KURS

„BIOLOGIA POD KLUCZ"

ORGANELLA OTOCZONE DWIEMA BŁONAMI

Prezentacja jest chroniona prawnie przed kopiowaniem bez pisemnej zgody autora i stanowi „utwór" i w myśl Ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 1994 r., Nr 24, poz. 83 z późn. zm.).

PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



1. Przedstawia budowę jądra komórkowego i jego rolę w funkcjonowaniu komórki.

2. Opisuje budowę mitochondriów i plastydów ze szczególnym uwzględnieniem chloroplastów; dokonuje obserwacji mikroskopowych plastydów w materiale biologicznym.

3. Przedstawia argumenty przemawiające za endosymbiotycznym pochodzeniem mitochondriów i chloroplastów.

! POD KLUCZ !



Dlaczego błędne jest sformułowanie:

„mitochondrium, chloroplast i jądro komórkowe są otoczone podwójną błoną ”?

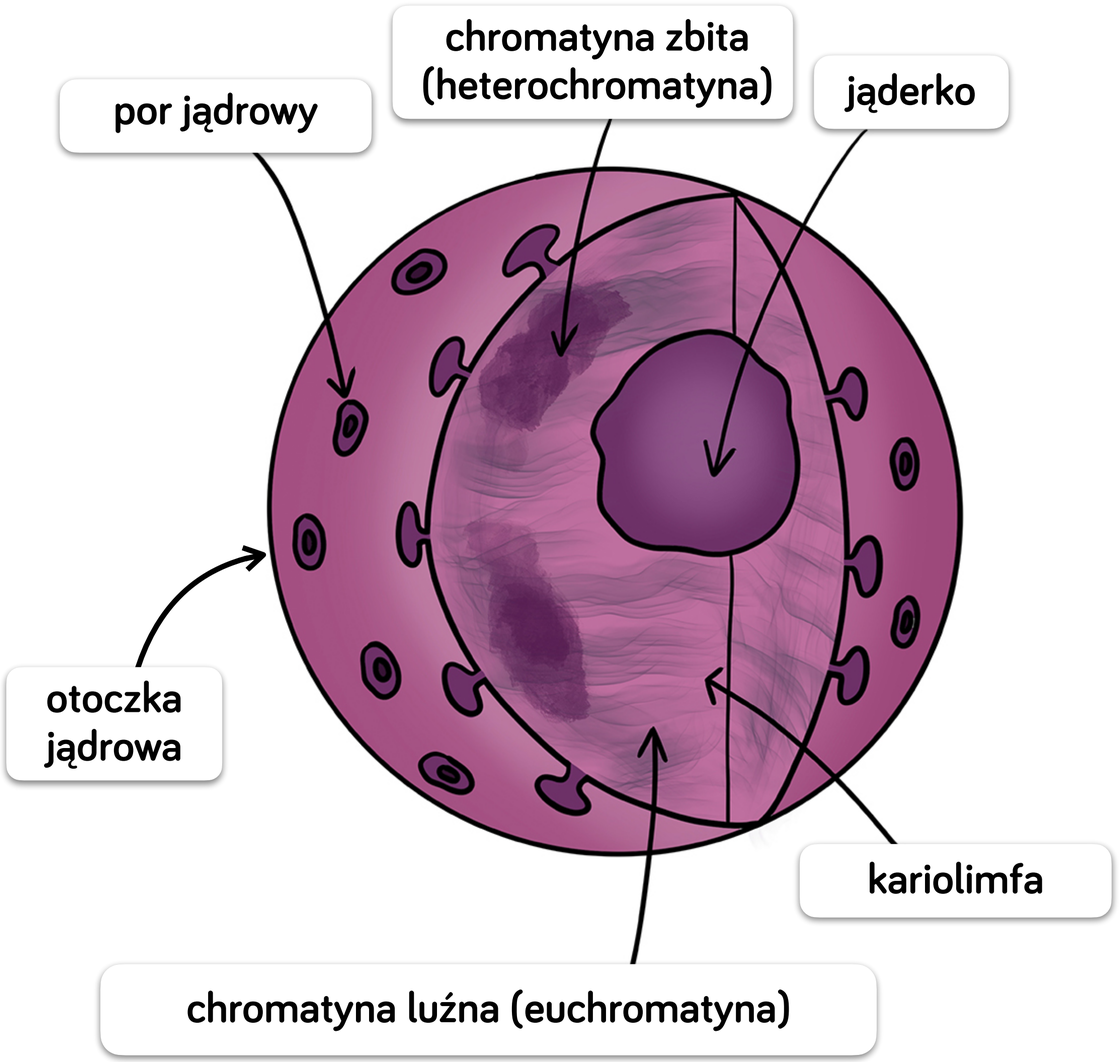
Określenie „podwójna błona” oznacza ciągle jedną błonę, tylko składającą się z dwóch elementów. Przykładowo podwójny mur to nie to samo co dwa mury. Podwójny mur to ciągle jeden mur, ale zbudowany z dwóch warstw cegieł. Natomiast dwa mury są oddzielone od siebie pewną przestrzenią, tak samo jak dwie błony otaczające te organella.

Poprawne sformułowanie brzmi:

„mitochondrium, chloroplast i jądro komórkowe są otoczone dwiema błonami”.

JĄDRO KOMÓRKOWE

BUDOWA JĄDRA KOMÓRKOWEGO



Jądro komórkowe najczęściej jest *kuliste* i położone **centralnie** w komórce. Zazwyczaj w komórce występuje **jedno** jądro, ale bywają komórki **wielojądrowe** (komórczaki).

Jądro komórkowe zbudowane jest z **otoczki jądrowej**. Wnętrze jądra komórkowego wypełnia **kariolimfa**, w której zawieszony jest materiał genetyczny w postaci **chromatyny**. Wewnątrz jądra komórkowego znajduje się także **jąderko**.

CHROMATYNA



Chromatyna składa się przede wszystkim z **DNA** związanego z **białkami histonowymi** (mają one charakter zasadowy). Zawartość histonów jest stała i charakterystyczna dla danego gatunku.

Dodatkowymi składnikami chromatyny są: **białka niehistonowe** i **RNA** - ich ilość zależy od aktywności metabolicznej komórki.

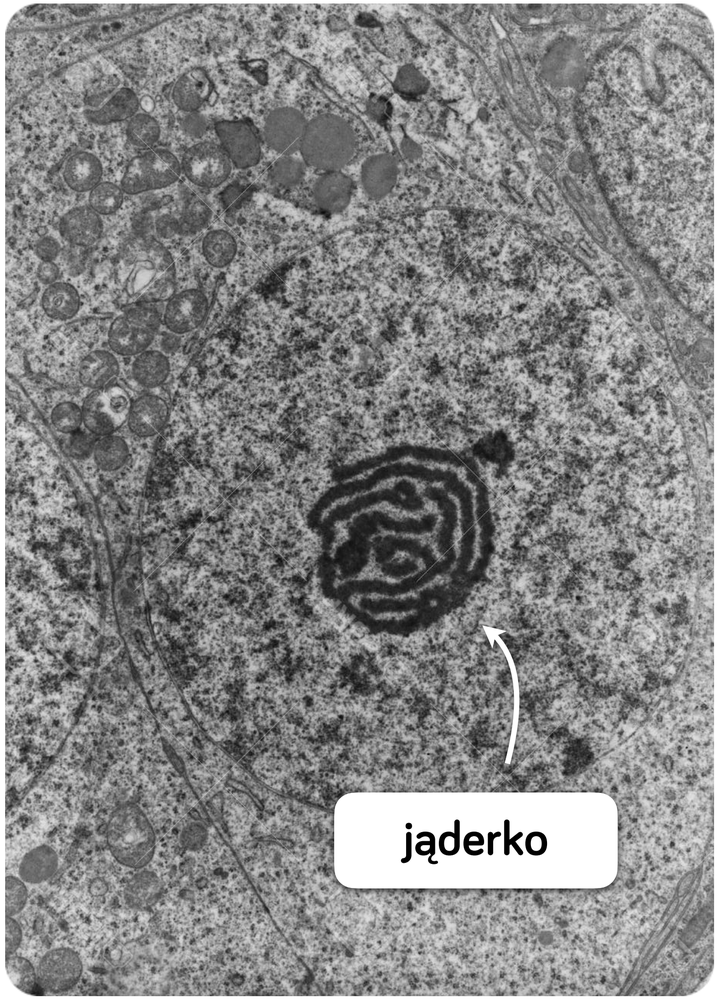
W zależności od stopnia skręcenia chromatyna występuje w postaci:

- zbitej **heterochromatyny** (nieaktywnej genetycznie)
- luźnej **euchromatyny** (aktywnej genetycznie)

JĄDERKO

Jąderko jest najbardziej widocznym elementem w niedzielącej się komórce. W jądrze komórkowym zazwyczaj występuje **jedno** jąderko, ale może być ich **więcej**. Jąderko nie jest oddzielone od pozostałych składników **żadną błoną**, a także nie występuje w komórkach, które nie syntetyzują białek, np. w plemnikach.

Funkcją jąderka jest **synteza rRNA**, które po połączeniu z białkami przetransportowanymi z cytoplazmy tworzy **podjednostki rybosomów**. Te z kolei przemieszczają się do cytoplazmy przez **pory jądrowe**, gdzie tworzą **rybosomy** w procesie **biosyntezy białka.**

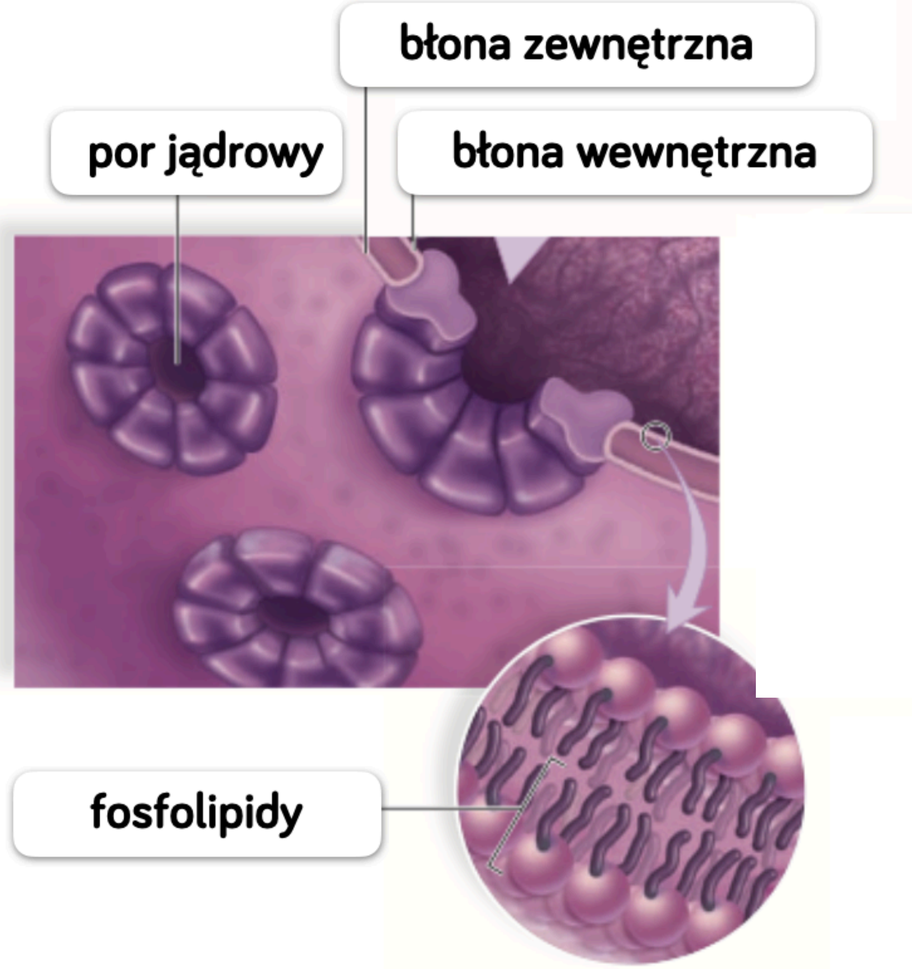


OTOCZKA JĄDROWA

Otoczka jądrowa składa się z dwóch błon:

- błony **zewnętrznej**,
- błony **wewnętrznej**.

