

## FILM — SPOSÓB POZNANIA RUCHU ROŚLIN

*Jan Calábek*

Wyższa Szkoła Rolnicza, Brno CRSS

Ruchy autonomiczne roślin są często przedmiotem badań naukowych. Najczęściej są one tylko opisywane, a nie są badane przyczyny, które do nich prowadzą, zwłaszcza kiedy badanie takie nie wydaje się istotne dla rozwoju rośliny i praktyki rolniczej. Ruchy autonomiczne niewątpliwie mają jednak znaczenie dla rozwoju roślin. Na przykład po wydobyciu się młodej rośliny ponad powierzchnię gleby w miejscu o dużym zagęszczeniu roślin ruch autonomiczny odgrywa ważną rolę przed chwycciem się za podpórę, do której w trakcie tego ruchu roślina się dostanie.

Z podręczników fizjologii ruchu roślin nie dowiemy się zbyt dużo na ten temat. I tak na przykład w podręczniku, z którego korzystają studenci Wyższych Szkół Rolniczych (R. Dostál, D. Dykyjová: *Botanika rolnicza* 2) podano, że ruch autonomiczny odbywa się zawsze bez wpływu czynników zewnętrznych, a przyczyną tego ruchu może być wydłużanie się pędu lub zmiana turgoru w komórkach. Również w starszych i nowych podręcznikach zagranicznych (Strasburger i inn.: *Lehrbuch der Botanik* 1971) podano, że w ruchu autonomicznym (endogeny) nie znany jest wpływ czynników zewnętrznych, które ruch ten wywołują i że są one powiązane ze zjawiskiem wewnętrznym, które nie jest szczegółowo analizowane, ponieważ nic bliższego o nim nie wiemy. Podobne definicje znajdziemy w innych publikacjach.

