



Botanika i fizjologia roślin

18 marca 2024

dr Justyna Brańska-Januszewska

ZAKŁAD BIOLOGII

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA PRZYZNANYCH PRZEZ MINISTRA EDUKACJI I NAUKI
W RAMACH PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI II

Biologia i Chemia po akademicku 3

DOFINANSOWANIE

40 500 zł

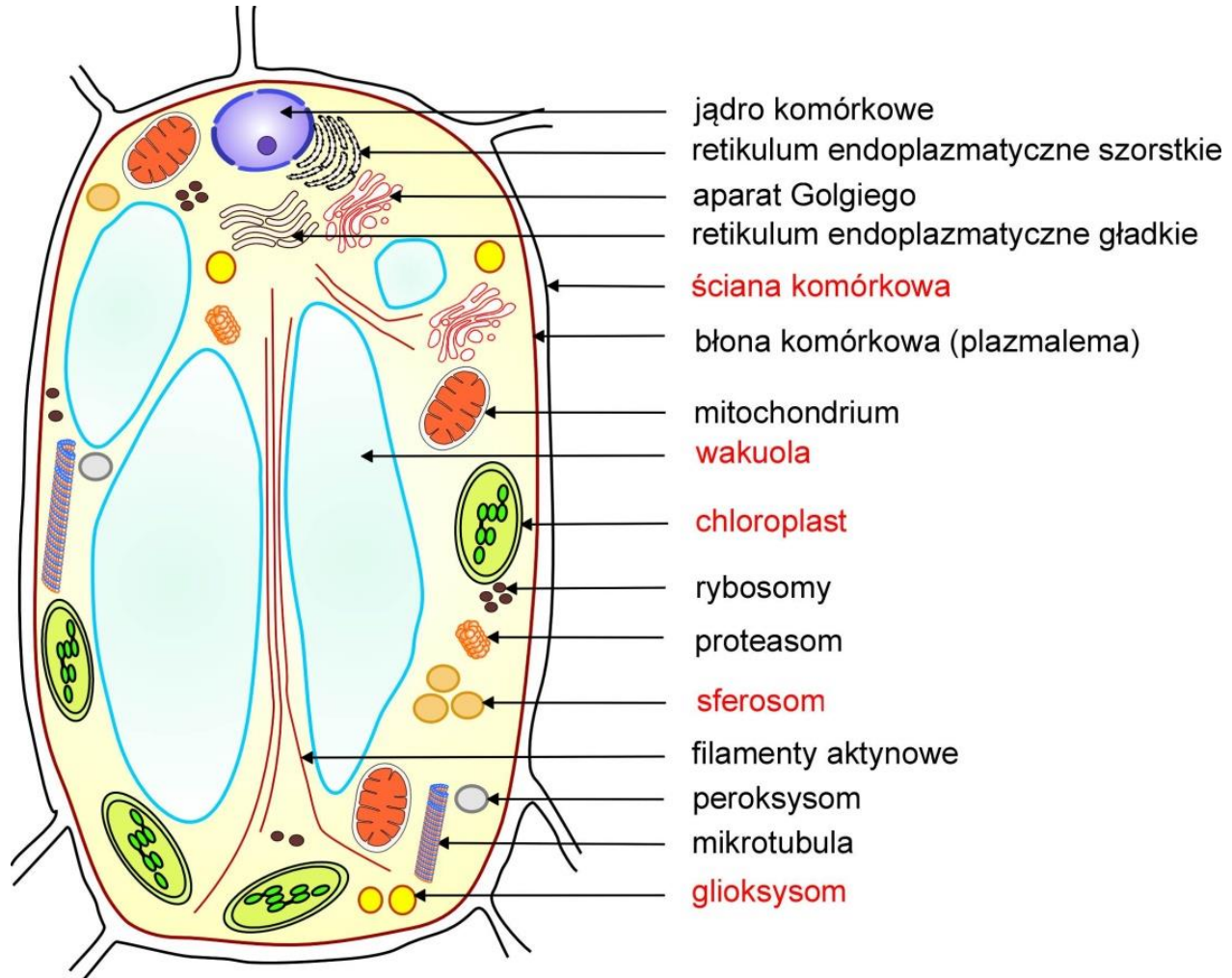
CAŁKOWITA WARTOŚĆ

45 000 zł

Opracowanie: **prof. dr hab. Halina Ostrowska**
dr Justyna Brańska-Januszewska
mgr Katarzyna Krukowska



SPECYFICZNE CECHY KOMÓRKI ROŚLINNEJ:



Ściana komórkowa

Stanowi wzmocnienie komórki i chroni przed drobnoustrojami.

Jest zbudowana z:

- **celulozy** (długołańcuchowe polimery złożone z reszt glukozy) – tworzy rusztowanie ścian komórkowych we wszystkich komórkach roślin; u grzybów wyższych występuje chityna,
- **macierzy podstawowej**, w skład której wchodzi: **pektyny i hemicelulozy** oraz niewielkie ilości glikoprotein (mogą stanowić ok. 10% suchej masy; uszczelniają i umacniają ścianę).

Łańcuchy celulozy (fibryle elementarne) łączą się w równoległe wiązki – **mikrofibryle**.

Pęczki mikrofibryl tworzą **makrofibryle**.

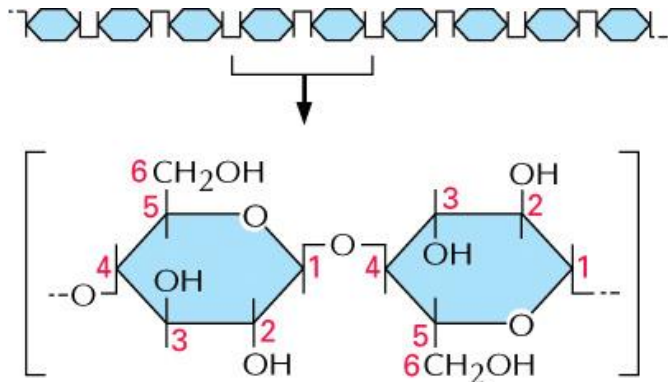


Figure 19-70. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

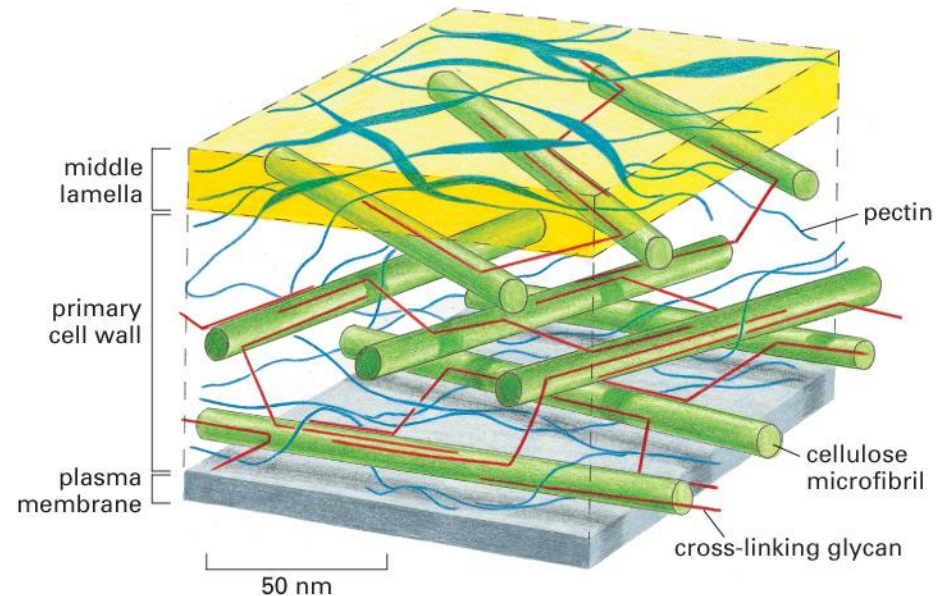
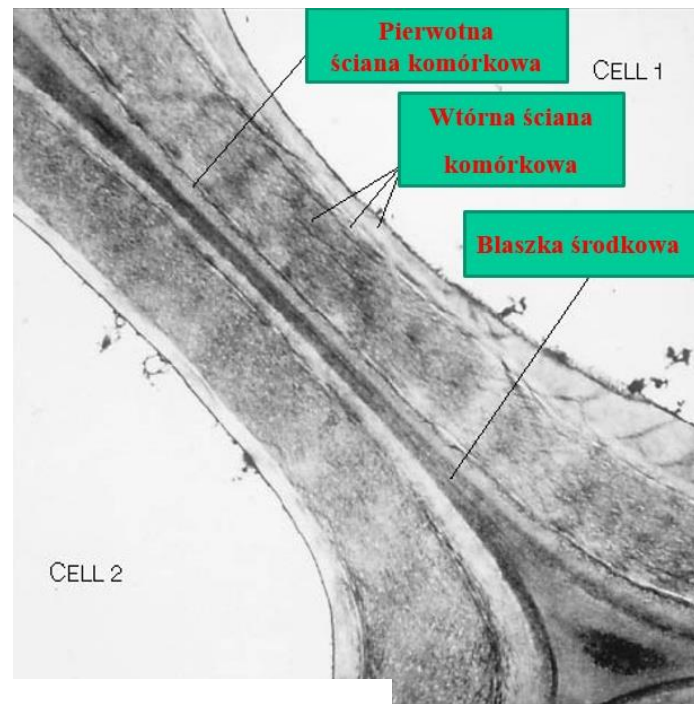


Figure 19-71. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Warstwy ściany komórkowej

ściana pierwotna - jest zbudowana z macierzy podstawowej (pektyn, hemiceluloz, białek enzymatycznych) i celulozy, która stanowi tylko 20% suchej masy; jest silnie uwodniona; okrywa młode komórki roślin; jest elastyczna i rozciąga się podczas wzrostu komórki,

ściana wtórna - składa się w **60% z celulozy**, resztę stanowią hemicelulozy; powstaje po okresie wzrostu komórek (pomiędzy ścianą pierwotną i plazmolemą); stanowi wzmocnienie dla ściany pierwotnej.



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Błaszka środkowa - łączy komórki roślinne w tkankach; znajduje się pomiędzy ścianami pierwotnymi sąsiadujących komórek; jest utworzona z pektynianu wapnia.

Ściana komórkowa (pierwotna i wtórna) zawiera pory (jamki), przez które przechodzą cienkie pasma cytoplazmy otoczone błoną – **plazmodesmy**; łączą one ze sobą protoplasty sąsiadujących komórek. Każda plazmodesma zawiera desmotubulę (wywodzi się z retikulum endoplazmatycznego gładkiego).

Plazmodesmy pozwalają na przechodzenie jonów i małych cząsteczek.

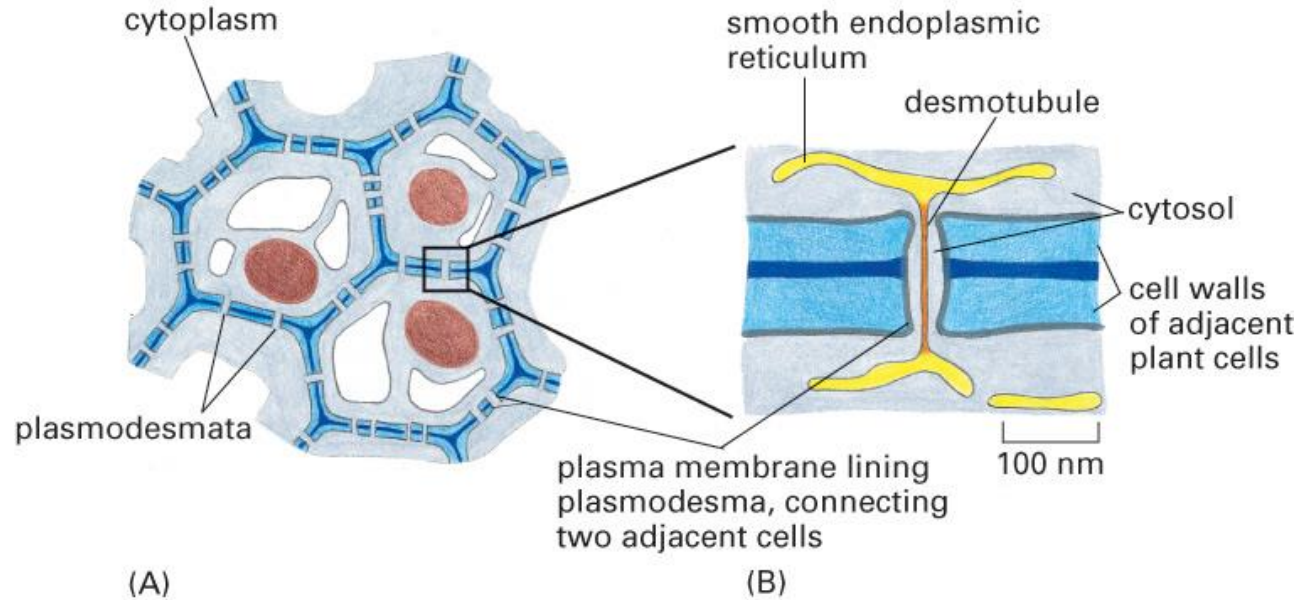
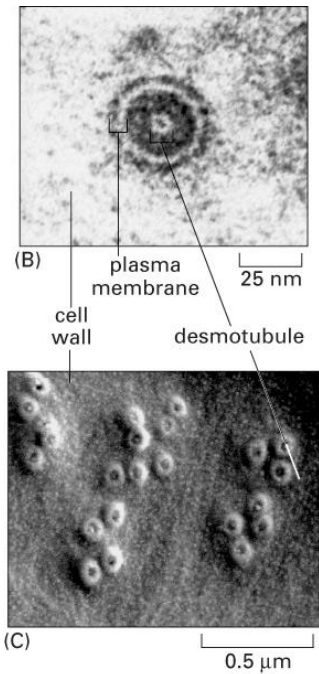


Figure 19–20. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Modyfikacje chemiczne ściany komórkowej: inkrustacje i adkrustacje

Inkrustacje czyli odkładanie się między fibrylami celulozowymi:

- **ligniny** (lignifikacja, drewnienie) - po zakończeniu wzrostu komórki; może zachodzić w ścianie pierwotnej, ścianie wtórnej i blaszce środkowej; po zdrewnieniu komórka obumiera,
- związków nieorganicznych (mineralizacja): **krzemionki** (np. inkrustacja ściany komórkowej skórki liści traw i turzyc krzemionką powoduje, że są one ostre i szorstkie) i **soli wapnia** (np. odkładanie się węglanu wapnia powoduje powstanie specjalnych narośli – **cystolitów** u niektórych roślin),
- związków organicznych: garbników, barwników, żywic.

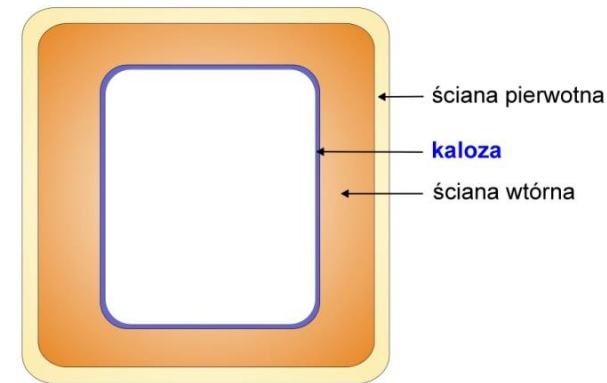
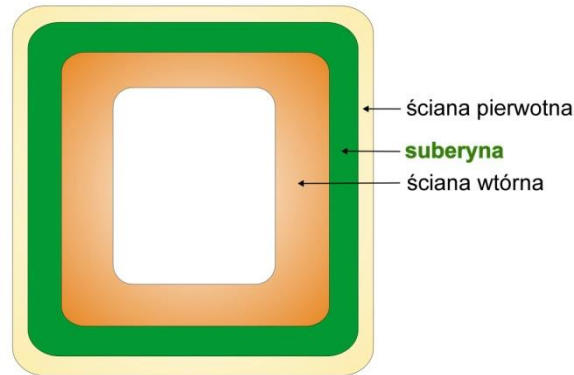
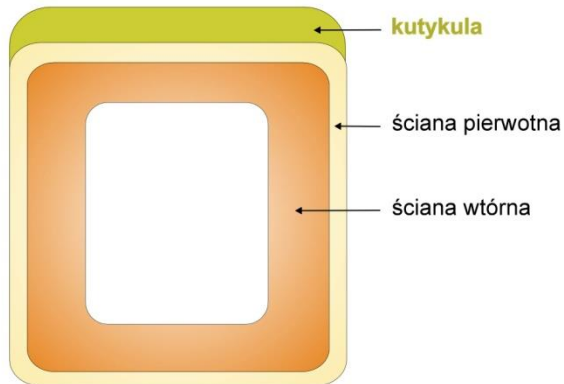
Adkrustacje, czyli odkładanie się na powierzchni ściany komórkowej:

- o substancji o charakterze lipidowym:

kutyny i wosku - po stronie zewnętrznej ściany pierwotnej; **kutykula** jest charakterystyczną cechą komórek skórki w nadziemnych częściach roślin lądowych,

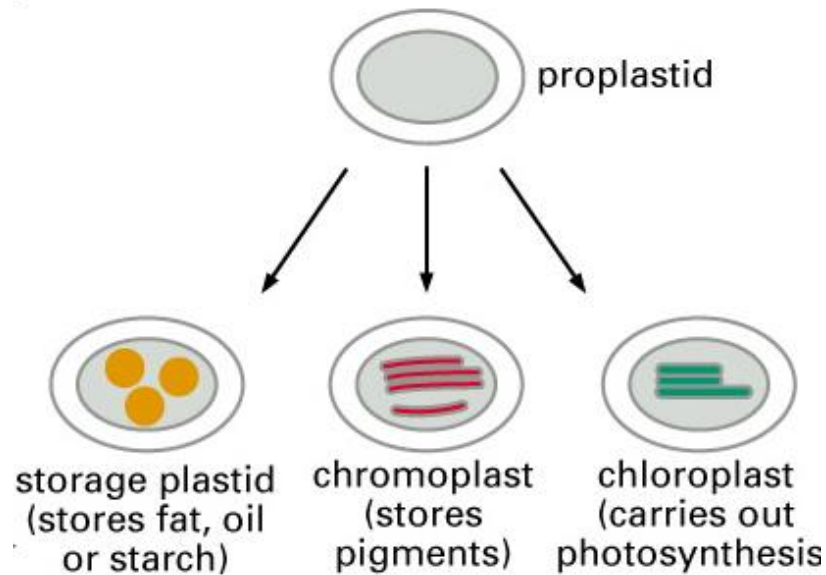
suberyny - po stronie wewnętrznej (pomiędzy pierwotną i wtórną ścianą komórkową); tworzy blaszkę korkową (suberynową); po jej wytworzeniu komórka obumiera.

