

Przemiana pokoleń paprotników jednako- i różnozarodnikowych

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



Przemiana pokoleń paprotników jednako- i różnozarodnikowych

Wietlica samicza (*Athyrium filix-femina*).

Źródło: WikimediaCommons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Paprotniki to pierwsze rośliny, w których cyklu życiowym dominuje sporofit. Diploidalny gametofit jest zazwyczaj zredukowany do małej, nietrwałej formy. Wyjątkiem od tej reguły są widłaki, których przedrośle żyje kilka lat.

Twoje cele

- Przedstawisz sposoby bezpłciowego rozmnażania się paprotników.
- Scharakteryzujesz przemianę pokoleń paprotników.
- Wskażesz różnice pomiędzy cyklem paprotników jednako- i różnozarodnikowych.

Przeczytaj

Większość paprotników to **paprotniki jednakozarodnikowe**, u których występuje jeden rodzaj zarodników. Wyrastają z nich obupłciowe przedrośla. U skrzypów przedrośla są rozdzielнопłciowe.

Istnieją też **paprotniki różnozarodnikowe**, u których możemy zaobserwować wyraźne zróżnicowanie morfologiczne zarodników. Jedne zarodniki są drobne i liczne (**mikrospory**), inne natomiast są zdecydowanie większe i produkowane w mniejszej ilości (**makrospory**). Może również powstawać tylko jedna makrospora w zarodni. Te mniejsze zarodniki powstają w mikrosporangiach, natomiast duże – w makrosporangiach, które są osadzone odpowiednio na mikrosporofilach i makrosporofilach. Z mikrospory powstaje zredukowane, niewielkie przedrośle męskie, a z makrospory – nieco większe przedrośle żeńskie.

Prześledzimy przemianę pokoleń paproci jednakozarodnikowych i różnozarodnikowych na wybranych przykładach.

Przemiana pokoleń paprotników jednakozarodnikowych

Widłak goździsty (*Lycopodium clavatum*)

- Powstające po podziale mejotycznym **zarodniki** (mejospory) są identyczne morfologicznie i fizjologicznie. Przez ok. 7 lat kiełkują w jednopienny, bulwiasty gametofit. **Gametofit** jest bezzieleniowy, heterotroficzny i do rozwoju potrzebuje **mikoryzy** z grzybami. Na szczycie zawiera **rodnie** i **plemnie**.
- **W obecności wody** uwiciony plemnik dostaje się do rodni zawierającej jedną komórkę jajową.
- Z zygoty wyrasta łodyżka **sporofitu**, jego szczyt rozdziela się dychotomicznie i powstają na nim dwa **kłosa zarodnionośne (sporofilostany)** składające się z sporofili (liści zarodnionośnych). U nasady każdego sporofila znajduje się zarodnia (sporangium), w której powstają zarodniki.
- Cały cykl rozwojowy trwa ok 25 lat.



Widłak goździsty (*Lycopodium clavatum* L.).

Źródło: Jason Hollinger, licencja: CC BY 2.0.

Skrzyp polny (*Equisetum arvense*)

- U niektórych skrzypów, np. u skrzypu polnego, powstają dwa rodzaje pędów: **wiosenne** i **letnie**. Pęd letni jest **pędem płonnym** (asymilacyjnym) i żyje dłużej niż pęd wiosenny, który jest **pędem zarodnionośnym**. W komórkach pędu letniego zawarty jest **chlorofil**, dzięki któremu przeprowadzana jest fotosynteza. Powstające produkty fotosyntezy są magazynowane w bulwkach przybyszowych podziemnego kłącza. Materiały zapasowe są wykorzystywane przez powstający po zimie pęd wiosenny. Jest on strukturą bezzieleniową, a jego funkcją jest wytworzenie zarodników.
- Na szczycie pędu wiosennego znajduje się kłos zarodnionośny (przypominający szyszkę **sporofilostan**) zbudowany z tarczkwatych sporofili, na których znajdują się sporangia i w których powstają **zarodniki**. Zarodniki skrzypu są morfologicznie identyczne, ale zróżnicowane fizjologicznie i kiełkują w dwupienne przedrośla, które są małe, płatkowate i zielone (samożywne).
- Każdy zarodnik zaopatrzony jest w cztery **sprężyce**. W warunkach wilgotnych skręcają się, oplatając sporę, natomiast podczas wysychania i dojrzewania zarodnika rozprostowują się. Dzięki temu zarodniki przy rozsiewaniu przez wiatr łączą się w grupy, co zwiększa szanse na zapłodnienie komórki jajowej. Do zapłodnienia dochodzi **w środowisku wodnym**. Zaopatrzony w wici plemnik opuszcza gametofit męski i przedostaje się do **rodni**.

