الباب الحادى عشر

الجهاز المحرك The Motor System

يتناظر النبات مع الحيوان فى مظهر الحركة التى قد تشمل النبات جميعه ، أو بعض الأعضاء التى يتكون منها ، بالنسبة للنشاط الفسيولوجى الخاص بها ، أو بالنسبة لفائدة قد تعود الى بعض الأعضاء الأخرى . ومن المعروف أن عدداً من النباتات الدنيئة تمتاز بحركة دائمة طيلة حياتها ، أو على الأقل فى أطوار خاصة . ومثال ذلك الحركة الزاحفة الأميبية للميكسوميسيتس ، والحركة الانزلاقية لأنواع الدياتوم Diatoms ، والحركة السابحة لأنواع البكتيريا وخلافها من الكائنات التى تعتمد على الحركة الإهتزازية أو المتموجة لأهدابها . أما النباتات الراقية فلا يرى بها سوى الاستطالة التدريجية لأعضائها النامية ، خلاف انتثار بذورها وثمارها معتمدة فى ذلك على أعضاء خاصة . وقد يعود تحرك بعض أعضاء النباتات الى مؤثرات خارجية فسيولوجية ، ومثال ذلك مايحدث لأوراق النباتات النجيلية الزيروفيتية من التفاف وانبساط . وغالباً ما تتكشف فى أجزاء النباتات المختلفة أعضاء محركة Motor Organs ، وهذه تظهر فى الأوراق بصفة خاصة ، كما قد ترى فى السوق وفى أعناق الأوراق وأغمادها وكذا فى الوريقات ، وتسمى Pulvini .

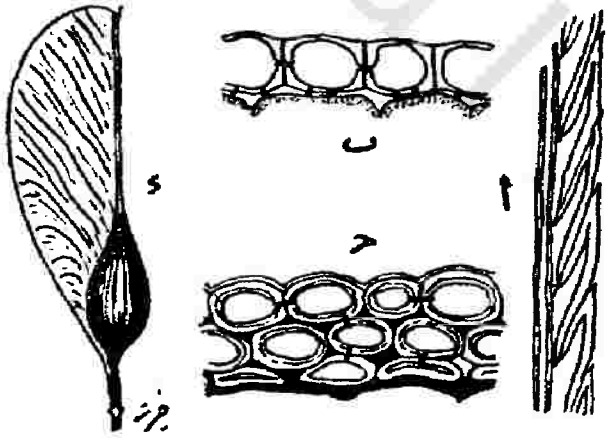
ويشمل الجهاز المحرك كل الانسجة وكذا المظاهر التشريحية التى تتعلق مبدئياً بحدوث الحركات الغير فعالة أو الغير عاملة Passive Movements ، وكذا الحركات الفعالة Active Movements . وتحدث الحركة فى حالة الأنسجة المحركة الغير الفعالة Passive Motor Tissues بمساعدة المؤثرات الخارجية ، أما الأنسجة المحركة الفعالة Active Motor Tissues فتزود ذاتها بالطاقة اللازمة لحدوث هذه الحركة .

أولا — الأنسجة المحركة الغير فعالة

١ — الشعيرات والأنسجة الطائرة Flying Hairs & Flying Tissues

تمتاز البذور والثمار بنظم خاصة تساعد على انتشارها بواسطة الهواء ، فقد تزود بزوائد متنوعة أو بصفائح من أنسجة رقيقة تسمى بالاجنحة Wings تحتوى جميعها على الهواء . وبالنسبة لاتساع أسطح هذه الأعضاء التى تساعد على حمل الهواء لها ، فقد تنتقل هذه البذور أو الثمار خلال انتشارها الى مسافات بعيدة .

وقد تغلف الشعيرات السطح الخارجى للبذور بأجمعه كما فى بذور القطن ، أو تكون على هيئة خصلة طرفية تقوم مقام «الباراشوت» ، كما فى *Salix* و *Populus* و *Asclepias* و *Epilobium* وكذا ثمار العائلة المركبة . وعادة تتكون هذه الخصلة من عدد كبير من الشعيرات، إلا أنه قد يقل عددها فيصل إلى حوالى ثلاثة منها كما فى بذور *Aeschynanthus* الخفيفة . وتكون هذه الشعيرات وحيدة الخلية كما فى القطن أو عديدة الخلايا كما فى العائلة المركبة ، وتنتظم الخلايا فى هذه الحالة فى شكل شبكى كما فى *Tragopogon orientale* ، أو فى شكل ريشى منتظم على كل من الحافتين كما فى *Centauria calocephala* (شكل ٩٤ — ا) . وتكون جدر هذه الشعيرات متوسطة السمك ذات قابلية للامتداد .



(شكل ٩٤)

(ا) حافة احدى شعيرات الكأس الزغبى فى نبات *Centaurea calocephala* . (ب) ق . ع . فى كل من المنطقة الرقيقة والسميكة من النسيج الطائر فى جناح بذرة *Cedrus Libani* . (و) ثمرة المجنحة *Machaerium tipa* (ا ، ب ، ح عن هابرلاندت) .

