

Z. JEFFREY

Rola jądra w dziedziczności płci*)

Jądro w żywych komórkach roślin i zwierząt odgrywa niezwykle ważną rolę. Przy badaniach, w których udaje się nam usunąć je bez większego uszkodzenia całości komórki i zawartej w niej protoplazmy, widać jasno że jądro kieruje wszystkimi zasadniczymi procesami w komórce jak wzrostem, syntezą i przeróbką pokarmów, tworzeniem się nowych komórek oraz najważniejszym z nich, a mianowicie — rozmnażaniem. Można więc powiedzieć, że jądro w komórkach żywych organizmów odgrywa podobną rolę do jądra atomu w świecie nieorganicznym.

Tylko 25 lat dzieli nas od chwili, gdy genialny umysł Rutherforda odkrył nam po raz pierwszy budowę atomu i jego najważniejszej części — jądra. Epokowe to odkrycie dało nauce możliwość wyjścia z okresu, kiedy atom był uważany za hipotetyczny „pierścień” w równie hipotetycznym „eterze”. Chociaż badacze żywej materii nie mają przed sobą tych samych trudności, jakie mają fizycy i chemicy przy badaniu atomu tak niezwykle małych rozmiarów, to jednak dla dokładnego zbadania żywych komórek i ich tak ważnej części składowej, jaką jest jądro, potrzebne są mikroskopy o niezwykle dużej sile powiększającej.

Równie ważna przy badaniu żywych komórek jest sztuka utrwalania procesów zachodzących w komórce w danym momencie. Można to porównać do utrwalania na kliszy fotograficznej lotu kul albo innych szybko poruszających się ciał. Do niedawna musieliśmy posługiwać się

*) Przekład artykułu opublikowanego w czasopiśmie „Science” z 3 października 1947 r.

rozpuszczonymi w wodzie albo rozcieńczonymi wodą utrwalczami działającymi stosunkowo wolno. Opieraliśmy swoje obserwacje i wnioski w cytologii, czyli nauce o wewnętrznej budowie komórki, na obrazach otrzymywanych pod mikroskopem po utrwaleniu zawartości komórki wodnym roztworem kwasu osmowego, kwasu chromowego i ich połączeń ze sobą oraz innymi odczynnikami nieorganicznymi, jak również organicznymi utrwalczami w rodzaju formaliny i tym podobnych. Roztwory te przenikają zbyt powoli do wnętrza komórki i nie utrwalają wiernie ani natychmiastowo procesów i struktur chromozomowych w danym momencie. Pierwszym, który dał nam prawdziwie szybką metodę utrwalania struktur komórkowych, był biolog belgijski Carnoy. Podstawą utrwalczy Carnoya jest alkohol absolutny czyli 100-procentowy, przenikający niezwykle szybko do wnętrza komórki w połączeniu z innymi odczynnikami. Alkohol absolutny powoduje kurczenie się zawartości komórki i aby temu zapobiec dodaje się do niego odpowiednie ilości lodowatego kwasu octowego. Dzięki tym dwóm środkom utrwalającym, połączonym czasem z innymi jeszcze substancjami, mogliśmy po raz pierwszy przyrzeć się dokładniej budowie jądra komórkowego w czasie podziału kinetycznego. Metoda Carnoya ulepszona w ostatnich latach pozwoliła nam przynajmniej na zrobienie początku w badaniu budowy jądra w czasie podziału. Wiadomości w ten sposób uzyskane wskazały na konieczność zrewidowania naszych dotychczasowych poglądów o komórce, a w szczególności o strukturze jądra. Jądro w stanie interkinetycznym jest ciągle jeszcze dla cytologa zamkniętą księgą ze względu na swą strukturę niewyraźną pod najsilniejszym nawet mikroskopem. Jądro w czasie podziału przedstawia jednak pewne struktury, chromozomy, które przy dostępnych dla nas mikroskopach można łatwiej badać. Szkoda, że mikroskopy elektronowe ze swymi dużymi powiększeniami nie mogą mieć zastosowania w badaniu materii żywej. Powiększenia, które dają nam najlepsze nawet mikroskopy, ograniczają cytologa do badań największych tylko chromozomów w czasie podziału jądra. Te największe chromozomy spotykamy zwykle w początkach podziału. W tym to okresie podziału jądro rozpada się na poszczególne jednostki czyli chromozomy, zjawiające się w ściśle określonej liczbie w każdym poszczególnym wypadku. Już w ostatnich dekadach XIX wieku zauważono, że liczba chromozomów w komórkach somatycznych jest dwukrotnie większa niż w komórkach płciowych. Okazało się też jasne, że przy osiągnięciu dojrzałości płciowej u wszystkich istot żywych, zarówno roślin jak i zwierząt, zachodzi redukcja w liczbie chromozomów