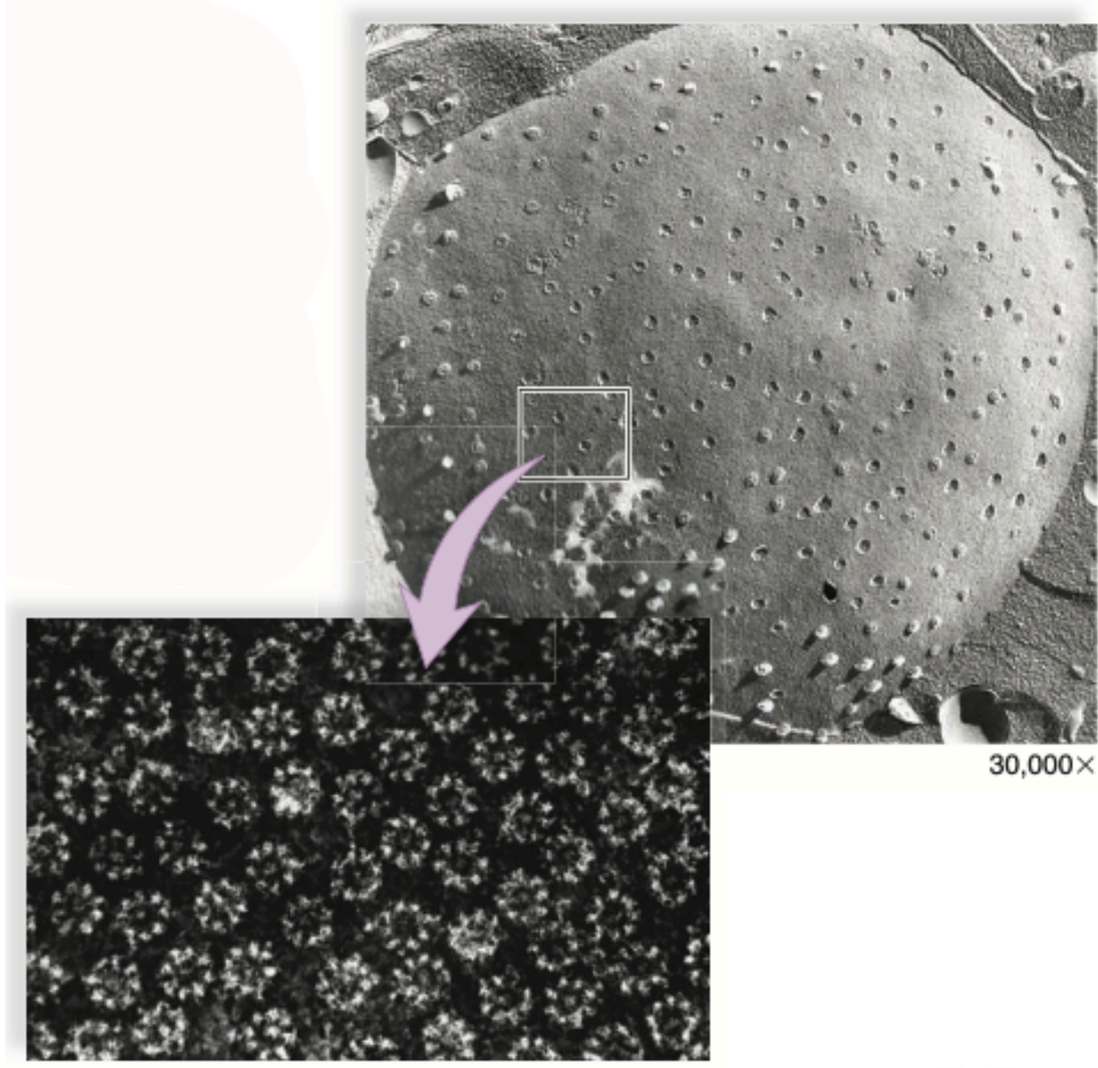
Każda z nich zbudowana jest z dwuwarstwy fosfolipidów. Błony te jednak różnią się między sobą: wewnętrzna jest **gładka**, a zewnętrzna połączona z **rybosomami** i przechodzi w **szorstką siateczkę śródplazmatyczną**.



PORY JĄDROWE

Błona jądrowa jest **nieprzepuszczalna** dla większości cząsteczek, dlatego obecne są w niej **pory jądrowe**.

Są to kanały przechodzące przez obie błony, umożliwiające **transport jonów i innych cząstek**. Ich liczba jest **zmienna** i zależy od **aktywności metabolicznej komórki**.



TRANSPORT JĄDROWY



Z jądra komórkowego do cytozolu transportowane są:

mRNA, tRNA, podjednostki rybosomów (rRNA łączy się z białkami w jądrze komórkowym)

Z cytozolu do jądra komórkowego transportowane są:

białka histonowe, enzymy, wolne nukleotydy, ATP, kompleks białko-hormon steroidowy

Pamiętaj: DNA nigdy nie opuszcza jądra komórkowego!

? WYKAŻ ZWIĄZEK ... ?



Wykaż związek pomiędzy aktywnością metaboliczną komórki a zwiększoną liczbą porów w otoczce jej jądra komórkowego.

.....

.....

.....



AKTYWNOŚĆ METABOLICZNA → ENZYMY!

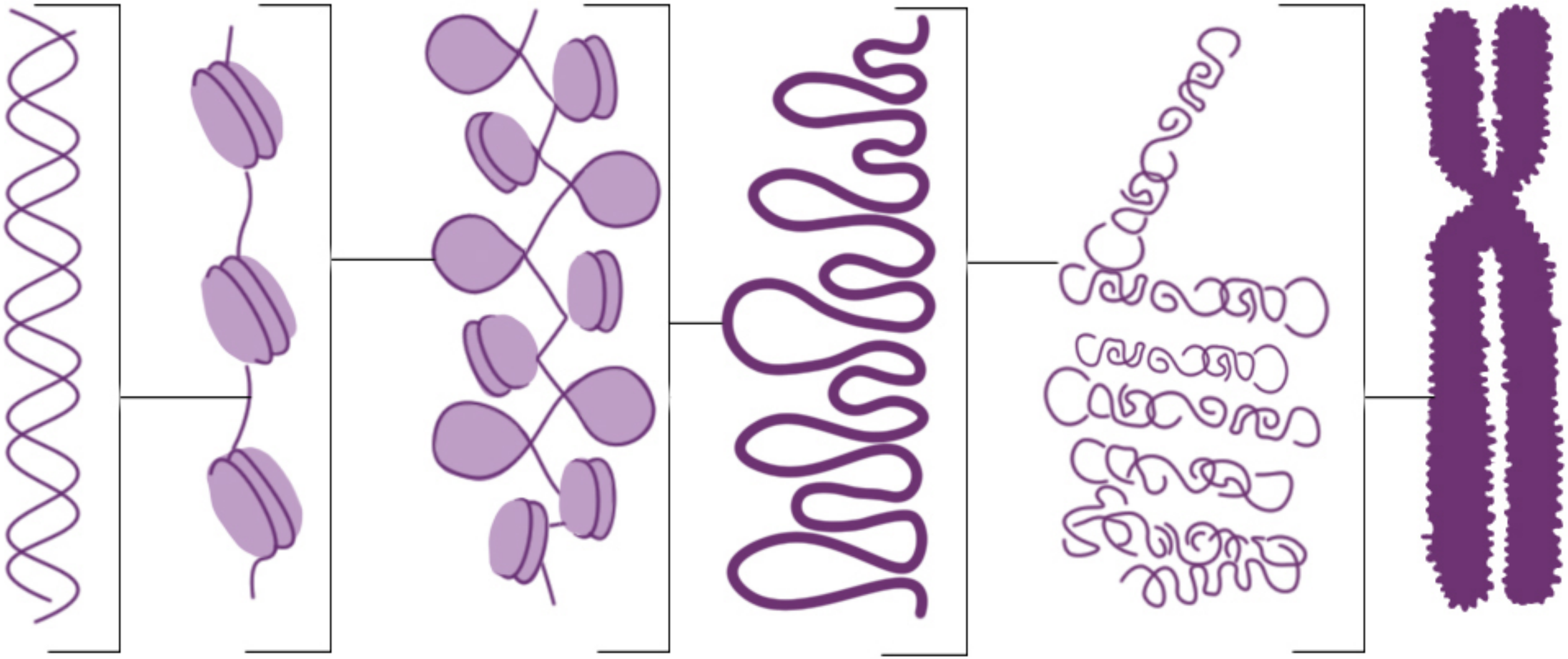
? WYKAŻ ZWIĄZEK ... ?



Wykaż związek pomiędzy aktywnością metaboliczną komórki a zwiększoną liczbą porów w otoczce jej jądra komórkowego.

Im wyższa aktywność metaboliczna komórki, tym jest więcej porów w otoczce jądrowej, ponieważ komórka ta syntezuje dużą ilość **białek enzymatycznych**, a do ich produkcji niezbędne są substancje powstające w jądrze komórkowym (mRNA, tRNA, podjednostki rybosomów), które do cytoplazmy transportowane są przez pory jądrowe. Duża ilość porów jądrowych umożliwia wydajny transport tych związków.

