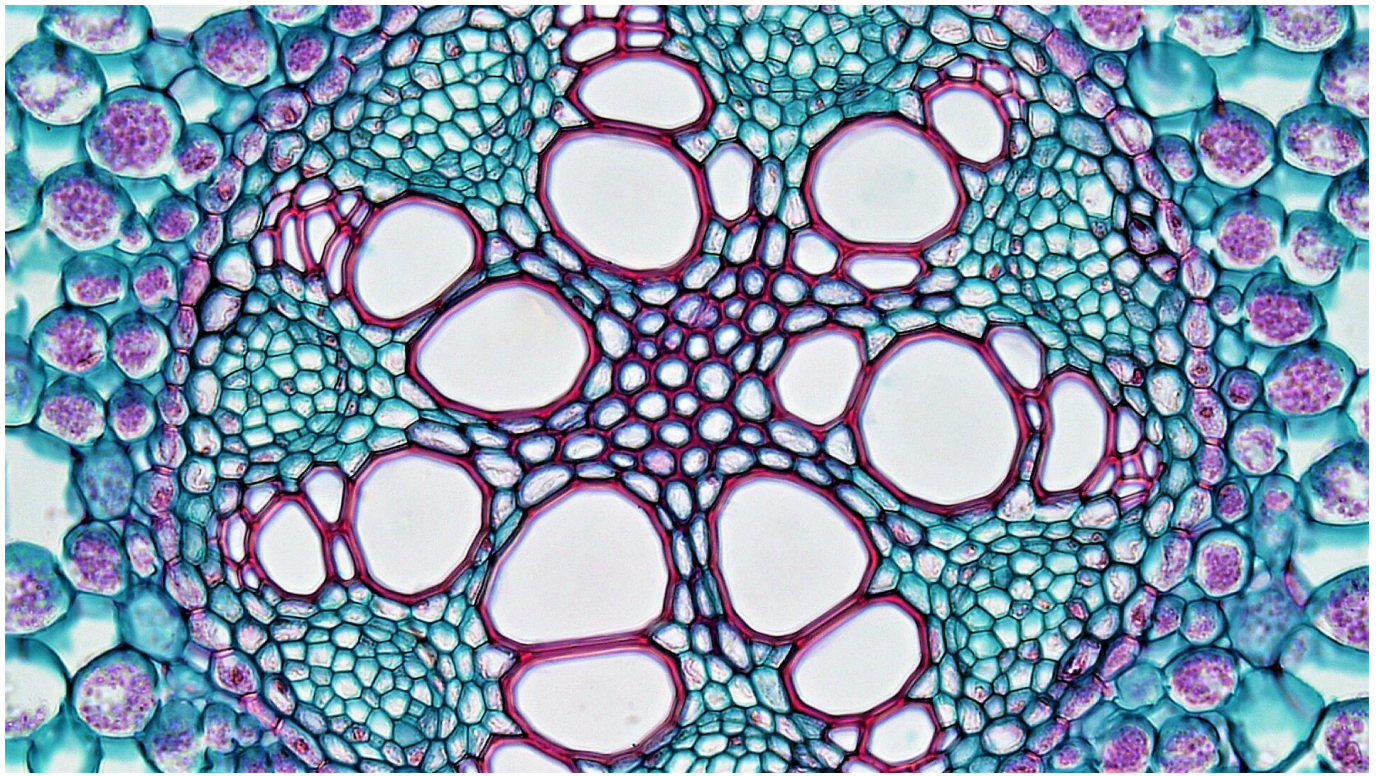
