


Mitochondria i chloroplasty – organelle półautonomiczne

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Mitochondria i chloroplasty – organelle półautonomiczne

W komórkach eukariotycznych występują półautonomiczne błoniaste organelle komórkowe: mitochondria i chloroplasty. Nie są w pełni samodzielne, ponieważ częściowo zależą od jądra komórkowego.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Półautonomiczne organelle namnażają się niezależnie od podziałów komórki, jednak zgodnie z jej potrzebami. Choć zawierają rybosomy i materiał genetyczny, nie są w pełni samodzielne – wytwarzają własne białka, lecz jednocześnie są zależne od jądra komórkowego.

Twoje cele

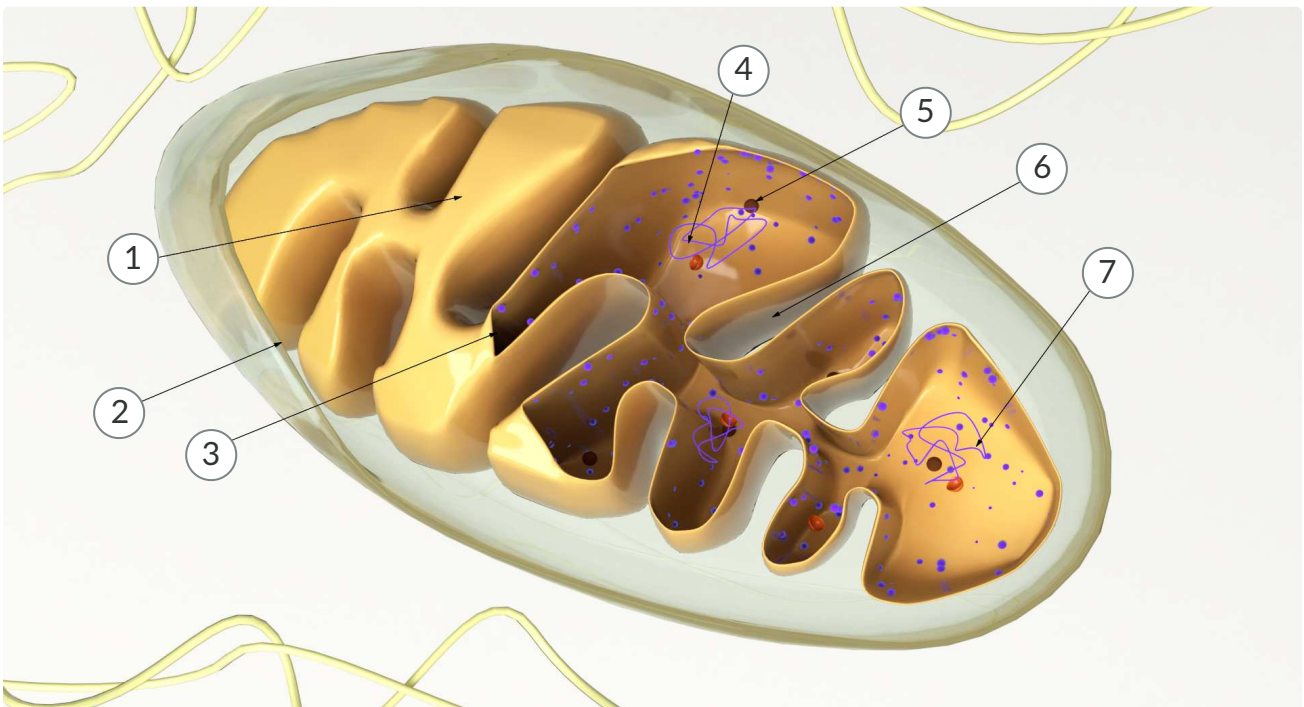
- Wykażesz, że mitochondria i chloroplasty to organelle półautonomiczne.
- Omówisz mechanizm powstania mitochondriów i chloroplastów.
- Wymienisz dowody na endosymbiotyczne pochodzenie mitochondriów i chloroplastów.

Przeczytaj

Mitochondria i chloroplasty – organelle półautonomiczne

[Mitochondria](#) i [chloroplasty](#) to duże, dobrze widoczne w mikroskopie świetlnym organelle komórkowe obecne w komórkach organizmów eukariotycznych.

Mitochondria występują w komórkach roślin, zwierząt i grzybów oddychających tlenowo, natomiast chloroplasty – w samożywnych, fotosyntetyzujących komórkach roślin i protistów roślinopodobnych. Obie organelle mają wiele cech wspólnych, które dotyczą nie tylko budowy, ale również procesów zachodzących w ich wnętrzu.



1

Grzebień mitochondrium

Pofałdowania błony wewnętrznej mitochondrium, na terenie których znajdują się białka przenośnikowe biorące udział w transporcie elektronów i protonów H^+ niezbędnych do wytworzenia ATP.

2

Błona zewnętrzna

Błona oddzielająca mitochondriom od cytozolu. Jest bardziej przepuszczalna niż błona wewnętrzna. Występuje w niej więcej lipidów, w tym cholesterolu, niż w błonie wewnętrznej.

3

Błona wewnętrzna

Silnie pofałdowana błona tworząca grzebień.