UPAKOWANIE DNA W JĄDRZE KOMÓRKOWYM



DNA

nukleosomy

włókna chromatyny 30 nm

fragment chromosomu w formie rozproszonej

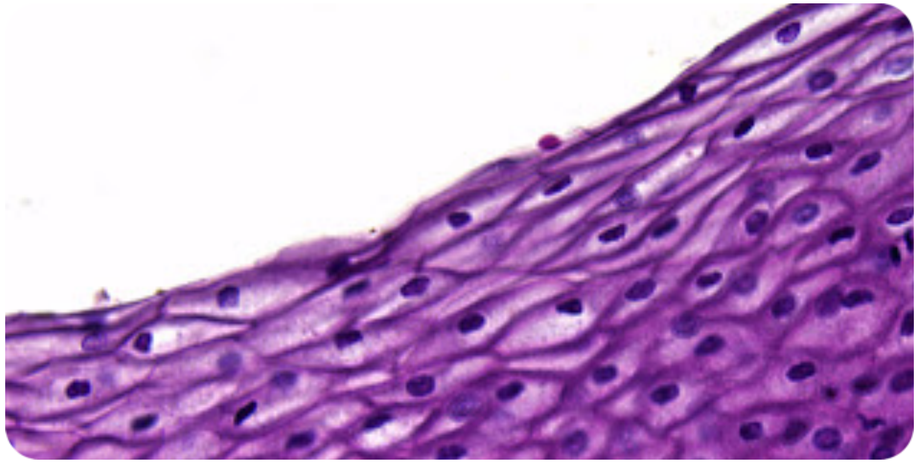
fragment chromosomu w formie skondensowanej

chromosom

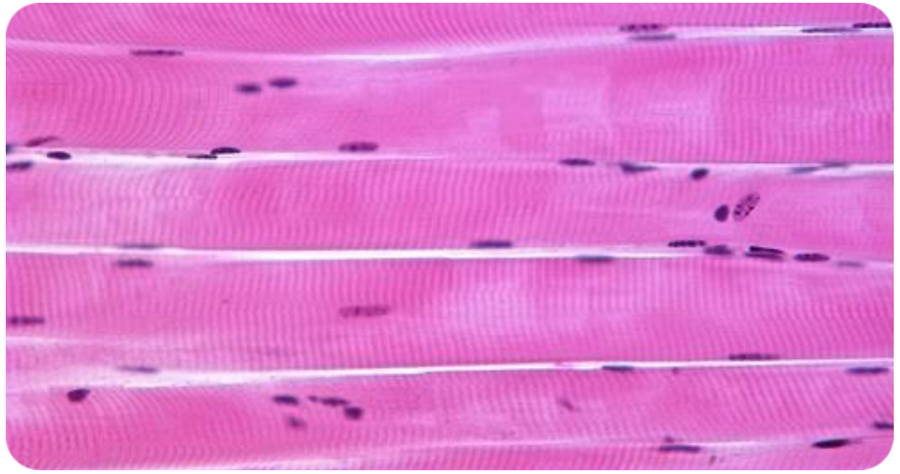
LICZBA JĄDER KOMÓRKOWYCH

Komórki zazwyczaj posiadają **jedno** jądro komórkowe, ale istnieją komórki, które mają ich **więcej**.

Liczba jąder komórkowych w komórce zależy od **aktywności metabolicznej** komórki. Im wyższa **aktywność**, tym **liczba** jąder komórkowych jest **większa**. Dla przykładu: komórki naskórka są znacznie mniej aktywnie metabolicznie od włókien mięśniowych, więc mają jedno jądro komórkowe. We włóknach mięśniowych jąder komórkowych jest wiele.



komórki naskórka



włókna mięśniowe

! POD KLUCZ !



Dlaczego błędne jest sformułowanie:

„komórka zwykle ma jedno jądro”?

Jądro to gonada męska, w której powstają plemniki. Natomiast organellum obecne w komórce to jądro komórkowe.

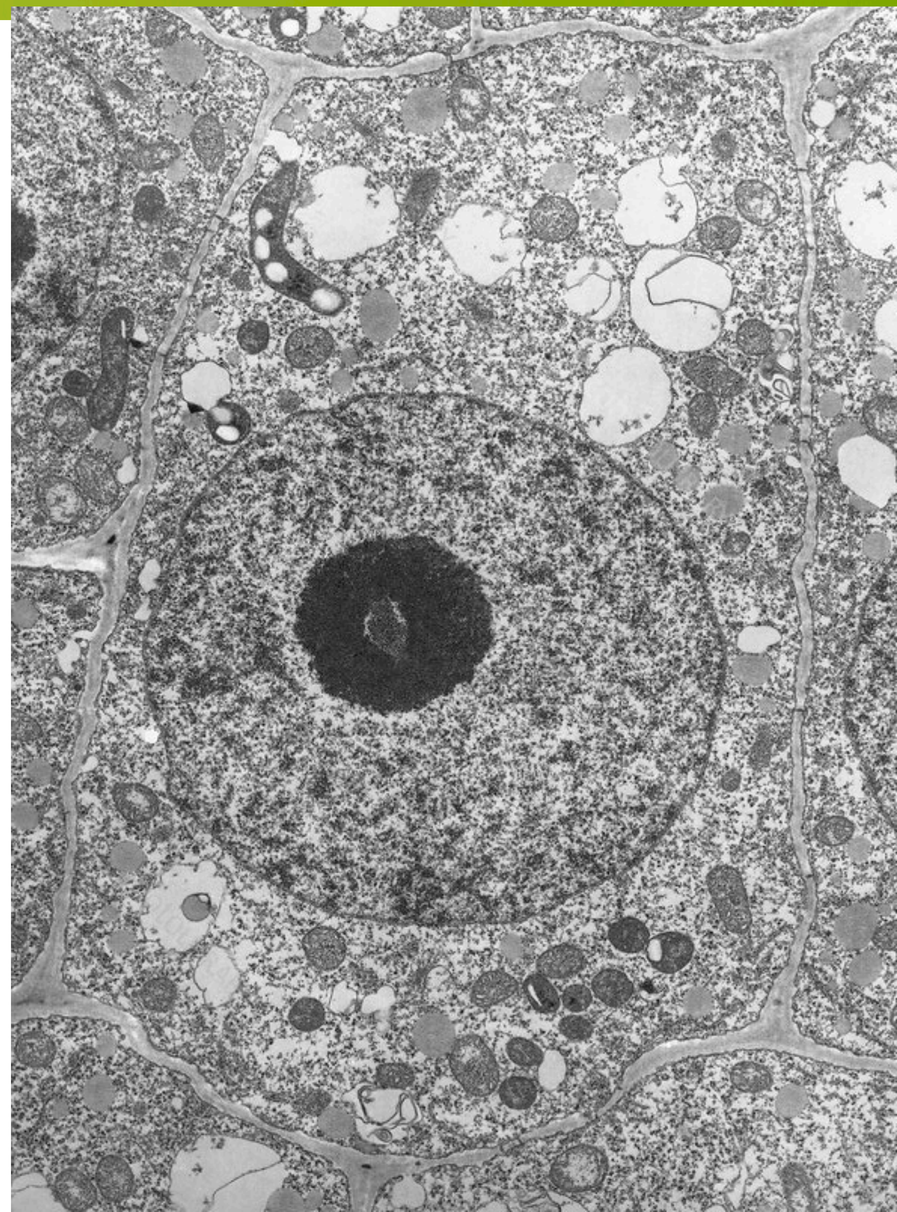
Poprawne sformułowanie brzmi:

„komórka zwykle ma jedno jądro komórkowe”.

FUNKCJE JĄDRA KOMÓRKOWEGO

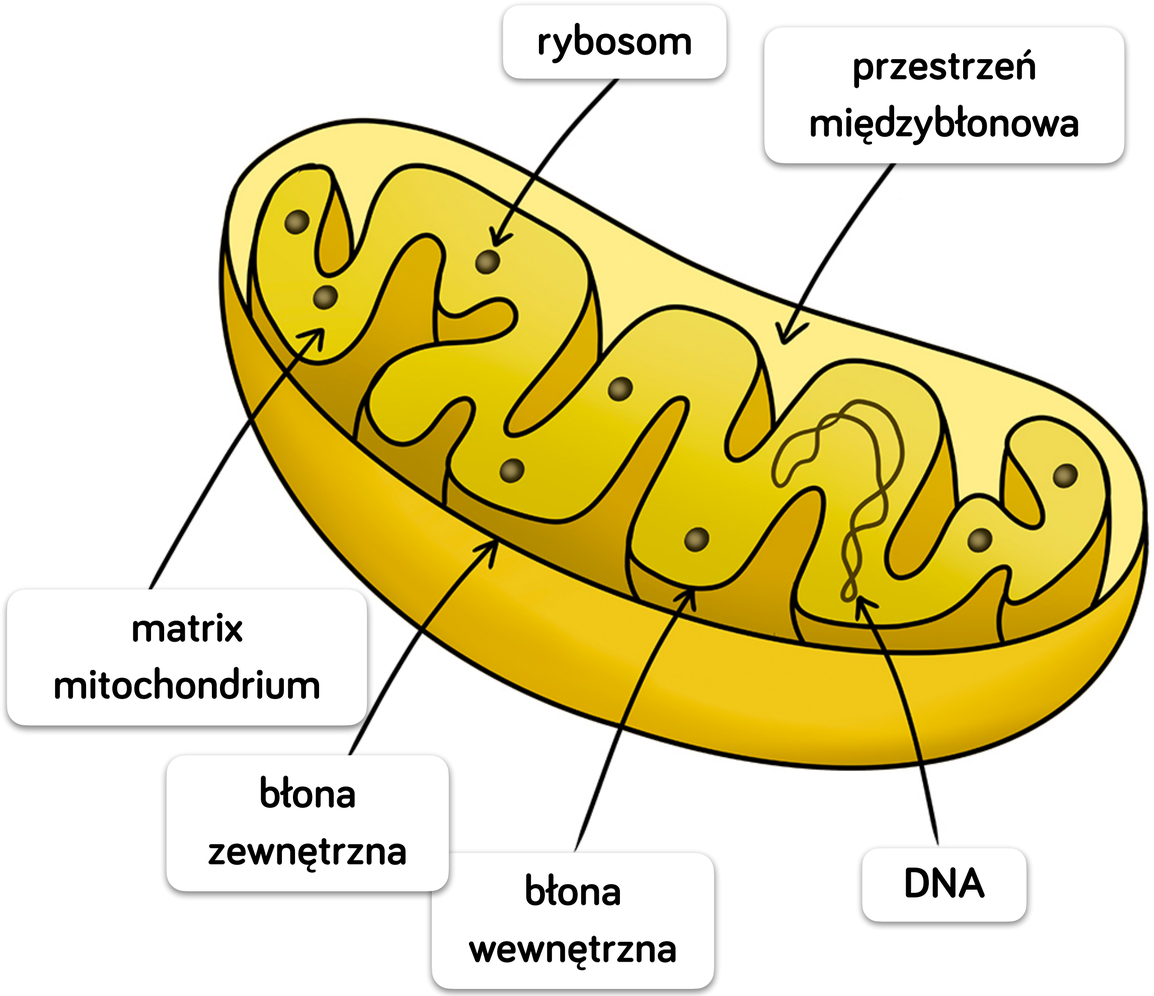
- warunkuje i reguluje procesy metaboliczne - **odpowiada za większość procesów życiowych komórki**
- przechowuje **informację genetyczną**
- bierze udział w **podziałach komórkowych** - przekazywanie DNA komórkom potomnym

Podsumowując jądro komórkowe stanowi centrum zarządzania komórki.