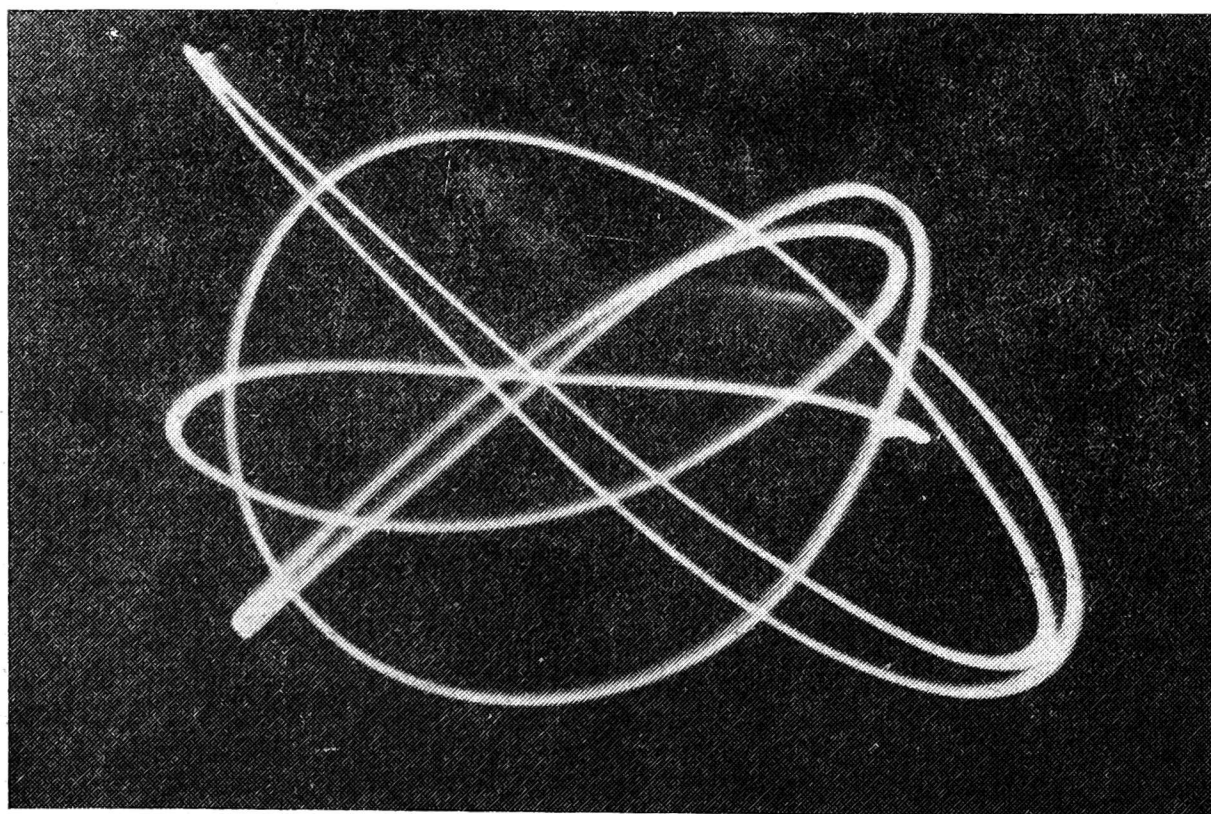
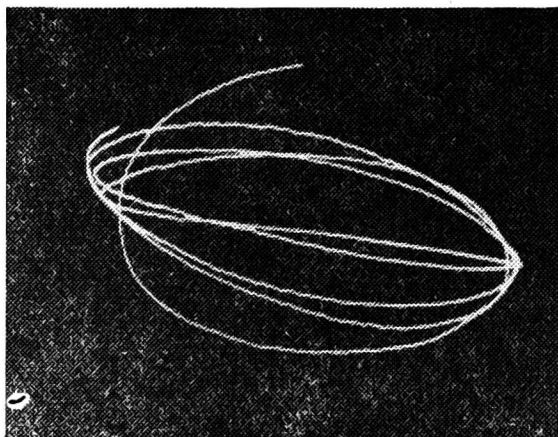
Dokładna rejestracja autonomicznego ruchu roślin za pomocą kamery filmowej prowadzi do poznania ich drogi jako funkcji czasu. Rejestracja ta pozwala wyciągnąć wniosek, że ruchy te uzależnione są od czynników zewnętrznych, podobnie jak ruchy gałęziowe paratoniczne, przy czym roślina wykonuje je w sposób dla siebie charakterystyczny, nieco różniący się jednak od ruchów gałęziowych.

Ruch autonomiczny wykonują organy prawie wszystkich wyższych



Rys. 1. *Pharbitis purpurea*  
po wyjściu z ziemi wykonuje  
autonomiczny ruch okrężny

Rys. 2. Droga ruchu autonomicznego rośliny za-  
kreślona w czasie ośmiu godzin; roślina zmie-  
niła kierunek ruchu na przeciwny

