Badania cytologiczne nad burakiem cukrowym (*Beta vulgaris* L. v. *saccharifera*). (Cytological studies in the sugarbeet).

Napisała

CZESŁAWA PRYWER.

Cytologia buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) była dotąd przedmiotem nielicznych badań. Oprócz pracy Matthysen'a z 1912 roku, w której autor błędnie określił liczbę chromosomów = 8, znajdujemy dane, dotyczące cytologii tej rośliny u Winge'go (1917). Autor ten znalazł u rodzaju *Beta* 9 chromosomów. Dokładniejsze badania embriologiczno-cytologiczne są tematem pracy van Heel'a (1925). Karjokineza wegetatywna zaś została po raz pierwszy zbadana przez Kuzminę (1927), która zajęła się morfologią chromosomów u kilku odmian gatunku *Beta vulgaris*. Na zasadzie badań tej autorki, oraz van Heel'a potwierdzoną została ustalona przez Winge'go liczba chromosomów = 9 parom. Należy zaznaczyć, że zarówno van Heel, jak i Kuzmina opisują przebieg podziału redukcyjnego w komórkach macierzystych pyłku, jako całkowicie normalny. Kuzmina zwróciła tylko uwagę na szczegół, że w metafazie heterotypowej jedna para chromosomów układa się niekiedy wpoprzek wrzeciona.

Badania moje dotyczą cytologii buraka cukrowego (*Beta vulgaris* v. *saccharifera*). W przebiegu podziałów somatycznych uwzględniłam morfologię chromosomów, nadto prześledziłam przebieg podziałów allotypowych w komórkach macierzystych pyłku w obrębie szeregu linii.

Badania ilości, wielkości oraz kształtu chromosomów dają możliwość ustalenia określonego typu kompleksu chromosomalnego, oraz poznania różnic u poszczególnych gatunków w obrębie rodzaju. Precyzyjne badania nad morfologią chromosomów u różnych ras w obrębie jednego gatunku doprowadzają do poznania tych różnic

i według M. Navashin'a i Babcock'a (1930) wyjaśniają proces ewolucji, odbywający się w obrębie gatunku. Gatunek w biegu ewolucji może ulegać daleko idącemu różnicowaniu, naskutek czego dwie rasy na jego krańcach stojące mogą się stać tak dalekimi pod względem pokrewieństwa, że możnaby je było wyodrębnić jako oddzielne gatunki. Prześledzenie morfologii chromosomów obok innych badań daje nam możliwość stwierdzenia tego u pewnych roślin, np. dla rodzaju *Crepis* — obiektu badań Navashin'a i Babcock'a.

Pierwszym badaczem w dziedzinie morfologii chromosomów jest S. Nawaschin. W pracach swych nad *Fritillaria tenella* i *Galtonia candicans* (1912) zwraca on uwagę na przewężenie chromosomów, występujące jako charakterystyczny szczegół budowy. Stwierdza on, że przewężenie jest związane z punktem przyczepu chromosomów do nici wrzeciona i przyczynia się do nadania charakterystycznego kształtu chromosomom.

Japoński badacz Sakamura w pracy swej z 1915 roku stwierdza również istnienie przewężeń u określonych chromosomów u *Vicia Faba*, zarówno w karjokinezie wegetatywnej jak i generatywnej. Para wielkich chromosomów posiada dwa charakterystyczne przewężenia. Jedno z nich określone przez autora jako *m* — (mediane Einschnürung) umieszczone jest w środku i odpowiada punktowi przyczepu chromosomu do włókien wrzeciona („kinetische Querspalte“ Delaunay'a), drugie (*e* — Endeinschnürung) jest umieszczone bliżej końca. Dla określenia tego przewężenia używa Delaunay terminu „akinetische Querspalte“, Darlington, Belling i de Mol zaś „secondary constriction“.

Na podstawie studiów własnych oraz obserwacji innych badaczy dochodzi Sakamura do wniosku, że przewężenia są szczegółem dającym się często skonstatować w chromosomach roślin i zwierząt, wobec czego można je uważać jako wskaźnik do rozpoznania danych chromosomów w garniturze somatycznym.

W obszernych badaniach nad rodzajem *Crepis*, przeprowadzonych przez szereg badaczy od 1914 roku, a zsyntetyzowanych w pracy „The Genus *Crepis*“ B. Babcock i M. Navashin (1930) stwierdzają, że różnice w kształcie chromosomów u rodzaju *Crepis* pozwalają rozpoznać indywidualne chromosomy u różnych gatunków nawet w przypadku, jeżeli nie różnią się one wielkością. Charakterystyczne kształty chromosomów związane są według tych autorów z miejscem przewężenia i obecnością trabantów.

Na podstawie wyżej przytoczonych badań nad morfologią chromosomów zostało stwierdzone (Delaunay 1929), (Lewitzky 1930),

że u większości roślin garnitur chromosomalny jestto zespół złożony z pewnej określonej dla danego gatunku liczby chromosomów, w którym każdy chromosom może mieć swój charakterystyczny kształt. Kształt chromosomów jest uzależniony po pierwsze od przyczepu włókien wrzeczona w określonym miejscu chromosomu, który w tym punkcie mniej lub bardziej widocznie się przewęża. Przewężenie to dzieli chromosom na dwa ramiona równe, lub też niejednakowej długości. W przypadkach występowania przewężenia subterminalnego, gdy nić wrzeczona jest przyczepiona w pobliżu końca chromosomu, otrzymujemy chromosom pałeczkowaty, zakończony drugim bardzo małym ramieniem t. zw. główką. Drugim szczegółem charakterystycznym dla pewnych chromosomów jest istnienie drugiego przewężenia t. zw. dodatkowego (secondary constriction), które nic wspólnego z poprzednio omawianem nie ma. Trzecim szczegółem określającym postać pewnych chromosomów, jest istnienie trabantów, występujących w pewnych przypadkach jako stała charakterystyczna cecha.

Dokładne badania morfologii chromosomów z uwzględnieniem tych trzech charakterystycznych szczegółów budowy przeprowadziła Sveshnikowa 1927 r. w swej pracy nad morfologią chromosomów w obrębie 28-miu gatunków rodzaju *Vicia*. Na podstawie zbadanego materiału autorka doszła do wniosku, że chromosomy w obrębie garnituru u rodzaju *Vicia* można podzielić na 4 typy: do pierwszego należą te, których stosunek ramion jest nie mniejszy niż 2:1; do drugiego te, których stosunek ramion jest równy, albo większy niż 2:1; do trzeciego zalicza autorka chromosomy z główką; do czwartego zaś chromosomy z trabantami. Rozdzieliwszy chromosomy badanych gatunków według tych 4 typów, otrzymała dla każdego gatunku formułę złożoną z 4 liczb, z których pierwsza daje liczbę chromosomów pierwszego typu danego gatunku, druga drugiego, trzecia liczbę chromosomów trzeciego typu, czwarta wreszcie — liczbę chromosomów typu czwartego. Według podanej tablicy można dokładnie się zorientować, czem różni się w obrębie rodzaju jedna systematyczna grupa od drugiej, ze względu na formę chromosomów, jak np. grupy *Ervum* i *Cracca* od grupy *Euvicia*, a nawet gatunek od gatunku. Znajduje ona dalej jeszcze różnice bardziej subtelne; wprawdzie oba gatunki *Vicia angustifolia* i *Vicia sativa* posiadają stosunek czterech typów chromosomów ten sam (0:1:5:0), to jednak u *Vicia angustifolia* stosunek między ramionami jest prawie równy 2:1, podczas gdy u *Vicia sativa* jest większy, niż 2:1; na tej podstawie autorka wyodrębnia wbrew Aschers on owi, te dwa gatunki

Vicia angustifolia i *Vicia sativa*, co zgadza się z poglądami dzisiejszych systematyków i co również zostaje potwierdzone przez nieudawanie się krzyżówek między temi dwoma gatunkami.

Badania własne.

Materiał i technika.

Materiał do badań szlachetnych buraków cukrowych otrzymałam z Sandomiersko-Wielkopolskiej Hodowli Nasion w Antoninach pod Poznaniem.

