magazyn

Drzewo Franciszka

wydanie specjalne

RZECZ O BIORÓŻNORODNOŚCI

ISSN 2719-6046

2022

CZŁOWIEK – EKOLOGIA – ROZWÓJ

Spis treści:

Różnorodność biologiczna. Wśród ekosystemów leśnych – Andrzej M. Jagodziński.....1

Bioróżnorodność w czasie – łączność i różnorodność życia na planecie Ziemia. Od organizmu jednokomórkowego do człowieka obdarzonego kulturą – Mirosław Makohonienko 4

Bioróżnorodność zakodowana w genach – Emilia Pers-Kamczyc, Weronika B. Żukowska 6

Różnorodność genetyczna jako podstawa bioróżnorodności – Weronika B. Żukowska, Emilia Pers-Kamczyc 12

Różnorodne wróble – Piotr Tryjanowski 16

Przyroda i jej ochrona w warunkach dużej aglomeracji miejskiej – Krzysztof Mączkowki 23

autorzy 26

Magazyn Drzewo Franciszka
Wydawca: Fundacja Zakłady Kórnickie, al. Flensa 2 B, 62-035 Kórnik
Redaktor naczelny: dr Dariusz Grzybek
Kontakt: magazyn@drzewofranciszka.pl
tel.: 61 898 02 91

Okładka z przodu:
Stawy w Oleśnicy pod Chodzieżą. Fot. Krzysztof Mączkowski
Okładka z tyłu:
grafika Sylwia Pawera-Pelińska

Treść każdego dostarczonego materiału wyraża poglądy i opinie jego autora.
Treści zawarte w każdym z materiałów nie muszą odzwierciedlać poglądów i opinii redakcji.

WFOŚiGW POZNAŃ
WOJEWÓDZKI FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ W POZNANIU

Dofinansowano ze środków
Wojewódzkiego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Poznaniu

Różnorodność biologiczna. Wśród ekosystemów leśnych

Andrzej M. Jagodziński

Różnorodność biologiczna doczekała się wielu definicji, w szerokim sensie oznacza bogactwo i zmienność (rozmaitość) form życia na Ziemi. Jest to zatem zróżnicowanie żywych organizmów, a także współtworzonych przez nie układów (systemów) ekologicznych. Bogactwo to, które można rozpatrywać w aspekcie strukturalnej i funkcjonalnej różnorodności życia, jest bezcenne. W istotnym stopniu leży ono w interakcjach, spośród których tylko część jest nam stosunkowo dobrze znana. Różnorodność biologiczną rozpatruje się na trzech podstawowych poziomach: genetycznym, gatunkowym oraz ekosystemowym. W odniesieniu do stopnia poznania różnorodności biologicznej na pewnym obszarze można zauważyć, iż na ogół jest ona najlepiej rozpoznana na poziomie gatunkowym. Na poziomie genetycznym i ekosystemowym znana i rozumiana jest zdecydowanie słabiej.

Najbardziej elementarnym poziomem różnorodności biologicznej jest różnorodność genetyczna, która stanowi fundament zarówno różnorodności gatunkowej, jak i ekosystemowej. Współcześnie analizuje się ją poprzez różnorodność wariantów tego samego genu występującego w konkretnych populacjach bądź też poprzez analizę stopnia heterozygotyczności, a także – najrzadziej – poprzez analizę wybranych, reprezentatywnych fragmentów genomu lub jego całości konkretnych gatunków. Różnorodność gatunkową z kolei określać można poprzez różnorodność gatunków flory, fauny czy też bioty grzybów występujących na określonym obszarze, podając np. wykazy obecnych na nim gatunków lub też taksonów innej rangi. Istotnym jest, by analizując różnorodność gatunkową uwzględniać także frekwencje poszczególnych gatunków oraz liczebność taksonów w obrębie grupy systematycznej. Najrzadziej analizowanym, m.in. ze względu na trudność w matematycznym ujęciu oraz brak powszechnie akceptowanych sposobów mierzenia, jest poziom różnorodności ekosystemowej, obejmującej zróżnicowanie warunków siedliskowych oraz ekosystemów występujących w ich obrębie. Różnorodność genetyczna, gatunkowa i ekosystemowa są ze sobą powiązane.

Pojęcie „ekosystem" użyte zostało po raz pierwszy w 1935 roku przez angielskiego botanika i ekologa, prof. Arthura Tansleya. Choć od tego czasu minęło blisko 90 lat, to wciąż nie dysponujemy jedną, powszechnie akceptowalną definicją ekosystemu. Ekosystem, czyli układ ekologiczny, to każda przestrzeń stanowiąca pewną całość pod względem przyrodniczym, w której zachodzi stała wymiana materii pomiędzy jej żywą i nieożywioną częścią jako wynik wzajemnego oddziaływania żywych organizmów i ch nieożywionego otoczenia. Na ekosystem składają się wszystkie zamieszkujące dane środowisko organizmy oraz abiotyczne elementy ich środowiska. Ekosystem jest układem, który realizuje proces produkcji biomasy i dekompozycji, czyli rozkładu martwej materii organicznej, wykorzystując do tego energię i podtrzymując cykl obiegu pierwiastków. Jest to wzrokowo rozpoznawalna jednostka w przyrodzie, złożona z zespołów, w których krążą biologicznie ważne pierwiastki chemiczne. Wiele definicji ekosystemu odwołuje się do bliżej niesprecyzowanych relacji pomiędzy jego elementami, dlatego tego słowa używa się często w bardzo szerokim znaczeniu. W ten sposób ekosystemem można nazwać niemal wszystkie układy przyrodnicze. Las, jezioro, torfowisko, łąka, pole czy miasto nazwać możemy ekosystemami.

Wyodrębnienie w środowisku rzeczywistych ekosystemów jest zawsze mniej lub bardziej arbitralne. W obrębie ekosystemu możemy jednak uchwycić pewne konkretne zależności, np. zależności troficzne. Jeśli w dużym uproszczeniu przedstawimy to, kto kogo zjada i kto przez kogo jest zjadany, to stworzymy w ten sposób pewien elementarny schemat ekosystemu, czyli tzw. sieć troficzną. Nawet w ubogim ekosystemie taka sieć zależności troficznych może być niezwykle skomplikowana i nie zawsze w łatwy sposób możemy uchwycić wszystkie kierunki przepływu w niej energii. W obrębie sieci troficznej możemy wyróżnić wiele łańcuchów troficznych, często wielokrotnie rozgałęziających się. Udzielenie odpowiedzi na pytanie, gdzie aktualnie znajduje się energia promieniowania słonecznego przechwycona przez organizm autotroficzny, czyli samożywny, na ogół nie należy do zadań najłatwiejszych.

Ekosystem leśny to złożony układ ekologiczny, w którym dominuje swoista dla danego regionu biogeograficznego flora oraz roślinność. Cechuje się on szczególnie dużym udziałem drzew rosnących w zwarciu, które w połączeniu ze światem fauny i bioty grzybów, licznych innych mikroorganizmów, specyficznym klimatem (w tym także lokalnym, który las współtworzy), glebą i stosunkami wodnymi, tworzą układ (sieć) wzajemnych wpływów, powiązań i współzależności. Ekosystem leśny funkcjonuje m.in. dzięki krążeniu materii i przepływowi energii oraz

w powiązaniu z innymi ekosystemami, które go otaczają lub które występują wewnątrz ekosystemu leśnego. Jest układem dynamicznym, nie statycznym. Warto dodać, iż ekosystemy leśne mają zdolność do samoregulacji, a więc są zdolne do reagowania na zaburzenia, w tym także wywołane działalnością człowieka.

Lasy nie są układami jednorodnymi. W ich obrębie spotkać możemy wiele różnych leśnych zbiorowisk roślinnych, co w znacznej mierze jest konsekwencją dużego zróżnicowania siedlisk, na których występują. Współczesna roślinność leśna naszego kraju jest odzwierciedleniem zróżnicowania czynników środowiska przyrodniczego, zarówno tych abiotycznych, jak i biotycznych, a także działalności człowieka. W naszych lasach napotkamy m.in. dąbrowy, lasy łęgowe, grądy, buczyny, olsy, jaworzyny, bory sosnowe, świerczyny czy brzeziny bagienne. Pośród nich spotkać można wiele innych cennych zbiorowisk roślinnych, określanych jako zbiorowiska terenów otwartych, np. wrzosowiska, murawy i łąki.

Wrzosowiska są spotykanymi na terenie całej Polski zbiorowiskami krzewinkowymi, w których dominują rośliny z rodziny wrzosowatych (Ericaceae). Mogą one tworzyć zbiorowiska naturalne (wówczas zajmują na ogół niewielkie powierzchnie, np. w lukach borów sosnowych), półnaturalne (niewielkie płaty na obrzeżach borów sosnowych lub ubogich lasów dębowych), a także antropogeniczne (np. na poligonach wojskowych). W tych dwóch ostatnich przypadkach istotną rolę w ich kształtowaniu odgrywa działalność człowieka. Rozwijają się na podłożu piaszczystym (piaski luźne i słabogliniaste), kwaśnym, często spotkać je można na wydmach, a także na niezalesionych pożarzyskach. Najpospolitszymi wrzosowiskami w Polsce są wrzosowiska knotnikowe, w których dominuje wrzos zwyczajny, a spotkać tu można także jastrzębca kosmaczka, mietlicę pospolitą, turzycę piaskową lub wrzosowiskową czy świetlika gajowego oraz liczne gatunki mchów i porostów. Często zajmują one rozległe obszary, szczególnie w Polsce północnej i zachodniej. Rzadziej spotykanymi są wrzosowiska mącznicowe oraz janowcowe. Na Pomorzu Zachodnim oraz w Borach Dolnośląskich spotkać możemy wilgotne wrzosowiska z wrzoścem bagiennym, zbiorowisko bardzo rzadkie, najczęściej na torfowiskach, w tym miejscach, gdzie eksploatowano kwaśny torf. Poza wrzoścem i wrzosem w zbiorowiskach tych występują sity sztywne czy wełnianeczki darniowe, a mszystą warstwę tworzą torfowce, mchy oraz porosty. Najpoważniejszymi zagrożeniami wrzosowisk wilgotnych są zaburzenia stosunków wodnych wynikające z obniżenia poziomu wód gruntowych, a także funkcjonowanie rowów odwadniających, które prowadzą do przesuszenia gleby. Często, w ślad za przesuszeniem, do zbiorowisk takich wkraczają drzewa gatunków lekkonasiennych, brzozy, sosny czy osiki, które nie tylko przyspieszają dalsze przesuszenie wrzosowiska, ale i zmieniają warunki świetlne (zacienienie) oraz zwiększają żyzność siedliska. Poważnym zagrożeniem w przeszłości było także „uproduktywnienie" takich siedlisk poprzez ich zalesianie, np. sosną; zabieg ten należy bezwzględnie wykluczyć, podobnie jak w przypadku wrzosowisk suchych. Z kolei do najważniejszych zagrożeń wrzosowisk suchych, szczególnie wielkopowierzchniowych, należy zrezygnowanie z dotychczasowych metod ich użytkowania, w wyniku czego uruchamiane są procesy sukcesji wtórnej i wkraczanie drzew. Wśród zagrożeń wymienić należy także wydobywanie piasku i żwiru na terenach wrzosowisk suchych. Co ciekawe, na obszarach czynnych poligonów wojskowych suche wrzosowiska nie wymagają na ogół ochrony. Z kolei tam, gdzie zaprzestano wojskowych ćwiczeń, koniecznym jest usuwanie pojawiających się spontanicznie drzew i krzewów, a nawet okresowe wykaszanie lub też ekstensywny wypas owiec bądź bydła. W odniesieniu do ochrony wrzosowisk wilgotnych najważniejszym działaniem jest zatrzymywanie wód opadowych oraz systematyczne usuwanie nalotów drzew.

Na siedliskach suchych, nasłonecznionych, także wśród lasów (choć stosunkowo rzadko), spotkać możemy zbiorowiska z dominacją niskich traw, które nazywamy murawami. Częściej spotkać możemy je jednak poza lasami lub w ich pobliżu, na gruntach przeznaczonych do zalesienia ze względu na niedostateczną przydatność dla celów rolniczych. Zbiorowiska muraw występujących w naszym kraju dzieli się na cztery podstawowe grupy, tj. typowe murawy napiaskowe, napiaskowe murawy ciepłolubne, niżowe murawy bliźniczkowe oraz murawy kserotermiczne. Są one miejscem bytowania licznych i rzadkich gatunków roślin i zwierząt, a także niezwykle cennym urozmaiceniem krajobrazu. Typowe murawy napiaskowe, z dominującym występowaniem szczotlichy siwej, spotkać możemy np. na śródlądowych wydmach, o kwaśnym podłożu. Ciepłolubne murawy napiaskowe spotkać możemy np. na piaszczystych obszarach morenowych, śródlądowych wydmach, piaskach rzecznych, w żwirowniach, na nasypach kolejowych czy na skarpach wzdłuż leśnych dróg. Na ogół w porastanych przez nie glebach odnotować można duże ilości węglanu wapnia. Są to zbiorowiska stosunkowo bogate florystycznie, choć uboższe od muraw kserotermicznych. Murawy kserotermiczne z kolei rozwijają się na nasłonecznionych zboczach, na podłożu suchym i zasobnym w związki wapnia, są niezwykle barwne, a zróżnicowanie gatunków roślin rosnących w ich obrębie jest wyjątkowo bogate. Występują tu liczne gatunki roślin światło- i wapieniolubnych. Ich istnienie we współczesnym krajobrazie to konsekwencja historycznego użytkowania – wypasu owiec czy kóz, a zatem pastwiskowego użytkowania. Z kolei murawy bliźniczkowe, występujące na siedliskach ubogich i silnie kwaśnych, a przy tym świeżych lub okresowo wilgotnych, spotkać można m.in. na obrzeżach lasów, niewielkich polanach w lasach, brzegach torfowisk, piaszczystych wzniesieniach czy wzdłuż leśnych dróg. Mimo iż na ogół są ubogie florystycznie, to spotkać w nich możemy wiele rzadkich gatunków roślin, w tym objęte ochroną gatunkową. Murawy należą do jednych z najbardziej zagrożonych zbiorowisk roślinnych. W przeszłości wiele takich cennych siedlisk zalesiono, a zaprzestanie wypasu skutkowało naturalnym

wkraczaniem roślin drzewiastych i rozwojem roślinności leśnej. W konsekwencji prowadziło to do szybkiego ubożenia składu gatunkowego oraz zanikania gatunków roślin światłolubnych. Najważniejszym sposobem ochrony takich zbiorowisk jest usuwanie pojawiających się spontanicznie drzew i krzewów, a także przywrócenie ekstensywnego wypasu zwierząt gospodarskich.

W lasach spotkać możemy także wiele różnych zbiorowisk łąkowych. Łąki są zbiorowiskami półnaturalnymi, które tworzą wieloletnie trawy i zioła. Są one także miejscem bytowania licznych gatunków zwierząt – drobnych ssaków, ptaków, pająków czy owadów, w tym niezwykle ważnych owadów zapylających kwiaty. W naszych warunkach geograficznych łąki zawdzięczają swe istnienie oraz skład gatunkowy stałej interwencji człowieka, czyli systematycznemu koszeniu, bez którego z pewnością pokryłyby się lasem na drodze naturalnej sukcesji. Z kolei zbyt częste koszenie łąk lub też ich koszenie o niewłaściwej porze roku może doprowadzić do redukcji liczby gatunków występujących na łące. Niektóre zbiorowiska łąkowe mogą utrzymać się naturalnie bez ingerencji człowieka. Łąki takie spotyka się w dolinach rzek oraz w wyższych położeniach górskich. Zbiorowiska te w Polsce tworzy około 400 gatunków roślin wyższych. Ekosystemy łąkowe są również silnie zróżnicowane. Na podstawie wilgotności siedliska możemy wyróżnić łąki zmiennowilgotne, świeże i wilgotne, a na podstawie dominujących gatunków roślin np. łąki trzęślicowe, rajgrasowe, selernicowe, wyczyńcowe, śmiałkowe czy rdestowo-ostrożeniowe. Do najbogatszych florystycznie łąk w Polsce należą zmiennowilgotne łąki trzęślicowe, gdzie w najbogatszych płatach odnaleźć można nawet 35 gatunków roślin na jednym metrze kwadratowym. Wraz z porzuceniem gospodarki na takich łąkach lub ich osuszeniem zanika ich bogactwo florystyczne. Zatem zaprzestanie dotychczasowego użytkowania łąk jest ich podstawowym zagrożeniem. Na siedliskach wilgotnych powstają wówczas ziołorośla, a warunkiem przywrócenia ich pierwotnego charakteru jest właśnie wznowienie koszenia. W sytuacji, gdy na łąkach w wyniku zaprzestania ich użytkowania pojawią się zapusty brzozowe, olszowe czy osikowe, koniecznym jest ich wycięcie i usunięcie biomasy. Ważnym zagrożeniem dla łąk jest także ich zbyt intensywne koszenie, a także przeoranie i podsiew mieszankami łąkowych traw (składających się co najwyżej z kilku gatunków), co prowadzi do ich ubożenia florystycznego. W przypadku łąk porastających siedliska wilgotne najpoważniejszym zagrożeniem jest ich przesuszenie. Skrajnym przykładem zagrożenia dla łąk jest ich zaoranie i przekształcenie w użytki rolne bądź zalesienie. Ważnym zabiegiem ochrony czynnej zbiorowisk łąkowych jest koszenie, z częstotliwością i w terminach odpowiednich dla różnych typów łąk, a w przypadku łąk porastających siedliska zmiennowilgotne i wilgotne – zachowanie bądź też odtwarzanie zaburzonych stosunków wodnych.

Omówione grupy zbiorowisk roślinnych są istotnymi elementami przyrodniczego bogactwa ekosystemów leśnych, choć same lasami nie są, a przy tym uznać je należy za cenny składnik krajobrazu, w którym las dominuje. Tworzą one bardzo często prawdziwie piękną i bogatą mozaikę, która krajobraz leśny urozmaica. Te cenne zbiorowiska nieleśne, rozsiane pośród lasów lub usytuowane na ich obrzeżach, powinny być współcześnie obiektami obejmowanymi szczególną troską nie tylko ze względu na to, iż stanowią ostoję wielu rzadkich gatunków roślin, zwierząt czy grzybów. W związku z tym, iż ich utrzymanie w krajobrazie w znacznej mierze uzależnione jest od działalności człowieka, to należy systematycznie rozpoznawać zagrożenia, jakie stoją przed tymi zbiorowiskami, i z należytym wyprzedzeniem minimalizować ich potencjalne negatywne skutki. W ten sposób przyczynimy się do zachowania dziedzictwa przyrodniczego naszego kraju. ■

Bioróżnorodność w czasie – łączność i różnorodność życia na planecie Ziemia. Od organizmu jednokomórkowego do człowieka obdarzonego kulturą

Mirosław Makohonienko

Wraz z powstaniem Słońca i Układu Słonecznego, uformowanego z gazowo-pyłowej chmury ponad 4 miliardy 560 milionów lat temu, w obszarach odległych o około 28 tysięcy lat świetlnych od galaktycznego centrum Drogi Mlecznej, powstała nasza maleńka planeta.

Uformowana jako jedna z planet skalistych okrążających Słońce, z wykształconą twardą skorupą z bogatą paletą pierwiastków. Jej odległość od promieniującej ciepłem gwiazdy pozwalała na obecność wody w stanie ciekłym, stwarzając warunki dla zaistnienia samopowielających się struktur opartych na węglu, które stały się życiem. W skład tych żywych istot wchodziły atomy pierwiastków, które na wcześniejszych etapach ewolucji wszechświata powstawały w wyniku najpotężniejszych kosmicznych katastrof jakimi są eksplozje gwiazd supernowych, z materii rozproszonej po bezkresach galaktycznych, skupionej powtórnie siłą grawitacji.

