Obserwacje nad wzrostem liści powojnicy purpurowej *Ipomoea purpurea* (L.) Roth.

Investigations on the growth of leaves of Ipomoea purpurea (L.) Roth.

J. STASZKIEWICZ

Zagadnienie wzrostu liści było już tematem wielu rozpraw naukowych. Świadczy o tym bogata literatura cytowana w dziele wydanym przez W. E. Loomis'a pt. „Growth and Differentiation in plant“ (1949) oraz w pracy E. W. Sinnott'a pt. „Plant Morphogenesis“ (1960). Mimo to, nasze wiadomości o sposobie wzrostu liści są jeszcze niedostateczne. Powodem tego są trudności w śledzeniu zmian, jakie zachodzą dzień po dniu na rosnącym liściu, oraz niemożność przeprowadzenia kontroli nad przebadanym materiałem. Aby trudności te ominąć zastosowano w pracy metodę polegającą na przykładaniu pod rosnący liść papieru fotograficznego i naświetlania go, dzięki czemu uzyskiwano negatywowy obraz liścia — fotogram. Metoda ta umożliwiała obserwację zmian w regularnych odstępach czasu, od stosunkowo wczesnych stadiów rozwojowych liścia aż do ukończenia jego rozwoju, oraz dawała możliwość wykonania na uzyskanych fotogramach dokładnych pomiarów (tabl. 2).

Ze względu na metodę wybrano jako materiał do pracy liście powojnicy purpurowej (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth.), które doskonale przepuszczały światło, a ponadto miały długie i elastyczne ogonki liściowe, co ułatwiało nastawianie liści prostopadle do źródła światła w czasie fotografowania. Niekorzystną stroną liści powojnicy był brak ząbków na brzegach blaszki liściowej, które mogły być dobrymi punktami odniesienia.

Pracę wykonano w Zakładzie Zmienności Roślin Instytutu Botaniki PAN w Krakowie, pod kierunkiem prof. dr Janiny Szaferowej, której jestem winien głęboką wdzięczność za liczne wskazówki udzielane mi w czasie pisania niniejszej rozprawy.

OPIS MATERIAŁU

Rośliny, których używano do badań, hodowano w jednym sezonie od grudnia 1957 roku do kwietnia 1958 roku w szklarni przylegającej do budynku Instytutu Botaniki PAN. Szklarnia posiadała oświetlenie górne oraz z jednej strony boczne, światło dochodziło jednak głównie ze

wschodu. Rośliny hodowane w okresie zimowym cierpiały więc na pewien niedostatek światła. Prawdopodobnie z tego powodu nie były one zbyt wysokie, a liście ich nie były duże. Niewątpliwie na wzrost roślin wpływała też temperatura, która w szklarni ulegała dość dużym wahaniom. Średnio wynosiła ona 19°C , ale w nocy a także w te dni, kiedy wiały silne wiatry z kierunków północnego i wschodniego, spadała do 10°C .

Fotogramy liści były wykonywane w zaciemnionej kamerze w tej samej szklarni. Przy wykonywaniu fotogramów trzeba było dociskać

Ryc. 1. Sposób mierzenia blaszki liściowej: a — długość blaszki, b — długość nerwu głównego, c — szerokość blaszki, d — kąt wierzchołka, e — kąt podstawy

Fig. 1. System of measurement of the leaf-blade: a — length of blade, b — length of the main nerve, c — width of blade, d — apical angle of top, e — basal angle.

liść do papieru fotograficznego przyłożonego do jego spodniej strony za pomocą płytki szklanej, co było ujemną stroną metody, ponieważ wiele młodych i delikatnych liści urywało się podczas tego zabiegu.

Materiału do badań dostarczyło 25 okazów powojnicy wyhodowanych równocześnie z nasion. Fotografowanie liści rozpoczęto u wszystkich roślin w dniu 18 lutego i zabieg ten powtarzano co dwa dni, utrwalając za każdym razem obrazy wszystkich liści, a więc zarówno tych, które były fotografowane uprzednio, jak i tych które się świeżo rozwinęły. W wyniku tego dokumentacja poszczególnych liści nie rozpoczynała się od tego samego stadium, pojawianie się bowiem kolejnych liści nie następowało z regularnością co dwa dni, fotografowanie codziennie jednak byłoby zbyt ryzykowne dla badanych roślin.

