

Temat: Transport wody, soli mineralnych i substancji odżywczych.

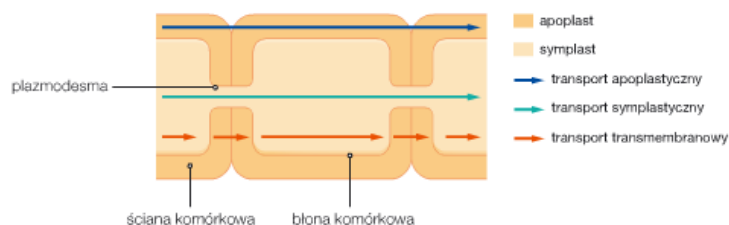
Transpiracja.

1. Funkcje wody w roślinach.

2. Przypomnienie budowy i funkcji tkanki przewodzącej – drewna i łyka.

3. Etapy transportu wody w roślinie.

a) transport poziomy w poprzek korzenia



Transport wody na małe odległości odbywa się apoplastem lub symplastem. Apoplast to system ścian komórkowych i przestworów międzykomórkowych. Natomiast symplast to system protoplastów komórek, połączonych ze sobą za pomocą plazmodesm.

b) pionowy transport z korzeni do liści przez drewno w łydydze

Utrzymanie nieprzerwanego słupa wody w naczyniach jest możliwe dzięki siłom **kohezji** między cząsteczkami wody i **adhezji**.

c) poziomy transport przez tkanki liścia i transpiracja

Podobnie jak w korzeniu ma on postać transportu apoplastycznego, symplastycznego lub trasfionowego i jest warunkowany procesem dyfuzji lub osmozy.

4. Potencjał wody Ψ_w

Potencjał wody – Ψ_w (psi) – miara zdolności komórek rośliny do pobierania lub oddawania wody na zasadzie osmozy. Wyrażany jest zwykle w megapaskalach (MPa) lub paskalach (Pa).

Potencjał wody zależy od **ciśnienia hydrostatycznego (turgorowego)** oraz **ciśnienia osmotycznego**.

$$\Psi_w = P - \pi, \text{ gdzie}$$

Ψ_w – potencjał wody w komórce,

P – ciśnienie hydrostatyczne,

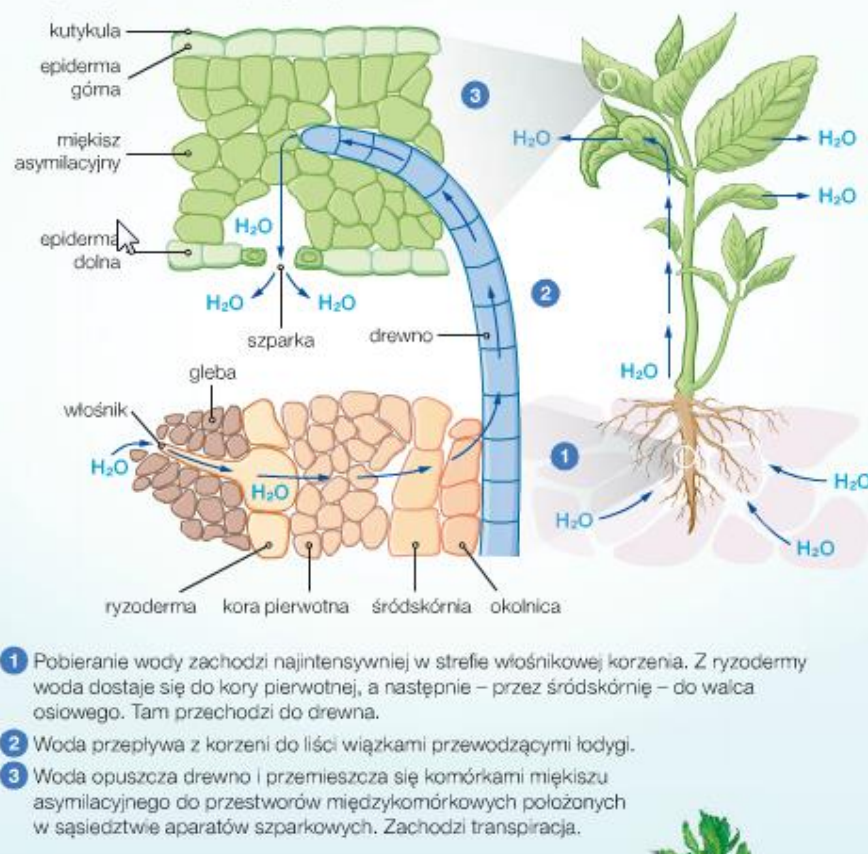
π – ciśnienie osmotyczne roztworu.

