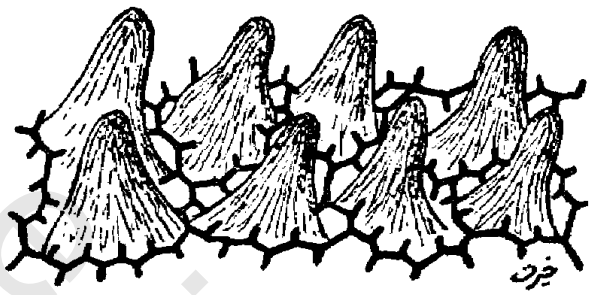


(شكل ٢٧)
غطاء من العصى الشمعية على احدى عقد نبات القصب *Saccarum officinarum* × ١٤٢ ،
(عن دى بارى)

وتركيب الجدر الخارجية للبشرة ذو أهمية من جهة حماية النبات من هجمات الحيوان ، فقد يزداد سمك الجدار الخارجى بالنسبة لإضافة مادة السليكا والجير ، كما فى قصرة بذور *Celtis* وكذلك فى النجيليات فتكون ذات مناعة من مهاجمة القواقع . وقد وجد Stahl أنها تلتهم الحشائش التى زرعت فى تربة لا توجد بها السليكا بسهولة ، وتمتنع عن أكل أنصال الأوراق التى توجد بها هذه المادة ، أو قد تأكلها رغماً عن إرادتها . وعلاوة على وجود مادة السليكا قد توجد فى الجدر الخارجة لخلايا البشرة بللورات صغيرة جداً من مادة أوكسالات الكلسيوم تقوم بما تقوم به مادة السليكا .

ومعظم النباتات التى تنمو فى الأماكن المشمسة تكون الأسطح العليا لأوراقها ناعمة براقة Polished or Varnished ، ومقدرة الكيوتيكل لانعكاس الضوء تحمى الأنسجة الداخلية من الضوء الزائد ، كما أنه إذا سقطت الأمطار على مثل هذه النشرات فانها تنزلق عليها بسرعة وتنتشر مكونة غشاء رقيقاً سرعان ما يتبخر . وقد وجد Stahl فى أسطح الأوراق القطيفيه الملمس

Velvety فى كثير من النباتات الاستوائية والأسطح العليا لبتلات كثير من الازهار مثل زهرة البنسيه *Viola tricolar* (شكل ٢٨) ، أن الجدار الخارجى لكل خلية من خلايا بشرتها يكون امتداداً حلمياً مخروطياً Papilla وإذا سقطت قطرة من الماء على هذا السطح القطيفى الملمس فانها تنتشر وتتبخر بسرعة بالنسبة لشكل الشبكة المتكونة من هذه الامتدادات والتعريجات الطولية للكيوتيكل فى كل امتداد.



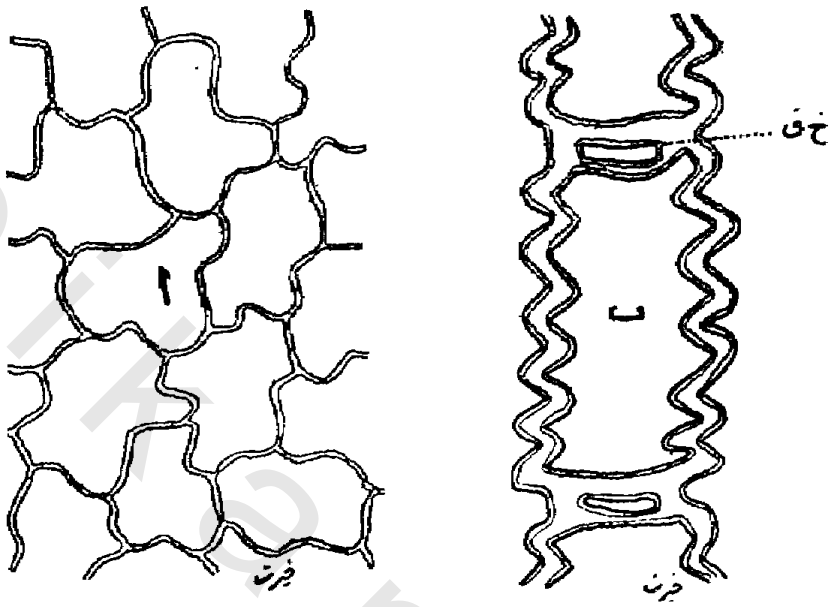
(شكل ٢٨)
السطح العلوى لبشرة بتلة زهرة البنسيه × ٢٥٠ ،
(عن ستراسبرجر)

ويزداد سمك الجدار الخارجى للنبات باضطراد تقدمه فى السن ، كما يرى فى الجدر الخارجية لفرع من نبات سنه ست سنوات ، حيث تلاحظ مجموعة من التغييرات فى زيادته فى السمك بالنسبة للزيادة المطردة فى سمك الطبقات المكوتنة .

والجدر القطرية أو الجانبية Radial or Lateral Walls رقيقة عادة لتسمح للماء بالمرور بسهولة من خلية إلى أخرى ، وكذلك لتتمكن الخلايا من الانكماش والامتداد فى اتجاه قطرى ، أما إذا ازداد سمكها لأسباب ميكانيكية فتزود فى هذه الحالة بعدد كبير من النقر المستديرة أو البيضية التى تسهل مرور المواد وخصوصا الماء بين الخلايا المتجاورة . وقد وجد Burns نقراً مضفوفة أنموذجية فى الجدر الجانبية لبشرة عدة نباتات من جنس *Stylidium* .

ومن المهم ميكانيكيا أن تلتصق كل خلية من خلايا البشرة التصاقا تاما إلى ما يجاورها من الخلايا ، ويحدث هذا بواسطة الجدر الجانبية التى تكون عادة متموجة حتى يزداد بذلك سطح الاتصال بين الخلايا وبعضها (شكل ٢٩ — ا ، ب) ، فتظهر الخلية الفردية ذات حافة مفصصة أو مسننة وتتداخل هذه الأسطح مع بعضها كما يحدث للأجزاء التى تتكون منها الجمجمة . وفى حالة أعضاء النبات المستطيلة كسوق وأوراق النجيليات تكون خلايا البشرة مستطيلة الشكل ، وتوجد هذه التموجات على جدرها الطولية القطرية فقط

فقط (شكل ٢٩ — ب) . وفى معظم أوراق نباتات ذات الفلقتين تكون تموجات الجدر الجانبية أكثر وضوحا فى البشرة السفلى وتكون عادة جدر خلاياها الخارجية رقيقة ؛



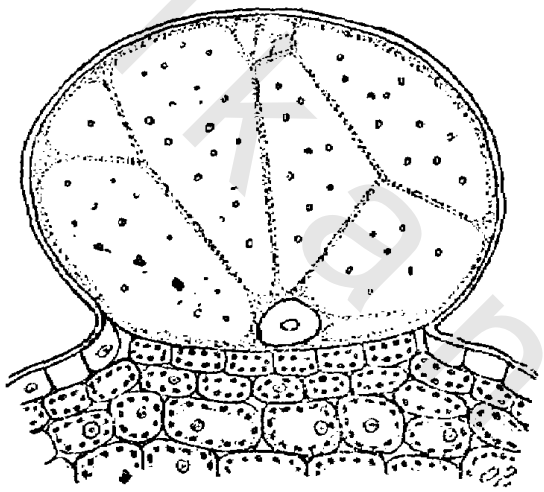
(شكل ٢٩)

(ا) تموج كلى فى الجدر الجانبية . (ب) خلايا مستطيلة ذات جدر طولية جانبية متموجة . خ ق = خلية قزمية ، (عن فون هوهنل)

وإذا وجدت هذه التموجات على كل الجدار الجانبى فان ذلك يزيد من تماسك الخلايا ويساعد على منع تقلصها عند فقدانها للماء . وقد تكون الجدر الجانبية مستقيمة كما يظهر فى بشرة أوراق نبات *Iris* .

أما الجدر الداخلية التماسية Inner Tangential Walls لخلايا البشرة فهى التى تصل خلاياها بما يوجد تحتها من الأنسجة . وهى عادة ملتصقة التصاقا تاما بالنسيج الميزوفللى للاوراق حتى انه يصعب فصلها بدون أن تتمزق عدة خلايا منه . وهى رقيقة كالجدر الجانبية وأنعم ملمسا من الجدر الخارجية حتى يسهل الانتشار المتبادل بينها وبين الأنسجة الموجودة أسفلها . ويقول Radlkofer أن الجدر الداخلية فى بعض خلايا البشرة لأوراق عدة نباتات مثل *Salix* و *Prunus* قد تكون كثيرة السمك وغروية تساعد على تخزين الماء ، وفى مثل هذه الحالات يقوم الغشاء الغروى بوظيفة تنسب إلى العصير الخلوى .

وتحتوى خلية البشرة النموذجية على بروتوبلاست حى فى شكل طبقة سيتوبلازميه رقيقة خارجية توجد بها النواة وتحيط بفجوة عصارية مملوءة فى العادة بعصير خلوى شفاف عديم اللون . ونادراً ما توجد بها البلاستيدات العديمة اللون وكذلك الخضراء ، إلا أنها توجد فى بشرة النباتات المائية المغمورة ، وكذلك توجد تامة التكوين فى الخلايا الحارسة للثغور. وطبقات البشرة فى الأعضاء الخضرية للنبات وخصوصاً الأوراق ذات أهمية كأماكن سطحية لاختزان الماء ولحماية الأنسجة الداخلية من التلف فى حالة قلة وجوده. وفى النباتات الزيروفيتية وخصوصاً الصحراوى منها تزداد قابلية خلايا البشرة لاختزان الماء ، فقد يكبر بعض هذه الخلايا فى الحجم بتمدد جدرها الخارجية مكونة ما يسمى بالحوصلات المائية Water-Vesicles ، كما يشاهد على سوق وأوراق نبات الثلج (Ice-Plant) *Mesembryanthemum crystallinum* (شكل ٣٠) . وتظهر مثل هذه الحوصلات المائية ، كما يذكر Volkens ، فى عدد من النباتات التى تنمو فى منطقة الصحراء الغربية فى مصر.



(شكل ٣٠)
قطاع طولى فى حوصلة مائية لنبات الثلج ،
(عن هابر لاندت)

وقد تحتوى خلايا البشرة فى الأعضاء الخضرية على مادة ملونة ذائبة فى عصيرها الخلوى تسمى Anthocyanin ، وهى حمراء أرجوانية اللون أو زرقاء بنفسجية ، وقد تحمى البشرات الملونة الأنسجة التى أسفلها من الضوء الزائد . وقد يتحول اللون الأخضر فى أوراق معظم الأعضاء الخضرية الدائمة الاخضرار إلى لون محمر فى فصل الشتاء ، بالنسبة لتكون مادة الانثوسيانين ، فالكلوروبلاستيدات تحتاج لما يقيها أثناء الشتاء من التأثير الضار للضوء ، حيث ان الكلوروفيل لا يتكون فى درجات الحرارة المنخفضة ، كما يلاحظ أيضاً

أن الاسطح السفلى فى كثير من نباتات الظل تكون حمراء أو بنفسجية اللون . وقد تحتوى خلايا البشرة فى بعض الاحيان على كميات من مادة التانين وخصوصاً فى الاوراق التى تبقى زمن الشتاء ، ويعتبر Stahl هذه المادة واسطة لحماية النبات من القواقع وكذلك من الفطريات المتطفلة .

