



## Mechanizm otwierania i zamykania aparatów szparkowych

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



## Mechanizm otwierania i zamykania aparatów szparkowych

Aparat szparkowy na liściu pomidora (*Solanum lycopersicum*).  
Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Wymiana gazowa oraz utrata wody u roślin zachodzą na drodze transpiracji głównie przez aparaty szparkowe, które u większości gatunków pozostają otwarte w ciągu dnia, a w nocy się zamykają. Mechanizmem zabezpieczającym przed nadmierną utratą wody jest działanie hormonu ABA (kwasu abscysynowego), który powoduje zamykanie aparatów szparkowych niezależnie od światła. Z dalszej części e-materiału dowiesz się, jakie jeszcze czynniki wpływają na otwieranie i zamykanie aparatów szparkowych.

### Twoje cele

- Omówisz czynniki wpływające na otwieranie i zamykanie aparatu szparkowego.
- Wyjaśnisz, jak działa mechanizm otwierania i zamykania aparatów szparkowych.

# Przeczytaj

---

Aby zrozumieć poruszane w tym materiale zagadnienia, przypomnij sobie:

budowę i rozmieszczenie aparatów szparkowych.

## Mechanizmy otwierania i zamykania aparatów szparkowych

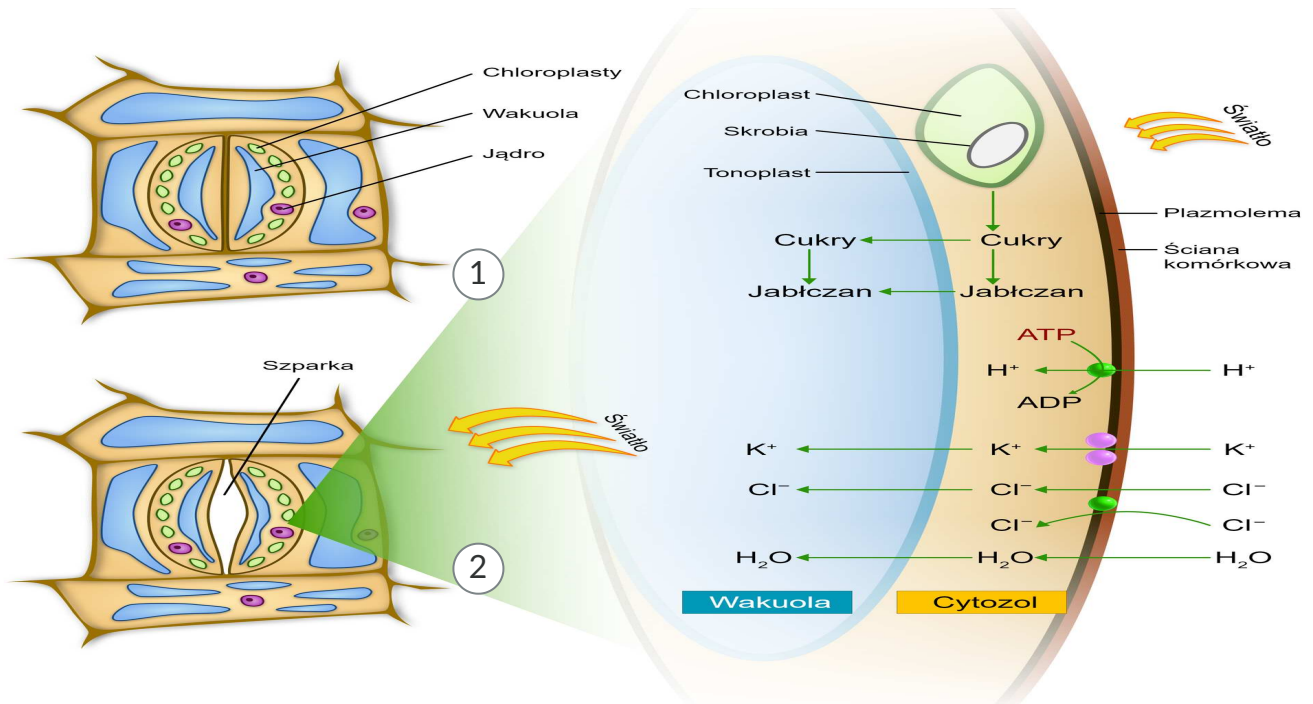
### Otwieranie aparatów szparkowych

#### Ważne!

Otwieranie aparatów szparkowych następuje pod wpływem światła, w sytuacji dobrego zaopatrzenia rośliny w wodę oraz przy niskim stężeniu dwutlenku węgla.