4

Matrix

Przestrzeń mitochondrialna o konsystencji żelu, zwana także macierzą.

5

Rybosomy 70S

Ziarniste struktury zbudowane z rRNA i białek, na terenie których zachodzi synteza białek mitochondrialnych.

6

Przestrzeń międzybłonowa

Przestrzeń między błoną zewnętrzną a wewnętrzną.

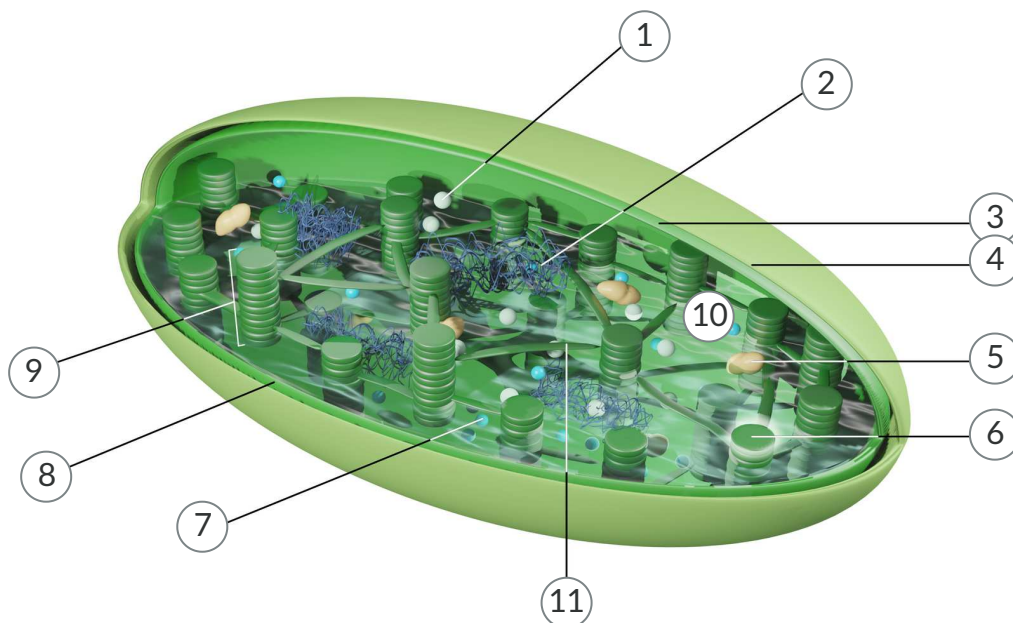
7

mtDNA (DNA mitochondrialne)

Zazwyczaj koliste cząsteczki DNA, które zawierają od kilkunastu tysięcy (zwierzęta) do kilkunastu milionów (rośliny) par zasad i występują w liczbie od kilku (zwierzęta) do kilkudziesięciu (rośliny) kopii na organelę.

Budowa mitochondrium.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.



1

Skrobia asymilacyjna

Polimer złożony z cząsteczek glukozy połączonych wiązaniami α -glikozydowymi, pełniący w roślinach rolę magazynu energii.

2

DNA

Cząsteczka DNA w chloroplastach u roślin ma formę kolistą. Zawiera około 100 genów. Poznanie sekwencji nukleotydów chloroplastowego DNA oraz porównanie jej z sekwencją DNA sinic wykazało liczne podobieństwa, co stało się ważnym dowodem wspierającym teorię endosymbiozy.

3

Błona wewnętrzna – słabo przepuszczalna

Wewnętrzna błona chloroplastu; jest słabo przepuszczalna i wytwarza liczne wypustki nazywane tylakoidami.

4

Błona zewnętrzna – dobrze przepuszczalna

Błona biologiczna dobrze przepuszczająca jony.

5

Krople lipidów

Inaczej plastoglobule; występują we wszystkich plastydach, w stromie, w postaci kulistych, nieobłonionych, osmofilnych ciał.

6

Tylakoid gran

Tylakoid to pęcherzykowata struktura zawierająca chlorofil. W błonach tylakoidów zachodzi faza jasna fotosyntezy, podczas której powstają NADPH, ATP oraz tlen.

7

Rybosomy typu prokariotycznego 70 S

Rybosomy zbudowane są z rRNA i białek. Ich funkcją jest produkowanie białek na potrzeby procesów metabolicznych zachodzących w chloroplastach.

8

Przestrzeń międzybłonowa

Przestrzeń pomiędzy błoną wewnętrzną i błoną zewnętrzną.

9

Granum

Zwarty stos spłaszczonych tylakoidów zawierający chlorofil.

10

Stroma

Płynne wnętrze chloroplastu, w którym zachodzi cykl Calvina-Bensona.

