

Katedra i Zakład Farmakognozji. Wydział Farmaceutyczny.
Akademia Medyczna w Lublinie.
Kierownik: doc. dr Florentyna Biełozabska

Tadeusz ZDERKIEWICZ

**Badania nad tetraploidalną formą kminku (*Carum carvi* L.)
z uwzględnieniem zawartości oleju w owocach**

**Исследования по тетраплоидной форме тмина (*Carum carvi* L.)
с учетом содержания масла в семенах**

**Remarks on the Tetraploid Form of Cumin (*Carum carvi* L.)
and on the Content of Oil in Its Fruits**

Teoria Morgana (2) daje cenne, lecz tylko ogólne informacje o współzależnościach, jakie istnieją między zjawiskami zachodzącymi w chromosomach a dziedziczeniem cech przez żywy organizm. Opierając się na niej, można spodziewać się zmian jakie pojawią się w organizmie na skutek zwiększenia ilości chromosomów drogą poliploidyacji. Poliploidy różnią się od diploidów nie tylko cechami morfologicznymi, stanowią one przeważnie odrębne ekotypy. W pewnych wypadkach różnice w stosunku do formy wyjściowej są niewielkie, w innych znowu urastają do rozmiarów międzygatunkowych. Dlaczego tak jest w jednych przypadkach, a inaczej w innych bliżej nie jest poznane (2). Na podstawie licznych obserwacji (2) stwierdzono, że zdarzają się także nie wytłumaczone bliżej okoliczności, w których poliploidalna forma powraca do wyjściowej, ale tylko pod względem liczby chromosomów, zachowując cechy form poliploidalnych. Zdarza się też, że niektóre diploidy zbliżone są swoimi właściwościami do poliploidów.

Badania fizjologiczno-biochemiczne najpewniej zbliżają do zrozumienia przemian związanych z poliploidalnością. Na skutek przemian biochemicznych w protoplazmie, a zapewne i w jądrze, następuje zmiana budowy zewnętrznej rośliny oraz zmiany chemiczne i rozmaite ekologiczne przystosowania się poliploidów. Z różnego nasilenia skupień poliploidów w przyrodzie wynika, że odgrywają one pewną rolę w ewolucji, a poliploidyacja jest jednym ze sposobów przystosowywania się organizmów do warunków otoczenia (9).

Występowanie form poliploidalnych w świecie roślinnym jest zjawiskiem bardzo powszechnym w przeciwieństwie do świata zwierzęcego, gdzie naturalne poliploidy spotyka się tylko wyjątkowo (17). Właściwość wytwarzania form poli-

poloidalnych jest cechą dziedziczną, występującą u niektórych rodzin i rodzajów częściej niż u innych (18, 19, 22, 25). Wymienić tu można takie rodzaje jak: *Valeriana* off., *Triticum*, *Allium*, *Chrysanthemum*, *Solanum* i wiele innych (23, 27). Nie wszystkie poliploidy występujące w naturze są gatunkami ekstremalnych warunków środowiskowych.

Poliploidy naturalne są na ogół okazalsze, odznaczają się wyraźniejszym wzrostem i większymi organami w porównaniu z diploidalnymi formami wyjściowymi. Przykładem mogą być badania Nilssona Ehle (21), któremu udało się na podstawie cech morfologicznych wybrać w lasach środkowej Szwecji poliploidalną olchę o szybszym rozwoju, wyższym i grubszym pniu oraz znacznie większych liściach niż to mają sąsiednie diploidalne drzewa tegoż gatunku, tetraploidalną brzozę, orzecha laskowego itd.

Duża produktywność niektórych naturalnych poliploidów i ich duży udział procentowy w zespole uprawianych roślin nasunęły myśl sztucznego wywołania poliploidalności u form o małej ilości chromosomów celem otrzymania wysokopłennych odmian. Badania nad opracowaniem właściwej metody hodowlanej prowadzone są od 50 lat, chociaż zwiększenie ilości chromosomów w tkankach roślinnych jest zagadnieniem o wiele starszym, kiedy to badacz rosyjski Gierasimow (10) w roku 1902 zdwoił sztucznie liczbę chromosomów w skrzętnicy, przy użyciu niskiej temperatury wodzianu chloralu i eteru. Równocześnie stwierdził on, że zwiększenie liczby chromosomów wpłynęło na podniesienie intensywności procesów życiowych u tego organizmu.

