ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
vol. XLI — nr 2
1972

Badania kariologiczne brzozy ojcowskiej i jej potomstwa

A. SZWABOWICZ

Zakład Zmienności Roślin Instytutu Botaniki PAN w Krakowie
(Przyjęto: 16.VII.1971 r.)

A. Szwabowicz, Laboratory of Plant Variability, Botanical Institute, Polish Academy of Sciences, Lubicz 46, Cracow, Poland (Received: July 16, 1971).

Karyological studies on Betula oycoviensis Besser and its progeny

Abstract:

In the progeny of *Betula oycoviensis* pollinated with the pollen of *Betula oycoviensis* three groups were distinguished: *oycoviensis* type, *verrucosa* type, and „*nova*" type (a small dwarf birch). The number of chromosomes determined in the parental specimens and in several descendent plants belonging to the three types was in all cases 2n=28. Besides the number 28 there occurred simultaneously other numbers of chromosomes in the cells of very young leaves of two specimens. This fact should be considered as a phenomenon of mixoploidy.

WSTĘP

Gatunek *Betula oycoviensis*, opisany po raz pierwszy przez W. Bessera (1809), stał się przedmiotem szczegółowych badań Prof. dr J. Jentys-Szaferowej, która poświęciła mu szereg publikacji (1921, 1928, 1951, 1953). Obok obserwacji prowadzonych na materiałach ze stanowisk naturalnych, przystąpiła ona w roku 1954 wraz z kilkoma pracownikami Zakładu Zmienności Roślin Instytutu Botaniki PAN w Krakowie do szeroko zakrojonych prac hodowlano-doświadczalnych. Pierwszy etap polegał na wysianiu orzeszków pochodzących ze swobodnego zapylenia, zebranych z wszystkich okazów brzozy ojcowskiej z Hamerni oraz z dwóch z okolic Karniowic. Uzyskane tą drogą siewki można było podzielić na dwie wyraźne grupy: *Betula oycoviensis* (52%) i *Betula verrucosa* (48%). Siewki te wysadzone z doniczek na plantację doświadczalną w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego otrzymały nazwę pokolenia A i w obecnej chwili są dużymi drzewami (Jentys-Szaferowa 1967, Korczyk 1967 a; Więckowska 1967). Dwa okazy *Betula oycoviensis* z tego pokolenia, zapylone pyłkiem brzozy ojcowskiej przywiezionej

w roku 1920 do krakowskiego Ogrodu Botanicznego z Hamerni (locus classicus) dały początek dwu nowym pokoleniom. Brzoza ojcowska nr 39 stała się matką pokolenia B, zaś nr 8 — pokolenia C. Nieoczekiwanie potomstwo obu tych pokoleń, a więc brzozy ojcowskiej zapylonej pyłkiem brzozy ojcowskiej, podzieliło się na trzy grupy: typ *oycoviensis*, typ *verrucosa* oraz, dotychczas nieznany, typ „*nova*". Brzozy typu ojcowskiego stanowiły w obydwu pokoleniach mniej więcej połowę wszystkich okazów (tab. 1), wykazując równocześnie cechy pośrednie między typem *verrucosa* i „*nova*" (Jentys-Szaferowa 1967; Więckowska 1967). Po kilku latach okazało się, że ten ostatni typ w przeciwieństwie do brzóz brodawkowatych i ojcowskich, jest formą karłowatą. Mały ten krzew otrzymany najpierw w hodowli doświadczalnej, dopiero później został znaleziony w przyrodzie. A. Korczak (1967b) opisał stanowisko w Dolinie Kobylańskiej, gdzie jedyny, stary okaz brzozy ojcowskiej, najprawdopodobniej drogą samozapylenia, dał początek populacji młodych brzózek: *Betula oycoviensis, B. verrucosa* i *B. „nova"*. W roku 1970 stara brzoza została niestety ścięta przez okoliczną ludność. Drugie stanowisko, gdzie obok siebie rosną wszystkie trzy gatunki, odkrył J. Nowak na Górze Szkiełek w Beskidzie Wyspowym.

Tabela 1 — Table 1

Segregacja potomstwa brzozy ojcowskiej w hodowli doświadczalnej
Według danych J. Jentys-Szaferowej 1967 (tabela 1, 3)
Segregation of the progeny of *Betula oycoviensis* Besser in experimental breeding
Data according to J. Jentys-Szaferowa 1967 (tab. 1, 3)

Pochodzenie nasion Origin of seeds	Pokolenie Generation	Liczba roślin Number of plants	Typ — Type		
			verrucosa	*oycovien-*	„*nova*"
Betula oycoviensis (Hamernia, Karniowice) swobodne zapylenie open pollination	A	149	71	78	—
B. oycoviensis Nr 39/A × *B. oycov.* Ogród Bot. Bot. Garden	B	84	23	48	13
B. oycoviensis Nr 8/A ×*B. oycov.* Ogród Bot. Bot. Garden	C	55	15	30	10

Celem pracy autorki było przebadanie kariologii brzozy ojcowskiej i jej potomstwa, to jest trzech typów brzóz powstałych ze skrzyżowania *B. oycoviensis* × *B.oycoviensis* oraz stwierdzenie, czy istnieją różnice w składzie chromosomów poszczególnych typów, dające się zaobserwować przy pomocy mikroskopu świetlnego.

MATERIAŁ I METODY

Spośród licznych krzyżówek brzozy ojcowskiej przeprowadzonych w hodowli doświadczalnej zajęto się dwoma pokoleniami: B i C. Ustalono liczby chromosomów form rodzicielskich tych pokoleń, to jest dwóch okazów *Betula oycoviensis* z pokolenia A: nr 39, będącego matką pokolenia B i nr 8, matki pokolenia C, oraz brzozy ojcowskiej przywiezionej do Ogrodu Botanicznego z Hamerni w roku 1920, która w obu przypadkach dostarczyła pyłku. Z pokoleń B i C przebadano po kilka okazów typu *oycoviensis, verrucosa i „nova"*.

Dodatkowo uwzględniono też okaz typu *verrucosa* nr 2, z pokolenia A, gdyż zwracał on uwagę wyjątkowo bujnym wzrostem oraz stosunkowo dużymi ziarnami pyłku (Korczyk, 1967a; Beiersdorf 1972).

Oprócz brzóz z hodowli doświadczalnej badaniami kariologicznymi objęto również kilka okazów ze stanowiska naturalnego w Dolinie Kobylańskiej, a to starą brzozę ojcowską oraz trzy młode brzózki, *Betula oycoviensis, B.verrucosa i B.„nova"*, będące najprawdopodobniej jej potomstwem.

Materiał do badań stanowiły najczęściej pączki liściowe utrwalone bezpośrednio w terenie lub z gałązek pędzonych w wodzie. Do liczenia chromosomów wykorzystywano także podziały mitotyczne w ścianach pylników lub w zalążniach młodych kotek utrwalonych dla przeanalizowania mikro- i magrosporogenezy.