Ciśnienie hydrostatyczne (turgorowe) – to nacisk, jaki wywiera cytoplazma otaczająca jądro komórkowe na ścianę komórkową.

Ciśnienie osmotyczne – to siła z jaką cząsteczki rozpuszczonych substancji przyciągają cząsteczki wody przez błonę półprzepuszczalną.

Transport wody w roślinie

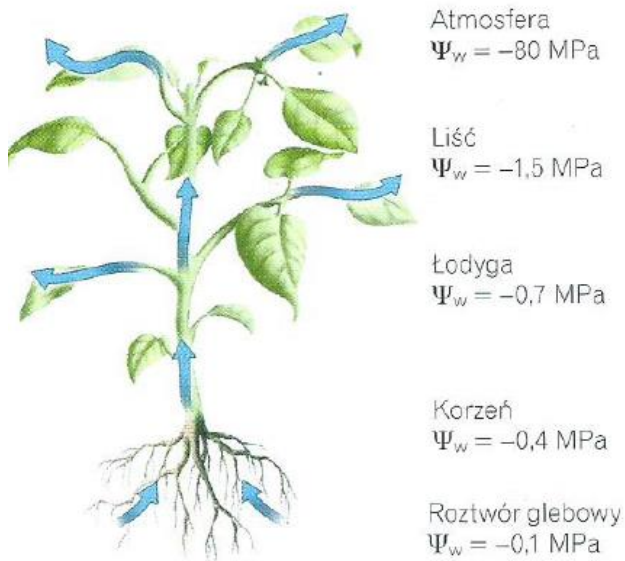
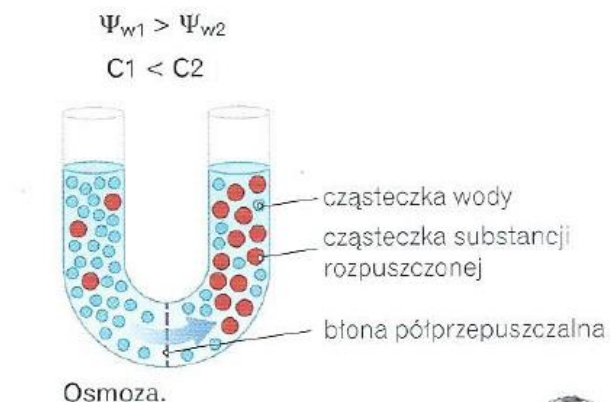
Transport wody w roślinie odbywa się od korzeni poprzez łydygę do liści. Tylko ok. 10% pobranej wody trafia do komórek rośliny, gdzie uczestniczy w ich funkcjonowaniu. Reszta jest usuwana przez liście w procesie transpiracji lub – rzadziej – gutacji.



1. Pobieranie wody zachodzi najintensywniej w strefie włośnikowej korzenia. Z ryzodermis woda dostaje się do kory pierwotnej, a następnie – przez śródskórnię – do wałka osiowego. Tam przechodzi do drewna.
2. Woda przepływa z korzeni do liści wiązkami przewodzącymi łydygi.
3. Woda opuszcza drewno i przemieszcza się komórkami miękiszu asymilacyjnego do przestworów międzykomórkowych położonych w sąsiedztwie aparatów szparkowych. Zachodzi transpiracja.

