




Redukcja węgla w cyklu Calvina

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Redukcja węgla w cyklu Calvina

Związki będące produktami fazy ciemnej fotosyntezy zostały szczegółowo poznane dzięki badaniom Melvina Calvina i Andrew Bensona, za co w 1961 roku Calvin otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Cykl Calvina jest inną nazwą na procesy określane jako faza ciemna fotosyntezy. Nazwa ta jednak nie powinna sugerować, że faza ciemna zachodzi w ciemności, ale wskazywać na to, że nie jest bezpośrednio zależna od światła. Oznacza to, że przy odcięciu dopływu światła nie ulega ona gwałtownemu zahamowaniu. Przeciwnie – procesy ustaną, dopiero gdy zabraknie cząsteczek związków stanowiących tzw. siłę asymilacyjną, które powstają podczas fazy jasnej fotosyntezy.

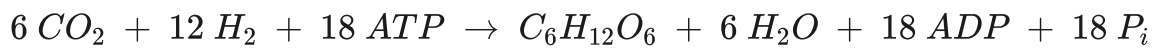
Twoje cele

- Przeanalizujesz oraz zinterpretujesz schemat przebiegu fazy ciemnej fotosyntezy.
- Wyróżnisz substraty i produkty cyklu Calvina.
- Wykażesz rolę składników siły asymilacyjnej w cyklu Calvina.

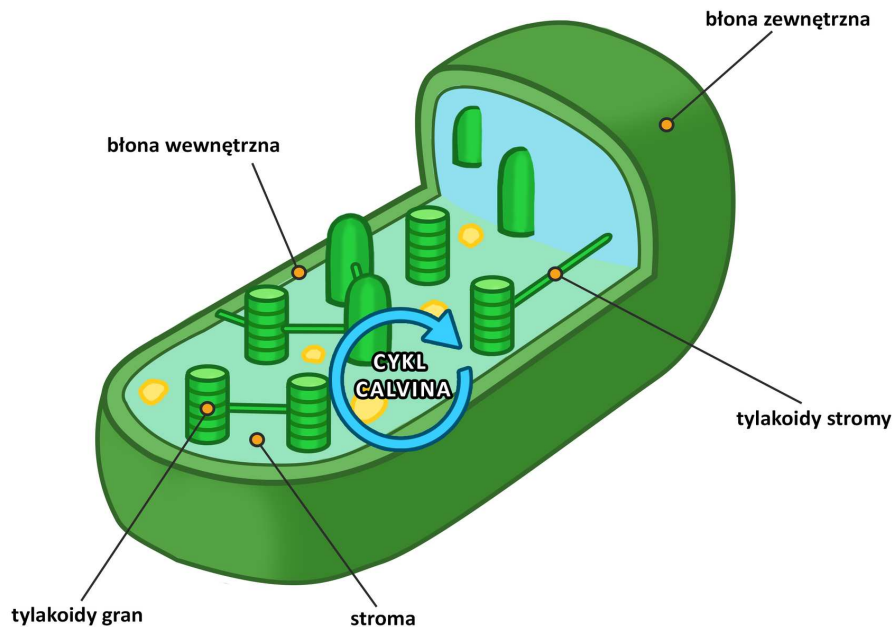
Przeczytaj

Większość energii swobodnej, która jest skumulowana w organizmach żywych, pochodzi ze słońca. Jest to możliwe dzięki przekształcaniu energii świetlnej w energię chemiczną w postaci cukrów, które następnie mogą być przekształcane w inne cząsteczki tworzące biomasę. Kluczowym etapem w syntezie tych związków organicznych jest **faza ciemna fotosyntezy**, podczas której dochodzi do redukcji węgla w **cyklu Calvina**. Procesy zachodzące w cyklu Calvina prowadzą do asymilacji dwutlenku węgla i syntezy związków organicznych.