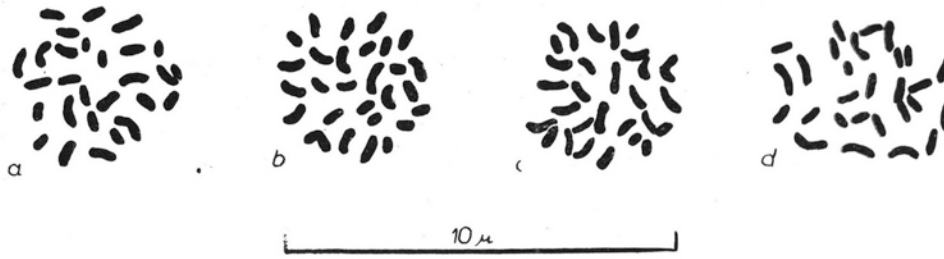
Zbierając materiał stosowano najczęściej zmodyfikowany utrwalacz Carnoya, będący mieszaniną 6 cm^3 alkoholu absolutnego, 3 cm^3 chloroformu i 1 cm^3 kwasu octowego lodowatego (Filutowicz i Kuždowicz 1951). Kilkakrotnie użyto również alkoholu octowego w stosunku 3 : 1. W większości przypadków przed utrwaleniem materiału działano nań roztworem 8-hydroksychinoliny. Według J. H. Tjio i A. Levana (1950), związek ten wywołuje równomierne przykurczenie chromosomów oraz rozsunięcie się ich i ułożenie w jednej płaszczyźnie. Gdy chodzi o brzozy autorka nie stwierdziła wyraźnych różnic w wielkości i zachowaniu się chromosomów traktowanych i nie traktowanych oksychinoliną. Wyraźne płytki metafazowe uzyskała również z materiałów, na które nie działała roztworem 8-hydroksychinoliny.

Przy preparowaniu materiału wykonywano najczęściej trwałe rozgnioty metodą celofanową A. Murina (1960), rozmiękczając uprzednio materiał przez 10 do 20 minut mieszaniną 96% alkoholu etylowego i stężonego kwasu solnego, w stosunku 1 : 2 lub 2 :3. Kotki żeńskie, a częściowo również pylniki zatapiano w parafinie, krojąc następnie skrawki grubości ok. 10 μ. Wszystkie preparaty, zarówno skrawki mikrotomowe jak i rozgnioty, barwiono metodą Newtona fioletem gencjanowym.

Obserwacje prowadzono przy pomocy mikroskopu firmy Reichert, przy użyciu obiektywu immersyjnego 100 ×, w połączeniu z okularami firmy Zeiss 20 ×, 25 × i 32 ×.

WYNIKI BADAŃ

Chromosomy wszystkich trzech badanych typów brzóz są bardzo małe. Według obliczeń autorki średnia ich długość wynosi około 0,7 μ. Najprawdopodobniej różnią się one między sobą rozmiarami i istnieją co najmniej trzy lub cztery klasy wielkości od 0,4 do 1 μ. W czasie późnej profazy największe z nich osiągają długość nieco powyżej 1μ (tablica I, m). Niekiedy odbiera się wrażenie, że chromosomy różnią się między sobą nie tylko długością, ale i grubością. Pewne nieznaczne różnice w długości i grubości mogą wynikać jednak z ułożenia poszczególnych chromosomów w obrębie płytki metafazowej. Ponadto na niektórych płytkach różnice w wielkości chromosomów zaznaczają się wyraźnie (ryc. 1,a), na innych natomiast są trudne do zauważenia. Wielkość wszystkich chromosomów kompleksu zależna jest również od stadium podziału, być może także od rodzaju tkanki liścia, z której pochodzi dzieląca się komórka, od sposobu



Ryc. 1. Płytki metafazowe 2n = 28 w liściach brzóz z hodowli doświadczalnej
Fig. 1. Metaphase plates 2n = 28 in leaves of birches from experimental breeding
a, b — *Betula oycoviensis* specimen Nr 76/B, *c* — *B. verrucosa* Nr 10/C, *d* — *B. "nova"* Nr 8/C

utrwalania materiału, wreszcie od intensywności wybarwienia. Uzyskane przez autorkę dane dla płytek metafazowych zostały obliczone na podstawie średnich wartości materiału traktowanego i nietraktowanego 8-hydroksychinoliną. Bardzo drobne rozmiary chromosomów nie pozwoliły na dokładne przeanalizowanie morfologii chromosomów i na sprządzenie idiogramów dla kompleksów chromosomowych badanych typów brzóz. W konsekwencji tego nie można było stwierdzić, czy trzy uwzględnione w niniejszej pracy typy brzóz różnią się między sobą morfologią chromosomów. Ustalenie takich różnic miałoby zasadnicze znaczenie dla wyświetlenia wzjamnego stosunku tych typów do siebie.

Liczbę chromosomów ustalono głównie na płytkach metafazowych korzystając jednak również ze stadium profazy i anafazy.

Wyniki zostały zestawione w tabeli 2. Oparto je na 337 podziałach mitotycznych. Obejmują one dane dla 27 okazów. Z powodu bardzo małych rozmiarów chromosomów, a także na skutek ich skupienia, poszczególne płytki nastręczały pewne wątpliwości i zostały policzone z dokładnością do 1 lub 2 chromosomów.

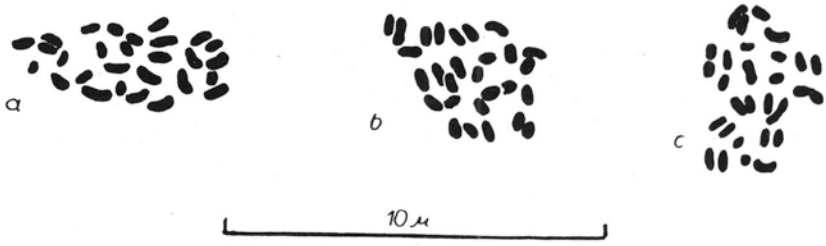
Tabela 2 — Table 2

Liczba chromosomów brzozy ojcowskiej i jej potomstwa
Number of chromosoms in *Betula oycoviensis* Besser and its progeny

Pochodzenie Origin	Pokolenie Generation	Typ Type	Symbol okazu Sign of specimen	2n
Hamernia	—	*oycoviensis*	*B. oyc.* Ogród Bot. Bot. Garden	28
Betula oycoviensis swobodne zapylenie open pollination Hamernia	A	*oycoviensis*	39	28
Hamernia		*oycoviensis*	8	28
Karniowice		*verrucosa*	2	28, (47), 56, (82)+
B. oyc. Nr 39/A ×*B. oyc.* Ogród Bot. Bot. Garden	B	*oycoviensis*	11	28
		oycoviensis	19	28
		oycoviensis	47	28
		oycoviensis	62	28, ca 35—56+
		oycoviensis	66	28
		oycoviensis	76	28
		verrucosa	5	28
		verrucosa	43	28
		„*nova*"	30	28
		„*nova*"	46	28
		"*nova*"	55	28
B. oyc. Nr 8/A ×*B. oyc.* Ogród Bot. Bot. Garden	C	*oycoviensis*	12	28
		verrucosa	10	28
		verrucosa	18	28
		"*nova*"	1	28
		"*nova*"	2	28
		"*nova*"	3	28
		"*nova*"	8	28
		"*nova*"	9	28
Dolina Kobylańska Kobylańska Valley		*oycoviensis*	stara brzoza old birch	28
		oycoviensis	młoda brzoza young birch	28
		verrucosa	młoda brzoza young birch	28
		"*nova*"	młoda brzoza young birch	28

+Liczby te występowały równocześnie w tych samych listkach. Liczby w nawiasach zaobserwowano tylko jeden raz.
+These numbers occurred simultaneously in the same leaves. Numbers in brackets were only once observed.