٢ — البشرة المتضاعفة The Multiple Epidermis

قد يتكون الغطاء الخارجي للنبات فى بعض الأحيان من أكثر من طبقة فردية واحدة، وهذه الظاهرة تدل على حاجة النبات لمنع النتح أو لزيادة القوة الميكانيكية أو لتخزين الماء . وبعض النباتات لا يتكون فيها طبقات البريدرم ، بل يحل محلها طبقات البشرة المتضاعفة . وطبقة تحت البشرة Hypoderm تظهر فى مقطعها العرضى مماثلة للبشرة العادية فى شكل خلاياها ، وفى محتوياتها العديمة اللون ، وفى سمك جدرها الجانبية والداخلية ، وهذه الطبقة تشبه البشرة فى كونها نسيج خارجى مخزن للماء . وقد تشبه الجدر الداخلية المغلظة المرايا المحدبة فتعكس بذلك كمية من الضوء الساقط على الورقة حامية الأنسجة الداخلية من الضوء الزائد .

وعلى أى الأحوال فإن حاجة النبات لتخزين الماء تدفعه إلى تكوين البشرة المتضاعفة ، التى تختص بهذه الوظيفة ماعدا الطبقة الخارجية منها . ويختلف عدد الطبقات فى البشرة المتضاعفة باختلاف النباتات المتكونة بها فقد تصل أحياناً إلى ١٢ طبقة ، وتوجد عادة فى أوراق بعض العائلات النباتية مثل Piperaceae و Moraceae و Bignoniaceae .

والأصل فى تكوين البشرة المتضاعفة أن يحدث لبعض أو كل خلايا البشرة انقسام تماسى Tangential Division فى مبدأ الأمر ، وبمثل هذا الانقسام تصبح البشرة مكونة من طبقتين . وأول ما يلاحظ هو زيادة استطالة الجدر الجانبية للبشرة وبذلك يصبح شكلها عموديا ، ثم تحدث بها الانقسامات التماسية . وقد تتكرر عملية الانقسام فتتكون بذلك أربعة طبقات أو أكثر فى شكل صفوف قطرية . وقد تحدث انقسامات أخرى قطرية معقدة ينتج عنها بشرة متضاعفة غير منتظمة الشكل وذات خلايا غير متساوية الأحجام .

ويظهر الشكل النموذجى لتكوين البشرة المتضاعفة فى ورقة نبات *Ficus elastica* (Rubber Plant) . وقد وجد Meyen أنه أثناء تكوينها فى هذا النبات فان بعض خلايا البشرة الأصلية لايحدث بها انقسام تماسى ولكنها بدلا عن ذلك تمتد امتداداً كبيراً فى اتجاه رأسى بين خلايا النسيج العمادى (شكل ١٧ — ب) ، وفى هذه الأثناء يتكون امتداد سليلوزى من جدار البشرة الخارجى نحو فراغ الخلية تتراكم عليه مادة كربونات الكلسيوم مكونة ما يسمى بالحوصلة الحجرية كما سبق ذكره . وتكون الخلايا الخارجية للبشرة المتضاعفة فى هذه الحالة صغيرة الحجم مغطاة بطبقة رقيقة من الكيوتين ، أما الخلايا الداخلية فتكون عادة كبيرة الحجم ذات محتويات بروتوبلازمية ومسافات بينية هوائية مما يجعلها تشبه الخلايا البرنشمية ، وتزود الجدر القطرية وربما التماسية لخلايا البشرة المتضاعفة بالنقر البسيطة .

٣ — زوائد البشرة Appendages of the Epidermis

تنمو فى معظم النباتات نسبة معينة من خلايا البشرة الحديثة فى حالة فردية أو فى مجاميع لتكون زوائدا وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا ذات أشكال مختلفة تسمى Hairs أو Trichomes . وهذه النموات الخارجية للبشرة بينما تتخذ فى معظم الأحوال شكل الشعيرات فقد توجد على أشكال أخرى كالحراشيف Scales والنموات المتصلبة أو الأشواك Prickles والحوصلات (Bladders) Vesicles والغدد .

وقد لا توجد هذه الزوائد فى بعض النباتات ، كما قد يحمل العضو الواحد أنواعا متعددة منها . وبالرغم من التنوع الذى لا حد له من جهة الشكل والتركيب وكذلك بالنسبة للوظائف العديدة لهذه الزوائد فان أصلها يعود أساساً إلى التحور فى تكوين إحدى خلايا البشرة (الدرماتوجين) . وقد تكون فى هيئة أغطية واقية على الأعضاء الحديثة النمو فى النبات كالأوراق ، بينما لا توجد على الأعضاء البالغة إطلاقاً . وهى تحتوى عادة على البروتوبلاست الحى كما قد تتكون من خلايا ميتة ، ويرجع الاختلاف فى تكوين جدر خلاياها إلى وظائفها الفسيولوجية .

ومما يجدر ذكره التفرقة مورفولوجياً وتشريحياً بين الزوائد التى تتكون أساسياً من البشرة وبين البروزات Emergences التى تتكون من طبقة واحدة أو عدة طبقات من الخلايا الموجودة أسفل البشرة علاوة على طبقة البشرة التى تحيط بها، ومثال ذلك الأشواك Thorns التى توجد على سوق وأعناق نبات الورد ، وكذلك الأشواك الدقيقة الموجودة على عقد نبات التين الشوكى *Opuntia Ficus indica* والتى تتجه فيها خلايا البشرة إلى أسفل على شكل تموءات خطافية (شكل ٣١). وتقوم أشواك الورد المنحنية إلى أسفل بمساعدة النبات على التسلق ، كما تحمى أشواك التين الشوكى النبات من الحيوانات الضارة . وتتكون مثل هذه الأشواك من حزمة من الخلايا الاسكلرنشمية ذات جدر سميكة عديمة النقر ويتكون غطاؤها الخارجى من خلايا البشرة ذات الفراغات الداخلية المتسعة . أما اللون البنى لهذه الأشواك فيرجع إلى مواد ملونة مترسبة على أغشية الفراغات الداخلية للخلايا الاسكلرنشمية .

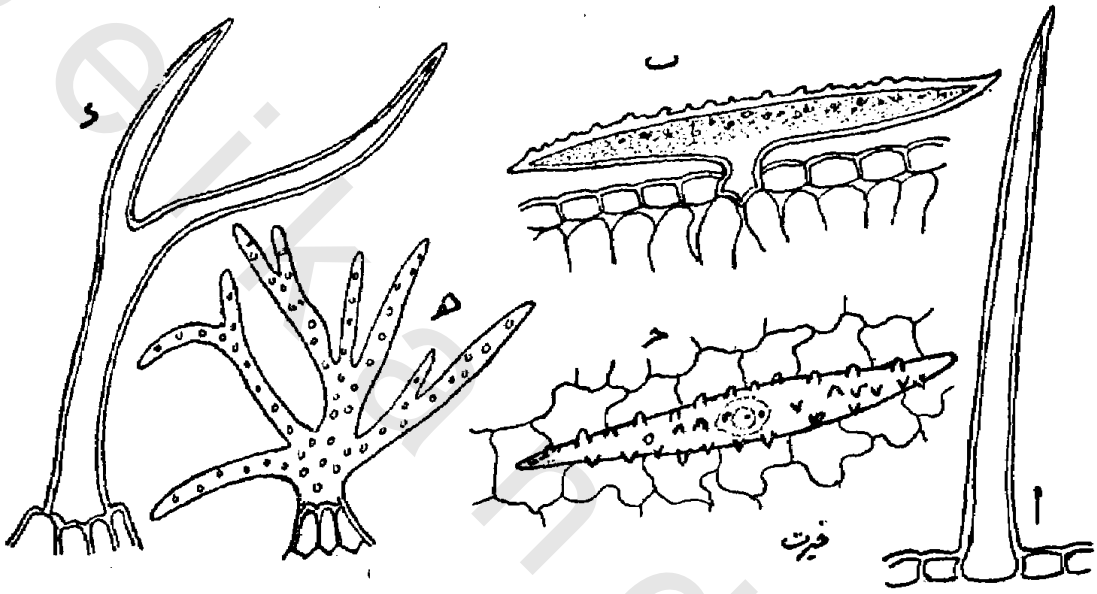
(شكل ٣١)
رسم تخطيطى لاحدى الأشواك الدقيقة الموجودة على عقد التين الشوكى

وتوجد الزوائد عادة على أعضاء المجموع الخضرى للنباتات الراقية على عدة أنواع نذكر أهمها فيما يلى ، علماً بأن كلا منها قد يتنوع ويتشكل بأشكال لانهاية لها .

(أولا) الشعيرات Hairs :

١ — الشعيرات وحيدة الخلية The Unicellular Hairs : وهى أبسط أنواع الزوائد وتمثل امتداداً خارجياً أنبوبياً لإحدى خلايا البشرة ومن أمثلتها النموذجية الشعيرات الجذرية ، وتتكون الشعيرة عادة من خلية واحدة ذات طرف مدبب Pointed كما فى CAMPANULACEAE و CRUCIFERAE (شكل ٣٢ ـ ١) ، غير أنها فى العائلة الثانية قد تتشعب Forked (شكل ٣٢ ـ ز) أو تتفرع Branched (شكل ٣٢ ـ ح)

بدون انقسام . والنوع الذى يشاهد على البشرة السفلى لورقة نبات *Cheiranthus cheiri* يشبه حرف T ويسمى T-Shaped ، أو ذو الذراعين Two-Armed ، ويطلق عليه اسم (Malpighian Hairs) . وقد تكون جدر الشعيرات فى هذه الحالة رقيقة أو سميكة ذات نتوءات مكونة من مادة كربونات الكلسيوم (شكل ٣٢ـ ب ، هـ) . ويدخل تحت



(شكل ٣٢)

شعيرات وحيدة الخلية . (ا) مدببة . (ب) ذات ذراعين فى منظر جانبي .
(هـ) ذات ذراعين فى منظر سطحى . (و) متشعبة فى شكل شوكة .
(ه) متفرعة ، . (عن سولريدر)

هذا النوع من الزوائد الوحيدة الخلية الامتدادات الخارجية القصيرة المخروطية الشكل لجدر خلايا البشرة والتى تسمي بالحلمات Papillae وتعطى الملمس القطيفى Velvety لأسطح الأوراق الزهرية العليا كما فى بتلات زهرة البنسيه (شكل ٢٨) . كما يضاف أيضاً لهذا النوع من الزوائد الحوصلات المائية Water Vesicles أو Bladders التى سبق ذكرها والتى تشاهد فى نبات الثلج (Ice-Plant) (شكل ٣٠) .

