Zjawisko polisomii w konopiach di- i tetraploidalnych

Polysomatie in di- und tetraploiden Pflanzen von Cannabis sativa

T. ŁĄCZYŃSKA-HULEWICZOWA

WSTĘP

Na podstawie dotychczasowych badań (Miedwiediewej i in.) ustalono, że u konopi (*Cannabis sativa*) podstawowa liczba chromosomów wynosi $x = 10$. Tkanki somatyczne posiadają diploidalną ilość, czyli 20 chromosomów. Liczba ta jest prawdopodobnie stała i nie ulega indywidualnym wahaniom tak, jak np. u żyta, u którego spotyka się często odchylenia od podstawowej liczby 14 chromosomów (Müntzing, 1949). Ze względu na to, że chromosomy konopi odznaczają się małymi rozmiarami, morfologia ich nie została dotychczas opracowana. Zwrócono natomiast uwagę na pewne ciekawe zjawisko zachodzące w młodych korzonkach tego gatunku, to jest na tak zwaną polisomię. Polega ona na tym, że w niektórych partiach korzenia bądź innych dojrzałych tkankach ilość chromosomów zostaje spontanicznie zdwojona, czego rezultatem jest powstanie komórek poliploidalnych. To zwiększenie liczby chromosomów dotyczy tylko pewnych określonych tkanek lub organów — całość rośliny, zwłaszcza młode komórki merystematyczne, zachowują niezmienną, właściwą dla danego gatunku liczbę chromosomów.

Występowanie polisomii jest, jak świadczą o tym liczne prace, zjawiskiem dość często spotykanym. Początkowo sądzono, że związane jest ono z rozdzielnopłciowością u roślin (Tuszujałowa, 1929). Niebawem jednak po przebadaniu większej liczby gatunków okazało się, że niezależnie od kształtowania się płci polisomia występuje w niektórych rodzinach częściej niż w innych, co związane jest więc z pewnymi właściwościami dziedzicznymi roślin. Wulff (1927) po zanalizowaniu większej ilości gatunków rodziny *Chenopodiaceae* znalazł w tkankach korzeniowych większości badanych roślin komórki tetra- lub oktoploidalne. Także w rodzinie *Aizoaceae* wszystkie gatunki posiadają według niego w korze pierwotnej poliploidalne jądra. Występowanie polisomatycznej tkanki zostało stwierdzone w korzonkach i komórkach tapetum szpinaku przez Langleta (1927), Litardièrè'a (1923), Witkusa (1945), u rącznika przez Scotta (1940), w rodzinie *Orchidaceae* przez

M i d u n o (1938), u *Crepis capillaris* przez N a w a s z i n a (1936), u *Humulus japonicus* przez T u s z u j a k o w ą (1929), wreszcie u konopi przez B r e s l a w e t z a (1926, 1932), L i t a r d i è r e ' a, L a n g l e t a (1927) i ostatnio przez R i z e t a (1945).

Jakkolwiek spontaniczne zdwojenie liczby chromosomów zachodzi najczęściej w korze pierwotnej, czyli w periblemie młodych korzonków. to jednak zdarzają się wypadki występowania komórek polisomatycznych i w innych organach rośliny.

Ścisłe związane ze zjawiskiem polisomii jest występowanie komórek wielojądrowych. Obecność bowiem większej ilości jąder w jednym protoplastie świadczy o zwiększonej ilości chromatyny oraz liczby chromosomów w danej komórce. Odkrycie wielojądrowych komórek w tkance naczyniowej rącznika zawdzięcza się pracom N e m e c a (1902). Według tego autora wielojądrowe komórki (do 10 jąder w jednej komórce) mogą posiadać jądra regularnie rozmieszczone wzdłuż całej plazmy bądź jądra te mogą być umiejscowione w formie podłużnego sznurka w środku światła protoplastu. W tkankach ogórka znalazł E r v i n (1939) poliploidalne jądra nie tylko w korze pierwotnej, ale również w skórcie, stożkach wzrostu i zawiązkach liści. Prace L a u b e r a (1947) wskazują na obecność polisomatycznych komórek w soczystych owocach, a J ä h n l a (1950) w mięsistych liściach niektórych roślin gruboszowatych. Ostatnio ukazała się praca O l s z e w s k i e j (1954) na temat powstawania komórek dwujądrowych u *Lupinus albus* i *L. luteus*. Komórki te zaobserwowane zostały przez autorkę w dermatogenie, periblemie oraz w kambium międzywiązkowym i wiązkowym hypokotylu. Jako główną przyczynę powstawania komórek dwujądrowych podaje autorka podziały amitotyczne lub zahamowanie tworzenia się fragmoplastu w czasie kariokinezy.

