



Transport produktów fotosyntezy w roślinie

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



Transport produktów fotosyntezy w roślinie

Produkty fotosyntezy nadają słodki smak warzywom i owocom.

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

Jak sądzisz, co sprawia, że zarówno korzeń marchwi, jak i owoce czereśni są słodkie? Związki odpowiedzialne za słodycz lubianych przez nas warzyw i owoców powstają w procesie fotosyntezy, a następnie są transportowane z liści roślin do owoców i korzeni. Droga, jaką pokonują, może zatem odbywać się w dwóch kierunkach – w górę lub w dół rośliny.

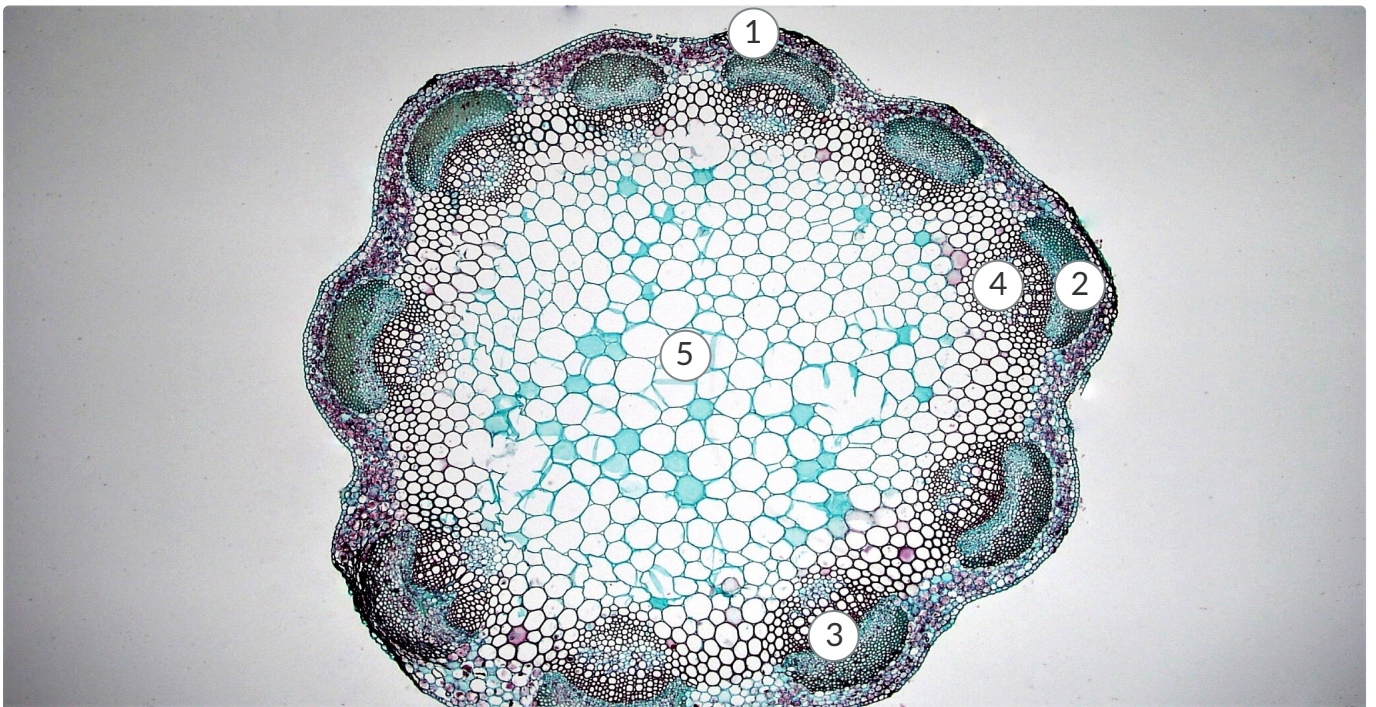
Twoje cele

- Opiszysz zjawisko transportu związków organicznych (cukrów) w roślinie.
- Wykażesz związek budowy łyka z rolą, jaką pełni.
- Wyjaśnisz mechanizm przepływu masowego pod ciśnieniem.

Przeczytaj

Transport substancji w roślinie

Transport substancji odżywczych, wody i soli mineralnych w roślinie nazywamy **translokacją**. Woda i sole mineralne są transportowane przez tkankę przewodzącą zwaną **drewnem (ksylemem)**. Natomiast substancje odżywcze powstałe w czasie fotosyntezy są transportowane przez tkankę przewodzącą zwaną **łykiem (floemem)**.