- Z zygoty powstaje młodociany **sporofit**. Dojrzały sporofit ma podziemnie kłącze i wznoszący się ponad grunt pęd letni, który obumiera późną jesienią.



Skrzyp polny (*Equisetum arvense*).

Źródło: licencja: CC BY-SA 3.0.

Nerecznica samcza (*Dryopteris filix-mas*)

- Kiełkujący haploidalny **zarodnik** daje początek płatowatemu przedrośłu w kształcie serca. Od spodniej strony jest ono zaopatrzone w przytwierdzające je do podłoża chwytniki. Woda i sole mineralne pobierane są całą powierzchnią **gametofitu**.
- Na górnej powierzchni gametofitu znajdują się **rodnie** i **plemnie**. Butelkowate rodnie zawierają komórkę jajową. Plemniki dostają się do niej przez otwartą od góry szyjkę. **Do zapłodnienia dochodzi w obecności wody.**
- Z zygoty powstaje młodociany **sporofit**. Początkowo odżywia się on kosztem gametofitu, a kiedy wytworzy liście fotosyntetyzujące, gametofit obumiera. Latem na spodniej stronie części liści powstają kupki zarodni otoczone zawijkami. Po dojrzeniu zarodników zawijka obkurcza się, odsłaniając kuliste zarodnie. Mają one półpierzścień z komórek o silnie zgrubiałych ścianach.
- Przy niskiej wilgotności powietrza komórki półpierzścienia przesychają, wyginają się i rozrywają zarodnię, uwalniając zarodniki.



Kupki zarodni na spodniej stronie pędu nerecznicy samczej (*Dryopteris filix-mas*).

Źródło: Frank Vincentz, licencja: CC BY-SA 3.0.

Przemiana pokoleń paprotników różnozarodnikowych

Salwinia pływająca (*Salvinia natans*)

- Dojrzały **sporofit** charakteryzuje się **heterofilią**, występują na nim różnie ukształtowane liście. Jeden, znajdujący się pod powierzchnią wody, ma wydłużoną, nitkowatą postać, a dwa liście znajdujące się nad powierzchnią wody mają owalne, płaskie blaszki. Podwodny liść wytwarza kupki zarodni składające się z mikro- lub makrosporangiów. W zarodniach po podziale mejotycznym powstają mikrospory lub makrospory. Salwinia należy do jednej z trzech rodzin wodnych paproci różnozarodnikowych, które wytwarzają tzw. **sporokarpia**. U tego gatunku są one umieszczone u nasady liścia podwodnego, mają kulisty kształt i są zbudowane z dwóch warstw komórek rozdzielonych komorami powietrznymi.
- Wiosną z mikrospor powstają przedrośla męskie, a z makrospor – przedrośla żeńskie. **Gametofit** męski jest zbudowany z zaledwie kilku komórek przekształcających się w osiem zaopatrzonych w wici plemników, a gametofit żeński wytwarza **rodnie** z komórkami jajowymi.
- Gametofit męski jest nietrwały, żeński zawiera substancje zapasowe, dzięki którym po zapłodnieniu wzrasta młody sporofit.



Salwinia pływająca (*Salvinia natans*).

Źródło: domena publiczna.