Ryc. 5.

Badania karjokinezy somatycznej obejmowały sześć linii, w każdej zaś linii było zbadanych po kilka osobników.

Karjokineza generatywna zaś obejmowała dziesięć roślin.

Dla zbadania karjokinezy wegetatywnej utrwaliałam młode korzonki, otrzymane z nasion wykiełkowanych w bibule. Rozpatrzone w nich były komórki tkanki twórczej. Korzonki te utrwaliałam w płynie Navashin'a, składającym się z 10 części 1% kwasu chromowego, 4 części 40% formaliny i 1 część kwasu octowego lodowego. Skrawki grubości 4 μ barwiłam hematoksyliną żelazistą Heidenhain'a, lub też stosowałam barwienie fioletem gencjanowym według metody Newton'a, która znajduje w ostatnich czasach coraz częściej zastosowanie.

Pączki dla zbadania procesów podziałów allotypowych w komórkach macierzystych pyłku utrwalane były płynem Carnoy i barwione hematoksyliną żelazistą Heidenhain'a. Rysunki były wykonane przy pomocy aparatu Abbé'go, obj. im. Leitz'a $\frac{1}{12}$, ok. Zeiss'a K 20.

Karjokineza wegetatywna.

Zbadanie większej ilości płytek w komórkach różnych roślin wykazało normalną liczbę chromosomów $2n = 18$. Tylko w trzech przypadkach liczba chromosomów zdawała się wynosić 19. Przypuszczalnie jednak zachodzi tu zjawisko fragmentacji (Ryc. 6). Przemawia za tem fakt, że płytki te znaleziono w osobnikach, których inne płytki posiadały normalną liczbę = 18 chromosomom.

Ryc. 6.

Przystąpiłam do szczegółowego zanalizowania kompleksu chromosomów buraka cukrowego dla stwierdzenia, czy pomiędzy poszczególnymi liniami wyodrębnionymi przez selekcję występują jakieś różnice; teoretycznie możliwość taka istnieje ze względu na to, że burak cukrowy jest rośliną obcopylną i w silnym stopniu heterozygotyczną. Ze względu na małe rozmiary chromosomów najodpowiedniejszym stadium dla studjowania kształtów ich okazała się metafaza. W płytkach tych, gdzie chromosomy posiadają maksymalną swą grubość, różnice występowały stosunkowo wyraźniej. Badanie telofazy w wyglądzie profilowym, które, jak wykazał Heitz, jest pomocne dla oceny względnej długości ramion chromosomów, nastrocza w badanym obiekcie wielkie trudności ze względu na drobne rozmiary chromosomów.

Opierając się na klasyfikacji chromosomów wyżej przytoczonych autorów, możemy podzielić kompleks chromosomalny *Beta vulgaris* v. *saccharifera* na następujące typy (por. Ryć. 8).

I. Chromosomy dwuramienne (dwie pary) o ramionach mniej więcej równej długości:

a — para większych chromosomów

a^1 — para mniejszych chromosomów

II. Chromosomy dwuramienne (dwie pary) o jednym ramieniu znacznie krótszym od drugiego.

b — para większych chromosomów

b^1 — para mniejszych chromosomów

III. Chromosomy dwuramienne (2—3 par), prawdopodobnie trójczłonowe o kształcie zmiennym, przypominającym niekiedy znak zapytania, literę S, lub trójkę. Miejsce przyczepu prawdopodobnie znajduje się w środkowej części w punkcie zagięcia.

IV. Chromosomy (3—2 par) w kształcie litery C lub słabiej zagięte, niekiedy pałeczkowate, o niewyraźnym punkcie przyczepu i dlatego trudne do zaklasyfikowania z punktu widzenia proporcji ramion.

Klasyfikacja ta da się jednak zastosować tylko z zastrzeżeniem, że kształt chromosomów w obrębie danego typu ma dużą skalę zmienności, i dlatego wyprowadzenie ogólnego schematu z poszczególnych linii, a nawet w obrębie jednej linii, nastrocza wielkie trudności, a czasem nawet jest wręcz praktycznie niemożliwe, tak zmienny i plastyczny jest tu kształt chromosomów. By to uwypuklić, zgrupowałam chromosomy kilku z badanych płytek w szeregi. W szeregu poziomym znajdujemy chromosomy z jednej komórki, szeregi pionowe dają pary chromosomów homologicznych z różnych płytek (Ryć. 8).

Przyjrząwszy się dokładnie płytkom (Ryć. 5) i uszeregowanym chromosomom spostrzeżemy, że w chromosomach typu pierwszego, ramiona posiadają mimo wszystko nie zawsze ściśle jednakową długość, różnica długości ramion nie jest tu jednak znaczna; poza tem w niektórych płytkach różnica wielkości obu par pierwszego typu a i a_1 występuje mniej wyraźnie, do tego stopnia, że trudno czasem zidentyfikować każdą z obu par. Dwie te pary odpowiadają prawdopodobnie w schemacie chromosomom oznaczonym przez Kuzminę numerami 8 i 9. Naogół ten typ chromosomów można w kompleksie rozpoznać, niekiedy jednak chromosom w okolicy

przewężenia grubieje, przybierając wygląd nieco podobny do chromosomu w kształcie litery C, szczególnie przy wyraźnem zaznaczeniu wygięcia.

Wśród chromosomów drugiego typu, oznaczonych literami b i b_1 , również występuje para większych i para mniejszych. Chromosomy te dają się też łatwo wyróżnić. Czasami jednak ramię dłuższe nie jest proste, lecz wygina się w jedną lub drugą stronę. Zmienia się wtedy naturalnie kąt rozchylenia pomiędzy obu ramionami, a wygięcie nadaje im wygląd podobny do chromosomów typu trzeciego. Wielkość tych chromosomów również ulega wahaniom.

Kształt chromosomów typu trzeciego wykazuje dużą skalę wahań. Gdy występuje tu kształt trójki, wyraźne jest jedno charakterystyczne przewężenie, gdy jednak każde z ramion wygina się łukowato w innym kierunku, trudno jest się zorientować, czy jest to tylko chwilowo przyjęty, czy też typowy kształt. Chromosomy te podobne są do tych, które w pracy swej Kuzmina oznacza Nr. 6 i które uważa za trójczłonowe. Prawdopodobnie w tym typie, oprócz przewężenia medialnego, odpowiadającego miejscu przyczepu, jest jeszcze drugie dodatkowe przewężenie subterminalne, tak zwane „*akinetische Querspalte*“ według De launay'a. Drugie to przewężenie jednak nie zawsze występuje dość wyraźnie wskutek różnego układu ramion.

Ryc. 7.

Do czwartego typu należą trzy chromosomy pałeczkowate lub w kształcie litery C. Przewężenie w nich nie jest wyraźne, wskutek czego trudno jest ustalić, gdzie znajduje się ich punkt przyczepu. Również i one są zmienne w swej formie i czasami bardziej się wyprostowują, czasami bardziej zginają. Należy zaznaczyć, że Kuzmina w schemacie swym nie podaje typu, który możnaby uważać za odpowiadający tym chromosomom. We wszystkich typach według tej autorki przewężenie jest wyraźnie widoczne, czego moje obserwacje nie potwierdziły, pomimo tej samej metody utrwalania materiału.

Bardzo odpowiednim obiektem dla zanalizowania zmienności chromosomów w materiale omawianym jest płytka w stadium meta-anafazy przedstawiona na Ryc. 7. Chromosomy oznaczone tam Nr. 1, 7, 8, 9, 12, 15, 16 i 18 są w obrębie każdej pary zupełnie sobie równe, 13-ty jest w okresie dzielenia się, 11-ty zaś jeszcze nie zaczął się dzielić. Pary chromosomów oznaczone Nr. 4, 14 i 17 są niezupełnie identyczne, różnią się one tylko nieznacznie, jak np. jeden chromo-

som z pary Nr. 4 posiada jedno ramię trochę krótsze. Natomiast w parach oznaczonych Nr. 3, 5, 6 i 10 siostrzane chromosomy wykazują znaczne różnice kształtu, a czasami i wielkości. W parze takich różniących się chromosomów doskonale daje się skonstatować u jednego chromosomu bardzo wyraźne przewężenie, u drugiego zaś z tej pary zaznaczające się słabo.

