KURS

„BIOLOGIA POD KLUCZ"

FIZJOLOGIA ROŚLIN

Prezentacja jest chroniona prawnie przed kopiowaniem bez pisemnej zgody autora i stanowi „utwór" i w myśl Ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 1994 r., Nr 24, poz. 83 z późn. zm.).

ODŻYWIANIE SIĘ ROŚLIN

PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



1. Określa drogi, jakimi do liści docierają substraty fotosyntezy.
2. Określa drogi, jakimi transportowane są produkty fotosyntezy.
3. Przedstawia udział innych organizmów (bakterie glebowe i symbiotyczne, grzyby) w pozyskiwaniu pokarmu przez rośliny.

TRANSPORT ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH

W komórkach miękiszu asymilacyjnego liści oraz niekiedy łodyg w wyniku fotosyntezy powstaje jej **pierwotny produkt**: **aldehyd 3-fosfoglicerynowy**.

Związek ten przekształcany jest w dwucukier **sacharozę**, która jest następnie transportowana do pozostałych organów rośliny z udziałem elementów **łyka**.



ALDEHYD 3-FOSFO-GLICERYNOWY → SACHAROZA

SACHAROZA JAKO FORMA TRANSPROTOWA



DLACZEGO NIE GLUKOZA?

Sacharoza jest cukrem **nieredukującym,** w przeciwieństwie do glukozy, dlatego może być transportowana w niezmienionej formie.

DLACZEGO NIE SKROBIA?

Sacharoza jest cukrem **rozpuszczalnym w wodzie**, w przeciwieństwie do skrobi, dlatego może być transportowana jako składnik soku floemowego.

TRANSPORT SACHAROZY W ROŚLINIE

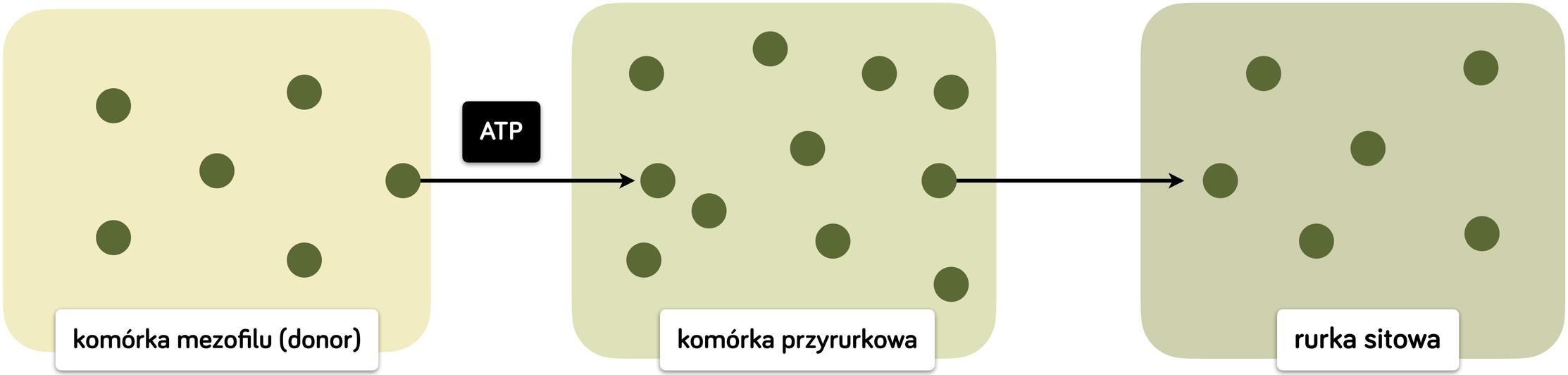


Transport sacharozy w roślinie zachodzi w trzech etapach:

1. **Załadunek łyka** - polega na transporcie sacharozy z komórek miękiszu asymilacyjnego liścia (**donorów**) do elementów łyka.
2. Przepływ sacharozy elementami łyka od donora do akceptora.
3. **Rozładunek łyka** - polega na transporcie sacharozy z elementów łyka do owoców, komórek korzenia, komórek młodych liści (**akceptorów**).

ZAŁADUNEK ŁYKA

Sacharoza z komórki miękiszu asymilacyjnego (mezofilu) jest transportowana **aktywnie** do komórki przyrurkowej. Ten rodzaj transportu wynika z faktu, że **stężenie sacharozy** w komórkach przyrurkowych jest **wyższe** niż w komórkach mezofilu liści. Z komórek przyrurkowych, sacharoza przenika biernie przez plazmodesmy do rurek sitowych.