W związku z występowaniem zjawiska polisomii wśród wielu roślin nasuwa się przypuszczenie, że wszystkie organizmy roślinne są pod względem cytologicznym niejednorodne i wykazują często mieszaną tzw. miksploidalną budowę. Zjawisko to dotyczy przede wszystkim tkanek starych, już zróżnicowanych, wśród których podziały kariokinetyczne są bardzo rzadkie lub w ogóle nie występują — co uniemożliwia zbadanie u nich ilości chromosomów. Przez zastosowanie odpowiednich metod udało się jednak niekiedy wywołać regenerację i podziały komórek normalnie już nie dzielących się. W i n k l e r (1916), G e i t l e r (1940) i inni stosowali metodę zranienia lub dekapitacji, po której u roślin posiadających duże zdolności regeneracyjne tworzył się kallus, wykazujący często sektory tetraploidalne. W innych badaniach działanie substancjami wzrostowymi, przede wszystkim heteroauksyną, wywoływało często również ujawnienie się tkanek poliploidalnych. Ponieważ wątpliwe jest, by sama

heteroauksyna lub zranienie mogło spowodować zdwojenie liczby chromosomów, należy raczej przypuszczać, że nastąpiło tu jedynie pobudzenie podziałów starych komórek poliploidalnych.

Wywołanie przez Geitlera (1940) sztucznych podziałów w bulwach *Sauromatum* ujawniło w ich komórkach wysokopoliploidalną liczbę chromosomów ($4n$, $8n$, $16n$). Podobnie tkanki liściowe *Rheo discolor* pobudzone do regeneracji wykazywały tetraploidalną budowę jąder. Autor ten stwierdził również w tkance wodnej i miększu gąbczastym tego gatunku występowanie poliploidalnych komórek. Działając kolchicyną na korzenie *Trianea bogotensis* udało się poza tym Geitlerowi pobudzić do podziału tkankę periblemu i stwierdzić dzięki temu obecność komórek o zdwojonej liczbie chromosomów.

Wszystkie wymienione badania i prace wskazują na częste pojawianie się u roślin tkanek o zwiększonej liczbie chromosomów. Zjawisko to było dotychczas mało znane ze względu na to, że badania kariologiczne dotyczyły przeważnie tkanek merystematycznych dzielących się, u których liczba chromosomów jest zwykle stała.

Występowanie polisomatycznej tkanki w periblemie konopi szpinaku, chmielu i innych roślin wskazuje na to, że u tych gatunków zwiększenie liczby chromosomów nastąpiło wcześniej w ich ontogenezie, być może już w samym zarodku i dzięki temu obecność poliploidalnych komórek daje się stwierdzić już w stożkach wzrostu młodych korzeni.

Mechanizm powstawania komórek polisomatycznych nie został dotychczas dostatecznie zbadany, jakkolwiek wielu autorów starało się rozwiązać to zagadnienie. Istnieją na ten temat dwa różniące się zasadniczo poglądy, które zostaną omówione w ramach dyskusji, na tle badań własnych. Być może, że istniejące różnice tłumaczyć należy różnym materiałem doświadczalnym, używanym do badań przez poszczególnych autorów.