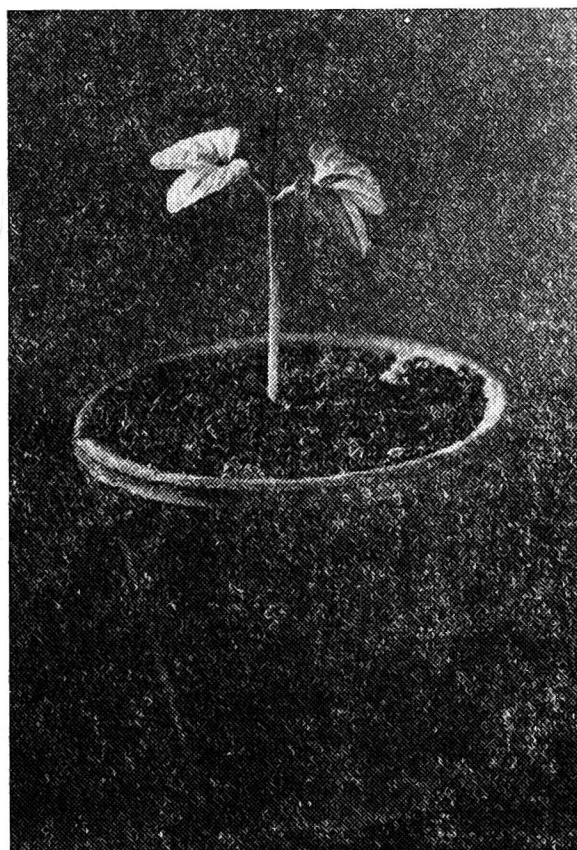


Rys. 3. Droga ruchu autonomicznego; roślina w czasie ruchu zmieniła  
dwukrotnie kierunek ruchu okrężnego

roślin poprzez różną prędkość wzrostu na przeciwległych stronach (ruchy mutacyjne) lub zmianę turgoru (ruchy wariacyjne).

Autonomiczny ruch wzrostowy analizowano przede wszystkim na średnio etiolizowanych roślinach (*Pharbitis purpurea*) z rodziny powojowatych (*Convolvulaceae*), które służyły wielu badaczom do studiów nad ruchami wijącymi. Na rysunku 1 pokazano rośliny przy ruchu wijącym, na co wskazuje zakrzywienie ich hypokotylów. Na kadrach filmu wykonanych w godzinę później zakrzywione były one w przeciwnym kierunku, ponieważ ich powrót do kierunku poprzedniego trwa w temperaturze laboratoryjnej około 2 godzin. Z literatury dowiadujemy się, że rośliny które wiją się w lewo, jak w przypadku *Pharbitis purpurea*, także przy ruchu autonomicznym krążą w tym kierunku. W rzeczywistości jednak, jak stwierdzono za pomocą metody filmowej, *Pharbitis purpurea* wykonuje autonomiczne ruchy tak w lewo jak i w prawo (Calábek, Novák [3]). Wielokrotnie zarejestrowano zmianę kierunku krążenia, tzn. przejście z jednego kierunku do przeciwnego (rys. 2). Zmiana kierunku następowała już po kilku godzinach. Całą drogę ruchu (rys. 3) roślina wykonała w czasie ośmiu godzin (w stałych warunkach bez obecności człowieka w laboratorium).

Na szczycie pędu umieszczono czarny pręcik z małą błyszczącą kuleczką na swobodnym górnym końcu. W czasie doświadczenia kuleczka była z boku oświetlona, a cała roślina zaciemniona (rys. 4). Po kilku godzinach filmowania zarejestrowano drogą ruchu oświetlonej kuleczki,



Rys. 4. Młoda roślina *Pharbitis* z małą białą kuleczką przymocowaną na jej szczycie. Przygotowanie do filmowania



a więc drogą autonomicznego ruchu wierzchołka pędu, z tym że była ona zwiększona w stosunku do własnej drogi wierzchołka.

Droga ta podobna jest do: krzywej zakreślonej przez wahadło Blackbura, krzywej Lussajousa oraz krzywej zakreślonej przez model etiolo- wanej rośliny, u której hypokotyl zastąpiony był przez cienki metalowy pręt, którego prostokątny przekrój poprzeczny zbliżony był do kwadra- tu. Do pręta metalowego przymocowano liście metalowe, które zwalniały jego ruch drgający. Jeżeli prętowi nadamy ruch drgający w kierunku krótszego boku przekroju poprzecznego, to będzie on drgać wolniej niż w kierunku przeciwnym, to znaczy w kierunku dłuższego boku. Nadając prętowi ruch drgający w kierunku przekątnej przekroju poprzecznego, w którym ma on największą wytrzymałość, ruch ten natychmiast rozłoży się na podwójny ruch w obydwóch kierunkach opisanych wyżej. Jeden z tych ruchów będzie szybszy niż drugi; mówiąc inaczej, amplituda jed- nego ruchu nie będzie równa drugiej. Sumując obydwa te ruchy otrzy- mamy krzywą Lussajousa, która podobna jest do krzywej na rysunku 3. Wszystkie omówione ruchy przedstawione są w filmie *Autonomni po- hyby II*.