- o polisacharydu – **kalozy** po wewnętrznej stronie ściany, najczęściej w komórkach rurek sitowych i ziaren pyłku.

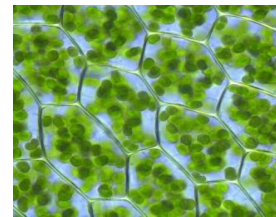
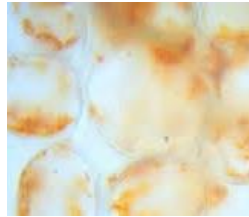
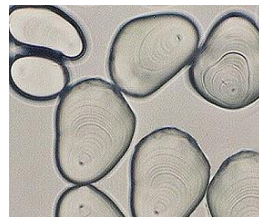


Plastydy

Prekursorami plastydów są **proplastydy** komórek embrjonalnych zarodka. Wraz ze wzrostem i specjalizacją komórek proplastydy przekształcają się w: **bezbarwne leukoplasty** oraz **barwne chloroplasty** i **chromoplasty**; wszystkie otoczone są **podwójną błoną**, która ogranicza ich wnętrze - **stromę**.



Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.



Leukoplasty

mają postać kulistą lub wrzecionowatą; syntetyzują i gromadzą materiały zapasowe:

- **skrobię** zapasową (amyloplasty),
- **białka pod postacią ziaren aleuronowych** (proteinoplasty)
- **tłuszcze** (elajoplasty; lipidoplasty).

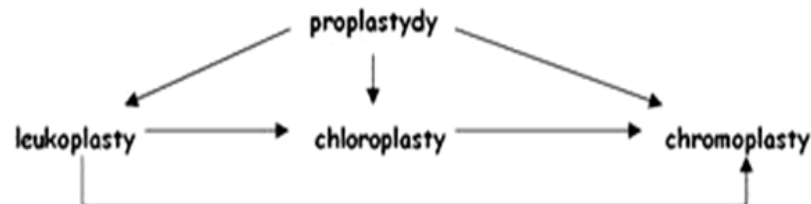
Powstają w organach podziemnych roślin (korzenie, bulwy, kłącza); mogą przekształcać się na świetle w chloroplasty (np. w bulwach ziemniaka) lub w chromoplasty (np. w kłączach).

Amyloplasty



Figure 14-33. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

1 μ m



Fot. 1a i b. Zielenienie bulw (fot. H. Jakuczun)

Chromoplasty

mają kształt owalny, przybierają często postać nieregularnych płytek lub kryształków.

W ich stromie znajdują się **karoteny** (np. β – karoten) i **ksantofile** (np. luteina, zeaksantyna), które warunkują zabarwienie pomarańczowe, żółte lub brązowe różnych organów roślin: płatków kwiatów, owoców i korzeni;

Ich pojawienie się w liściach jest objawem starzenia się komórek (np. żółknięcie liści jesienią).



J. Leśniewska, UwB



Komórki miększu z chromoplastami
Sorbus aucuparia

Chloroplasty

Powstały najprawdopodobniej przez wchłonięcie fotosyntetyzującej komórki prokariotycznej przez tlenowa komórkę eukariotyczną.

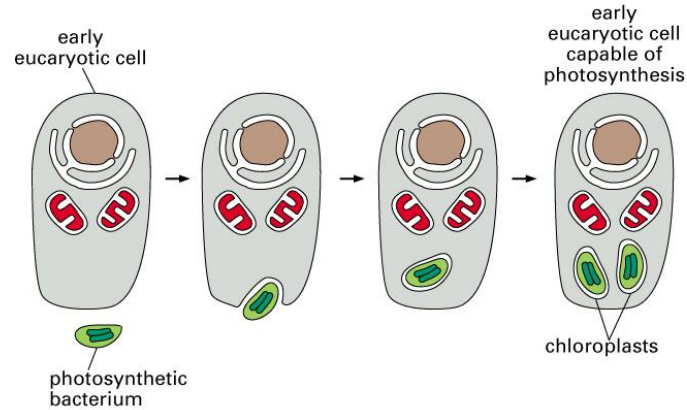


Figure 1-37. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

U roślin wyższych w każdej komórce mięszku asymilacyjnego występuje 50-200 chloroplastów.

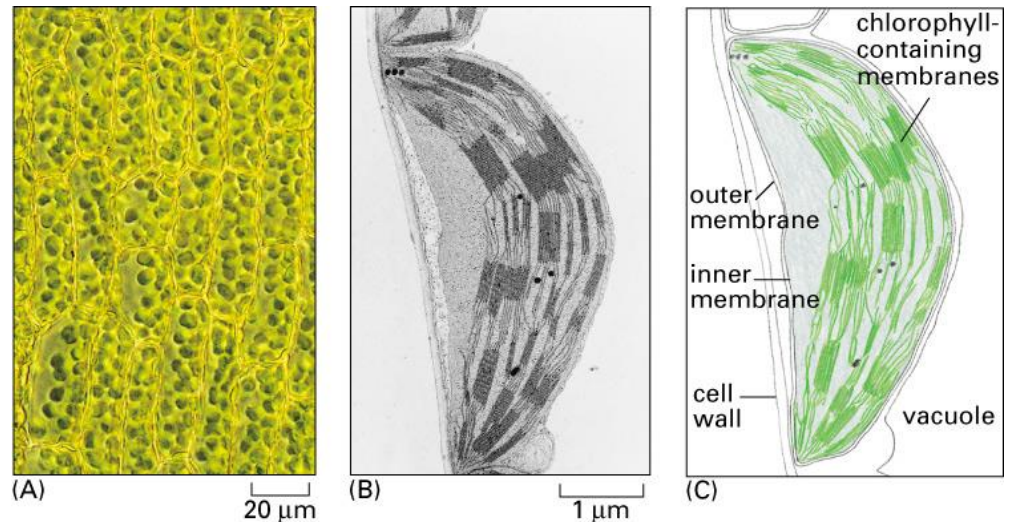


Figure 1-36. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Budowa

Trzy odrębne błony:

- błona zewnętrzna – dobrze przepuszczalna,
- błona wewnętrzna – otacza stromę i zawiera białka przenośnikowe,
- błona tylakoidu – buduje układ spłaszczonych cystern – **tylakoidów** i zawiera systemy zbierające energię świetlną (chlorofile, karotenoidy), łańcuch transportu elektronów oraz syntazę ATP.

Pojedyncze tylakoidy są połączone ze sobą i tworzą **grana**.

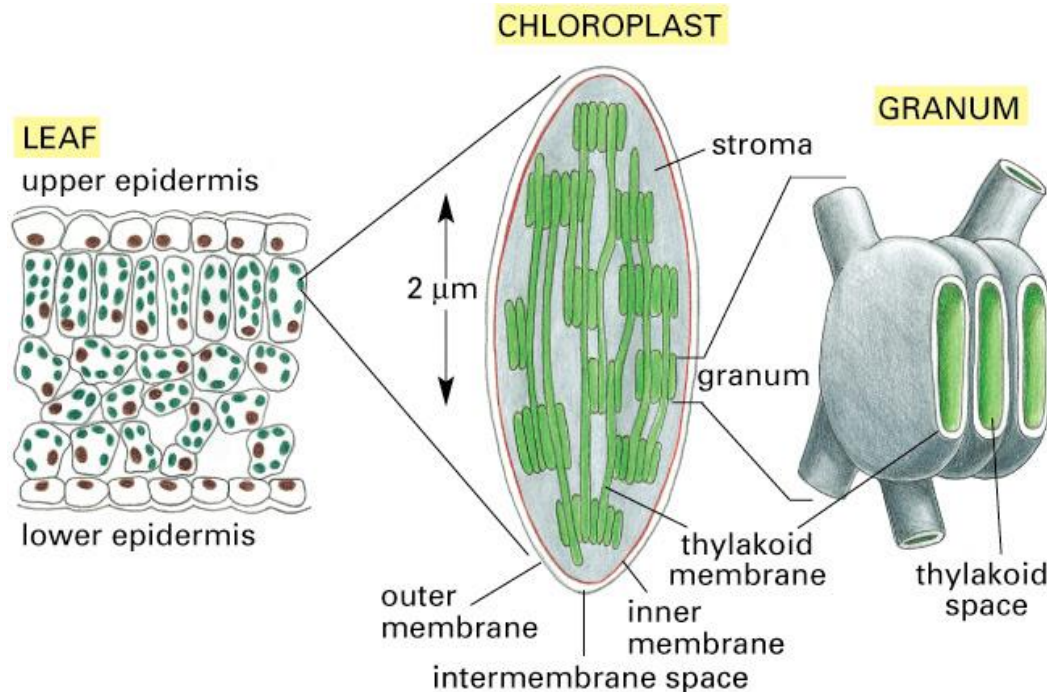


Figure 14–35. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Barwniki fotosyntetyczne błon tylakoidów

zasadnicze: chlorofile - bezpośrednio zaangażowane w proces fotosyntezy:

a – **zielony**, występuje u wszystkich fotoautotrofów

b – **zielonożółty**, u roślin wyższych i zielenic; śladowe ilości u brunatnic

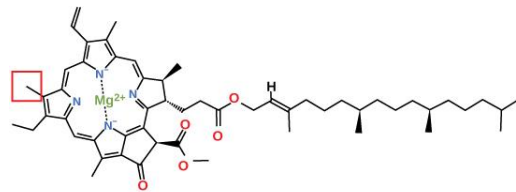
c – **brązowy** u okrzemek i brunatnic

d – **czerwony** u krasnorostów

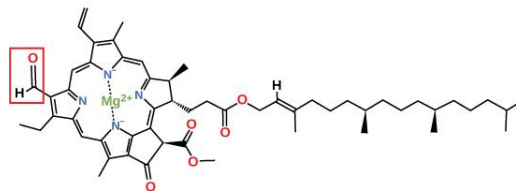
osłaniające i wspomagające:

○ karotenoidy: **pomarańczowe** karoteny i **żółte** ksantofile (rośliny wyższe, glony)

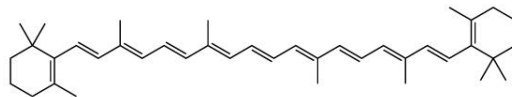
○ fikobiliny: **niebieska** fikocyjanina (krasnorosty, cyjanobakterie), **czerwona** fikoerytryna (krasnorosty, cyjanobakterie), **brązowa** fukoksantyna (okrzemki, brunatnice).



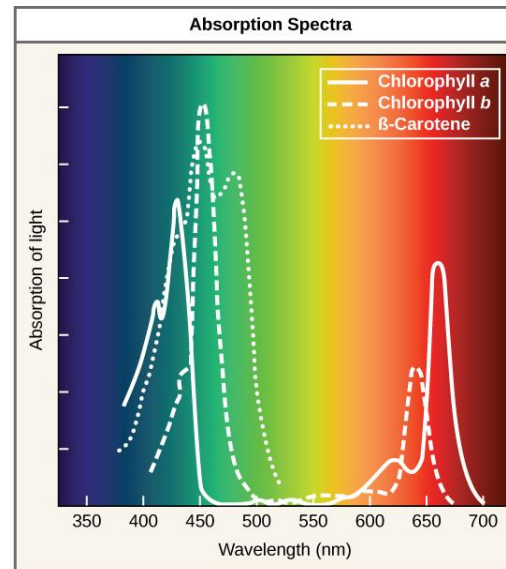
(a)



(b)



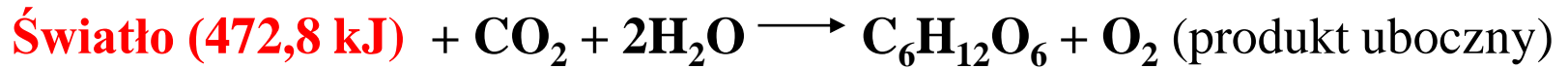
(c)



(d)

Fotosynteza

Chloroplasty wykazują zdolność do syntezy związków organicznych (cukrów) z CO_2 i H_2O przy udziale energii świetlnej w procesie fotosyntezy zgodnie z równaniem:



Fotosynteza składa się z dwóch grup reakcji:

- **fotosyntetycznego transportu elektronów (reakcje świetlne)**, w wyniku których powstają : **ATP i NADPH+ H+**, oraz **produkt uboczny – O₂**; cały aparat fazy świetlnej fotosyntezy wbudowany jest w błony tylakoidów.
- **reakcje wiązania węgla (reakcje ciemne)** – ATP i NADPH służą odpowiednio jako źródło energii i siła redukcyjna do przekształcania CO_2 w glukozę w cyklu Calvina; Proces ten zachodzi w stromie.

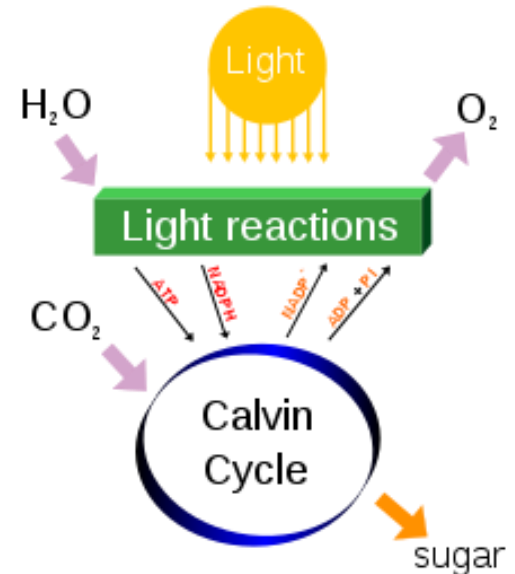
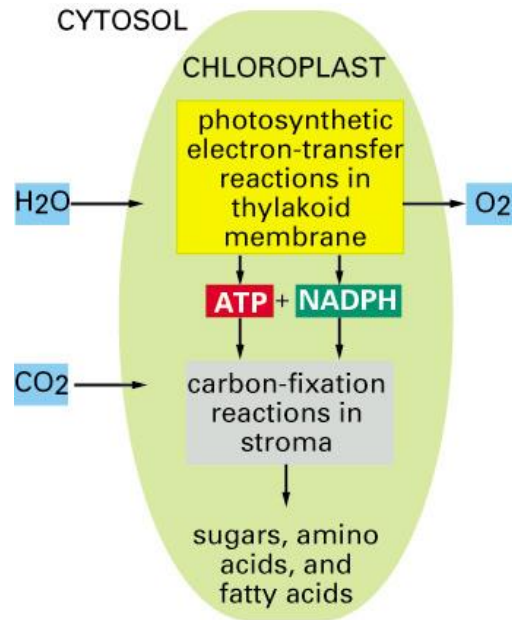


Figure 14–37. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Faza świetlna fotosyntezy

Aparat fazy świetlnej fotosyntezy jest wbudowany w błonę tylakoidów i zawiera:

- fotosystem I (PSI): chlorofil **a** i karoteny; pochłania światło o max absorpcji 700 nm,
- fotosystem II (PSII): chlorofil **b** i chlorofil **a** (centrum reakcji) i ksantofile; pochłania światło o max absorpcji 680 nm.
- kompleks cytochromowy, reduktazę ferredoksyna-NADP i syntazę ATP.

Przenośniki elektronów (plastochinon, plastocyjanina i ferredoksyna) są luźno związane z błoną tylakoidów.

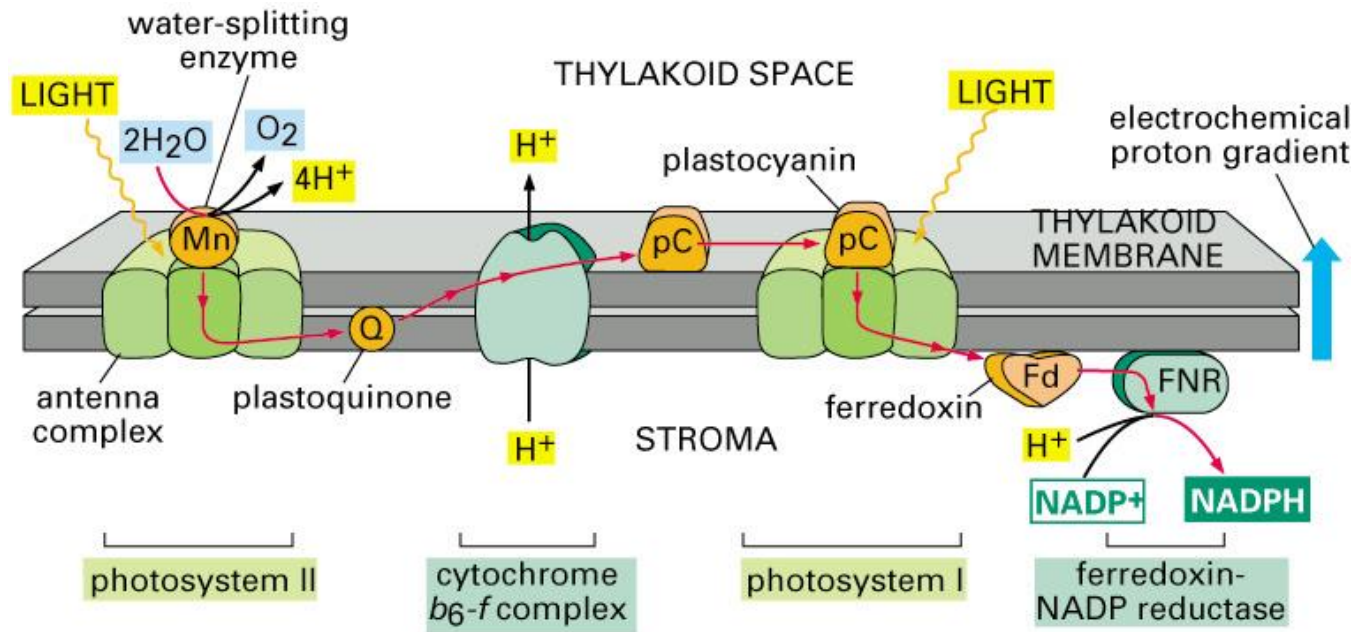


Figure 14-46. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Przebieg fazy świetlej

- światło słoneczne wzbudza elektrony znajdujące się wewnątrz sieci wiązań pierścienia porfirynowego chlorofilu **a** obu fotosystemów,
- wybite elektrony są przekazywane za pośrednictwem plastochinonu (Q) na kompleks cytochromów (b6f), a następnie plastocyjaninę (pC) i białko – ferredoksynę (Fd), co prowadzi do redukcji NADP^+ do NADPH (**siła asymilacyjna**). „Luka” w PSII powstała po wybiciu elektronów z chlorofilu **a** jest uzupełniana dzięki **fotolizie wody**, zachodzącej przy udziale enzymu zawierającego mangan. Produktem ubocznym rozkładu wody jest tlen.
- w trakcie transportu elektronów następuje również transport protonów ze stromy do wnętrza tylakoidów, co prowadzi do powstania gradientu stężeń po obu stronach błony tylakoidu. Umożliwia to **syntezę ATP** przez błonową syntazę ATP.