W dniu rozpoczęcia badań tylko jeden okaz powojnicy miał pierwszy liść na tyle rozwinięty, że można było z niego zrobić fotogram równocześnie z fotogramem drugiego liścia. Na pozostałych okazach liść pierwszy ze względu na krótki ogonek był odpowiedni do fotografowania dopiero w dwa, cztery lub sześć dni później. Blaszka jego była już wtedy z reguły wyrosnięta i nie ulegała dalszym zmianom. Liść ten zresztą prędko usychał i odpadał, tak że nie wiele można powiedzieć o jego wzroście.

Kształt blaszek najmłodszych i wyrosniętych liści: *a—g* — kształt liści na różnym stadium rozwoju po wyjściu z pączka a przed rozpoczęciem fotografowania, *h—i* — kształt liści wyrosniętych

Shape of the youngest and the mature blade: *a—g* — shape of leaves at different stages of development after developing from the bud and before the taking of photographs, *h—i* — shape of mature leaves.

Fotogramy blaszki liściowej *Ipomoea purpurea* wykonane w odstępach dwudniowych
 Photograms of *Ipomoea purpurea* leaf-blade taken at two-day intervals

Ogółem sfotografowano około 200 liści. Fotogramy pełnych serii rozwojowych, tj. wszystkich liści, jakie pojawiły się na roślinie, otrzymano tylko dla 2 okazów powojnicy.

Na fotogramach mierzono szereg cech (ryc. 1). Były to: długość blaszki, długość nerwu głównego, szerokość blaszki, głębokość wcięcia podstawy, kąt podstawy i nerwu głównego, kąt wierzchołka i nerwu głównego. Aby dokładniej scharakteryzować kształt liścia obliczano stosunek długości blaszki do jej szerokości. Na niektórych liściach dokonano także dodatkowych pomiarów, o których będzie później mowa.

Do pomiarów używano linijki z podziałką milimetrową, lupy Brineel'a oraz kątomierza. Pomiary wykonywano z dokładnością do 0,1 mm. Szerokość blaszki mierzono w najszerszym jej miejscu. Największą trudność sprawiały pomiary kątów, które też obciążone są największym błędem.

Wzrost i morfologiczne różnicowanie się liści

Badania nad wzrostem liści powojnicy rozpoczynano w momencie, kiedy liście miały już około 10 mm długości a nawet i więcej, były więc stosunkowo duże. W czasie kilku dni, jakie upływały od wyjścia liści z pączków do czasu wykonania ich pierwszych fotogramów, zmieniały się one dość znacznie. W najwcześniejszym okresie, w którym nie były jeszcze utrwalone na fotogramach, były stosunkowo długie i wąskie, a dużą część blaszki zajmował wydłużony, prawie sztywny wierzchołek (tabl. 1, *a—g*). Z chwilą rozpoczynania kopiowania liście były już stosunkowo szerokie, a wierzchołek ich nie odcinał się tak silnie od reszty blaszki. U liści wyrosniętych zmiany te zaznaczały się jeszcze wyraźniej (tabl. 1, *h—i*, tabl. 2).

Już z tego co powiedziano wynika, że liście powojnicy purpurowej nie rozwijały się równomiernie na całej swojej powierzchni. Przemawiał za tym również fakt, że w czasie wzrostu niektóre miejsca blaszki, objęte wybitniejszymi nerwami, często się uwypuklały.

Wzrost blaszki na długość i na szerokość. Pomiary wykazały, że najsilniejsze zmiany, jakie zachodziły w czasie wzrostu blaszki, dotyczyły stosunku długości blaszki do jej szerokości. Wynikało to z faktu, iż wzrost blaszki na szerokość był silniejszy od jej wzrostu na długość. Świadczą o tym krzywe zamieszczone na ryc. 2 (*a*, *c*). Jednakże jak się można przekonać z tabl. 2, blaszka poza częścią wierzchołkową nie zmieniała się w czasie wzrostu w jakiś zasadniczy sposób. W związku z tym zwrócono uwagę na natężenie wzrostu wzdłuż nerwu głównego (ryc. 2, *b*), co pozwoliło lepiej zrozumieć istotę zmian. Okazało się, iż w pierwszych kilku dniach wzrost nerwu głównego malał stopniowo, w rezultacie czego jego przyrost był słabszy zarówno od przyrostu całej blaszki na szerokość, jak i na długość. Jeszcze dokładniejsza obserwacja wzrostu stosunkowo

Ryc. 2. Krzywe wzrostu: (a) blaszki liściowej na długość, (b) długości nerwu głównego, (d) odcinka nerwu głównego między wierzchołkiem a nerwem trzecim i (c) szerokości blaszki (skala z lewej strony wykresów) oraz (e) stosunku długości blaszki do jej szerokości (skala z prawej strony wykresów)