MITOCHONDRIUM

BUDOWA MITOCHONDRIUM



Mitochondria to owalne lub cylindryczne organella komórkowe. Mitochondrium składa się z dwóch błon:

- błony **zewnętrznej**,
- błony **wewnętrznej**.

Pomiędzy nimi występuje **przestrzeń międzybłonowa** (perimitochondrialna).

Wnętrze mitochondrium wypełnia **matrix** (macierz) mitochondrium.

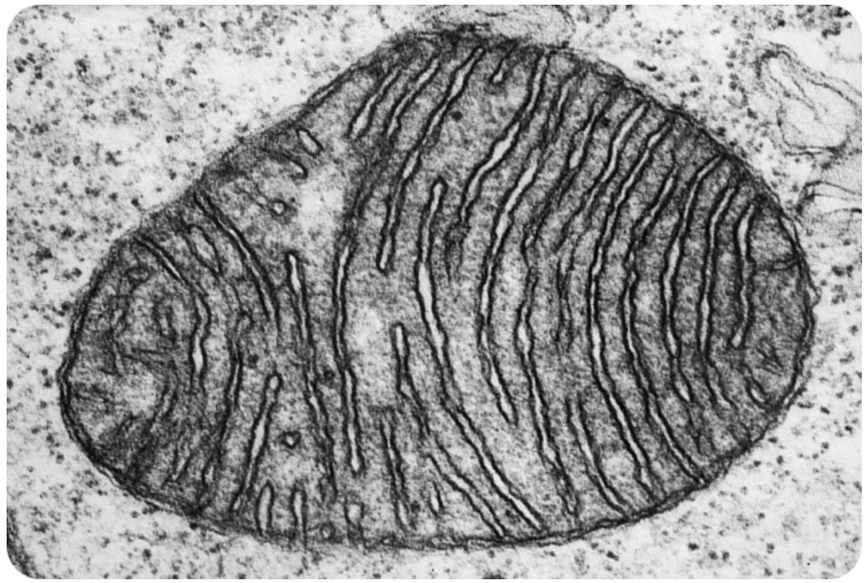
BŁONA ZEWNĘTRZNA MITOCHONDRIUM



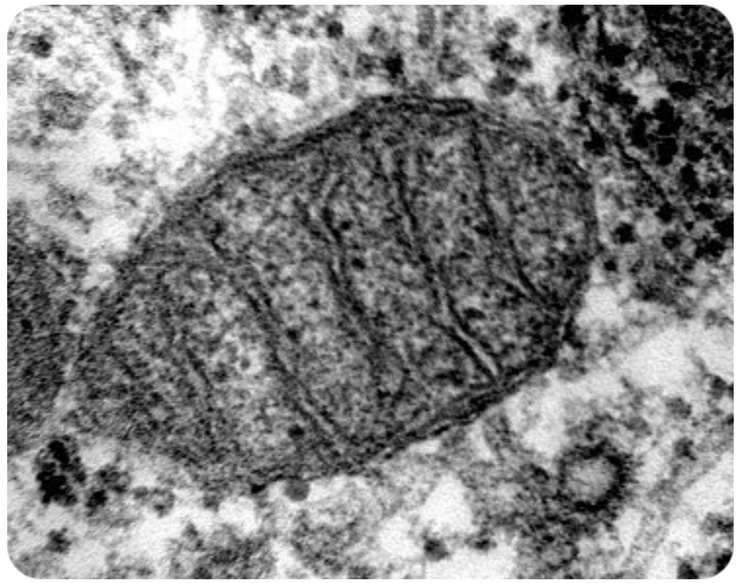
Błona zewnętrza mitochondrium jest **gładka** i **niepofałdowana**. Ma ona znacznie **większą** niż błona wewnętrzna przepuszczalność dla różnych małych cząsteczek i jonów.

BŁONA WEWNĘTRZNA MITOCHONDRIUM

Błona wewnętrzna mitochondrium jest **silnie pofałdowania**, przez co ma znacznie **większą** powierzchnię niż błona zewnętrzna. Mówi się, że błona wewnętrzna tworzy tzw. „**grzebienie mitochondrialne**”. Im **bardziej aktywna metabolicznie** jest komórka, tym grzebieni w jej mitochondriach jest **więcej**.



mitochondrium komórki mocno aktywnej metabolicznie



mitochondrium komórki słabo aktywnej metabolicznie

BŁONA WEWNĘTRZNA MITOCHONDRIUM



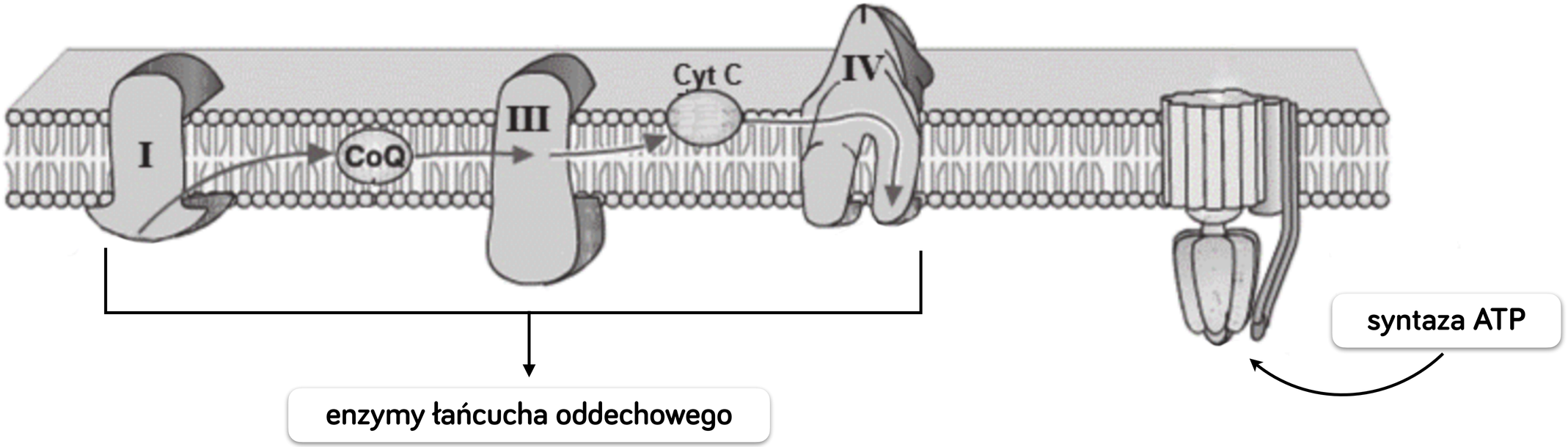
Stosunek **białek do lipidów** w błonie wewnętrznej mitochondrium jest równy około **3 : 1**, a w błonie zewnętrznej **1 : 1**. Oznacza to, że ilość białek błonowych jest znacznie większa w błonie wewnętrznej niż w błonie zewnętrznej.

Ich obecność jest bardzo ważna, bo błona wewnętrzna mitochondrium jest miejscem zachodnia **łańcucha oddechowego i syntezy ATP**.

BŁONA WEWNĘTRZNA MITOCHONDRIUM

Białka obecne w błonie wewnętrznej należą do dwóch grup:

- kompleksu **enzymów łańcucha oddechowego**,
- kompleksu białek tworzących **syntazy ATP**, są one widoczne jako „grzybki mitochondrialne”



? WYJAŚNIJ DLACZEGO ... ?



Wyjaśnij dlaczego komórki o dużej aktywności metabolicznej posiadają mitochondria z silnie pofałdowaną błoną wewnętrzną.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .



? WYJAŚNIJ DLACZEGO ... ?



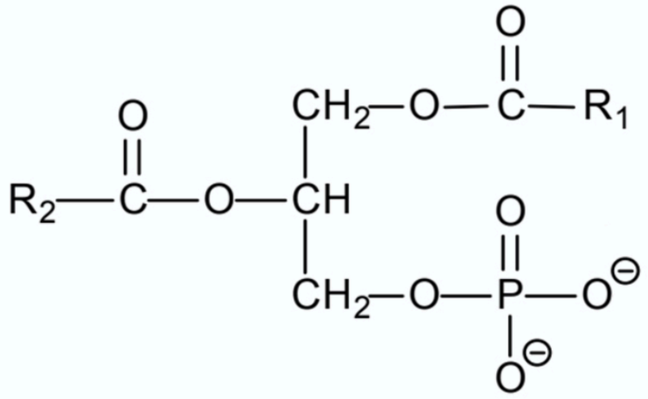
Wyjaśnij dlaczego komórki o dużej aktywności metabolicznej posiadają mitochondria z silnie pofałdowaną błoną wewnętrzną.

Komórki o dużej aktywności metabolicznej mają duże zapotrzebowanie na energię / ATP, przez co posiadają mitochondria z silnie pofałdowaną błoną wewnętrzną, gdyż im większa powierzchnia tej błony, tym więcej ATP może zostać wytworzone podczas łańcucha oddechowego zachodzącego w tej błonie.

