

Co kształtuje otaczający nas świat organizmów żywych?

Porządkowanie chaosu



Prof. Adam Łomnicki, członek PAN, zajmuje się ekologią populacyjną i ewolucyjną

ADAM ŁOMNICKI
RYSZARD KORONA
Uniwersytet Jagielloński, Kraków
lomnicki@eko.uj.edu.pl
korona@eko.uj.edu.pl

Złożoność i wyrafinowanie zjawisk biologicznych sprawiają, że wiele osób przypisuje ich autorstwo siłom, których nie znamy i nie rozumiemy. Tymczasem do wyjaśnienia bogactwa życia na Ziemi nie trzeba sięgać np. do koncepcji „inteligentnego projektu”. Wystarczy znajomość teorii ewolucji drogą doboru naturalnego i molekularnych podstaw procesów biologicznych. Dzięki nim nasze rozumienie ewolucji opiera się na stosunkowo prostych i sprawdzalnych założeniach



Dr hab. Ryszard Korona zajmuje się genetyką ewolucyjną i ewolucyjną eksperymentalną

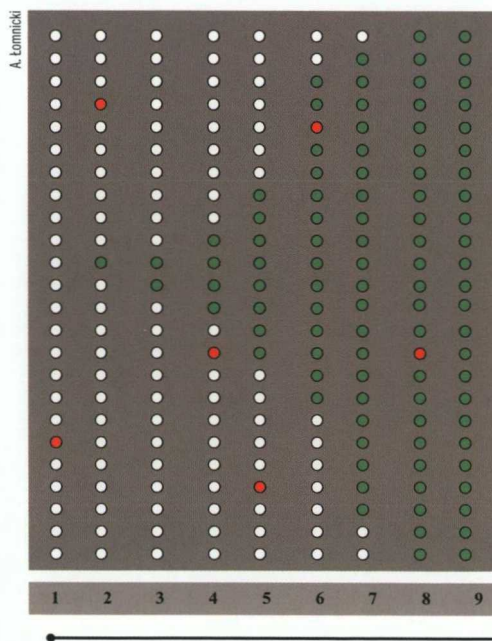
Nie wnikając w scenariusz pochodzenia życia na Ziemi, którego szczegóły są w dalszym ciągu sprawą otwartą, zastanówmy się nad minimalnymi warunkami umożliwiającymi proces ewolucji drogą doboru naturalnego. Po pierwsze musi istnieć materia w nieciągłych jednostkach, czyli we fragmentach oddzielonych fizycznie od innych fragmentów. Mogą to być np. pojedyncze cząsteczki związków chemicznych. Po drugie, materia ta musi być zdolna do autokatalizy, czyli do pobierania z otoczenia innej materii i zmienianie jej w siebie samą, co jest w przyrodzie zjawiskiem znanym. Te dwie właściwości sprawiają, że w wyniku przyrostu wspomniane fragmenty będą miały tendencję do dzielenia się na mniejsze. Dla procesu ewolucji potrzebne są jeszcze tylko dwa warunki: długi czas trwania i przypadek, albo chaos, pozwalający na pojawianie się od czasu do czasu różnic między fragmentem rodzicielskim a fragmentem potomnym tej autokatalizującej materii.