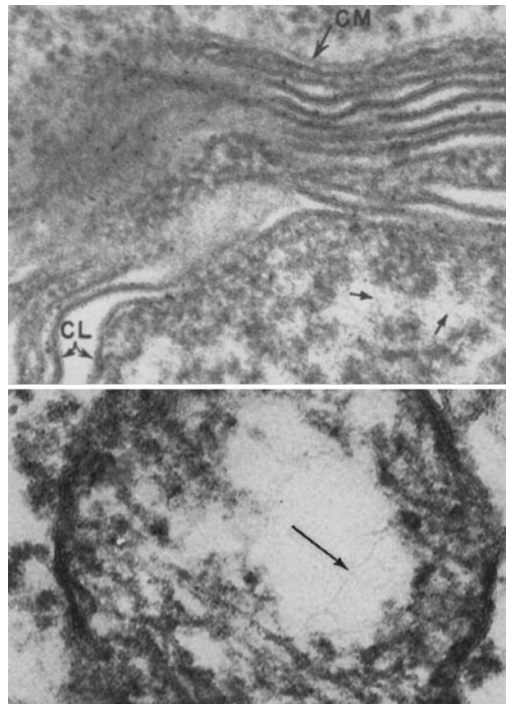
11

Tylakoid stromy

Budowa chloroplastu.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Zarówno mitochondria, jak i chloroplasty otoczone są podwójną błoną białkowo-lipidową o różnej przepuszczalności: błona zewnętrzna jest gładka, a wewnętrzna tworzy pofałdowania i ogranicza wewnętrzną przestrzeń, wypełnioną koloidem o konsystencji żelu. Organelle te zawierają rybosomy 70S, na których odbywa się synteza polipeptydów mitochondrialnych i chloroplastowych. Mają także własny pozajądrowy materiał genetyczny, w postaci kolistej, nagiej (nieosłoniętej żadną błoną), dwuniciowej cząsteczki kwasu deoksyrybonukleinowego ([DNA](#)).



Strzałkami zaznaczono włókienka DNA zaobserwowane po raz pierwszy w chloroplastach (górne zdjęcie) i mitochondriach (dolne zdjęcie). W 1963 r. odkryto obecność DNA pozajądrowego (w chloroplastach i mitochondriach) przymocowanego do błon wewnętrznych, a 30 lat później wykazano, że ten materiał genetyczny ulega powieleniu (replikacji).

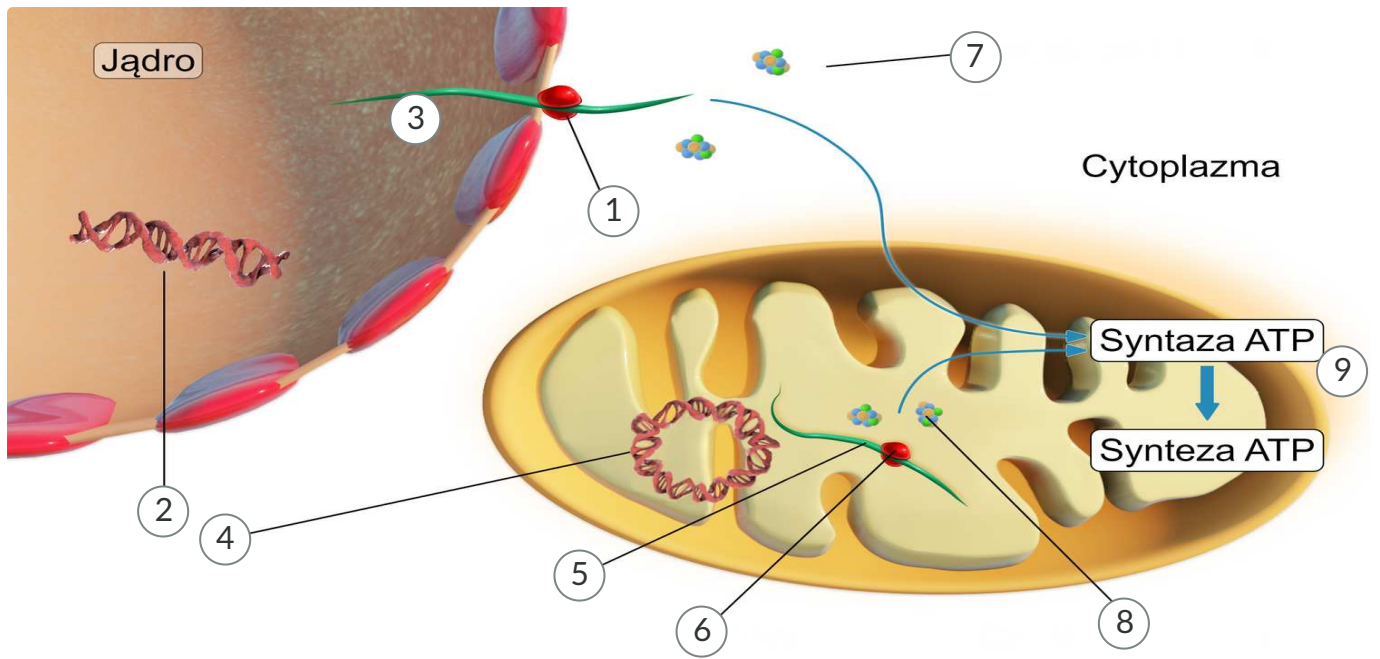
Źródło: © 1982 Hans Ris, Walter Plaut, originally published in "Journal of Cell Biology",

<https://doi.org/10.1083/jcb.13.3.383>, © 1983 Margit K. Nass, Sylvan Nass, originally published in "Journal of Cell Biology",

<https://doi.org/10.1083/jcb.19.3.593>, © 2005 William A. Wells, originally published in "Journal of Cell Biology",

<https://doi.org/10.1083/jcb1686fta2>, licencja: CC BY-NC-SA 4.0.