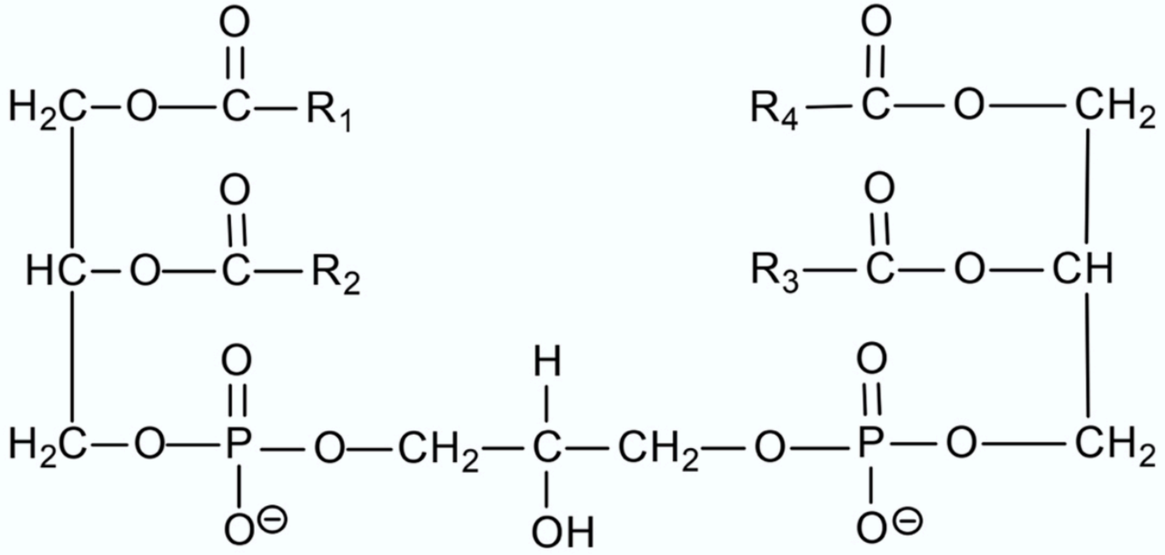
PRZEPUSZCZALNOŚĆ BŁON MITOCHONDRIALNYCH

Błona wewnętrzna jest znacznie **mniej przepuszczalna** niż błona zewnętrzna, szczególnie dla małych **jonów**. Wynika to z obecności w niej dużej ilości fosfolipidu o nazwie **kardiolipina**. Swobodnie jednak przenikają gazy oraz woda.

fosfolipid błonowy



kardiolipina



PRZEPUSZCZALNOŚĆ BŁON MITOCHONDRIALNYCH



Kardiolipina różni się w swojej budowie od typowych fosfolipidów - jest ona związkiem o **większej cząsteczce** oraz posiada **cztery nasycone kwasy tłuszczowe** zamiast dwóch, co powoduje, że błona staje się trudniejsza do spenetrowania.

Właściwość ta ma podstawowe znaczenie dla funkcji mitochondriów. Umożliwia bowiem wytworzenie **gradientu protonowego**, od którego zależy **synteza ATP**. Gdyby jony H^+ swobodnie dyfundowały przez błonę wewnętrzną, niemożliwe byłoby powstanie gradientu i produkcja ATP.

MATRIKS MITOCHONDRIUM

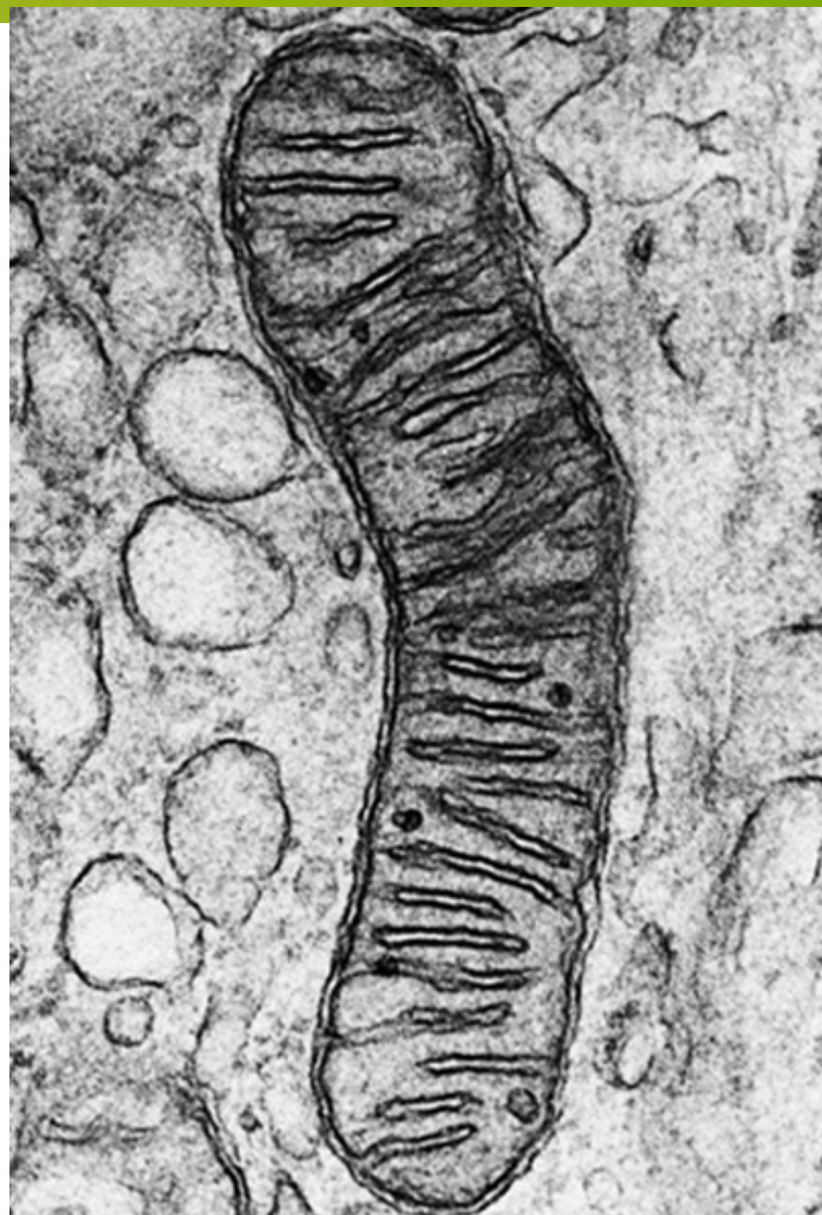


Matriks lub **macierz mitochondrium** to płynna substancja wypełniająca wnętrze mitochondrium. Są w niej zawieszone takie cząsteczki jak:

- enzymy cyklu Krebsa,
- rybosomy,
- mitochondrialne DNA (ma postać koliście zamkniętej cząsteczki, stanowi około 1% całkowitej ilości DNA w komórce).

FUNKCJE MITOCHONDRIUM

- dostarcza lub uwalnia **energię** (w postaci ATP)
- produkuje **ATP**
- zachodzi w nim **oddychanie komórkowe tlenowe**



! POD KLUCZ !



Dlaczego błędne jest sformułowanie:

„w mitochondriach jest produkowana / wytwarzana / powstaje energia ”?

Zgodnie z prawami fizyki **energii nie da się wytworzyć**. Można jedynie zmienić jej formę np. z chemicznej w kinetyczną lub ze świetlnej w chemiczną.

Poprawne sformułowanie brzmi:

„w mitochondriach energia jest uwalniania / dostarczana”.

! POD KLUCZ !



Natomiast energia przez mitochondria jest dostarczana pod postacią **ATP**, który jest **związkiem** organicznym, więc w jego przypadku można napisać, że:

„w mitochondriach powstaje / jest produkowany / jest wytwarzany ATP”.

MITOCHONDRIUM JAKO CENTRUM ENERGETYCZNE



Mitochondrium jest **centrum energetycznym** komórki, ponieważ w nim zachodzą główne etapy **oddychania tlenowego** - procesu, w którym powstaje ATP. Liczba mitochondriów zależy od **zapotrzebowania komórki na energię** - im większe jest zapotrzebowanie, tym większa liczba występujących w niej mitochondriów.

Komórki mięśnia sercowego, które ciągle pracują, mają znacznie **więcej** mitochondriów niż komórki tkanki tłuszczowej pełniącej głównie funkcje magazynującą.

UMIEJSCOWIENIE MITOCHONDRIÓW



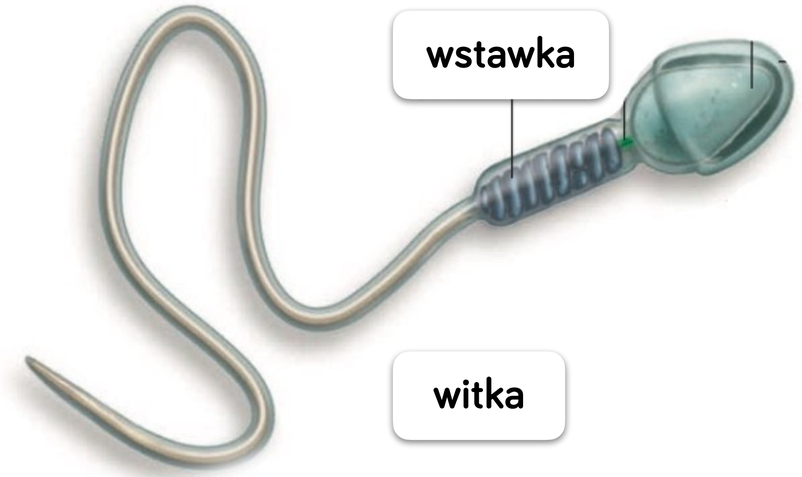
W komórkach mitochondria znajdują się tam, gdzie występuje **największe zapotrzebowanie na energię**. Dzięki bliskiemu sąsiedztwu mitochondriów i struktur, których praca zależy od ATP, energia jest dostarczana:

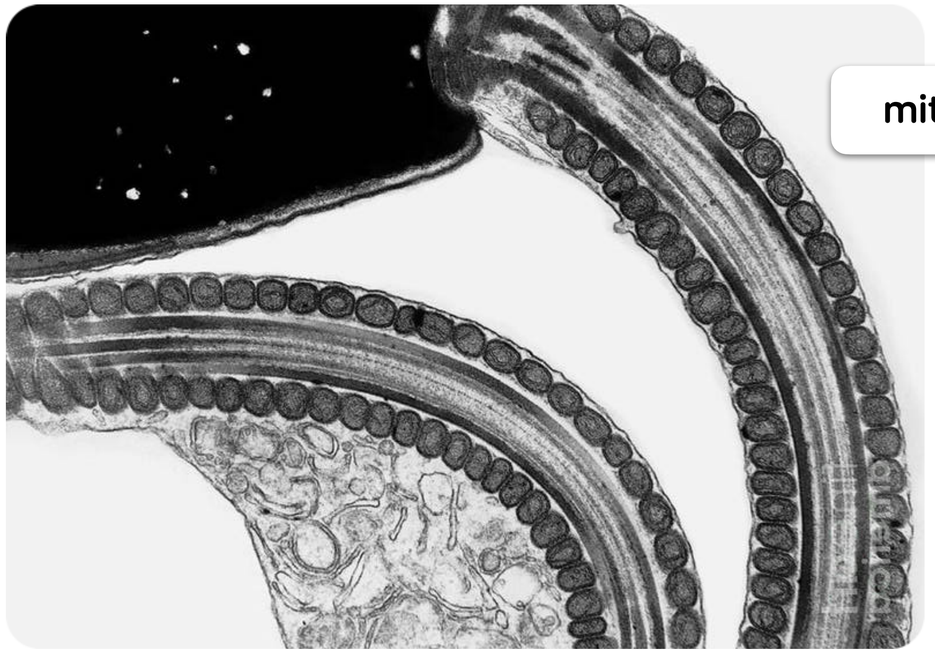
- **bezpośrednio,**
- **bez dużych strat,**
- **na bieżąco.**

