

الباب الثالث

The Dermal System الجهاز الضام

تفرز المادة الحية في 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 خارجي 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 بالتشمع . أما في حالة النباتات المائية المغمورة فإنه لا يقوم بكل هذه الوظائف ، حيث إنه لا ضرر عليها من الجفاف تحت ظروفها العادية .

ويتكون الجهاز الضام من الطبقة أو الطبقات الخارجية التي تحيط بحجم النبات ، غير أن هايرلاندي 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 التي تظهر على أسطح أوراق معينة وكذلك الغدد (مع أن أصلها جميعاً من البشرة) تابعة للجهاز الإفرازي ، والخلايا الحارسة للثغور (مع أنها جزء من البشرة) يضمها إلى جهاز النوية ، والطبقة السطحية للجذور الحديثة المسماة Pili ferous Layer (مع أنها تابعة للبشرة) يضيفها إلى الجهاز الخاص حيث إنها تقوم بوظيفة امتصاص الماء والأملاح الغذائية الذائبة ، وبعض الخلايا

السطحية المقوية (مع أنها ناتجة من البروتودرم) إلا أنه يتبعها للجهاز الميكانيكي ،
أما العدسات فمع أنها تابعة للبريدرم ، إلا أنه يضمها مع الجهاز التنفسي .

ومن المستحسن وصف الجهاز الضام على حالة تشمل كل ما يحيط بحجم 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 كالتالي :

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

(ثانياً) البريدرم : الفلبيين ، الفلوجين ، العدسات .

(ثالثاً) القلف .

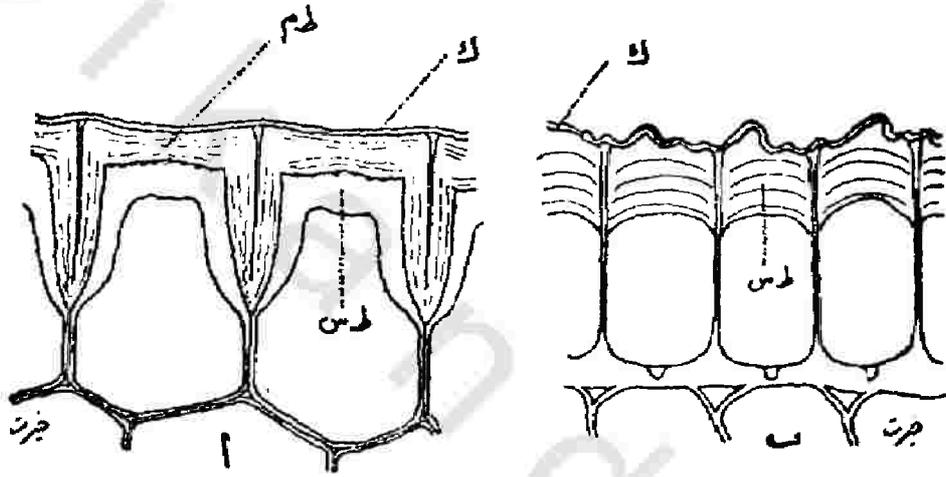
أولاً — البشرة The Epidermis

وهي تمثل أول أوضاع الجهاز الضام وتتكون في معظم الحالات من طبقة واحدة
في الخلايا تفصل الأنسجة الداخلية للنبات والموجودة أسفلها عن الوسط الخارجي ، كما تحميها
من الأضرار التي ذكرت من قبل .

١ — البشرة البسيطة The Simple Epidermis

تتصل خلايا البشرة ببعضها اتصالاً تاماً جانبياً ، وهي عادة أنبوية الشكل ، وفي حالاتها
النموذجية يكون قطرها الطولي صغيراً ، وقد يزداد حجمها كثيراً في حالة تخزين الماء .
وفي معظم أوراق نباتات ذات الفلقتين التي تنمو نمواً بطيئاً والتي لا تستطيل في أى اتجاه ،
تكون خلايا البشرة متساوية الأقطار ، أما في أوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة
وفي أعناق الأوراق وفي السوق ، وكذلك في كل الأعضاء النباتية التي تستطيل في نموها
تكون خلايا البشرة ذات شكل مستطيل . وقد تتكون البشرة من أكثر من نوع واحد
من الخلايا ، ففي النجيليات تظهر خلايا قزمية Dwarf Cells (شكل ٣١ — ب) على أبعاد
منتظمة بين خلايا البشرة .

ويعتبر الجدار الخارجى Outer Wall لخلية البشرة أهم أجزائها من الوجهة الفسيولوجية ، ويختلف عادة عن الجدر الأخرى في زيادة سمكه ، وفي بعض الصفات الكيميائية والطبيعية بسبب وجود مواد دهنية تسمى بالكيوتين Cutin ، كما قد توجد أيضاً مركبات ذات طبيعة شمعية . ويتكون الجدار الخارجى عادة من ثلاثة مناطق مميزة ، فالداخلية منها والمجاورة لفجوة الخلية تسمى بالطبقات السليوزية Cellulose Layers (شكل ٢٦ - ١) ، يليها الطبقات المكونة Cutinised Layers وتحتوى على نسب



(شكل ٢٦).

(١) خلايا بشرة نبات الصبار *Aloe* (ب) خلايا بشرة البصل *Allium cepa* — ك = كيوتين ، ط م = طبقات مكونة ، ط س = طبقات سليوزية ، (عن هابرلاندت)

مختلفة من الكيوتين ، أما الطبقة الخارجة للجدار فتحتوى على أكبر كمية من الكيوتين وتسمى الكيوتينكـل Cuticle وتكون طبقة رقيقة مستمرة على كل البشرة . ومن المعتاد وجود الكيوتينكـل والطبقات السليوزية ، أما الطبقات المكونة فيغلب عدم وجودها إذا كان الجدار الخارجى رقيقاً ، وربما لا توجد أيضاً في بعض حالات الجدر الخارجية السمكة (شكل ٢٦ - ب) . وفي حالة وجودها تكون مميزة تماماً عن الطبقات السليوزية الموجودة أسفلها ، وقد تكون منطقة تلامسها ، ملساء وقد تكون الطبقات المكونة أحياناً ذات عدة بروزات في كثير من مواضعها مكونة أسناناً دقيقة أو امتدادات مختلفة الاشكال كما يرى في بعض أنواع نبات الصبار *Aloe* ، حيث إنها تساعد في التحام هاتين الطبقتين معاً .

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

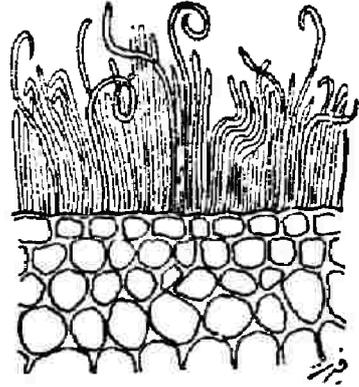
والجدر الخارجية لبشرة النباتات المائية تكون عادة رقيقة وأكثر سمكا عن الجدر القطرية والداخلية ، وأذا نقلت هذه النباتات من البيئة الموجودة بل فإنها سرعان ما تذبل وتجف . والجدر الخارجية لخلايا البشرة عموماً وعلاوة على وظائفها السابقة قد تساعد أيضاً فى منع البكتيريا وغيرها من الميكروبات المتطفلة من الوصول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

والجدر الخارجية لبشرة النبات التى تنمو فى المناطق الجافة كثيرة السمك والكوتة 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 الكوتة 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 مثلاً قصيرة العمر بخلاف الأوراق العادية الخضراء التى تبقى طول فصل النمو معرضة للتغيرات 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 كالنخس والبرقوق وعلى كثير من السوق والأوراق . وتكون هذه الأغطية على ثلاثة أشكال ، فى معظم الحالات تضاف على هيئة طبقة مكونة من حبيبات Granules دقيقة متزاحة ، كما فى أوراق وسوق النباتات النجيلية وخلافها . وقد تأخذ شكل طبقة

من العصى Rous يكون وضعها عمودياً على الكيوتيكل ، وهي عادة أكثر طولاً من خلايا البشرة ، وقد تمحى أطرافها أو تلتوى ، كما في الموز والكتنا ، وأكثرها طولاً يشاهد على عقد نبات القصب (شكل ٢٧) . وقد تكون على هيئة طبقة Stratum يختلف سمكها باختلاف النباتات ، فقد يكون سمكها مكرراً أو واحداً أو ٠,٣ مم وقد تصل إلى ٥ مم . ويقول De Bary إن المادة الشمعية لا تكون نتيجة تحورات كيميائية من الكيوتيكل أو الطبقات الأخرى من الجدار الخارجى ، بل هي نتيجة عملية إفرازية . وتساعد الأغشية الشمعية على عدم تبلل السطح الخارجى للنبات بقطرات المطر أو الندى ، كما قد تحاط كل فتحة ثغرية بحلقة من هذه المادة ، وقد توجد في بعض النباتات كطبقة زالقة تمنع النمل من الوصول إلى الغدد الرحيقية .