BADANIA WŁASNE

Dla przekonania się, jak zjawisko polisomii przebiega u konopi, przeprowadzono w 1952, 1953 i 1954 r. szereg analiz cytologicznych. Zostały one wykonane na odmianie konopi szwedzkich, reprodukowanych przez kilka lat w Instytucie Przemysłu Włókien Łykowych, oraz na uzyskanych przez nas formach konopi tetraploidalnych. Te ostatnie otrzymano również z konopi szwedzkich przy pomocy kolchicyny. Proces kolchicynowania przeprowadzono w r. 1948 (w ramach Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa) traktując młode stożki wzrostu wodnym roztworem alkaloidu. W przeciwieństwie do innych gatunków konopie zniosły proces kolchicynowania bez dużych zmian chorobowych i rozwijały się w dalszym ciągu normalnie. Przy zbiorze zauważono kilka roślin o wybitnie dużych

nasionach. Po przeprowadzeniu analizy cytologicznej okazało się, że nasiona te były poliploidalne. Uzyskany materiał posłużył do wyhodowania w ciągu następnych lat tetraploidalnych form konopi grubonasiennych i jednopiennych. Celem zbadania, czy otrzymane formy pod względem cytologicznym są ustalone, przeprowadzano rokrocznie szereg analiz mikroskopowych. Badania te dotyczyły najczęściej młodych korzonków roślin hodowanych w kiełkownikach bądź rzadziej młodych stożków wzrostu. Analizy na częściach nadziemnych były o tyle dla roślin niekorzystne, że powodowały zbyt daleko idące uszkodzenia, po których rozwój przebiegał nienormalnie. Początkowo wszystkie preparaty wykonywano metodą rozmazów według Geitlera.

Konopie są gatunkiem bardzo silnie reagującym na warunki zewnętrzne, co ujawnia się m. in. w różnej intensywności przebiegu podziałów kariokinetycznych w zależności od czynników otoczenia. Stąd przy sporządzaniu preparatów jesienią natrafiono na pewne trudności w ocenie cytologicznej, gdyż ilość podziałów z powodu prawdopodobnie niskich temperatur i małej ilości światła była znikoma. Dlatego większość badań wykonano na wiosnę. Ustalenie ilości chromosomów w konopiach jest łatwe, gdyż są one wprawdzie niewielkie, ale dzięki znacznemu ich rozproszeniu w metafazie i nieznacznej długości, policzenie nie natrafia na większe trudności.

Już pierwsze badania cytologiczne, wykonane na materiale nasienym pochodzącym z kolchicynowanych roślin, wykazały niejednorodną budowę potomstwa. Okazało się mianowicie, że w korzonkach roślin poliploidalnych występowały komórki tetra- (40 chromosomów) i oktoploidalne (80 chromosomów) (ryc. 1 i 2), lub tri- (30 chromosomów) i hexaploidalne (60 chromosomów). Diploidalne rośliny porównawcze posiadały natomiast di- (ryc. 3) i tetraploidalną ilość chromosomów. Równocześnie stwierdzono na podstawie badań przeprowadzonych na stożkach wzrostu pędu, że badane rośliny miały jednorodną tkankę merystematyczną w częściach nadziemnych i posiadały jednolitą budowę diploidalną bądź tri- lub tetraploidalną. Chromosomy były w wierzchołkach pędu nieco większe i grubsze niż w korzonkach.

Ze względu na to, że badanie rozmazów nie pozwala na bliższe poznanie rozmieszczenia tkanek polisomatycznych w korzeniach — dalsze analizy wykonano przy zastosowaniu preparatów trwałych, krajanych przy pomocy mikrotomu. Technika sporządzania preparatów polegała na utrwalaniu w roztworze Nawaszina i barwieniu przy pomocy fioletu krystalicznego według Oehlkersa lub hematoksyliną żelazistą Heidenheina. Poprzeczne przekroje korzonków wykazywały charakterystyczne rozmieszczenie komórek polisomatycznych. Podczas gdy komórki o właściwej dla danej rośliny ilości chromosomów znajdowały się

Ryc. 1. Komórka tetraploidalna (40 chromosomów) w walcu osiowym konopi tetraploidalnych. Pow. 800 $\times$

Ryc. 2. Komórka oktoploidalna (80 chromosomów) w korze pierwotnej korzeni konopi tetraploidalnych. Pow. 800 $\times$

Ryc. 3. Komórka 20-chromosomowa w walcu osiowym konopi diploidalnych. Pow. 800 $\times$