Obecność rybosomów i materiału genetycznego umożliwia prowadzenie w mitochondriach i chloroplastach procesów, dzięki którym organelle te są zdolne do częściowo samodzielnego funkcjonowania. Nie jest to jednak całkowita autonomia. Wprawdzie namnażają się one niezależnie od podziałów komórki, w której się znajdują, a ich materiał genetyczny ulega replikacji, ale do przebiegu tych i innych procesów potrzebują białek strukturalnych i enzymatycznych. Mitochondria i chloroplasty wytwarzają tylko 10% własnych białek; resztę – powstałą na matrycy [DNA](#) jądrowego – importują z cytoplazmy.



1

Rybosom 80S

2

DNA jądrowe

3

mRNA powstające w jądrze komórkowym

4

DNA mitochondrialne

5

mRNA powstające w mitochondrium

6

Rybosom 70S

7

Cząsteczki białek

8

Cząsteczki białek

9

Syntaza ATP to enzym odpowiedzialny za syntezę ATP, występuje w błonie wewnętrznej mitochondrium

Do wytworzenia mitochondrialnej syntazy ATP mitochondria potrzebują cząsteczek białek powstałych zarówno w cytoplazmie, jak i mitochondrium.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

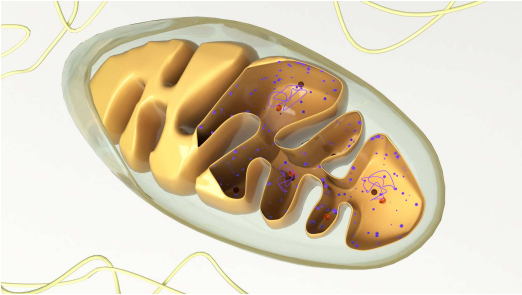
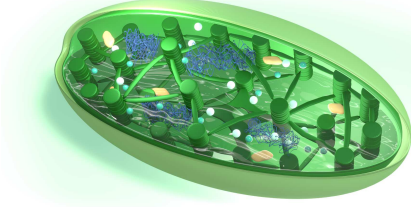
We wnętrzu mitochondriów i chloroplastów zachodzą też podobne procesy: replikacji (powielania) DNA oraz syntezy [ATP](#), który stanowi magazyn energii biologicznie użytecznej.

Mitochondria są miejscem, w którym zachodzi tlenowe oddychanie komórkowe. W procesie tym związek organiczny ulega w obecności tlenu rozłożeniu do dwutlenku węgla i wody. Stopniowo uwalniana w tej reakcji energia jest wykorzystywana do syntezy ATP.

W chloroplastach zachodzi proces fotosyntezy, podczas którego z dwutlenku węgla i wody, przy udziale energii światła słonecznego, powstają związki organiczne, a jako produkt uboczny wydziela się tlen. Synteza związków organicznych w chloroplastach jest poprzedzona syntezą ATP.