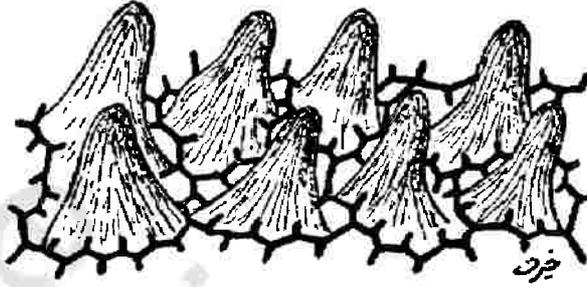


(شكل ٢٧)
غطاء من العصى الشمعية على احدى
عقد نبات القصب *Saccarum*
officinarum × ١٤٢ ،
(عن دى بارى)

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

ومعظم النباتات التي تنمو في الأماكن المشمسة تكون الأسطح العليا لأوراقها ناعمة براقه *Polished or Varnished* ، ومقدرة الكيوتيكل لانعكاس الضوء تحمي الأنسجة الداخلية من الضوء الزائد ، كما أنه إذا سقطت الأمطار على مثل هذه الشرات فإنها تنزلق عليها بسرعة وتتشرب مكونة غشاء رقيقاً سرعان ما يتبخر . وقد وجد Stahl في أسطح الأوراق القطيفية الملمس

Velvety في كثير من النباتات الاستوائية والأسطح العليا لبتلات كثير من الازهار مثل زهرة البنسيه *Viola tricolor* (شكل ٢٨) ، أن الجدار الخارجي لكل خلية من خلايا



(شكل ٢٨)

السطح العلوي لبشرة بتلة زهرة البنسيه $\times 250$ ،
(عن ستراسبرجر)

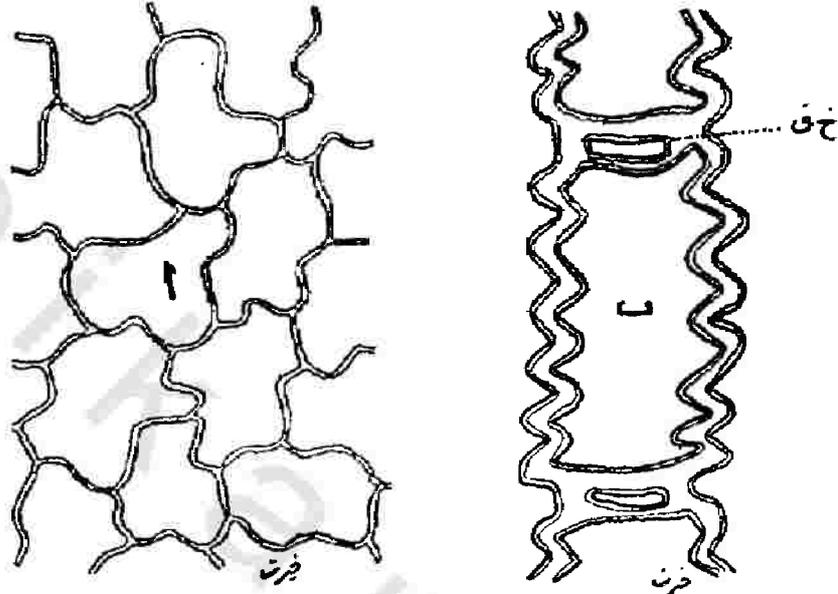
بشرتها يكون امتداداً حليماً
مخروطياً *Papilla* وإذا سقطت
قطرة من الماء على هذا السطح
القطيفي الملمس فإنها تنتشر وتبخر
بسرعة بالنسبة لشكل الشبكة المتكونة
من هذه الامتدادات والتعريجات
الطولية للكيوتيكول في كل امتداد.

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

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

ومن المهم ميكانيكياً أن تلتصق كل خلية من خلايا البشرة التصاقاً تاماً إلى ما يجاورها
من الخلايا ، ويحدث هذا بواسطة الجدر الجانبية التي تكون عادة متموجة حتى يزداد
بذلك سطح الاتصال بين الخلايا وبعضها (شكل ٢٩ — ١ ، ٢) ، فتظهر الخلية الفردية
ذات حافة مفصصة أو مسننة وتداخل هذه الأسطح مع بعضها كما يحدث للأجزاء
التي تتكون منها الجمجمة . وفي حالة أعضاء النبات المستطيلة كسوق وأوراق النجيليات
تكون خلايا البشرة مستطيلة الشكل ، وتوجد هذه التموجات على جدرها الطولية القطرية فقط

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



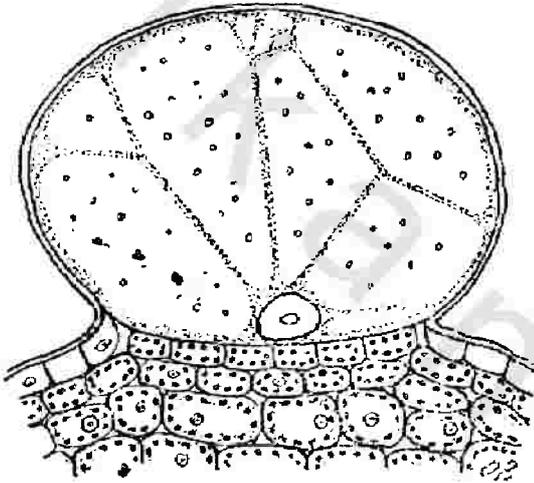
(شكل ٢٩)

(١) تموج كلبي في الجدر الجانبية . (ب) خلايا مستطيلة ذات جدر طولية جانبية متموجة . خ ق = خلية قزمية ، (عن فون هوهل)

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

أما الجدر الداخلى التماسية *Inner Tangential Walls* لخلايا البشرة فهي التى تصل خلاياها بما يوجد تحتها من الأنسجة . وهى عادة ملتصقة التصاقا تاما بالنسيج الميزوفلى للأوراق حتى أنه يصعب فصلها بدون أن تسرق 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 الداخلى 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 الفشاء الفروى بوظيفة تنسب إلى العصير الخلوى .

وتحتوى خلية البشرة النموذجية على بروتوبلاست حتى فى شكل طبقة سيتوبلازميه رقيقة خارجية توجد بها النوواة وتحيط بفجوة عصارية مملوءة فى المادة بصير 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 للنعور . وطبقات البشرة فى الأعضاء الخضرية لنبات وخصوصاً الأوراق ذات أهمية كما أن سطحها لاختران الماء ولحماية الأنسجة الداخلية من التلف فى حالة قلة وجوده .



(شكل ٣٠)

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

وفى النباتات الزيروفيتية وخصوصاً الصحراوى منها تزداد قابلية خلايا البشرة لاختران الماء ، فقد يكبر بعض هذه الخلايا فى الحجم بتمدد جدرانها الخارجية مكونة ما يسمى بالحوصلات المائية Water-Vesicles ، كما يشاهد على سوق وأوراق نبات الثلج (Ice-Plant) *Mesembryanthemum crystal- linum* (شكل ٣٠) . وتظهر مثل هذه الحوصلات المائية ، كما يذكر Volkens ، فى عدد من النباتات التى تنمو فى منطقة الصحراء الغربية فى مصر .

وقد تحتوى خلايا البشرة فى الأعضاء الخضرية على مادة ملونة ذائبة فى عصيرها الخلوى تسمى Anthocyanin ، وهى حمراء أرجوانية اللون أو زرقاء بنفسجية ، وقد تحمي 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 الاتوسيانين ، فالكوروبلاستيدات تحتاج لها يقيها أثناء الشتاء من التأثير الضار للضوء ، حيث أن الكوروفيل لا يتكون فى درجات الحرارة المنخفضة ، كما يلاحظ أيضاً

أن الاسطح السفلى في كثير من نباتات الظل تكون حمراء أو بنفسجية اللون . وقد تحتوي خلايا البشرة في بعض الاحيان على كميات من مادة التانين وخصوصاً في الاوراق التي 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 في 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 الپريدوم ، بل يحل محلها طبقات البشرة المتضاعفة . وطبقة تحت البشرة Hypoderm تظهر في مقطعها العرضي مماثلة للبشرة العادية في شكل خلاياها ، وفي محتوياتها العديمة اللون ، وفي سمك جدرها الجانبية والداخلية ، وهذه الطبقة تشبه البشرة في كونها نسيج خارجي مخزن للماء . وقد تشبه الجدر الداخلية المغلظة المرأيا 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 ، التي تخصص بهذه الوظيفة فاعدا الطبقة الخارجية منها . ويختلف عدد الطبقات في البشرة المتضاعفة باختلاف النباتات المتكونة بها فقد تصل أحياناً إلى ١٢ طبقة ، وتوجد عادة في أوراق بعض العائلات النباتية مثل PIPERACEAE و MORACEAE و BIGNONIACEAE .

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

ويظهر الشكل النموذجي لتكوين البشرة المتضاعفة في ورقة نبات *Ficus elastica* (Rubber Plant). وقد وجد Meyen أنه أثناء تكوينها في هذا النبات فإن بعض خلايا البشرة الأصلية لا يحدث بها انقسام تماسي ولكنها بدلا عن ذلك تمتد امتداداً كبيراً في اتجاه رأسى بين خلايا النسيج العماوى (شكل ١٧ - ٢)، وفي هذه الأثناء يتكون امتداد سليلوزى من جدار البشرة الخارجى نحو فراغ الخلية تتراكم عليه مادة كربونات الكالسيوم مكونة ما يسمى بالحوصلة الحجرية كما سبق ذكره. وتكون الخلايا الخارجية للبشرة المتضاعفة في 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 في معظم النباتات نسبة معينة من خلايا البشرة الحديثة في حالة فردية أو في مجاميع لتكون زوائد وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا ذات أشكال مختلفة تسمى Hairs أو Trichomes. وهذه النموات الخارجية للبشرة بينما تتخذ في معظم الأحوال شكل الشعيرات فقد توجد على أشكال أخرى كالخراشيف Scales والنموات المتصلبة أو الأشواك Prickles والحوصلات Vesicles (Bladders) والغدد.

وقد لا توجد هذه الزوائد في 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 فإن أصلها يعود أساسياً إلى النحور في تكوين إحدى خلايا البشرة (الدرماتوجين). وقد تكون في هيئة أغطية واقية على الأعضاء الحديثة النمو في النبات كالأوراق، بينما لا توجد على الأعضاء البالغة إطلاقاً. وهى تحتوى عادة على البروتوبلاست الحى كما قد تتكون من خلايا ميتة، ويرجع الاختلاف في تكوين جدر خلاياها إلى وظائفها الفسولة حة.

ومما يجدر ذكره التفرقة مورفولوجياً وتشريحياً بين الزوائد التي تتكون أساسياً من البشرة وبين البروزات Emergences التي تتكون من طبقة واحدة أو عدة طبقات من الخلايا الموجودة أسفل البشرة علاوة على طبقة البشرة التي تحيط بها، ومثال ذلك الأشواك Thorns التي توجد على سوق وأعناق نبات الورد، وكذلك الأشواك الدقيقة الموجودة على عقد نبات التين الشوكي *Opuntia Ficus indica* والتي تتجه

فيها خلايا البشرة إلى أسفل على شكل تنوءات خطافية (شكل ٣١). وتقوم أشواك الورد المنحنية إلى أسفل بمساعدة النبات على التسلق، كما تحمي أشواك التين الشوكي النبات من الحيوانات الضارة. وتتكون مثل هذه الأشواك من حزمة من الخلايا الاسكرنشمية ذات جدر سمكية عديدة النقر ويتكون غطاؤها الخارجي من خلايا البشرة ذات الفراغات الداخلية المتسعة. أما اللون البني لهذه الأشواك فيرجع إلى مواد ملونة مترسبة على أغشية الفراغات الداخلية للخلايا الاسكرنشمية.



