

Tajemnice fotosyntezy

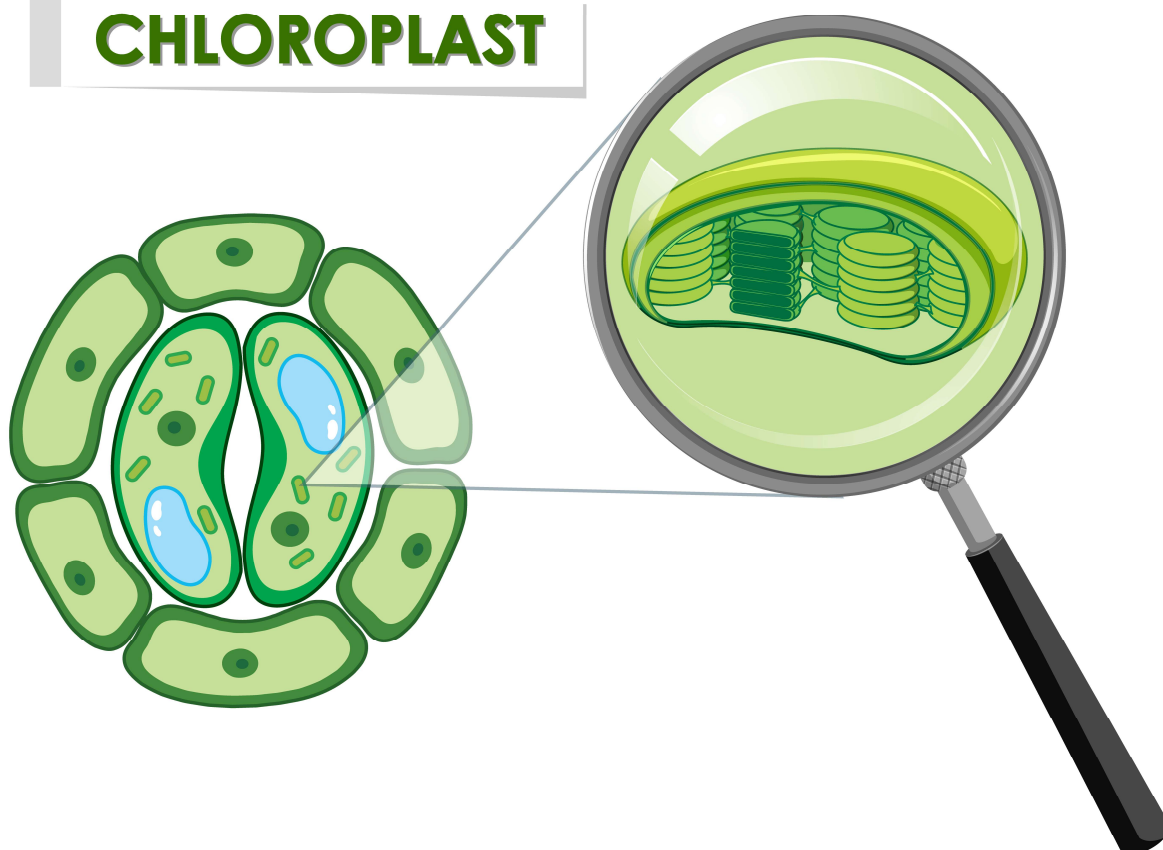


Wspierają nas:

Fotosynteza to proces wytwarzania związków organicznych z materii nieorganicznej przy wykorzystaniu światła. Produktem ubocznym tego procesu jest powstawanie tlenu, który wydzielany jest do ziemskiej atmosfery.

Fotosynteza przeprowadzana jest w zielonych częściach roślin, w których komórkach znajdują się wyspecjalizowane organelle - chloroplasty.

