Badania nad ruchami fototaktycznymi chloroplastów. I.

Studies on the phototactic movements of chloroplasts. I.

ALICJA ZURZYCKA i JAN ZURZYCKI

Wpłynęło 24.II.53 r.

Badania szeregu autorów a przede wszystkim prace Senna, wykazały, że ruchy fototaktyczne chloroplastów są zjawiskiem bardzo rozpowszechnionym w obrębie zarówno roślin niższych jak i wyższych i odgrywają prawdopodobnie poważną rolę w procesach życiowych komórki.

Szereg czynników zewnętrznych, działających poza światłem na komórkę roślinną, wywiera wpływ:

1. na przebieg ruchów fototaktycznych chloroplastów oraz
2. wywołuje ruchy taktyczne chloroplastów w obrębie komórki.

1. Według Senna (1908) działanie niskich temperatur powoduje przejście chloroplastów do apostrofii względnie systrofii u szeregu roślin (*Mesocarpus*, *Striatella unipunctata*, *Funaria hygrometrica* i inne). Zjawiska tego nie przypisuje się bezpośredniemu działaniu danej temperatury na ruch chloroplastów, ale przyjmuje się, że obniżone temperatury wywołuje zmianę we wrażliwości chloroplastów w stosunku do światła. W temperaturze wyższej ekologiczne optimum świetlne leży wyżej niż w temperaturze niższej. Podwyższenie ciśnienia osmotycznego wywołuje zwolnienie procesu apostrofii; bodźce chemiczne powodują najczęściej uszkodzenie aparatu fototaktycznego. Brak dwutlenku węgla jest, zdaniem Senna, bez wpływu na przemieszczanie się chloroplastów na świetle, opóźnia jedynie apostrofię. W wyższych stężeniach zarówno dwutlenek węgla jak i eter wpływają hamująco na ruchy fototaktyczne chloroplastów.

2. Ruchy taktyczne chloroplastów wywoływane przez inne niż światło bodźce, występują rzadko, najczęściej tylko w warunkach laboratoryjnych. Termotaktyzm chloroplastów obserwował Senna (1908) u chloroplastów *Funaria hygrometrica*, wywołując doświadczalnie różnicę temperatur ścian zewnętrznych i bocznych komórki. W przyrodzie ter-

motaksja chloroplastów występuje rzadko. Obserwowano ją (Senn 1909) w liściach roślin zimozielonych, w wypadku gdy powstający szron wywoływał lokalne obniżenie temperatury na ścianach zewnętrznych komórek. Zmiana wartości osmotycznej komórki może wywołać ruchy taktyczne chloroplastów tylko w wypadku, gdy czynnik działający ma charakter kierunkowy. Liście *Elodea* lub *Funaria* narażone na szybką utratę wody przy wędnięciu wykazują przejście chloroplastów do apostrofii. Wyjątkowo morskie brunatnice (*Dictyota*, *Padina*) przy równomiernym działaniu hipertonicznych roztworów chlorku sodu wykazują ruchy chloroplastów w obrębie komórki. Działanie siły ciężkości nie wywiera żadnego wpływu na typowe ruchy chloroplastów ze ścian górnych na boczne i odwrotnie. Wpływ bodźców mechanicznych tylko u okrzemki *Striatella unpunctata* wywołują przejściową apostrofię. Natomiast stosunkowo z dużą wrażliwością reagują chloroplasty na bodźce natury chemicznej, przede wszystkim na brak lub obecność dwutlenku węgla. Kierunkowy dopływ dwutlenku węgla powoduje przejście chloroplastów do epistrofii, brak CO₂ wywołuje apostrofię u *Funaria hygrometrica*.

Z powyższego przeglądu wynika jasno, że głównym i w warunkach naturalnych prawie jedynym czynnikiem, wywołującym ruchy taktyczne chloroplastów jest światło, natomiast inne bodźce mogą wywoływać te ruchy tylko w wyjątkowych wypadkach.