(شكل ٣١)

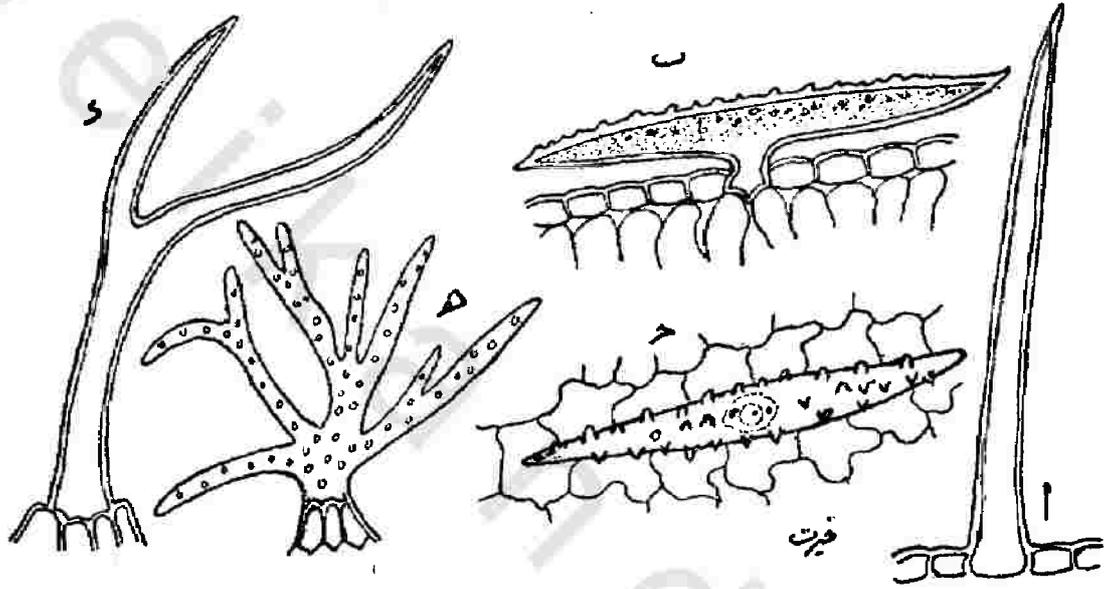
رسم تخطيطي لأحدى الأشواك
الدقيقة الموجودة على عقد
التين الشوكي

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

(أولاً) الشعيرات Hairs :

١ — الشعيرات وحيدة الخلية The Unicellular Hairs : وهي 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 في CAMPANULACEAE و CRUCIFERAE (شكل ٣٢ - ١)، غير أنها في العائلة الثانية قد تتشعب Forked (شكل ٣٢ - ٢) أو تتفرع Branched (شكل ٣٢ - ٣) هـ

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 تنوعات مكونة من مادة كربونات الكالسيوم (شكل ٣٢ - ب، ح) . وبدخل تحت



(شكل ٣٢)

- شعيرات وحيدة الخلية . (ا) مدنية . (ب) ذات ذراعين فى منظر جانبي .
- (ح) ذات ذراعين فى منظر سطحي . (د) متشعبة فى شكل شوكة .
- (هـ) متفرعة ، . (عن سوليدر)

هذا النوع من الزوائد الوحيدة الخلية الامتدادات الخارجية القصيرة المخروطية الشكل لجدر خلايا البشرة والتي تسمى بالحلمات Papillae وتعطى اللمس القطني 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 والتي 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 أو الجدر المتكونة الجزء القاعدى ويسمى Foot (وهذا يبقى راقداً بين خلايا البشرة)

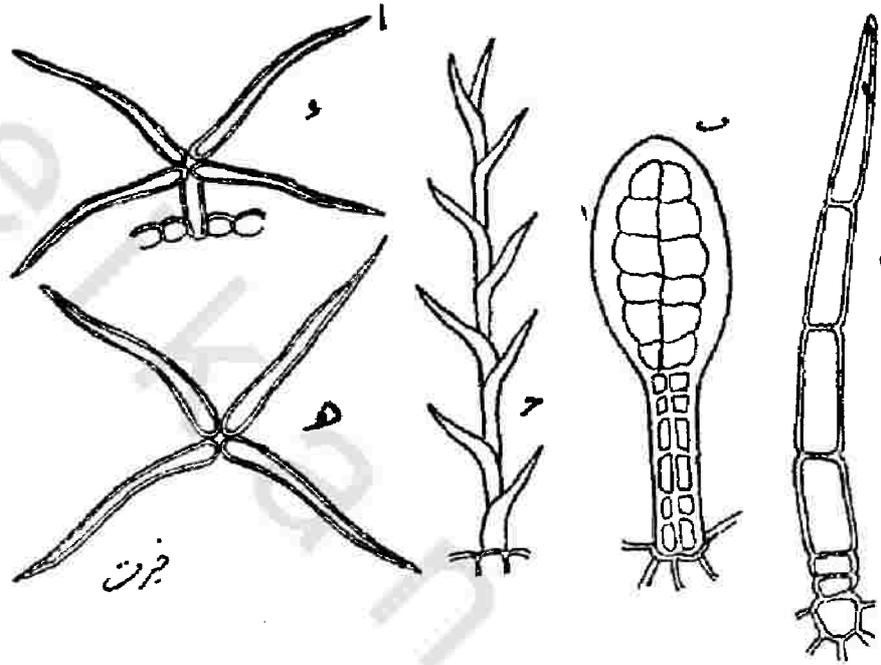
عن جسم الشعيرة Body . وقد تبقى القاعدة في مستوى باقى خلايا البشرة ، أو قد تكون غائرة لحد ما ، وقد تكون مرفوعة إلى أعلى على امتداد مكون من النسيج الموجود تحت البشرة . والشعيرات المائلة تزود عادة بوسادة عند القاعدة تساعد على توجيهها ، وهذه تتكون من عدد من الخلايا الموجودة أسفل البشرة . ومثل هذه الشعيرات المائلة إذا كانت صلبة ، تمنع الحيوانات الصغيرة من الزحف على سطح العضو الموجود عليه . أما الخلايا التي تحيط بقاعدة الشعيرة فإنها 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 بالخلايا بوظائف متنوعة ، فقد تكون ماصة للماء أو مفرزة له كما فى حالة الشعيرات الغدية ، وقد تكون بشكل الباراشوت لتساعد البذور على الانتثار ، وإذا كانت غطاء كشيافاً على سطح النبات فإنها تقلل من نشاط تبخر الماء ، كما قد تساعد على انعكاس الضوء الشديد ، وفى حالات الاوراق الصغيرة فإنها تحمى الجهاز الكوروفلى 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 فإنها تكون غطاء حريرياً Silky أما إذا كانت غير منتظمة الوضع متداخلة وملتفة مع بعضها كانت غطاء ورياً Woolly .

وبوجد هذا النوع من الشعيرات على أشكال متعددة ، فقد تكون غير متفرعة Unbranched ذات قمة مدببة ومكونة من سلسلة رأسية من الخلايا Uniseriate (شكل ٣٣ - ١) ، وقد تكون ذات رؤوس غدبية Glandular فى أشكال متباينة (شكل ٣٣ - ٢) ويرى هذين النوعين على السطح الخارجى لعنق نبات الجرانيوم .

ومنها ما يكون متفرعا Branched ، ويتكون من محور رئيسى Main Axis عديد الخلايا تخرج منه عدة أفرع (وحيدة الخلية أو ثنائية الخلايا Bicellular) تتناظر مع ساق النبات فى خروج هذه الأفرع من مواضع العقد (شكل ٣٣ - ٣) ، ويسمى هذا النوع من الشعيرات Mullein Hairs .

وهناك نوع آخر من الشعيرات المتفرعة ويسمى Stellate Hairs وهو من الأشكال المعتاد مشاهدتها في نباتات العائلة الجبازية وفي بعض الأجناس الأخرى . ويرى هذا النوع من الشعيرات على السطح السفلي لأوراق نبات البديا *Buddleya* مكونا من محور



(شكل ٣٣)

شعيرات عديدة الخلايا (ا) غير متفرعة مدببة . (ب) غدية . (ج) غدية . (د) Mulllein Hair . (هـ) Stellate Hair في منظر جانبي . (و) Stellate Hair في منظر سطحي ، (عن سوليدر)

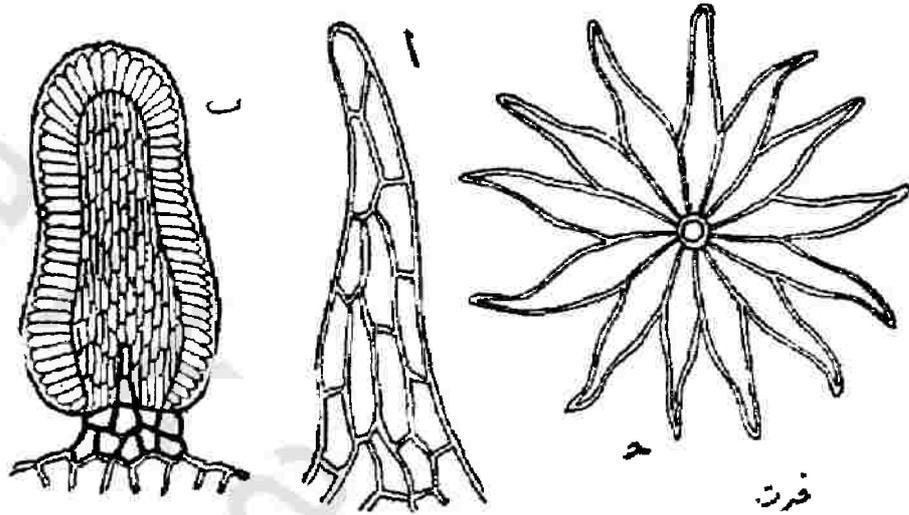
رئيسي (وحيد الخلية أو عديد الخلايا) يحمل عدة أذرع أو تفرعات تتشعب قطريا عند قته (وقد تكون وحيدة الخلية أو ثنائية الخلايا) ، (شكل ٣٣ - د ، هـ) .