DALEKI TRANSPORT SACHAROZY

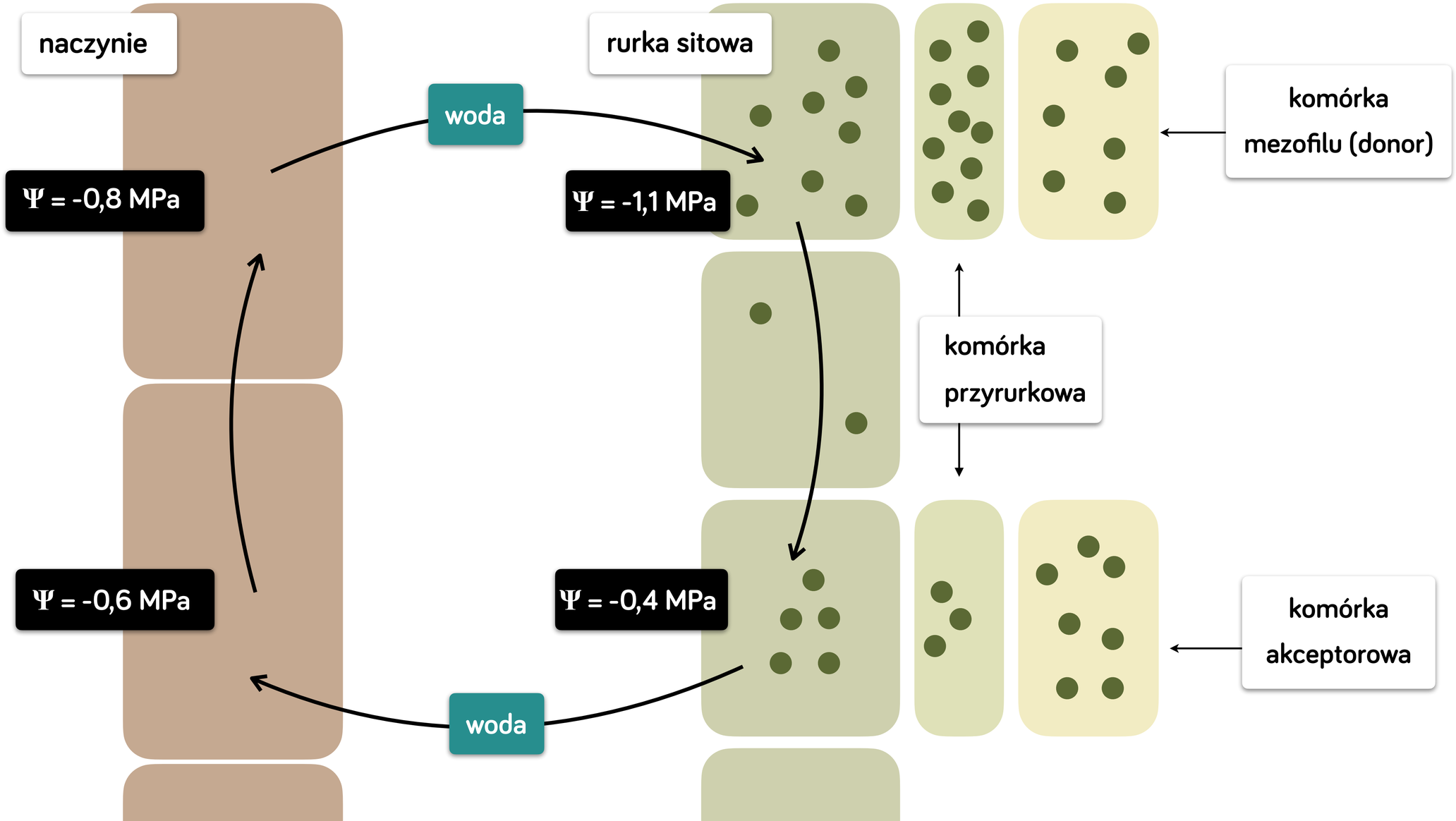


Wysokie stężenie sacharozy w rurce sitowej w okolicy donora oraz związany z tym **niski potencjał wody** powodują **osmotyczny napływ wody z naczyń do rurek sitowych** i w konsekwencji - wysokie ciśnienie turgorowe w miejscu załadunku.

Z kolei stężenie sacharozy w rurce sitowej w okolicy akceptora silnie spada, co wywołuje **wzrost potencjału wody**, która **osmotycznie wypływa z rurki sitowej do naczynia**, w wyniku czego zmniejszą się ciśnienie turgorowe.

Efektem różnicy ciśnienia turgorowego w rurce sitowej jest przepływ roztworu floemowego od donora do akceptora.

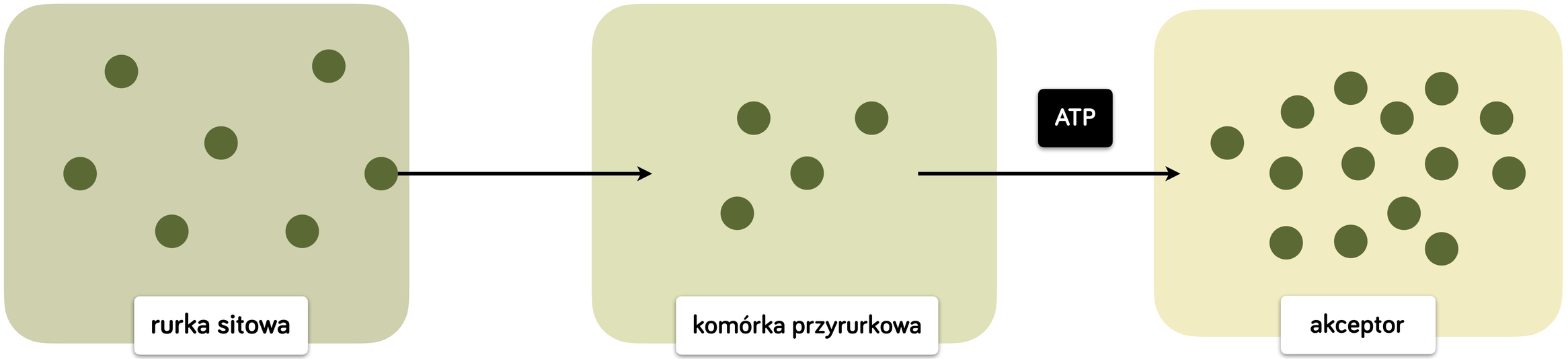
DALEKI TRANSPORT SACHAROZY



ROZŁADUNEK ŁYKA

Sacharoza jest transportowana z **rurek sitowych** do **komórek przyrurkowych**, a następnie do komórek **akceptora**.

Może to być **transport bierny** (młode rosnące liście), albo **aktywny** (organy spichrzowe).



ROZŁADUNEK ŁYKA



Rodzaj transportu sacharozy (aktywny lub bierny) z rurki sitowej do komórki akceptora zależy od **rodzaju komórki będącej akceptorem**:

- jeśli komórką akceptora jest **komórka korzenia** czy **młodego, rozwijającego się liścia** lub **owocu**, to wtedy zachodzi transport **bierny**, bo stężenie sacharozy w komórkach akceptora jest niższe niż w rurkach sitowych.

- jeśli komórką akceptora jest **komórka organu spichrzowego**, który już zdążył zmagazynować dużo cząsteczek cukrów, to wtedy transport ten jest **aktywny,** bo stężenie sacharozy w komórkach akceptora jest wyższe niż w rurkach sitowych.

ORGANY MOGĄCE BYĆ AKCEPTORAMI I DONORAMI

Organami, które mogą być akceptorami i donorami (w zależności od sytuacji) są **organy spichrzowe**: bulwy, kłącza, korzenie spichrzowe.

Gdy roślina przeprowadza fotosyntezę to organy te odbierają związki organiczne i ja magazynują - są więc **akceptorami**.

Gdy substancje odżywcze magazynowane w organach spichrzowych są wykorzystywane przez roślinę, to organy te są **donorami.**



UDZIAŁ BAKTERII W POZYSKIWANIU POKARMU PRZEZ ROŚLINY



Bakterie nitryfikacyjne występujące w glebie, np. **Nitrosomonas** i **Nitrobacter** przekształcają gorzej przyswajalne związki azotowe dla roślin, w związki lepiej przez nie przyswajalne.