[Aparaty szparkowe](#) otwierają się, gdy zwiększa się [turgor](#) komórek szparkowych. Czynnikiem wyzwalającym wzrost turgoru jest światło, które powoduje otwieranie specyficznych kanałów jonowych zlokalizowanych w błonie komórkowej komórek szparkowych, a w konsekwencji napływ jonów do tych komórek. Wzrost turgoru wynika z pobierania wody przez komórki szparkowe na drodze [osmozy](#): woda przenika z roztworu o wyższym potencjale wody (środowisko zewnętrzne komórek szparkowych) do roztworu o niższym potencjale wody ([sok komórkowy](#) komórek szparkowych). Obniżenie potencjału wody komórek szparkowych spowodowane jest aktywnym transportem z komórek przyszparkowych (lub epidermalnych) jonów  $K^+$  i  $Cl^-$  do komórek szparkowych oraz gromadzeniem jonów jabłczanowych powstających na skutek hydrolizy [skrobi asymilacyjnej](#) do glukozy, która następnie jest przekształcana w jabłczan. Wzrost turgoru w komórkach szparkowych wzmaga nacisk na nierównomiernie zgrubiałe ściany tych komórek: zewnętrzne ściany są cieńsze

i dlatego uwypuklają się bardziej niż grube ściany sąsiadujące ze szparką, w związku z czym cała komórka uwypukla się na zewnątrz, a szparka się otwiera.



1

Komórki szparkowe mają niski turgor – szparka jest zamknięta.

2

Komórki szparkowe w stanie turgoru – szparka jest otwarta.

Mechanizm ruchu aparatów szparkowych.

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

## Zamykanie pasywne aparatów szparkowych

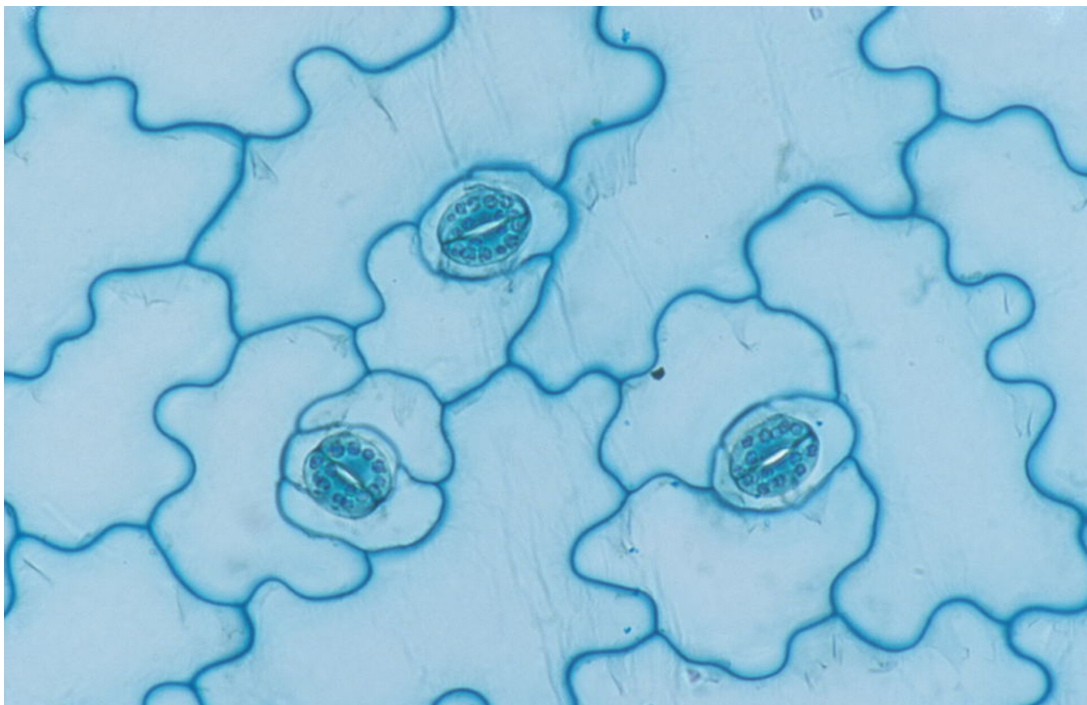
### Ważne!