(ثانياً) الشعيرات الشاحية Shaggy Hairs :

قد تكون الشعيرات العديدة الخلايا في بعض الحالات من عدة صفوف طولية وعرضية Multiseriate وتسمى Shaggy Hairs ، وهي على أشكال مختلفة ، وتكون كل منها من قاعدة قصيرة عديدة الخلايا (وهي متساوية الأقطار) غائرة عادة بين خلايا البشرة (شكل ٣٤ - ا) ، وتُشاهد بكثرة على ساق نبات الكوفيا *Cuphea* ، وتكون الخلايا متزاخمة عند القاعدة (بعكس القمة) كما تحتوي على مادة الأثوسيانين الملونة وتعطي سطح النبات ملمساً أشعثاً خشناً .

(ثالثاً) الكولليترز Colleters :

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



(شكل ٣٤)

(أ) Shaggy Hair . (ب) Colleter . (ج) Peltate Hair (عن سولبدر)

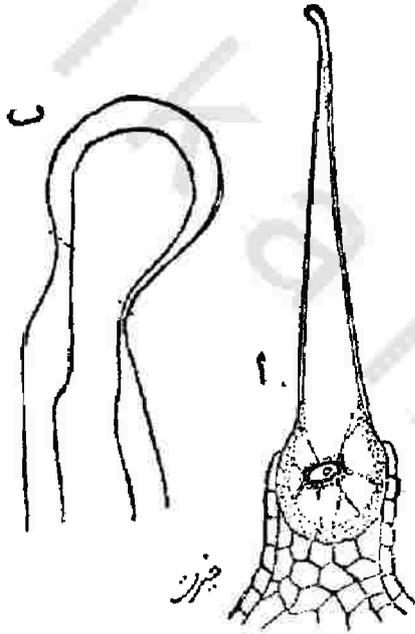
الداخلي من شريط مكون من عدة صفوف من الخلايا المستطيلة ، تحاط من الخارج بطبقة من الخلايا الافرازية الشبه عمادية في وضع عمودي على المنطقة الوسطية . ولهذا النوع من الزوائد عنق قصير عديد الخلايا (شكل ٣٤ - ب) ، وتفرز عادة المواد الغروية والراتجية .

(رابعاً) الحراشيف Scales :

وتسمى أيضاً بالشعيرات الدرعية Peltate Hairs ، وتوجد في مواضع كثيرة على النبات ، على السوق الحديثة والبراعم والأسطح السفلية للأوراق وخصوصاً في العائلات OLERACEAE و ELEAGNACEAE . وهي زوائد منبسطة الشكل ، وقد تكون متصلة بالبشرة من جانب واحد (كما في النباتات السرخسية وتسمى Paleae) . والشكل الدرعي النموذجي يتكون من حامل مركزي قصير Central Stalk يحمل شكل صفحة منبسطة تتكون من الخلايا الوحيدة المتفرعة قطريا من المركز (شكل ٣٤ - ج) .

(خامساً) الشعيرات اللاذعة Stinging Hairs :

قد تحتوي بعض أنواع الشعيرات الواقية على مواد سامة يرجع تأثيرها الى تركيبها الكيماوى 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 ، وينغرس جزؤها السفلى البصلى أو الحوصلى فى امتداد كاسى الشكل ، وجدها سميكة لامعة ما عدا



(شكل ٣٥)

(١) شعيرة لاذعة (ب) منطقة الاتصال
بين الرأس والطرف ، (عن هابرلاندت)

الجزء البصلى وتحتوى على مادة السليكا أو الكلسيوم وقد تكون ملجئة. وتتمى الشعيرة برأس مستديرة أو بيضية دقيقة تفصل لأقل لمسة تاركة وراءها طرفا مفتوحاً ينفرس بسهولة فى جسم الحيوان المهاجم . وهى ذات وضع مائل كما أن جدها غير منتظمة السمك ففى رقيقة جداً عند موضع اتصالها بطرف الشعيرة (شكل ٣٥) . وتوجد المادة السامة فى وضع جانبي على مسافة بسيطة من القمة ، ويقال انها مكونة من حامض الفورميك غير أنها قد تكون مكونة من مواد

اليومينودية تشبه الأنزيمات على هيئة محلول فى عصارة الخلية ، وبمجرد انفصال رأس الشعيرة ينفرس الطرف المدبب فى جسم الحيوان ثم يحقن بقطرة تدفع من هذا الطرف إلى الخارج .

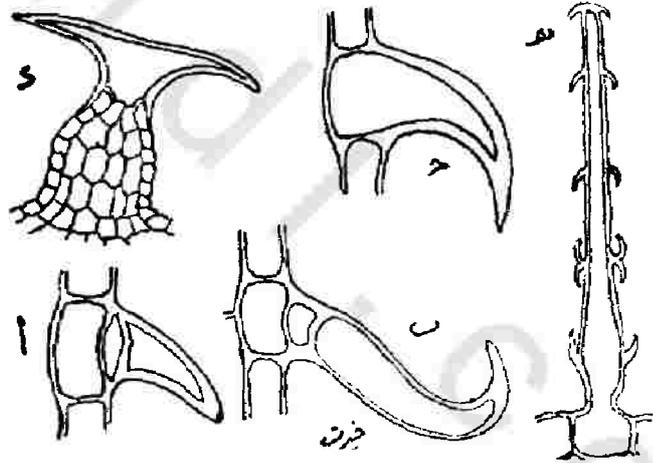
وقد أثبت كل من Emmelin و Feldberg فى أبحاثهما الحديثة احتواء السائل الموجود فى الشعيرات اللاذعة على كل من مادتي Histamine و Acetylcholine ، مما يدل على مشابهة الأنسجة النباتية لكل من أنسجة الانسان والحيوان فى وجود هاتين المادتين .

(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 الميكانيكي غير أنه يستحسن ضمها إلى الجهاز الضام ، وهي على أشكال متعددة منها :

١ - الشعيرات المتسلقة Climbing Hairs : وتوجد على سوق النباتات المتسلقة أو المتلفة في وضع مائل الى أسفل يمنع هذه السوق من الانزلاق على الحوامل الموجودة عليها ، كما في *Apios tuberosa* (شكل ٣٦ - ١) . وقد تتجه نحو قاعدة الساق الا أن أطرافها تكون منحنية الى أعلى أو إلى الجانبين ، كما في *Phaseolus vulgaris* و *Phaseolus multiflorus* (شكل ٣٦ - ٢) ، غير أن هذه الشعيرات بدلا من أن تكون ثابتة تماما على

السوق تكون قابلة للثني وبذلك يسهل على الأطراف الحطافية الالتفاف والاتجاه في عدة جهات . وأبسط أنواع هذه الشعيرات ما كان مكونا من خلية واحدة ذات قمة حادة مدببة ومنحنية الى أسفل ، ويزداد جدار الخلية في السمك نحو



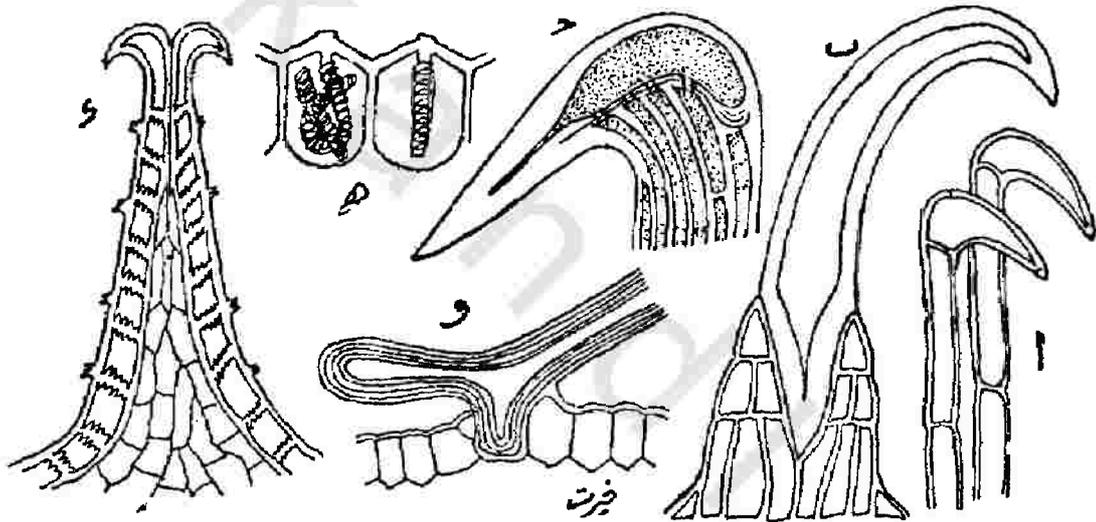
(شكل ٣٦)

الأشكال المختلفة للشعيرات المتسلقة ، (عن هايرلانديت)

الطرف المدبب ، كما في *Galium aparine* (شكل ٣٦ - ٣) . وقد تتكون الشعيرة من امتداد عديد الخلايا تستطيل قمته بشكل ذراعين حادين مائلين ، كما في حشيشة الدينار *Humulus lupulus* (شكل ٣٦ - ٤) . وفي نباتات العائلة LOASACEAE يحيط بالشعيرة الوحيدة الخلية عدة حلقات من التواءات الدقيقة الحادة ، وتنشأ هذه

البروزات من جدار الخلية وتتكون من المواد الكلسية عند تمام تكوينها (شكل ٣٦ - هـ) .

٢ - الشعيرات الهليية Anchoring Hairs : أول من شاهد هذا النوع من الشعيرات هو Karsten ، وهي تخدم في تثبيت البادرات في الطمي عند سقوطها من الأشجار، وتوجد منتشرة على السويقة الجنينية السفلى كما في *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)

(١) شعيرات هليية. (ب ، هـ ، د ، س) زوائد خطافية أو مخليية . (هـ) خليتان من البشرة تحويان الحيوط الفروية . (و) المنطقة القاعدية من شعيرة قانصة ، (عن هارلانديت و KLEBS)

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

٣ — الزوائد الحطافية أو الخلية Hook or Claw-Shaped Trichomes :

وهي ذات أهمية في مساعدة بذور الثمار على الانتثار حيث تثبت هذه الزوائد نفسها في فراء الحيوانات أو ريش الطيور . وتشابه كل هذه الزوائد في سمك جدر خلاياها كما قد تكون أحيانا من خلايا اسكرنشمية . ففي نبات *Circaea lutetiana* تساعد الشعيرات الخلية الوحيدة الخلية ذات الجدر السميك في انتثار الثمار ، كما توجد أيضا على إنب زهرة نبات *Lappago racemosa* التابع للعائلة النجيلية ، وترى قاعدة الشعيرة منغمسة في نسيج عديد الخلايا كالمسكوك (شكل ٣٧ - ٤) . وتغطي الثمار في نبات *Caucalis daucoides* التابع للعائلة الخيمية بعدد من الخالب الحطافية 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 1 (شكل ٣٧ - ٥) ، وهي ذات جدار سميك وقمة حادة مديبة وفجوة مخزلة ضيقة . ويوجد على ثمار نبات *Cynoglossum cheirifolium* امتدادات مخروطية الشكل وترى الجدر الفطرية لخلايا البشرة المحيطة بها كثيرة التعارج ، كما يوجد على جدر خلايا البشرة الخارجية بروزات مستنة مما يزيد خشونة السطح الخارجي لهذه الامتدادات . وينتهي كل امتداد بمجموعة مكونة من ٤ - ٦ خلايا من البشرة ذات جدر سميك وقواعد مستطيلة وأطراف قصيرة حادة منحنية الى أسفل (شكل ٣٧ - ٥) .