z podwójnej w komórkach somatycznych do połowy ich w komórkach płciowych. Angielski biolog Farmer nazwał to meiozą, to znaczy po grecku redukcją. W czasie meiozy chromozomy podwajają swoją wielkość i dzięki temu są lepszym obiektem dla naszych badań niż inne chromozomy, specjalnie przy posługiwaniu się stosunkowo słabymi mikroskopami, które mamy do naszego rozporządzenia. Chromozomy w komórkach płciowych wydają się tym bardziej wartościowym obiektem do badań, ponieważ biorą bezpośredni udział w procesie rozmnażania i swoją rolę w nim mogą nam pomóc do lepszego poznania tego procesu.

Ta właśnie wielkość chromozomów w okresie meiozy w komórkach płciowych i zmniejszenie ich liczby z somatycznej do połowy w komórkach płciowych czyli gametach była powodem, że cała nasza wiedza o zasadniczych strukturach chromozomalnych jest oparta tylko na nich z kompletnym wyłączeniem wszystkich innych typów chromozomów, równoważnych im lub też może nawet ważniejszych.

Drugim powodem, przyczyniającym się do naszej ograniczonej wiedzy o budowie chromozomów, była teoria, że zmniejszenie się liczby chromozomów w czasie meiozy było wynikiem zlania się w pary chromozomów obok siebie znajdujących się. To zlanie się nosi nazwę synapsis. Teoria ta jest w zupełnej niezgodzie z tym, co wiemy o faktycznej budowie chromozomów w komórkach somatycznych i dotychczas zupełnie nieznanymi chromozomach generatywnych. Zgodnie z prawdziwym stanem naszej wiedzy nie znamy ani jednego autentycznego wypadku łączenia się chromozomów bokami, a przeciwnie, studia nad organizacją chromozomów wszelkich typów wykazują, że łączą się one tylko i jedynie końcami. Co więcej, łączenie się chromozomów nigdy nie zachodzi na początku podziału jądra, jak to się ogólnie przyjmuje, ale przy końcu (telofaza) bezpośrednio poprzedzającego podziału. Należy też dodać, że łączenie się chromozomów w podziałach komórkowych zachodzi zawsze przy końcu poprzedniego podziału, co jest wspólną cechą wszystkich zlewających się ze sobą chromozomów, bez względu na ich występowanie w komórkach somatycznych, płciowych czy też w czasie redukcji.

Budowa chromozomów

Bezspornie chromozomy są ważną i zasadniczą częścią wszystkich podziałów jądrowych w komórkach u wyższych roślin oraz zwierząt i wiedza o ich składzie i budowie jest konieczną dla zrozumienia ich roli w przekazywaniu dziedziczności i określeniu płci. Konieczne to jest nie tylko ze względu na ważność samego problemu, ale też dlatego, że nie-

stety na prawdę nic nie wiemy w tej tak ważnej dziedzinie. Informacje, dotyczące prawdziwej budowy chromozomów pojawiły się w prasie zagranicznej, obecnie raczej niedostępnej dla amerykańskiego cytologa. Ponieważ wiadomości te są traktowane z ogólnym sceptycyzmem, na ich poparcie przedstawiamy w tej pracy wątpiącym naukowcom pewną, z konieczności ograniczoną, ilość obiektywnych mikrofotografii.