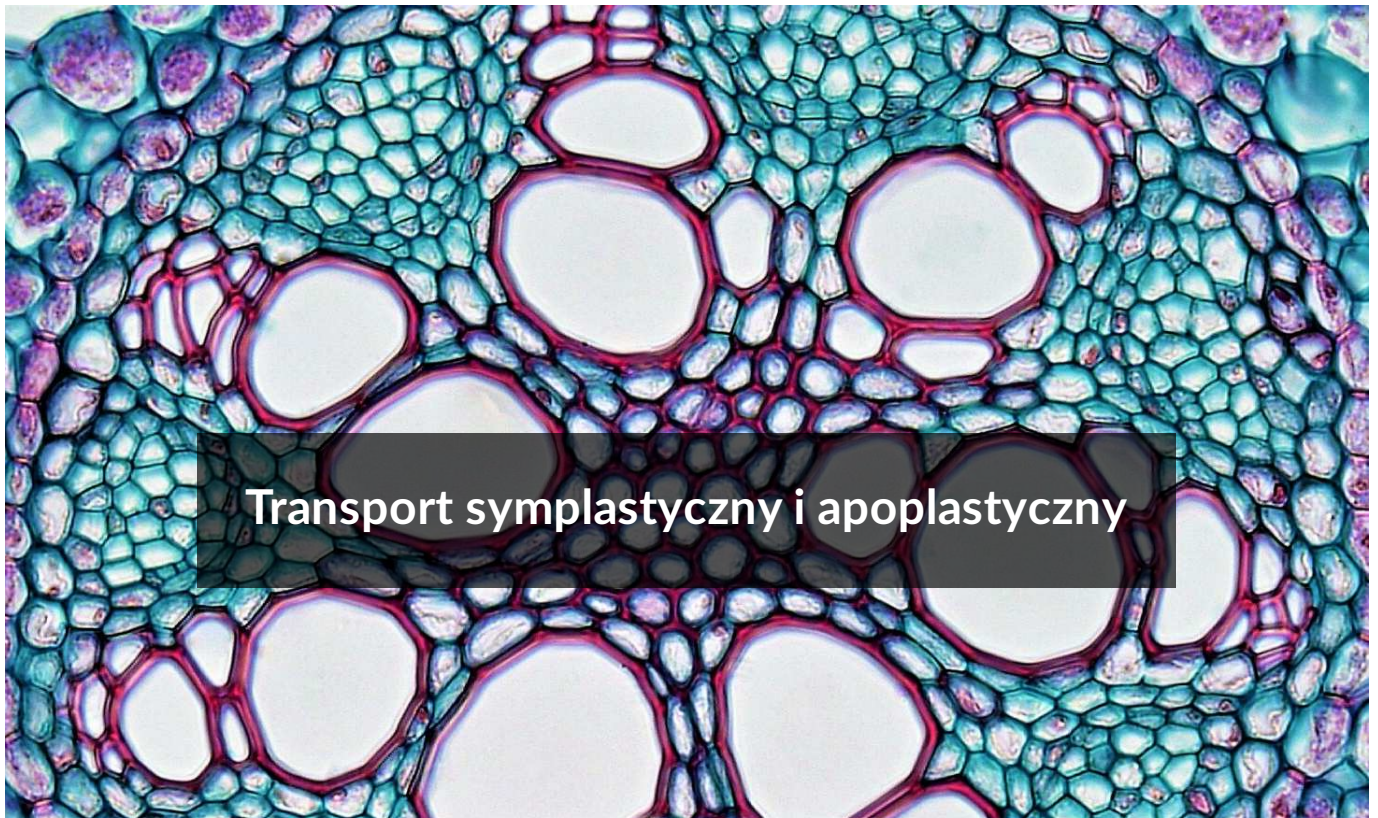