٤ — الأقراص اللاصقة Adhesive Discs : قد تعتمد بعض الأعضاء النباتية

في تثبيت نفسها بالدعامات أو الجدران على الأقراص المثبتة بدلا من الزوائد الحطافية ، وهذه توجد في محاليق عدة أنواع لجنس *Ampelopsis* . وتلتصق هذه الأقراص بإفراز مادة غروية بالنسبة للطبيعة الغروية للجدر الخارجية لخلايا البشرة ، كما تفرز هذه المادة أيضا من الفراغ الداخلي للخلايا . وتثبت كثير من النباتات الفطرية نفسها على سطح عائلها بهذه الطريقة قبل تكوين ماصاتها .

٥ — الشعيرات الغروية Mucilage Hairs : يرجع تثبيت كثير من البذور

والثمار بالتربة إلى طبقات غروية خاصة ذات علاقة أيضا بتخزين الماء . وتغطي قصرات

بذور نبات *Reullia strepens* بشعيرات غروية يتكون جدار كل منها من عدد من الطبقات التي تنتفخ في وجود الماء ، وتكون هذه الشعيرات في الحالة الجافة ملاصقة لسطح القصرة ثم تتخذ تدريجياً وضعاً قائماً بعد امتصاصها للماء وتلتف في نفس الوقت في اتجاهات متعددة . وقد شاهد Kiärksou نوعاً مميزاً في قصرات بذور عدة نباتات تابعة للعائلة LYTHACEAE ، ولا يعتبر هذا النوع أحد زوائد البشرة من الوجهة المورفولوجية ، ففي نبات *Cuphea viscosissima* تحتوي كل من خلايا بشرة قصرات البذور الجافة على امتداد خيطي حلزوني غير منتظم الالتفاف يبرز من جدار الخلية الخارجى إلى الداخل حيث يملأ الفراغ الداخلى تقريباً (شكل ٣٧ — هـ) ، وفي وجود الماء يفصل الجزء الدائرى من جدار خلية البشرة الخارجى من أحد جوانبه مشابهاً الغطاء بينما يمتد الخيط جهة الخارج مكوناً الشعيرة الغروية . ويتكون جدار هذه الشعيرة من غشاء خارجى بينما تكون المحتويات التي انتفخت غطاء غروياً خارجياً ، وبامتداد الخيط من الداخل إلى الخارج تستقيم التفافاته الحلزونية .

٦ — الشعيرات قانصة الحشرات القارضة Eel-Trap Hairs : يرى هذا النوع من الشعيرات في 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 حجماً وذات قاعدة مستطيلة . وتوجد مثل هذه الشعيرات على ساق نبات *Biophytum proliferum* أسفل قواعد الأوراق السوارية في شكل حلقة كثيفة متزاحمة غير منتظمة الوضع وتوجه جميعها إلى أسفل ، ويبلغ طول كل شعيرة حوالى ٣ مم ، وتتكون من خلية فردية ذات جدار سميك ملجنن تنغمس قاعدتها في نسيج الساق وخلاياه سميكة الجدر ويتخللها عدد من النقر ، ويوجد أعلى القاعدة امتداد ذو جدار سميك ينحني خلفياً على سطح الساق (شكل ٣٧ — و) ، فإذا دفعت إحدى الحشرات الزاحفة على الساق إحدى هذه الشعيرات إلى أعلى فإن 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 .

(سابقاً) الشعيرات والأجنحة الطائرة Flying Hairs and Wings :

تزود البذور والثمار التي تنتثر بواسطة الهواء إما بزوائد مملوءة بالهواء أو بصفايح رقيقة من نسيج يسمى بالأجنحة . وقد تغطي الشعيرات الطائرة جميع السطح الخارجي للبذرة كما في جنس *Gossypium* . أما في أجناس *Salix* و *Populus* و *Epilobium* و *Asclepias* فإنها تكون خصلة طرفية تشبه الباراشوت ، ويمثل الكأس الزغبي في ثمار العائلة المركبة هذا الوضع الأخير . وعادة توجد الشعيرات الطائرة بعدد كبير غير أنها قد لا تزيد عن ثلاث شعيرات في البذور الخفيفة جداً كما في *Aeschynanthus* .

وتتكون الشعيرة الطائرة النموذجية من خلية واحدة يختلف حجمها ، ففي القطن يكون طولها ما بين ٢ — ٦ سم ، أما ميلانها في نباتات العائلة المركبة فتكون عديدة الخلايا في نظام ريشي مختلف الأشكال . وقد تتشابك الشعيرات التي تكون الكأس الزغبي في نبات *Tragopogon orientale* في شكل شبكي يشبه نسيج العنكبوت يمتد من جانب واحد ، أو تتلاصق على كل من حافتي الريشة المتصلة في نبات *Centaurea calcephala* مكونة غشاء متصلاً .

وتمتاز الشعيرات الطائرة بحفها ومنايتها ، وهي ذات جدر متوسطة السمك قابلة الامتداد ، وتحمل شعيرة القطن حتى تنقطع ثقلاً مقداره $\frac{1}{10}$ من الجرام ، وهي مماثل في قوتها خلايا الألياف .

وقد تتكون الأنسجة الطائرة للبذور المجنحة من طبقة فردية من خلايا البشرة تمتد من الكربة الحرشية كما في *Cedrus libani* ، وقد تتكون المناطق الأكثر سمكاً من الأجنحة من طبقتين أو ثلاثة من خلايا تحت البشرة علاوة على طبقة البشرة .

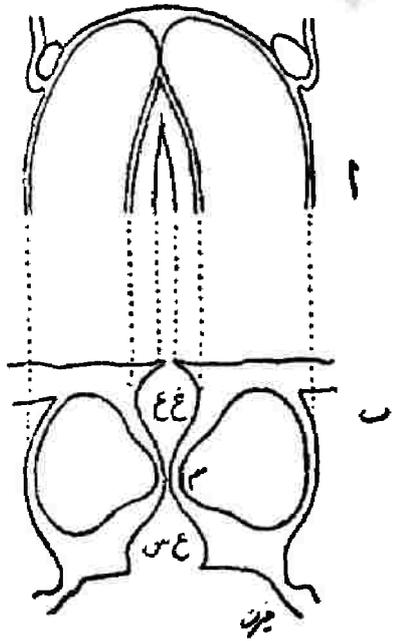
٤ — الثغور Stomata

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

ولكل ثغر عاى القدرة على الامتداد والانكماش والافتتاح والانقغال ، ولذلك كانت الثغور ذات قدرة على تنظيم تبادل الغازات بحسب حاجة النبات . وتختص الخلايا الحارسة بذلك فهي التي تنظم حجم الفتحة الثغرية عند انفتاحها أو انقغالها .

والخليتين الحارستين الكلوئتي الشكل تجاور كل منهما الاخرى ويفصلهما عند أطرافهما فاصل رقيق ، ويزيد الوجه الداخلى (الباطنى) لكل منهما وهو الجانب القريب



(شكل ٣٨)

- (١) منظر - طحى للثغر .
 (ب) قطاع طولى فى الثغر .
 ع = غرفة عليا ، س =
 غرفة سفلى ، م = ممر .

من الفتحة فى متوسط سمكة عن الوجه الخارجى (الظهري) ، وهو مزود بامتدادين سميكين مكوتين فى كل من حافته العليا والسفلى يظهران فى القطاع الطولى كقرنين أو منقارين مديين ، يتقوسان حول غرفتين ، العليا منهما تسمى Front Cavity والسفلى Back Cavity وتصل 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 .

وتتميز الخلايا الحارسة باحتوائها على البلاستيدات الخضراء التي تشتمل على كمية كبيرة من النشا وكذلك بوجود البروتوبلاست والنواة راقدة قرب

الوسط وخصوصاً فى الخلايا الحديثة . وتفتح فتحة الثغر أو تقفل بسبب الزيادة الكبيرة أو النقص فى تقوس الخلايا الحارسة ومن هذا يحدث الاختلاف فى اتساع هذه الفتحة .

وتحدث هذه التغييرات في الخلايا الحارسة نفسها حيث يرجع انفتاح الفتحة أو انقلاها إلى التغير في شكل وحجم خلاياها بالنسبة للاختلاف في سمك ومرونة جدرانها واتصالها الجانبي .