أما الانسجة الطائرة فترى فى البذور وكذا الثمار المجنحة ، ويتكون أبسط أشكالها من طبقة واحدة أو أكثر من الخلايا . ولا تعتبر مثل هذه الانسجة امتداد من القصرة بل هى فى الواقع جزء من الكربلة الحرشفية كما فى ABIETINEAE ، وقد تتكون من خلايا البشرة وحدها أو منها مع عدة طبقات من خلايا تحت البشرة . وفى *Cedrus Libani* تتكون المنطقة الرقيقة من الجناح من طبقة واحدة من الخلايا المستطيلة الشكل وتكون جدرها القطرية زائدة السمك مزودة بعدد كبير من النقر (شكل ٩٤ — ب) ، أما المنطقة الأكثر سمكا فتتكون من طبقتين أو ثلاث طبقات من الخلايا علاوة على خلايا البشرة ، وهى ذات شكل بيضى وجدرها منتظمة السمك وملجننة (شكل ٩٤ — ح) . وترى مثل هذه الاجنحة فى *Spathodea campanulata* و *Zanonia macrocarpa* و *Machaerium tipa* (شكل ٩٤ — د) .

وتكون أجنحة الثمار أكثر تعقيداً مما فى البذور بالنسبة لوجود الحزم الوعائية بها كما فى *Ulmus* ، أو الأشرطة الميكانيكية كما فى *Acer*. ولما كانت مثل هذه الأجنحة تقابل الأوراق فى وضعها المورفولوجى ، فقد تقوم أحياناً بعملية التمثيل الكلوروفللى وخصوصاً اذا ما كانت حديثة السن .

٢ — الأنسجة الطافية Floating Tissues

تنتشر بذور وثمار النباتات التى تعيش فى الماء أو بقربه بواسطة التيارات المائية ، ولذا كان من اللازم أن تلبث طافية لمدة طويلة وأن تزود بأنسجة مملوءة بالهواء تساعدها على ذلك . وتختلف هذه الانسجة فى تركيبها بالنسبة للنباتات المختلفة سواء أكانت موجودة فى القصرة أم الغلاف الثمرى . فقد يحتوى النسيج على عدد كبير من المسافات البينية الهوائية المتسعة مشابهاً فى ذلك النسيج البرنشيمى الاسفنجى كما فى *Nipa fruticans* و *Gerbera Odollam* . وقد يقل تكوين هذه المسافات البينية أو قد تنعدم كلية حيث يشغل الهواء الفجوات الخلوية ، وتكون جدر هذه الخلايا رقيقة ملجننة ذات نقر عديدة قابلة لنفاذ الهواء وغير قابلة لنفاذ الماء ، ولذلك تبقى بصفة دائمة مملوءة بالهواء مع وجودها فى الماء .

واذا كانت مثل هذه الانسجة سطحية سواء فى البذور أو الثمار ، فانها تزود بعدد كبير من الاشرطة الميكانيكية تحميها من التسلخ كما فى *Cocos nucifera* و *Carapa* و *Lumnitzera* . أو قد تغلف بقصرة صلبة أو غلاف ثمرى صلب كما فى *Cycas circinalis*.

ثانياً — الانسجة المحركة الفعالة

١ — النظم الخاصة بامتصاص الرطوبة من الهواء

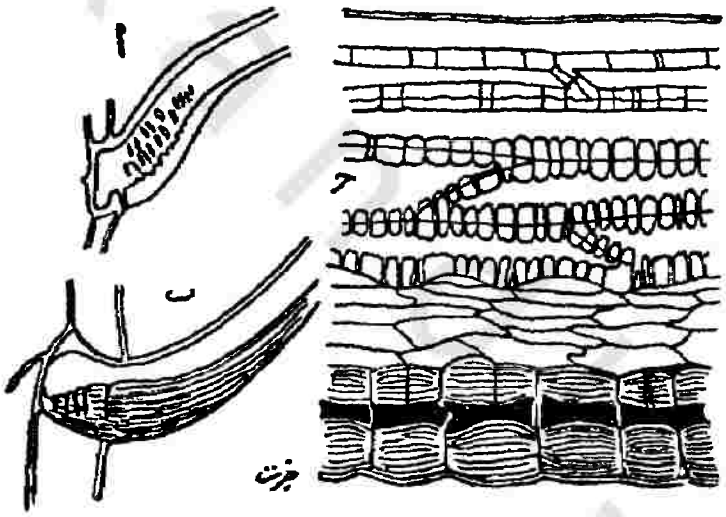
قد يتسبب عن انتفاخ وانقباض بعض الخلايا وكذا التغير فى أحجامها حركة واضحة لاعضاء النبات التى توجد بها ، وتسمى مثل هذه الخلايا بالخلايا المحركة Motor Cells. وتتساوى الجدر الجانبية للخلية المحركة فى قدرتها على امتصاص الماء الذى تسبب زيادته أو نقصانه انقباض أو امتداد واضحين بها . ولا يحدث مثل هذا التقوس أو الانحناء عند امتصاص الماء إلا اذا اختلف تساوى جداوى الخلية المتقابلين فى قوتهما على الانتفاخ ، فيكون أحدهما أكثر قابلية على الامتداد من الآخر ، بصرف النظر عن سمك هذه الجدر .

ويرجع التغير فى حجم جدار الخلية ، الذى يرافقه عادة التغير فى المحتويات المائية ، الى كمية الماء الزائدة أو الناقصة ، كما يرجع الى التركيب الجزيئى للجدار الخلوى نفسه مما يسبب عدم توزيع الماء الممتص بالتساوى فى مختلف اتجاهاته . ولهذا الوضع أهمية أساسية فى الحركة الناتجة عن امتصاص الرطوبة ، ففى الخلايا المغزلية الشكل ينشط امتداد وانقباض جدرها إما فى اتجاه طولى أو عرضى ، وفى الخلايا المستطيلة يكون النشاط فى اتجاه عرضى بالنسبة لتزويد جدرها بمجاميع طولية أو مائلة من النقر ذات الفتحات الضيقة ، أما اذا كانت هذه النقر ذات استطالة أفقية كان النشاط فى اتجاه طولى .

