



## Czynniki endogenne wpływające na kiełkowanie nasion

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium \(WL-I\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Czynniki endogenne wpływające na kiełkowanie nasion

Pierwszym makroskopowym objawem zakończonego kiełkowania jest pojawienie się korzenia zarodkowego – kiełka. Jest on widocznym efektem zapoczątkowania rozwoju wegetatywnego rośliny.

Źródło: Ritesh Man Tamrakar, Flickr, licencja: CC BY-SA 2.0.

Nasiona są najważniejszą formą rolniczego plonu. Zawierają substancje stanowiące podstawę żywienia człowieka i zwierząt gospodarskich (skrobię, tłuszcze i białka), a także wiele substancji o znaczeniu przemysłowym. Ponadto dla historii człowieka nasiona mają szczególne znaczenie cywilizacyjne i kulturotwórcze. Według najnowszych poglądów rozwój cywilizacji rozpoczął się, gdy człowiek opanował umiejętność uprawy roślin w celu uzyskiwania pożywienia (głównie zbóż: pszenicy i jęczmienia na Bliskim Wschodzie i w Europie, ryżu w Azji, a kukurydzy w Ameryce).

### Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcie kiełkowania.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób fitohormony regulują proces kiełkowania nasion.
- Porównasz wpływ giberelin i kwasu abscysynowego na syntezę alfa-amylazy w kiełkującym nasionie.

# Przeczytaj

---

## Kiełkowanie

Kiełkowanie definiuje się jako zespół procesów zachodzących w **nasionie**, które powodują aktywację zarodka. Proces ten skutkuje przebicciem okryw nasiennych przez korzeń zarodkowy. Rozpoczęcie wzrostu **siewki** jest wynikiem zakończenia kiełkowania i stanowi początek następnej fazy rozwojowej.

Fazy rozwojowe roślin przedstawione zostały w e-materiale pt. *Etapy rozwoju rośliny*.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1SO1XFW5m06r>

Film pokazujący kiełkowanie nasion fasoli złotej (*Vigna radiata*) trwające ok. 10 dni.

Źródło: Wjh31, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału pokazujący proces kiełkowania fasoli.

---

Kiełkowanie nasion składa się z kilku faz, ściśle ze sobą powiązanych i zachodzących na siebie:

- imbibicji (pęcznienia);
- fazy katabolicznej, w której przeważają procesy hydrolizy substancji zapasowych (skrobi, tłuszczów i białek);

- fazy anabolicznej, w której przeważają procesy syntezy nowych związków organicznych (w tym białek), a komórki osi zarodkowej (ciała zarodka bez **liścieni**) zaczynają się wydłużać i dzielić.

Aby dowiedzieć się więcej o etapach kiełkowania nasion i jego typach, przeczytaj e-materiał pt. *Typy kiełkowania nasion*.

Na przebieg kiełkowania nasion wpływają czynniki egzogenne oraz endogenne.

O czynnikach egzogennych przeczytasz w e-materiale *Czynniki środowiskowe wpływające na kiełkowanie nasion*. Do czynników endogennych wpływających na proces kiełkowania nasion zaliczane są **fitohormony (hormony roślinne, regulatory wzrostu)**.

## Fitohormony uczestniczące w procesie kiełkowania



Kiełki słonecznika trzy dni po zasadzeniu.

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

Fitohormony biorące udział w procesie kiełkowania roślin to **gibereliny**, **cytokininy** oraz **kwab abscysynowy (ABA)**. Z reguły gibereliny i cytokininy stymulują kiełkowanie, natomiast kwas abscysynowy hamuje ten proces.

W wielu nasionach występują inhibitory kiełkowania niebędące fitohormonami, najczęściej substancje o charakterze fenoli i ich pochodnych (np. kumaryna).

### Ważne!

Kiełkowanie nasion jest jedyną fazą w ontogenezie roślin, w której nie stwierdzono regulacyjnych efektów **auksyn**.

## W jaki sposób fitohormony kontrolują przebieg kiełkowania?

Fitohormony pełnią rolę regulacyjną, modulując aktywność enzymów uczestniczących w procesach najważniejszych dla kiełkowania. Ich funkcję przedstawiono na przykładzie traw.

Synteza alfa-amylazy, enzymu hydrolizującego skrobię w białmie ziarniaków zbóż, odbywa się w komórkach warstwy aleuronowej, otaczającej bielmo.