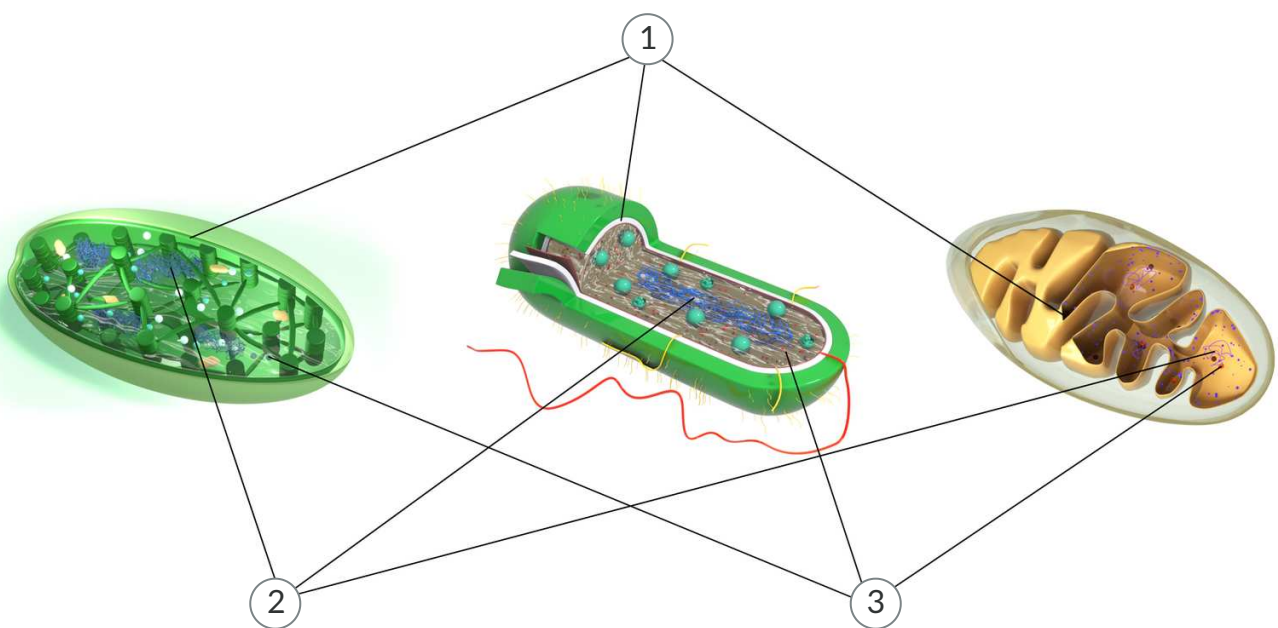


Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Cechy odróżniające mitochondria od chloroplastów	Mitochondria  <small>Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.</small>	Chloroplasty  <small>Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.</small>
Występowanie	we wszystkich komórkach eukariotycznych oddychających tlenowo	w samożywnych fotosyntetyzujących komórkach roślin i protistów roślinopodobnych
Kształt	fasoli	dysku

Funkcja	biorą udział w oddychaniu komórkowym – przekształcają energię wiązań chemicznych związków organicznych w energię wiązań ATP	biorą udział w fotosyntezie – przekształcają energię słoneczną w energię wiązań chemicznych związków organicznych
Tlen	zużywają	uwalniają
Dwutlenek węgla	uwalniają	zużywają

Mitochondria i chloroplasty wykazują wiele cech wspólnych z bakteriami. Faktycznie funkcjonują one podobnie do samodzielnych, wolno żyjących komórek bakteryjnych: przemieszczają się, zmieniają kształt, dzielą się lub ulegają fuzji. Zbliżone do bakterii są także rozmiarem. Tak jak one otoczone są błoną białkowo-lipidową. Wewnętrzna błona mitochondriów i chloroplastów tworzy pofałdowania, a strukturą i składem chemicznym przypomina błonę komórek bakteryjnych. W obu organellach występują zbliżone do bakteryjnych rybosomy 70S (mitochondrialne rybosomy ssaków mają wielkość 55S). Z kolei materiał genetyczny stanowi zamknięta kolistą, niczym nieosłoniętą cząsteczkę DNA, która nie zawiera odcinków niekodujących (intronów) i nie wiąże się z białkami histonowymi. W obu organellach zachodzi synteza białek. Podobny jest także sposób namnażania przez podział: mitochondria i chloroplasty nigdy nie powstają *de novo*, a jedynie z wcześniej istniejących organelli.



1

Błona białkowo-lipidowa o podobnej budowie

2

Koliste DNA, bez intronów, niezwiązane z histonami

3

Rybosomy 70S

Mitochondria i chloroplasty wykazują wiele cech wspólnych z komórkami bakterii.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Endosymbioza

Podobieństwo mitochondriów i chloroplastów do komórek bakterii jest jednym z dowodów na teorię [endosymbiozy](#), która wyjaśnia powstanie i ewolucję komórek eukariotycznych.

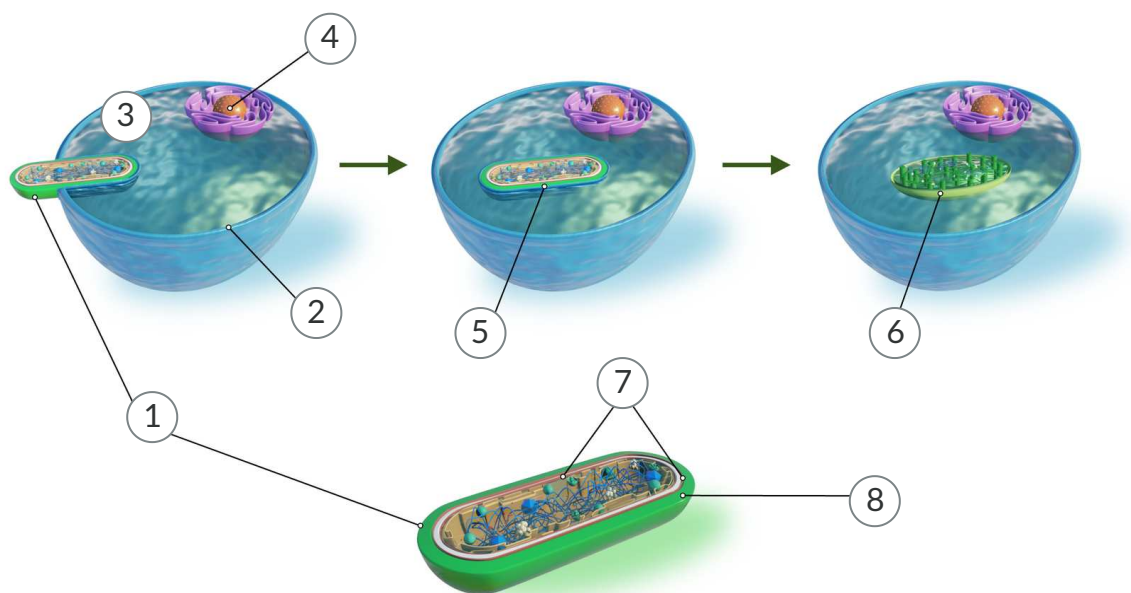
Teoria endosymbiozy zakłada, że mitochondria i chloroplasty były odrębnymi, samodzielnie żyjącymi organizmami. Około 1,5 mld lat temu [proteobakterie](#), które miały zdolność wytwarzania energii w reakcjach oddychania tlenowego, zostały pochłonięte na drodze [fagocytozy](#) przez cudzożywną komórkę praeukariotyczną. Podobny los spotkał zdolne do fotosyntezy [cyjanobakterie](#). Pochłonięte organizmy nie uległy jednak strawieniu, a żyły w komórce gospodarza i razem z nim się namnażały. Tak wykształcił się układ oparty na symbiozie.

