



Czynniki wpływające na intensywność fotosyntezy roślin

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium \(WL-S\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czynniki wpływające na intensywność fotosyntezy roślin

Głównymi organami przeprowadzającymi fotosyntezę u roślin są liście.

Źródło: <https://pixabay.com/>, domena publiczna.

Fotosynteza jest złożonym procesem metabolicznym występującym u organizmów samożywnych. U roślin intensywność tego procesu zależy od czynników zewnętrznych (egzogennych) i wewnętrznych (endogennych). Najważniejszymi czynnikami zewnętrznymi są: natężenie światła i temperatura oraz dostępność wody i dwutlenku węgla. Najważniejszymi czynnikami wewnętrznymi są: struktura liścia, liczba i rozmieszczenie w nim aparatów szparkowych, układ chloroplastów w komórkach miękiszu asymilacyjnego oraz zawartość barwników fotosyntetycznych i soli mineralnych.

Twoje cele

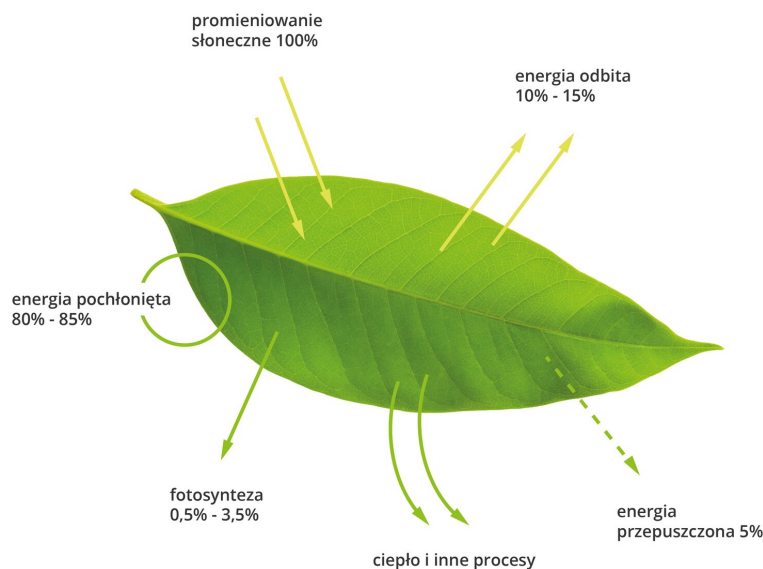
- Podzielisz czynniki wpływające na przebieg fotosyntezy na zewnętrzne i wewnętrzne.
- Scharakteryzujesz czynniki zewnętrzne, od których zależy intensywność fotosyntezy.
- Scharakteryzujesz czynniki wewnętrzne, od których zależy intensywność fotosyntezy.
- Określisz wpływ współzależności zewnętrznych czynników na intensywność fotosyntezy.
- Przeprowadzisz doświadczenie wykazujące wpływ zawartości dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy.

Przeczytaj

Czynniki zewnętrzne wpływające na intensywność fotosyntezy u roślin

Światło

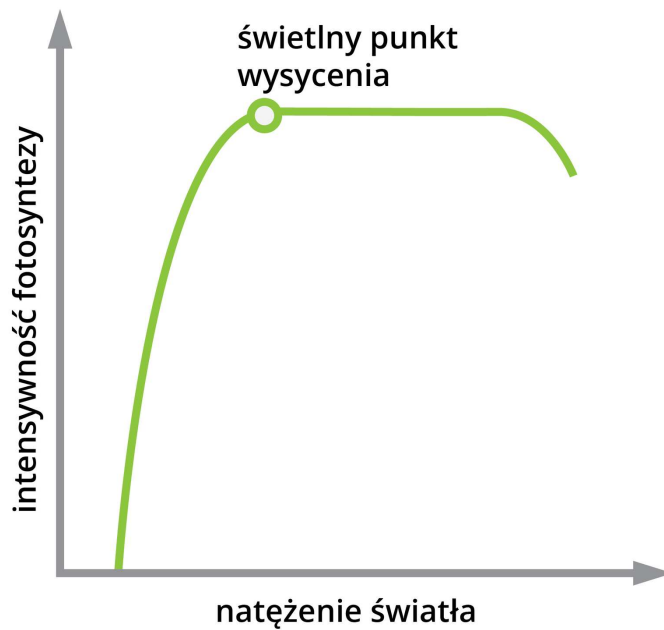
Światło docierające do powierzchni liści roślin jest tylko w niewielkiej części wykorzystywane w **fazie jasnej fotosyntezy**. Ilość energii bezpośrednio wykorzystywanej w fotosyntezie dla **roślin typu C₃** wynosi do 3,5%, a dla **roślin typu C₄** wynosi do 7%.



Wykorzystanie energii świetlnej padającej na liść rośliny C₃.

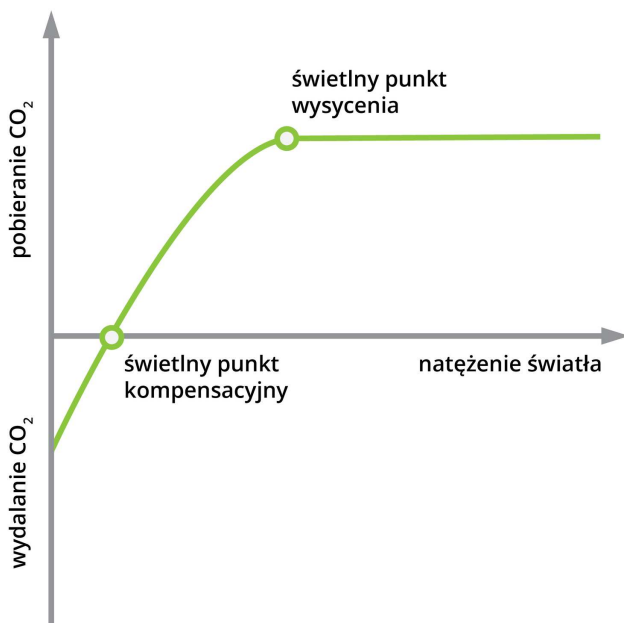
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Dla przebiegu fotosyntezy ma znaczenie natężenie światła, którego zakresy różnią się zależnie od strefy klimatycznej, pory roku, pory dnia czy stopnia zachmurzenia. Przy wzrastającym natężeniu światła **intensywność** fotosyntezy wzrasta proporcjonalnie, aż do osiągnięcia tzw. świetlnego punktu wysycenia, czyli stanu wysycenia światłem, w którym proces fotosyntezy zachodzi z maksymalną intensywnością. Dalszy wzrost natężenia światła może doprowadzić do spadku intensywności fotosyntezy. Początkowo jest to spowodowane wzrostem **transpiracji**, która prowadzi do obniżenia zawartości wody w roślinie. W wyniku spadku **turgoru** komórek, **aparaty szparkowe** zamykają się, co ogranicza dostępność dwutlenku węgla. W dłuższym czasie silne natężenie światła uszkadza **fotosystemy** i prowadzi do inaktywacji cząsteczek **chlorofilu**.



