الباب الثاني

الحركة أثناء النمو

Growth Movements

بالرغم من أن النباتات الزهرية وعاريات البذور والسرخسيات أى النباتات الوعائية vascular plants غير قادرة على الحركة كما فى الحيوانات إلا أنها أثناء النمو تظهر أنواع وحالات مختلفة من الحركة تكون أغلبها عبارة عن تغيير إتجاه عضو النبات أو إتجاه أجزاء من النبات ويمكن تصنيف الحركة فى النبات إلى ثلاث مجاميع كبيرة وهى

١ ـ حركة نتيجة النمو Growth movements

٢ ـ حركة نتيجة إمتلاء أوإنتفاخ الخلايا Turgor movements

٣ ـ الحركة الهيجروسكوبية Hygroscopic movements

يمكن تصنيف الحركة فى النبات على أساس آخر وهى

١ ـ الحركة التأثيرية Paratonic movement

٢ ـ الحركة التلقائية Autonomic movement

يسمى العامل أو العامل البيئى الذى يؤثر على حركة النبات بالمؤثر stimulus وتسمى إستجابة النبات لهذا العامل بالإستجابة response وتكون الأستجابة عبارة عن حركة movement .

أولا : الحركة التأثيرية Paratonic Movement

وهى الحركة التى تتم نتيجة مؤثر محدد وعادة تكون حركة عضو أو جزء النبات فى أتجاه هذا المؤثر أو عكسه ومنها نوعين رئيسين هما الحركه الحرة والحركه الأنتحائية أو تكون الحركه غير متأثره بأتجاه المؤثر ومنها نوع رئيسى هو nastic :

١ ـ الحركة الحرة Tactic movement

يحدث هذا النوع من الحركة فى النباتات الدنيئة أو الأولية مثل الطحالب وحيدة الخلية ويحدث أيضاً فى بعض الفطريات وفى النباتات الحزازية والسرخسية حيث تكون جاميطات متحركة تسبح فى الماء أو فى قطرات من الماء. وفى جميع الحالات السابقة فأن الوحدات المتحركة يكون لها أسواط ولابد من وجود الماء الحر فى صورة بحار أو أنهار أو قنوات أو فى صورة قطرات من مياه الرى أو الندى أو الأمطار. ولذلك يفضل تسمية ذلك بالجاميطات أو الجراثيم السابحة.

وفى الطحالب وحيدة الخلية المتحركة فإن الخلية العادية تكون سابحة أيضاً أى متحركة مثل كلاميدوموناس ويوجلينا. وتسبح هذه النباتات نحو مصدر الضوء الخافت، فإذا زادت شدة الضوء سبحت بعيداً عن مصدره. وتؤدى هذه الظاهرة إلى تغيير لون الماء فى البحيرات الساكنة حيث تعيش هذه النباتات الدنيا. ذلك أن هذه النباتات الخضراء الدقيقة تسبح وتتجمع قرب سطح ماء البحيرة فى الصباح الباكر عندما يكون ضوء الشمس خافتاً، وتكسب البحيرة لوناً أخضر. وكلما اشتد وهج الشمس غاصت هذه الكائنات الدقيقة فى الأعماق بعيدا عن الضوء، فيقل بذلك اخضرار لون الماء، ثم تعود فتسبح نحو السطح ثانية عندما يضعف الضوء بعد الظهر.

وفى حالة أتجاه خلية الطحالب إلى مصدر الضوء يسمى positive phototaxis وفى حالة إبتعادها عن مصدر الضوء تسمى negative phototaxis . وفى حالة بعض الطحالب البحرية مثل فيوكس فإن الجاميطات الذكرية السابحة فى الماء تتجه نحو الحوافظ الجنسية المؤنثة female conceptacles لكى تحدث عملية التزاوج ويعتقد فى أن الحوافظ المؤنثة تفرز مادة كيماوية تساعد فى حدث الجاميطات الذكرية فى إتجاه الحوافظ المؤنثة وتعتبر هذه الحالة هى positive chemotaxis .

وفى حالة الفطر *Allomyces* وجد أن الجاميطات الذكرية تتجه نحو عضو التأنيث سابحة فى الماء . وجد أن عضو التأنيث يفرز هورمون يسمى سيرينين sirenin يساعد على جذب الجاميطات المذكرة فى إتجاهه. وقد أمكن عزل هذا الهورمون والحصول عليه فى صورة نقية وأن يسبب جذب الجاميطات الذكرية فى تركيزات تتراوح بين $١٠^{-١٦}$ إلى $١٠^{-٦}$ جزيئى. تعتبر هذه الحالة هى positive chemotaxis .

وجد أن جذور بعض النباتات تفرز إفرازات تحتوى على مركب أو مركبات تسبب جذب الجراثيم المتحركة للفطريات إلى الجذور ويمكن أن تسبب هذه الجراثيم أمراض للنبات ومثال لذلك نبات الشليك حيث أن أفرازات الجذور تسبب جذب الجراثيم المتحركة للفطر *Phytophthora fragariae* المسبب لمرض الأسطوانة الوعائية الحمراء red stele فى الشليك. ينتشر هذا المرض فى محافظه الأسماعيلية.

وجد أن إمرار تيار كهربائى فى الماء يسبب جذب أو إبتعاد الوحدات المائية المتحركة خلايا أو جراثيم بالنسبة لمسار التيار الكهربائى ولذلك فى حالة جذب الوحدات تسمى positive galvanotaxis وفى حالة إبتعاد الوحدات الوحدات المتحركة عن مسار التيار الكهربائى تسمى negative galvanotaxis . يظهر هذا التأثير واضح فى أفراد عائلة الفولفكس volvocaceae وبعض البكتريا المتحركة.

يوجد نوع آخر من هذه الحركة وهو thermotaxis ومثال لهذه الحالة طحلب كلاميدوموناس. عند تنمية هذا الطحلب فى وعاء مستطيل طويل فى ماء بارد جدا ناتج من ذوبان الثلج ice cold water وتدفئة أحد أركان الوعاء فإن خلايا الطحلب تتجه ناحية الركن الدافئ أى أن الحركة تكون فى إتجاه الدفء أو درجة الحرارة المعتدلة وتسمى هذه الحالة Positive thermotaxis .

وفى بعض الحالات النادرة فى هذا النوع من الحركة يمكن أن يكون العضى أو الجزء المتحرك عديم الأسواط أو الأهداب وليس له قدرة على الحركة طبيعيا ولكنه فى ظروف معينة يظهر نوع من الحركة وتوجد هذه الحالة فى البلاستيدات الخضراء.

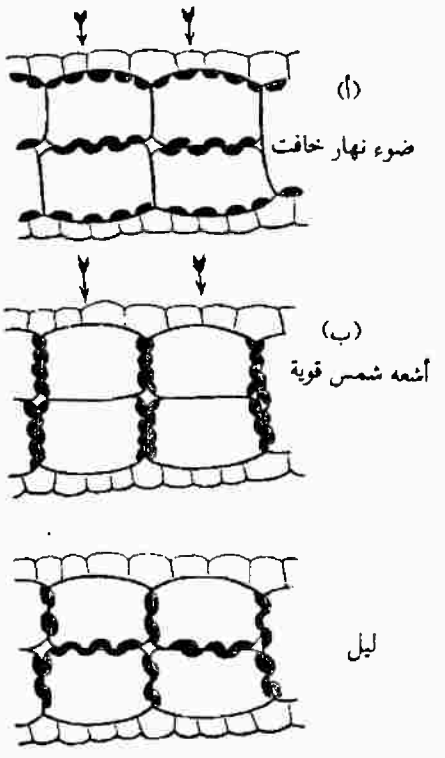
حيث أنه فى الضوء الشديد فإن البلاستيدات تتحرك فى الخلية بحيث تصبح موازية لأشعة الشمس وذلك لتعرض أقل مساحة منها لأشعة الشمس وبذلك تتلافى ضرر أشعة الشمس الزائدة وعلاوة على ذلك فإن هذه البلاستيدات تتحرك أيضاً فى إتجاه الجدر الجانبية للخلايا حيث تلامس هذه الجدر وتتجمع حولها ويسمى هذا النوع من ترتيب البلاستيدات الخضراء بالنسبة للخلية ولجدار الخلية apostrophe. يتميز هذا الترتيب بأنه يقى البلاستيدات الخضراء ضرر أشعة الشمس الشديدة وبالتالى يحافظ على حياة النبات وأيضا يحافظ على عملية البناء الضوئى فى النبات. والعكس صحيح فى حالة الضوء الضعيف أو المعتدل فإن البلاستيدات تتحرك مرة أخرى بحيث يكون سطحها العريض مواجه لأشعة الشمس وعمودى عليها وذلك لكى تستقبل أكبر قدر ممكن من أشعة الشمس. وعلاوة على ذلك فإن البلاستيدات تتحرك وتنتقل فى داخل الخلية من الجدر الجانبية إلى الجدر الأفقية لكى تلامسها وتتجمع حولها وهى بذلك أيضا تزيد بأقصى درجة ممكنة إستقبال الضوء اللازم لعملية البناء الضوئى وهى بذلك أيضاً تحافظ على عملية البناء الضوئى فى النبات وأن يكون ذلك أيضاً بسرعة مناسبة. يسمى هذا الترتيب للبلاستيدات الخضراء بالنسبة لجدر الخلايا epistrophe. وفى أثناء الليل تكون الحالة وسطيه (شكل ٢١).

جميع أنواع الحركة الحرة هى حركات ليس لها علاقة بالنمو وبالتالى لا تعتبر حركات نمو.

٢ ـ الحركة الأنتحائية Tropic Movement

وفيها يتحرك أحد أعضاء النبات بالنمو البطىء أو السريع نحو المؤثر الخارجى أو بعيدا عنه ، فإذا كان إتجاه النمو نحو المؤثر الخارجى سميت الحركة إنتحاء موجب وأذا كان بعيدا عنه سميت أنتحاء سالب. ومن أمثلة الأنتحاء ما يلى (جميع أنواع الأنتحاء حركات نمو):

أ ـ الانتحاء الأرضى Geotropism: ففى الظروف الطبيعية تنمو الجذور الابتدائية فى اتجاه تأثير الجاذبية الأرضية، وتنمو السيقان الأساسية فى اتجاه عكسى لذلك. فإذا حرك النبات عن وضعه الطبيعى، ووضع أفقياً مثلاً، تحركت قمة الساق إلى أعلى،



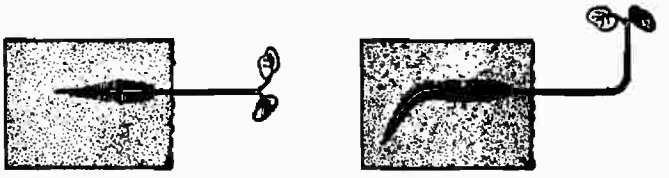
(شكل ٢١) : وضع البلاستيدات الخضراء داخل خلايا نبات عدس الماء فى ظروف إضاءة مختلفة.
أ ـ epistrophe
ب ـ apostrophe

وتحركت قمة الجذر إلى أسفل، ليأخذ كل عضو اتجاهه الطبيعى الأصلى، وتسمى حركة الساق انتحاء أرضياً سالباً، وحركة الجذر انتحاء أرضياً موجب (شكل ٢٢).

تتجه الجذور ناحية الجاذبية الأرضية حيث يكون الجذر الأبتدائى أو الأصلى مواز لأتجاه الجاذبية الأرضية ويسمى هذا النوع positively orthogeotropic وقد تكون الجذور تكون زاوية مع إتجاه الجاذبية الأرضية ويسمى هذا النوع plagiogeotropic كما فى الجذور الثانوية وقد يكون النمو عمودى على إتجاه الجاذبية الأرضية ويسمى هذا النوع diageotropic كما فى الريزومات أى للساق الريزوميه ، وفى حاله الساق الرئيسية فإنها تنمو رأسياً فى عكس إتجاه الجاذبية الأرضية أى negatively orthogeotropic وتكون الفروع نامية بزاوية مع إتجاه الجاذبية الأرضية ويسمى هذا النوع

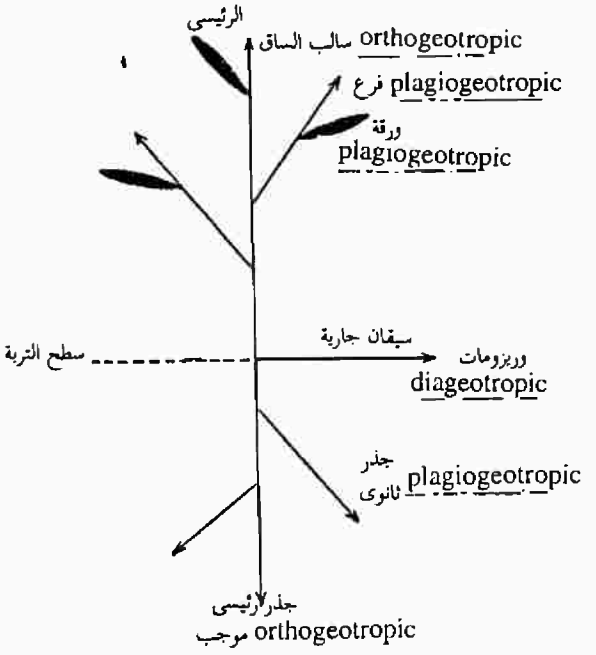
plagiogeotropic وتكون الأوراق في وضع زاوي على إتجاه الجاذبية الأرضية ويسمى هذا النوع أيضاً باسم plagiogeotropic (شكل ٢٣ ، ٢٤).

وعامة الجذر الرئيسى أو الإبتدائى يكون نموه ذو إنتحاء أرضى موجب positive geotropism والساق الرئيسى يكون نموه ذو إنتحاء أرضى سالب negative geotropism (شكل ٢٣ ، ٢٤)

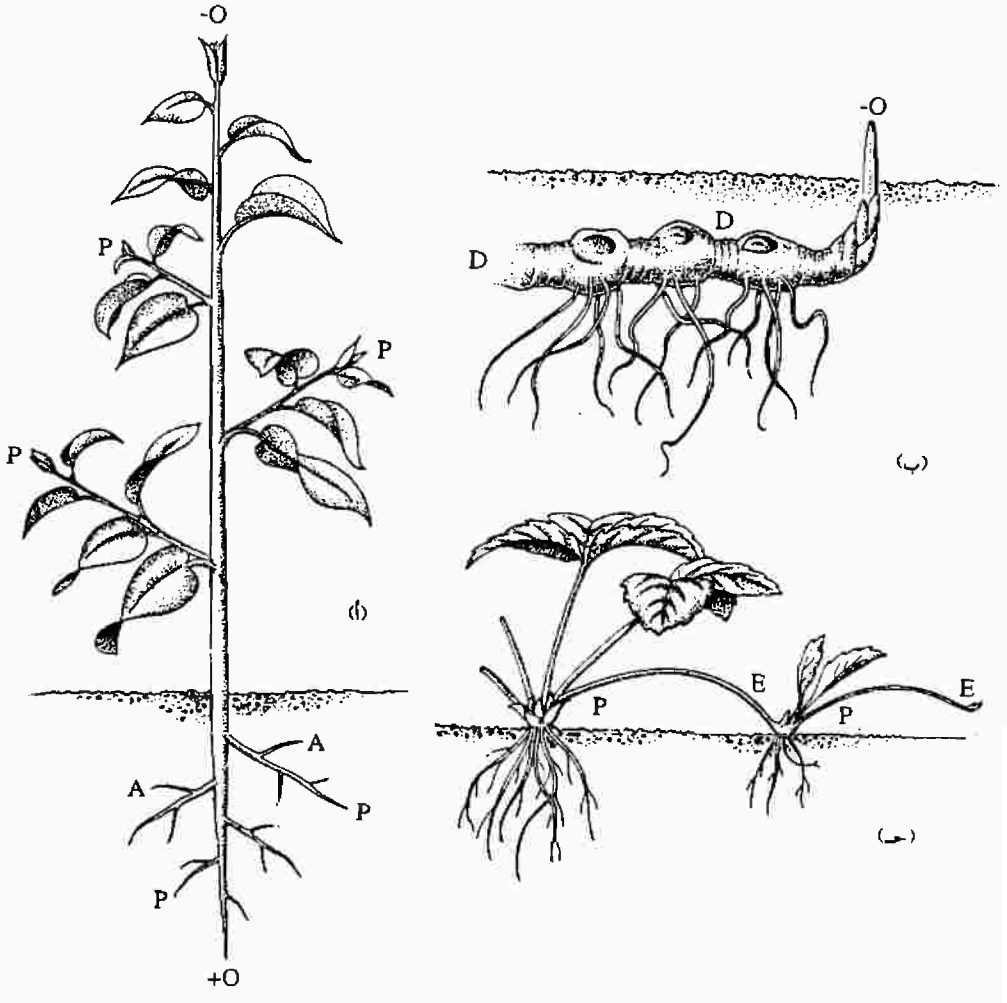


(شكل ٢٢) : الأنتحاء الأرضي

بادرة نبات الخردل توضع أفقياً (شمال) ثم نبات الخردل بعد يوم من وضعه أفقياً (يمين) ويلاحظ الأنتحاء الأرض السالب للسويقة والأنتحاء الأرضى الموجب للجذير.