Rośliny mogą wykorzystywać azot do syntezy:

- **aminokwasów** → białek,
- **zasad azotowych** → kwasów nukleinowych,
- **chlorofilu**.

Powyższe związki są niezbędne do prawidłowego przeprowadzenia **fotosyntezy** przez roślinę.

UDZIAŁ BAKTERII W POZYSKIWANIU POKARMU PRZEZ ROŚLINY



Bakterie amonifikacyjne i niektóre **grzyby** obecne w glebie rozkładają martwą materię organiczną m. in. do jonów amonowych (NH_4^+), które są pobierane przez rośliny i wykorzystywane do syntezy związków organicznych.

Bakterie Rhizobium żyjące w symbiozie z gatunkami roślin motylkowatych (bobowatych) asymilują azot atmosferyczny - nieprzyswajalną dla roślin formę azotu, do lepiej przyswajalnych związków, np. do NH_4^+.

WZROST I ROZWÓJ ROŚLIN

PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



1. Przedstawia wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych na proces kiełkowania nasion.

ONTOGENEZA ROŚLIN OKRYTONASIENNYCH



Ontogeneza (rozwój osobniczy) rośliny okrytonasiennej składa się z kilku faz i są to:

1. **rozwój embrionalny** - obejmuje okres od powstania zygoty do wykształcenia zarodka,
2. **kiełkowanie** nasion i rozwój aż do wykształcenia siewki, zdolnej do samodzielnego odżywiania się,
3. **wzrost wegetatywny siewki** - wykształcenie kolejnych pięter liści, wzrost łodygi i korzeni,
4. **rozwój generatywny** - wykształcenie kwiatów, owoców oraz nasion
5. **starzenie** się i **obumieranie** organów wegetatywnych.

STADIUM WEGETATYWNE

STADIUM GENERATYWNE

ROZWÓJ EMBRIONALNY



Faza rozwoju embrionalnego rośliny rozpoczyna się z chwilą pierwszego podziału zapłodnionej komórki jajowej - zygoty. W wyniku jej wielokrotnych podziałów wykształca się **zarodek**.

Następnie dochodzi do wytworzenia kolejnych elementów nasiona, jakimi są: **bielmo wtórne** i **łupina nasienna**.

Gdy nasiono jest w pełni wykształcone, przechodzi w stan uśpienia/ spoczynku, czyli **anabiozy**.

SPOCZYNEK NASIONA



Anabioza to stan, w którym dochodzi do **zatrzymania większości procesów metabolicznych** w nasionie. Zahamowaniu ulega wzrost i rozwój rośliny. Stan spoczynku ma różny czas trwania. **Wyróżnia się spoczynek:**

WZGLĘDNY

spowodowany jest **nieodpowiednimi czynnikami zewnętrznymi / środowiskowymi**, są to np.: zbyt niska lub zbyt wysoka temperatura, niedobór wody w glebie

BEZWZGLĘDNY

spowodowany jest **niegotowością nasiona do kiełkowania**, np.: niedojrzałością zarodka czy wpływem inhibitorów wzrostu i rozwoju rośliny

KIEŁKOWANIE NASION

Kiełkowanie nasion składa się z trzech faz.

1. **Faza pęcznienia** - następuje w niej intensywne pochłanianie wody - nasiona zaczynają pęcznieć (zwiększają swoje rozmiary), w wyniku czego **pęka ich łupina nasienna.** Następuje znaczny wzrost intensywności oddychania tlenowego.

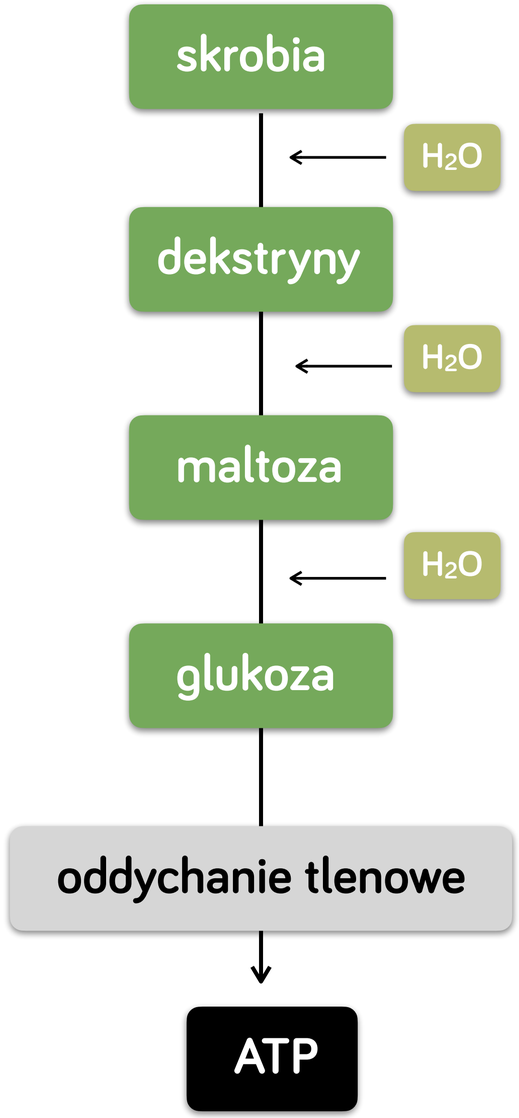




KIEŁKOWANIE NASION

2. **Faza kataboliczna** - woda, która wniknęła do nasienia, bierze udział w procesie **hydrolizy** substancji zapasowych zmagazynowanych w bielmie, głównie skrobi. Skrobia jest rozkładana do dekstryn, maltozy i glukozy, która jest wykorzystywana przez zarodek w procesie oddychania tlenowego. Podczas niego dochodzi do powstania ATP, który jest wykorzystywany w fazie anabolicznej.

3. **Faza anaboliczna** - dochodzi w niej do syntezy (z udziałem ATP) nowych składników komórek niezbędnych do dalszego wzrostu i rozwoju zarodka, a następnie siewki.



KIEŁKOWANIE NASION

Podczas kiełkowania nasienia najpierw wysuwa się korzeń **zarodkowy**, a następnie **łodyga zarodkowa**. Związane jest to z tym, że korzeń musi najpierw ustabilizować nasienie w glebie i umożliwia on pobór wody i soli mineralnych z gleby.