Wszystkie przebadane osobniki brzóz typu *oycoviensis*, *verrucosa* i „*nova*", zarówno z hodowli doświadczalnej, jak i z przyrody, miały liczbę chromosomów 2n = 28 (ryc. 1: *a*, *b*, *c*, *d*; ryc. 2. *a*, *b*, *c*; ryc. 3: *a*; ryc. 4. *a*; tablica I: *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *i*). U brzóz typu „*nova*" na 91 policzonych płytek



Ryc. 2. Płytki metafazowe 2n = 28 w liściach brzóz ze stanowiska naturalnego w Dolinie Kobylańskiej

Fig. 2. Metaphase plates 2n = 28 in leaves of birches from their natural locality in Kobylańska Valley

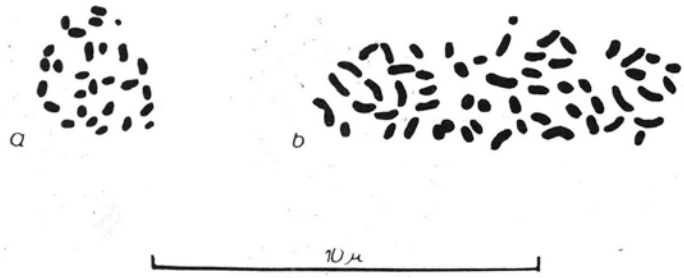
a — Betula oycoviensis, b — B. verrucosa, c — B. "nova"

w dziesięciu przypadkach można było dopatrzeć się 29 lub 30 chromosomów, w jednym zaś tylko 27. Znacznie rzadziej zdarzało się to u okazów typu *oycoviensis*, niekiedy u typu *verrucosa*. Te nieznacze odchylenia należałoby przypisać najprawdopodobniej błędom w obserwacji, nie zaś faktycznym różnicom w ilości chromosomów. Jedynie okazy: nr 2 typu *verrucosa* z pokolenia A oraz nr 62 typu *oycoviensis* z pokolenia B, posiadały w komórkach tych samych liści różne liczby chromosomów. U brzozy brodawkowatej nr 2 najczęściej spotykaną liczbą chromosomów, obok liczby 28, była liczba 56. Znaleziono jednak również płytkę metafazową o ok. 44—47 oraz o ok. 82 chromosomach. Natomiast u brzozy typu ojcowskiego nr 62, oprócz komórek 28 chromosomowych, występowały również komórki mające z przybliżeniu 35, 36—38, 40, 42, 45—48, 52, wreszcie ok. 56 chromosomów, z możliwością błędu ± do 3 chromosomów. U okazu tego napotkano ponadto jądro profazowe o 31—33 większych i 6 bardzo drobnych chromosomach czy fragmentach chromosomów.

Pomnożenie liczby chromosomów w pojedynczych komórkach zauważono również u innych okazów: pojedyncze płytki metafazowe o liczbie chromosomów niedającej się dokładnie ustalić, przekraczającej jednak znacznie normalną liczbę 28, stwierdzono u okazów typu *oycoviensis* nr 47 i nr 76 z pokolenia B. U brzóz typu *verrucosa* nr 43 z pokolenia B i nr 10 z pokolenia C, a także u młodej brzozy ojcowskiej z Doliny Kobylańskiej znaleziono po jednym jądrze w stadium profazy o również zwiększonej liczbie chromosomów. U brzozy brodawkowatej nr 10 z pokolenia C było około 36 chromosomów, u okazu nr 43 z pokolenia B oraz u brzozy ojcowskiej ze stanowiska naturalnego najprawdopodobniej ponad 36.

W przeciwieństwie do tych ostatnio wymienionych, sporadycznych odchyleń od normy, fakt występowania na szerszą skalę w komórkach liści tych samych roślin równocześnie kilku liczb chromosomów wymaga szerszego omówienia.

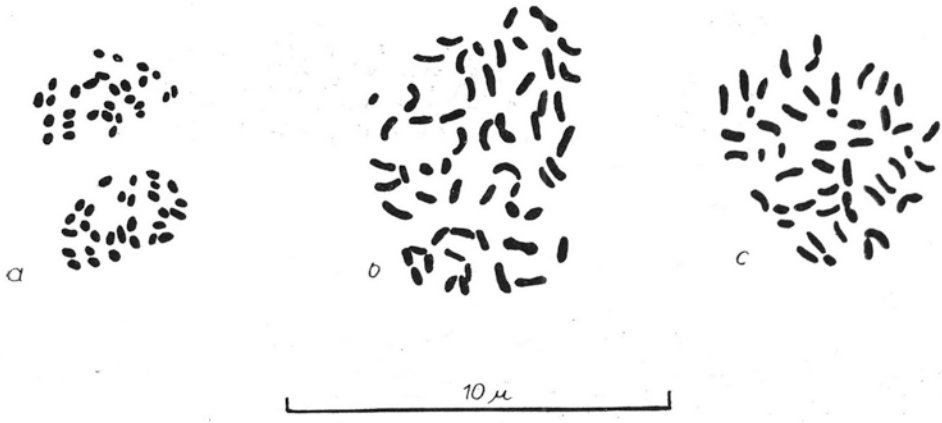
Betula verrucosa nr 2 z pokolenia A, u której stwierdzono to zjawisko, jest potomkiem brzozy ojcowskiej z Karniowic, która zawiązała orzeszki



Ryc. 3. Dwa podziały mitotyczne z tego samego liścia okazu *Betula verrucosa* Nr 2/A: *a* — 2n = 28, *b* — 2n = ok. 56.
Fig. 3. Two mitotic divisions from the same laef of *Betula verrucosa* specimen Nr 2/A: *a* — 2n = 28, *b* — 2n = ca. 56

na skutek swobodnego zapylenia. Pyłku mogła dostarczyć albo *Betula oycoviensis* albo *B.verrucosa*. Okaz ten posiada wszystkie morfologiczne i biologiczne cechy brzozy brodawkowatej. Suma ocen zestawionych przez A. Korczyka (1967, Tab. 2, 3) klasyfikuje go do typu *verrucosa* ponad wszelką wątpliwość. Według notatek A. Korczyka okazuje się ponadto, że w porównaniu z innymi drzewami swego pokolenia okaz ten w r. 1965 posiadał największą średnicę i do chwili pisania obecnej rozprawy zachował pierwsze miejsce jeśli chodzi o grubość pnia. Również pyłek jego mierzony w r. 1965 przez K. Beiersdorfa (1972) był znacznie większy od pyłku innych okazów tego pokolenia, przy tylko 5% ziarn niewykształconych. Pączki liściowe tej brzozy utrwalono w połowie kwietnia 1970 r. Na rozgniotach liści znaleziono liczne płytki metafazowe o zwiększonej liczbie chromosomów. W dziewięciu przeliczonych płytkach stwierdzono ok. 56 chromosomów, w jednej było ich od 44—47. Znaleziono również płytkę o ok. 82 chromosomach. W płytkach o 56 chromosomach były one ułożone równomiernie i mniej więcej w jednej płaszczyźnie. W tych samych listkach występowały również komórki o 28 chromosomach. W tych ostatnich chromosomy były zazwyczaj skupione i trudne do dokładnego policzenia, niemniej ustalenia tej liczby dokonano na ośmiu podziałach. Liczba przeliczonych podziałów nie przesądza o tym, w jakim stosunku liczbowym występowały w badanym materiale komórki diploidalne i o liczbie większej od diploidalnej. W jądrach profazowych o zwiększonej liczbie chromosomów obserwowano jedno, niekiedy dwa, a nawet trzy jąderka (Tablica I. k, l).