(شكل ٢٣) : الأنواع المختلفة للإنتحاء الأرضى لأعضاء النبات المختلفة



(شكل ٢٤) : تأثير الجاذبية الأرضية على نمو أعضاء النبات

أ ـ ذو فلقتين (أنظر معنى الحروف فى الشكل السابق)

ب ـ نبات ذو ريزوم

جـ ـ نبات ذو سيقان جارية (الشليك)

ب ـ الإنتحاء الضوئى Phototropism : ينمو الساق فى اتجاه مصدر الضوء عادة بينما، لا يتأثر نمو الجذر باتجاه مصدر الضوء فى معظم الحالات. فإذا سلط الضوء على نبات من جانب واحد، شوهدت قمة الساق تتجه نحو مصدر الضوء، وتسمى هذه الحركة إنتحاء ضوئياً موجباً. ويبين شكل ٢٤ صورة لنبات عباد الشمس وضعت فى مكان مضىء، وسلط الضوء عليها من الجانب الأيمن فقط، فانتحى الساق نحو مصدر الضوء.

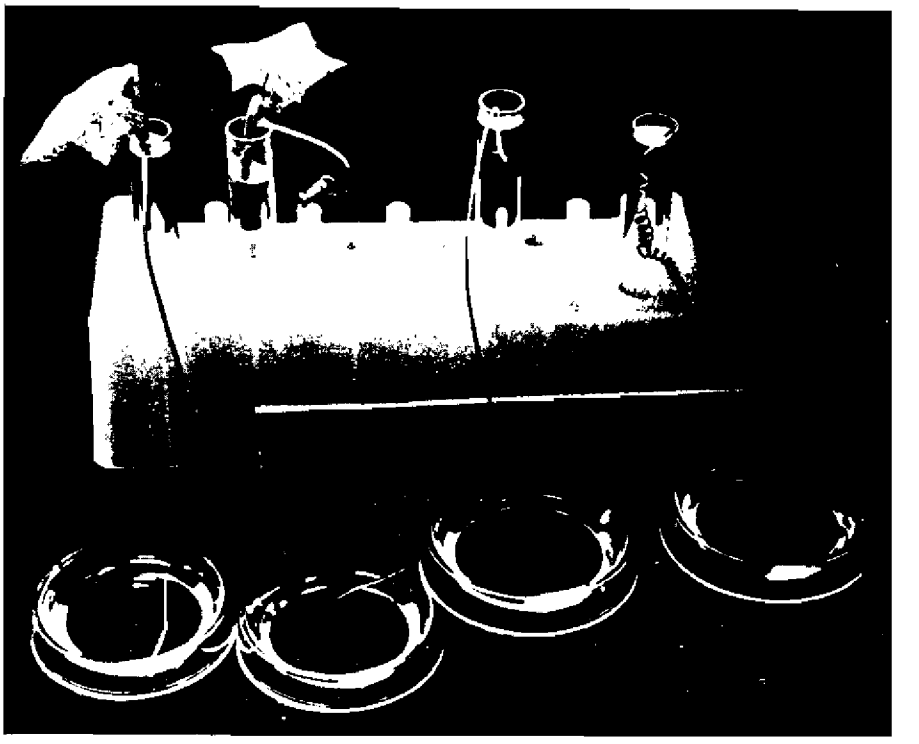
يعتبر نبات عباد الشمس أحد الأمثلة لذلك حيث أن النورة تتجه دائماً إلى مصدر الضوء أى إنتحاء ضوئى موجب positive phototropism . كثير من النباتات العشبية ذات أنتحاء ضوئى سالب فى وجود إضاءه قوية أى شمس ساطعة وضوء قوى وفى الظل تصبح هذه النباتات ذات إنتحاء ضوئى موجب وفى بعض النباتات فإن أعناق الأوراق تتجه ناحية مصدر الضوء ولذلك يصبح نصل الأوراق مواجه لمصدر الضوء وتكون الأوراق ما يسمى بالنظام أو الشكل الموازيكى mosaic pattern كما فى نبات حبل المساكين ivy. وفى بعض النباتات والتى تسمى نباتات البوصلة compass plants فإن النصل يكون زاوية عمودية على الشمس حيث أن نصل الأوراق يكون دائماً فى إتجاه الشرق والغرب ومن أمثلة ذلك بعض نباتات الجنس *Lactuca* مثل *L.scariola* والجنس *Silphium* . توجد أيضاً حالة sun - tracking فى بعض النباتات حيث أن الأوراق تتجه ناحية الشمس على مدار اليوم ففى الصباح يكون نمو الأوراق فى إتجاه الشمس أى إتجاه الشروق ومع حركة الشمس من الشرق إلى الغرب فإن الأوراق فى وقت الظهيرة تكون رأسية ونصلها أفقى وفى العصر فإن الأوراق تتجه ناحية الغرب وذلك فى نبات ترمس الصحراء *Lupinus arizonicus*.

عندما يكون سطح الأوراق عمودى على أشعة الشمس فإن هذه الحالة تسمى diaphototropism وعندما تكون الأوراق زاوية مع إتجاه أشعة الشمس تسمى هذه الحالة plagiophototropism .

جـ ـ الإنتحاء اللمسى Thigmotropism : وأوضح أمثلته إنتحاء المحاليق فيلاحظ أن محاليق نبات الخيار أو البطيخ أو البسلة تنمو فى إتجاه دائرى بسرعة ملحوظة إذا لامست جسماً صلباً. ويؤدى هذا النمو إلى إلتفاف المحلاق حول الجسم الذى لامسه، وتسمى هذه الحركة بالإنتحاء اللمسى. ويكون الإنتحاء فى هذه الحالة سريعاً عادة، حتى إن محلاق الخيار يلتف حول الجسم الذى يلامسه عدة التفافات فى بضع دقائق. يمكن لمحلاق نبات *Passiflora gracilis* أن يلتف حول خيط حرير رقيق بينما محلاق العنب يحتاج إلى دعامة لايقل سمكها عن ٢ مم لكى يلتف عليها. يمكن أيضاً لبعض السيقان أن تظهر هذا الإنتحاء كما فى ساق الحامول وأيضاً الجذور الهوائية لأوركيد فانيللا *Vanilla* . وجد أن الإنتحاء اللمسى يسبب إلتفاف محاليق البسلة حول الدعامة (شكل ٢٥) ويسبب تكوين أعضاء التصاق adhesive pads فى طرف المحلاق فى نبات *Parthenocissus tricuspidata* (شكل ٢٥).

(شكل ٢٥) : محاليق البسلة (شمال) ووسائد إلتصاق لنبات *Parthenocissus tricuspidata* (يمين).

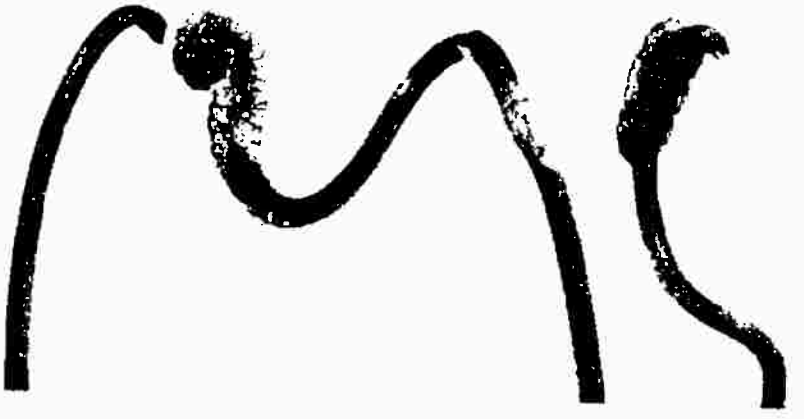
وجد أن أندول حامض الخليك له دور فى حدوث إلتفاف محلاق البسلة حيث أن المحاليق المعاملة بهذا الهورمون تلتف حول الدعامة بينما المحاليق الغير معاملة لا تلتف (شكل ٢٦).



(شكل ٢٦) : تأثير IAA علي إلتواء محاليق نبات *Marah fabaceus*.

تم غـمر المحلاق الثاني والرابع فـي الماء بينما تم غـمر المحـلاق الأول والثالث في IAA بتركيز ١٥٠ ملليجرام / لتر

وجد أيضاً أن معاملة محلاق نبات *Parthenocissus tricuspidata* بهذا الهورمون تسبب تكوين عضو الإلتصاق تماماً كما فى حالة التنشيط اللمسى للمحلاق (شكل ٢٧).



(شكل ٢٧) : تكوين وسائد الألتصاق فى *Parthenocissus tricuspidata.*

عومل المحلاق الأول باللمس وعومل المحلاق الثانى بأندول حامض الخليك بتركيز ٠,٠٥ ٪ فى عجينة لانولين وترك المحلاق الثالث طبيعى بدون معاملة حيث عومل بعجينة اللانولين فقط ويعتبر مقارنة . تكوين عضو إلتصاق فى الحالة الأولى والثانية ولم يتكون عضو إلتصاق فى الحالة الثالثة .

د ـ الإنتحاء الكيماوى Chemotropism: يحدث فى بعض الحالات إنتحاء كيماوى للجذور. حيث لوحظ إنتحاء كيماوى موجب لجذور نبات *Lupinus albus* عند وجودها بالقرب من أملاح معينة مثل sodium monohydrogen phosphate ويحدث إنتحاء كيماوى سالب للجذور عند وجودها بالقرب من أملاح معينة مثل نترات الكالسيوم ونترات البوتاسيوم وكبريتات الماغنسيوم. وعامة فأن تأثير المركبات على أنتحاء الجذور يتوقف على درجة تركيز المركب وأيضاً مدة التعريض للمركب وذلك تبعا للمعادله.

درجة تأثير المركب على أنتحاء الجذر = $C^n t$

حيث أن

C = درجة التركيز المركب

t = مدة التعريض للمركب

n = قيمة تتراوح بين ٢,٥ إلى ٣.

وفى حالة نبات الهالوك فإن جذور النبات العائل مثل الفول والجذر تفرز إفرازات خارج الجذور تنتشر فى التربة وتسبب هذه الأفرازات تنبيه إنبات بذور الهالوك وتكوين أنبوبة إنبات تتجه فى نموها فى إتجاه جذور العائل حيث تصيبه.

وجد أيضاً فى حالة إنبات حبوب اللقاح على الميسم فإن أنبوبة التلقيح تخترق الميسم والقلم حتى تصل إلى المبيض ثم تخترق البويضة ويدل ذلك على وجود أنتحاء كيماوى موجب لأنبوبة اللقاح فى إتجاه البويضة. وقد أمكن إثبات ذلك بالتجربة الآتية حيث تم عمل طبقة من الجيلاتين على شريحة زجاجية أو لوح زجاجى ثم تم وضع بويضات منفصلة وأجزاء من الميسم على طبقة الجيلاتين ثم نثر حبوب لقاح على طبقة الجيلاتين فحدث نمو لأنابيب اللقاح فى إتجاه البويضات وأجزاء الميسم ويعتبر ذلك إنتحاء كيماوى موجب لأنبوبة اللقاح. وقد أمكن إثبات أن المركب الكيماوى المسئول عن إنتحاء أنبوبة اللقاح هو السكروز فى المقام الأول ويلى ذلك الجلوكوز والدكسترين كما أتضح أن أملاح الأمونيوم والفوسفات ليس لها دور فى ذلك.

هـ ـ الإنتحاء الهوائى Aerotropism : وجد فى بعض الحالات أن الجذور تنمو فى إتجاه التركيز الكبير من الأكسجين كما فى نبات *Lupinus albus*.

و ـ الإنتحاء المائى Hydrotropism هو عبارة عن إنتحاء الجذور فى إتجاه التركيز العالى من بخار الماء ، ومن أفضل التجارب التى أجريت فى ذلك هى تجربة Sachs عام ١٨٧٢ . حيث أنبت بذور بسلة الطعام والفول فى وعاء يحتوى نشارة خشب مبللة رطبة وتتميز قاعدة الوعاء بأنها مائلة بزاوية حوالى ٤٥ درجة ومثقوبة.

ينمو الجذير إلى أسفل مخترقاً نشارة الخشب وعند القاعدة المائلة ينمو عليها ثم يخرج الجذير من أحد الثقوب ويستمر نموه خارج الوعاء عندما يكون الوسط خارج الوعاء مشبع ببخار الماء والعكس صحيح عندما يكون الوسط خارج الوعاء جاف فإن الجذير ينحنى ويخترق أحد الثقوب للداخل أى يتجه ناحية النشارة المبللة.

تختلف الأراء فى مدى حساسية جذور النبات البالغ لهذا الإنتحاء كما تختلف الحساسية من نبات لآخر. عامه جذور النبات البالغ لا تظهر حالة الإنتحاء المائى

بوضوح وأن بعض من النباتات تكون ذات جذور حساسة لهذا الإنتحاء وذلك عند نمو جذور النبات فى التربة بحالة طبيعية.

ز ـ إنتحاء حرارى Thermotropism: يحدث ذلك فى بعض الحالات من النباتات. وجد أن حامل الزهرة أى الساق الحاملة لزهرة *Anemone stellata* و *A.nemorosa* وأيضاً زهرة *Tulipa sylvestris* تنحى فى أتجاه الشمس على مدار اليوم أى تنحنى وتتبع حركة الشمس من الشرق إلى الغرب من الصباح إلى المساء. أى أن الزهرة تنحنى ناحية الشرق فى الصباح وتنحنى ناحية الغرب فى المساء، وأن ذلك يحدث تماماً وبنفس الطريقة عند تغطية الزهرة والساق بغطاء أسود.

ى ـ إنتحاء كهربائى Galvanotropism: وجد أن تعريض الخمسة ملليمترات القمية من غمد الريشة لنبات الشوفان لتيار كهربائى مباشر يسبب إنحناء الغمد. يعتقد أن ذلك نتيجة لتأثير التيار الكهربائى على توزيع الأوكسين داخل الغمد أو الساق أى أن التيار الكهربائى يسبب إختلاف فى تركيز الأكسين على جانبى الغمد ولذلك يحدث الإنتحاء.

ك ـ إنتحاء جرحى Traumatotropism: وجد أن عمل جروح أو إزالة أجزاء من النبات يسبب إنتحاء فى بعض الحالات. فقد وجد أن إزالة أحد فلقتى البادرة يسبب إنتحاء جرحى موجب أو سالب فى عدد من النباتات مثل عباد الشمس والخروع و *Agrostemma githago* و *Cucurbita pepo* و *Lupinus albus* و *Sinapsis alba*.

وجد أيضاً أن أزالة جزء من نصل الورقة يسبب إنحناء العنق والعرق الوسطى فى إتجاه الجزء المزال وقد أمكن إثبات هذه الحالة فى ستة عشر نوع من النباتات المختبرة من مجموع نباتات مختبرة عددها أربعة وعشرون نوع.

وجد أن إزالة وريقات الأوراق المركبة على أحد ناحيتى محور الورقة المركبة يسبب أنحناء محور الورقة المركبة فى إتجاه الوريقات المزالة. وجد أن ذلك صحيح فى ٥٨ نوع من النباتات من مجموع نباتات كلى هو ٩١ نوع وتتبع هذه النباتات عائلات مختلفة مثل الوردية والبقولية والشقيقية، وجد أيضاً أن إزالة الأوراق على جهة من

الساق تسبب إنتحاء الساق فى هذا الإتجاه وذلك فى بعض الحالات. وجد أن إزالة أزهار على جهة من المحور تسبب إنتحاء محور المحور فى هذا الإتجاه وذلك أيضاً فى بعض النباتات. أثبت دارون أن هذا النوع من الإنتحاء يحدث عند عمل جروح فى النبات بواسطة إستعمال نترات الفضة أو بواسطة عمل حرق burning لهذه الأجزاء.

ل ـ إنتحاء لتيار الماء Rheotropism: تنمو جذور بعض النباتات فى إتجاه عكس إتجاه تيار الماء الجارى ولذلك يسمى إنتحاء موجب لتيار الماء حيث تتجه الجذور إلى مصدر تيار الماء. والعكس صحيح يعتبر إنتحاء سالب لتيار الماء حيث تتجه الجذور فى إتجاه تيار الماء أى عكس مصدر الماء. وعامة فإن جذور البادرات أكثر حساسية لهذا النوع من الإنتحاء عنه فى حالة جذور النباتات البالغة. وعامة الحساسية لهذا النوع من الإنتحاء فى نباتات العائلة الصليبية والنجيلية.

بعض المصطلحات المستعملة فى الأنتحاء:

لا يؤثر المؤثر stimulus على النبات إلا بعد مدة كافية من زمن التعريض. ولذلك فإن أقل مدة ممكنة يعرض لها النبات أو العضو للمؤثر ويحدث إستجابة نتيجة لذلك تسمى زمن التعريض presentation time. يعتبر الزمن اللازم لإنتقال تأثير المؤثر من منطقة التأثير إلى منطقة الإستجابه response هو زمن الإنتقال conduction time يكون تأثير المؤثر فى كثير من الحالات غير فورى أى يحتاج إلى فترة معينة لكى تحدث الإستجابة وتسمى فترة التفاعل reaction وهذه الأخيرة تكون ثوان فى حالة الإنتحاء الكهربائى وتكون ساعات عادة فى الإنتحاء الأرضى والضوئى والحرارى والجرحى.