٢ — الشعيرات عديدة الخلايا The Multicellular Hairs : يرافق تكوين الشعير فى معظم الحالات انقسام فى الخلية فتكون تبعاً لذلك من عدد من الخلايا . وتفصل أوا الجدر المتكونة الجزء القاعدى ويسمى Foot (وهذا يبقى راقداً بين خلايا البشرة)

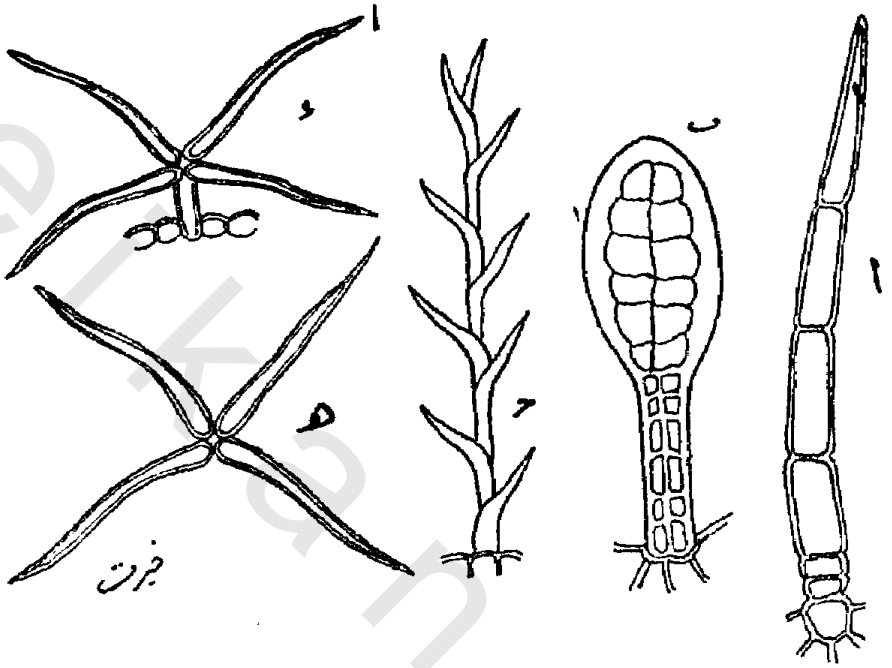
عن جسم الشعيرة Body . وقد تبقى القاعدة فى مستوى باقى خلايا البشرة ، أو قد تكون غائرة لحد ما ، وقد تكون مرفوعة إلى أعلى على امتداد مكون من النسيج الموجود تحت البشرة . والشعيرات المائلة تزود عادة بوسادة عند القاعدة تساعد على توجيهها ، وهذه تتكون من عدد من الخلايا الموجودة أسفل البشرة . ومثل هذه الشعيرات المائلة إذا كانت صلبة ، تمنع الحيوانات الصغيرة من الزحف على سطح العضو الموجود عليه . أما الخلايا التى تحيط بقاعدة الشعيرة فانها تختلف فى شكلها وفى تكوين جدرها عن باقى خلايا البشرة وتسمى بالخلايا المساعدة Subsidiary Cells ، وتكون شكل حلقة Ring أو طوق Collar يحيط بقاعدة الشعيرة تماما .

وتقوم الشعيرات العديدة الخلايا بوظائف متنوعة ، فقد تكون ماصة للماء أومفرزة له كما فى حالة الشعيرات الغدية ، وقد تكون بشكل الباراشوت لتساعد البذور على الانتشار ، واذا كونت غطاء كثيفاً على سطح النبات فانها تقلل من نشاط تبخر الماء ، كما قد تساعد على انعكاس الضوء الشديد ، وفى حالات الاوراق الصغيرة فانها تحمى الجهاز الكلوروفللى من ضرر أشعة الشمس ، كما تحمى النباتات من المؤثرات الخارجية الغير ملائمة . وفى حالة وجود الشعيرات متقاربة على سطح العضو النباتى ومتجهة إلى ناحية واحدة فانها تكون غطاء حريرياً Silky أما إذا كانت غير منتظمة الوضع متداخلة وملتفة مع بعضها كونت غطاء وبرياً Woolly .

ويوجد هـذا النوع من الشعيرات على أشكال متعددة ، فقد تكون غير متفرعة Unbranched ذات قمة مدببة ومكونة من سلسلة رأسية من الخلايا Uniseriate (شكل ٣٣ — ا) ، وقد تكون ذات رؤوس غدية Glandular فى أشكال متباينة (شكل ٣٣ — ب) ويرى هذين النوعين على السطح الخارجى لعنق نبات الجرانيوم .

ومنهـا ما يكون متفرعا Branched ، ويتكون من محور رئيسى Main Axis عديد الخلايا تخرج منه عدة أفرع (وحيدة الخلية أوثنائية الخلايا Bicellular) تتناظر مع ساق النبات فى خروج هذه الأفرع من مواضع العقد (شكل ٣٣ — حـ) ، ويسمى هذا النوع من الشعيرات Mullein Hairs .

وهناك نوع آخر من الشعيرات المتفرعة ويسمى Stellate Hairs وهو من الأشكال المعتاد مشاهدتها فى نباتات العائلة الخبازية وفى بعض الأجناس الأخرى . ويرى هذا النوع من الشعيرات على السطح السفلى لأوراق نبات البدليا *Buddleya* مكونا من محور



(شكل ٣٣)

شعيرات عديدة الخلايا (ا) غير متفرعة مدببة . (ب) غدية . (هـ) Mullein Hair .
(و) Stellate Hair فى منظر جانبي . (ه) Stellate Hair فى منظر سطحى ،
(عن سولريدر)

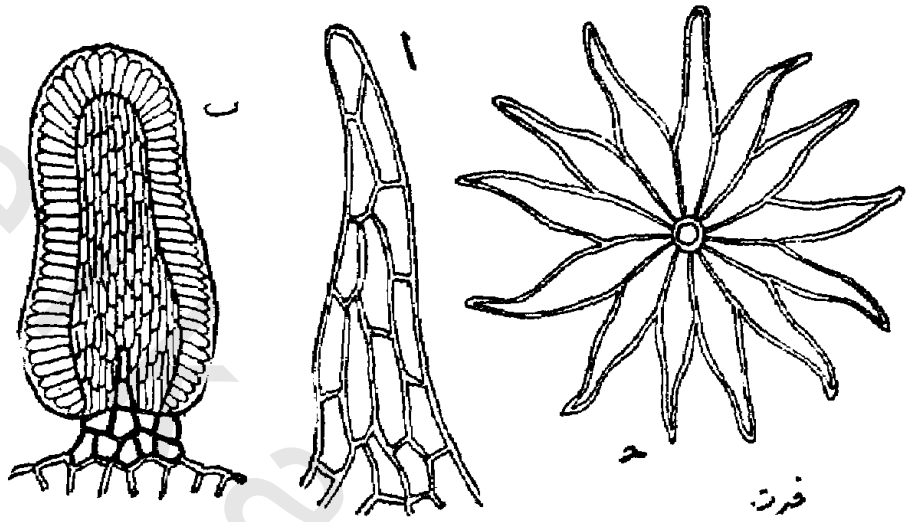
رئيسى (وحيد الخلية أو عديد الخلايا) يحمل عدة أذرع أو تفرعات تتشعع قطريا عند قمته (وقد تكون وحيدة الخلية أو ثنائية الخلايا) ، (شكل ٣٣ — و ، ه) .

(ثانياً) الشعيرات الشاجية Shaggy Hairs :

قد تتكون الشعيرات العديدة الخلايا فى بعض الحالات من عدة صفوف طولية وعرضية Multiseriate وتسمى Shaggy Hairs ، وهى على أشكال مختلفة . وتتكون كل منها من قاعدة قصيرة عديدة الخلايا (وهى متساوية الأقطار) غائرة عادة بين خلايا البشرة (شكل ٣٤ — ا) ، وتشاهد بكثرة على ساق نبات الكوفيا *Cuphea* ، وتكون الخلايا متزاحمة عند القاعدة (بعكس القمة) كما تحتوى على مادة الأنثوسيانين الملونة وتعطى سطح النبات ملمساً أشعثا خشنا .

(ثالثاً) الكوليترز Colleters :

قد يظهر نوع من الغدد السطحية على الأسطح الداخلية للاذنات والاوراق الحرشفية للبراعم ويسمى Glandular Shaggy Hairs أو Colleters . ويتكون الجزء الوسطى



(شكل ٣٤)

(ا) Shaggy Hair . (ب) Colleter . (حـ) Peltate Hair ، (عن سولريدر)

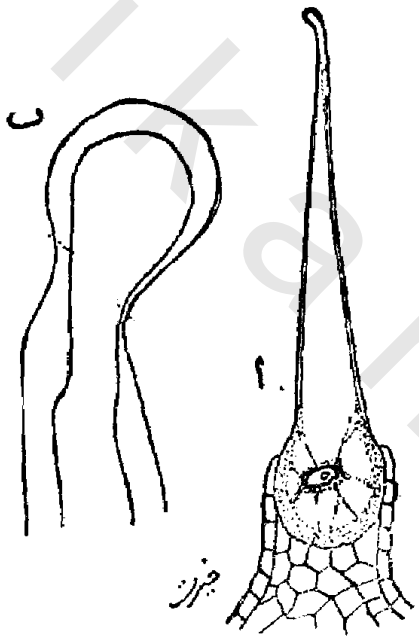
الداخلى من شريط مكون من عدة صفوف من الخلايا المستطيلة ، تحاط من الخارج بطبقة من الخلايا الافرازية الشبه عمادية فى وضع عمودى على المنطقة الوسطية . ولهذا النوع من الزوائد عنق قصير عديد الخلايا (شكل ٣٤ — ب) ، وتفرز عادة المواد الغروية والراتنجية .

(رابعاً) الحراشيف Scales :

وتسمى أيضاً بالشعيرات الدرعية Peltate Hairs ، وتوجد فى مواضع كثيرة على النبات ، على السوق الحديثة والبراعم والأسطح السفلية للأوراق وخصوصاً فى العائلات Oleraceae و Eleagnaceae . وهى زوائد منبسطة الشكل ، وقد تكون متصلة بالبشرة من جانب واحد (كما فى النباتات السرخسية وتسمى Paleae) . والشكل الدرعي النموذجى يتكون من حامل مركزى قصير Central Stalk يحمل شكل صفحة منبسطة تتكون من الخلايا الوحيدة المتفرعة قطريا من المركز (شكل ٣٤ — حـ) .

(خامساً) الشعيرات اللاذعة Stinging Hairs :

قد تحتوى بعض أنواع الشعيرات الواقية على مواد سامة يرجع تأثيرها الى تركيبها الكيمياوى كما فى حالة الشعيرات اللاذعة Stinging Hairs فى نباتات عائلات URTICACEAE و LOASACEAE ، وهى أجسام تحمى النبات عادة من الحيوانات الضارة . وتتكون الشعيرة اللاذعة من خلية كبيرة الحجم ذات محتويات بروتوبلازمية وافرة ، وينغمس جزؤها السفلى البصلى أو الحوصلى فى امتداد كأسى الشكل ، وجدرها سميكة لامعة ما عدا الجزء البصلى وتحتوى على مادة السليكا أو الكلسيوم وقد تكون ملجننة. وتنتهى الشعيرة برأس مستديرة أو بيضية دقيقة تنفصل لأقل لمسة تاركة وراءها طرفا مفتوحاً ينغرس بسهولة فى جسم الحيوان المهاجم . وهى ذات وضع مائل كما أن جدرها غير منتظمة السمك فهى رقيقة جداً عند موضع اتصالها بطرف الشعيرة (شكل ٣٥). وتوجد المادة السامة فى وضع جانبى على مسافة بسيطة من القمة ، ويقال انها مكونة من حامض الفورميك غير أنها قد تكون مكونة من مواد البيومينودية تشبه الأنزيمات على هيئة محلول فى عصارة الخلية ، وبمجرد انفصال رأس الشعيرة ينغرس الطرف المدبب فى جسم الحيوان ثم يحقن بقطرة تندفع من هذا الطرف إلى الخارج .