Wpływ natężenia światła na intensywności fotosyntezy.

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



Wpływ natężenia światła na pobieranie i wydalenie dwutlenku węgla.

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

Przy niskim natężeniu światła proces oddychania komórkowego (wydzielania dwutlenku węgla) dominuje nad procesem fotosyntezy (pobierania dwutlenku węgla). Z kolei przy wysokim natężeniu światła przeważa wiązanie dwutlenku węgla, zaś w **światlnym punkcie kompensacyjnym** procesy fotosyntezy oraz oddychania komórkowego równoważą się.

Dla stężenia dwutlenku węgla w atmosferze wynoszącego 0,04% i temperatury pokojowej (ok. 20°C) świetlny punkt kompensacyjny fotosyntezy mieści się w zakresie od 8 do 15 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

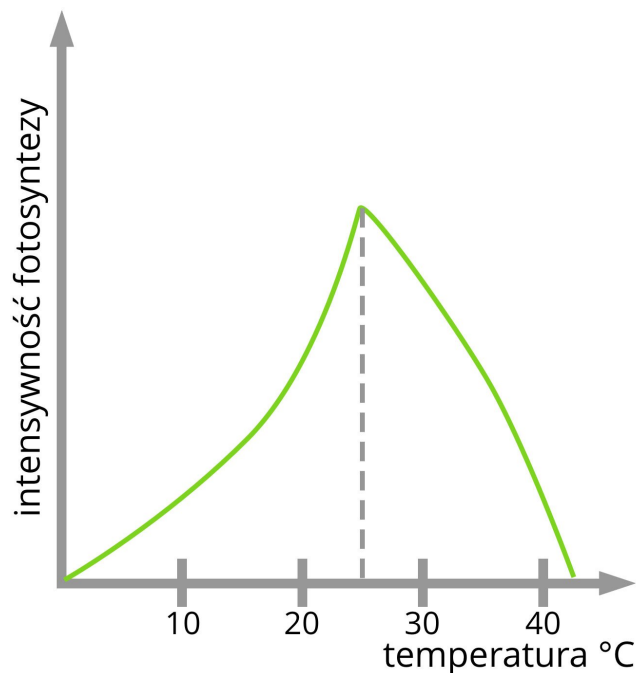


W naszej strefie klimatycznej natężenie światła w okresie wiosennym i jesiennym jest niewystarczające dla roślin. Dlatego w uprawach szklarniowych wykorzystuje się sztuczne źródła światła, co zwiększa wydajność fotosyntetyczną uprawianych roślin ozdobnych i użytkowych. Dzięki doświetlaniu rośliny szybciej rosną, osiągają większe rozmiary, a w przypadku roślin użytkowych dają większy plon.

Źródło: <http://pixabay.com>, domena publiczna.

Temperatura

Temperatura wpływa na intensywność fotosyntezy, oddziałując na aktywność enzymów. Reakcje fotosyntetyczne przebiegają w dość szerokim zakresie temperatur od ok. 0°C do ok. 45°C, przy czym przedział od ok. 20°C do ok. 30°C stanowi warunki optymalne. Wzrost temperatury powyżej wartości optymalnych powoduje spadek intensywności fotosyntezy, aż do jej całkowitego zahamowania. Zatrzymanie fotosyntezy wynika z **denaturacji** kompleksów białkowych wbudowanych w **tylakoidy** chloroplastów i białek enzymatycznych katalizujących reakcje fotosyntetyczne.



Wpływ temperatury na intensywność fotosyntezy.

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

Woda

Woda wpływa na intensywność fotosyntezy w sposób bezpośredni jako substrat reakcji fotosyntetycznych oraz w sposób pośredni, powodując zmiany turgoru komórek roślinnych. Związek ten uczestniczy w reakcjach fazy jasnej fotosyntezy i jest rozkładany w reakcji zwanej [fotolizą](#) na elektrony, protony H^+ i tlen, który jest wydzielany do atmosfery. Zawartość wody w roślinie wpływa na turgor komórek aparatu szparkowego. Niski stan uwodnienia powoduje zamykanie aparatów szparkowych, co uniemożliwia wymianę gazową i w konsekwencji prowadzi do spadku ilości dwutlenku węgla niezbędnego do przebiegu fotosyntezy.