Widliczka ostrozębna (*Selaginella selaginoides*)

- Na szczytach rozgałęziających się dychotomicznie pędów widliczki znajdują się kłosa zarodnionośne (sporofilostany). Składają się z leżących w dolnej części makrosporofili z makrosporangiami oraz ze znajdujących się w szczytowej części kłosa mikrosporofili z mikrosporangiami.
- Po podziale mejotycznym w makrosporangiach powstają cztery **makrospory**. W mikrosporangiach po podziale mejotycznym i następujących po nim podziałach mitotycznych powstaje dużo **mikrospor**. Mikrospory kiełkują w niewielkie, kilkukomórkowe przedrośla męskie, a makrospory – w przedrośla żeńskie.
- Zaopatrzone w dwie wici plemniki, **w kropli deszczu lub rosy**, przepływają do rodni. Po zapłodnieniu komórki jajowej powstaje zygota przekształcająca się w młodociany **sporofit**.
- **Gametofit** żeński z rozwijającym się sporofitem wypada na ziemię, przedrośle obumiera, a sporofit wytwarza chwytники i wzrasta.



Widliczka ostrozębna (*Selaginella selaginoides*).

Źródło: Jerzy Opióła, licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

heterofilia (różnolistność)

zróżnicowanie kształtu dojrzałych liści

makrospora

typ zarodnika, z którego powstaje gametofit żeński (przedrośle żeńskie)

mikoryza

(gr. *mýkēs* – grzyb, *rhíza* – korzeń) zjawisko symbiotycznego, niepasżytniczego, a rzadziej słabo pasżytniczego współżycia grzybów z organami podziemnymi roślin (korzeniami; chwytnikami u widłakowych i psylotowych); występuje powszechnie, obejmując ok. 85% gatunków roślin wyższych na całym świecie

mikrospora

rodzaj zarodnika, z którego powstaje gametofit męski (przedrośle męskie)

pęd płonny

pęd, na którym nie występują organy rozrodcze i nie są wytwarzane zarodniki; pełni funkcję asymilacyjną – wytwarza w drodze fotosyntezy substancje organiczne niezbędne do rozwoju i wzrostu rośliny

pęd zarodnionośny

pęd, na którym występują zarodnie wytwarzające zarodniki; najczęściej jest pozbawiony chlorofilu i nie przeprowadza fotosyntezy, a składniki odżywcze czerpie z innych fragmentów rośliny

plemnia

męski organ rozmnażania u mszaków, paprotników i niektórych innych roślin produkujący plemniki

rodnia

żeński organ rozmnażania u mszaków, paprotników i niektórych innych roślin produkujący komórki jajowe

sprężyce (haptery)

taśmowate wyrostki ściany zarodnika skrzypów, reagujące na zmiany wilgotności powietrza; w suchym powietrzu rozkręcają się, a w wilgotnym skręcają wokół zarodnika, ułatwiając rozsiewanie zarodników

sporokarpium

struktura osłaniająca kupki zarodni i ułatwiająca rozsiewanie zarodników; występuje u niektórych paproci wodnych

zarodnik

komórka służąca do bezpłciowego rozmnażania się niektórych roślin, protistów (np. brunatnic) i grzybów

Grafika interaktywna

Przemiana pokoleń u paprotników jednakozarodnikowych.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o. na podstawie: Neil Campbell i in., *Biologia*, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2019., licencja: CC BY-SA 3.0.

Przemiana pokoleń u paprotników różnozarodnikowych.

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

Polecenie 1

Zastanów się, czy u paprotników jednakozarodnikowych występuje izomorficzna czy heteromorficzna przemiana pokoleń. Odpowiedź uzasadnij.

Polecenie 2

Wskaż dwa podobieństwa i dwie różnice w przemianie pokoleń paprotników jednako- i różnozarodnikowych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uczniowie analizowali różnorodność genetyczną gametofitów paprotników jednazarodnikowych i różnazarodnikowych. W ramach podsumowania dyskusji uczniowie A, B i C wygłosili następujące stwierdzenia:

A – wszystkie gametofity powstałe w danym cyklu rozrodczym, zarówno u paprotników jedno-, jak i różnazarodnikowych, mają identyczne genotypy. Wynika to z faktu, że wszystkie te zarodniki powstały w wyniku mitozy.

B – moim zdaniem gametofity powstałe z zarodników paprotników różnazarodnikowych charakteryzują się większą różnorodnością genetyczną od tych wyrosłych z nieodróżnionych zarodników. Wynika to z faktu, że makrospory i mikrospory należą do mejospor, a zarodniki paprotników jednazarodnikowych są mitosporami.

C – zarodniki paprotników jedno- i różnazarodnikowych są mejosporami. Gametofity wyrosłe z makrospor i mikrospor wykazują różnorodność genetyczną, ale nie większą niż gametofity paprotników jednazarodnikowych.