وتختلف الخلايا المحركة من جهة أشكالها وتركيبها ، وتكون أنواعها البروزنشيمية المغلظة الجدر ، مع غيرها من الاشكال المتحولة ، ذات علاقة بالالياف الميكانيكية . وفى الواقع تساعد ألياف اللحاء العادية فى حدوث الحركة علاوة على وظيفتها الميكانيكية . ويطلق اسم Dynamic Cells على أى خلية بروزنشيمية ذات جدر مغلظة تكون جزيئات جدرها

مرتبة فى حلقات عرضية أو حلزونية تنقبض طولياً عند فقدان الماء . أما الخلايا البرنشيمية الماصة للرطوبة فقد تكون متساوية الاقطار أو فى شكل مستطيل شبه عصوى ذات جدر مختلفة السمك وغلظ موضعى يتسبب عنه أهم جانب من الحركة الناتجة . وقد تكون هذه الجدر ملجننة ، إلا أن ذلك لا يتعارض مع الصفات الخاصة بها .

وتزود بعض البذور والثمار بشعيرات ماصة للرطوبة ، وهذه تلتف نحو الجهة الداخلية من قاعدتها اذا ما ابتلت بالماء حتى تلامس أسطحها ، ثم تنبسط مرة أخرى عند جفاف الهواء . وتوجد المنطقة الماصة فى مثل هذه الشعيرات عند قاعدتها حيث يشتمل الجدار على مجاميع من النقر الضيقة الافقية الوضع ، أو يزداد سمكه على هيئة وسادة تزيد من قابليته على الانحناء (شكل ٩٥ — ا ، ب) .



(شكل ٩٥)

(ا ، ب) المنطقة القاعدية للشعيرات الطائرة . (حـ) ق . ع . فى أحد مصراعى ثمرة نبات *Lathyrus latifolius* ، (عن هابرلاندت) .

وقد ترجع الحركة الى تكون العضو من أنسجة مختلفة ، كما هو الحال فى قلافة بعض النورات الهامة التابعة للعائلة المركبة . وهذه تلتف جهة الداخل فى حالة الرطوبة والى الخارج فى حالة الجفاف ، وبذلك تمنع الثمار من الانتشار بواسطة الهواء وخصوصاً فى الجو الممطر . ويتكون النسيج المحرك Motor Tissue فى هذه الحالة من طبقة من الخلايا

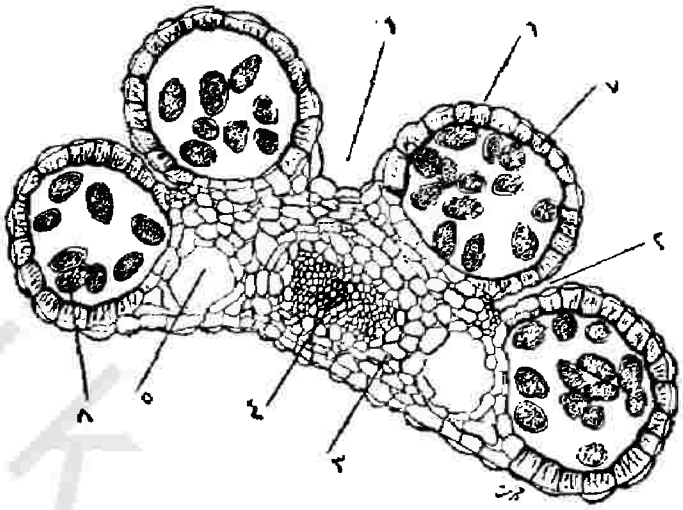
البروزنشيمية توجد أسفل السطح الخارجي مباشرة تزود جدرها بنقر ضيقة أو أفقية الوضع، يليها طبقة برنشيمية توجد بجدرها نقر أقل قدرة على الامتصاص عن نقر الطبقة الأولى، أما الطبقة الثالثة فبرنشيمية ذات نقر مائلة . ويلى السطح الداخلى مباشرة طبقة بروزنشيمية ثانية ذات نقر مائلة كثيرة أو ذات وضع طولى مخالفة فى ذلك وضع النقر الموجودة فى الطبقة البروزنشيمية الخارجية .

وفى جنس *Campanula* يماثل تركيب مصاريع الثمرة الجافة المتفتحة ، التى تلتف وتنبسط طولياً ، التركيب السابق ذكره فى قلافة نورة *Centaurea* . وبالمثل فان أفرع شجيرة الورد المسماة *Anastatica hierochuntica* التى تلتف جهة الداخل فى حالة الجفاف والى الخارج فى حالة الرطوبة ، ذات تركيب مشابه للتركيب السالف ذكره .

وتكون الخلايا فى الحالات السابق وصفها مستطيلة فى اتجاه واحد ، وقد تكون ذات وضع أفقى فى أحد جوانب العضو ، وطولى جهة الجانب الآخر ، كما هو الحال فى الثمار الجافة « المفرقعة » مثل بعض الثمار القرنية وكذا الثمار الجافة للعائلات Liliaceae و Rutaceae و Ericaceae . وتتفتح مصاريع معظم الثمار القرنية فى وضع حلزونى بالنسبة لتكون الجانب الداخلى للمصراع من منطقة يختلف سمكها من خلايا ليفية محركة ذات جدر سميكة (شكل ٩٥ — هـ) .