HORMONY ROŚLINNE

PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



1. Określa rolę auksyn i etylenu w procesach wzrostu i rozwoju roślin.

2. Przedstawia rolę auksyn w ruchach wzrostowych roślin.

HORMONY ROŚLINNE - FITOHORMONY



Fitohormony:

- występują powszechnie u **wszystkich** gatunków **roślin**,
- działają w **bardzo niskich stężeniach** np. 10^{-6} mol/dm^3,
- wpływają na **podziały**, **wydłużanie** i **różnicowanie** się komórek,
- skutki ich działania zależą m.in. od **stężenia**, **miejsca działania, gatunku rośliny i jej stadium rozwojowego,**
- działają tylko **na te komórki**, które zawierają **odpowiednie receptory.**

HORMONY ROŚLINNE – FITOHORMONY



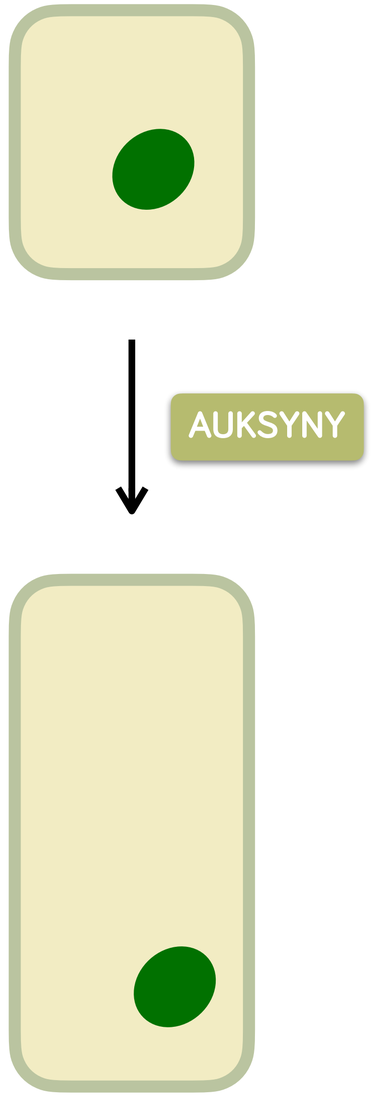
Hormony roślinne wykazują **działanie pobudzające lub hamujące:**

- w danym procesie **biorą udział hormony pobudzające, jak i hormony hamujące** dany proces, a ostateczna reakcja fizjologiczna rośliny zależy od proporcji obu grup hormonów,
- dany hormon **może stymulować proces A** i jednocześnie **hamować proces B,**
- dany hormon **w zależności od stężenia** może stymulować lub hamować proces A.

AUKSYNY

Auksyny są wytwarzane w **stożkach wzrostu pędów**, młodych liściach, pąkach, kwiatach i owocach.

- pobudzają **wzrost wydłużeniowy komórek**, co umożliwia ruchy organów roślinnych,
- hamują rozwój pąków bocznych pędu = **dominacja wierzchołkowa**
- stymulują **powstawanie zawiązków korzeni** bocznych i przybyszowych
- stymulują **podziały komórek miazgi** (kambium)
- stymulują powstawanie **kallusa**, **owoców**
- hamują zrzucanie **liści** i **owoców**.



WZROST WYDŁUŻENIOWY



auksyny aktywują pompy protonowe

↓

H^+ przemieszczają się z cytozolu do ściany komórkowej

↓

aktywacja białek ekspansyn

↓

białka ekspansywny powodują rozrywanie wiązań wodorowych miedzy włóknami celulozy

↓

wzrost elastyczności ściany komórkowej / rozluźnienie jej struktury

↓

intensywny napływ wody do wnętrza protoplastu i wzrost objętości

AUKSYNY



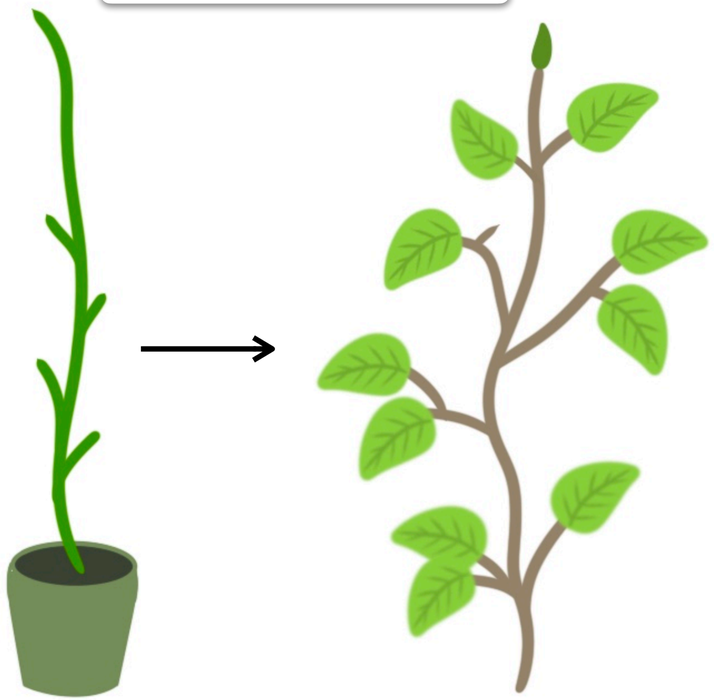
Auksyny są syntetyzowane głównie w **stożku wzrostu pędu**, więc w górnej części pędu ich stężenie jest na tyle duże, aby **hamować wzrost pędów bocznych** (**dominacja wierzchołkowa**).

W sytuacji gdy dojdzie do **odcięcia stożka wzrostu pędu** - głównego miejsca syntezy auksyn, ich stężenie w górnej części maleje. Skutkiem tego jest szybki wzrost pędów bocznych, dotychczas hamowany obecnością stożka wzrostu. W wyniku tego roślina zaczyna się **rozkrzewiać**.