٣ ـ الحركة التأثيرية اللا إنتحائية Nastic Movement:

هى عبارة عن حركة تأثيرية نتيجة لمؤثر وليس لها علاقة بالأتجاه ناحية المؤثر.

Occur independently of the direction of the environmental stimulus.

ولذلك فإنها تختلف عن الإنتحاء إختلاف جوهرى حيث أن الحركة فى الأنتحاء تكون عادة فى إتجاه أو عكس أتجاه المؤثر. قد تكون الحركة نتيجة للنمو أو نتيجة ضغط الإنتفاخ.

ومن الأمثلة الجيدة لهذه الحالة هى حالة تفتح البرعم الزهرى حيث يحدث إنحناء القنابات ووحدات الغلاف الزهرى للخارج وذلك نتيجة لسرعة نمو السطح أو الجزء العلوى عن السطح السفلى. يمكن أن يكون هذا التفتح نتيجة للإختلاف فى درجة الحرارة أو الإضاءة أو كلاهما. حيث أنه فى كثير من حالات nastic يمكن أن يكون ذلك راجع لأكثر من عامل ومثال ذلك درجة الحرارة والضوء.

وتنتج الحركات فى بعض الأنواع النباتية من تغيرات فى امتلاء خلايا عضو الحركة. pulvinus وتوجد هذه التراكيب فى أنواع كثيرة من الفصيلة البقولية. ويوجد عضو الحركة عادة عند قاعدة عنق الورقة وأيضاً عند نقطة اتصال النصل بالعنق، وهى تبدو ظاهرياً، كأجزاء قصيرة من العنق ومنتفخة إلى حد ما. وإذا وجدت أعضاء الحركة فى الأوراق المركبة فإنه يوجد منها عادة واحدة عند اتصال كل وريقة بالعنق وواحدة أخرى عند قاعدة الورقة.

ويتركب عضو الحركة من خلايا كبيرة الحجم رقيقة الجدر متزاحمة وملاصقة لبعضها تحيط بشريط وعائى مركزى (شكل ٢٨).

(شكل ٢٨) : توزيع الأنسجة الوعائية فى عضو الحركة

قطاع عرضى فى عضو الحركة (علوى) الأنسجة الوعائية مظللة.

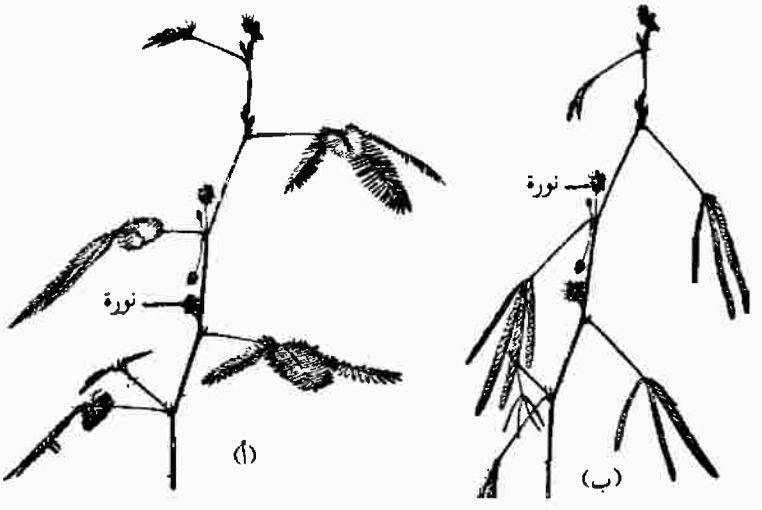
قطاع طولى فى منطقة إنتقال بين عضو الحركة وعنق الورقة (وسطى).

قطاع عرضى فى عنق الورقة (سفلى).

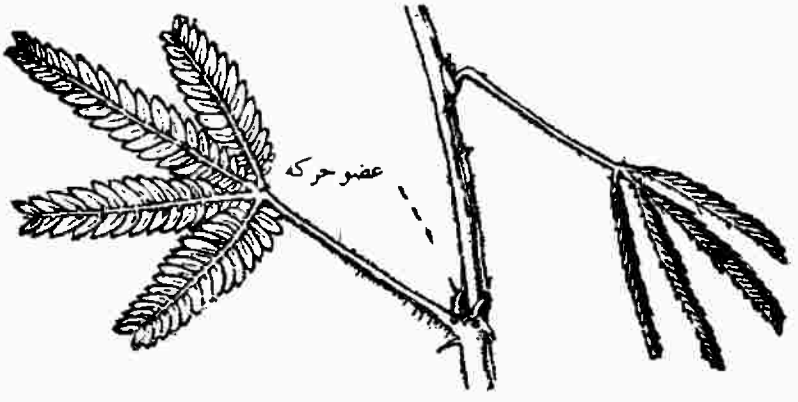
وعندما تنتفخ جميع خلايا عضو الحركة بفعل ضغط امتلائها يصبح ارتكاز الورقة قوياً. وتنتج الحركات من تغيرات مفاجئة فى امتلاء خلايا جزء من أجزاء عضو الحركة بينما يبقى امتلاء خلايا الجانب المقابل كما هو وربما زاد. وعلى ذلك فالضغوط غير المتساوية التى تنشأ على جانبى عضو الحركة تجعل عنق الورقة يتحرك فى اتجاه الجانب الذى نقص ضغط الامتلاء فى خلاياه. وعندما تستعيد الخلايا المرتخية من عضو الحركة امتلاءها يدفع عنق الورقة ببطء إلى وضعه الذى كان يشغله قبل أن تحدث الحركة. وكثيراً ما يكون فقدان الامتلاء سريعاً جداً. وقد وجدت حركات امتلائية ملحوظة فى النبات الحساس استغرق حدوثها ٠,٠٧٥ من الثانية بعد «التنبيه» ، ويتم التأثير فى أكثر من الثانية بقليل. وتستعيد الخلايا امتلاءها عادة فيما بين ٨ ـ ٢٠ دقيقة. وتختلف سرعة التأثر والعودة إلى الحالة الطبيعية اختلافاً كثيراً بشدة العامل المؤثر، وتكون الحركة الناتجة أسرع والشفاء أبطأ إذا كان العامل المحفز شديداً عما إذا كان ضعيفاً. غير أن حركة عضو الحركة فى بعض الأنواع تكون بطيئة بدرجة تجعلها غير ملحوظة مالم يستعمل القياس فى إدراكها.

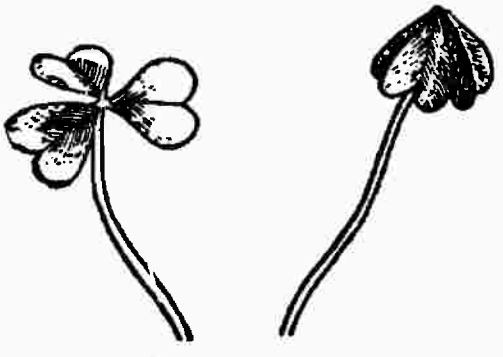
والآلية التى تسبب التغيرات المفاجئة فى امتلاء الخلايا فى جزء من أجزاء عضو الحركة غير معروفة بوضوح. ويخرج الماء من الخلايا إلى المسافات البينية المجاورة، وربما دخل بعضه خلايا أخرى من خلايا العنق أو الساق المجاورة. ويبدو أن انتقال الماء من الخلايا إلى المسافات البينية مصحوب بزيادة فى نفاذية أغشيتها السيتوبلازمية وبنقص فى محتوى هذه الخلايا من المواد ذات النشط الأسموزى (أنظر حركة seismonasty). وهذه التغيرات عكسية كلها لأن خلايا عضو الحركة غير الممتلئة يمكنها استعادة امتلائها فى فترة قصيرة من الزمن.

ويمكن إحداث حركات الامتلاء بعدة طرق مختلفة . فتنتج الحركات فى النبات الحساس من التلامس الفيزيائى ومن الجروح والتعرض لغازات مختلفة والصدمة الكهربائية والارتجاج وقلة الماء والانتقال من الضوء إلى الظلام أو العكس ومن عوامل أخرى كذلك ومثال ذلك المستحية (شكل ٢٩، ٣٠).



(شكل ٢٩) : أوراق المستحيه عاديه (أ) وأوراق المستحيه نائمه (ب).





(شكل ٣٠) : حركة النوم فى المستحيه (أعلى) والأوكساليس (أسفل).

كذلك يبدى النبات الحساس اختلافاً فى درجة تأثره بأطوال الموجات الضوئية المختلفة. وتنتج حركات الامتلاء إذا أضيئت النباتات الموضوعة فى الظلام بأمواج ضوئية مناسبة الأطوال من مناطق الضوء الأزرق وفوق البنفسجية الطويلة والحمراء الطويلة. ولا تحدث حركات نتيجة التعرض للموجات البرتقالية أو الصفراء المخضرة أو تحت الحمراء.

والعوامل البيئية المسببة للحركات يمكن أن تستقبلها الأعضاء على مسافة محسوسة من عضو الحركة التى تحدث فيها تغيرات الامتلاء التى تسبب الحركة. فإذا أحرقت الوريقة الطرفية لورقة النبات الحساس بلهب فإن جميع الأوراق الموجودة على النبات كله قد تتأثر وتبدى حركات امتلائية عنيفة. وقد استرعت حركات الامتلاء الظاهرة التى يمكن إحداثها فى هذا النبات أنظار كثير من الدارسين كما أن الظاهرة قد درست مستفيضة، خصوصا فيما يتعلق بإنتقال آلية «المحفز» (أنظر حركة seismonasty). وإذا كان «المحفز» متوسط الشدة (كوضع نقط من الماء البارد على الوريقات) فإنه ينتقل على مايبدو خلال الخلايا الحية فقط، ويكون معدل انتقاله محكوماً بدرجة الحرارة وإذا جرحت وريقة بالحرق أو التمزيق، فإنه يبدو أن مواد خاصة تتكون فى موضع الجرح، وتنتقل هذه خلال الأوعية غير الحية من الجهاز الوعائى وتسبب تأثر أعضاء الحركة الموجودة بعيداً، إلى حد ما، عن موضع الجرح. ومهما تكن الآلية التى يتم بها التأثير على مسافة من موضع تأثير العامل المحفز فالتأثير واحد: هبوط مفاجئ فى امتلاء الخلايا فى جانب واحد من عضو الحركة يصحبة استبقاء أو زيادة امتلاء الخلايا الموجودة على الجانب المقابل من العضو.

يمكن تصنيف هذه الحركات كالآتى:

أ ـ حركة Photonasty. تعتبر التغيرات فى حركة وحدات الغلاف الزهرى أثناء تفتح كثير من الأزهار أو قفلها وأيضا حركة النوم sleep movements لبعض أوراق المجموع الخضرى على مدار اليوم الكامل من أفضل الأمثلة لهذه الحالة. وحيث أن هذه التغيرات تحدث نتيجة لتعاقب الليل والنهار ولها علاقة بحلول الظلام فإنها

تسمى nyctinastic. وحيث أن نتيجة لتعاقب الليل والنهار فإن الإختلاف يكون فى الضوء أو فى درجة الحرارة أو كليهما. ولذلك فإن حركة nyctinastic قد تكون photonastic أو thermonastic أو كليهما.

تعتبر حركة nyctinastic للأوراق هى أساساً photonasty. حيث أن الحركة تحدث نتيجة للإختلاف فى سرعة النمو على جانبى قاعدة الورقة أو نتيجة للتغير فى ضغط الإنتفاخ للخلايا على جانبى قاعدة الورقة.

يوجد نوع من الحركة photonastic نتيجة لإختلاف فى سرعة النمو على جانبى قاعدة الورقة فى بعض نباتات العائلة balsamineae ومنها نبات *Impatiens* حيث أن الأوراق تتهدل وتتدلى لأسفل droop أثناء الليل وتصبح غير متهدلة بل عادية expanded وتقريبا أفقية الوضع أثناء النهار. وجد أن العامل المؤثر فى هذه الحالة هو الضوء والظلام ولذلك تعتبر photonastic.

يوجد نوع من الحركة photonastic نتيجة للتغير فى ضغط إنتفاخ الخلايا على جانبى قاعدة الورقة فى بعض نباتات العائلة oxalidaceae والبقولية وبعض النباتات التيريدية مثل *Marsilia*. تسمى عادة قاعدة الورقة فى هذه الحالة motile pulvini. وفى حالة الأوكساليس تكون الورقة مركبة راحيه من ثلاث وريقات. تكون الوريقات تقريبا أفقية فى أثناء النهار وتتدلى droop إلى أسفل فى الليل ويصبح العرق الوسطى لكل وريقة مواز تماما لعنق الورقة. كما أن الوريقة ينطبق نصفيها على بعضها جزئيا (شكل ٣٠).

تعتبر حركة nyctinastic للبراعم الزهرية أساسا حركة نمو أى نتيجة للإختلاف فى سرعة النمو على جانبى قاعدة الورقة . وقد تفتح الأزهار أثناء النهار وهو المعتاد ولكن قد يحدث العكس فى بعض الأزهار مثل *Oenothera* والتبغ وبعض أنواع الصبار *Cereus grandiflorus*

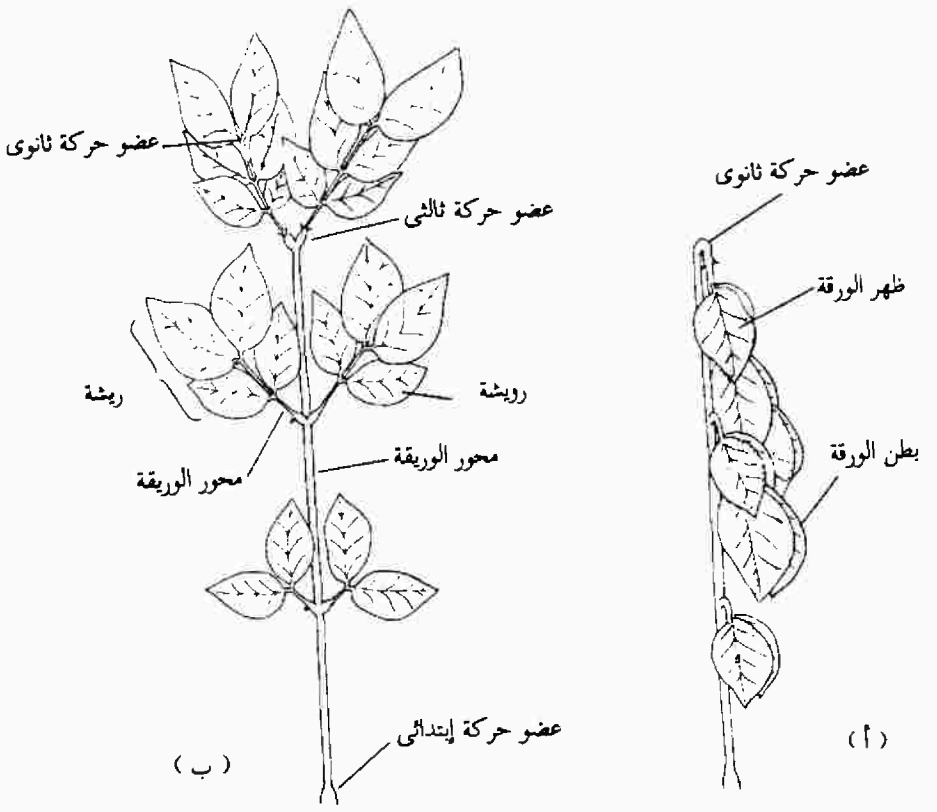
ب ـ حركة Thermonasty: من أفضل الأمثلة لذلك تفتح أزهار التيوليب *Tulipa*

والكروكس *Crocus* (الزعفران). حيث أن إرتفاع درجة الحرارة يسبب تفتح الأزهار وإنخفاض درجة الحرارة يسبب قفل الأزهار. حيث أن فى درجة حرارة عشرة درجات مئوية تقفل الأزهار وفى درجة حرارة ٢٠ إلى ٢٥ درجة مئوية تفتح الأزهار. وهذه تعتبر حركة نمو فى قاعدة تبلات الزهرة. توجد أمثلة أخرى لذلك مثل بعض أنواع الشقيق والأنيمون واللحلاح.

توجد حركات من هذا النوع نتيجة لإختلاف فى ضغط الإنتفاخ فى خلايا motile pulvini للأوراق كما فى المستحية و *Desmodium gyrans*.

حـ ـ حركة Hydronasty: بعض حالات الحركة nyctinastic فى الأوراق تكون نتيجة لإختلاف درجة الأضاءة أو درجة الحرارة أو كليهما وقد يوجد عامل ثالث فى قليل من الحالات هو رطوبة الجو حيث أن رطوبة الجو يمكن أن تتغير نتيجة لتغير درجة الإضاءة ودرجة الحرارة ومن هذه النباتات حالة حركة نوم أوراق *Oxalis* وأيضا فى *Myriophyllum proserpinacoides*.