Ryc. 4. Przekrój korzonka konopi. Widoczne drobne komórki w obrębie walca osiowego i duże poliploidalne w korze pierwotnej. Pow. 150 $\times$

w tkance walca osiowego, komórki o zdwojonej ilości chromosomów umieszczone były w korze pierwotnej. Na rycinie 4 widać wyraźnie małe, kanciaste i o dużych stosunkowo jądrach komórki pleromu i znacznie od nich większe, często zaokrąglone i luźno rozmieszczone komórki periblemu. Mimo wyraźnie większego kształtu nie wszystkie komórki kory pierwotnej wykazywały podwójną ilość chromosomów, duża ich część posiadała taką samą liczbę, jak walec osiowy. Bliższa analiza preparatów wykazała istnienie jeszcze innych różnic cytologicznych zachodzących między korą pierwotną a walcem osiowym. Okazało się mianowicie, że komórki periblemu posiadają często po dwa, nawet po trzy jądra (ryc. 5). Jądra te leżą zwykle w preparatach trwałych bardzo blisko

Ryc. 5. 2 komórki dwujądrowe w periblemie korzeni konopi tetraploidalnych.
Pow. 1000 $\times$

siebie, ale są wyraźnie między sobą rozdzielone błonami jądrowymi (ryc. 6). Każde jądro posiada też osobne jąderko (ryc. 7).

Ze względu na to, że w żadnym wypadku nie zauważono wśród badanych przekrojów przewężenia jądra macierzystego i tzw. mostków, co mogłoby wskazywać na zjawisko tzw. amitozy, starano się w inny sposób wytłumaczyć pochodzenie komórek dwujądrowych. Z pomocą przyszły tu obserwacje wykonane na rozmazach. Zauważono w nich mianowicie częste występowanie podziałów kariokinetycznych, którym nie towarzyszył równoczesny podział komórki, czyli cytokineza. Dla ustalenia

Ryc. 6. Komórka 3-jądrowa w korzeniach konopi tetraploidalnych. Pow. 700 ×

Ryc. 7. U góry komórki wielojądrowe w periblemie konopi tetraploidalnych. U dołu komórki o jądrach powstałych na skutek fuzji

tego zjawiska zanalizowano szereg podziałów widocznych z boku i stwierdzono, że w konopiach fragmoplast tworzy się normalnie bardzo wcześnie, gdyż już w środkowej lub końcowej anafazie (ryc. 8). W niektórych komórkach natomiast, nie tylko w ana- ale i w późnej telofazie, nie można było zauważyć tworzącego się fragmoplastu (ryc. 9). Wynikiem tego rodzaju podziałów były więc komórki dwujądrowe. Ciekawy jest fakt, że w komórkach polisomatycznych (o zwiększonej ilości chromosomów) nie zauważono nigdy w czasie podziałów braku fragmoplastu, co mogłoby prowadzić do dalszego zwiększenia ilości chromosomów. Ponieważ w badanych preparatach znajdowały się tylko komórki o normalnej i zdwojonej ilości chromosomów, istnieje ścisła zależność między

Ryc. 8. Normalna anafaza z widocznym fragmoplastem w korzeniach konopi tetraploidalnych. Pow. 700 $\times$

Ryc. 9. Ana- i telofaza bez fragmoplastu dająca początek komórkom dwujądrowym. Pow. 700 $\times$

brakiem fragmoplastu a zjawiskiem prowadzącym do powstawania komórek dwujądrowych, o podwójnej liczbie chromosomów.

Dalszy rozwój komórek dwujądrowych polega na coraz to większym zbliżaniu się jąder pochodnych, które dążą do zajęcia centralnej pozycji w komórce, takiej, jakie zajmuje jądro w komórkach jednojądrowych. Procesowi zbliżenia może jeszcze dodatkowo towarzyszyć fragmentacja (rozpad) niektórych jąder, co jest prawdopodobnie powodem występowania

nia komórek trzyjądrowych. Dalszy przebieg zjawiska polega często na fuzji leżących blisko siebie jąder w jedno jądro pochodne (ryc. 10). Dowodem tego jest występowanie komórek o jądrach nieregularnych (fasolkowatych), których kształt wskazuje wyraźnie na niejednorodne ich pochodzenie (ryc. 11). Przy tego rodzaju procesie jąderka zlewają się także razem, zachowując jednak często pewną indywidualność, co widoczne jest najwyraźniej na preparatach barwionych fioletem krystalicznym.