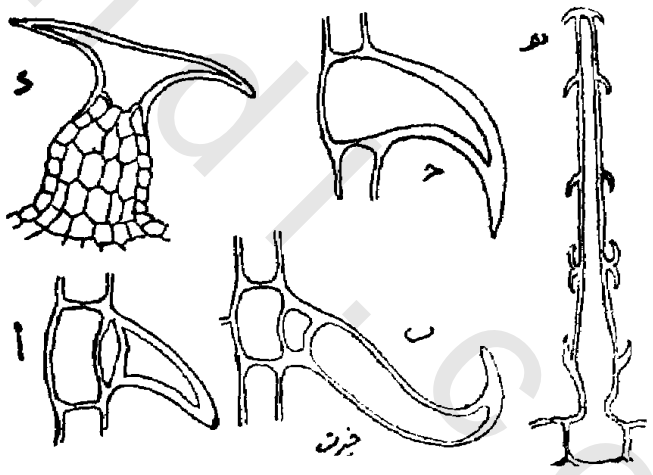
(شكل ٣٥)
(ا) شعيرة لاذعة (ب) منطقة الانفصال بين الرأس والطرف ، (عن هابرلاندت)

وقد أثبت كل من Emmelin و Feldberg فى أبحاثهما الحديثة احتواء السائل الموجود فى الشعيرات اللاذعة على كل من مادتى Acetylcholine و Histamine ، مما يدل على مشابهة الأنسجة النباتية لكل من أنسجة الانسان والحيوان فى وجود هاتين المادتين .

(سادساً) الشعيرات المثبتة Attaching or Fixing Hairs :

يقوم هذا النوع من الشعيرات ببعض الوظائف الميكانيكية ، ولو أنها لاعلاقة لها بتقوية جسم النبات غير أن أهميتها تعود إلى البيئة الموجودة بها . وتوضع هذه الأجسام عادة تحت الجهاز الميكانيكى غير أنه يستحسن ضمها إلى الجهاز الضام ، وهى على أشكال متعددة منها :

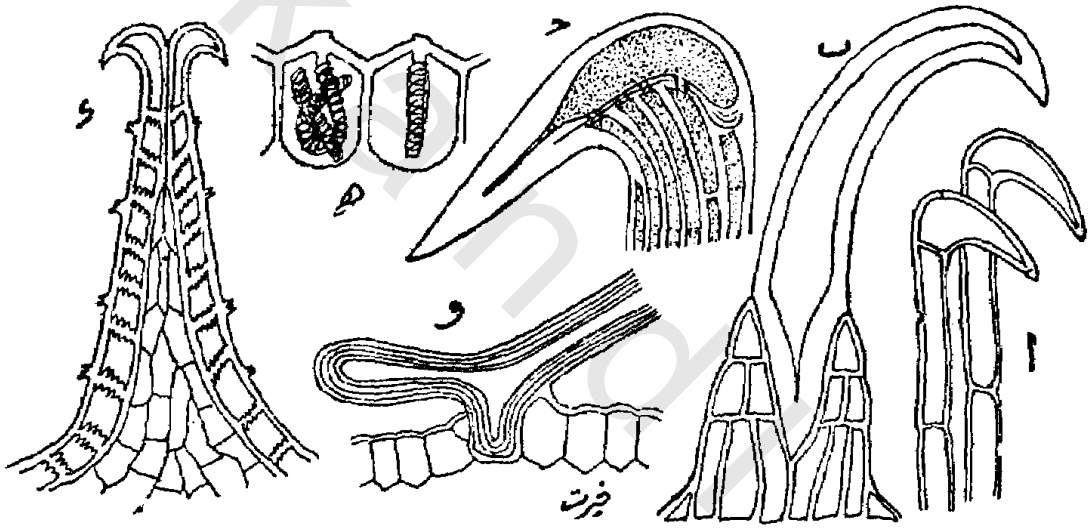
١ — الشعيرات المتسلقة Climbing Hairs : وتوجد على سوق النباتات المتسلقة أو الملتفة فى وضع مائل الى أسفل يمنع هذه السوق من الانزلاق على الحوامل الموجودة عليها ، كما فى *Apios tuberosa* (شكل ٣٦ — ا) . وقد تتجه نحو قاعدة الساق الا أن أطرافها تكون منحنية الى أعلى أو إلى الجانبين ، كما فى *Phaseolus vulgaris* و *Phaseolus multiflorus* (شكل ٣٦ — ب) ، غير أن هذه الشعيرات بدلا من أن تكون ثابتة تماما على السوق تكون قابلة للثنى وبذلك يسهل على الأطراف الخطافية الالتفاف والاتجاه فى عدة جهات . وأبسط أنواع هذه الشعيرات ما كان مكونا من خلية واحدة ذات قمة حادة مدببة ومنحنية الى أسفل ، ويزداد جدار الخلية فى السمك نحو الطرف المدبب ، كما فى *Galium aparine* (شكل ٣٦ — حـ) . وقد تتكون الشعيرة من امتداد عديد الخلايا تستطيل قمته بشكل ذراعين حادين مائلين ، كما فى حشيشة الدينار *Humulus lupulus* (شكل ٣٦ — د) . وفى نباتات العائلة Loasaceae يحيط بالشعيرة الوحيدة الخلية عدة حلقات من النتوءات الدقيقة الحادة ، وتنشأ هذه



(شكل ٣٦)
الأشكال المختلفة للشعيرات المتسلقة ، (عن هابرلاندت)

البروزات من جدار الخليـــة وتتكون من المواد الكلسية عند تمام تكوينها (شكل ٣٦ — هـ) .

٢ — الشعيرات الهلبية Anchoring Hairs : أول من شاهد هذا النوع من الشعيرات هو Karsten ، وهى تخدم فى تثبيت البادرات فى الطمى عند سقوطها من الأشجار، وتوجد منتشرة على السويقة الجنينية السفلى كما فى *Avicennia officinalis*. وتتكون كل شعيرة من صف من الخلايا المستطيلة يزداد سمك جدرها نحو القمة ، أما الخلية الطرفية فكثيرة الانحناء وذات قمة حادة (شكل ٣٧ — ا) ، ولما كانت



(شكل ٣٧)

(ا) شعيرات هلبية. (ب ، جـ ، د) زوائد خطافية أو مخلبية . (هـ) خليتان من البشرة تحويان الحيوط الغروية . (و) المنطقة القاعدية من شعيرة قانصة ، (عن هابرلاندت و Klebs)

خلايا القاعدة رقيقة الجدر فان ذلك مما يسهل لهذه الشعيرات التحرك فى كل الجهات . وقد شاهد Fritz Müller مثل هذه الشعيرات فى بذور بعض النباتات العلوية مثل *Catopsis nutans* ، وهى ذات قدرة على تثبيت نفسها بأفرع الأشجار مهما صغر حجمها ، فينتهى طرف كل شعيرة من مجموعة الشعيرات التى تكون شكل الباراشوت بانحناء مدبب حاد . وتوجد مثل هذه الزوائد المثبتة فى بذور نباتات الأوركدز العلوية .

٣ — الزوائد الخطافية أو المخلبية Hook or Claw-Shaped Trichomes :

وهى ذات أهمية فى مساعدة بذور الثمار على الانتشار حيث تثبت هذه الزوائد نفسها فى فراء الحيوانات أو ريش الطيور . وتتشابه كل هذه الزوائد فى سمك جدر خلاياها كما قد تتكون أحيانا من خلايا اسكلرنشمية . ففى نبات *Circaea lutetiana* تساعد الشعيرات المخلبية الوحيدة الخلية ذات الجدر السميكة فى انتشار الثمار ، كما توجد أيضا على إتب زهرة نبات *Lappago racemosa* التابع للعائلة النجيلية ، وترى قاعدة الشعيرة منغمسة فى نسيج عديد الخلايا كاسى الشكل (شكل ٣٧ — ب) . وتغطى الثمار فى نبات *Caucalis daucoides* التابع للعائلة الخيمية بعدد من المخالب الخطافية يبلغ طول كل منها ٢,٥ مم . ويتكون كل منها من حزمة من الخلايا المقوية البروزنشمية الشكل يعلوها خلية كبيرة الحجم كثيرة الانحناء بشكل حرف J (شكل ٣٧ — حـ) ، وهى ذات جدار سميك وقمة حادة مدببة وفجوة مختزلة ضيقة . ويوجد على ثمار نبات *Cynoglossum cheirifolium* امتدادات مخروطية الشكل وترى الجدر القطرية لخلايا البشرة المحيطة بها كثيرة التعاريج ، كما يوجد على جدر خلايا البشرة الخارجية بروزات مستنة مما يزيد خشونة السطح الخارجى لهذه الامتدادات . وينتهى كل امتداد بمجموعة مكونة من ٤ — ٦ خلايا من البشرة ذات جدر سميكة وقواعد مستطيلة وأطراف قصيرة حادة منحنية الى أسفل (شكل ٣٧ — د).

٤ — الأقراص اللاصقة Adhesive Discs : قد تعتمد بعض الأعضاء النباتية فى تثبيت نفسها بالدعامات أو الجدران على الأقراص المثبتة بدلا من الزوائد الخطافية ، وهذه توجد في محاليق عدة أنواع لجنس *Ampelopsis* . وتلتصق هذه الأقراص بافراز مادة غروية بالنسبة للطبيعة الغروية للجدر الخارجية لخلايا البشرة ، كما تفرز هذه المادة أيضاً من الفراغ الداخلى للخلايا . وتثبت كثير من النباتات الفطرية نفسها على سطح عائلها بهذه الطريقة قبل تكوين مماصاتها .

٥ — الشعيرات الغروية Mucilage Hairs : يرجع تثبيت كثير من البذور والثمار بالتربة إلى طبقات غروية خاصة ذات علاقة أيضاً بتخزين الماء . وتغطى قصرات

بذور نبات *Reullia strepens* بشعيرات غروية يتكون جدار كل منها من عدد من الطبقات التى تنتفخ فى وجود الماء ، وتكون هذه الشعيرات فى الحالة الجافة ملاصقة لسطح القصرة ثم تتخذ تدريجياً وضعاً قائماً بعد امتصاصها للماء وتلتف فى نفس الوقت فى اتجاهات متعددة . وقد شاهد Kiärksou نوعا مميزاً فى قصرات بذور عدة نباتات تابعة للعائلة LYTHERACEAE ، ولا يعتبر هذا النوع أحد زوائد البشرة من الوجهة المورفولوجية ، ففى نبات *Cuphea viscosissima* تحتوى كل من خلايا بشرة قصرات البذور الجافة على امتداد خيطى حلزونى غير منتظم الالتفاف يبرز من جدار الخلية الخارجى إلى الداخل حيث يملأ الفراغ الداخلى تقريبا (شكل ٣٧ — هـ) ، وفى وجود الماء ينفصل الجزء الدائرى من جدار خلية البشرة الخارجى من أحد جوانبه مشابها الغطاء بينما يمتد الخيط جهة الخارج مكونا الشعيرة الغروية . ويتكون جدار هذه الشعيرة من غشاء خارجى بينما تكون المحتويات التى انتفخت غطاء غرويا خارجياً ، وبامتداد الخيط من الداخل إلى الخارج تستقيم التفافاته الحلزونية .

