

Szczegółowy spis treści – Tom 2

CZĘŚĆ PIĄTA Procesy i modele ewolucji

19 Proces ewolucji 435

► Badając ŻYCIE

Ewolucyjny wyścig zbrojeń między nietoperzami i ćmami 435

19.1 Ewolucja jest zarówno faktem, jak i podstawą szerszej teorii 436

Skoro możemy bezpośrednio obserwować ewolucję, dlaczego mówimy o „teorii ewolucji”? 436

Darwin i Wallace wprowadzili ideę ewolucji na drodze doboru naturalnego 436

19.2 Mutacja, dobór naturalny, przepływ genów, dryf genetyczny i niesosowe kojarzenie prowadzą do ewolucji 438

Mutacja wytwarza zmienność genetyczną 439

Dobór działający na zmienność genetyczną prowadzi do powstawania nowych fenotypów 440

Dobór naturalny zwiększa częstość korzystnych mutacji w populacjach 440

Przepływ genów może zmienić częstość alleli 441

Dryf genetyczny może powodować duże zmiany w małych populacjach 441

► Badając ŻYCIE Czy długie wyrostki skrzydeł pomagają ćmom uniknąć drapieżnictwa ze strony nietoperzy? 442

Eksperyment 442

Praca z danymi 443

Nielosowe kojarzenie może zmniejszać częstości genotypów lub alleli 443

Eksperyment Dobór płciowy w akcji 444

19.3 Ewolucja może być mierzona zmianami częstości alleli 445

Strukturę genetyczną populacji można opisać częstością alleli i genotypów 445

Narzędzia badawcze Obliczanie częstości alleli i genotypów 445

Ewolucja nie będzie zachodzić dopóki będą istnieć czynniki ograniczające 446

Odchylenia od równowagi Hardy'ego-Weinberga pokazują, że zachodzi ewolucja 447

19.4 Dobór naturalny może być stabilizujący, kierunkowy lub rozrywający 447

Dobór stabilizujący zmniejsza zmienność w populacjach 448

Dobór kierunkowy faworyzuje jedną skrajność 448

Dobór rozrywający faworyzuje skrajności wyraźnie odstające od średniej 449

19.5 Dobór naturalny może utrzymywać zmienność wewnątrz- i międzypopulacyjną 450

Dobór zależny od częstości utrzymuje zmienność genetyczną 450

Przewaga heterozygot (nad dominacją) utrzymuje polimorfizm 450

Zmienność genetyczna w obrębie gatunku jest utrzymywana w geograficznie odrębnych populacjach 451

Eksperyment Przewaga heterozygot (naddominacja) nad homozygotami 451

Praca z danymi Przewaga heterozygot nad homozygotami 452

19.6 Ewolucja jest ograniczona przeszłością i kompromisami 453

Istniejące wcześniej cechy mogą ograniczać ewolucję 453

Kompromisy ewolucyjne równoważą koszty i korzyści 453

Różnice między krótko- i długoterminowymi efektami działania ewolucji 455

20

Rekonstrukcja i korzystanie z filogenezy 459

► Badając ŻYCIE

Wykorzystanie filogenezy do śledzenia globalnej pandemii 459

20.1 Życie na Ziemi jest połączone wspólną historią ewolucyjną 460

Drzewa filogenetyczne przedstawiają ewolucyjne powiązania między poszczególnymi liniami rozwojowymi 460

Drzewa filogenetyczne są podstawą biologii porównawczej 461

Cechy pochodne dostarczają dowodów na zależności ewolucyjne 462

20.2 Filogenezę można zrekonstruować na podstawie cech organizmów 463

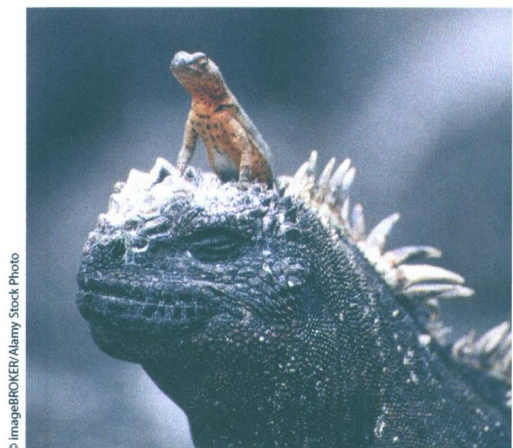
Wspólne cechy odzwierciedlają wspólne pochodzenie 463

Parsymonia zapewnia najprostsze wyjaśnienie dla danych filogenetycznych 464

Filogenezy są rekonstruowane na podstawie wielu danych źródłowych 465

Modele matematyczne rozszerzają zakres rekonstrukcji filogenetycznej 466

Możliwe jest przetestowanie dokładności metod filogenetycznych 466



© ImageBROKER/Alamy Stock Photo

► **Badając ŻYCIE** Testowanie dokładności analizy filogenetycznej 467

Eksperyment 467
Praca z danymi 467

20.3 Filogeneza czyni biologię nauką porównawczą i predykcją 468

Drzewa filogenetyczne mogą być wykorzystywane do rekonstrukcji przeszłych wydarzeń 469