1

2

Giberelina, uwalniana w zarodku w czasie pęcznienia nasienia, dyfunduje do warstwy aleuronowej, aktywując tam aparat biosyntezy białka oraz indukując transkrypcję genu alfa-amylazy.

3

Transkrypcja tego genu jest hamowana przez ABA. Stężenie ABA spada w czasie pęcznienia i wraz ze wzrostem stężenia gibereliny.

4

Obecność gibereliny umożliwia również transport zsyntetyzowanego białka alfa-amylazy przez błonę komórek aleuronowych i tym samym jego wydzielanie do bielma.

5

W podobny sposób giberelina indukuje syntezę niektórych innych enzymów hydrolitycznych (endoglukanaza, proteazy, nukleazy).

6

W kiełkowaniu uczestniczy również szereg innych enzymów, których synteza nie jest regulowana przez hormony. Natomiast obecność tych enzymów stymuluje (lub hamuje) aktywność m. in. gibereliny i cytokininy.



Kiełkujące ziarna jęczmienia w szkockiej destylarni. Jest to tzw. słodowanie, podczas którego wydzielane są enzymy hydrolityczne.

Źródło: Charlie Marshall, Flickr, licencja: CC BY 2.0.

## Ciekawostka

Na początku  
ubiegłego wieku  
azjatyccy rolnicy  
zauważyli, że niektóre  
siewki ryżu rosły  
bardzo wysokie  
i wiotkie, co  
powodowało ich  
łamanie. Siewki były  
niedojrzałe i nie  
zakwitały.

Pola ryżowe w Azji.

Źródło: domena publiczna.

Więcej na temat fitohormonów przeczytasz w e-materiale *Regulatory wzrostu i rozwoju roślin*.

**Słownik**  
auksyny

(gr. *auxánō* – powodujący wzrost) hormony roślinne (fitohormony) uczestniczące w regulacji wzrostu wydłużeniowego komórek i w ich różnicowaniu

### **cytokininy**

hormony roślinne (fitohormony) uczestniczące w regulacji: podziałów komórkowych (cytokinezy), różnicowania i organogenezy

### **fitohormony**

(gr. *phytón* – roślina; *hormán* – pobudzać) hormony roślinne (bioregulatory), związki chemiczne wytwarzane przez rośliny

### **gibereliny**

hormony roślinne (fitohormony) uczestniczące m.in. w regulacji wzrostu wydłużeniowego komórek i w ich różnicowaniu, a także w rozwoju pyłku i łagiewki pyłkowej

### **kwabscysynowy (ABA)**

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

### **liścienie**

pierwsze liście; tworzone przez zarodek u roślin nasiennych i wchodzące w skład nasiona, gdzie zwykle pełnią funkcję spichrzową

### **nasiono**

dawniej „nasienie”; organ rozmnażania roślin powstający z zapłodnionego zalążka, złożony z łupiny nasiennej, zarodka i tkanki spichrzowej, stanowiącej zapas pokarmu na czas kiełkowania (bielmo, prabielmo lub obielmo)

### **siewka**

roślina we wczesnym (wegetatywnym) stadium rozwoju; wyrosła z nasiona

### **warstwa aleuronowa**

zewnątrzna warstwa bielma w nasionach traw, zawierająca ziarna aleuronowe (struktury białkowe powstałe z odwodnionych wakuoli, w których sok komórkowy uległ zagęszczeniu wskutek gromadzenia substancji zapasowych) oraz lipidy zapasowe

# Wirtualne laboratorium (WL-I)

---

Określanie wpływu giberelin na kiełkowanie i początkowy wzrost siewek pomidora

## Laboratorium 1

Korzystając z wiedzy na temat czynników endogennych, wpływających na kiełkowanie nasion, zaplanuj i przeprowadź doświadczenie, które pozwoli ci rozwiązać poniższy problem badawczy. Obserwacje, wyniki i wnioski zanotuj w formularzu.

### Problem badawczy:

Jaki wpływ na kiełkowanie nasion pomidora mają gibereliny?

### Hipoteza:

Gibereliny stymulują kiełkowanie nasion pomidora.

### Materiał biologiczny:

- 3 opakowania nasion pomidora (każde po ok. 20 nasion);

### Odczynniki:

- woda destylowana w zlewce 50 ml;
- roztwory kwasu giberelinowego (GA3) o stężeniu 300 mg/l i 900 mg/l.