Szereg dotychczas ogłoszonych prac zajmuje się ilościowym ujęciem ruchów fototaktycznych chloroplastów (Voerkerl 1934, Zurzycka i Zurzycki 1950, Zurzycka 1951, Zurzycka i Zurzycki 1951, 1952), żadna z nich jednak nie dotyczyła działania światła białego na zasadnicze typy reakcji fototaktycznych. Ze względu na podstawowe znaczenie tego problemu, podjęto się opracowania niektórych zagadnień związanych z wpływem światła białego na reakcje fototaktyczne chloroplastów. Praca niniejsza zajmuje się trzema problemami z tej dziedziny:

- I. układem chloroplastów w stałych warunkach świetlnych
- II. układem chloroplastów pod wpływem światła różnej intensywności
- III. zestawieniem typowych przebiegów reakcji fototaktycznych.

Jako materiału użyto liści *Lemna trisulca* L., stosując sposób postępowania i warunki doświadczenia takie same jak w wyżej wymienionych poprzednich pracach.

I. Układ chloroplastów w stałych warunkach świetlnych.

Komórki liści *Lemna trisulca*, zawierające chloroplasty w epistrofii, umieszczano w komorze wilgotnej Gauthiereta i poddawano działaniu światła o natężeniu 0 (apostrofia), 40 (epistrofia) i 13 300 luxów (parastro-

fia) przez 24—30 godzin. Procent reakcji obliczano w odstępach czasu odpowiednio dobranych dla każdego typu reakcji. Otrzymane wyniki zestawiono na wykresie 1. Każdą reakcję powtarzano parokrotnie.

Światło o natężeniu 13 300 luksów wywołuje szybką ucieczkę chloroplastów na ściany boczne. Po upływie godziny od momentu rozpoczęcia doświadczenia ustala się całkowita parastrofia; utrzymuje się ona przez cały czas działania bodźca.

Ryc. 1. Zmiany układu chloroplastów w stałych warunkach świetlnych. Odcięte — czas w godzinach, rzędne — % epistrofii. 1 — parastrofia (intensywność światła 13300 luksów), 6 — epistrofia (int. św. 40 luksów), a — apostrofia (ciemność). Pozycją wyjściową jest we wszystkich wypadkach epistrofia.

Fig. 1. Change of chloroplast arrangement in constant light conditions. Abscissa — time in hours, ordinates — epistrophe percentage. 1 — parastrophe (light intensity 13300 lux), 6 — epistrophe (light int. 40 lux), a — apostrophe (darkness). In all cases epistrophe was the initial position.

Komórki z chloroplastami w epistrofii przeniesione do ciemności, wykazują równomierne przejście chloroplastów do apostrofii. W użytym materiale nie obserwowano czasu wstępnego. Przebieg reakcji był we wszystkich doświadczeniach mniej więcej podobny. Apostrofia otrzymana w pierwszych 1 — 3 godzinach utrzymywała się do końca doświadczenia. W godzinach końcowych obserwowano w kilku wypadkach niewielkie podniesienie się procentu chloroplastów w epistrofii.

Epistrofia przy świetle o natężeniu 40 luksów utrzymuje się również przez cały czas doświadczenia, krzywe otrzymane dla tej reakcji odbiegają jednak znacznie od regularnych krzywych podanych dla dwu poprzednich typów reakcji. Przyczyna tego zjawiska leży prawdopodobnie w dwu faktach:

1. Układ chloroplastów w epistrofii ma charakter dynamiczny. W ciągu 24 godzin doświadczenia obserwowano ciągłą wymianę chloroplastów ze ścian górnych na boczne i odwrotnie. Wymiana ta jakkolwiek bardzo wolna była jednak wyraźnie dostrzegalna. Temu zjawisku prawdopodobnie przypisać należy wahania w obliczanych w ciągu 24 godzin procentach reakcji.

2. W niektórych wypadkach obserwowano pod koniec doświadczenia spadek procentu chloroplastów w epistrofii. Jest to zjawisko związane być może z wyczerpaniem się dwutlenku węgla w komorze z badanym liściem, na co wskazywałyby wyniki pracy Senna (1908), wykazujące, że brak dwutlenku węgla powoduje przejście chloroplastów do apostrofii.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzić można, że nie istnieje wewnętrzna rytmika ruchu chloroplastów. Układ chloroplastów w komórce zależy wyłącznie od intensywności oświetlenia. Do podobnych wyników doszedł też Senn (1908). Cykliczne ruchy chloroplastów obserwowane przez Franka (1872) wywoływane są wyłącznie okresowymi zmianami natężenia światła w ciągu doby.

