

KOSMOS

PROBLEMY NAUK BIOLOGICZNYCH

Tom 47, 1998
Numer 2 (239)
Strony 119-121

Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika

HALINA KRZANOWSKA

*Zakład Genetyki i Ewolucjonizmu,
Instytut Zoologii,
Uniwersytet Jagielloński
Ingardena 6; 30-060 Kraków
E-mail: krzan@zuk.iz.uj.edu.pl*

WPROWADZENIE

Zdolność do rozmnażania jest podstawową cechą wszystkich żywych organizmów, a procesy z tym związane można badać z różnych perspektyw, poczynając od poziomu molekularnego i komórkowego, a kończąc na skomplikowanych zależnościach występujących między osobnikami w populacji. Ta różnorodność podejść badawczych ujawnia się wyraźnie w obecnym zeszycie tematycznym zatytułowanym „Biologia rozmnażania”, w którym zgromadzono artykuły napisane przez specjalistów z różnych dziedzin, naświetlających postępy w badaniach nad mechanizmami i znaczeniem rozmaitych form rozrodu oraz rekombinacji genetycznych. Motywem przewodnim, który łączy całość i pozwala zrozumieć zdumiewające nieraz przejawy procesów związanych z płcią i rozrodem, jest aspekt ewolucyjny.

Najprostsze jest rozmnażanie bezpłciowe (wegetatywne), w którym nowy osobnik powstaje w wyniku podziału, pączkowania, albo jakiejś innej jeszcze formy oddzielenia się od organizmu macierzystego. Rozmnażanie bezpłciowe dominuje wśród organizmów prokariotycznych i u niższych eukariotów (pierwotniaków, jednokomórkowych glonów i niektórych grzybów, np. drożdży), a spotyka się je także u wielu roślin i u niektórych niższych zwierząt. Najistotniejszą cechą tego typu rozmnażania jest to, że osobniki potomne są zasadniczo identyczne pod względem genetycznym z osobnikiem macierzystym, z wyjątkiem rzadkich przypadków pojawienia się nowych mutacji. Rozród taki wymaga tylko jednego osobnika do wydania potomstwa i jest bardzo wydajny. A jednak w procesie ewolucji został on zdecydowanie zdominowany przez rozmnażanie płciowe (seksualne), mimo, iż stanowi ono proces bardzo skomplikowany i

wymaga zwykle aż dwu osobników do wydania potomka. Najważniejszą cechą rozrodu płciowego są rekombinacje genetyczne, powodujące powstawanie w każdym pokoleniu nowych kombinacji genów. U organizmów rozmnażających się płciowo, poza sporadycznymi mutacjami, właśnie rekombinacje dostarczają wciąż nowych zasobów zmienności genetycznej, będącej tworzywem ewolucji organizmów.

Pewne formy rekombinacji genetycznej, w postaci tak zwanych zjawisk paraseksualnych, nie związanych bezpośrednio z rozrodem, zachodzą już u prokariotów, a co więcej, one właśnie służą jako modele do badań rekombinacji na poziomie molekularnym. Nawet u tych najprostszych organizmów są to procesy bardzo skomplikowane i zaledwie częściowo poznane, jak się dowiadujemy z artykułów omawiających różne typy rekombinacji u wirusów (A. PIEKAROWICZ) i bakterii (M. WŁODARCZYK).

Jednakże typowe rozmnażanie płciowe występuje dopiero u organizmów eukariotycznych. Polega ono na wytwarzaniu haploidalnych (wyposażonych w jeden tylko zespół chromosomów, 1 n) komórek rozrodczych, czyli gamet, które łącząc się ze sobą w procesie zapłodnienia tworzą diploidalną zygotę (o dwu zespołach chromosomów, 2n). W procesie rozmnażania płciowego rekombinacje genetyczne zachodzą więc w dwóch etapach. Po pierwsze, już w czasie wytwarzania gamet, kiedy wyjściowa diploidalna komórka przechodzi redukcję liczby chromosomów w procesie mejozy, następuje losowe przetasowanie i wymiana odcinków (crossing-over) chromosomów pochodzących od ojca i od matki, w wyniku czego w gametach powstają nowe układy genów. Drugie źródło rekombinacji, to proces zapłodnienia, w którym