Chromosomy oznaczone Nr. 2 są jeszcze połączone jednym końcem, a już daje się skonstatować różnica ich kształtu, tak, że gdyby były w dwóch różnych komórkach, zidentyfikowanie ich jako chromosomów homologicznych nastęrczałoby trudności. Na podstawie tej obserwacji staje się zrozumiałem, dlaczego w niektórych płytkach

Ryc. 8.

taką wielką trudność przedstawia zidentyfikowanie homologicznych chromosomów. Dzięki ich wielkiej plastyczności, różnica kształtu daje się skonstatować nawet w obrębie dwóch chromosomów bezpośrednio po podziale jednego chromosomu macierzystego.

Kuzmina na podstawie swych badań nad morfologią somatycznego kompleksu chromosomalnego u 3-ch odmian *Beta vulgaris* wyprowadza schemat obejmujący kompleksy chromosomalne wszystkich trzech różniących się nieco cytologicznie odmian. Autorka zaznacza, że pomimo wyraźnej zmienności chromosomów w większości komórek kompleks chromosomów zróżnicowany jest w ten sposób, że daje się podciągnąć pod schemat ogólny, charakterystyczny dla

Beta vulgaris. Autorka jednakże sama stwierdza, że za małą ilość osobników zbadała, wobec czego uważa pracę swą jedynie za pierwszą próbę zanalizowania tak trudnego obiektu, jakim jest *Beta vulgaris*. Gdy jednak porównamy schemat wyprowadzony przez Kuzminę z szeregowym ułożeniem chromosomów, jakie wyprowadziłam z komórek różnych osobników, to dojdziemy do wniosku, że kształty chromosomów w obrębie kompleksu nie przedstawiają tak jaskrawego zróżnicowania. Kuzmina łączy w jedną grupę dwa chromosomy Nr. 1 i 2 dwuramienne o niejednakowych ramionach, w drugą chromosomy z dwóch łukowato wygiętych części (Nr. 3, 4 i 5), inne zaś chromosomy opisuje indywidualnie, moim zdaniem zaś tylu indywidualnych typów, ile ustala Kuzmina, zróżnicowanie kompleksu nie przedstawia, lecz daje się sprowadzić do czterech głównych wymienionych poprzednio typów, których zidentyfikowanie wszelako nastęrcza niekiedy trudności ze względu na wielką zmienność chromosomów.

Jak z badań powyższych wynika, wyprowadzenie schematu dla kompleksu chromosomalnego u *Beta vulgaris* nastęrcza znaczne trudności ze względu na wielką plastykę kształtów chromosomów, którą możnaby było podciągnąć pod pojęcie zmienności fluktuacyjnej. Nie stwierdziłam natomiast stałych charakterystycznych różnic w obrębie poszczególnych linii. Taką zmienność możnaby przeciwstawić fluktuacjom kształtu chromosomów, jako zmienność strukturalną, naskutek dyferencjacji typu karjologicznego.

Bardzo wyraźna plastyczność kształtu chromosomów w podziałach somatycznych została opisana u polimorficznej rasy *Petunia violacea* przez Skalińską i Cuchtmannównę 1927 r. U *Petunji* ta zmienność jest według tych autorek odzwierciedleniem dużej skali wahań w morfologii tej rasy wielopostaciowej.

Karjokineza generatywna.

Stadja wczesnej profazy przebiegają zupełnie prawidłowo, mianowicie: w leptonemie dają się zauważyć długie i cienkie nici gęsto ze sobą splecione, poczem następuje skurcz synaptyczny, podczas którego widoczne jąderko wraz z niemi przylegającymi do jednej ściany jądra. W pachynemie nici rozluźniają się, rozchodząc się szerzej i jednocześnie grubieją. Strepsinema wczesna, wykazująca rozszczepienie się podłużne nici, trudna była bardzo w preparatach do znalezienia. Często natomiast spotykałam stadja, w których widoczne było stopniowe przejście od strepsinemy do diakinezy. Widoczne tu jest jak chromosomy z różną szybkością przybierają kształt charak-

terystyczny dla diakinezy. Niektóre gemini są już utworzone, inne zaś chromosomy przedstawiają splecione pasma (Ryc. 9).

W diakinezie kształt chromosomów przedstawia pewne zróżnicowanie. A więc można tu spotkać charakterystyczne ósemki, układanie się na krzyż, tworzenie biwaleńtów złączonych końcami i ułożonych pod kątem, przyczem konjuganty mogą być jednakowej lub różnej wielkości i t. d. Zdaniem mojem chromosomy z diakinezy nie dają się jednak podciągnąć pod schemat, jaki podała Kuzmina. Kształty chromosomów podane przez autorkę w tym schemacie występują istotnie również u roślin przezemnie badanych, ale obok tego występuje i wiele innych konfiguracji, co zdaniem mojem uniemożliwia wyprowadzenie schematu.

Zaobserwowałam również inne szczegóły, które w stadium tem nie dają się typowo skonstatować. Niekiedy mianowicie występują tu chromosomy ułożone w trójki szeregiem (Ryc. 10 a), lub w po-

α.

Ryc. 9.

β.

Ryc. 10.

staci obrączki niedomkniętej (Ryc. 10 b). Jest to jednak przypuszczalnie tylko krótkotrwałe ułożenie, ponieważ w metafazie z reguły znajdują się tylko normalne biwalenty.

Drugą cechą charakterystyczną i rzucającą się w oczy w diakinezie, są oddzielone „elementy chromosomalne” mniejsze lub większe, przypominające trabanty, występujące u różnych roślin w podziałach somatycznych. Różnią się one bardzo pod względem kształtu, wielkości, a nawet ilości w różnych komórkach. Mogą one być przyczepione do końca chromosomu lub też do środka. Czasami element taki przyczepiony jest w miejscu połączenia obu chromosomów w gemini. Chromosomalne te elementy przyczepione są przy pomocy cienkiej nitki, czasami zaś przylegają bezpośrednio do ciała chromosomu (Ryc. 11). Niekiedy są one widoczne jako małe punkciki, kiedy indziej zaś dochodzą prawie do rozmiaru uniwalentu. Kuzmina znajdowała czasami taki element chromosomalny, lecz najwyżej po

jednym w komórce i zawsze według niej w związku z określonym chromosomem. Nazywa go ona trabantem. Natomiast w moim materiale w komórkach zaobserwować można było niekiedy więcej, niż jeden taki element chromosomalny, czasami występowało ich dwa, najwyższą zaś liczbą i to dość często występującą, była trzy. Należy zaznaczyć, że niekiedy w diakinezie te elementy dodatkowe wogóle nie występują. Trudno ustalić, czy to samo pochodzenie posiadają oba typy fragmentów. Ponieważ jednak trabantów w podziałach somatycznych w ani jednym przypadku w badanych roślinach nie znalazłam, przypuszczalnie elementy spotykane w diakinezie po-

Ryc. 11.

wstały skutek fragmentacji. Przypuszczenie to tembardziej jest prawdopodobne, że jak zaznaczyłam, w podziałach wegetatywnych w kilku przypadkach zamiast normalnej liczby chromosomów 18, znajdowałam 19 oddzielnych elementów. W późniejszych stadiach niekiedy elementy chromosomalne pozostają w cytoplazmie, co pozwala przypuszczać, że w fragmentacji mamy pierwsze zakłócenie w podziałach allotypowych.