Fig. 2. Diagrams of growth: (a) of the leaf-blade in length, (b) of the main nerve length, (d) of a fragment of nerve between the top and third nerve, (c) blade width (scale on left side of diagrams) and (e), length to width ratio in blade (scale on right side of diagrams).

niewielkiej części nerwu głównego, zawartej między wierzchołkiem blaszki a trzecim nerwem, potwierdziła, że najslabszy przyrost nerwu głównego na długość miał miejsce w wierzchołkowej jego części. Wszystko to wskazywało, iż silniejszy wzrost blaszki na szerokość był pozorny i wywołany został słabszym wzrostem na długość w szczytowej części blaszki. Potwierdziły to dalsze pomiary, których wynik przedstawiono na ryc. 3. Wykresy tam zamieszczone obrazują wzrost nerwu głównego dwóch liści. Nerwy te zostały podzielone na szereg odcinków, wyznaczo-

nych wybitniejszymi nerwami bocznymi, przy czym odcinek „a” położony był w szczytowej części blaszki, następne zaś ułożone w kolejności alfabetycznej, w miarę jak przesuwali się ku nasadzie blaszki. Na obu wykresach zaznaczyło się coraz słabsze tempo wzrostu odcinka „a” oraz stały wzrost w odcinkach położonych w pobliżu ogonka liściowego („d” i „e” na wykresie I oraz „e” i „f” na wykresie II, ryc. 2). Należy nadmienić, że najsilniejszy wzrost miał miejsce u obu liści nie w odcinku bezpośrednio przylegającym do nasady ogonka, ale w odcinku następnym.

Ryc. 3. Krzywe wzrostu różnych odcinków nerwu głównego w % wzrostu całego nerwu. Odcinek „a” położony był w szczytowej części blaszki, odcinki pozostałe w kolejności alfabetycznej coraz dalej od wierzchołka

Fig. 3. Diagrams of growth of the different fragments of the main nerve as percentage of the whole nerve growth. Fragment „a” was situated in the top part of blade, the remaining fragments in alphabetic succession more and more distant from the top.

Zmiany w kącie podstawy i wierzchołka. Z dalszych dość wybitnych zmian obserwowanych w czasie wzrostu liści, należy wymienić zmiany w kącie podstawy, tj. w kącie zawartym między nerwem głównym a brzegiem sercowatego wycięcia oraz w kącie wierzchołka mierzonym między nerwem głównym a brzegiem blaszki w szczytowej części liścia.

Kąt podstawy (ryc. 4) u najmłodszych liści był stosunkowo silnie rozwarty, a w miarę wzrostu blaszki jeszcze bardziej się poszerzał. W pewnym momencie poszerzanie kąta ustawało, a następnie można było stwierdzić niewielkie, ale wyraźne i prawie u wszystkich liści występujące stopniowe zaostrzanie się tego kąta.

Podobnie zachowywał się kąt wierzchołka (ryc. 4), który w miarę wzrostu liści z bardzo ostrego stawał się coraz mniej ostry. Tutaj także niektóre liście wykazały pod koniec swego rozwoju ponowne nieznaczne wyostrenie wierzchołka.

Natężenie i kierunek wzrostu w zależności od położenia badanego punktu w obrębie blaszki. O ile na zmiany kąta wierzchołka wpływał,

jak się zdaje, wyłącznie fakt, że w wierzchołku blaszki wzrost na długość był prawie zahamowany, a odbywał się głównie na szerokość, to w podstawie blaszki działały jeszcze inne czynniki. Na ryc. 5 wzrost liścia przedstawiony został w kilku fazach. Niestety, liściem wyjściowym był tu dosyć duży liść, będący już w fazie stopniowego zmniejszania się kąta podstawy. Zamieszczono jednak ten rysunek, aby zwrócić uwagę na fakt, że szereg punktów wyznaczonych na blaszce, a leżących w różnych częściach jej powierzchni, przesuwał się w różnych kierunkach od punktu centralnego, którym była środkowa część blaszki. Prawie wszystkie punkty odchodziły od środka blaszki dokładnie po liniach prostych. Jedynie dwa punkty j i k w ostatnich dniach wzrostu wykazały pewne odchylenie od linii prostej przesuując się tak, jak gdyby jakieś siły

Ryc. 4. Krzywe obrazujące zmiany w kącie podstawy i wierzchołka blaszki w czasie jej wzrostu. W opisie krzywej pierwsza liczba oznacza numer rośliny, druga liczba numer węzła z którego wyrastał liść

Fig. 4. Diagrams showing changes in the angle of basis and top of blade during its growth. In the description of the curves, the first figure denotes the number of the plant, the second one — the number of the node from which the leaf grew.