spotykają się ze sobą gamety zawierające różne komplety genów. W rezultacie w losowo rozmnażającej się populacji, każdy osobnik jest odmienny genetycznie od innych, a populacja zawiera wielkie zasoby zmienności, na które działa darwinowski dobór naturalny. Trzeba też podkreślić, że rozmnażanie płciowe doprowadziło do powstania diploidalności ($2n$), która u organizmów wyższych stała się główną formą bytowania. Diploidalność odgrywa bardzo ważną rolę w procesie ewolucji, umożliwiając różne formy współdziałania między allelami jednego genu, jak dominacja, czy naddominacja, które powodują maskowanie alleli niefunkcjonalnych oraz sprzyjają utrzymywaniu alleli w danej chwili niekorzystnych, ale mogących się przydać w przyszłości, po zmianie warunków środowiskowych, na jakie każda populacja jest w dłuższym okresie narażona.

Ewolucja rozmnażania płciowego doprowadziła do powstania nowych mechanizmów i przystosowań. Na poziomie komórkowym objawiło się to przede wszystkim jako modyfikacja cyklu komórkowego. W przeciwieństwie do rozmnażania bezpłciowego, w którym komórki przechodzą przez normalny cykl komórkowy i dzielą się tylko podziałem mitotycznym, rozmnażanie płciowe pociągnęło za sobą konieczność redukcji liczby chromosomów w czasie wytwarzania gamet, co doprowadziło do wykształcenia skomplikowanego cyklu mejotycznego, o słabo jeszcze poznanych mechanizmach. J. KUBIAK i Z. POLAŃSKI opisują najważniejsze etapy jego kontroli w komórkach zwierzęcych, w procesie wytwarzania jaj (oogenezy) i plemników (spermatogenezy). Autorzy tłumaczą, jak to się dzieje, że przed drugim podziałem mejotycznym nie dochodzi do replikacji DNA, a komórka jajowa może się na długi czas zablokować na etapie metafazy, zanim nie wnuknie do niej plemnik.

Przebieg tych procesów i ich kontrola są dla organizmu bardzo kosztowne. Nic więc dziwnego, że w wielu grupach, zwłaszcza roślin, dochodzi wielokrotnie do powstania apomiksji, która — jak to przedstawia artykuł K. NIEMIROWICZ-SZCZYTT — może przybierać bardzo różne formy: od częściowej do całkowitej redukcji mejozy i (lub) zapłodnienia. Nie zapobiega to wprawdzie gromadzeniu zmienności, ale przy całkowitym pominięciu obu tych procesów, wystąpiłby brak rekombinacji. W rzeczywistości jednak tak skrajne przypadki są rzadkie. Apomiksja zdarza się raczej epizodycznie w ewolucji roślin i zwierząt, o czym może świadczyć fakt, iż występuje ona w tak różnych formach i różnych grupach niezależnie.

Jak zatem doszło do ewolucji rozmnażania płciowego i jakie mechanizmy je utrzymują, mimo, iż jest to typ rozrodu mniej wydajny liczebnie i znacznie bardziej kosztowny dla osobnika pod względem nakładów materiałów i energii, niż rozród bezpłciowy? Jak się dowiadujemy z artykułu R. KORONY, nauka wciąż jeszcze nie umie w pełni zadawać i odpowiadać na te, zdawało by się proste, pytania. Autor rozważa różne współczesne modele genetyki populacyjnej, lepiej lub gorzej uzasadniające utrzymywanie się rozmnażania płciowego i wykazuje, że w istocie trwa ciągły wyścig z czasem. Niekorzystne konsekwencje rozmnażania bezpłciowego w populacjach muszą narastać na tyle szybko, żeby zniwelować początkową przewagę form bezpłciowych zanim płciowe wyginą.

Dlaczego w toku ewolucji gamety zróżnicowały się na większe (jaja) i mniejsze (plemniki)? Dlaczego zwierzęta są najczęściej rodzielnopłciowe, a rośliny najczęściej obupłciowe? Dlaczego zwykle produkowana jest podobna liczba samic i samców? Jak wykazuje J. KOZŁOWSKI, rozumowanie w kategoriach strategii ewolucyjnie stabilnych pozwala dać przekonującą odpowiedź na wszystkie te pytania.