CHLOROPLAST



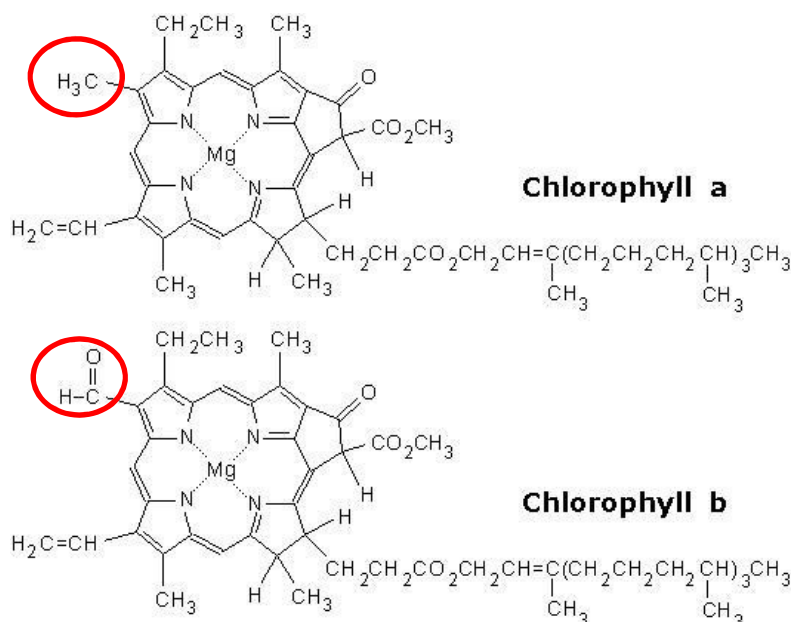
Rys. 1. Budowa chloroplastu (©brgfx, Freepik)

Co zachodzi w chloroplastach?

Chloroplasty mają przeciętnie 5 μm długości. Podobnie jak w mitochondrium, osłonka chloroplastu składa się z błony zewnętrznej i błony wewnętrznej, które rozdzielone są przestrzenią międzybłonową. Błona wewnętrzna otacza stromę – niejednorodną, płynną substancję, zawierającą rozpuszczalne enzymy i struktury błonowe zwane tylakoidami, które są spłaszczonymi pęcherzykami. Stos takich pęcherzyków – tylakoidów to grana. Sąsiadujące ze sobą grana połączone są fragmentami błony zwanymi z kolei lamellami stromy. Błony tylakoidu oddzielają przestrzeń wewnętrzną tylakoidu od przestrzeni

zajmowanej przez stronę. W błonach tylakoidu zawarte są systemy odpowiedzialne za przekształcanie energii świetlnej: białka systemu zbierającego energię, centra reakcji, łańcuch transportu elektronów i syntaza ATP.

Zielony barwnik zawarty w błonach tylakoidów to chlorofil. Wyróżniamy dwa typy chlorofilu – chlorofil a i chlorofil b. Chlorofile to związki pochodne od tetrapiolu. Cztery atomy azotu w pirolach są związane wiązaniami koordynacyjnymi z atomem magnezu. Chlorofil jest więc magnezoporfiryną, tak jak podobny w budowie hem, zawarty w hemoglobinie, jest żelazoporfiryną, ponieważ w miejscu magnezu zawiera żelazo. Inną charakterystyczną cechą chlorofilu jest obecność fitolu, silnie hydrofobowego 20-węglowego alkoholu. Chlorofil b różni się od chlorofilu a tym, że zawiera grupę formylową zamiast metylowej w jednym z pierścieni pirolowych (Rys.2).



Rys.2. Wzór strukturalny chlorofilu a i chlorofilu b (na podstawie Lubert Stryer 2003)