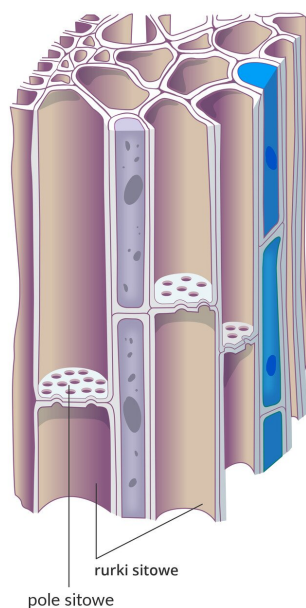
1

Skórka łodygi (epiderma)

Zewnętrzna okrywa łodygi, zbudowana z żywych, ściśle przylegających do siebie komórek. Pełni ona głównie funkcję ochronną. Jej zewnętrzna powierzchnia pokryta jest kutykulą, która ogranicza utratę wody z powierzchni łodygi. Obecne w skórcie aparaty szparkowe umożliwiają prowadzenie wymiany gazowej.

2

Łyko (floem)



Tkanka przewodząca zbudowana z: rurek sitowych, komórek przyrurkowych, miększu łykowego i włókien łykowych. Elementami łyka wyspecjalizowanymi w przewodzeniu substancji odżywczych powstałych w czasie fotosyntezy są rurki sitowe.

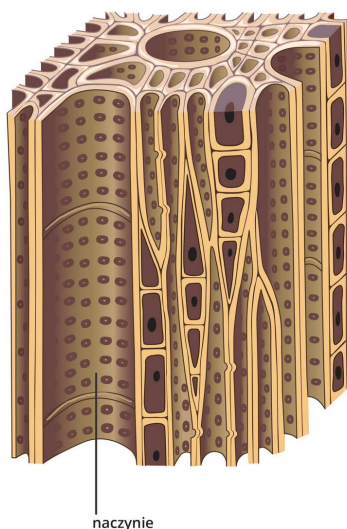
3

Miazga wiązkowa (kambium wiązkowe)

Merystem boczny, zbudowany z żywych, zdolnych do podziału komórek. Położony pomiędzy elementami łyka i drewna. Odpowiada za przyrost łodygi na grubość.

4

Drewno (ksylem)



Tkanka przewodząca zbudowana z: naczyń, cewek, miękiszu drzewnego i włókien drzewnych. Elementami drewna wyspecjalizowanymi w przewodzeniu wody i soli mineralnych są naczynia.

5

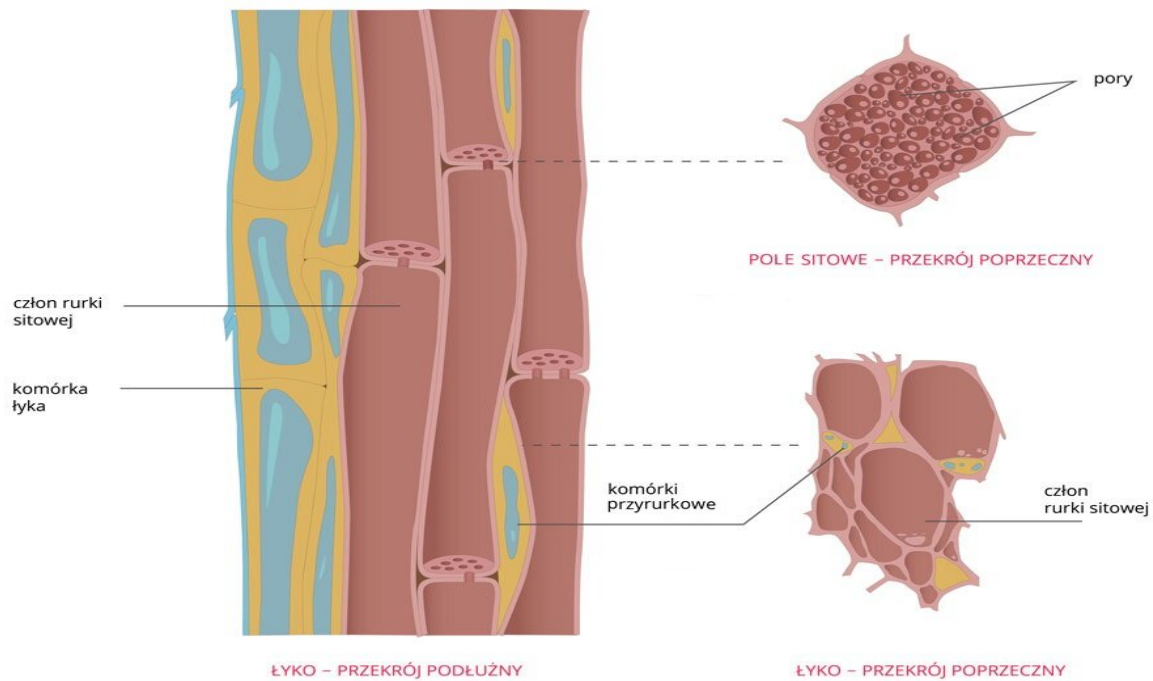
Rdzeń

Środek łodygi budują duże, cienkościenne komórki tkanki miękiszowej. Pełnią one głównie funkcje spichrzowe

Budowa pierwotna łodygi rośliny dwuliściennej. Na obwodzie miękiszowego rdzenia znajdują się pierścieniowo rozmieszczone wiązki przewodzące typu otwartego. Od strony zewnętrznej obecne jest łyko (floem), a od strony wewnętrznej – drewno (ksylem). Pomiedzy elementami łyka i drewna występuje merystem boczny, czyli miazga wiązkowa (kambium wiązkowe).