W świetle dzisiejszej wiedzy, życie na naszej planecie narodziło się w otulającym Ziemię płaszczu wody – z materii i energii czerpanej z wnętrza Ziemi. Zaistniało w otoczeniu kominów hydrotermalnych tworzących oazy życia – pierwsze ekosystemy na dnie oceanów. Życie ziemskie pojawiło się około 3,8 miliarda lat temu, wkrótce po narodzinach planety. W czasach po domniemanej kolizji z planetą Theą, powołującej do istnienia parę Ziemia-Księżyc, po wczesnym okresie formowania Układu Słonecznego zwanym wielkim bombardowaniem. Życie narodziło się w najprostszych formach jednokomórkowych struktur pozbawionych jądra, rozwijających się i namnażającym dzięki procesom chemosyntezy – organizmów autotroficznych czyli samożywnych. Poza istotami chemostyntetyzującymi, rozwinął się drugi krąg życia podtrzymywanego procesem fotosyntezy, pozyskującego dla swego istnienia energię z kwantów promieniowania elektromagnetycznego, którego część widzianą okiem ludzkim znamy jako światło. Z czasem fotosynteza stała się dominującym sposobem życia autotrofów i szeroką drogą do rozwoju zaawanasowanych form życia. Organizmy fotosyntetyzujące stworzyły bazę żywieniową dla ogromnego bogactwa istot heterotroficznych, to jest cudzożywnych, do których należymy my sami, zajmując w łańcuchu troficznym wielce korzystną pozycję wszystkożerców niewyspecjalizowanych.

Około 2 miliardy lat temu, fotosynteza i jej produkt uboczny w postaci tlenu, zmieniły właściwości fizyko-chemiczne Ziemi, nadając jej nową tlenową atmosferę, jaka istnieje do dziś. Niezamierzenie, poprzez powstanie atmosfery tlenowej, organizmy fotosyntetyzujące stworzyły podwaliny dla życia złożonych organizmów tkankowych, wykorzystujących w swych procesach życiowych wydajne energetycznie oddychanie tlenowe, w tym rozwój organizmów z zaawansowanymi układami nerwowymi, na których czele z czasem rozwinął się rząd naczelnych, z najpełniej rozwiniętym rodzajem Homo. Całkiem niedawno w skali geologicznego czasu, zaledwie nieco ponad 400 milionów lat temu, życie z oceanów wyszło na ląd, rozpoczynając etap kolejnego wielkiego różnicowania organizmów, kształtując nowe biocenozy ekosystemów lądowych. W długiej ewolucji ziemskiego życia martwa materia nieożywiona jak i obdarzona życiem stale i wzajemnie ze sobą oddziaływują. Życie istnieje w przemianie, toczącym się kołem życia i śmierci, w nieustannym krążeniu materii i przepływie energii. Nasze własne organizmy budują atomy pochodzące z niewyobrażalnej liczby organizmów już obumarłych, wbudowanych w nasze tkanki i narządy w efektywnej drodze biologicznego recyklingu. Prawdą jest, iż z prochu powstaliśmy i w proch się obrócimy, dając budulec przyszłym istotom, nie tylko własnego gatunku.

Od kiedy na maleńkiej planecie zaistniało życie, rozpoczęło się jego różnicowanie w procesie powielania struktur, nieustającej reprodukcji. Powstawały i powstają nowe rozwiązania, nowe plany architektoniczne żywych istot, coraz bardziej złożonych, kształtowanych w drodze losowych eksperymentów. Nie mają one swego budowniczego, zarządzającego planisty. Kierują nimi zdarzenia losowe, środowiskowy przypadek. Decyduje efektywność przetrwania wobec ograniczonych zasobów środowiska, konkurencji między- oraz wewnątrzgatunkowej, jak i niedocenianego efektu współpracy różnych, nawet odległych sobie form życia, stwarzającego byty nowej jakości. W toku ewolucji nie tylko konkurencja łączona z bezpardonową walką o byt, ale również głęboka współpraca stawały się motorami życia. Tak też powstały komórki eukariotyczne, czyli jądrowe, nowej domeny organizmów, w tym ludzkich ciał. Każda cegiełka ludzkiego organizmu zawdzięcza swoje istnienie połączeniu dwóch odmiennych istnień.

W toku ewolucji, część z różnicujących się gałęzi ziemskiego drzewa życia usychała na zawsze, inne rozrastały się, dając rozwój kolejnym, samemu ustępując ze sceny życia. Przez miliardy lat budował się ogrom bioróżnorodności na wszystkich dostępnych siedliskach i zakątkach Ziemi, wodnych i lądowych. W rozwoju ziemskiego życia pojawiały się okresy krytyczne, niekiedy epizody katastrofalne wyznaczone dniami, zmieniające dogłębnie reguły przetrwania w skali globalnej. Były to tak zwane okresy wielkich wymierań, których w historii Ziemi doliczono się co najmniej pięciu. Dziś w ocenie szeregu badaczy rozgrywa się kolejny z nich, nazwany szóstym wielkim wymieraniem, tym razem – po raz pierwszy w historii Ziemi – spowodowany antropopresją, ręką rozumnego człowieka. Wielkie wymierania powodowały spadki ziemskiej bioróżnorodności w ogromnej skali. Były niszczące dla ogromnej liczby stworzeń, lecz jednocześnie, za każdym razem dawały szanse rozwoju nowym istnieniom. Taką szansę uzyskały ssaki w wyniku impaktu meteorytowego około 66 milionów lat temu pogrążającego świat mezozoicznych gadów, potężnych i wszechobecnych dinozaurów. Tej wielkiej katastrofie na granicy mezozoiku i kenozoiku, zawdzięczamy przyspieszony rozwój, ssaków, wśród nich rzędu naczelnych i człowiekowatych, w dalszej perspektywie powstanie ludzi i towarzyszącej człowiekowi kultury. Bez tamtej katastrofy nie bylibyśmy tu i teraz. Przesłania z przeszłości pokazują nam z dozą optymizmu, iż po każdym wielkim wymieraniu następowały okresy ponownego, przyspieszonego odrodzenia – bogatego rozwoju bioróżnorodności. Jakkolwiek w pojawiających się już w nowych formach, z udziałem nowych grup organizmów, zaś czasy potrzebne na odrodzenia mierzone były milionami lat. Historia ewolucji pokazuje, iż życie ma ogromną siłę przetrwania i rozwoju. Życie nie pozostaje w stagnacji. Podlega stałym zmianom i tak też najpewniej będzie w przyszłości. Ten proces się nie zakończył. Otrzymał nowy wymiar za sprawą człowieka – jego niesamowitych zdolności poznawczych tkanki mózgowej oraz manualnych możliwości rąk.

Od kiedy w ziemskich ekosystemach pojawia się człowiek, dysponujący nowym w świecie przyrody osiągnięciem jakim jest kultura - narzędziami z kamienia, drewna czy kości, z czasem z brązu czy żelaza oraz potęga ognia, staje się nowym czynnikiem w transformacji biosfery. Kultura człowieka rozwija się w ostatnich 2-2,5 miliona lat historii Ziemi. Paleolityczni łowcy i zbieracze dysponujący narzędziami i ogniem mieli już istotny wpływ na kształtowanie ekosystemów, eksploatując zasoby przyrody. Zasadniczy wzrost oddziaływań człowieka na środowisko wyznacza jednak rewolucja neolityczna, to jest wprowadzenie gospodarki wytwórczej – uprawy roślin i hodowli zwierząt. Innowacja ta pojawiła się najwcześniej na terenie Bliskiego Wschodu, ponad 11 tysięcy lat temu, jeszcze w schyłku epoki glacjalnej. Na ziemiach polskich rolnictwo rozwija się od około 7,5 tysiąca lat. Wprowadzenie rolnictwa – zakładanie pól na wylesianych gruntach, synantropizacja szaty roślinnej, rozprzestrzenienie nowych gatunków i wypasy zwierząt – wszystkie te czynniki w nowy sposób oddziaływują na środowisko. Gospodarcza aktywność człowieka neolitycznego w dorzeczach Wisły i Odry przynosi wzrost bioróżnorodności. Powstają nowe siedliska i nowe biocenozy. Do takich należą zbiorowiska segetalne czyli polne, seminaturalne (czyli półnaturalne) zbiorowiska łąkowe, jak i zbiorowiska ruderalne w otoczeniu osiedli ludzkich, na przydrożach i nieużytkach. Również lasy w wyniku przecinek i wypasów podlegają synatropizacji, zmianie struktury i składu gatunkowego. Badania zmian środowiskowych ukazują, iż umiarkowane formy ingerencji człowieka w środowisko prowadzą do mozaikowości siedlisk, co sprzyja wzrostowi bioróżnorodności.

Czas wielkich odkryć geograficznych Europejczyków zainicjowany w schyłku XV i kontynuowany w XVI wieku, to czas wielkich przemieszczeń flory i fauny w skali międzykontynentalnej, który określić moglibyśmy jako odległe początki globalizacji. Czasy rewolucji przemysłowej zainicjowane w wieku XVIII i nabierające rozpędu w wieku XIX, przynoszą kolejny ogromny przełom prowadzący tym razem do wielkoskalowych przekształceń siedlisk i nadeksploatacji zasobów przyrody, przyspieszonego wymierania gatunków, zwłaszcza poprzez niszczenie siedlisk ich życia, a także poprzez pozyskiwanie gatunków roślin i zwierząt dla celów użytkowych, niekiedy celowego niszczenia. Wielkoskalowe deforestacje i wprowadzanie w uprawy monokultur prowadzą w rezultacie do spadku bioróżnorodności. Dla dobra przyrody i nas samych powinniśmy działać z wielką rozwagą, z wypracowaną z czasem wiedzą, drogą zrównoważonego rozwoju, zachowując dobra przyrody nie tylko dla siebie, ale i dla przyszłych ludzkich pokoleń.

Od czasów rewolucji neolitycznej, poprzez selektywny dobór, człowiek stwarza nowe odmiany i gatunki, zarówno roślin jak i zwierząt. Z użytkownika, łowcy i zbieracza dóbr przyrody, człowiek stał się stwórcą roślin i zwierząt. Dziś stosowanie nowego narzędzia jakim jest inżynieria genetyczna powołuje do życia organizmy modyfikowane genetycznie. Nowa gałąź zwana biologią syntetyczną, łączącą osiągnięcia biologii molekularnej oraz inżynierii genetycznej, pozwala na tworzenie bytów ożywionych o zupełnie nowych kombinacjach genowych, nieistniejących w przyrodzie. Tym samym, wkroczyliśmy na kolejny poziom twórcy-stworzyciela. Stoimy na progu nowego świata, którego obraz zależeć będzie w wielkim stopniu od nas, w tym obraz towarzyszących nam istot, czy tu na Ziemi, w antropogenicznych ekosystemach na ziemskiej orbicie, pobliskim Księżycu czy bardziej odległym Marsie? Przed nami wielka przygoda dalszych podbojów przestrzeni pozaplanetarnej i odpowiedzialność za własne czyny.

W świetle wypracowanej przez człowieka wiedzy o ziemskiej ewolucji życia i budowie wszechświata trudno sądzić, iż w trakcie 13,7 miliarda lat jego rozwoju, życie zaistniało tylko tu na Ziemi. Taki stan rzeczy wydaje się statystycznie nieprawdopodobny. W jednej tylko naszej Galaktyce Drogi Mlecznej wśród 300-400 miliardów gwiazd ileż jest planet? Wokół tych planet, ileż księżyców? Na ilu z tych światów tętni życie? Jakaż bioróżnorodność może istnieć w otaczającym nas kosmicznym krajobrazie? Oczekujemy jego odkrycia w nadchodzących czasach. ■

Bioróżnorodność zakodowana w genach

Emilia Pers-Kamczyc, Weronika B. Żukowska

Chcąc chronić bioróżnorodność otaczającego nas świata, musimy najpierw poznać i zrozumieć mechanizmy, które odpowiadają za ciągłość życia na Ziemi. Funkcjonowanie świata żywego, poznanie rządzących nim praw i mechanizmów to wyzwania, z którymi borykali się m.in. filozofowie, przyrodnicy, fizycy czy matematycy. Wielu z nich poszukiwało struktury odpowiadającej za przekazywanie informacji o cechach danego osobnika. To, że musi takowa struktura istnieć, było oczywiste. Świadczyło o tym chociażby podobieństwo dzieci do rodziców czy dziadków. O wadze tych badań i znaczeniu dla ludzkości świadczą licznie przyznane Nagrody Nobla, w tym za odkrycie roli poszczególnych struktur komórkowych i cząsteczek oraz za odszyfrowanie kodu genetycznego.

Karol Libelt powiedział, że „Naród żyje, dopóki język jego żyje, bez języka nie ma narodu”[1]. Parafrazując te słowa w odniesieniu do otaczających nas organizmów żywych, dopóki zachowane jest przekazywanie informacji genetycznej na kolejne pokolenia i trwa kod genetyczny, dopóty żyją osobniki danego gatunku i dopóty życie trwa na Ziemi. Z tego też względu poznanie i zrozumienie mechanizmów, według których informacja genetyczna jest przekazywana kolejnym pokoleniom, jest istotnym zagadnieniem, również dla współczesnych badaczy. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie czytelnikowi wiedzy na temat funkcjonowania komórek widzianej z perspektywy biologii molekularnej poprzez nakreślenie ogólnego zarysu opisywanych procesów związanych z przekazywaniem informacji genetycznej.

Informacja genetyczna – lokalizacja w komórce

Niezależnie od tego czy obiektem rozważań będzie róża, dąb, delfin, pszczoła czy człowiek, każdy żywy organizm zbudowany jest z komórek. Komórka jest najmniejszym strukturalnym i funkcjonalnym elementem każdego żywego organizmu, a podstawowym jej budulcem są białka. Białka zbudowane są z szeregu połączonych ze sobą związków chemicznych, zwanych aminokwasami. Pojedyncza komórka zdolna jest do prowadzenia wszystkich podstawowych procesów metabolicznych, takich jak przemiana materii, wzrost czy podziały komórkowe, właśnie dzięki obecności i zaangażowaniu białek. Komórki roślin i zwierząt różnią się budową, ale zróżnicowanie tych struktur obserwujemy również w obrębie tego samego organizmu. Wystarczy porównać budowę komórek tworzących ludzkie ciało, np. komórki tkanki nerwowej z komórkami tkanki nabłonka czy komórką tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej serca. Jednakże, pomimo różnic w budowie, w każdej z komórek można wyróżnić podstawowe elementy składowe. Należą do nich błona komórkowa, cytoplazma oraz organelle komórkowe, w tym m.in. jądro komórkowe, mitochondrium, rybosomy czy chloroplasty (w komórkach roślinnych). Każda z organelli komórkowych pełni ściśle określoną funkcję. Błona komórkowa - półprzepuszczalny twór białkowo-lipidowy - ogranicza objętość komórki, stanowi ochronę przed wnikaniem z zewnątrz szkodliwych substancji, warunkuje występowanie oddziaływań międzykomórkowych i utrzymuje odpowiedni potencjał osmotyczny. W błonie komórkowej występują tzw. białka błonowe, które umieszczone są zarówno po stronie wewnętrznej, zewnętrznej jak i transbłonowo. Białka te uczestniczą w wymianie jonowej, transporcie wielkocząsteczkowych substancji, jak również przekazywaniu sygnałów z i do wnętrza komórki. Cytoplazma jest środowiskiem reakcji zachodzących w komórce. Ten wodny roztwór białek oraz substancji nieorganicznych wypełnia wnętrze komórki. Najważniejszym elementem komórki jest jądro komórkowe. Jest to główne centrum dowodzenia wszystkich procesów zachodzących w komórce, w tym podziałów komórki. To w obrębie jądra komórkowego, otoczonego podwójną błoną lipidowo-białkową, przechowywany jest materiał genetyczny. Ważnymi strukturami komórkowymi są również mitochondria i chloroplasty. Są to autonomiczne, częściowo niezależne od jądra komórkowego struktury komórkowe. Ich autonomia wynika z obecności w nich materiału genetycznego, co skutkuje możliwością produkcji niektórych białek, niezależnie od informacji genetycznej zawartej w jądrze komórkowym. Mitochondria dzięki zachodzącym w nich procesom oddychania komórkowego dostarczają komórce energii. Chloroplasty (nie występują w komórce zwierzęcej) odpowiadają za przebieg procesu fotosyntezy, w którym związki organiczne (cukry) są tworzone z materii nieorganicznej (dwutlenek węgla i woda) z wykorzystaniem energii świetlnej. Obydwie te struktury zawierają nośnik informacji genetycznej i podobnie jak jądro komórkowe są otoczone podwójną błoną białkowo-lipidową. Ważnymi strukturami komórkowymi zaangażowanymi w przekazywanie informacji genetycznej są także rybosomy. Te ziarniste struktury rozproszone w cytoplazmie biorą udział w biosyntezie, czyli w powstawaniu białek.

Rozważając struktury molekularne w komórce, należy pamiętać o ich wielkości. Średnia wielkość komórki człowieka mieści się w granicach 10 – 25 μm (μm to tysięczna część milimetra). Wielkość rybosomu to około 30 nm (nm to milionowa część milimetra). Ponadto reakcje chemiczne zachodzą między związkami, w których ich składowe - atomy pierwiastków - zlokalizowane są w dużo mniejszych odległościach (miliardowych części milimetra). Ponadto,

1. *Rozprawy o odwadze cywilnej, miłości ojczyzny, wychowaniu ludów: na rzecz pomnika dla Adama Mickiewicza, Zygmunta Krasińskiego i Juliusza Słowackiego*, wyd. Drukarnia „Czasu” W. Kirchmayera, 1869, s. 102.

musimy również mieć na uwadze, że cząsteczki w komórkach podlegają stałym przemianom. Są one warunkowane przemianami energii. Na Ziemi głównym źródłem energii jest Słońce, a jej nośnikiem w komórkach jest cząsteczka zwana ATP. Każda komórka jest skomplikowanym systemem połączeń funkcjonalnych między poszczególnymi organellami i innymi komórkami. Wszystkie zachodzące w komórce reakcje chemiczne i procesy muszą być skoordynowane w czasie i przestrzeni. Rolę regulatorów i katalizatorów pełnią białka. Pamięć o budowie białek, czyli kolejności aminokwasów ustalonej w drodze ewolucji, zawarta jest w informacji genetycznej.

Kwasy nukleinowe –
nośnikiem informacji o budowie białek

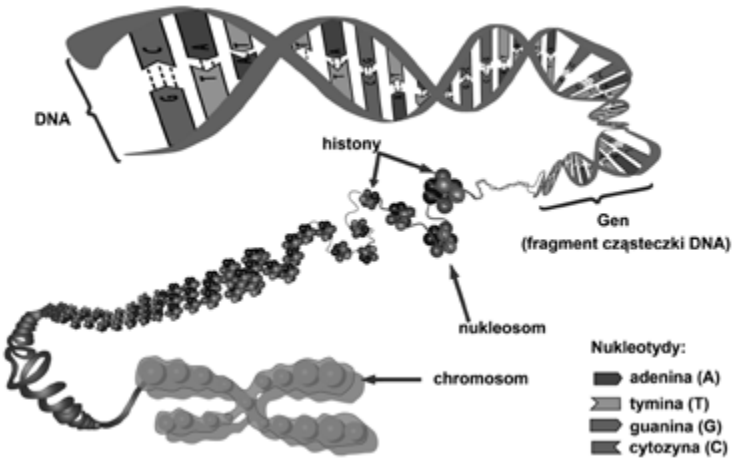
Nośnikiem informacji genetycznej o budowie białek są kwasy nukleinowe. Kwasy nukleinowe, które występują w komórce to DNA (kwas deoksyrybonukleinowy) i RNA (kwas rybonukleinowy). DNA jest nośnikiem informacji genetycznej, a rolą RNA jest realizacja, czyli wykorzystanie informacji genetycznej zawartej w cząsteczce DNA. Informacja zawarta w DNA stanowi swoistą księgę receptur tworzenia białek, według których rozwija się i funkcjonuje poszczególna komórka. Z uwagi na swoją rolę DNA jest strukturą bardzo stabilną. Trwałość i stabilność DNA zapewnia między innymi struktura przestrzenna cząsteczki (zawsze dwuniciowa helisa - rycina 1) oraz jej lokalizacja w komórce – jądro komórkowe. W komórce DNA traktowany jest więc jak drogocenna księga, a możliwość wykorzystania zawartych w niej treści warunkowana jest utworzeniem jej kopii – RNA.