Filogenezy pozwalają nam porównywać żywe organizmy 469

Filogenezy mogą ujawnić ewolucję zbieżną 470

Cechy przodków można zrekonstruować 470

Zegary molekularne pomagają datować wydarzenia ewolucyjne 471

20.4 Filogeneza jest podstawą klasyfikacji biologicznej 473

Klasyfikacja Linneusza opiera się na standardowych rangach taksonów 473

Historia ewolucji jest podstawą współczesnej klasyfikacji biologicznej 474

Stosowanie nazw naukowych reguluje kilka kodeksów nomenklatury biologicznej 474

21 Ewolucja genów i genomów 479

► **Badając ŻYCIE**

Teoria ewolucji pomaga tworzyć lepsze szczepionki przeciw grypie 479

21.1 Sekwencje DNA stanowią zapis historii ewolucji genów 480

Ewolucja wynika ze zmian w sekwencjach, lokalizacji i ekspresji genów 480

Ewolucja genomów prowadzi do różnorodności biologicznej 480

Geny i białka są porównywane poprzez dopasowanie sekwencji 480

Narzędzia badawcze Dopasowanie sekwencji aminokwasów 481

Modele ewolucji sekwencji są używane do obliczania dywergencji ewolucyjnej 481

Badania eksperymentalne pokazują wprost ewolucję molekularną 483

21.2 W genomach zapisane są zarówno neutralne, jak i selektywne procesy ewolucji 484

Znaczna część ewolucji molekularnej jest neutralna 484

W genomie można wykryć działanie doboru pozytywnego i oczyszczającego 486

Eksperyment Zbieżna ewolucja molekularna 487

Praca z danymi Zbieżna ewolucja molekularna 487

21.3 Zmiany w wielkości i strukturze genomów mogą skutkować nowymi cechami 488

Rozmiary genomów poszczególnych organizmów różnią się od siebie o rzędy wielkości 488

Rozmnażanie płciowe powoduje rekombinację genomów 490

Horyzontalny (poziomy) transfer genów może prowadzić do uzyskania nowych funkcji 490

W następstwie duplikacji pojawia się wiele nowych funkcji genu 491

Niektóre rodziny genów ewoluują na drodze ewolucji zespołowej 492

21.4 Zmiany w ekspresji genów często kształtują ewolucję 494

Kaskada czynników transkrypcyjnych ustala segmentację ciała u zwierząt 494

Wspólny „zestaw narzędzi” genetycznych kontroluje ekspresję genów podczas rozwoju 496

Ilość, czas i lokalizacja ekspresji genów kontrolują wiele cech morfologicznych 497

Mutacje w genach rozwojowych mogą powodować duże zmiany morfologiczne 499

21.5 Ewolucja molekularna ma wiele zastosowań praktycznych 500

Znane sekwencje są wykorzystywane do określenia historii ewolucji genów 500

Ewolucja genów jest wykorzystywana do badania funkcji białek 501

Ewolucja w warunkach in vitro jest wykorzystywana do produkcji nowych cząsteczek 501

Ewolucja molekularna jest wykorzystywana do badania i zwalczania chorób 502

► **Badając ŻYCIE** Dlaczego pandemia grypy w latach 1918–1919 była tak poważna? 503

Eksperyment 503
Praca z danymi 503

22 Specjacja 509

► **Badając ŻYCIE**

Szybka specjacja u afrykańskich pielęgnic 509

22.1 Gatunki są rozrodczo izolowanymi liniami na drzewie życia 510

Wiele gatunków możemy rozpoznać po ich wyglądzie (morfologii) 510

Izolacja rozrodcza jest kluczowym aspektem większości koncepcji gatunku 510

Definicja gatunku jako odrębnej linii ewolucyjnej uwzględnia perspektywę długoterminową 511

Różne koncepcje gatunków nie wykluczają się wzajemnie 511

22.2 Specjacja jest naturalną konsekwencją podziału populacji 512

Niezgodności między genami mogą prowadzić do izolacji rozrodczej 512

Izolacja rozrodcza nasila się wraz ze wzrostem liczby różnic genetycznych 513

22.3 Specjacja może zachodzić poprzez izolację geograficzną lub w populacjach sympatrycznych 514

Barieri fizyczne prowadzą do specjacji allopatrycznej 514

Specjacja sympatryczna zachodzi bez fizycznych barier 514

22.4 Izolacja rozrodcza ulega wzmocnieniu, gdy różniące się gatunki wchodzą ze sobą w kontakt 518

Prezygotyczne mechanizmy izolacyjne zapobiegają hybrydyzacji 518

Postzygotyczne mechanizmy izolacyjne prowadzą do selekcji przeciwko hybrydyzacji 520

► **Badając ŻYCIE** Kolor kwiatów wzmacnia izolację rozrodczą u floksów 521

Eksperyment 521

Praca z danymi 521

Strefy mieszańcowe mogą się tworzyć, kiedy izolacja rozrodcza jest niekompletna 522

22.5 Tempo specjacji bywa różne 523

Kilka czynników ekologicznych i behawioralnych wpływa na tempo specjacji 523

Szybka specjacja może prowadzić do radiacji adaptacyjnej 524

23 Historia życia na Ziemi 529

► **Badając ŻYCIE**

Kiedy gigantyczne owady rządziły niebem 529

23.1 Wydarzenia w historii Ziemi można datować 530

Warstwy geologiczne określają względny wiek skał 530

Radioizotopy umożliwiają datowanie skamieniałości i skał 530

Metody datowania radiometrycznego zostały rozszerzone i udoskonalone 531

Naukowcy wykorzystali kilka metod do stworzenia geologicznej skali czasu 531

23.2 Zmiany w środowisku fizycznym Ziemi wpłynęły na ewolucję życia 533

Kontynenty nie zawsze były tam, gdzie są dzisiaj 533

Klimat Ziemi zmieniał się od gorącego do zimnego 534

Wulkany od czasu do czasu zmieniały historię życia 535

Wydarzenia pozaziemskie wywołały zmiany na Ziemi 536

Stężenie tlenu w atmosferze ziemskiej zmieniało się w czasie 536

► **Badając ŻYCIE** Związek między stężeniem tlenu atmosferycznego a wielkością ciała owadów 538