٦ — الشعيرات قانصة الحشرات القارضة Eel-Trap Hairs : يرى هذا النوع من الشعيرات فى جرات نبات *Sarracenia pupurea* آكل الحشرات . وتزود هذه الجرات عادة بنوعين من الشعيرات ، فالموجودة منها داخل فوهة الجرة عديدة الخلايا ذات وضع متجه إلى أسفل أما القانصة الموجودة على السطح الداخلى للجزء السفلى الضيق من الجرة فذات جدر سميكة كالأولى غير أنها أصغر حجما وذات قاعدة مستطيلة . وتوجد مثل هذه الشعيرات على ساق نبات *Biophytum proliferum* أسفل قواعد الأوراق السوارية فى شكل حلقة كثيفة متزاحمة غير منتظمة الوضع وتتجه جميعها إلى أسفل ، ويبلغ طول كل شعيرة حوالى ٣ مم ، وتتكون من خلية فردية ذات جدار سميك ملجنن تنغمس قاعدتها فى نسيج الساق وخلاياه سميكة الجدر ويتخللها عدد من النقر ، ويوجد أعلى القاعدة امتداد ذو جدار سميك ينحنى خلفياً على سطح الساق (شكل ٣٧ — و) ، فاذا دفعت إحدى الحشرات الزاحفة على الساق احدى هذه الشعيرات إلى أعلى فان هذا الامتداد يلامس الساق ويمنع تحرك الشعيرة . وترى مثل هذه الشعيرات القافلة داخل

أنبوبة الغلاف الزهرى لنبات *Aristolochia clematis* وتساعد على منع الحشرات من التسرب للخارج .

(سابعاً) الشعيرات والأجنحة الطائرة Flying Hairs and Wings :

تزود البذور والثمار التي تنتشر بواسطة الهواء إما بزوائد مملوءة بالهواء أو بصفائح رقيقة من نسيج يسمى بالأجنحة . وقد تغطى الشعيرات الطائرة جميع السطح الخارجى للبذرة كما فى جنس *Gossypuim*. أما فى أجناس *Salix* و *Populus* و *Epilobium* و *Asclepias* فانها تكون خصلة طرفية تشبه الباراشوت ، ويمثل الكأس الزغبى فى ثمار العائلة المركبة هذا الوضع الأخير . وعادة توجد الشعيرات الطائرة بعدد كبير غير أنها قد لا تزيد عن ثلاث شعيرات فى البذور الخفيفة جداً كما فى *Aeschynanthus* .

وتتكون الشعيرة الطائرة النموذجية من خلية واحدة يختلف حجمها ، ففى القطن يكون طولها مابين ٢ — ٦ سم ، أما مثيلاتها فى نباتات العائلة المركبة فتكون عديدة الخلايا فى نظام ريشى مختلف الأشكال . وقد تتشابك الشعيرات التى تكون الكأس الزغبى فى نبات *Tragopogon orientale* فى شكل شبكى يشبه نسيج العنكبوت يمتد من جانب واحد ، أو تتلاصق على كل من حافتى الريشة المتصلبة فى نبات *Centaurea calocephala* مكونة غشاء متصلا .

وتمتاز الشعيرات الطائرة بخفتها ومتانتها ، وهى ذات جدر متوسطة السمك قابلة الامتداد ، وتتحمل شعيرة القطن حتى تتقطع ثقلا مقداره $\frac{1}{10}$ من الجرام ، وهى تماثل فى قوتها خلايا الألياف .

وقد تتكون الانسجة الطائرة للبذور المجنحة من طبقة فردية من خلايا البشرة تمتد من الكربلة الحرشفية كما فى *Cedrus libani* ، وقد تتكون المناطق الاكثر سمكا من الاجنحة من طبقتين أو ثلاثة من خلايا تحت البشرة علاوة على طبقة البشرة .

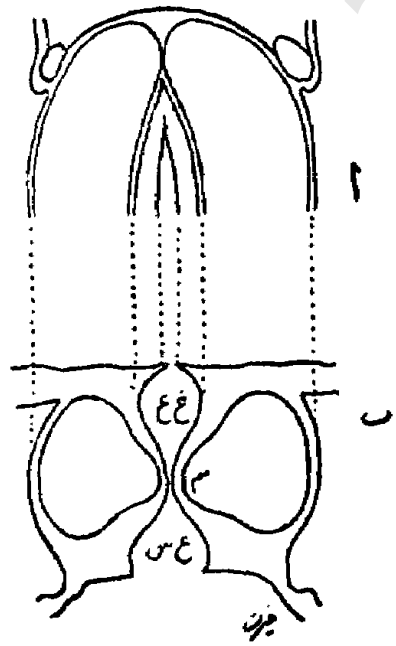
٤ — الثغور Stomata

تعتبر فتحات الثغور Stomatic Pores المنافذ الخارجية لجهاز التهوية ، ولا تحاط بخلايا البشرة وإنما يحيط بكل منها زوج من خلايا تسمى بالخلايا الحارسة Guard Cells . ويسمى

الجهاز الثغرى بخليتيه الحارستين والفتحة التى تحيطان بها Stoma ، كما تسمى بعض خلايا البشرة التى تجاور الخلايا الحارسة بالخلايا المساعدة Subsidiary Cells ، وهذه الخلايا التى تغطى الغرفة الهوائية Internal Air-Chamber (الموجوده أسفل الثغر) قد تكون ذات شكل وتركيب خاصين ، وفى هذه الحالة قد يشمل تعريف الجهاز الثغرى الخلايا المساعدة أيضاً وكذلك أى نسيج أسفله ذو تركيب وعلاقة تتصل بهذا الجهاز .

ولكل ثغر عادى القدرة على الامتداد والانكماش والانفتاح والانقفال ، ولذلك كانت الثغور ذات قدرة على تنظيم تبادل الغازات بحسب حاجة النبات . وتختص الخلايا الحارسة بذلك فهى التى تنظم حجم الفتحة الثغرية عند انفتاحها أو انقفالها .

والخليتين الحارستين الكلوتي الشكل تجاور كل منهما الاخرى ويفصلهما عند أطارفهما فاصل رقيق ، ويزيد الوجه الداخلى (الباطنى) لكل منهما وهو الجانب القريب من الفتحة فى متوسط سمكه عن الوجه الخارجى (الظهرى) ، وهو مزود بامتدادين سميكين مكوتين فى كل من حافتيه العليا والسفلى يظهران فى القطاع الطولى كقرنين أو منقارين مدببين ، يتقوسان حول غرفتين ، العليا منهما تسمى Front Cavity والسفلى BackCavity وتتصل هاتان الغرفتان بواسطة ممر الفتحة Pore Passage (شكل ٣٨) . ويحيط بهاتين الغرفتين وبهذا الممر الجدار الداخلى للخلية الحارسة ، ولذلك كانت فتحة الثغر غير متساوية الاتساع فى أجزائها المختلفة .



(شكل ٣٨)
(ا) منظر سطحى للثغر .
(ب) قطاع طولى فى الثغر .
غ ع = غرفة عليا ، غ س = غرفة سفلى ، م = ممر .

وتتميز الخلايا الحارسة باحتوائها على البلاستيدات الخضراء التى تشتمل على كمية كبيرة من النشا وكذلك بوجود البروتوبلاست والنواة راقدة قرب الوسط وخصوصاً فى الخلايا الحديثة . وتتفتح فتحة الثغر أو تتقفل بسبب الزيادة الكبيرة أو النقص فى تقوس الخلايا الحارسة ومن هذا يحدث الاختلاف فى اتساع هذه الفتحة .

وتحدث هذه التغيرات فى الخلايا الحارسة نفسها حيث يرجع انفتاح الفتحة أو انقفالها إلى التغير فى شكل وحجم خلاياها بالنسبة للاختلاف فى سمك ومرونة جدرها واتصالها الجانبى .

وقد تكون جدرا الخلايا الحارسة منتظمة السمك فى كل جهاتها كما فى كثير من نباتات ذات الفلقتين وبذلك يقل حجم الفجوات ، وقد تتحور هذه الخلايا بشكل Dum-bell كما فى ثغور نباتات GRAMINEAE و CYPERACEAE ، وبذلك تصير فجواتها ضيقة مستطيلة، على أن الخلايا الحارسة مهما اختلفت أشكالها فانها تتفق فى ازدياد اتساعها عند انفتاح الفتحات.

وتؤدى الغرفة السفلى لكل ثغر إلى مساحة هوائية متسعة تتصل فى أماكن عديدة بجهاز التهوية وتسمى بالغرفة الهوائية أو التنفسية . وفى حالة وجود الثغور فى صفوف طولية كما فى معظم أوراق النباتات النجيلية وأوراق النباتات المخروطية تتصل الغرف الهوائية لتكون ممراً مستمراً . ويحيط بالمنطقة السفلية لكل ثغر عادة زوج من خلايا كلورنشيمية طويلة مقوسة الشكل تتقابل على الجانب الداخلى للممر الهوائى . أما إذا كانت الثغور منتثرة بدون نظام فيحيط بكل غرفة هوائية مجموعة مكونة من ثلاثة أو أربعة خلايا ممثلة ضوئية منحنية تماسيا ، وقد يحيط بها مجموعة من الاستيريدز الواقية ذات جدر ملجننة .

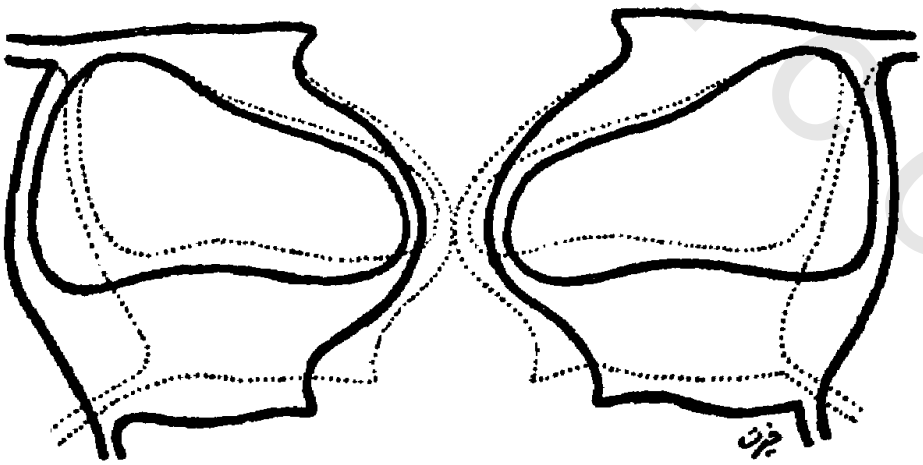
وتوجد الثغور فى كل الأجزاء النباتية الخضراء المعرضة للهواء ، وقد توجد أحياناً فى الأوراق الزهرية الملونة ، غير أنها توجد بكميات كبيرة فى الأوراق لتسهل مرور الغازات الهامة فى عملية التنفس .

ولما كانت الجدر الخلوية للنباتات الحية تحتوى على نسبة كبيرة من الماء ، تغطى الأسطح الخارجية للنبات عادة بالكيوتيكل والشمع والفلين لحمايته من الزيادة فى فقدان الماء . وإذا كان الكيوتيكل رقيقاً مع اتساع مساحة السطح المعرض ازداد تبخر الماء ، ولذلك كانت الأوراق بالنسبة لا نبساطها أكثر اختصاصاً بعمليات النتح ، وعلى ذلك فان الثغور العديدة الموجودة بها علاوة على قيامها بمرور الغازات تشترك فى تنظيم عملية النتح وفى تسهيل خروج بخار الماء فتعطى الفرصة بهذه الحركة المستمرة على قيام الجذور بامتصاص المياه من التربة وتوصيلها إلى السوق ثم إلى الأوراق حيث تتبخر هناك من فتحات الثغور . والفتحات الثغرية صغيرة الحجم جداً لا تسمح للأتربة والمياه بالدخول إلى جسم النبات .

وكمية بخار الماء الموجودة جهة السطح السفلى للورقة أكثر منها جهة السطح العلوى لها ، ويرجع هذا إلى عدم الانتظام فى توزيع الثغور على كل من سطحى الورقة فقد توجد معظم الثغور أو كلها فى أكثر الأوراق على السطح السفلى ، وفى مثل هذه الحالات يحدث النتح فى السطح العلوى عن طريق الكيوتين .