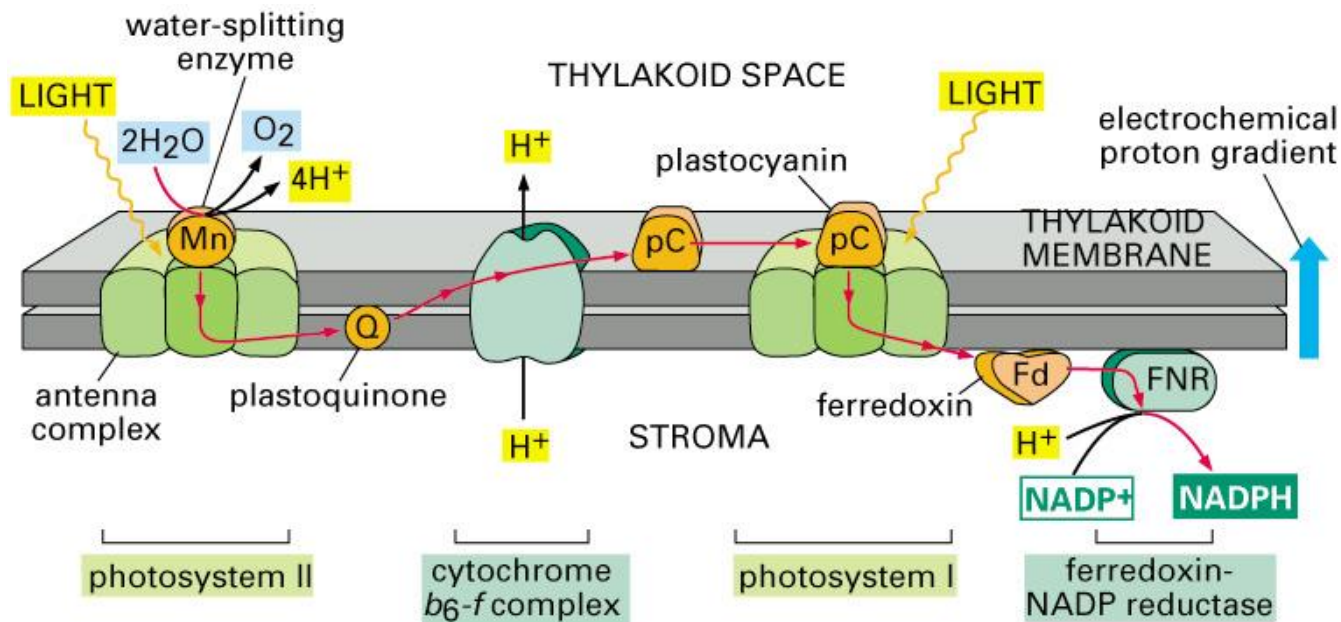


Figure 14–46. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Ciemna faza fotosyntezy

zachodzi w stromie; następuje **asymilacja dwutlenku węgla i jego redukcja do cukrów prostych** z użyciem ATP i NADPH wyprodukowanych w fazie jasnej.

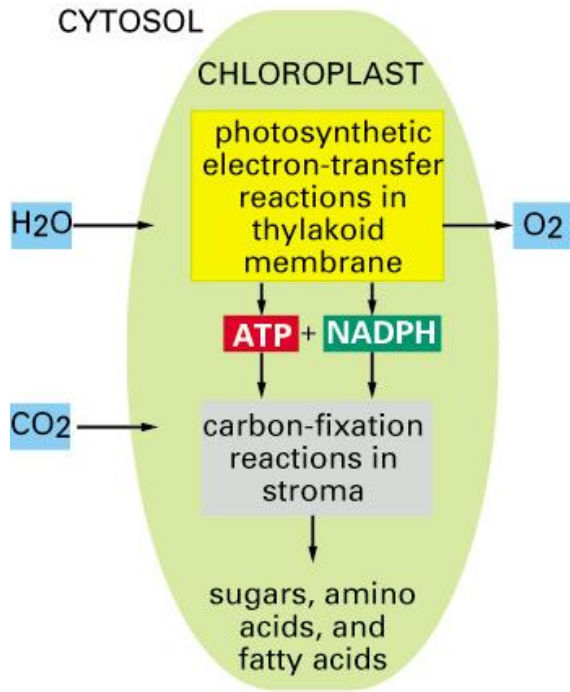


Figure 14–37. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

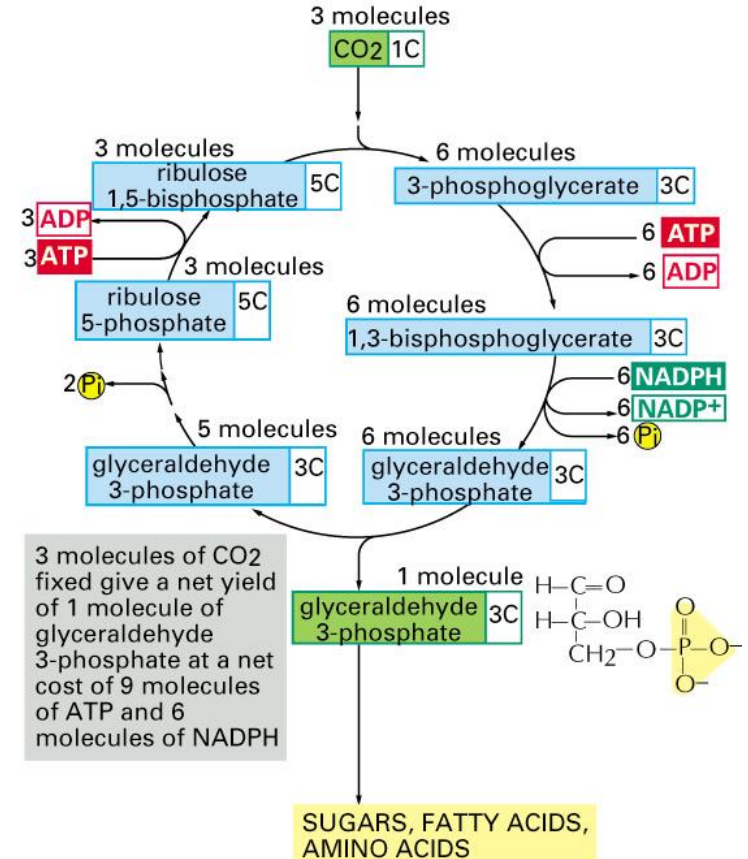


Figure 14–39. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Dalsze reakcje tj. wytwarzanie sacharozy i wielu innych związków organicznych w liściach zachodzą w cytozolu. Substancje te są transportowane do tkanek różnych organów jako źródło związków organicznych i jako źródło energii koniecznej do wzrostu rośliny.

Wakuole (wodniczki)

To mniejsze lub większe organella oddzielone od cytoplazmy **pojedynczą błoną – tonoplastem** i zawierające wodny roztwór – **sok komórkowy**.

Powstają w młodych dzielących się komórkach przez zlewanie się małych pęcherzyków pochodzących z siateczki śródplazmatycznej lub diktiosomów.

W dojrzałych komórkach tkanki miękkiszowej roślin w wyniku łączenia się wakuol powstaje duża **centralna wakuola** (zajmuje nawet 90% objętości komórki); rozpada się ona na mniejsze wakuole i pęcherzyki w trakcie cyklu komórkowego i ponownie powstaje po zakończeniu podziału komórkowego.

Młoda komórka

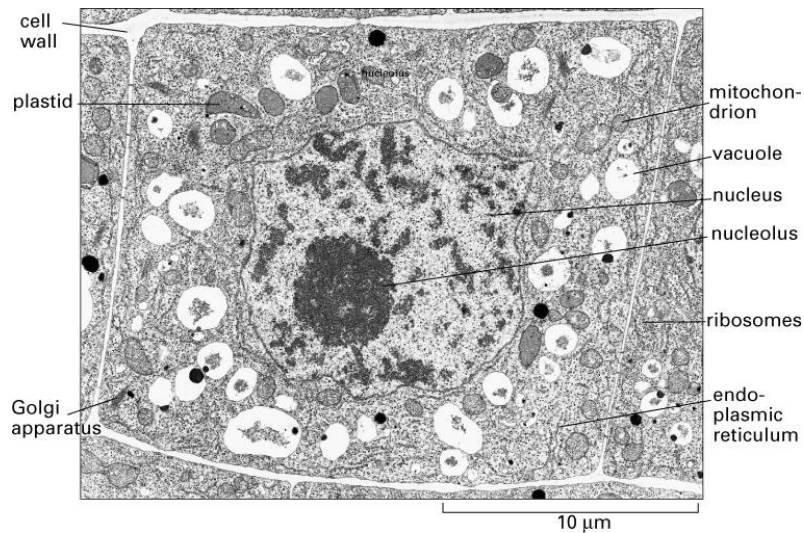
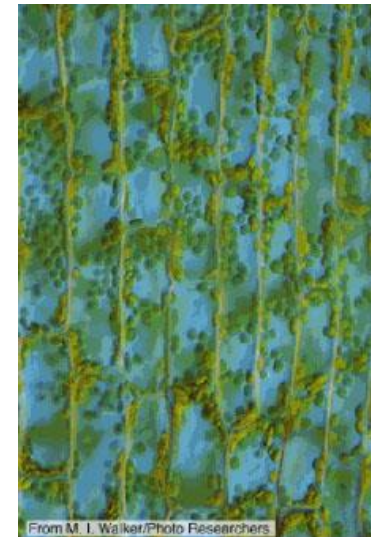
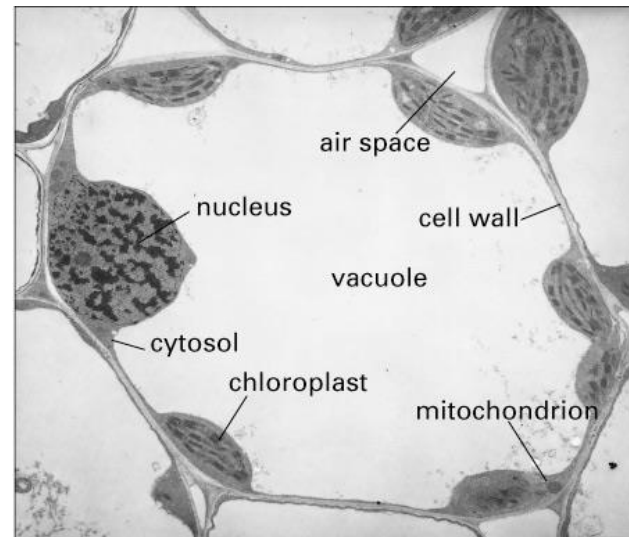


Figure 9-25. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Wakuola centralna w dojrzałej komórce tkanki miękkiszowej



Funkcje **centralnej wakuoli** roślin:

- jest magazynem wielu substancji nieorganicznych i organicznych, w tym wtórnych metabolitów
- sok komórkowy cechuje się wysoką wartością ciśnienia osmotycznego, co warunkuje zdolność do wchłaniania wody oraz utrzymywania turgoru (napięcia) w tkankach roślinnych.

Składniki soku komórkowego:

1/ woda (90%) – jest rozpuszczalnikiem

2/ związki nieorganiczne (np. sole potasu, sodu, wapnia, żelaza, magnezu miedzi w postaci azotanów, siarczanów, fosforanów, chlorków itp.) i organiczne (np. kwasy organiczne i ich sole, cukry, aminokwasy i rozpuszczalne białka, witaminy rozpuszczalne w wodzie, alkaloidy, garbniki, glikozydy, saponiny, śluzy, olejki gorczyczne, olejki lotne, balsamy, gumy, barwniki wakuolarne:

antocyjany (czerwone, niebieskie lub fioletowe) np. cyjanina w kwiatach chabra bławatka, owocach bzu czarnego, liściach kapusty głowiastej czerwonej, pelargonina w płatkach pelargonii, delfinina w owocach winorośli właściwej, bzu czarnego,

flawony (żółte), np. w owocach mandarynki;

flawonole (żółte), np. w kwiatach pierwiosnka.

Glioksysomy

organella otoczone pojedynczą błoną; występują **tylko w tkankach roślinnych: liścieniach i endospermie kielkujących roślin nasiennych**; przekształcają kwasy tłuszczowe zmagazynowane w lipidach nasion do cukrów (niezbędnych do intensywnego wzrostu kielkującej rośliny) w tzw. cyklu glioksylanowym.

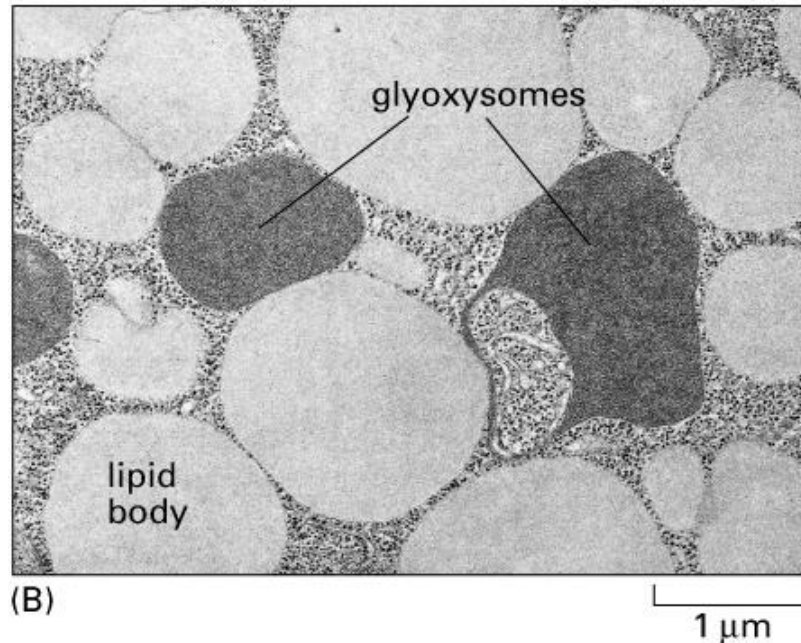
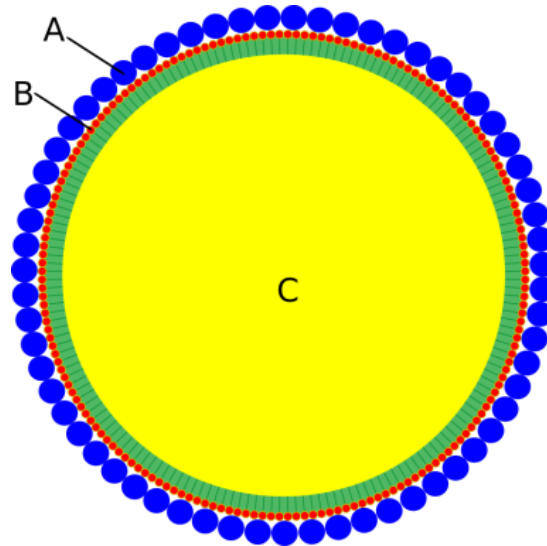


Figure 12-33. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

komórka liścienia gromadząca tłuszcze

Sferosomy

- kuliste pęcherzyki otoczone pojedynczą błoną; na powierzchni zakotwiczone są białka – **oleozyny**, pełniące funkcje stabilizującą,
- powstają w obrębie siateczki śródplazmatycznej gładkiej,
- gromadzą materiał zapasowy (krople triacylogliceroli) w tkankach spichrzowych roślin, gdzie mogą przekształcać się w ciała tłuszczowe; szczególnie liczne w bielmie nasion roślin oleistych (rzepak, słonecznik), liścieniach i niektórych owocach np. oliwki, owoce awokado,
- zawierają enzymy hydrolityczne, co wskazuje na ich udział w procesach wewnątrzkomórkowego trawienia.



A - białka – oleozyny
B - błona komórkowa
C - lipidy

Korzeń

Morfologia i anatomia

Korzeń to zwykle podziemny organ rośliny, który umocowuje ją w podłożu oraz pobiera wodę i substancje mineralne.

Systemy korzeniowe

palowy

korzeń główny rozwija się z korzenia zarodkowego i rośnie przez całe życie przybierając kształt wrzecionowaty lub kulisty, z niego wyrastają korzenie boczne;
charakterystyczny dla roślin nagozalążkowych i dwuliściennych.



wiązkowy

korzeń główny zanika, a u nasady pędu rozwijają się liczne korzenie przybyszowe;
charakterystyczny dla roślin jednoliściennych.