Rys. 1 przedstawia anafazę, czyli zaawansowane stadium podziału jądra w komórkach somatycznych w korzeniu liliowatej rośliny *Trilium*,



Rys. 1. Anafaza podziału somatycznego w *Trilium* (x 4000)

charakteryzującej się dużymi chromozomami, co specjalnie sprzyja ich badaniu. Chromozomy te ułożone są w dwie grupy pochodne charakterystyczne dla tego stadium. Przy badaniu poszczególnych chromozomów

zauważyć można ich złożoną budowę, podwójną spiralę, której poszczególne skrety krzyżują się wzajemnie w dość regularnych odstępach. Widać to dobrze w chromozomach w lewym rogu fotografii. Podobna budowa była powszechnie i wyłącznie przypisywana chromozomom w czasie meiozy jako ich najważniejsza cecha. Co więcej, tłumaczono to jako łączenie się chromozomów pochodzących od ojca i matki. Ponieważ to samo obserwujemy w komórkach somatycznych, trudno nam dłużej uważać to tłumaczenie za logiczne.

Rys. 2 przedstawia mikrofotografię podziału somatycznego w korzeniu *Tradescantia*. Tę samą złożoną, podwójną budowę widzimy wyraź-



Rys. 2. Anafaza podziału somatycznego w *Tradescantia* (x 5000)

nie w tych chromozomach, które znalazły się w ogniskowej mikroskopu i zostały sfotografowane przy dużym powiększeniu.

Rys. 3 przedstawia podobne stadium podziału jądra w rozwijających się ziarnkach pyłku u *Tradescantia*. W górnej części widocznego podziału widać chromozomy wykazujące te same podwójne, krzyżujące się nawzajem spirale, jak to widzieliśmy na poprzednich dwóch ilustracjach. Jest więc jasne, że wszystkie chromozomy mają tę samą i identyczną budowę i wszystkie charakteryzują się występowaniem dwóch spirali chromatyny (znanych w cytologicznej literaturze pod nazwą chromatyd i chromonemów). Podwójna, spiralna struktura nie ogranicza się więc do chromozomów w stadium redukcyjnym, czyli meiotycznym, występującym w komórkach płciowych w przeciwieństwie do tego jak się przyjmuje jeszcze obecnie i powszechnie w literaturze genetycznej.

Co więcej, jeśli dwoistość struktury podczas podziału meiotycznego tłumaczymy zlanie się podwójnego garnituru chromozomów somatycz-

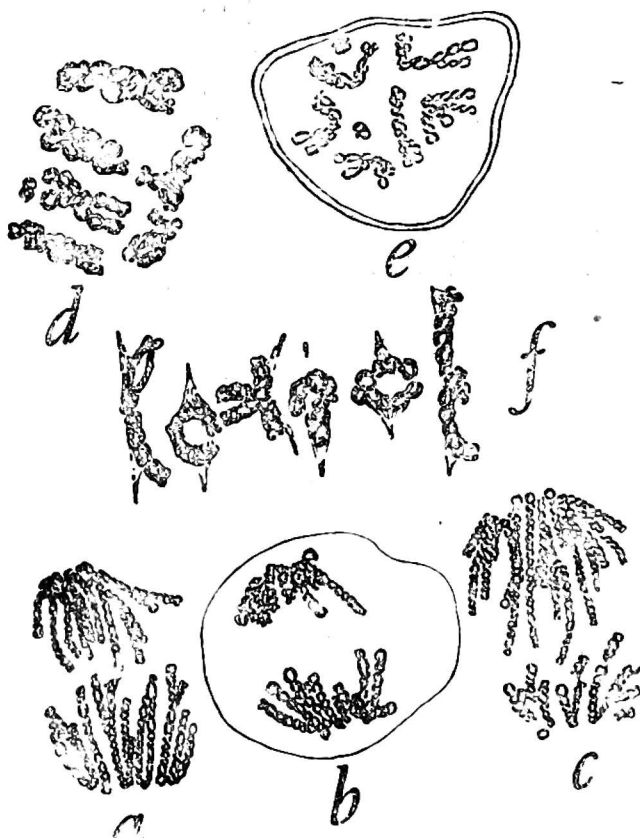
nych w homologiczne pary rodzicielskie, to osiągniemy „reductio ad absurdum”, ponieważ chromozomy zarówno pochodzenia somatycznego jak



Rys. 3. Podział redukcyjny w młodym pyłku *Tradescantia* (x 5000)

i generatywnego czy też meiotycznego wykazują zawsze i wszędzie tę samą budowę.