II. Układ chloroplastów pod wpływem światła różnej intensywności.

W badaniach dotychczasowych niejednokrotnie zaznaczano zależność między układem chloroplastów w komórce a intensywnością światła padającego na nią. Według tej zależności każdej intensywności światła odpowiada stały procent chloroplastów w epistrofii. Zależność ta została stwierdzona przez Voerkla (1934) dla *Funaria hygrometrica*, przez Zurzycką (1950) dla *Lemna trisulca* (w obu wypadkach dla światła barwnego) i przez Zurzyckiego i Zurzycką (1952) dla *Selaginella Martensii* (dla światła białego). Dotychczas nie posiadamy jednak stwierdzenia też zależności dla światła białego u *Lemna trisulca*. Ponadto w wyżej wymienionych pracach ustalono tę zależność tylko dla jednego typu reakcji epistrofia — parastrofia. Celem tej części pracy było wykazanie, że niezależnie od pozycji wyjściowej tzn. zarówno gdy chloroplasty znajdują się w epistrofii, parastrofii czy apostrofii, pod działaniem bodźca świetlnego o określonej intensywności ustala się pewien stan równowagi w komórce, uzależniony wyłącznie od intensywności użytego światła. Wynik doświadczeń tej serii zestawiono w Tablicy I. Każda pozycja Tablicy odpowiada średniej z 5 powtórzeń.

Ryc. 2. Zależność układu chloroplastów od intensywności światła. Odcięte — względna intensywność światła (wg. oznaczeń w tabl. I), rzędne — % epistrofii. Pozycje wyjściowe: ● — epistrofia, o — parastrofia, + apostrofia.

Fig. 2. Dependence of chloroplast arrangement on light intensity. Abcissa — relative light intensity (as denoted on Table I), ordinates — epistrophe percentage.

The initial position was: ● — epistrophe, o — parastrophe, + apostrophe.

Analiza otrzymanych wyników potwierdza całkowicie istnienie wyżej wymienionej zależności — każdej intensywności światła odpowiada pewien układ równowagi w komórce, wyrażający się stałym procentem chloroplastów w epistrofii od 0 — 100.

TABLICA I

TABLE I

Układ chloroplastów (% epistrofii) po 3 godz. naświetlania światłem różnej intensywności w zależności od pozycji początkowej.

Chloroplast arrangement (percentage of epistrophy) after 3 hrs of illumination with light of different intensities in dependence on the initial chloroplast arrangement.

L.	Intensywność Intensity lux	Pozycja wyjściowa — Initial arrangement		
		Epistrofia Epistrophy	Parastrofia Parastrophy	Apostrofia Apostrophy
1	13300	3.68 ± 0.97	—	4.60 ± 1.03
2	8250	7.38 ± 1.56	7.68 ± 1.93	8.70 ± 1.12
3	5500	39.58 ± 1.16	36.06 ± 2.49	34.75 ± 3.15
4	730	87.60 ± 5.86	82.00 ± 5.32	76.65 ± 6.84
5	90	93.78 ± 4.60	90.32 ± 2.59	91.20 ± 5.12
6	40	96.44 ± 2.85	99.40 ± 2.55	96.60 ± 5.82
7	9	95.64 ± 4.05	100.44 ± 3.91	94.00 ± 3.84

Dane z Tablicy I pochodzą z materiału wiosennego, odznaczającego się dużą wrażliwością. Niejednokrotnie podkreślano w szeregu prac, że materiał zebrany w okresie jesiennym reaguje znacznie słabiej na bodziec świetlny. Dla sprawdzenia, czy obniżenie się wrażliwości chloroplastów nie zmienia istoty zależności między układem chloroplastów a natężeniem światła, zbadano tę zależność także na materiale zebranym wczesną jesienią (pierwsza połowa września) i późną jesienią (pierwsza połowa listopada) z tego samego zbiornika wodnego z którego pochodził materiał wiosenny. Wyniki ilustruje Tablica II. W miarę starzenia się materiału zmniejsza się wrażliwość chloroplastów na działanie światła, przy zachowaniu stałej dla danego materiału zależności między intensywnością światła a procentem reakcji. Tak więc w materiale wiosennym światło o natężeniu 13 300 luksów wywoływało pełną parastrofię (‰ chloroplastów w epistrofii — 3,68). W materiale wczesnojesiennym światło o tej samej intensywności wywołuje już słabszą parastrofię (9,55‰) a w materiale z późnej jesieni wrażliwość obniża się jeszcze bardziej. (Procent chloroplastów w epistrofii — 38,55, podczas gdy prawie taki sam efekt w materiale wiosennym daje światło o natężeniu już 5 500 luksów). Przy słabszych intensywnościach światła różnice nie występują już tak wyraźnie. Przyczyny tego zjawiska mogą być różnorodne — z jednej strony obniżenie wrażliwości może być spowodowane zmianą ilościowego stosunku barwników chloroplastów i związaną z tym zmianą w absorpcji światła, lub też zmianami w mechanizmie ruchu chloroplastów.