AUKSYNY

DOMINACJA WIERZCHOŁKOWA

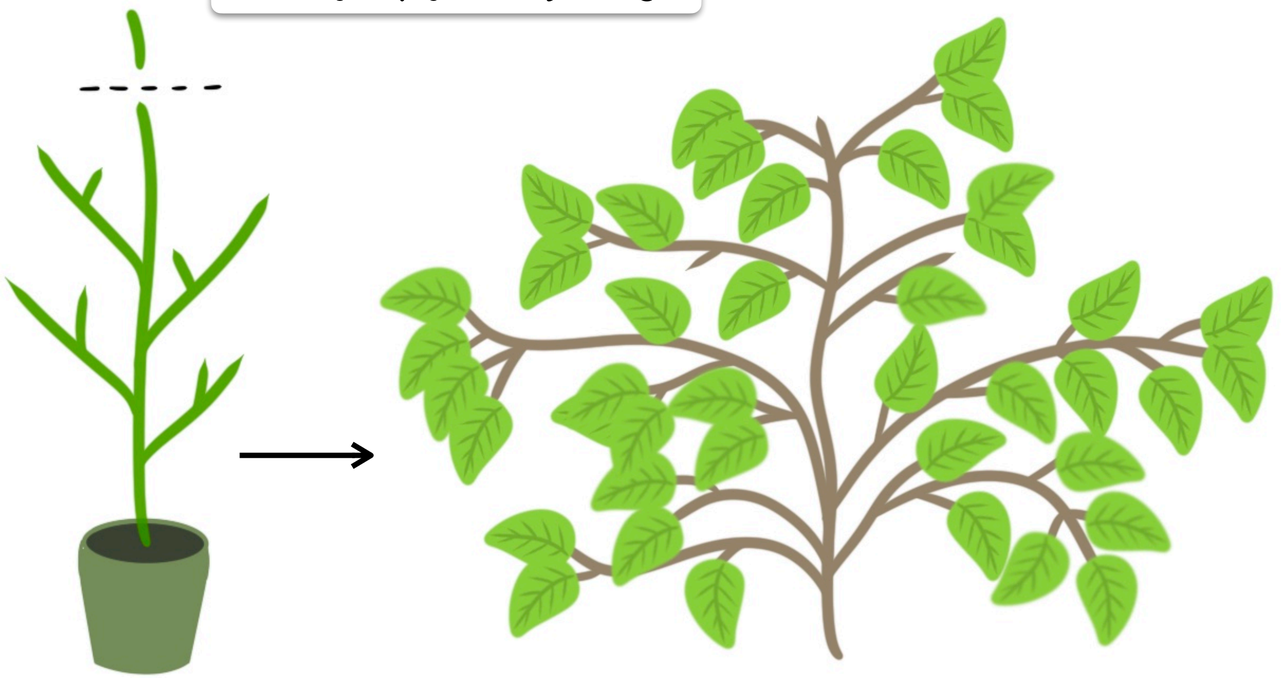
obecny pąk szczytowy



pąki boczne nie rozwijają się

ROZKRZEWIANIE

usunięcie pąka szczytowego



pąki boczne rozwijają się

AUKSYNY

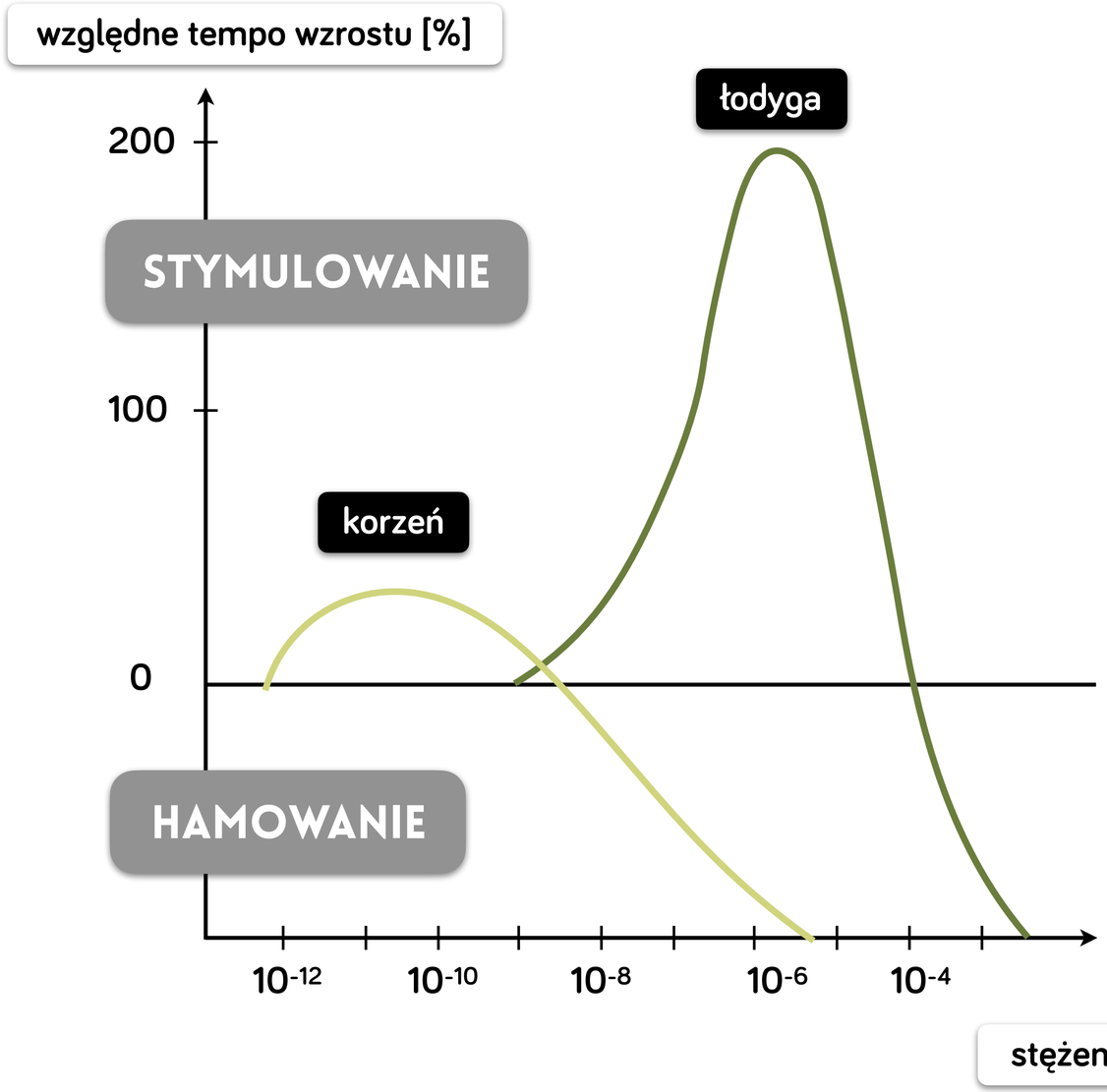


tuja naturalna



tuja przycinana

WPŁYW STĘŻENIA AUKSYN NA WZROST KORZENIA I ŁODYGI



Korzenie są znacznie bardziej wrażliwe na działanie auksyn niż łodygi.