Transport symplastyczny i apoplastyczny

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



Transport symplastyczny i apoplastyczny

Przekrój przez korzeń rośliny jednoliściennej z widocznymi pasemkami Caspary'ego – hydrofobowymi strukturami endodermy (śródkórni), mającymi kluczową rolę w regulacji rodzaju transportu wody i soli mineralnych w korzeniu.

Źródło: Berkshire Community College Bioscience Image Library, Flickr, domena publiczna.

Gdyby nie proces transpiracji, pobieranie i przemieszczanie wody w roślinie wymagałoby ogromnych nakładów energii. Dostarczanie odpowiedniej ilości wody i soli mineralnych każdej komórce w organizmie roślinnym możliwe jest dzięki transportowi pionowemu z korzeni do liści oraz poziomemu, odbywającemu się na drodze symplastycznej i apoplastycznej.

Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcia symplastu i apoplastu.
- Wykażesz różnice między drogą symplastyczną i apoplastyczną.
- Zbadasz drogi przemieszczania się wody w transporcie poziomym i pionowym.

Przeczytaj

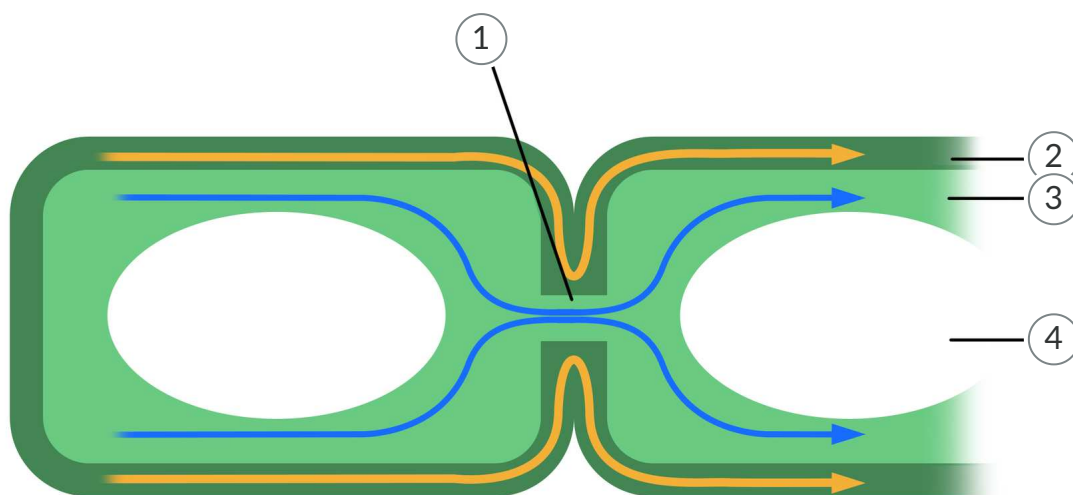
Drogi pobierania i transportu wody

Transport wody na duże odległości w roślinie odbywa się w drewnie (inaczej [ksylemie](#)). Jednak, aby dotrzeć do komórek drewna, znajdujących się w obrębie walca osiowego i przewodzących wodę w górę rośliny, woda musi przeniknąć przez kilka koncentrycznych warstw komórek korzenia.

Prześledzenie przemieszczania się wody przez poszczególne warstwy komórek w poprzek korzenia jest doskonałym sposobem na poznanie dróg przemieszczania wody w roślinie.

W roślinach funkcjonują dwie podstawowe drogi dla transportu wody: [apoplastyczna](#) i [symplastyczna](#).

Droga apoplastyczna
Droga ta biegnie przez system połączonych ścian komórkowych i przestworów międzykomórkowych. Do apoplastu zalicza się także elementy drewna (ksylemu), którymi woda i jony przemieszczają się w górę rośliny.
Droga symplastyczna



— Transport apoplastyczny (wzdłuż ścian komórkowych i w przestrzeniach międzykomórkowych)

— Transport symplastyczny (przez cytozol komórek połączonych plazmodesmami)