Ryc. 10. Komórki polisomatyczne powstałe na skutek fuzji 2 jąder w periblemie korzeni konopi tetraploidalnych. Pow. 700 $\times$

Ryc. 11. Nieregularna późna profaza w komórce dwujądrowej, w której nie nastąpiła zupełna fuzja jąder. Pow. 800 $\times$

Nie we wszystkich komórkach następuje fuzja jąder i jąderek. Istnieją także i takie, w których masa jądrowa łączy się razem, jąderka natomiast pozostają rozdzielone.

Zarówno komórki wielojądrowe jak i takie, w których nastąpiło zlewanie się jąder, mogą dać początek normalnym podziałom mitotycznym. Przy tym, jeżeli jądro było nieregularne, płytka metafazowa ma też kształt nieregularny (ryc. 11). W komórkach dwujądrowych o jądrach niezupełnie zbliżonych przebieg kariokinezy może być niejednoczesny i początek profazy zaczyna się w jednym jądrze wcześniej niż w drugim. Podziały kariokinetyczne w komórkach dwujądrowych bądź powstałych na skutek fuzji wykazują z reguły zdwojoną ilość chromosomów. Opisany więc proces, polegający na podziałach kariokinetycznych bez tworzenia się fragmoplastu, zlewaniu się lub zbliżeniu jąder pochodnych i następnej mitozie, prowadzi do powstania komórek o zdwojonej ilości chromosomów, czyli tzw. zjawiska polisomii. Ponieważ plerom nie posiada komórek wielojądrowych, ilość chromosomów nie ulega w nim zdwojeniu i jest taka sama, jak w tkankach całej rośliny, w korze pierwotnej natomiast obecność komórek wielojądrowych jest najwidoczniej powodem zdwojenia ilości chromosomów. Wynikiem opisanego zjawiska jest powstanie w korze pierwotnej roślin diploidalnych komórek tetraploidalnych, u tetraploidalnych zaś — komórek oktoploidalnych.

DYSKUSJA

K ü s t e r (1951) w swoim podręczniku *Die Pflanzenzelle* cytuje szereg przykładów tzw. fuzji jąder oraz braku tworzenia się przegrody pierwotnej, uważając niesłusznie to zjawisko za przejaw patologiczny. Dużo obserwacji na ten temat wykonał N e m e c (1904). Pod wpływem czynników sztucznych, takich jak chloroform i wodzian chloranu, powstawały według niego komórki dwujądrowe, które po rozpuszczeniu się błony komórkowej często zlewały się razem. Również obserwował on przy uszkodzeniu mechanicznym grochu wędrówkę jąder z jednej komórki do drugiej i wreszcie zlewanie się jąder. Według K ü s t e r a fuzji ulegać mogą zarówno jądra siostrzane, jak i o dalszym pokrewieństwie. Innym przykładem może być często obserwowane zlewanie się jąder w bielmie roślin jednoliściennych, na skutek czego powstają wysokopoliploidalne komórki endospermu (T i s c h l e r, 1921, N e m e c, 1904). Wspomnieć należy również, że występowanie gigantycznych komórek i jąder u różnych narośli i tumorów roślinnych jest najczęściej wynikiem zlewania się jąder.

Już po ukończeniu pracy i ustaleniu na podstawie zachodzących zjawisk mechanizmu powstawania komórek poliploidalnych w tkance periblemu konopi miałam możność zapoznania się z publikacjami radzieckiego badacza B r e s l a v e t z a z 1926 r. i 1932 r., który w podobny sposób

określił przyczyny zjawiska polisomii. B r e s l a v e t z opisuje powstawanie komórek poliploidalnych następująco: w dwóch sąsiednich komórkach jądra zbliżają się do ścian komórkowych dzielących oba protoplasty. Po zupełnym zbliżeniu następuje rozluźnienie i zanikanie sąsiednich błon komórkowych, po czym protoplazmy obu komórek zlewają się razem. Następnie zanikają błony jądrowe i następuje fuzja obu jąder. Ten sam proces zachodzi w jąderkach. Początkowo jądra przybierają kształt podłużny, później zaokrąglają się. Wynikiem tego procesu jest utworzenie poliploidalnych komórek. — Po przebadaniu kilku odmian konopi pochodzących z różnych okolic ZSRR autor stwierdził u wszystkich występowanie tego samego zjawiska.