### Sprzęt laboratoryjny:

- 6 sterylnych szalek Petriego;
- bibuła;
- statyw na probówki Falcon;
- zlewka;
- pipeta Pasteura;
- pęseta;
- tryskawka z wodą destylowaną;

- szkiełko zegarkowe
- marker;
- zegar.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DoylT9AoX>




### **Polecenie 1**

Korzystając ze swojej wiedzy na temat kiełkowania nasion zaplanuj doświadczenie, które pozwoli ci rozwiązać poniższy problem badawczy – określ niezbędne materiały i napisz instrukcję. Sformułuj hipotezę do zaplanowanego doświadczenia.

**Problem badawczy:** Jaką rolę odgrywają liścienie w kiełkowaniu nasion fasoli?

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



## Ćwiczenie 2



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

## Ćwiczenie 3



W przypadku kiełkowania nasion oleistych liścienie pobudzają proces przekształcania lipidów (a właściwie produktów ich rozpadu) w węglowodany. Proces ten obejmuje beta-oksydację, cykl glioksalanowy i glukoneogenezę.

## Ćwiczenie 4



Podczas fazy katabolicznej kiełkowania (głównie podczas oddychania tlenowego) dochodzi do wytworzenia licznych reaktywnych form tlenu (RFT). Związki te zasadniczo uważane są za szkodliwe ze względu na ich właściwości utleniające, skutkujące m.in. uszkodzeniami DNA. Jednak w przypadku kiełkowania występuje charakterystyczne „okienko RFT”, czyli taka ilość RFT, która wpływa korzystnie na proces kiełkowania. Jednak zarówno zbyt mała, jak i zbyt duża ilość reaktywnych form tlenu hamuje proces kiełkowania. Jednym ze związków należących do RFT jest  $H_2O_2$ .

Na podstawie: Zhan Li i in., *Reactive Oxygen Species and Gibberellin Acid Mutual Induction to Regulate Tobacco Seed Germination*, „Frontiers in Plant Science” 2018.

## Ćwiczenie 5



Spoczynek względny nasion charakteryzuje się stosunkowo wysoką produkcją kwasu abscysynowego i niewielką produkcją giberelin przez liścienie zarodka. Podczas ustępowania spoczynku nasion obserwuje się w liścieniach wzmożoną ekspresję genów odpowiedzialnych za syntezę giberelin i degradację kwasu abscysynowego. Istotny jest jednak czas, w jakim dochodzi do tych procesów. Obniżenie zawartości kwasu abscysynowego powinno nastąpić przed syntezą giberelin, jednocześnie z procesem zwiększenia wrażliwości komórek na gibereliny. Z kolei etylen, produkowany przez liścienie, zmniejsza wrażliwość komórek na kwas abscysynowy.

Na podstawie: Agnieszka Gniazdowska i in., *Regulacja spoczynku i kiełkowania nasion - czynniki endogenne i oddziaływania środowiskowe*, [w:] Iwona Ciereszko i Andrzej Bajguz (red.), *Różnorodność biologiczna – od komórki do ekosystemu. Rośliny i grzyby w zmieniających się warunkach środowiska*, Polskie Towarzystwo Botaniczne, Białystok 2013.

## Ćwiczenie 6



Faza anaboliczna kiełkowania wymaga m.in. syntezy ogromnych ilości białek. Jednym z kluczowych enzymów, biorących udział w syntezie aminokwasów z nieorganicznych związków azotowych, jest produkowana przez liścienie reduktaza azotanowa. W roku 2000 przeprowadzono badania nad wpływem źródła azotu w glebie i światła [...] na aktywność reduktazy azotanowej w nasionach chrzanu. Zauważono, że gdy głównym źródłem azotu dla liścieni są jony  $\text{NH}_4^+$ , aktywność reduktazy spada. W przypadku gdy głównym źródłem azotu są aniony  $\text{NO}_3^-$  – wzrasta. Zależności te są prawdziwe zarówno w świetle, jak i w ciemności. Jeśli azot pozyskiwany był przez liścienie w obu formach ( $\text{NH}_4^+$  i  $\text{NO}_3^-$ ), aktywność reduktazy rosła tylko w świetle.

Na podstawie: C.R. Sood i in., *Nitrate reductase activity of radish cotyledons as affected by phytohormones and different nitrogen sources*, „Acta Physiologiae Plantarum” 2000 vol. 22, s. 477–482.