Dzięki symbiozie z potomkami proteobakterii gospodarz mógł żyć w warunkach tlenowych i korzystać z energii uwalnianej w procesie oddychania tlenowego. Z kolei endosymbionty pochodzące od fotosyntetyzujących cyjanobakterii pozwalały mu korzystać z energii światła słonecznego do pozyskiwania pożywienia. W zamian endosymbionty miały zapewnione stabilne warunki środowiska oraz ochronę przed czynnikami zewnętrznymi.

Z czasem pochłonięte organizmy zostały zasymilowane i utraciły zdolność do samodzielnego życia. Wiele ich genów zanikło, a część została przeniesiona do jądra gospodarza (w chloroplastach z 3 tys. genów pozostało tylko ok. 130). W ten sposób oddychające tlenowo i fotosyntetyzujące bakterie zostały przekształcone w półautonomiczne organelle komórkowe: mitochondria i chloroplasty.

Naukowcy uważają, że [endosymbioza](#) miała charakter seryjny. Jako pierwsze powstały mitochondria – przemawia za tym powszechność ich występowania w komórkach eukariotycznych. Chloroplasty wykształciły się później.

Pierwotna endosymbioza



1

Sinica (cyjanobakteria)

Prokariotyczny jednokomórkowiec przeprowadzający fotosyntezę.

2

Błona komórkowa

3

Komórka praeukariotyczna

4

Jądro komórkowe

5

Błona fagosomalna

Fragment błony komórkowej komórki gospodarza, który otacza organizm pobrany na drodze fagocytozy.

6

Chloroplast otoczony dwiema błonami
(endosymbiont pierwotny)

7

Błona komórkowa sinicy

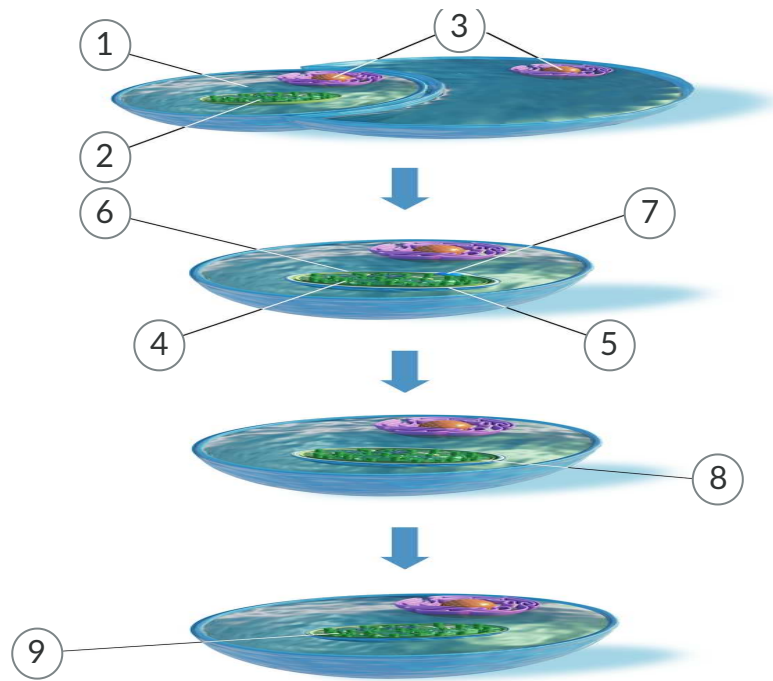
8

Ściana peptydoglikanowa

Chloroplasty, które są otoczone dwiema błonami, powstały na drodze endosymbiozy pierwotnej w wyniku sfagocytowania fotosyntetyzującej komórki sinicy (cyjanobakterii) przez cudzożywną komórkę eukariotyczną. Błona wewnętrzna chloroplastu jest błoną sinicy (cyjanobakterii), zaś błona zewnętrzna to błona komórki gospodarza.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wtórna endosymbioza



1

Komórka eukariotyczna (endosymbiont wtórny)

2

Plastyd dwubłonowy (endosymbiont pierwotny)

3

Jądro komórkowe

4

Plastyd czterobłonowy (endosymbiont wtórny)

5

Błona fagosomalna

6

Błona komórkowa endosymbionta wtórnego

7

Nukleomorf

8

Błona fagosomalna

9

Plastyd trójbłonowy

Plastydy protistów roślinopodobnych, np. brunatnic, powstały na drodze endosymbiozy wtórnej, przez pochłonięcie komórki eukariotycznej, która wcześniej weszła w symbiozę z fotosyntezującymi bakteriami. Świadczyć o tym może obecność trzech lub czterech błon otaczających plastydy takich protistów.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ciekawostka

Zjawisko [endosymbiozy](#) występuje również współcześnie. Jednokomórkowa *Hatena arenicola* to wiciowiec bytujący na japońskich plażach. Żyje ona w symbiozie z jednokomórkowym protistem *Nephroselmis*, który nadaje jej zielone zabarwienie. Endosymbiont wykazuje inne cechy niż forma wolno żyjąca. Część jego organelli zanika (jądro komórkowe zostaje), [plastydy](#) się powiększają i funkcjonuje on jako receptor światła w fototaksjach *Hatena arenicola*.