Modyfikacje korzeni

Korzenie spichrzowe:

są grube i mięsiste z rozbudowanym miękiszem spichrzowym

- magazynują substancje pokarmowe
- występują jako zgrubiały korzeń główny, bulwki korzeniowe lub jako połączenie korzenia właściwego i części podliścieniowej pędu

Korzenie czepne:

- wyrastają z pędów roślin pnących
- służą do przyczepienia się do podpory
- występują np. u bluszczu pospolitego

Korzenie kurczliwe:

- utrzymują bulwy, cebule lub kłącza roślin na odpowiedniej głębokości w glebie, wciągając je dzięki zdolności do skracania swych górnych części
- występują u roślin kielkujących na powierzchni gleby np. cebuli

Korzenie podporowe:

- są długie, wyrastają z pędów na pewnej wysokości nad ziemią, następnie wrastają do gleby i dodatkowo umocowujące roślinę w podłożu
- występują np. u kukurydzy, tropikalnych mangrowców rosnących na bagnistych wybrzeżach oceanów
- ich odmianą są korzenie szkarpowe u drzew tropikalnych bagien oraz korzenie kolumnowe u epifitów, np. u lian i figowców

Korzenie powietrzne:

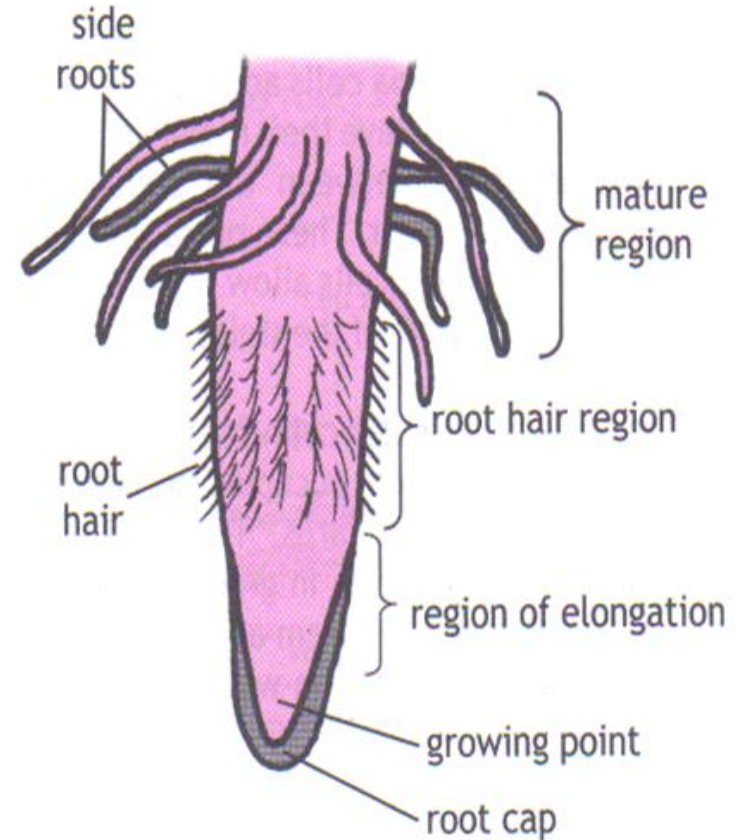
- wyrastają z pędów nadziemnych
- służą do pobierania wody z atmosfery; są pokryte gąbczastą, martwą tkanką chłonącą wodę tzw. welamenem
- występują głównie u epifitów (np. u storczyków)

Korzenie przybyszowe:

- wyrastają na pędach nadziemnych, a nawet liściach
- umożliwiają wegetatywne rozmnażanie roślin z sadzonek pędowych i liściowych
- występują np. u niecierpka gruczołowatego

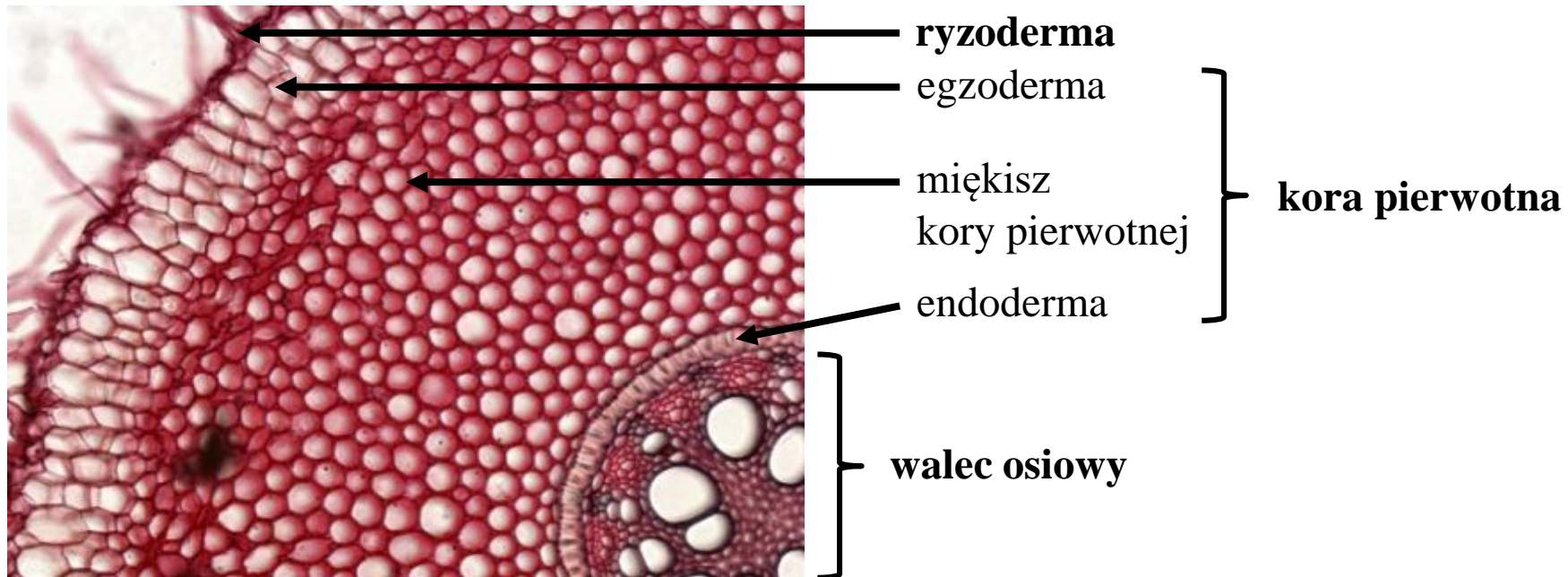
Strefy korzenia:

- wierzchołkowa – stanowi ją stożek wzrostu okryty czapeczką (kaliptrą),
- wzrostu (wydłużania) – 5-10 mm odcinek, w którym zachodzi intensywne wydłużanie się nowo powstałych komórek,
- włosnikowa – włosniki zwiększają powierzchnię chłonną systemu korzeniowego; nie występują u roślin wodnych i błotnych (chłoną wodę całą powierzchnią korzenia),
- korzeni bocznych – utrzymuje roślinę w glebie, przewodzi roztwory wodne pobrane przez włosniki; w jej obrębie zachodzi przyrost wtórny na grubość.



Budowa pierwotna korzenia

występuje u roślin jednorocznych (zielnych) przez całe życie oraz u roślin wieloletnich tylko w pierwszym roku wegetacji

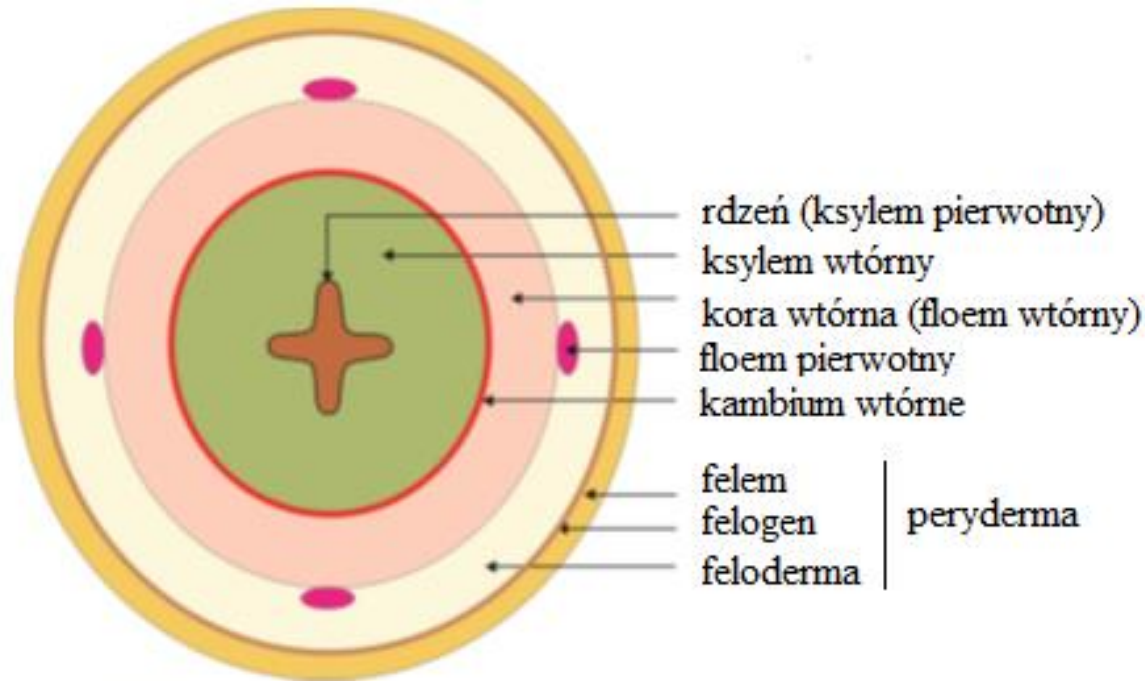


Korzeń kosańca *Iris germanica*

Budowa wtórna korzenia

występuje u roślin nagonasiennych oraz dwuliściennych (dwuletnie, byliny, krzewy i drzewa); u dwuliściennych jednorocznych korzeń zachowuje przez całe życie budowę pierwotną.

Elementy budowy wtórnej korzenia:



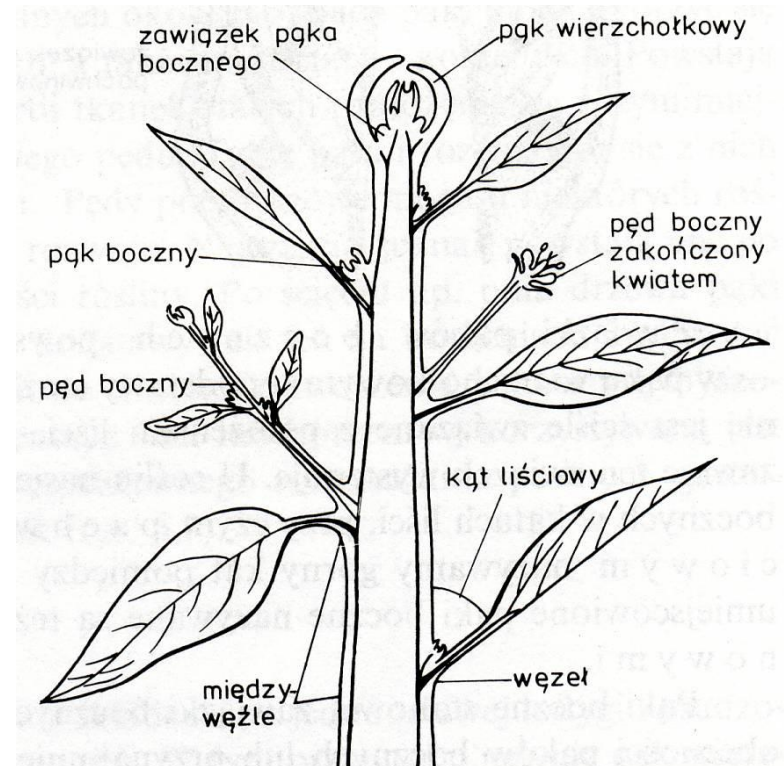
Pęđ

Morfologia i anatomia łodygi

Pęd to zwykle nadziemny organ występujący u roślin wyższych.

Jest złożony z:

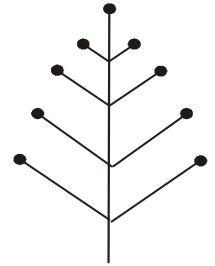
- zielonej lub zdrewniałej **łodygi** – pojedynczej (jednoosiowej) lub częściej z bocznymi rozgałęzieniami,
- **liści** – wyrastają z węzłów, które dzielą łodygę na odcinki - międzywęzła,
- **pąków** - są szczytowym zakończeniem pędu i jego rozgałęzień



Schemat ukształtowania pędu rośliny dwuliściennej (wg Szweykowskich)

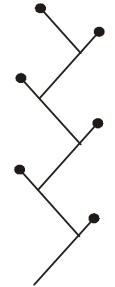
Rozgałęzienia monopodialne

- powstają, gdy oś pierwotna rośnie szybciej niż jej boczne odgałęzienia, te zaś szybciej niż powstające na nich odgałęzienia II-go rzędu;
- występują u drzew szpilkowych oraz niektórych drzew liściastych (np. u buku zwyczajnego, klonu, jesionu oraz dębu)



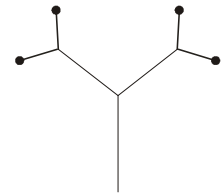
Rozgałęzienia sympodialne

- powstają gdy odgałęzienie boczne rośnie szybciej niż oś pierwotna, z kolei odgałęzienie II-go rzędu rośnie szybciej niż odgałęzienie I-go rzędu.
- występują np. u grabu zwyczajnego, lipy, wiązu, u wielu drzew owocowych, a także u konwalii majowej oraz tropikalnych storczyków.



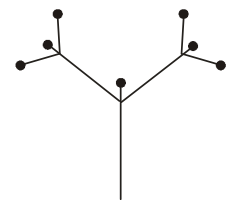
Rozgałęzienia dychotomiczne

- tworzą się na skutek podziału stożka wzrostu znajdującego się na szczycie pędu na dwa jednakowe nowe stożki; występują u widłaków



Rozgałęzienia pseudodychotomiczne (pozornie widlaste)

- powstają, gdy z dwóch naprzeciwległych pąków pachwinowych rozwijają się dwa odgałęzienia boczne, a pęd pierwotny przestaje rosnąć;
- występują u bzu lilaka, jemioly pospolitej i magnolii *Magnolia* sp.



Modyfikacje pędów

Kłącze to pęd **podziemny** o nieograniczonym wzroście, zwykle mniej lub bardziej zgrubiały, zaopatrzone w zredukowane, łuskowate liście; jest organem przetrwalnym niektórych bylin; magazynuje również substancje zapasowe; na wiosnę z kątów łuskowatych liści wyrastają nowe pędy nadziemne;

Wąsy czepne – to przekształcone **pędy główne**, pozbawione tkanki wzmacniającej (np. u winorośli właściwej, winobluszczu pięciolistkowego, bluszczu pospolitego, psianki słodkogórz lub pędy boczne (np. u męczennicy);

Ciernie powstają wskutek:

- przekształcenia pędów, np. u głogu, śliwy tarniny,
- przekształcenia liści (np. u berberysu, kaktusów) lub przylistków (np. u robinii, niektórych wilczomleczowatych).

Cebula to **podziemny pęd** o bardzo skróconej łodydze tworzącej tzw. piętękę, z której wyrastają zgrubiałe, **mięsiste łuski** pełniące funkcję **organów spichrzowych**:

- łuskowate liście dolne, np. u tulipana,
- pochwy liściowe obumarłych liści właściwych, np. u czosnku,
- liście dolne i pochwy liściowe, np. u hiacynta.

Na zewnątrz cebuli występują zwykle skórzaste, **martwe łuski** pełniące **funkcję ochronną**.

U szczytu piętki wytwarza się pąk wierzchołkowy, z którego wiosną wyrasta pęd nadziemny.

Głęb to nierozgałęziona, gruba i soczysta **łodyga skróconego pędu** kapusty głowiastej, z której wyrastają liczne liście spichrzowe; w pierwszym roku wegetacji gromadzi materiały zapasowe, a w drugim roku „główka” kapusty wysadzona do gleby wyrasta w pęd, wytwarzający kwiaty i owoce.

Rozłogi – to **przekształcone pędy boczne**; rosną poziomo lub ukośnie przy powierzchni ziemi; mają wydłużone międzywęzła i często zredukowane liście; są organami rozmnażania wegetatywnego; w ich węzłach tworzą się korzenie przybyszowe, a nowe rośliny wyrastają z pąków zlokalizowanych w kątach łuskowatych liści (np. u poziomki, niektórych traw i turzyc). Rozłogi podziemne, na których końcach rozwijają się bulwy występują np. u ziemniaka zwyczajnego.

Bulwa pędowa to zgrubiały **podziemny pęd**.

Powstaje wskutek silnego skrócenia się i zgrubienia łodygi, której liście uległy całkowitemu uwstecznieniu. **Umożliwia rozmnażanie wegetatywne** - na dojrzałej bulwie widać wyraźnie pąki boczne, czyli oczka, wiosną wyrastają z nich nowe pędy nadziemne (np. u *Solanum tuberosum*). Bulwa pędowa pełni także funkcję organu spichrzowego (gromadzi głównie cukry np. skrobię oraz białko zapasowe).