Ryc. 5. Kierunki wzrostu blaszki (a — k) oparte na zmianach położenia 11 punktów zaznaczonych na najmłodszym stadium tego liścia (I). Linie I—VI oznaczają kolejne obrysy rosnącej blaszki. Liczby 1—6 każdorazowe położenie badanych punktów. Stadia I—V były fotografowane co dwa dni, stadium VI — 18 dni po stadium V

Fig. 5. Directions of growth of blade (a — k) based on the changes of the situation of 11 points marked on the youngest stage of this leaf (I). The numbering I—VI refers to the positions of points under investigation. Photographs of stages I—V were taken at two-day intervals. Stage VI was taken 18 days after stage V.

Ryc. 6. Fotogramy blaszki tego samego liścia w pierwszym dniu obserwacji (I) i liścia wyrośniętego (II) sprowadzone do tych samych rozmiarów

Fig. 6. Photograms of blade of the same leaf on the first day of observation (I) and of the mature leaf (II) magnified to identical sizes.

odepchnęły je od nasady ogonka wzdłuż brzegu blaszki w kierunku wierzchołka. Dzięki temu przesunięciu, blaszka liścia początkowo silnie asymetryczna stała się prawie symetryczną.

Na fotografii z najwcześniej sfotografowanego stadium tego samego liścia, powiększonym tak, że długość nerwu głównego, tj. odległość między nasadą ogonka a wierzchołkiem wynosiła 10 cm, wykreślono w rów-

Ryc. 7. Krzywe obrazujące zmiany powierzchni pól A — D obliczone każdorazowo w % powierzchni całej blaszki

Fig. 7. Diagrams reflecting changes in the surface area of fields A — D as percentage of the change in surface area of the whole blade.

nych jednocentymetrowych odstępach szereg prostych linii ułożonych równolegle do nerwu głównego, a następnie w takich samych odstępach szereg ułożonych do nich prostopadle, które podzieliły blaszkę na kwadraty. Z kolei, kierując się punktami odniesienia wykreślono przebieg tych linii na fotografii liścia wyrosniętego, powiększonego do takich samych rozmiarów jak liść z fotogramu pierwszego. Z obu fotogramów zrobiono rysunki, zamieszczone na ryc. 6. Okazało się z nich, że kształt pól pierwotnie kwadratowych zmienił się najsilniej w dolnych brzeżnych częściach blaszki oraz na samym wierzchołku, tutaj bowiem wystąpiły największe odkształcenia. Odkształcenia w szczytowej części wykazały jeszcze raz, iż tu miał miejsce najsłabszy wzrost blaszki na długość.

Rozrastanie się powierzchni blaszki. Szereg liści zbadano pod względem przyrostu powierzchni. Krzywe z tych pomiarów układały się podobnie jak krzywe obrazujące wzrost liści na szerokość i na długość. Interesujące światło rzuciło obliczenie kilku wybranych powierzchni położonych w różnych częściach blaszki liściowej (ryc. 7). Dla liścia szóstego z rośliny nr 11 okazało się, że powierzchnia „A” zajmująca we wczesnym stadium wzrostu około 10% powierzchni całej blaszki, dwa

dni później zajmowała tylko 5% powierzchni. Podobnie było z powierzchniami „B” i „C”, z tym, że różnica nie była tak duża. Powierzchnia „D” prawie nie uległa w stosunku do całości zmianie, a powierzchnia „E” położona najbliżej nasady blaszki wykazała pewien przyrost.

Kurczenie się blaszki w ostatnim stadium rozwoju. W czasie wykreślenia krzywych obrazujących wzrost blaszki — bądź to na długość, bądź też na szerokość — wielokrotnie stwierdzono, iż niektóre liście nie tylko przestawały po pewnym czasie rosnąć, ale nawet pomniejszały swoje rozmiary. Niektóre z nich ponownie po pewnym okresie nieco przyrastały, inne pozostawały bez zmiany. Początkowo wydawało się, że mamy tutaj do czynienia z błędem zrobionym w czasie pomiarów, jednakże obliczenie powierzchni blaszki za pomocą planimetru za każdym razem potwierdzało jej zmniejszanie. Warto zwrócić uwagę, że podobne zjawisko opisała Miłkowska (1955), która badała wielkość i kształt liści na krótkopędach wiązu szypułkowego. W odstępach kilkunastodniowych zbierała ona z jednego drzewa próby złożone ze 100 liści. Ostatnia z tych prób miała liście mniejsze niż próba przedostatnia. Miłkowska wyraziła przypuszczenie, iż wskutek czterokrotnego zbierania krótkopędów na tym samym konarze drzewa, zostały wybrane krótkopędy dorodniejsze, a do piątej próby pozostały krótkopędy mniej dorodne. Na podstawie wyników uzyskanych na liściach powojnicy można by sądzić że Miłkowska również miała do czynienia z kurczeniem liści w ostatnim stadium ich rozwoju.