Który z uczniów ma rację?

☐ B

☐ C

☐ A

Ćwiczenie 2



Połącz strukturę paprotnika z jej opisem.

makrosporofil – liść zarodnionośny

To na nim znajdują się zarodnie

makrosporangium – zarodnia

Dochodzi w nim do podziału
meiotycznego

sporofilostan

Kłosa zbudowany z liści sporofilnych



Źródło: Kempf Ek, wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Powyższe zdjęcie pochodzi z mikroskopu skaningowego i przedstawia makrosporę paproci wodnej z rodzaju *Azolla*. Paproć ta wchodzi w symbiozę z bakteriami z rodzaju *Anabeana*, potrafiącymi asymilować azot atmosferyczny do postaci przyswajalnej przez rośliny. Na polach ryżowych uprawia się paprocie z rodzaju *Azolla* jako przedplon.

Uzupełnij poniższy tekst, tak aby zawierał tylko prawdziwe informacje dotyczące paproci z rodzaju *Azolla*. W każdej ramce zaznacz właściwe określenie.

Paprocie z rodzaju *Azolla* należą do paprotników jednakozarodnikowychchróznazarodnikowych. W związku z tym mają przedrośla jednopiennedwupienne. Ta cecha gametofitów *Azolla* nie jest problemem w środowisku wodnym, jednak w środowisku lądowym może być ograniczeniem ze względu na konieczność obecności wody w procesie zapłodnieniazapyleńia. *Azolla* używana jest w uprawach jako przedplon ze względu na wysoką zawartość proteinwęglowodanów.

Ćwiczenie 4



Spośród podanych zaznacz 2 cechy, które odróżniają przemianę pokoleń paprotników różnozarodnikowych od jednakozarodnikowych.

☐

Rodnie i plemnice występują w przypadku paprotników różnozarodnikowych na jednym przedroślu, w przeciwieństwie do paprotników jednakozarodnikowych, które są jednopienne.

☐

Paprotniki różnozarodnikowe wytwarzają dwa rodzaje zarodników, w przeciwieństwie do paprotników jednakozarodnikowych.

☐

Mejoza zachodzi w cyklu życiowym paprotników różnozarodnikowych przed wytworzeniem zarodników, a u paprotników jednakozarodnikowych poprzedza wytworzenie gametofitu.

☐

Zarodniki paprotników jednakozarodnikowych, choć różnią się od siebie fizjologicznie, to morfologicznie są identyczne. Makrospory i mikrospory wykazują różnice w obu tych aspektach.

Ćwiczenie 5



Uporządkuj poszczególne fazy cyklu rozwojowego widliczki ostrożeńnej (*Selaginella selaginoides*).

Wytworzenie makrospory w makrosporangium i mikrospory w mikrosporangium



Mikrospora wpada do makrosporangium



Wzrost młodego sporofitu widliczki



Kiełkowanie makrospory w przedrośle żeńskie i mikrospory w przedrośle męskie

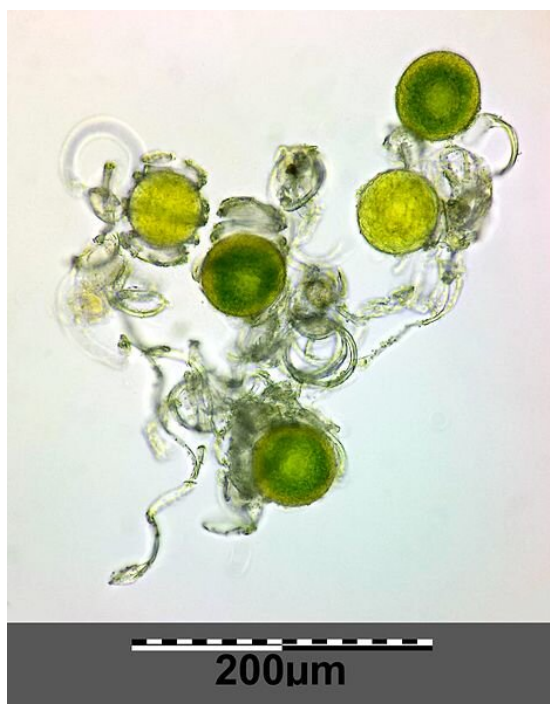


W plemniach i rodnich powstają gamety



Zapłodnienie





Źródło: Stefan Iefnaer, wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 4.0.