Brzoza ojcowska nr 62 z pokolenia B, w której liściach stwierdzono kilka liczb chromosomów, powstała w wyniku krzyżówki kontrolowanej *Betula oycoviensis* × *B.oycoviensis*. Posiada ona przewagę cech typu *oycoviensis*, do brzozy brodawkowatej upodabnia ją jednak pokrój zdecydowanie drzewiasty, znaczna wysokość i grubość pnia oraz dość duże liście (J. Jentys-Szaferowa 1967, ryc. 8, 12). Pyłek tego okazu przebadany przez autorkę niniejszej pracy (A. Szwabowicz 1971) wyka-



Ryc. 4. Podziały mitotyczne w liściach okazu *Betula oycoviensis* Nr 62/B: *a* — ana--telofaza 2n = 28, *b* — metafaza 2n = ok. 56, *c* — metafaza 2n = ok. 47

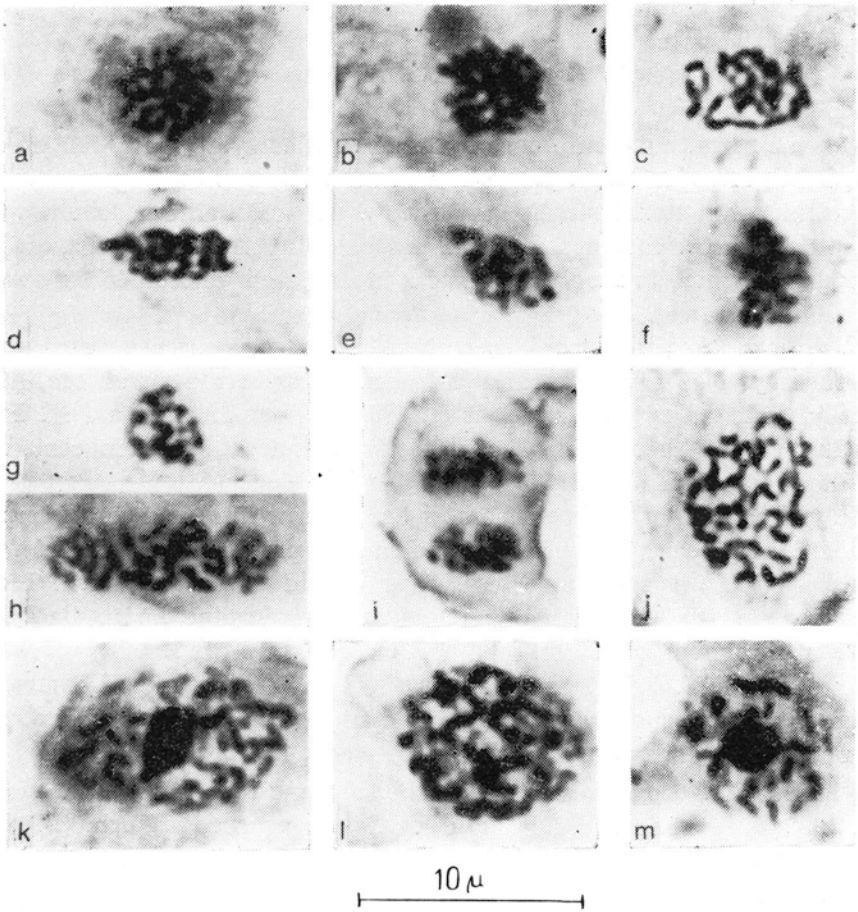
Fig. 4. Mitotic divisions in leaves of *Betula oycoviensis* specimen Nr. 62/B: *a* — ana-telophase 2n = 28, *b* — metaphase 2n = ca. 56, *c* — metaphase 2n = ca. 47

zywał znaczne nienormalności. Około 50% wszystkich ziarn nie zawierało treści komórkowej przyczym wśród martwego pyłku znaleziono pewną ilość mikrocytów. Pyłek wypełniony treścią posiadał w dwóch trzecich ziarna duże, średnio znacznie większe niż u innych brzóz tego pokolenia, przy równoczesnej dużej ich zmienności. Dodatkowym odchyleniem od normy było także występowanie licznych ziaren mających zwiększoną liczbę por (od 4 do 8). Pojawianie się mikrocytów świadczyłoby o zakłóceniach w przebiegu mejozy, występowanie zaś ziarn nadmiernie dużych pozwalałoby ponadto przypuszczać, że część pyłku otrzymała zwiększoną liczbę chromosomów, wyższą od haploidalnej.

Badania tego okazu przeprowadzono na materiale zbieranym wczesną wiosną przez trzy lata (1967, 1969 i 1970). Początkowo zorientowano się tylko, że w listkach tej brzozy znajdują się równocześnie komórki o 28 chromosomach oraz o liczbach chromosomów znacznie wyższych od diploidalnej. Lepsze opracowanie techniczne materiału pozwoliło na ustalenie tych liczb (jak już podano wyżej) na ok. 35, 36—38, 40, 42, 45—48 oraz 56. Równocześnie stwierdzono, że w listkach utrwalonych w różnych latach zjawisko występowania obok siebie kilku liczb chromosomów utrzymywało się. U tego okazu, podobnie jak u poprzedniego, trudno było ustalić, które z komórek są liczniejsze: diploidalne czy o zwiększonej liczbie chromosomów. Również u obu brzóz nie można było stwierdzić na rozgniotach liści czy komórki o jednakowej liczbie chromosomów były związane z określoną tkanką, czy też tworzyły pewne sektory, czy wreszcie były rozrzucone w obrębie całego liścia.

Zaobserwowane u dwóch okazów z hodowli doświadczalnej zjawisko

Tablica I — Plate I



Płytki metafazowe 2n = 28 z młodych liści brzóz: *Betula oycoviensis* (a,d, profaza m), *B. verrucosa* (b,e), *B. „nova"* (c,f); a, b, c, m — okazy z hodowli doświadczalnej d, e, f — Doliny Kobylańskiej. Chromosomy *B. verrucosa* Nr 2/A: g — 2n = 28, h — 2n = ok. 56, k, 1 — profazy z podwyższoną liczbą chromosomów. Chromosomy *B. oycoviensis* Nr 62/B: i — ana-telofaza 2n = 28, j — metafaza 2n = ok. 56.

Metaphase plates 2n = 28 from young leaves of the birches *Betula oycoviensis* (a, d, prophase m), *B. verrucosa* (b, e), *B „nova"* (c. f.); a, b, c, m — specimens from experimental breeding, d, e, f — from Kobylańska Valley. Chromosomes of *B. verrucosa* Nr 2/A: g — 2n = 28, h — 2n = 56, k. 1 — prophases with increased number of chromosomes. Chromosomes of *B. oycoviensis* Nr 62/B: i — ana-telophase 2n = 28; j — metaphase 2n = ca. 56.

równoczesnego pojawiania się w tkankach somatycznych kilku liczb chromosomów należy uznać za miksoploidalność (Rieger, Michaelis 1958).