ء ـ حركة Nyctinastic: تم شرح هذا النوع من الحركة فى الحالات السابقة. ومن النباتات التى تظهر هذه الحركة المستحية ونبات *Samanea saman* والنبات الأخير بقولى إستوائى يعرف بإسم شجرة المطر rain tree أو شجرة قرن القرد monkey pod tree. الورقة فى هذا النبات مركبه ريشية متضاعفة تتكون من وحدات عبارة عن وريقات تسمى الوريقة ريشة pinna فكل ريشة تتكون من ٢ إلى ٦ ست رويشات pinnule. وفى قاعدة الورقة يوجد primary pulvinus وفى قاعدة الريشة يوجد secondary pulvinus وفى قاعدة الرويشة يوجد tertiary pulvinus تظهر الأوراق حركة النوم sleep movement حيث تتدلى الريشات والرويشات أثناء الليل وتعتدل أثناء النهار (شكل ٣١).



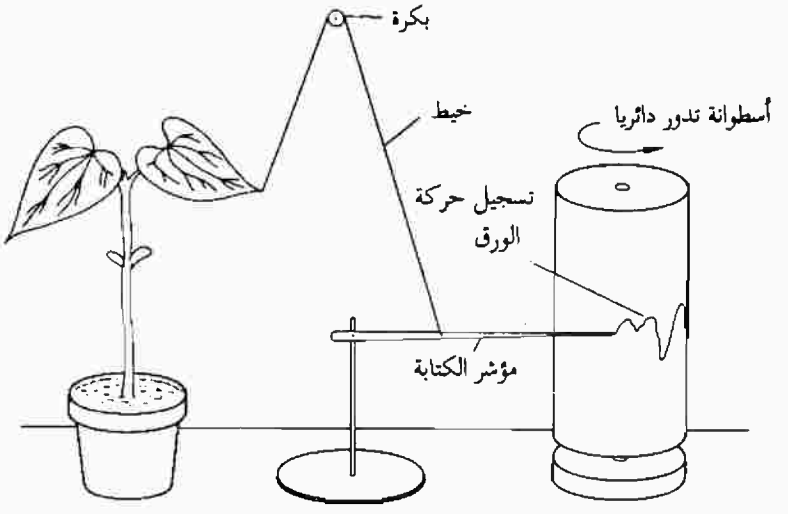
(شكل ٣١) : ورقة نبات شجرة المطر أو شجرة قرن القرد *Samanea saman* أثناء الليل (أ) وأثناء النهار (ب).
حركة النوم تتحكم فيها ثلاثة أنواع من أعضاء الحركة وهى الأبتدائية والثانوية والثالثية.

وحيث أن هذه الحركة على مدار اليوم الكامل وتتكرر يوميا فتسمى circadian rhythm حيث أن معنى rhythm هى عملية متكررة بإنتظام ومعنى circadian هو مدتها يوم تقريباً حيث أن هذه الكلمة لاتينية ومعناها حرفيا تقريبا ويوم approximately and day. تحدث الحركة فى النبات السابق نتيجة للتغير فى ضغط الإنتفاخ فى خلايا pulvinus. ومما هو جدير بالذكر أن الترجمة الحرفية للكلمة nyctyinastic هو قفل أثناء الليل night closing. وتظهر هذه الحركة فى بعض النباتات وخاصة التى تتبع العائلة البقولية مثل الفاصوليا والمستحية والفول السودانى وجنس اللبخ *Albizzia*.

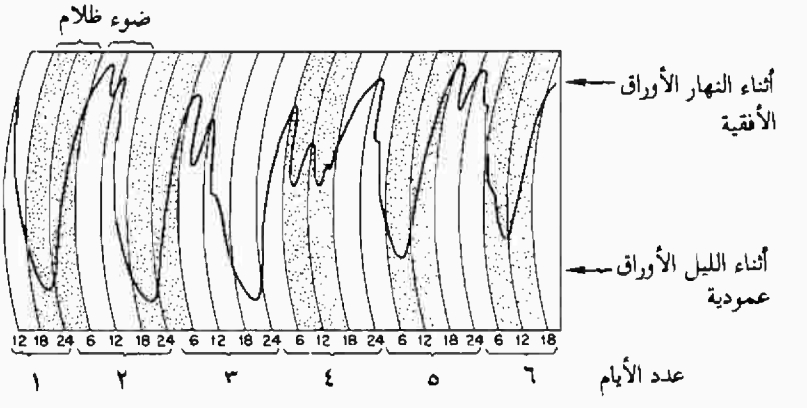
يمكن قياس الزمن بواسطة هذه الأوراق حيث أنها تعتدل أى تستيقظ فى موعد ثابت ثم تتدلى أى تنام فى موعد ثابت أى أنها تشعر بالزمن والوقت تماما كالإنسان النشيط الذى يعمل يومياً فى نشاط ويستيقظ مبكراً للعمل وينام مبكراً أيضا للراحة وهكذا يكرر ذلك يوميا معتمداً فى ذلك على ساعته لضبط وتوقيت موعد الإستيقاظ والنوم. ولذلك فإن النبات ذو الأوراق التى تنام قياس للزمن ويمتلك ساعة بيولوجية biological clock. لضبط توقيت النوم والأستيقاظ فى الأوراق فى مواعيد ثابتة وتتكرر يومياً فى موعد ثابت وبنظام ثابت. وحيث أن حركة الأوراق فى هذه النباتات دقيقة أى محافظة على مواعيدها أى أن مواعيدها دقيقة لا تؤخر ولا تقدم فإن الأوراق وتسمى أحيانا بأنها أذرع الساعة البيولوجية the hands of biological clock . ويعتبر ضبط المواعيد فى هذه الساعة نتيجة لوجود نظام معين يسمى الدوران الداخلى internal oscillator. يعتبر مركب الفيتوكروم هو أساس هذا النظام وأيضا أساس الساعة البيولوجية كما سيلى شرحه فى هورمونات الأزهار فى الجزء الأخير من هذا الكتاب.

يمكن رصد حركة أوراق نبات الفاصوليا على مدار اليوم بواسطة جهاز كيموجراف kymograph (شكل ٣٢) وحيث يلاحظ أثناء الليل تتدلى الورقة وفى أثناء النهار تعتدل ويتم رصد ذلك على ورقة رسم بيانى مثبتة على أسطوانة تدور حركة دائرية منتظمة. وحيث يتم توصيل قمة الورقة وقلم مداد بواسطة خيط رفيع يمر على بكره. وهكذا نتيجة لتدلى الأوراق أو إعتدالها يتم رسم منحنى بواسطة قلم الحبر أو ريشة تشبه القلم البسط على ورق الرسم البيانى. يمكن تسجيل ذلك لأيام عديدة (شكل ٣٣).

وفى تجربة أخرى بعد قطع secondary pulvini ووضعها فى محلول سكروز وذلك لنبات *Samanea*. فإن تدلى الجزء القمى وإعتداله يحدث بإنتظام لعدة أيام وتحدث دورة كاملة من التدلى والإعتدال كل ٢٣ ساعة فى الظلام وتحتاج الدورة إلى مدة أطول نسبياً فى الضوء (شكل ٣٤).

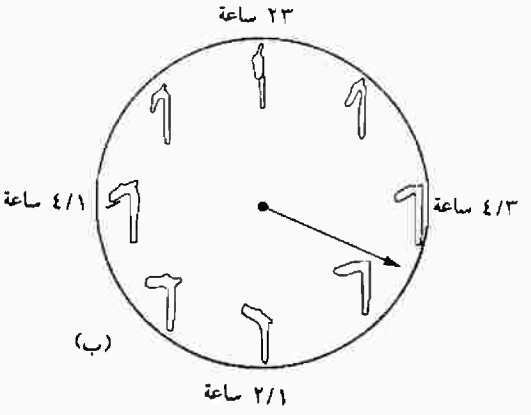


(شكل ٣٢) : طريقة قياس حركة أوراق الفاصوليا .



(شكل ٣٣) : تسجيل لحركة أوراق الفاصوليا أثناء
الليل والنهار لمدة ستة أيام

(أ)



(شكل ٣٤) : حركة الوريقة فى نبات *Samanea*

أ ـ عضو حركة ثانوى secondary pulvinus بعد قطعة ومفصلة عن الوريقة ويوضع فى أنبوبة بها سكروز حيث تظهر الحركة الدائرية وتكون دورة واحدة فى ٢٣ ساعة فى الظلام وتزيد الفترة عن ذلك فى الضوء.

ب ـ زاوية حركة عضو الحركة الثانوى فى أزمنة مختلفة أثناء الدورة الواحدة والتى تحتاج إلى ٢٣ ساعة فى الظلام.

وقد وجد أن درجة الحرارة والإضاءة وبعض الأيونات مثل الليثيوم وأيضا الماء الثقيل heavy water وكحول الإيثيل يمكن أن تؤثر فى مدة أو فى طور حركة الأوراق rhythm phase فى النبات السابق. وجد أيضا أن المركبات التى تؤثر على هذه الحركة تؤثر أيضا على نفاذية الأغشية الخلوية ولذلك يعتقد أن نفاذية المركبات من وإلى الخلية وأيضا نفاذية المركبات من وإلى عضيات الخليه يسبب تغيرات فى كيمياء الخلية وأيضا فى سلوك الخلية ولذلك تحدث التغيرات اليومية circadian rhythm.

وجد أن التغيرات فى أثناء rhythm يقابلها حدوث تغيرات فى تركيب الأغشية فى طحلب وحيد الخلية هو *Gonyaulax*. حيث وجد أن بعض الأجزاء البروتينية فى الغشاء تتغير فى تعداد ما متفقة فى ذلك مع التغيرات اليومية للـ (change in rhythm frequency in a circadiian manner). ولكـن حتـى الآن غير معروف

كيف يحدث التغير اليومى فى تعداد أجزاء أو جزيئات البروتين فى الغشاء. يجب الإجابة على هذا السؤال لكى نحاول تفسير كيفية عمل الساعة البيولوجية فى النبات.

أما عن ميكانيكية حدوث الحركة فى الأوراق فى هذه الحالة nyctinastic هو نتيجة للتغير فى حجم خلايا الحركة motor cells فى عضو الحركة pulvinus يوجد عضو الحركة دائما فى قاعدة الورقة أو الوريقة أو الريشة أو الرويشة. حيث أن خلايا الحركة على الجانب الآخر تنكمش ولذلك تفتح الوريقات والعكس صحيح حيث يختلف الوضع على جانبى عضو الحركة ولذلك تنطوى الوريقات. يتم تنظيم حجم خلايا الحركة بواسطة الإنسياب الكتلى أى الكبير massive flux لكاتيون البوتاسيوم وأنيون الكلور من وإلى الفجوات العصارية لهذه الخلايا. زيادة تركيز كاتيون البوتاسيوم وأنيون الكلور يقلل من water potential للخلايا أى يزيد الضغط الإسموزى وينتج عن ذلك الزيادة الكبيرة فى إنسياب الماء إلى داخل الخلايا وإنتفاخ الخلايا بينما العكس صحيح فى قلة تركيز كاتيون البوتاسيوم وأنيون الكلور. تتحكم الأغشية الخلوية لخلايا الحركة فى توزيع ثم إعادة توزيع هذين الأيونين

٥- **حركة Chemonasty** : وجد أن تعريض أوراق المستحية لبخار الكلوروفورم يسبب حركة أعضاء الحركة للأوراق وإنكماش وضم الأوراق على بعضها أى حركة إستحياء. ونفس الشيئ يحدث عند تعريض أوراق نبات *Callisia repens* لغاز الفحم coal gas. ومن المعروف أن حركة المستحية نتيجة للتغير فى ضغط إنتفاخ الخلايا أى أنها علاقات مائية. وجد أيضاً أن أسدية نبات البربرس *Berberis* يحدث لها هذه الحالة عند تعريضها لبخار النوشادر أى الأمونيا وتتلخص الحركة فى أنكماش سريع مفاجىء فى خيط السداه.

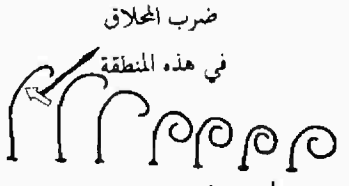
أما فى نبات الدروسيرا *Drosera rotundifolia* وهو من النباتات آكلة الحشرات فإن الحركة تكون راجعة لإختلاف سرعة النمو على الزوائد الغدية *tentacles*. يحمل السطح العلوى للأوراق شعيرات صغيرة غير غدية كما يحمل عدد كبير من

لشعيرات الغدية tentacles يتراوح عددها من ١٣٠ إلى ٢٦٠ على الورقة الواحدة. وهذه الشعيرات الغدية تكون قصيرة وقائمة فى وسط الورقة بينما تكون أطول ويزداد إنحنائها للخارج كلما إقتربت من حافة الورقة. وعلى حواف الورقة فإنها تنحنى للخارج أو لأسفل. كل شعيرة غدية تتكون من عنق ينتهى بغدة منتفخة إهليجية الشكل وتفرز الغدة محلول لزج يحتوى أنزيمات محللة للبروتين. وهذه الأنزيمات تحلل جسم الحشرة عند ملامستها وإلتصاقها بالشعيرات الغدية. وجد أن إضافة قطرة من الماء المقطر على ورقة النبات تسبب إنحناء بسيط جداً للشعيرات الغدية للداخل. كما وجد أن إضافة قطرة من محلول مائى للورقة يحتوى على أحد المركبات الآتية اللبن أو البول أو ألبيومين البيض أو اللعاب أو منقوع اللحم meat infusion أو بعض أملاح الأمونيوم والصوديوم أو كثير من الأحماض يسبب إنحناء كبير للشعيرات الغدية للداخل إلى وسط الورقة وجد أن بعض المركبات الأخرى ليس لها تأثير فى ذلك مثل السكروز والنشا وكحول الإثيل وزيت الزيتون وأملاح البوتاسيوم. وجد أن إنحناء الشعيرات الغدية هو نتيجة لإختلاف سرعة النمو على جانبى الشعيرة حيث ينمو الجزء الخارجى أسرع من الجزء الداخلى للشعيرة بدرجة كبيرة. يحدث الإنحناء بدرجة كبيرة بعد مرور حوالى ثلاث ساعات ونصف. ويلى ذلك سرعة كبيرة فى نمو الجانب المقعر ينتج عنه إستقامة الشعيرة الغدية تدريجياً حتى تصل إلى إستقامة كاملة بعد يوم كامل. ونتيجة لذلك تنمو الشعيرة فى الطول. نتيجة لذلك فإن الشعيرة الغدية تنحنى وبعد فترة تبدأ فى الإستقامة تدريجياً لترتد إلى وضعها الطبيعى والمحصلة النهائية لذلك هو نمو الشعيرة الغدية طولياً. وجد أن تكرار هذه الحالة ثلاث مرات أى الإنحناء والإستقامة ينتج عنه نمو الشعيرة الغدية فى الطول مسافة ٤٣, ملليمتر فى المرة الأولى ومسافة ٣٧ر٠ ملليمتر ثم ٢٤ر٠ ملليمتر وذلك فى المرتين الثانية والثالثة على التوالى، وبعد المره الثالثة تصبح الشعيرة غير قادرة عل النمو وأيضاً غير قادرة الإنحناء للداخل. تبدأ زيادة سرعة النمو فى الخلايا من قاعدة الشعيرة ثم تزداد السرعة تدريجياً إلى أعلى الشعيرة وعندما تكبر الشعيرة فى السن تصبح زيادة سرعة النمو محدودة فى القاعدة فقط.

و ـ حركة Thigmonasty = Haptonasty : تحدث هذه الحالة عند لمس الجزء الحساس فأن الأوراق أو الأجزاء الحساسة تنقبض.

ومثال ذلك عند لمس أوراق المستحية فإنها تستحى وتنكمش، وأيضاً عند لمس الشعيرات الغدية لنبات الدروسيرا فإنها تنحنى للداخل كما أن الغدد تنشط أيضاً فى تكوين المحلول المحتوى على الأنزيمات الهاضمة كما فى حالة وجود الحشرة تماماً.

وجد أيضاً أن لمس محلاق البسلة أو ضربة stroke بقضيب زجاجى يسبب إنحناء المحلاق نتيجة لإختلاف سرعة نمو الخلايا على جانبى المحلاق. يبدأ حدوث الإنحناء والإلتفاف بعد دقيقتين من اللمس أو الضرب ويستمر ذلك لمدة تزيد عن يومين . يحدث الإنحناء والإلتفاف فى طورين متميزين فى الطور الأول first phase يحدث أن الخلايا المواجهه للمس أو الضرب تنكمش والخلايا فى الجهة الأخرى تتمدد وفى الطور الثانى second phase تتمدد وتستطيل وتنمو الخلايا على كلا الجهتين ويكون ذلك أسرع فى الجهة البعيدة عن اللمسة عنه فى الجهة القريبة من اللمس (شكل ٣٥).