وتمتاز المتك Anthers بنظم خاصة تسبب انفتاحها وانتثار حبوب اللقاح من حجراتها. وينفتح كل فص من فصى المتك عادة عن طريق فتحة فردية طويلة ضيقة تؤدى الى كل من حجرتيه اللتين تحتويان على حبوب اللقاح ، وذلك وقت الجفاف حيث يلتف مصراعى كل فص بعيداً عن الفتحة السابق ذكرها ، أما فى حالة الرطوبة فسرعان ما ينطبق هذان المصراعان ليتخذا وضعهما الأول . وتتزود خلايا الطبقة الموجودة أسفل بشرة كل من هذين المصراعين بغلظ ليفى خاص ، ولذلك سميت هذه الطبقة بالطبقة الليفية أو الميكانيكية Fibrous or Mechanical Layer (شكل ٩٦) ، وهى المسؤوله عن تحرك هذين المصراعين بخلاف طبقة البشرة التى لا تشترك فى هذه العملية اشتراكا فعلياً . وتترتب التغليظات الليفية فى كل خلية من خلايا هذه الطبقة بحيث تتقاطع مع طول الجدر القطرية

بأكملها وتتحد على الجدر الداخلية التماسية لتكون مجموعة منفرعة من أشرطة متوازية أو صفحة كاملة فى بعض الأحيان ، أما الجدر التماسية الخارجية فتبقى رقيقة كما هى

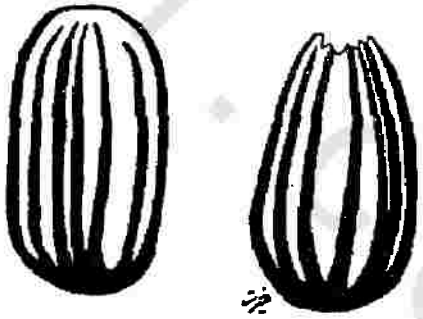


(شكل ٩٦)

ق . ع . فى متك أحد أسدية زهرة نبات الملوخية .

١ = تجويف يتوسط موضع الفصين ، ٢ = تجويف طولى بين موضع الانفتاح لحجرتى كل فص ، ٣ = نسيج برنشيمى ، ٤ = حزمة وعائية ، ٥ = قناة غروية ٦ = البشرة ، ٧ = الطبقة الليفية أو الميكانيكية ، ٨ = حبوب اللقاح .

مما يسبب الاختلاف فى قوة كل من جانبى الجدر التماسية . وعند فقدان الماء وأثناء الانقباض التماسى للخلايا الليفية ، تنقبض جدرها الخارجية الرقيقة وتبقى الداخلية كما هى بالنسبة للغلظ الليفى الذى يزيد من قوتها (شكل ٩٧) ، وبذلك يلتف المصراع بأجمعه نحو الخارج وقت جفاف الهواء . وقد تكون صفات امتصاص الرطوبة الخاصة بجدر طبقة الخلايا الليفية مسؤولة عن تحرك هذه المصاريع ، حيث انها لا تبدأ فى الإلتفاف نحو الخارج إلا بعد اختفاء السائل الموجود فى فجوات هذه الخلايا اختفاء كلياً وبدء الجدر الخلوية فى فقد مائها بالمثل .



(شكل ٩٧)

خليتين من خلايا الطبقة الليفية لمتك زهرة نبات *Lilium candidum* ، اليمنى منهما فى حالة الجفاف واليسرى فى الحالة الرطبة .

(عن STEINBRINCK)

٢ — النظم الخاصة بعملية الانطباق

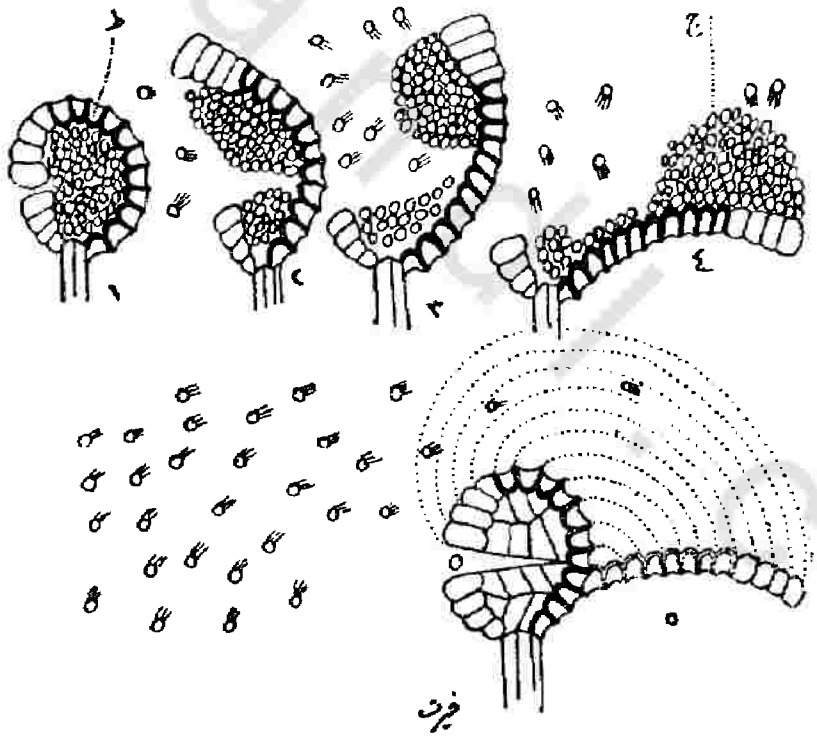
تعتمد النظم الخاصة بامتصاص الرطوبة اعتماداً كاملا على قوة انتفاخ جدر الخلايا ، أما الحركة الخاصة بالانطباق فترجع الى الماء الموجود فى فجوات الخلايا المحركة . فعندما تنقص كمية الماء الموجودة فى فراغ الخلية المحركة بسبب التبخر ينجم عن ذلك سحب المواضع الرقيقة من الجدار الخلوى نحو الداخل نظراً لملاصقة السائل لاجدار الخلوي المبتل . وباستمرار التبخر يأتى وقت يقاوم فيه الجدار الخلوى أى انهاد أو تشوه أو تغير فى شكله ويقف عن ملاصقة الماء الداخلى، وبذلك يضمر ماتبقى من هذا الماء وينفصل عن الجدار فيتكون حيز قد فرغ منه الهواء فى فجوة الخلية . وغالباً ما يكون الجدار الخلوى غير منفذ للهواء فى الأحوال الجافة، وبذلك يبقى هذا الفراغ بعض الوقت ، كما أنه وبالنسبة لكونه منفذاً للماء ، فان مورد الماء الجديد سرعان ما يسبب زوال هذا الفراغ مرة أخرى ، كما قد تتكرر هذه العملية مراراً عديدة .