Zasadnicza różnica między obserwacjami B r e s l a v e t z a a naszymi polega na tym, że B r e s l a v e t z przypisuje powstawanie jąder poliploidalnych zlewaniu się 2 różnych komórek, w których zanika jedna ze ścianek, nasze zaś obserwacje wskazują na tworzenie się polisomatycznych komórek z komórek dwujądrowych, powstałych na skutek podziału mitotycznego bez tworzenia się fragmoplastu. Pogląd B r e s l a v e t z a jest prawdopodobnie o tyle niesłuszny, że przy powstawaniu komórek poliploidalnych z 2 komórek pochodnych widoczne byłyby nie tylko nieregularne kształty jąder, ale również i błon komórkowych, czego z zasady nie obserwuje się. W badaniach naszych nie zauważono poza tym nigdy resztek rozpuszczonej ścianki komórkowej, o której wspomina B r e s l a v e t z. Poza tą jedną różnicą poglądy co do mechanizmu powstawania zjawiska polisomii B r e s l a v e t z a i nasze są zupełnie zgodne.

Obok opisanej hipotezy istnieje także krańcowo różniąca się i druga. Zgodnie z nią zdwojenie liczby chromosomów nie polega na fuzji jąder, lecz na tzw. endomitozie. Myśl ta znalazła wielu zwolenników, tym bardziej że u owadów z rodziny *Diptera* znany był szeroko fakt reprodukcji i wzrostu chromosomów wewnątrz jądra znajdującego się w okresie spoczynku. Równocześnie zauważono, że w tkankach polisomatycznych chromosomy homologiczne układają się w czasie metafazy parami, co wskazywałoby na ich wspólne pochodzenie z chromosomu, który podzielił się podłużnie w czasie spoczynku jądra. To charakterystyczne ułożenie identycznych chromosomów zaobserwowane było przez Strassburgera (1908), Langleta (1927), Litardièrè'a (1923), Greitlera (1940) i wreszcie przez Gustafssona i Gentcheffa (1939). Dwaj ostatni autorzy starali się bliżej udowodnić swoją hipotezę, badając w komórkach szpinaku ułożenie chromosomów nie tylko w metafazie, ale również w poprzednich stadiach podziału kariokinetycznego. Zauważyli oni, że w czasie profazy chromosomy w niektórych komórkach są wyraźnie rozdzielone na 2 podłużne połowy, przytrzymane razem w miejscu centromeru i często dookoła siebie okręcone. Tego rodzaju zja-

wisko nie może według autorów świadczyć o zlewaniu się jąder, a następnie przyciąganiu homologicznych chromosomów (wspólny centromer), lecz jedynie o podłużnym dzieleniu się początkowo pojedynczych chromosomów, czyli endomitozie. Tezę swoją starają się G u s t a f f s o n i G e n t c h e f f potwierdzić obserwacjami nad tworzeniem się tzw. fragmentów, powstałych na skutek naświetlania promieniami Roentgena. Fragmenty te powstają według nich zawsze tylko w obrębie całych chromosomów, a nie pojedynczych chromatyd, jeżeli naświetlaniu poddaje się suche nasiona, w których nie przebiegają jeszcze podziały kariokinetyczne.