Sumaryczne równanie reakcji zachodzących podczas cyklu Calvina przy założeniu, że produktem jest glukoza, gdzie H_2 oznacza wodory pochodzące z $NADPH+H^+$, wygląda następująco:



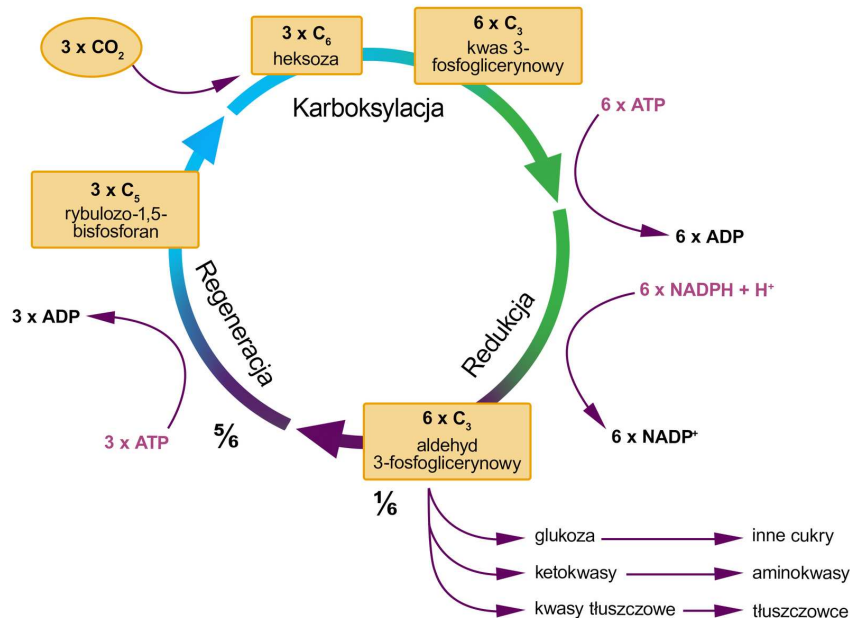
Miejsce zachodzenia cyklu Calvina



Schemat budowy chloroplastu.

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

Cykl Calvina zachodzi w **stromie** chloroplastów, gdzie znajdują się wszystkie enzymy potrzebne do zachodzenia kolejnych reakcji. Tam też występują cząsteczki siły asymilacyjnej, czyli ATP i NADPH+H⁺, które powstają na błonach tylakoidów podczas **fazy jasnej fotosyntezy**.



Schemat cyklu Calvina. Z sześciu cząsteczek powstałego aldehydu 3-fosfoglicerynowego tylko jedna stanowi zysk fotosyntezy i zostaje wykorzystana do syntezy innych związków organicznych.

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

Etapy Cyklu Calvina:

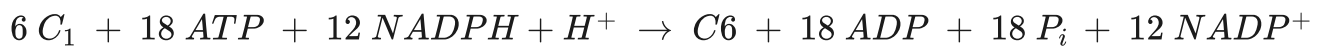
Karboksylacja

Karboksylacja jest pierwszym etapem cyklu Calvina. Polega ona na przyłączeniu, czyli asymilacji, dwutlenku węgla do pierwotnego akceptora dwutlenku węgla, jakim jest pięciowęglowy rybulozo-1,5-bisfosforan (RuBP). Reakcję tą katalizuje enzym **RuBisCO** (karboksylaza rybulozo-1,5-bisfosforanu). Produktem jest nietrwały związek sześciowęglowy, który szybko ulega hydrolizie do dwóch cząsteczek trójwęglowych kwasu-3-fosfoglicerynowego (PGA), będących pierwszym trwałym produktem karboksylacji.

Redukcja

Regeneracja

Myśląc o produktach fotosyntezy, zazwyczaj przyjmuje się, że są to cząsteczki glukozy. W praktyce – nie tylko. Przeanalizujmy, ile rund cyklu Calvina musi zajść, żeby wytworzyć jedną cząsteczkę glukozy netto. Do asymilacji jednej cząsteczki dwutlenku węgla (C_1) potrzeba trzech cząsteczek ATP (włączając reakcje regeneracji) i dwóch cząsteczek $NADPH+H^+$. Jedna cząsteczka glukozy zawiera sześć atomów węgla (C_6), więc bilans jej wytworzenia przedstawia się następująco:



Bilans ten świadczy o wysoce endoergicznym charakterze fotosyntezy.

Ciekawostka

Pełna nazwa enzymu RuBisCO to karboksylaza/oksygenaza rybulozo-1,5-bisfosforanu. Oznacza to, że katalizuje on również reakcję włączania tlenu do cząsteczki rybulozo-1,5-bisfosforanu, co zapoczątkowuje konkurencyjny dla fotosyntezy proces **fotooddychania** u roślin.