وفى الأوراق الطافية للنباتات المائية توجد الثغور على الأسطح العليا فقط كما فى البشنين *Nymphaea sp.* ، بينما توجد فى أوراق أشجار الغابات مثل *Quercus ruber* والحدائق مثل *Prunus domestica* على الأسطح السفلية لها ، أما فى النباتات الحقلية كالقمح والشوفان فتوجد على السطحين بنسب مختلفة .

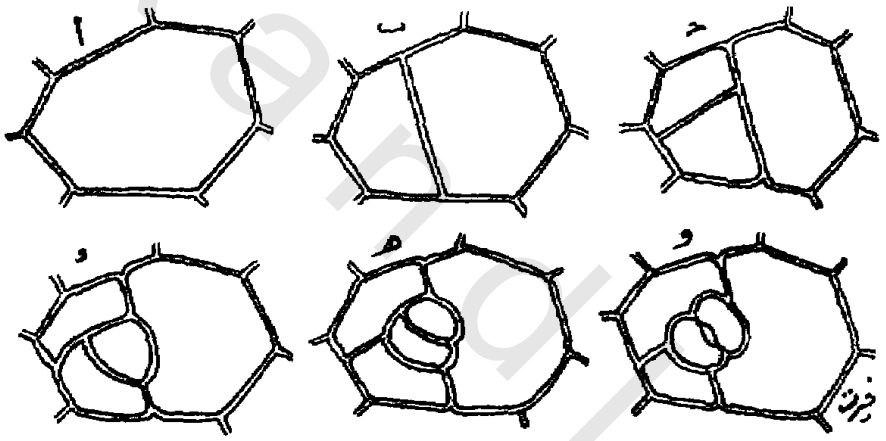
ويرجع انفتاح الثغور إلى الجهاز الكلوروفيللى فى الخلايا الحارسة بالنسبة للنشاط الأزموزى لمحتوياته ، فحبيبات النشا تمثل مواداً صلبة مختزنة تتحول بسهولة إلى مواد سائلة سكرية غالباً وذات صفات أوزموزية . وتحتوى الخلايا الحارسة على عصير خلوى غنى بالسكر وبذلك ينفتح الثغر وينقفل تبعاً للضغط الانتفاخى الداخلى للعصير الخلوى الموجود فى فجوة الخلية ، فاذا كان عالياً انفتح الثغر وإذا كان منخفضاً انقفل ، واذا كان السائل الخلوى فى الخلايا الحارسة أقوى تركيزاً عما هو فى الخلايا المجاورة لها نفذ الماء إليها بواسطة الضغط الأزموزى وبذلك تأخذ شكلا كروياً تقريباً يسهل انفتاح الثغر (شكل ٣٩) .



(شكل ٣٩)

رسم تخطيطى يبين الثغر أثناء انفتاحه (خط سميك) وأثناء انقفاله (خط منقط) ،
(عن Sachs)

ويتكون الثغر (شكل ٤٠) : بانقسام خلية من خلايا البشرة الحديثة (ا) إلى خليتين غير متساويتى الحجم (ب) ، والصغيرة منهما أكثر احتواء على السيتوبلازم وتكون الخلية الأمية للثغر ، بينما الأكبر حجما أقل احتواء على السيتوبلازم وتبقى كخلية من خلايا البشرة . (حـ) تصبح خلية الثغر الأمية إهليلجية الشكل وتقسم بجدار رأسى إلى خليتين . (د) تبقى إحداهما كما هى بينما تقسم الثانية إلى خليتين . (هـ) تنقسم إحدى الخليتين الناتجتين إلى اثنتين تكونان الخليتان الحارستان . (و) ينفصل جدار كل من الخليتين الحارستين لتتكون فتحة الثغر . وقبل تكوين الخلية الأمية للثغر تحدث عادة عدة انقسامات متتالية فى خلية البشرة الحديثة ينتج عنها ما يسمى بالخلايا المساعدة .



(شكل ٤٠)

رسم تخطيطى يبين خطوات تكون الثغر ؛ (عن SMALL)

وتوجد الثغور عادة فى مستوى باقى خلايا البشرة المحيطة بها وقد يكون وضعها غائراً Sunken Stomata كما يلاحظ فى النباتات الزيروفيتية التى تنمو فى المناطق الجافة ، فتظهر هذه الثغور فى مستوى منخفض عن باقى خلايا البشرة فى قاع انخفاض قمعى أو كأسى الشكل يسمى External Air Chamber . وقد يحاط مدخل هذه الغرفة بامتداد شمعى حلقى الشكل .

وتحتوى أوراق بعض النباتات المائية الطافية على ثغور مائية Water Stomata تختلف عن النوع الخاص بالنباتات الأرضية كما أنها أكبر منها حجما ، وخلاياها الحارسة

ذات تنوءات خارجية مكوتنة . وتفقد هذه الخلايا محتوياتها الحية عند بلوغها وبذلك تبقى الفتحة الثغرية مفتوحة دائمـا .

وقد تزود سوق وأوراق النباتات المـائية المغمورة بمـا يشبه الثغور وتعتبر ثغوراً أثرية متحورة تبقى امتداداتها الخارجية ملتحمة وخلاياها الحارسة متصلة اتصالا تاماً ببعضها . ويرى هذا النوع المتحور من الثغور على الجزء المنزلق من جرة نبات *Nepenthes* آكل الحشرات ، فتوجد هذه الخلايا بوضع يساعد الحشرات على الزحف الى أسفل داخل جانب الجرة وعلى العكس تعوقها أثناء صعودها نحو الخارج . وتظهر الخلية العليا لكل زوج من الخلايا الحارسة (القريبة من فوهة الجرة) أكثر بروزاً للخارج من السفلى ، وبذلك تشاهد هذه الخلايا كتنوءات دقيقة متجهة الى أسفل .

٥ — الطبقة السطحية للجذيرات الحديثة Piliferous Layer

ترى هذه الطبقة فى مناطق سطحية خاصة فى الجذيرات الحديثة وتبدأ قريبة خلف قممها النامية وتنتهى على مسافات تختلف بالنسبة لهـا . وهى طبقة فردية من الخلايا السطحية تعتبر بشرة من الوجهة المورفولوجية وتسمى (Piliferous Layer (Zone ، وهى التى تتكون منها الشعيرات الجذرية Root Hairs . ولمـا كانت هذه الطبقة تمثل النسيج المـاص للجذور فهى علاوة على أنهـا تتبع الجهاز الضام تضاف أساسياً للجهاز المـاص[1] .

ثانياً — البريدرم Periderm

إذا بلغ العضو عمراً معيناً فان البشرة لا تفى لوقايته لسببين ، أولهما رقة هذه الطبقة وعدم صلاحيتها لحمـاية الأعضاء التى ازداد حجمها كأفرع النباتات الخشبية ، وثانيهما أن البشرة تكون غير قادرة على البقاء كما هى الى جانب الزيادة المستمرة فى سمك الأعضاء الرئيسية ولذلك سرعان ما تتمزق . فاذا كان من اللازم أن يبقى العضو الذى يزداد

(١) راجع وصفها بالتفصيل فى باب الجهاز المـاص .

فى السمك مغلفاً بغطاء واق فلا بد أن يستعاض عن البشرة بنسيج سطحى أكثر متانة وتحملا ، وهو البريدرم Periderm . ويعتبر نسيجاً ضاماً ثانوياً يتكون من نوعين من الأنسجة المختلفة أحدهما وهو الفللين Phellem أو Cork وهو نسيج دائم يحمى ما تحته من الطبقات من التبخر الزائد والأضرار الميكانيكية ، والآخر وهو الفللوجين Phellogen أو الكمبيوم الفللينى وهو عبارة عن طبقة مرستيمية مسئولة عن تكوين خلايا الفللين الميتة .

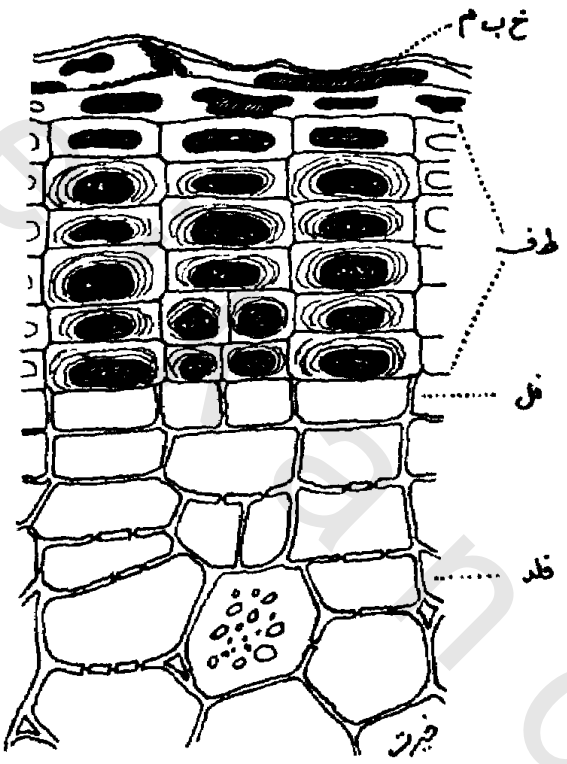
١ — الفللين Cork

يتكون الفللين من خلايا منشورية أو أنبوبية الشكل ذات جدر طرفية مكونة من ٤ — ٦ جوانب ، وقد تكون جدر الخلايا رقيقة وقد يقل أو يزداد سمكها وفى كل هذه الحالات ينتظم سمكها فى كل جهاتها ، وقد تكون الجدر الخارجية والداخلية أكثر سمكا من باقى الجدر كما فى بعض النباتات مثل الصفصاف *Salix*. وقد لاحظ De Bary أن الجدار الذى يفصل خليتين من خلايا الفللين يتكون من خمس طبقات مميزة ، فالسطح الداخلى لكل من الجانبين يتكون من طبقة سليلوزية تتلجنن أحيانا ، يليها على كل من الجانبين طبقة مسوبرة تسمى Suberin-Lamella يرجع اليها الصفات الهامة الفسيولوجية ، أما المنطقة المركزية لكل الخلايا فتتكون من غشاء يسمى Middle Lamella قد يكون ملجننا أو يظهر محتويا على سليلوز غير متغير . وفى حالة رقة الجدار قد تتغيب الطبقات السليلوزية الداخلية وبذلك يكون كل الجدار مسوبراً ما عدا المنطقة المركزية .

والطبقات المسوبرة لا تحتوى إطلاقا على السليلوز الحقيقى ، والسوبرين ذو طبيعة كيميائية حيث أمكن استخلاص حمض الفللونيك Phellonic Acid من فللين نبات *Quercus subur* ، ويرافقه حمضان آخران هما Suberic Acid و Phloinic Acid ، كما تحتوى الطبقة المسوبرة على مادة السليكا علاوة على ذلك .

ولا تحتوى الجدر المسوبرة على النقر غالبا ، وفى حالة وجودها كما ذكر Von Höhnel فانها تتكون فى الطبقة السليلوزية الداخلية ولا تمتد إطلاقا فى الطبقة المسوبرة ، وهى فى هذه

الحالة تساعد على إضافة المادة المرنة التى تكون الطبقة المسوبرة . وقد تكون الطبقة المسوبرة فى بعض الأحيان أكثر سمكا جهة الجدار الخارجى للخلية الفللينية عن الطبقة المماثلة لها جهة الجدار الداخلى وفى هذه الحالة يزداد سمك الطبقة السليلوزية جهة الجدار الداخلى (شكل ٤١) .