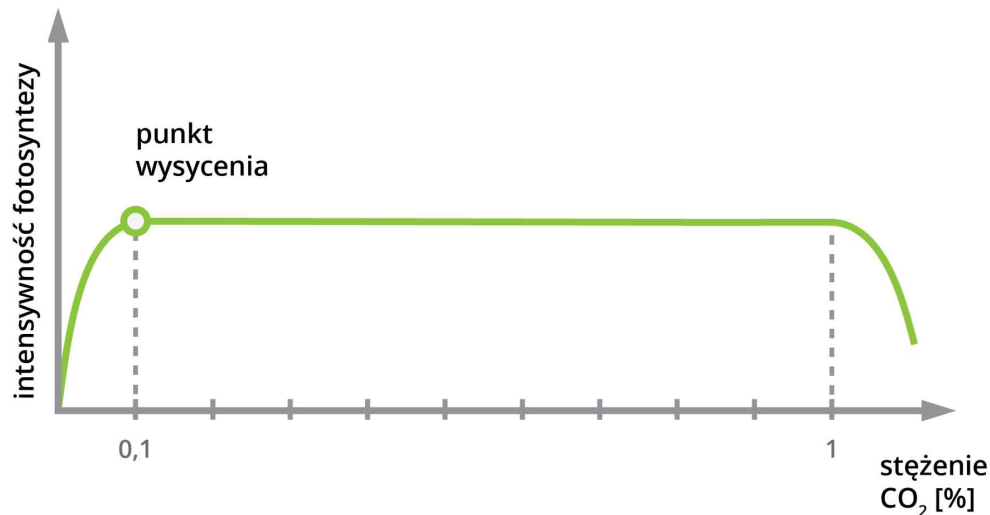
Dwutlenek węgla

Dwutlenek węgla wpływa na intensywność fotosyntezy w sposób bezpośredni jako substrat dla reakcji [karboksylacji](#)

Źródłem dwutlenku węgla w środowisku są:

- procesy oddychania komórkowego prowadzonego przez wszystkie żywe organizmy;
- procesy rozkładu martwej materii prowadzone przez grzyby i bakterie;
- procesy spalania zachodzące w przyrodzie naturalnie, np. wybuchy wulkanów i zachodzące przy udziale człowieka, np. zużycie paliw kopalnych;
- procesy wietrzenia skał wapiennych.

Dwutlenek węgla jest obecny w atmosferze w bardzo niskich stężeniach (ok. 0,04%). Zwiększenie stężenia tego gazu powoduje wzrost intensywności fotosyntezy – trudno jest uzyskać taki efekt na otwartym powietrzu, ale jest to możliwe między innymi w szklarni. Po osiągnięciu stężenia dwutlenku węgla wynoszącego 0,1% nie obserwuje się dalszego zwiększania natężenia procesów fotosyntetycznych. Natomiast zbyt wysoka zawartość dwutlenku węgla (powyżej 1%) skutkuje zahamowaniem fotosyntezy, ponieważ tak wysokie stężenie powoduje zamknięcie aparatów szparkowych, a nagromadzone CO_2 w komórkach wywołuje silne zakwaszenie, a co za tym idzie zakłóca pracę enzymów.



Wpływ dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy.

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



Zestalony dwutlenek węgla w postaci brył suchego lodu.

Źródło: ProjectManhattan, <http://commons.wikimedia.org>, licencja: CC BY 3.0.

Ilość dwutlenku węgla naturalnie występującego w atmosferze jest poniżej wartości optymalnych dla przebiegu fotosyntezy. W zamkniętych uprawach szklarniowych można zwiększyć stężenie dwutlenku węgla poprzez umieszczenie w nich brył tzw. suchego lodu. Suchy lód to forma zestalonego dwutlenku węgla, który w normalnych warunkach ulega sublimacji. Rośliny szklarniowe uzyskują w ten sposób dodatkowe ilości gazowego dwutlenku węgla, co umożliwia zwiększenie intensywności fotosyntezy, a tym samym – podwyższenie ilości uzyskiwanych plonów.

W XIX w. rozpoczął się intensywny rozwój przemysłu. Związane z tym działania

człowieka prowadzą do zwiększenia zużycia paliw kopalnych, zmniejszenia powierzchni terenów leśnych i nasilenia procesu urbanizacji. W wyniku spalania ropy naftowej, węgla, gazu ziemnego i drewna oraz zmniejszaniu areału zajmowanego przez roślinność, wzrasta stężenie dwutlenku węgla w atmosferze. Wzrost stężenia tego gazu przyczynia się do nasilenia efektu cieplarnianego. Zwiększenie ilości dwutlenku węgla w atmosferze i podniesienie średniej rocznej temperatury Ziemi potencjalnie mogłoby skutkować wzrostem wydajności fotosyntezy. Szczegółowe badania wykazały jednak, że rośliny w stosunkowo krótkim czasie adaptują się do podwyższonego stężenia dwutlenku węgla, poprzez zmniejszenie liczby aparatów szparkowych w liściach. W konsekwencji intensywność przeprowadzanej przez nie fotosyntezy jest zbliżona do poziomu sprzed wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze.

Ciekawostka

Wzrost zawartości dwutlenku węgla w atmosferze i podniesienie średniej rocznej temperatury Ziemi może przyczynić się do ekspansji roślin typu C_4 , które są lepiej przystosowane do cieplejszego klimatu niż rośliny typu C_3 .



Rzodkiewnik pospolity *Arabidopsis thaliana* L. – gatunek przeprowadzający fotosyntezę typu C_3 .

Źródło: Alberto Salguero, <http://wikimedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.