→ **słowa „klucze”**

UMIEJSCOWIENIE MITOCHONDRIÓW

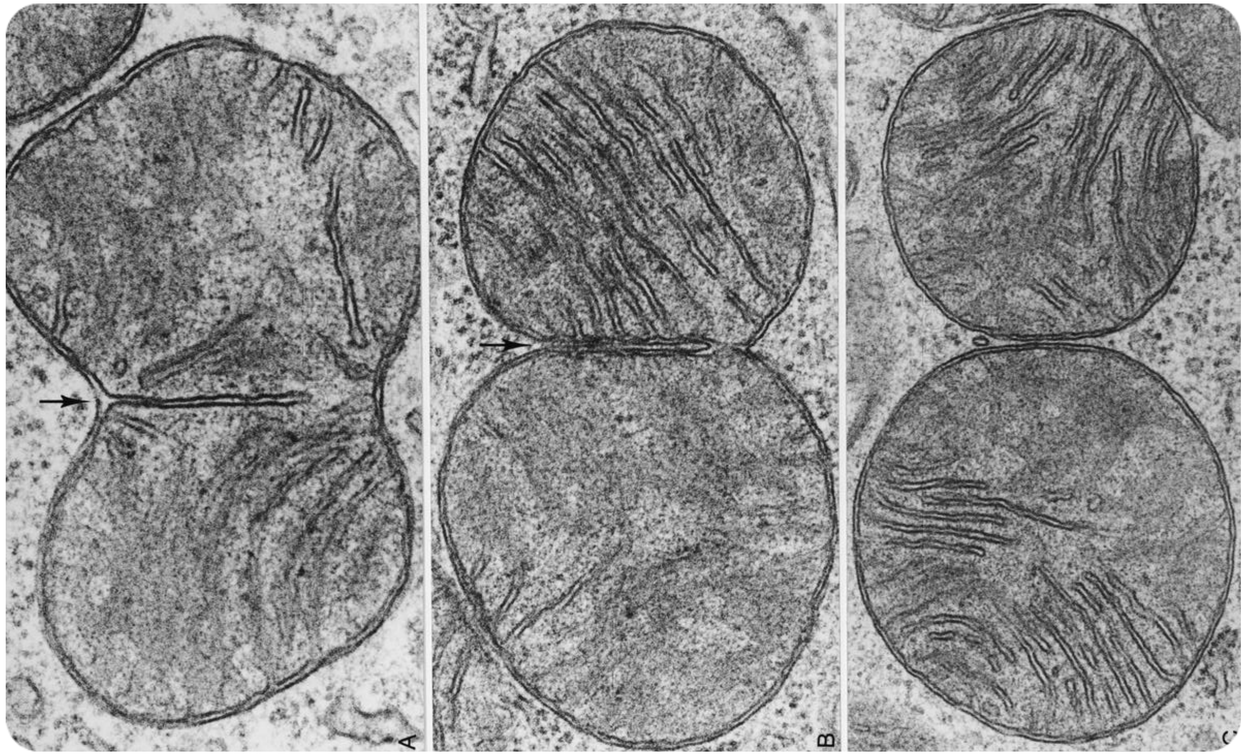
Plemnik posiada **wstawkę**, gdzie znajduje się **bardzo duża ilość mitochondriów** dostarczających **na bieżąco ATP** do witki, przez co plemnik może aktywnie się **przemieszczać** za pomocą jej ruchu.





POWSTAWANIE NOWYCH MITOCHONDRIÓW

Mitochondria w zależności od zapotrzebowania komórki na ATP mogą zwiększać swoją liczbę w wyniku **bezpośredniego podziału**, niezależnego od podziału jądra komórkowego i całej komórki.



PLASTYDY

PODZIAŁ PLASTYDÓW



PROPLASTYDY

PLASTYDY

bezbarwne

barwne

leukoplasty

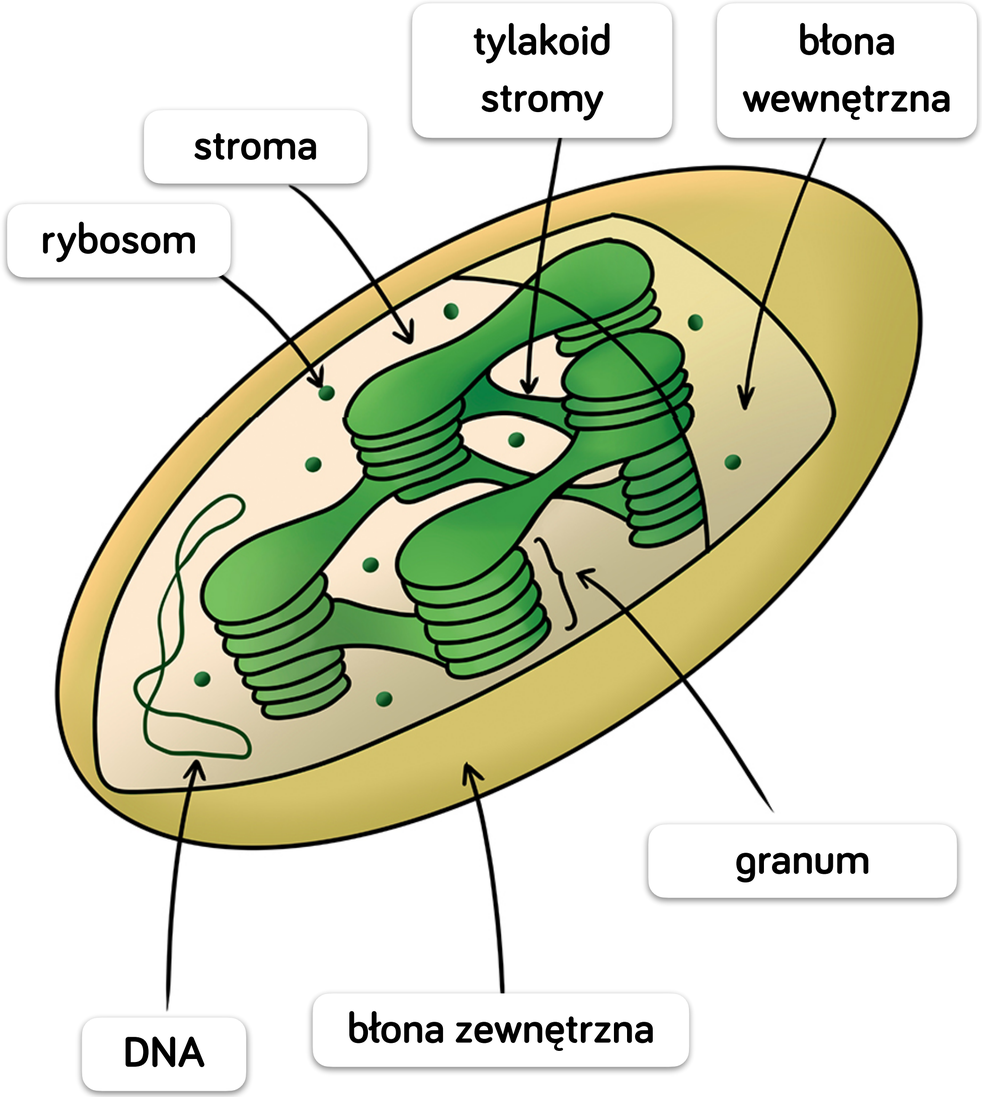
chloroplasty

chromoplasty

etioplasty

*__proplastydy__ występują w komórkach embrionalnych i są stadiami wyjściowymi w rozwoju wszystkich typów plastydów.

BUDOWA CHLOROPLASTU



Chloroplasty mają soczewkowaty (dyskowaty) kształt.

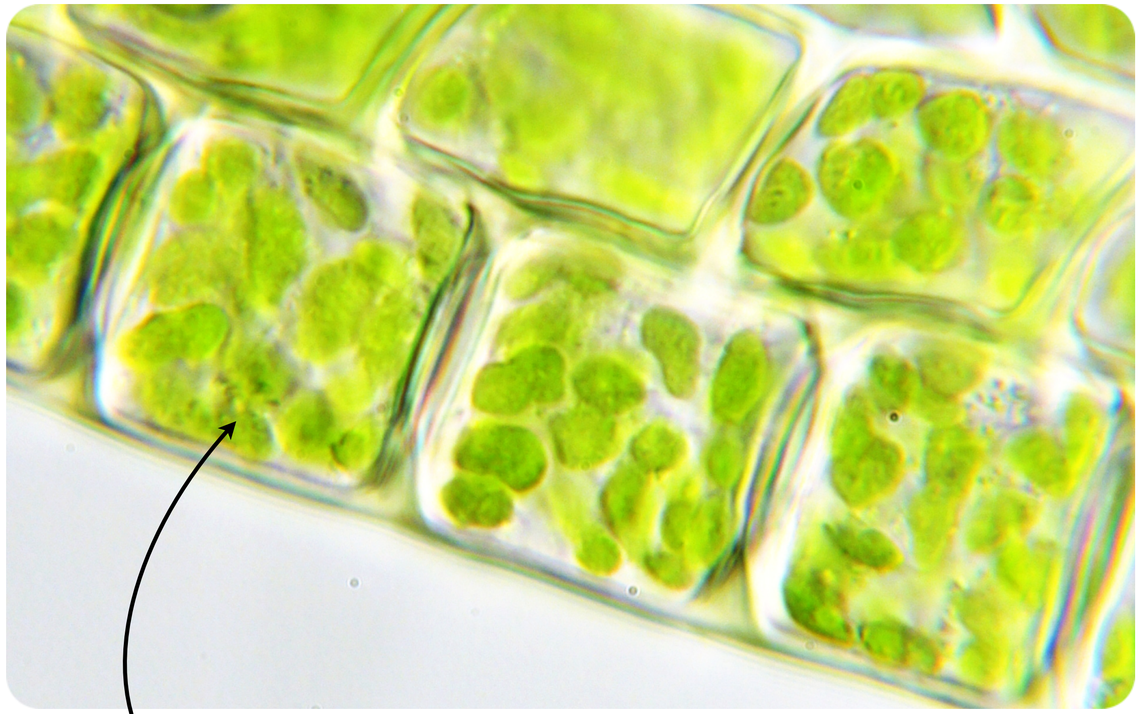
Chloroplast składa się z dwóch błon:

- błony **zewnętrznej**,
- błony **wewnętrznej**, przyjmującej formę silnie rozbudowanych **tylakoidów** .

Wnętrze chloroplastu wypełnia **stroma**.