Można stwierdzić, że wolnych drgań lub krążenia hypokotyłu mło- dej rośliny nie można porównać do podobnego i znacznie szybszego ru- chu pręta, jaki następuje po wychyleniu go z normalnego położenia. W przypadku sprężynującego pręta mamy do czynienia ze sprężystością i bezwładnością martwej materii, a w przypadku rośliny w miejsce sprę- żystości należy uwzględnić znaczenie ruchu elongacyjnego, a także geotropizm ujemny\* wierzchołka oraz położenie źródła światła i rolę substancji wzrostowych, nagromadzonych po stronie przeciwnej niż źró- dło światła. Substancje wzrostowe gromadzą się na stronie nie oświetlo- nej. Przechylanie się rośliny trwa do momentu nagromadzenia się sub- stancji wzrostowej po stronie przeciwnej. Dopiero teraz nastąpi ruch w przeciwnym kierunku. Proces ten powtarza się w sposób ciągły. Można więc ruch autonomiczny charakteryzować jako przechylanie się rośliny. Na ruchy te zwrócił uwagę już w latach dwudziestych Gardman, ale nie zostało to wówczas przyjęte i uznane.

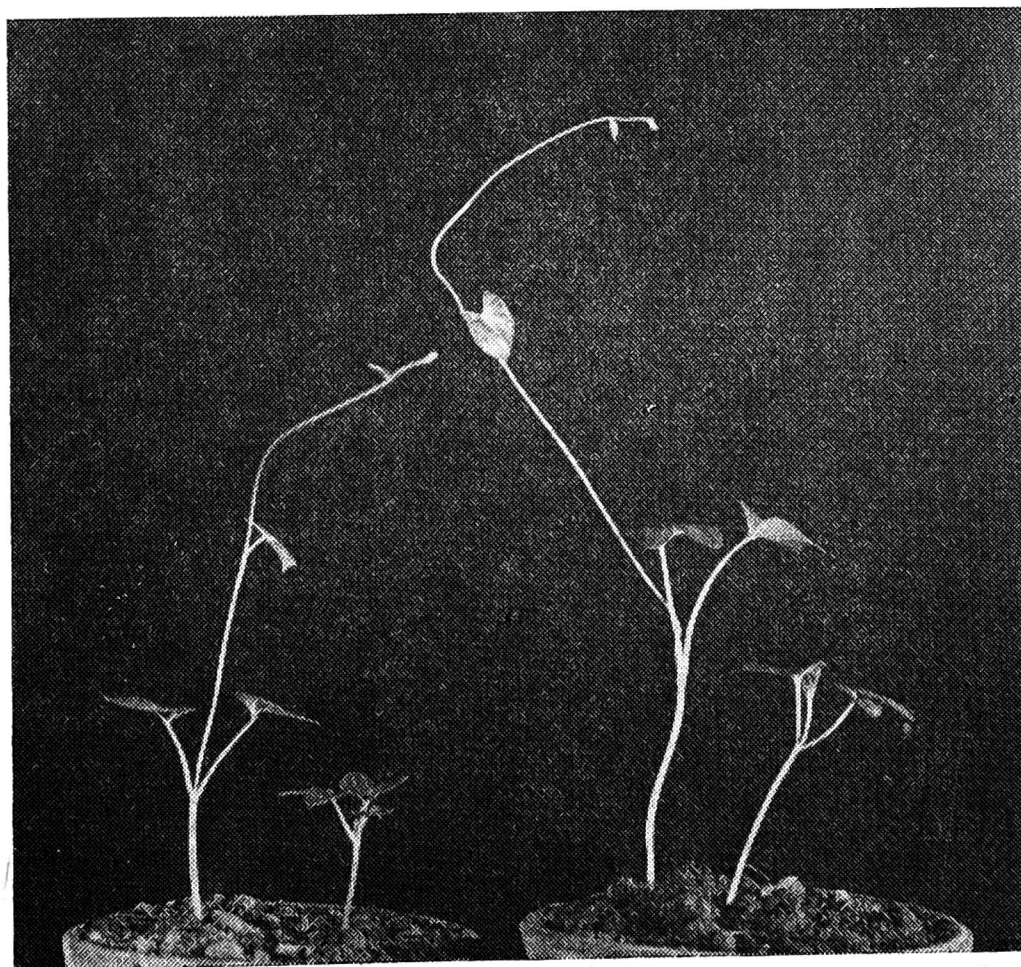
Opisane drgania wibracje pręta stalowego szybko zanikają z powodu tarcia wewnętrznego i oporów zewnętrznych, ponieważ energia użyta do nadania prętowi tego ruchu była jednokrotna.