Rycina 1. Struktura kwasów nukleinowych

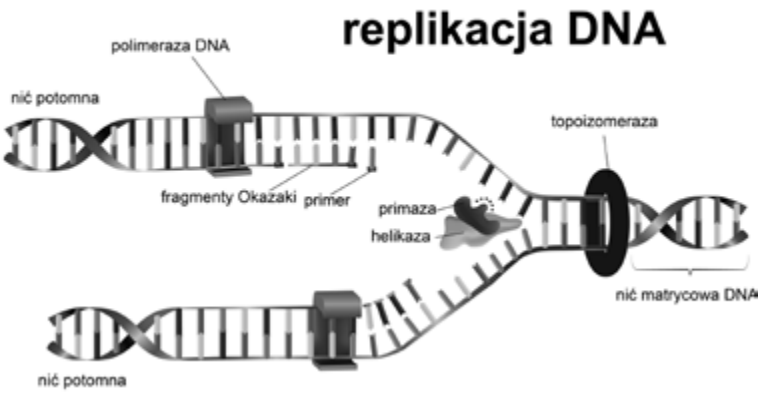
Podstawowy element tworzący kwas nukleinowy nazywamy nukleotydem. Nukleotyd zbudowany jest zawsze z cząsteczki cukru (w DNA to deoksyryboza, w RNA to ryboza), reszty kwasu fosforowego oraz jednej z czterech zasad azotowych. Trzy z nich: adenina (A), guanina (G) i cytozyna (C) występują zarówno w cząsteczce DNA jak i RNA. Tymina (T) obecna jest w cząsteczce DNA, podczas gdy uracyl (U) występuje w cząsteczce RNA.

Cząsteczki DNA i RNA występujące w komórkach różnią się budową. W skład cząsteczki DNA wchodzą zazwyczaj dwa ułożone przeciwstawnie łańcuchy polinukleotydów. Posiadają one komplementarne (dopełniające) względem siebie sekwencje, ciągi nukleotydów. Takie ułożenie przyczynia się do stabilizacji struktury w wyniku wytworzenia podwójnych wiązań wodorowych między zasadami azotowymi: adeniną i tyminą, oraz potrójnych między guaniną i cytozyną. Pary zasad obu nici znajdują się w centrum cząsteczki. Łańcuchy polinukleotydowe zwijają się wokół wspólnej osi, tworząc podwójną helisę. Jeden pełny skręt w obrębie helisy odpowiada zazwyczaj 10 zasadom azotowym. Długość całkowita DNA w komórce człowieka wynosi około 2 metrów. Tak duża ilość materiału genetycznego, która znajduje się w pojedynczej komórce, wymaga odpowiedniego upakowania. DNA zgromadzone jest zgodnie z zasadą upakowania w możliwie najmniejszej objętości z jednoczesnym utrzymaniem takiej formy magazynowania, aby dostęp do gromadzonego materiału był możliwie najłatwiejszy. Takie upakowanie DNA możliwe jest dzięki złożonym oddziaływaniom pomiędzy różnymi makrocząsteczkami. Dwuniciowa struktura DNA upakowana jest w pętlach umieszczonych na rdzeniu białkowym (histonach), tzw. nukleosomach (rycina 2), niczym nić na szpulce. Podwójna nić zwinięta na białkach histonowych ulega dalszemu upakowaniu poprzez utworzenie ciasnej spirali. Taka nić dalej tworzy pętle doczepione do białkowego rdzenia, tworząc ostatecznie strukturę chromosomu. Upakowany w chromosomie DNA zagęszczony jest około 10 000-krotnie w porównaniu do rozprostowanej podwójnej nici. Ideowym odniesieniem upakowania DNA mogą być regały z książkami w bibliotece. Na każdym indywidualnym regale ułożone są liczne książki, w taki sposób, aby dostęp do nich był nieograniczony. W komórce człowieka znajdują się 23 pary chromosomów, z czego 22 pary to tzw. autosomy, które odpowiadają za przechowywanie informacji o wszystkich dziedziczonych przez nas cechach, oraz jedna para chromosomów płci.

Ułożone w szeregu nukleotydy w nici DNA, które zawierają informacje o budowie białka, czyli o kolejności tworzących go aminokwasów, nazywamy genem. Kompletna informacja genetyczna żywego organizmu to genom. Termin ten



Rycina 2. Schemat upakowania DNA



Rycina 3. Schemat replikacji DNA

odnosi się zwykle do materiału genetycznego zawartego w pojedynczym (haploidalnym) zestawie chromosomów. W komórce wielu organizmów występuje podwójna ilość informacji genetycznej (diploidalna, 2n). Połowa informacji genetycznej pochodzi od matki (zawarta w komórce jajowej), druga pochodzi od ojca (zawarta w plemniku). W komórce występują więc pary chromosomów homologicznych. Struktury te zawierają te same geny, ale w różnych wariantach (allelach). Jeden z nich pochodzi od matki, drugi od ojca. Lokalizacja danego genu na chromosomie nosi nazwę locus. To adres genu. A cechy organizmu ukształtowane w wyniku działania genów w odpowiedzi na warunki środowiska to fenotyp osobnika.

Cząsteczka RNA, w przeciwieństwie do podwójnej nici DNA, jest jednoniciowa. Cząsteczki RNA pełnią rozmaite funkcje w komórce, przez co różnią się od siebie nie tylko strukturą, ale i lokalizacją. Dla zrozumienia omawianych zagadnień należy wspomnieć o trzech z nich: informacyjnym RNA (tzw. matrycowe RNA, mRNA), rybosomalnym RNA (rRNA) oraz transferowym RNA (tzw. transportowy RNA, tRNA). mRNA ma za zadanie przenieść informację zawartą w DNA do miejsca syntezy białek. Cząsteczka ta stanowi matrycę do produkcji białka. Kolejność nukleotydów w mRNA określa kolejność aminokwasów w łańcuchu białkowym. rRNA stanowi około 80% całego komórkowego RNA. Jest istotnym składnikiem m.in. rybosomów, na których odbywa się synteza białka. tRNA pełni w komórce funkcje cząsteczki adaptorowej. Jego zadaniem jest transport poszczególnych aminokwasów z cytoplazmy do rybosomów. Każdy aminokwas może być transportowany przez jeden lub kilka różnych tRNA.

Przekazywanie informacji genetycznej: DNA-RNA-białko

Nowy organizm człowieka powstaje w wyniku następstw zdarzeń wynikających z połączenia męskiej i żeńskiej komórki rozrodczej, które prowadzą do powstania zygoty. Aby z jednokomórkowej zygoty powstał wielokomórkowy organizm, komórki muszą wielokrotnie się podzielić, zróżnicować i dać początek wielu liniom komórek, a te w ostateczności utworzyć organy, m.in. serce, mózg, nerki, płuca czy jajniki lub jądra. Z uwagi na rolę, jaką mają pełnić komórki, w organizmach rozmnażających się płciowo rozróżniamy dwa typy komórek. Są to komórki, które biorą udział w rozmnażaniu płciowym (komórki rozrodcze męskie i żeńskie, tzw. komórki generatywne) oraz komórki, które nie biorą w nim udziału (wszystkie pozostałe, tzw. komórki somatyczne). Bez względu na to, jaki typ komórek ma ulec podziałowi, przed rozpoczęciem tego procesu w każdej komórce musi w pierwszej kolejności dojść do procesu powielenia informacji genetycznej, czyli do procesu replikacji DNA (rycina 3).

Proces ten przebiega w jądrze komórkowym. Jest to proces półzachowawczy, co oznacza, że w każdej z dwóch uzyskanych podwójnych nici DNA jedna nić będzie pochodziła od komórki macierzystej, a druga komplementarna będzie nowo powstałą. Proces ten wymaga zaangażowania wielu białek enzymatycznych: topoizomerazy (odpowiada za rozplatanie i ponowne skręcanie się podwójnej nici DNA), helikazy (rozrywa wiązania wodorowe między nićmi matrycowego DNA), prymazy (syntetyzuje starter RNA), polimerazy DNA (katalizuje reakcję łączenia się kolejnych nukleotydów w tworzącej się nici polinukleotydów), egzonukleazy (usuwa startery RNA z nici) czy ligazy DNA (uzupełnia brakujące wiązania fosfodiestrowe w szkielecie nowej nici DNA). Zważywszy na niewielki błąd włączenia innego nukleotydu (1 na 109 nukleotydów), powstałe cząsteczki DNA będą identyczne.

Należy pamiętać, że DNA zazwyczaj występuje w jądrze komórkowym w formie rozplecionej nici, co umożliwia łatwiejszy dostęp do informacji. Dopiero podczas podziałów komórkowych wyodrębniają się chromosomy. Z uwagi na replikację ilość informacji genetycznej w chromosomie jest podwojona. Chromosom po replikacji, ale przed podziałem komórkowym składa się więc z dwóch chromatyd siostrzanych.

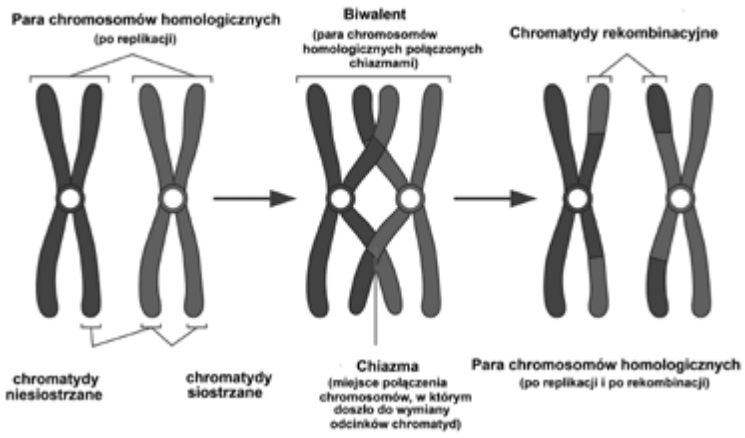
Po replikacji następuje proces podziału komórki. Najczęściej występującym procesem podziału komórkowego jest mitoza. W organizmie ludzkim w ten sposób dzielą się wszystkie komórki z wyjątkiem komórek rozrodczych. W wyniku mitozy z komórki macierzystej powstają dwie komórki potomne. Komórki te posiadają jądra komórkowe zawierające taką samą informację genetyczną i taką samą jej ilość (liczbę chromosomów) jak w komórce macierzystej, która uległa podziałowi. Celem mitozy jest wytworzenie nowych komórek potomnych identycznych z macierzystymi, przez co możliwy jest wzrost i regeneracja tkanek.

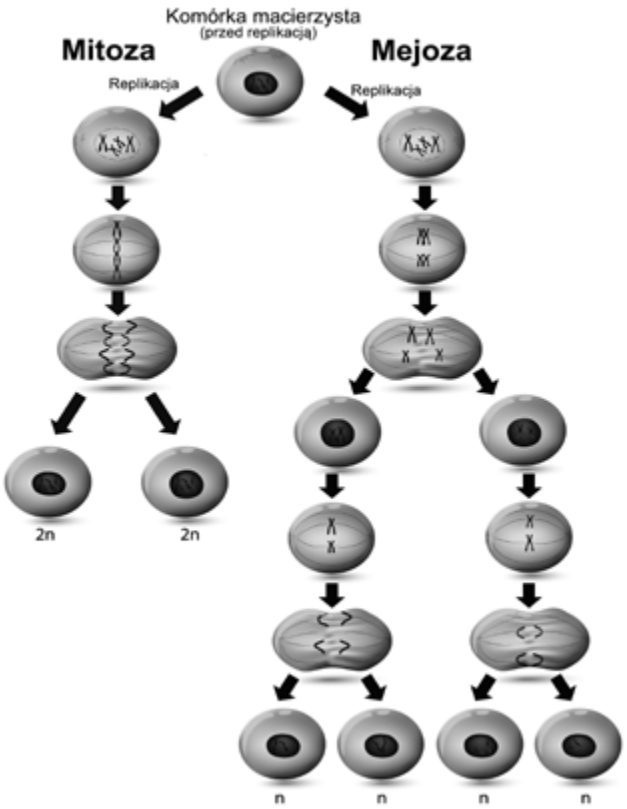
W olbrzymim skrócie: podczas mitozy zanika błona jądrowa, rozpleciona nić DNA ulega kondensacji, co skutkuje możliwością zaobserwowania chromosomów, formuje się wrzeciono podziałowe. Chromosomy układają się w płaszczyźnie równikowej komórki, tworząc płytkę metafazową. Wrzeciono podziałowe przyczepia się do chromosomów, a w wyniku jego aktywności następuje rozdzielenie chromatyd siostrzanych. Powstają w ten sposób chromosomy potomne. Następnie dochodzi m.in. do podziału cytoplazmy i odbudowania błony jądrowej wokół dwóch jąder komórkowych. Powstają dwie komórki diploidalne.

Komórki rozrodcze powstają w wyniku podziału mejotycznego. Celem mejozy jest zredukowanie o połowę ilości informacji genetycznej zawartej w jądrze komórkowym i produkcja komórek generatywnych (np. komórek jajowych i plemników). Ponadto podczas tego procesu dochodzi do zwiększenia różnorodności genetycznej, powstania nowej kombinacji genów. Związane jest to z wymianą informacji genetycznej między chromosomami tej samej pary (ang. crossing-over - rycina 4). Ostatecznie, w wyniku mejozy z jednej dzielącej się komórki otrzymujemy cztery komórki potomne o zredukowanej, pojedynczej ilości DNA (haploidalne). W ten sposób każda z gamet zawiera zazwyczaj po jednym chromosomie z pary. Następnie, w wyniku zapłodnienia i połączenie się dwóch haploidalnych gamet w każdym jądrze komórkowym nowego zarodka znajdują się ponownie dwa zestawy chromosomów. Komórki zarodka stają się ponownie komórkami diploidalnymi. Informacja genetyczna organizmu potomnego jest kombinacją informacji genetycznej pochodzącej od rodziców. Szczegółowy przebieg mitozy i mejozy przedstawia schemat na rycinie 5.

Podział komórek wymaga syntezy nowych białek. Produkcja białek wymaga natomiast odczytania informacji zakodowanej w nici DNA. Ten proces przebiega etapowo (rycina 6). Najpierw musi powstać kopia DNA w postaci mRNA. Kolejnym etapem jest transport mRNA z jądra komórkowego do cytoplazmy, a następnie odczytanie zakodowanej informacji na rybosomach i synteza białka (rycina 7). Proces powstawania kopii DNA w postaci RNA to transkrypcja. Proces ten ma za zadanie ochronić informację zawartą

Rycina 4. Schemat wymiany fragmentów chromosomów

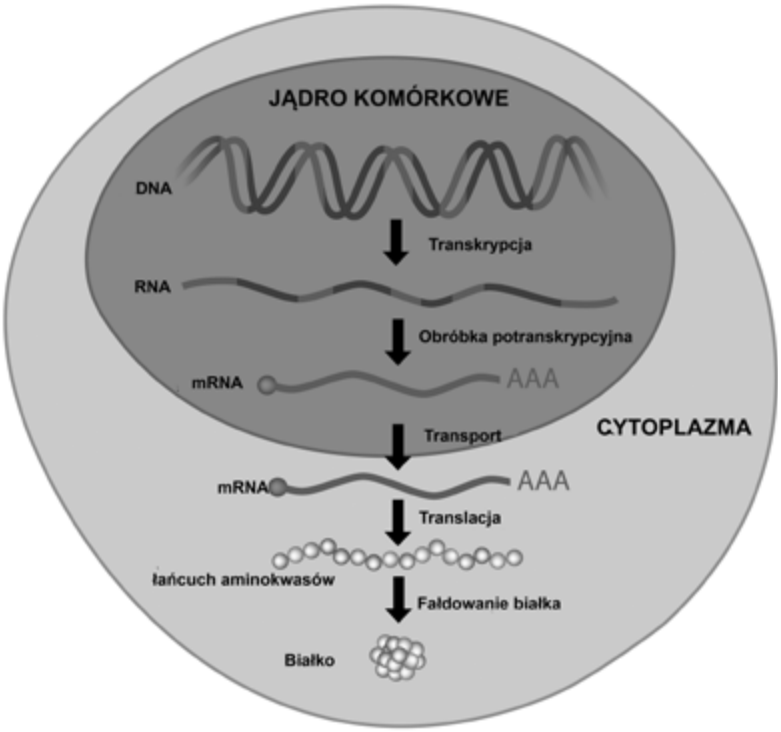




Rycina 5. Schemat podziałów komórkowych

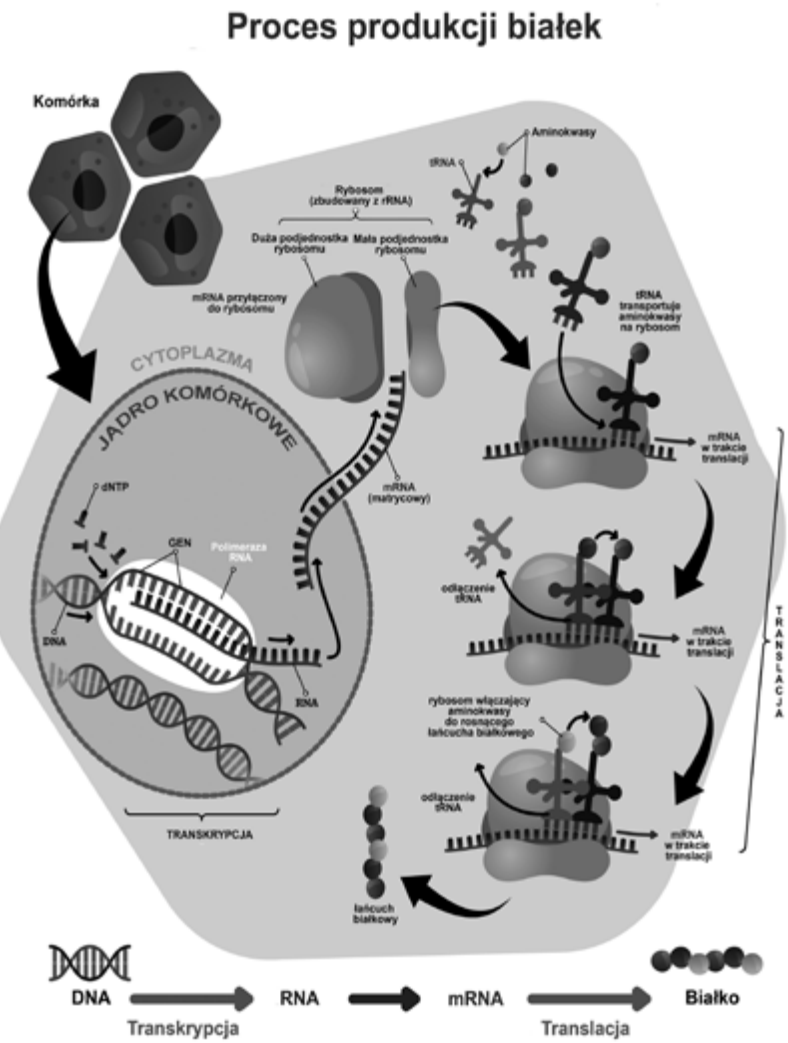
w DNA i jednocześnie umożliwia powstanie możliwie dużej ilości kopii receptury, które stanowią matrycę do tworzenia białka. Geny organizmów eukariotycznych charakteryzują się budową nieciągłą, co oznacza, że nie każdy fragment DNA w obrębie danego genu zostanie wykorzystany do produkcji białka. Dlatego też, powstały w jądrze komórkowym RNA podlega tzw. obróbce potranskrypcyjnej, w wyniku której tworzony jest matrycowy RNA (mRNA). W czasie tego procesu następuje wycinanie niekodujących fragmentów w obrębie skopiowanej sekwencji pierwotnego transkryptu (pre-mRNA). Obecność fragmentów niekodujących (tzw. intronów) umożliwia wykorzystywanie alternatywnych miejsc składania genów oraz mieszanie (taksowanie) i podwojenie (duplikacja) fragmentów kodujących (eksonów) – w uproszczeniu: powstanie kilku wariantów białek z jednego fragmentu DNA. Przyczynia się to do powiększenia różnorodności genetycznej. Następnie cząsteczka mRNA (matryca) przetransportowana zostaje z jądra komórkowego („biblioteki") do cytoplazmy („kuchni").