## Ćwiczenie 7



W 2017 roku przeprowadzono doświadczenie mające na celu zbadanie wpływu usunięcia (częściowego lub całkowitego) liścieni siewek gatunków roślin dwuliściennych wytwarzających małe lub duże nasiona. Wyniki doświadczenia przeczyły powszechnemu pogładowi, że rośliny o dużych nasionach lepiej sobie radzą z uszkodzeniem mechanicznym podczas kiełkowania. Usunięcie jednego z liścieni nie wpływało na masę uzyskanej siewki, zarówno w przypadku nasion małych, jak i dużych. Całkowite usunięcie liścieni wpłynęło na znaczną redukcję biomasy siewek pochodzących wyłącznie z dużych nasion.

Na podstawie: Xiao Wen Hu i in., *Seedling tolerance to cotyledon removal varies with seed size: A case of five legume species*, „Ecology and evolution” 2017, nr 7(15).

## Ćwiczenie 8



Liścienie są częścią zarodka produkującą fitohormony i inne substancje niezbędne zarówno do utrzymania spoczynku nasion, jak i ich kiełkowania. Część poliamin, gibereliny, tlenek azotu(II), reaktywne formy tlenu i etylen sprzyjają kiełkowaniu, natomiast kwas abscysynowy powoduje utrzymanie spoczynku nasion.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** Biologia

**Temat:** Czynniki endogenne wpływające na kiełkowanie nasion

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

**Podstawa programowa:**

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IX. Różnorodność roślin.

6. Wzrost i rozwój roślin. Uczeń:

2) przedstawia wpływ czynników zewnętrznych i wewnętrznych na proces kiełkowania nasion; planuje i przeprowadza doświadczenie określające wpływ wybranych czynników (woda, temperatura, światło, dostęp do tlenu) na proces kiełkowania nasion;

4) planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące rolę liścieni we wzroście i rozwoju siewki rośliny;

**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 pojęcie kiełkowania.
- Wyjaśnisz, w jaki sposób fitohormony regulują proces kiełkowania nasion.
- Porównasz wpływ giberelin i kwasu abscysynowego na syntezę alfa-amylazy w kiełkującym nasionie.

**Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

## **Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- ćwiczenia laboratoryjne;
- praca z filmem;
- gwiazda pytań.

## **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- 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;
- telefony z dostępem do internetu.

## **Przed lekcją:**

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Czynniki endogenne wpływające na kiełkowanie nasion”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj”, a następnie rozwiązanie ćwiczenia nr 1 zawartego w sekcji „Sprawdź się”.

## **Przebieg lekcji**

### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel wraz z uczniami formułuje cele lekcji i ustala kryteria sukcesu.
2. Nauczyciel wyświetla film zawarty w sekcji „Przeczytaj” (pokazujący ok. 10 dni kiełkowania nasion fasoli złotej) i prosi uczniów o wyjaśnienie pojęcia kiełkowania oraz omówienie ukazanych procesów.

### **Faza realizacyjna:**

1. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale.  
Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie

wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.

2. **Praca z multimedium („Wirtualne laboratorium (WL-S)”)**. Nauczyciel informuje uczniów, że w wirtualnym laboratorium przeprowadzą badanie dotyczące czynników endogennych wpływających na kiełkowanie roślin. Uczniowie przeprowadzają doświadczenie zgodnie z instrukcją zamieszczoną w sekcji „Wirtualne laboratorium (WL-S)”. Następnie wykonują polecenia odnoszące się do multimedium.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności**. Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 6 (odnoszące się do tekstu źródłowego dotyczącego aktywności reduktazy azotanowej w nasionach) oraz ćwiczenie nr 7 (polegające na analizie tekstu źródłowego i zaproponowaniu potencjalnego zastosowania w gospodarce człowieka wyników uzyskanych w opisanym doświadczeniu) 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.
4. Następne ćwiczenie (nr 8 – w którym uczniowie mają za zadanie wyjaśnić, dlaczego produkcja kwasu abscysynowego przez liścienie nasion, choć zapobiega ich kiełkowaniu, jest niezwykle istotna dla roślin), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy, uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych. Po jego wykonaniu i uzgodnieniu przez każdą grupę wspólnego wyboru następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdań: „Dziś nauczyłem/nauczyłam się...”, „Zrozumiałem/zrozumiałam, że...”, „Zaskoczyło mnie...”, „Dowiedziałem/dowiedziałam się...”.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

#### **Praca domowa:**

1. Wykonaj ćwiczenia od 2 do 5 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:**

- Treści w sekcji „Wirtualne laboratorium (WL-I)” można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy uczniów.