Odwrotne procesy prowadzą do zamknięcia aparatu szparkowego. Zamykanie aparatów szparkowych następuje przy braku światła, w sytuacji niedoboru wody



oraz wskutek zwiększonego stężenia dwutlenku węgla.

W ciemności w następstwie procesów oddechowych komórek szparkowych zwiększa się w nich stężenie dwutlenku węgla. W wyniku procesów karboksylacji tworzą się grupy karboksylowe ( $-COOH$ ), zakwaszające środowisko wewnątrzkomórkowe. Sprzyja to przekształceniu glukozy w nierozpuszczalną w wodzie skrobię, wskutek czego zmniejsza się turgor komórki. Dodatkowo w ciemności jony potasowe, chlorkowe i jabłczanowe opuszczają komórkę szparkową. Prowadzi to do wysokiego potencjału wody w komórkach szparkowych w porównaniu z sąsiednimi komórkami (epidermalnymi lub przyszparkowymi). Woda zaczyna wypływać z komórek szparkowych, tracą one turgor, a szparki się zamykają.



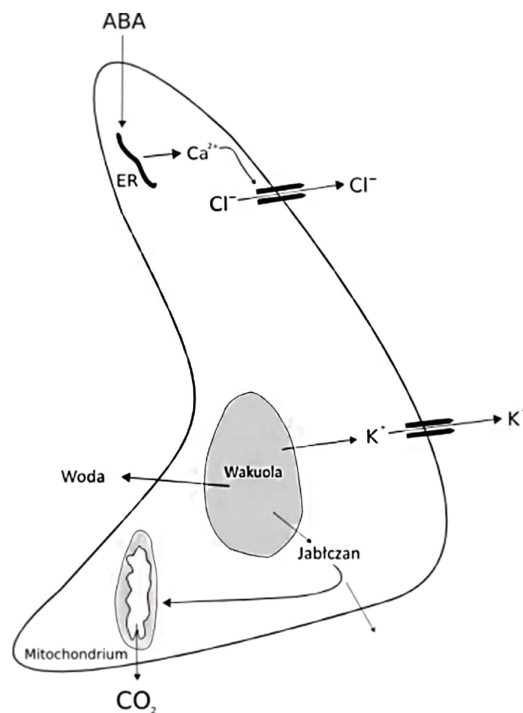
Aparaty szparkowe.

Źródło: John Addis, Flickr, licencja: CC BY-NC-SA 2.0.

## Zamykanie aktywne aparatów szparkowych

Zamykanie aparatów szparkowych następuje również pod wpływem innych związków chemicznych, m.in. [kwasy abscysynowego](#) (ABA), którego stężenie we wnętrzu rośliny

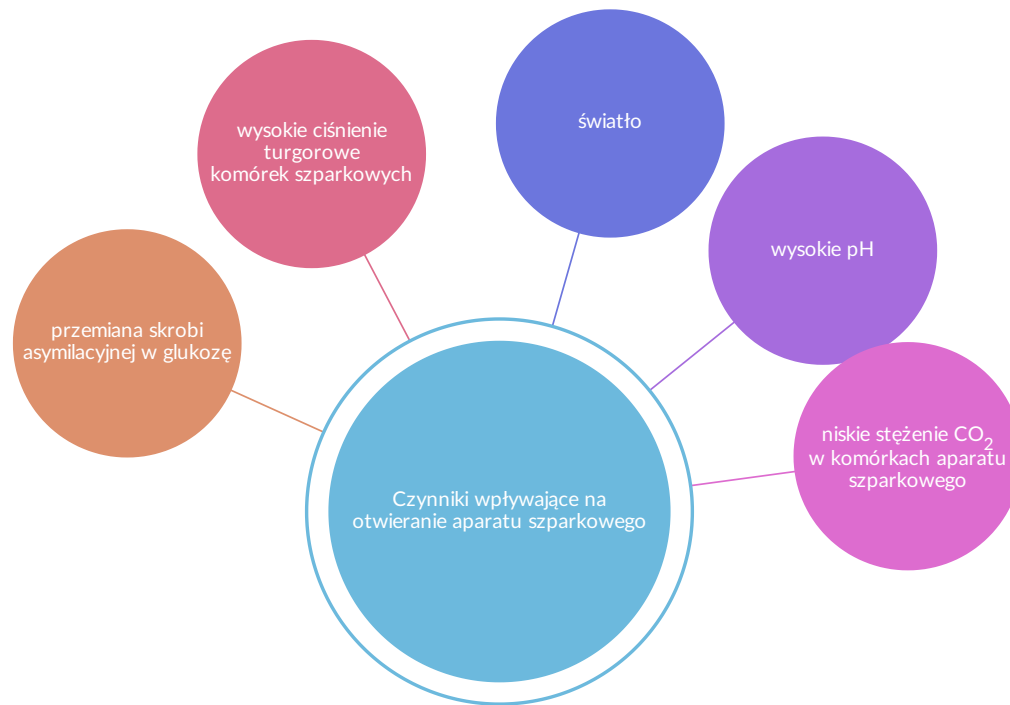
intensywnie wzrasta podczas stresu osmotycznego (deficytu wody), czyli suszy. Kwas abscysynowy powoduje wypływ jonów z komórek szparkowych i w następstwie utratę wody, co prowadzi do zamknięcia aparatu szparkowego.