Tutaj informacja zostaje odszyfrowana z wykorzystaniem kodu genetycznego i przekształcona w funkcjonalne białko. Proces ten nazywa się translacją. Proces ten warunkowany jest obecnością elementów odszyfrowujących kod (tRNA – cząsteczek RNA odpowiedzialnych za transport i przyłączenie aminokwasów), składników białek (wolnych aminokwasów) oraz struktur komórkowych (rybosomów, kompleksów białek z rRNA). Cząsteczka tRNA posiada dwa ważne miejsca: miejsce przyłączenia aminokwasu, które znajduje się na jednym z końców tRNA oraz tzw. antykodon – sekwencję, za pomocą której tRNA przyłącza się do nici mRNA. Podczas translacji mRNA przesuwa się na rybosomie jak na taśmie produkcyjnej. Do kolejnych nukleotydów w nici mRNA przyłączają się cząsteczki tRNA niosące odpowiedni aminokwas. Aminokwasy łączą się ze sobą i jednocześnie



Rycina 6. Schemat przekazywania informacji genetycznej

Rycina 7. Schemat procesu produkcji białka



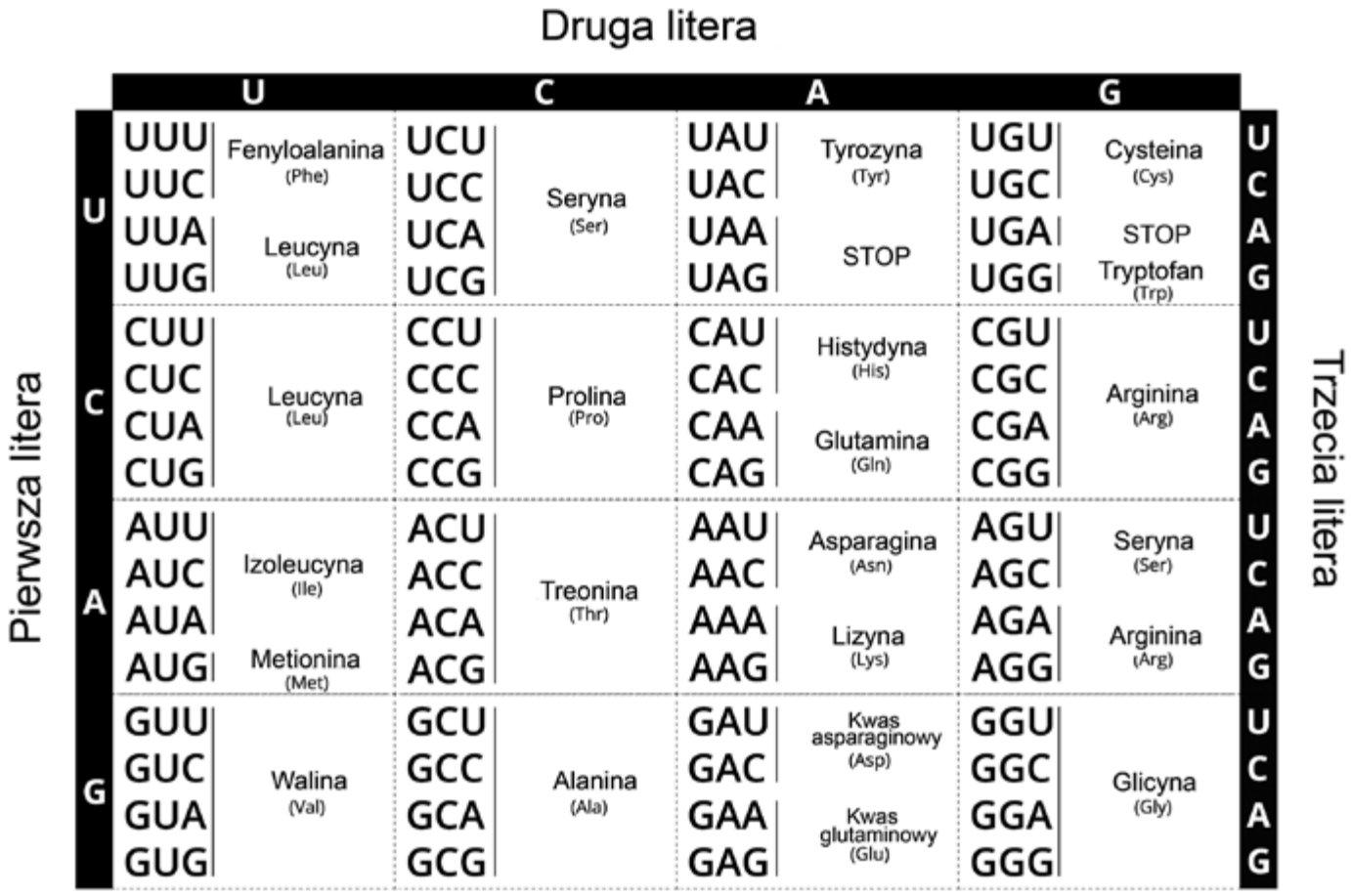
odłączają się od tRNA. tRNA wraca do cytoplazmy po kolejny aminokwas. Cykl powtarza się aż tRNA natrafi na kodon „stop". Powstaje w ten sposób łańcuch aminokwasów, który tworzy nowe białko. Prawidłowo powstałe białka są transportowane do miejsca ich przeznaczenia, nieprawidłowe ulegają degradacji. Proces transkrypcji i translacji zachodzi w komórce zawsze, gdy potrzebne jest białko. Ilość nowych białek i ich rodzaj zależy od aktualnych potrzeb komórki, a procesy regulowane są przez inne białka czy ich modyfikacje.

Kod genetyczny

Informacja o 20 podstawowych aminokwasach tworzących białka zakodowana jest z wykorzystaniem kombinacji czterech nukleotydów zawartych w DNA, a następnie przepisanych na mRNA. Wiemy, że ilość możliwych kombinacji unikatowych kodów zależy od liczby wykorzystanych w kodowaniu znaków. Zapis informacji dotyczący 20 aminokwasów nie byłby więc możliwy, gdyby jeden nukleotyd oznaczał jeden aminokwas. W systemie jedynkowym (cztery nukleotydy) szyfrowana byłaby informacja dla czterech aminokwasów. Nadal brakowałoby możliwości zakodowania kolejnych 16 aminokwasów. Podobnie wyglądałaby sytuacja, gdyby obowiązywał system dwójkowy. Kombinacja 4 nukleotydów w obrębie dwóch miejsc w kodzie to możliwość zakodowania 16 aminokwasów. Nadal brakowałoby kodu dla czterech aminokwasów. Najprostszym kodem umożliwiającym zaszyfrowanie dwudziestu aminokwasów jest więc kod trójkowy z kombinacją 4 nukleotydów (4x4x4 = 64). Jest to najprostsza forma zapisu danych. To ona odniosła sukces.Ten sposób zapisu występuje w każdej żywej komórce.

Kod genetyczny jest więc trójkowy – trzy nukleotydy tworzą tzw. kodon, który odpowiada zazwyczaj jednemu aminokwasowi. Kod genetyczny jest również jednoznaczny – jedna trójka wyznacza tylko jeden aminokwas; zdegenerowany – jeden aminokwas może być zapisany za pomocą kilku różnych kodonów; bezprzecinkowy – pomiędzy kodonami nie ma żadnych znaków przystankowych ani wolnych nukleotydów, a informacja odczytywana jest w sposób ciągły; niezachodzący – jeden kodon nie zachodzi na sąsiedni, nie ma więc możliwości, żeby trzeci nukleotyd pierwszego kodonu był jednocześnie pierwszym nukleotydem następnego kodonu; a co najważniejsze kod genetyczny jest uniwersalny – sposób zapisu informacji obowiązuje w całym świecie organizmów żywych. Powszechność występowania kodu genetycznego jest dowodem jedności świata żywego i wskazuje na wspólne pochodzenie organizmów. Tak więc trzy kolejne nukleotydy tworzą jeden kodon, który koduje jeden aminokwas. Proces syntezy białka wykorzystuje informację przepisaną z DNA na RNA, dlatego też odczytywana na rybosomie sekwencja nukleotydów to sekwencja mRNA. Proces syntezy białka rozpoczyna się z chwilą odczytania przez tRNA instrukcji „start". Jest nim kodon AUG, który koduje aminokwas metioninę. Kodony UAA, UAG i UGA

KOD GENETYCZNY



Rycina 8. Kod genetyczny

nie wyznaczają żadnego aminokwasu, a informacja w nich zawarta odczytywana jest jako „stop" – zakończenie syntezy białka na rybosomie. Pozostałe trójki nukleotydów kodują odpowiednie aminokwasy (rycina 8).

Sposób kodowania informacji genetycznej, przebieg procesu replikacji, transkrypcji i translacji, liczba nukleotydów i aminokwasów oraz zasady łączenia ich w szeregi są uniwersalne dla praktycznie każdego organizmu żywego. Zróżnicowanie w królestwie roślin i zwierząt wynika z zapisanej w jądrach komórkowych informacji genetycznej przekazywanej z pokolenia na pokolenie. Wykorzystując rachunek prawdopodobieństwa, liczba teoretycznych białek zakodowanych w obrębie nici DNA jest większa od liczby znanych aktualnie biochemikom. Możliwość reorganizacji fragmentów RNA podczas obróbki potranskrypcyjnej umożliwia produkcję różnych białek z wykorzystaniem tej samej sekwencji DNA. W DNA zakodowane jest nie tylko powstanie komórki, ale i jej śmierć. Uwarunkowana jest ona liczbą podziałów komórkowych. Zaburzenie tego procesu prowadzi do nieśmiertelności komórki, czyli cechy komórek nowotworowych. Nieprawidłowości przebiegu procesów związanych z powielaniem DNA prowadzą do mutacji. Mutacje obejmują zmiany pojedynczych nukleotydów podczas replikacji czy transkrypcji, nieprawidłowego wbudowania aminokwasu podczas translacji, czy też nieprawidłowego rozejścia się chromosomów podczas podziałów komórkowych. Mutacje na poziomie komórek somatycznych wpływają na funkcjonowanie danego osobnika, podczas gdy nieprawidłowości w czasie tworzenia komórek rozrodczych decydują o cechach osobników potomnych. Procesy replikacji i podziału komórek, losowego łączenia się komórek rozrodczych czy mutacji przyczyniają się do powstania nowej kombinacji informacji genetycznej, a tym samym zwiększenia różnorodności genetycznej, a w konsekwencji być może różnorodności gatunkowej. ■

Różnorodność genetyczna jako podstawa bioróżnorodności

Weronika B. Żukowska, Emilia Pers-Kamczyc

Rdz 30:39 „I tak parzyły się zwierzęta z trzód przed tymi patykami, i wskutek tego dawały przychówek o sierści prążkowanej, pstrej i cętkowanej.” (BT99)

Człowiek od niepamiętnych czasów, choć początkowo nieświadomie, wykorzystywał genetykę do własnych celów. Hodował bydło i uprawiał rośliny o określonych cechach po to, aby otrzymać zwierzęta silniejsze, dające więcej mięsa, mleka czy wełny oraz rośliny odporne na choroby i o wyższym urodzaju. Dobór odpowiednich odmian do krzyżowań, czyli selekcja, która trwała tysiące lat, doprowadziła do tego, że dziś możemy cieszyć się bogatym wachlarzem kolorów, zapachów i smaków produktów zarówno roślinnych, jak i pochodzenia zwierzęcego. Jednocześnie praktyki te spowodowały spadek różnorodności genetycznej wielu gatunków. Ochrona różnorodności genetycznej jest szczególnie ważna w obliczu prognozowanych zmian klimatycznych.

Czym jest różnorodność genetyczna?

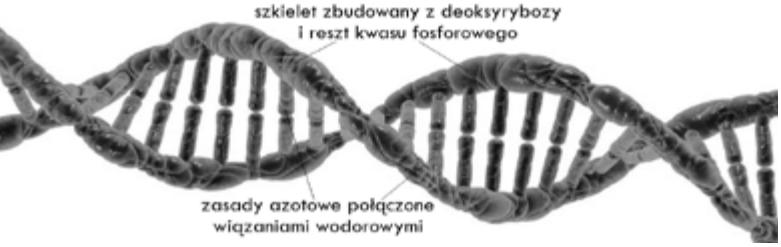
Różnorodność genetyczna stanowi podstawowy poziom bioróżnorodności, która obejmuje także kolejne dwa poziomy: różnorodność gatunkową i ekosystemową (rycina 1). Pojęcie bioróżnorodności można zdefiniować jako zróżnicowanie form życia na wszystkich poziomach jego organizacji. Rozumiemy ją jednak intuicyjnie jako „bogactwo życia”. Różnorodność genetyczna oznacza występowanie różnic w materiale genetycznym osobników należących do jednej populacji[1]. Drugi poziom bioróżnorodności to różnorodność gatunkowa, czyli współwystępowanie różnych gatunków zajmujących określony obszar. Trzeci i najwyższy poziom to różnorodność ekosystemowa, którą możemy opisać jako zróżnicowanie środowiska i wszystkich występujących w nim organizmów, które wzajemnie na siebie oddziałują. Nie sposób przecenić znaczenia bioróżnorodności, która wpływa na jakość naszego życia codziennego i od której zależy los przyszłych pokoleń.

Rycina 1. Trzy poziomy różnorodności biologicznej

Źródła zmienności genetycznej

Informacja genetyczna zapisana jest w cząsteczce o tajemniczej nazwie kwas deoksyrybonukleinowy, w skrócie DNA (ang. deoxyribonucleic acid). DNA jest wielkocząsteczkowym związkiem chemicznym, który występuje w niemal wszystkich komórkach naszego organizmu. Pod względem chemicznym DNA zbudowany jest z powtarzających się elementów – nukleotydów, które niczym cegiełki tworzą bardzo długie sekwencje. Każdy nukleotyd zawiera jedną z czterech zasad azotowych (adeninę, tyminę, cytozynę lub guaninę), które oznaczamy literami (odpowiednio A, T, C lub G). Nukleotydy możemy porównać do liter w alfabecie, które w zależności od ułożenia tworzą różne słowa. Oprócz zasady azotowej w skład pojedynczego nukleotydu wchodzi także cukier deoksyryboza i reszta kwasu fosforowego. Dwa długie sznury nukleotydów ułożone są w przeciwnym kierunku, tworząc trójwymiarową skręconą strukturę podwójnej helisy DNA (rycina 2). DNA zawiera informacje potrzebne do powstania białek będących „cząsteczkami życia”. Białka pełnią bowiem tak różnorakie funkcje, że umożliwiają rozwój i funkcjonowanie żywego organizmu. Fragment DNA, który koduje pojedyncze białko,

Rycina 2. Schematyczna reprezentacja podwójnej helisy DNA



1. Populacja – grupa osobników jednego gatunku zajmujących określony obszar i współwystępujących w tym samym czasie. Przedstawiciele jednej populacji mogą swobodnie się krzyżować, dając płodne potomstwo. W związku z tym, że zajmują oni ten sam obszar, korzystają z tych samych zasobów i pozostają pod wpływem takich samych warunków środowiska. Populację stanowią np. zające na danej łące albo jabłonie w konkretnym sadzie.

nazywany jest genem. Ten sam gen może mieć różne wersje, które nazywane są allelami. Kolejność, czyli sekwencja nukleotydów, decyduje o tym, jakie białka zapisane są w danym odcinku DNA. Choć DNA przedstawicieli tego samego gatunku jest bardziej podobne niż DNA przedstawicieli różnych gatunków, wszystkie osobniki w pewnym stopniu różnią się między sobą pod względem genetycznym. Skąd jednak biorą się te różnice? Podstawowym źródłem tej zmienności są zjawiska mutacji i rekombinacji.

Mutacje to zmiany w sekwencji DNA obejmujące zmiany jakościowe (zmiana jednego nukleotydu na inny) i liczbowe (utrata/dodanie jednej lub kilku par nukleotydów). Mogą dotyczyć pojedynczych genów, ale także większych fragmentów DNA, a nawet całych chromosomów. Mutacje zwykle zachodzą spontanicznie w wyniku błędów podczas powielania DNA. Istnieje jednak szereg czynników środowiskowych, które mają działanie mutagenne, np. promieniowanie jonizujące i ultrafioletowe lub niektóre odczynniki chemiczne. Mutacje mogą powodować zmianę kodowanej informacji, a w konsekwencji zmianę w strukturze powstających białek. Finalnie prowadzą więc do zmian w fenotypie[2]. Należy pamiętać, że dana cecha zwykle jest zależna od wielu genów, a mutacje mają różne konsekwencje dla zdolności adaptacyjnych danego osobnika. Mogą być korzystne, neutralne lub niekorzystne. Mutacje korzystne są faworyzowane przez selekcję naturalną[3]. Mutacje neutralne utrzymują się w populacji, ponieważ zazwyczaj dotyczą tych części DNA, które nie kodują białek. Mutacje niekorzystne powodują obniżenie zdolności dostosowania do warunków środowiska, dlatego są stopniowo eliminowane. Mogą skutkować chorobami lub obniżeniem rozrodczości. W skrajnych przypadkach mutacje niekorzystne prowadzą do śmierci organizmu. Nazywamy je wówczas letalnymi.

Zmienność rekombinacyjna jest wynikiem trzech zjawisk: 1) niezależnej segregacji chromosomów[4], 2) wymiany odcinków chromosomów podczas podziału mejotycznego komórki (tzw. zjawiska crossing-over) oraz 3) losowego łączenia się gamet (u człowieka: komórki jajowej i plemnika) podczas zapłodnienia. Brzmi skomplikowanie, ale najprościej mówiąc, w efekcie rekombinacji zestaw genów dziedziczonych od rodziców ulega „przetasowaniu" niczym karty w grze, gdzie każdy osobnik potomny otrzymuje inny zestaw alleli, tak samo jak każdy gracz otrzymuje inny zestaw kart. Tempo mutacji u człowieka i wielu innych organizmów żywych jest niskie, dlatego zmienność rekombinacyjna jest podstawowym źródłem zmienności genetycznej – dzieci tych samych rodziców (o ile nie są bliźniętami jednojajowymi) zdecydowanie różnią się między sobą nie tylko wyglądem, ale także charakterem czy predyspozycjami. Połączenie unikalnych zestawów genów zawartych w żeńskiej i męskiej komórce rozrodczej daje jedyną i niepowtarzalną kombinację genów u osobnika potomnego.

Populacje i ich ewolucja

Różnorodność genetyczna rozpatrywana jest nie na poziomie pojedynczych osobników, ale populacji. W genetyce często mówi się o modelowej populacji, w której osobniki krzyżują się swobodnie i losowo, dając płodne potomstwo, a pokolenia nie zachodzą na siebie. Liczebność takiej populacji jest nieskończenie wielka, osobniki nie migrują i nie zachodzą mutacje. Założenia te stanowią fundament w genetyce populacyjnej i jeśli są spełnione, mówimy, że dana populacja pozostaje w równowadze genetycznej[5]. W rzeczywistości jednak taka idealna populacja nie istnieje. Powoduje to, że zestaw wszystkich genów (= pula genowa), który mają kolejne pokolenia, zmienia się. Dzięki temu populacja może ewoluować. Na pulę genową wpływają różnorakie czynniki, działające zarówno w przeszłości, jak i obecnie. Zaliczamy do nich mutacje, migracje, preferencje rozrodcze i selekcję naturalną. Znaczący wpływ na kształtowanie puli genowej mają także zmiany losowe, nie mające charakteru przystosowawczego, określane mianem dryfu genetycznego. Należy jednak zaznaczyć, że ewolucja nie odbywa się według przewidywalnego planu i najprostszą drogą. Jednocześnie jest zjawiskiem, którego nie unikniemy, bo przedmiotem jej zmian jest nasz materiał genetyczny. Krótko mówiąc, wszyscy jesteśmy „skazani" na ewolucję, choć proces ten jest bardzo rozciągnięty w czasie. Z tego powodu nie możemy zaobserwować jego działania w trakcie naszego życia.

Duże populacje mają większe szanse na przetrwanie i dostosowanie do zmian środowiska, ponieważ ich pula genowa jest bogatsza i zawiera wiele alleli, które nie są niezbędne w danych warunkach. Może się jednak okazać, że w wyniku zmian środowiska staną się one korzystne, umożliwiając w ten sposób szybkie przystosowanie populacji do tych zmian. Łatwiej jest bowiem skorzystać z gotowych alleli niż liczyć na pojawienie się mutacji, które doprowadzą do ich powstania. Wysoka różnorodność genetyczna jest zatem swego rodzaju polisą ubezpieczeniową na przyszłość, zapewniając ciągłość istnienia populacji i czyniąc ją odporną na zmiany środowiskowe.

Jak możemy badać różnorodność genetyczną?

W celu opisu różnorodności genetycznej na poziomie DNA wykorzystujemy markery genetyczne, czyli niewielkie frag-

2. Fenotyp – zbiór mierzalnych i obserwowalnych cech osobnika, np. kolor oczu, skóry, grupa krwi, budowa ciała.

3. Selekcja naturalna – jeden z mechanizmów ewolucji, który prowadzi do utrwalenia korzystnych mutacji, ponieważ zwiększają one szansę na dostosowanie do warunków środowiska i wydanie większej liczby potomstwa.