Eksperyment 538

Praca z danymi 539

Wymieranie zachodzi w sposób ciągły, ale masowe wymierania wynikają z nagłych zmian środowiskowych 539

Eksperyment Jakie czynniki wpływają na wymieranie małych populacji? 540

Praca z danymi Jakie czynniki wpływają na wymieranie małych populacji? 540

23.3 Zapis kopalny zawiera główne wydarzenia w ewolucji życia 541

Jest kilka przyczyn znajdowania niewielkiej liczby skamieniałości 541

Organizmy prekambryjskie były małe i wodne 541

W kambrze nastąpiła eksplozja życia 542

Różnicowanie wielu grup organizmów powstałych w kambrze 546

Różnicowanie organizmów w mezozoiku na skutek rozpadu Pangei 547

Współczesne bioty ewoluowały w kenozoiku 547

Drzewo życia służy do rekonstrukcji wydarzeń ewolucyjnych 548

CZĘŚĆ SZÓSTA Różnorodność życia

24 Bakterie, archeony i wirusy 551

► **Badając ŻYCIE**

Bakterie rozświetlające morze 551

24.1 Bakterie i archeony reprezentują pierwsze rozgałęzienie na drzewie życia 552

Najwcześniejsze odgałęzienie na drzewie życia dało początek bakteriom i archeonom 552

Dwie grupy prokariotów różnią się w znaczący sposób 553

Niewielkie rozmiary prokariotów utrudniały badanie ich relacji ewolucyjnych 554

Sekwencje nukleotydowe prokariotów ujawniają ich powiązania ewolucyjne 555

Horyzontalny transfer genów może prowadzić do powstania niezgodnych drzew genowych 555

Zdecydowana większość gatunków prokariotycznych nie została jeszcze zbadana 556

24.2 Różnorodność prokariotów odzwierciedla prawdziwe początki życia 557

Dwie wczesne linie bakterii żyją w bardzo wysokich temperaturach 557

Bakterie Firmicutes obejmują jedno z najmniejszych organizmów komórkowych 558

Do promieniowców należą groźne patogeny, jak również cenne źródła antybiotyków 558

Sinice były pierwszymi organizmami fotosyntetyzującymi 559

Krętki poruszają się za pomocą włókien osiowych 559

Chlamydie to niezwykle małe pasożyty 559

Proteobakterie to duża i zróżnicowana grupa 560



Sekwencjonowanie genów umożliwiło biologom odróżnienie Archaea od Bacteria 561

Eksperyment Jaka jest najwyższa temperatura sprzyjająca życiu? 561

Praca z danymi Jaka jest najwyższa temperatura sprzyjająca życiu? 562

Archeony żyją w niezwykle zróżnicowanych środowiskach 562

24.3 Społeczności ekologiczne zależą od prokariotów 563

Wiele prokariotów tworzy złożone społeczności 564

Mikrobiomy są kluczowe dla zdrowia wielu eukariotów 564

► Badając ŻYCIE Jak bakterie komunikują się ze sobą? 565

Eksperyment 565

Tylko niewielka część bakterii jest patogenami 566

Prokarioty posiadają niezwykle zróżnicowane szlaki metaboliczne 568

Prokarioty odgrywają istotne role w obiegu pierwiastków 568

24.4 Wirusy mają wiele początków ewolucyjnych 570

Wiele wirusów RNA prawdopodobnie stanowi uwolnione elementy genomów organizmów komórkowych 570

Niektóre wirusy DNA mogą wyewoluować ze zredukowanych organizmów komórkowych 572

Wirusy mogą być wykorzystywane do zwalczania infekcji bakteryjnych 572

25 Pochodzenie i dywersyfikacja eukariotów 577

► Badając ŻYCIE

Przewidywanie toksycznych czerwonych przypraw 577

25.1 Eukarioty łączą w sobie cechy archeonów i bakterii 578

Współczesna komórka eukariotyczna powstała w kilku etapach 578

Chloroplasty były wielokrotnie przekazywane między eukariotami 579

25.2 Różnicowanie się głównych grup eukariotów miało miejsce w prekambrze 581

Alveolata mają pęcherzyki pod błonami komórkowymi 582

Stramenopile mają zazwyczaj dwie nierówne wici, jedną z włoskami 583

Eksperyment Rola wodniczek w procesie trawienia pantofelka 584

Rhizaria to protisty wytwarzające długie, cienkie nibynóżki 585

Dywersyfikacja Excavata rozpoczęła się około 1,5 miliarda lat temu 586

Amoebozoa do poruszania się używają pseudopodiów w kształcie płatków 587

25.3 Protisty rozmnażają się zarówno płciowo, jak i bezpłciowo 590

Niektóre protisty mogą rozmnażać się bezpłciowo i przeprowadzać procesy płciowe bez rozmnażania 590