Jakkolwiek teoria podłużnego podziału chromosomów, czyli tzw. reprodukcji w okresie spoczynku (endomitoza) wydaje się być dobrze uzasadniona i słuszna, to jednak można by zauważyć w niej pewne niedociągnięcia. Wszyscy zwolennicy teorii endomitozy pomijają milczeniem fakt istnienia komórek dwujądrowych i ich zlewania się. Być może główną przyczyną jest niejednakowy materiał doświadczalny i brak komórek dwujądrowych u innych gatunków poza konopiami. Drugim zarzutem, jaki można by postawić w stosunku do teorii endomitozy, jest fakt grupowania się parami chromosomów nie tylko w tkankach polisomatycznych, ale również w normalnych diploidalnych. Takie ułożenie chromosomów obserwowane było bardzo często przez różnych autorów, m. in. przez badacza radzieckiego N a w a s z i n a (1936) u *Crepis capillaris* oraz S t r a s s b u r g e r a u *Galtonia* (1968). Skoro więc układanie się homologicznych chromosomów parami zachodzi w normalnej diploidalnej tkance, nie może ono być dostatecznym dowodem zaistnienia zjawiska endomitozy. W naszych badaniach zauważono grupowanie się parami chromosomów tylko wyjątkowo. Załączona rycina (ryc. 12) przedstawia tego rodzaju zjawisko.

Ryc. 12. Komórka oktoploidalna o charakterystycznym ułożeniu chromosomów parami

WNIOSKI

Na tle tych rozważań można sformułować następujące wnioski: mechanizm zjawiska polisomii nie jest jeszcze dokładnie zbadany i prawdopodobnie jest bardziej złożony, niż się obecnie sądzi. Dla bliższego jego poznania powinno się badać tkanki *in vivo*, co połączone jest z dużymi trudnościami technicznymi. Dotychczasowe obserwacje wskazują na to, że nie u wszystkich roślin mechanizm spontanicznego zdwabiania liczby chromosomów polega na tym samym zjawisku — przebiega on prawdopodobnie różnie, zależnie od gatunku. Powstawanie komórek dwujądrowo-

wych i następnie zlewanie się jąder w jedno pochodne jest bardzo częstym zjawiskiem i nie można go wykluczyć jako czynnika wywołującego zdwojenie liczby chromosomów u niektórych gatunków, przede wszystkim zaś u *Cannabis sativa*.

*Instytut Przemysłu Włókien Łykowych
i Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa W. S. R.
w Poznaniu*

(Wpłynęło 20.V.1955 r.)

ZUSAMMENFASSUNG

Umfangreiche zytologische Untersuchungen an Wurzelspitzen von di- und tetraploidem Hanf erwiesen, dass die Chromosomenzahlen des Periblems meistens in verdoppeltem Zustand vorkommen: Die diploiden Pflanzen haben tetraploides, die tetraploiden dagegen — octoploides Gewebe. Die Zellen des Periblems mit verdoppelter Chromosomenzahl sind viel grösser, als die normalen des Pleroms. Im Periblem konnte man öfters zweikernige Zellen, oder solche, in denen eine Kernverschmelzung stattfand, beobachten. Ihre Form war Bisquit- oder Bohnenähnlich, die Nukleolen waren auch oft verschmolzen. Da die zweikernige Zellen nur in Periblem zu finden sind, können sie als Beweis für die Entstehung der Polisomatie dienen. Ihr Mechanismus ist nach der Verfasserin wie folgend: abnorme mitotische Teilung ohne Querwandbildung haben zweikernige Zellen zur Folge. Die entstandenen zwei Kerne liegen eine Zeit lang weit von sich entfernt, dann aber nähern sie sich immer mehr und nehmen eine Zentralstelle in der Zelle an. In diesem Zustand können sie längere Zeit verbleiben, oder sie verschmelzen endlich zusammen. Die nächste Mitose kann vor oder nach völliger Kernverschmelzung stattfinden. Im ersten Falle treten oft unregelmässige Metaphasenplatten vor; sind die Kerne weit entfernt, dann verlaufen die Teilungen ungleichmässig und die Prophase beginnt in einem Kerne früher als in anderem. Wenn die vorherige Kernverschmelzung völlig beendet ist, dann ist die nachfolgende Teilung regelmässig. Die Chromosomenpaarung, die als ein Resultat einer endomitotischer Teilung betrachtet wird, kommt nur sehr selten vor.

In der Diskussion werden alle bisherige Hypothesen der Polysomatieentstehung erörtert. Die Verfasserin ist der Meinung, dass die Entstehung im Periblem von poliploiden Zellen in verschiedenen Pflanzen nicht auf demselben Wege vorkommen kann, und die Unterschiede zwischen einzelnen Autoren können deswegen auf ungleichem Versuchsmaterial beruhen. In *Cannabis sativa* scheint jedoch die Kernverschmelzung eine der wichtigsten Ursachen der Polysomatieentstehung zu sein.