Zależność kształtu i wielkości liści od ich położenia na pędzie

Wielkość i kształt liści powojnicy zależały od węzła, z którego wyrastały. Widać to stosunkowo dobrze na ryc. 8, na której zamieszczono — w kolejności występowania na pędzie — sylwetki liści dwóch roślin.

Ryc. 8. Sylwetki liści wyrosniętych w zależności od ich położenia na pędzie. Liczby u dołu wykresu oznaczają węzły, z których liście wyrosły

Fig. 8. Silhouettes of mature leaves in dependence on their situation on the shoot. The numbering below the diagram denotes the nodes from which the leaves grew.

Ryc. 9. Linie wielkości i kształtu blaszek liściowych dwóch roślin. Jednostką porównawczą są pierwsze liście (linie pionowe), do których porównano pozostałe liście występujące na roślinie (linie łamane). Cechy: 1 — długość blaszki, 2 — długość nerwu głównego, 3 — głębokość wcięcia podstawy, 4 — szerokość blaszki, 5 — położenie najszerszej części blaszki w % % nerwu głównego, 6 — kąt wierzchołka, 7 — kąt podstawy, 8 — stosunek długości blaszki do jej szerokości, 9 — głębokość wcięcia podstawy w % % długości blaszki. Liczby przy krzywych oznaczają kolejne numery liści

Fig. 9. Lines of size and shape of leaf-blades of two plants. The first leaves serve as unit for comparison (vertical lines) of the next leaves (angular lines). Characters: 1 — length of blade, 2 — length of the main nerve, 3 — depth of basis incision, 4 — width of blade, 5 — position of the widest part as percentage of the main nerve, 6 — apical angle, 7 — basal angle, 8 — length width ratio of blade, 9 — depth of basis incision as percentage of the length of blade. The figures at the angular lines denote the successive numbers of the leaves.

Roślina nr 4 miała 8 kolejnych liści, u rośliny nr 5 brak było 4 liścia, który odpadł w bardzo wczesnym stadium. Na ryc. 9 przedstawiono metodą graficzną J. Jentys-Szaferowej (1959) linie wielkości i kształtu liści obu roślin. Okazuje się, że najbardziej pod względem kształtu odbiegał każdorazowo pierwszy, a więc fizjologicznie najmłodszy liść. Liście te były stosunkowo małe i miały niewielkie wcięcie między kłapami oraz nisko położoną najszerszą część blaszki. Następne liście

w miarę posuwania się od węzła do węzła, a więc drugi, trzeci i czwarty stawały się coraz dłuższe i szersze, a w stosunku do pierwszego liścia miały nieco ostrzejszy kąt wierzchołka i bardziej rozwarty kąt podstawy. Mimo zdecydowanie odmiennego kształtu miały jednak podobny stosunek długości blaszki do jej szerokości, jak liście pierwsze. Liść czwarty osiągał wymiary maksymalne, po czym następne, fizjologicznie starsze liście stawały się coraz krótsze i węższe, kształt ich jednak zasadniczo nie zmieniał się.

Wzajemny wpływ liści na siebie

Obserwacje nad wzajemnym wpływem liści na siebie poczyniono niejako na marginesie, nie to bowiem było celem pracy. Były one jednak interesujące, tak że warto im poświęcić nieco uwagi.

Ryc. 10. Krzywe wzrostu blaszki na długość ośmiu kolejnych liści. Liczby przy krzywych oznaczają kolejny numer liścia

Fig. 10. Curves of elongation growth of blades of eight successive leaves. The figures at the curves denote the successive numbers of the leaves.

Ogólnie można stwierdzić, że oberwanie liścia powodowało za każdym razem silniejszy wzrost liścia wyrastającego powyżej. Zjawisko to uwi-
docznia się już na ryc. 9 (roślina nr 5). Na ryc. 10 przedstawiono wzrost blaszek liściowych na długość dla rośliny nr 4. W 29 dniu obserwacji

urwał się z tej rośliny w czasie fotografowania piąty liść, który był już wtedy prawie całkowicie wyrosnięty. Liść szósty, który również kończył swój wzrost zareagował na to natychmiast wzmożeniem tempa swojego wzrostu w ciągu dwóch dni, po czym przestał rosnąć. U liści będących w znacznie wcześniejszym okresie wzrostu, pobudzenie wzrostu w przypadku oberwania liścia z węzła poprzedzającego było jeszcze silniejsze i bardziej długotrwałe.