وتنقبض عادة المواضع الرقيقة من الجدار الخلوى ، أما المواضع الأكثر سمكا فتكون أقل انقباضاً ، وتحدث هذه الحركة تدريجياً معتمدة على سرعة تبخر الماء وتسمى بالحركة الابتدائية Primary Movement . وعندما ينتهى التلاصق الداخلى للماء يبقى الجدار الخلوى فى وضع مستديم ، وبالنسبة لمرونة مناطقه المغلظة ولانقباض الماء المتبقى ينتج عن ذلك نقص فى هذه المرونة يتسبب عنه هزة أو رجفة فجائية تسمى بالحركة الثانوية Secondary Movement .

وخير نموذج لهذا النظام ما يشاهد فى الأكياس الجرثومية للنباتات السرخسية العادية . ويزود جدار هذا الكيس الجرثومى فى نباتات Polypodiaceae ، والمكون من طبقة واحدة من الخلايا ، بمنطقة تسمى بالطوق Annulus تمتد على ظهر وقمة هذا الكيس . ويتكون الطوق من صف من الخلايا ذات جدر داخلية وجانبية زائدة السمك، أما الجدر الخارجية فرقيقة . وعندما تنقص كمية الماء الموجودة فى فجوات خلايا الطوق بسبب التبخر ، تتجه الجدر الخارجية نحو الداخل بسبب تلاصقها للماء ، مما يسبب تقارب الجدر الجانبية المغلظة نحو بعضها ، وبذلك يبدأ الطوق بأجمعه فى أن يأخذ وضعاً مستقيما

بعد أن كان منحنياً ينتج عنه تمزق باقى النسيج الرقيق مكونا فتحة تنتثر الجراثيم عن طريقها. وباستمرار تبخر الماء ينحنى الطوق نحو الجهة الخلفية تدريجياً ، وبذلك يصبح سطحه الخارجي مقعراً بعد أن كان محدباً ، وتحدث هذه الحركة الابتدائية بطيئة نوعا ما . إلا أن الماء لا يستمر فى مسايرة امتداد الجدر الخلوية ، وبذلك تنقبض كميات الماء المتبقية فى فجوات الخلايا فجأة مما يسبب رجفة سريعة للطوق تجعله يندفع مرة أخرى فى اتجاه مخالف نحو وضعه الأصلى ، فتندفع الجراثيم الموجودة على سطحه الداخلى بقوة نحو الخارج . ومن ذلك يرى أن الحركة الثانوية الفجائية هى المسئولة أساسياً عن انتثار الجراثيم (شكل ٩٨) .

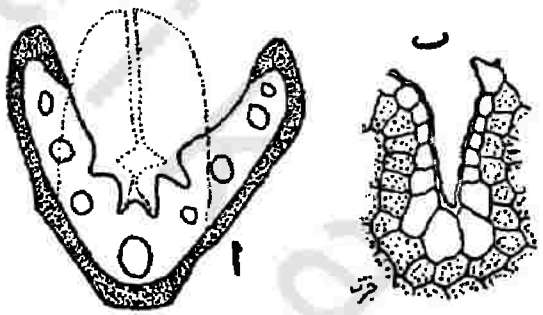
وتعتمد بعض الأعضاء الخضرية فى حركتها على النظرية السابق ذكرها ، ومثال ذلك أوراق كثير من النباتات النجيلية الزيروفيتية التى تلتف بسبب نقص كمية الماء التى تتزود بها



(شكل ٩٨)

خطوات انفتاح السكيس الجرثومى فى نبات *Pteris sp.* . ط = الطوق ، ج = جراثيم ، (عن Bower) .

حتى تتحاشى النتح الزائد . وتزود الأنصال الملتفة لمثل هذه الأوراق جهة أسطحها العليا بعدد من القنوات أو المنخفضات تمتاز خلايا البشرة الموجودة فى مواضعها وخصوصاً فى قيعانها بكبر حجمها ورقة جدرها وقابلية هذه الجدر للانثناء . هذا علاوة على النطاقات الليفية التى تتزود بها مثل هذه الأنصال فى نظام معين ، كما هو الحال فى نصل ورقة نبات القمح وورقة الكلمجروستس (شكل ١٢٦ — ا ، ب ، حـ) ، وورقة *Festuca glauca* (شكل ٩٩ — ا ، ب) . ويرجع التفاف هذه الأنصال الى الخلايا السابق ذكرها الموجودة فى مواضع المنخفضات والتى تسمى بالخلايا اللافة Motor or Bulliform Cells أو الخلايا المفصلية Hinge Cells بالنسبة لنشاط انقباضها المتسبب عن نقص انتفاخها بسبب النتح . وللأشرطة أو الطبقات الليفية دخل كبير فى هذه العملية لقدرتها الزائدة على الامتصاص ، فهى لذلك أكثر قابلية للانقباض عن الطبقات السطحية ، ولو أن الاعتماد الرئيسى لعملية الالتفاف يرجع الى الخلايا اللافة .