Małe stężenie auksyn pobudza wzrost korzeni, a większe - hamuje.

U **łodyg** duże stężenie auksyn (do pewnej wartości) pobudza ich wzrost.

AUKSYNY

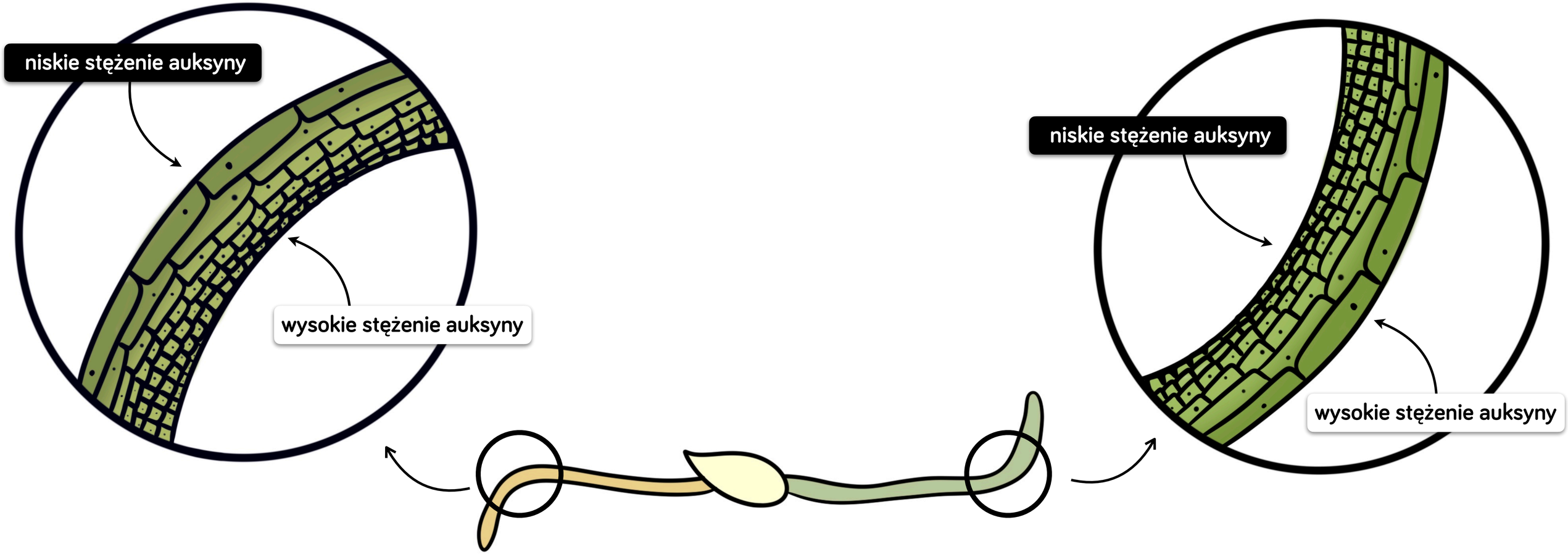


W siewce umieszczonej w pozycji horyzontalnej na skutek działania siły grawitacji **auksyny gromadzą się po spodniej stronie**. Ponieważ korzeń i pęd cechuje zróżnicowana wrażliwość na względnie wysokie stężenie auksyn, organy te wyginają się w **przeciwnych kierunkach**.

Spodnia strona **pędu** rośnie **szybciej**, dlatego wygina się on **ku górze**.

Spodnia strona **korzenia** rośnie **wolniej**, dlatego wygina się on ku **dołowi**.

AUKSYNY



KORZEŃ

ŁODYGA

ETYLEN

Etylen należy do **węglowodorów** nienasyconych i jest to jedyny fitohormon w postaci **gazowej** (dlatego nie może być syntetyzowany daleko od miejsca działania).

Największe jego stężenie występuje w **dojrzewających owocach** i **starzejących się tkankach**.

Etylen:

- **stymuluje dojrzewanie owoców,**
- **powoduje opadanie owoców i liści,**
- **odpowiada za reakcje roślin na stres.**



ETYLEN

Etylen wykorzystywany jest w **ogrodnictwie**, ponieważ **przyspiesza dojrzewanie owoców**.



REAKCJA ROŚLIN NA BODŹCE

PODSTAWA PROGRAMOWA 2025



1. Przedstawia nastie i tropizmy jako reakcje roślin na bodźce (światło, temperatura, grawitacja, bodźce mechaniczne i chemiczne).

NASTIE



Nastie to reakcje ruchowe organów roślin **niezwiązane z kierunkiem działania bodźca**. Są to ruchy zwykle **odwracalne.**

Nastie są najczęściej ruchami **turgorowymi**, rzadziej **wzrostowymi**. Zmiany turgoru zachodzą w wyspecjalizowanych komórkach znajdujących się w określonych miejscach organu.

RODZAJE NASTII



Wyróżniamy:

- **fotonastię** - reakcja na **zmiany oświetlenia** (np. otwieranie i zamykanie się kwiatów niektórych roślin),
- **termonastię** - reakcja ruchowa na **zmiany temperatury** (np. otwieranie i zamykanie się kwiatów niektórych roślin),
- **sejsmonastię** - reakcja ruchowa wywołana **bodźcem mechanicznym** m.in. dotykiem (np. następuje składanie się liści mimozy, zamykanie się liści muchołówki przez lądującego owada).