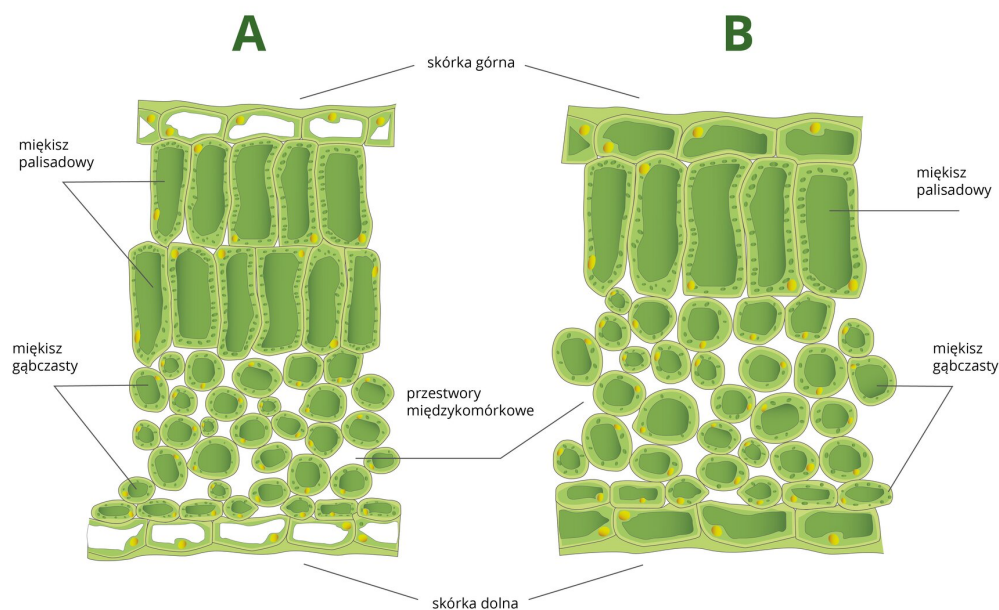
Szarłat zwisły *Amaranthus caudatus* L. – gatunek przeprowadzający fotosyntezę typu C_4 .

Źródło: Alwyn Ladell, [www.flickr.com](https://www.flickr.com/photos/alwynladell/), licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Czynniki wewnętrzne wpływające na intensywność fotosyntezy u roślin

Struktura liścia

Rośliny posiadają duże zdolności przystosowawcze do zmieniającego się natężenia światła. Rośliny, należące do tego samego gatunku, ale rosnące na stanowiskach o różnym nasłonecznieniu, wykazują istotne różnice w budowie anatomicznej liści. Osobniki ze stanowisk nasłonecznionych posiadają grubsze liście z długimi komórkami **miększu palisadowego** ułożonymi w kilka warstw. Natomiast osobniki ze stanowisk zacienionych posiadają liście cieńsze z krótkimi komórkami miększu palisadowego ułożonymi zazwyczaj w jedną warstwę.

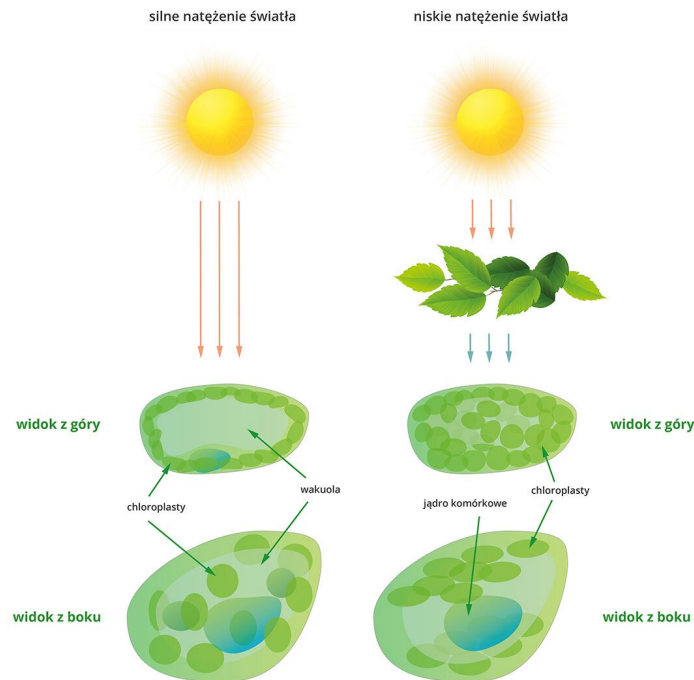


Przekrój poprzeczny liścia rośliny ze stanowiska nasłonecznionego (A) i stanowiska zacienionego (B). Komórki skórki mogą posiadać chlorofil w liściach roślin cieniolubnych.

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

Układ chloroplastów w komórkach mięszu asymilacyjnego

Położenie chloroplastów w komórkach mięszu asymilacyjnego zależy od natężenia światła, które do nich dociera. W warunkach niskiego natężenia światła, chloroplasty układają się w komórkach w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku padania promieni świetlnych. W warunkach silnego natężenia światła chloroplasty zajmują położenie równoległe w stosunku do kierunku padania promieni świetlnych. Zdolność chloroplastów do ruchu w cytoplazmie komórek mięszu asymilacyjnego pozwala optymalnie wykorzystywać zmienne warunki świetlne środowiska.



Ułożenie chloroplastów w komórkach miękiszu asymilacyjnego w zależności od natężenia światła.

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

Sole mineralne

Wiele procesów związanych z asymilacją dwutlenku węgla oraz przemianami świetlnymi nie może zachodzić bez soli mineralnych. Przykładowo **mangan** jest składnikiem układu enzymatycznego, biorącego udział w fotolizie wody. Natomiast niedobór **magnezu** prowadzi do **chlorozy**, czyli spadku stężenia chlorofilu, co znacznie ogranicza wylapywanie energii słonecznej przez ów barwnik. Ponadto brak tego pierwiastka wiedzie do zmniejszenia aktywności niektórych enzymów odpowiedzialnych za przemiany reszt fosforanowych.