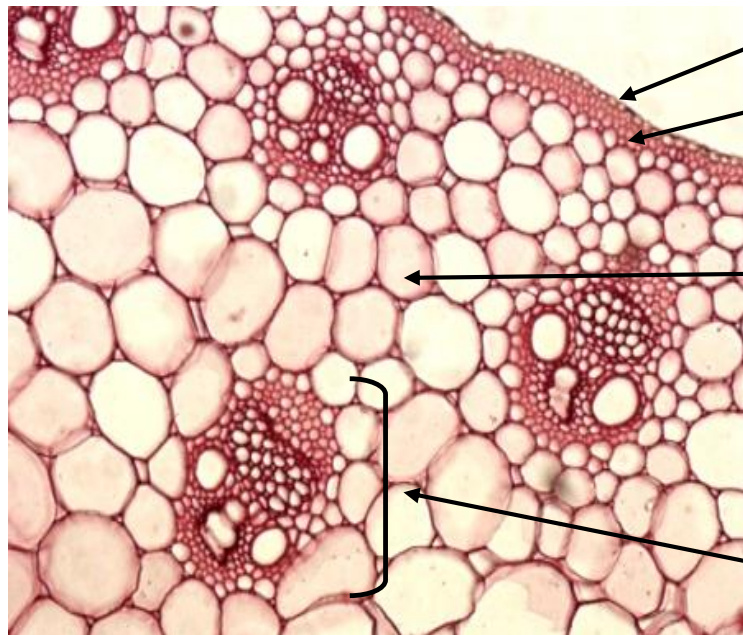
Anatomia łodygi

Łodygi o budowie pierwotnej występują u roślin:

- **jednorocznych (zielnych) przez cały okres wegetacyjny,**
- **wieloletnich (z przyrostem wtórnym) tylko w pierwszym roku wegetacji.**

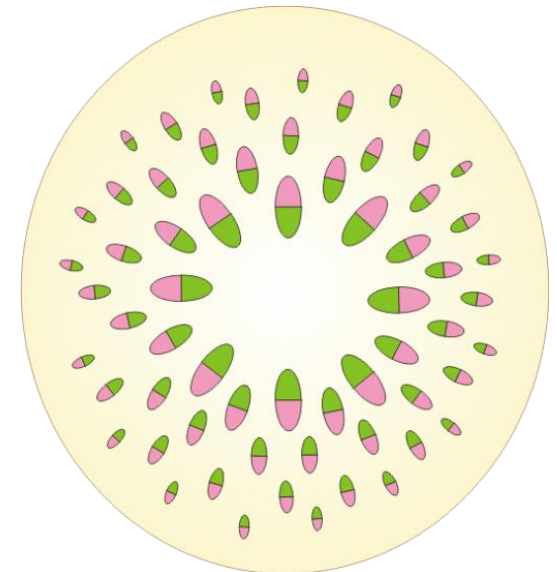
Budowa pierwotna łodygi **roślin jednoliściennych**

- **epiderma**
- **sklerenchyma** (hipoderma – podskórnia); pełni funkcję wzmacniającą
- **wiązki kolateralne zamknięte**
- **miękisz**
- **brak wyraźnej granicy pomiędzy korą pierwotną i walcem osiowym**



epiderma
sklerenchyma
miękisz
wiązka
kolateralna
zamknięta

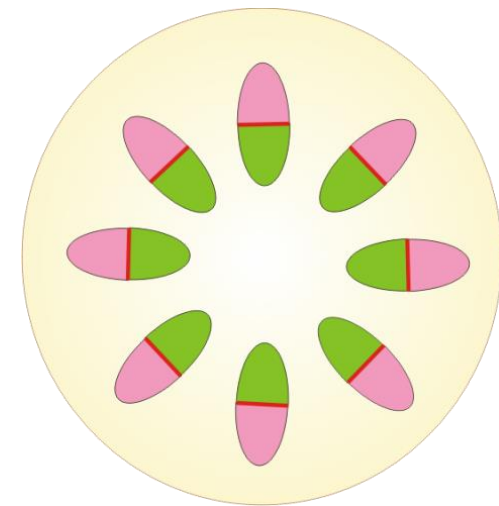
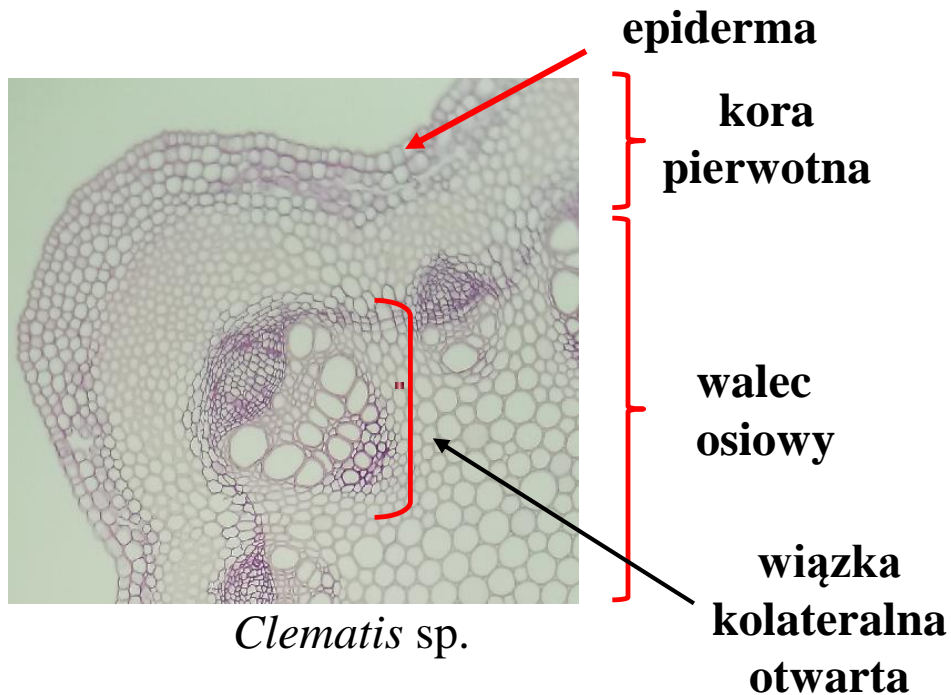
walec osiowy: ataktostela



Zea mays

Budowa pierwotna łodygi **roślin dwuliściennych**:

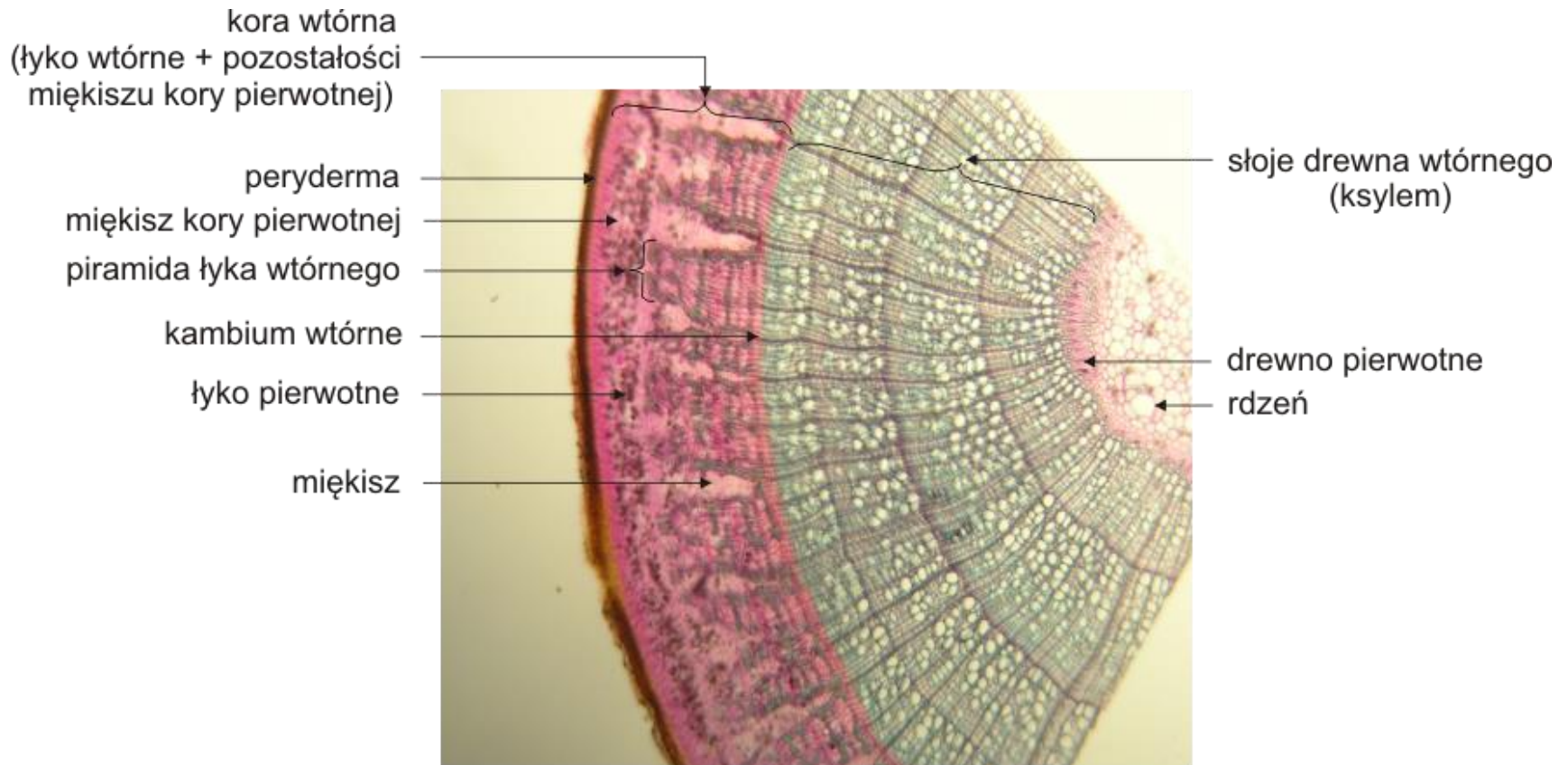
- **epiderma**
- **kora pierwotna**: kolenchyma płatowa, miękisz kory pierwotnej, endoderma
- **walec osiowy**: perycykl, **wiązki kolateralne otwarte i/lub bikolateralne**, rdzeń



Walec osiowy: eustela
występuje w łodygach
roślin dwuliściennych i nagonasiennych

Budowa wtórna łodygi

posiadają ją łodygi roślin nagonasiennych i wieloletnich roślin dwuliściennych

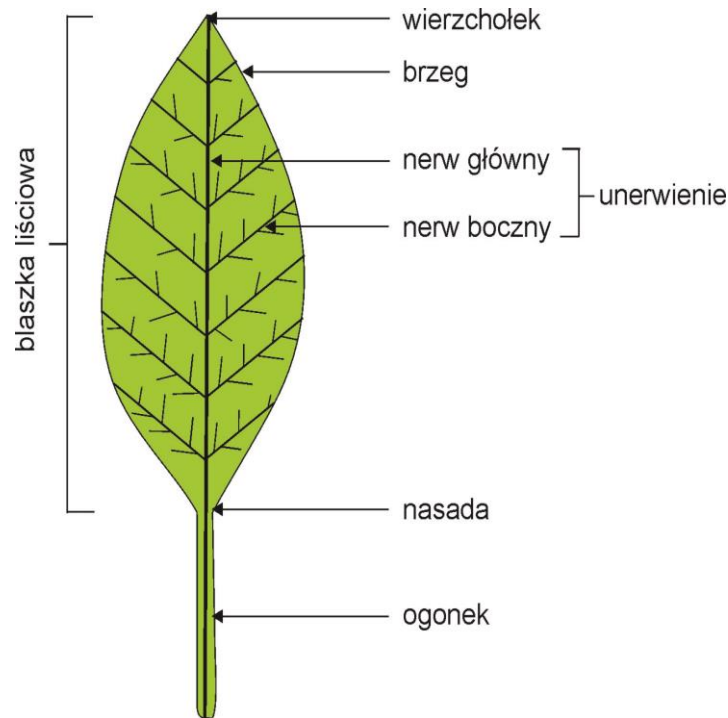


Tilia sp.

Morfologia liścia

Typowy liść rośliny okrytozalążkowej składa się z:

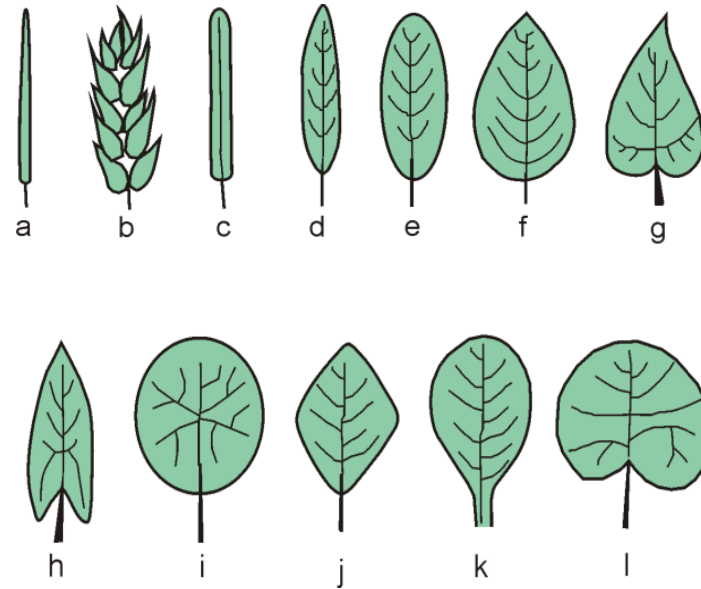
- **blaszki liściowej** - zwykle cienka i płaska; zapewnia łatwy dostęp do powietrza i światła,
- **ogonka liściowego** - może być obły, spłaszczony, kanciasty, rynienkowaty; często u nasady bywa rozszerzony i obejmuje pęd tworząc tzw. pochwę liściową (np. w rodzinie baldaszkowatych oraz u traw).



Wiele roślin posiada liście bezogonkowe, czyli siedzące, np. gwiazdnica wielkokwiatowa.

Kształt blaszki liściowej może być:

- (a) szpilkowy, np. u sosny,
- (b) łuskowaty, np. u żywotnika,
- (c) równowąski, np., u traw i turzyc,
- (d) lancetowaty, np. u wierzby,
- (e) eliptyczny, np. u bukszpana,
- (f) jajowaty, np. u gruszy,
- (g) sercowaty, np. u lipy,
- (h) strzałkowy, np. u szczawiu,
- (i) okrągły, np. u grzybienia,
- (j) rombowski, np. u brzozy,
- (k) łopatkowaty, np. u stokrotki,
- (l) nerkowaty, np. u kopytnika.



Ciekawostka

Największe na świecie liście ma wiktoria królewska (*Victoria amazonica*) rosnąca w dorzeczu Amazonki. Ich średnica dochodzi do 4 m. Wielkość i specyficzna konstrukcja zapewniają im tak dużą wyporność, że potrafią unieść dorosłe osoby ważące nawet 75 kg.



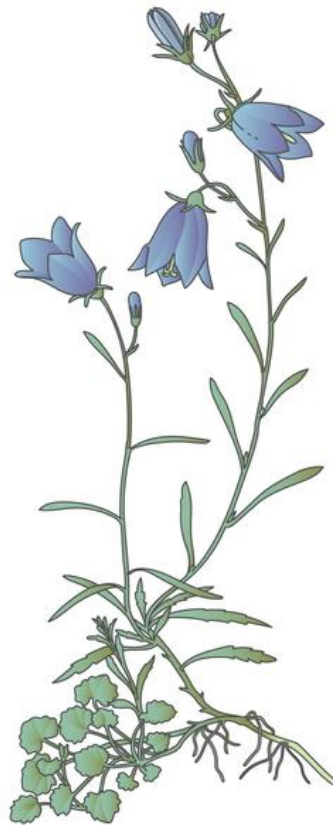
<https://www.quora.com/What-are-Amazon-water-lilies>

Kształt liści niektórych roślin zależy od warunków środowiska, w jakich żyją.

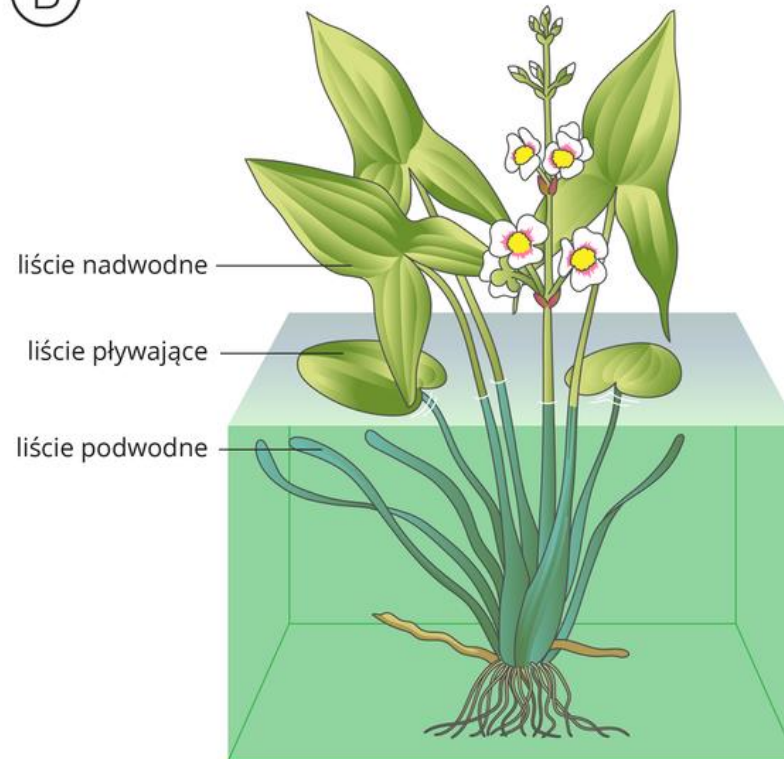
- Dzwonek okrągłolistny (*Campanula rotundifolia*, A) wykształca liście podłużne, gdy rośnie w miejscach nasłonecznionych, a okrągłe - kiedy rośnie w cieniu.

- Strzałka wodna (*Sagittaria sagittifolia*, B) wykształca trzy rodzaje liści: taśmowate – całkowicie zanurzone w wodzie, owalne – pływające na powierzchni wody i strzałkowate – nadwodne.