Najpraktyczniejszym jednak czynnikiem do otrzymania sztucznych poliploidów okazał się alkaloid kolchicyna, gdyż jest on rozpuszczalny w wodzie i mniej toksyczny od innych chemikaliów wywołujących mutację. Pierwsze formy poliploidalne uzyskali za pomocą kolchicynowania Blakeslee i Avery (6) w roku 1937, opisując metodę i odpowiednie koncentracje alkaloidu. Od tej chwili rozpoczynają się prace nad wywoływaniem sztucznych poliploidów. Oprócz opracowanych metod chemicznych istnieją jeszcze inne sposoby umożliwiające uzyskanie sztucznych poliploidów (15). Są nimi: 1) stosowanie na przemian niskich i wysokich temperatur, czyli tzw. szoków, 2) naświetlanie promieniami Roentgena i 3) metoda zraniania i regeneracji tkanek. Jednakże najbardziej rozpowszechnioną i dającą najlepsze wyniki w hodowli roślin użytkowych okazała się metoda kolchicynowania (7, 14, 15, 16, 20, 24, 27).

Sztuczne poliploidy różnią się nie tylko budową morfologiczną, ale również zmienioną przemianą materii. Mają przeważnie niższą postać i odznaczają się znacznie większą zmiennością cech niż formy wyjściowe. Uzyskane dotychczas poliploidalne rośliny lecznicze odznaczają się większą zawartością ciał czynnych. Jak podaje Boratyńska (4) tetraploidalna gryka zawiera od 3,95% do 7,0% rutyny więcej niż diploidalna forma wyjściowa. Z innych prac tej autorki (3, 5) wynika, że tetraploidalny glistnik zawiera przeszło 50% więcej alkaloidu chelidoniny w porównaniu z formą wyjściową (diploid 0,45%, tetraploid od 0,69%—0,73%). Kawatani (13) donosi, że tetraploidalna lobelia odznaczała się większą zawartością alkaloidu lobeliny.

Wydaje się, że poliploidyacja jako metoda hodowlana powinna odegrać większą rolę w otrzymaniu nowych odmian roślin leczniczych, zwłaszcza w tych gatunkach gdzie surowcem są organy wegetatywne. Otrzymanie odmian poliploidalnych, jako bardziej zasobnych w związki czynne, ma duże znaczenie z ekonomicznego punktu widzenia. Praca nasza stanowi próbę eksperymentalnego wyja-

śnienia podstawowych zagadnień dotyczących poliploidyzacji kminku zwyczajnego. Badaniami zostały objęte takie zagadnienia jak fazy rozwojowe tetraploidów i diploidów, budowa anatomiczno-morfologiczna liści i owoców, zawartość oleju i jego skład chemiczny oraz toksyczność.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiał i metodyka badań

1. Materiał

Materiałem wyjściowym do badań nad poliploidyzacją kminku była populacja kminku zwyczajnego (*Carum carvi* L.) pochodząca z Miejskiego Ogrodu Botanicznego w Łodzi. Materiał ten przez dwa lata obserwowano, preselekcjonowano a następnie zebrano owoce z pojedynczych, zdrowych, normalnie rozwiniętych roślin.

Poliploidyzację kminku rozpoczęto w roku 1957. Badania polowe prowadzone były na terenie Ogrodu Farmakognostycznego Katedry Farmakognozji Akademii Medycznej w Lublinie. Badania cytologiczne i analizy chemiczne przeprowadzono w laboratorium tejże Katedry.

2. Metodyka badań

Najbardziej wydajne i łatwe w zastosowaniu przy wywoływaniu sztucznej poliploidyzacji okazały się metody chemiczne (15, 16). Z dużej ilości znanych obecnie środków mutagennych najlepsze wyniki daje alkaloid kolchicyna. W dostępnej literaturze, tak zagranicznej jak i krajowej nie spotkałem prac dotyczących sposobu kolchicynowania kminku. Wobec tego wyłoniła się konieczność opracowania metodyki, tzn. określenia właściwego stężenia kolchicyny, zapewniającego indukowanie poliploidów. W praktyce stosuje się różne sposoby kolchicynowania, jak moczenie nasion, zanurzanie stożków wzrostu w roztworze, nanoszenie kolchicyny na pędy nadziemne za pomocą pipetki itp. Każdy gatunek roślin wymaga w zasadzie innego stężenia roztworu kolchicyny. Dlatego też w doświadczeniu wstępnym badano efektywność dwu różnych sposobów indukowania poliploidów.

Zwilżanie stożków wzrostu. Owoce kminku wysiano do doniczek o średnicy 10 cm i wstawiono do szklarni. Po wzejściu pozostawiono w doniczkach tylko po jednej siewce. W momencie gdy rośliny znajdowały się w stadium 2—3 listków, traktowano je odpowiednim roztworem, dając go po parę kropel pipetką na stożek wzrostu. Kolchicynowanie rozpoczynano o godzinie 9, powtarzając tą czynność 3-krotnie w ciągu dnia w odstępach dwugodzinnych. Zabieg ten dla każdej serii roślin trwał trzy dni. Rośliny pozostawały w szklarni w temperaturze około 23°C, w atmosferze nasyconej wilgocią.