SEJSMONASTIA U MIMOZY



przed zadziałaniem bodźca

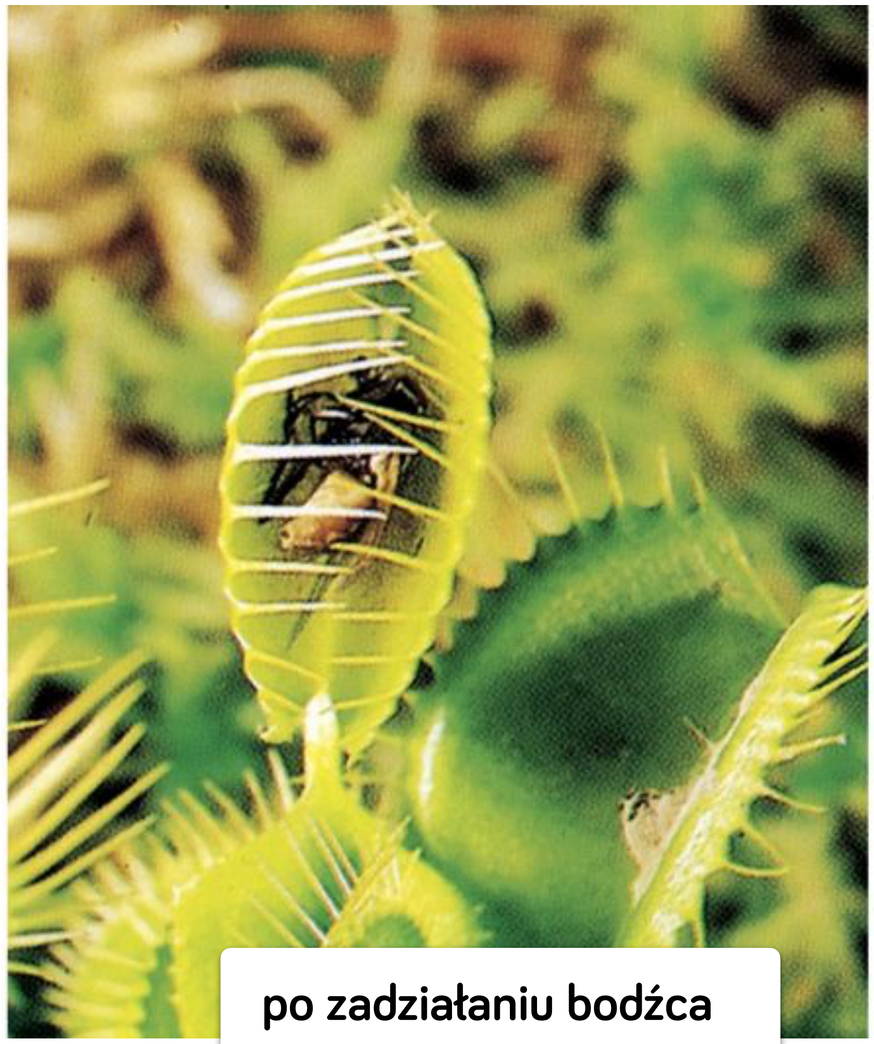


po zadziałaniu bodźca

SEJSMONASTIA U MUCHOŁÓWKI

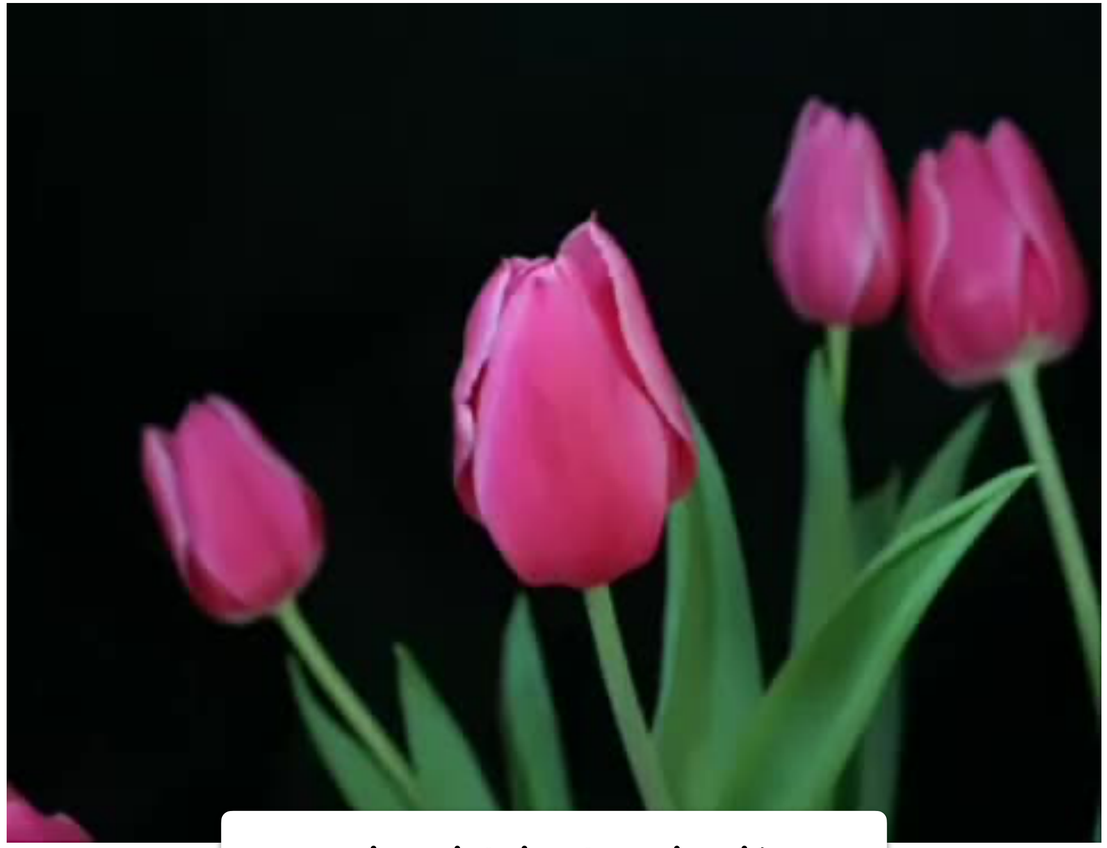


przed zadziałaniem bodźca



po zadziałaniu bodźca

TERMONASTIA U TULIPANA



przed zadziałaniem bodźca



po zadziałaniu bodźca

TROPIZMY



Tropizmy to głównie ruchy **wzrostowe** organów roślinnych lub całego ciała rośliny po zadziałaniu **zewnętrznego bodźca działającego kierunkowego**.

Jeśli ruch jest **w kierunku bodźca**, to jest to **tropizm dodatni**. Jeśli ruch jest **w odwrotnym kierunku niż działa bodziec** to jest to **tropizm ujemny**.