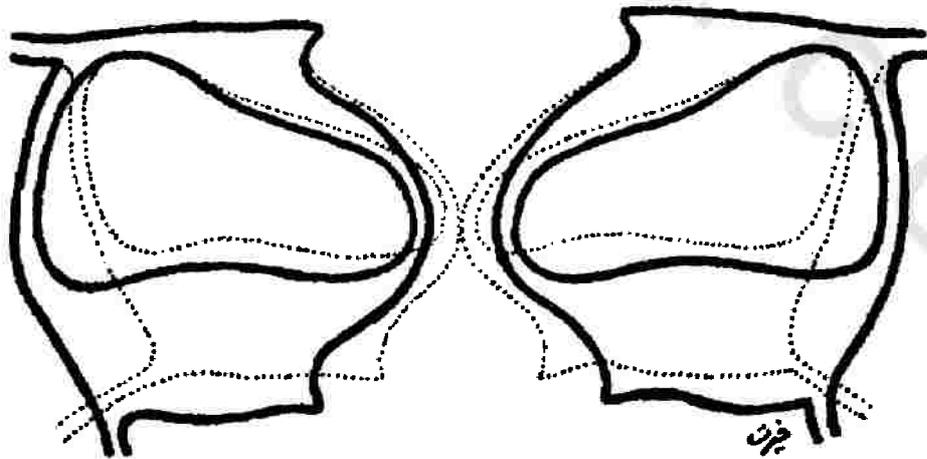
وقد تكون جدران الخلايا الحارسة منتظمة السمك في كل جهاتها كما في كثير من نباتات ذات الفلقتين وبذلك يقل حجم الفجوات ، وقد تتحور هذه الخلايا بشكل Dum-bell كما في نفور نباتات GRAMINEAE و CYPERACEAE ، وبذلك تصير فجواتها ضيقة مستطيلة ، على أن الخلايا الحارسة مهما اختلفت أشكالها فإنها تتفق في ازدياد اتساعها عند انفتاح الفتحات . وتؤدي الغرفة السفلى لكل نغر إلى مساحة هوائية متسعة تتصل في أماكن عديدة بجهاز التهوية وتسمى بالغرفة الهوائية أو التنفسية . وفي حالة وجود النفور في صفوف طولية كما في معظم أوراق النباتات النجيلية وأوراق النباتات المخروطية تتصل الغرف الهوائية لتكون ممراً مستمراً . ويحيط بالمنطقة السفلية لكل نغر عادة زوج من خلايا كلورنسيمية طويلة مقوسة الشكل تتقابل على الجانب الداخلي للمر الهوائي . أما إذا كانت النفور منتثرة بدون نظام فيحيط بكل غرفة هوائية مجموعة مكونة من ثلاثة أو أربعة خلايا ممثلة ضوئية منحنية تماسياً ، وقد يحيط بها مجموعة من الاستيريدز الواقية ذات جدر ملجننة . وتوجد النفور في كل الأجزاء النباتية الخضراء المعرضة للهواء ، وقد توجد أحياناً في الأوراق الزهرية الملونة ، غير أنها توجد بكيات كبيرة في الأوراق لتسهل مرور الغازات الهامة في عملية التنفس .

ولما كانت الجدر الخلوية للنباتات الحية تحتوي على نسبة كبيرة من الماء ، تغطي الأسطح الخارجية للنبات عادة بالكيوتيكل والشمع والفلاين لحمايته من الزيادة في فقدان الماء . وإذا كان الكيوتيكل رقيقاً مع اتساع مساحة السطح المعرض ازداد تبخر الماء ، ولذلك كانت الأوراق بالنسبة لانبساطها أكثر اختصاصاً بعمليات التنح ، وعلى ذلك فإن النفور العديدة الموجودة بها علاوة على قيامها بمرور الغازات تشارك في تنظيم عملية التنح وفي تسهيل خروج بخار الماء فتعطي الفرصة بهذه الحركة المستمرة على قيام الجذور بامتصاص المياه من التربة وتوصيلها إلى السوق ثم إلى الأوراق حيث تبخر هناك من فتحات النفور . والفتحات الثغرية صغيرة الحجم جداً لا تسمح للأتربة والمياه بالدخول إلى جسم النبات .

وكية بخار الماء الموجودة جهة السطح السفلى للورقة أكثر منها جهة السطح العلوى لها ، ويرجع هذا إلى عدم الانتظام في توزيع الثغور على كل من سطحي الورقة فقد توجد معظم الثغور أو كلها في أكثر الأوراق على السطح السفلى ، وفي مثل هذه الحالات يحدث النتج في السطح العلوى عن طريق الكيوتين .

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

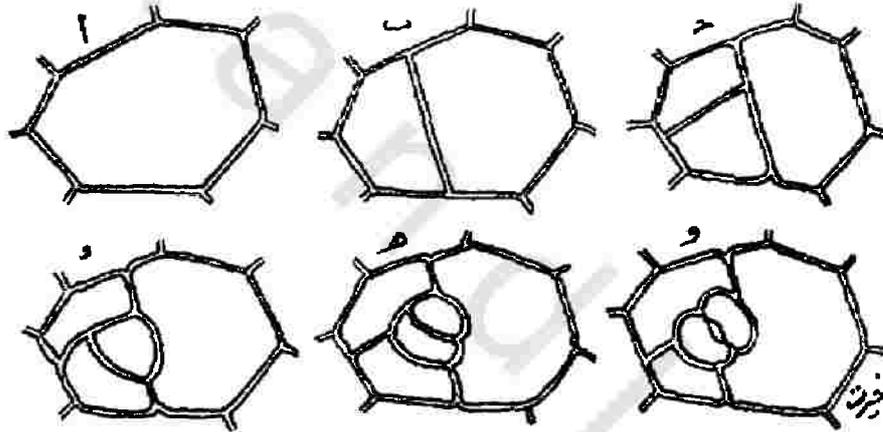
ويرجع افتتاح الثغور إلى الجهاز الكلوروفيللى في الخلايا الحارسة بالنسبة للنشاط الأزموزى لمحتوياته ، فحبيبات النشا تمثل مواداً صلبة مختزنة تتحول بسهولة إلى مواد سائلة سكرية غالباً وذات صفات أوزموزية . وتحتوى الخلايا الحارسة على عصير خلوى غنى بالسكر وبذلك يفتح الثغر وينقل تبعاً للضغط الاتفاخى الداخلى للعصير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



(شكل ٣٩)

رسم تخطيطى يبين الثغر أثناء انفتاحه (خط سميك) وأثناء انقضاله (خط منقط) ،
(عن SACHS)

ويتكون الثغر (شكل ٤٠) : بانقسام خلية من خلايا البشرة الحديثة (١) إلى خلتين غير متساويتى الحجم (ب) ، والصغيرة منهما أكثر احتواءً على السيتوبلازم وتكون الخلية الأمية للثغر ، بينما الأكبر حجماً أقل احتواءً على السيتوبلازم وتبقى كخلية من خلايا البشرة . (ج) تصبح خلية الثغر الأمية إهليلجية الشكل وتقسم بجدار رأسى إلى خلتين . (د) تبقى إحداها كما هي بينما تنقسم الثانية إلى خلتين . (هـ) تنقسم إحدى الخلتين الناتجتين إلى اثنتين تكوّنان الخلتان الحارستان . (و) يفصل جدار كل من الخلتين الحارستين لتكوّن فتحة الثغر . وقبل تكوّن الخلية الأمية للثغر تحدث عادة عدة انقسامات متتالية في خلية البشرة الحديثة ينتج عنها ما يسمى بالخلايا المساعدة .



(شكل ٤٠)

رسم تخطيطى يبين خطوات تكوّن الثغر ، (عن SMALL)

وتوجد الثغور عادة في مستوى باقى خلايا البشرة المحيطة بها وقد يكون وضعها غائراً Sunken Stomata كما يلاحظ في النباتات الزيروفيتية التي تنمو في المناطق الجافة ، فتظهر هذه الثغور في مستوى منخفض عن باقى خلايا البشرة في قاع انخفاض قعبي 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 حجماً ، وخلاياها الحارسة

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

وقد تزود سوق وأوراق النباتات المائية المعمورة بما يشبه الثغور وتعتبر ثغوراً أثرية متحورة تبقى امتداداتها الخارجية ملتحمة وخلاياها الحارسة متصلة اتصالاً 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 كتنوعات دقيقة متجهة الى أسفل .

٥ - الطبقة السطحية للجذيرات الحديثة Piliferous Layer

ترى هذه الطبقة في مناطق سطحية خاصة في الجذيرات الحديثة وتبدأ قريبة خلف قممها النامية وتنتهي على مسافات تختلف بالنسبة لها . وهي طبقة فردية من الخلايا السطحية تعتبر بشرة من الوجهة المورفولوجية وتسمى (*Piliferous Layer (Zone)* ، وهي التي تتكون منها الشعيرات الجذرية *Root Hairs* . ولما كانت هذه الطبقة تمثل النسيج الماص للجذور فهي علاوة على أنها تتبع الجهاز الضام تضاف أساسياً للجهاز الماص^(١) .

ثانياً - الپريدرم Periderm

إذا بلغ العضو عمراً معيناً فإن البشرة لا تبقى لوقايتها لسببين ، أولهما رقة هذه الطبقة وعدم صلاحيتها لحماية الأعضاء التي ازداد حجمها كأفرع النباتات الخشبية ، وثانيهما أن البشرة تكون غير قادرة على البقاء كما هي الى جانب الزيادة المستمرة في سمك الأعضاء الرئيسية ولذلك سرعان ما تتمزق . فاذا كان من اللازم أن يبقى العضو الذي يزداد

(١) راجع وصفها بالتفصيل في باب الجهاز الماص .

في السمك مغلفاً بغطاء واق فلا بد أن يستعاض عن البشرة بنسيج سطحي أكثر متانة وتحملاً ، وهو الپريدرم Periderm . ويعتبر نسيجاً ضاماً ثانوياً يتكون من نوعين من الأنسجة المختلفة أحدهما وهو الفلين Phellem أو Cork وهو نسيج دائم يحمي ما تحته من الطبقات من التبخر الزائد والأضرار الميكانيكية ، والآخر وهو الفلوجين Phellogen أو الكيوم الفليني وهو عبارة عن طبقة مرستيمية مسئولة عن تكوين خلايا الفلين الميتة .