Słownik

faza ciemna fotosyntezy

faza fotosyntezy niezależna bezpośrednio od światła; asymilacja CO_2 i powstanie związków organicznych – przemiana substancji

faza jasna fotosyntezy

faza fotosyntezy bezpośrednio zależna od światła, umożliwiająca wytworzenie siły asymilacyjnej (ATP , $NADPH+H^+$), wykorzystywanej w dalszych etapach fotosyntezy

fotooddychanie

fotorespiracja – proces zachodzący w obecności światła, polegający na pobieraniu tlenu (O_2) i wydzielaniu dwutlenku węgla (CO_2) przez komórki fotosyntetyzujących roślin

fotosynteza

(gr. *fos* – światło; *synthesis* – łączenie) proces przetwarzania przez organizmy samożywne (autotrofy) energii świetlnej w energię chemiczną

PGA

kwasy 3-fosfoglicerynowe/3-fosfogliceryniany – kwasy organiczne; związki chemiczne z grupy fosforanów biorące udział w glikolizie i cyklu Calvina

PGAL

aldehid 3-fosfoglicerynowy – ufosforylowana trioza; ester kwasu fosforowego będący pośrednim produktem w glikolizie i pierwotnym produktem fotosyntezy, z którego syntetyzowane są inne związki organiczne

RuBisCO

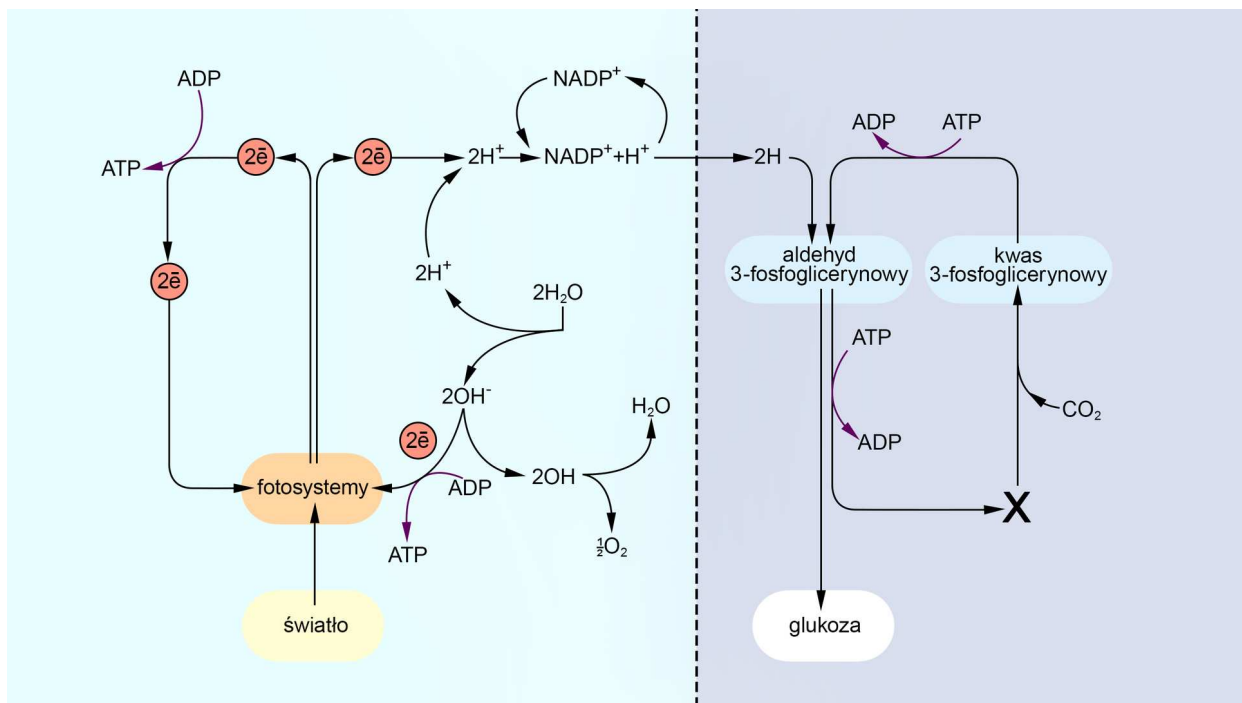
(ang. *ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase*) karboksylaza/oksygenaza rybulozo-1,5-bisfosforanu, karboksydysmutaza; enzym występujący w komórkach roślin, glonów, sinic oraz innych bakterii fotosyntetyzujących i chemosyntetyzujących katalizujący reakcję przyłączenia cząsteczki dwutlenku węgla do rybulozo-1,5-bisfosforanu (RuBP) podczas cyklu Calvina; bierze również udział w reakcji fotooddychania

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z treścią zadania. Swoją odpowiedź zapisz w formularzu. Następnie obejrzyj film i sprawdź, czy twoje wyjaśnienie jest prawidłowe.