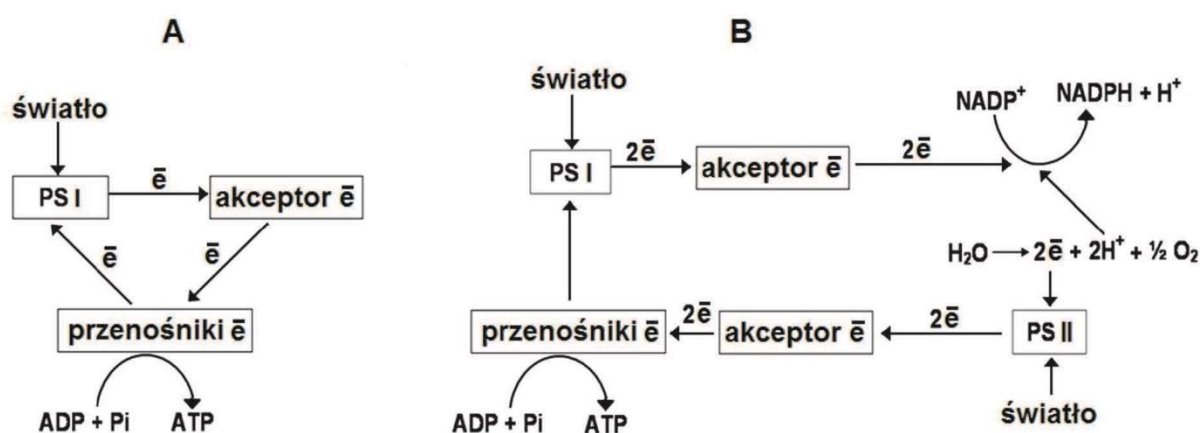
Faza jasna

Fotosynteza zachodzi w dwóch etapach – faza jasna, w której światło jest pochłaniane, a jego energia jest zamieniana na energię wiązań chemicznych, oraz faza ciemna, w której energia wiązań chemicznych jest wykorzystywana do syntezy związków organicznych. Obie fazy zachodzą jednocześnie. W uproszczeniu fotosyntezę możemy zapisać w postaci równania:



W fazie jasnej zamiana energii światła na energię wiązań chemicznych jest możliwa dzięki pochłanianiu kwantów światła (fotonów) przez chlorofil. Chlorofil pochłania światło o konkretnej długości fali i przechodzi w stan wzbudzony. Stan ten jest jednak niestabilny, dlatego energia jest przekazywana przez kolejne cząsteczki chlorofilu do centrum reakcji, wybijając z niego elektron. Nadmiar energii wzbudzonego chlorofilu jest rozpraszany w postaci czerwonej fluorescencji i ciepła.

