



## Regulatory wzrostu i rozwoju roślin

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



## Regulatory wzrostu i rozwoju roślin

Hormony roślinne (fitohormony) to aktywne w bardzo niskich stężeniach drobnocząsteczkowe związki chemiczne, które stymulują lub hamują wzrost i rozwój roślin.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Wzrost, rozwój oraz odpowiedź na bodźce roślin zależą od wielu różnorodnych procesów, które kontrolowane są przez hormony roślinne zwane fitohormonami. Badania prowadzone nad fototropizmem, czyli wyginaniem nadziemnej części rośliny w kierunku światła, doprowadziły do odkrycia fitohormonów. Jakie cząsteczki zaliczane są do fitohormonów i w jaki sposób regulują procesy zachodzące w roślinach?

### Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcie hormonów roślinnych (fitohormonów).
- Wyjaśnisz, w jaki sposób fitohormony oddziałują na rośliny.
- Wskażesz przykłady fitohormonów naturalnych i sztucznych.

# Przeczytaj

---

**Fitohormony**, zwane inaczej hormonami roślinnymi lub regulatorami wzrostu i rozwoju, to cząsteczki regulujące różnorodne procesy fizjologiczne roślin, w tym procesy rozwoju i wzrostu. Są to aktywne związki chemiczne działające w bardzo niskich stężeniach (rzędu  $10^{-6}$  mol/dm<sup>-3</sup>). Fitohormony mogą być syntetyzowane w rozmaitych częściach roślin: zarówno w wierzchołkach pędów, jak i w korzeniach czy dojrzewających owocach. W odróżnieniu od hormonów zwierzęcych mogą działać w miejscu powstania, choć także transportowane są do innych rejonów rośliny.

Od hormonów zwierzęcych różni je także to, że poszczególne fitohormony wpływają na wiele różnorodnych procesów zachodzących w roślinie. Nie podlegają centralnej regulacji, a ich działanie w dużej mierze zależy od stężenia pozostałych hormonów. Fitohormony kontrolują wzrost i rozwój rośliny przez stymulację (zwiększanie odpowiedzi) bądź inhibicję (hamowanie). Właściwa reakcja rośliny zależy najczęściej nie od stężenia pojedynczego fitohormonu, ale następuje na skutek zmian w stosunkach ilościowych między poszczególnymi fitohormonami.

Wybrane klasy fitohormonów.

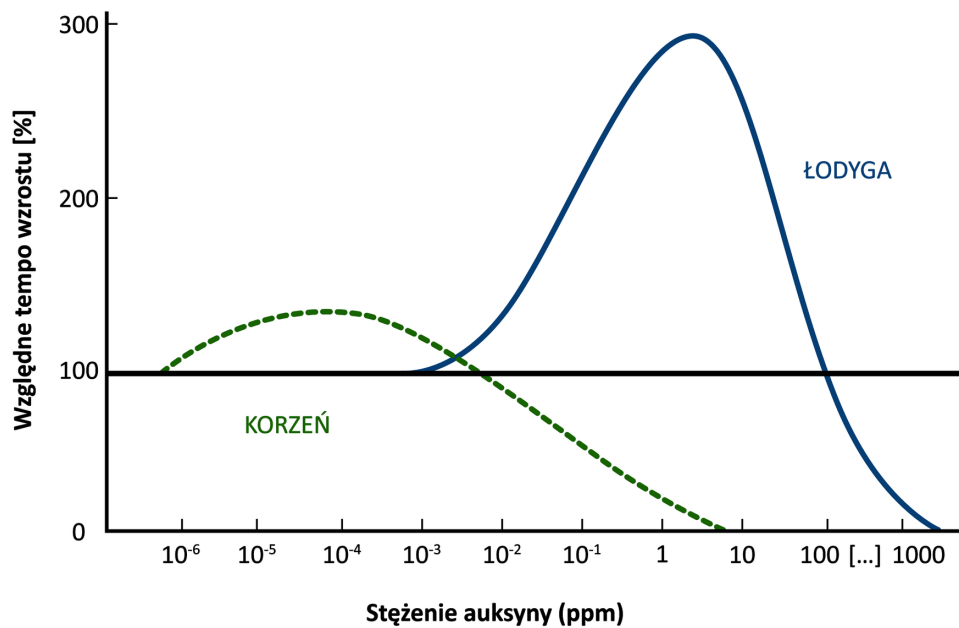
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ważne!