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

Substancje odżywcze powstałe w czasie fotosyntezy nazywamy asymilatami. Związki te są transportowane w roślinie przez **łyko (floem)**. U roślin okrytonasiennych tkanka ta składa się z rurek sitowych, komórek przyrurkowych, miękiszu łykowego i włókien łykowych. Rurki sitowe to żywe, wydłużone komórki, które utraciły jądro i wszystkie organelle komórkowe. Człony rurek sitowych, ułożone jedno nad drugim, oddzielone są od siebie ścianami poprzecznymi. Ściany te zawierają liczne pory, przez które przechodzą plazmodesmy sąsiadujących ze sobą komórek. W ten sposób tworzy się szlak transportu asymilatów. Do rurek sitowych przylegają żywe komórki przyrurkowe (komórki towarzyszące), które – w przeciwieństwie do rurek sitowych – zawierają jądro i pozostałe organelle komórkowe. Komórki przyrurkowe są odpowiedzialne za kontrolę przewodzenia asymilatów w rurkach sitowych. Miękisz łykowy także zbudowany jest z żywych komórek. Pełni on funkcję łącznika pomiędzy elementami łyka a innymi tkankami roślinnymi. Włókna łykowe to jedyne martwe komórki łyka. Pełnią one funkcję wzmacniającą w stosunku do pozostałych elementów tej tkanki.



Łyko roślin okrytonasiennych – przekrój podłużny oraz przekrój poprzeczny.

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



1

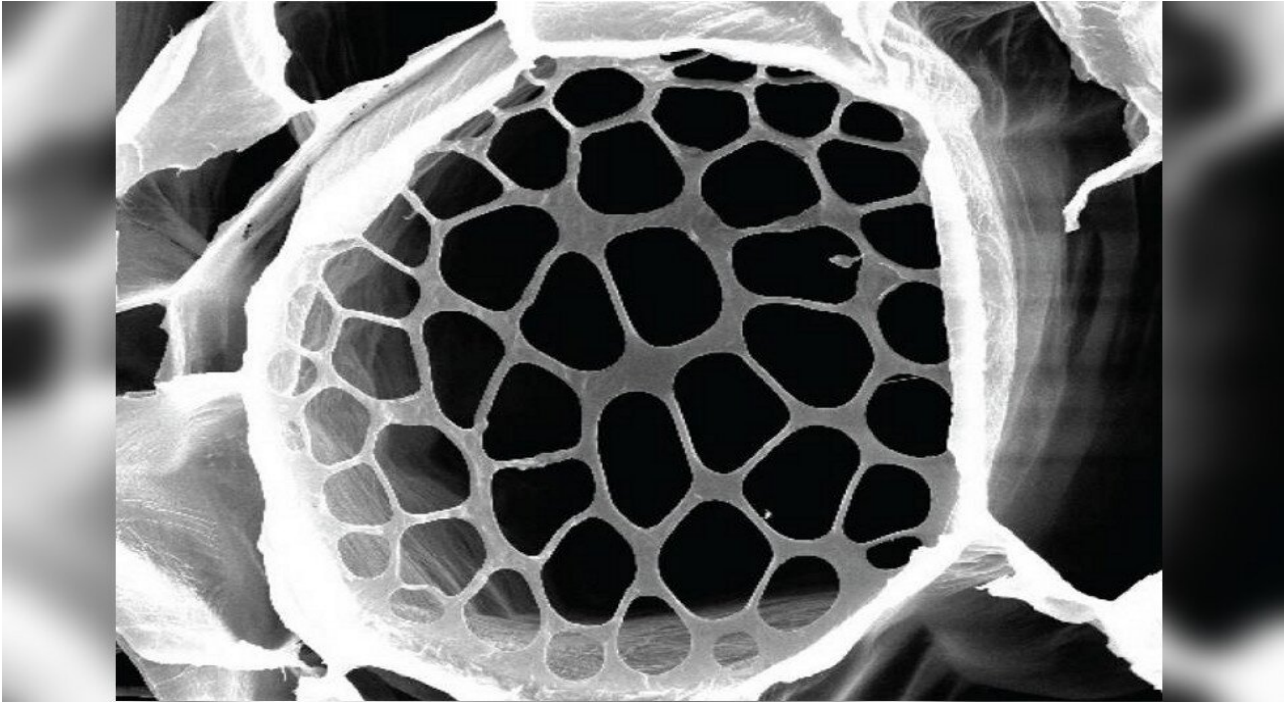
rurka sitowa

2

pole sitowe

Rośliny okrytonasienne posiadają rurki sitowe, tworzące pionowe szeregi komórek. Taka sieć tkanek przewodzących przebiega w blaszce liściowej, wzdłuż ogonków liściowych, łodygi (bądź pnia drzew) oraz w korzeniach.