(A)



(B)



Ze względu na **liczbę blaszek liściowych** wyróżnia się:

- **liście pojedyncze** - posiadają jedną blaszkę, mogą być całobrzegie lub w różny sposób rozczłonkowane; układ wcięć może być dłoniasty lub pierzasty,
- **liście złożone** - na jednym ogonku osadzonych jest kilka blaszek (tzw. listków); mogą być one złożone dłoniasto (*Aesculus hippocastanum*) lub pierzasto (*Sorbus aucuparia*).



lipa



kasztanowiec



jarzębina

W zależności od **głębokości wcięć w blaszce liściowej** liście pojedyncze dzieli się na:

wrębne

klapowane

dzielne

sieczne

w c i ę c i e b l a s z k i :

do 1/4 szerokości
np. liść
pierzastowrębny
dębu.

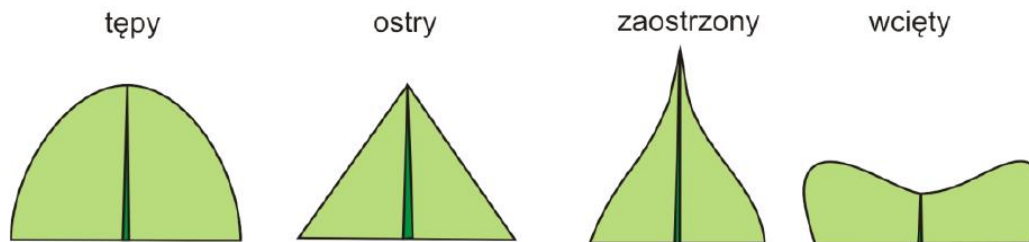
do 1/3 szerokości
np. liść
dłoniastoklapowany
klonu.

do 2/3 szerokości
np. liść
pierzastodzielny
maku.

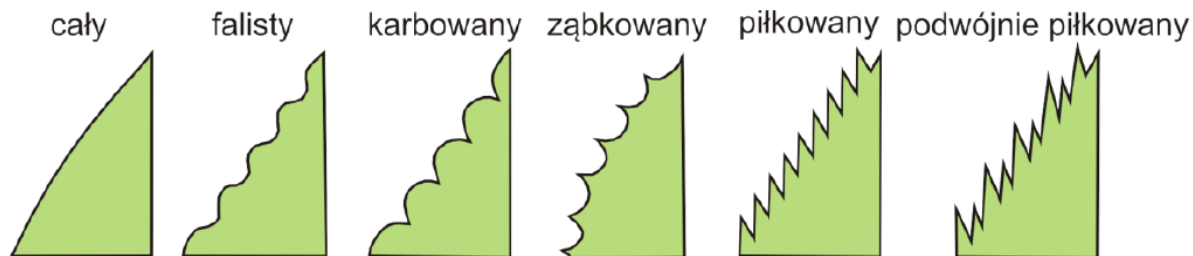
prawie do nerwu
głównego
np. liść
dłoniastosieczny
zawilca.

Wierzchołek liścia może być:

tępy (np. u szaławii lekarskiej), ostry (np. u olchy szarej), zaokrąglony (np. u konwalii majowej), wcięty (np. u olchy czarnej).

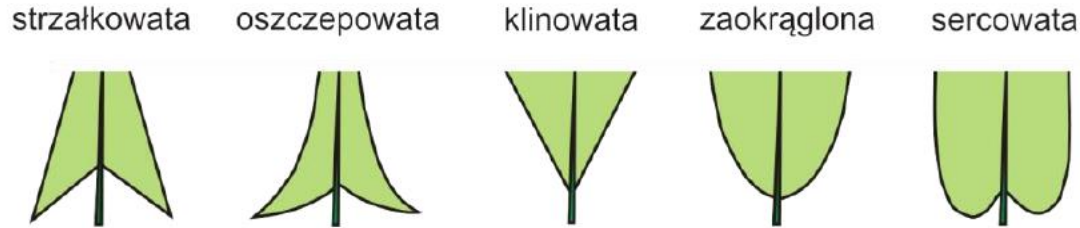


Brzeg blaszki liściowej może być: cały (np. u malwy), falisty (np. u pierwiosnka), karbowany (np. u ziarnopłonu wiosennego), ząbkowany (np. u porzeczki czarnej), piłkowany (np. u gruszy), podwójnie piłkowany (np. u wiązu).

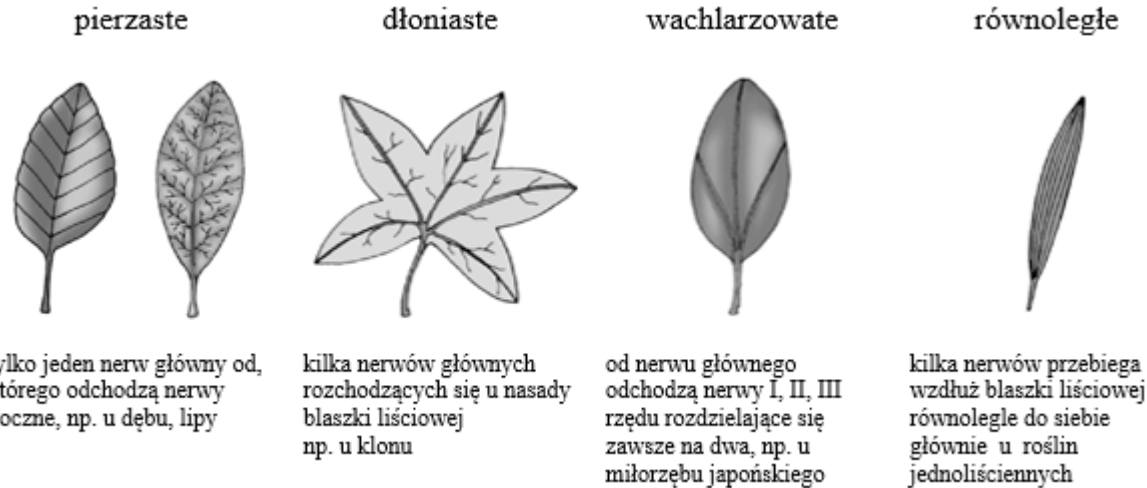


Nasada liścia może przyjmować kształt:

strzałkowy (np. liście pływające na powierzchni wody u strzałki wodnej), oszczepowaty (np. u szczawiu), klinowaty (np. u wierzby) lub zaokrąglony (np. u wiązowca), sercowaty (np. u lipy).



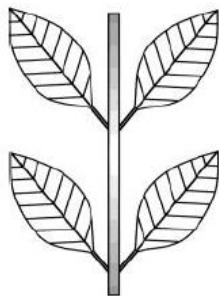
Unerwienie liścia:



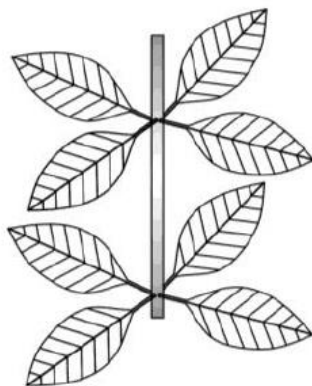
Ulistnienie (filotaksja) czyli ułożenie liści na łodydze; jest uwarunkowane genetycznie i zapewnia roślinie pełny dostęp do światła.

Osadzenie liści może być:

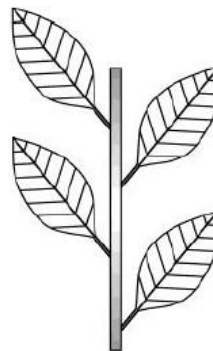
naprzeciwległe



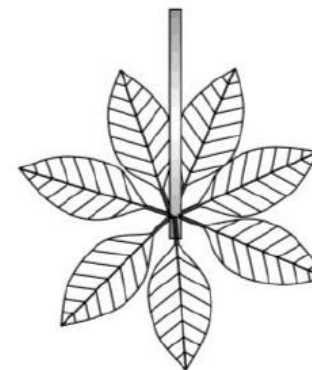
okółkowe



skrętoległe



różyczkowe



Modyfikacje liści:

- liście zarodkowe (liścienie) – to pierwsze liście rozwijające się podczas kiełkowania nasion (często gromadzą materiały zapasowe umożliwiające rozwój młodej roślinie w pierwszym okresie po kiełkowaniu); zwykle wyrastają ponad ziemię i zielenieją,
- ciernie – ostro zakończone liście roślinne (np. u berberysu) lub przylistki (np. u niektórych wilczomleczeniowatych) o sztywnym kształcie; zmniejszają powierzchnię transpiracyjną rośliny, a także chronią ją przed zjedzeniem przez zwierzęta roślinożerne; charakterystyczne są dla kserofitów,
- wąsy – mogą być utworzone z całego liścia (funkcje asymilująca przejmują wówczas przylistki) lub z części liścia (np. u nasturcji ogrodowej z ogonków liściowych, a u grochu ze szczytowych listków liścia złożonego),
- liście spichrzowe – przystosowane do gromadzenia składników pokarmowych, np. liście łuskowate u cebuli i liście agawy,

- liściaki – zmodyfikowane ogonki liściowe, które przejmują funkcję asymilacyjną liści; występują u roślin, u których blaszki liściowe uległy zredukowaniu, np. u akacji,
- liście przykwiatowe: przysadki (pod kwiatami), podsadki (pod kwiatostanami), podkwiatki (pod szypułą kwiatową),
- liście kwiatowe – budują kwiaty; mogą być: płone (działki kielicha i płatki korony) i płodne (pręcikowie, słupkowie),
- liście roślin owadożernych – przekształcone są w swoiste urządzenia pułapkowe, służące do chwytania i trawienia drobnych zwierząt, np. rosiczka wytwarza przyziemną rozetę liści pokrytych licznymi włoskami gruczołowymi; pływacz pospolity tworzy liczne pęcherzyki pułapkowe na części blaszki liściowej, a liście muchołówki zamykają wewnątrz owady, siedzące na blaszce liściowej.

Budowa anatomiczna liścia

na przykładzie jabłoni *Malus sp.*



Epiderma (górną i dolną) jest zbudowana z 1 warstwy komórek cienkościennych, które zawierają aparaty szparkowe, nie zawierają natomiast chloroplastów. Epiderma górną pokryta jest często kutikulą oraz włoskami (ochrona przed nadmierną utratą wody).

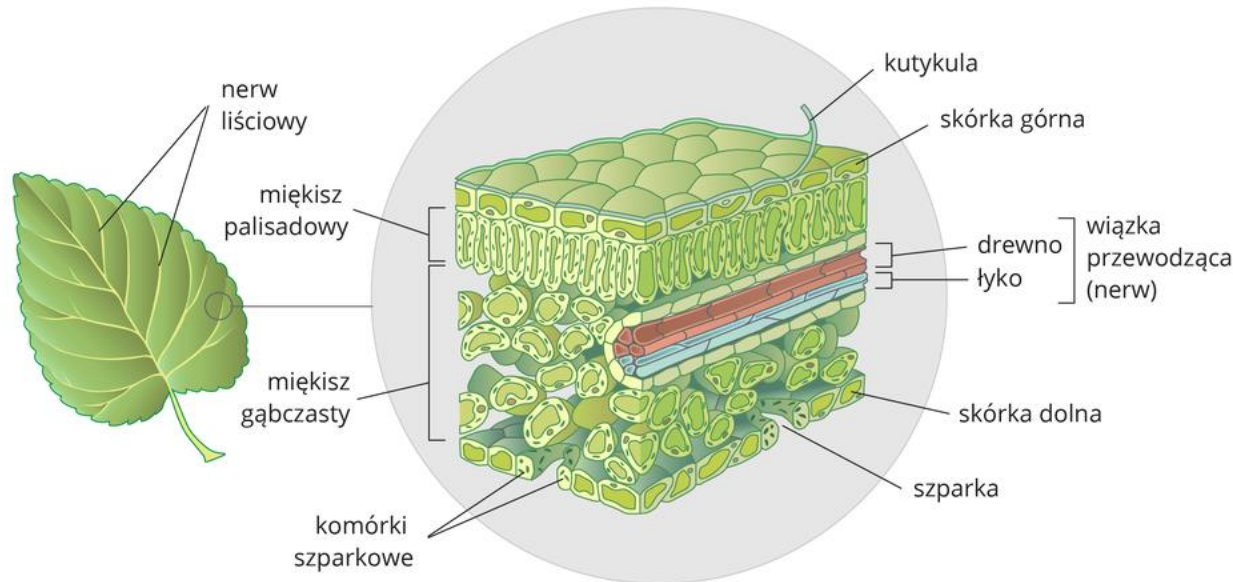
Podział liści w zależności od rozmieszczenia aparatów szparkowych:

- amfistomatyczne – aparaty szparkowe są na dolnej i górnej powierzchni liścia (trawy),
- epistomatyczne – aparaty szparkowe tylko w epidermie górnej liścia (np. u roślin wodnych o liściach pływających),
- hipostomatyczne – aparaty szparkowe tylko w epidermie dolnej (u większości roślin lądowych).

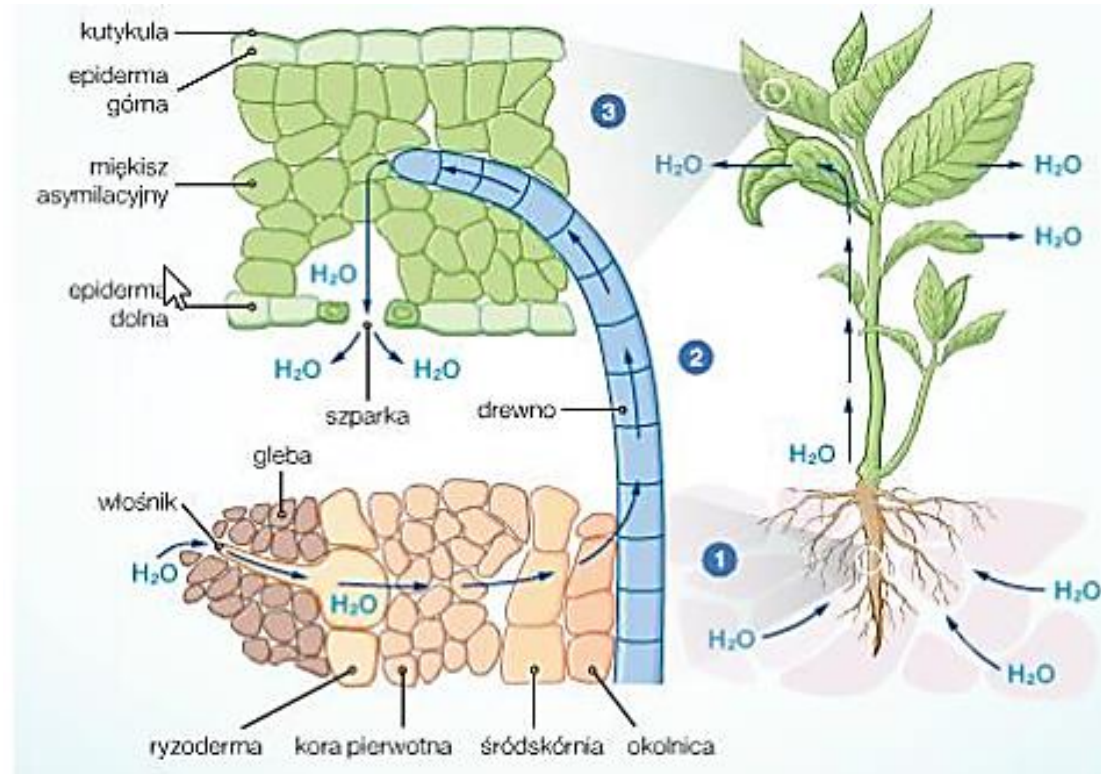
Mezofil to miękisz asymilacyjny (zieleniowy), w którym zachodzi proces fotosyntezy; u większości roślin naczyniowych zróżnicowany na miękisz palisadowy i gąbczasty.

- miękisz palisadowy - jedna lub kilka warstw komórek zwykle pod górną epidermą liścia, komórki ściśle przylegają do siebie; zawiera 3/4 wszystkich chloroplastów
- miękisz gąbczasty - komórki luźno ułożone, tworzą liczne komory powietrzne ułatwiające wymianę gazową; zawiera 1/4 chloroplastów.

Wiązki przewodzące występują w środkowej części liścia, odpowiadają za transport wody i soli mineralnych do liścia (drewno) i zsyntetyzowanych asymilatów do innych organów (łyko). Najgrubsze z wiązek tworzą na powierzchni liścia tzw. nerwy.



Transport wody w roślinie



<https://zsoiz.radyngo.edu.pl/>

Pobieranie wody zachodzi najintensywniej w strefie włośnikowej korzenia:

ryzoderma >> kora pierwotna >> endoderma >> walec osiowy >> drewno

Woda przepływa z korzeni do liści wiązkami przewodzącymi łądygi.

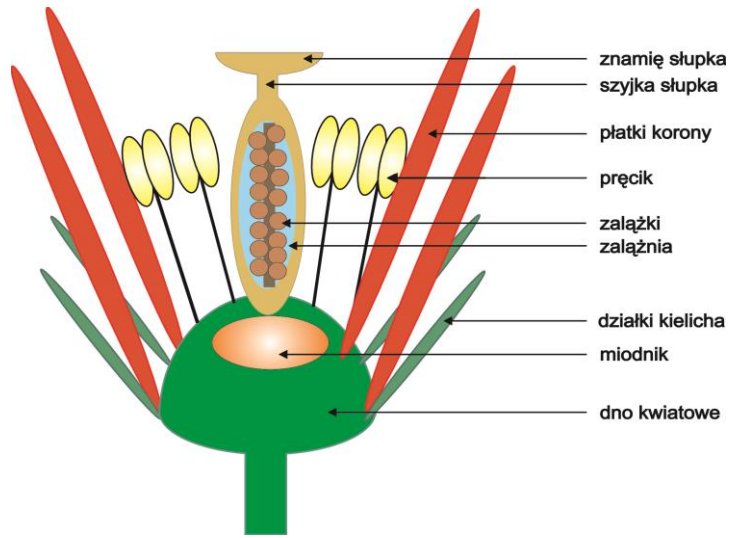
Woda opuszcza drewno i przemieszcza się komórkami mięszisz asymilacyjnego do przestworów międzykomórkowych położonych blisko aparatów szparkowych; zachodzi transpiracja.