DYSKUSJA

Jak już zaznaczono chromosomy brzóz są niezwykłe małe, tak, że rozpatrywanie ich morfologii przy użyciu mikroskopu świetlnego jest rzeczą niemożliwą. Autorka dostrzegała różnice w wielkości chromosomów w obrębie kompleksów chromosomowych poszczególnych typów brzóz, częściowo jednak różnice te mogły wynikać z ułożenia chromosomów w obrębie płytki metafazowej.

W literaturze botanicznej traktującej o brzozach, szereg autorów zamieszcza rysunki lub fotografie chromosomów *Betula verrucosa,* przyczym jedynie na rycinie z publikacji W. v. Wettsteina i H. Propacha (1939, Abb. I) zaznaczają się różnice w rozmiarach chromosomów tego gatunku.

Gdy chodzi o liczbę chromosomów brzóz, to w niniejszej pracy została potwierdzona liczba 2n = 28, podawana już przez innych autorów dla gatunku *Betula oycoviensis* Bess. oraz *Betula verrucosa* Ehrh. Liczbę chromosomów dla typu „*nova*" z hodowli doświadczalnej, jak i dla *Betula „nova"* ze stanowiska naturalnego ustalono po raz pierwszy. Tę karłowatą brzózkę opisała J. Jentys-Szaferowa (1967) przy okazji omawiania badań systematyczno-doświadczalnych nad *Betula oycoviensis,* na razie bez podania diagnozy i bez ustalenia ostatecznej nazwy.

Dla *Betula oycoviensis* Bess. liczbę chromosomów 2n = 28 podała w r. 1959 J. Małecka. Dla gatunku *Betula verrucosa* Ehrh. (B. pendula Roth.) liczbę chromosomów 2n = 28 po raz pierwszy oznaczyli w 1925 r. A. Helms i C.A. Jørgensen. W następnych latach potwierdziło ją szereg autorów jak W. v. Wettstein i H. Propach (1939), H. Johnsson (1941, 1944, 1945, 1949), A. Löve (1944, 1954), M. L. de Pouques (1949), I. Eifler (1956, 1958), G. Natho (1959), M. Piotrowicz (1959), Th.W.J. Gadella i E. Kliphuis (1963), A. Vaarama (1968, 1969, 1970) oraz M. Hagman (1971). Wymieniony przez A. Lövego i D. Löve (1961) A. M. M. Berrie (1951—1952) stwierdził tylko, że *Betula alba* L. na terenie Szkocji rozpada się na dwie rasy cytologiczne, diploidalną na wschodzie i tetraploidalną na zachodzie, bez podania liczby chromosomów. R.H. Woodworth (1929, 1931) oznaczył dla brzozy brodawkowatej haploidalną liczbę n = 14, przy czym wyraził przypuszczenie, że badany przez niego okaz z Arnold Arboretum był najprawdopodobniej naturalnym mieszańcem.

Wielu autorów podaje dla poszczególnych okazów *Betula verrucosa* liczby chromosomów różne od 2n = 28. Najczęściej wymieniana jest liczba triploidalna 2n = 42 (A. Helmes i C. A. Jørgensen 1925, W. v.

Wettstein i H. Propach 1939, H. Johnsson 1941, 1944, 1956, A. Löve 1944, M. Hagman 1971) będące wynikiem albo skrzyżowania *B.verrucosa* z *B.pubescens* mającą 2n = 56, albo też autotriploidacji. Notowane były również liczby aneuploidalne dla mieszańców między *B.verrucosa i B.pubescens,* np. 2n = 32 (Hagman 1971) oraz 2n = 35 do ok. 50 (Natho 1959), przy czym poszczególne okazy miały tylko jedną liczbę chromosomów.

U brzóz nr 2 typu *verrucosa* z pokolenia A i nr 62 typu *oycoviensis* z pokolenia B obserwowano na rozgniotach liści równoczesne pojawianie się kilku liczb chromosomów. Tego rodzaju zjawisko miksoploidalności wystąpiło u dwóch omawianych okazów brzóz w postaci zarówno poli-, jak i aneusomatyczności.

Wydaje się, że u brzozy brodawkowatej nr 2 z pokolenia A przeważa polisomatyczność, zgodnie z definicją ustaloną przez O. F. Langleta (1927 a, b) i przyjętą przez słownictwo cytologiczne (Rieger, Michaelis 1958), obserwowana sporadycznie u różnych taksonów roślinnych jak *Thalictrum aquilegiifolium* i *Th.rariflorum* (Langlet 1927 a, b), *Crepis Dioscoridis* (Nawaschin 1926) lub *Ornithogallum umbellatum* L. (Neves 1952, Czapik 1968).

U brzozy ojcowskiej nr 62 z pokolenia B obok polisomatyczności zaznaczyła się także wyraźnie aneusomatyczność, zjawisko opisane przez R. E. Duncana (1945) w związku z badaniami nad *Paphiopedilum Wardii* i stwierdzone wielokrotnie u innych roślin. U pojedynczych okazów *Ornithogallum umbellatum* L. i *O. Gussonei* Ten. zaobserwowała je R. Czapik (1965), na większą skalę u *Nardus stricta* L. zetknął się z nim J. Rychlewski (1967).

Przyczyn miksoploidalności obu omawianych brzóz szukać należy najprawdopodobniej w ich mieszańcowym charakterze. Podobnie B. M. Britton i J. W. Hull (1956, 1957) wśród potomstwa mieszańców *Rubus* znajdowali okazy posiadające kilka lub kilkanaście różnych liczb aneuploidalnych.

Pod względem cytologicznym obie brzozy posiadają częściowo zwiększoną liczbę chromosomów. Znalazło to wyraz w ich stosunkowo silnym wzroście osiowym i przyroście na grubość, przede wszystkim zaś w ich dużym pyłku. O ile jednak okaz nr 2 typu *verrucosa* wydaje się genetycznie bardziej zbalansowany, o tyle brzoza nr 62 typu *oycoviensis* posiada tę równowagę wyraźnie zachwianą co zaznaczyło się w cytologii tych okazów: podczas gdy u brzozy brodawkowatej obok komórek diploidalnych występowały przeważnie komórki tetraploidalne, to u brzozy ojcowskiej stwierdzono ponadto kilka różnych liczb aneuploidalnych. Również pyłek pierwszego z wymienionych okazów był w 95% dobrze wykształcony i bardzo mało zmienny, u drugiego zaś w połowie zdegenerowany, przy dużej zmienności ziarn żywotnych, a więc o cechach częstych u mieszańców (Clausen 1962).

Do pomnożenia liczby chromosomów musiało dojść u tych okazów na etapie powstawania zygoty lub w stadium embrionalnym. W obecnej chwili trudno jest jednak rozstrzygnąć, czy wszystkie występujące aktualnie obok siebie liczby chromosomów istniały już w zarodkach omawianych roślin, czy też pojawianie się komórek o niższej liczbie jest wynikiem tendencji organizmu roślinnego do powrotu do normalnego stopnia ploidalności zgodnie z sugestią wysuniętą w 1947 r. przez M.S. Brown (u Menzel i Brown 1952; Menzel 1952).

D.M. Britton i J.W. Hull (1957) u mitotycznie nie ustalonych okazów *Rubus* obserwowali szereg konfiguracji mitotycznych, mogących wskazywać na proces obniżania się liczby chromosomów. Przede wszystkim było to grupowanie się chromosomów w obrębie jednej komórki w dwu lub więcej płytkach, każdej z własnym wrzecionem.