Źródło: Berkshire Community College Bioscience Image Library, <https://flickr.com>, domena publiczna.



Na poprzecznych płaszczyznach ścian komórkowych członów rurek sitowych wykształcone są pola sitowe. Są to struktury, zawierające liczne pory o średnicy od 0,1 do 15 μm otoczone kołnierzem polisacharydu - kalozy. Jesienią ilość kalozy na polach sitowych wzrasta, co prowadzi do zaczopowania porów i zablokowania przepływu soku przez tyko, natomiast wiosną kaloza jest hydrolizowana i transport asymilatów tykiem znów jest możliwy.

Źródło: Tomas Bohr, Henrik Bruus, Noel Michele Holbrook, Kaare Hartvig Jensen, Michael Knoblauch, Daniel Leroy Mullendore, <https://ncbi.nlm.nih.gov>, licencja: CC BY 3.0.

Produkty fotosyntezy są transportowane w postaci roztworu wodnego zwanego **sokiem floemowym**. Skład chemiczny soku floemowego jest cechą gatunkową. Zawiera on składniki organiczne – sacharydy, alkohole, aminokwasy, kwasy organiczne, nukleotydy, fitohormony oraz składniki nieorganiczne w postaci jonów: kationów potasu i magnezu oraz anionów azotanowych, siarczanowych i fosforanowych. Spośród sacharydów głównym składnikiem soku floemowego jest disacharyd – sacharoza. Ponadto występują w nim także oligosacharydy – rafinoza, stachioza i wersbakoza. Spośród alkoholi obecne są pochodne cukrów sześć- i pięciowęglowych np. sorbitol i rybitol. Składniki soku floemowego są związkami niskocząsteczkowymi, dobrze rozpuszczalnymi w wodzie i nieaktywnymi chemicznie.

Donory i akceptory produktów fotosyntezy

Źródło produktów fotosyntezy, stanowią dojrzałe liście, które są **donorami** substancji pokarmowych. Natomiast miejscami odbioru asymilatów, czyli **akceptorami** są organy lub części rośliny, które przyjmują substancje odżywcze. Akceptorami produktów fotosyntezy są: korzeń, łodyga, kwiaty, owoce i nasiona, czyli miejsca magazynowania substancji odżywczych, a także merystemy wierzchołkowe korzenia i łodygi oraz młode liście, czyli miejsca intensywnego zużywania substancji odżywczych. Organy spichrzowe, takie jak korzeń czy łodyga, mogą również pełnić funkcję donora produktów fotosyntezy. Dzieje się tak wiosną, kiedy roślina nie posiada jeszcze liści. Wówczas zgromadzone w organach spichrzowych substancje odżywcze są transportowane do pozostałych części rośliny.

Kierunek transportu produktów fotosyntezy

Transport produktów fotosyntezy następuje zawsze od miejsca wytwarzania związków odżywczych w procesie fotosyntezy lub rozkładu substancji zapasowych (donora) do miejsca ich magazynowania lub wykorzystania (akceptora). Kierunek translokacji asymilatów w sąsiadujących ze sobą ciągach rurek sitowych może być dwukierunkowy, czyli odbywać się w przeciwnych kierunkach – w górę lub w dół rośliny.



Miejsca akceptorowe zwykle pozyskują cukier z najbliższych położonych miejsc donorowych. Liście umieszczone w dolnej części łodygi zaopatrują w asymilaty głównie korzenie, natomiast liście górnych pięt – wierzchołek wzrostu łodygi, najmłodsze liście, kwiaty i owoce.

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

Transport produktów fotosyntezy składa się z trzech etapów:

1. **załadunku łyka** – transportu produktów fotosyntezy z komórek miękiszu asymilacyjnego dojrzałych liści lub komórek miękiszu spichrzowego organów spichrzowych (korzeni i łodyg) do elementów przewodzących łyka;
2. **transportu asymilatów w łyku**, który zachodzi dzięki **przepływowi masowemu pod ciśnieniem**;
3. **rozładunku łyka** – transportu produktów fotosyntezy z łyka do komórek korzenia czy owocu, komórek młodych liści czy kwiatu, merystemu itp.