Słownik

ATP

adenozynotrifosforan – organiczny związek chemiczny uwalniający energię w czasie hydrolizy wysokoenergetycznych wiązań między resztami fosforanowymi; stanowi formę energii użytecznej biologicznie

chloroplast

organelle obecna w fotosyntetyzujących komórkach roślin i protistów roślinopodobnych; w jej wnętrzu zachodzi fotosynteza, czyli synteza związków organicznych z CO₂ i H₂O przy udziale energii światła słonecznego

cyjanobakterie

sinice (*Cyanophyta*, *Cyanobacteria*) – gromada organizmów samożywnych zaliczanych do prokariotów

DNA

kwask deoksyrybonukleinowy – związek chemiczny zbudowany z nukleotydów, zdolny do replikacji, będący nośnikiem informacji genetycznej

endocytoza

pobieranie cząsteczek pokarmowych do wnętrza komórki przez tworzenie pęcherzyków z błony komórkowej

endosymbioza

proces, w którym organizm jednokomórkowy (endosymbiont) zostaje pochłonięty przez inny organizm jednokomórkowy (gospodarza) i żyje z nim na zasadzie obustronnych korzyści, a następnie w procesie ewolucji może stać się jego organelą

eukarioty

organizmy, których komórki zawierają jądro komórkowe

fagocytoza

typ endocytozy, w której komórka pobiera duże cząstki pokarmowe

mitochondrium

organelle w komórce eukariotycznej; zachodzi w niej proces tlenowego oddychania komórkowego

nukleomorf

organella komórkowa przypominająca jądro komórkowe występujące w chloroplastach niektórych protistów

plastydy

organelle otoczone podwójną błoną białkowo-lipidową, zawierające własne DNA i rybosomy, mające zdolność do samoreplikacji; przykładem plastydów są chloroplasty

prokarioty

organizmy pozbawione jądra komórkowego oraz organelli błoniastych; należą do nich archeony i bakterie

proteobakterie

grupa bakterii Gram-ujemnych mających dodatkową zewnętrzną błonę komórkową

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną, a następnie wykonaj polecenia.

Schemat teorii endosymbiozy pierwotnej.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 2