1

Plazmodesma

2

Ściana komórkowa

3

Cytozol

4

Wakuola

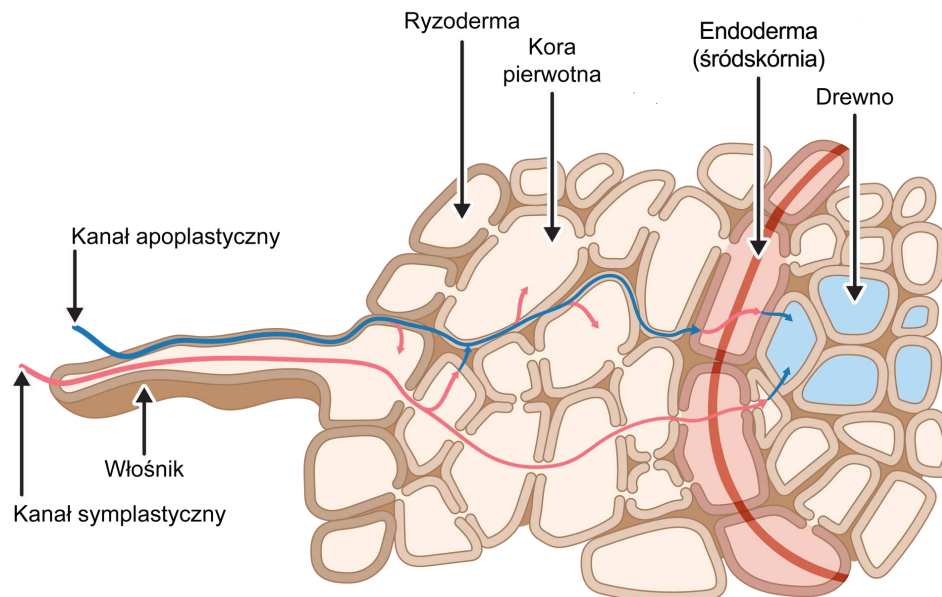
Porównanie drogi transportu symplastycznego i apoplastycznego.

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

Do granicy **endodermy** (śródkórni) woda może przemieszczać się zarówno w apopląście, jak i w sympląście. W endodermie przemieszczanie się wody drogą apoplastyczną ulega zablokowaniu i przekierowaniu na drogę symplastyczną.

Dla zainteresowanych

Więcej na ten temat przeczytasz w e-materiale: [Rola endodermy w transporcie wody i związków nieorganicznych w korzeniu.](#)



Przekrój poprzeczny przez korzeń z przedstawionymi schematycznie: drogą symplastyczną (różowe strzałki) i apoplastyczną (niebieskie strzałki). Na czerwono zaznaczono pasemka Caspary'ego w komórkach endodermy.
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Pod wpływem [parcia korzeniowego](#) oraz [transpiracji](#), woda przemieszcza się w ksylemie w górę rośliny. Wiązki przewodzące w liściach rozwidlają się w coraz drobniejsze odgałęzienia. Woda wydostaje się z nich do komórek [parenchymatycznych](#), otaczających wiązki, a następnie do komórek mezofilu. Ruch ten możliwy jest dzięki różnicom potencjału wody, wywołanym przez transpirację. Prawdopodobnie woda opuszczająca ksylem, przemieszcza się do komórek mezofilu na drodze dyfuzji przez ściany komórkowe (tzn. w apoplaście), w mniejszym stopniu wnika do komórki na drodze osmozy i dalej transportowana jest symplastycznie. Świadczy o tym fakt, że przemieszczanie się wody w ścianach komórkowych jest około pięćdziesiąt razy szybsze niż ruch wody drogą symplastyczną. W ten sposób możliwe jest uzupełnianie strat wody w liściu, które spowodowane są transpiracją.

Transport aktywny jonów na granicy apoplastu i symplastu

Stężenie jonów w symplacie jest na ogół większe niż w apoplaście, dlatego bierne wnikanie jonów do wnętrza komórki jest ograniczone. Wówczas przemieszczanie jonów

i cząsteczek związków organicznych zachodzi głównie w drodze **transportu aktywnego** z udziałem nośników białkowych i **pomp jonowych**.