Schemat ilustrujący mechanizm zamykania aparatów szparkowych na skutek wypływu jonów z komórek szparkowych pod wpływem ABA.

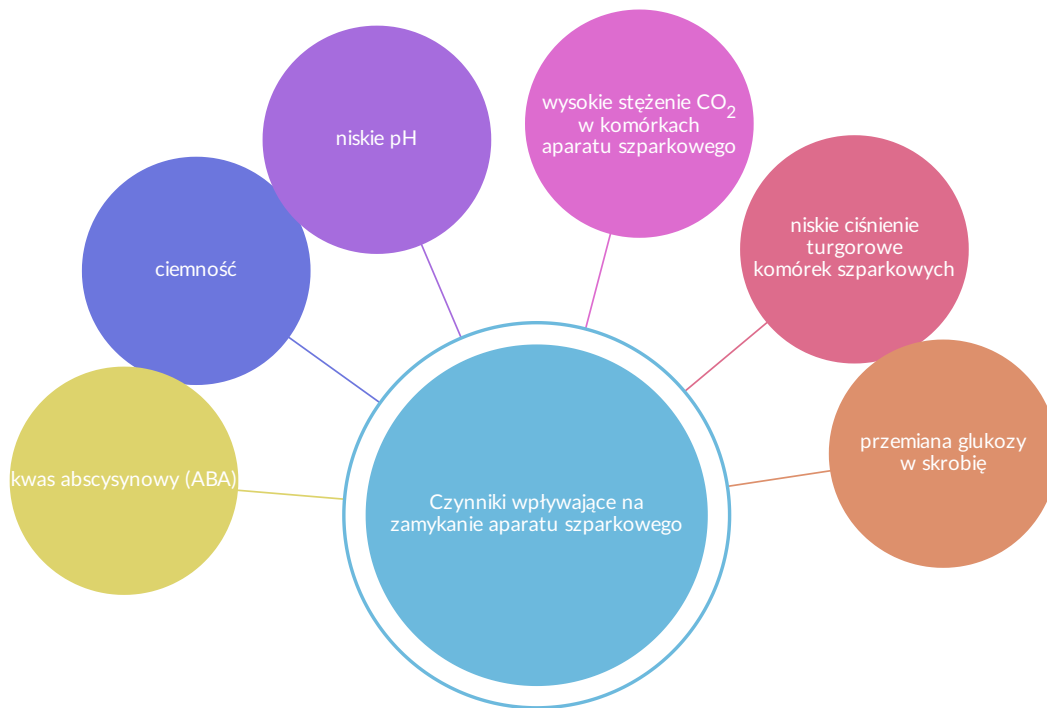
Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

**Czynniki wpływające na otwieranie aparatu szparkowego**



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

**Czynniki wpływające na zamykanie aparatu szparkowego**



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

## Słownik

### aparat szparkowy

wytwór skórki pędu; składa się z dwóch komórek szparkowych, między którymi znajduje się szparka – otwór, przez który zachodzi parowanie wody i wymiana gazowa

### kwas abscysynowy (ABA)

hormon roślinny (fitohormon) hamujący wzrost i kiełkowanie, pobudzający opadanie owoców i liści, przyspieszający starzenie się tkanek, a także uczestniczący w regulacji spoczynku i morfogenezy oraz reakcji roślin na odwodnienie