W materiale cytologicznym obu omawianych brzóz, w ana- i telofazie, o ile można było zauważyć, występowało zawsze tylko jedno wrzeciono. Nie zaobserwowano również ugrupowań chromosomów, które mogłyby stanowić dowód na to, że u okazów tych dokonywał się proces stopniowego obniżania się liczb chromosomów.

Rozpoczęte przez autorkę badania nad przebiegiem mejozy u *Betula oycoviensis* Bess. oraz jej potomstwa, przyczynią się być może nie tylko do lepszego scharakteryzowania tych dwóch interesujących osobników i występującego u nich zjawiska miksoploidalności, ale również do wyjaśnienia powiązań między gatunkami *Betula oycoviensis, B.verrucosa* i *B. „nova"*, co było głównym założeniem podjętej przez nią analizy cytologicznej brzóz.

STRESZCZENIE

W toku prac hodowlano-doświadczalnych Zakładu Zmienności Roślin Instytutu Botaniki PAN w Krakowie wykonano szereg krzyżówek mających na celu dokładne przebadania gatunku *Betula oycoviensis* Besser.

Potomstwo brzozy ojcowskiej zapylonej pyłkiem brzozy ojcowskiej podzieliło się na trzy grupy: typ *oycoviensis*, typ *verrucosa*, i typ *„nova"*.

Celem niniejszej pracy było przebadanie kariologii brzozy ojcowskiej oraz trzech typów brzóz stanowiących jej potomstwo.

Badanie prowadzono na rozgniotach rozwijających się listków.

Ustalono liczbę chromosomów okazów rodzicielskich i kilkunastu roślin potomnych wszystkich trzech typów z hodowli doświadczalnej oraz odpowiadających im gatunków ze stanowiska naturalnego w Dolinie Kobylańskiej.

We wszystkich przypadkach stwierdzono liczbę chromosomów 2n = 28. Liczba ta dla typu *oycoviensis* i *verrucosa* była zgodna z tym, co dla tych gatunków ustalili już inni autorzy. Dla typu *„nova"* została podana po raz pierwszy.

Dwie brzozy, a mianowicie okaz typu *verrucosa* nr 2 z pokolenia A oraz typu *oycoviensis* nr 62 z pokolenia B, posiadały w liściach równocześnie kilka liczb chromosomów. U brzozy brodawkowatej nr 2 najczęściej stwierdzoną liczbą obok 2n = 28 była liczba 56. Znaleziono jednak również po jednej komórce o ok. 47 i ok. 82

chromosomach. U brzozy ojcowskiej nr 62 oprócz komórek 28-chromosomowych występowały komórki mające w przybliżeniu 35, 36—38, 40, 42, 45—48, 52 oraz ok. 56 chromosomów. Materiał do badań nad tym ostatnim okazem pochodził z trzech lat (1967, 1969 i 1970). Za każdym razem spotykano w nim występujące obok siebie różne liczby chromosomów. Przyczyn miksoploidalności występującej u obu tych okazów szukać należy najprawdopodobniej w ich charakterze mieszańcowym.

Chromosomy wszystkich trzech typów brzóz są bardzo małe. Średnia ich długość wynosi ok. 0,7 μ. Najprawdopodobniej istnieją trzy lub nawet cztery klasy wielkości chromosomów od ok. 0,4 do ok. 1 μ. Bardzo małe rozmiary chromosomów nie pozwoliły na ustalenie ich morfologii i na porównanie kompleksów chromosomowych trzech badanych typów brzóz.

Rozpoczęte prace nad przebiegiem mejozy brzóz rzucą być może światło na powiązania łączące ze sobą gatunki *Betula oycoviensis, B. verrucosa* i *B. „nova"*.

Składam gorące podziękowanie Pani Profesor Dr. J. Jentys-Szaferowej za powierzenie mi części badań nad zagadnieniem brzozy ojcowskiej oraz za opiekę nad całokształtem moich prac. Również dziękuje bardzo Dr hab. Romanie Czapik za życzliwą pomoc i cenne wskazówki.

SUMMARY

The *Betula oycoviensis* species was the subject of special interest of Professor Janina Jentys-Szaferowa, who wrote about it in a number of publications (1921, 1928, 1951, 1953, 1967). Since 1954 she has supervised the work of the Laboratory of Plant Variability of the Botanical Institute of the Polish Academy of Sciences in Cracow where experiments are carried out to study that species in detail. The investigations were started by sowing the nutlets derived from free pollination and collected from the specimens of *Betula oycoviensis* growing wild in the villages of Karniowice and Hamernia. The seedlings obtained in this way proved to belong to two groups: *Betula oycoviensis* and *B. verrucosa*. When planted in an experimental breeding plot in the Botanic Garden in Cracow they were given the name of generation A. At present, they grow as large trees. As a result of controlled crossings it appeared, however, that the progeny of *Betula oycoviensis* × *Betula oycoviensis* unexpectedly split into three groups: *oycoviensis* type, *verrucosa* type, and *„nova"* type (table 1). The two former types are trees, the third is a small shrub. This shrub first obtained by way of an experiment was provisionally called by Prof. J. Szaferowa (1967) the type *„nova"*. In the year 1967 it was found for the first time in a natural locality in the Kobylańska Valley near Karniowice (Korczyk 1967b). In that locality round a solitary old specimen of *Betula oycoviensis* there grew out a coppice of young birches belonging to the species of *Betula oycoviensis, B. verrucosa,* and *B. „nova"*. Most probably, they germinated from the seeds of the old birch due to self-pollination. The parental, specimen of the old birch was unfortunately cut down in 1970 by the local inhabitants.

The aim of the present author's work was to study in detail the karyology of *Betula oycoviensis* and *its progeny*, i.e. the three types of birches derived from the crossing *Betula oycoviensis* × *B. oycoviensis*, and to establish whether any differences existed in the composition of the chromosomes of the particular types.

The chromosomes were counted for the specimens listed in table 2.

Among the numerous crossings carried out in experimental breeding, special attention was paid to the generations B and C. The number of chromosomes was determined for the parental forms for these generations, i.e. of two specimens of

Betulla oycoviensis derived from generation A: Nr. 39, the parental form of generation B, and Nr. 8 of generation C, as well as the specimen of *Betala oycoviensis* brought in 1920 to the Botanic Garden in Cracow from Hamernia (locus classicus), which yielded the pollen in these two cases. Several specimens of the types *oycoviensis, verrucosa,* and *„nova"* belonging to the generations B and C were studied.

A specimen of the type *verrucosa* Nr 2 from generation A was additionally taken into account because it drew attention owing to its exuberant growth and had pollen larger than that of other birches from experimental breeding (Korczyk 1967 a, Beiersdorf 1969).

Lastly, the number of chromosomes was ascertained for the birches from the natural locality in the Kobylańska Valley. The old specimen of *Betula oycoviensis* and one specimen from each species: *Betula oycoviensis, B. verrucosa,* and *B. „nova"*, which in all probability were the former's progeny, formed the subject of research.

The study was carried out on the material formed of very young leaves just coming out of buds. Carnoy's fixative was used, i.e. a mixture of absolute alcohol, chloroform, and glacial acetic acid (6:3:1), or acetic alcohol (3:1). In most cases, the material was pretreated with 8-hydroxy-quinoline before fixing.