- **Potencjał czystej wody = 0 Pa.**
- Rozpuszczenie w wodzie związków osmotycznie czynnych powoduje spadek potencjału wody- ma on wówczas **wartość ujemną**

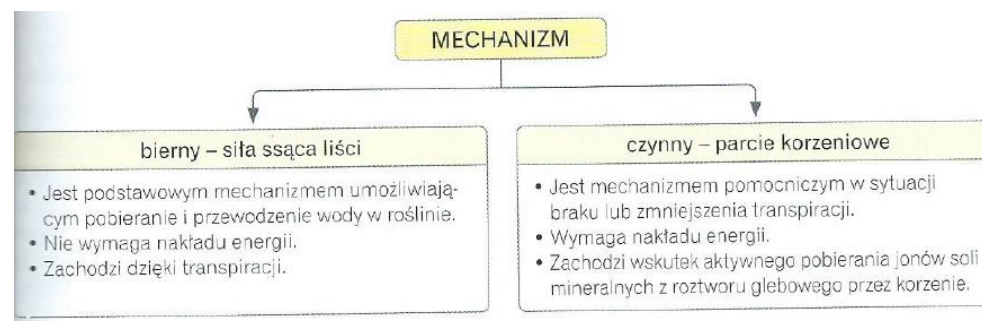
- Woda przepływa z roztworu o **wyższym potencjale wody** do roztworu o **niższym potencjale wody**, co odpowiada osmotycznemu przemieszczaniu się wody z roztworu o stężeniu mniejszym (**C1**) do roztworu o stężeniu większym (**C2**)



5. Mechanizm pobierania i przewodzenia wody.

<https://www.youtube.com/watch?v=ID1XwI2ygS8>

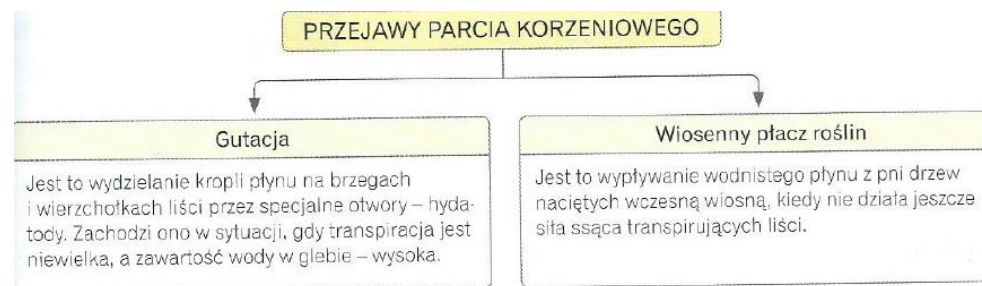
<https://www.youtube.com/watch?v=PpsoAPf6LmQ>



Siła ssąca liści – siła, z jaką komórki pobierają wodę z komórek sąsiednich, wywołana transpiracją.

Transpiracja z powierzchni liści powoduje powstanie **podciśnienia** w elementach przewodzących drewna i zasysanie wody z tkanek położonych niżej oraz z roztworu glebowego. W ten sposób roślina podciągając słupek wody, uzupełnia ubytki wody spowodowane jej parowaniem. Ciągły ubytek wody umożliwia utrzymanie różnicy potencjałów wody w układzie gleba – roślina – atmosfera.

Parcie korzeniowe – jest wynikiem **aktywnego** (czyli z udziałem energii z ATP) **pobierania jonów soli mineralnych** z roztworu glebowego i ich transportowaniem w poprzek korzenia, aż do elementów przewodzących drewna. W rezultacie **następuje obniżenie potencjału wody** roztworu wypełniającego te elementy i napływ wody z tkanek sąsiednich, o wyższym potencjale wody. W elementach przewodzących drewna powstaje **ciśnienie hydrostatyczne**, które działa jak pompa tłocząca wodę.



6. Transpiracja – zjawisko parowania wody z nadziemnych części rośliny.

a) funkcje transpiracji

- wpływa na pobieranie i transport wody w roślinie
- umożliwia wymianę gazową
- chroni roślinę przed przegrzaniem

b) rodzaje transpiracji



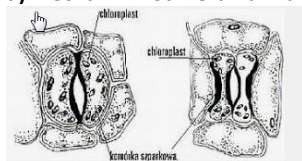
c) czynniki wpływające na intensywność transpiracji szparkowej

- **czynniki wewnętrzne** związane z budową rośliny, np. wielkość systemu korzeniowego oraz liczba i rozmieszczenie aparatów szparkowych
- **czynniki zewnętrzne**, wynikające z warunków środowiska życia rośliny, np. temperatura, natężenie światła, wiatr, dostępność wody glebowej.