(شكل ٩٩)

رسم تخطيطى لورقة نبات *Festuca glauca* .
(ا) فى حالتى الانفراد والانطباق . (ب) الخلايا اللافة ، (عن Tschirch)

٣ — الأنسجة المحركة الحية

تعتبر الحركات التى تحدث فى مختلف الأعضاء الزهرية أو الثمار بسبب النقص فى امتداد أنسجتها من بين الأوضاع المختلفة للحركة التى تقوم بها الأنسجة الحية ، وهى التى يتسبب عنها انتثار حبوب اللقاح وكذا مختلف أنواع الثمار .

وهناك مجموعة أخرى من الحركات الفسيولوجية تضم كل أوضاع الانحناء أو التقوس الناتج عن النمو الغير متساوى فى العضو المنحنى دون أية مساعدة من الأعضاء أو الأنسجة المحركة المتخصصة . ويحدث مثل هذا الانحناء عادة فى المنطقة من العضو التى تمتد طولياً ،

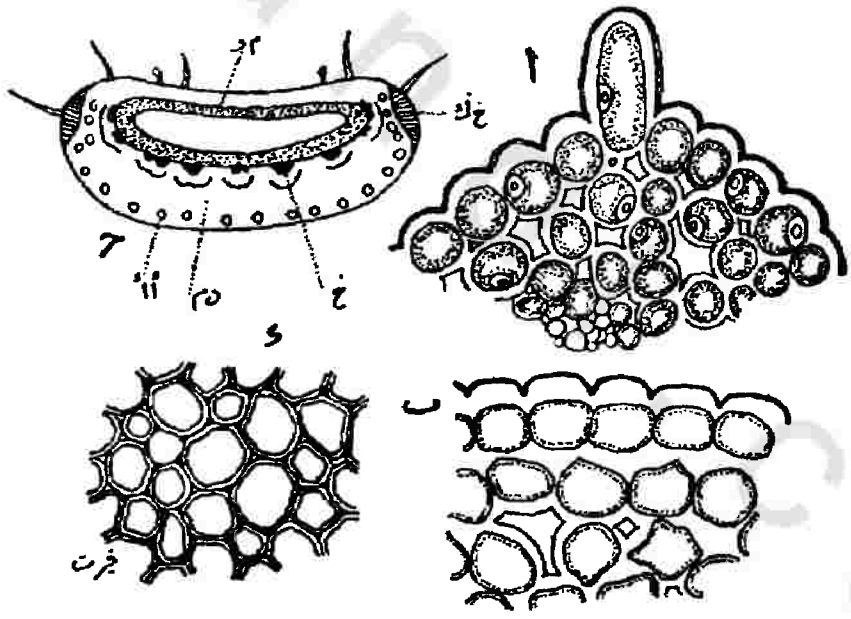
وتسمى هذه الحركة تبعاً الى ذلك بالنمو الانحنائى . أما المجموعة الثالثة من الحركة الفسيولوجية ، فلو أنها تتسبب إما عن النمو الغير متساوى أو التغيرات الانتفاخية ، إلا أنها تحدث بمساعدة أنسجة محركة توجد فى مواضع خاصة من الأعضاء المحركة ذاتها .

وتشاهد أبسط أوضاع هذه الحركات فى الأسدية والأقلام وفصوص المياسم فى الأزهار المختلفة ، متسببة عن نشاط الانقباض الطولى الذى يحدث للأنسجة المحركة نتيجة للتنبيه الميكانيكى . ففى زهرة نبات *Centaurea jacea* تكون خيوط الأسدية الخمس فى وضعها العادى منحنية نحو الخارج ، وهذه اذا ما لمست انقبضت طولياً بنسبة قد تبلغ من ١٠ ٪ الى ٢٥ ٪ ، وبذلك تتخذ وضعاً مستقيما مما يسبب انسحاب المتك ذاتها الى أسفل وتعلق حبوب اللقاح بالشعيرات الموجودة على القلم فى وضع أكثر مناسبة للالتصاق بالحشرات . ويقول Pfeffer إن انقباض هذه الخيوط يرجع الى الهبوط الانتفاخى الفجائى الناشئ بسبب التنبيه الميكانيكى والذى يؤثر على الخلايا البرنشيمية الموجودة بين كل من بشرة الخيط والحزمة الوعائية المركزية ، ولذلك تمثل هذه الخلايا وفى هذه الحالة النسيج المحرك الخاص بهذه الخيوط . ويرافق هذا الانقباض عادة تسرب العصير الخلوى من الخلايا المنبهة الى المسافات البينية العديدة الموجودة بين هذه الخلايا .