### osmoza

samorzutne przenikanie rozpuszczalnika przez półprzepuszczalną błonę z roztworu o mniejszym stężeniu do roztworu o stężeniu większym



### **skrobia asymilacyjna**

gromadzone w ciągu dnia, główne źródło energii dla metabolizmu komórki podczas nocy

### **sok komórkowy**

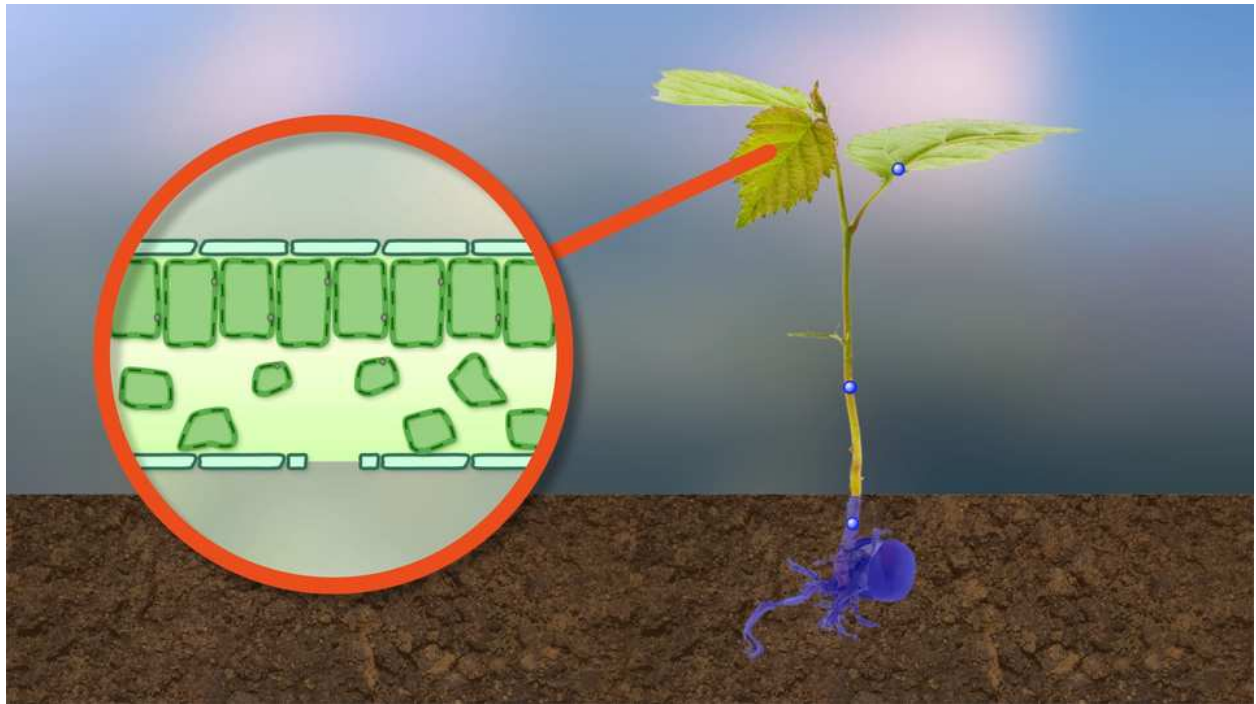
wodny roztwór soli mineralnych i składników organicznych (np. cukrów, aminokwasów, kwasów organicznych, barwników), wypełniający wakuole komórki roślinnej

### **turgor**

stan jędrności żywych komórek lub tkanek roślinnych wynikający z nasycenia ich wodą

# Animacja

---



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R10borZQQEYxD>

Czynniki wpływające na otwieranie i zamykanie aparatów szparkowych.

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

Animacja opisuje czynniki wpływające na otwieranie i zamykanie aparatów szparkowych.

---

## Polecenie 1




Wyjaśnij, od czego zależy otwieranie i zamykanie aparatów szparkowych.

## Polecenie 2

Opisz zmiany zachodzące w komórkach szparkowych pod wpływem światła.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Wskaż, który fitohormon roślinny stymuluje zamykanie się aparatów szparkowych.

Auksyna

Giberelina

Cytokinina

Kwas abscysynowy

## Ćwiczenie 2



Zaznacz czynniki wpływające na otwieranie się aparatów szparkowych.