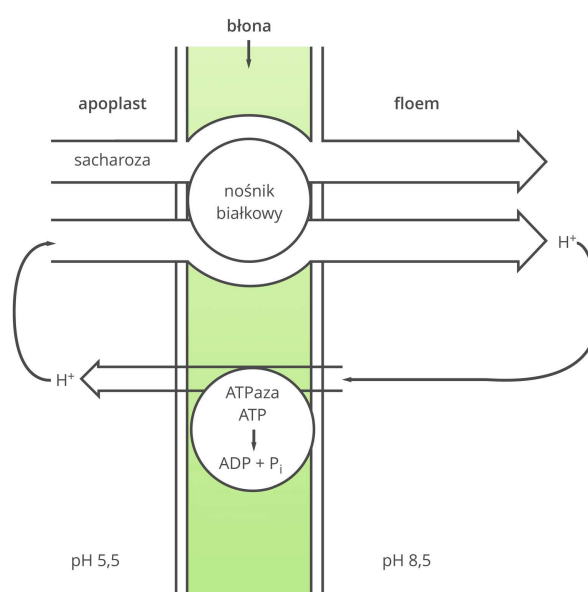
Załadunek łyka

W transporcie asymilatów do elementów tkanki przewodzącej biorą udział komórki miękiszu asymilacyjnego dojrzałych liści, położone najbliżej rurek sitowych. Zdarza się, że załadunek łyka wymaga nakładu energii w postaci ATP, gdyż przebiega on wbrew gradientowi stężenia sacharozy, które w rurekach sitowych jest około dwudziestokrotnie wyższe niż w komórkach miękiszu asymilacyjnego dojrzałych liści.

Załadunek łyka może odbywać się na dwa sposoby:

- na drodze **transportu symplastycznego** podczas którego sacharoza jest przemieszczana poprzez **plazmodesmy** od komórek miękiszowych poprzez komórki przyrurkowe do rurek sitowych;
- na drodze **transportu apoplastycznego**, podczas którego sacharoza jest przemieszczana z komórek miękiszowych poprzez błonę komórkową do **apoplastu**, a następnie aktywnie pobierana przez komórki przyrurkowe i plazmodesmami transportowana dalej do rurek sitowych (zachodzi wówczas dwukrotny transport przez błonę komórkową).

Energia dostarczana przez **ATP** jest wykorzystywana do aktywnego wypompowania jonów wodorowych H^+ przez błonę komórkową komórki przyrurkowej do apoplastu. W ten sposób powstaje gradient stężeń jonów wodorowych, które wraz z sacharozą powracają do cytoplazmy komórki przyrurkowej z udziałem przenośnika białkowego. Opisany rodzaj transportu nazywamy **symportem**.



Udział nośnika białkowego i pompy protonowej w załadunku łyka.

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

Rozładunek łyka

W transporcie asymilatów z tkanki przewodzącej do akceptorowych komórek organów lub części roślin, biorą udział rurki sitowe położone najbliżej miejsca docelowego. Rozładunek łyka odbywa się na drodze transportu aktywnego (transport apoplastyczny) bądź dyfuzji ułatwionej (transport symplastyczny). Poprzez **sympplast** zaopatrywane są akceptory intensywnie wykorzystujące importowane substancje odżywcze do wzrostu – młode liście, merystemy wierzchołkowe korzenia i łodygi. Sacharoza przemieszcza się poprzez plazmodesmy z rurek sitowych, poprzez komórki przyrurkowe do komórek akceptorowych. Poprzez **apoplast** zaopatrywane są akceptory magazynujące substancje odżywcze – korzeń, łodyga, owoce. Energia ATP zużywana jest m.in. na aktywację transporterów sacharozy z rurek sitowych i komórek przyrurkowych do apoplastu. Sacharoza, transportowana rurkami sitowymi, ulega hydrolizie do glukozy i fruktozy przez **inwertazę** na powierzchni ścian komórkowych, w wakuoli lub cytoplazmie komórek akceptorowych. Zdarza się, że liczba akceptorów jest większa niż ilość asymilatów, które donory są w stanie dostarczyć. Roślina pozbywa się wtedy niektórych kwiatów czy owoców. Wykorzystują to sadownicy i ogrodnicy, którzy np. w sadach usuwają młode kwiaty i owoce, aby uzyskać mniejszą ilość owoców, ale za to jakościowo większych i dorodniejszych.

Przepływ masowy pod ciśnieniem

Transport asymilatów w łyku u roślin okrytonasiennych odbywa się z dużą prędkością – około 1 m na godzinę. Siłą napędową przemieszczającą roztwór sacharozy w rurkach sitowych jest gradient ciśnienia między miejscem załadunku i rozładunku łyka. W miejscu załadunku łyka rośnie stężenie sacharozy w rurce sitowej, co powoduje spadek potencjału wodnego komórki i w efekcie następuje osmotyczny napływ wody z sąsiadującego naczynia drewna do rurki sitowej łyka. Napływ wody wywołuje wzrost ciśnienia turgorowego, które tłoczy roztwór sacharozy. W miejscu rozładunku łyka stężenie sacharozy w rurce sitowej maleje, co powoduje wzrost potencjału wodnego komórki i w efekcie następuje osmotyczny odpływ wody z rurki sitowej łyka do sąsiadującego naczynia drewna. Odpływ wody wywołuje spadek ciśnienia turgorowego. Zatem sok floemowy w rurkach sitowych przepływa zgodnie z gradientem ciśnienia, dlatego jest to transport bierny, nie wymagający nakładu energii ATP.