Wybite elektrony są natychmiast wychwytywane przez przenośniki elektronów, takie jak NADP, ferredoksynę, czy cytochromy. Transportowany elektron stopniowo traci energię, która częściowo rozpuszcza się w postaci ciepła, a częściowo „magazynowana” jest w postaci ATP. Proces ten nazywa się fosforylacją fotosyntetyczną i może być on cykliczny (Rys.3.A), gdy zaangażowany jest tylko fotoukład I lub niecykliczny (Rys.3.B), gdy biorą w nim udział oba fotoukłady. W fazie jasnej fotosyntezy oprócz ATP, wytwarzane są zredukowane przenośniki elektronów takie jak NADPH, które wykorzystane zostają w fazie ciemnej fotosyntezy.



Rys.3. Schemat fazy jasnej fotosyntezy (za <https://medycznekorepetycje.pl/zadania/zadanie-2-maj-2019-biologia-poziom-rozszerzony-nowy>)

Faza ciemna

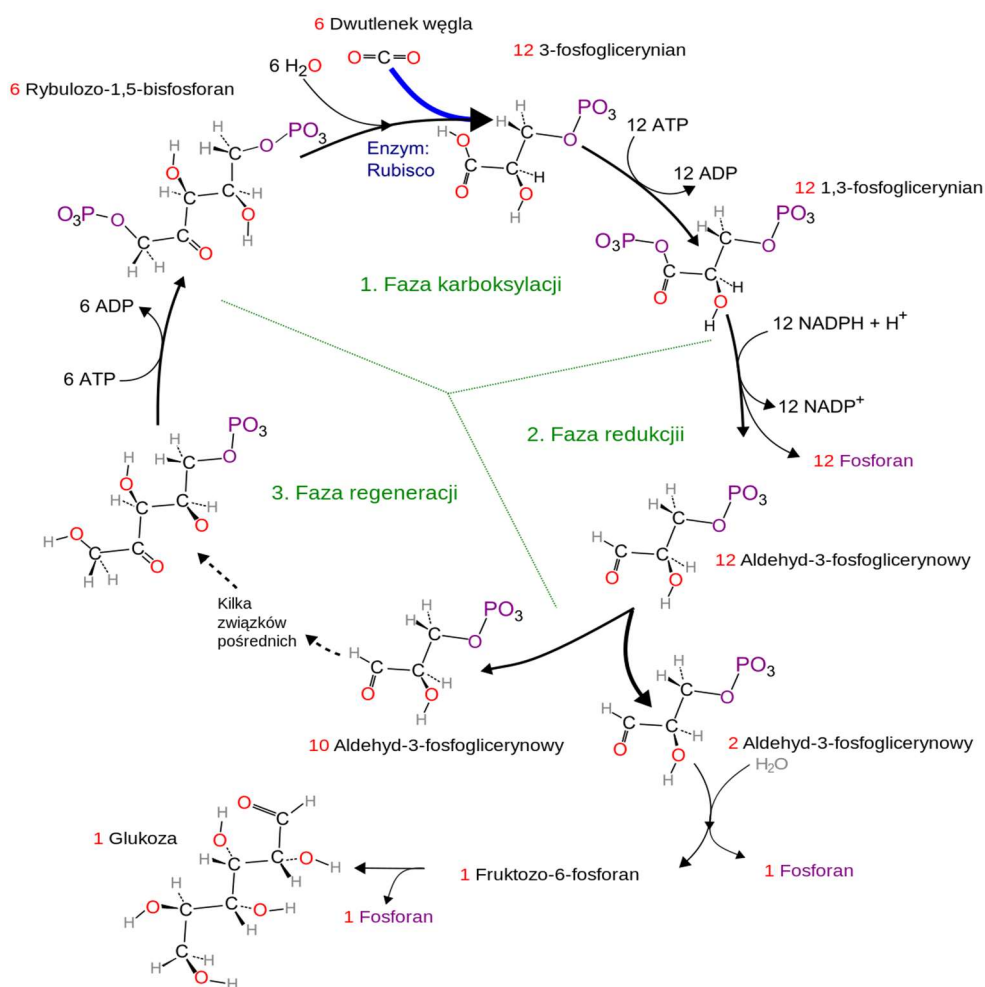
Faza ciemna fotosyntezy to cykl biochemiczny który zachodzi w stromie chloroplastów i jest niezależny od obecności światła. Nosi też nazwę cyklu Calvina. W fazie ciemnej fotosyntezy zostają zużyte produkty reakcji świetlnych, ATP i NADPH, określane jako siła