Słownik

apoplast

ciągły system ścian komórkowych i przestrzeni międzykomórkowych w roślinie

endoderma

(gr. *endon* – wewnątrz, *dérma* – skóra) warstwa zwarcie ułożonych komórek, tworząca pochwę otaczającą walec osiowy korzenia lub, w niektórych przypadkach poza korzeniem, poszczególne wiązki przewodzące; komórki endodermy opasane są hydrofobowymi pasemkami Caspary'ego blokującymi przepływ wody w apoplaście komórek endodermalnych

ksylem

drewno; niejednorodna tkanka przewodząca, występująca wewnątrz organów roślinnych, rozprowadzająca wodę i sole mineralne, zbudowana z martwych komórek: u roślin nagonasiennych z cewek, u roślin okrytonasiennych z cewek i naczyń; martwym elementom przewodzącym towarzyszą miękisz drzewny i włókna drzewne

parcie korzeniowe

ciśnienie płynu powstające w tkankach korzenia, odpowiedzialne za tłoczenie wody i rozpuszczonych w niej substancji w elementach przewodzących drewna

parenchyma

(gr. *parénchyma* – miąższ) inaczej: miękisz; jednorodna tkanka stała, zbudowana z żywych komórek pełniących różnorodne funkcje

plazmodesmy

protoplazmatyczne połączenia między sąsiednimi komórkami w tkance roślinnej, przechodzące w poprzek ścian komórkowych sąsiadujących komórek

pompy jonowe

kompleksy wyspecjalizowanych białek (zwanymi transbłonowymi), które uczestniczą w transporcie przez błony komórkowe określonych jonów wbrew gradientowi ich stężeń (transport aktywny)

sympplast

ciągły system protoplastów komórek połączonych plazmodesmami w organie roślinnym

transpiracja

parowanie wody z powierzchni roślin

transport aktywny

transport cząsteczek przez błonę biologiczną wbrew gradientowi ich stężenia, wymagający obecności błonowego białka przenoszącego i nakładu energii w postaci ATP; może być też napędzany przez jony; gdy transportowana cząsteczka i jon przemieszczają się przez błonę w tym samym kierunku, mówimy o symporcie (np. przenośnik Na^+ /glukoza), a gdy w przeciwnym – o antyporcie (np. wymiennik anionów w erytrocycie)

Transport apoplastyczny, symplastyczny i transmembranowy

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R18hTqw7FAMG4>

Transport symplastyczny, apoplastyczny i transmembranowy.

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

Film omawia sposoby transportu wody i jonów w komórkach roślinnych.

Polecenie 1

Wymień różnice transportu apoplastycznego, symplastycznego i transmembranowego.

Polecenie 2

Przedstaw elementy budowy komórki roślinnej, które wchodzą w skład apoplastu i symplastu.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Spośród poniższych zdań wybierz te poprawne, które dotyczą transportu symplastycznego i apoplastycznego.

- ☐ Transport apoplastyczny dotyczy przepływu wody przez ściany komórkowe ksylemu, a symplastyczny – przez wnętrza komórek ksylemu.
- ☐ Transport symplastyczny zapewnia przepływ wody przez cytozol komórek ksylemu, a apoplastyczny – w świetle cewek i naczyń ksylemu.
- ☐ Transport symplastyczny to transport wody przez cytozol komórek, do światła komórek ksylemu.
- ☐ Transport apoplastyczny zapewnia przepływ wody przez cytozol komórek ksylemu, a symplastyczny – w świetle cewek i naczyń ksylemu.

Ćwiczenie 2



Oznacz poniższe zdania jako prawdziwe lub fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Transport apoplastyczny jest szybszy niż transport symplastyczny.	☐	☐
Apoplastyczny transport wody usprawniany jest dzięki obecności plazmodesm w ścianach komórkowych kory pierwotnej korzenia.	☐	☐
Aktywny transport jonów zachodzi z udziałem apoplastu.	☐	☐

Ćwiczenie 3



Uporządkuj rodzaje tkanek korzenia w kolejności, w jakiej przepływa przez nie pobierana z roztworu glebowego woda.

ksylem (drewno)



perycykl (okolnica)



endoderma (śródkórnia)



ryzoderma



kora pierwotna



Ćwiczenie 4



Uzupełnij poniższy tekst właściwymi określeniami.