TABLICA II

TABLE II

Układ chloroplastów (‰ epistrofii) po 3 godz. naświetlania światłem różnej intensywności w zależności od pory roku.

Chloroplast arrangement (percentage of epistrophy) after 3 hrs of illumination with light of different intensities, and in different seasons.

L.	Intensywność Intensity lux	Data badania — Date of experiment		
		5 — 20 V.	3 — 14 IX	5 — 15 XI
1	13300	3,68	9,55	38,35
2	8250	7,38	31,40	54,90
3	5500	39,58	66,07	75,00
4	730	87,60	73,85	93,80
5	90	93,78	98,90	103,60
6	40	96,44	89,75	103,30

III. Przebiegi reakcji fototaktycznych.

Przy opracowywaniu zagadnienia układu chloroplastów w świetle o różnej intensywności (część II pracy) procent reakcji określano przed rozpoczęciem i po ukończeniu doświadczenia trwającego 3 godziny. Mierzono w ten sposób efekt końcowy bez sprawdzenia w jaki sposób chloroplasty osiągają położenie równowagi przy danej intensywności światła. Niezależnie od pozycji wyjściowej pod wpływem światła o intensywności 13 300 luksów w komórce zachodzi parastrofia. Przejście chloroplastów do tego układu odbywać się może różnie, w zależności czy w pozycji wyjściowej chloroplasty znajdowały się w epistrofii, apostrofii czy parastrofii. Dla wyjaśnienia tego zagadnienia zbadano przebiegi kilku wybranych wg załączonego schematu reakcji fototaktycznych:

Pozycja chloroplastów	Początkowe natężenie światła	Zmniejszanie intensywności światła	Zwiększanie światła
Parastrofia (1)	13 300 luksów
Epistrofia niezupełna (3)	5.500 „
Epistrofia (6)	40 „
Apostrofia	0 „

Procent reakcji określano co 5 lub 10 minut zależnie od typu reakcji. Wyniki przebiegu reakcji wg powyższego schematu podaje rys. 3, 4, 5 i 6.

Zmniejszenie intensywności światła wywołuje przejście chloroplastów do epistrofii w procencie związanym z intensywnością użytego bodźca. Szybkość reakcji natomiast zależy w dużej mierze od różnicy intensywności początkowej i końcowej, a więc od skoku intensywności. Szybkość jest największa przy reakcji 1—6, najmniejsza przy reakcji 1—3. Reakcja 1-a przebiega w dwu etapach. W etapie pierwszym (około 30 minut) chloroplasty reagują na zmniejszenie intensywności światła przejściem do epistrofii, w etapie drugim (30—90 minuta) przyjmują położenie właściwe dla apostrofii. Podobnie przebiega reakcja 3-a, z tym, że szybkość reakcji jest mniejsza w związku z mniejszym skokiem intensywności. Wreszcie reakcja 6-a gdzie układem wyjściowym jest epistrofia a skok intensywności bardzo nieznaczny, chloroplasty przechodzą odrazu w położenie epistrofii.

Przy zwiększaniu intensywności światła (ryc. 5 i 6) obserwujemy również zależność między skokiem intensywności a szybkością reakcji (przebieg a-6, a-3, 6-3, 6-1, i 3-1). Wyjątkowy przebieg ma reakcja 3-1, gdzie w pierwszych minutach działania bodźca podnosi się procent chloroplastów w epistrofii, a dopiero potem ustala się parastrofia, właściwa

Ryc. 3—6. Typowe przebiegi reakcji fototaktycznych. Odcięte — czas w minutach, rzędne — % epistrofii. Cyfry przy wykresach oznaczają początkową i końcową intensywność światła. 1 — 13300 luksów (parastrofia), 3 — 5500 luksów (niepełna epistrofia), 6 — 40 luksów (epistrofia), a — ciemność (apostrofia).