Słownik

aparaty szparkowe

struktury występujące w skórcie liści i niezdrewniałych łodyg, umożliwiające transpirację i wymianę gazową pomiędzy wnętrzem organów roślinnych a atmosferą

chlorofil

(gr. *chloros*- zielony, *phyllon*- liść) główny barwnik fotosyntetyczny zlokalizowany w chloroplastach, silnie absorbujący światło widzialne w zakresie fal niebieskich i czerwonych

chloroza

zmniejszenie się zawartości chlorofilu

cykl Calvina

cykl metaboliczny reakcji biochemicznych zachodzących niezależnie od światła na terenie stromy chloroplastu, w czasie którego dochodzi do syntezy węglowodanów
czynnik wewnętrzny

przyczyna pochodząca ze środowiska wewnętrznego danego organizmu, wpływająca na jego funkcjonowanie
czynnik zewnętrzny

przyczyna pochodząca ze środowiska zewnętrznego, w którym dany organizm występuje, wpływająca na jego funkcjonowanie
denaturacja

zmiany w strukturze przestrzennej białka pod wpływem czynników fizycznych lub chemicznych, prowadzące do utraty jego aktywności biologicznej
faza ciemna fotosyntezy

faza fotosyntezy niezależna od światła, zwana także cyklem Calvina (zob. Cykl Calvina)
faza jasna fotosyntezy

faza fotosyntezy zależna od światła, wykorzystująca energię świetlną do wytworzenia ATP i NADPH, które są zużywane w fazie ciemnej fotosyntezy do produkcji węglowodanów
fotoliza wody

reakcja rozkładu cząsteczki wody na elektrony (e^-), protony (H^+) i tlen (O_2), zachodząca w błonach tylakoidów chloroplastów
fotosystem (fotoukład)

kompleksy białek, lipidów i barwników fotosyntetycznych wbudowanych w błonę tylakoidów chloroplastów, tworzące rodzaj anteny, wyłapującej energię świetlną
intensywność

natężenie, z jakim dany proces zachodzi
karboksylacja

przyłączenie cząsteczki dwutlenku węgla do innej cząsteczki
miękisz palisadowy

tkanka roślinna zbudowana z podłużnych komórek z licznymi chloroplastami, uczestnicząca w fotosyntezie
roślina C_3

rośliny, u których wiązanie dwutlenku węgla zachodzi bezpośrednio w czasie cyklu Calvina, akceptorem CO_2 jest rybulozo-1,5-bisfosforan a pierwszym produktem jego asymilacji jest 3-fosfoglicerynian (związek trójwęglowy)
roślina C_4

rośliny, posiadające dodatkowy mechanizm wiązania dwutlenku węgla, w którym akceptorem dwutlenku węgla jest fosfoenolopirogronian a pierwszym produktem jego asymilacji jest szczawiooctan (związek czterowęglowy)

światlny punkt kompensacyjny

takie natężenie światła, przy którym szybkość fotosyntezy odpowiada szybkości oddychania komórkowego

transpiracja

parowanie wody z powierzchni rośliny przez liście i łodygi

turgor (ciśnienie turgorowe)

nacisk wywierany przez protoplast komórki roślinnej na jej ścianę komórkową, czego efektem jest jędrność komórek

tylakoidy

płaskie, błoniaste struktury wewnątrz chloroplastu, zawierające wbudowane fotosystemy i przenośniki elektronów uczestniczące w fazie jasnej fotosyntezy

Wirtualne laboratorium (WL-S)

Laboratorium 1

Korzystając z wiedzy na temat produktów fotosyntezy, zaplanuj i przeprowadź doświadczenie, które pozwoli ci rozwiązać poniższy problem badawczy. Hipotezę, obserwacje, wyniki i wnioski zanotuj w formularzu.

Problem badawczy:

Jaki jest wpływ stężenia dwutlenku węgla w roztworze na intensywność fotosyntezy?

Sprzęt laboratoryjny:

- dwie zlewki o pojemności 250 ml;
- dwie probówki.

Materiały

- wodny roztwór wodorowęglanu potasu (KHCO_3);



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D7QA2CD50>

Analiza doświadczenia: *Wpływ stężenia dwutlenku węgla w roztworze na intensywność fotosyntezy.*

Problem badawczy: Jaki jest wpływ stężenia dwutlenku węgla w roztworze na intensywność fotosyntezy?

Hipoteza

Wyniki

Wnioski

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wskaż czynniki zewnętrzne wpływające na intensywność fotosyntezy.

☐ stężenie azotu atmosferycznego

☐ temperatura powietrza

☐ ciśnienie atmosferyczne

☐ stężenie dwutlenku węgla

Ćwiczenie 2



Wskaż zdania fałszywe.

☐ Natężenie światła ma wpływ na intensywność procesu fotosyntezy.

☐ W uprawach szklarniowych wykorzystuje się suchy lód do zwiększenia produkcji biomasy.

☐ Atmosfera zawiera optymalne stężenie dwutlenku węgla dla procesu fotosyntezy.

☐ Proces fotosyntezy nie zachodzi jeżeli stężenie dwutlenku węgla wynosi powyżej 0,06%.

Ćwiczenie 3



Połącz w pary nazwy i odpowiadające im opisy. Czy stężenie dwutlenku węgla wpływa na intensywność zachodzenia procesu fotosyntezy?

Wraz ze wzrostem stężenia dwutlenku węgla rośnie intensywność procesu fotosyntezy.

hipoteza

Dwutlenek węgla powoduje wzrost intensywności procesu fotosyntezy.

próba badawcza

Wydzielanie się pęcherzyków gazu.

wniosek

Zlewka z wodą wodociągową i pędem moczarki kanadyjskiej.

próba kontrolna

Czy stężenie dwutlenku węgla wpływa na intensywność zachodzenia procesu fotosyntezy?

wynik

Zlewka z wodą wodociągową, wodorowęglanem potasu i pędem moczarki kanadyjskiej.

problem badawczy

Ćwiczenie 4



Uzupełnij luki odpowiednimi słowami.