Transport apoplastyczny nie jest możliwy w komórkach . Wynika to z obecności w ścianach komórkowych komórek budujących tę tkankę. Wybitnie charakter chemiczny tych ścian komórkowych wynika z ich wysycenia, między innymi .

akwaporyn

hydrofilowy

kutyną

kory pierwotnej

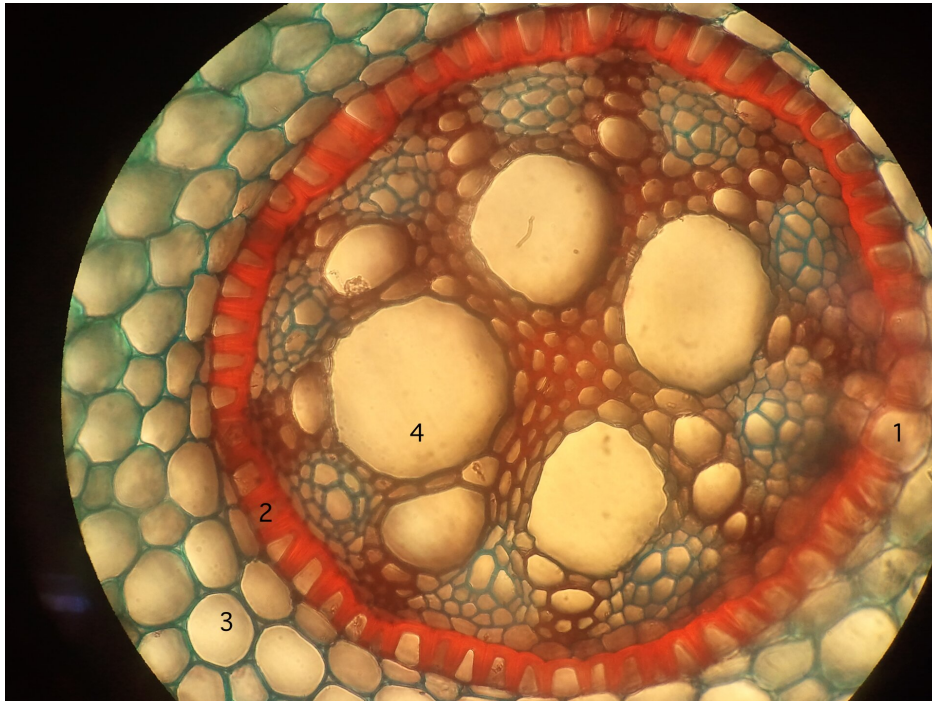
pasemek Caspary'ego

suberyną

hydrofobowy

śródkórni

Poniższe zdjęcie mikroskopowe przedstawia fragment przekroju korzenia kosańca bródkowego (*Iris germanica*).



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

Do poniższych nazw komórek, które biorą udział w transporcie wody, przyporządkuj odpowiednie oznaczenia liczbowe. Do jednej nazwy możesz przyporządkować więcej niż jedno oznaczenie liczbowe.

	Komórka kory pierwotnej	Komórka śródskórni	Komórka ksylemu
1	☐	☐	☐
2	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐
4	☐	☐	☐

Ćwiczenie 6



Odnosząc się do informacji i zdjęcia zamieszczonych w ćwiczeniu 5, wskaż dwa poprawne zdania.

☐

Stężenie jonów w protoplaście komórek oznaczonych numerem 4 jest wyższe niż w ścianie komórkowej.

☐

Transport apoplastyczny zachodzi z udziałem wszystkich oznaczonych liczbami komórek.

☐

Na czerwono wybarwione są ściany komórkowe zawierające znaczne ilości substancji hydrofobowych.

☐

Komórka oznaczona numerem 1 nazywana jest komórką przepustową i to dzięki niej możliwy jest transport wody przez endodermę do komórek oznaczonych jako 4.

Ćwiczenie 7



Naczynia drewna (ksylemu) roślin okrytozalążkowych otoczone są rękawem komórek wysoce wyspecjalizowanego miękiszu drzewnego. Komórki bezpośrednio przylegające do naczyń różnią się od tych, niemających z nimi kontaktu. Komórki mające bezpośredni kontakt z naczyniami (nazywane są VACs), mają w ścianach komórkowych sąsiadujących z elementami drewna jamki, a w ścianach graniczących z innymi tkankami miękiszowymi – plazmodesmy. Plazmodesmy występujące pomiędzy VACs a sąsiadującymi żywymi komórkami mają zdolność do zamykania się w sytuacji, gdy potencjał wody komórek sąsiadujących z VACs jest niższy niż potencjał wody w naczyniach ksylemu.