Fitohormony uczestniczą również w obronie rośliny przed patogenami.

## Auksyny

Pierwszym poznany fitohormonem była auksyna – kwas indoliloctowy (IAA – *ang. indolyl-acetic acid*). Prekursorem biosyntezy tego związku jest tryptofan. Główna funkcja auksyn polega na stymulacji wzrostu komórek na długość. W jaki sposób auksyny pobudzają wzrost komórek roślinnych? Otóż w błonach komórkowych znajdują się białka wiążące auksyny. W wyniku ich połączenia następuje pobudzenie pompy protonowej. Wówczas do ściany komórkowej przenikają protony (H<sup>+</sup>), co prowadzi do jej zakwaszenia. Zmiana pH ściany komórkowej skutkuje m.in. aktywacją enzymów hydrolizujących **hemicelulozę**, co skutkuje rozluźnieniem struktury ściany komórkowej. Większa plastyczność ściany komórkowej umożliwia powiększanie się komórki.



Zależność między względnym tempem wzrostu korzenia i łodygi a stężeniem auksyny.

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

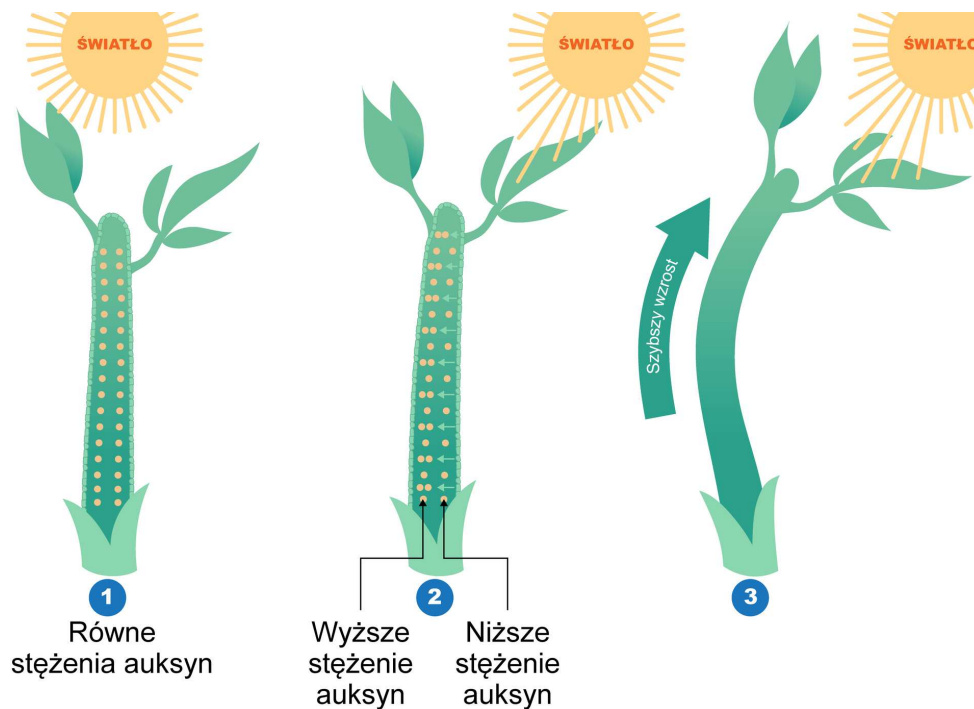
### Miejsce syntetyzowania

Wierzchołki wzrostu pędu i młode liście. Duże stężenia auksyn występują w owocach i nasionach, jednak ich pochodzenie nie zostało do końca poznane.

### Transport

### Funkcje

### Przykłady



Mechanizm fototropizmu. Wyższe stężenie auksyn powoduje szybszy wzrost komórek po stronie przeciwnej do tej, na którą bezpośrednio działa bodziec. W efekcie następuje wygięcie pędu w kierunku działania bodźca (światła).

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

### Dla zainteresowanych

Wrażliwsze na działanie kwasu 2,4-dichlorofenoksyoctowego są rośliny dwuliścienne niż jednoliścienne. Ta syntetyczna auksyna hamuje wzrost i rozwój roślin, dlatego wykorzystywana jest jako środek przeciwko dwuliściennym chwastom.