CHLOROPLASTY

- występują u roślin w komórkach **miękiszu asymilacyjnego**, komórkach **aparatów szparkowych**, komórkach **kolenchymy**
- występują w komórkach **protistów roślinopodobnych**
- posiadają zielony barwnik **chlorofil** (oraz w mniejszym stopniu ksantofile i karotenoidy, ale są one maskowane przez chlorofil)
- zachodzi w nich proces **fotosyntezy**



chloroplasty w komórkach roślinnych

BŁONY CHLOROPLASTU

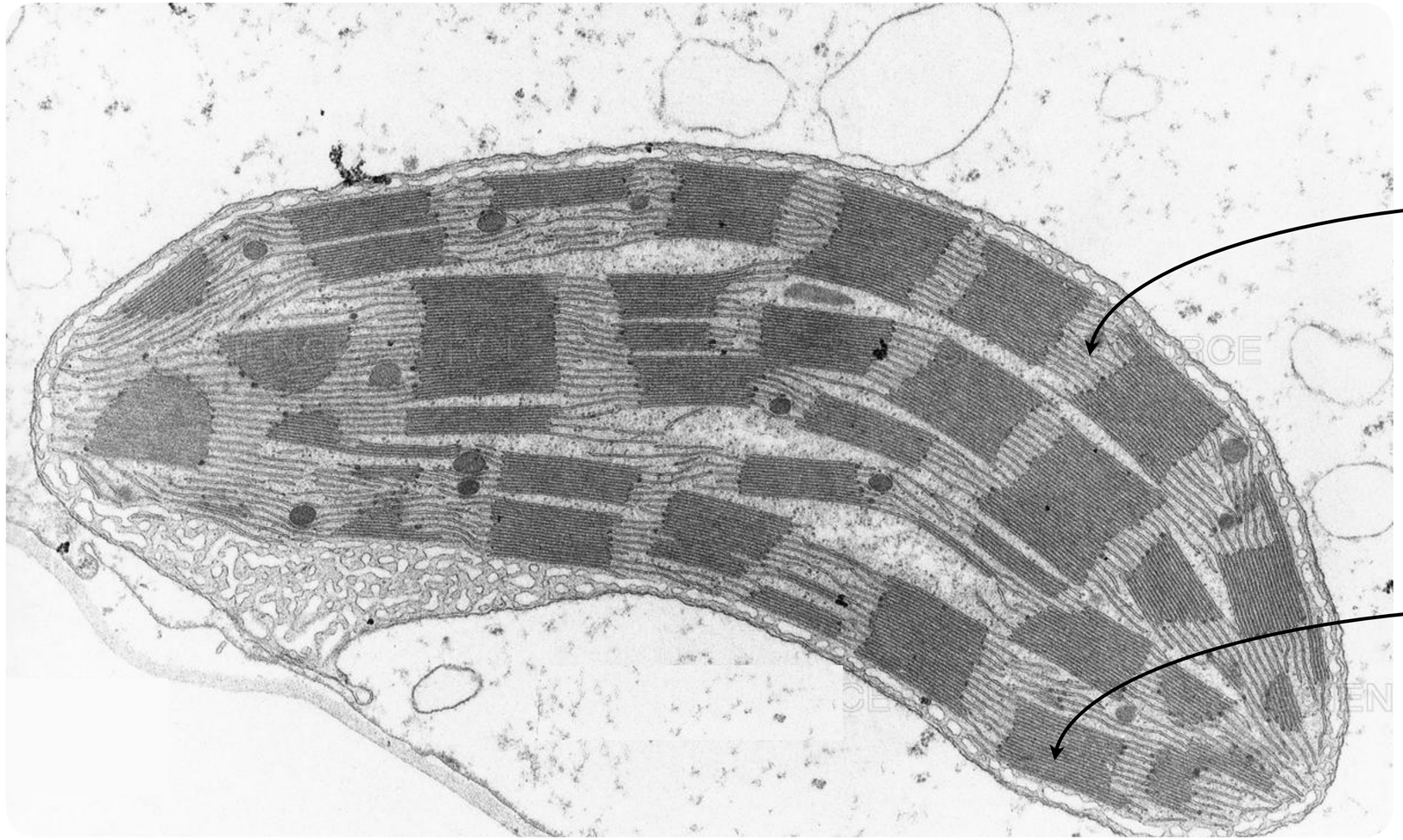


Błona zewnętrzna chloroplastu jest **gładka** i **łatwo przepuszczalna** dla jonów, zaś **błona wewnętrzna** jest dla nich **słabo przepuszczalna.**

Błona wewnętrzna chloroplastu jest **silnie pofałdowana** i wpukla się do jego wnętrza tworząc system spłaszczonych woreczków, nazywanych **tylakoidami**. Wyróżnia się dwa rodzaje tylakoidów:

- **tylakoidy gran** - krótkie, spłaszczone woreczki poukładane w stos zwany granum
- **tylakoidy stromy** - długie, mniej liczne rurki, łączące ze sobą tylakoidy gran.

CHLOROPLASTY



tylakoid stromy

tylakoid gran

BŁONY CHLOROPLASTU



W błonach **tylakoidów gran** znajdują się:

- barwniki asymilacyjne (zielone chlorofile, a także żółte ksantofile i czerwonopomarańczowe karoteny),
- enzymy,
- przenośniki elektronów.

W tylakoidach zachodzi pierwszy etap **fotosyntezy** - **faza jasna** (zależna od światła).

STROMA CHLOROPLASTU



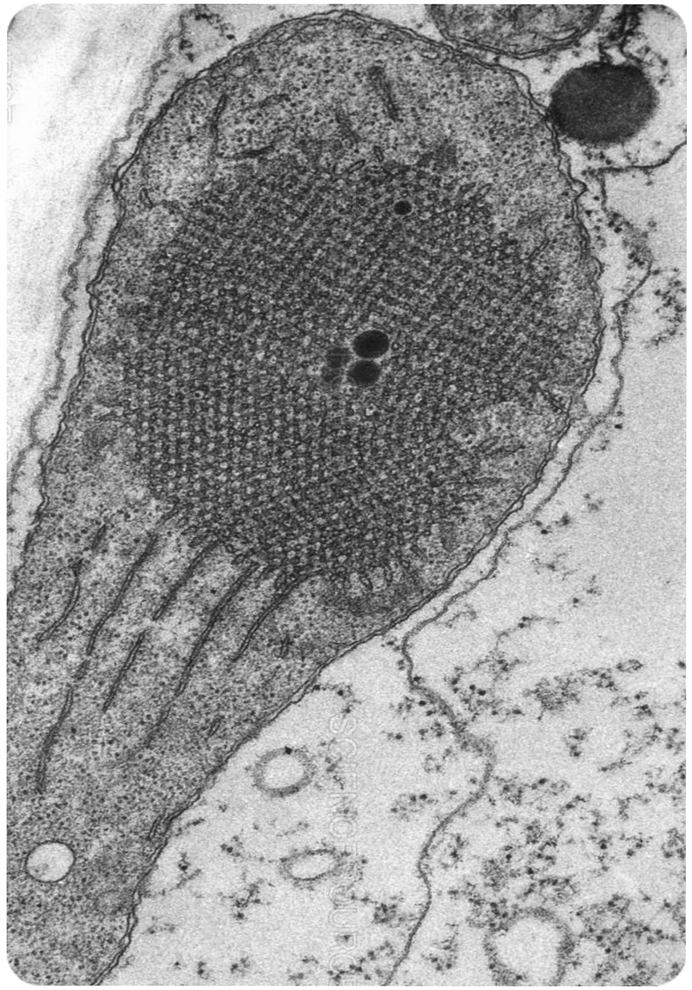
Stroma chloroplastu to płynna substancja wypełniająca jego wnętrze. Ma ona skład chemiczny podobny do cytozolu. Są w niej zawieszone takie cząsteczki jak:

- enzymy cyklu Calvina,
- rybosomy (małe, podobne do tych prokariotycznych)
- chloroplastowe DNA (w postaci koliście zamkniętej cząsteczki)

Okresowo na terenie stromy odkładane są ziarna skrobi asymilacyjnej. W stromie zachodzi drugi etap **fotosyntezy** - **faza ciemna** (niezależna od światła).

ETIOPLASTY

- powstają przy **braku dostępu światła** w wyniku przekształcenia proplastydów
- zawierają **żółty barwnik** zmieniający się pod wpływem światła w chlorofil
- na świetle przekształcają się w **chloroplasty**

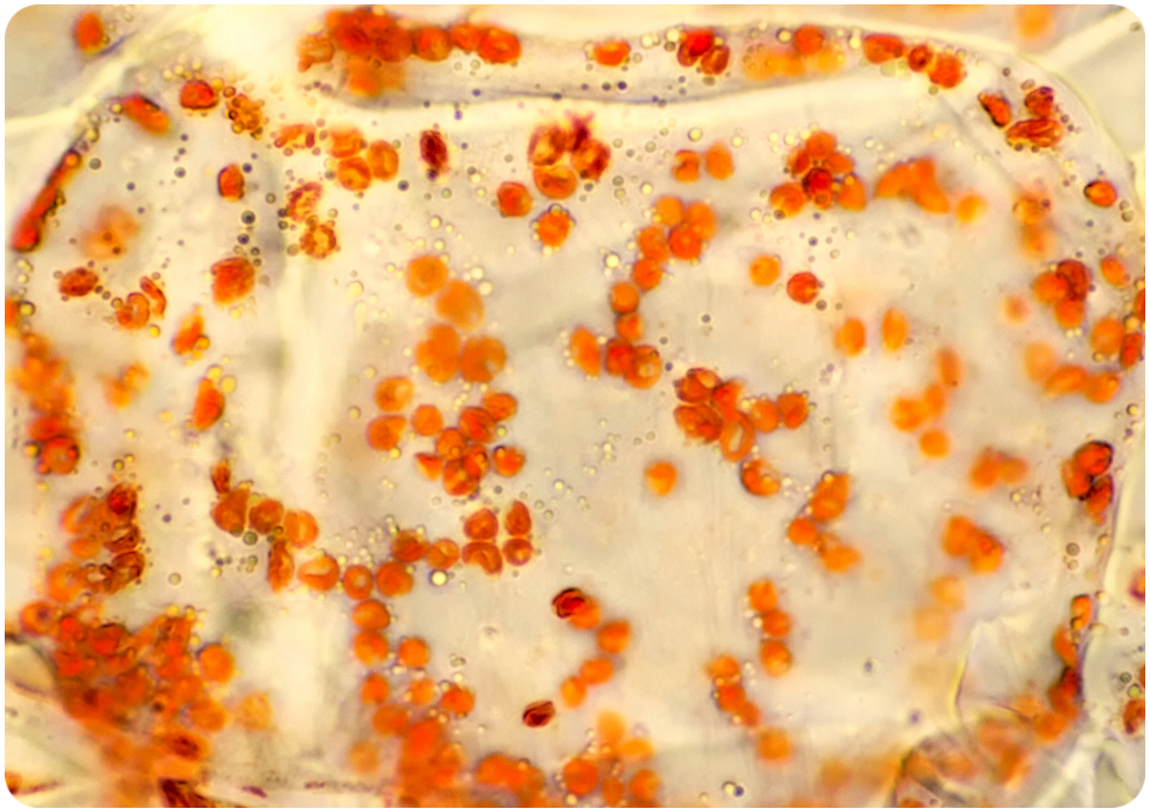


CHROMOPLASTY



- zawierają **karotenoidy** (żółte ksantofile i pomarańczowoczerwone karoteny) w postaci kryształów lub kropel rozpuszczonych w tłuszczach
- **nadają barwę płatkom kwiatów i owocom**, które stają się powabne dla zapylaczy i zwierząt rozsiewających nasiona, organom spichrzowym oraz starzejącym się liściom
- mogą powstawać z chloroplastów, np. w wyniku **mniejszego dostępu do światła** lub podczas **dojrzewania owoców**
- **nie są aktywne fotysynetycznie**
- występują w tkankach o **małej** aktywności fizjologicznej