Czynniki zewnętrzne i ich wpływ na intensywność transpiracji

Czynnik	Wpływ
Temperatura	Wzrost temp. (w granicach fizjologicznych) zwiększa intensywność transpiracji, ponieważ wpływa na mechanizm otwierania aparatów szparkowych oraz zmniejsza wilgotność względną powietrza.
Wiatr	Działanie wiatru zwiększa intensywność transpiracji, ponieważ wiatr usuwa wilgotne powietrze z bliskiego otoczenia liści, co zmniejsza wilgotność względną powietrza.
Dostępność wody glebowej	Niedobór wody w podłożu zmniejsza intensywność transpiracji, ponieważ prowadzi do zmniejszenia zawartości wody w tkankach liści, a w rezultacie do zamykania aparatów szparkowych.
Natężenie światła	Wzrost natężenia światła zwiększa intensywność transpiracji, ponieważ światło ogrzewa blaszki liściowe oraz pobudza mechanizm otwierania aparatów szparkowych.

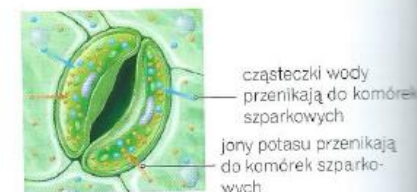
d) mechanizm otwierania i zamykania aparatu szparkowego



Mechanizm otwierania i zamykania aparatu szparkowego

Otwieranie aparatu szparkowego obejmuje kolejno:

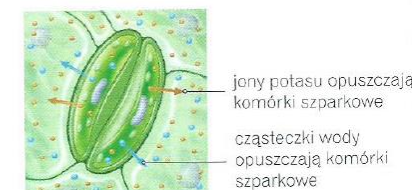
- ▶ obniżenie potencjału wody (Ψ_w) roztworu wypełniającego komórki szparkowe, spowodowane wzrostem stężenia jonów potasu (pobieranych z komórek sąsiednich) oraz jonów jabłczanowych (powstałych w wyniku rozkładu skrobi),
- ▶ osmotyczny napływ wody do wnętrza komórek szparkowych z komórek epidermy o wyższym potencjale wody,
- ▶ wzrost turgoru komórek szparkowych i w konsekwencji – otwieranie się aparatu szparkowego.



skrobia → glukoza → jony jabłczanowe

Zamykanie aparatu szparkowego obejmuje kolejno:

- ▶ wzrost potencjału wody (Ψ_w) roztworu wypełniającego komórki szparkowe, spowodowany zmniejszeniem stężenia jonów potasu (transportowanych do komórek sąsiednich) oraz jonów jabłczanowych (zuzywanych do syntezy skrobi),
- ▶ osmotyczny wypływ wody z komórek szparkowych do komórek epidermy o niższym potencjale wody,
- ▶ spadek turgoru komórek szparkowych i – w konsekwencji – zamykanie się aparatu szparkowego.



jony jabłczanowe → glukoza → skrobia

Lokalizacja aparatów szparkowych w liściach

Lokalizacja aparatów szparkowych w liściach zależy głównie od formy ekologicznej rośliny.



U hydrofitów, których liście pływają po powierzchni wody, aparaty szparkowe znajdują się w górnej epidermie liści.



U higrofitów aparaty szparkowe znajdują się zarówno w górnej, jak i w dolnej epidermie liści.



U mezofitów i kserofitów aparaty szparkowe znajdują się głównie w dolnej epidermie liści.

7. Bilans wodny i susza fizjologiczna

Susza fizjologiczna - deficyt wody w roślinie spowodowany niemożnością pobierania jej z podłoża, mimo że się w nim znajduje. Przyczyną suszy fizjologicznej może być np. zbyt duże zasolenie (roztwór glebowy jest hipertoniczny względem rośliny) lub zbyt niska temperatura.