## Cytokiny

Cytokiny są grupą fitohormonów będących pochodnymi adeniny. Ich działanie jest szczególnie istotne w komórkach, w których zachodzą intensywne podziały komórkowe.

### Miejsce syntetyzowania

W komórkach merystematycznych – najczęściej w korzeniu.

### Transport

### Funkcje

### Przykłady



Cytokiny przedłużają trwałość kwiatów ciętych.

Źródło: Oldiefan, pixabay.com, domena publiczna.

## Gibereliny

Gibereliny współdziałają z auksynami. Wpływają na rozwój łodygi i liści, zaś na korzenie mają niewielki wpływ.

Funkcja giberelin, podobnie jak i auksyn, polega na zwiększeniu plastyczności ściany komórkowej. Jednak ich działanie opiera się na hamowaniu aktywności [peroksydaz](#), które biorą udział w usztywnianiu ścian komórkowych. Należą do terpenów, czyli związków organicznych, których szkielet chemiczny składa się z jednostek izoprenu.

W czasie kiełkowania ziarniaków, np. jęczmienia, gibereliny uwalniają zapasowe substancje pokarmowe.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., na podstawie: Neil Campbell i in., *Biologia*, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2016, licencja: CC BY-SA 3.0.

### Miejsce syntetyzowania

[Merystemy](#) wierzchołkowe pąków, korzenie, młode liście i aktywne nasiona.

### Transport

### Funkcje

## Przykłady

### Ważne!

Największe ilości giberelin znajdują się w nasionach.



Gibereliny stymulują kiełkowanie nasion.

Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

## Etylen

Etylen jest gazowym fitohormonem będącym zarówno stymulatorem, jak i inhibitorem rozwoju roślin. Jego działanie stymulowane jest przez auksyny. Jest najprostszym alkenem (węglowodorem nienasyconym) o wzorze  $C_2H_4$ .

### Miejsce syntetyzowania

Wszystkie żywe **tkanki** rośliny, a przede wszystkim – dojrzewające owoce i starzejące się liście, w których etylen jest syntetyzowany w największych ilościach.

### Funkcje

## Kwas abscysynowy (ABA)

Produkowany głównie podczas niesprzyjających warunków środowiskowych – głównie związanych z niedoborem wody (susza). Ze względu na budowę chemiczną należy do terpenów, czyli węglowodorów pochodnych izoprenu.

|                                     |
|-------------------------------------|
| <b>Miejsce syntetyzowania</b>       |
| We wszystkich komórkach roślinnych. |
| <b>Transport</b>                    |
| <b>Funkcje</b>                      |



Kwas abscysynowy utrzymuje stan spoczynku w pąkach podczas zimy.

Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

## Brassinosteroidy

Są to steroidowe hormony roślinne. Działają w miejscach ich syntezy. Pierwszym zidentyfikowanym związkiem z tej grupy był brasinolid, wyizolowany z pyłku rzepaku.

### Miejsce syntetyzowania

We wszystkich komórkach roślinnych, najwyższe stężenia obserwuje się w ziarnach pyłku i niedojrzałych nasionach.

### Transport

### Funkcje

## Współdziałanie fitohormonów



Hodowla *in vitro* winorośli.

Źródło: Martin Bahmann, wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Współdziałanie fitohormonów wykorzystuje się w roślinnych hodowlach *in vitro* („w szkle” – prowadzone poza organizmem badania przebiegu jego procesów biologicznych, w warunkach laboratoryjnych). W zależności od wzajemnych proporcji auksyn i cytokinin można uzyskać – z wyizolowanych w warunkach sterylnych fragmentów tkanek roślinnych – rozrost tkanki niezróżnicowanej, tzw. **kallusa**, a także inicjować powstawanie pędów i korzeni. Fragmenty tkanek roślinnych umieszcza się w szklanych naczyniach z odpowiednią pożywką, która zawiera niezbędne substancje mineralne i organiczne, a także fitohormony w odpowiednich stężeniach.

Stosowanie mieszanki fitohormonów zawierającej jednakowe stężenie auksyn

i cytokin powoduje rozwój kallusa. W przypadku gdy mieszanina ta będzie zawierać wyższe stężenie auksyn niż cytokin, kallus będzie wytwarzał korzenie, zaś w sytuacji gdy stężenie cytokinin będzie wyższe niż auksyn, stymulowane będzie wytwarzanie pędu.