Cykle życiowe niektórych protistów zachodzą z przemianą pokoleń 591

25.4 Protisty są kluczowymi składnikami wielu ekosystemów 591

Fitoplankton odpowiada za znaczną część produkcji pierwotnej 591

Niektóre mikroorganizmy eukariotyczne mogą stanowić śmiertelnie zagrożenie 591

Mikroorganizmy eukariotyczne mogą żyć w relacjach endosymbiotycznych 593

Szczątki pradawnych protistów są wszechobecne w naszym życiu 593

► Badając ŻYCIE Czy koralowce mogą odzyskać endosymbiotyczne tobołki utracone w wyniku blaknięcia? 593

Eksperyment 593

Praca z danymi 594

26 Rośliny bez nasion: z wody na ląd 599

► Badając ŻYCIE

Fotosyntetyczne paliwa przyszłości (oraz przeszłości) 599

26.1 Endosymbioza pierwotna doprowadziła do powstania pierwszych fotosyntetyzujących eukariotów 600

Praca z danymi Filogeneza roślin lądowych 601

Jednymi z pierwszych eukariotów przeprowadzających fotosyntezę było kilka odrębnych kładów glonów 601



- **Badając ŻYCIE** Czy do produkcji biopaliw z glonów z rodzaju *Chlorella* można wykorzystać wodę ściekową? 603

Eksperyment 603

Praca z danymi 603

Dwie grupy zielenic są najbliższymi krewnymi roślin lądowych 604
Istnieje dziesięć głównych grup roślin lądowych 604

26.2 Kluczowe adaptacje umożliwiły roślinom kolonizację lądu 605

Przystosowania do życia na lądzie odróżniają rośliny lądowe od zielenic 605

Cykle życiowe roślin lądowych charakteryzują się przemianą pokoleń 605

Nienaczyniowe rośliny lądowe (mszaki) żyją tam, gdzie woda jest łatwo dostępna 606

Sporofity mszaków są zależne od gametofitów 606

Wątrobowce stanowią grupę siostrzaną wobec wszystkich pozostałych roślin lądowych 608

Mechanizmy transportu wody i cukrów powstały u mszaków 608

Glewiki cechuje specyficzna morfologia chloroplastów oraz bezłodyżkowe sporofity 609

26.3 Ewolucyjny sukces roślin lądowych był możliwy dzięki tkankom przewodzącym 610

Tkanki przewodzące transportują wodę i asymilaty 610

Dywersyfikacja roślin naczyniowych uczyniła lądy bardziej przyjaznymi dla zwierząt 611

Najbliżsi krewni roślin naczyniowych byli pozbawieni korzeni 611

Widłakowe są grupą siostrzaną wszystkich pozostałych roślin naczyniowych 612

Klady skrzypowych i paprociowych to przedstawiciele monilofitów 612

Rozgałęziały się rośliny naczyniowe 613

Eksperyment Ewolucja mikrofilii była związana ze zmianami CO₂ węgla w atmosferze 615

Różnorodność po raz pierwszy pojawiła się u roślin naczyniowych 615

27 Ewolucja roślin nasiennych 619

► Badając ŻYCIE

Ocalona przed wymarciem dzięki nasionu 619

27.1 Pyłek, nasiona i drewno przyczyniły się do sukcesu roślin nasiennych 620

Cechy cyklu życiowego roślin nasiennych chronią gamety i zarodki 620

Nasiono to skomplikowany, dobrze zabezpieczony pakunek 622

Innowacje w budowie anatomicznej łodygi umożliwiły roślinom nasiennym osiągnięcie ogromnych rozmiarów 623