4. Człowiek ma 23 pary chromosomów. Nazywamy je chromosomami homologicznymi. W każdej parze jeden chromosom homologiczny zawiera allele od ojca, a drugi od matki. Podczas podziału mejotycznego komórki, który prowadzi do powstania gamet (komórek rozrodczych), każda gameta losowo otrzymuje po jednym chromosomie homologicznym z każdej pary. Można obliczyć, że 23 pary chromosomów dają aż ^23 = 8 388 608 możliwych kombinacji, czyli różnych gamet!

5. Ściślej: w równowadze Hardy'ego-Weinberga, od nazw odkrywców prawa, które opisuje taką hipotetyczną populację. Prawo to pozwala określić, jakie allele i z jaką częstością będą występowały u osobników potomnych.

Rycina 3. Przykłady markerów DNA

menty DNA, które różnią się między poszczególnymi osobnikami. Określony zestaw markerów genetycznych to profil genetyczny nazywany również „genetycznym odciskiem palca", ponieważ jest niepowtarzalny. Porównanie profili genetycznych pozwala na ustalenie pokrewieństwa, identyfikację ofiar i osób zaginionych, a także sprawców przestępstw. Do badania wystarczy próbka materiału, z której można pozyskać DNA, np. krew, ślina, włosy bądź odłamki kości. Fragmenty DNA zawierające badane markery DNA są następnie namnażane, rozdzielane i analizowane poprzez porównanie ze wzorcem. Niezmiernie ważnym elementem analizy jest obliczenie ryzyka przypadkowej zgodności dwóch profili genetycznych. Identyczne profile genetyczne powinny mieć jedynie organizmy będące swoimi klonami, jak wspomniane bliźnięta jednojajowe. Istnieje jednak znikome ryzyko, że taki sam profil genetyczny będą miały dwa niespokrewnione osobniki. W przypadku człowieka obecnie stosowane zestawy markerów pozwalają na uzyskanie dopasowania profili z wiarygodnością rzędu 99,99-100%. Najczęściej stosowanymi markerami DNA są mikrosatelity i polimorfizmy pojedynczego nukleotydu (rycina 3).

Mikrosatelity[6] to krótkie odcinki DNA zawierające powtarzające się sekwencje nukleotydów, np. TA. Poszczególne osobniki różnią się między sobą liczbą takich powtórzeń. Markery te są wysoce zmienne i szybko mutują. Zestaw kilkunastu mikrosatelit wystarcza do identyfikacji konkretnego osobnika. Polimorfizmy pojedynczego nukleotydu (ang. SNPs – single nucleotide polymorphisms) są najczęściej występującym typem zmienności w obrębie sekwencji DNA. Polimorfizm to inaczej wielopostaciowość. W przypadku markerów typu SNP dany fragment sekwencji DNA u poszczególnych osobników różni się jednym nukleotydem, czyli innymi słowy ma wiele postaci. Markery typu SNP są obecnie wykorzystywane np. w badaniach nad adaptacją populacji do warunków środowiska czy też w praktyce hodowlanej.

Markery genetyczne służą nie tylko do identyfikacji, ale także do określenia poziomu różnorodności genetycznej danej populacji bądź całego gatunku. W tym celu oblicza się określone parametry. Możemy je podzielić na te, które dotyczą liczby alleli w badanych markerach oraz poziomu heterozygotyczności. Większość organizmów, w tym człowiek, jest diploidalna, czyli posiada po dwa allele każdego genu – jeden od matki, a drugi od ojca. O heterozygotyczności mówimy wtedy, kiedy jeden osobnik ma dwa różne allele tego samego genu[7]. Jeśli są one takie same, mamy do czynienia z homozygotą. Im większa liczba alleli i im wyższa heterozygotyczność u osobników tworzących populację, tym wyższa jest jej różnorodność genetyczna. Z punktu widzenia identyfikacji i ochrony zagrożonych populacji ważna jest także efektywna wielkość populacji. Parametr ten informuje nas, ile osobników ma rzeczywisty wpływ na kształtowanie poziomu różnorodności genetycznej danej populacji. Jeśli jest zbyt niski, populacja taka może nie być w stanie przystosować się do zmian środowiska, a nawet wyginąć.

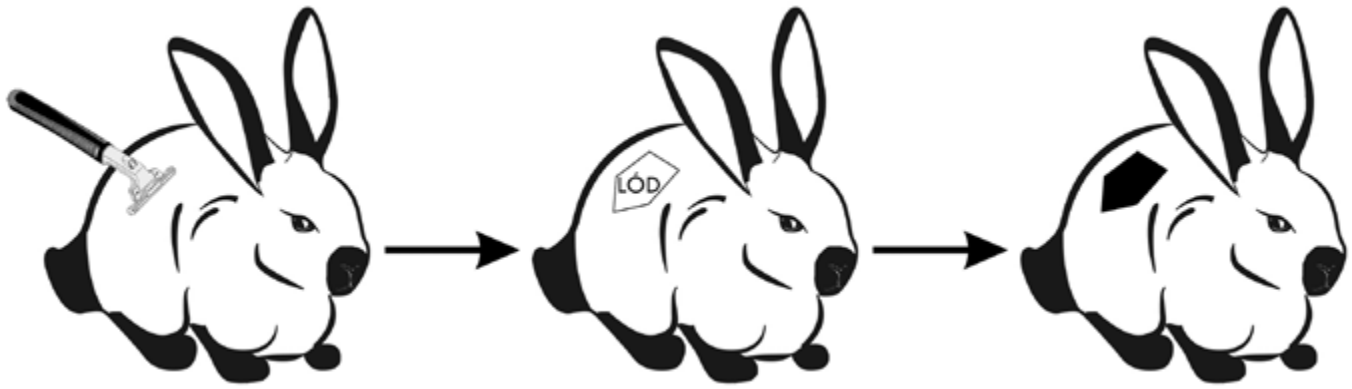
Współdziałanie genów i środowiska

Choć w DNA zapisana jest informacja na temat naszego fenotypu, to warunki środowiska mają decydujący wpływ na to, czy i jak ujawni się dana cecha. Dlatego też przywoływane już kilkakrotnie bliźnięta jednojajowe, mające przecież dokładnie to samo DNA, z biegiem czasu wykształcają coraz więcej różnic, w zależności od tego jak bardzo różnią się warunki, w których się wychowują. Jednym z przykładów ilustrujących wpływ środowiska na powstanie określonego fenotypu jest barwa jabłek. Barwa zasadnicza (zielona, zielono-żółta lub żółta) jest uwarunkowana genetycznie. Barwa drugorzędowa (tzw. rumieniec – czerwony) zależy od rodzaju i rozmieszczenia barwników w skórce, które warunkowane są przez czynniki środowiska, np. ilość światła i wahania temperatury. Część odmian ma tylko barwę zasadniczą. Jednocześnie dla wielu konsumentów to właśnie czerwone jabłka są synonimem najlepszych owoców. Tymczasem należy pamiętać, że kolor jabłek nie jest bezpośrednio powiązany z innymi cechami, takimi jak smak czy twardość, dlatego przy wyborze jabłek nie kierujmy się jedynie kolorem ich skórki. Zmiany fenotypowe powodowane przez czynniki środowiska nie są dziedziczne, dlatego odmiany jabłek z charakterystycznym rumieńcem są dużo trudniejsze w uprawie.

Wpływ środowiska na kształtowanie fenotypu ma szczególne znaczenie dla roślin, które nie mają zdolności przemieszczania się, w związku z tym trudniej jest im poradzić sobie ze zmianami środowiska. Wiele gatunków roślin wykazuje plastyczność fenotypową, dostosowując swój fenotyp do panujących warunków środowiska bez

6. W literaturze spotykamy także zamiennie określenia: krótkie powtórzenia tandemowe (ang. STRs – short tandem repeats) i proste powtórzenia sekwencji (SSRs – ang. short sequence repeats).

7. U człowieka każdy gen ma dwa allele, jednak zwykle nie są one równoważne. Te silniejsze nazywamy dominującymi, a słabsze recesywnymi. Allel dominujący wygrywa z recesywnym, dlatego, aby cecha, która związana jest z allelem recesywnym, ujawniła się w fenotypie, oba allele muszą być recesywne. W sposób recesywny dziedziczy się wiele chorób genetycznych, np. mukowiscydoza albo rdzeniowy zanik mięśni. Jeśli rodzice chorego dziecka są zdrowi, oznacza to, że są oni bezobjawowymi nosicielami recesywnego allela warunkującego chorobę, a ich dziecko ma 25% szans, że otrzyma dwa recesywne allele i będzie chore.



Rycina 4. Przebieg eksperymentu potwierdzającego plastyczność fenotypową u królików himalajskich, u których kolor futra zależy od temperatury

zmian na poziomie DNA. Obejmuje ona np. modyfikacje anatomiczne liści, korzeni lub nasion, ale także zmiany w fizjologii, które prowadzą chociażby do ograniczenia utraty wody w warunkach jej niedostatecznej dostępności. Plastyczność fenotypową obserwuje się także w królestwie zwierząt, choć zdecydowanie rzadziej i zwykle u organizmów bezkręgowych. Jednym ze spektakularnych przykładów plastyczności fenotypowej jest kolor futra królików himalajskich. Króliki te są białe, co sprzyja lepszemu maskowaniu się w terenie, na którym występują. Wyjątek stanowią uszy, pysk, łapy i ogon, które są chłodniejsze od reszty ciała, w związku z czym pozostają czarne. Z genetycznego punktu widzenia za zjawisko to odpowiada gen, który pozostaje aktywny w temperaturach z zakresu 15-25°C. Ma to swoje znaczenie adaptacyjne, gdyż ciemne futro nagrzewa się zdecydowanie szybciej, chroniąc organizm królika przed nadmiernym wychłodzeniem. Na dowód plastyczności fenotypowej kiedy ostrzyżono fragment skóry królika i przyłożono do niej lód, odrastające futro było koloru czarnego (rycina 4).

Wpływ praktyk hodowlanych na różnorodność genetyczną

Wielowiekowe praktyki hodowlane doprowadziły do zmniejszenia różnorodności genetycznej wielu roślin i zwierząt głównie poprzez skupienie hodowli na odmianach o wysokiej jakości i wydajności. Aby utrwalić wybraną cechę, często krzyżuje się osobniki blisko spokrewnione, co powoduje obniżenie różnorodności genetycznej kolejnych pokoleń. Szacuje się przykładowo, że wyginęło ok. 90% odmian pszenicy, kukurydzy i grochu. W latach 1845-1849 mieszkańcy Irlandii zostali zdziesiątkowani przez głód spowodowany przez zarazę ziemniaczaną. Jej bezpośrednią przyczyną była utrata genu odporności na tę chorobę w wyniku wyparcia starych odmian ziemniaka przez nowe. W przypadku zwierząt hodowlanych tylko ostatnie stulecie doprowadziło do wyginięcia około 50% ras, a wiele z nich jest obecnie rzadkich lub zanikających. Taka utrata różnorodności genetycznej i ograniczenie puli genowej populacji nazywana jest erozją genetyczną. Proces ten zachodzi naturalnie, ale w przypadku niektórych gatunków został znacznie przyspieszony przez człowieka. W wyniku erozji genetycznej spada zdolność przystosowania do zmian środowiska i wzrasta podatność populacji na choroby i skutki zdarzeń losowych takich jak katastrofy naturalne. Jednocześnie zmniejszeniu ulega zmienność fenotypowa – zanikają odmiany i rasy. W niewielkich populacjach erozja genetyczna może prowadzić nawet do ich wymarcia. Należy jednak podkreślić, że działalność człowieka może także prowadzić do zwiększenia różnorodności genetycznej. Dotyczy to odmian roślin ozdobnych, np. róż, a także ras zwierząt domowych.

Jak możemy chronić różnorodność genetyczną?

Różnorodność genetyczną możemy chronić in situ, czyli w miejscu naturalnego występowania określonej populacji bądź gatunku, oraz ex situ, czyli poza obszarami naturalnego występowania. Ochrona in situ realizowana jest przede wszystkim w sposób bierny poprzez wyznaczanie obszarów chronionych takich jak parki narodowe i rezerwaty przyrody. Ważną rolę pełnią miejscowi hodowcy, którzy w swoich gospodarstwach zachowują lokalne odmiany roślin i rasy zwierząt. Czynną formą ochrony in situ są restytucje, czyli wszelkie działania mające na celu zachowanie populacji i obszarów przez nie zajmowanych. Ochrona ex situ jest konieczna, jeśli populacje mają małą liczebność i niską różnorodność genetyczną oraz są izolowane od innych populacji, co uniemożliwia wymianę genów. Do form ochrony ex situ zaliczamy banki genów, archiwa klonów, a także ogrody botaniczne i zoologiczne. Banki genów to zwykle banki nasion. Przechowuje się w nich nie tylko nasiona odmian roślin hodowanych obecnie, ale także ich dzikich przodków. Ich nasiona mogą bowiem zawierać cenne geny np. odporności na choroby. W przypadku zwierząt gromadzi się próbki, z których możliwe jest wyizolowanie DNA, np. krew, pióra, fragmenty kości i skorupek jaj. Archiwa klonów są zbiorami różnych osobników, które są zachowywane pod postacią kilku identycznych kopii genetycznych, czyli właśnie klonów. Głównym celem archiwów klonów jest zabezpieczenie różnorodności genetycznej cennych populacji roślin, ale służą one także jako źródło materiału rozmnożeniowego.

Każdy z nas może mieć swój udział w ochronie różnorodności genetycznej. Przede wszystkim dbajmy o przyrodę. Kupując towary z lokalnego rynku, wspieramy miejscowych hodowców i ich wysiłki mające na celu zachowanie określonych odmian i ras. W Polsce działają organizacje, które zajmują się odnajdywaniem i rozpowszechnianiem dawnych odmian warzyw, drzew i krzewów owocowych oraz ziół i kwiatów. Przepisy regulujące obrót tymi odmianami uniemożliwiają korzystanie z nich w sposób całkowicie dowolny. Można to jednak robić w regionie, w małych ilościach i na własne potrzeby. Przy niewielkim wysiłku znajdziemy także hodowców zwierząt dawnych polskich ras, np. kur. ■

Różnorodne wróble

Piotr Tryjanowski

Wróbelek jest mała ptaszyna,
wróbelek istota niewielka,
on brzydką stonogę pochłania,
Lecz nikt nie popiera wróbelka

Więc wołam: Czyż nikt nie pamięta,
że wróbelek jest druh nasz szczery?!
. . . . . .
kochajcie wróbelka, dziewczęta,
kochajcie do jasnej cholery!

Konstanty Ildefons Gałczyński (1947)

Czyż to nie pewien paradoks, by w dyskusjach o bioróżnorodności dyskutować o wróblach? Ptaki małe, szare, pospolite i znane. A jednak… Bioróżnorodność, to świat żywych istot wokół nas. Tak, przy naszych domach, szkołach i uczelniach, niekoniecznie gdzieś daleko w tropikach. A wróbel świetnie łączy różnorodność od poziomu genetycznego, poprzez gatunkowy, aż po kształtowanie ekosystemów. Popatrzmy!

Jak wygląda wróbel, wie chyba każde dziecko. Tak było przynajmniej do niedawna. W codziennych rozmowach, dla opisania rozmiaru jakiegoś spotkanego ptaka mówiliśmy niemal automatycznie – o, taki wielkości wróbla. Jest to zresztą tak praktyczny i oczywisty punkt odniesienia, że używają go też autorzy przewodników terenowych dla ornitologów. Dla porządku dodam, że mówiąc „wróbel", zazwyczaj mamy na myśli wróbla domowego Passer domesticus, mierzącego ok. 16-18 cm długości ciała. Stanowi on niejako wzorzec całego rodzaju Passer, w obrębie, którego relacje systematyczne wcale nie są proste. Wyróżnia się 23 gatunki, z czego w Polsce gniazdują dwa z nich: wspomniany wróbel domowy, znany głównie z miast i przedmieść, oraz jego kuzyn z czekoladową czapeczką i plamką na policzku, liczniej spotykany w krajobrazie rolniczym, mazurek P. montanus.

Ktoś, kto nigdy dokładniej nie oglądał wróbli myśli, że są one szare. Część z nich, czyli samice i ptaki młodociane, rzeczywiście tak szaro i nieatrakcyjnie wygląda. Jednak u samców mamy do czynienia z prawdziwą grą kolorów, wariacjami na temat beżów, brązów i szarości. Całości dopełnia pięknie zarysowany czarny krawat i białawe policzki. Moim zdaniem – elegant bez zarzutu.

Samice wyglądają prawie wszędzie tak samo. Subtelne różnice w ich ubarwieniu mogą mylić nawet najbardziej wytrawnych ptasiarzy – do tego stopnia, że części ptaków nie sposób przypisać do określonego gatunku bez specjalnych badań genetycznych. Z samcami jest łatwiej. Podkreślanie ornamentów, długości i szerokości krawata, kontrastowość czapeczki i policzków, to samcza specjalność. Ornamenty świadczą o kondycji i statusie społecznym, ale także o poziomie testosteronu i sprawności układu immunologicznego. Wzorzystość i piękno szat jest więc dla wróbla kwestią fundamentalną, tak bardzo, że na ich podstawie stworzono nowy układ taksonomiczny, wyróżniając z dobrze nam zdanego gatunku P. domesticus, kolejne, czyli P. italiae, który wbrew nazwie jest gatunkiem charakterystycznym nie tylko dla Półwyspu Apenińskiego, ale i Korsyki. Dla odmiany na Sardynii występuje czysta populacja P. hispaniolensis. Z kolei w samej Hiszpanii, ale też na Bałkanach i w krajach Maghrebu populacje P. domesticus i P. hispaniolensis, raz żyją obok siebie jak porządne biologiczne gatunki, innym razem się krzyżując i tworząc najróżniejsze układy mieszańców. Wróble w zasadzie łamią granice gatunkowe dość łatwo, a nasz wróbel domowy krzyżuje się z dalszym kuzynem mazurkiem i później nawet wspólnie odchowują potomstwo.

Może jednak oderwijmy się na chwilkę od naszych ptaków i spójrzmy na kolebkę rodzaju Passer – Bliski Wschód. Poza naszymi dwoma dobrze znanymi wróblami, spotkamy tam także piękny gatunek, o politycznie niefortunnej w tej okolicy nazwie - wróbel palestyński P. moabiticus. Gwoli prawdy, w Palestynie też opisano podgatunek wróbla, dla uczczenia wiadomego dzieła nazwany Passer domesticus biblicus. Jednak wróbelek palestyński zachwyca bardziej. Piękny ptaszek, malutki, wielkości zaledwie 12 cm, charak-

teryzujący się wyraźnym dymorfizmem płciowym. Samica tego gatunku podobna jest do innych wróbli, choć zdecydowanie mniejsza i z żółtymi plamkami po bokach szyi. Natomiast ubarwienie samca jest bardziej kontrastowe, z popielatym wierzchem głowy i karkiem, oraz żółtymi plamami po bokach szyi – analogicznie do samicy. To trudno opisać, to trzeba zobaczyć – jak to mówią radiowi komentatorzy imprez sportowych. A z zobaczeniem nie jest trudno, ptak ten występuje licznie wielu krajach Bliskiego Wschodu. Na południu Izraela, w Eilat – kultowym celu wypraw ptasiarskich – będzie to jeden z pierwszych gatunków, który wpadnie nam w oko. Zwłaszcza, że czasami przelatuje w stadach liczących setki osobników. Jest też gatunkiem licznie wpadającym w sieci ornitologiczne w punktach badań przelotu ptaków. Gatunek ten jest w tym miejscu praktycznie osiadły, a pojedyncze osobniki potrafią się łapać kilka razy dziennie i porządnie zaplątać w oczka sieci. W praktyce powoduje to, że przez część obrączkarzy i badaczy ptaków uznawany jest za ptasi chwast – swego rodzaju dziwaka, na którego nie warto zwracać uwagi. Mnie jednak te małe wróble cieszyły prawie jak dzierzby. Potwierdzały jeden dobrze znany fakt – wróbel jest praktycznie wszędzie i prawie zawsze występuje w ilościach hurtowych.