Na uproszczonym schemacie przedstawiono przebieg fotosyntezy. Fazę jasną (zależną od światła) i fazę ciemną (niezależną od światła – cykl Calvina) oddzielono przerywaną linią.



Przebieg fotosyntezy.

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

Trwa wczytywanie danych...

REDUKCJA WĘGLA W CYKLU CALVINA

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1JRkBHrSSyGP>

Redukcja węgla w cyklu Calvina.

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

Film nawiązujący do redukcji węgla w cyklu Calvina.

Polecenie 2

Polecenie 3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



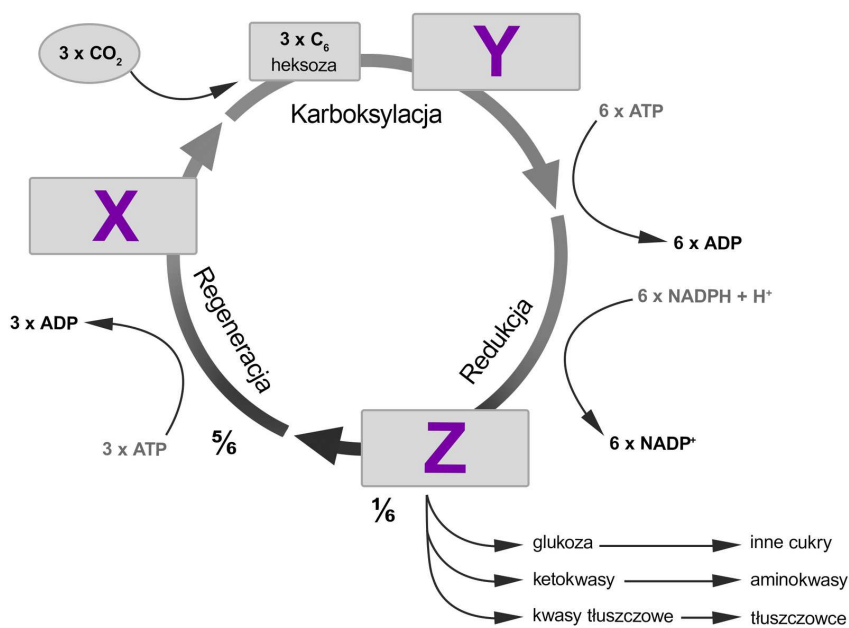
Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Schemat cyklu Calvina.