► Badając ŻYCIE Doświadczenie Williama J. Beala 624

Eksperyment 624

Praca z danymi 624

27.2 Kiedyś dominujące rośliny nagonasienne nadal dobrze się rozwijają w niektórych środowiskach 625

Cztery główne grupy nagonasiennych 625

Iglaste wytwarzają charakterystyczne szyszki i pozbawione wici plemniki 626

27.3 Powstanie kwiatów i owoców umożliwiło radiację ewolucyjną okrytonasiennych 628

Synapomorfie okrytonasiennych 628

Kwiaty to struktury rozmnażania okrytonasiennych 629

Ewolucja morfologiczna kwiatów 629

Okrytonasienne koewoluowały ze zwierzętami 631

Eksperyment Retrakcja znamienia w kwiatkach kroplików 631

Zygota okrytonasiennych odżywiana jest przez triploidalne bielmo wtórne 632

Owoce ułatwiają okrytonasiennym rozsiewanie nasion 632

Współczesny obraz filogenezy okrytonasiennych 633

27.4 Rośliny są kluczowym składnikiem ekosystemów lądowych 637

Rośliny od starożytności są źródłem substancji leczniczych 637

Rośliny nasienne są dla nas głównym źródłem pożywienia 637

28 Ewolucja i różnorodność grzybów 641

► Badając ŻYCIE

Przypadkowe odkrycie antybiotyków 641

28.1 Grzyby trawią pokarm poza swoim ciałem 642

Drożdże to jednokomórkowe, wolno żyjące grzyby 642

Wielokomórkowe grzyby pobierają substancje odżywcze dzięki strzępkom 642

Grzyby żyją w ścisłym związku z otaczającym je środowiskiem 643

28.2 Grzyby to reducenty, pasożyty, drapieżniki i mutualiści 644

Grzyby saprotroficzne odgrywają kluczową rolę w obiegu węgla w przyrodzie 644

Niektóre grzyby to drapieżniki i organizmy pasożytnicze 645

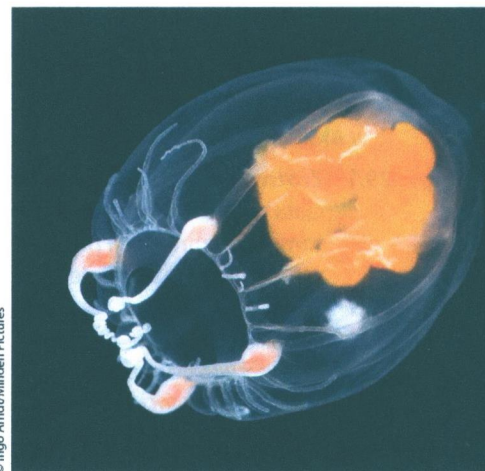
Grzyby mutualistyczne wchodzą w relacje, z których korzyści czerpią ich obydwie strony 646

Grzyby endofityczne chronią niektóre rośliny przed patogenami, roślinożercami i stresem środowiskowym 648

28.3 Rozmnażanie grzybów przebiega z udziałem wielu typów płciowych 648

Grzyby rozmnażają się zarówno płciowo, jak i bezpłciowo 649

Mikrosporydia to prawdopodobnie silnie zredukowane, pasożytnicze grzyby 650



Pływające to w większości organizmy wodne 650

W cyklu życiowym większości grzybów plazmogamia i kariogamia są rozdzielone czasowo 651

Kłębiakowe żyją w relacjach symbiotycznych z roślinami 651

Obecność dikariofazy w cyklu życiowym to synapomorfia workowców i podstawczaków 653

Worki to struktury rozmnażania płciowego u Ascomycota 653

Basidiomycota rozmnażają się płciowo wytwarzając podstawki 655

28.4 Grzyby mają wiele praktycznych zastosowań 656

Grzyby odgrywają ważną rolę przy produkcji żywności i napojów 656

Grzyby stanowią ważną broń w walce z chorobami i szkodnikami 657

Różnorodność i liczebność porostów są wskaźnikami jakości powietrza 658

Grzyby rejestrują i pomagają w naprawie zanieczyszczeń środowiska 658

Przyszłość lasów zależy od grzybów mykoryzowych 658

► Badając ŻYCIE Grzyby w badaniach nad zanieczyszczeniami środowiska 658

Eksperyment 658

Praca z danymi 659

Grzyby jako organizmy modelowe w badaniach laboratoryjnych 659

29

Pochodzenie zwierząt i ewolucja planów budowy ciała 663

► Badając ŻYCIE

Tajemnicze zwierzę odkryte w akwarium 663

29.1 Zróżnicowane plany budowy ciała umożliwiają zwierzętom poruszanie się i pobieranie pokarmu na wiele sposobów 664

Monofiletyczność zwierząt jest wspierana przez sekwencje genów i budowę komórkową 665

Główne grupy zwierząt różnią się podstawowymi wzorcami rozwojowymi 666

Eksperyment Co sprawia, że wiciowce kołnierzykowe tworzą wielokomórkowe kolonie? 666

Większość zwierząt wykazuje symetrię 667

Budowa jamy ciała wpływa na ruch 668

Segmentacja ułatwia specjalizację 669

Przydanki mają wiele zastosowań 669

Układy nerwowe koordynują ruchy i umożliwiają funkcje zmysłowe 669

Zwierzęta używają różnorodnych form ruchu, aby zdobyć pokarm 670

Filtratory żywią się małą zdobyczą 670

Roślinożercy spożywają rośliny 670

Drapieżniki i wszystkożercy łowią zdobycz 671

Pasożyty żyją na innych organizmach lub w ich wnętrzu 671

Detrytosożercy żywią się pozostałościami innych organizmów 671

29.2 Cykle życiowe zwierząt wymagają kompromisów 673

Wiele z cykli życiowych zwierząt obejmuje wyspecjalizowane stadia 673

U większości zwierząt cykle życiowe zawierają przynajmniej jeden etap dyspersji 674

Cykle życiowe pasożytów ułatwiają dyspersję i pokonują mechanizmy obronne gospodarza 674

Niektóre zwierzęta tworzą kolonie genetycznie identycznych i fizjologicznie zintegrowanych osobników 674

Nie istnieje cykl życiowy, który maksymalizowałby wszystkie korzyści 674

29.3 Podstawa drzewa filogenetycznego zwierząt dostarcza nam wskazówek dotyczących ich wczesnej dywersyfikacji 676

Podstawa drzewa filogenetycznego zwierząt nadal jest przedmiotem debaty 676

► Badając ŻYCIE Rekonstrukcja filogenezy zwierząt na podstawie genów kodujących białka 677

Eksperyment 677

Praca z danymi 677

Gąbki są zwierzętami o niskim stopniu organizacji 678

Żebroplawy są dwuwarstwowcami o symetrii promienistej 679

Płaskowce są powszechne, ale rzadko obserwowane 679

Parzydełkowce to wyspecjalizowane drapieżniki 680

Niektóre małe grupy pasożytów mogą być najbliższymi krewnymi zwierząt dwubocznie symetrycznych 682