Długo razem

Historia wróbla domowego – zarówno w ewolucyjnej przeszłości, w czasie kolonizacji nowych wysp i lądów, ale też w czasach dzisiejszych dynamicznych zmian wielkości populacji – związana jest z człowiekiem. Na dobre i na złe. Tego złego dzieje się niestety coraz więcej. By wróbla mogły z autopsji poznać nasze wnuki, trzeba mu pomóc. A to wcale nie musi być łatwe. Podejrzewa się, że wróbel w osiedlach ludzkich na Bliskim Wschodzie i w Afryce pojawił się już 12 tysięcy lat temu. Od tego czasu jest to współistniejący układ człowiek–ptak, właśnie ten ptak. Zabierany był na statki, gdy w epoce wielkich odkryć geograficznych odkrywano nowe lądy. Zapraszano go, zresztą tak jak wiele innych gatunków, by przypominał pozostawioną tam hen za wielką wodą ojczyznę. A jak go nie zabierano, to na okręty wpraszał się sam, do magazynów i ładowni. Po dotarciu na nowe wyspy i kontynenty kroczył dzielnie razem z kolonizatorami, czasem w zawrotnym tempie. Amerykę Północną kolonizował z szybkością 230 km na rok! Niestety, zachowywał i ciągle zachowuje się jak gatunek inwazyjny. Nie tylko wypiera rodzime gatunki z ich terytoriów, ale jest też wektorem pasożytów i patogenów, zabójczych dla lokalnej awifauny. W Argentynie, Stanach Zjednoczonych, Republice Południowej Afryki radzi sobie bardzo dobrze. Nawet za dobrze. Często jest pierwszym gatunkiem, który można napotkać po wyjściu z lotniska – nawet w dość egzotycznych destynacjach. Kiedyś liczyłem, ile razy podczas dalszych wypraw zobaczę wróbla jako pierwszy gatunek; Montreal, Johannesburg, Buenos Aires, Meksyk. Później zaprzestałem tych drobnych prywatnych analiz. Wolę wypatrywać dzierzby na ogrodzeniach lotnisk.

Na Hawajach i Nowej Zelandii z wróblem walczy się korzystając z wielu dostępnych środków, często drastycznych i radykalnych. A wróbel, jak gdyby nigdy nic, jest mistrzem walki na obcym terenie. Fantastycznie adoptuje się do nowych warunków nie tylko behawioralnie, ale i genetycznie. Jednak ktoś musi wyżywić imperialistów i z tego ewolucyjnego sukcesu zaczęły się późniejsze problemy wróbla. Najostrzejszą walkę z tym gatunkiem przeprowadzili chińscy komuniści. Wycieńczyła ona obie strony konfliktu i nie ma jednoznacznego wyniku, bo mimo wzajemnych starć, obie populacje (i wróbla i ludzka) są liczne. Historia to już z brodą i dobrze znana z podręczników przyrody, historii politycznej, agronomii a nawet polityki kulturalnej i ekonomii.

Trzeba tutaj koniecznie dodać wyjaśnienie, że choć walkę tę ochrzczono walką z wróblem, to de facto najważniejsze ciosy wymierzono w kierunku mazurka – który był nie tylko liczniejszy, ale też zajmował więcej środowisk, i bardziej dawał się we znaki producentom zbóż. Komunistyczny przywódca Chin Mao Zedong w 1958 roku wydał walkę czterem plagom: szczurom, muchom, komarom i właśnie wróblom. Chińczycy widząc wróble uderzali w bębenki, których dźwięk odstraszał ptaki. Te, płoszone, musiały praktycznie nieustannie latać, bo wszędzie na polach przebywali bębniący ludzie. Ptaki padały z wyczerpania, a te które nie ginęły od razu były ręcznie dobijane. W rewolucyjnym zapale wytępiono znaczną część chińskiej populacji - mówi się o setkach tysięcy ptaków. Jednak Mao Zedong i jego doradcy nie przewidzieli prostych ekologicznych konsekwencji płoszenia wróbli. Zapomnieli, że wróble, mimo iż są ziarnojadami, to jednak w okresie lęgowym karmią młode owadami, są więc naturalnymi wrogami m.in. szarańczy. Gdy zabrakło ptaków, szarańcze zaczęły się masowo mnożyć w niszcząc olbrzymie połacie upraw. W kraju zapanowała trzyletnia (1959–61) klęska głodu, przez wiele lat pozostająca tematem tabu. Z danych oficjalnych wynika, że z powodu niedożywienia zmarło co najmniej 15 milionów osób, ale inne szacunki powiadają, że liczba to może być nawet pięciokrotnie zaniżona. Wielki Głód był tak straszny, że ludzie odstępowali od zmysłów, a na wsiach notowano przypadki kanibalizmu. Mao Zedong uznał walkę z wróblami za szkodliwą, a swą decyzję za zbyt pochopną. Od tego czasu wróble w Chinach mają się nieco lepiej.

Nim jednak zganimy Chińczyków za brutalne wykończenie wróbli, warto może przypomnieć, że bardzo podobne sytuacje, przeganianie wróbli i nazwijmy to wprost ich prześladowania, miały miejsce w tzw. cywilizowanej Europie. Efekty jednak nie były aż tak drastyczne ze względu na mniejsze zaangażowanie mieszkańców, układ własności pól i ogólnie mniejszy rewolucyjny zapał. Na przykład, w niemieckiej Brandenburgii, w XVIII wieku straty powodowane przez wróble w uprawach zbóż położonych najbliżej domostw szacowano na 20-70%; na dalej położonych polach wróble żerowały mniej i zjadały „tylko” 5-10%. Szacunki nie są precyzyjne, a przekaz historyczny jasny, tym niemniej jednak czarna legenda przetrwała. Nie może nawet specjalnie dziwić chłopskie zdenerwowanie, bo wróbla uznawano za jedną z biblijnych plag i jego nadmierną liczebność wiązano z epizodami głodu. Może wróble rzeczywistą plagą nie były, ale w wielu miejscach, głównie w tropikach, wyjadały tak sporo ziarna - zarówno na polach, jak i spichlerzach – że przynajmniej lokalnie były uznawane za poważne szkodniki.

Jak pomóc rolnikom?

By zaradzić strato powodowanym przez wróble, przyjrzano się ich biologii, o wymaganiom pokarmowym i energetycznym, preferencjom siedliskowymi i dynamice populacji w czasie i przestrzeni. Zrobiono to na olbrzymią, rzeczywiście globalną skalę i przy Międzynarodowym Stowarzyszeniu Ekologów INTECOL powstała nawet specjalna grupa badawcza dedykowana ptakom ziarnojadom, przede wszystkim zaś wróblom. W rzeczywistości wszystko po to by zrozumieć, dlaczego wróbli jest tak dużo i jako sobie radzić ze szkodami wyrządzanymi przez nie w rolnictwie.

Przy wsparciu najważniejszych agend międzynarodowych takich jak Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) i wspomniany wcześniej INTECOL organizowano międzynarodowe sympozja naukowe, a książki o wróblach publikowano w najlepszych oficynach wydawniczych. Nastała prawdziwa moda na badanie wróbli - stworzono nawet poświęcone temu tematowi czasopismo, redagowane zresztą w Polsce, zatytułowane International Studies on Sparrows. Wróbli było w niektórych miejscach tak dużo, że zaczęły stanowić gatunek modelowy dla naukowców różnych dziedzin, podobny myszy laboratoryjnej czy muszce owocówce. To naprawdę nie są żarty.

Poza wspomnianą klasyką wykorzystania wróbli w ekologii, ptaki te były bohaterami badań immunologicznych, parazytologicznych, endokrynologicznych, epidemiologicznych, toksykologicznych i wielu, wielu innych. Tak, zdaję sobie sprawę, że zabrzmi to frywolnie, ale naprawdę wróbla jako bohatera prac badawczych znajdziemy w najdziwniejszych zakamarkach biologii, fizyki, medycyny, historii, a nawet nauk społecznych. Dziękujemy Ci wróblu!

Pamiętajmy jednak, że aby jakiś gatunek mógł stać się bohaterem badań laboratoryjnych albo terenowych o wysokim stopniu zaawansowania, to wiedza na jego temat musi umożliwiać podejmowanie sensownych decyzji badawczych; muszą być dobrze znane podstawowe informacje o jego biologii, ekologii, zachowaniach i wyborze siedliska. Prawdę mówiąc, im dokładniej badania są prowadzone, z wykorzystaniem większej liczby osobników, a do tego najlepiej pochodzących z wielu populacji, tym lepiej. Wróbel spełnia te warunki. Bazy danych wskazują, że naukowych prac o wróblu domowym jest około 40 tysięcy, o mazurku jakieś 17 tys. To bardzo dużo. Wróble są relatywnie łatwe do badania – jest ich (albo było) sporo i nie było problemów z zebraniem odpowiedniej wielkości próby badawczej. Mamy kilkanaście, jeśli nie kilkadziesiąt, monografii poświęconych wróblom. Od książek dedykowanych lokalnym populacjom i pisanych w lokalnych językach, po poważne monografie wydawane w przyzwoitych uniwersyteckich oficynach wydawniczych. Jedną z najlepszych i najbardziej wpływowych jest książka Biology of the Ubiquitous House Sparrow: From Genes to Populations, napisana przez amerykańskiego badacza wróbli Teda Andersona. Na prawie 550 stronach przedstawia wyniki badań, konkludując, że o wróblu wiadomo – co zresztą podkreśla w tytule - prawie wszystko, od poziomu genów, aż po funkcjonowanie populacji. „Prawie" robi jednak różnicę, i badania wróbli są ciągle kontynuowane.

Trzeba jednak jasno zaznaczyć, że złoty okres zainteresowania rodzajem Passer przypadał na koniec lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku i trwał dwie dekady. W nauce jednak nic nie dzieje się na zamówienie i również badania wróbli nie wzieły sie tylko z polityczno-gospadarczego zainteresowania. Wróbel wszak był z człowiekiem długo, a różni badacze interesowali się nim zanim to stało sie modne. Nie tylko zresztą interesowali się, ale nawet sprawili, że był znany i lubiany.

Na ziemiach polskich wróbla spopularyzował nestor polskiej ornitologii, fantastyczny obserwator ptaków i popularyzator wiedzy o nich, Jan Bogumił Sokołowski. Nim napisał małą popularną książeczkę zatytułowaną po prostu Wróbel, parokrotnie wznawianą w kilkutysięcznych nakładach, miał bardziej naukową przygodę z tym gatunkiem. Dnia 5 VI 1925 zdał egzamin na nauczyciela szkół średnich z biologii i nauk pobocznych, m.in. na podstawie nieopublikowanej pracy Budowa jelita u wróbla domowego (Pyrgita domestica L.).

Na książkach i audycjach radiowych Sokołowskiego wychowały się dziesiątki polskich przyrodników. Ziarno rzucone kiełkuje, a wróble pozwalały mu wzrastać. Powstała polska naukowa szkoła badania wróbli. Pół wieku temu stanowiła niewątpliwie wielką siłę, a do dziś badania wróbli są licznie przeprowadzane w naszym kraju, o czym świadczą podejmowane problemy i opublikowane prace.

Historia wróbla i … ropy naftowej

Nim jednak bliżej przyjrzymy się krajowemu podwórku, prześledźmy historię pewnego Brytyjczyka (specjalnie piszę tak ostrożnie, bo urodził się w Szkocji, dzieciństwo spędził w Irlandii Północnej, a mieszka obecnie w Anglii), który z wróbli uczynił pasję swego życia. Tym badaczem był niedawno zmarły James Denis Summers-Smith, postać zupełnie nietuzinkowa. To wiekowy już obecnie Pan, z zawodu inżynier, zajmujący się ścieraniem kół zębatych i łożysk, wiele lat pracujący dla firm naftowych. Na biedę nie narzekał, jak i na brak możliwości podróżowania po różnych zakątkach świata. Jednak nie zawsze tak było. Tuż po drugiej wojnie światowej (podczas której zresztą służył w Armii Brytyjskiej i został kapitanem) czasy były raczej biedne i niewesołe. Zaczął obserwować wróble, bo było to tanie. Porządne obserwacje można było prowadzić patrząc na ptaki na własnym podwórku czy też w okolicach własnego domu. Z czasem, kiedy zwiększało się zapotrzebowanie na ropę naftową, co dla Summers-Smitha oznaczało możliwość podróży po całym świecie, okazało się, że nie musiał zmieniać zainteresowań badawczych – wróbel domowy pojawiał się w najdziwniejszych miejscach. Można było poznawać ten gatunek po godzinach pracy i w weekendy.

Porównywał jego biologię z innymi przedstawicielami rodzaju Passer i chyba jako pierwszy zauważył, że w pewnym momencie liczebność wróbli się dramatycznie zaczyna zmniejszać. Nazwał nawet ten fenomen jedną z najbardziej niezwykłych tajemnic przyrody ostatnich pięćdziesięciu lat. Od Summer–Smitha już tylko krok do Polski. Badaczy wróbli łączyła pasja poznawcza nawet w latach istnienia żelaznej kurtyny, a Summer-Smith pomagał polskim badaczom, przede wszystkim Janowi Pinowskiemu, choć we wspomnianych wróblich złotych latach, wiele osób, często utytułowanych a dziś na zasłużonych emeryturach, miało epizody badawcze związane z tym gatunkiem. Polska stała się centrum badań wróblowych znanym na całym świecie. Nie tylko wyniki prac krajowych publikowane były w najlepszych międzynarodowych czasopismach, ale do Polski na staże, specjalistyczne kursy i szkolenia przyjeżdżali badacze z całego świata, nawet ze Stanów Zjednoczonych, kraju o najsilniej rozwiniętej ornitologii.

Jan Pinowski właśnie prowadząc wykłady i angażując się w wiele międzynarodowych inicjatyw, także poniekąd dzięki wróblowi zwiedził liczne zakątki świata, a swe ornitologiczne pasje opisał w nowej książce Z ptakami przez życie. Poruszająca lektura, na której każdy znajdzie wiele interesujących obserwacji i przemyśleń o wróblach i osobach z nimi związanych. Dzisiaj jednak opowieści o nadmiarze wróbli, przynajmniej w Europie, wspominamy z lekkim niedowierzaniem.

Zmiany

Świat się zmienia, miasto się zmienia i wieś się zmienia, a wróble zwyczajnie za tymi zmianami nie nadążają. Dawny wszędobylski zwycięzca staje się pokonanym. Raz na wozie raz pod wozem, choć akurat w tym drugim przypadku – z racji gubionych podczas transportu wozami ziaren zbóż - wróblowi powinno być lepiej. Zabrakło wozów ciągniętych przez woły czy konie, ale nie bardzo wiadomo dlaczego i trudno zidentyfikować, jeden pojedynczy czynnik, który odpowiada za marne losy wielu lokalnych populacji. Jedno jest jednak znamienne: wyniki prac, których podstawy służyły niegdyś tępieniu wróbla, dziś służą jego ochronie. Przyjrzyjmy się zatem sytuacji wróbli w dwóch zgrubnie wydzielonych siedliskach - w mieście i na wsi. Zaczniemy od miast, bo tam właśnie zdiagnozowano problem; a konkretnie, że wróbel ma problem - i to poważny.

O mieście można powiedzieć, że wróble są w nim praktycznie wszędzie. Przynajmniej teoretycznie można je zobaczyć w całym mieście: na budynkach, skwerach, w dzielnicach mieszkalnych i przemysłowych. Najliczniej widoczne są na skwerach, oraz przy koszach na śmieci, gdzie poszukują resztek z pańskich stołów. Zapuszczają się nawet do wnętrz dworców kolejowych, galerii handlowych i supermarketów. Oj, zwłaszcza w tym ostatnim przypadku, nie są lubianymi gośćmi. A chowając się tam, wykazują się nieraz wyjątkowym sprytem. W najatrakcyjniejszych lokalizacjach, czyli przy półkach z pieczywem albo kaszą pojawiają się nocą, gdy klientów w sklepach jest mniej, lub nie ma ich wcale, a ochrona zmęczona jest całodziennym czuwaniem. Pozbyć się ich jest tak trudno, że często obsługa dzwoni po pomoc do ornitologów. Można próbować wróble wyłapać w specjalne sieci ornitologiczne, wypuścić na parkingu przed sklepem, pilnować automatycznych drzwi by nie dostały się do środka, ale próżna to praca. Ptak ten świetnie rozwiązuje takie i inne problemy –nie przypadkiem przylgnęła do niego łatka, może nieco złośliwa, ale dobrze oddająca jego intelektualne zdolności – łatka miejskiego cwaniaka.

Wróble, jeśli tylko namierzą źródło jedzenia będą tam wracać niczym my do ulubionych, dobrych, acz niedrogich restauracji położonych w najlepszych dzielnicach miasta. To nie żart, z tym podkreślaniem miejskości. Badania węgierskich badaczy z Uniwersytetu w Debreczynie jasno wykazały, że choć wróble to wielcy indywidualiści, to pod względem rozwiązywania zadań i korzystania z pomocy człowieka, np. dokarmiania, wróble z miast są statystycznie szybsze i sprawniejsze. Dlatego, że chcą czy dlatego, że muszą? I tutaj zdania uczonych są już mocno podzielone, bowiem w naturze nie ma nic za darmo i o tym będzie jeszcze w dalszej części rozdziału. Miasta to jednak siedliska niezwykle przekształcone. Ich fragmenty mogą wyglądać jak betonowe pustynie, zwłaszcza w dzielnicach o przemysłowym charakterze. Właśnie w takich dzielnicach pojawiły się populacje wróbli, które do życia przestały potrzebować światła dziennego. Trafiały do olbrzymich hal fabrycznych czy młynów i wewnątrz tych budynków zorganizowały sobie życie. W rytmie sztucznego światła i z zachwianiem naturalnego rytmu pór roku. To jednak raczej przypadki odchodzące w przeszłość.

Skwapliwie egzekwowane przepisy o bezpieczeństwie biologicznym i o wydajności energetycznej budynków sprawiły, że w tego typu pomieszczeniach dla wróbli jest coraz mniej miejsca. Ciągle jednak zdarzają się ewenementy, wskazujące, że wróbel potrafi założyć gniazdo praktycznie wszędzie. W skrajnych warunkach wróbel potrafi założyć nawet gniazdo otwarte – dość niechlujnie zbudowaną z traw, listków i piór kulę, wepchniętą pomiędzy gałązki drzewa, krzewu, winorośli, a nawet pomiędzy metalowe szczeble anteny telewizyjnej. To jednak rzadkie przypadki. Zwykle poszukuje szczeliny, którą wypełnia materiałem gniazdowym. Wykorzysta przy tym wszystkie możliwe niedoskonałości budowlane. Wciśnie się pod dach, w szpary oświetlenia budynków, nawet za reklamy przytwierdzone do ścian. Uwielbia rynny i haki na których są zamocowane, nieważne czy położone w pionie czy poziomie. Radzi sobie doskonale. Przynajmniej tak długo aż zaczyna przeszkadzać to mieszkańcom i staje się ofiarą prac remontowo-budowlanych. Wróbel jest gatunkiem społecznym; lubi towarzystwo innych wróbli. To ptak wysoce socjalny. Tak śledzi sąsiadów, poznaje partnerkę do rozrodu (i vice versa), żeruje w stadzie, a nawet czasem razem z kilkoma wspólnikami pogoni drapieżnika – pustułkę, puszczyka albo kota.

Niby taki ten wróbelek plastyczny, a jednak ma kłopoty. Ano właśnie – i stąd podejrzenie, że nie chodzi wyłącznie o miejsca lęgowe. W mieście muszą być i inne czynniki

negatywnie wpływające na jego liczebność. Zresztą na wsi jest może nieco lepiej, ale wcale nie różowo. Przypatrzmy się wiejskim wróblom. Gatunek ten lubi podwórka niekoniecznie zadbane. Takie z chwastami pod płotem, najlepiej z wolno biegającymi kurami, królikami. Takie, przez które przejdzie krowa pozostawiając charakterystyczny placek, a psy dokarmia się resztkami jedzenia podawanymi w misce na dworze. Niemalże nieistniejąca już dzisiaj sielanka. W ich miejsce powstają nowe kolorowe energooszczędne domy, wybetonowane place, równo przystrzyżone trawniki, a zwierzęta gospodarskie jeśli są, to w zamkniętych pomieszczeniach, którym pod względem sterylności bliżej do szpitala, niż dawnej obory, stajni czy chlewu.