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

Ćwiczenie 5

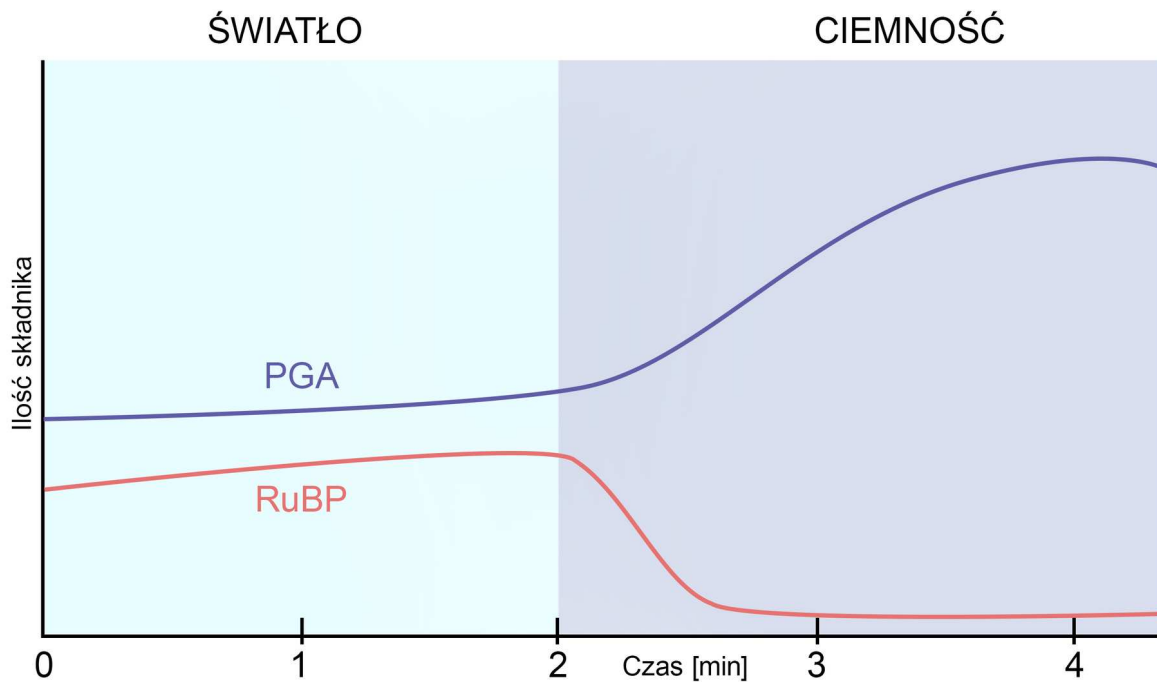


Ćwiczenie 6



Poniższy tekst oraz wykres dotyczą zadań 7, 8 i 9.

Jednym z pionierów badań nad fotosyntezą był James Bassham. Wyniki jego eksperymentu przedstawiono na wykresie poniżej. Ilość rybulozo-1,5-bisfosforanu (RuBP) oraz kwasu 3-fosfoglicerynowego (PGA) mierzono w hodowli glonu *Scenedesmus* z gromady zielenic. Początkowo glon był trzymany na świetle, a następnie w ciemności w 1% stężeniu CO₂, umożliwiającym efektywne zachodzenie fotosyntezy.



Wykres przedstawiający zmiany ilości składników (PGA oraz RuBP) w glonach *Scenedesmus* w czasie [min].

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., Hall and Rao (1994) Photosynthesis. 5th edition, Cambridge Univ Press, Fig 6.6., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Ćwiczenie 9



Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Agnieszka Pieszalska

Przedmiot: biologia

Temat: Redukcja węgla w cyklu Calvina

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:

3) analizuje na podstawie schematu przebieg fazy zależnej od światła oraz fazy niezależnej od światła; wyróżnia substraty i produkty obu faz; wykazuje rolę składników siły asymilacyjnej w fazie niezależnej od światła;

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;
- kompetencje cyfrowe.

Cele operacyjne:

Uczeń:

- analizuje oraz interpretuje schemat przebiegu fazy fotosyntezy niezależnej od światła;
- wyróżnia substraty i produkty cyklu Calvina;
- wykazuje rolę składników siły asymilacyjnej w cyklu Calvina.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- analiza tekstu źródłowego;
- gwiazda pytań;
- film samouczek.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- 4 arkusze papieru A3 z narysowaną gwiazdą, flamastry.

Przebieg zajęć

Przed lekcją

Uczniowie samodzielnie poszukują informacji związanych z tematem lekcji.

Faza wstępna

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się ze wstępem w e-materiale.
2. Nauczyciel zadaje pytania: „Co oznacza pojęcie cyklu Calvina? Gdzie zachodzi cykl Calvina?”
3. Nauczyciel podaje cele lekcji i formułuje jej temat.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel dzieli klasę na 4 grupy. Grupy otrzymują arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem grup jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pytań dotyczących zagadnienia znajdującego się wewnątrz gwiazdy („Redukcja węgla w cyklu Calvina”). Maksymalna liczba pytań: 5.
2. Grupy po napisaniu pytań przekazują gwiazdę innej grupie zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara. Zadaniem grup jest udzielenie odpowiedzi na pytania w oparciu o wiadomości znajdujące się w e-podręczniku i informacji przygotowanych przed lekcją. Odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3.
3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje.
4. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z multimediami bazowym (film samouczek) i wykonanie do niego poleceń.
5. Nauczyciel sprawdza poprawność wykonanych poleceń.

Faza podsumowująca

1. Nauczyciel podsumowuje pracę grup.
2. Nauczyciel prosi grupy o wykonanie ćwiczeń od 1 do 6 zawartych w e-materiale

Praca domowa

Uczniowie wykonują ćwiczenie interaktywne od 7 do 9 zawarte w e-materiale.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu samouczka

Film samouczek może być wykorzystany przez ucznia w podczas lekcji powtórzeniowej.