Słownik

akceptor

komórki odbierające produkty fotosyntezy

apoplast

zespół nieplazmatycznych elementów ciała rośliny, składający się ze ścian komórkowych, przestworów międzykomórkowych i martwych komórek drewna biorących udział w translokacji

ATP

adenozynotrifosforan, nukleotyd trifosforanowy zawierający adeninę i uwalniający energię podczas hydrolizy wiązań fosforowych

donor

komórki dostarczające produkty fotosyntezy

drewno

(inaczej ksylem; z gr. *ksylos* – drewno) – tkanka przewodząca roślin składająca się głównie z martwych komórek, które przewodzą wodę i sole mineralne

inwertaza

enzym katalizujący hydrolizę sacharozy do glukozy i fruktozy. Powstała mieszanina glukozy i fruktozy nazywana jest cukrem inwertowanym

łyko

(inaczej floem; łac. *phloem*, z gr. *φλοιός*, *phlóios*) – tkanka przewodząca roślin składająca się głównie z żywych komórek, które przewodzą produkty fotosyntezy

plazmodesmy

cytoplazmatyczne połączenie sąsiadujących komórek roślinnych, biegnące w poprzek ścian komórkowych

przepływ masowy pod ciśnieniem

bierny transport produktów fotosyntezy w rurkach sitowych łyka spowodowany gradientem ciśnienia turgorowego między miejscem załadunku i rozładunku łyka

rozładunek łyka (floemu)

transport produktów fotosyntezy z łyka do komórek akceptorowych

sok floemowy

wodny roztwór związków organicznych i nieorganicznych przemieszczający się w łyku od donora do akceptora

sympplast

zespół plazmatycznych elementów ciała rośliny połączonych plasmodesmami

sympport

rodzaj transportu aktywnego przez błonę biologiczną, w którym dwie substancje są równocześnie przemieszczane poprzez jedno białko błonowe do tego samego przedziału komórkowego

translokacja

(z łac. *translocatio* – przemieszczenie) – transport substancji odżywczych, wody i soli mineralnych w roślinie

transport apoplastyczny

transport substancji w obrębie ścian komórkowych, przestworów międzykomórkowych i wewnątrz martwych komórek w roślinie

transport symplastyczny

bierny transport substancji w obrębie protoplastów komórek roślinnych poprzez plasmodesmy

załadunek łyka (floemu)

transport produktów fotosyntezy z komórek donorowych do łyka. Załadunek odbywający się przez symplast ma charakter bierny, natomiast załadunek poprzez apoplast wymaga znacznych nakładów energii

Animacja

Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem i przedstaw mechanizm siły napędowej przepływu soku floemowego w rurce sitowej.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D10eR2owc>

Transport produktów fotosyntezy w roślinie – animacja.

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

Nagranie filmowe dotyczące transportu produktów fotosyntezy w roślinie.

Polecenie 2

Przeanalizuj kolejne etapy przepływu masowego pod ciśnieniem, a następnie:

Wyjaśnij, dlaczego przemieszczanie się soku floemowego wymaga żywych komórek

Opisz budowę rurek sitowych łyka w odniesieniu do pełnionych przez nie funkcji.

Określ ciśnienie turgorowe w układzie rurek sitowych w miejscu syntezy cukrów oraz w miejscu ich zużycia.

Polecenie 3

Określ kierunki transportu odbywającego się w łyku i w drewnie. Wyjaśnij, z czego wynikają różnice zachodzące między nimi.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Do podanych pojęć dobierz definicję.

translokacja

odbiorca sacharozy

akceptor

roztwór wodny produktów fotosyntezy

sok floemowy

transport substancji w roślinie

donor

dostawca sacharozy

Ćwiczenie 2



Wskaż zdanie zawierające nieprawdziwą informację.

- ☐ Transport asymilatów może odbywać się w dwóch kierunkach: w dół i w górę rośliny.
- ☐ Głównym miejscem wytwarzania asymilatów są w pełni wykształcone liście.
- ☐ Stężenie cukru w miejscu odbioru (akceptora) jest niższe niż w rurce sitowej.
- ☐ Latem substancje odżywcze są transportowane z korzeni drzewa do jego górnych części tkanką przewodzącą.

Ćwiczenie 3



Ustaw w poprawnej kolejności elementy uczestniczące w okresie letnim w transporcie cukrów u roślin okrytonasiennych, zgodnie z kierunkiem tego transportu.

stroma chloroplastu



komórki miękiszu spichrzowego



komórka przyrurkowa w korzeniu



człony rurki sitowej



cytoplazma komórki miękiszu asymilacyjnego



komórka przyrurkowa w liście



Ćwiczenie 4



Uzupełnij tekst właściwymi określeniami.

U roślin okrytozalążkowych przemieszcza się przez transportem masowym, którego siłą napędową jest .

miękisz drzewny

sok floemowy

cewki i naczynia

gradient ciśnienia

wytwarzanie ciśnienia turgorowego w miejscu odbioru (akceptorze)

rurki sitowe

Ćwiczenie 5



Zapoznaj się z poniższym tekstem, a następnie wskaż poprawne dokończenie zdania.