Przemiana glukozy w skrobię asymilacyjną

Przemiana skrobi asymilacyjnej w glukozę

Susza

Światło

Niskie stężenie CO<sub>2</sub> w komórkach szparkowych

Wysokie ciśnienie turgorowe komórek szparkowych

Niskie pH

## Ćwiczenie 3



Przyporządkuj podane funkcje do odpowiedniego stanu aparatów szparkowych.

Aparaty szparkowe zamknięte

zapobieganie fotooddychaniu

ograniczenie transpiracji

ograniczenie wymiany gazowej

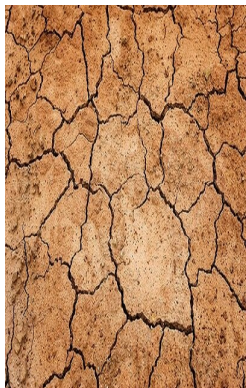
Aparaty szparkowe otwarte

zapobieganie wnikaniu patogenów

## Ćwiczenie 4



Zaznacz wszystkie ilustracje, na których przedstawiono czynniki wpływające na zamknięcie aparatów szparkowych.



Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

## Ćwiczenie 5



Uzupełnij poniższą tabelę podanymi opisami, tak aby prawidłowo charakteryzowała mechanizm otwierania i zamykania aparatów szparkowych.

	Otwieranie aparatów szparkowych	Zamykanie aparatów szparkowych
Jony potasowe	<input type="text"/>	usuwanie z komórek szparkowych
Woda	napływ do komórek szparkowych	<input type="text"/>
Turgor komórek szparkowych	<input type="text"/>	malejący
Glukoza	powstaje z rozkładu skrobi asymilacyjnej	<input type="text"/>

wypływ z komórek szparkowych

napływ do komórek szparkowych

przekształca się w skrobię

rosnący

## Ćwiczenie 6



Oceń, czy podane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Czynnikiem wyzwalającym wzrost turgoru w komórkach szparkowych jest ciemność.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
U niektórych roślin przy komórkach szparkowych znajdują się komórki przyszparkowe, które biorą udział w regulacji otwarcia szparki.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Komórki szparkowe większości roślin dwuliściennych mają nierównomierną grubość ścian komórkowych, co powoduje wyginanie się komórek na zewnątrz i otwieranie szparki.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

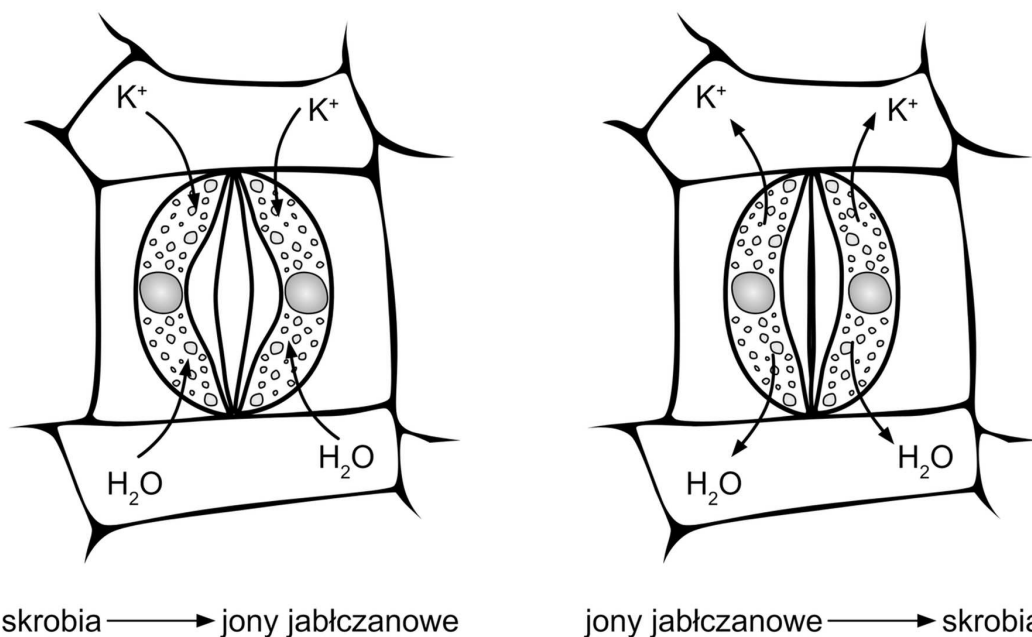


## Ćwiczenie 7



Rośliny doniczkowe muszą być regularnie podlewane, aby utrzymać turgor komórek. Wyjaśnij, jaki mechanizm zamykania aparatów szparkowych zostanie uruchomiony, gdy zaniechamy podlewania rośliny doniczkowej.