Intensywność fotosyntezy zależy między innymi od dostępności soli mineralnych. Niedobór powoduje chlorozę, czyli oraz zmniejszenie aktywności niektórych enzymów. Natomiast jest niezbędnym elementem, wchodzącym w skład układu enzymatycznego uczestniczącego w fotolizie wody. Fotoliza wody to . Proces ten zachodzi w fazie fotosyntezy.

jasnej

Mg⁺²

zahamowanie wzrostu

spadek stężenia chlorofilu

martwica tkanek

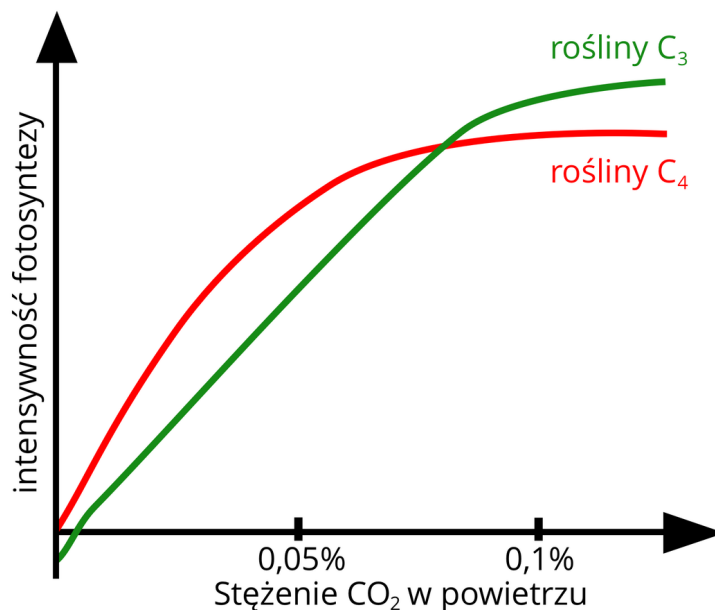
Mn²⁺

ciemnej

CO₂

rozpad wody pod wpływem światła

Na wykresie przedstawiono intensywność procesu fotosyntezy u dwóch zróżnicowanych metabolicznie grup roślin C_3 i C_4 .



Intensywność procesu fotosyntezy u dwóch zróżnicowanych metabolicznie grup roślin C_3 i C_4 .

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., Jiří Janoušek, <http://commons.wikimedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.

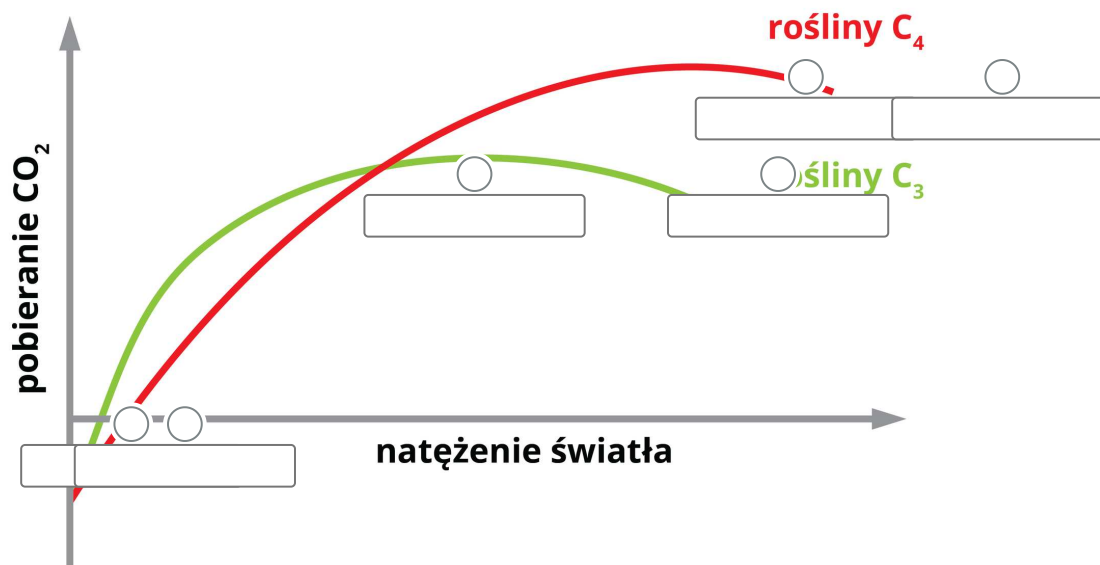
Korzystając z wykresu, oceń, czy podane stwierdzenia są prawdziwe, czy fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Przy stężeniu CO_2 występującym w atmosferze, rośliny z grupy C_3 intensywniej przeprowadzają fotosyntezę, niż rośliny z grupy C_4 .	☐	☐
Przy stężeniu CO_2 do 0,1% intensywność fotosyntezy wzrasta u obu grup roślin.	☐	☐
Przy stężeniu CO_2 powyżej 0,1% rośliny z grupy C_4 intensywniej przeprowadzają fotosyntezę niż rośliny z grupy C_3 .	☐	☐
U roślin z grupy C_4 obserwuje się tzw. dwutlenkowy punkt wysycenia procesu fotosyntezy, czyli takie stężenie CO_2 , powyżej którego nie obserwuje się dalszego wzrostu intensywności fotosyntezy.	☐	☐

Ćwiczenie 6



Pobieranie dwutlenku węgla przez rośliny rośnie wraz ze wzrostem natężenia światła aż do osiągnięcia świetlnego punktu wysycenia. Zbyt wysokie natężenie światła skutkuje wystąpieniem zjawiska fotoinhibicji, czyli hamowania fotosyntezy w wyniku uszkodzenia aparatu fotosyntetycznego. Zaznacz na wykresie świetlny punkt kompensacyjny, punkt wysycenia światłem oraz początek fotoinhibicji.



punkt wysycenia światłem roślin C₄

początek fotoinhibicji u roślin C₃

świetlny punkt kompensacyjny roślin C₃

początek fotoinhibicji u roślin C₄

punkt wysycenia światłem roślin C₃

świetlny punkt kompensacyjny roślin C₄

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

Ćwiczenie 7



Na podstawie wykresu z zadania 6 uzupełnij poniższe zdanie.