Na podstawie: H. Morris i wsp., *Vessel-associated cells in angiosperm xylem: Highly specialized living cells at the symplast-apoplast boundary*, American Journal of Botany, 2018.

Na podstawie powyższych informacji i własnej wiedzy wyjaśnij, dlaczego komórki VACs uważa się za „granicę między symplastem a apoplastem”. W uzasadnieniu odnieś się do definicji symplastu.

Ćwiczenie 8



Na podstawie tekstu zamieszczonego w ćwiczeniu 7 i własnej wiedzy wyjaśnij, w jaki sposób specyficzna budowa VACs oraz większości komórek endodermy zapobiega cofaniu się wody z naczyń ksylemu do kory pierwotnej.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Transport symplastyczny i apoplastyczny

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IX. Różnorodność roślin.

3. Gospodarka wodna i odżywianie mineralne roślin. Uczeń:

1) wyjaśnia mechanizmy pobierania oraz transportu wody i soli mineralnych;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Zdefiniujesz pojęcia symplasty i apoplastu.
- Wykażesz różnice między drogą symplastyczną i apoplastyczną.
- Zbadasz drogi przemieszczania się wody w transporcie poziomym i pionowym.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- śniegowa kula;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza animacji.

Formy pracy:

- praca indywidualna;

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Transport symplastyczny i apoplastyczny”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i multimedium w sekcji „Animacja”, tak aby podczas lekcji mogli w niej aktywnie uczestniczyć i rozwiązywać zadania.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów sukcesu.
2. **Raport z przygotowań.** Nauczyciel, przy użyciu dostępnego w panelu użytkownika raportu, weryfikuje przygotowanie uczniów do lekcji: sprawdza, którzy uczestnicy zajęć zapoznali się z udostępnionym e-materiałem.
Nauczyciel poleca uczniom, aby zgłaszali swoje propozycje pytań do wspomnianego tematu. Jedna osoba może zapisywać je na tablicy. Gdy uczniowie wyczerpią swoje pomysły, a pozostały jeszcze jakieś ważne kwestie do poruszenia, nauczyciel uzupełnia informacje.

Faza realizacyjna:

1. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:
 - Jakie są drogi przemieszczania się wody w korzeniu i jakie są między nimi różnice?
 - Jak przemieszcza się woda w endodermie?
 Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
 - 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
 - 3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;

- 4) uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje;
- 5) przedstawiciele poszczególnych zespołów 8-osobowych prezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.
2. **Praca z multimedium („Animacja”).** Uczniowie odczytują polecenie nr 1 („Na podstawie animacji wyjaśnij, którym kanałem zachodzi większość transportu wody w roślinie. Dlaczego tak jest?”) i opracowują je indywidualnie. Po wykonanej pracy nauczyciel wyświetla odpowiedzi uczniów i komentuje na forum klasy.
3. Nauczyciel wprowadza uczniów w treść polecenia nr 2 („Przedstaw elementy budowy komórki roślinnej, które wchodzą w skład apoplastu i symplastu”). Uczniowie odpowiadają na nie w parach, a następnie porównują swoje rozwiązanie z innym zespołem, omawiając kolejno wykonywane kroki.
4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie – na podstawie tekstu i własnej wiedzy – wyjaśnić, dlaczego komórki VACs uważa się za „granicę między symplastem a apoplastem”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 2 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: tworzą trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Uczniowie odpowiadają na pytania sformułowane we wstępnej fazie lekcji.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenie nr 8 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie zapoznają się z multimedium w sekcji „Animacja” i przygotowują do niego pytania. Następnie zadają je sobie nawzajem, sprawdzając stopień przyswojenia jego treści.