Ryc. 11. Krzywe wzrostu blaszki liściowej na długość u rośliny z bocznym pędem wyrosłym na pędzie głównym z węzła pierwszego. Liczby jednocyfrowe oznaczają kolejny numer liścia; w liczbie dwucyfrowej — liczba pierwsza oznacza numer węzła z którego wyrósł pęd boczny, liczba druga — kolejny numer liścia który wyrósł na pędzie bocznym

Fig. 11. Curves of elongation growth of leaf-blades in a plant in which a lateral shoot grew from the first node. One — digit numbers denote the successive leaves on the main shoot, in two — digit numbers the first denotes the node from which the lateral shoot grew. The second denotes the successive numbers of leaves growing on the lateral shoot.

Podobną reakcję, jaką dawało oberwanie liścia, wywoływało pojawienie się bocznego pędu na którymś z węzłów. Na ryc. 11 przedstawiono roślinę nr 16, na której w 10 dniu obserwacji pojawił się na pierwszym węźle boczny pęd i wtedy liść z drugiego węzła zaczął szybciej rosnąć, przy czym, jak można przypuszczać przez porównanie z innymi badanymi roślinami, osiągnął on długość około 10 mm większą, niż gdyby wyrósł na pędzie głównym pozbawionym pędu bocznego. Wyrosnięcie bocznego pędu prawdopodobnie zahamowało też wzrost liścia trzeciego i następnych, jest to jednak tylko przypuszczenie.

DYSKUSJA

Wykonane przez szereg botaników badania nad wzrostem liści po ich wyjściu z pączka wykazały, że odbywa się on głównie przez rozrastanie komórek (Sinnott 1960), chociaż u niektórych roślin dużą rolę odgrywają również podziały komórek (Avery 1933; Serebriakow 1952). Jeżeli idzie o rozwój liści powojnicy, to E. Ashby i E. Wangerman (1950) wykazali, iż w pierwszym okresie ich wzrostu główną rolę odgrywają podziały komórek, a dopiero w okresie późniejszym wzrost odbywa się dzięki ich powiększaniu. Jak wynika z obserwacji autora wszystkie liście w momencie rozpoczynania fotografowania były jeszcze w pierwszym okresie wzrostu. Świadczył o tym merystematyczny charakter komórek skórki na liściach pobranych z roślin kontrolnych. Komórki te dopiero w okresie późniejszym, kiedy liście miały już około 20—25 mm długości, osiągały charakterystyczny dla powojnicy kształt o silnie falistych konturach.

Stwierdzenie nierównomiernego wzrostu w obrębie blaszki i najszybsze jego ustanie, zwłaszcza na długość, wiąże się zapewne z ontogenezą liścia. Ze względu na sercowaty kształt liści powojnicy można przypuszczać, że rosną one w podobny sposób jak liście *Tilia cordata*, których wzrost był badany przez Serebriakowa (1952). Zdaniem tego autora, liście lipy posiadały kilka stref wzrostu. Pierwsza strefa położona w szczytowej części blaszki, a wytwarzająca w akropetalnej kolejności wszystkie nerwy drugiego rzędu, najwcześniej kończyła swoją działalność, podczas gdy strefy leżące poniżej jeszcze ją wykazywały. Być może, że zmiany w kącie podstawy liści powojnicy można by także tłumaczyć występowaniem strefy wzrostu w ich sercowatej podstawie.

Obserwacje poczynione nad wzajemnym wpływem liści na siebie zgodne są również do pewnego stopnia z badaniami wykonanymi przez Ashby'ego (1948) nad wpływem liści u *Ipomoea coerulea* Koen. ex Roxb. i *I. hederacea* Jacq. Ashby stwierdził iż wzrost liści u tych gatunków zależny był od dwóch lub trzech liści znajdujących się poniżej. Obserwowanie liści powodowało powiększanie rozmiarów liści następnych. Ashby uważał iż przyczyną tego jest to, że rosnące liście działają równocześnie hamująco na liście rosnące powyżej albo przez dyfuzję substancji, która wstrzymuje podziały ich komórek, albo też przez odciąganie od najmłodszych liści substancji pobudzających podziały komórek. Tłumaczenie Ashby'ego nie jest jednak przekonujące o tyle, że w przypadku powojnicy purpurowej obserwowano wzrost także wtedy, kiedy liście były już prawie wyrośnięte, trudno zaś przypuszczać aby wtedy jeszcze zachodziły podziały komórek, wzmożenie wzrostu odbywało się zatem wskutek ich silniejszego rozrastania się.