Rośliny o fotosyntezie C₃ mają wartość świetlnego punktu kompensacyjnego niż rośliny o fotosyntezie C₄.

wyższą

niższą

Ćwiczenie 8



Uczniowie postawili hipotezę: „Zwiększone stężenie dwutlenku węgla powoduje wzrost intensywności fotosyntezy”. W celu jej weryfikacji przeprowadzili następujące doświadczenie. Jedną probówkę napełnili wodą mineralną – niegazowaną, a drugą – gazowaną. Do każdej probówki włożyli jednakowej długości pędy moczarki kanadyjskiej, a następnie probówki umieścili denkami w górę w zlewkach z wodą o takich samych właściwościach, jak w probówkach. Tak przygotowane zestawy ustawili w równej odległości od źródła światła i liczyli ilość wydzielających się pęcherzyków gazu probówkach. Na podstawie tak przeprowadzonego doświadczenia wyciągnęli następujący wniosek: „Zwiększona ilość dwutlenku węgla przyspiesza proces fotosyntezy”.

Zdecyduj, czy doświadczenie zostało przeprowadzone poprawnie i uzasadnij swój wybór, uzupełniając luki.

Doświadczenie zostało przeprowadzone: , ponieważ:

poprawnie

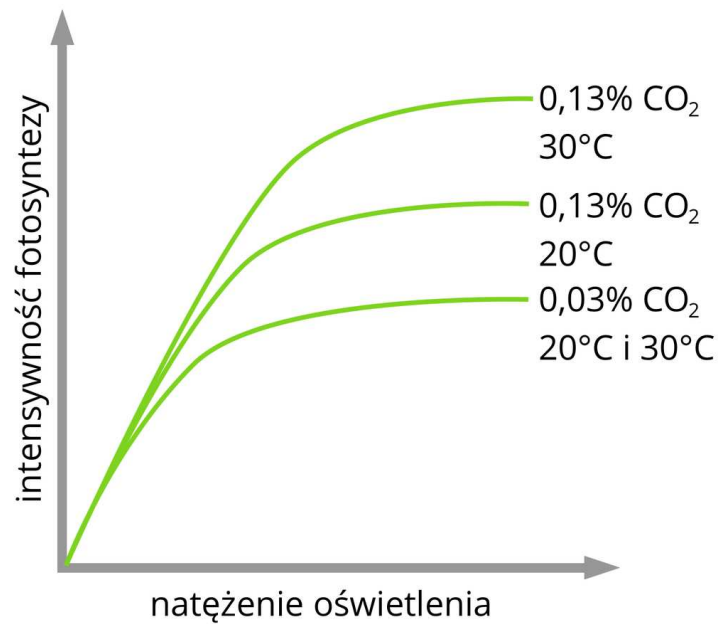
w zestawie z niegazowaną wodą mineralną w probówce zbierał się tylko O_2 .

w zestawie z gazowaną wodą mineralną w probówce zbierał się CO_2 , a dopiero później O_2 .

niepoprawnie

Informacja do zadania 9.

Na wykresie przedstawiono wpływ natężenia światła, stężenia dwutlenku węgla i temperatury na intensywność procesu fotosyntezy.



Na podstawie: *Biologia*, praca zbiorowa, Warszawa, 1989

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

Ćwiczenie 9



Uzupełnij zdanie.

Intensywność fotosyntezy ☐ zależy ☐ nie zależy od współdziałania czynników zewnętrznych. Czynnik środowiskowy, którego jest najmniej działa ☐ pobudzająco ☐ ograniczająco na przebieg procesu metabolicznego. W sytuacji, gdy wszystkie czynniki osiągają wartości optymalne proces może zachodzić z ☐ największą ☐ najmniejszą intensywnością.

Ćwiczenie 10



Rośliny hodowane w szklarniach są niemal całkowicie odcięte od powietrza atmosferycznego, w którym obecny jest dwutlenek węgla. Rolnicy dostarczają go do upraw szklarniowych w ściśle określonych dawkach. Wyjaśnij, jakie korzyści płyną z zapewnienia roślinom właściwej ilości dwutlenku węgla oraz w jaki sposób jest on dostarczany roślinom.

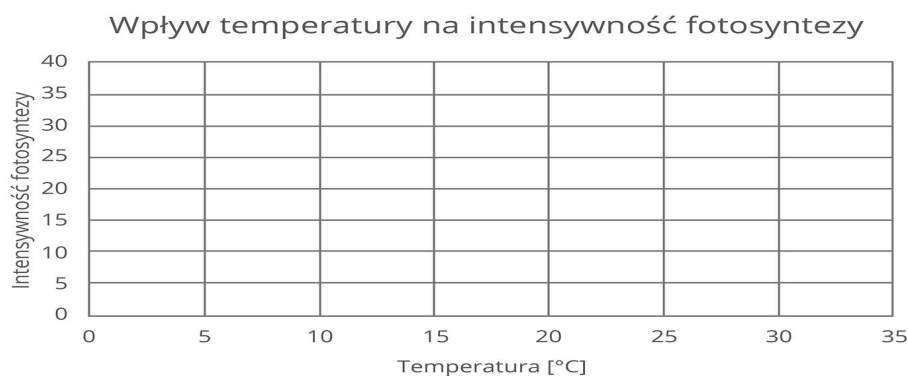
Ćwiczenie 11



W tabeli zebrano średnie wyniki doświadczenia, podczas którego badano wpływ temperatury na intensywność fotosyntezy u pewnego gatunku roślin. Mierzono objętość tlenku węgla (IV) asymilowanego w jednostce czasu przez badane rośliny przy tym samym natężeniu światła, ale w różnych temperaturach.

Temperatura (°C)	Wiązanie CO ₂ (jednostki umowne)
5	8
10	12
15	12
20	16
25	22
30	38

Wiedząc, że intensywność fotosyntezy odpowiada ilości asymilowanego dwutlenku węgla, wykorzystaj dane z tabeli i naskicuj wykres przedstawiający wpływ temperatury na intensywność fotosyntezy u danego gatunku rośliny. Następnie sformułuj wnioski.



Ćwiczenie 12



Naukowcy przeprowadzili pewien eksperyment. Jego wyniki przedstawiono na poniższym wykresie i zebrano w tabeli. Wiedząc, że kukurydza jest rośliną typu C4, a soja typu C3, sformułuj problem badawczy oraz wnioski.