The author found that when the material was not treated with 8-hydro-quinoline it also gave good or even better results. She executed permanent squashes by Murin's (1960) cellophane method, the material being previously softened by a 96% mixture of ethyl alcohol and concentrated hydrochloric acid 1:2 oraz 2:3. The preparations were stained with gentian violet.

The chromosomes of all the three types of birches are very small. Their mean length is about 0,7 μ, both for the material treated with 8-hydroxy-quinoline and the untreated. They differ in size, and three or even four classes of size can be distinguished varying from 0,4 to about 1 μ. Some slight differences in their length and breadth may be due to the arrangement of the particular chromosomes on the metaphase plate. In the prophase stage (Plate I, m), the longest of them measure 1 μ or little more. Because of the small size of the chromosomes, the author was not able to make a detailed analysis of their morphology and compare the idiograms for chromosome complements of the three types of birches under investigation. In consequences, she could not ascertain whether these types differ among themselves by the morphology of their chromosomes. The establishment of such differences would be of essential importance for the elucidation of their mutual relations.

All the specimens of birches which were the subject of study, whether from experimental breeding or growing wild, belonging to the types or species *oycoviensis, verrucosa,* or „nova", showed the number of chromosomes 2n = 28 (Figs. 1, 2, 3a, 4a, Plate I a-g, i). This number for *Betula oycoviensis* and *B.verrucosa* is in accordance with that established for these species by other authors. For *Betula „nova"* it has been ascertained for the first time.

Two specimens, i.e. the birch Nr. 2 of the *verrucosa* type from generation A, and Nr 62 of the *oycoviensis* type from generation B proved to have several numbers of chromosomes simultaneously in the cells of their leaves. In *Betula verrucosa* Nr. 2 it was 56, which besides 2n = 28 was most often established (Fig. 3, Plate I, g, h). However, two calls with about 47 and 82 chromosomes respectively were also encountered. In *Betula oycoviensis* Nr. 62, besides cells with 28 chromosomes there also occurred cells having about 35, 36—38, 40, 42, 45—48, 52, and 56 chromosomes, the error being ± 1 to 3 chromosomes (Fig. 4, Plate I, i, j). The latter specimen was the object of studies for three years (1967, 1969, and 1970), and each time-different numbers of chromosomes resulted.

In prophase nuclei, with a greater number of chromosomes, one, sometimes two, and even three nucleoli were observed (Plate I, k, 1).

The author failed to ascertain in the squashes of leaves of these two specimens which cells are more numerous: the diploid or those with a greater number of chromosomes; neither could she establish whether they form certain sectors or are connected with a definite tissue of the leaf, or are distributed all over the leaf-blade.

In *Betula verrucosa* Nr. 2, polysomaty seems to prevail (cf. O.F. Langlet 1927a, b), while in *Betula oycoviensis* Nr 62 aneusomaty is also pronunced (cf. Duncan 1945). The causes of the mixoploidy occurring in these two specimens should probably be looked for in their hydrid characters. The fact that these two birches have a partly augmented number of chromosomes was expressed in their comparatively intensive axial growth and increase in circumference (Jentys-Szaferowa 1967, Korczyk 1967a), and especially in their large viable pollen. However, while the specimen Nr 2 of the *verrucosa* type seems to be well-balanced genetically, the birch Nr. 62 of the *oycoviensis* type does not. As mentioned above, most of the cells of *Betula verrucosa* were tetraploid, several varying aneuploid numbers were established in *B. oycoviensis*. Moreover, the pollen of the former of these specimens was well developd in 95% and very slightly variable (Beiersdorf 1969) while in the other half of its pollen was degenerated, and the viable grains showed high variability (Szwabowicz 1971).

The number of chromosomes must have increased in these birches either when zygotes originated from the unreduced gametes, or in the embrionic stage. It is difficult to decide at present whether the different numbers of chromosomes occurring simultaneously already existed in the nuclei of the plants discussed or whether the appearance of diploid cells is a result of the tendency of the organism of the plant to return to a normal degree of ploidy. As far as it could be observed, there always occurred only one spindle in the ana- and telephase; neither were chromosome configurations observed which might have proved that the process of a gradual decrease of chromosome numbers occurred, as it was observed in *Rubus* by Britton and Hull (1956—1957).

The studies on the course of meiosis in *Betula oycoviensis* Bess. and its progeny may not only contribute to a better characterization of these two interesting specimens and the phenomenon of mixoploidy occurring in them but also help to elucidate the correlations between the species of *Betula oycoviensis, B. verrucosa,* and *„nova"*, which was the main aim of the present author undertaking the cytological analysis of the birches.

The author wishes to express her warm thanks to Professor Janina Jentys-Szaferowa for entrusting her with this part of the studies on *Betula oycoviensis,* as well as for all the care and time she sacrificed, and for the supervision of the whole bulk of the present author's work. Thanks are also due to Dr. Romana Czapik for her friendly help and valuable advice.

LITERATURA

Beiersdorf K., 1972, Zmienność osobnicza i populacyjna ziarn pyłku brzozy brodawkowatej i ojcowskiej (The variability of pollen grains in individuals and in populations of *Betula verrucosa* Ehrh. and *Betula oycoviensis* Bess). Roczn. Sekc. dendr. 26 (w druku).

Berrie A. M. M., 1951—1952, A study of the Scottish birch with special reference to the genetics and ecology of the species. Summ. Theses, Univ. Glasgow: 10—11.

Besser W. S., 1809 Primiciae Florae Galiciae Austriacae utriusque, pars II, Sum. ant. Doll. Vienna.

Britton D. M., Hull J. W., 1956, Mitotic instability in blackberry seedlings from progenies of Boysen and Young, Jour. Hered. 47: 205—210.

Britton D. M., Hull J. W., 1957. Mitotic instability in *Rubus*, Jour. Hered. 48: 11—20.

Brown M. S., 1947, A case of spontaneous reduction of chromosome number in somatic tissue of cotton, Amer. Jour. Bot. 34: 384—388, [in:] Menzel M. Y., Brown M. S. 1952.

Clausen K. E., 1962. Introgressive hydridization between two Minnesota birches, Silvae Genetica 11: 142—150.

Czapik R., 1965, Analiza kariotypu *Ornithogallum umbellatum* L. i *O. Gussonei* Ten., Karyotype analisis of *Ornithogallum umbellatum* L. and *O. Gussonei* Ten., Acta Biol. Cracov. Ser. Bot. 8: 21—34.

Czapik R., 1968, Chromosome number of *Ornithogallum umbellatum* L. from three localities in England, Watsonia 6: 345—349.

Duncan R. E., 1945, Production of variable aneuploid numbers of chromosomes within the root tips of *Paphiopedilum Wardii*. Amer. Jour. Bot., 32: 506—509.

Eifler I., 1956, Artkreuzungen bei Birken, Der Züchter 26 (11): 342—346.

Eifler I., 1958, Kreuzungen zwischen *Betula verrucosa* und *Betula pubescens*, Der Züchter 28: 331—336.

Filutowicz A., Kuždowicz A., 1951, Mikrotechnika roślinna, P. W. Rol- i Leśne, Warszawa.

Gadella Th. W. J., Kliphuis E., 1963, Chromosome numbers of flowering plants in the Netherlands II., Acta Bot. Neerl. 12: 195—230.

Hagman M., 1971. On self-and cross-incompatibility shown by *Betula verrucosa* Ehrh. and *Betula pubescens* Ehrh., Commun. Inst. Forest. Fenn. 73(6): 1—125.