(شكل ٤١)

قطاع عرضى فى بريدرم من فرع نبات *Cytisus laburnum* وقت الشتاء . خ ب م = خلايا البشرة الميتة وبها جراثيم فطرية . ط ف = طبقات الفللين . فل = فللوجين . فلد = فللودرم ، (عن هابرلاندت)

والخلايا التى تتكون منها الأنسجة الفللينية ميتة دائما وتمتلىء عادة بالهواء وخصوصاً خلايا الفللين الرقيقة الجدر ، أما الخلايا السميكة الجدر فتمتلىء فجواتها عادة بمادة صفراء أو بنية محمرة اللون تتكون من التانين والمواد الناتجة من انحلاله . وقد توجد مركبات أخرى فى بعض الحالات مثل مادة البتيولين Betuline ، وكذلك البللورات الابرية لمادة Cerine (كما فى نوع الفللين المستعمل كسدادات) ، وقد توجد بللورات أوكسالات الكلسيوم ككتل كثيفة أو على هيئة الرافايدز .

والفللين كالبشرة يكون غطاء مستمراً تتخلله فقط ممرات بينية تخدم فى عملية التهوية (العديسات) ، وتوجد خلاياه عادة على هيئة صفوف قطرية . ويختلف سمك الأغلفة الفللينية فقد تتكون من طبقتين أو ثلاث من الخلايا وتسمى Cork-Films ، وقد تكون أكثر سمكا من الفرع الذى تغلفه وتسمى Cork-Crust . والنوع الأول ناعم الملمس ويتكون عادة من خلايا أنبوبية الشكل ، أما النوع الثانى فيتكون من خلايا متسعة فى مجاميع

تتكون تبعاً للفترات الخضرية المتتالية فى هيئة أغلفة خشنة مرتبة فى شكل أجنحة أو نطاقات بارزة تنفصل كل منها عن الأخرى بقنوات طولية غائرة ، وينتج هذا الوضع بالنسبة للتكوين الغير منتظم للفلين ، ويسمى Von Höhnel هذا النوع من الأنسجة Phelloid .

والفلين غير قابل لنفاذ الماء ، والأنسجة الفلينية مهما رقت طبقاتها تقلل عملية النتح ولذلك فأفرع وبراعم النباتات الخشبية يلزمها هذا النوع من الوقاية أثناء فصل الشتاء ، كما تزود الأوراق الحرشفية للبراعم عادة بطبقة فلينية أسفل البشرة الخارجية . وهو أيضاً غير قابل لنفاذ الغازات حتى ان الطبقات الفلينية الرقيقة من درنة البطاطس تمنع نفاذ الهواء تحت ضغط نسبي . والأنسجة الفلينية ليست مرنة وغير قابلة للامتداد ، أما فى حالة الفلين المستعمل كسدادات فتتبادل الخلايا المتجاورة فى مجاميع قطرية كل منها مع الأخرى ، فاذا ضغطت قطعة من هذا الفلين فى اتجاه تماسى تنثنى جدر الخلايا القطرية فى شكل متعرج . والفلين أيضاً غير ناقل للحرارة بالنسبة لامتلاء خلاياه بالهواء فهو لذلك خير غطاء واق للأعضاء النباتية الهوائية المعمرة ، كما أنه واسطة لحماية النبات من هجمات الفطريات المتطفلة والحيوانات بأنواعها بالنسبة لتراسب التانين والقلويات والمواد الأخرى السامة أو ذات المرارة فى خلاياه .

٢ — الفللوجين The Phellogen

تعتمد الزيادة فى السمك وفى النمو السطحى للجدار الخارجى للبشرة على نشاط البروتوبلاست الموجود بها ، كما يرجع تكون الفلين المستمر إلى نشاط النسيج المرستيمى المعروف بالفللوجين Phellogen . وهو يتكون عادة من طبقة فردية من خلايا مرستيمية رقيقة الجدر أنبوبية الشكل ذات محتويات بروتوبلازمية وافرة ، وتنقسم هذه الطبقة تماسياً . وغالباً ما تصبح الخلية الخارجية لكل زوج من الخلايا يحدث فى كل انقسام فلينية بينما تبقى الداخلية كأحد عناصر الفللوجين ، والمعتاد أن تبقى الخارجية كجزء من الفللوجين بينما تتحول الأخرى إلى إحدى خلايا القشرة الثانوية التى تسمى بالفللودرم Phelloderm . والفللوجين ولو أنه مختص بانتاج الفلين فأحيانا ما يقوم بوظيفة

أو أكثر من الوظائف المساعدة كاضافة العناصر الثانوية فى هيئة خلايا الفللودرم إلى القشرة البرنشيمية أو بامداد الجهاز الميكانيكى بالخلايا الاسكلرنشمية والكولنشيمية .

وينشأ الفللوجين غالباً إما من خلايا البشرة أو من الطبقة الخارجية من القشرة البرنشيمية. وفى مثل هذه الحالات فان كل خلية أمية يحدث لها انقسامين تماسيين متتاليين ينشأ عنهما ثلاثة خلايا ، تصبح الوسطى منها أحد عناصر الفللوجين . وينشأ البريدرم السطحى فى الأصل من خلايا البشرة كما فى جنس *Salix* وفى نبات الدفلة وغير ذلك ، غير أنه يتكون عادة من طبقة القشرة الخارجية أو تحت البشرة وهذا ما يحدث فى معظم الأشجار والشجيرات .

وينشأ الفللوجين فى معظم النباتات الخشبية على مسافة بعيدة من السطح الخارجى ، إما من إحدى الطبقات الداخلية العميقة من القشرة البرنشيمية أو (كما فى معظم جذور ذات الفلقتين ومعراة البذور) من طبقة تابعة للاسطوانة الوعائية (البريسيكل) . ومن الواضح أنه فى حالة وجوده فى هذا الوضع العميق وبدء تكوينه للفلين سرعان ما يسبب انقطاع الماء الذى يزود كل الأنسجة الخارجية وجفافها إلا اذا كان هناك ممرات مائية متصلة بها . وتكون أنسجة القشرة التى تجف مع طبقات الفلين المتكونة ما يسمى بالقلف Bark .

وقد يقف انقسام الفللوجين بعد فترة قد تقصر أو تطول ويتحول هو نفسه إلى فلين ، ويحدث ذلك فى الأعضاء ذات النمو المحدود فى السمك كما فى الأوراق الحرشفية للبراعم وفى الفواكه كالتفاح مثلا . وفى بعض الحالات الأخرى يقف نشاط الفللوجين الأولى ويحل محله الفللوجين الثانوى ، وقد يتكرر حدوث ذلك مرة بعد أخرى وبذلك تتكون نطاقات متتالية من البريدرم كل منها أعمق من التى قبلها مسببة جفاف أجزاء القشرة وموتها .

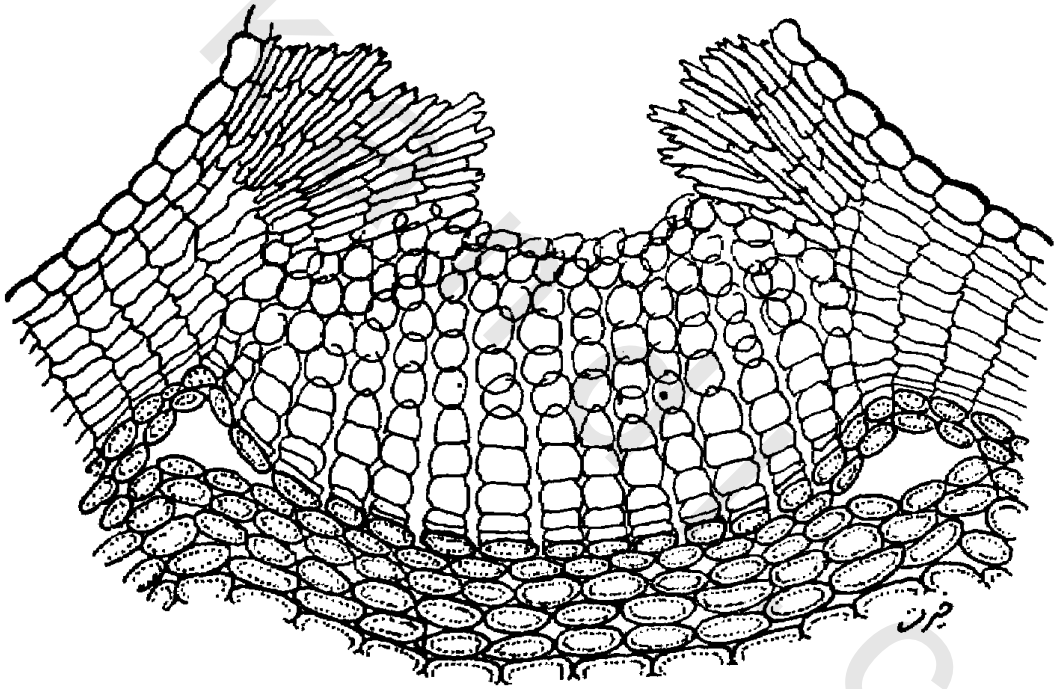
٣ — العديسات Lenticels

البريدرم كالبشرة لكل منهما منافذ خارجية Pneumathodes ، فالثغور فى البشرة يقابلها فى البريدرم ما يسمى بالعديسات Lenticels[1] . والعديسة التامة التكوين عبارة

---

(١) أطلق عليها هذا الاسم DE CANDOLLE

عن كتلة عدسية محدبة الوجهين تتكون من نسيج خاص يتغمس فى البريدرم ، ويحدها من الداخل منطقة مرستيمية تستمر مع الفلوجين على كل من الجانبين ، أما العديسة نفسها فتتكون من كتلة من نسيج مفكك يسمى Complementary Tissue به عدد كبير من المسافات البينية . وقد ميز Stahl نوعين من العديسات يختلفان فى طبيعة النسيج المفكك ، أبسطهما كما فى نبات *Sambucus* و *Salix* وخلافهما (شكل ٤٢) ، حيث ترى خلايا النسيج المفكك متحدة لحد ما مع بعضها مكونة نسيجاً متماسكا بالرغم من المسافات البينية العديدة التى يحتويها .



(شكل ٤٢)

ق . ع . فى عديسة نبات *Sambucus nigra* ؛ (عن هابرلاندت)

أما النوع الثانى وهو الأكثر وجوداً فيمتاز باستدارة خلايا النسيج المفكك التى توجد فى حالة سائبة مكونة نسيجاً دقيقياً تحفظ أجزاؤه من السقوط بالنسبة لوجود منطقة مرستيمية فى العديسة تكون مايسمى بالطبقات القافلة Closing Layers ، وهذه تتكون من مجموعة أو أكثر من الخلايا تتحد كل منها تماما مع الأخرى مكونة إطاراً يجعل كل النسيج المفكك متماسكا ، ويتقاطع معها ممرات بينية قطرية تساعد على تبادل

الغازات . وتتمزق الطبقات القافلة بعد وقت قد يقصر أو يطول بسبب تكوين النسيج المفكك بصفة مستمرة ويحل محلها طبقات أخرى جديدة من نفس نوعها . ويرى هذا النوع الثانى من العديسات فى أجناس عديدة مثل *Alnus* و *Betula* و *Robinia* و *Prunus* وخلافها . ويتفق كل من هذين النوعين فى أن خلايا النسيج المفكك ميتة ، تمتلىء قليلا أو كثيراً بالهواء ، وأن جدر خلاياها رقيقة بنية اللون غالباً .