Kwiaty i kwiatostany

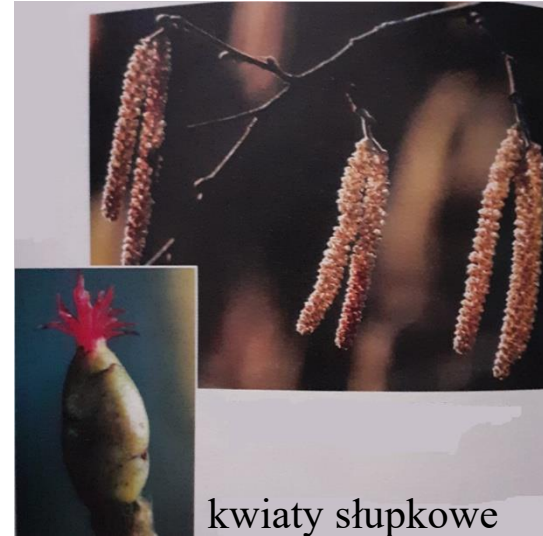
Kwiat

to skrócony i silnie zmodyfikowany pęd, służący rozmnażaniu generatywnemu.

kwiat obupłciowy



kwiaty rozdzielnopłciowe



kwiaty pręcikowe
(męskie) leszczyny

kwiaty słupekowe
(żeńskie) leszczyny

okwiat - to działki kielicha i płatki korony

perigonium – to okwiat nieodróżniony na kielich i koronę

Kwiat obupłciowy zawiera pręciki i słupek.

Kwiat rozdzielnopłciowy zawiera albo same pręciki, albo tylko słupek.

Szypułka kwiatowa to zakończenie pędu, powyżej którego znajduje się dno kwiatowe.

Układ poszczególnych elementów na dnie kwiatowym może być:

spiralny – na wypukłym dnie kwiatowym, znajdują się osadzone spiralnie liczne pręciki i słupki; występuje np. u przedstawicieli jaskrowatych;

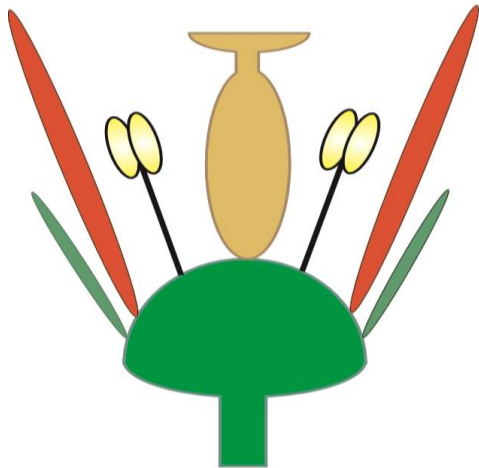
okółkowy - gdy co najmniej trzy elementy kwiatu rozmieszczone są wokół osi i położone na tej samej wysokości; występuje u większości roślin okrytonasiennych

Symetria kwiatów:

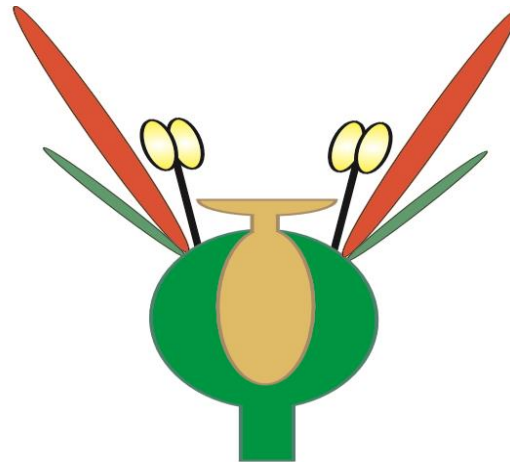
- **promienista** - np. u pięciornika, złoci,
- **grzbiecista:** motylkowa (bobowate), wargowa (jasnotowate), języczkowa i nibyjęzyczkowa (astrowate, np. u mniszka lekarskiego).

Ze względu na położenie słupków w kwiecie wyróżnia się:

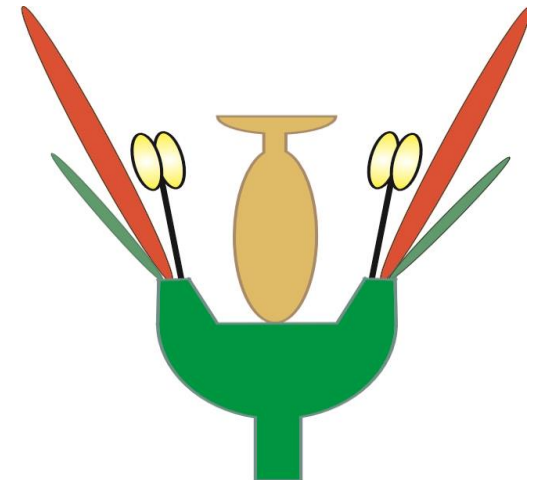
słupek górny



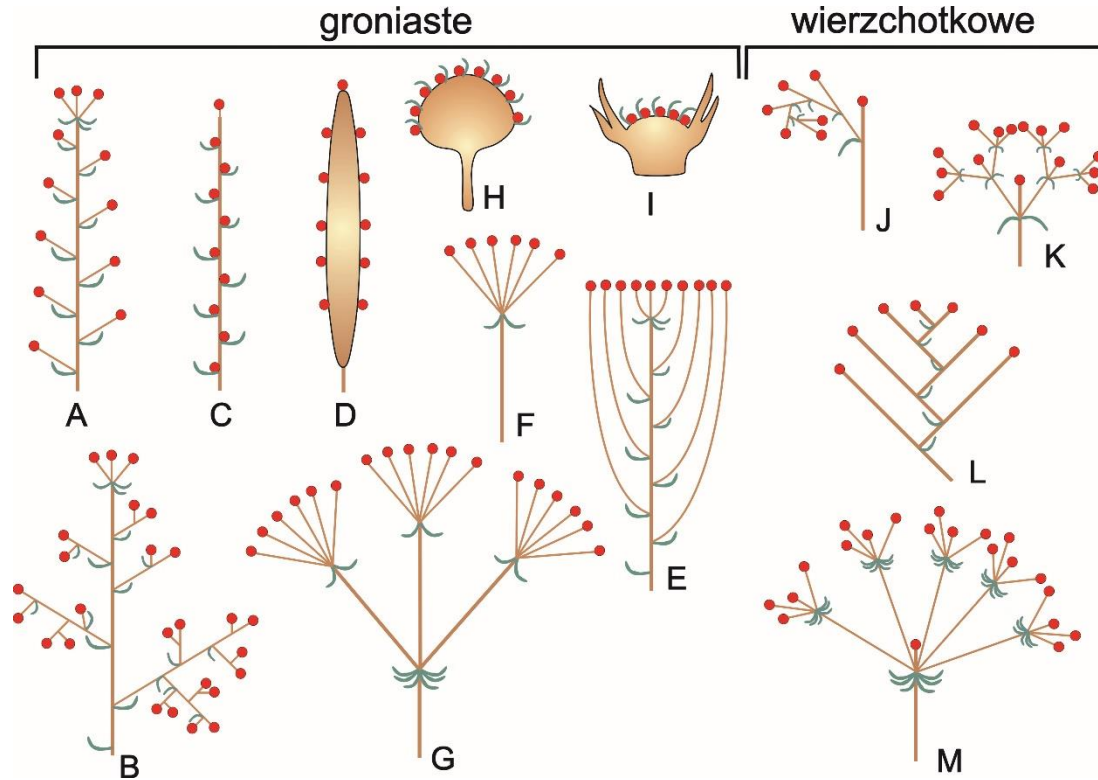
słupek dolny



słupek pośredni

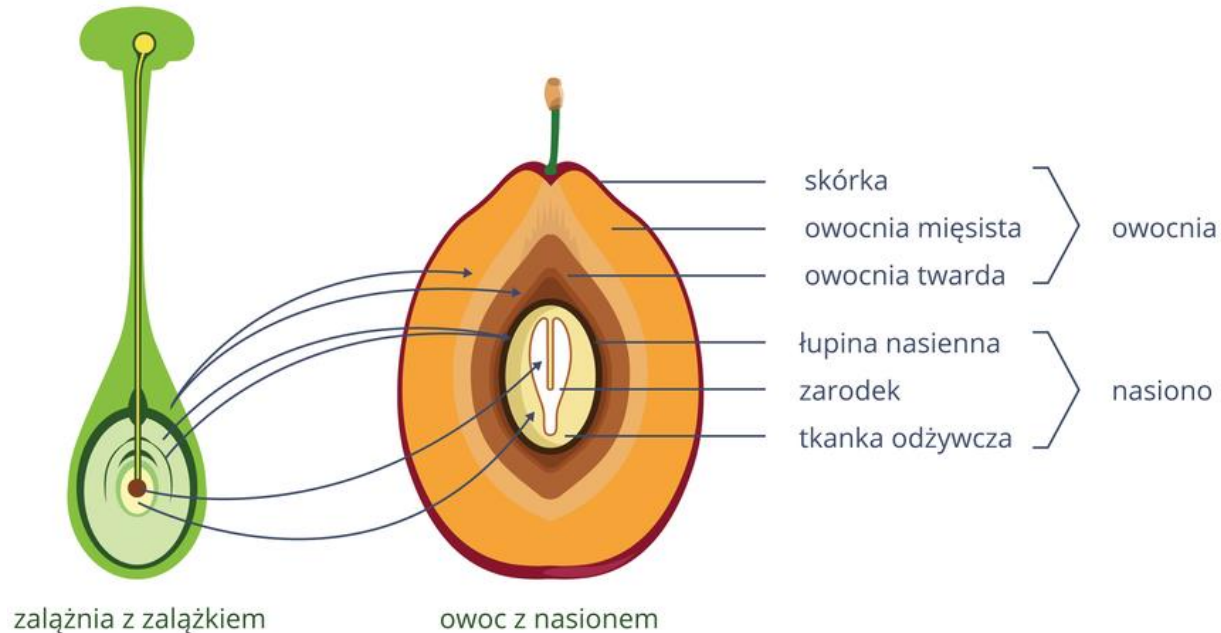


U roślin okrytonasiennych kwiaty są zwykle zebrane w **kwiatostany** i osadzone na wspólnej osi zwanej **osadnikiem**.



Typy kwiatostanów. A – grono, B – wiecha, C – kłos, D – kolba, E – baldachogrono, F – baldach prosty, G – baldach złożony, H – główka, I – koszyczek, J – sierpik, K – wierzchołka dwuramienna, L – wachlarzyk, M – wierzchołka wieloramienna.

Owoc to organ charakterystyczny dla roślin okrytonasiennych; wykształca się z zalążni słupka zwykle po procesie zapłodnienia (owoc rzeczywisty); w jego budowie mogą brać udział również inne części kwiatu, między innymi dno kwiatowe, takie owoce określa się **szupinkami** (np. owoc jabłoni *Malus sp.* – jabłko).



Owocnia (perykarp) - to zrosnięta ściana zalążni; otacza dojrzewające nasiona, często też bierze udział w ich rozsiewaniu.

Składa się z 3 warstw:

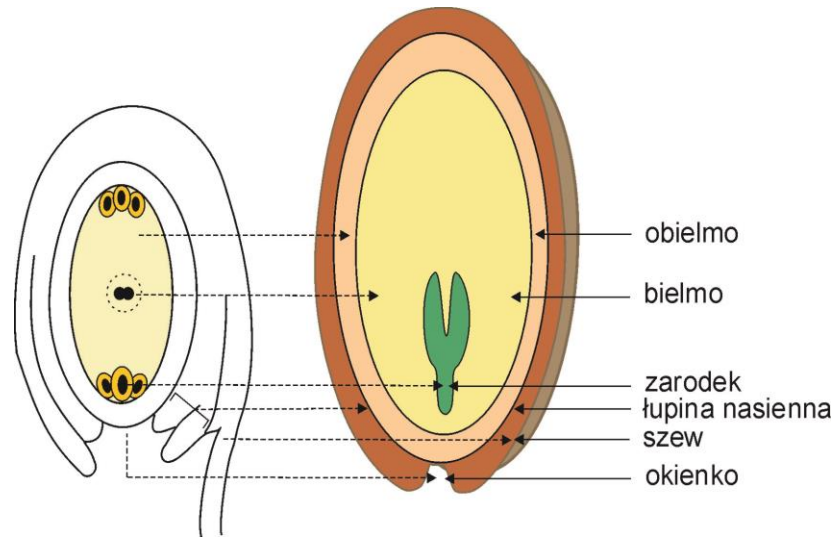
- zewnętrznej (egzokarp) - tworzy najczęściej skórkę owocu,
- środkowej (mezokarp) - w owocach mięsistych rozwija się w tkankę znacznej grubości,
- wewnętrznej (endokarp) - w niektórych owocach silnie drewnieje i tworzy pestkę, wewnątrz której leży nasienie (np. u śliwy domowej, moreli zwyczajnej, brzoskwini zwyczajnej).



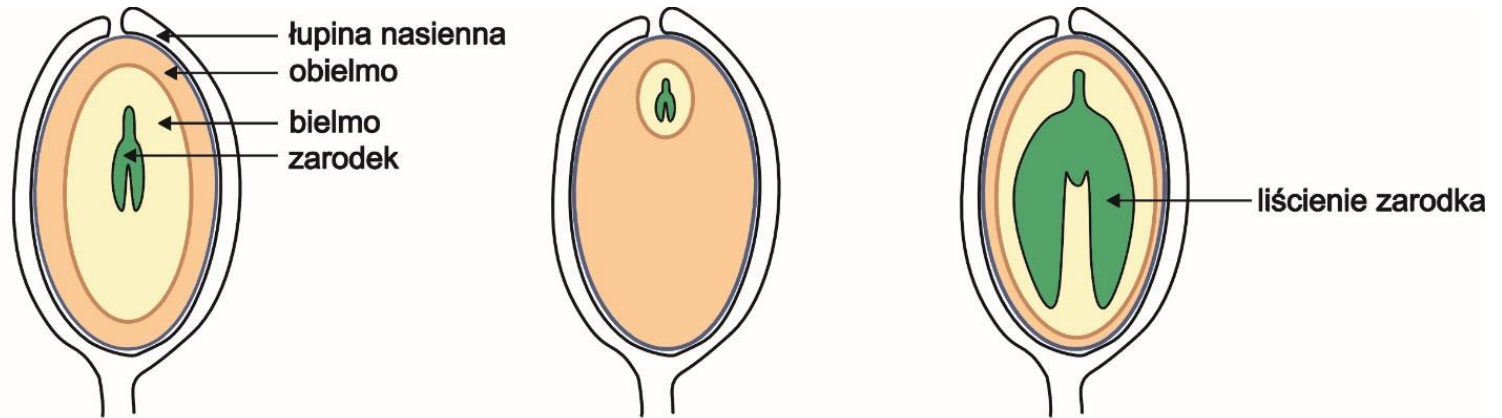
Nasiona są organami o charakterze przetrwalnikowym; służą do generatywnego rozmnażania roślin; rozwijają się poprzez **przekształcenie zalążków**, po uprzednim zapyleniu i podwójnym zapłodnieniu.

Typowe nasienie składa się z:

- **łupiny nasiennej** - rozwija się z przekształconych osłonek zalążka,
- diploidalnego **zarodka** - rozwija się z zapłodnionej komórki jajowej,
- **bielma** - powstaje z zapłodnionego jądra wtórnego woreczka zalążkowego.



Rodzaje nasion roślin okrytonasiennych:



nasionie bielkowe

nasionie obielkowe

nasionie bezbielkowe

Owoce

pod względem morfologicznym dzieli się na:

- pojedyncze
- zbiorowe
- owocostany

Owoce pojedyncze

powstają z **jednej zalążni**; jeśli w kwiecie występuje kilka słupków z każdego z nich może rozwinąć się pojedynczy owoc, np. u jaskrowatych;

Owoce pojedyncze mogą być:

- **suche** - owocnia w trakcie dojrzewania wysycha; dzieli się je na:
 - pękające - gdy dojrzała owocnia sama się otwiera i wysypuje nasiona,
 - niepękające - gdy dojrzała owocnia nie otwiera się, a nasienie odpada wraz z owocnią
- **mięsiste** - owocnia jest mięsista

Owoce pojedyncze **suche pękające:**

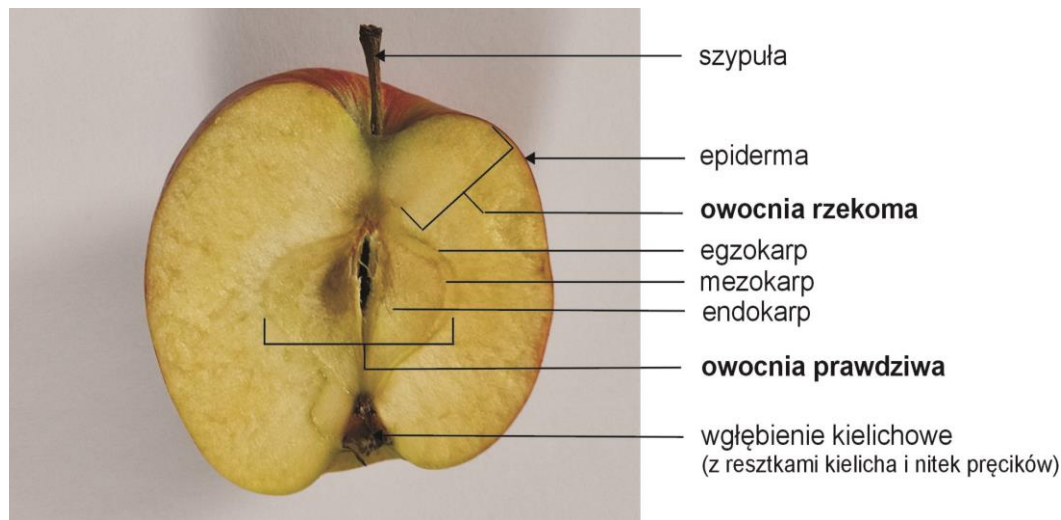
- mieszek
- strąk
- łuszczyzna i łuszczyńka
- torebka

Owoce pojedyncze **suche niepękające:**

- niełupka
- skrzydlak
- orzech
- orzeszek
- ziarniak
- rozłupnia

Owoce pojedyncze **mięsiste**:

- pestkowiec
- jagoda
- owoc typu jabłko – w budowie tego owocu bierze udział **dno kwiatowe**, z którego powstaje mięsista, jadalna część jabłka; wewnętrzna część i łuski otaczające nasiona powstają ze ścian zalążni i stanowią prawdziwy owoc.