W konsekwencji można w ten sposób uzyskać rośliny, co znajduje zastosowanie w rolnictwie do szybkiego namnażania roślin o pożądanym cechach.

### Ważne!

### Zależność cytokininy-auksyny:

- wysokie stężenie cytokinin i niskie auksyn – przyspieszone wytwarzanie pędu;
- niskie stężenie cytokinin i wysokie auksyn – przyspieszone powstawanie korzeni.

## Zastosowanie syntetycznych regulatorów wzrostu w rolnictwie

Do syntetycznych regulatorów wzrostu, które znalazły zastosowanie w rolnictwie, zaliczamy retardanty i morfaktyny.

### Retardanty

Retardanty są syntetycznymi związkami nazywanymi również **antygiberelinami**. Wykazują one przeciwstawne działanie w stosunku do giberelin. Prawdopodobnie hamują enzymy katalizujące syntezę tych fitohormonów.

- Hamują wzrost elongacyjny pędu, dzięki czemu znajdują zastosowanie w hodowli roślin ozdobnych, służąc do uzyskiwania niskich osobników o dużych kwiatach.
- Należą do nich m.in.: chlorek chlorocholiny (CCC) i preparat Amo01618.

### Morfaktyny

## Słownik

### fitohormony

(gr. *phytón* – roślina, *hormán* – pobudzać) wytwarzane przez rośliny związki chemiczne regulujące ich wzrost i rozwój przez modyfikację przebiegu procesów metabolicznych

### fototropizm

ruchowa reakcja wzrostowa organizmów na kierunkowe działanie światła; wzrost w kierunku źródła światła (np. pędów i ogonków liściowych) to fototropizm dodatni, natomiast wzrost w kierunku przeciwnym (np. korzeni) – fototropizm ujemny

### gibereliny

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

### hemicelulozy

niejednorodna grupa polisacharydów występujących, obok celulozy i pektyn w ścianie komórkowej roślin; w odróżnieniu od celulozy lepiej rozpuszczają się w wodnych roztworach zasad i łatwiej hydrolizują pod wpływem mineralnych kwasów; pełnią rolę substancji strukturalnej i zapasowej roślin

### **kallus**

tkanka twórcza regeneracyjna o dużych cienkościennych komórkach, powstająca na powierzchni zranienia roślin, gł. drzewiastych; ma duże znaczenie w gojeniu się ran, zrastaniu tkanek w miejscu szczepienia, ukorzenianiu sadzonek

### **merystem**

tkanka złożona z komórek zdolnych do podziałów mitotycznych, zapoczątkowująca nowe moduły organów roślinnych

### **peroksydazy**

enzymy katalizujące reakcje, w których akceptorem elektronu jest głównie nadtlenek wodoru ( $H_2O_2$ ), redukowany do wody; grupą prostetyczną większości peroksydaz jest hem (zawierający jony żelaza); główną funkcją peroksydaz jest usuwanie z komórki ( $H_2O_2$ ), powstającego w niektórych reakcjach utlenienia oraz w procesach redukcji tlenu

### **tkanka**

zespół komórek o określonej budowie i pochodzeniu, zajmujący dane miejsce w organizmie i pełniący odpowiednie funkcje

### **tkanka waskularna**

podstawowy rodzaj tkanki roślinnej wyróżniony ze względu na położenie (nigdy na powierzchni) i strukturę – dojrzała tkanka waskularna zawiera zwykle elementy trachealne i elementy sitowe, które tworzą waskularne pasma zwane wiązkami waskularnymi (przewodzącymi)

## Trwa wczytywanie danych..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D175GPzKb>

Regulatory wzrostu i rozwoju roślin.

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

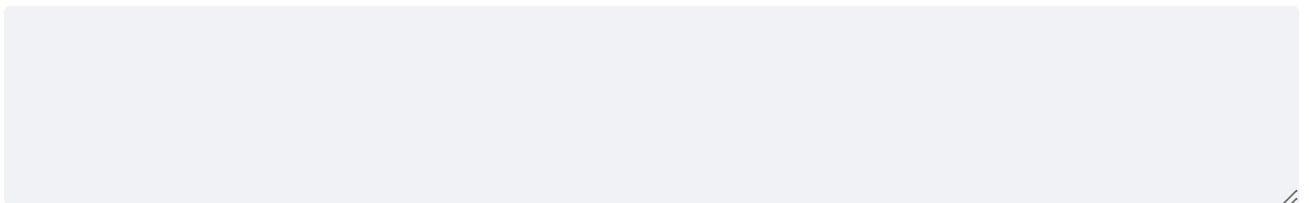
Film nawiązujący do treści materiał dotyczący regulatorów wzrostu i rozwoju roślin.