CHROMOPLASTY



chromoplast z kroplami czerwonopomarańczowych barwników



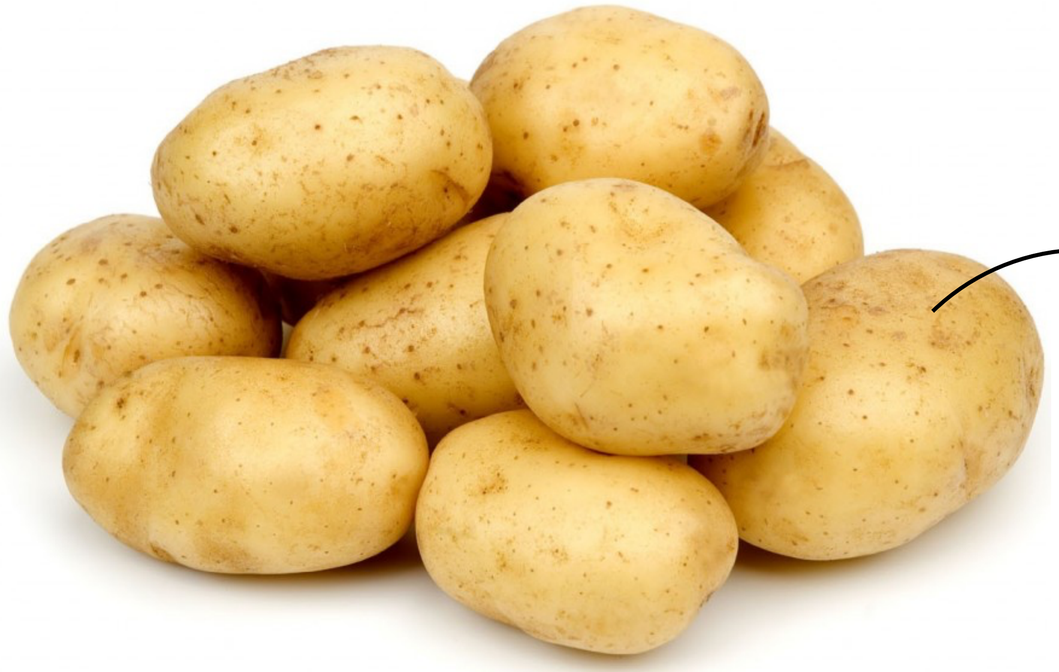
LEUKOPLASTY

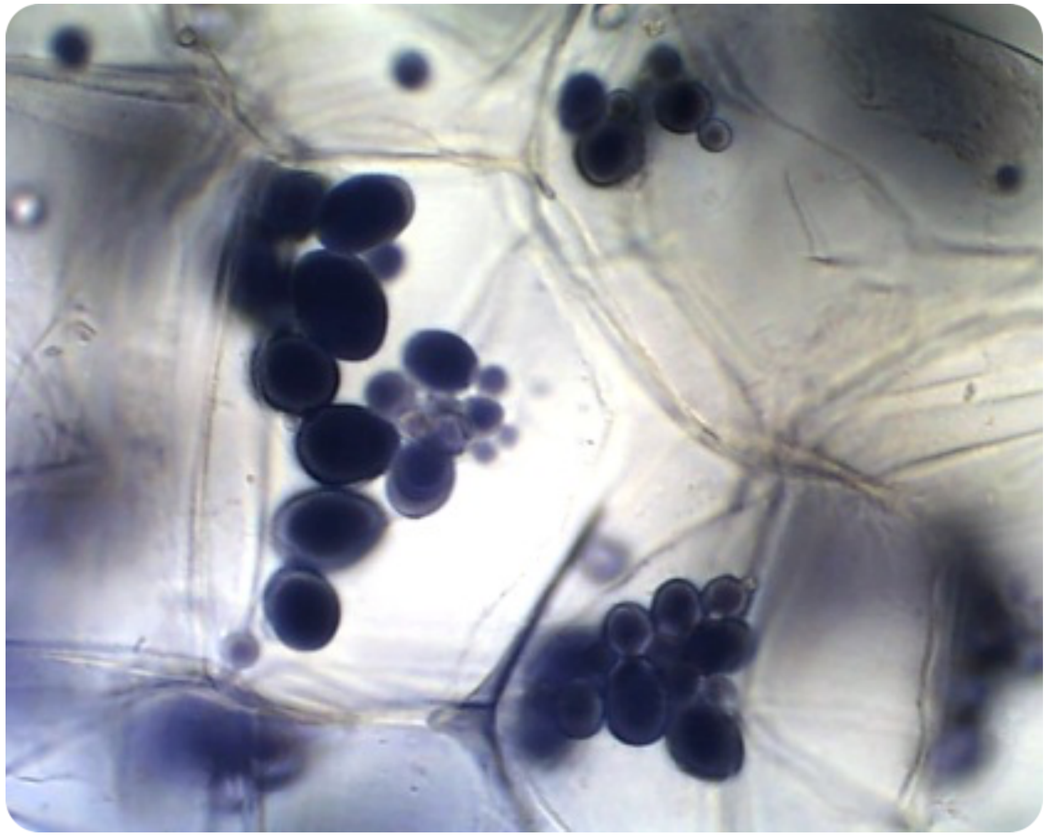


- plastydy **pozbawione barwników**, **gromadzące materiały zapasowe**,
- **nie są aktywne fotosyntetycznie,**
- występują najczęściej w komórkach **tkanek zapasowych** (korzeniach, bulwach, liścieniach),
- jeśli magazynują skrobię, nazywane są **amyloplastami,**
- jeśli magazynują tłuszcze, nazywane są **elajoplastami,**
- jeśli magazynują białka, nazywane są **proteinoplastami.**

Leukoplasty mogą przekształcić się w chromoplasty lub chloroplasty.

LEUKOPLASTY





bulwy ziemniaka to organy spichrzowe magazynujące skrobie

amyloplasty z ziarnami skrobi wybarwionej płynem Lugola

TEORIA ENDOSYMBIOZY

TEORIA ENDOSYMBIOZY



Teoria ta tłumaczy powstanie mitochondriów i chloroplastów. Zgodnie z nią prymitywne komórki eukariotyczne miliardy lat temu wchłonęły na drodze **endocytozy** pewne **komórki prokariotyczne**, których nie strawiły. Pomiędzy komórką wchłonięta a wchłaniająca powstała **korzystna zależność**. W wyniku ewolucji, komórki prokariotyczne uległy przekształceniom w odpowiednie **organella**. Uważa się, że:

- z bakterii purpurowych powstały **mitochondria**,
- z sinic powstały **chloroplasty**.

CECHY ŚWIADCZĄCE O ENDOSYMBIOZIE



- obecność **kolistego DNA** bez białek histonowych,
- rybosomy podobne do **rybosomów prokariotycznych**,
- obecność **dwóch błon** otaczających mitochondrium / chloroplast (wewnętrzna przypomina budową błonę komórkową bakterii, a zewnętrzna błonę komórki eukariotycznej),
- powstawanie nowych mitochondriów / chloroplastów **przez podział już istniejących** (nigdy nie powstają *de novo*),
- **wymiary** mitochondriów / chloroplastów są **zbliżone** do wymiarów komórek prokariotycznych.

? WYJAŚNIJ DLACZEGO ... ?



Wyjaśnij, uwzględniając teorię endosymbiozy, dlaczego chloroplasty są otoczone dwiema błonami.

.....

.....

.....

? WYJAŚNIJ DLACZEGO ... ?



Wyjaśnij, uwzględniając teorię endosymbiozy, dlaczego chloroplasty są otoczone dwiema błonami.

Chloroplast powstał w wyniku wchłonięcia komórki prokariotycznej przez komórkę eukariotyczną, więc posiada dwie błony, ponieważ błona wewnętrzna chloroplastu pochodzi od błony komórkowej prokariotycznej komórki, a błona zewnętrzna pochodzi od błony komórkowej komórki eukariotycznej, która wchłonęła komórkę bakteryjną.

PÓŁAUTONO-MICZNOŚĆ

PÓŁAUTONOMICZNOŚĆ



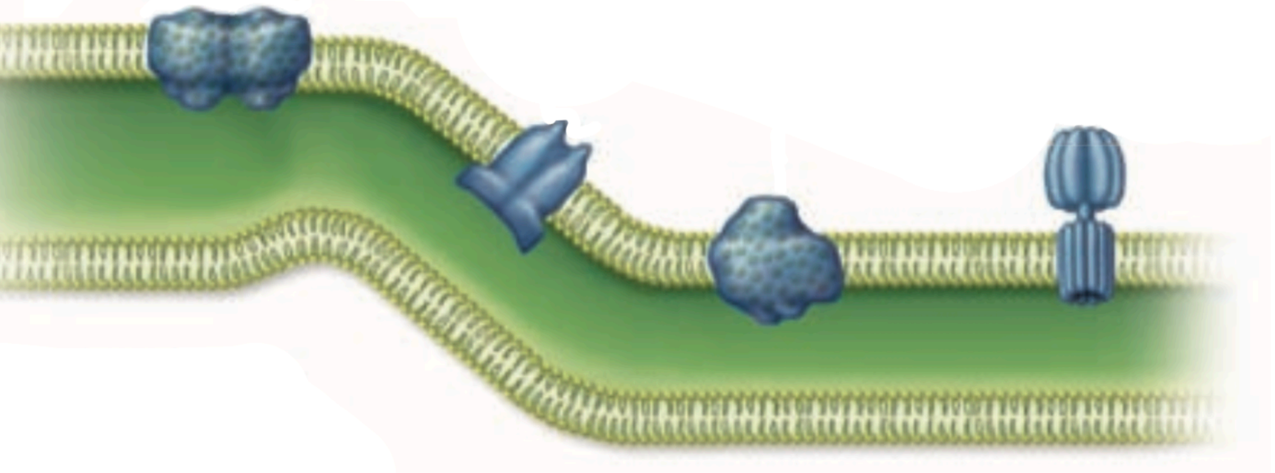
Mitochondria i chloroplasty to struktury, które są

półautonomiczne

Oznacza to, że są **częściowo niezależne od jądra komórkowego**.

CECHY ŚWIADCZĄCE O PÓŁAUTONOMICZNOŚCI

- zdolność do syntezy **części** własnych białek
- podział **niezależny** od podziału jądra komórkowego



białka w błonie tylakoidów chloroplastu