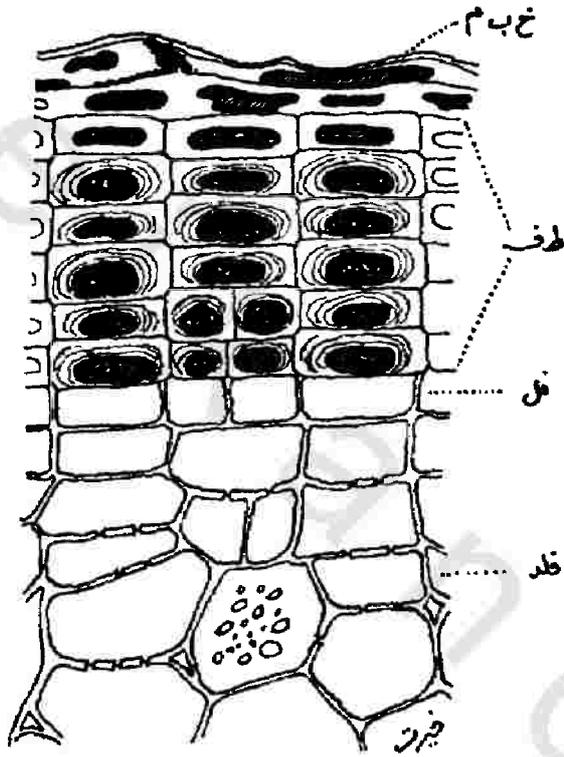
١ - الفلين Cork

يتكون الفلين من خلايا منشورية أو أنبوبية الشكل ذات جدر طرفية مكونة من ٤ — ٦ جوانب ، وقد تكون جدر الخلايا رقيقة وقد يقل أو يزداد سمكها وفي كل هذه الحالات ينتظم سمكها في كل جهاتها ، وقد تكون الجدر الخارجية والداخلية أكثر سمكاً من باقى الجدر كما في بعض النباتات مثل الصفصاف *Salix* . وقد لاحظ De Bary أن الجدار الذى يفصل خليتين من خلايا الفلين يتكون من خمس طبقات مميزة ، فالسطح الداخلى لكل من الجانبين يتكون من طبقة سليوزية تملجن أحيانا ، يليها على كل من الجانبين طبقة مسورة 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 سليوز غير متغير . وفي حالة رقة الجدار قد تتغيب الطبقات السليوزية الداخلية وبذلك يكون كل الجدار مسوراً ما عدا المنطقة المركزية .

والطبقات المسورة لا تحتوى إطلاقاً على السليوز الحقيقى ، والسوبرين ذو طبيعة كيميائية حيث أمكن استخلاص حمض الفلونيك Phellonic Acid من فلين نبات *Quercus subur* ، ويرافقه حمضان آخران هما Suberic Acid و Phloinic Acid ، كما تحتوى الطبقة المسورة على مادة السليكا علاوة على ذلك .

ولا تحتوى الجدر المسورة على النقرغالب ، وفي حالة وجودها كما ذكر Von Hühnel فإنها تتكون فى الطبقة السليوزية الداخلية ولا تمتد إطلاقاً فى الطبقة المسورة ، وهى فى هذه

الحالة تساعد على إضافة المادة المرنة التي تكون الطبقة المسبورة . وقد تكون الطبقة المسبورة في بعض الأحيان أكثر سماكة جهة الجدار الخارجى للخلية الفلينية عن الطبقة المماثلة لها جهة الجدار الداخلى وفي هذه الحالة يزداد سمك الطبقة السيلوزية جهة الجدار الداخلى (شكل ٤١) .



(شكل ٤١)

قطاع عرضى فى بريندرم من فرع نبات *Cytisus laburnum* وقت الشتاء . خ س م = خلايا البشرة الميتة وبها جراثيم فطرية . ط ف = طبقات الفلين . فل = فلوجين . قد = فلاودرم ، (عن هارلاندى)

والخلايا التي تتكون منها الأنسجة الفلينية ميتة دائماً وتمتلئ عادة بالهواء وخصوصاً خلايا الفلين الرقيقة الجدر ، أما الخلايا السميكة الجدر فتمتلئ فجواتها عادة بمادة صفراء أو بنية محمرة اللون تتكون من التانين والمواد الناتجة من انحلاله . وقد توجد مركبات أخرى في بعض الحالات ، مثل مادة البتيولين *Betuline* ، وكذلك البلورات الأبرية لمادة *Cerine* (كما في نوع الفلين المستعمل كسدادات) ، وقد توجد

بللورات أو كسالات الكلسيوم ككتل كثيفة أو على هيئة الرافايدز .

والفلين كالبشرة يكون غطاء مستمراً تتخلله فقط بمرات بينية تخدم في عملية التهوية (العدسات) ، وتوجد خلاياه عادة على هيئة صفوف قطرية . ويختلف سمك الأغلفة الفلينية فقد تتكون من طبقتين أو ثلاث من الخلايا وتسمى *Cork-Films* ، وقد تكون أكثر سماكة من الفرع الذي تغلفه وتسمى *Cork-Crust* . والنوع الأول ناعم الملمس ويتكون عادة من خلايا أنبوبية الشكل ، أما النوع الثانى فيتكون من خلايا متسعة في مجاميع

تكون تبعاً للفرات الحضرية المتتالية في هيئة أغلفة خشنة مرتبة في شكل أجنحة أو نطاقات بارزة مفصل كل منها عن الأخرى بقنوات طويلة غائرة ، ويتبع هذا الوضع بالنسبة للتكوين الغير منتظم للفلين ، ويسمى Von Hömel هذا النوع من الأنسجة Phelloid .

والفلين غير قابل لنفاذ الماء ، والأنسجة الفلينية معها رقت طبقاتها تقلل عملية النتج ولذلك فأفرع وبراعم النباتات الحشمية يلزمها هذا النوع من الوقاية أثناء فصل الشتاء ، كما تزود الأوراق الحرفية للبراعم عادة بطبقة فلينية أسفل البشرة الخارجية . وهو أيضاً غير قابل لنفاذ الغازات حتى ان الطبقات الفلينية الرقيقة من درة البطاطس تمنع نفاذ الهواء تحت ضغط نسبي . والأنسجة الفلينية ليست مرنة وغير قابلة للامتداد ، أما في حالة الفلين المستعمل كسدادات فتبادل الخلايا المتجاورة في مجاميع قطرية كل منها مع الأخرى ، فاذا ضغطت قطعة من هذا الفلين في اتجاه تماسي تثني جدر الخلايا القطرية في 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 والحوانات بأنواعها بالنسبة لتراسب التانين والنقليات والمواد الأخرى السامة أو ذات المرارة في خلاياه .

٢ — الفلوجين Phellogen

تعتمد الزيادة في السمك وفي النمو السطحي للجدار الخارجي للبشرة على نشاط البروتوبلاست الموجود بها ، كما يرجع تكون الفلين المستمر إلى نشاط النسيج المرستيمي المعروف بالفلوجين Phellogen . وهو يتكون عادة من طبقة فردية من خلايا مرستيمية رقيقة الجدر أنبوية الشكل ذات محتويات بروتوبلازمية وافرة ، وتنقسم هذه الطبقة تماسياً . وغالباً ما تصبح الخلية الخارجية لكل زوج من الخلايا يحدث في كل انقسام فلينية بينما تبقى الداخلية كأحد عناصر الفلوجين ، والمعتمد أن تبقى الخارجية كجزء من الفلوجين بينما تتحول الأخرى إلى إحدى خلايا القشرة الثانوية التي تسمى بالفلودرم Phelloderm . والفلوجين ولو أنه مختص بإنتاج الفلين فأحياناً ما يقوم بوظيفة

أو أكثر من الوظائف المساعدة كإضافة العناصر الثانوية في هيئة خلايا الفلودرم إلى القشرة البرنشيمية أو بإمداد الجهاز الميكانيكي بالخلايا الاسكرنشيمية والكولنشيمية .

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

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

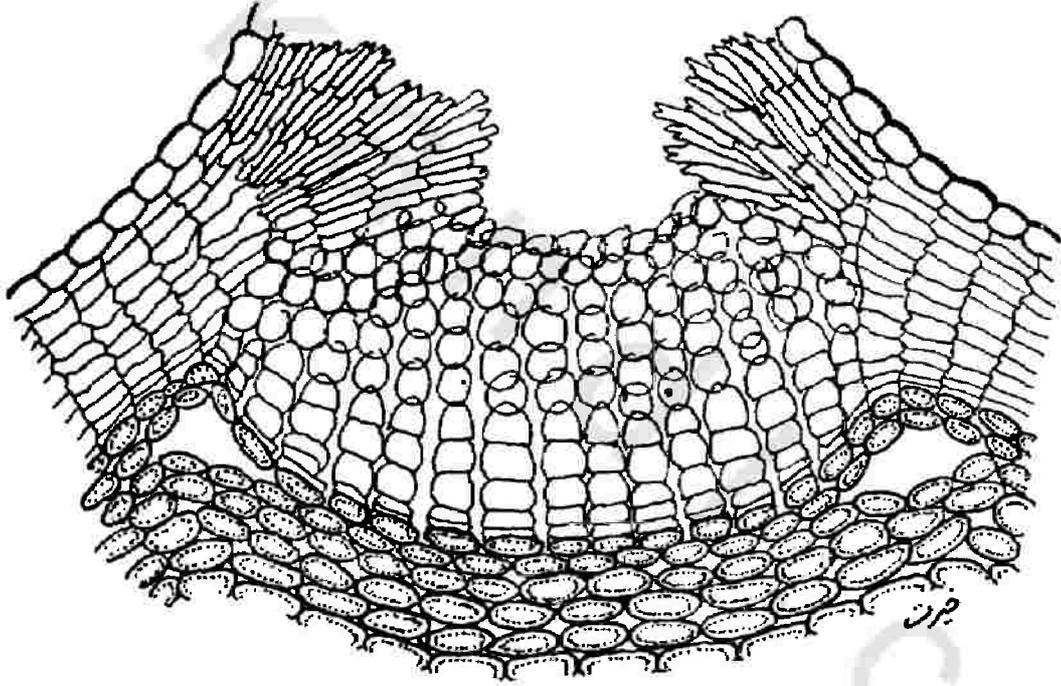
وقد يقف انقسام الفلوجين بعد فترة قد تقصر أو تطول ويتحول هو نفسه إلى فلين ، ويحدث ذلك في الأعضاء ذات النمو المحدود في السمك كما في الأوراق الخرشفية للبراعم وفي الفواكه كالتفاح مثلاً . وفي بعض الحالات الأخرى يقف نشاط الفلوجين الأولى ويحل محله الفلوجين الثانوي ، وقد يتكرر حدوث ذلك مرة بعد أخرى وبذلك تتكون نطاقات متتالية من الپريدرم كل منها أعمق من التي قبلها مسببة جفاف أجزاء القشرة وموتها .

٣ - العدديات Lenticels

الپريدرم كالبشرة لكل منهما منافذ خارجية Pneumathodes ، فالثغور في البشرة يقابلها في الپريدرم ما يسمى بالعدديات Lenticels^(١) . والعديسة الزامة التكون عبارة

(١) أطلق عليها هذا الاسم DE CANDOLLE

عن كتلة عدسية محدبة الوجهين تتكون من نسيج خاص يُغمس في الپريدوم ، ويجدها من الداخل منطقة مرستيمية تستمر مع الفلوجين على كل من الجانبين ، أما العدسة نفسها فتتكون من كتلة من نسيج مفكك يسمى Complementary Tissue به عدد كبير من المسافات البينية . وقد ميز Stahl نوعين من العدسات يختلفان في طبيعة النسيج المفكك ، أبسطهما كما في نبات *Sambucus* و *Salia* وخلافهما (شكل ٤٢) ، حيث ترى خلايا النسيج المفكك متحدة لحد ما مع بعضها مكونة نسيجاً متماسكاً بالرغم من المسافات البينية العديدة التي يحتويها .