RODZAJE TROPIZMÓW

Wyróżniamy:

- **fototropizm** - wyginanie się organów roślinnych pod wpływem **jednostronnego oświetlenia** (np. wzrost pędu nadziemnego w kierunku światła - fototropizm dodatni)

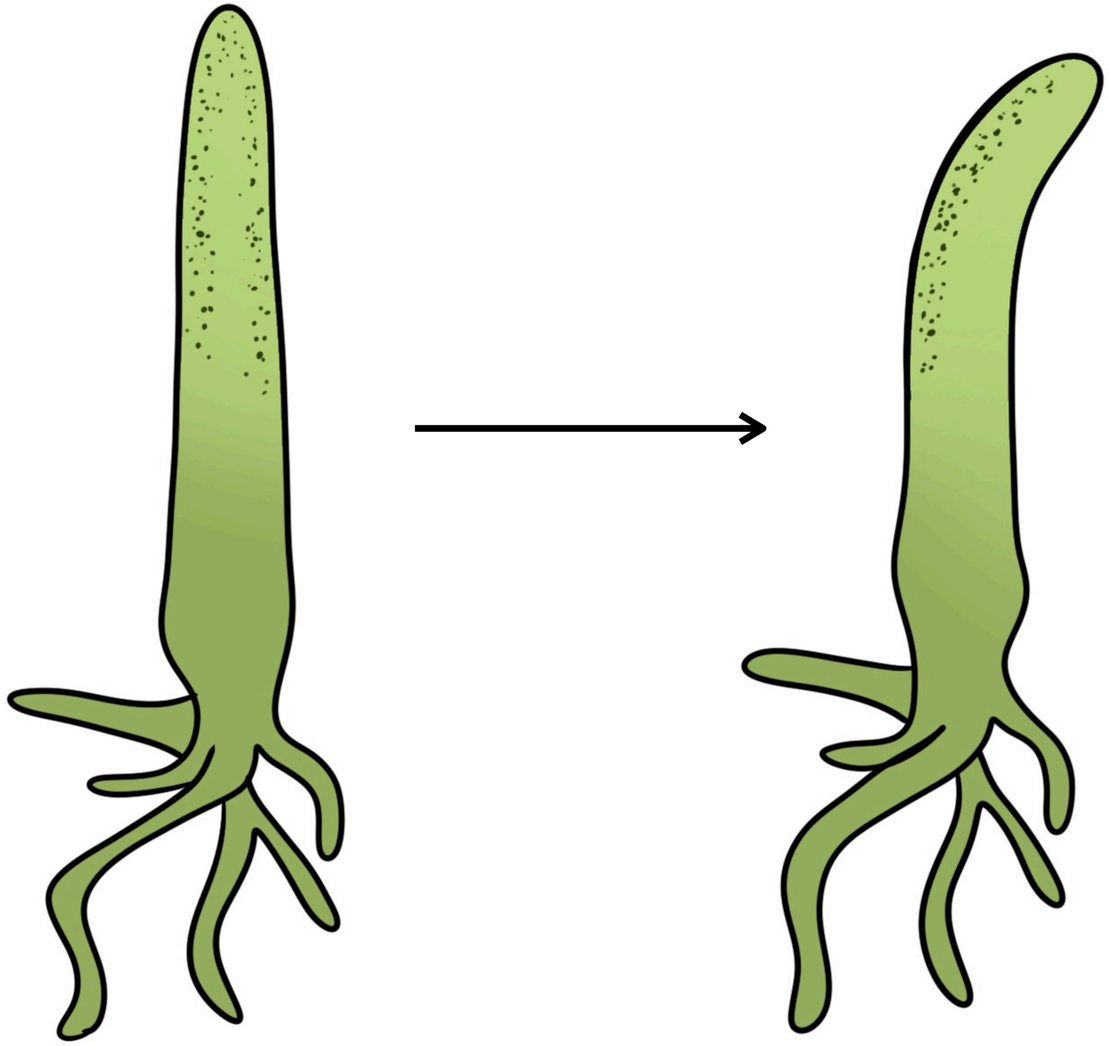
- **geotropizm** - wyginanie się organów roślinnych pod wpływem działania **siły grawitacji** (łodyga – geotropizm ujemny, korzeń – geotropizm dodatni)

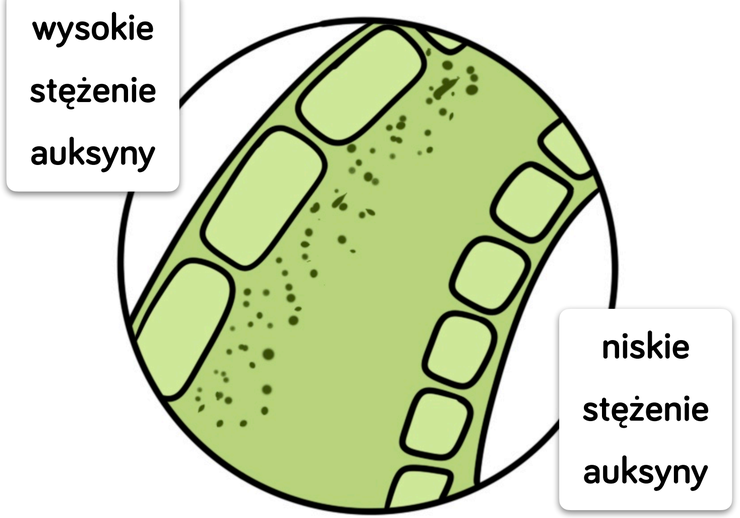
- **tigmotropizm** - reakcja ruchowa wywołana **bodźcem mechanicznym** (np. owijanie się wąsów czepnych wokół podpór - tigmotropizm dodatni)



geotropizm ujemny łodygi

MECHANIZM FOTOTROPIZMU





ŚWIATŁO

Auksyny gromadzą się po **zacienionej** stronie pędu. Ich wysokie stężenie w tym miejscu sprawia, że komórki tam obecne **szybciej się wydłużają**, dlatego ta strona rośnie szybciej niż stronie oświetlona i pęd **wygina się w kierunku światła**.

FOTOTROPIZM U LUCERNY



RODZAJE TROPIZMÓW



- **chemotropizm** - reakcja ruchowa wywołana **czynnikiem chemicznym** (np. dodatni - wzrost korzenia w kierunku większego stężenia wapnia, ujemny - wzrost korzenia w kierunku zmniejszającego się stężenia soli)

- **hydrotropizm** - szczególna odmiana chemotropizmu; reakcja ruchowa na **wodę** (dodatni – wzrost korzenia w kierunku większej zawartości wody w glebie)