Następne stadia wykazują u niektórych roślin dalej posunięte zakłócenia. Tylko w dwóch ze zbadanych dziesięciu osobników (II C 909 i III P 541) znaleziono podziały prawie całkowicie normalne,

w pozostałych zaś ośmiu, obok pewnej ilości prawidłowych podziałów, występowały odchylenia słabsze lub silniejsze, niekiedy zaś anomalje bardzo daleko posunięte. W metafazie normalnej, widzianej w przekroju poprzecznym, można bardzo wyraźnie obliczyć dzie więć

Ryć. 12.

biwalentów, co już było stwierdzone i przez innych badaczy (Ryć. 12 *a*). Ryć. 12 *h* pozwala zauważyć, że biwalenty nie są ściśle jednakowej wielkości, jednakże zhomologizowanie z określonymi typami chromosomów, ustalonymi w karjokinezie somatycznej, nie wy-

daje się możliwe. Często w tem stadium można było spotkać odchylenia. Tak np. często można było zaobserwować parę chromosomów ułożonych wpoprzek wrzeciona (Ryć. 12 b), co już w pracy swej zauważyła Kuzmina. W innym przypadku para znajdująca się wyraźnie poza obrębem wrzeciona (Ryć. 12 c) posiada swoje własne słabo dostrzegalne włókna. Z odchyień dalej posuniętych należy wymienić chromosomy nie układające się prawidłowo w płaszczyźnie równikowej komórki, lecz rozwleczone wzdłuż wrzeciona (Ryć. 12 d). Liczba biwalentów jest tu normalna dziewięć, poza wrzecionem widzimy cztery małe fragmenty, oddzielone widocznie od kompleksu chromosomów.

Na uwagę zasługuje również szczegół, że czasem wrzeciona wykazują podczas metafazy nieprawidłowe kształty: mianowicie w niektórych komórkach macierzystych wrzeciona zsunięte ku ścianie wykazują słabsze lub silniejsze łukowate wygięcie (Ryć. 12 e), w innych

Ryć. 13.

komórkach wygięcie to przechodzi w charakterystyczne załamanie pod kątem słabo rozwartym (Ryć. 12 f). Inny bardzo interesujący typ nieprawidłowości przedstawia wykształcenie wrzecion jednobiegunowych (Ryć. 12 g, h), przypominających obrazy, znalezione podczas podziałów allotypowych u haploidalnego mutantu *Oenothera franciscana* przez Davis'a i Kulkarnie'go (1930). W komórkach takich znajdujemy chromosomy przesunięte ku jednej ścianie komórki, na przeciwległej zaś ścianie połączone nici kinoplazmy tworzą jedyny biegun wrzeciona. Niekiedy przy tym samym ugrupowaniu chromosomów włókna wrzeciona zaznaczają się bardzo słabo lub nawet wogóle są zaledwie dostrzegalne. Tworzenie takich wrzecion jednobiegunowych może mieć znaczenie dla dalszego przebiegu podziałów.

Ana- i telofaza mogą wykazywać zupełnie normalne wykształcenie; dzieje się to prawdopodobnie w tych komórkach, w których

od stadiów początkowych aż do końca, to jest do utworzenia ziarna pyłku, przebieg podziału był normalny. Komórki zaś, które już w metafazie wykazywały odchylenia, zapewne i w dalszych stadiach odznaczają się mniej lub więcej posuniętymi zakłóceniami, prowadzącymi do degeneracji w tetradach lub też powstania komórek potomnych o nietypowej liczbie chromosomów. W ana- i telofazie anomalje polegają na pozostawianiu w cytoplazmie uniwalentów, biwalentów lub fragmentów chromosomów (Ryc. 13 *a*). Skupienia chromatyny na biegunach leżące robią w pewnych przypadkach wrażenie, jakby ulegały degeneracji (Ryc. 13 *b*). Podobna telofaza w degeneracji opisana jest przez Bleier'a (1930). Ryc. 13 *c* przedstawia telofazę, w której na jednym biegunie chromosomy mają układ normalny; można łatwo obliczyć ich liczbę, wynoszącą 9; na drugim biegunie chromosomy

Ryc. 14.

wykazują nienormalne skupienie, nadto część chromosomów pozostała w cytoplazmie. Powstała z takiej komórki interkineza posiadałaby dwa jądra o niejednakowej liczbie chromosomów i trzecie małe jądro z pozostałych w plazmie skupionych razem chromosomów. Niekiedy opóźniające się chromosomy mogą wcześniej ulec zrezorbowaniu przez cytoplazmę. Czasami chromosomy lub małe ich fragmenty, pozostające w cytoplazmie mogą dać początek mikrocytom. Poza odchyleniami wyżej opisanym spotykałam również zupełnie normalnie wykształconą interkinezę (Ryc. 14 *a*). W tym stadium niekiedy widoczne są znowu elementy chromosomalne, występujące w diakinezie (Ryc. 14 *c*).

W metafazie i anafazie homeotypowej spotykamy jak i w poprzednich stadiach komórki z zupełnie normalnymi podziałami, oraz niekiedy z chromosomami wyrzuconymi poza obręb wrzeciona, ale pozatem zaobserwowałam jeszcze u jednej z badanych roślin inne

nietypowe zjawisko. Naogół w metafazie homeotypowej osie obu wrzecion ułożone są prostopadłe względem siebie (Ryć. 15 *a*). Zrzadka jednak można znaleźć komórki, w których osie te są skierowane względem siebie równoległe (Ryć. 15 *b*), niekiedy leżąc bardzo blisko siebie (Ryć. 15 *c*). W krańcowych przypadkach zdarza się, że bieguny

Ryć. 15.

takich wrzecion stykają się lub nawet zlewają się z jednej strony (Ryć. 15 *e*), lub nawet z obu (Ryć. 15 *f*), dzięki czemu oba kompleksy chromosomów ulegają połączeniu, tworząc diploidalną płytkę z 18 chromosomami (Ryć. 15 *g*).

W konsekwencji takiego ułożenia w metafazie, chromosomy ulegają następnie zgrupowaniu w stadium telofazy tylko w dwóch okolicach komórki, odpowiadających jednocześnie biegunom obu wrzecion. Takie szerokie podwójne wrzeciona niekiedy zlewające się całkowicie tylko na jednym biegunie, kiedy indziej zaś na obu, były obserwowane w niektórych pylnikach jednej z badanych roślin (Nr. III C 197). Należy zaznaczyć, że komórki wykazywały cały szereg stadiów przejściowych od metafazy do telofazy z wrzecionami zupełnie złączonymi lub tylko zbliżonymi do siebie. Pozatem widoczne również były przejścia w meta-anafazach od wrzecion prostopadłe ułożonych do ułożonych równoległe (Ryć. 15 *h*). W telofazie skupione chromosomy mogą tworzyć dwa oddzielne obok siebie położone jądra (Ryć. 16 *a*), blao też wytworzona zostaje jedno wspólne, obejmujące cały po-

l.

Ryć. 16.

Ryć. 17.

dwójny kompleks chromosomów (Ryć. 16 *b*). W rezultacie otrzymujemy zamiast tetrad dyady o podwójnej liczbie chromosomów.

Tworzenie wrzecion jednobiegunowych również prowadzić może do powstawania dyad zamiast tetrad, gdyż w metafazie heterotypowej uniemożliwione zostaje rozejście się chromosomów na dwa jądra potomne; wszystkie one pozostają na jednym biegunie, dając w interkinezie jedno tylko jądro diploidalne. Taki rozwój przypuszczalnie prowadzi do utworzenia po skutecznym podziale homeotypowym zamiast tetrad dyady o jądrach diploidalnych.

Nasutek anomalij podczas podziałów można znaleźć po 5 lub więcej jąder o różnej liczbie chromosomów w stadium poprzedzającym tetradę (Ryć. 17).

Przekroje pylników w stadium tetrad przedstawiają obraz niejednolity, mianowicie możemy spotkać w niektórych komorach więk-

szość normalnych tetrad i normalnych ziarn pyłku, w innych natomiast znajdujemy oprócz normalnych również i zdegenerowane.

Należy zaznaczyć, że u pewnych osobników (przedstawicieli określonych linii) zakłócenia wyżej opisane nie występowały, u innych występowały zakłócenia drobniejsze, najdalej posunięte zaś skonstatowane zostały tylko u jednego osobnika.

Dyskusja.