W przypadku rośliny drgania przebiegają w sposób nie zanikający, ponieważ proces biologiczny dostarcza nieprzerwanie substancji wzrosto- wych i energii, której źródłem jest pokarm. Dopiero po zakończeniu pro- cesu wzrostu danego organu ruch rośliny ustaje. Uznając ruch autono-

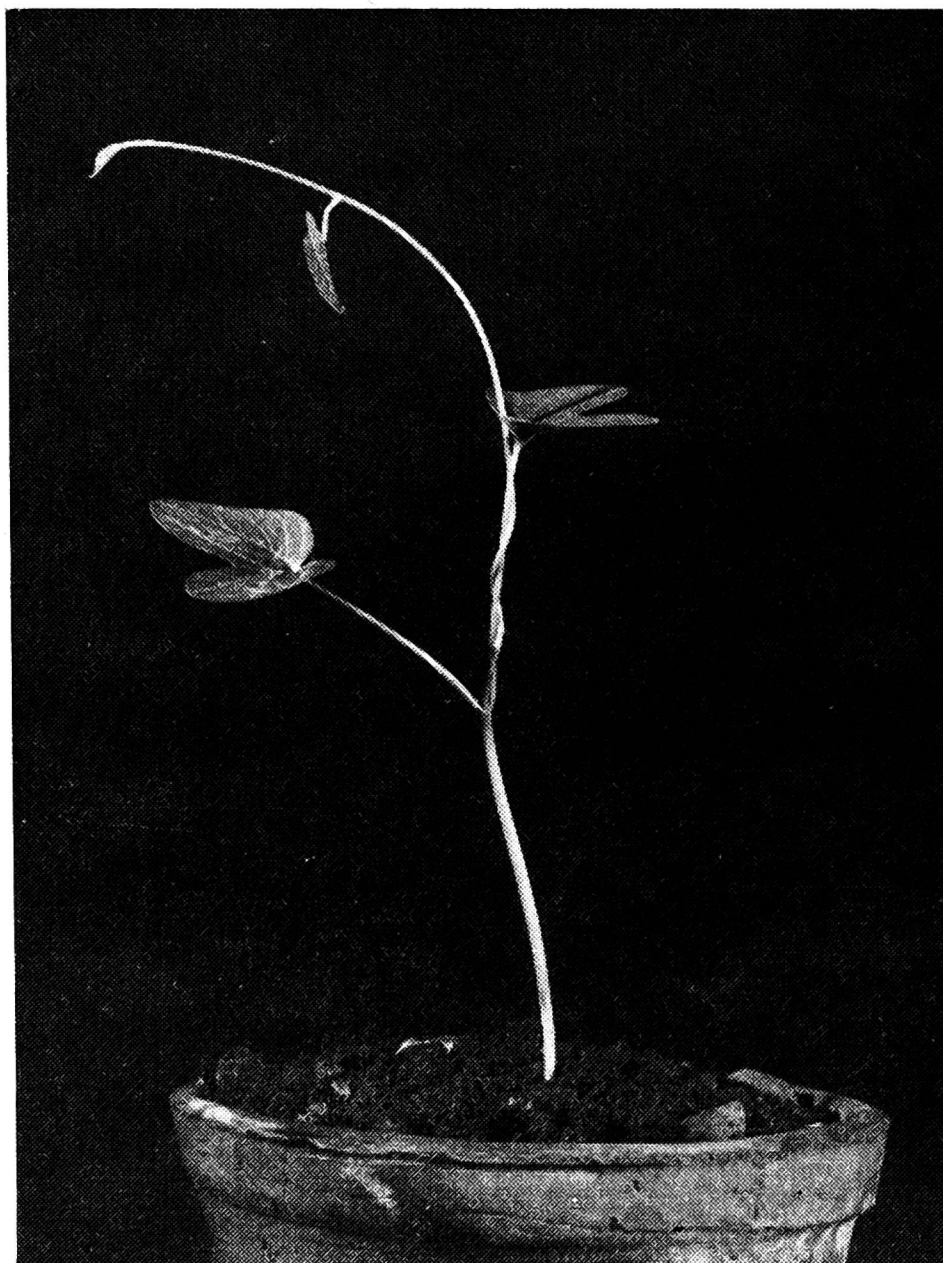
\* Przypis tłumacza.