30 Zwierzęta pierwousto 687

► Badając ŻYCIE

Odkrywanie różnorodności życia na Ziemi 687

30.1 Pierwousto stanowią ponad połowę wszystkich opisanych gatunków 688

U lofotrochorowców wyewoluowały orzęsione lofofory i trochofory 688

Wylinkowce muszą zrzucić swój oskórek 690

Szczecioszczękie zachowały pewne ancestralne cechy rozwojowe 691

30.2 Wiele lofotrochorowców posiada orzęsione aparaty pokarmowe lub stadia życiowe 692

Większość mszywiolów i kielichowatych żyje w koloniach 692

Plaźnice, wrotki i brzuchorzęski są krewnymi o zróżnicowanej budowie 692

Wstężnice mają długi, wynicowalny narząd pokarmowy 694

Ramienionogi i kryzelnice wykorzystują lofofory do wytapywania pożywienia z wody 695

Pierścienice mają segmentowane ciała 695

Mięczaki przeszły spektakularną radiację ewolucyjną 697

30.3 Wylinkowce rosną dzięki zrzucaniu oskórka 700

Do kilku grup morskich wylinkowców należy stosunkowo niewiele gatunków 700

Nicienie i ich krewni są liczni i różnicowani 701

30.4 Stawonogi są najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupą zwierząt 703

Krewni stawonogów mają miękkie, pozbawione stawów odnóża 703

Połączone stawowo przydatki pojawiły się u trylobitów 704

Szczękoczułkowce mają spiczaste, nieprzystosowane do rozdrabniania narządy gębowe 704

Żuwaczki i czułki występują u pozostałych grup stawonogów 705

Ponad połowa wszystkich opisanych gatunków należy do owadów 706

► Badając ŻYCIE Ile jest nieznanych gatunków? 707

Eksperyment 707

Praca z danymi 707

Kluczowe cechy ewolucji pierwoustych 710

31 Zwierzęta wtórouste 715

► Badając ŻYCIE

Co było pierwsze, kura czy jajo? 715

31.1 Do zwierząt wtóroustych należą szkarłupnie, półstrunowce i strunowce 716

Wtórouste mają wspólny wzór rozwoju 716

Istnieją trzy główne kłady wtóroustych 716

Skamieniałości rzucają światło na przodków wtóroustych 717

31.2 Szkarłupnie i półstrunowce występują tylko w środowisku morskim 717

Szkarłupnie mają wyjątkową budowę 718

Półstrunowce to robakokształtne morskie wtórouste 720

31.3 Ponad połowa wszystkich strunowców również żyje w wodzie 720

Dorośle osobniki większości bezczaszkowców i osłonicy są osiadłe 721

Kręgosłup zastępuje strunę grzbietową u kręgowców 722



© Chris Newbert/Minden Pictures

Relacje filogenetyczne bezzuchwów są niejasne 723

Szczęki i zęby poprawiły efektywność żerowania 724

Płetwy i pęcherze pławne poprawiły stabilność i kontrolę nad lokomocją 724

31.4 Czworonogi szybko zróżnicowały się w środowisku lądowym 726

Kończyny ze stawami poprawiły stabilność i lokomocję na lądzie 727

Płazy przystosowały się do życia na lądzie 727

Owodniowce skolonizowały suche środowiska 729

► Badając ŻYCIE Czy jaja ze skorupką ponownie wyewoluowały wśród żyworodnych gadów? 730

Eksperyment 730

Praca z danymi 731

Gady przystosowały się do życia w wielu środowiskach 731

Krokodyle i ptaki mają wspólnych przodków z dinozaurami 732

Pióra umożliwiły ptakom latanie 733

Ssaki uległy radiacji po wyginięciu nieptasich dinozaurów 734

31.5 Ludzie wyewoluowali w obrębie ssaków naczelnych 739

Dwie główne linie naczelnych rozdzieliły się pod koniec kredy 739

Dwuonożne poruszanie się wyewoluowało u przodków człowieka 740

Ludzkie mózgi stały się większe wraz ze zmniejszaniem się szczęk 742

Ludzie rozwinęli złożony język i kulturę 743

CZĘŚĆ SIÓDMA Rośliny okrytonasienne. Budowa i funkcjonowanie

32 Budowa roślin 747

► Badając ŻYCIE

Chleb z tropików 747

32.1 Ogólny plan budowy wszystkich roślin naczyniowych jest podobny 748

Większość okrytonasiennych to rośliny dwuliścienne właściwe i jednoliścienne 748

Komórki roślinne powstają w merystemach 748

Cechą budowy roślin jest polaryzacja podłużna i symetria promienista 749

32.2 Organy roślinne zbudowane są z trzech głównych typów tkanek 751

Właściwości i struktura ścian komórkowych są podstawą do wyróżnienia trzech rodzajów tkanki podstawowej 752

Rośliny zbudowane są z trzech głównych typów tkanek 753

32.3 Dzięki merystemom roślina rośnie przez całe życie 755

Nieograniczony wzrost pierwotny roślin zachodzi dzięki merystemom 755

Budowa pierwotna korzenia powstaje w wyniku działalności merystemu wierzchołkowego 756

Merystem wierzchołkowy korzenia wytwarza tkanki pierwotne korzenia 756

System korzeniowy mocuje roślinę w podłożu i pobiera z niego wodę wraz z substancjami mineralnymi 757

Wytworem merystemu wierzchołkowego pędu jest system pędowy 758

Łodyga stanowi wsparcie dla liści i kwiatów 759

Liście są organami o ograniczonym wzroście 759

Wiele łodyg i korzeni przyrasta na grubość 760

- **Badając ŻYCIE** Poznanie miejsca syntezy i transportu glikozydów cyjanogennych 761