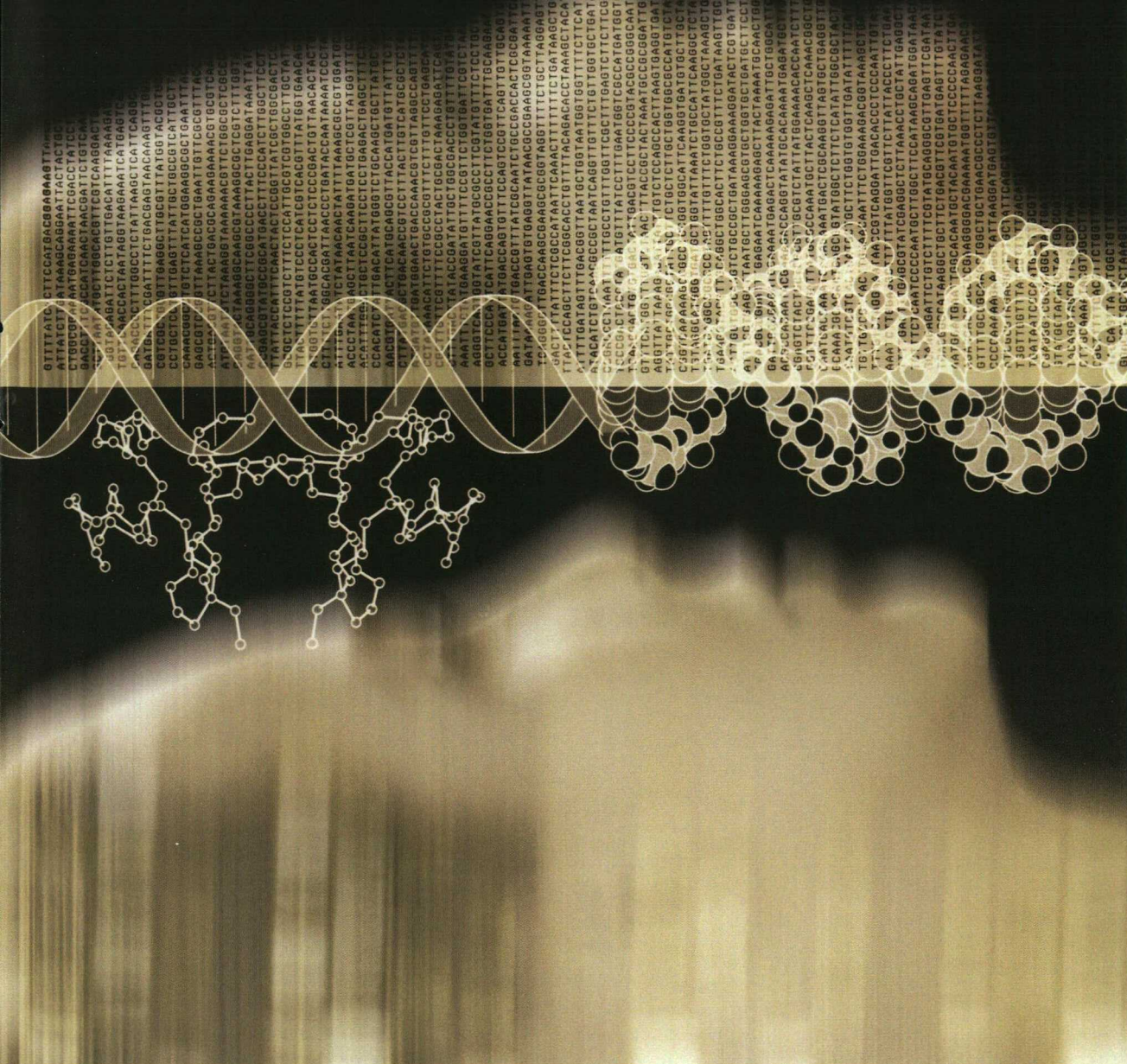
Nie da się ukryć, że otaczający nas świat roślin, zwierząt i mikroorganizmów nie przypomina fragmentów autokatalizującej materii i jest znacznie bardziej złożony niż, np. zdolne do autokatalizy cząsteczki RNA. Nie ma jednak żadnych twardych argumentów, że procesy tu opisane nie mogą prowadzić do powstania i rozwoju przyrody żywej takiej, jaką znamy. Wśród nasuwających się pytań szczególnie istotne wydają się dwa, a mianowicie: czy pierwotnym źródłem procesu ewolucji jest rzeczywiście chaos, czyli innymi słowy czy mutacje są niezależne od potrzeb, jakie przed organizmami stawia zmieniające się środowisko, oraz czy skomplikowane układy biologiczne (klasycznym przykładem może tu być oko) mogły powstać bez istnienia inteligentnego projektu, który wyznaczałby drogę ewolucji?

Celowe zmiany?

Pomysł, że za mutacjami nie kryje się przypadkowy błąd replikacji kwasów nukleinowych, lecz że są one odpowiedzią adekwatną do zmian w środowi-

Schemat działania doboru dla jednego genu w populacji, ze stałą liczbą osobników, w ciągu dziewięciu pokoleń. W pierwszym pokoleniu prawie wszystkie osobniki mają jedną wersję genu (białą) za wyjątkiem pojedynczych różnych szkodliwych mutacji (czerwonych), których nosiciele giną bezpotomnie. Pojawienie się mutacji zielonej daje jego nosicielom przewagę konkurencyjną tak nad nosicielem wersji białej, jak i pozostałymi mutacjami i prowadzi w stosunkowo krótkim czasie do genetycznej zmiany w całej populacji





East News

Mutacje powstające w DNA wszystkich żyjących gatunków reprezentują „wyjściowy surowiec” ewolucji. W rzeczywistości są one niczym więcej niż licznymi błędami replikacji genów ulegającymi weryfikacji w trakcie doboru naturalnego

sku, jest tak atrakcyjny dla wielu badaczy, że wciąż powraca w literaturze biologicznej. Jednym z najgłośniejszych przykładów jest debata o „mutacjach kierunkowych”, które miałyby powstawać u głodzonych bakterii po to, by umożliwić im wzrost dzięki wykorzystaniu substancji pokarmowych wcześniej im niedostępnych. Późniejsze badania pokazały, że rzekomo celowe mutacje są w istocie losowe, a dopiero konfrontacja ze środowiskiem pozwala na ocenę ich wartości i pozostawienie tych, które okażą się korzystne.