miczny jako powtarzające się przechylenie, można go porównać z urządzeniem do regulacji temperatury. Praktyczne ustawienie temperatury na stałej wartości jest niemożliwe, ponieważ zawsze będzie się ona wahać w pewnej rozpiętości od wartości nastawionej. Kiedy osiągniemy wymaganą temperaturę, nastąpi wyłączenie dopływu energii cieplnej. Wymiennik ciepła ma wtedy pożądaną temperaturę i nadal oddaje ciepło. W momencie ponownego włączenia jest on już chłodniejszy, a temperatura w pomieszczeniu spada jeszcze przez pewien czas.

Zmianę kierunku drgań pręta metalowego wyjaśniono tym, że jego przekrój poprzeczny nieznacznie różnił się od powierzchni kwadratu i w tym należy szukać analogii ruchu pręta i pędu młodej rośliny (*Pharbitis purpurea*). Roślina ta zaraz po wyjściu z gleby ma dwa naprzeciwległe ustawione listki, na których przez całą długość przechodzą rury przewodzące, osłonięte tkanką mechaniczną i tworzące wiązki przewodzące, co jest wynikiem morfologicznej i fizjologicznej symetrii hypokotyli. Przekrój poprzeczny jest także dwustronnie symetryczny. Z przedstawionych danych i wykreślonej drogi ruchu (rys. 3) można przypuszczać, że okrężny ruch hypokotyli złożony jest podobnie, jak w przypadku wahadła Blackbura lub opisanego pręta z dwóch drgających ruchów, to znaczy w kierunku dłuższej i krótszej osi przekroju. Jest oczywiste, że częstotliwość tych dwóch drgających ruchów jest różna nie tylko



Rys. 5. Wpływ gibereliny na wzrost *Pharbitis*. Roślina mniejsza w każdej z doniczek — kontrola