Do tego wszystkiego dochodzi strach. I nie chodzi tu o tradycyjny, dziś raczej niewinny strach na wróble – kawałek kołka z zawieszonym starym ubraniem i kapeluszem. To strach nowoczesny, dobiegający z programów radiowych i telewizyjnych, ale też z prasy i internetu – ptasia grypa i afrykański pomór świń. Strach przed tymi chorobami przekłada się na niekorzystne warunki bytowania wróbli. Nie chcę w żaden sposób ich bagatelizować, ale bioasekuracja z nimi związana (czyli prawie hermetyczne kurniki i chlewnie, gdzie ptaki nie mają wstępu; podwójne śluzy, pozamykane okna, jedzenie podawane na życzenie w sterylnych warunkach) z pewnością ptactwu nie służy. Tutaj wróbel sobie na korycie nie usiądzie i paszy nie podziobie. Jeśli jeszcze gdzieś znajdzie takie warunki, to tylko lokalnie, w hodowlach o bardziej ekologicznym podejściu. I choć to nie wystarczy dla uratowania populacji tego gatunku, to jednak dobrze, że nawet w najbardziej sterylnych wsiach są wciąż gospodarze starej daty, są wspomniane gospodarstwa ekologiczne, i są ludzie ciągle pamiętający dawne sposoby gospodarowania – ludzie, którzy nie chcą pogodzić się z przemysłową wizją produkcji zwierzęcej. Chwała im, i podziękowania - w imieniu swoim i wróbli.

W mieście i na wsi

Wróble lubią nie tylko obecność człowieka, i wynikający z niej twórczy bałagan w okolicy, ale i same parametry bocianiego gniazda. Preferują stare i duże, co zresztą z sobą koreluje. Dodatkowo, w bocianim gnieździe jest ciepło – bocian znany jest z przynoszenia do gniazd padliny, która rozkładając się daje sporo ciepła, zresztą same pisklęta bocianie też nagrzewają nieco gniazdo. Zimą ta wielka, często metrowa struktura, także oferuje zakamarki gdzie wróble mogą się schronić przed wiatrem i zimnem. Gdy gniazdo bocianie założone zostało na słupie energetycznym (a jeszcze lepiej gdy zostało wsparte specjalnie przystosowaną platforma) to staje się ono jednocześnie dobrym zabezpieczeniem przed drapieżnikami: kunami i kotami domowymi, które bardzo chętnie polują na wróble. Rzecz jasna nie chroni to przed drapieżnikami latającymi; na przykład krogulce, przesiadują zimą przy gniazdach, w których wróble gromadzą się na nocleg, niczym smakowite danie podane krogulcowi na talerzu w ptasiej stołówce. Wróbel to ulubiona przekąska krogulca, którego w wielu językach nazywa się wręcz „wróblim jastrzębiem”.

Christopher Bell wraz z zespołem innych badaczy z Anglii pokazał, że tam, gdzie w miastach populacja krogulca odbudowuje się, tam tracą na tym wróble. Brytyjska opinia ornitologiczna, a przede wszystkim społeczeństwo zafascynowane ptakami nie było gotowe na tego typu wynik. Nie chcieli słuchać tego, że jeden mały drapieżnik mógłby tak bardzo przetrzebić populacje ofiar.

Na wsi wróble są raczej konserwatywne i spokojne. Nie dziwi zatem, że są zdrowsze; w ich ciałach notowano niższe koncentracje substancji toksycznych, pozostałości DDT czy metali ciężkich. W połowie lat 90-tych wróble były zdrowsze niż dekadę wcześniej. Jak jest dzisiaj? Nie bardzo wiemy, bowiem metody badawcze wymagają zabijania ptaków i szczegółowych badań ich wątroby i mózgów, a na dodatek są dość kosztowne. W analizie stanu środowiska muszą nam dziś pomagać inne bioindykatory, albo proste pomiary stężeń niepożądanych substancji w glebie, wodzie i powietrzu. Pomimo zaostrzania norm środowiskowych, powiększania listy niebezpiecznych dla środowiska substancji stosowanych w rolnictwie, wprowadzania ograniczeń i zakazów – wcale nie jest dobrze.

Na miejsce strat spowodowanych przez DDT i pochodne ołowiu czy innych metali ciężkich, pojawiają się nowe – związane z coraz powszechniej stosowanymi plastikami, aluminium a także zwyczajnym wyrzucaniem odpadów, gdzie popadnie, bez dbania o wartości estetyczne środowiska i skład chemiczny tego, co tę estetykę zaburza. To także wpływa na wróble i mam przed oczyma jeden mocny przykład, a zarazem fantastyczny pokaz cichej edukacji.

Wróble giną, a przyczyn spadku liczebności ich populacji może być wiele. Zależy to od czasu i okoliczności, bo praktycznie w każdej populacji jest nieco inaczej. Kiedyś złośliwy kolega badający wróble na wsi tłumaczył komuś, jak to zmiany w nowoczesnych sposobach gospodarowania niekorzystnie wpływają na populację tych ptaków. W odpowiedzi spotkał się tylko ze wzruszeniem ramion i westchnieniem: Panie, wróbli ci u nas dostatek! Zrewanżował się więc anegdotką, że w życiu wróbla – tak jak w życiu rolnika - co roku są cztery wielkie katastrofy: wiosna, lato, jesień i zima. Anegdotkę tę łatwiej zrozumieć, jeśli posłucha się telewizyjnych wzdychań rolników: a to za zimno na wiosnę, a to za ciepło, a to żniwa za wcześnie, a to świńska górka albo krowi dołek, no i te zimy bez śniegu, a jak spadnie to też katastrofa. Mam wrażenie, że wiatr zawsze w oczy.

Cztery pory roku

Zawsze można ponarzekać. Jednak jeśli chcemy ochronić gatunek, musimy działać właśnie w rytmie pór roku. Wiosna to czas godów, łączenia się w pary i zakładania gniazd. Miejsc na bezpieczne założenie gniazd jest coraz mniej. Trzeba to zatem wróblom rekompensować. Nie zaczniemy popierać systemowo metod budowlanych, zakładających pozostawianie w ścianach budynków szpar, i tworzenia przeciekających dachów. To już się działo w czasach realnego socjalizmu, a wróbel był swoistym wskaźnikiem tej

budowlanej fuszerki. Trudno też nakazać gospodarzom by pozostawiali stare wiejskie nieremontowane domy, otwierali szopy, stodoły i kurniki, w czasach gdy są nękani kontrolami weterynaryjnymi lubującymi się w poszukiwaniu wróblich odchodów. Trzeba zatem odebrane wróblom siedliska zrekompensować inaczej. Na bazie rekompensat związanych z remontami budynków, gdzie chciano wróblom wyrównać straty wywołane zalepieniem ścian, gzymsów i dziur pod parapetami sięgnięto po stary i sprawdzony sposób – skrzynkę lęgową. Co do jej skuteczności w pomocy wróblom zdania są podzielone, ale to na razie jedyna sprawdzona masowo stosowana metoda. Wróble co prawda wolą inne miejsca, ale gdy ich zaczyna brakować, to dobra budka nie jest zła i w Warszawie po roku od zawieszenia już 10% budek było zajmowanych przez wróble. Dla kontrastu warto nadmienić, że mazurek na tych samych powierzchniach zajmuje budkę nawet dwa, trzy razy chętniej. Niektórzy badaczy jednak sugerują, że trzeba nieco poczekać, bo wróbel domowy zdecydowanie woli starsze budki lęgowe, przy czym najlepsza jest budka Sokołowskiego typu A.

Po wiosennych lęgach następuje lato. To czas wakacji, ale nie dla wróbli. Dla ptaków z miejscowości turystycznych to być może najlepszy czas w roku. Chętnie podchodzą do turystów i zjadają oferowane wiktuały z restauracyjnego stolika, a nawet z ręki, a w gorszym przypadku zadowolą się resztkami kebabu czy pizzy – może nie typowych polskich dań, i nie tak smacznych jak kasza czy ziemniaki, ale dla wróbla w zupełności wystarczających. Te z innych miejscowości mają swoje problemy. Dorosłe ptaki po lęgach odbudowują rezerwy energetyczne organizmu, przygotowując się do następnych epizodów rozrodczych. Wszak niektóre pary do początku jesieni przystąpią być może do trzeciego, a nawet czwartego zniesienia. To wymaga determinacji i możliwości. Ich młode z pierwszego i drugiego lęgu próbują się usamodzielnić. Już nie pomagają mama i tata, a zdane są na siebie; głównie na własny spryt. Uczą się rozpoznawać co można zjeść a co nie, jak blisko można podskoczyć do człowieka, albo czy kot to przyjaciel czy wróg? Wreszcie uczą się sprawnie latać, a na trajektorii lotu mogą wyrastać nieznane im wcześniej przeszkody; szyby budynków, ekrany akustyczny, a nawet samochody, tramwaje czy pociągi. Latem często też brakuje wody. Wróble uwielbiają kałuże, z których mogą się nie tylko napić, ale też zażyć kąpieli. Jednak chodniki, alejki parkowe i ścieżki rowerowe naszych miast i wsi są coraz równiejsze i coraz lepiej drenowane. W konsekwencji coraz mniej jest naturalnych miejsc powstawania kałuż. Może i lepiej jedzie się rowerem, ale zdecydowanie gorzej żyje się wróblom i wielu innym ptakom. Właśnie wczesnoletnie młode wróble, ofiary wspomnianych kolizji czy w porę odebrane kotu – trafiają nieraz w ręce ludzi. Część na bazie wrodzonej empatii stara się im pomóc, niestety często bezskutecznie, bo niefachowo. Najlepszą metodą pomocy jest przyniesienie rannego czy przemęczonego ptaka do któregoś z wyspecjalizowanych ptasich azyli.

Potem zaczyna się jesień, a wraz z nią problemy z pierzeniem. Ptaki zmieniają pióra późnym latem i jesienią. To bardzo ważny okres. Trzeba się dobrze odziać – niczym na imprezę u Królowej. Zwłaszcza dla samców jest to okres krytyczny, bo jakość piór świadczy o ich sprawności. Ładny krawat i czapeczka muszą wytrzymać do wiosny ponieważ są oczywistą informacją o jego statusie, i pomagają w znalezieniu najlepszej partnerki. Te zaś bezbłędnie oceniają co samiec potrafi, jaką ma wartość genetyczną i czy jest zdrowy – no i przede wszystkim czy przeżyje nadciągającą zimę. Te które nie radzą sobie z utrzymaniem upierzenia w dobrej kondycji, nie mają większych szans na zostanie ojcami. Nawet gdy zostaną wybrani na partnerów, to genetycznymi ojcami piskląt mogą być sąsiedzi. Nomen omen jedną z szeroko zastosowanych badaniach populacyjnych uwzględniających poszukiwania ojcostwa, obecnie powszechnie stosowaną i w badaniach genetycznych ludzi, czyli metodą DNA fingerprint, po raz pierwszy zastosowano właśnie u londyńskich wróbli. Badania szeroko komentowano, nawet w tabloidach zwracając uwagę na nieco rozwiązłe życie tego skądinąd monogamicznego gatunku. Po kilku latach w Londynie przebadana tą sama metodą gatunek Homo sapiens. Wróble o wynikach nie przeczytały w tabloidach, ale byłyby zapewne zaskoczone tym, jak blisko im do ludzi. Zresztą jesienny fotoperiod, relacja dnia do nocy, przypomina wiosnę i wróble zachowują się jakby zaraz miały przystąpić do rozrodu – zalotom i ćwierkaniom nie ma końca.

Niektórzy badacze (sam się do nich zaliczam) dokumentowali jesienne figle wróbli i wiązali je z późniejszym lepszym przeżyciem zimy, ale i szansami na lepszy epizod rozrodczy najbliższej wiosny. Młode ptaki dorośleją, poznają relacje socjalne w stadach i uczą się podpatrując starych wyjadaczy. Przed wróblami jednak nadciągająca zima, a zbyt intensywne amory mogą przeszkadzać w przygotowaniach. Potrzeba życiowego balansu. Jesienią najlepiej wyszukać bezpieczne miejsce na długie zimowe noce i oblecieć okolice w poszukiwaniu najlepszych źródeł pokarmu.

Wtem znienacka atakuje zima i zaskakuje nie tylko drogowców. Wróbel jest gatunkiem osiadłym i w trakcie trudnych warunków nie odleci do ciepłych krajów. Popatrzmy na poważne artykuły poświęcone biologii ewolucyjnej opublikowane na łamach prestiżowych Evolution czy Nature, a dotyczące wróbli. Do Ameryki Północnej wróbel domowy trafił w 1852 wraz z emigrantami ze Środkowej Anglii i szybko rozprzestrzenił się po całym kontynencie. Co ciekawe, po 100 pokoleniach lokalne populacje wydawały się już być bardzo dobrze przystosowane do lokalnych warunków – a przynajmniej na tyle dobrze, że zaczęły zachodzić za skórę farmerom. Z kolei wróblom za skórę (a może za pióra?) zachodziły ciężkie zimy, jak np. ta z przełomu 1978/79, kiedy to śnieg zalegał przez 55 dni, zamiast zwyczajowych 15, a na dodatek było prawie 5 stopni mniej niż zwykle. Ptaszyny padały jak przysłowiowe muchy, a badacze mieli to szczęście, że sporo ptaków zmierzyli jesienią a później porównali to z okresem wiosennym. Największą przeżywalność odnotowali wśród dużych samców i małych samic. Dziwna selekcja na wielkość ciała u każdej z płci. Jednak duże samce wygrywają walkę z mniejszymi, zaś małe sa-

mice potrzebują mniej by przeżyć. Samo życie, a wszystko jednak wskazuje na to, że później się ładnie dobierały w pary nie miały problemów z rozrodem.

Raz jeszcze trzeba podkreślić – współczesne radykalne zmniejszenie liczebności populacji wróbla ma kompleksowy charakter. Nawet w populacjach zdawałoby się tak doskonale zbadanych jak angielska trudno jednoznacznie stwierdzić, który z czynników jest najważniejszy. Wspomniany już wcześniej Christopher Bell twierdzi, że metody oparte na wspomaganiu wróbla poprzez zapewnienie miejsc lęgowych, a nawet dodatkowego pokarmu to nie wszystko. Bez jednoczesnej kontroli drapieżnictwa (w warunkach angielskich przede wszystkim ze strony krogulca) samo dokarmianie i wieszanie budek jest zwyczajnym marnotrawstwem środków i pokazuje ekologów jako nieskutecznych marzycieli, nie umiejących znacząco wpłynąć rzeczywistość. Głos ten jest tak odmienny od wielu innych opinii, że redakcja International Study on Sparrows gdzie ukazała się praca Bella, zdecydowała się ją opatrzyć krótkim komentarzem, że pogląd autora na presje drapieżniczą jest zbyt radykalny. Uważam jednak, że nie można a priori odrzucać hipotezy o ważnym wpływie drapieżnków. Przecież od zrozumienia wszystkich czynników zależy odpowiedź na wszystkich nas nurtujące pytanie: Co będzie dalej z wróblem? Czy powinniśmy wzruszać się losem pojedynczego, jednak stale pospolitego i szeroko rozpowszechnionego gatunku? Przyznam, że czasem targają mną wątpliwości. Na ile wspierać ochronę gatunku i wydawać na nią miliony funtów, koron, euro czy złotych, gdy w innych krajach podobne sumy wydaje się na walkę z nim, jako niechcianym intruzem? Jak spojrzeć w oczy chłopu na Filipinach czy Malezji, któremu wróbel niszczy zasiewy, albo ogrodnikowi uprawiającymi daktyle w Tunezji czy Algierii i powiedzieć, że wróble są u nas bardzo mocno chronione i nie powinien ich prześladować? Nawet gdy nas zrozumie, to w napływie największej życzliwości popatrzy z politowaniem. W gorszym przypadku poprosi o finansową rekompensatę za straty w swoim gospodarstwie albo psami poszczuje.

Warto może jednak próbować spojrzeć na sprawę chłodno w kontekście globalnym. Wróbel domowy i w zasadzie inne gatunki z rodzaju Passer to nie elita ptasiego wymierania. Po prostu zauważamy zmniejszenie ich liczebności, bo nieodłącznie są z nami związane. Znamy i lubimy, więc żałujemy. Na obronę działań ochroniarskich musze jednak napisać, że o gołębiu wędrownym Ectopistes migratorius najliczniejszym gatunku ptaka, kiedykolwiek występującym na Ziemi też mówiliśmy, że jest go zbyt dużo by wymarł. Jego liczebność szacowano na kilka miliardów osobników, a przed dotarciem Europejczyków do Ameryki Północnej szacowano, że co trzeci ptak tego kontynentu to osobnik gołębia wędrownego. Wybito, wyłapano, wytruto. Ostatni osobnik, samica o imieniu Martha, odeszła we wrześniu 1914 roku. Liczę, że po ponad wieku od tego wydarzenia jesteśmy już mądrzejsi. A wróbel domowy, ptak ciągle liczny, może nam o tej smutnej historii przypominać. Nawet powinien, zwłaszcza, że w Ameryce Północnej zajął też nisze opuszczone przez gołębie.

Na zakończenie

Gołębia i wróbla łączy obecność w kulturze. Pierwszym przykładem choćby popularne przysłowie: Lepszy wróbel w garści niż gołąbek na dachu. Nie warto jednak teraz rozstrzygać jego poprawności. Wróbel już przechodził przez ciężkie kryzysy, nie tylko w Chinach, ale tutaj, w Europie. W latach 20-tych ubiegłego wieku w Anglii, później stopniowo też w innych krajach, a w Polsce 50 lat później, kiedy transport konny zamieniano na samochodowy, populacje wróbla doświadczyły problemów żywnościowych (mniej owsa i końskich odchodów), oraz lokalowych – wszak stajnie dla wróbli są daleko bardziej przyjazne niż garaże. Jakoś się udało, wróble nie tylko przetrwały, ale powojenna rewolucja gospodarcza spowodowała wzrost powierzchni miast, a w konsekwencji także zabudowy i terenów rekreacyjnych. W efekcie populacja wróbla nawet się zwiększyła. Co nie zabije to umocni! Szkoda by było wróbla, więc miejmy nadzieje, że i tym razem z kryzysu wyjdzie zwycięsko. I niech jego obecność nie będzie tylko nostalgicznym wspomnieniem. Pamiętajmy o wróblu cały rok i dajmy im nadzieję na dalsze tysiące lat u boku Homo sapiens. ■

Nieco literatury:

Anderson, T. R. (2006). *Biology of the ubiquitous house sparrow: from genes to populations*. Oxford University Press.

Bell, C. P. (2011). *Misapplied ecology: Investigations of population decline in the House Sparrow*. International Studies on Sparrows, 35, 24-34.

Pinowski, J., & Kendeigh, S. C. (Eds.). (1977). *Granivorous birds in ecosystems: their evolution, populations, energetics, adaptations, impact and control* (Vol. 12). Cambridge University Press.

Pinowski, J.K. (2018). *Z ptakami przez życie. Autobiografia ornitologa ekologa.* Wydawnictwo Muzeum i Instytut Zoologii PAN.

Shapiro, J. (2001). *Mao's war against nature: Politics and the environment in revolutionary China.* Cambridge University Press.

Sokołowski, J.B. (1948). *Wróbel*. Nasza Księgarnia.

Summers-Smith, D. (2010). *In search of sparrows*. A&C Black.

Przyroda i jej ochrona w warunkach dużej aglomeracji miejskiej

Krzysztof Mączkowski

Myśląc o miastach mamy na myśli zazwyczaj przestrzeń urbanistyczną, układ komunikacyjny, zespół instytucji publicznych społecznych, gospodarczych i kulturalnych. Traktujemy miasta jako organizm gospodarczy i miejsce zamieszkania ludzi.

Zatem, czy w takich warunkach możemy myśleć o przyrodzie, o przestrzeni przyrodniczej? Oczywiście. Poza funkcjami znaczącymi dla ludzi, miasto jest przestrzenią, w której toczy się „życie biologiczne", następuje wymiana pul genowych, gdzie ciągi drzew są „autostradami bioróżnorodności", a takie miejsca, jak miejskie jeziora, stawy, cmentarze, parki, skwery, a nawet parkingi przy galeriach handlowych są zajmowane przez najróżniejsze rośliny i zwierzęta. Świat przyrody po prostu z nami sąsiaduje. I rzecz w tym, by dobrze mu się przyjrzeć i docenić, bo finalnie jest „przydatny dla ludzi", stosując tę najprostszą i najbardziej zrozumiałą argumentację.

Widocznym, politycznym, wyrazem troski o miejskie środowisko, miejską przyrodę są programy ochrony środowiska, których elementami są:

- planowanie przestrzenne,
- gospodarka wodna i ochrona wód,
- gospodarka wodno-ściekowa,
- ochrona powierzchni ziemi i gospodarka odpadami,
- ochrona powietrza,
- ochrona przed hałasem,
- zrównoważony rozwój sektora energetycznego,
- ochrona przyrody i różnorodności biologicznej,
- gospodarka leśna.