Fragmentacja chromosomów zarówno w podziałach somatycznych jak i generatywnych była opisana kilkakrotnie w literaturze. Znanym przykładem fragmentacji somatycznego kompleksu chromosomalnego jest *Oenothera scintillans* (Hance 1918). Fragmentacji tu ulega kilka największych chromosomów. Podobny przypadek stanowi *Solanum tuberosum* opisany przez Lewitsky'ego i Benetzką (1927), gdzie w podziałach somatycznych, zamiast całych chromosomów, spotykają się rozfragmentowane elementy chromosomalne.

Jest rzeczą interesującą, że zjawisko fragmentacji w podziałach allotypowych zostało zaobserwowane u roślin wykazujących znaczną zmienność.

U *Petunji* wielopostaciowej fragmenty występują w diakinezie jako małe ciała chromatynowe („trabantenähnliche Körper“), związane z chromosomami bezpośrednio, lub na nitce (Skalińska i Cuchtmann 1927). Zjawisko to podobne jest do obserwowanego przezemnie u *Beta vulgaris*. Podobny charakter nosi zjawisko fragmentacji, występujące w podziałach allotypowych u pomidorów, o której wzmiankują Huskins i Crane 1930.

Natomiast inny rodzaj stanowi fragmentacja opisana przez Meurman'a 1928 r. dla *Ribes Gordonianum*, gdzie mały fragment chromosomalny t. zw. „diminutive chromosome“ występuje stale. Został on znaleziony w komórkach macierzystych pyłku w podziałach heterotypowych; jako spóźniający się może być często obserwowany pomiędzy obu biegunami. Może on być rozszczepiony lub pozostawać niepodzielony. Również został on zaobserwowany przez Meurman'a w metafazie podziałów somatycznych. Według tego badacza jest on trochę większy od trabantu, i fakt, że zawsze można go znaleźć jako „unpaired single unit“, przemawia za tym, że mamy tu do czynienia zawsze z tym samym chromosomem obecnym w komórkach macierzystych pyłku. Autor nigdy nie zauważył nici, która łączyła element ten z którymś chromosomem w kompleksie.

Podobnie J. W. Lesley i M. M. Lesley w studjach nad potomstwem mutantów (triploidów i trisomów) u pomidorów znaleźli w komórkach macierzystych pyłku oprócz całkowitego kompleksu chromosomalnego dodatkowo element, odpowiadający połowie całego chromosomu. Autorzy na podstawie swych badań wyciągają wniosek, że w każdym z obserwowanych przypadków fragment ten jest częścią „of the same whole extra chromosome that is present in the simple trisomic type which the fragment containing plant most closely resembles“.

Fragmenty chromosomalne zostały więc opisane w dwóch ostatnio wymienionych pracach jako elementy, które uległy oddzieleniu od właściwego chromosomu i usamodzielnieniu. Natomiast elementy chromosomalne występujące w diakinezie w zbadanych przeze mnie roślinach są zawsze połączone z chromosomem przy pomocy nici zupełnie wyraźnie widocznej pod mikroskopem, podobnie jak u *Petunii*; jeżeli zaś nici nie ma, to są one bezpośrednio związane z chromosomem.

Dalszym odchyleniem jest powstawanie wrzecion jednobiegunowych. Wrzeciona takie zostały dotąd zaobserwowane jedynie u roślin haploidalnych, a bardzo dokładnie opisane przez Davis'a i Kulkarnie'go dla haploidalnej *Oenothera franciscana*. Konjugacji tu wogóle nie ma, gdyż roślina ta posiada tylko siedem chromosomów, wśród których nie ma homologicznych. Niekiedy powstaje następnie wrzeciono dwubiegunowe i wtedy chromosomy rozdzielają się w sposób nieprawidłowy, jak np. 1 i 6, 2 i 5, 3 i 4. Interkineza przedstawia wtedy dwa jądra: jedno większe, drugie zaś mniejsze. Po skutecznym podziale homeotypowym powstają cztery zdegenerowane ziarna pyłku. W niektórych przypadkach natomiast powstaje wrzeciono jednobiegunowe, i wówczas siedem chromosomów posuwa się do jednego bieguna, układając się w grupę i otaczając się ścianą jądra. Powstaje jedno jądro, które odpowiada interkinezie normalnego podziału. Następnie chromosomy dzielą się podłużnie; następuje podział homeotypowy, który rozdziela połówki chromosomów na dwa bieguny wrzeciona. Zamiast dwóch wrzecion typowych dla podziału homeotypowego występuje tu tylko jedno. W konsekwencji takiego podziału powstają dwa pierwotne ziarna pyłku o haploidalnej liczbie chromosomów, tworząc dyadę. Tworzenie jednobiegunowych wrzecion u *Oenothera franciscana* prowadzi do utrzymania wskutek braku redukcji liczby chromosomów charakterystycznych dla tej haploidalnej rośliny. Podobnie powstanie jednobiegunowego wrzeciona u *Beta vulgaris* (z diploidalną liczbą) uniemożliwiając rozejście

się chromosomów na jądra potomne, prowadzi przypuszczalnie do utworzenia w interkinezie jednego jądra. W następnym podziale homeotypowym musi powstać tylko jedno wrzeciono zamiast dwóch, podobnie jak u *Oenothera franciscana*. W rezultacie zamiast tetrad powstają dyady o liczbie chromosomów diploidalnej.

Jak na zasadzie badań moich można przypuścić, diploidalne gamety mogły powstać u *Beta vulgaris* jeszcze na innej drodze, a mianowicie dzięki charakterystycznemu układaniu się wrzecion względem siebie w metafazie homeotypowej. Zlewanie się 2 wrzecion w jedno zostało opisane przez Karpechenko w krzyżówce *Raphanus sativus* $\times$ *Brassica oleracea* (1927) oraz przez Darlingtona u *Prunus avium* (1930). U *Beta vulgaris* oba wrzeciona typowo układają się prostopadle do siebie, czasem jednak daje się obserwować ułożenie równoległe, przyczem niekiedy wrzeciona mogą zlewać się w jedną całość. Takie złączone wrzeciona znajdowałam również w stadium ana- i telofazy. Podział heterotypowy niewątpliwie miał tu miejsce, mimo to powstają diploidalne gamety na skutek połączenia wrzecion w drugiej metafazie.

Jaki jest dalszy los powstałych dyad trudno przewidzieć, gdyż olbrzymich ziarn pyłku t. zw. „giant pollen“ nie znalazłam, badając gotowy pyłek. Być może więc, że powstałe dyady degenerowały lub rozwijały się dalej tylko w rzadkich przypadkach. Wobec rzadkości tego zjawiska być może, że nie udało mi się poprostu natrafić na ziarna olbrzymie przy rozpatrywaniu gotowego pyłku. Jeżeli jednak nawet ziarna pyłku ze zdwojoną liczbą chromosomów są zdolne do dalszego rozwoju, to możliwość otrzymania rośliny tetraploidalnej w naturalny sposób mało ma prawdopodobieństwa, gdyż wymaga połączenia diploidalnej gamety męskiej z taką żeńską, diploidalne komórki rozrodcze zaś tworzą się tu tylko wyjątkowo.

Anomalje w podziałach allotypowych były spotykane niejednokrotnie u roślin, przyczem znane są dwie najważniejsze przyczyny powstawania tych odchyłeń:

1) Wysoka heterozygotyczność u mieszańców gatunkowych lub mieszańców pomiędzy rodzajami. Badania cytologiczne takich mieszańców wykazują często w podziałach allotypowych cały szereg zakłóceń, przedewszystkiem niekonjugowanie chromosomów.

2) Wpływ warunków zewnętrznych, jak obniżenie lub podwyższenie raptowne temperatury, działanie emanacjami radu i t. d.

Analizę cytologiczną u mieszańców, w których miały miejsce zakłócenia daleko posunięte, jak brak konjugacji chromosomów, tworzenie uniwalentów, opóźnianie się chromosomów oraz w końcu po-

wstawanie dyad zamiast tetrad zawdzięczamy Tschermakowi i Bleierowi (1926) dla *Aegilops* $\times$ *Triticum*, Rosenbergowi (1926) dla mieszańców *Hieracium*, Karpechence (1927) dla *Raphanus sativus* $\times$ *Brassica oleracea*.