Ta historia raz jeszcze dowiodła, że przekonanie o losowości mutagenetyzacji wypływa nie z dogmatycznego uporu neodarwinistów, ale z empirycznej rzeczywistości. Rutynowym doświadczeniem biologów jest też to, że znacznie częściej mutacje okazują się szkodliwe niż korzystne.

Tego właśnie spodziewalibyśmy się po wprowadzaniu losowych zmian do złożonych układów. Przeprowadzono eksperyment, by określić, jak często losowe mutacje są szkodliwe, a jak często potencjalnie korzystne. Okazało się, że te pierwsze są o dwa rzędy wielkości częstsze. Przy tym ich skutki fenotypowe (dla wyglądu i funkcjonowania organizmu) są znacznie silniejsze, tak że spodziewany łączny efekt negatywny mutacji losowych jest silniejszy od pozytywnego ponad tysiąc razy!

Proces powstawania narządów i całych organizmów drogą doboru naturalnego nie ma analogii w mechanizmach konstruowanych przez człowieka. To tak, jakby zmieniać samolot śmigłowy w odrzutowiec po jednym bardzo drobnym elemencie, a po każdej wymianie samolot działałoby lepiej. Człowiek byłby skłonny do zaplanowania

Losowy proces ewolucji, wspierany przez dobór naturalny, doprowadziły do niekiedy zaskakujących rezultatów. Oko ośmiornicy przypomina oko ssaka, choć w procesie ewolucji powstały inaczej



East News

odrzuć od nowa. Jednakże w przyrodzie losowe drobne zmiany mogą prowadzić do powstania skomplikowanych przystosowawczych struktur dlatego, że korzystne układy są stopniowo gromadzone i dalsza ewolucja jest modyfikacją tego, co zostało już osiągnięte.

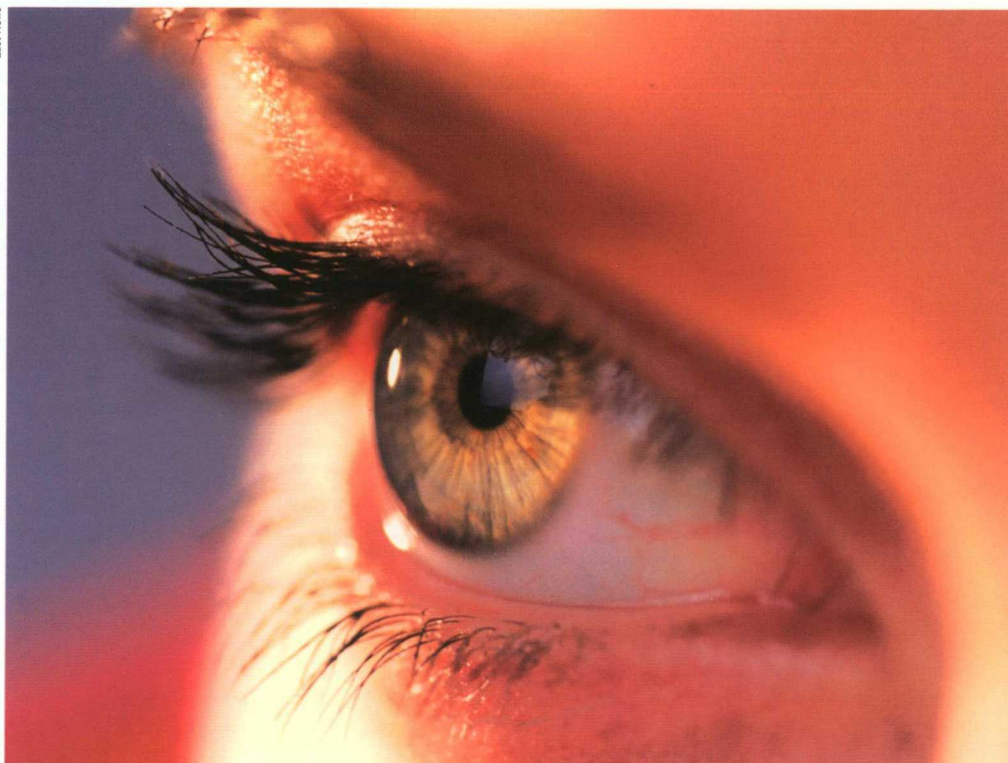
Dryfująca ewolucja

Działanie chaosu objawia się jeszcze w jednym aspekcie biologii ewolucyjnej, a mianowicie dryfie genetycznym. Możliwych do wyprodukowania gamet, będących nosicielami różnych genów, jest w populacji więcej niż gamet przeżywających w formie zygot do następnego pokolenia. Przy braku doboru wybór tych przeżywających jest zjawiskiem losowym, podobnym do wyboru ograniczonej liczby kul z dużej urny zawierającej wiele kul różnokolorowych. Jeśli z urny wybierzemy niewielką ich liczbę, to proporcja w tej próbie będzie najczęściej inna niż ta w urnie, a zmiana, jaka nastąpi, jest zupełnie nie do przewidzenia, czyli chaotyczna. Ciąg takich losowań jest modelem istniejącej przez wiele pokoleń małej populacji. Oparta na rachunku prawdopodobieństwa teoria dryfu genetycznego