Budowa owocu typu jabłko - jabłoń domowa,
przekrój podłużny.

Owoce zbiorowe:

- wielopestkowiec
- wieloorzeszkowiec

Owocostany





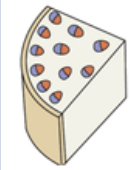
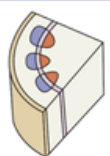




powstają z przekształcenia całych kwiatostanów, a w ich wytworzeniu oprócz zalążni wielu kwiatów mogą brać udział także dna kwiatowe, okwiat, liście przykwiatowe i osłona kwiatostanu.

- jagodostan
- owocostan pestkowcowy
- owocostan orzeszkowy

Ciekawostka

Drzewa bochenkowe *Artocarpus heterophyllus* rodzą jedne z największych owoców świata, mogą one ważyć nawet do 40 kg, osiągają 30-90 cm długości i 20-25 cm średnicy; powstają z wielu kwiatów osadzonych na wspólnej osi; zewnętrzna okrywa owocu jest tak twarda, że dojrzały owoc trzeba rąbać tasakiem, aby dostać się do jego wnętrza. Owoce nazywane jackfruit, bogate w skrobię i cukry, spożywane są na surowo lub w postaci dżemów. Drzewa bochenkowe rosną w Indiach, Malezji i Indonezji.



	Rośliny jednoliścienne	Rośliny dwuliścienne
zarodek	jeden liścień 	dwa liścienie 
liście	wydłużone, równowąskie unerwienie równoległe 	różne kształty unerwienie nieregularne, np. pierzaste, dłonaste 
łodyga	wiązki przewodzące rozproszone, kolateralne zamknięte brak kambium i przyrostu na grubość (wyjątek np. agawa, dracena) 	wiązki przewodzące ułożone pierścieniowo, kolateralne otwarte kambium i przyrost na grubość 
korzeń	system wiązkowy 	system palowy 
kwiaty	3-krotne, okwiat nieróżnicowany na kielich i koronę 	4- lub 5-krotne, okwiat różnicowany na kielich i koronę 

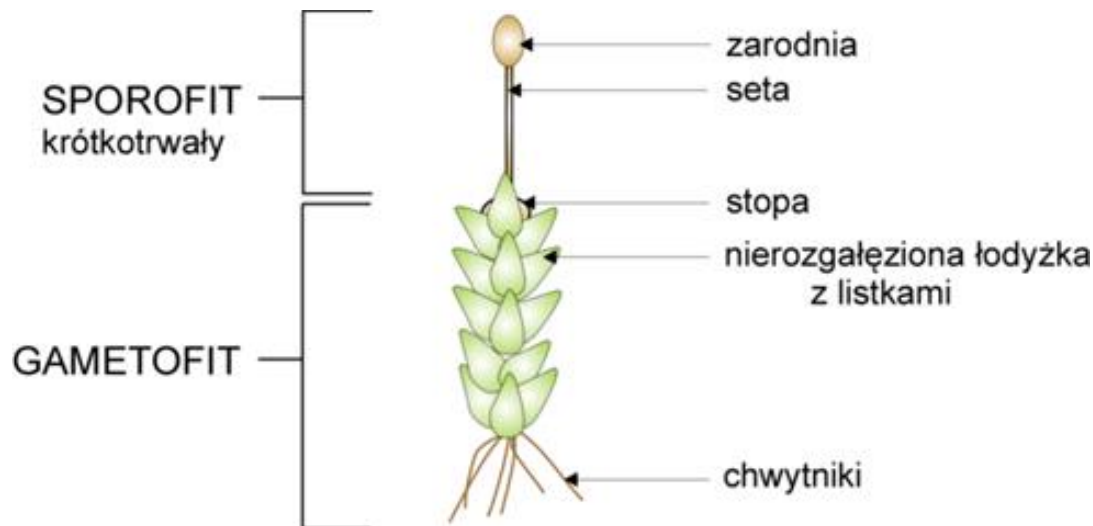
W odpowiedzi na pytania uczestników...

Ogólna charakterystyka mszaków

to rośliny lądowe, stojące na pograniczu plechowców i organowców.

Przemiana pokoleń:

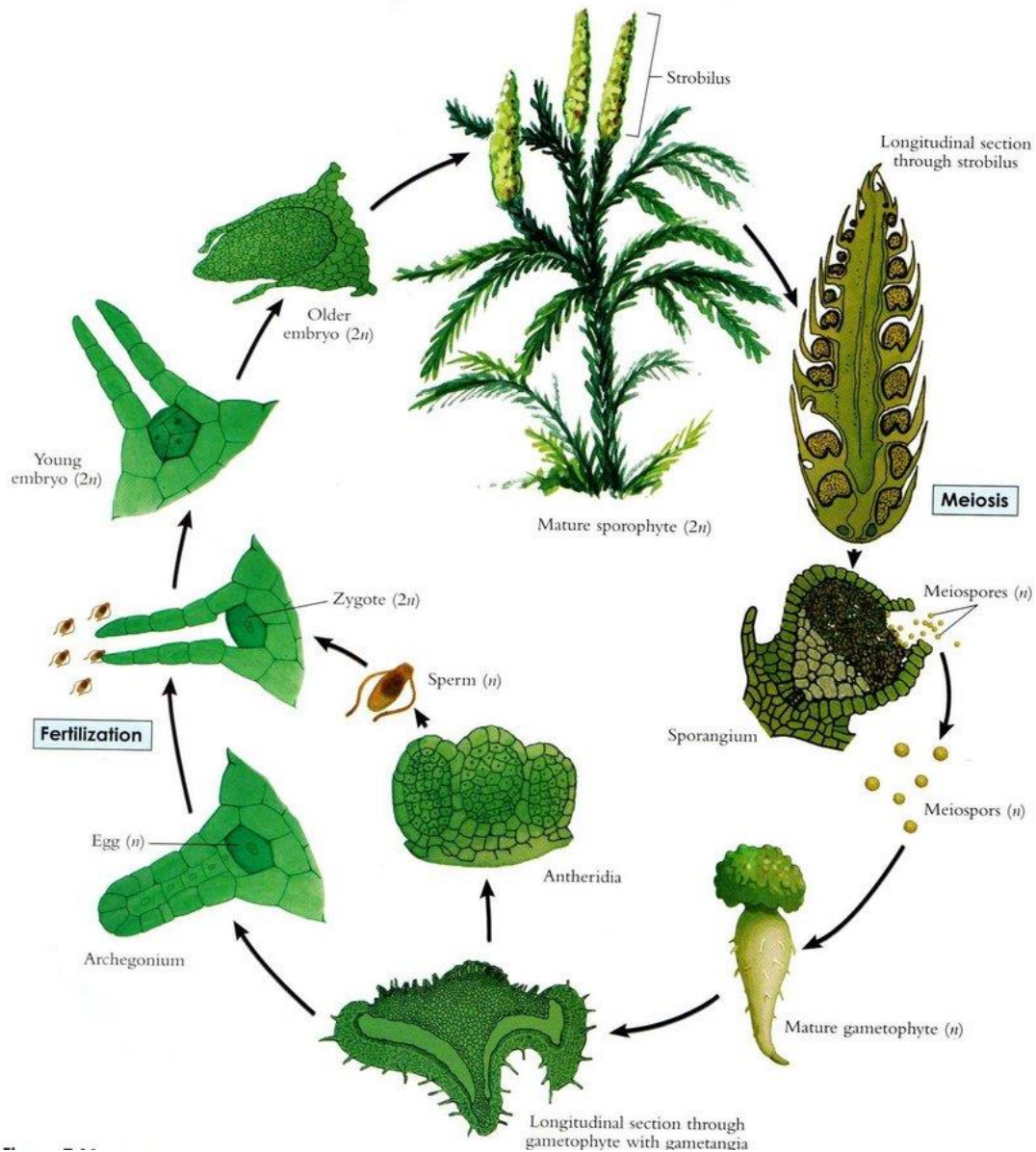
- ✓ **haploidalny gametofit** - pokolenie dominujące, **pliciowe, samożywne**; początkowo występuje w postaci splotka, a później **ulistnionej łodyżki (gametofor)**, przymocowanej do podłoża chwytnikami (ryzoidami; brak korzeni); liście niezróżnicowane; może być jednopienny lub dwupienny,
- ✓ **diploidalny sporofit** – wyrasta z gametofitu i **odżywia się jego kosztem**; składa się ze stopy i bezlistnej łodyżki - sety, na której szczycie znajduje się **zarodnia**; w niej powstają zarodniki; po wyprodukowaniu zarodników sporofit ginie.



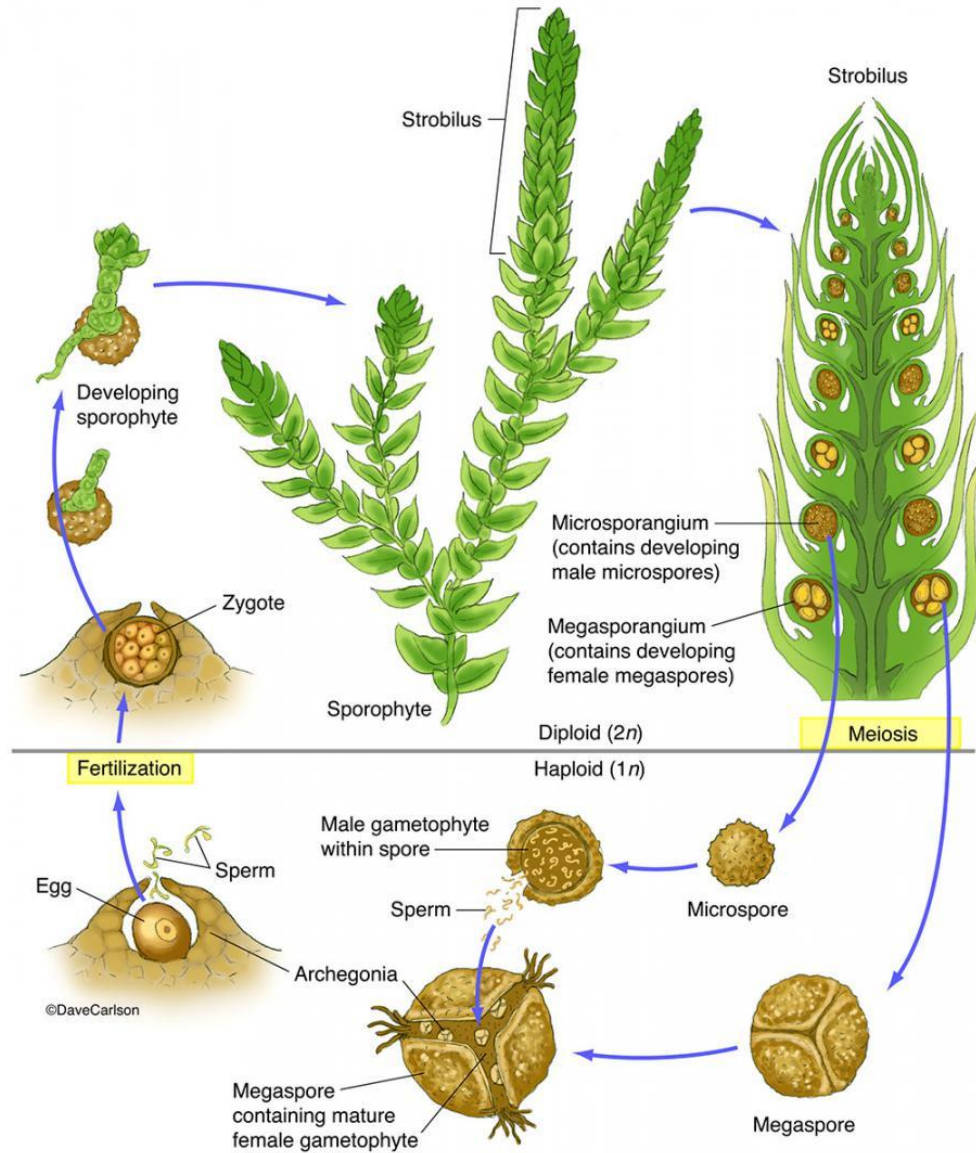
Charakterystyka ogólna widłakowych, skrzypowych i paprociowych

- ✓ typowe organowce zbudowane z łodygi w postaci kłaczy lub rozłogów, liści właściwych i korzeni przybyszowych
- ✓ liście zróżnicowane na **trofofile** (asymilacyjne) i **sporofile** (zarodnionośne - na nich powstają zarodnie z zarodnikami); zgrupowania sporofili to sporofilostany (kłosy zarodnionośne)
- ✓ w rozwoju **dominuje pokolenie bezpłciowe – diploidalny sporofit**
- ✓ gametofit niepozorny w postaci **przedrośla**; cudzożywny u widłaków i samożywny u skrzypowych i paprociowych
- ✓ zapłodnienie odbywa się na drodze oogamii z udziałem wody (podobnie jak u mszaków).

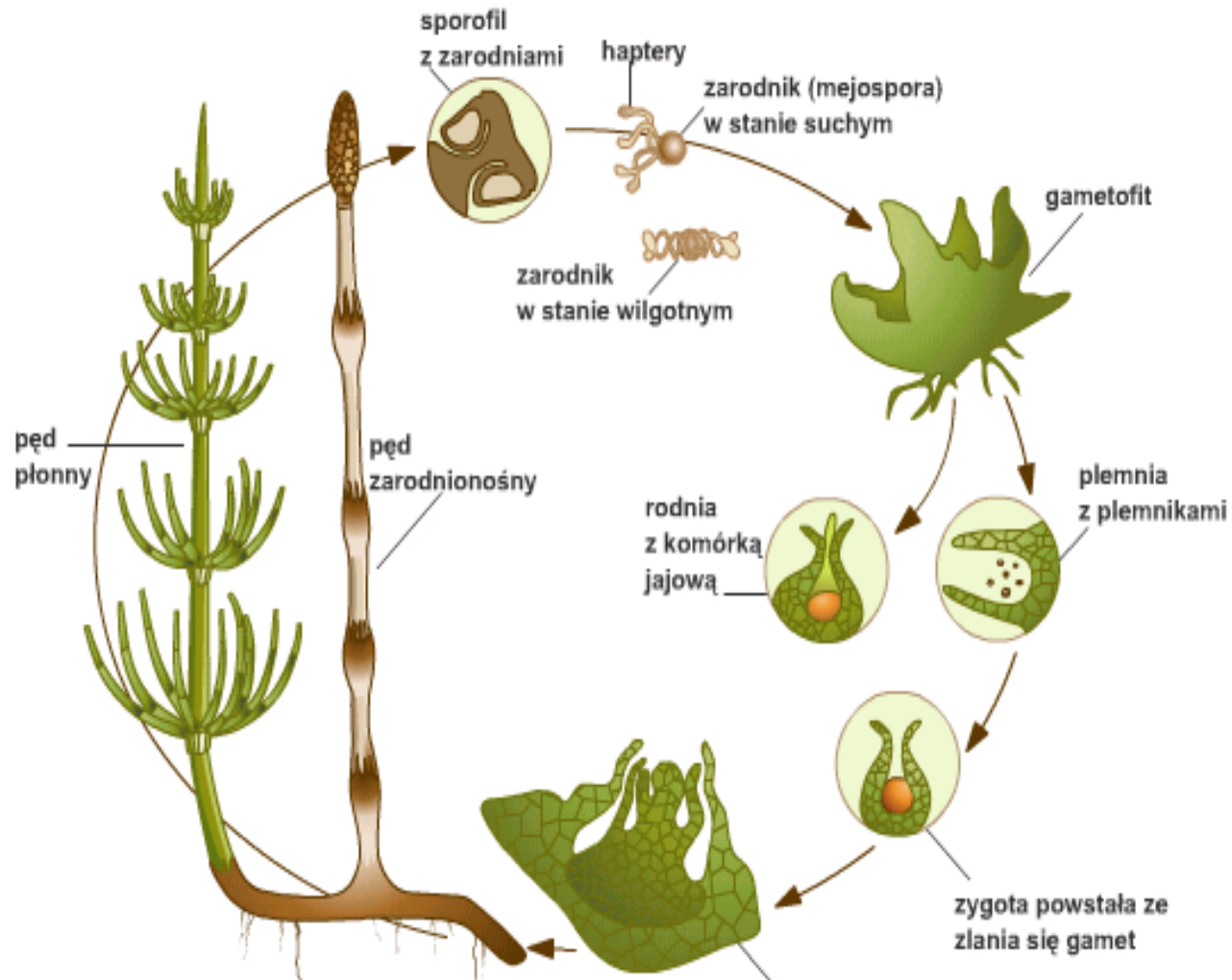
Cykl rozwojowy widłaków jednakozarodnikowych na przykładzie *Lycopodium clavatum*



Cykl rozwojowy widliczek na przykładzie *Selaginella selaginoides*



Cykl rozwojowy skrzypów na przykładzie *Equisetum arvense*



Cykl rozwojowy paproci na przykładzie *Dryopteris filix-mas*