ويتكون النسيج المحرك لخيوط مثل هذه الأسدية فى وضعه العادى من خلايا البشرة التى تحده من الجهة الخارجية ، وهى ذات جدر سميكة يمتد الخارجى منها قليلا نحو الخارج . يليها نسيج برنشيمى خلاياه ذات جدر مغلظة ويتقاطع معها عدة مسافات بينية مختلفة الأحجام (شكل ١٠٠ — ١) . وتظهر هذه الخلايا المحركة فى مقطعها الطولى مستطيلة نوعا ما ، كما تنحصر الزيادة فى السمك فى جدرها الجانبية التى تزود بعدد كبير من النقر مما يؤدى الى ضعف المقاومة للامتداد فى اتجاه المحور الطولى للخيط ذاته . ويرى البروتوبلازم فى هذه الخلايا المحركة ملاصقاً تماماً لأغشية هذه النقر ، وبذلك تتصل المحتويات البروتوبلازمية بواسطة خيوط دقيقة فى هذه المواضع ، ويكون البروتوبلاست كثيفا فى العادة أما النواة فتوسطة الحجم تحتوى على نوية كبيرة . وتظهر الجدر العرضية لهذه الخلايا فى مقطعها الطولى رفيعة عديمة النقر كما ينفصل البروتوبلازم عنها بسهولة .

وقد تكون الجدر الطولية للخلايا المحركة أكثر سمكا كما فى *C. Cyanus* ، أما أزيدها سمكا فترى فى *C. montana* مشابهة للخلايا الكولنشيمية فى مقطعها العرضى (شكل ١٠٠ — ـ) .

أما فى حالة المحاليق ، ومثالها ما يرى فى العائلات القرعية والپاسيفلورية والفراشية والعنبية، فيرجع انحناؤها الذى يعقب التنبيه بالملامسة الى اضطراد النمو جهة أسطحها المقعرة . أما أسطحها المحدبة فلا يحدث لها انقباض ما ، كما لا يوجد فى مثل هذه المحاليق أنسجة محركة متخصصة . وقد يحدث الانقباض جهة السطح المحدب كما يرى فى المحاليق التى تماثل زنبرك الساعة فى التفافها ومثالها محاليق SAPINDACEAE ، وتتشابه هذه المحاليق فى نظام حركتها مع ما يحدث فى بعض الأسدية فتحتوى على نسيج محرك خاص ،



(شكل ١٠٠)

(ا) ق . ع . فى خيط أحد أسدية زهرة نبات *Centaurea jaca* . (ب) جزء من ق . ع . فى خيط أحد أسدية زهرة نبات *C. montana* . (حـ) ق . ع . فى محلاق نبات *Urvillea ferruginea* — م و = مجموعة وعائية ، خ ك = خلايا كولنشيمية ، خ = خشب ، ن م = نسيج محرك ، ا ا = أكياس افرازية . (ه) بعض خلايا النسيج المحرك فى ب مكبرة ، (عن هابرلاندت)

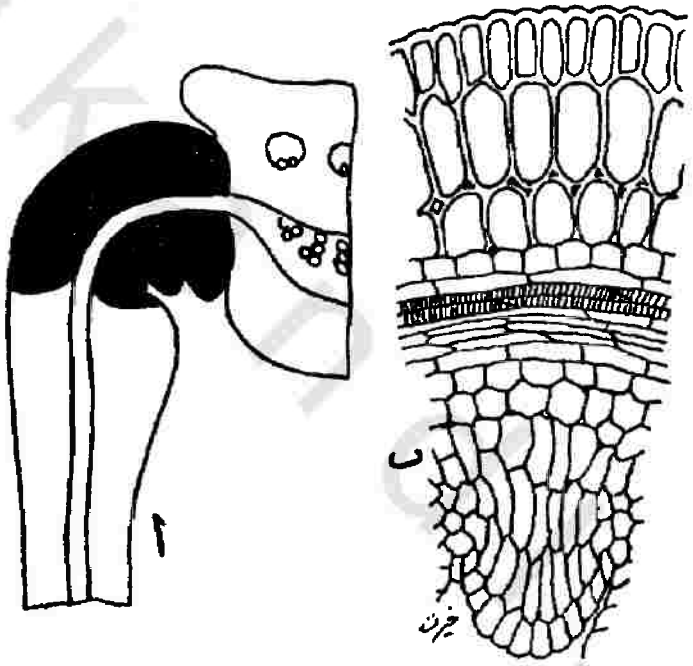
وتكون منبسطة ذات سطحين أحدهما علوى والآخر سفلى . وبفحص المقطع العرضى لحلاق *Urvillea ferruginea* (شكل ١٠٠ — هـ) ، ترى المجموعة الوعائية منبسطة مشابهة فى ذلك الشكل الخارجى للحلاق ذاته وقريبة فى وضعها من السطح العلوى المقعر . وتنفصل البشرة العليا عن النسيج الميكانيكى بعدة طبقات من الخلايا البرنشيمية العادية ، كما يشغل الحيز الواقع بين البشرة السفلى والمجموعة الوعائية كتلة من نسيج محرك يتكون من خلايا مستطيلة يحتوى الخارجى منها على قليل من البلاستيدات الخضراء، وجدرها ذات غلظ خاص (شكل ١٠٠ — و) . وتكون الطبقات الثانوية لجدر هذه الخلايا ذات مظهر براق ، كما تتلون باللون الأزرق عند إضافة كلور الزنك اليودى .