Helms A., Jørgensen C. A., 1925, Maglemose i Grib Skov. VIII. Birkene paa Maglemose, Bot. Tidsskr. 39(2): 57—134.

Jentys-Szaferowa J., 1921. Rodzina *Betulaceae*, Brzozowate, Flora Polska 2: 3—17, Pol. Akad. Um., Kraków.

Jentys-Szaferowa J., 1928, Brzoza ojcowska (*Betula oycoviensis* Bess.). Historia i charakterystyka gatunku (Histoire et caractéristique de l'espèce *Betula oycoviensis* Bess.), Roczn. Pol. Tow. dendr. 2: 1—16, Lwów.

Jentys-Szaferowa J., 1951, Analysis of the collective species *Betula alba* L., on the basis of leaf measurements. Part III. *Betula oycoviensis* Bess. and *Betula obscura* Kotula (Determination on the basis of a single leaf), Bull. Acad. Pol. Sc. Lett. Sér. B.: 1—40.

Jentys-Szaferowa J., 1953, Studia nad brzozą ojcowską (*Betula oycoviensis* Bess.) (Studies on *Betula oycoviensis* Bess.), Ochrona przyrody, 21: 33—57.

Jentys-Szaferowa J., Badania systematyczno-doświadczalne nad *Betula oycoviensis* Besser. Experimental investigation on the taxonomy of *Betula oycoviensis* Besser, Rocz. Sekc. dendr. 21: 5—56.

Johnsson H., 1941, Växtförädling av björk — mal och medel. Svensk Papperstidning 44 (Medd. För. växtf. skogsträd. Nr 14): 450—456.

Johnsson H., 1944, Triploidy in *Betula alba* L., Bot. Not.: 85—96.

Johnsson H., 1945, Interspecific hybridization within the genus *Betula*, Hereditas 31: 163—176.

Johnson H., 1949, Studies on birch species hybrids, I. *Betula verrucosa* × *B. japonica*, *B. verrucosa* × *B. papyrifera* and *B. pubescens* × *B. papyrifera*. Hereditas 35: 115—135.

Johnsson H., 1956. Auto-and allotriploid *Betula*-families derived from colchicine treatment, Zeitschr. f. Forstgen. u. Forst-pfl. 5: 65—70.

Korczyk A., 1967a, Potomstwo brzozy ojcowskiej wyhodowane z nasion pocho-

dzących z wolnego zapylenia (Progeny of *Betula oycoviensis* Bess. cultivated from seeds derived from free pollination), Roczn. Sekc. dendr. 21: 77—103.

Korczyk A., 1967b, Brzoza ojcowska (*Betula oycoviensis* Bess.) w Dolinie Kobylańskiej (*Betula oycoviensis* Bess. in the Kobylańska valley near Cracow), Fragm. Flor. et Goebot. 13(4): 493—497.

Langlet O. F. I., 1927a, Beiträge zur Zytologie der Ranunculaceen, Sv. Bot. Tidskr., 21(1): 1—17.

Langlet O. F. I., 1927b, Zur Kenntnis der polysomatischen Zellkerne im Wurzelmeristem, Sv. Bot. Tidskr., 21(4): 395—422.

Löve A., 1944. A new triploid *Betula verrucosa*, Sv. Bot. Tidskr. 38(4): 381—393.

Löve A., 1954, Cytotaxonomical evaluation of corresponding taxa. Vegetatio 5/6: 212—224.

Löve A. and Löve D., 1961, Chromosome numbers of Central and Northwest European plant species, Opera Bot., Soc. Bot. Lundensi, Lund 5.

Małecka J., (M. Skalińska, R. Czapik, M. Piotrowicz et al.), 1959, Further studies in chromosome numbers of Polish Angliosperms (Docotyledons), Ac. Soc. Bot. Pol. 28 (3): 487—529.

Menzel M. Y., Brown M.S., 1952, Polygenomic hybrids in *Gossypium*. II. Mosaic formation and somatic reduction, Am. Jour. Bot. 39(1): 59—69.

Menzel M. Y., 1952, Polygenomic hybrids in *Gossypium*. III. Somatic reduction in a phenotypically-altered branch of a three-species hexaploid, Am. Jour. Bot. 39: 625—636.

Murin A., 1960, Substitution of cellophane for glass covers to facilitate preparation of permanent squashes and smears, Stain Technology 35(6): 351—353.

Natho G., 1959, Variationsbreite und Bastarbildung bei mitteleuropäischen Birkensippen, Feddes Rep. 61(3): 211—273.

Nawashin M., 1927, Variabilität des Zellkerns bei *Crepis*-Arten in Bezug auf die Artbildung, Zeitschr. f. Zellf. u. mikr. Anat., 4(2): 171—215.

Neves J. B., 1952, Estudos cariológicos no género *Ornithogallum* L. Bolm. Soc. Broteriana Sér. 2, 26: 5—192.

Piotrowicz M., (Skalińska, R. Czapik, M. Piotrowicz et al.) 1959, Further studies in chromosome numbers of Polish Angiosperms (Dicotyledons), Ac. Soc. Bot. Pol. 28(3): 487—529.

Poucques M. L. de 1949. Études caryologiques sur les Fagales. II. Le genre *Betula* (I), Bull. Soc. d. Sc. de Nancy 8(1): 1—5.

Rieger R., Michaelis A., 1958, Genetisches und Cytogenetisches Wörterbuch, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Hardelberg.

Rychlewski J., 1967, Badania kariologiczne nad *Nardus stricta* L. Karyological studies on *Nardus stricta* L., Acta Biol. Cracow. Ser. Bot. 10: 55—72.

Szwabowicz A., 1971, Badania nad pyłkiem potomstwa brzozy ojcowskiej (Investigations on the pollen of the progeny of *Betula oycoviensis* Besser), Ac. Soc. Bot. Pol. 40(1): 91—121.

Tjio J. H., Levan A., 1950, The use of oxyquinoline in chromosome analysis, An. Aula Dei 2(1): 21—62.

Vaarama A., 1968, Induced mutations and polyploidy in birch, *Betula* spp. Final Report (Part II) — P. L. 480, 1—20: 1—81. Depart of Bot., Univ. of Turku 2, Finland.

Vaarama A., 1969, Induced mutations and polyploidy in birch, *Betula* spp., Final Report (Part III) — P. L. 480, 9—30: 1—95. Depart. of Bot., Univ. of Turku 2, Finland.

Vaarama A., 1970, Induced mutations and polyploidy in birch, *Betula* spp., Final Report (Part V) — P. L. 480, 9—30: 1—100. Depart. of Bot., Univ. of Turku 2, Finland.

Wettstein W. von, Propach H., 1939. Sichtungsarbeit zur Birkenzüchtung, Der Züchter 11(9): 279—280.

Więckowska I., 1967, Obserwacje morfologiczne i biologiczne nad siewkami brzozy ojcowskiej (Morphological and biological observations on the seedlings of *Betula oycoviensis* Besser.), Rocz. Sekc. dendr. 21: 57—76.

Woodworth R. H., 1929, Cytological Studies in the *Betulaceae*. I. *Betula*, Bot. Gaz. 87: 331—363.

Woodworth R. H., 1931, Polyploidy in the *Betulaceae*, Journ. Arnold Arb. 12(3): 206—217.