W omawianym materiale — pomimo niewątpliwej heterozygotyczności jego, — zakłócenia obserwowane nie znajdują zadawalającego wyjaśnienia składem genetycznym roślin, gdyż wszystkie badane rośliny stanowią przedstawicieli poszczególnych linii jednej wąskiej grupy systematycznej, mianowicie „*var. saccharifera*”. W szeregu nowszych publikacji zwrócono uwagę na wpływ warunków zewnętrznych na zakłócenie przebiegu podziałów allotypowych; możliwym jest więc, że istnieje tu różny stopień wrażliwości na wahania warunków zewnętrznych u badanych linii.

Do badaczy, którzy prowadzili obserwacje nad wpływem niskiej temperatury na przebieg podziałów allotypowych należą: Sakamura (1920), który pod wpływem nagłego oziębiania (śnieg) otrzymywał ziarna pyłku hypo- i hyperdiploidalne u *Vicia Faba*. Badacz ten stwierdził powstanie dyad zamiast tetrad, wobec czego należy przypuszczać, że nastąpiło zahamowanie jednego z podziałów allotypowych.

Borgenstam (1920) pod wpływem stopniowego obniżania temperatury do 0° C. w ciągu 6 godzin, otrzymywała u *Syringa* zakłócenia w postaci 2-jądrowych komórek macierzystych pyłku, spóźnionego rozchodzenia się chromosomów, nieprawidłowego tworzenia wrzecion, oraz gamet ze zdwojoną liczbą chromosomów.

Michaelis (1926) kilkakrotnie ochładzał zerwane kwiatostany *Epilobium* do -4—5° C. Następował brak konjugacji chromosomów w diakinezie, nierównomierne rozchodzenie chromosomów na bieguny, zahamowanie heterotypowego podziału, któremu towarzyszy w następstwie restytucja jądra, co ostatecznie prowadzi do zdwojenia liczby chromosomów.

Rybin (1927) utrzymywał pączki *Nicotiana Tabacum* 1 października, celem przekonania się, czy niska temperatura wpłynie na zakłócenia w podziałach, i rzeczywiście otrzymywał on cały szereg zaburzeń, prowadzących aż do utworzenia diploidalnych ziarn pyłku.

Badania Stow'a (1926, 1927) nad wpływem temperatury na podziały redukcyjne u *Solanum Tuberosum*, wykazały, że przy niższej temperaturze (+8.5°—+12° C) gemini wykazują tendencję układania się w grupy albo skupienia, podczas gdy przy wysokich temperaturach (+25°—+35° C) po większej części konjugacja chromosomów nie odbywa się, tak, że w płytkach metafazy hetero- i homeotypowej

jednocześnie występują biwalenty i uniwalenty. Zdarzało się też, że przy wyższych temperaturach podział homeotypowy odbywał się się zbyt wcześnie i dzięki temu Stow znajdował niekiedy wyższą, niż diploidalną, liczbę chromosomów w heterotypowym podziale. Wreszcie przy 20° przebiega podział redukcyjny w pylnikach ziemniaka zupełnie prawidłowo; różne odmiany ziemniaka są w niejednakowym stopniu wrażliwe na wyższe temperatury.

Heilborn (1930) poddawał ścięte gałązki jabłoni wpływowi różnych temperatur w termostacie. Trzymając gałązki w temperaturze + 35° C, otrzymywał nieregularne podziały 2 typów; I-szy typ A wykazał lekkie osłabienie w konjugacji chromosomów; podziały jądra są normalne. Typ B wykazuje poza obniżeniem konjugacji pewne zakłócenia w tworzeniu wrzeciona, tak, że może nie nastąpić powstanie płytki równikowej. W krańcowym przypadku w braku konjugacji znajdował wszystkie chromosomy jako uniwalenty. Autor zaznacza, że ta sama temperatura w różny sposób może wpływać na różne pylniki lub pączki, pomimo, że wszystkie gałązki miały identyczne warunki. Liczba uniwalentów jest wskaźnikiem wrażliwości danego gatunku na wpływ temperatury. Z pracy Heilborna wynika, że poszczególne odmiany są w różnym stopniu wrażliwe na podnoszenie się temperatury; różne odmiany mają różne optima. U „weisser Astrachan“ np. temp. + 20° już szkodliwie wpływa na konjugację.

Zakłócenia w podziałach allotypowych, które zostały przeze mnie skonstatowane u buraków, przypominają odchylenia zaobserwowane przez badaczy dla roślin, które ulegały wpływom warunków zewnętrznych, bądź to sztucznym czy naturalnym. Badania powyższe wykazują, że każda roślina posiada swoje optimum temperatury, w której konjugacja prawidłowo się odbywa. Obniżenie lub podniesienie temperatury poza granicę danego optimum indukuje różnego rodzaju odchylenia. Szczególnie zwracają uwagę na siebie badania Stow'a nad ziemniakami, który stwierdza, że ziemniak ma bardzo wąską granicę optymalną temperatury. Przytem według Heilborna, nawet pewne odmiany tego samego gatunku mogą posiadać różne granice optymalne, jak to stwierdził dla jabłoni.

Być może, że zakłócenia, które znalazłam w badanym materiale wywołane były wpływami temperatury w lecie 1929 roku. Mogły się one wyrażać w jakimś raptownym oziębieniu się w nocy, lub odwrotnie, nagłym podniesieniu się temperatury. Wprawdzie braku konjugacji ani razu nie skonstatowałam, jednak obserwowałam zaburzenia w ukształtowaniu się wrzecion, rozwleczenie chromosomów

wzdłuż wrzeciona, powstawanie dyad zamiast tetrad, oraz komórek macierzystych pyłku, tworzących zamiast normalnych tetrad po pięć jąder, słowem, szereg zakłóceń, przypominających w zupełności odchylenia spotykane u roślin poddanych wpływowi różnych temperatur.

Fakt, że badacze, którzy studjowali przebieg podziałów allotypowych u *Beta vulgaris* nie znaleźli podobnych odchyleń, przemawia za tem, że albo zbyt mała ilość osobników została przez nich zbada-
dana, albo warunki zewnętrzne w okresie zbierania materiału ich były bardziej jednolite, lub też wreszcie, że musieli mieć do czynienia z inną rasą, może bardziej odporną na wpływ warunków zewnętrznych. Należy zaznaczyć, że buraki, które otrzymałam z Sandomiersko-Wielkopolskiej Hodowli Nasion dla swoich badań, należą do ras w wysokim stopniu szlachetnych, co może być w związku z osłabioną odpornością na warunki zewnętrzne w niektórych liniach.

Streszczenie.

Na zasadzie badań cytologicznych nad burakiem cukrowym (*Beta vulgaris*) została potwierdzona liczba chromosomów = 9 parom.

Kompleks chromosomalny wykazuje zróżnicowanie na następujące typy:

1. Chromosomy dwuramienne o ramionach mniej więcej równej długości.

a — para większych chromosomów

a_1 — para mniejszych „

2. Chromosomy dwuramienne o jednym ramieniu znacznie krótszym od drugiego:

b — para większych chromosomów

b_1 — para mniejszych „

3. Chromosomy dwuramienne prawdopodobnie trójczłonowe o kształcie zmiennym, przypominającym niekiedy znak zapytania, literę S, lub trójkę. Miejsce przyczepu prawdopodobnie znajduje się w środkowej części w punkcie zagięcia.

4. Chromosomy w kształcie litery C lub słabiej wygięte, niekiedy pałeczkowate, o niewyraźnym punkcie przyczepu.

U niektórych spośród badanych roślin karjokineza generatywna miała przebieg nietypowy i wykazywała następujące zakłócenia pomimo normalnej konjugacji:

I. W metafazie heterotypowej:

a) nieprawidłowe układanie się par chromosomów we wrzecionie;

b) wyrzucanie chromosomów poza obręb wrzeciona i wytwarzanie jąder dodatkowych;

c) nieprawidłowe kształty wrzecion, wykazujące łukowate wygięcie lub załamanie, lub występowanie wrzecion jednobiegunowych, których wykształcenie może prowadzić do zahamowania pierwszego podziału.