ويرجع سماح العديسات لمرور الغازات الى تركيبها التشريحى ، فالمسافات البينية للقشرة أسفل موضع كل عديسة تمتد بشكل ممرات خلال مرستيم العديسة الى النسيج المفكك حيث تأخذ اتجاهات عدة ، كما تمتد خلال الطبقات القافلة فى حالة وجودها ، وبمجرد تمزق البشرة أعلى كل عديسة تامة التكوين يتم الاتصال بين جهاز التهوية فى القشرة وبين الهواء الخارجى .

وكما تقوم العديسات بتبادل الغازات فانها تقوم أيضاً بدور هام فى عملية النتح الذى يزداد أو يقل بانفتاح العديسات أو انغفالها . وتوجد العديسات منتثرة على السطح الخارجى فى الأفرع القائمة ، بينما توجد فى مجاميع على السطح السفلى للأفرع الأفقية . ويقول Devaux ان العديسات تميل الى التجمع الى ناحية قواعد الأوراق ، كما يذكر أنه قد تظهر عديسة واحدة أو اثنتان قرب موضع خروج الجذور العرضية . واذا نزعت طبقات الفلين مع العديسات من على سطح النبات فان الأخيرة سرعان ما تتكون بغير نظام حيث تنشأ من الفلوجين فى أى موضع منه .

وكثيراً ما ترى العديسات على السوق الحديثة التى مازالت بشرتها باقية ، وقد وصف Stahl تكوينها بازدياد حجم الخلايا البرنشيمية المجاورة للحجرة الهوائية الداخلية للثغر وانقسامها مكونة نسيجاً مفككا عديم اللون يملأ الغرفة الهوائية . ثم تنقسم طبقة من الخلايا ذات وضع مقوس ومقعر جهة الداخل انقسامات تماسية مكونة مرستيم العديسة الذى يكون الخلايا الإضافية المفككة جهة الجانب الخارجى . والضغط الناتج من تزاحم هذه الخلايا يسبب امتداد البشرة للخارج ثم تمزقها فى النهاية حيث يبرز النسيج المفكك

نحو الخارج . وتنشأ المديسات على الأفرع المسنة المكسوة بالبريدرم من الفلوجين ويحدث لطبقة الفلين التى تعلو المديسات المتكونة نفس مايحدث لخلايا البشرة حيث تتمدد ثم تتمزق نتيجة للضغط الناتج من تكون النسيج المفكك .

ثالثاً — القلف Bark

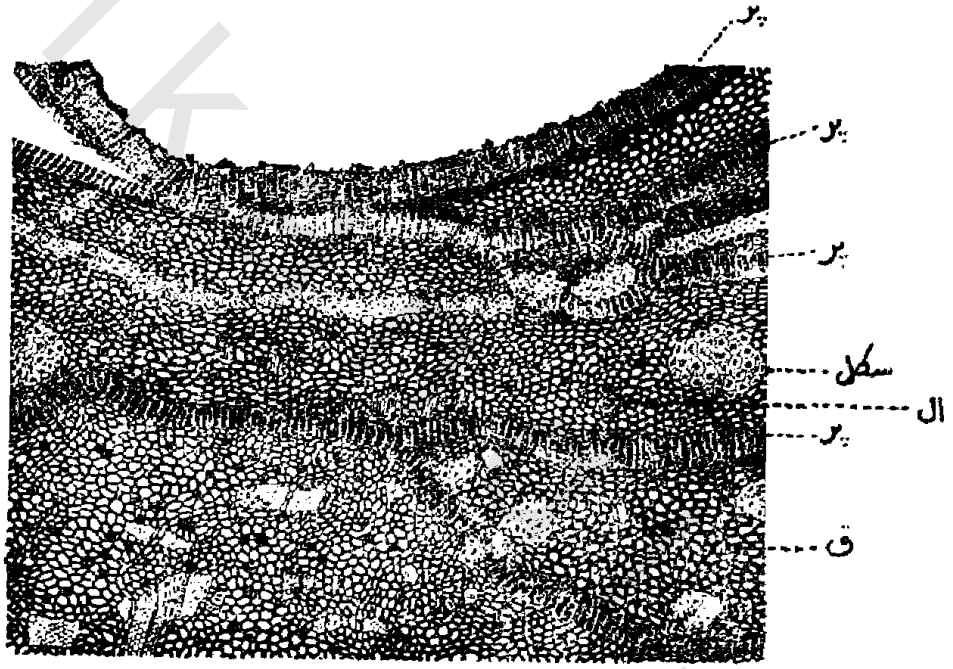
يعتبر القلف الطور الثالث والأخير فى تكوين الجهاز الضام ولا تختلف وظيفته الفسيولوجية كثيراً عن الفلين العادى غير أنه من الجهة التشريحية أكثر تعقيداً ، فالقلف النموذجى يتكون علاوة على الطبقات الفلينية من مجموعة من الأنسجة تنتمى إلى أجهزة أخرى . فاذا تكون البريدرم فى طبقات غائرة فى نسيج قشرة الساق فان خلايا القشرة التى تلى الفلين جهة الخارج وكذلك البشرة تجف وتموت ، وكذلك الحال عند تكون البريدرم فى الجذور من البريسكل فان الاندودرمس والقشرة والاكسودرمس تجف كلها وتموت ، ويتكون من البريدرم وهذه المجموعات من الأنسجة التى جفت وماتت ما يسمى بالقلف .

وفى النباتات الخشبية التى تكون فى مبدأ الأمر البريدرم السطحى تنفصل طبقاته المتتالية عند الحواف مكونة أجزاء من القلف فى شكل صفائح حرشفية ، ويسمى القلف الناشىء فى هذه الحالة بالقلف الحرشفى Scale-Bark . أما اذا كان وضع الطبقة البريدرمية الأولى عميقاً أصبحت الطبقات التالية لها على شكل حلقات مركزية متتالية مكونة ما يسمى بالقلف الحلقى Ring-Bark .

ولا يتوقف التركيب التشريحى للقلف فقط على طبيعة الطبقات البريدرمية نفسها، بل يتوقف أيضاً على طبيعة ونوع الأنسجة التى تليه للخارج ، فقد تتكون أحياناً من برنشيمة القشرة ، كما قد تتكون فى حالات أخرى علاوة على ذلك من كتل من الخلايا الكولنشيمية والألياف والاكياس البللورية والقنوات الراتنجية (شكل ٤٣) .

وتعود الزيادة فى قوة القلف الميكانيكية إلى الأنسجة الميكانيكية التى تتخلله وخصوصاً إذا كانت مكونة من الخلايا الحجرية Stone Cells .

ولا يعود انفصال وسقوط الحراشيف القلفية عن الأنسجة التى أسفلها إلى الزيادة فى سمك العضو بل يرجع إلى تكوين النبات لما يسمى Absciss Layers التى تسهل هذا الانفصال ، ويماثل هذا الوضع ما يظهر فى قواعد الأوراق التى تتساقط وقت الخريف . ويتكون هذا النسيج من مناطق موزعة بين طبقات خلايا الفلين العادى تشبه خلاياه من حيث الشكل وتخالفها وتتميز عنها بأنها غير مسوبرة إطلاقاً : ولذلك أسماها فون هوهنل — Absciss Phelloids ، فالفلويد إذن بمساعدة أو بغير مساعدة



(شكل ٤٣)

قطاع فى قلف *Quercus sessiliflora* . بر = بريدرم متكون على أعماق مختلفة والطبقة السطحية قد تنحنى للخارج مكونة قلفا حرشفيا . ق = قشرة . سكل = خلايا اسكلرنشمية من نوع اسكليريدز فى مجاميع . ال = مجاميع من الألياف ، (عن Kny)

الأنسجة الأخرى للقلف هو الذى يقوم بفصل منطقة معينة من خلايا الفلين . وترتب خلايا الفلويد فى طبقات فردية ذات جدر خارجية وجانبية رقيقة ، أما جدرها الداخلية فكثيرة السمك زائدة اللجننة ، وقد تكون فى نفس الوقت محتوية على مادة السليكا ، ويبرز منها إلى جهة الداخل امتدادات تتجه اتجاهاً طولياً . وتنفصل الجدر الجانبية

بسهولة تاركة الجدر الداخلية لطبقة الفللويد وهى تشبه جدر خلايا البشرة الخارجية المغلظة ، وتكون حداً خارجياً سميكا لخلايا الفللين التى أسفلها .

ويختلف السن الذى تبدأ به الأشجار العادية فى تكون الفلف باختلاف أنواعها ، فالفلف الحرشفى يبدأ فى الظهور على سوق بعض أنواع أشجار الصنوبر ما بين ٨ — ١٠ فصول من النمو (V. Mohl) ، وعلى سوق البلوط ما بين ٢٥ — ٣٦ (Hartig) ، وفى الحورة الرومية Alder ما بين ١٥—٢٠ ، وفى التيليا Lime ما بين ١٠ — ١٢ ، وفى الصفصاف ما بين ٨ — ١٠ فصول من النمو أو أقل من ذلك . أما نبات الزان فلا يغطى سوقه سوى البريدرم السطحى ، وفى حالة غياب الفلف فان قوة البريدرم تعود إلى تكوين عدد كبير من الخلايا الاسكلرنشمية ، ويسمي Hartig مثل هذا البريدرم Stone Bark.

منشأ الجهاز الضام

اذا لاحظنا العلاقة بين الأنسجة الضامة المختلفة والمرستيمات الثلاثة القمية الابتدائية التى تسمي على التوالى البروتودرم والبروكمبيوم والمرستيم الأساسى نرى أن الأهمية موجهة إلى البشرة حيث ان الفللين ينشأ عادة من الفللوجين الذى يعتبر مرستيما ثانويا . وتتكون البشرة فى حالة الأعضاء النباتية الهوائية من البروتودرم الذى أسماه Hanstein بالدرماتوجين . وقد تتكون فى بعض الحالات طبقة تشبه البشرة فسيولوجياً وتشريحياً من المرستيم الأساسى للورقة ، كما فى حالة خلايا البشرة التى تحيط بالفتحات والأسنان التى ينتظم ظهورها فى الأوراق التامة التكوين فى كثير من Aroids . وقد قارن هابرلاندت بين هذه الخلايا وبين خلايا البشرة الابتدائية لحافة الورقة من جهة تركيب جدرهما الخارجية فوجد أنهما متشابهتان من كل الوجوه ، فالجدر الخارجية لخلايا البشرة الثانوية تغطى بطبقة رقيقة من الكيوتيكل ، والطبقات المكوتنة ذات بروزات تمتد داخل الجدر الجانبية ، كما يوجد من الداخل طبقة سليلوزية رقيقة ، أما سمك هذه الجدر فيبلغ ٦ ميكرون وهو يزيد قليلا عن السمك العادى للجدر الخارجية لخلايا البشرة الابتدائية .

وقد تحدث بعض الأضرار للأوراق الحديثة فى أطوار تكوينها الأولى ، وتلتئم هذه الجروح بتكون طبقة من البشرة الثانوية تنشأ من المرستيم الأساسى وتماثل البشرة الابتدائية تماما ، وتسمى هذه العملية Regeneration of the Epidermis . وقد لاحظ Vöchting مثل هذه الحالة عند جرح درنات نبات *Brassica oleracea, var. gongylodes* ، حيث تماثل البشرة المتكونة البشرة العادية فى كافة مظاهرها حتى فى تكوين الثغور .

obeikandl.com