LITERATURA

- Breslavetz L., 1926, Polyploide Mitosen bei *Cannabis sativa*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 44, 498.
- Breslavetz L., 1932, Polyploide Mitosen bei *Cannabis sativa*. Planta 17, 644.
- Darlington C. D., Janaki Ammal E. K., 1945, Chromosome atlas of cultivated plants. Georg Allen & Unwin Ltd. London.
- Erwin Cl. D., 1939, Polysomaty in *Cucumis melo*. Proc. nat. Acad. Sc. U. S. A. 25, 335.
- Gentcheff G., Gustafsson A., 1939, The double chromosome reproduction in *Spinacia* and its causes, Part I, Hereditas, 25, 349; Part II, Hereditas 25, 371.
- Geitler L., 1940, Die Polyploidie, der Dauergewebe höherer Pflanzen, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 58, 131.
- Jähnl G., 1950, Endomitotische Polyploidie in sukkulenten Laubblättern, Chromosoma 3, 48.
- Küster E., 1951, Die Pflanzenzelle, Fischer, Jena.
- Langlet O., 1927, b. Zur Kenntniss der polysomatischen Zellkerne im Wurzelmeristem, Sv. bot. Tidskr. 21, 397.
- Lauber H., 1947, Untersuchungen über das Wachstum der Früchte einiger Angiospermen unter endomitotischer Polyploidisierung, Oesterr. Bot. Ztschr. 94, 158.
- Litardière R., 1923, b. Les anomalies de la caryocinèse somatique chez *Spinacia oleracea* L. Rev. gen. de bot. 35, 369.
- Miduno T., 1938, Chromosomenstudien an Orchidaceen I Karyotyp und Mixoploidie bei *Cephalanthera* und *Epicactis*, Cytol. 8, 505.
- Müntzing A., 1949, Accessory chromosomes in *Secale* and *Poa*, Hereditas Suppl. Vol.
- Nawaszin M., 1936, Chromosomenanordnung und Chromosomenanomalien in somatischen Metaphasen und ihre Bedeutung für die Theorie der Chromosomenindividualität, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 54, 279.
- Nemec B., 1902, Über ungeschlechtliche Kernverschmelzungen, Sitzungsber. Böhm. Ges. Wiss. Math.-naturw. Kl.
- Nemec B., 1904, Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern- und Zellteilung, Jahrb. f. wiss. Bot. 39, 645.
- Olszewska M., 1954, Powstawanie komórek dwujądrowych drogą amitotyczną i mitotyczną u *Lupinus albus* i *Lupinus luteus*, Acta Soc. Bot. Pol. 23, 59.
- Rizet G., 1945, Sur l'origine endomitotique de la polyploidie dans les racines du *Cannabis sativa*, Ref. Plant. Bred. Abstr. 1953, 23, 294.
- Scott Fl. m., 1940, Size of nuclei in the shoot of *Ricinus communis*, Bot. Gaz. 101, 625.
- Strassburger E., 1908, Chromosomenzahlen, Plasmastrukturen, Vererbungsträger und Reduktionsteilung, Jahrb. d. wiss. Bot. 45, 479.
- Tischler 1921/22, Allgemeine Pflanzenkaryologie, Linsbauer's Handbuch d. Pflanzenanat. Berlin.
- Tuszujakowa M., 1929, Untersuchungen über die Kernbeschaffenheit einiger diözischer Pflanzen. Planta 7, 427.

- Winkler H., 1916, Über die experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. *Zeitschr. f. Bot.* 8, 417.
- Witkus E. R., 1945, Endomitotic tapetal cell divisions in *Spinacia*, *Amer. Jour. of Bot.* 32, 326.
- Wulff H. D., 1937, Die Polysomatie der *Chenopodiaceae*, *Planta* 26, 275.
- Wulff H. D., 1940, Die Polysomatie des Wurzelperiblems der *Aizoaceae*. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 58, 400.