Przeprowadzono doświadczenie polegające na tzw. obrączkowaniu drzew, czyli usunięciu z pnia drzewa pierścienia perydermy. Stwierdzono, że działanie to poważnie upośledziło przemieszczanie się substancji odżywczych w kierunku korzenia, ale jednocześnie pozwoliło uzyskać soczyste i duże owoce.

Doświadczeniem tym udowodniono, że wraz z usuniętą korą drzewo...



zwiększyło intensywność wytwarzania asymilatów w liściach rosnących najbliżej owoców.



utraciło optymalny przepływ wody w drewnie (ksylemie).



zatrzymało produkcję asymilatów.



utraciło optymalny przepływ soku floemowego.

Źródło: Wisconsin Department of Natural Resources, www.flickr.com, licencja: CC BY-ND 2.0.

Ćwiczenie 6



Zapoznaj się z poniższym tekstem, a następnie wskaż właściwe określenia w zdaniu podsumowującym wyniki przeprowadzonego badania.

Mszyca, której pokarmem jest sok floemowy, nakłuwa rurkę sitową kłujką, czyli przypominającą igłę strzykawki częścią aparatu gębowego. Jeśli usunie się ciało owada, pozostawiając wbitą kłujkę, będzie działała ona jak rodzaj kranu, przez który może godzinami wypływać sok floemowy. Badając wypływający roztwór, można określić skład i stężenie wybranych związków.

Stężenie ☐ ☐ ☐ w soku floemowym było tym ☐ ☐ ☐, im bliżej kłujka była źródła pokarmu.

Ćwiczenie 7



Wskaż organy roślinne, które są jednocześnie donorami i akceptorami cukru. Napisz, dlaczego w odniesieniu do tych organów można użyć obu określeń.

☐ kłącza

☐ pąki

☐ cebule

☐ bulwy

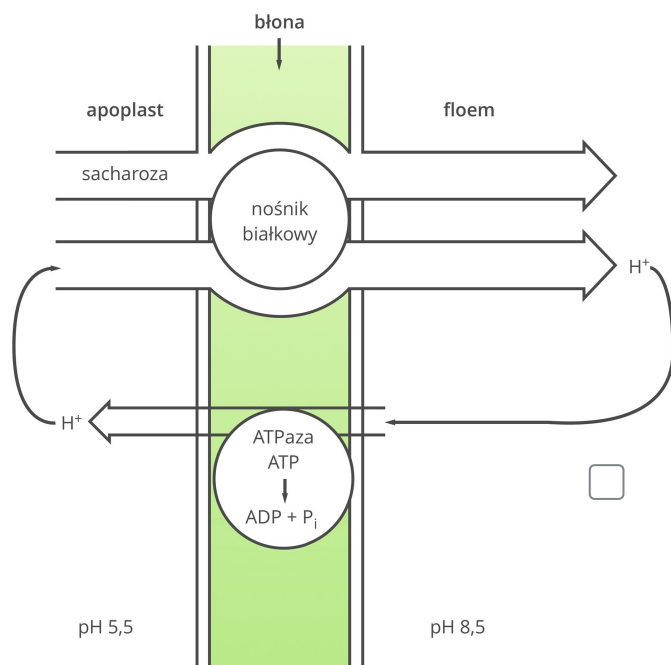
☐ dojrzałe liście

☐ owoce

Ćwiczenie 8



Na rysunku dotyczącym załadunku łyka zaznacz symport. Wyjaśnij, jaki to rodzaj transportu i na czym polega.



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

Ćwiczenie 9



Szybkość liniową transportu asymilatów za pośrednictwem łyka oblicza się dzięki oznaczaniu transportu promieniotwórczego izotopu węgla ^{14}C lub ^{11}C . Owe izotopy są wprowadzane do rośliny w czasie, w którym asymiluje ona $^{14}\text{CO}_2$ lub $^{11}\text{CO}_2$. Intensywność transportu $I [\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}]$ jest liczona wg wzoru:

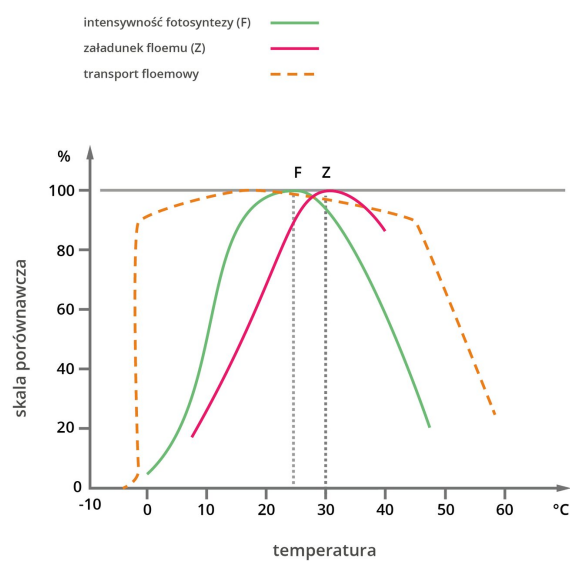
$$I = C \cdot V$$

Gdzie:

C – to stężenie transportowanych substancji $[\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}]$;

V – to szybkość liniowa $[\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}]$.