Powyższe zdjęcie przedstawia niezróżnicowane morfologicznie zarodniki skrzypu polnego (*Equisetum arvense*). Jednak różnią się one fizjologicznie. Oznacza to, że z jednych wyrasta gametofit męski, a z innych żeński. Dwupienność skrzypu polnego następuje jednak z trudnością w przemieszczaniu się plemnika do rodni.

Na podstawie tekstu i własnej wiedzy oceń poprawność poniższych zdań dotyczących (widocznych na zdjęciu) wydłużonych struktur – sprężyc.

	Prawda	Fałsz
Sprężycy służą do przyczepiania zarodników do sierści zwierząt, które roznoszą spory skrzypu.	☐	☐
Sprężycy mają za zadanie utrzymywanie zarodników w bliskości, co zwiększa szanse na wyrośnięcie gametofitu męskiego w pobliżu żeńskiego.	☐	☐
Sprężycy są wypustkami ściany komórkowej zarodnika.	☐	☐

Poniższe zdjęcie przedstawia pędy wiosenne skrzypu polnego (*Equisetum arvense*). Powstają one wczesną wiosną i dość szybko obumierają. Ten rodzaj pędu występuje także u większości gatunków skrzypów rosnących w naszej strefie klimatycznej.



Źródło: F. Lamiot, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 2.5.

Opisz funkcję pędu wiosennego skrzypów.



Poniższe zdjęcie przedstawia pęd skrzypu – jest to skrzyp olbrzymi (*Equisetum telmateia*), rzadko występujący w Polsce. Zielone pędy tego skrzypu nazywane są płożnymi lub letnimi, a na ich kłęczach znajdują się wypełnione substancjami zapasowymi bulwki przybyszowe. Pędy letnie żyją znacznie dłużej niż bezzieleniowe pędy wiosenne.



Źródło: Eugene Zelenko, wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 4.0.

Wyjaśnij, jaki jest związek pomiędzy dużą zieloną powierzchnią pędu letniego a funkcją pędu wiosennego.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Przemiana pokoleń paprotników jednako- i różnozarodnikowych

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IX. Różnorodność roślin.

5. Rozmnażanie i rozprzestrzenianie się roślin. Uczeń:

- 1) wykazuje, porównując na podstawie schematów, przemianę pokoleń mchów, paprociowych, widłakowych, skrzypowych, nagonasiennych i okrytonasiennych, stopniową redukcję gametofitu;
- 2) przedstawia sposoby bezpłciowego rozmnażania się roślin;

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):

- Przedstawisz sposoby bezpłciowego rozmnażania się paprotników.
- Scharakteryzujesz przemianę pokoleń paprotników.
- Wskażesz różnice pomiędzy cyklem paprotników jednako- i różnozarodnikowych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza grafiki interaktywnej;
- gra dydaktyczna;

- mapa pojęć.

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 „Przemiana pokoleń paprotników jednako- i różnozarodnikowych”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i wykonanie ćwiczenia nr 1 w 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. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel wyświetla grafiki interaktywne zawarte w e-materiale i prosi wybranego ucznia o omówienie przedstawionych procesów. Następnie prosi uczniów, by w parach wskazali dwa podobieństwa i dwie różnice w przemianie pokoleń paprotników jednako- i różnozarodnikowych.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Grafika interaktywna”).** Uczniowie dzielą się na zespoły i na podstawie przeczytanego tekstu oraz informacji zawartych w medium w sekcji „Grafika interaktywna” układają pytania quizowe dla innych grup. 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 ogłasza zwycięską drużynę.
2. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 2 do 6 z sekcji „Sprawdź się”, od

najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

Faza podsumowująca:

1. Klasa wspólnie wykonuje mapę pojęć podsumowującą zajęcia.
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 nr 7 i 8 z sekcji „Sprawdź się”.

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.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie mogą wykorzystać multimedium z sekcji „Grafika interaktywna” w celu przygotowania się do lekcji powtórkowej.