وهناك حالات عديدة يتركز وجود النسيج المحرك بها فى أعضاء محركة خاصة تسمى Pulvini ، ويطلق هذا الاصطلاح عادة على كل الانتفاخات التى تشبه الوسادة فى شكلها والتى ترى فى كل من الساق وأعناق الأوراق مسببة لها الانحناء . وقد توجد هذه الأعضاء فى الأطراف القاعدية للسلاميات كما فى POLYGONACEAE ، أو فى النهايات القاعدية للأعناق الابتدائية ، كما فى LEGUMINOSAE ، وقليلا ما توجد عند نهاياتها الطرفية أسفل النصل مباشرة ، كما فى MARANTACEAE. وقد تتكون هذه الأعضاء المحركة اذا كانت الأوراق مركبة أو مركبة متضاعفة فى قواعد أعناق الوريقات أو الوريقات الثانوية ، علاوة على وجودها فى قاعدة عنق الورقة الرئيسى . وفى أوراق الحشائش تقوم قواعدها المنتفخة مقام هذه الأعضاء المحركة .

وتكون معظم هذه الأعضاء اسطوانية الشكل ذات قدرة على الانحناء أو التقوس فى مختلف الاتجاهات ، وقد تكون منبسطة نوعا ما ولذلك تنحنى فى اتجاه واحد فقط ، كما فى الوريقات الثانوية لنبات *Mimosa pudica* وغيره من نباتات العائلة البقلية . وبالنسبة الى ذلك قد يكون التركيب الداخلى لهذه الأعضاء منتظما متساريا ، أو قد يكون ذا جانبين . وتتركز الخلايا المحركة فى مثل هذه الأعضاء فى منطقة القشرة ، مكونة منطقة متسعة ، تقع بين كل من البشرة والشريط الوعائى المركزى . ويؤدى الوضع المركزى للأنسجة الوعائية والميكانيكية الكولنشيمية ، الى مساعدة العضو فى الانحناء عما إذا كان

وضعها خارجياً . وتتكون النسيج المحرك من خلايا برنشيمية متساوية الأقطار ، تكون قصيرة أنبوبية الشكل فى مناطق العقد فى النباتات النجيلية . وتكون منبسطة فى *Oxalis* و *Biophytum* وتظهر أطارفها فى المقطع الطولى مدببة نوعا ما (شكل ١٠١ — ب).

وتكون جدر هذه الخلايا رقيقة فى العادة أو قليلة السمك ، وقد يزداد سمكها فى المنطقة العليا وتبقى رقيقة فى المنطقة السفلى من العضو المحرك لنباتى *Mimosa pudica* و *Biophytum sensitivum* (شكل ١٠١ — ب) ، وقد يتسبب عن هذا الوضع



(شكل ١٠١)

(ا) ق . ع . فى العضو المحرك Pulvini للوريقة الثانوية لنبات *Biophytum sensitivum* .
(ب) جزء مكبر من العضو المحرك ، (عن هابرلاندت)

سرعة الانحناء . ويرى هذا الوضع فى النبات الثانى فى أعناق الوريقات الثانوية ، أما جدر الخلايا الموجودة فى العضو المحرك للعنق الأصلى فتكون رقيقة بأجمعها .

ويتقاطع عادة مع أغشية النقر الموجودة فى جدر مثل هذه الخلايا المحركة خيوط بروتوبلازمية دقيقة ، وهى ظاهرة تشملها جميعاً . وهذه الخلايا ، علاوة على احتوائها

على البروتوبلاست والنواة ، فانها تحتوى أيضاً على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء وبجاميع غير منتظمة الشكل من مادة التانين . أما المسافات البينية فقد تكون غائبة أو ضعيفة التكوين ، مما يجعل مثل هذه الأعضاء المحركة ذات مظهر شفاف نوعا مشابهاً للزجاج . وقد تكون المسافات البينية الهوائية أكثر عدداً واتساعاً فى المناطق الداخلية المجاورة للشريط الوعائى المركزى .

ويعود انحناء وتقوس هذه الأعضاء المحركة الى التغيرات التى تحدث فى انتفاخ الخلايا ، فقد يزداد الانتفاخ فى النصف العلوى من العضو المحرك ويقل فى النصف السفلى منه ، أو قد يحدث عكس ذلك . وترى هذه الحركة فى أوراق كل من *Oxalis* و *Phaseolus Aniciu* ذات الوضع الأفقى العادى والتى تنحنى الى أسفل فى حالة السكون ثم تعود الى الوضع الأفقى مرة ثانية .

ويعود الوضع الخاص بتحرك أوراق نبات *Mimosa pudica* أيضاً الى التغيرات الانتفاخية فى خلايا النسيج المحرك . فتنطبق الأوراق الثانوية فى أزواج على بعضها الى أعلى وبذلك تتلاصق أعناقها جانبياً ، أما عنق الورقة الأصلى فينحنى الى أسفل . وتعود كل هذه الحركات المتتالية الى انحناء الأعضاء المحركة التى تكون أكبر حجما فى قواعد الأعناق الأصلية ، مما هى فى قواعد أعناق الوريقات الثانوية . ويعقب الهبوط الانتفاخى فى الخلايا المحركة عادة ، تسرب الماء الموجود بها الى المسافات البينية التى كانت مملوءة بالهواء ، كما يعود الانحناء الى انقباض جدر الخلايا المحركة بسبب نقص انتفاخها ، هذا الى جانب ثقل الورقة نفسها .

وقد تتزود الأعضاء المحركة بمنخفضات أو قنوات عرضية ترى جهة جوانبها السفلية (شكل ١٠١ — ا) ، وهذه تشبه الأغشية الجلدية الموجودة بين أصابع الانسان . وقد تظهر هذه القنوات جهة الجانب العلوى ، ويسبب وجودها عموماً انحناء العضو المتحرك انحناءً كبيراً دون أن ينتج عن ذلك أى ضرر للنسيج المحرك بسبب زيادة الانضغاط .