Jakie będzie stężenie substancji, której intensywność transportu floemowego wynosi $3,2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, a szybkość liniowa $48 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$? Wynik podaj w podstawowych jednostkach układu SI $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$. Odpowiedź zaokrąglaj do pierwszego miejsca po przecinku.



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

Wykres przedstawia wpływ temperatury na intensywność fotosyntezy (F), załadunek łyka (Z) i transport floemowy. Na jego podstawie określ, dla jakich temperatur następuje optimum termiczne załadunku łyka i fotosyntezy.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Zyta Sendeka

Przedmiot: biologia

Temat: Transport produktów fotosyntezy w roślinie

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

Podstawa programowa

Zakres rozszerzony:

IX. Różnorodność roślin.

4. Odżywianie się roślin. Uczeń:

2) określa drogi, jakimi transportowane są produkty 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:

- zidentyfikuje donory i akceptory cukru w roślinie;
- zilustruje drogi transportu produktów fotosyntezy;
- dowie się, że drogi transportu asymilatów zależą od wzajemnego położenia donorów i akceptorów;
- wyjaśni związek budowy łyka z pełnioną funkcją.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- IBSE (nauczanie przez dociekanie naukowe);
- nauczanie hybrydowe.

Metody i techniki nauczania

- Self-Organized Learning Environment (SOLE);
- metoda informacji zwrotnej;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem.

Forma pracy

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

Środki dydaktyczne

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu, słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- duże arkusze papieru, kolorowe pisaki.

Przebieg zajęć

Faza wstępna

1. Nauczyciel prosi wybraną osobę, aby odniosła się do wiedzy zdobytej na wcześniejszych zajęciach i omówiła transport wody w roślinie.
2. Nauczyciel inicjuje burzę mózgów, zadając pytanie: „Dlaczego czereśnie i korzenie marchwii są słodkie?”. Uczniowie zapisują na tablicy swoje pomysły.
3. Nauczyciel podsumowuje burzę mózgów, mówiąc, że związki odpowiedzialne za słodycz warzyw i owoców powstają w procesie fotosyntezy, a następnie są transportowane z liści roślin do owoców i korzeni.
4. Nauczyciel podaje temat i cele lekcji.

Faza realizacyjna

1. Uczniowie zapoznają się z treścią e-materiału.
2. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne nr 1-4. Wybrane osoby uzasadniają poprawne odpowiedzi.
3. Nauczyciel dzieli klasę na małe grupy. Na tablicy interaktywnej wyświetla następujący tekst: *Na owocującej gałęzi jabłoni, na której znajdują się trzy jabłka, dokonano obrączkowania w dwóch miejscach: powyżej i poniżej środkowego jabłka.* Zadaniem każdego zespołu jest wyjaśnienie celowości opisanego działania i graficzne jego zilustrowanie na dużych arkuszach papieru.
4. Grupy prezentują wyniki swojej pracy, nauczyciel uzupełnia wypowiedzi podopiecznych, koryguje ewentualne błędy. Uczniowie omawiają różnice i podobieństwa swoich rozwiązań.

5. Uczniowie oglądają animację pt. „Transport produktów fotosyntezy w roślinie” i wykonują polecenia odnoszące się do filmu, zawarte w e-materiale. Wybrane osoby dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy. Nauczyciel ocenia ich poprawność, naprowadza na prawidłowe wyjaśnienia.

Faza podsumowująca

1. Uczniowie samodzielnie rozwiązują ćwiczenia interaktywne nr 8–10. Wskazane przez prowadzącego lekcję osoby przedstawiają swoje rozwiązania. Nauczyciel ocenia poprawność ich rozumowania, wyjaśnia wątpliwości podopiecznych.
2. Uczniowie, pracując w parach, rozwiązują krzyżówkę podsumowującą zajęcia (zob. plik do pobrania w materiałach pomocniczych). Chętne osoby odczytują swoje objaśnienia hasła głównego, nauczyciel koryguje ewentualne błędy.

Praca domowa

Uczniowie wykonują ćwiczenia interaktywne nr 5–7.

Materiały pomocnicze

Krzyżówka – plik do pobrania

Plik o rozmiarze 119.66 KB w języku polskim

Rozwiązanie krzyżówki – plik do pobrania

Plik o rozmiarze 131.06 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium

Animację można wykorzystać do pracy samodzielnej uczniów, przy zastosowaniu strategii odwróconej klasy (uczniowie pracują samodzielnie przed lekcją, zapoznając się z treścią e-materiału, a następnie analizując film i wykonując odpowiadające mu polecenia).