Fig. 3—6. Development of the typical phototactic reactions. Abcissa — time in minutes, ordinates — epistrophe percentage. Numbers by curves denote initial and final light intensities: 1 — 13300 lux (parastrophy), 3 — 5500 lux (incomplete epistrophy), 6 — 40 lux (epistrophy) a — darkness (apostrophy).

dla badanej intensywności światła. Reakcję tę powtarzano szereg razy, za każdym razem otrzymując podobne zjawisko. Niestety brak jest na razie danych dla wyjaśnienia tego typu przebiegu.

Streszczenie wyników

1. Układ chloroplastów w komórce uzależniony jest od intensywności działającego światła, bez względu na pozycję wyjściową chloroplastów w komórce. Każdej intensywności światła odpowiada po 3 godzinach naświetlania stały układ równowagi w komórce, wyrażający się procentem chloroplastów w epistrofii od 0—100.

2. Wrażliwość chloroplastów na światło ulega zmniejszaniu się w ciągu okresu wegetacyjnego.

3. Ruchy fototaktyczne chloroplastów wywoływane są przede wszystkim zmianami intensywności światła padającego na komórkę. W stałych warunkach świetlnych chloroplasty po przyjęciu układu wła-

ściwego dla danej intensywności światła utrzymują go przez cały czas trwania bodźca. Nie istnieje wewnętrzny rytm dzienny ruchów fototaktycznych.

4. Szybkość poruszania się chloroplastów w komórce zależy od różnicy początkowej i końcowej intensywności bodźca. Przy zmniejszaniu się intensywności, o ile skok jest dostatecznie duży, chloroplasty reagują na niego przejściem do epistrofii, adaptując dopiero później układ do panujących warunków świetlnych.

Panu Profesorowi Dr F. Górskiemu składamy serdeczne podziękowania za cenne uwagi i wskazówki.

Z Zakładu Fizjologii Roślin U. J.

SUMMARY

The influence of environmental conditions acting on a plant cell on 1. the course of phototactic movements and 2. the source of tactic chloroplasts movements was discussed. It appears that light is the main and in normal conditions almost the only factor causing tactic chloroplast movements. Other stimuli cause these movements only exceptionally.

So far a number of reports described quantitatively phototactic chloroplast movements, none of them, however, dealt with the influence of white light on the main types of phototactic reaction. In view of the fundamental importance of this problem some aspects of the influence of white light in phototactic chloroplast movements were investigated in detail. The present paper deals with three of these problems:

1. arrangement of chloroplasts in constant light conditions,
2. arrangement of chloroplasts in light of different intensities,
3. description of the typical courses of phototactic reactions.

Lemna trisulca L. was used as material. The methods and experimental conditions were the same as those described in our previous papers.

1. Arrangement of chloroplasts in constant light conditions.

Lemna trisulca leaf cells with chloroplasts in epistrophe were placed in Gautheret's humidity chamber and then acted for 20—30 hours with light of 0 (apostrophe), 40 (epistrophe) and 13.300 (parastrophe) lux. The percentage of reaction was calculated at intervals most adequate for each type of reaction. Each reaction was repeated several ti-

mes. The results obtained are given on graph 1. The 13.300 lux light intensity caused a quick displacement of chloroplasts onto the side walls. One hour after the experiment was started the parastrophe is complete. This arrangement does not change throughout the experiment. In cells placed in darkness the chloroplasts move slowly to the apostrophe. This arrangement also persists throughout the experiment and only in some cases a slight increase in the percentage of reaction was noted. Epistrophe in the 40 lux light intensity also persists throughout the stimulation, the curves of this reaction are much less regular than the curves of the two preceding ones. This is probably due to two reasons: 1. The chloroplast arrangement is dynamic in character. During 24 hours an incessant movement of chloroplasts from the upper to the side walls and from the side to the upper ones could be observed. That is probably the reason for the variation in reaction percentages calculated during 24 hours. 2. In some cases toward the end of the experiment a decrease in the reaction percentage became noticeable. This may be due to the carbon dioxide being used up in the chamber in which the leaf is kept under observation.