Konsekwencją rozmnażania płciowego u zwierząt stało się zróżnicowanie osobników w obrębie gatunku na samice i samce. Genetyczne mechanizmy determinacji płci mogą być różne, a ich podłoże molekularne wyjaśniono, i to zaledwie częściowo, u kilku tylko najlepiej zbadanych pod tym względem gatunków: nicienia, muszki owocowej, myszy i człowieka (J. STYRNA).

Podział na dwa typy gamet: dużych, nieruchomych komórek jajowych wytwarzanych przez samice i małych, ruchliwych plemników produkowanych przez samce, spowodował, że koszt ich wytwarzania jest różny u obu płci. To pociągnęło za sobą ewolucję różnych strategii rozrodczych u samców i samic, konkurencję między osobnikami tej samej płci oraz różne preferencje ze strony osobników płci przeciwnej. Zjawiska te zauważył już Karol Darwin i nadał im nazwę doboru płciowego. Jak opisuje J. RAFIŃSKI, procesy te wcale się nie muszą kończyć w momencie zaplemnienia, ale mogą trwać dalej już jako konkurencja między plemnikami w drogach rozrodczych samicy, a w pewnych przypadkach nawet po wnuknięciu do komórki jajowej. Przyzwyczailiśmy się do tego, że proces zapłodnienia jest losowy (na tym założeniu opierają się reguły genetyki mendelowskiej), tymczasem zdarzają się przypadki, że pewne kombinacje genotypów gamet są preferowane.

Przez długi czas proces zapłodnienia i wczesny rozwój zarodkowy można było badać tylko u zwierząt o zapłodnieniu zewnętrznym. Dopiero rozwój technik utrzymywania gamet i zarodków w warunkach *in vitro* umożliwił takie badania u gatunków o zapłodnieniu wewnętrznym. Zapoczątkowało to szybki rozwój embriologii eksperymentalnej ssaków i doprowadziło do opracowania wielu metod biotechnologicznych, takich jak różne warianty zapłodnienia *in vitro*. Najbardziej radykalna z nich, polegająca na wprowadzaniu pojedynczych plemników bezpośrednio do komórki jajowej, znalazła już zastosowanie praktyczne w odniesieniu do gamet człowieka; pozwala to otrzymać zdrowe potomstwo w przypadku gdy mężczyzna produkuje bardzo mało plemników, albo gdy są one upośledzone morfologicznie lub nieruchome. Jak opisuje M. MALESZEWSKI, wprowadzenie tej metody rzuciło nowe światło na mechanizmy normalnego zapłodnienia. Okazuje się, że specyficzne kształty plemników i rozwój specjalnych przystosowań (kondensacja chromatyny w jądrze, obecność witki i akrosomu) potrzebne są tylko aby umożliwić plemnikowi pokonanie

licznych barier na drodze do komórki jajowej, ale nie mają istotnego znaczenia dla samego procesu zapłodnienia.

Jeszcze bardziej radykalną ingerencją w proces rozrodu jest tak głośno ostatnio klonowanie u ssaków, które umożliwia powstanie nowego osobnika zupełnie bez udziału gamety męskiej. Na czym polega klonowanie, jak do niego doszło i jakie są przed nim perspektywy — tego dowiadujemy się z artykułu A.K. TARKOWSKIEGO, jednego z pionierów embriologii eksperymentalnej ssaków.

Wielu ludzi zadaje sobie pytanie, czy spektakularne osiągnięcia biologii i medycyny nie przyczynią się do rozpowszechniania genów odpowiedzialnych za wysępkowanie różnych nieprawidłowości i nie doprowadzą do pogorszenia genetycznego populacji ludzkiej. Inaczej mówiąc — czy populacjom człowieka grozi pogorszenie genetycznej jakości spowodowane brakiem doboru naturalnego? Jest to przedmiot rozważań A. ŁOMNICKIEGO i R. KORONY w artykule zamykającym zeszyt.