8. Transport związków organicznych

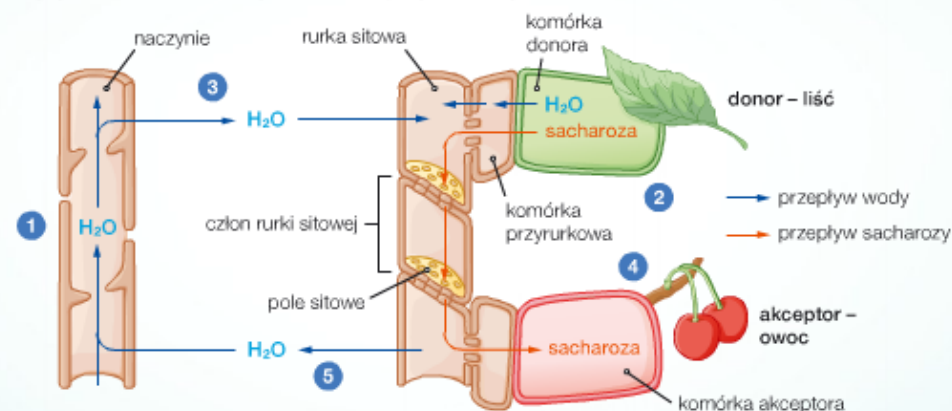
Związki organiczne transportowane przez elementy przewodzące łyka to głównie asymilaty. łykiem transportowane są również fitohormony i inne związki uczestniczące w metabolizmie.

- Pierwotne produkty fotosyntezy są przekształcane w organach asymilacyjnych w **sacharozę** i w tej postaci transportowane do pozostałych organów roślinnych, zarówno **w górę, jak i w dół**. Sacharoza jest formą transportową cukrów u roślin, ze względu na jej niewielką reaktywność (brak właściwości redukujących).
- Transport produktów fotosyntezy odbywa się w elementach przewodzących łyka: rurkach sitowych lub komórkach sitowych.
- Istotną rolę w transporcie produktów fotosyntezy odgrywają dwa zależne od siebie procesy: **załadunek i rozładunek łyka**.

Załadunek łyka	Rozładunek łyka
Odbywa się w organach asymilacyjnych, głównie w liściach lub w organach spichrzowych.	Odbywa się w organach, które nie wytwarzają asymilatów m.in. w korzeniach.
Donorami sacharozy są głównie komórki miękiszu asymilacyjnego lub spichrzowego.	Akceptorami sacharozy są komórki tkanek, które nie mają zdolności fotosyntezy.
Sacharoza jest transportowana z donorów do elementów przewodzących łyka (komórek przyrurkowych, a następnie do rurek sitowych)	Sacharoza jest transportowana z elementów przewodzących łyka do komórek będących akceptorami.
Załadunek łyka wymaga energii.	Rozładunek łyka wymaga energii.

Transport sacharozy w roślinie

Transport sacharozy w roślinie zachodzi od donorów, poprzez komórki przewodzące łyka, do akceptorów. Uczestniczy w nim woda, która przepływa do rurek sitowych z sąsiadujących naczyń.



- 1 Transpiracja powoduje podciąganie wody w naczyniach wiązki przewodzącej.
- 2 Odbywa się załadunek łyka. Sacharoza wyprodukowana w donorach - liściach - zostaje przetransportowana do rurek sitowych wiązki przewodzącej.
- 3 Sacharoza obniża potencjał wody w rurkach sitowych, co pociąga za sobą osmotyczny przepływ wody z naczyń do rurek sitowych. Dzięki temu powstaje ciśnienie hydrostatyczne, które tłoczy roztwór cukru w rurce sitowej.
- 4 Odbywa się rozładunek łyka. Sacharoza zostaje przetransportowana do komórek akceptora.
- 5 Ubytek sacharozy podwyższa potencjał wody w rurkach sitowych, co pociąga za sobą osmotyczny przepływ wody z rurek sitowych do naczyń.

Proszę zapisać temat lekcji, zrobić notatkę i rozwiązać zadania w karcie pracy. Efekty swojej pracy proszę przesłać na adres bozena.stopa@wp.pl do 5 maja.

KARTA PRACY: Transport wody, soli mineralnych i substancji odżywczych. Transpiracja. Nazwisko i imię

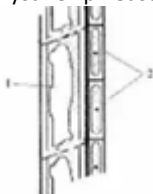
Zadanie 1 (2 pkt.)

Drewno (ksylem) jest tkanką niejednorodną, zbudowaną z cewek lub naczyń, miękiszu drzewnego i włókien drzewnych. Elementy tkanki przewodzącej wykazują duże zróżnicowanie budowy i funkcji. Na podstawie powyższych informacji podaj, które elementy drewna pełnią niżej wymienione funkcje:

- funkcja przewodząca
- funkcja wzmacniająca

Zadanie 2 (2 pkt.)