Rys. 4 przedstawia nieco schematyczne streszczenie stosunków opisa-



Rys. 4. Różne rodzaje i stopnie chromozomów w *Tradescantia*.

nych u *Tradescantia*. Widzimy tu (a) boczny widok chromozomów w czasie późnego stadium podziału jądra w komórce somatycznej. Dwie spi-

rale chromatynowe widać wyraźnie. Dla porównania to samo stadium u dzielącego się meiotycznie jądra widzimy w b. Następny rysunek (c) przedstawia podział w endospermie rozwijającego się ziarna, które również wykazuje identyczną budowę chromosomów. Te trzy rysunki przedstawiają obok siebie chromozomy należące do trzech różnych typów, które mimo to wykazują identyczną wewnętrzną budowę. Wcześniejsze stadium przedmeiotycznego podziału jądra widzimy w d. Widać tu podwojenie się chromosomów przed podziałem komórki. To samo stadium w podziale meiotycznym w młodych ziarnach pyłku widzimy w e. F pokazuje późniejszy wygląd meiotycznego czyli redukcyjnego podziału. I znowu w tych tak różnych typach chromosomów widzimy tę samą wewnętrzną budowę. Obiektywne dowody, dostarczone tu przez mikrofotografię, są w wyraźnej sprzeczności z obecnymi poglądami na rolę chromosomów przy przenoszeniu dziedziczności.

Autor niniejszej pracy zauważył już w swojej poprzedniej publikacji w *Science* (1) opierając się na faktach dostarczonych przez zapłodnienie, obserwowane przy użyciu lepszych metod, że chromozomy występujące przy złaniu się gamet, plemnika i jaja, jak również przy podziale zapłodnionego już jaja, są zupełnie identyczne w budowie. Stąd jasny wniosek, że teoria bocznego zlewania się chromosomów w czasie redukcyjnego podziału i przypisywanie temu ważnej roli przy przenoszeniu się dziedziczności nie ma żadnej naukowej podstawy.

Odkrycie to usuwa jeszcze jedną sprzeczność, a mianowicie, że przy podziale redukcyjnym, poprzedzającym tworzenie się gamet, zachodziło raczej złanie się, niż podział chromosomów. Jest jeszcze jeden ważny i fundamentalny wniosek do którego doszli cytogenetycy, a którego niesłuszności dowiodły fakty, uzyskane w badaniach nad chromosomami, umożliwionych przez nowe, ulepszone metody badawcze, opisane uprzednio. Od dawna przyjęło się, że męskie i żeńskie chromozomy, znane pod nazwą X i Y, determinują płeć. Występują one na jaw w czasie meiozy i trwają przez wszystkie podziały somatyczne. Opisywano je też przy podziale somatycznym w *Drosophili* i u innych dwuskrzydłych. Autor tej publikacji zwrócił uwagę na niesłuszność tej teorii badając tak łatwo dostępne obiekty dwuskrzydłe jak komara (*Culex*) i czarną muszkę (*Sinalium*, 1). Fałszywość tej teorii jest jasna, gdy się uważnie prześledzi podział chromosomów w komórkach ciała dwuskrzydłych much czyli *Diptera*. Widać tu wyraźnie, że tak zwane chromozomy płciowe pochodzą z podziału tych samych chromosomów macierzystych, zupełnie tak samo jak to zachodzi przy innych chromosomach w ciele

muchy. Są one zupełnie identyczne co do pochodzenia i budowy i wobec tego nie mogą mieć żadnego związku z determinacją płci.

Obecny kierunek badań cytologicznych wskazuje nam jasno, że tak samo jak i w świecie nieorganicznym podstawowe cechy są ukryte w atomowych i molekularnych strukturach, poza widzialnością umożliwiającą nam przy użyciu mikroskopów zwykłych, a nawet elektronowych.

Można też dodać, że tak zwane geny widzialne w niedoskonale utrwalonych meiotycznych chromozomach nie są niczym innym jak tylko miejscem krzyżowania się podwójnych spirali chromatynowych, znajdujących się we wszystkich chromozomach. Poważny zarzut przeciwko uznaniu ich za strukturalną podstawę genów stanowi też ich zbyt mała ilość. Co więcej, miejsca krzyżowania się spirali chromozomów są o wiele liczniejsze we wcześniejszych stadiach podziału meiotycznego, a stają się coraz mniej liczne w późniejszym rozwoju komórek rozrodczych.

Tłumaczyła *Mgr J. Pieniążek*