II. W metafazie homeotypowej występowanie jednej tylko płytki diploidalnej w jednym dużym wrzecionie naskutek łączenia się obu układających się równolegle wrzecion. Takie powstawanie diploidalnych płytek może mieć konsekwencje takie same, jak zahamowanie I-go podziału, a mianowicie powstawanie diploidalnych komórek rozrodczych.

Skonstatowane zakłócenia w podziałach allotypowych zostały przypuszczalnie wywołane warunkami zewnętrznymi (wahaniem temperatury).

Praca niniejsza została wykonana w Pracowni Botanicznej Wolnej Wszechnicy Polskiej w Warszawie.

Kierownicze Pracowni p. Prof. Skalińskiej wyrażam w tym miejscu głęboką wdzięczność za cenne rady i wskazówki, oraz za prawdziwe zainteresowanie i pomoc okazywaną mi w czasie prowadzenia badań.

Jednocześnie składam podziękowanie Ministerstwu Rolnictwa za udzielenie mi stypendjum, które umożliwiło mi przeprowadzenie niniejszych studiów.

Summary.

This paper describes the cytological researches of the sugar beet *Beta vulgaris* var. *saccharifera*.

The somatic chromosome number of *Beta vulgaris* is $2n = 18$. Only three times the number of 19 chromosomes was found, but this phenomenon is rather due to fragmentation (Fig. 6 a b).

In the somatic set of *Beta vulgaris* var. *saccharifera* the following chromosome types can be distinguished:

I. Biarmed chromosomes with approximately equal arms.

a — one pair of larger chromosomes

*a*₁ — one pair of smaller chromosomes.

II. Biarmed chromosomes with a considerable difference between the lengths of both arms.

b — one pair of larger chromosomes

*b*₁ — one pair of smaller chromosomes.

III. Biarmed chromosomes in the form of a question mark (?), letter S or figure of three, probably with a subterminal secondary constriction varying considerably in shape, the attachment constriction being probably median.

IV. Chromosomes of the shape of the letter C, more or less bent, sometimes nearly straight (rod shaped) the attachment constriction being difficult to be discerned.

Nevertheless the shape of the chromosomes of each type is variable and therefore only in very favourable plates it is possible to identify the chromosomes with regard to their types (Fig. 5).

On the basis of observations of the meta — anaphase (Fig. 7), it has been established that sometimes the sister chromosomes show immediately after the division distinct differences in their shape as well as in their size. For example, in one of the two chromosomes mentioned above the constriction is marked very distinctly, in the other, on the contrary is rather difficult to be discerned.

Consequently the identification of homologous chromosomes is very difficult in most cases. Thus, a simple scheme of the chromosomal set of *Beta vulgaris* is rather difficult to be represented on account of the large variability (fluctuation) of the chromosome shape. However, no constant cytological differences have been found between the numerous lines of *Beta vulgaris* investigated by me.

In the meiotic divisions I observed contrarily to the researches made hitherto on the sugar beet (Kuzmina, van Heel) several remarkable abnormalities. In the stage of diakinesis in many pollen mother cells small „chromosomal elements“ resembling satellites were found. They are directly attached to the chromosome, or sometimes connected by a fine thread (Fig. 7a—f). These bodies appear, probably, to be the products of fragmentation. This phenomenon exhibits striking similarity to the fragmentation which occurs in the pollen mother cells of the polymorphic race of *Petunia violacea* (Skalińska and Cuchtman, 1927) and resembles also perhaps the fragmentation in meiosis of tomato observed by Huskins and Crane (1930).

In later stages such bodies remain sometimes in the cytoplasm: this allows one to assume, that this process of fragmentation represents the first abnormality in the meiotic divisions.

Among the ten plants investigated, only in two the progress of the allotypic divisions was almost quite normal, the remaining eight, on the contrary, showed sometimes far reaching disturbances.

The following disturbances were observed: the arrangement of one chromosome pair in the heterotypic metaphase across the axis of the spindle (Fig. 12 *b*), as well as the presence of chromosomes, which were not arranged in the equatorial plate of the cell, were being spread along the spindle (Fig. 12 *d*).

In the anaphase and telophase one or two chromosomes or their fragments were sometimes left between the two chromosome groups or they were scattered irregularly in the cytoplasm without passing to the poles (Fig. 13 *a-c*). Sometimes they produced microcytes besides the four microspores in the tetrad.

The shape of the metaphase spindle showed various irregularities, namely: a more or less bowed shape (Fig. 12 *e*) and sometimes a characteristic break under a slightly obtuse angle (Fig. 12 *f*). In rare cases there appeared unipolar spindles (Fig. 12 *g, h*), resembling figures found in meiosis of the haploid mutant of *Oenothera franciscana* (Davis and Kulkarni 1930).

The formation of such unipolar spindles leads, probably, to the development of dyads instead of tetrads; in the heterotypic metaphase, in such cases, the separation of the chromosomes is impossible. They remain all together at one pole and only one nucleus is formed, which corresponds to that in the period of interkinesis of normal meiosis.

During the homeotypic metaphase, in some cases, a fusion of two spindles was observed, which, contrarily to their typical arrangement lay sometimes parallel (Fig. 15 *b*) in this way, a common diploid plate is formed and consequently two giant cells with diploid numbers of chromosomes are developed instead of tetrads (Fig. 15 *g*).

On the basis of the above researches, it may be concluded that there are two ways of formation of diploid gametes in *Beta vulgaris*:

1) by the suppression of the first division, in consequence of the development of an unipolar spindle instead of a normal bipolar in the heterotypic metaphase.

2) by the fusion of the two spindles in the homeotypic metaphase.

The abnormal allotypic divisions of the pollen mother cells established by me in *Beta vulgaris*, resembles the disturbances caused by sudden changes of the environmental conditions (temperature), previously observed by some investigators. It was, namely, established that every plant has its temperature optimum in which the conjugation of chromosomes takes place and the division progresses normally. The increasing or decreasing of temperature exceeding the limits of a given optimum may induce various abnormalities.

The probable causes of the disturbances in the allotypic divisions observed by me in *Beta vulgaris*, are considerable changes of temperature during the fixation of the materials.

This research was carried on in the Botanical Laboratory of the Polish Free University in Warsaw. I desire to express my heartiest thanks to my Chief Professor Dr. M. Skalińska for her inciting guidance, her continuous interest and assistance throughout the work.

I am also indebted to the Ministry of Agriculture for the grant, which enabled me to carry out my studies.

Objaśnienie rycin.

Ryc. 5 (*a—e*). Somatyczne płytki wykazujące po 9 par chromosomów, oraz zmienność chromosomów w poszczególnych kompleksach.

Ryc. 6 (*a—b*). *a* — somatyczna płytka z dodatkowym fragmentem (X); *b* — 1 chromosom przypuszczalnie uległ fragmentacji (X).

Ryc. 7. Meta-anafaza. 7 par chromosomów podzielonych każdy na dwa siostrzane, 1 para w okresie dzielenia się, 1 zaś chromosom jeszcze nie podzielony.

Ryc. 8. Chromosomy z 5-ciu płytek somatycznych. Chromosomy homologiczne w szeregach pionowych.

Ryc. 9. Komórki macierzyste pyłku — bardzo wczesna diakineza.

Ryc. 10 (*a—b*). Diakineza. *a* — 3 chromosomy połączone w łańcuch; *b* — niedomknięty pierścień z 3-ch chromosomów.

Ryc. 11 (*a—f*). Diakineza. Widoczne „elementy chromosomalne” przytwierdzone zapomocą nitki, lub bezpośrednio połączone z chromosomami.

Ryc. 12 (*a—h*). Metafaza. *a* — płytka złożona z 9-ciu chromosomów; *b* — wrzeczono w wyglądzie profilowym: jedna para ułożona wpoprzek wrzeciona; *c* — wrzeczono w wyglądzie profilowym: jedna para wyrzucona poza obręb wrzeciona; *d* — nieprawidłowe ułożenie chromosomów, w cytoplazmie 4 fragmenty; *e* — wrzeczono łukowato wygięte; *f* — wrzeczono załamane; *g, h* — dwa wrzeciona jednobiegunowe.