---

### Polecenie 1

### Polecenie 2

Podaj przykłady współdziałania fitohormonów.



### Polecenie 3

### Polecenie 4

Po obejrzeniu filmu uzupełnij mapę myśli, przypisując poszczególnym fitohormonom właściwe funkcje.

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

|             |                                                                                     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Ćwiczenie 1 |  |
| Ćwiczenie 2 |  |
| Ćwiczenie 3 |  |

## Ćwiczenie 4



Poniżej przedstawiono wyniki pewnego doświadczenia. W próbie „A” sadzonki były wstawione do wody wodociągowej, w próbie „B” – umieszczono je w wodzie wodociągowej z dodatkiem auksyn.



Próba A – sadzonki z wody wodociągowej, próba B – sadzonki z wody wodociągowej z dodatkiem auksyn.

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

**Wskaż poprawnie sformułowany problem badawczy opisanego doświadczenia.**

- Badanie wpływu auksyn na ukorzenianie sadzonek roślin.
- Wpływ auksyn na ukorzenianie sadzonek roślin.
- Czy stężenie auksyn ma wpływ na ukorzenienie sadzonek roślin?

**Wskaż prawidłowy wniosek opisanego doświadczenia.**

- Auksyny nie mają wpływu na ukorzenienie roślin.
- Auksyny hamują ukorzenienie roślin.
- Sadzonki umieszczone w wodzie z dodatkiem auksyn ukorzeniły się lepiej niż sadzonki umieszczone w wodzie wodociągowej.
- Auksyny stymulują ukorzenianie sadzonek roślin.

## Ćwiczenie 5



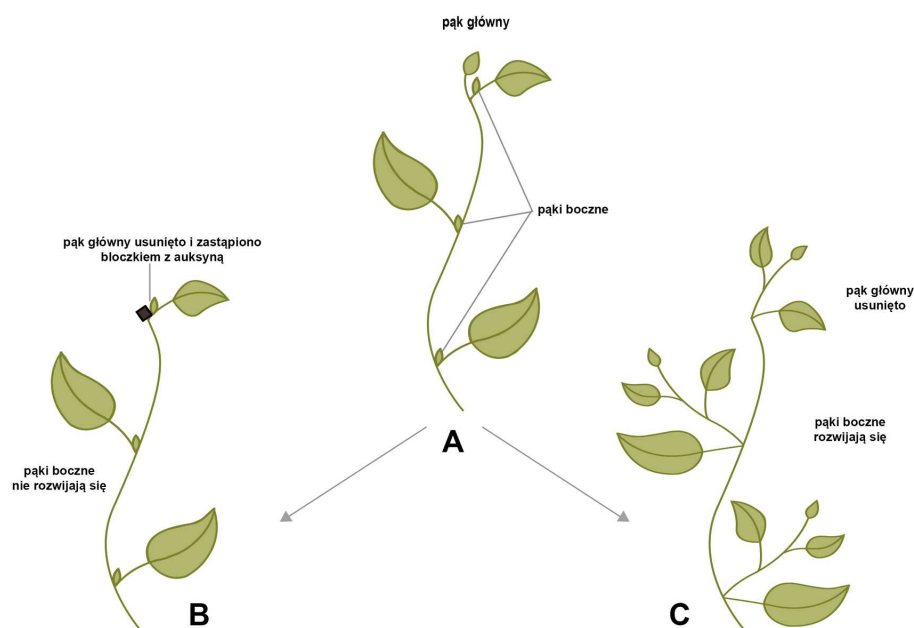
## Ćwiczenie 6



## Ćwiczenie 7



Rysunek przedstawia przebieg doświadczenia, w którym badano wpływ auksyn na przyrost pędów bocznych pewnej rośliny. Na podstawie przedstawionych informacji sformułuj wniosek wynikający z przeprowadzonego doświadczenia.