Interesującą rzeczą było stwierdzenie wzmożenia wzrostu blaszki

w wypadku, kiedy na niższym węźle pojawiały się boczne pędy. Rzecz warta jest dodatkowych obserwacji, przy czym należałoby prześledzić, czy pojawianie się kwiatów także oddziałuje na sąsiednie liście.

ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

W wyniku obserwacji przeprowadzonych nad wzrostem liści powojnicy purpurowej stwierdzono, co następuje:

1. Liście powojnicy od chwili wyjścia z pączka do całkowitego zakończenia wzrostu bardzo wyraźnie zmieniały swój kształt. W wyniku zastosowanej metody zmiany te udało się uchwycić dopiero od stadium, w którym liście miały ponad 10 mm długości.

2. Wzrost blaszki liściowej był nierównomierny, wskutek czego zmieniał się stosunek długości blaszki do jej szerokości oraz zmieniały się kąty podstawy i wierzchołka, przy czym zmiany te miały charakter kierunkowy.

3. Blaszka liściowa najszybciej kończyła wzrost na długość w swojej szczytowej części, która po wyjściu z pączka miała charakter sztyldastego wyrostka. Część ta w czasie dalszego wzrostu blaszki rozrastała się głównie na szerokość.

4. Różne punkty blaszki, w czasie jej wzrostu przesuwaly się po liniach prostych od punktu centralnego, który znajdował się mniej więcej w środkowej części blaszki.

5. Większość liści w ostatnim stadium swojego rozwoju nieznacznie się kurczyła.

6. Rozmiary i kształt blaszki zależały od położenia liścia na pędzie. Na rozmiary blaszki oddziaływał liść wyrastający na węźle leżącym poniżej. Oberwanie go wywoływało zwiększanie rozmiarów blaszki liścia wyrastającego powyżej. Zjawisko to obserwowano również w przypadku pojawienia się w węźle niższym bocznych pędów.

Na zakończenie należy dodać, że praca w chwili jej rozpoczęcia nie miała specjalnie na celu zbadania wzrostu liści powojnicy, ale chodziło o stwierdzenie przydatności metody „fotogramów“ do tego rodzaju badań. Wymienione przykłady są dowodem, że przy obraniu odpowiedniego materiału, a więc przede wszystkim liści, których ząbkowany lub piłkowany brzeg i charakter nerwacji dawałby dużo punktów odniesienia, można by tą drogą dojść do wyjaśnienia wielu niejasnych momentów dotyczących wzrostu liścia.

Zakład Zmienności Roślin Instytutu Botaniki PAN,
Kraków, ul. Lubicz 46

(Wpłynęło: 10.7.1967 r.)

SUMMARY

Investigations on the growth of the leaves of *Ipomoea purpurea* were performed on plants cultivated in a glasshouse for one season since December 1957, until April 1958. The measurements were done on photograms obtained by putting under

the growing leaf a piece of photographic paper and by pressing the leaf-blade to it by a glass plate. The last was the drawback of the method because many young and delicate leaves were broken off during this procedure. Twenty five specimens of *Ipomoea* furnished the material for investigation but only two specimens gave a complete series of leaf photograms. The photograms were made at two days intervals by photographing each time all the leaves that had appeared on a plant. The first leaf only was photographed later on and not every two days.

On the photographs a certain number of characters was measured: leaf-blade length, main nerve length, leaf-blade width, base incision depth, angle of basis and apical angle (see fig. 1). The ratio of leaf-blade length to its width was calculated and many other measurements were made.

For the measurements a ruler with a millimeter scale or Brineel's magnifying glass and a goniometer were used. The measurements were made with an accuracy up to within 0.1 mm. The width of the leaf-blade was measured on its widest part. The measurements of angles caused much difficulty so that they were mostly burdened with error.

Growth and morphological differentiation of leaves

The investigations on leaf growth were started when the leaves were at least 10 mm. long. Their form changed in the course of growth. In the earliest period when not yet measured, the blades were relatively long and narrow and their greater part formed a stretched, almost subulate apex (Plate 1). At the moment when the first photographs were taken, the apex was not so distinct from the remaining part of blade. The successive measurement showed gradual changes in the ratio of blade length to its width (fig. 2). It was evident that this was the result of gradual slowing down of growth of the top part of the blade (figs. 2 and 3). It was proved also that the angle of base, intensively obtuse, was still widened in the younger leaves during the growth of blades. After a certain time the widening of the angle ceased, and then its small but clear diminishing in almost all leaves could be noted. Analogically, the apex angle became less and less sharp. Here also some leaves showed a renewed sharpness of the angle.