Eksperyment 761
Praca z danymi 761

- 32.4 Udomowienie wpływa na morfologię roślin 764

33 Transport substancji w roślinach 769

► Badając ŻYCIE

Spragniony ryż 769

- 33.1 Rośliny pozyskują wodę i substancje mineralne z gleby 770

Kierunek przemieszczania się wody w roślinie wyznaczony jest przez gradient jej potencjału 770

Woda i jony nieorganiczne przemieszczają się przez błony komórkowe korzenia 771

Woda i jony nieorganiczne dostają się do ksylemu korzenia przez apoplast i symplast 772

- 33.2 Woda i substancje mineralne transportowane są w ksylemie 774

Ruch wody w ksylemie próbowały tłumaczyć różne hipotezy 774

Transport w ksylemie tłumaczy teoria kohezyno-transpiracyjna 775

- **Badając ŻYCIE** Zwiększenie efektywności wykorzystania wody w uprawie ryżu 776

Eksperyment 776
Praca z danymi 776

- 33.3 Aparaty szparkowe kontrolują utratę wody i pobieranie CO₂ 777

Aparaty szparkowe kontrolują utratę wody i wymianę gazową 777

Komórki szparkowe kontrolują otwieranie i zamykanie się poru szparki 777

- 33.4 Substancje organiczne transportowane są we floemie 778

Cukry i inne substancje rozpuszczone są transportowane we floemie 779

Transport substancji we floemie zachodzi zgodnie z modelem przepływu masowego pod ciśnieniem 780

34 Odżywianie mineralne roślin 785

► Badając ŻYCIE

Poprawa odżywiania mineralnego roślin sposobem na wzrost produkcji roślinnej 785

- 34.1 Rośliny potrzebują substancji mineralnych 786

Zapotrzebowanie roślin na różne mineralne składniki pokarmowe jest odmienne 786

Objawy niedoboru mineralnych składników odżywczych 787
Kultury hydroponiczne pomogły w identyfikacji pierwiastków niezbędnych 787

- 34.2 Rośliny pobierają substancje mineralne z gleby 788

Wzrost i struktura systemu korzeniowego zależą od dostępności mineralnych substancji pokarmowych 788

Pobieranie i przyswajanie mineralnych składników pokarmowych podlegają ścisłej regulacji 788

Gleba zapewnia roślinom zakotwiczenie i substancje mineralne 789

Gleba jest dla roślin głównym źródłem mineralnych składników pokarmowych 790

Nawozy wzbogacają glebę w mineralne składniki pokarmowe 791

- 34.3 Organizmy glebowe zwiększają pobieranie substancji mineralnych przez korzenie 792

Rośliny uwalniają cząsteczki sygnałowe, które oddziałują na organizmy glebowe 792

Mykoryza zwiększa zasięg systemu korzeniowego 793

Dzięki bakteriom glebowym rośliny mogą wykorzystywać azot atmosferyczny 794

Nitrogenaza katalizuje redukcję azotu cząsteczkowego 794

Biologiczne wiązanie azotu nie zawsze zaspokaja zapotrzebowania rolnictwa na ten pierwiastek 794

- **Badając ŻYCIE** Grzyby mykoryzowe mogą zastąpić nawóz w uprawie manioku 795

Eksperyment 795
Praca z danymi 795

Tworzenie amoniaku jest pierwszym krokiem asymilacji azotu przez rośliny 796

- 34.4 Rośliny mięsożerne i pasożytnicze pozyskują substancje mineralne w nietypowy sposób 797

Mięsożerność pozwala uzupełnić niedobory mineralnych składników pokarmowych 797

Rośliny pasożytnicze pobierają substancje odżywcze z ciała innych roślin 798

Zależność między pasożytem a jego żywicielem jest podobna do relacji z symbiotycznym grzybem i bakteriami 798

35 Regulacja wzrostu i rozwoju 801

► Badając ŻYCIE

Nowoczesna biologia ratuje życie 801

- 35.1 Rośliny zmieniają się w miarę dojrzewania 802

Powiększaniu się komórek roślinnych towarzyszy zmiana ich kształtu 802

Losy komórek roślinnych: od wszechstronności do specjalizacji 803

Tożsamość komórek oraz przebieg różnicowania kontrolowane są przez geny 803

Przesiewowe testy genetyczne są ważnym narzędziem w badaniach nad mechanizmami rozwoju roślin 805

Narzędzia badawcze Przesiewowy test genetyczny 805

Pierwszy etap rozwoju roślin obejmuje kiełkowanie nasion i wzrost siewki 806

Wzrost roślin regulują fotoreceptory oraz różne fitohormony 806

- 35.2 Gibereliny i auksyny mają podobny sposób działania, ale efekty jakie powodują są odmienne 807

Gibereliny wywierają różnorodny wpływ na wzrost i rozwój roślin 809

Auksyny są cząsteczkami wielofunkcyjnymi 810

► **Badając ŻYCIE** Eksperyment
Darwina nad fototropizmem 811

Eksperyment 811
Praca z danymi 811

Auksyny wpływają na różne procesy wzrostowe roślin 813
Auksyny i gibereliny wywołują degradację pewnych białek 815

35.3 Cytokiny, etylen i brasino-steroidy pełnią różne funkcje we wzroście i rozwoju 816

Cytokiny odgrywają ważną rolę na wszystkich etapach życia rośliny 816

Etylen jest gazowym fitohormonem przyspieszającym starzenie się liści i dojrzewanie owoców 817