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

## Ćwiczenie 8



Na podstawie rysunku zamieszczonego w ćwiczeniu 7 i własnej wiedzy wyjaśnij, dlaczego dobrym sposobem na rozkrzewienie rośliny jest pozbawienie jej pąku głównego (przycinanie).

---

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Regulatory wzrostu i rozwoju roślin

**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:

5) określa rolę auksyn, giberelin, cytokinin, kwasu abscysynowego i etylenu w procesach wzrostu i rozwoju roślin; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące wpływ etylenu na proces dojrzewania owoców;

**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 hormonów roślinnych (fitohormonów).
- Wyjaśnisz, w jaki sposób fitohormony oddziałują na rośliny.
- Wskażesz przykłady fitohormonów naturalnych i sztucznych.

**Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

**Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- dyskusja;
- ćwiczenia interaktywne;
- obserwacja.

## 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. Uczniowie zapoznają się z treściami w sekcji „Przeczytaj”.
2. Nauczyciel przygotowuje cztery stanowiska pracy. Na każdym stanowisku umieszcza „skrzynkę odkryć”, w której znajdują się:
  - stanowisko 1 – wydruki fotografii: np. słonecznik skierowany do słońca; kiełkujące nasiona;
  - stanowisko 2 – wydruki fotografii: np. storczyk z pędami bocznymi; dojrzały owoc;
  - stanowisko 3 – wydruki fotografii: opadający liść; roślina w warunkach suszy;
  - stanowisko 4 – wydruki fotografii: pąk zimą; roślina z korzeniami przybyszowymi/bocznymi.

## Przebieg lekcji

### Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla temat i cele lekcji zawarte w sekcji „Wprowadzenie”.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Prowadzący prosi uczniów, aby zastanowili się przez chwilę i zgłaszali swoje propozycje pytań do wspomnianego tematu. Jedna osoba może zapisywać je na tablicy. Gdy uczniowie wyczerpią pomysły, a pozostały jakieś ważne kwestie do poruszenia, nauczyciel je dopowiada.

### Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla film pt. „Regulatory wzrostu i rozwoju roślin”. Uczniowie odpowiadają na pytania zapisane na tablicy w fazie wstępnej lekcji. Definiują pojęcie fitohormonów.
2. Uczniowie samodzielnie wykonują polecenie nr 4: na mapie myśli przypisują poszczególnym hormonom roślinnym właściwe funkcje.
3. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy i wyjaśnia zasady pracy: w „skrzynkach odkryć” umieszczonych na każdym stanowisku (od 1 do 4) znajdują się zdjęcia przedstawiające efekt działania hormonów roślinnych. Każda grupa powinna podejść

do swojego stanowiska pracy i stworzyć notatkę na temat związków, które mają wpływ na przedstawione na ilustracji procesy. Następnie grupy przenoszą się na kolejne stanowiska. Czas pracy przy każdym stanowisku nie może przekroczyć 5 min.

Nauczyciel kontroluje pracę grup, wyjaśnia ewentualne wątpliwości.

4. Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 oraz ćwiczenie nr 8 z sekcji „Sprawdź się”. Wskazana para omawia na forum klasy doświadczenie, do którego odnoszą się oba ćwiczenia, przedstawia sformułowane przez siebie wnioski oraz wyjaśnia, dlaczego dobrym sposobem na rozkrzewienie rośliny jest pozbawienie jej pąku głównego (przycinanie). Jeśli rozumowanie uczniów nie jest prawidłowe, nauczyciel naprowadza ich na właściwe rozwiązanie, tłumaczy ewentualne wątpliwości.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel wspólnie z uczniami omawia znaczenie fitohormonów oraz zastosowanie syntetycznych regulatorów wzrostu – retardantów i morfaktyn – w rolnictwie.
2. Nauczyciel omawia przebieg zajęć, wskazuje mocne i słabe strony pracy uczniów, udzielając im tym samym informacji zwrotnej.

### **Praca domowa:**

1. Wyobraź sobie, że masz okazję przeprowadzić wywiad z naukowcem – specjalistą w dziedzinie, której dotyczy e-materiał. Sformułuj pytania, które chciałbyś mu zadać.
2. Wykonaj ćwiczenia od 2 do 6. Przygotuj uzasadnienia rozwiązań.

### **Materiały pomocnicze:**

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu:**

Uczniowie mogą wykorzystać film jako inspirację do przygotowania prezentacji multimedialnej, którą przedstawią w trakcie zajęć.