Polecenie 3

Polecenie 4

Polecenie 5

Polecenie 6

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1

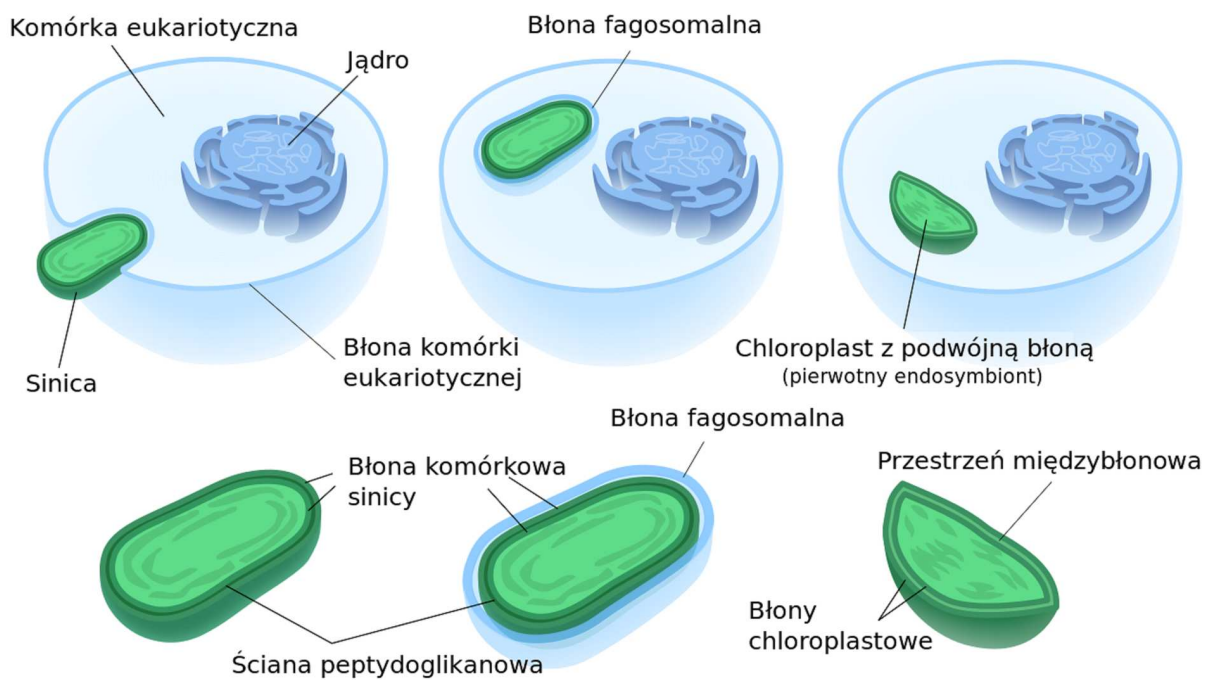


Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Informacja do ćwiczeń 7 i 8

Drapieżny orzęsek *Myrionecta rubra* żywi się protistami *Geminigera cryophila*, jednak plastydy i jądra komórkowe wchłoniętych protistów nie ulegają strawieniu. Plastydy przeprowadzają proces fotosyntezy, a zawarte w nich barwniki nadają orzęskom czerwone zabarwienie. Ponadto na podstawie informacji genetycznej zapisanej w DNA jądrowym tych protistów zachodzi synteza białek potrzebnych plastydom do fotosyntezy. Jądra komórkowe zjedzonych organizmów nie mogą się jednak dzielić i mniej więcej po miesiącu giną. Bez białek syntetyzowanych na podstawie DNA jądrowego pochłonięte plastydy przestają funkcjonować. Orzęsek zaczyna więc polować na kolejną ofiarę.

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Agnieszka Pieszalska

Przedmiot: biologia

Temat: Mitochondria i chloroplasty – organelle półautonomiczne

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

II. Komórka. Uczeń:

- 8) opisuje budowę mitochondriów i plastydów ze szczególnym uwzględnieniem chloroplastów; dokonuje obserwacji mikroskopowych plastydów w materiale biologicznym;
- 9) przedstawia argumenty przemawiające za endosymbiotycznym pochodzeniem mitochondriów i chloroplastów;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- wykazuje, że mitochondria i chloroplasty to organelle półautonomiczne;
- omawia mechanizm powstawania mitochondriów i chloroplastów;
- wymienia dowody na endosymbiotyczne pochodzenie mitochondriów i chloroplastów.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- kolektywizm;
- nauczanie wyprzedzające.

Metody i techniki nauczania:

- pogadanka;
- kula śniegowa;
- plakat;
- analiza tekstu źródłowego.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z dostępem do internetu;

- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- trzy arkusze papieru A1, flamastry.

Przed lekcją

1. Nauczyciel prosi uczniów o przygotowanie informacji na temat budowy, występowania oraz funkcji chloroplastów i mitochondriów.

Przebieg zajęć

Faza wstępna

1. Nauczyciel zadaje pytania:
 - W jakich komórkach występują chloroplasty i mitochondria?
 - Jaką funkcję w komórce pełnią chloroplasty i mitochondria?
2. Uczniowie przypominają budowę komórki roślinnej i zwierzęcej, zwracając uwagę na chloroplasty i mitochondria.
3. Nauczyciel podaje cele lekcji i formułuje jej temat.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel zadaje pytanie: „Czym są organelle półautonomiczne?”. Uczniowie indywidualnie udzielają odpowiedzi na kartkach, następnie tworzą pary, a potem pary łączą się w czwórki – za każdym razem uczniowie ustalają wspólną odpowiedź. Każda z grup prezentuje swoją definicję na forum klasy, po czym klasa ustala jedną wspólną definicję organeli półautonomicznych.
2. Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy – każda będzie miała za zadanie przygotować plakat na jeden z tematów:
 - grupa I: cechy wspólne mitochondriów i chloroplastów;
 - grupa II: różnice między mitochondriami a chloroplastami;
 - grupa III: endosymbioza.

3. Nauczyciel rozdaje grupom arkusze papieru A1 i flamastry. Uczniowie w grupach przygotowują plakaty.
4. Liderzy zespołów, zaczynając od grupy I, podchodzą do tablicy, zawieszają swój plakat i omawiają dane zagadnienie.
5. Nauczyciel wyświetla tabelę zawartą w e-materiale dotyczącą porównania mitochondriów i chloroplastów.
6. Uczniowie w razie potrzeby uzupełniają informacje na plakacie.
7. Nauczyciel prosi o zapoznanie się z grafiką interaktywną zawartą w e-materiale. Uczniowie wykonują ćwiczenia od 2 do 5.

Faza podsumowująca

1. Nauczyciel podsumowuje pracę grup.
2. Nauczyciel zapisuje na tablicy słowa „mitochondria” i „chloroplasty”. Uczniowie losują karteczki samoprzylepne z opisem cech mitochondriów i chloroplastów (materiały pomocnicze). Jeżeli opis dotyczy jednej z organelli, przyklejają kartkę pod właściwą nazwą; jeżeli obu – przyklejają kartkę między dwoma nazwami.

Praca domowa:

Wykonaj ćwiczenia interaktywne nr 1 i od 6 do 8 zawarte w e-materiale.

Materiały pomocnicze

Załącznik 1. Cechy organelli.

Plik o rozmiarze 14.48 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Grafika interaktywna powinna zostać wykorzystana w fazie realizacyjnej lekcji. Można ją także wykorzystać podczas przygotowania ucznia do lekcji.