Ryc. 13 (*a—c*). Telofaza. *a* — fragmenty chromosomów pozostałe w cytoplazmie; *b* — chromosomy (prawdopodobnie uniwalenty) pozostałe w cytoplazmie — na biegunach masy chromatynowe zdegenerowane; *c* — na jednym biegunie komórki 9 chromosomów i w pobliżu jeszcze jeden, na drugim biegunie degeneracja. Jeden biwalent i jeden uniwalent w cytoplazmie.

Ryc. 14 (*a—c*). Interkineza *a* — normalna; *b* — w jednym jądrze tylko 8 chromosomów, 1 zaś w cytoplazmie; *c* — widoczne elementy chromosomalne z diakinezy.

Ryc. 15 (*a—g*). Metafaza II-go podziału. *a* — typowy wygląd; *b* — osie wrzecion skierowane względem siebie równolegle; *c* — oba wrzeciona silnie zbliżone; *d* — 2 komórki z jednej komory pyłkowej: komórka na lewo ma wygląd typowy, w komórce na prawo możliwe zlanie obu płytek w jedną z 18-ma chromosomami; *e* — komórki z dwoma wrzecionami połączonymi na 1-ym biegunie; *f, g* — dwa wrzeciona połączone w jedno; *f* — wygląd profilowy; *g* — płytka diploidalna, wyraźnie daje się skonstatować liczba chromosomów; *h* — telofaza z wrzecionami ułożonymi prawie równolegle do siebie.

Ryc. 16 (a-b). Telofaza homeotypowa: a — po dwa przylegające do siebie jądra umieszczone na 2-ch biegunach. W plazmie 2 oddzielne chromosomy i 2 tworzące dodatkowe jądro; b — dyada zamiast tetrady.

Ryc. 17. Pięć jąder (o różnej liczbie chromosomów) zamiast czterech.

Explanation of textfigures.

Fig. 5 (a-e). Five somatic plates of the root tip cells with 9 pairs of chromosomes.

Fig. 6 (a-h). a — a somatic plate with an additional fragment (X); b — in one chromosome probably fragmentation has taken place (X).

Fig. 7. Meta-anaphase of the somatic division.

Fig. 8. Chromosomes of 5 somatic plates disposed in horizontal rows. The homologous chromosomes in vertical rows.

Fig. 9. Pollen mother cells. Early diakinesis.

Fig. 10 (a-b). Diakinesis. a — chain of three chromosomes; b — open ring of three chromosomes.

Fig. 11 (a-f). Diakinesis. „Chromosomal elements“ connected by a fine thread, or directly attached to the chromosomes.

Fig. 2 (a-h). Heterotypic metaphase: a — polar view; b-h side view: b — one pair of chromosomes lies across the axis; c — spindle in side view, one pair scattered in cytoplasm; d — abnormal arrangement of chromosomes, four fragments in cytoplasm; e) — a bowed spindle; f — a broken spindle; g, h — two unipolar spindles.

Fig. 13 (a-c). Heterotypic telophase: a — fragments of chromosomes remaining in the cytoplasm; b — chromosomes (probably univalents) remaining in cytoplasm on both poles; c — 9 chromosomes and one approaching the upper pole; at the lower pole degeneration. One bivalent and one univalent in cytoplasm.

Fig. 14 (a-c). Interkinesis: a — normal view; b — only 8 chromosomes in one nucleus, the ninth scattered in the cytoplasm; c — „chromosomal elements“ visible again,

Fig. 15 (a-g). Homeotypic metaphase: a — typical arrangement; b — both spindles lying parallel; c — both spindles approached to each other; d — two cells in one pollensac: the cell on the left has a typical arrangement, and in the cell on the right possible syndiploidy; e — cell showing a fusion of both spindles at one pole; f, g — a complete fusion of both spindles; f — side view; g — polar view; h — homeotypic telophase with parallel spindles.

Fig. 16 (a-b). Homeotypic telophase: a — at each pole two nuclei closely approached each other; b — dyad instead of a tetrad.

Fig. 17. Five nuclei (with a variable number of chromosomes) formed instead of four in the pollen mother cell.

Literatura.

1. Babcock, E. B. and Navashin, M. The Genus *Crepis*. Bibl. Gen. VI. 1930.
2. Bleier, H. Einfluss abnormaler Temperatur auf die Reduktionsteilung. Zeitschr. f. Zellf. u. mikr. Anat. Bd. II. H. I. 1930.
3. Darlington, C. D. Studies in *Frunus* III. Journal of Genetics V. 22. 1930.
4. Davis, B. M., and Kulkarni, C. G. The Cytology and Genetics of a haploid sport from *Oenothera franciscana*. Genetics V. 15. 1930.
5. Delaunay, L. N. Kern und Art (Typische Chromosomenformen). Planta Bd. 7. 1929.

6. Heilborn, O. Zytologische Studien über Pollensterilität von Apfelsorten Sv. Bot. Tidskr., Bd 22 H. 1—2, 1928.

7. — Temperatur und Chromosomenkonjugation. Sv. Bot. Tidskr. Bd. 24, H. 1. 1930.

8. van Heel, D. Onderzoekingen over de ontwikkeling van de anthere, van den zaadknop en van het zaad bij *Beta vulgaris* L. Dissertation 1925. Naarden.

9. Huskins, C. L. and Crane M. B. The Genetics and Cytology of „Rogues“ in Tomato, an Eversporting Character. Fifth Intern. Bot. Congress, Abstracts of Communications 1930.

10. Karpechenko, G. D. Polyploid Hybrids of *Raphanus sativus* $\times$ *Brassica oleracea*. Bull. of Appl. Bot., of Gen. and Plant-Breeding. XVII-th v. 1927.

11. Kuzmina, N. E. On the chromosomes of *Beta vulgaris* L. Bull. of Appl. Bot., of Gen. and Plant Breeding XVII v. 1927.

12. Levitsky, G. A. and Benetzkaja, G. K. On the karyotype of *Solanum tuberosum* Bull. of Appl. Bot., of Gen. and Plant-Breeding. XVII-th, v. 1927.

13. Lesley, J. W. and Lesley, M. M. Chromosome fragmentation and mutation in tomato. Genetics. v. 14. 1929.

14. Meurman, O. Cytological studies in the Genus *Ribes* L. Hereditas XII. 1928.

15. Rybin, V. A. Polyploid hybrids of *Nicotiana Tabacum* $\times$ *Nicotiana rustica* Bull. of Appl. Bot., of Gen. and Plant-Breeding. XVII-th. v. 1927.

16. Sakamura, T. Experimentelle Studien über die Zell- und Kernteilung mit besonderer Rücksicht auf Form, Grösse und Zahl der Chromosomen. Journ. of the Coll. of Science Imp. Univ. Tokyo. v. XXXIX. 1920.

17. Skalińska-Sachs, M. Le polymorphisme dans les lignées pures du *Petunia*. Mem. de l'inst. de Gén. de l'Éc. Sup. d'Agr. Varsovie 1921.

18. Skalińska, M. and Cuchtmann, S. Karyologische Analyse einer polymorphen Rasse von *Petunia violacea* Lindl. Bibl. Univ. Liberae Polonae Fasc. 19. 1927.

19. Stow, J. A cytological study on the pollen sterility in *Solanum tuberosum* L. Imp. Ac. (Japan), Proc., vol. 2. N. 8. 1926.

20. — A cytological study on pollen sterility in *Solanum tuberosum*. Jap. Journ. of Botany, vol. III. N. 3. 1927.

21. Sveshnikova, I. N. Karyological studies on *Vicia*. Bull. of Appl. Bot. of Gen. and Plant Breeding. XVII. v. 1927.

22. Tschermak, E. und Bleier H. Über fruchtbare Aegilops — Weizenbastarde. Ber. d. deut. Bot. Ges. Bd. XLIV, h. 2. 1926.