Na podstawie: E.P. Flint, D.T. Patterson, *Potential Effects of Global Atmospheric CO₂ Enrichment on the Growth and Competitiveness of C₃ and C₄ Weed and Crop Plants*, *Weed Science*, 28(1), 1980, s. 71–75

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

Dla nauczyciela

Autor: Zyta Sendecka

Przedmiot: biologia

Temat: Czynniki wpływające na intensywność fotosyntezy

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

Podstawa programowa

Zakres rozszerzony

IX. Różnorodność roślin.

4. Odżywianie się roślin. Uczeń:

5) analizuje wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych na przebieg procesu fotosyntezy; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące wpływ temperatury, natężenia światła i zawartości dwutlenku węgla na intensywność 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;
- kompetencje obywatelskie.

Cele operacyjne

Uczeń:

- rozróżnia czynniki zewnętrzne i wewnętrzne wpływające na intensywność fotosyntezy;
- wymienia czynniki zewnętrzne wpływające na intensywność fotosyntezy;
- wymienia czynniki wewnętrzne wpływające na intensywność fotosyntezy;
- charakteryzuje wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych na intensywność fotosyntezy;
- projektuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące wpływ zawartości dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy;
- analizuje wyniki doświadczenia.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- strategia operacyjna;
- strategia problemowa;
- nauczanie wyprzedzające;
- strategia eksperymentalno-obserwacyjna;
- nauczanie hybrydowe.

Metody i techniki nauczania:

- metoda problemowa;
- ćwiczenia laboratoryjne;
- ćwiczenia interaktywne.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- inne materiały przygotowane przez nauczyciela;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przebieg zajęć

Przed lekcją uczniowie projektują doświadczenie badające wpływ dwutlenku węgla na intensywność tego procesu.

Faza wstępna

1. Wybrani lub chętni uczniowie, korzystając z wiedzy zdobytej na wcześniejszych zajęciach, odpowiadają na pytania:
 - Co to jest fotosynteza i jaki jest jej przebieg?
 - Jakie organizmy przeprowadzają proces fotosyntezy?
 - W jaki sposób odbywa się transport produktów fotosyntezy u roślin?
2. Nauczyciel, wprowadzając uczniów w temat lekcji, wyjaśnia, że intensywność procesu fotosyntezy zależy od czynników zewnętrznych (egzogennych) i wewnętrznych (endogennych).
3. Nauczyciel podaje temat lekcji oraz zapoznaje uczniów z celami zajęć.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel dzieli klasę na niewielkie grupy. Uczniowie poddają dyskusji zaprojektowane przez siebie doświadczenia badające wpływ dwutlenku węgla na intensywność fotosyntezy. Następnie planują wspólne przeprowadzenie eksperymentu.
2. Uczniowie, pracując w grupach, przeprowadzają zaplanowane doświadczenie w wirtualnym laboratorium. Zapisują hipotezę, swoje obserwacje, wyniki i wnioski. Na podstawie klucza odpowiedzi weryfikują poprawność przeprowadzonego eksperymentu.
3. Liderzy grup przedstawiają wyniki zespołowej pracy. Nauczyciel ocenia je i omawia konieczne do wprowadzenia zmiany.
4. Nauczyciel rozdaje swoim podopiecznym niezbędny sprzęt laboratoryjny i materiały potrzebne do przeprowadzenia tego samego eksperymentu w szkolnym laboratorium. Uczniowie, pracując w tych samych co poprzednio grupach, wykonują kolejne czynności. Konfrontują je z działaniami wcześniej wykonanymi wirtualnie. Odnotowują swoje spostrzeżenia.
5. Wskazani uczniowie na forum klasy porównują otrzymane wyniki eksperymentu z wynikami uzyskanymi podczas doświadczenia przeprowadzonego w wirtualnym laboratorium.
6. Uczniowie zapoznają się z e-materiałem pt. „Czynniki wpływające na intensywność fotosyntezy”.
7. Grupy tworzą mapy pojęć: zapisują najważniejsze informacje, zamieszczają odpowiadające im rysunki i symbole. opisów.
8. Liderzy prezentują wyniki pracy grupy. Nauczyciel koryguje ewentualne błędy.

Faza podsumowująca

1. Uczniowie samodzielnie wykonują wybrane ćwiczenia interaktywne. Chętni prezentują swoje odpowiedzi na forum klasy.
2. Wskazani uczniowie charakteryzują poszczególne czynniki wewnętrzne i zewnętrzne wpływające na intensywność procesu fotosyntezy u roślin.

Praca domowa

Uczniowie projektują doświadczenie, mające na celu zbadanie wpływu światła na proces fotosyntezy (zob. karta pracy do pobrania w materiałach pomocniczych).

Materiały pomocnicze

Karta pracy do pobrania.

Załącznik 1. Instrukcja wykonania doświadczenia.

Plik o rozmiarze 88.15 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium

Wirtualne laboratorium stwarza uczniowi możliwość upodobnienia procesu uczenia się i konstruowania wiedzy do przebiegu badania naukowego. Warto zaproponować swoim podopiecznym zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentu w wirtualnym laboratorium, a następnie – po weryfikacji przeprowadzonych czynności – skonfrontowanie go z tymi samymi działaniami w laboratorium szkolnym. Pozwala to uczyć się na błędach przez doświadczenie, bez realnych strat materiałów potrzebnych do eksperymentu oraz na zachowanie zasad bezpieczeństwa.

Jeśli nie ma możliwości przeprowadzenia doświadczenia w laboratorium szkolnym, laboratorium wirtualne doskonale posłuży jako symulacja odwzorująca rzeczywistość. Multimedium to można wykorzystać nie tylko w fazie realizacyjnej lekcji, ale także w fazie wstępnej, traktując je jako wprowadzenie do tematu lekcji (np. sprawdzając poprawność wykonania zadania domowego).

Uczniowie mogą także w domu samodzielnie pracować z multimedum, a na lekcji omówić z nauczycielem swoje spostrzeżenia, wyniki i wnioski.