From the observations it can be concluded that there is no inner rhythm in the chloroplast movements. Their arrangement depends only on the intensity of illuminating light.

2. Arrangement of chloroplasts in light of different intensities.

The aim of this part of the investigation was to show that whatever is the original chloroplast arrangement — i. e. whether chloroplasts are in epistrophe apostrophe or parastrophe — the action of stimulating light brings about a state of balance in the cell. This state of balance depends entirely on the intensity of the light stimulus. The results of this part of experiments are given in Table I. The Table is composed of mean results obtained from 5 repetition experiments. An analysis of the results obtained corroborates fully the above mentioned dependence. To each light intensity corresponds a given state of balance in the cell, which is illustrated by a fixed percentage of chloroplasts in epistrophe ranging from 0 to 100. The data in Table I were obtained from spring material highly sensitive, however the autumn material is far less sensitive. To check therefore whether a lowering of chloroplasts sensitivity changes the dependence between their arrangement and light intensity control experiments were carried out with material gathered in early (beginning of September) and late (beginning of November) autumn from the same habitat as the spring material. It was found that the older the material the lesser is the sensitivity to the influence of light. The results are given in Table II. There may be different reasons of this, the lowering of sensitivity may be due to a change in

the quantitative ratio of pigments within the chloroplasts, which in turn may cause a change in the absorption of the light stimulus, or on the other hand there may occur a change in the movement mechanism of chloroplasts.

3. Course of phototactic reactions.

Several typical phototactic reactions were studied. The results obtained are illustrated on Figs. 3, 4, 5 and 6. A decrease in light intensity causes the chloroplasts to move to the epistrophe arrangement and the percentage of those which do so is related with the intensity of the stimulus applied. The rapidity, however, depends considerably on the difference between the initial and the final intensities i. e. on the „jump“ of intensity. This rapidity is greatest in the 1—6 reaction and smallest in the 1—3 one. (Intensity denominations: a — darkness, 6 — 40 lux (epistrophe), 3 — 5500 lux (incomplete epistrophe) 1 — 13300 lux (parastrophe). The 1 — a reaction develops in two stages. In the first one (approx. 30 minutes) as a reaction to the decrease of light intensity the chloroplasts move to the epistrophe arrangement. In the second one (30th—90th min.) they assume the proper apostrophe arrangement. The 3—a reaction develops similarly though less rapidly as the jump of intensity is smaller. In the 6—a reaction, in which the initial arrangement is epistrophe and the jump of intensity very small, the chloroplasts move at once to the apostrophe arrangement. When light intensity is greater a dependence also exists between the jump of intensity and the rapidity of the reaction. The course of the 3—1 reaction is exceptional. At first, after the stimulus is applied, the percentage of epistrophe chloroplasts increases and it is not till after some time that the parastrophe arrangement is reached. This reaction was repeated several times and always the same phenomenon was observed, though it is difficult at present to explain it.

LITERATURA

1. F r a n k B., 1872. Über die Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner und des Protoplasmas in der Zelle, und deren innere und äussere Ursachen. Jahrbücher für wiss. Bot. 8, 216—303.
2. S e n n G., 1908. Die Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzenchromatophoren. Leipzig.
3. S e n n G., 1909. Weitere Untersuchungen über Gestalt- und Lageveränderung der Chromatophoren. I, II. Ber. dtsh. Bot. Ges. 27, 12—27.
4. V o e r k e l H., 1934. Untersuchungen über die Phototaxis der Chloroplasten. Planta, 21, 156—205.
5. Z u r z y c k a A., 1951. The influence of wavelength of light on the movements of chloroplasts in *Lemna trisula* L. Acta Soc. Bot. Pol. 21, 17—37.

6. Zurzycka A. i Zurzycki J., 1950. The influence of temperature on the phototactic movements of chloroplasts. Acta Soc. Bot. Pol. 20, 665—680.
7. Zurzycka A. i Zurzycki J., 1951. Wpływ jonów niektórych metali na szybkość ruchów fototaktycznych chloroplastów. Acta Soc. Bot. Pol. 21, 113—124.
8. Zurzycki J. i Zurzycka A., 1951. Investigation onto phototactic movements of chloroplasts in *Selaginella Martensii* Spring. Bull. Acad. Pol. des Sciences et des Lettres. Série B I. 235—251.