(ثوان)	الزمن بعد الضرب	صفر	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤
(٥)	درجة الأنحناء	٢٢٥	٢٧٠	٣١٥	٤٥٠	٤٩٥	٥٤٠	٤٩٥
(م)	الطول	٦٦	٦٦	٧١	٧١	٧٤	٦٨	٧٦

(شكل ٣٥) : حركة محلاق البسلة والذى تم ضربه بقضيب زجاجى خمسة مرات.

والنتيجة النهائية لذلك زيادة طول المحلاق وإلتفافه. ويتدخل فى عمل ذلك أوكسين أندول حامض الخليك والإثيلين كما سيلى شرحه فى الجزء الخاص بالإثيلين فى هذا الكتاب. وجد أيضاً أن الضوء يشجع حدوث إلتفاف المحلاق وليس للفيتوكروم دور فى ذلك. حيث أن للفيتوكروم دور فى حركات nyctinastic للأوراق. حيث أن الضوء فى هذه الحالة مباشر حيث تحدث عملية البناء الضوئى وينتج عنها جزئيات ATP وأن إلتفاف ونمو المحلاق يحتاج إلى طاقة يستمدها من ATP. حيث وجد أنه يمكن الإستعاضة عن الضوء فى المحلاق المقطوع وذلك بوضع ATP فى المحلول النامى عليه المحلاق المقطوع وينتج عن ذلك الإلتفاف فى عدم وجود الضوء. حيث يوضع ATP فى المحلول الطافى عليه floated المحلاق المقطوع كما أمكن قياس تحول كبير جداً فى هدم ATP إلى ADP وفوسفات أثناء إنحناء وإلتفاف المحلاق.

مما سبق يتضح أن حركة المستحية هو نتيجة للتغير فى ضغط إنتفاخ الخلايا بينما محلاق البسلة والشعيرات الغدية للدروسيرا هى نتيجة للنمو.

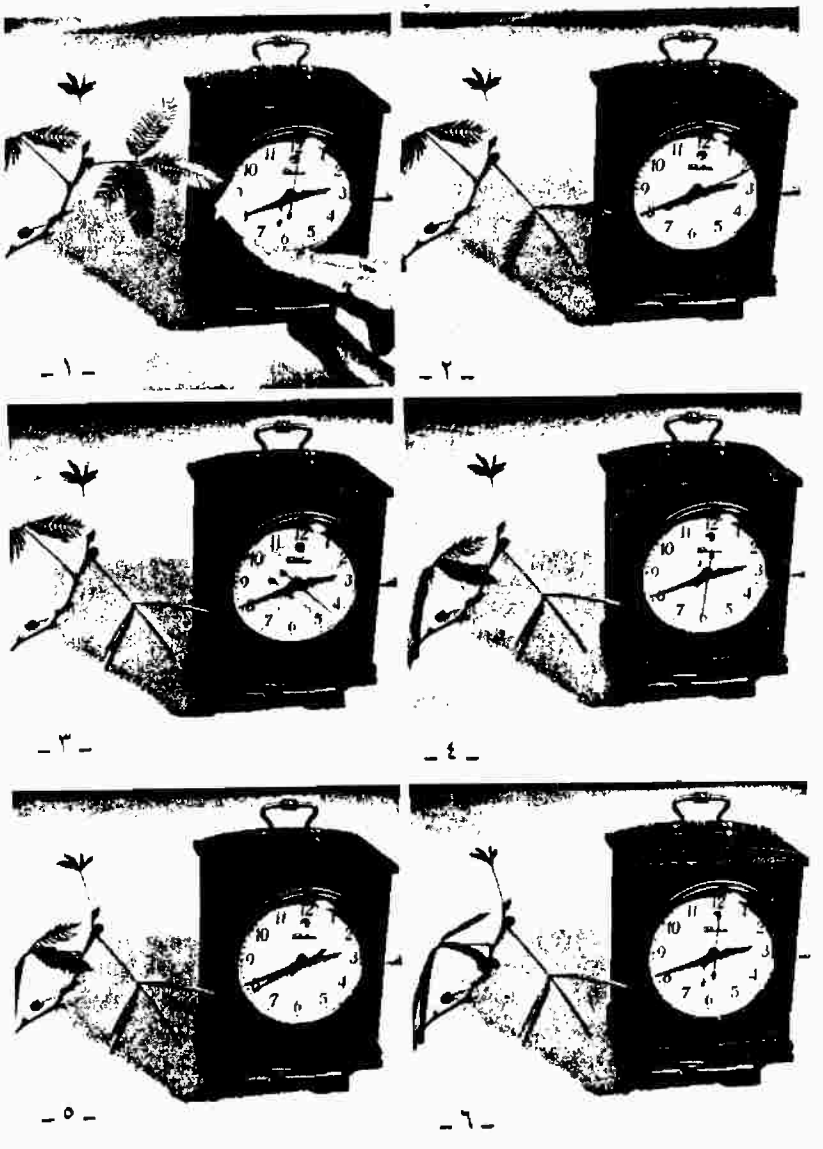
ز ـ حركة Electronasty = Galvanonasty: يمكن تعريض النبات أو جزء منه مثل الفروع أو الأوراق لصدمة كهربائية electrical shock وذلك بواسطة ملف حيث يتم سريان فولت عال فى النبات أو جزء من أجزائه. وجد أن التيار الكهربائى فى نبات المستحية يسبب إنكماش الأوراق فى إستحياء. وجد أن إستجابة الأوراق للتيار الكهربائى تكون أقل من الثانية وزمن إنكماش الأوراق يحدث تماماً بعد حوالى ثانية ونصف، وزمن إرتداد الأوراق لحالتها الطبيعية مره أخرى يكون فى مدة تتراوح بين ٨ إلى عشرون دقيقة. وعامة زمن الشفاء أى زمن الإرتداد للحالة الطبيعية يتوقف على شدة التيار الكهربائى ومدته والظروف البيئيه الأخرى، وكلما زادت شدة التيار أو مدته كلما زاد زمن الشفاء recovery أى الإرتداد للحالة الطبيعية. هذه الحالة هى حركة نتيجة لإختلاف ضغط الإنتفاخ لخلايا الحركة فى عضو الحركة وليس لها علاقة بالنمو. وجود الأوزون فى البيئة يزيد من إستجابة وحساسية النبات للصدمة والعكس صحيح فى حالة بخار الإثير والكلوروفورم والأمونيا.

ك ـ حركة Seismonasty : وهى إستجابة جزء من أجزاء النبات مثل الأوراق أو المحلاق لتأثير صدمات ميكانيكية mechanical shocks مثل الإهتزاز بعنف أو الضغط أو الخبط أو الجروح أو اللهب أو النيران أو التيار الكهربائى والإحتراق ولذلك تعتبر electronoasty من هذا النوع وأيضاً بعض أنواع thigmonasty.

تعتبر المستحية مثال جيد لهذه الحالة حيث أنها تتأثر بالصدمات الكهربائية كما أن خبط الأوراق يؤثر على حركاتها وبالإضافة إلى ذلك فإنها تتأثر باللهب والنيران والحريق وتنكمش أوراقها، ومن أمثلة ذلك أنه عند إشعال عود ثقاب أى كبريت وتقريب اللهب من الأوراق دون لمسها فإنه يسبب إنكماش الأوراق. جميع الحالات السابقة فى هذا النبات seismonasty وبالإضافة إلى ذلك فإن المستحية تظهر حالات أخرى عديدة مثل thigmonasty و nyctinasty.

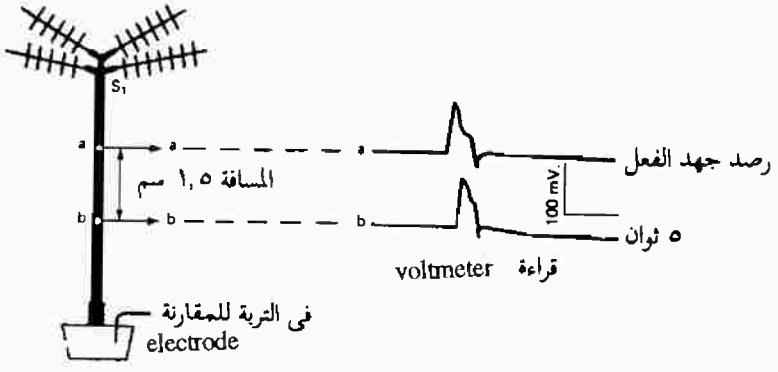
من المعروف أن أوراق المستحية وأيضاً *Samanea* تظهر حركة يومية لتدلى وأعتدال الأوراق circadian nyctinastic movement وبالإضافة إلى ذلك فإنها تظهر حركة الإنكماش أو التدلى بسرعة إستجابة للمنشطات الميكانيكية والحرارية والكيماوية والكهربائية واللهب والحريق. فعند لمس الورقة فإن عنق الورقة تتدلى وتنضم الرويشات على بعضها فى حركة إستحياء (شكل ٣٦).

وهذه الإستجابة السريعة تحتاج إلى درجة كبيرة من التوافق والإرتباط بين أجزاء الورقة المختلفة. تحدث هذه الحالة نتيجة لتحويل المؤثر أو المنشط الميكانيكى نتيجة للمس إلى إشارة كهربائية electrical signal بواسطة الخلايا الحساسة sensory cells الموجودة على عنق الورقة. تعتبر الإشارة الكهربائية حالة من حالات a propagated depolarization of a membrane تنتقل الإشارة الكهربائية بسرعة خلال النسيج حتى تصل إلى خلايا الحركة فى أعضاء الحركة pulvinar motor cells يحدث تغيرات فى حجم الخلايا الأخيرة والتى ينتج عنها حركة الأوراق أو الوريقات.



(شكل ٣٦) : حركة أوراق المستحيه بعد تعريضها لعود ثقاب مشتعل ومسجلة بالزمن.

يمكن قياس الإشارة الكهربائية المتزايدة propagated electrical signal بواسطة قطبين زجاجيين كلاهما مملوء بمحلول ملحيa pair of saltfilled glass electrodes. يوضع أحد القطبين على عنق الورقة ويوضع القطب الآخر فى التربة المحيطة بجذور النبات أو فى تربة الأصيص المحتوى على النبات. تعتبر الأشارة الكهربائية فى هذه الحالة هى التغير فى درجة الفولت voltage بين القطبين the signal consists of a transitory change in voltage between the electrodes يلى ذلك تغير الفولت مرة أخرى ليرتد إلى الحالة الطبيعية أى يرتد إلى القيمة الأصلية original value (شكل ٣٧).

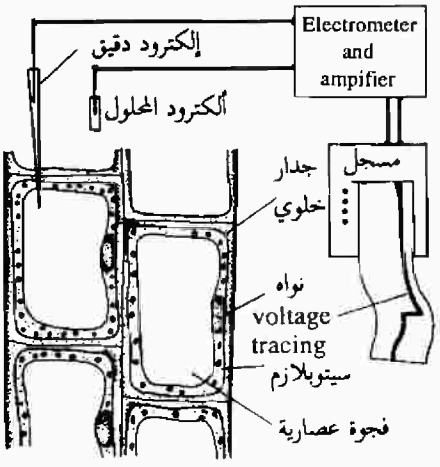


(شكل ٣٧) : الأنتقال الكهربائى فى عنق ورقة المستحية a b إلكترودين .
يوجد أيضاً إلكترودين للمقارنة فى التربة S 1 مبرد

تتحرك الإشارة بسرعة حوالى ٢ سم لكل ثانية فى عنق الورقة فى المستحية بينما تكون عشرة سم لكل ثانية فى أوراق أحد النباتات الآكلة للحشرات وهو نبات الديونيا *Dionaea*. تزداد سرعة الإشارة ثلاث أضعاف لكل زيادة عشر درجات فى الحرارة ويدل ذلك أن للتفاعلات الكيماوية دور فى ذلك. كما أن الإشارة تتوقف عند إزالة اللحاء ويدل ذلك على أن الإشارة تتحرك عبر نسيج اللحاء. كما أن الإشارة لا

تخترق النسيج الميت أى أن النسيج الميت يعتبر حاجز ويدل ذلك على أن الإشارة ليس لها علاقة بالهورمونات الذائبة فى الماء والقابلة للإنتشار.

يعتبر إستعمال الأقطاب external electrodes دليل على أن النبات يستعمل الإشارات الكهربائية كأداة للإتصال بين خلية وأخرى ولكنه لا يوضح كيفية الإنتقال أو ميكانيكية الأنتقال للأشارة الكهربائية فى الخلايا .يمكن إستعمال أقطاب صغيرة microelectrodes (شكل ٣٨).



(شكل ٣٨) : قياس الجهد الكهربائى فى خلايا النبات

يلاحظ أن الإلكترود الدقيق المسحوب يوجد داخل الفجوة بينما الإلكترود الكبير يوجد فى محلول طافى عليه النسيج النباتى.

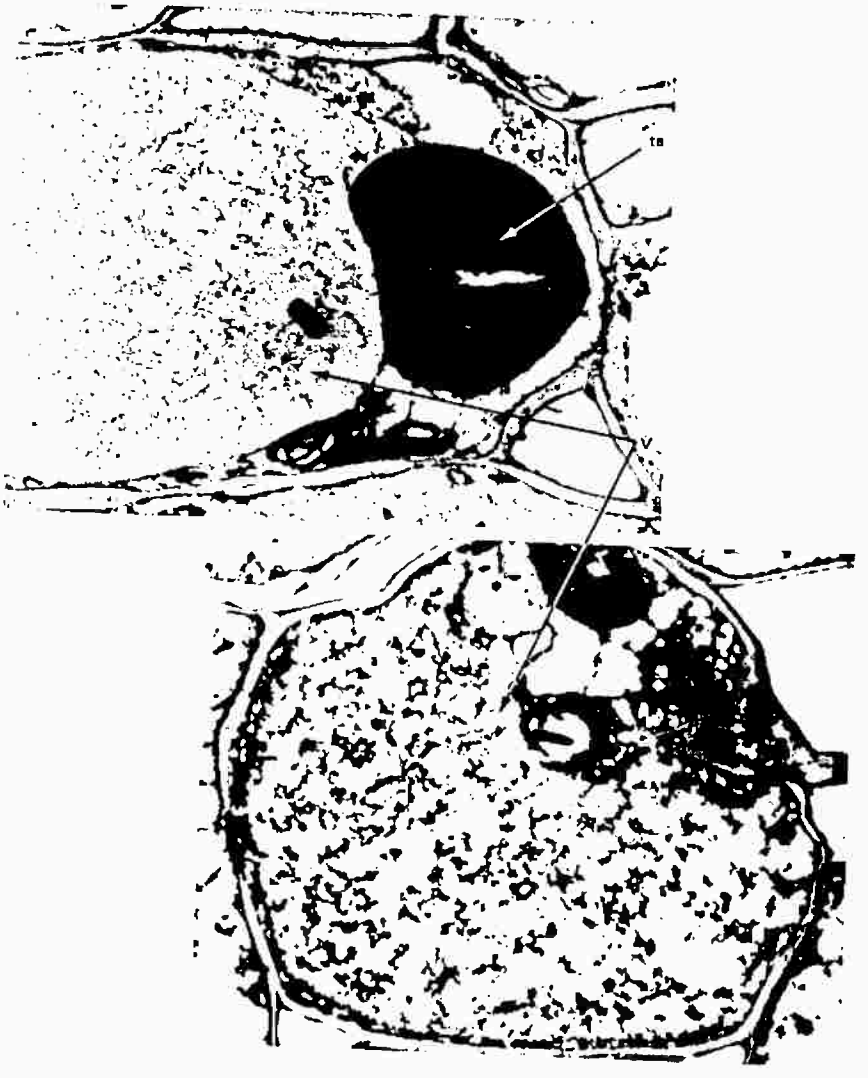
لكى يسهل تخللها أنسجة أو خلايا النبات وقد أوضحت التجربة أن بعض خلايا نسيج اللحاء والخشب الأولى لعنق ورقة المستحية تكون غير طبيعية مضطربة excitable . ترتبط هذه الخلايا المضطربة ببعضها بواسطة شرائط البلاذموديزماتا حيث ينتقل عن طريق هذه الشرائط الإشارة الكهربائية تعتبر الإشارة الكهربائية المتزايدة هى فعل الجهد أى action potential ويمكن أن تسمى بذلك وهى تشابه action

potential فى خلايا الجهاز العصبى أو أنسجة الأعصاب فى الحيوانات مع وجود فرق واحد هام هو عدم وجود مركب كيماوى ناقل. حيث أن مركب أستيل كولين acetylcholine والذى له دور فى عملية التنشيط من خلية إلى أخرى فى الجهاز العصبى فى الإنسان والحيوان يكون موجود فى بعض النباتات ولكنه ليس له علاقة بعمليه نقل الإشارة الكهربائية فى النبات. أى أن أستيل كولين وأنزيم أستيل كولين أستيريز لهما دور فى نقل الأحساس فى خلايا أعصاب الأنسان والحيوان إلا أنه فى حالة وجودهما فى النبات لا يكون لهما أى دور فى ذلك.