wykazuje, że po pewnym czasie doprowadzi on do utrwalenia w każdym genie tylko jednej jego wersji. Podobny może być wynik działania doboru, który także może utrwalić jedną wersję. Mechanizm doboru jest jednak zupełnie inny.

Jak rozróżnić zmiany utrwalone przez procesy losowe od tych wynikających z działania doboru? Bywa to trudne, ale na poziomie sekwencji DNA często możliwe do rozstrzygnięcia. Odnajdując sekwencje „zakonserwowane” w materiale genetycznym niespokrewnionych ze sobą gatunków domyślamy się, że działanie doboru powstrzymało gromadzenie się losowych zmian w jakichś ważnych strukturach. Natomiast widząc, że pewne zmiany nukleotydów są częstsze niż wynika z rachunku prawdopodobieństwa, podejrzewamy, iż są one przez dobór popierane. Wyłania się z tego ogólny obraz ewolucji, gdzie losowe mutacje i wynik dryfu odgrywają ogromną rolę w tworzeniu i utrwalaniu zmienności na poziomie molekularnym. Natomiast na poziomie fenotypowym zmian chaotycznych jest nieporównanie mniej, ponieważ działanie doboru powoduje, że zmiany w najsilniej wpływających na fenotyp sekwen-

East News



Konwergencja to proces, w którym oddzielne, ale równoległe ścieżki ewolucji prowadzą do powstania bardzo podobnych struktur lub funkcji. Oko człowieka i oko ośmiornicy są idealnym przykładem konwergencji; innym może być podobny kształt ciała ryb i walenii

cyjach DNA i białek są albo powstrzymane, albo ukierunkowane.

Sukces bezrozumnego doboru

Dobór naturalny doskonale radzi sobie z powstawaniem i utrzymywaniem skomplikowanych i doskonałych adaptacji. Rodzi się więc pytanie, czy wszystkie cechy roślin, zwierząt i mikroorganizmów nie są adaptacjami, powstałymi drogą doboru, które zawsze zwiększają szanse przeżycia i wydania potomstwa. Takie idealne organizmy wskazywałyby raczej na realizację idealnego projektu, a nie na historycznie uwarunkowany rozwój drogą doboru naturalnego. Przyjmując hipotezę doboru zakładamy, że jest on reakcją na to, co w danej chwili organizm spotyka. Podczas doboru z chaotycznej zmienności wybrane zostaną takie cechy, jakie są dostępne. Dobór nie może niczego przewidywać. Dlatego jeśli organizm dysponuje jakimś rozwiązaniem, to może je poprawiać, ale nie może go odrzucić, aby w to miejsce umieścić coś zupełnie innego. Klasycznym przykładem potwierdzającym takie rozumowanie jest skrzyżowanie przewodów pokarmowego i oddechowego u kręgowców lądowych. Nie ma żad-

nego powodu, oprócz zaszłości historycznej, aby te przewody się krzyżowały. Co więcej – ich połączenie może łatwo prowadzić do zakrzuszenia się płynem, a w konsekwencji nawet do śmierci. Jest to w oczywisty sposób cecha szkodliwa. Podobnie ma się rzecz z nasieniowodami u mężczyzn, które przebiegają wewnątrz jamy brzusznej powyżej moczowodów, bo niegdyś jądra nie były opuszczone poza jamę ciała. Trudno mówić tu o jakimkolwiek inteligentnym projekcie, wyjaśnić to może tylko bezmyślne, aczkolwiek często udane działanie doboru. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Brisson D. (2003). The Directed Mutation Controversy in an Evolutionary Context. *Critical Reviews in Microbiology*, 29, 25-35.
- Cairns J., Overbaugh J., Miller S. (1988). The origin of mutants. *Nature*, 335, 142-146.
- Krzanowska H. i wsp. (2002). *Zarys mechanizmów ewolucji*. Warszawa: PWN.
- Monod J. (1979). *Przypadek i konieczność*. Biblioteka „Głosu”.
- Wloch D.M., Szafranec K., Borts R.H. & Korona R. (2001). Direct estimate of the mutation rate and the distribution of fitness effects in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Genetics*, 159, 441-452.