W ciągu 3 tygodni od zakończenia kolchicynowania zaobserwowano zamieranie siewek, z tym że procent ubytku był różny dla poszczególnych kombinacji. I tak dla siewek moczonych w roztworze kolchicyny 0,05% wynosił 1—3%, w 0,1% wynosił 7—9%, a w 0,2% wynosił 10—14%. Jak z tego widać, bardziej toksyczne są stężenia większe. Udało się zaobserwować zmiany morfologiczne siewek w zależności od stopnia stężenia użytego roztworu. Przy stężeniu 0,05% nie wykazywały one zmian charakterystycznych dla poliploidów, natomiast stężenie 0,1% wywołało u 27% roślin zgrubienie liścieni i pierwszych listków oraz hipokotyli, skrócenie pędów, ciemnozielone zabarwienie części nadziemnych oraz deformację liści i łodygi. Największy procent (70%) siewek z omówionymi wyżej zmianami morfologicznymi obserwowano przy stężeniu 0,2%.

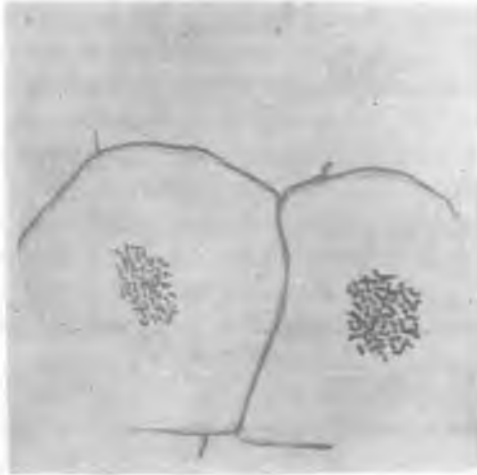
Moczenie skielkowanych owoców. Owoce wysiewano na szalkach Petriego wysłanych bibułą (po 100 szt.). Kielkowanie przeprowadzono w temperaturze 20°C. Po siedmiu dniach większość owoców skielkowała (80%). Skielkowane owoce poddano działaniu kolchicyny, zanurzając do 0,2% roztworu na przeciąg 6, 12, 24 i 30 godzin. Po zakończeniu moczenia owoce przemywano wodą a następnie wysadzano do doniczek. Każda kombinacja obejmowała po 100 siewek, w czterech powtórzeniach.

W ciągu trzech tygodni od chwili wysadzenia do doniczek zaobserwowano znaczne zmiany morfologiczne w rozwoju siewek w zależności od czasu moczenia. Sześciogodzinne moczenie nie wywołało zmian charakterystycznych dla poliploidów, natomiast moczenie przez 12 godzin spowodowało wystąpienie cech morfologicznych, typowych dla roślin poliploidalnych. Największy procent siewek ze zmienionymi cechami morfologicznymi zaobserwowano po moczeniu przez 24 godziny. Natomiast moczenie skielkowanych owoców w czasie 30 godzin dało wynik ujemny.

Po 5 tygodniach (8 V 1957) wszystkie rośliny kolchicynowane i niekolchicynowane z obu doświadczeń wysadzono do gruntu w rozstawie 40 × 40 cm. Ogółem wysadzono 150 roślin kolchicynowanych i tyleż kontrolnych.

Doświadczenie założono w Ogrodzie Farmakognostycznym Akademii Medycznej w Lublinie. Gleba — less zdegradowany. Przedplon w roku 1955 ziemniaki na oborniku, w r. 1956 — ugór czarny. Na trzy tygodnie przed terminem sadzenia zastosowano nawożenie mineralne w ilości: saletry wapniowej 2 q/ha, soli potasowej 25% — 3 q/ha, superfosfatu — 3 q/ha. Jako zabiegi pielęgnacyjne przeprowadzono dwukrotne pielenie i motyczenie w ciągu okresu wegetacyjnego. Po pewnym czasie zniknęły objawy chorobowe spowodowane trującym wpływem kolchicyny a rośliny zaczęły rozwijać się normalnie, odznaczając się charakterystycznymi

dla poliploidów właściwościami, polegającymi na zwiększeniu masy liściowej, ciemniejszej barwie oraz zmianie kształtu.



Ryc. 1. Kminek (*Carum carvi* L.); chromosomy tetraploidu
Cumin (*Carum carvi* L.) chromosomes of tetraploid

Po upływie czterech miesięcy od chwili posadzenia wszystkie rośliny poddano badaniom cytologicznym. Osobniki diploidalne posiadały $2n = 20$ chromosomów. Ilość ta jest zgodna z Gardé A., