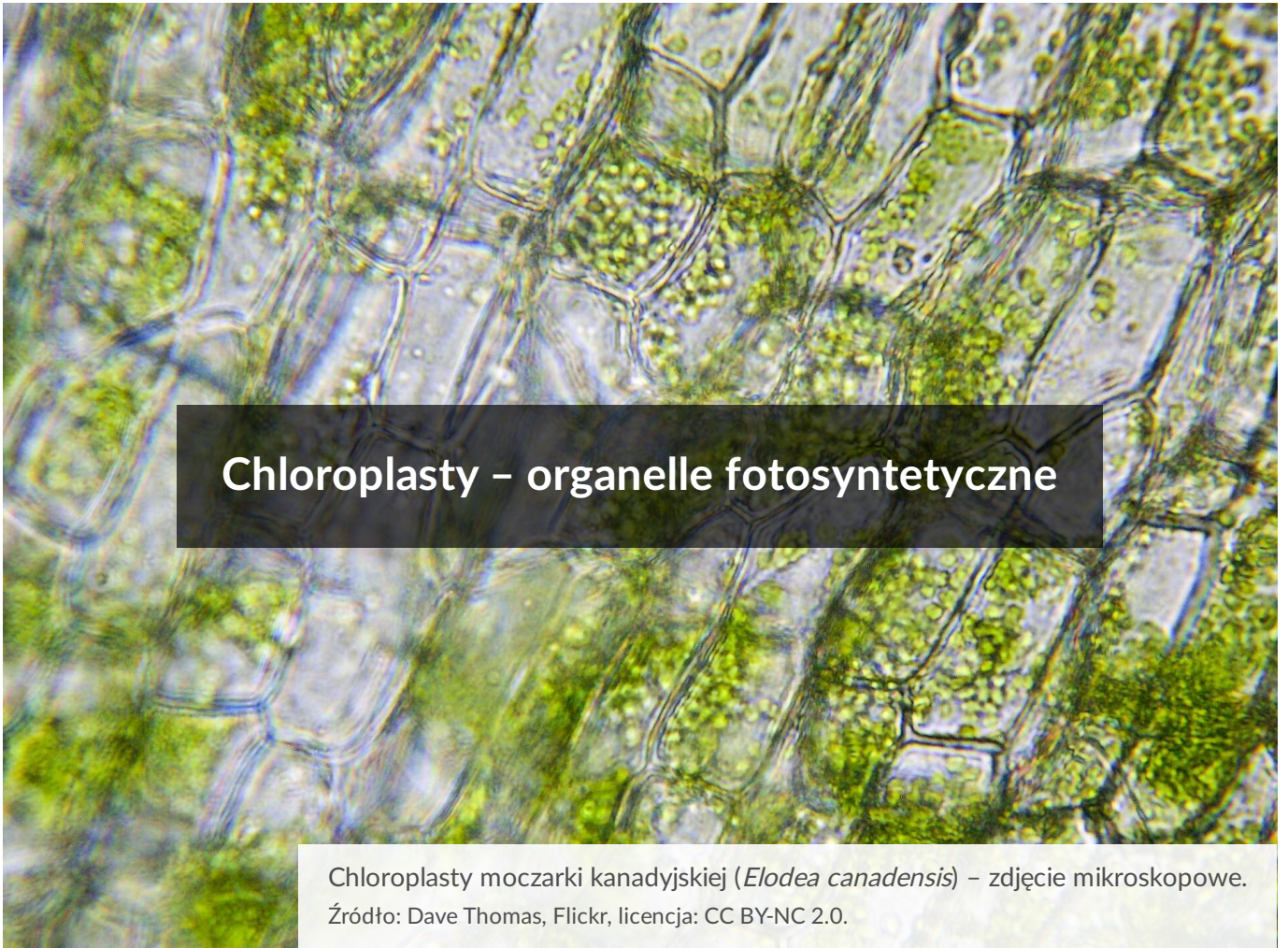


Chloroplasty – organelle fotosyntetyczne

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



Chloroplasty – organelle fotosyntetyczne

Chloroplasty moczarki kanadyjskiej (*Elodea canadensis*) – zdjęcie mikroskopowe.
Źródło: Dave Thomas, Flickr, licencja: CC BY-NC 2.0.

Powietrze, którym oddychamy, zawiera 21% tlenu, który jest uwalniany do atmosfery jako produkt procesu **fotosyntezy**. Spośród organizmów fotosyntetyzujących dominujące znaczenie w produkcji tlenu mają rośliny. W środowisku wodnym głównym producentem tlenu jest fitoplankton. Organizmy mogą przeprowadzać proces fotosyntezy dzięki chlorofilowi obecnemu w chloroplastach.

Twoje cele

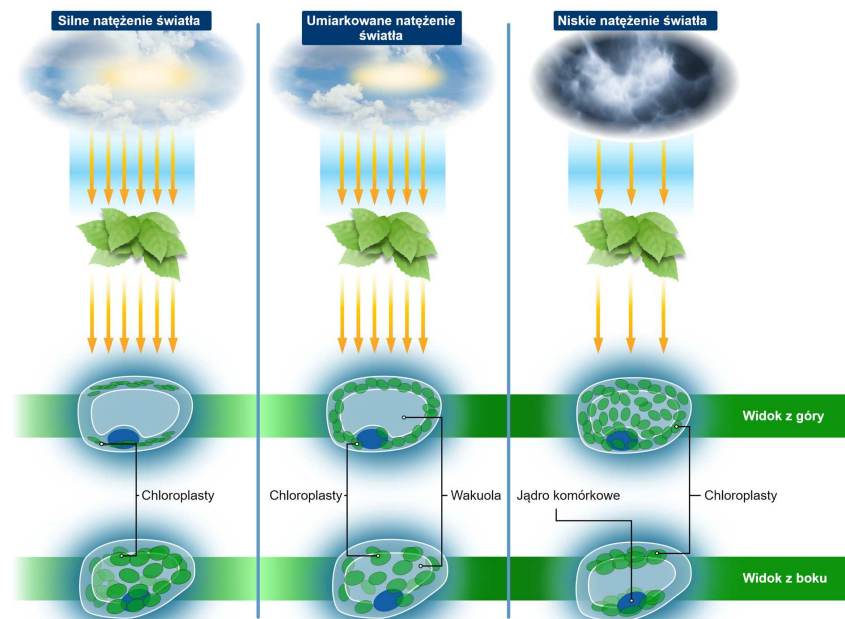
- Omówisz budowę chloroplastów.
- Scharakteryzujesz chlorofil jako barwnik aktywny fotosyntetycznie.
- Wyjaśnisz zależność pomiędzy budową chloroplastu a procesem fotosyntezy.
- Wyjaśnisz, na czym polega adaptacja chromatyczna.

Przeczytaj

Plastydy

Plastydy są organellami komórkowymi otoczonymi dwiema błonami, występującymi w komórkach roślinnych oraz w komórkach niektórych protistów roślinopodobnych. Ich funkcje są różnorodne i obejmują udział w procesach fotosyntezy, magazynowanie węglowodanów, tłuszczów i białek oraz nadawanie barwy niektórym organom roślin.

Plastydami, w których zachodzi proces fotosyntezy, są chloroplasty. Ich liczba w komórkach jest zmienna i zależy od różnych czynników (np. natężenia światła w środowisku, w którym żyje roślina). Także ułożenie chloroplastów w komórce u wielu roślin dostosowane jest do panujących warunków świetlnych. Słabe światło powoduje skupianie się chloroplastów tuż przy ścianie komórkowej po tej stronie komórki, na którą ono pada. Chloroplasty ustawiają się wtedy prostopadle do kierunku światła, aby zaabsorbować jak największą jego ilość. Z kolei ekspozycja komórki na silne światło powoduje, że chloroplasty układają się wzdłuż ścian komórkowych, równoległe do kierunku padania światła, dzięki czemu unikają nadmiernego oświetlenia.



Chloroplasty zmieniają swoje położenie w zależności od natężenia światła. Przy niskiej intensywności światła przesuwają się w kierunku ścian prostopadłych do promieni świetlnych i ustawiają dłuższym bokiem do światła, aby móc wyłapać jak największą porcję energii świetlnej. Przy zbyt intensywnym świetle „uciekają” w głąb komórki, ustawiają się krótszym bokiem do kierunku padania promieni słonecznych wzdłuż ścian równoległych do padania promieni świetlnych.

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

Chloroplasty, tak jak inne plastydy, powstają z form młodocianych, tzw. proplastydów, ale mogą także powstać z przekształcenia innych plastydów: chromoplastów, leukoplastów, a także tworzących się przy braku dostępu światła [etioplastów](#), które zawierają protochlorofilid. Po ekspozycji na światło związek ten przekształca się w chlorofil, a z etioplastów powstają chloroplasty.

W zależności od czynników zewnętrznych (głównie obecności światła) plastydy mogą różnicować się w obrębie określonych typów.

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

Budowa chloroplastów komórek roślinnych

Płynne wnętrze chloroplastów, tzw. stromę, otaczają dwie błony – błona zewnętrzna i błona wewnętrzna. Znajduje się w nim układ połączonych ze sobą błon i pęcherzyków, czyli [tylakoidów](#), formujących [system lammellarny](#). Tylakoidy mogą tworzyć w niektórych miejscach ułożone w stosy woreczki zwane [tylakoidami gran](#) lub w postaci wydłużonych tylakoidów stromy łączyć ze sobą tylakoidy gran. Chloroplasty zawierają zielony barwnik – chlorofil. U większości roślin stanowi on około 95% wszystkich barwników zawartych w chloroplastach. Pozostałe barwniki występujące w tych organellach należą do grupy karotenoidów – nadają one roślinom żółtą, pomarańczową lub czerwoną barwę.

Budowa chloroplastu.

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

Chlorofil

Chlorofil zawarty w tylakoidach gran chloroplastów jest głównym barwnikiem fotosyntetycznym. Dzięki niemu większość autotrofów ma zdolność absorbowania promieniowania świetlnego obejmującego czerwony i niebieski zakres fal. Chlorofil odbija natomiast światło zielone, stąd właśnie tak charakterystyczna barwa liści i łodyg roślin. Chlorofil zbudowany jest z pierścienia porfirynowego połączonego z długołańcuchowym alkoholem, fitolem. W centrum układu porfirynowego znajduje się atom magnezu, który połączony jest wiązaniami koordynacyjnymi z atomami azotu porfiryny. Hydrofobowy ogon fitolu zakotwicza cząsteczkę chlorofilu w błonach tylakoidów gran.

Istnieje kilka rodzajów chlorofilu oznaczanych pierwszymi literami alfabetu - chlorofil *a*, chlorofil *b*, chlorofil *c* i chlorofil *d*. U wszystkich organizmów fotosyntetyzujących, w których produktem ubocznym jest tlen – zarówno prokariotycznych, jak i eukariotycznych – występuje chlorofil *a*, w którym do pierścienia porfirynowego dołączona jest grupa metylowa (-CH₃). Natomiast u zielenic – roślin pierwotnie wodnych, a także u wszystkich roślin wyższych występuje także chlorofil *b* zawierający grupę aldehydową (-CHO).

Chlorofil *a* i *b* absorbują nieco inne długości fal, co przejawia się w widocznych barwach tych rodzajów chlorofilu: chlorofil *a* ma barwę niebieskozieloną, a chlorofil *b* zielonożółtą.

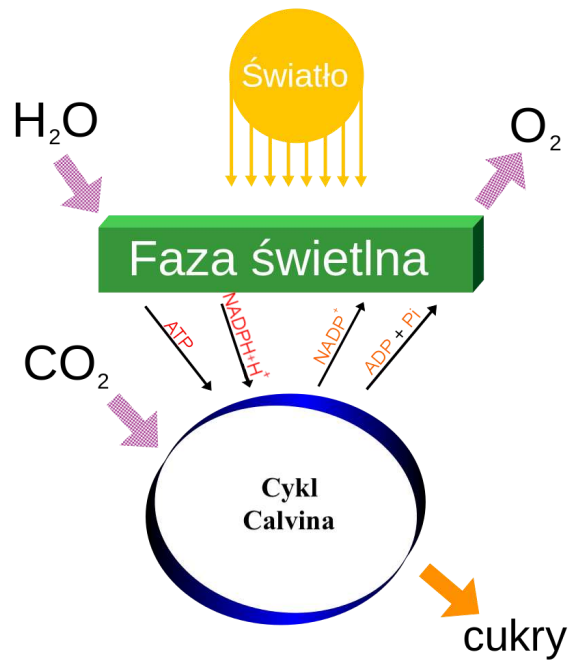
Barwnikami pomocniczymi rozszerzającymi spektrum barw absorbowanego światła są karotenoidy. Energia wzbudzenia karotenoidów zostaje przekazana na cząsteczkę chlorofilu *a*, napędzając proces fotosyntezy. Występowanie karotenoidów najlepiej staje się widoczne jesienią. Wtedy w niskich temperaturach chlorofil ulega rozkładowi, odsłaniając żółte, pomarańczowe i czerwone barwy karotenoidów znajdujących się w liściach i łodygach.

Ciekawostka

Chlorofil wykorzystuje się do barwienia na zielono produktów spożywczych i kosmetycznych. Oznaczany jest kodem E-140 lub E-141. Pozyskuje się go przede wszystkim z pokrzywy i lucerny. Jest stosowany także jako suplement diety bogaty w magnez, przyspieszający metabolizm.

Chloroplasty w procesie fotosyntezy

W chloroplastach zachodzi fotosynteza – proces, podczas którego ze związków nieorganicznych (H_2O , CO_2) wytwarzane są związki organiczne (glukoza), a produktem ubocznym jest tlen. Fotosynteza przebiega w dwóch etapach określanych jako faza jasna (faza zależna od światła) i faza ciemna (faza niezależna od światła).



Fotosynteza przebiega w dwóch fazach, jasnej i ciemnej. W fazie jasnej powstają NADPH+H⁺, ATP oraz tlen. W fazie ciemnej, zwanej cyklem Calvina, CO₂ jest redukowany z wytworzeniem cukru – glukozy.

Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Faza jasna (świetlna) zależna jest od dostępu światła. Zachodzi w tylakoidach gran i polega na przekształceniu energii świetlnej w energię chemiczną zmagazynowaną w postaci ATP (adenozynotryfosforanu) i NADPH+H⁺ (zredukowanego dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego). Elektrony z chlorofilu ulegają wybiciu, a następnie przetransportowaniu do NADP⁺. W procesie tym biorą udział dwa fotoukłady (fotosystemy): fotoukład I (PS I) i fotoukład II (PS II). Fotoukład to kompleks białkowy z chlorofilem znajdującym się w centrum reakcji. W fotosystemie I znajduje się chlorofil *a* – najbardziej wydajnie absorbujący światło o długości 700 nm (stąd ten fotosystem określa się jako P700), natomiast fotosystem II zawiera chlorofil *a* o maksimum absorpcji 680 nm (określany jako P680).

Energia świetlna przekształcona w energię chemiczną i zmagazynowana w postaci ATP i NADPH + H⁺ jest niezbędna do przeprowadzania reakcji fazy ciemnej, określanych jako cykl Calvina. Cykl ten przebiega w trzech etapach: karboksylacja, redukcja i regeneracja, kończąc się powstaniem akceptora CO₂, czyli rybulozo-1,5-bisfosforanu. Reakcje fazy ciemnej zachodzą w stromie chloroplastów, gdzie znajdują się enzymy katalizujące asymilację CO₂.

Pochodzenie i ewolucja chloroplastów

Chloroplasty, podobnie jak mitochondria, najprawdopodobniej mają pochodzenie endosymbiotyczne. Zgodnie z teorią endosymbiozy uważa się, że niektóre organelle powstały w wyniku symbiozy dwóch komórek. Komórka prokariotyczna dostała się do wnętrza komórki będącej przodkiem komórki eukariotycznej i nie została strawiona, a zaczęła współzyskować z komórką gospodarza (stąd nazwa „endosymbioza”). Ostatecznie endosymbiont utracił niezależność, stając się strukturą komórkową komórki gospodarza. Zakłada się, że chloroplasty to pochłonięte bakterie fotosyntetyzujące, a mitochondria to bakterie tlenowe.

Chloroplasty, które są otoczone dwiema błonami, powstały na drodze endosymbiozy pierwotnej w wyniku sfagocytowania fotosyntetyzującej komórki sinic (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.

Inne plastydy fotosyntetycznie czynne

U protistów roślinopodobnych – brunatnic, aktywnymi fotosyntetycznie plastydami są [feoplasty](#). Oprócz chlorofilu *a* zawierają one chlorofil *c* oraz karotenoidy. Z powodu dużej ilości karotenoidów, m.in. fukoksantyny, brunatnice charakteryzują się brązową barwą. Dzięki obecności tego barwnika organizmy te mogą wykorzystywać światło żółto-zielone i żółto-niebieskie, co pozwala im żyć w wodach na większych głębokościach.

Morszczyk pęcherzykowaty



Morszczyn pęcherzykowaty (*Fucus vesiculosus*) występuje w wodach przybrzeżnych północnego Atlantyku i Oceanu Arktycznego oraz ich mórz, między innymi w Bałtyku.
Źródło: Stemonitis, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.0.

Wielkomorszcz gruszkonośny

U roślin pierwotnie wodnych, takich jak zielenice, występują plastydy fotosyntetycznie czynne z chlorofilem *a* i *b*, które przypominają strukturą chloroplasty roślin lądowych. Otoczone są dwiema błonami. Mogą zawierać kompleks białkowy załamujący światło, nazywany pirenoidem. Wokół pirenoиду skupiają się ziarna polisacharydu o budowie podobnej do skrobi.

Inne pierwotnie wodne rośliny – krasnorosty mają aktywne fotosyntetycznie plastydy nazywane rodoplastami. Organelle te, oprócz chlorofilu *a* i *d*, zawierają także barwniki towarzyszące – czerwoną fikoerytrynę i niebieską fikocyjaninę. Ich obecność powoduje czerwony odcień rośliny. Fikoerytryna i fikocyjanina absorbują najsilniej barwy zielone i niebieskie, co umożliwia krasnorostom życie na dużych głębokościach mórz i oceanów.

Laurencia



Krasnorosty (*Rhodophyta*) to rośliny żyjące na dużych głębokościach. Oprócz chlorofilu *a* i *d* rodoplasty krasnorostów zawierają także inne barwniki – czerwoną fikoerytrynę i niebieską fikocyjaninę, które nadają roślinie czerwony odcień.

Źródło: Eric Guinther, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Hildenbrandia

Słownik

etioplasty

rodzaj plastydów powstających z proplastydów u roślin rosnących w ciemności (etiolowanych); zawierają protochlorofilid

feoplasty

rodzaj aktywnych fotostyntetycznie plastydów występujących u brunatnic; nadają komórkom brązową barwę oraz umożliwiają wykorzystywanie światła w zakresie od żółto-zielonego do żółto-niebieskiego widma

plastidy

organelle otoczone dwiema błonami występujące u wszystkich roślin lądowych oraz niektórych roślin pierwotnie wodnych i protistów roślinopodobnych

rodoplasty

rodzaj aktywnych fotosyntetycznie plastydów występujących u krasnorostów; nadają komórkom czerwoną barwę oraz umożliwiają absorpcję światła w zakresie niebiesko-zielonego widma

system lamellarny

system błon znajdujący się w stromie chloroplastów

tylakoidy

cienkie błoniaste struktury przypominające woreczki; wewnątrz komórek prokariotów fotosyntetyzujących są wypełnione barwnikiem fotosyntetycznie czynnym, a wewnątrz chloroplastów komórek eukariotycznych są zróżnicowane: część z nich jest mała i ułożona w sposób przypominający stosy monet – są to tylakoidy gran zawierające chlorofil, część zaś jest wydłużona, łączy ze sobą tylakoidy gran i określana jest mianem tylakoidów międzygranowych (tylakoidów stromy)

tylakoidy gran

zwarte stosy spłaszczonych tylakoidów zawierające chlorofil oraz białka enzymatyczne; miejsce zachodzenia fazy jasnej fotosyntezy

Grafika interaktywna

Rozkład występowania organizmów zdolnych do fotosyntezy na różnych głębokościach w morzu. Światło widzialne jest częścią widma elektromagnetycznego i ma postać fal o różnej długości w przedziale ok. 380–760 nm. Gdy wiązkę światła widzialnego (tzw. białego) przepuści się przez pryzmat, który w różnym stopniu załamuje promienie o różnej długości fali, można zobaczyć spektrum barw składających się na światło widzialne. Poszczególne barwy światła odpowiadają falom o różnej długości. W plastydach barwnych organizmów fotosyntetyzujących znajdują się barwniki dostosowane do wychwytywania takich długości fal światła, jakie do nich docierają. Nazywamy to adaptacją chromatyczną. Pod wodą, co uwidoczniło na schemacie, na różnych głębokościach panują zróżnicowane warunki świetlne. Stosunkowo płytko, bo do głębokości ok. 10 metrów, docierają fale światła fioletowego i czerwonego i w takich warunkach żyją np. zielenice. Nieco głębiej występują protisty roślinopodobne – brunatnice. Mają one barwniki, które absorbują światło żółto-zielone i żółto-niebieskie. Najgłębiej docierają fale świetlne w zakresie widma barwnego niebiesko-zielonego i w takich warunkach mogą żyć krasnorosty, bowiem ich barwniki pochłaniają fale świetlne o tej długości.

Źródło: Andrzej Bogusz, licencja: CC BY 3.0.




Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną i wyjaśnij, jakie różnice w pochłanianiu widma światła białego wykazują zielenice, brunatnice i krasnorosty.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego zielenice nie mogą rosnąć na dnie oceanicznym poniżej 20 m głębokości.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Źródło: Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Budowa chloroplastu.

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

Ćwiczenie 7



Schemat przedstawiający przebieg fotosyntezy.

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

Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Daria Reczyńska

Przedmiot: biologia

Temat: Chloroplasty – organelle fotosyntetyzujące

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

4. Fotosynteza. Uczeń:

- 1) wykazuje związek budowy chloroplastu z przebiegiem procesu fotosyntezy;
- 2) przedstawia rolę barwników i fotosystemów w procesie fotosyntezy;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne:

Uczeń:

- omawia budowę chloroplastów;
- wskazuje plastydy, w których zachodzi fotosynteza;
- wymienia organizmy zdolne do fotosyntezy;
- wykazuje zależność pomiędzy budową chloroplastu a procesem fotosyntezy;
- przedstawia rolę chloroplastów w procesie fotosyntezy ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju barwników zlokalizowanych w chloroplastach i ich roli w fotosyntezie;
- wyjaśnia znaczenie biologiczne fazy jasnej i ciemnej;
- wyjaśnia, co to jest adaptacja chromatyczna;
- formułuje wnioski na podstawie materiałów źródłowych.

Strategie nauczania:

- nauczanie wyprzedzające;
- konstruktywizm;
- konektywizm;
- WebQuest.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja;
- praca z materiałem źródłowym z e-materiału;
- ćwiczenia interaktywne;
- burza mózgów;
- NaCoBeZU;
- mikroskopowanie.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- magnesy;
- szary papier;
- markery;
- mikroskopy;
- materiał biologiczny: moczarka kanadyjska;
- szkiełka podstawowe i nakrywkowe;
- pincety;
- zakraplacze;
- zlewki;
- woda;
- lampki.

Przed lekcją

Nauczyciel przygotowuje zestawy do obserwacji mikroskopowej.

Przebieg zajęć

Faza wstępna

1. Uczniowie określają, czego chcieliby się nauczyć na dzisiejszej lekcji. Na podstawie odpowiedzi uczniów nauczyciel określa cele lekcji oraz kryteria sukcesu.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z instrukcją dotyczącą wykonania preparatu mikroskopowego i przeprowadzenia obserwacji mikroskopowej.
2. Uczniowie przeprowadzają obserwację mikroskopową samodzielnie wykonanych preparatów liści moczarki kanadyjskiej i wspólnie formułują wniosek, odnosząc się do dostrzeżonych różnic między obserwowanymi preparatami. Następnie uczniowie wykonują rysunki obrazu widzianego pod mikroskopem oraz je opisują. W trakcie pracy nauczyciel prowadzi swobodną rozmowę z uczniami, prosząc ich o formułowanie wypowiedzi na temat obserwowanego obrazu. Szczególnie należy zwrócić uwagę na wyraźnie widoczny kolor chloroplastów oraz ich liczbę i rozmieszczenie.
3. Nauczyciel prosi uczniów o przeanalizowanie grafiki przedstawiającej budowę chloroplastu i samodzielne wykonanie schematu w zeszycie.
4. Nauczyciel dzieli klasę na grupy. Rozdaje uczniom szary papier i markery. Objasnia zadanie – będzie ono polegało na uzupełnieniu tabeli uwzględniającej informacje o wybranym rodzaju plastydu, na podstawie tekstu zawartego w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”. Uczniowie mają zwrócić uwagę na barwę określonego rodzaju plastydu, pełnioną funkcję oraz występowanie.
5. Liderzy grup przedstawiają wyniki pracy.
6. Nauczyciel rozpoczyna dyskusję, zadając pytania: „Jaka jest różnica w rozchodzeniu się światła na łądzie i w wodzie? W jaki sposób rośliny przystosowały się do zamieszkiwania zbiorników wodnych na różnych głębokościach?”.
7. Uczniowie zapoznają się z grafiką interaktywną zamieszczoną w sekcji “Grafika interaktywna”, a następnie wykonują polecenia od 1 do 3. Wskazani przez nauczyciela uczniowie przedstawiają swoje odpowiedzi na forum klasy. Nauczyciel sprawdza poprawność wykonanych poleceń i koryguje błędy.

Faza podsumowująca

1. Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie ćwiczeń interaktywnych od 1 do 6.

Praca domowa

Uczniowie wykonują ćwiczenia nr 7 i 8. Przygotowują uzasadnienia poprawnych odpowiedzi.

Materiały pomocnicze

Załącznik 1. Tabela.

Plik o rozmiarze 13.06 KB w języku polskim

Załącznik 2. Instrukcja.

Plik o rozmiarze 13.46 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej

Grafika interaktywna może zostać wykorzystana w fazie przygotowawczej lub podsumowującej lekcję.