Rysunek przedstawia tkankę roślinną.



a) Podaj nazwę przedstawionej tkanki oraz nazwy elementów oznaczonych 1 i 2.

Nazwa tkanki

1. 2.

b) Określ funkcję tej tkanki

Zadanie 3 (2 pkt.)

W tabeli zamieszczono dane dotyczące prędkości przewodzenia wody w drewnie u wybranych grup roślin.

Grupa roślin	Maksymalna prędkość przewodzenia wody w drewnie (cm/min)
Iglaste (nagonasienne)	2
Drzewiaste dwuliścienne	73
Zielne jedno- i dwuliścienne	100

Wyjaśnij, czym uwarunkowana jest różnica w prędkości przewodzenia wody u roślin iglastych i dwuliściennych. W odpowiedzi uwzględnij różnice w budowie ich drewna.

.....

Zadanie 4 (3 pkt.)

Gospodarka wodna roślin lądowych opiera się na oszczędzaniu wody przez ograniczenie jej parowania. Ograniczeniu parowania służy przede wszystkim skórka, dodatkowo pokryta

kutikulą, a za regulację parowania wody odpowiedzialne są znajdujące się w niej aparaty szparkowe. U roślin okrytonasiennych, które wróciły do życia w wodzie, ograniczenie parowania nie jest konieczne. Aparaty szparkowe są w liściach roślin wodnych różnie rozmieszczone.

W tabeli zebrano wyniki obserwacji mikroskopowych dotyczące rozmieszczenia i liczby aparatów szparkowych na cm² liści różnych roślin

Rodzaj rośliny	Liczba aparatów szparkowych na cm ²		
	Średnia z obu stron liścia	Średnia na stronie liścia	
		górną	dolną
Lucerna	15350	16900	13800
Jabłoń	14700	0	29400

a) Na podstawie danych z tabeli określ, który rodzaj rośliny wyparuje więcej wody z takiej samej powierzchni liści (w zbliżonych warunkach), mimo że obie rośliny posiadają zbliżoną średnią liczbę aparatów szparkowych przypadającą na cm² liścia. Odpowiedź uzasadnij.

.....

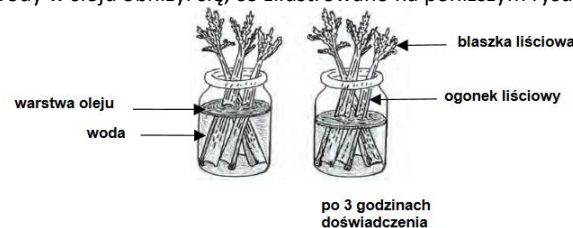
b) Uzupełnij zdania, wpisując w wolne miejsca oznaczenia literowe określonych wybranych spośród podanych poniżej.

- A. dolna strona liścia B. górna strona liścia
 C. obie strony liścia D. brak aparatów szparkowych

U roślin wodnych liście jednej rośliny mogą być zróżnicowane, np. liście nadwodne są zwykle zbudowane tak, jak u roślin lądowych i aparaty szparkowe znajdują się na stronie liścia, liście pływające na powierzchni wody transpirują i aparaty szparkowe znajdują się na stronie liścia, liście podwodne nie transpirują, więc

Zadanie 5 (2 pkt.)

Wykonano doświadczenie, którego celem było zbadanie roli procesu transpiracji w transporcie wody u roślin. W słoju z wodą umieszczono kilka liści selera naciowego. Na powierzchnię wody naniesiono ciekłą warstwę oleju i zaznaczono poziom wody. Słoje umieszczono w ciepłym pomieszczeniu. Po trzech godzinach zaobserwowano, że poziom wody w słoju obniżył się, co zilustrowano na poniższym rysunku.