Wiele z nich odnosi się wprost do sfery przyrodniczej i określa oddziaływanie jej komponentów na środowisko człowieka oraz określa oddziaływanie człowieka na poszczególne elementy środowiska. Jednym z elementów takiego programu są cele i tzw. kierunki interwencji odnoszące się do bioróżnorodności i ochrony przyrody. Najczęściej po stronie celów wskazuje się ochronę i zachowanie różnorodności biologicznej w formie ochrony gatunkowej lub ochrony siedlisk oraz tworzenie sieci obszarów chronionych, a także ochronę przyrody na obszarach nieobjętych żadną formą ochrony.

Kierunkami interwencji mogą być wówczas: ochrona terenów i obiektów cennych przyrodniczo, zachowanie i poprawa jakości istniejących, tworzenie nowych terenów zieleni (w tym klinów zieleni i zabytkowych założeń zieleni), rozwijanie form ochrony przyrody (zarówno tych kompetencyjnie przypisanych administracji rządowej, jak i tych będących w zakresie działania samorządów), ochrona gatunkowa i zachowanie właściwej opieki nad zwierzętami w środowisku miejskim, czy zrównoważona gospodarka leśna z zachowaniem potencjału rekreacyjnego. Oczywiście, programy ochrony środowiska obejmują aspekt wzmacniania bioróżnorodności również w innych obszarach – jak np. w gospodarce wodnej.

Trudno unikać tego zakresu, skoro na terenie miast występują właściwie wszystkie (poza parkami narodowymi i krajobrazowymi) formy ochrony przyrody: obszary chronionego krajobrazu, rezerwaty, pomniki przyrody, obszary Natura 2000. Ale też, jak już wspomniałem wcześniej, na terenie miast występują inne rodzaje siedlisk, które nawet nieobjęte ochroną są przyrodniczo cenne: kliny zieleni, cieki wodne, zbiorniki wodne, parki i skwery miejskie, cmentarze itp.

Dlaczego są takie cenne?

Wynika to po prostu z charakteru siedlisk miejskich. Są zasiedlane przez gatunki zagrożone, które uznają, że miasta „odstraszają" ich naturalnych drapieżników. Nie ma co ukrywać, miasta nie są ideałem czystości i dzięki temu w miastach zwierzęta mają zagwarantowany bliski i łatwy dostępu do żywności. Stąd m.in. bierze się coraz liczniejsza obecność dzików, różnych gatunków mew i ptaków krukowatych widocznych najczęściej przy osiedlowych śmietnikach i na składowiskach odpadów.

Wiele gatunków, które dotąd unikały miast, zaczęło je zajmować dzięki przystosowaniu obiektów budowlanych na miejsca ich rozrodu. Są i takie, których poza miastami i innymi siedliskami ludzkimi nie spotkamy nigdzie indziej. Najbardziej widocznymi przykładami są wróbel czy jerzyk. Zwierzęta „wchodzą do miast" również dlatego, że to miasta zajmują ich naturalne dotąd siedliska. Niekontrolowany rozrost i suburbanizacja miast są niekorzystne nie tylko dla zwierząt i ich siedlisk, ale i dla innych komponentów środowiska: dla trwałości zasobów wodnych, jakości powietrza itp. W końcu miasta nie są „białymi plamami" na mapie ciągów ekologicznych, ale ich uzupełnieniem, kliny zieleni w dużych miastach są często swoistego rodzaju by-passami pomiędzy obszarami przyrodniczo cennymi spoza miast i tych w miastach.

Bardzo widocznym przykładem takich by-passów jest poznański system klinów zieleni układających się na mapie Poznania w układzie krzyża: północny (wzdłuż Warty, obszar Naramowic i Moraska), południowy (wzdłuż Warty obejmujący m.in. ujęcie wody na Dębinie), północno-zachodni (od Cytadeli przez Sołacz, po Strzeszyn i Kiekrz) oraz wschodni (wzdłuż Jeziora Maltańskiego i potem lasami przez Antoninek do Swarzędza). W tym systemie krzyżowym centrum, jądrem jest 100-hektorawy park Cytadela położony w centrum miasta. Dodatkowym elementem jest system fortów zasiedlanych przez nietoperze, które są objęte statusem Natura 2000.

Skoro więc widzimy bogactwo przyrodnicze w miastach, warto się zastanowić nad tym, w jaki sposób tę przyrodę chronić i jak ją wpisywać w scenariusze rozwojowe miast? Jednym z najbardziej oczywistych jest stanowienie i ochrona fragmentów „naturalnej" przyrody w mieście – np. w formie rezerwatów czy użytków ekologicznych. Piszę o tym w cudzysłowie, bo pojęcie „naturalnej przyrody" może być bardzo umowne w miastach o silnie przekształconym środowisku, jednak istnieją takie obszary, które z metodycznego punkt widzenia spełniają warunki ochrony rezerwatowej. Ważne jest, by nie zapominać o ochronie przyrodniczych walorów zmienionych przez człowieka fragmentów przyrody (np. parków, cmentarzy, klinów zieleni), jak i ochronie stanowisk i miejsc przyrodniczych ukształtowanych przez człowieka (np. stanowisk lęgowych pustułek na wieżach kościołów, jerzyków na blokach mieszkalnych, ochrony lęgowisk mew i perkozów na sztucznych zbiornikach wodnych).

Istnieją dwie metodyki ochrony przyrody – bierna i czynna. Definicyjne pojęcie ochrony biernej dotyczy ochrony przyrody polegającej na zabezpieczeniu obiektu od wpływów zewnętrznych i wstrzymaniu się od ingerencji, w pewnym okresie i pewnych miejscach.

Ochrona czynna oznacza stosowanie zabiegów ochronnych – a więc czynną ingerencję – w środowisku na rzecz przywrócenia naturalnego stanu ekosystemów i składników przyrody lub zachowania siedlisk przyrodniczych oraz siedlisk roślin, zwierząt lub grzybów. W warunkach miejskich – zważywszy na stan siedlisk lub brak „dzikich" fragmentów przyrody – znacznie realniejszą i powszechniejszą będzie czynna ochrona przyrody. Narastająca presja inwestycyjna na obszary wolne dotąd od zabudowy powoduje, że formalne zabiegi ochroniarskie (ustanawianie form ochrony przyrody, wprowadzanie stref wolnych od zabudowy w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, kształtowanie terenów zielonych przy innych inwestycjach) mają ogromne znaczenie.

W warunkach miejskich pomocne dla ochrony przyrody może być łączenie funkcji ekologicznych z rekreacyjno-turystycznymi, a więc używanie argumentacji nie-przyrodniczej w walce o ochronę terenów. Czasami ma to kluczowe znaczenie dla powodzenia całego przedsięwzięcia na rzecz ochrony.

Inną, niezwykle ważną, okolicznością dla ochrony przyrody w miastach jest rewitalizacja obszarów zdegradowanych – nie zawsze jedyną alternatywą na takich obszarach muszą być inwestycje deweloperskie lub handlowe. Mamy w Polsce przykłady udanych rewitalizacji w kierunku tworzenia otwartych, publicznych przestrzeni parkowych lub leśnych, pełniących wówczas dodatkowe funkcje „płuc miasta".

Taki katalog uwarunkowań dla czynnej ochrony przyrody w mieście musi być uzupełniony o całkiem spory katalog zagrożeń – zewnętrznych i wewnętrznych.

Do zewnętrznych pozwolę sobie zaliczyć:

- Częste zmiany prawa ochrony środowiska i prawa polityki przestrzennej (warto wspomnieć, że dokonana kilka lat nieudolna nowelizacji prawa ustawy o ochronie przyrody doprowadziła do „likwidacja" użytków ekologicznych w miastach, co bezwzględnie wykorzystali inwestorzy zajmując nowe, wcześniej nieuprawnione do tego przestrzenie dla swych projektów);
- Prowadzenie ponadgminnych inwestycji tranzytowych przez miasto (np. obwodnica, linie przesyłowe) – takie inwestycje są kłopotliwe nie tylko dla ochrony przyrody, ale w ogóle na polityki przestrzennej miast ze względu na ograniczone pola manewru ze strony samorządów;
- Awarie przemysłowe – najczęściej czynnik niezaplanowany i nieprzewidziany co do miejsca, skali i skutków;

Poważny, bo zależny w dużej mierze od polityki miast, jest katalog zagrożeń wewnętrznych:

- Złe strategie i polityki (np. studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, gminny program ochrony środowiska), szkodliwe prawo miejscowe (m.in. plany zagospodarowania przestrzennego) – złe dokumenty strategiczne i planistyczne będące w gestii samorządów czynią wiele zła, bo sankcjonują złe nawyki, lekceważą realne problemy, nie zawierają rekomendacji na rzecz dobra wspólnego;
- Presja deweloperska bez hamulców samorządowych, a czasami wręcz z ich przywoleniem, bezpowrotnie dewastuje nie tylko obszary przyrodniczo cenne, ale każdą przestrzeń w mieście, zabudowując ją betonowymi osiedlami, co tworzy kolejne problemy z gospodarowaniem wodami opadowymi, miejskimi wyspami ciepła, problemami komunikacyjnymi;
- Brak koordynacji działań służb miejskich powoduje klincz, chaos decyzyjny i skutkuje najczęściej złymi decyzjami w sferze ochrony środowiska i ochrony przyrody;
- Raporty oddziaływania na środowisko pisane na zlecenie inwestorów lub pisane z błędami – często się zdarza, że raporty, oceny oddziaływania na środowisko są pisane pod dyktando inwestorów, którzy chcą, by och opcje w takich dokumentach były potwierdzone. Dramatem polega na tym, gdy tacy inwestorzy znajdą na rynku ludzi o przyrodniczym przygotowaniu, którzy bezrefleksyjnie lub interesownie potwierdzają opcje inwestora ze szkodą dla środowiska;
- Słabość organizacji przyrodniczych i ekologicznych –

silne organizacje obywatelskie, organizacje przyrodnicze posiadające kompetencje, wiedzę, przygotowanie prawne mogą być mocnym wsparciem dla działań ochronnych – nie tylko w zakresie interwencji, ale również podejmując partnerską współpracę z samorządami i współtworzących miejskie polityki środowiskowe. Organizacje słabe, nastawione populistycznie, nie są w stanie powstrzymać dewastacji środowiska i blokować szkodliwych inwestycji, a dodatkowo nie tworzą nowej jakości na rzecz ochrony przyrody.

Konkludując, co robić?

Istnieje całkiem spory katalog różnego rodzaju pomysłów związanych z czynną ochroną przyrody, w zakresie interwencji i kształtujących pozytywne rozwiązania dla przyrody w mieście. Poniżej wymieniam tylko kilka:

- Zapisy w programach i politykach samorządowych – czas najwyższy porzucić przekonanie, że strategie, plany i programy to „dokumenty na półkę". Mają one niebagatelne znaczenie dla kształtowania polityk miejskich w odniesieniu do ochrony przyrody. I nie są to tylko sektorowe programy ochrony środowiska, ale i ogólne strategie rozwoju, studia przestrzenne, polityki rozwoju gospodarczego, planu gospodarowania wodami – wszędzie tam można znaleźć sprawy odnoszące się, nawet pośrednio, do spraw ochrony przyrody. Wcześniejsze zainteresowanie się takimi dokumentami, współpraca z samorządami, możliwość wpisywania zagadnień ochrony przyrody ułatwia egzekwowanie tych zasad później i umożliwia sięganie po dofinansowanie zewnętrzne (warto pamiętać, że brak określonych zapisów może powodować brak możliwości ich finansowania);
- Zapisy w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego – to czasami podstawa jakichkolwiek późniejszych działań ochroniarskich. Plany miejscowe przesądzają o charakterze zagospodarowania danej przestrzeni. Jeśli jest konkretny inwestor zainteresowany danym terenem, to od uchwalenia m.p.z.p. do początków inwestycji droga jest bardzo krótka, dlatego o pewne zapisy warto walczyć na tym etapie i nie czekać do momentu, w którym zostają tylko protesty – czasami kolorowe i krzykliwe, ale często już nieskuteczne;
- Monitoring egzekwowania prawa krajowego i samorządowego – to też pomocne narzędzie w ochronie przyrody w miastach. Wiele działań samorządy tłumaczą zobowiązaniami prawnymi wyższego rzędu, warto więc angażować się w konsultacje prawne na etapie tworzenia projektów ustaw;
- Nacisk społeczny i medialny często przynosi zamierzone skutki. Widocznym tego przykładem jest nacisk opinii publicznej i organizacji ekologicznych z żądaniem podejmowania przez rząd i samorządy zdecydowanych działań na rzecz eliminacji „miejskich smogów". Skutkiem są zarówno rządowy program „Czyste powietrze", jak i samorządowe programy finansowania wymiany pieców opalanych węglem. Obecnie pojawia się nowy „modny temat": walka ze zmianami klimatu, ochrona drzew i zrównoważona gospodarka wodna. Są pierwsze samorządy, które wprowadzają standardy ochrony drzew, plany adaptacji do zmian klimatu. A to też efekt presji społecznej.
- Edukacja ekologiczna – ta cały czas najtańsza i najbardziej skuteczna forma zmiany świadomości ekologicznej i przyrodniczej mieszkańców miast. Nie może być jednak ograniczona tylko do zajęć w szkołach, ale powinna przejawiać się w formie artykułów lokalnej prasie i programach telewizyjnych i radiowych, festynów i pikników, ale także regularnych zajęć / wykładów dla radnych i urzędników, bo to oni podejmują bieżące decyzje dotyczące spraw ochrony przyrody w miastach.

Może piszę to o oczywistościach, ale mając kilkunastoletnie doświadczenie pracy radnego w Poznaniu i kilkudziesięcioletnie już teraz doświadczenie zaangażowania w sprawy ochrony przyrody z perspektywy samorządowej, rządowej i pozarządowej wiem, że zapomina się o oczywistościach właśnie, tracąc wielokrotnie szansę na uratowanie cennej przestrzeni przyrodniczej, będącej jednocześnie cennym obszarem rekreacji, oraz walorów przyrodniczych miasta stanowiących niejednokrotnie atut promocyjny miasta. ■

Autorzy

prof. dr hab. inż. Andrzej M. Jagodziński, leśnik i biolog. Profesor i dyrektor Instytutu Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku, w którym kieruje także Zakładem Ekologii. Jest także profesorem w Katedrze Łowiectwa i Ochrony Lasu na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Zawodowo zajmuje się analizą czynników determinujących produkcję biomasy i retencję węgla w lasach oraz analizą ekologicznych uwarunkowań różnorodności biologicznej ekosystemów leśnych.

dr hab. Mirosław Makohonienko, profesor Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, archeolog i geograf, paleoekolog czwartorzędu, badający miejsce człowieka w przyrodzie. Członek Rady Instytutu Geoekologii i Geoinformacji, członek Rady Wydziału w składzie ds. naukowych, członek Rady Wydziału w składzie ds. administracyjnych, członek Wydziałowej Komisji ds. Grantów Unii Europejskiej, członek Instytutowej Komisji ds. dydaktycznych, członek Komitetu Redakcyjnego Badań Fizjograficznych (od 2010), członek zwyczajny (od maja 1998) Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk (PTPN), członek zwyczajny (od czerwca 2002) Stowarzyszenia Naukowego Archeologów Polskich (SNAP), członek Stowarzyszenia Archeologii Środowiskowej (SAS), współinicjator powołania Stowarzyszenia (członek założyciel) członek zwyczajny (od 2010 r.) Komitetu Badań Czwartorzędu, członek Zarządu (w latach 2006-2008) Association for Environmental Archaeology (Wielka Brytania). Recenzent w czasopismach naukowych zagranicznych (Quaternary International, Vegetation History and Archaeobotany, Geophysical Research Letters, Japan Review) i krajowych (Studia Quaternaria, Badania Fizjograficzne).

dr inż. Emilia Pers-Kamczyc, adiunkt w Zakładzie Genetyki i Interakcji Środowiskowych Instytutu Dendrologii PAN. Absolwentka biotechnologii na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. Zainteresowana wpływem warunków środowiskowych i czynników genetycznych na potencjał rozrodczy roślin i zwierząt. Bada wpływ płci na cechy morfologiczne, fizjologiczne i genetyczne osobników tego samego gatunku, ze szczególnym uwzględnieniem obserwowanych zmian środowiskowych.

dr Weronika B. Żukowska, zajmuje się szeroko pojętą genetyką gatunków drzewiastych. W swojej pracy wykorzystuje narzędzia biologii molekularnej w celu poznania genetycznych podstaw zmienności fenotypowej, adaptacji i hybrydyzacji. Interesuje się wpływem działalności człowieka na pule genowe rodzimych gatunków drzew, a także wykorzystaniem markerów genetycznych w hodowli i selekcji drzew leśnych. Działa także jako popularyzatorka nauki. Zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Genetyki i Interakcji Środowiskowych Instytutu Dendrologii PAN.

prof. dr hab. Piotr Tryjanowski, dyrektor Instytutu Zoologii na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu; uczy przede wszystkim studentów weterynarii - podstaw biologii, parazytologii i etologii. Zainteresowany badaniem behawioru dzikich zwierząt. Członek Academia Europaea.

Krzysztof Mączkowski, analityk ochrony środowiska, jest koordynatorem krajowym Programu Drzewo Franciszka, sekretarzem redakcji Magazyn Drzewo Franciszka, konsultantem Metropolii Poznań i Miasta Poznania ds. adaptacji do zmian klimatu, współzałożycielem i dyrektorem Biegu Na Rzecz Ziemi.
Obszar zainteresowań: gospodarka wodna, ochrona bioróżnorodności, adaptacja obszarów miejskich do zmian klimatu, duchowe i kulturowe inspiracje dla postaw proekologicznych.

KONKURS
DRZEWO FRANCISZKA 2023

CO TO JEST?

EDUKACJA EKOLOGICZNA DZIECI I MŁODZIEŻY

- kształtowanie postaw ekologicznych
- inspiracja encykliką *Laudato si*
- oddziaływanie na społeczności szkół podstawowych w całym kraju
- wyłonienie lokalnych liderów ekologii

DRZEWO FRANCISZKA

TWÓRCZE PROJEKTY

- programy edukacyjne
- audycje radiowe
- artykuły w prasie lokalnej
- akcje współdziałania z miejscowymi władzami
- szkolne programy badawcze
- festyny ekologiczne
- działania terenowe
- i tak dalej :)

ZESPOŁOWE DZIAŁANIE NA RZECZ OCHRONY ŚRODOWISKA

- drużyny pasjonatów pełnych zapału
- zaangażowanie społeczności lokalnej
- współpraca z miejscowym samorządem i instytucjami
- ekologiczne kampanie medialne
- nauka współdziałania na rzecz wspólnego dobra

TRWAŁA ZMIANA MYŚLENIA O EKOLOGII

- stworzenie społeczności młodych ekologów
- projekty, które działają po zakończeniu konkursu
- otwarcie dorosłych na postulaty dzieci i młodzieży
- ekologiczne kampanie medialne

ATRAKCYJNE NAGRODY

- na etapie wojewódzkim i ogólnopolskim
- dla najlepszych szkół
- dla wszystkich członków zwycięskich zespołów

więcej informacji na: www.drzewofranciszka.pl/konkurs

KONKURS
DRZEWO FRANCISZKA 2023

JAK WZIĄĆ UDZIAŁ?

KROK 1: ZBIERZCIE DRUŻYNĘ!

- do 10 osób
- uczniowie klas 4-8 szkoły podstawowej
- pasjonaci pełni zapału
- opiekun

KROK 2: WYMYŚLCIE PROJEKT

- bądźcie kreatywni i odważni
- zaplanujcie współpracę ze swoją społecznością
- zróbcie coś ważnego

KROK 3: WYŚLIJCIE KARTĘ ZGŁOSZENIA

- na adres e-mail Koordynatora Regionalnego i pocztą tradycyjną:

Fundacja Zakłady Kórnickie
al. Flensa 2b
62-035 Kórnik

KROK4: ZREALIZUJCIE PROJEKT

- wprowadźcie w życie Wasze pomysły
- wyjdźcie z nimi do ludzi
- zaproście Samorząd lokalny i media
- wyślijcie raport z zadania
- czekajcie na Finał Drzewa Franciszka 2023

DRZEWO FRANCISZKA

Grafika: Sylwia Pawera-Pelińska

Dofinansowano ze środków
Wojewódzkiego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Poznaniu

WFOŚiGW
POZNAŃ
WOJEWÓDZKI FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ
W POZNANIU