asymilacyjna, dzięki którym z dwutlenku węgla zostają wytworzone cukry proste w postaci cząsteczek sześciowęglowych - heksoz. Sumaryczne równanie reakcji zachodzących w cyklu Calvina jest następujące:

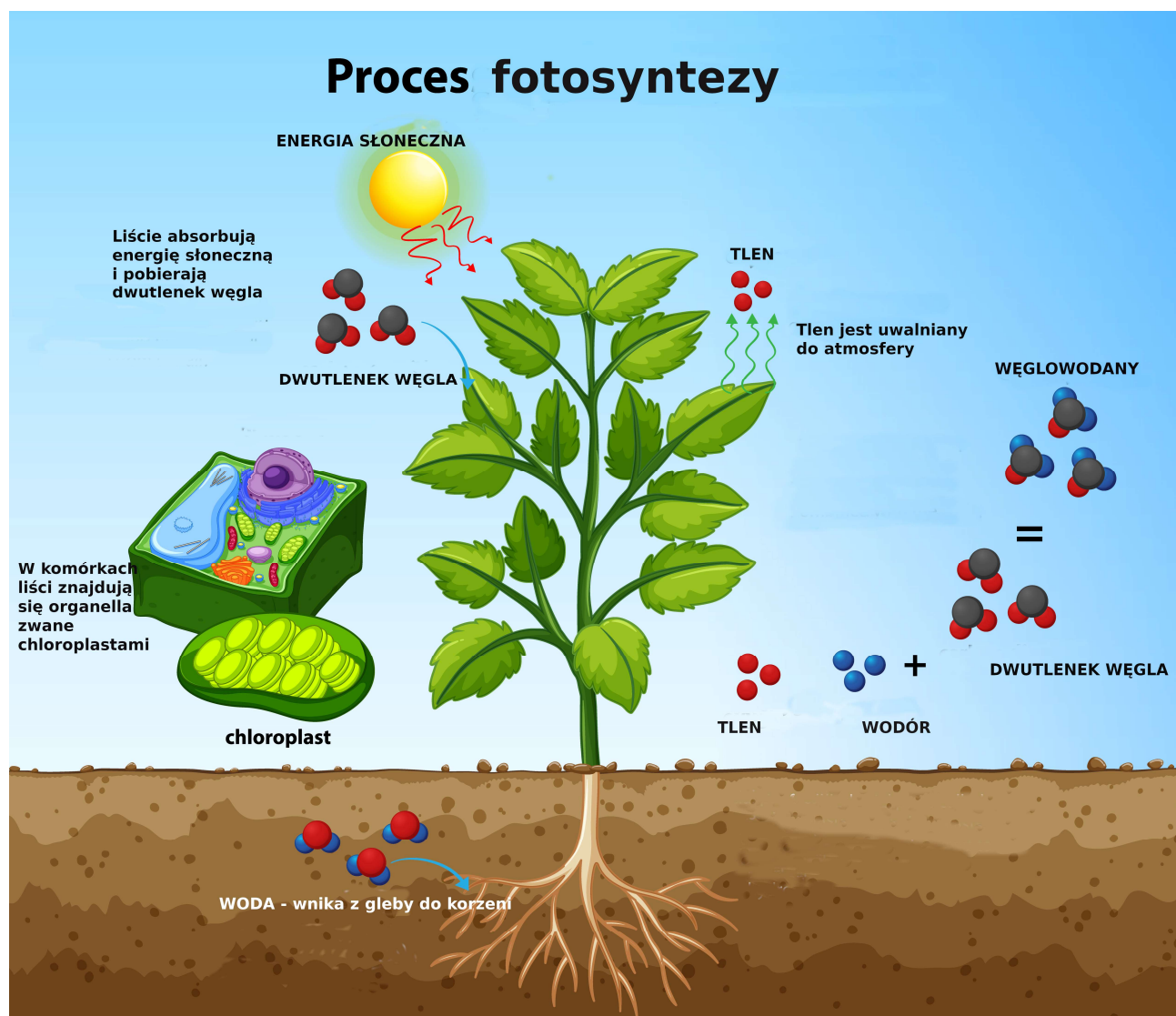


Proces fazy ciemnej fotosyntezy można podzielić na trzy fazy (Rys.4):

- karboksylacyjną, w której CO_2 wiązany jest do rybulozo-1,5-bisfosforanu, co prowadzi do powstania dwóch cząsteczek 3-fosfoglicerynianu
- redukcijną, w której 3-fosfoglicerynian ulega przekształceniu do aldehydu 3-fosfoglicerynowego, który łatwo przekształcany jest do heksoz
- regeneracyjną, w której z cząsteczek aldehydu 3-fosfoglicerynowego zostaje odtworzony akceptor CO_2 – rybulozo-1,5-bisfosforan.



Rys.4. Schemat fazy ciemnej fotosyntezy



Rys. 5. Schemat procesu fotosyntezy (na podstawie ©brgfx, Freepik)

Czy rośliny mają zegarki?

Dzięki receptorom światła rośliny „potrafią” odróżniać dzień od nocy. Odbieranie sygnałów świetlnych przez roślinę wywołuje kaskady reakcji, w wyniku których roślina reaguje na zmieniające się warunki świetlne. U większości roślin, w ciągu dnia w warunkach dobrego uwodnienia rośliny, aparaty szparkowe pozostają otwarte, w nocy natomiast są zamknięte. Obniżenie stężenia CO₂ w dzień w wyniku jego asymilacji w fotosyntezie również stymuluje otwarcie aparatów szparkowych. Analogicznie wzrost stężenia CO₂ na skutek zahamowania reakcji fotosyntezy przy braku światła wpływa na zamykanie aparatów szparkowych. Większość roślin zamyka aparaty szparkowe w nocy, przy zahamowanej fotosyntezie, w celu ograniczenia utraty wody poprzez transpirację. Reakcje zależne od światła, zaliczane do fotosyntezy nie zachodzą w nocy. W efekcie

reakcje fazy ciemnej, nie zależne od światła, ale wymagające obecności NADPH i ATP również ustają. Obecność i brak światła reguluje również procesy morfogenetyczne. Światło indukuje powstanie zawiązków liści, oraz ich budowę i kształt, u niektórych gatunków wpływa na formowanie się paków zimowych. Ciemność u niektórych roślin jest niezbędna do kiełkowania. Rośliny pomimo, że w nocy nie przeprowadzają reakcji fotosyntezy, prowadzą intensywne procesy metaboliczne. Niektóre ze szlaków związanych na przykład z oddychaniem komórkowym zachodzi intensywniej w nocy niż w ciągu dnia. Następowanie po sobie dnia i nocy reguluje wiele procesów życiowych roślin



Słoneczniki (Adobe stock)

Źródła:

- 1) Lubert Stryer, Biochemia, PWN, Warszawa 2003, str. 515 – 564
- 2) Łukasz Wojtyła, Małgorzata Adamiec, Co rośliny robią nocą?, Edukacja Biologiczna i Środowiskowa 2013/3, 10-16