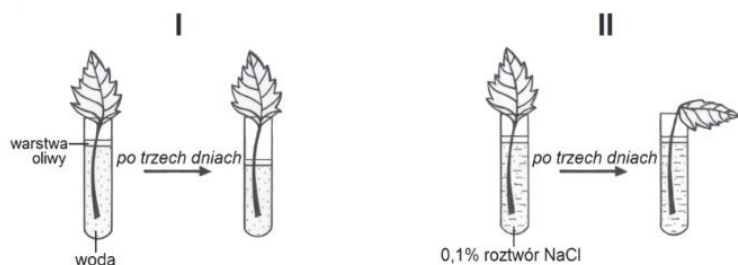


a) Sformułuj hipotezę badawczą potwierdzoną wynikiem doświadczenia

b) Wyjaśnij znaczenie warstwy oleju na powierzchni wody w tym doświadczeniu.

Zadanie 6 (2 pkt.)

Przeprowadzono doświadczenie w dwóch wariantach (zestaw I i zestaw II) zilustrowanych na poniższych rysunkach. Do probówek nalano kolejno: w zestawie I – wody, w zestawie II – 0,1% roztworu NaCl. Poziom cieczy w każdej probówce znajdował się 1 cm poniżej wylotu probówki. Do każdej probówki włożono po jednym liściu tej samej rośliny o zbliżonej wielkości i dodano kilka kropli oliwy, aby utworzyła ona warstwę na powierzchni wody. Po trzech dniach zaobserwowano: w zestawie I – obniżenie poziomu cieczy w probówce, a w zestawie II – spadek turgoru liścia umieszczonego w probówce.



a) Sformułuj problem badawczy tego doświadczenia.

b) Wyjaśnij przyczynę zmian obserwowanych w zestawie II.

Zadanie 7 (2 pkt.)

Oceń poprawność zdań. Zaznacz P- jeśli zdanie jest prawdziwe lub F- jeśli jest fałszywe.

1. Potencjał czystej ody wynosi 0.	P	F
2. Woda przemieszcza się zgodnie z gradientem potencjału, od miejsca o potencjale wody wyższym do miejsca o potencjale wody niższym.	P	F
3. Rozpuszczenie substancji w wodzie powoduje podwyższenie jej potencjału.	P	F
4. Siła ssąca jest mechanizmem czynnym pobierania i przewodzenia wody a parcie korzeniowe mechanizmem biernym.	P	F

Zadanie 8 (3 pkt.)

U drzew odległość między liśćmi asymilującymi CO₂ i eksportującymi produkty fotosyntezy a korzeniami pobierającymi wodę i składniki mineralne z podłoża dochodzi nawet do kilkudziesięciu metrów. Koniecznością jest więc sprawne funkcjonowanie transportu tych substancji w całej roślinie. Za transport wody i składników mineralnych odpowiadają naczynia drewna, a przez łyko jest przemieszczana główna masa związków organicznych, w tym – produkty fotosyntezy. Wyjątek stanowi transport wiosenny u drzew okrytonasiennych, gdy nie ma jeszcze liści. Wówczas cukry są przemieszczane przez drewno.

a) Uporządkuj poszczególne elementy uczestniczące w transporcie cukrów u roślin okrytonasiennych w okresie letnim – zgodnie z kierunkiem transportu. Wpisz numery 2.–6. we właściwe miejsca tabeli.

Elementy uczestniczące w transporcie cukrów w roślinie	Kolejność
komórki miękiszu spichrzowego	
komórka przyrurkowa w liściu	
stroma chloroplastu	1
cytoplazma komórki miękiszu asymilacyjnego	
człony rurki sitowej	
komórka przyrurkowa w korzeniu	

b) Wyjaśnij, dlaczego ograniczony dostęp wody w podłożu skutkuje ograniczeniem pobierania CO₂ przez roślinę. W odpowiedzi uwzględnij funkcjonowanie aparatów szparkowych.

c) Uzupełnij poniższe zdania tak, aby powstał poprawny opis dotyczący wiosennego transportu cukrów przez elementy drewna rośliny. Podkreśl w każdym nawiasie właściwe określenie.

Transport wiosenny cukrów u drzew okrytozalążkowych, gdy nie ma jeszcze liści, zachodzi z udziałem drewna. Te cukry pochodzą z rozkładu (glikogenu / skrobi) – wielocukru, który został zmagazynowany w okresie jesiennym w komórkach miękiszowych pnia lub korzeni drzewa. Siłą napędową tego transportu jest (siła ssąca / parcie korzeniowe).