تنشيط عنق ورقة المستحية باللمس الرقيق أو بسقوط قطرة مائية عليها فإن الإحساس بالإنكماش والإستحياء يكون فى الورقة المتأثرة فقط دون الأوراق الأخرى ولكن عند حدوث التنشيط بواسطة الجروح أو الإحتراق burning فإن الأوراق الأخرى تتأثر وتنكمش. أى أن تأثير الإحتراق أو الجروح أكبر بكثير من تأثير اللمس الرقيق وقطرة الماء. يسمى التأثير فى الحالة الأولى action potential ويسمى التأثير فى الحالة الثانية variation potential بالإضافة إلى وجود action potential. يعتبر action potential إشارة كهربائية بينما الحالة الأخرى variation potential يمكن أن ينتقل التأثير بواسطة مركب كيماوى ينتقل خلال نسيج الخشب ويمر خلال عضو الحركة pulvinus وينتج action potential جديد على الجزء البعيد من عضو الحركة ثم يلى ذلك أن action potential الجديد يتحرك خلال الخلايا المضطربة excitable cells فى نسيج اللحاء ونسيج الخشب وبالتحديد فى جزء البروتوزيلم دون الميتازيلم حتى يصل إلى عضو حركة جديد ويظهر تأثيره وهو عبارة عن حدوث تغير فى درجة إنتفاخ الخلايا المختلفة والتى ينتج عنها غلق الورقة أى إنكماشها وإستحيائها، وكلما كان تأثير المعاملة كبير كما فى حالة الإحتراق فإن variation potential يتحرك خلال عضو الحركة وينشط تكوين action potential على الجانب الآخر البعيد من عضو الحركة. وهكذا فإن variation potential يسبب توحيد وتعاقب حركة إنكماش وإستحياء أوراق النبات المختلفة على النبات الواحد وذلك عن طريق توليد potential action تتحرك خلال أجزاء أو مناطق معينة من النسيج.

يتضح أن نبات المستحية يعتمد تماماً على التغيرات فى ضغط إنتفاخ الخلايا turgor changes لكى ينظم حركة أعضاؤه. وجد أن انخفاض حجم الخلايا أى إنكماشها فى بعض خلايا الحركة motor cells يكون مصحوب بإفراز أيون البوتاسيوم ومركبات شبه تانينيه tanninlike compounds من هذه الخلايا إلى المسافات البينية المحيطة بها. يعتقد أن هذه التغيرات تكون نتيجة الإشارة الكهربائية حيث أنها تسبب رشح الأغشية الخلوية membrane leakiness وقد أمكن إثبات حدوث هذه الإشارة الكهربائية بوسطة microelectrodes. ويوجد تشابه بين إنقباض العضلات فى الحيوانات نتيجة لإنقباض وإنبساط بروتينات معينة مثل actomyosin وبين إنقباض وإنكماش خلايا الحركة السابقة. ولذلك يعتقد أنه قد يوجد بروتين مشابه لبروتين actomyosin فى خلايا الحركة السابقة وقد يسبب رشح الأغشية وإنقباض أو إنكماش الخلايا كما فى خلايا عضلات الحيوان ولكن حتى الآن لا يوجد ما يثبت ذلك. ولذلك فإنه حتى الآن مجرد افتراض.

يعتقد أن لمركبات التانين tannins دور فى حركة المستحية. تسبب مركبات التانين الموجودة فى الخلايا تأثير ضار لبروتين الخلية denature proteins وأيضا تأثير ضار على الخلايا. وحيث أن هذه المركبات موجودة فى أكياس غشائية فى الفجوة العصارية فإنها تسبب ضرر للخلايا. وجد أن تجمعات التانينات تتجزأ وتتفتت إلى أجزاء صغيرة ومنتشرة فى الفجوة العصارية للخلية أثناء حركة الأوراق (شكل ٣٩) وذلك فى خلايا الحركة فى أعضاء الحركة وعلاوة على ذلك فإن هذه الخلايا تفرز كمية من التانينات خارجها. وتنتشر هذه التانينات المفرزة من خلايا الحركة عبر نسيج عضو الحركة حيث تنتشر على سطح وبشرة عضو الحركة عن طريق خروجها من الثغور المائية الموجودة على هذه الأجزاء. وحيث أن التانينات لها طعم مر لاذع astringent كما أنها تستعمل كمركبات طبيعية طاردة للحشرات natural insect repellents. كذلك فإن حركة أوراق المستحية تسبب إفراز التانينات وبذلك تساعد أيضا فى وقاية النبات من الحشرات والحيوانات آكلة الأعشاب.



(شكل ٣٩) : تنشيط خلية حركة في عضو الحركة الإبتدائي لنبات المستحية .

الصورة العلوية الخلية قبل التنشيط والصورة السفلية الخلية بعد التنشيط

v فجوة عصارية ta تانينات

يلاحظ كتلة التانينات وقد تجزأت إلي أجزاء بعد التنشيط كما تم إنتشار مواد إلكترونية electron dense material في الفجوة العصارية.

تصنيف حركات Nastic إلى تكرارية وغير تكرارية:

يحدث هذا النوع من الحركة نتيجة لتأثير معين. يحدد إتجاه الحركة التركيب التشريحى للأجزاء المتحركة وليست طبيعة وموقع المؤثر أى لا يظهر فى هذه الحالة إنتحاء سالب أو موجب بالنسبة لموقع المؤثر. يحدث تغيرات فى تركيب جدار خلايا الحركة قد تكون تغيرات عكسية elastic وقد تكون تغيرات غير عكسية plastic. تعتبر التغيرات الغير عكسية نمو ولا تعتبر حركة nastic والعكس صحيح فى التغيرات العكسية. يمكن تصنيف تغيرات الجدار العكسية تبعا لطبيعة المؤثر ونوع الحركة. ومثال ذلك حركة nyctinastic movements حيث أن الترجمة الحرفية لها فى اللغة اليونانية night closure أى تقفل ليلا ومثال ذلك حركة الأوراق إلى أسفل وقفل الوريقات على بعضها ثم إعتدالها إلى أعلى وفتح الوريقات نتيجة للتعاقب اليومى من ظلام وضوء. حيث أن الأوراق فى هذه الحالة تكون أفقية نهاراً وقائمة ليلاً. وحالة أخرى هى الحركات الفجائية فى الأوراق seismonastic movements وذلك نتيجة لمؤثر ميكانيكى ومثال ذلك نبات المستحية *Mimosa*. تعرف الحركات اللاإنتحائية على أنها حركات عكسية ويمكن تكرارها reversible and repeatable ومثال لذلك حركات الأوراق التى سبق وصفها وتغيير وضعها أثناء الليل والظلام. ولكن حالة one - shot أى حالة لا يمكن تكرارها لا تعتبر nastic movement مثال ذلك حالة إنتشار الجراثيم وإنتشار البذور وذلك بالرغم من أن هذه الحركات تنتج عن تغيرات مرنة elastic أى عكسية.

يوجد نوعين nastic movements وهى الحركات التكرارية oscillatory movements وهى حركات تحدث بإنتظام تكرارى كل زمن معين وقد يكون هذا الزمن يوم أو أقل وقد يصل بضع دقائق .

والنوع الثانى من هذه الحركات هو الحركات الغير تكرارية single event movements وفى هذا النوع من الحركات يحدث حركة سريعة يعقبها حركة شفاء recovery movement تكون بطيئة. تحدث الحركة السريعة فى مدى حوالى بضع

دقائق إلى فترة قصيرة جداً عبارة عن قليل من الملى ثانية few milliseconds . توجد بعض النباتات تظهر النوعين من هذه الحركات مثل المستحية *Mimosa* وستيليديم *Stylidium* .

تعتبر حركة فتح وقفل الثغور من حركات nastic وتعتبر الخليتين المساعدتين خلايا حركة motor cells حيث أنهما يكبران فى الحجم نتيجة لزيادة الضغط الإسموزى وينكمشان فى الحجم نتيجة لإنخفاض الضغط الإسموزى. وعامة تتأثر خلايا الحركة motor cell فى هذا النوع من الحركات nastic movement بالإختلاف فى الضغط الأسموزى أى أن حركة خلايا الحركه متعلقة بالضغط الأسموزى وضغط الإنتفاخ.

اولا: الحركات التكرارية Oscillatory movements

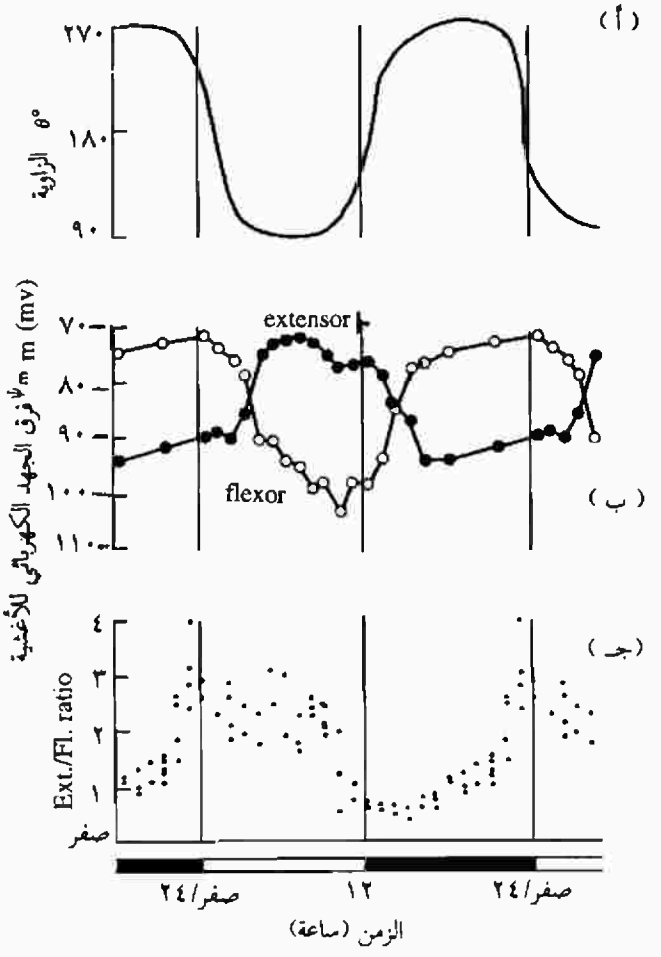
١ ـ البرسيم الأبيض (White clover) *Trifolium repens*

تتتكون ورقة البرسيم من ثلاث وريقات وهى وريقة طرفية وورقتين جانبيتين وتتصل هذه الثلاث وريقات بعنق الورقة بواسطة عضو حركة pulvinus لكل منها. تظهر هذه الثلاث وريقات حركة نوم أى ضم للوريقات أثناء الليل وتنفرج الوريقات أثناء النهار. تظهر أيضا الأوراق هذه الحركة من ضم وإنفراج فى الليل المستمر والنهار المستمر دون إحتياج لتتابع ضوء وظلام. حيث أنه فى الحالة الأخيرة تحدث حركة الوريقات دون تأثير واضح حيث أنها لا تحدث نتيجة لتعاقب النهار والليل وحيث أن الحركة من ضم وإنفراج للوريقات يحدث فى تتابع كل ٢٤ ساعة تقريباً أى يومى فتسمى هذه الحالة circadian rhythm أو circadian endogenous rhythm حيث أنها حالة تتابع منتظم لحالة معينة غير معروف المؤثر فى هذه الحالة وحيث أن التتابع يحدث يومياً فتسمى circadian .

تم دراسة حركة الوريقة الطرفية للبرسيم كل يوم ومنها ١٢ ساعة ضوء و١٢ ساعة ظلام وقد وجد أنها حركة تكرارية كل فترة معينة (شكل ٤٠). حركة

الوريقات فى البرسيم الأبيض غير متأثرة بالفيتوكروم على العكس من حركة الوريقات فى المستحية *Mimosa* و *Samanea* و *Albizzia* كما أن حركة عضو الحركة فى البرسيم الأبيض تكون نتيجة حركة إنحناء bending motion فى عضو الحركة نتيجة لحدوث إنتفاخ. ثم إنكماش فى خلايا الحركة extensor كل فترة معينة periodic وأيضا حدوث إنكماش ثم إنتفاخ ولكن بدرجة أقل فى خلايا الحركة flexor. أى أن هذه التغيرات تحدث فى كل من خلايا extensor و flexor ولكنها تكون بدرجة أكثر وضوحاً فى خلايا extensor عنها فى خلايا flexor. تحدث التغيرات فى حجم الخلايا السابقة نتيجة للتغير فى الضغط الإسموزى نتيجة لوجود كاتيون البوتاسيوم وبعض الأنيونات الغير معروفه بالضبط حتى الآن. عند إنفتاح الوريقة يصبح تركيز كاتيون البوتاسيوم فى خلايا الحركة extensor هو ١٣٨ ملليمول لكل كيلوجرام وزن رطب بينما يكون تركيزه فى خلايا الحركة flexor هو ١١٤ ملليمول لكل كيلو جرام وزن رطب. عند قفل الوريقة يصبح تركيز كاتيون البوتاسيوم فى خلايا extensor هو ٧٧ ملليمول لكل كيلو جرام وزن رطب بينما يصبح تركيزه فى خلايا flexor هو ١٣٧ ملليمول لكل كيلو جرام وزن رطب.

يتضح من ذلك أنه توجد حركة مستمرة لأيون البوتاسيوم من وإلى خلايا الحركة عند فتح وغلق الوريقات. يكون التركيز الكلى لأيون البوتاسيوم فى عضو الحركة أعلى فى حالة فتح الوريقات عنه فى حالة غلق الوريقات ولذلك يتضح أنه توجد حركة متبادلة لأيون البوتاسيوم بين خلايا عضو الحركة والأنسجة الملاصقة لها. أمكن بإستخدام بوتاسيوم مشع (K^{24}) توضيح سرعة إنتقال أيون البوتاسيوم إلى كل من خلايا extensor و flexor فى أزمنة مختلفة أثناء فتح وغلق الأوراق. وجد أن النسبة بين أيونات البوتاسيوم النافذة أى الداخلة إلى داخل خلايا extensor و flexor توضح حالة تكرارية أثناء الليل والنهار (شكل ٤١ حـ). كما يلاحظ أيضا أن قمه وقاعدة المنحنى تسبق فترة منتصف النهار والليل وتتلازم تماما مع منتصف الزمن اللازم لفتح وغلق الأوراق تماما (شكل ٤١ أ).



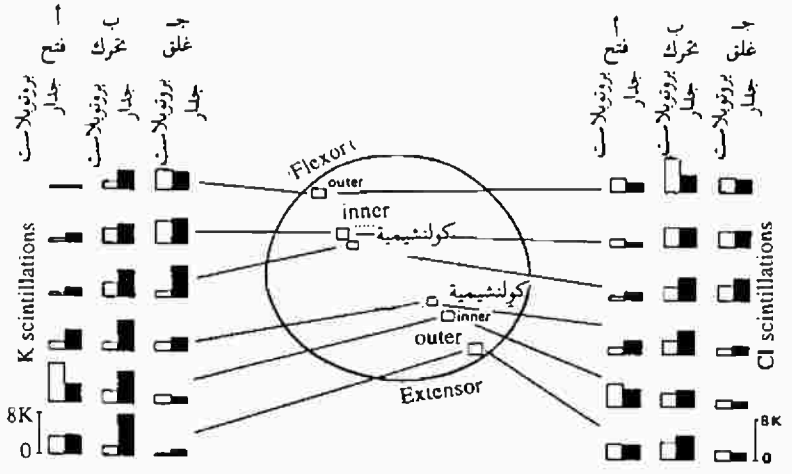
(شكل ٤٠) : قياسات لحركة عضو الحركة فى نبات *Trifolium repens*

أ ـ زاوية الإنفتاح للورقه الطرفية ـ حيث أن الزاوية تكون كبيرة عند نوم أو غلق الورقة.

ب ـ فرق الجهد الكهربائى لأغشية خلايا extensor وخلايا flexor فى خلايا الحركة cells motor.

جـ ـ النسبة بين دخول أيون البوتاسيوم إلى خلايا extensor (Ext) ودخوله إلى خلايا flexor (Fl)

تعريف خلايا extensor أنها الخلايا فى عضو الحركة والتى يزيد فيها ضغط الانتفاخ عندما تفتح الوريقة.



(شكل ٤١) : توزيع أيون البوتاسيوم K^+ وأنيون الكلور Cl^- والذى تم قياسه بواسطة electron probe X ray analysis فى عضو الحركة الثانوى لنبات *Samanea* .

أ- عند فتح الوريقات فى الضوء ويحدث تمدد لخلايا extensor.

ب – عند غلق الوريقات نتيجة لنقلها إلى الظلام.

جـ – غلق الوريقات تماما فى الظلام.

المقياس هو عدد scintillations عند قياسها بواسطة x - ray detector فى ١٥٠ ثانية.