## Ćwiczenie 8



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

Jednym z czynników wpływających na stan otwarcia szparek są jony jabłczanowe. Na podstawie powyższego schematu wyjaśnij, jaki wpływ na stan otwarcia aparatów szparkowych ma hydroliza skrobi zachodząca w tych komórkach.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** Biologia

**Temat: Mechanizm otwierania i zamykania aparatów szparkowych**

**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:

3) wykazuje związek zmian potencjału osmotycznego i potencjału wody z otwieraniem i zamykaniem szparek; planuje i przeprowadza doświadczenie porównujące zagęszczenie (mniejsze, większe) i rozmieszczenie (górną, dolną stronę blaszki liściowej) aparatów szparkowych u roślin różnych siedlisk;

**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):**

- Omówisz czynniki wpływające na otwieranie i zamykanie aparatu szparkowego.
- Wyjaśnisz, jak działa mechanizm otwierania i zamykania aparatów szparkowych.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

### **Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza animacji;
- mapa myśli;
- gra dydaktyczna.

### **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: „Mechanizm otwierania i zamykania aparatów szparkowych”. Prosi uczniów o zapoznanie się z treściami zawartymi w sekcjach „Przeczytaj” i „Animacja” oraz wykonanie ćwiczenia nr 3 (w którym mają za zadanie przyporządkować podane stwierdzenia do odpowiedniego stanu aparatów szparkowych) z sekcji „Sprawdź się”.

## Przebieg lekcji

### Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel wyjaśnia uczniom, że rośliny doniczkowe muszą być regularnie podlewane, aby utrzymać turgor komórek. Prosi ich, by wskazali, jaki wpływ na otwarcie aparatów szparkowych będzie miało zaniechanie podlewania rośliny doniczkowej.

### Faza realizacyjna:

1. **Praca w parach z treścią e-materiału.** Uczniowie na podstawie przeczytanego tekstu oraz informacji zawartych w medium w sekcji „Animacja” układają pytania do quizu dla innych par. Nauczyciel wraz z uczniami określa zasady rywalizacji i punktowania dobrych odpowiedzi (np. gra na czas lub na liczbę poprawnych odpowiedzi). Przeprowadzenie gry w klasie. Nauczyciel lub wybrany uczeń dba o prawidłowy przebieg quizu zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami. Nauczyciel nagradza zwycięską parę, np. ocenami z aktywności.
2. **Mapa myśli.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy. Każda z nich opracowuje mapę myśli na temat mechanizmu otwierania i zamykania aparatów szparkowych. Grupy prezentują wyniki swojej pracy. Nauczyciel uzupełnia brakujące informacje, koryguje ewentualne błędy.
3. **Praca z multimediami („Animacja”).** Uczniowie w parach wykonują polecenie nr 1 („Wyjaśnij, od czego zależy otwieranie i zamykanie się aparatów szparkowych”) oraz polecenie nr 2 („Opisz zmiany zachodzące w komórkach szparkowych pod

wpływem światła”). Nauczyciel omawia wspólnie z uczniami poprawne odpowiedzi.

- 4. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują samodzielnie ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie wyjaśnić – na podstawie schematu – jaki wpływ na stan otwarcia szparek ma hydroliza skrobi zachodząca w komórkach szparkowych), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Następnie łączą się w czteroosobowe grupy i ustalają wspólne rozwiązanie. Wybrane zespoły omawiają odpowiedź na forum klasy.

### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie wykonują indywidualnie ćwiczenie interaktywne nr 5 (w którym mają za zadanie uzupełnić tabelę porównującą cechy mechanizmu otwierania i zamykania aparatów szparkowych), a następnie porównują swoje odpowiedzi z kolegą lub koleżanką.
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W tym kontekście dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji oraz wyjaśnia wątpliwości uczniów.

### **Praca domowa:**

1. Wykonaj ćwiczenia nr 1, 2, 4, 6 i 7 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:**

- Multimedia zamieszczone w sekcji „Animacja” można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.