(شكل ٤٢)

ق . ع . في عدسة نبات *Sambucus nigra* ، (عن هابرلاندت)

أما النوع الثاني وهو الأكثر وجوداً فيمتاز باستدارة خلايا النسيج المفكك التي توجد في حالة سائبة مكونة نسيجاً دقيقاً تحفظ أجزاؤه من السقوط بالنسبة لوجود منطقة مرستيمية في العدسة تكون ما يسمى بالطبقات القافلة Closing Layers ، وهذه تكون من مجموعة أو أكثر من الخلايا تتحد كل منها تماماً مع الأخرى مكونة إطاراً يجعل كل النسيج المفكك متماسكاً ، ويتقاطع معها ممرات بنية قطرية تساعد على تبادل

الغازات . وتنزق 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 . وينفق كل من هذين النوعين فى أن خلايا النسيج المفكك ميتة ، تملأ قليلاً أو كثيراً بالهواء ، وأن جدر خلاياها رقيقة بنية اللون غالباً .

ويرجع سماح العديسات لمرور الغازات الى تركيبها التشريحي ، فالمسافات البينية للقشرة أسفل موضع كل عديسة تمتد بشكل عمرات 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 التنح الذى يزداد أو يقل بانفتاح العديسات أو انقفلها . وتوجد العديسات منتثرة على السطح الخارجى فى الأفرع القائمة ، بينما توجد فى مجاميع على السطح السفلى للأفرع الأفقية . ويقول Devaux أن العديسات تميل الى التجمع الى ناحية قواعد الأوراق ، كما يذكر أنه قد تظهر عديسة واحدة أو اثنتان قرب موضع خروج الجذور العرضية . وإذا زعت 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 للفرع وانقسامها مكونة نسيجاً مفككاً عديم اللون يملأ الفرفة الهوائية . ثم تقسم 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 نزاحم هذه الخلايا يسبب امتداد البشرة للخارج ثم تمزقها فى النهاية حيث يبرز النسيج المفكك

نحو الخارج . وتنشأ العديسات على الأفرع المسنة المكسوة بالبريدرم من الفللوجين ويحدث طبقة الفلين التي تعلو العديسات المتكونة نفس ما يحدث لخلايا البشرة حيث تتمدد ثم تمزق نتيجة للضغط الناتج من تكون النسيج المفكك .

ثالثاً - القلف Bark

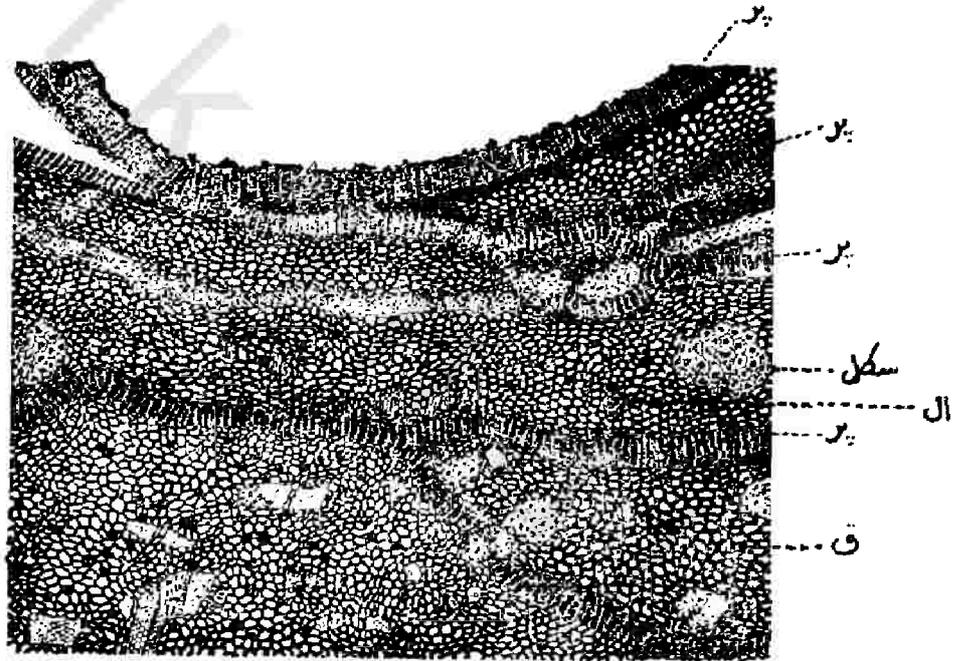
يعتبر القلف الطور الثالث والأخير في تكوين الجماز الضام ولا تختلف وظيفته الفسيولوجية كثيراً عن الفلين العادي غير أنه من الجهة التشريحية أكثر تعقيداً ، فالقلف النموذجي يتكون علاوة على الطبقات الفلينية من مجموعة من الأنسجة تنتمي إلى أجهزة أخرى . فإذا تكون البريدرم في طبقات غائرة في نسيج قشرة الساق فإن خلايا القشرة التي تلي الفلين جهة الخارج وكذلك البشرة تجف وتموت ، وكذلك الحال عند تكون البريدرم في الجذور من البريسكل فإن الاندودرمس والقشرة والاكسودرمس تجف كلها وتموت ، ويتكون من البريدرم وهذه المجموعات من الأنسجة التي جفت وماتت ما يسمى بالقلف .

وفي النباتات الحشبية التي تكون في مبدأ الأمر البريدرم السطحي تفصل طبقاته المتتالية عند الحواف مكونة أجزاء من القلف في شكل صفائح حرشفية ، ويسمى القلف الناشئ في هذه الحالة بالقلف الحرشفي Scale-Bark . أما إذا كان وضع الطبقة البريدرمية الأولى عميقاً أصبحت الطبقات التالية لها على شكل حلقات مركزية متتالية مكونة ما يسمى بالقلف الحلقي Ring-Bark .

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

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

ولا يعود اتصال وسقوط الحراشيف القلبية عن الأنسجة التي أسفلها إلى الزيادة في سمك العضو بل يرجع إلى تكوين النبات لما يسمى Absciss Layers التي تسهل هذا الاتصال ، وبمثل هذا الوضع ما يظهر في قواعد الأوراق التي تتساقط وقت الخريف . ويتكون هذا النسيج من مناطق موزعة بين طبقات خلايا الفلين العادي تشبه خلاياه من حيث الشكل وتخالفها وتميز عنها بأنها غير مسورة إطلاقاً . ولذلك أسماها فون هوهنل — Absciss Phelloids ، فالفلويد إذن بمساعدة أو بغير مساعدة



(شكل ٤٣)

قطاع في ثلث *Quercus sessiliflora* . بر = برديرم متكون على أعماق مختلفة والطبقة السطحية قد تنحني للخارج مكونة ثلثاً حرشفياً ، ق = قشرة . سكل = خلايا اسكارنشمية من نوع اسكايديز في مجاميع . ال = مجاميع من الألياف ، (عن Kny)

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

بسهولة تاركة الجدر الداخلية لطبقة الفللويد وهي تشبه جدر خلايا البشرة الخارجية المغلظة ، وتكون حداً خارجياً سميكاً لخلايا الفلاين التي أسفلها .

ويختلف السن الذي تبدأ به الأشجار العادية في تكوين القلف باختلاف أنواعها ، فالقلف الحرسفي يبدأ في الظهور على سوق بعض أنواع أشجار الصنوبر ما بين ٨ — ١٠ فصول من النمو (V. Mohl) ، وعلى سوق البلوط ما بين ٢٥ — ٣٦ (Hartig) ، وفي الحورة الرومية Alder ما بين ١٥ — ٢٠ ، وفي التيليا Lime ما بين ١٠ — ١٢ ، وفي الصفصاف ما بين ٨ — ١٠ فصول من النمو أو أقل من ذلك . أما تبات الزان فلا يغطي سوقه سوى الپريدرم السطحى ، وفي حالة غياب القلف فإن قوة الپريدرم تعود إلى تكوين عدد كبير من الخلايا الاسكرنشمية ، ويسمى Hartig مثل هذا الپريدرم Stone Bark .

منشأ الجهاز الضام

إذا لاحظنا العلاقة بين الأنسجة الضامة المختلفة والمرستيمات الثلاثة القمية الابتدائية التي تسمى على التوالي الپروتودرم والپروكبيوم والمرستيم الأساسى نرى أن الأهمية موجهة إلى البشرة حيث ان الفلاين ينشأ عادة من الفللوجين الذى يعتبر مرستيم ثانويا . وتكون البشرة في حالة الأعضاء النباتية الهوائية من الپروتودرم الذى أسماه Hanstein بالدرماتوجين . وقد تتكون في بعض الحالات طبقة تشبه البشرة فسيولوجياً وتشريحياً من المرستيم الأساسى للورقة ، كما في حالة خلايا البشرة التي تحيط بالفتحات والأسنان التي ينتظم ظهورها في الأوراق النامية التكوين في كثير من Aroids . وقد قارن هابرلانديت بين هذه الخلايا وبين خلايا البشرة الابتدائية لحافة الورقة من جهة تركيب جدرها الخارجية فوجد أنهما متشابهتان من كل الوجوه ، فالجدر الخارجية لخلايا البشرة الثانوية تغطى بطبقة رقيقة من الكيوتينكل ، والطبقات المكوتتة ذات بروتات تمتد داخل الجدر الجانبية ، كما يوجد من الداخل طبقة سليوزية 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 في أطوار تكوينها الأولى ، وتلتئم هذه الجروح بتكون طبقة من البشرة الثانوية تنشأ من المرستيم الأساسي وتماثل البشرة الابتدائية تماماً ، وتسمى هذه العملية *Regeneration of the Epidermis* . وقد لاحظ Vöchting مثل هذه الحالة عند جرح درنات نبات *Brassica oleracea* ، حيث تماثل البشرة المتكونة البشرة العادية في كافة مظاهرها حتى في تكوين الثغور .