Rys. 6. *Pharbitis* po stymulacji gibereliną owija się często wokół ogonka listka zarodkowego

z powodu różnych wymiarów przekroju hypokotyli, ale przede wszystkim z uwagi na nie identyczną szybkość przenikania do komórek \* substancji wzrostowych i pokarmowych. W badaniach należy uwzględniać wpływ substancji wzrostowej, gdyż *Pharbitis purpuracea* na substancje te jest szczególnie wrażliwy. Stosując jedną kroplę gibereliny o stężeniu 100 ml/l do szczytowego pączka między ogonkami liści zarodkowych \* spowodujemy kilkakrotnie szybszy wzrost rośliny niż w doświadczeniu kontrolnym. Różnica wysokości roślin widoczna jest na rysunku 5. W przedstawionym przypadku giberelina zmienia nie tylko prędkość wzrostu, lecz również własności rośliny. *Pharbitis* jest rośliną wijącą się. W czasie wzrostu hypokotyli i epikotyli, do czasu gdy powstaje na nim trzeci liść, roślina wykonuje ruchy autonomiczne w lewo i prawo. Dopiero

\* Przypis tłumacza.



gdy powstanie czwarty liść, wierzchołek pochyła się prawie do położenia poziomego i zaczyna wykonywać ruchy skrętne; *Pharbitis* jest rośliną lewoskrętną. Zakraplając kilkakrotnie gibereliną o znikomej koncentracji szczytowy pączek między ogonkami spowodujemy wydłużanie się epikotyli i natychmiastowe ruchy wijące. Na rysunku 6 przedstawiono przypadek owinięcia się epikotyli wokół ogonka liściowego.

Ruchy autonomiczne, jak również ruchy wijące, uwidaczniają się najczęściej regularnym krążeniem wierzchołka. W charakterze tych ruchów są zasadnicze różnice, które pozwolę sobie opisać.

#### Ruch autonomiczny

#### Ruch wijący

- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Według dotychczasowego poglądu ruch ten nie jest wywołany przez czynniki zewnętrzne.</li> <li>2. Ruchy okrężne przebiegają w dowolnym i nie ustalonym kierunku.</li> <li>3. Ruch autonomiczny szczególnie wyraźnie widoczny jest u roślin etiolizowanych.</li> <li>4. Droga ruchu autonomicznego ma zwykle kształt elipsy, z dowolnym stosunkiem długości osi. W skrajnych przypadkach mamy do czynienia z okręgiem lub prostą.</li> <li>5. Ruch okrężny można przedstawić jako ruch złożony z dwóch ruchów drgających w różnym kierunku.</li> <li>6. Owinięcie wokół podpory nie nastąpi w przypadku bardzo etiolizowanych roślin, ponieważ krążenie przebiega w sposób ciągły w jednym kierunku.</li> <li>7. Ruch autonomiczny przebiega przez cały okres wzrostu pędu. Częstotliwość jego nie jest związana z prędkością wzrostu.</li> <li>8. Krążący wierzchołek chociaż reaguje geotropicznie i fototropicznie to jednak ruchy te wykazują pewne odchylenie od ruchów typowych dla powyższych tropizmów.</li> <li>9. Ruchy autonomiczne i ruch ogonków nie mają wyraźnie sprecyzowanych funkcji w życiu rośliny.</li> </ol> | <p>Ruch wijący wywołany jest i uzależniony od czynników zewnętrznych, a to przede wszystkim grawitacji. Mamy tu do czynienia z geotropizmem.</p> <p>Typowe rośliny wijące krążą wyłącznie w jednym kierunku, w lewo lub prawo.</p> <p>Ruch ten w przypadku roślin wijących przejawia się zawsze. Etiolizacja zwalnia ten ruch.</p> <p>Droga tego ruchu zbliżona jest do okręgu i dłuższa niż w przypadku ruchu autonomicznego.</p> <p>Wijący ruch pędu tłumaczy się równomiernym przesuwaniem pasma komórek.</p> <p>Po zetknięciu się rośliny z podporą szczyt jej krąży wolno w tym samym kierunku, powodując całkowite jej owinięcie.</p> <p>Ruch owijający rozpoczyna się w fazie rozwoju, kiedy wzrost wierzchołka przyspieszy się i nastąpi jego przechylenie w położenie poziome.</p> <p>Ruch wijący prawie nie reaguje na kierunek światła i odbywa się przy bocznym oświetleniu wokół pionowej osi.</p> <p>Ruch owijający umożliwia roślinie o słabej łodydze dotrzeć do światła.</p> |
|--|---|