Fig. 6 gives a magnified picture of a leaf cut at its earliest stage and divided into identical squares. On the right side of this figure the same leaf was demonstrated already grown up. The originally square shape of the fields underwent there strong deformation, especially in the lower half of the leaf. The weakest growth in length was in the top part of the blade.

Calculation in per cents of the whole blade of the surface area of fields situated in various parts of the blade showed that fields lying in the top part of the blade first ceased to increase in size, while the fields in the lower half of the leaf increased longer and at the blade base this increase was more intensive.

The shape and size of leaves depended on the node from which they grew (fig. 8). The most differentiated leaves with regard to shape were the first ones, that is physiologically the youngest ones (fig. 9). They were rather small, had a shallow incision between the valves and the widest part of the blade situated low. The next leaves that is the second, the third and the fourth ones were longer and wider. The fifth leaf and the successive ones became smaller, shorter and narrower. Their shapes, however, did not change fundamentally. Plucking off one of the leaves caused each time an intensive increase of the leaf growing above (fig. 10) even if it was almost full grown. A similar reaction as caused by plucking off a leaf was evoked by the appearance of lateral shoots on some of the nodes (fig. 11).

Investigations made by many botanists have shown that the growth of a leaf

after its emergence from the bud occurs generally by an increase of cells (Sinnott 1960), though in some plants the cell division plays also a great part (Avery 1933; Serebriakov 1952). In the first period of the growth of leaves of *Ipomoea*, the division of cells took place and in the later period the growth continued owing to their increase in size (Ashby, Wangermann 1950). The youngest leaves, examined by the author were still in the first period of growth as proved by the meristematic character of the epidermis cells on the control plants. The unequal growth is connected with the ontogenesis of the leaf. As regards to the cordate shape of *Ipomoea* leaves, one may suppose that they grow in a similar way as the leaves of *Tilia cordata*. In Serebriakov's opinion the lime-tree leaves have several regions of growth. The region situated in the top part of the blade ends its activity first, while the points lying lower are still active. The same is probably the case with *Ipomoea*. Observations made on the mutual influence of leaves agree to some extent with Ashby's investigations on the influence of leaves in *Ipomoea coerulea* and *Ipomoea hederacea*. This scientist maintained, however, that two or three leaves lying lower exert an influence upon the leaves situated above either by means of diffusion of a substance which restrained the cell division or by drawing away from the youngest leaves the substance stimulating cell division. In the author's opinion Ashby's explanation is not convincing because the present observations have demonstrated an increase in size of the leaf lying above even when this leaf was fully developed. It is difficult to suppose that at this time cell division still took place; growth of the leaf occurred therefore at the cost of their extensive enlargement.

LITERATURA

- Ashby E., 1948, Studies in the morphogenesis of leaves. II The area, cell size, and cell number of leaves of *Ipomoea* in relation to their position on the shoot. New Phytologist 47 (2):177—195.
- Ashby E., Wangermann E., 1950, Studies in the morphogenesis of leaves. IV Further observations in area, cell size, and cell number of leaves of *Ipomoea* to their position on shoot. New Phytologist 49 (1):23—35.
- Ashby E., Wangermann E., 1950, Studies in the morphogenesis of leaves. V A note on the origin of differences in cell size among leaves, of different levels of insertion on the stem. New Phytologist 49 (2):189—192.
- Avery G. S., 1933, Structure and development of the Tobacco leaf. Am. Journ. of Botany 20 (5):565—592.
- Jentys-Szaferowa J., 1959, Graficzna metoda porównywania kształtów roślinnych. Nauka Polska 7 (3):79—110.
- Jentys-Szaferowa J., 1959, A Graphical method of comparing the shapes of plants. Rev. Pol. Acad. Sc. 4 (1):9—38.
- Jentys-Szaferowa J., 1959, Graficzny metod srawnienia rastitielnych form, Żurn. Pols. Akad. Nauk 4 (1):9—38.
- Loomis W. E., 1949, Growth and Differentiation in Plants. The Iowa State Coll., Ames, Iowa 1—458.
- Miłkowska A., 1955, Z badań biometrycznych nad liśćmi wiązu szypułkowego (*Ulmus laevis* Pall.), Rocznik Sekcji Dendrologicznej PTB, 10:97—120.
- Serebriakov I. G., 1952, Morfologija wegetatiwnych organow wyższych rastienij. Gos. Izd. „Sowietskaja Nauka” Moskwa 1—391.
- Sinnott E. W., 1960, Plant Morphogenesis, McGraw-Hill Book Comp. INC New York, Toronto, London 1—550.