عند إيجاد العلاقة بين تكرارية نفاذية أيون البوتاسيوم إلى داخل خلايا extensors وflexors وأيضا تكرارية فرق الجهد للغشاء البلازمىpotential difference membrane (p.d) وجد أن تكرارية فرق الجهد (p.d.) تعتبر endogenous circadian أى تكرارها مستقل عن الضوء والليل أى أنه ليس للضوء أو الظلام أى تأثير على هذه الحالة (شكل٤١ب). وجد أن p.d. الغشاء تكون قيمه سالبة دائما فى خلايا extensor و flexor عندما تكون هذه الخلايا فى حالة إنتفاخ ولكن تتغير هذه القيمة وتصبح سالبة ولكن بدرجة أقل مما سبق عندما يتغير p.d. الغشاء بسرعة. وتحدث هذه الحالة من التغير فى سالبية p.d. الغشاء وحيث تسبق حالة الانكماش التام للخلايا بتسع ساعات. وتستمر حالة القيمة السالبة القليلة فى p.d. الغشاء أثناء فقد الخلايا لأيونات البوتاسيوم والماء ثم مرة أخرى تزداد القيمة السالبة أى تصبح

سالبة بدرجة كبيرة وتسبق هذه الحالة حالة الإنتفاخ للخلايا بتسع ساعات أيضاً. وحيث أن فترة rhythm تكون عادة يوم كامل أى أربعة عشرون ساعة فإنه يوجد إختلاف فى فترات قيم .p.d الغشاء ونفاذية أيون البوتاسيوم إلى داخل الخلايا ودورة النهار والليل والضغط البخارى للماء θ.

تكرارية فتح وغلق الأوراق تعكس مباشرة تكرارية التغير فى حجم خلايا الحركة وهذه تسبق التغير فى النهار والليل بثلاث ساعات، بينما تكرارية التغير فى دخول وخروج أيونات البوتاسيوم للخلايا تسبق التغير فى p.d الغشاء لخلايا extensor بستة ساعات . يتضح مما سبق أنه لا يوجد حتى الآن دليل يوضح ماهو السبب فى حدوث تكرارية .p.d. الغشاء، ولكن إنتفاخ خلايا الحركة يحتاج إلى طاقة لكى تحدث عملية النقل النشط ونتيجة لذلك يتغير حجم الخلايا وتستمد الخلايا الطاقة الناتجة من التحول الغذائى.

ثانيا : الحركات غير التكرارية Single - event movements:

توجد الحركات غير التكرارية فى بعض النباتات منها المستحية *Mimosa pudica* وبعض النباتات الآكلة للحشرات مثل الدروسيرا *Drosera* والديونيا *Dionaea* وألدروفاندا *Aldrovanda*.

١ ـ نباتات الدروسيرا *Drosera* والديونيا *Dionaea* والدروفاندا *Aldrovanda* فى نبات الدروسيرا يوجد للأوراق زوائد غدية تشبه الشعيرات عديدة الخلايا تسمى *tentacles* يوجد فى قمة كل زائدة غديه *tentacle* قطرة من سائل لزج عند هبوط الحشرة على الورقة وعند اصطدامها بأحد الزوائد الغدية فإنها تلتصق بالزائدة الغديه وعند محاولة تحررها من الزائدة الغدية فإنها تنشط الزائدة الغدية وتبدأ فى الإنحناء. يبدأ إنحناء الزائدة الغدية بعد تنشيط الزائدة الغدية ببضع ثوان ويتم إنحناء الزائدة الغدية تماماً بعد ثلاث دقائق. تتوقف استجابة الزائدة الغدية على موقعها على الورقة. عند ملامسة الحشرة للزوائد الغدية الخارجية فإن الزوائد تنحنى بسرعة للداخل ويحدث الإنحناء عند قاعدة الزائدة الغدية وبذلك تحمل الحشره إلى وسط الورقة. يعقب ذلك

إنحناء زوائد غدية أخرى ببطء نحو الحشرة ويكون نتيجة ذلك أن تحاط الحشرة بكمية كبيرة من الزوائد الغدية. يحدث هضم للحشرة ثم إمتصاص نواتج الهضم بواسطة الزوائد الغدية ويحدث ذلك فى مدى عدة أيام. إذا تمكنت الحشرة من الهروب فإن الزاوئد الغدية تعتدل وتستقيم مرة أخرى بعد عدة ساعات. وجد أن الدرجة المثلى (p.d.) potential difference لخلايا ساق الزائدة الغدية تتراوح بين ـ٢٠ إلى ـ٨٠ مللى فولت كما وجد أن التنشيط الميكانيكى نتيجة لوجود الحشرة يتبعه حالة جهد الفعل أو جهد التأثير action potential وهذا الجهد تتراوح مدته بين ١٠ إلى ٣٠ ثانية. وجد أن المعاملة بتيار كهربائى لا تسبب إنحناء الزائدة الغدية. وجد أن action potential فى رأس الزائدة الغدية يتم إنتشاره خلال الزائدة حتى يصل إلى خلايا القاعدة وينتج عن ذلك إنحناء الزائدة الغدية.

وفى حالة نبات الديونيا يحدث فى الورقة تحور وتصبح مكونة من فصين منبسطين ويوجد بينهما العرق الوسطى مع وجود زوائد على حافة الفصين كما يوجد أيضا على السطح الداخلى لكل فص غدد إفرازية وثلاث شعرات حساسة. عندما تلامس الحشرة شعره أو أكثر من الشعرات الحساسة فإن الفصين يقفلان على بعضهما فى أقل من الثانية. تسبب ملامسة الحشرة للشعرة الحساسة إنحنائها. ويعقب ذلك قفل الفصين على بعضهما ثم يزداد غلق وإحكام الفصين على الحشرة وتصبح أسيرة بين الفصين وينتج عن ذلك ضغط الحشرة وسحقها نسبيا squeezing ثم تفرز أنزيمات هاضمة وأحماض من الغدد الموجودة على السطح الداخلى من الفصين. تمتص نواتج هضم الحشرة بواسطة الورقة والنبات وبعد حوالى أسبوعين يفتح المصراعين. إذا تمكنت الحشرة من الفرار أثناء قفل المصراعين فإنهما لا يقفلان بشدة ويفتح المصراعين بعد حوالى يوم. أى أن وجود الحشرة أسيرة بين المصراعين يزيد من أحكام غلق المصراعين. وجد أن التنشيط الميكانيكى للشعرات الحساسة نتيجة لوجود الحشرة يعقبه ظهور جهد الفعل أو جهد التأثير action potentials والذى ينتشر فى خلايا الفصين. جهد الفعل يسبق دائما غلق الفصين وجد أن إنحناء الشعره المؤنثة نتيجة لوجود الحشرة ينتج عنه جهد إستقبال receptor potential

فى خلايا حساسة لها تركيب تشريحى خاص وهذه الخلايا الحساسة موجودة فى منطقة خاصة بالقرب من قاعدة الشعره . يتكون جهد الإستقبال من نوعين وهما إنتقالى سالب transient - negative وإنتقالى موجب transient - positive . يتحكم نوع التأثير الميكانيكى ومدته فى نوع جهد الإستقبال سالب أو موجب. يحدث الجهد الإنتقالى السالب فى حالة الإحتكاك السريع للشعرة الحساسة بينما يحدث الجهد الإنتقالى الموجب فى حالة الاحتكاك البطيىء للشعره الحساسه. وجد أن الجهد الإنتقالى السالب قليلاً ما يسبب حالة جهد الفعل أو جهد التأثير action potential. بينما الجهد الإنتقالى الموجب وعندما يصل درجة معينة reaches a threshold value يسبب نشوء جهد الفعل أو التأثير. عندما ينشأ جهد التأثير فى الخلايا الحساسة يحدث لها إنتشار فى خلايا الفص لمدة ثانية واحدة وبقيمة حوالى مائة مللى فولت وبسرعة إنتشار مائة ملليمتر لكل ثانية.

يشبه نبات ألدروفاندا نبات الديونيا فى تركيبة. سمك كل فص من الورقة ثلاث خلايا فى المركز وخليتين فى الحواف. يوجد حوالى عشرون شعره حساسة على السطح الداخلى للفص. جميع خلايا الفص حساسة للتأثير الكهربائى أو نتيجة لحركة الشعره الحساسه. أمكن إثبات وجود جهد إستقبال فى خلايا الفص القريبة من قاعدة الشعرة الحساسه. وجد أن سرعة إنتشار جهد الفعل أو التأثير هو ٧٤ ملليمتر لكل ثانية.

٢ ـ نبات المستحية ***Mimosa Pudica:*** يمكن تصنيف المؤثرات على نبات المستحية إلى نوعين وهما المؤثرات التى لا تسبب ضرر طبيعى للنبات مثل اللمس والإحتكاك والتى تسبب ضرر طبيعى مثل الجروح والحروق وضرر الحشرات القارضة للنبات. يمكن تصنيف المؤثرات التى لا تسبب ضرر للنبات إلى تأثير ميكانيكى مثل اللمس والإحتكاك وتأثير كهربائى أو حرارى أو كيماوى.

أقترح Ricca قديماً عام ١٩١٦ أن إنتشار تأثير الجروح على أوراق النبات نتيجة لتكوين مركب ينتشر فى النبات عن طريق تيار النتح ويسبب تأثير فى أعضاء الحركة

يسبب غلق الأوراق. ولكن أتضح حديثا خطأ ذلك حيث أن سرعة إنتقال التأثير الناتج عن الجروح إلى عضو الحركة الأولى والثانوى يتجه أولا إلى أسفل ويكون بسرعة ٤ ملليمتر فى الثانية ثم يحدث بعد ذلك التأثير إلى أعلى وإلى بقية أجزاء النبات. أى أن عملية التأثير أى التنشيط تنتقل إلى أسفل أولا ثم إلى أعلى. حيث أن تيار النتح ينتقل إلى أعلى فقط وحيث أن المؤثر ينتقل إلى أعلى وإلى أسفل فإن ذلك دليل على أن المؤثر لا ينتقل عن طريق تيار النتح. وإذا أفترضنا أن المؤثر ينتقل عن طريق الإنتشار فإن سرعة الإنتشار بطيئة جداً لا تفسر التأثير السريع لهذه الحالة. وإذا أفترضنا أن إنتشار المركب الناتج عن الجروح فى اللحاء فإن سرعة الإنتشار فى اللحاء تتراوح بين ١٦ إلى ٣٠ ملليمتر لكل دقيقة أى أبطء كثيرا من سرعة إنتشار التأثير وحركة الأوراق والوريقات. أى أن إفتراض Ricca بتكوين مركبات نتيجة للجروح وأن هذه المركبات تنتشر فى تيار النتح وتسبب التأثير خاطئ تماما وتحتاج هذه الحالة إلى تفسير آخر. وغير معروف حتى الآن تفسير واضح سليم لذلك.

حركة عضو الحركة الأولى primary pulvinus سريعة وتسبب تدلى سريع للورقة فى زمن يتراوح بين ثانية إلى ثانيتين ثم يحدث مرة أخرى إعتدال فى وضع الورقة بعد زمن معين ويكون هذا الإعتدال فى وضع الورقة بطيئ وفى بعض الحالات يستغرق زمن قدره ١٠ إلى ١٥ دقيقة. يسبق الحركة السريعة للورقة نشوء وتكوين جهد الفعل فى أنسجة عضو الحركة أى أن الحركة تالية بعد حدوث جهد الفعل فى خلايا عضو الحركة. توجد الخلايا الحساسة السريعة الأستجابة للتأثير وتسمى excitable cells فى كل من منطقة flexor ومنطقة extensor فى عضو الحركة. ولكن توجد أدلة على أن منطقة extensor هى المسئولة عن الحركة دون منطقة flexor. وحيث أن الخلايا الحساسة السريعة الإستجابة للتأثير توجد فى منطقة extensor فإن جهد الفعل يوجد فقط فى خلايا هذه المنطقة التى تتغير خلاياها فى الحجم دون الخلايا الأخرى أى فى الخلايا الحساسة.

ينتشر أيون البوتاسيوم خارج خلايا الحركة motor cells فى عضو الحركة الأبتدائى أثناء الحركة السريعة وقد أمكن إثبات ذلك بإستخدام بوتاسيوم مشع k^{24}.

ينتشر جهد الفعل من منطقة التنشيط فى عنق الورقة إلى خلايا الحركة وبذلك يظهر جهد الفعل فى خلايا الحركة ويحدث ذلك فى أقل من الثانية وفى هذه الأثناء فإن جهد الغشاء البلازمى membrane potential يتغير من ـ ٢٠٠ ملليفولت (-200 mV) إلى ـ ٥٠ ملى فولت (-50 mV). يصاحب جهد الفعل وبتأخير سبعون ملى ثانيه (7o ms) زيادة فى درجة التوصيل الكهربائى فى النسيج يوضح ذلك زيادة تركيز أيون الكلور خارج الخلايا. تبدأ حركة عضو الحركة بعد مائتين ملى ثانيه (2oo ms) من بداية فعل الجهد وتكتمل الحركة تماما فى مدى دقيقتين. وجد أيضاً أن سرعة خروج أيون الكلور Cl^- من خلايا extensor أكبر بكثير من خروجه من خلايا flexor وقد أستنتج Samejima and Sibaoka عام ١٩٨٢ أن خلايا flexor تتأثر بهذه التغيرات excitable ولكن لها دور قليل فى هذه الحركة. وجد أن الحركة السريعة الإبتدائية initial fast movement ينتج عنها إنطلاق جهد الطاقة energy potential المختزن فى الجدر المطاطه لخلايا الحركة. أما عن سرعة إرتداد الورقة إلى وضعها الطبيعى فإنه يستغرق عادة من عشرة إلى ١٥ دقيقة وحيث يحتاج ذلك إلى طاقة وهذه الطاقة تظهرها خلايا الحركة وتكون هى المسئولة عن إرتداد الورقة إلى وضعها الطبيعى. إتضح أن عملية إرتداد الورقة إلى وضعها الطبيعى تحدث بسرعة أكبر فى الضوء عنه فى الظلام حيث أنها تحتاج إلى الضوء كمصدر للطاقة اللازمة ولكن فى حالة الظلام فإنها تستمد الطاقة من عملية التنفس.

٣ ـ أوراق نباتات *Mimosa* و *Samanea* و *Albizzia*: تعتبر حركة nyctinastic فى أوراق هذه النباتات معقدة . تعتبر أوراق هذه النباتات أوراق مركبة ريشية متضاعفة حيث أن عضو الحركة الأبتدائى primary pulvinus يصل عنق الورقة بالساق وعضو الحركة الثانوى secondary pulvinus يصل الريشة pinna بمحور الورقة الرئيسى rachis وعضو الحركة الثالثى tertiary pulvinus يصل الرويشة pinnule بمحور الرويشة rachilla. تفتح الأوراق فى الضوء نتيجة لحركة ميل أو إلتواء bending movement فى عضو الحركة الثانوى والثالثى. فى جميع النباتات السابقة فى أثناء فتح الأوراق تبتعد الريشة عن محورالورقة الرئيسى وأيضاً تبتعد الرويشات عن محور

الريشة. وفى أثناء الظلام تنحنى الريشات إلى أسفل فى إتجاه قاعدة الورقة وذلك فى حالة *Samanea* بينما تنحنى ريشات النباتين الآخيرين فى إتجاه عكسى. تنحنى الرويشات فى جميع النباتات السابقة فى إتجاه عكسى.

تبدأ تفتح أوراق جميع النباتات السابقة فى نهاية فترة الظلام وتبدأ فى النوم أى فى قفل الأوراق قبل نهاية فترة الضوء.

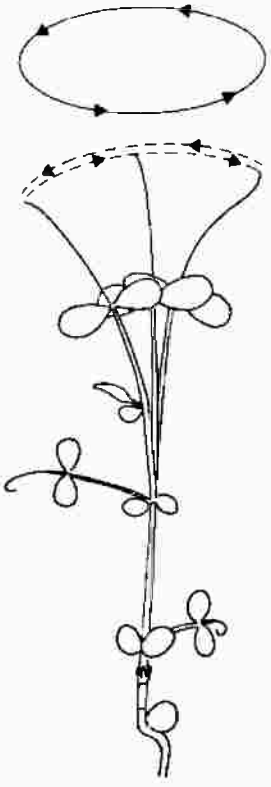
يكون عضو الحركة فى النباتات *Albizzia* و *Samanea* و *Mimosa* أسطوانى الشكل عادة ويوجد فى مركزه جزء عباره عن نسيج خشب ولحاء central vascular core ويحاط هذا الجزء المركزى بخلايا بارنشيمية عبارة عن القشرة. توجد خلايا الحركة motor cells فى الجزء الخارجى من القشرة. تحدث حركة عضو الحركة الثانوى والثالثى secondary and tertiary pulvini فى أوراق هذه النباتات نتيجة لإنتفاخ وإنكماش خلايا الحركة فى منطقتين من عضو الحركة هما extensor و flexor. تحدث هذه الحركة نتيجة للتغير فى ضغط الإنتفاخ الناتج عن الأسموزية. يعتبر العامل الرئيسى فى الأسموزية فى هذه الحالة هو أيون موجب عبارة عن أيون البوتاسيوم +K وأيون سالب عادة يكون أيون الكلور−Cl وليست دائماً. وجد فى حالة عضو الحركة الثانوى لنبات *Samanea* أن الحركة مرتبطة تماماً بإنتقال أيون البوتاسيوم +K والكلور −Cl بين منطقتى extensor و flexor (شكل ٤١). يكون طريق الإنتقال الرئيسى لهذه الأيونات بين منطقتى extensorو flexor هو apoplast وليست symplast. حيث أنه وجد فى الظلام وفى أثناء قفل أى نوم الأوراق زيادة فى تركيز أيون البوتاسيوم فى جدر الخلايا بالنسبة لتركيزه ببروتوبلاست الخلايا فى خلايا منطقة extensor وإنخفاض هذه النسبة فى حالة خلايا منطقة flexor أى أن النسبة مرتفعة فى الحالة الأولى ومنخفضة فى الحالة الثانية (شكل ٤١). وحيث أنه يوجد فى خلايا عضو الحركة صبغات نباتية تمتص الضوء الأزرق blue light absorbing pigment وحيث أن للضوء تأثير على حالة الفيتوكروم فإنه أمكن إثبات أن الضوء الأزرق والضوء العادى لهما تأثير فعال على عضو الحركة وبالتالى تأثير هام على حركة الأوراق.

