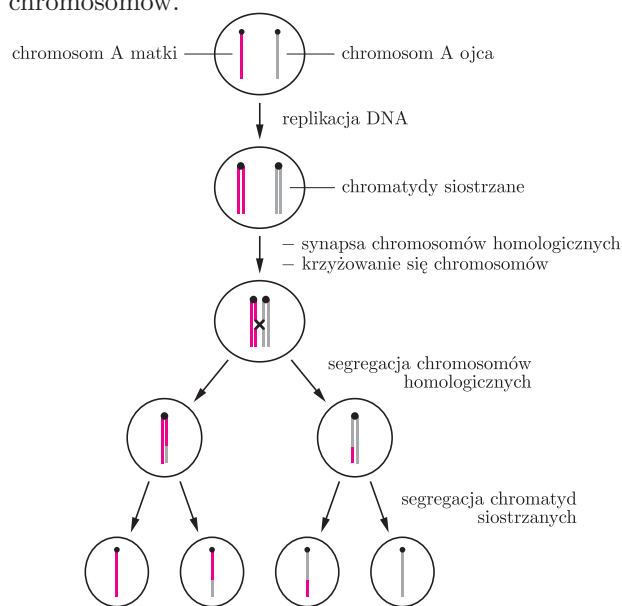


Chromosomowe układanki

Mamy o jedną parę chromosomów mniej niż nasi najbliżsi krewni, szympansy. Tymczasem nasze geny różnią się jedynie w około 1,5% sekwencji, a 24 pary chromosomów szympansa zawierają tę samą ilość informacji, co 23 ludzkie.

Chromosomy to sposób, w jaki komórka przechowuje DNA – takie pojemniki na geny. Liczba takich pudełek może być bardzo różna – są organizmy z jedną i z kilkuset parami chromosomów (np. znana z kwaciarni Kalanchoe ma ich aż 250 par!).

Organizmy diploidalne mają po dwie kopie wszystkich chromosomów (czyli $2n$) po jednej od każdego rodzica. Podczas mejozy (w której wyniku powstają gamety) chromosomy wymieniają się fragmentami, po czym każda para chromosomów rozdziela się losowo do dwóch powstających komórek haploidalnych, mających po n chromosomów.



Schemat mejozy.

Jeśli w wyjściowej komórce byłby chromosom bez pary, w jednej z komórek potomnych zabrakłoby istotnej informacji genetycznej; często takie usterki blokują już sam proces mejozy. Dlatego muł, z 32 chromosomami od klaczy i 31 od osła, jest bezpłodny, a różna liczba chromosomów skutecznie izoluje gatunki.

Ważna jest nie tylko parzysta liczba chromosomów, ale również proporcje między genami, które niosą. Muł funkcjonuje dobrze – 32 chromosomy klaczy zawierają mniej więcej tę samą informację, co 31 chromosomów osła. Natomiast obecność u ludzi dodatkowego chromosomu numer 21 powoduje zespół Downa, a inne dodatkowe chromosomy (poza płciowymi) – śmierć. Jedyne nieszkodliwe odstępstwa od liczby chromosomów to u mężczyzn dodatkowy chromosom Y, a u kobiet dodatkowy X.

Najprostszy sposób na zwiększenie liczby chromosomów to zwiększenie ich liczby o cały, kompletny zestaw, albo nawet o kilka. Mistrzami w tym zabiegu są rośliny. Jeśli, wskutek jakiegoś zaburzenia, roślina wytwarza gamety z niezredukowaną liczbą chromosomów, to po jej samozapyleniu powstanie osobnik o podwojonej liczbie chromosomów. Nie będzie się w stanie krzyżować z gatunkiem wyjściowym, o dwukrotnie mniejszej liczbie chromosomów i zapoczątkuje nowy gatunek! Wiele roślin uprawnych przeszło ten proces – np. pszenica ma sześć lub cztery (pszenica durum) zestawy chromosomów w każdej komórce.

Kłopoty z mejozą przy nieparzystej liczbie chromosomów wykorzystują ogrodnicy: bezpestkowe arbuzy to owoce triploidalnej rośliny ($3n$), krzyżówki wyjściowego gatunku z arbuzem o podwojonej liczbie chromosomów.

Zwierzęta też bywają poliploidalne. Nie ssaki, ale kilka lat temu wyhodowano triploidalnego koguta (nie był, niestety, zdrowy). W przyrodzie występują triploidalne jaszczurki (rozmnażają się partenogenetycznie), a wśród żab zdarzają się tetra-, a nawet oktoploidy.

Liczba chromosomów może się też zwiększyć mniej radykalnie – wskutek podzielenia się jednego chromosomu w centromerze (przewężeniu chromosomu) powstaną dwa, z centromerami na samych końcach. Centromery mogą się również łączyć – w ten sposób liczba chromosomów ulegnie redukcji. Czterdzieści chromosomów sprzyjających takiemu łączeniu, z centromerami na końcach, mają myszy. Znane jest wiele tzw. ras chromosomowych myszy, o liczbie chromosomów od 22 do 40, izolowanych rozrodczo.

Może się zdarzyć, że chromosomy połączą się „tandemowo”, tzn. koniec z końcem lub koniec z centromerem. Takie rearanżacje spowodowały ekstremalne różnice w liczbie chromosomów u azjatyckich jeleni, mundżaków. Mundżak indyjski ma 6 par chromosomów, a chiński... 46 par, przy czym całkowita długość chromosomów jest u nich identyczna.

Człowiek ma jedną parę chromosomów mniej niż szympans, ponieważ nasz chromosom numer 2 powstał właśnie z połączenia dwóch szympansich chromosomów.

Najczęstszym rodzajem zmian chromosomowych są duplikacje i zmiana liczby kopii sporych (do kilkuset tysięcy par zasad) fragmentów chromosomu. Niedawno okazało się, że ludzie są bardzo zróżnicowani pod względem liczby kopii takich fragmentów i średnio dwie niespokrewnione osoby różnią się obecnością lub brakiem co najmniej 11 długich (około 500 tys. zasad), zawierających geny, fragmentów genomu. Takie duplikacje wewnątrz chromosomów mogą niezwykle powiększyć genom – dzięki temu mechanizmowi genom cebuli jest pięciokrotnie dłuższy niż ludzki.

Zmiany chromosomowe mogą spowodować izolację rozrodczą i przyczynić się do powstania nowych gatunków. Zmiany chromosomowe zwiększające liczbę genów przynoszą materiał do powstawania nowych ich funkcji, napędzając ewolucję. Takie właśnie zmiany mogą decydować o rozdzielaniu się linii wielu gatunków, w tym szympansa i człowieka.

Anna LORENC
Współpraca: Jarek BRYK