## LITERATURA

1. Calábek J.: A contribution to the study of the mechanism of autonomic movements of plants. *Folia prirodovedecké fak. univ. J. E. Pukyne v Brne. Svazek IX. Biologia* 18, 29-36, 1968.
2. Calábek J.: Film — spôsob poznania ruchu rošlin. *Zesz. probl. Post. Nauk roln. z. 128*, 133-141, 1971.
3. Calábek J.: Autonomi pohyby rostlin studovány sbernym filmem. *Práce Brnenské základny Ceskosl. Akademie ved, XXIX, No. 4*, 189-206, 1957.
4. Dostál R., Dykyjova D.: *Zededelská botanika 2. Státni zemedelské nakladatelství v Praze* 1966.
5. Gradmann H.: Die Überkrümmungsbewegungen etiolierter Keimpflanzen. *Ibid.*, 66, 339-357, 1927.
6. Strasburger i inn.: *Lehrbuch der Botanik*, 1971.
7. Tronchet A., Tronchet J., Bressot J. M.: Sur les mouvements révolutifs des tiges traitées par l'acide gibbérelle. *Ann. scient. Univ Besancon, sér. 2, Bot.*, 17, 3-26, 1961.

Я. Цалабэк

### ФИЛЬМ — СПОСОБ ИЗУЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ

#### Резюме

В 128 номере журнала (1971 год) замещена статья *Фильм — способ изучения движения растений*, в которой оговорено метод использования фильма в исследованиях над автономным движением и определения дороги и скорости движения. В статье указаны новейшие результаты исследований. Автономные движения оказывают влияние на развитие растений. Например для молодого растения существенное значение, в среде о большом количестве растений, имеет автономное движение при схватывании опоры. Регистрация движения растений с помощью кинокамеры дает возможность определить дорогу. Из этой регистрации можно сделать вывод, что движения зависят от внешних факторов. Автономное движение наблюдается у органов почти всех высших растений благодаря разной скорости роста противоположных сторон (мутационное движение) или изменения тургора (варианционные движения). Автономное ростовое движение изучено на растениях из семьи вьюнковых, которые ряд научных работников использовало для изучения движения растений. Благодаря применению фотографического метода определено, что растение движется на право и лево. Много раз зарегистрировано изменения направления кругооборота. Изменения направления имело место в течении нескольких часов. Сумируя эти оба движения получаем известную кривую Люссаюса. Автономные движения и кругооборотные движения обнаруживаются чаще всего равномерным кругооборотным движением верхушки.



*J. Calábek*

FILM — THE MEANS TO STUDY PLANT MOVEMENTS

Summary

New results of the experiments on autonomic plant movements obtained by use of intermittent film technique were presented in the paper. Autonomic movements are of great importance for plants development. For instance, after the rise of young plant above the soil surface in a place with heavy plant congestion, the autonomic movement of seedling makes it possible to find a support. Exact recording by means of film camera enables to study the way of autonomic plant movements as a function of time. On such a basis it may be concluded that autonomic movements are affected by some outer factors, just like the branchial movements. Autonomic movements, typical to the organs of almost all superior plants, result from the different growing rate at opposite sides (mutation movements) or from the turgor change (variation movements). Autonomic growing movements were studied mostly on the middle etiolated plants (*Pharbitis purpurea*) from the convolvulaceous family (Convolvulaceae); those plants were used by many scientist to observe the winding movements. It was found by means of film method that *Pharbitis purpurea* moves autonomically both, left and right. The change of winding movement into opposite direction was observed many times. Such a change took place just after few hours. Suming up the movements in both directions a Lussajous curve was obtained.

Both, autonomic and winding movements became visible by regular spinning of the plant top.