توضح حركة أوراق المستحية حقيقة هامة وهى أن حركات الإنتحاء و nastic فى النباتات المختلفة تحدث نتيجة لمؤثر معين stimulus. وفى جميع هذه الحالات يمكن تمييز الجزء النباتى الخاضع للتأثير إلى ثلاث مناطق. تعتبر المنطقة الأولى منطقة الإستقبال perceptive region وهى المنطقة التى تستقبل المؤثر وهى الرويشات فى حالة المستحية والمنطقة الثانية هى منطقة التوصيل conduction region وهى المنطقة التى ينتقل عن طريقها المؤثر كما أنه ينتقل فيها وهو عبارة عن محور الورقة rachis ومحور الوريقات rachilla فى المستحية و *Samanea* والمنطقة الثالثة هى منطقة الإستجابة responsive region وهى المنطقة التى تتأثر بفعل المؤثر وتترجم هذا الفعل إلى حركة وهى عضو الحركة pulvinus فى المستحية و *Samanea*. يمكن تطبيق ذلك فى الإنتحاء الأرضى حيث أن الجزء المستقبل لتأثير الجاذبية الأرضية أى منطقة الإستقبال هو القلنسوه ثم ينتقل هذا الأثر عبر منطقة التوصيل وهى القمة النامية للجذر ثم ينتقل إلى منطقة الإستجابة للمؤثر وهى منطقة الإستطالة فى الجذر.

ثانيا : الحركة التلقائية Autonomic Movement

وهى الحركة التى تتم ذاتياً بالنبات دون فعل مؤثر خارجى واضح وهى حالات عديدة منها مايأتى:

١ ـ الدوران أثناء النمو Nutation: أثناء نمو السيقان إلى أعلى يأخذ الجزء القمى منها حركة دائرية أى أن نمو الجزء الطرفى من الساق لا يكون رأسى وتسمى هذه الحالة فى السيقان circumnutation. تحدث هذه الحالة أيضاً فى الجذور والسيقان المدادة وأعناق الأزهار وفى الطحالب الخيطية وفى حوامل الأكياس الجرثومية فى الفطريات ولكنها عادة تكون بدرجة أقل. تلاحظ حدوث هذه الحالة عند بداية خروج الجذور من البذرة وتستمر مع نمو الجذير والجذور وبدراسة هذه الظاهرة فى المحاليق إتضح أن سرعة الحركة الدائرية لقمة المحلاق هى ١,٥٧ ملليمتر لكل دقيقة وتحتاج لعمل دائرة كاملة ثلاثون دقيقة (شكل ٤٢) وذلك فى حالة محلاق البسلة.



(**شكل ٤٢**) : نمو محلاق البسلة فى حركة حلزونية.

وجد أن إتجاه الدائرة يكون فى إتجاه عقرب الساعة أو فى عكس إتجاه عقرب الساعة تبعاً لنوع النبات حيث أن جميع نباتات النوع الواحد ذات إتجاه ثابت. وقاعدة عامة فإن جميع نباتات العائلة الواحدة يكون لها إتجاه واحد مع وجود بعض الإستثناءات.

وجد أن قطر الدائرة يختلف بإختلاف النبات وعامة يكون القطر أكبر فى النباتات الملتفة twining plants عنه فى النباتات غير الملتفة وجد أن قطر الدائرة فى أحد نباتات العائلة العشارية *asclepiadaceae* حوالى ١,٦ متر وهو نبات *Ceropegia gardnerii* بينما وجد أن قطر الدائرة فى أحد نباتات الصبار هو ١,٣ ملليمتر وهو

نبات *Cereus speciocissimus*. تختلف سرعة الحركة بإختلاف النبات كما فى جدول رقم ١.

(جدول ١) : الزمن اللازم لعمل دائرة واحدة فى نباتات مختلفة

النبات	الزمن (ساعة)
Lygodium scandens	٦
Ruscus androgynus	٣
Tamus communis	٣
Lapagera rosea	١٤
Roxburghia viridifolia	٢٤
Humulus lupulus	٢
Wistaria chinensi	٣
الفاصوليا	٢
Jasminum pauciflorum	٧

يختلف طول الجزء من الساق الداخل فى عمل الدائرة بإختلاف النبات. يعتبر هذا الجزء قصير فى البادرات حوالى ١ سم ويزيد عن ذلك فى النبات العادى وقد يكون الجزء طويل ويشمل عدة سلاميات ومثال ذلك نبات *Hoya carnosa* حيث أن طول هذا الجزء من الساق ٨١ سم ويشمل سبعة سلاميات.

وجد أن نقص تركيز الجبريللين يقلل من هذه الحركة أو يوقفها تماماً.

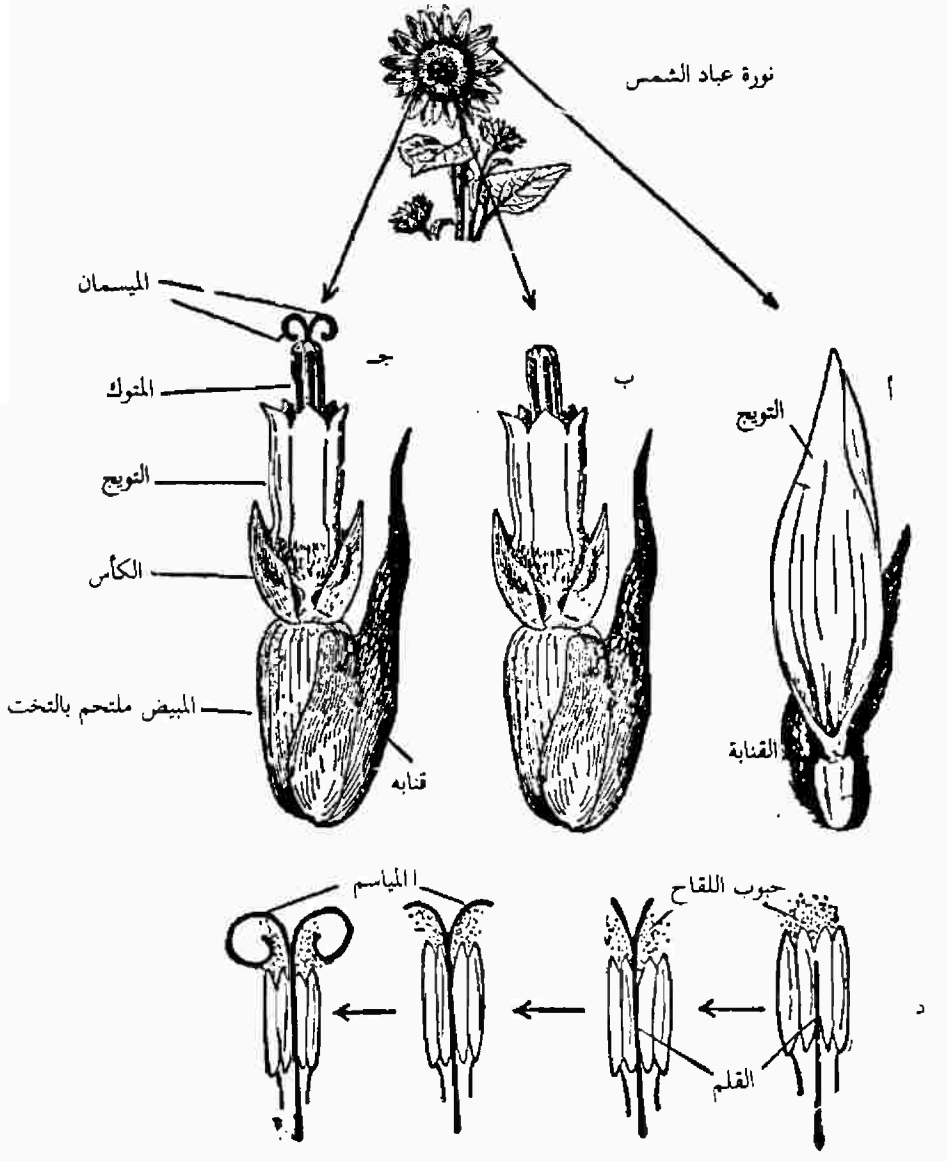
عند تنمية النباتات فى الظلام فإنها تصبح شاحبة etiolated ولم يؤثر ذلك على هذه الحركة حيث أن الحركة ثابتة من حيث القطر والسرعة فى النبات العادى والنبات الشاحب فى كثير من الحالات. تعتبر هذه الحركة من حركات النمو.

٢ ـ **حركة فصلية Ephemeral Movement** : وهى عبارة عن حركة تحدث مرة واحدة فى عمر العضو أو الجزء النباتى ولذلك سميت فصليه، يوجد أمثلة كثيرة لذلك منها حركة المياسم أو القلم أو الأسدية لإتمام عملية التلقيح ومثال ذلك فى كثير من أزهار العائلة المركبة ومنها عباد الشمس حيث ينفرج الميسمان وينفصلان عن بعضهما للإستعداد لعملية التلقيح حيث أن السطح العلوى للميسم هو الحساس والمستقبل أساساً لحبوب اللقاح (شكل ٤٣). تعتبر أيضاً هذه الحالات حركات نمو.

٣ ـ **كبر أو صغر الزاوية Epinasty and Hyponasty** : وهى الزاوية المحصورة بين عنق الورقة والساق وعندما يكون السطح العلوى للعنق محدب تسمى epinasty وعندما يكون السطح السفلى للعنق محدب تسمى hyponasty. يمكن تطبيق ذلك أيضاً على الفروع الجانبية للنبات أو محور فروع النورة أو أعناق الأزهار. حيث أن الأوراق على الساق وتبعاً لنوع النبات وعمره تكون فى الوضع hyponasty أوepinasty تعتبر أيضاً هذه أحدى حركات النمو حيث أن التقعير لأعلى أو لأسفل هو نتيجة لإختلاف سرعة نمو جزئى العنق السفلى والعلوى.

ففى حالة epinasty تكون سرعة نمو الجزء العلوى من العنق فى منطقة التحدب أسرع من الجزء السفلى والعكس صحيح فى حالة hyponasty .

ومن أمثلة ذلك أوراق نبات عباد الشمس حيث أن عنق ونصل الورقة يختلفان فى وضعيهما بالنسبة للساق أثناء مراحل النمو والبلوغ والشيخوخة حيث أن الورقة الصغيرة تكون فى حالة hyponasty بينما تكون الورقة فى حالة الشيخوخة فى حالة epinasty.



(شكل ٤٣) : نورة عباد الشمس

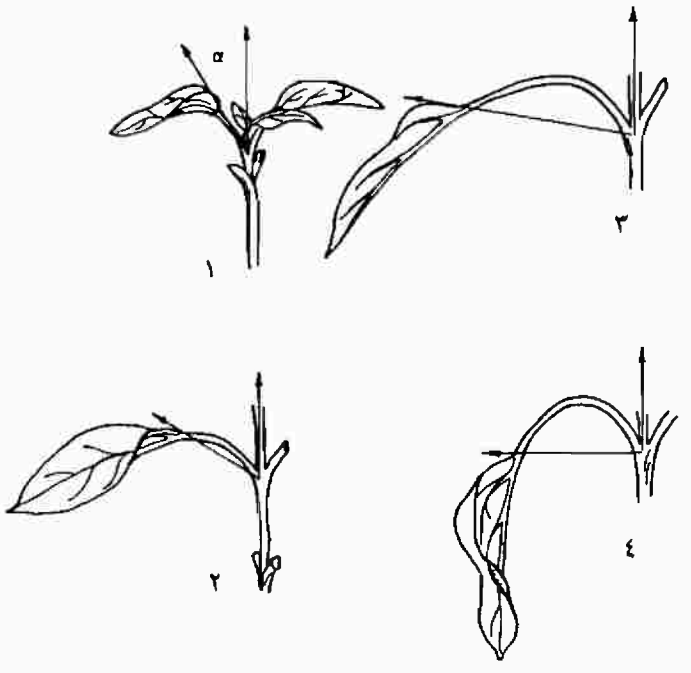
(أ) زهرة شريطية.

(ب) زهرة أنبوبية لم ينضج متاعها بعد.

(جـ) زهرة أنبوبية نضج متاعها.

(د) رسم تخطيطي يبين خطوات نمو القلم والميسمين في الزهرة الأنبوبية لكي يتم التلقيح.

(شكل ٤٤). كثير من أوراق النباتات تختلف في وضعها بالنسبة للساق في مراحل النمو المختلفة تلقائياً دون مؤثر واضح.



(شكل ٤٤) : تغيير فى أتجاه أوراق عباد الشمس أثناء نمو الأوراق.

١ ـ ورقة صغيرة تتكشف من البرعم.

٢ ـ ورقة أثناء النمو السريع لها.

٣ ـ ورقة كاملة النمو بالغة.

٤ ـ ورقة قرب الشيخوخة (لاحظ إختلاف زاوية التوجية orientation angle فى الحالات المختلفة).

الحركه الهيجروسكوبية

Hygroscopic Movements

تحدث هذه الحركة فى الأجزاء الميتة للنبات نتيجة لتشرب الماء وتسمى hydrocasy أو نتيجة لفقد الماء وتسمى xerocasy. ومن أمثلة ذلك حركة الأسنان البيريستومية peristome فى علبة الحزازيات القائمة ومثال ذلك الفيوناريا. حيث أن

هذه الأسنان هيجروسكوبية فى الفيوناريا. عند تشرب الأسنان الماء فإنها تنثنى للداخل وتصبح مسطحة أفقية ولذلك تسبب غلق العلبة أى الحوصلة وبذلك تمنع إنتشار الجراثيم من العلبة وفى حالات الجفاف فإن الأسنان تنحنى للخارج أو تنكمش أو كلاهما وبذلك تصبح العلبة مفتوحة وتنشر الجراثيم الموجودة بداخلها.

يحدث نفس الشيء فى حالة مناثير elaters جراثيم نبات أكويستم *Equisetum*. تحدث هذه الحركة فى بعض الثمار عند إنفتاحها حيث تجف الثمار تماماً وتفتح نتيجة للجفاف. تحدث هذه الحالة فى بعض قرون نباتات العائلة البقولية وفى الخردلة والخريدلة لنباتات العائلة الصليبية وأيضاً بعض الثمار العلبة. ففى حالة ثمار الأشولزيا فإنها علبة تفتح بمصاريع مع حدوث صوت أزيز أثناء الإنفتاح ويحدث الإنفتاح بشده وقد ينتج عنه إنتشار البذور. وفى كثير من نباتات العائلة القرنفلية تكون الثمرة عبارة عن علبة تفتح بالأسنان كما فى نبات القرنفل. وفى كثير من الحالات تظهر الأسنان حركة هيجروسكوبية حيث أن الأسنان تنحنى للخارج وتفتح العلبة وذلك فى الجو الجاف والعكس صحيح فى حالة الجو الرطب أو المطير حيث تنحنى الأسنان للداخل وبذلك تسبب غلق العلبة، وبهذه الحركة تحمى الثمرة البذور حيث أن الرطوبة والمطر تسبب تبليل البذور وإلتصاقها ببعضها وبالتالى صعوبة إنتشارها والعكس صحيح فى الجو الجاف حيث تنتثر البذور بسهولة من العلبة.

تفتح المتك نتيجة لفقد الماء من الطبقة الليفية. حيث أنه بعد تمام نضج المتك تبدأ أكياسه فى التفتح حيث تفقد الطبقة الليفية بعض مائها فيتجعد الجدار الخارجى لكل خلية من خلاياها وجدر خلايا هذة الطبقة مغلظة الجدر الداخلية والقطرية ورقيقة الجدر الخارجية ولهذا فإن الجدر الخارجية هى أكثرها تأثراً بفقد الماء وأكثرها إنحناء للداخل. ونتيجة لجفاف جميع خلايا الطبقة الليفية لأكياس حبوب القاح يفتح المتك. ينفتح المتك فى منطقة خلاياها رقيقة الجدر ويكون على هيئة شق طولى عادة.