Brasinoasteroidy są fitohormonami steroidowymi 818

35.4 Fotoreceptory inicjują procesy rozwojowe zależne od światła 818

Czym są fotoreceptory roślinne? 818

Fotropiny i kryptochromy pochłaniają wysokoenergetyczne światło niebieskie 819

Fitochromy uczestniczą w odpowiedzi na światło czerwone i dalekiej czerwieni 819



© Chen Lee/Minden Pictures

Eksperyment Wrażliwość nasion na światło czerwone i dalekiej czerwieni 820

Praca z danymi Wrażliwość nasion na światło czerwone i dalekiej czerwieni 821

Fitochrom P_{fr} reguluje ekspresję genów 821

Rytmy dobowe są synchronizowane przez światło 821

36

Rozmnażanie roślin okrytonasiennych 827

► **Badając ŻYCIE**

Jakie czynniki wpływają na kwitnienie? 827

36.1 Większość okrytonasiennych rozmnaża się płciowo 828

Jakie funkcje w rozmnażaniu płciowym pełni kwiat? 828

Gametofity okrytonasiennych są mikroskopijnej wielkości 829

Łagiewka pyłkowa dostarcza komórki plemnikowe do woreczka zalążkowego 830

Wiele okrytonasiennych kontroluje zapylanie lub wzrost łagiewki pyłkowej, aby zapobiec rozmnażaniu wsobnemu 830

U okrytonasiennych występuje podwójne zapłodnienie 831

Zarodki roślin rozwijają się w nasionach, które znajdują się w owocach 832

Rozwój nasion jest regulowany przez fitohormony 833

36.2 Fitohormony i sygnalizacja komórkowa decydują o przejściu rośliny z fazy wzrostu do fazy kwitnienia 833

Rośliny zakwitają w ściśle określonych etapach cyklu życiowego 834

Geny tożsamości organów kwiatowych 835

Jednym z czynników indukujących kwitnienie jest fotoperiod 836

Różne rośliny zakwitają w odmiennych warunkach fotoperiodycznych 836

Dla fotoperiodycznej indukcji kwitnienia kluczowe znaczenie ma długość okresu ciemności 836

Induktor kwitnienia powstaje w liściu 837

Florigen jest niewielkim białkiem 837

► **Badając ŻYCIE** Sygnał kwitnienia 838

Eksperyment 838
Praca z danymi 838

Eksperyment Sygnał kwitnienia przemieszcza się z liścia do merystemu wierzchołkowego pędu 839

Praca z danymi Sygnał kwitnienia przemieszcza się z liścia do merystemu wierzchołkowego pędu 840

Kwitnienie może być indukowane przez temperaturę i gibereliny 841

Niektóre rośliny kwitną niezależnie od czynników środowiskowych 841

36.3 Okrytonasienne mogą rozmnażać się bezpłciowo 843

Rozmnażanie bezpłciowe roślin może zachodzić kilkoma sposobami 843

Rozmnażanie wegetatywne nie zawsze jest korzystne 844

Rozmnażanie wegetatywne jest ważne w rolnictwie 844

W apomiksji kwiaty biorą udział w rozmnażaniu bezpłciowym 845

37

Reakcje roślin na stresy środowiskowe 849

► **Badając ŻYCIE**

W jaki sposób globalne zmiany klimatu wpływają na wzrost roślin? 849

37.1 Rośliny reagują na stresy środowiskowe 850

Wzrost roślin zależy od dostępności wody 850

Udział hormonów roślinnych w odpowiedzi na stres suszy 850

Niektóre rośliny wytworzyły specjalne adaptacje umożliwiające przetrwanie w bardzo suchym środowisku 851

Rośliny mogą rosnąć na glebach zasolonych 852

Niektóre rośliny rosną na glebach podmokłych 853

Rośliny potrafią radzić sobie z ekstremalnymi temperaturami 854

Rewersja ciemnościowa fitochromu może pełnić funkcję sensora temperatury 854

Rośliny reagują w różny sposób na stres termiczny 855

Reakcje roślin na wysokie temperatury 855

37.2 Reakcje roślin na patogeny mogą być konstytutywne lub indukowane 856

Bariery mechaniczne mogą być konstytutywne lub indukowane 857

Odpowiedzi indukowane są wywoływane przez elicytory 857

Odporność swoista jest uwarunkowana genetycznie 858

Odporność swoista zwykle prowadzi do reakcji nadwrażliwości 859

► Badając ŻYCIE Gen odporności na rdzę zbożową u pszenicy 859

Eksperyment 859

Praca z danymi 860

Systemiczna odporność nabyta jest formą odporności długotrwałej 860

37.3 Rośliny wytworzyły mechaniczne i chemiczne mechanizmy obronne przed roślinożercami 861

Mechaniczna obrona przed roślinożercami 862

Chemiczna obrona konstytutywna przed roślinożercami 862

Żerowanie roślinożerców uruchamia u roślin procesy obronne 863

Jasmoniany wywołują szereg odpowiedzi na zranienie i żerowanie 864

Rośliny nie zawsze wygrywają wyścig zbrojeń 864

DODATEK A – Drzewo życia A-1

DODATEK B – Analiza danych: podstawy statystyki B-1

DODATEK C – Niektóre jednostki miar stosowane w biologii C-1

SŁOWNIK S-1

INDEKS I-1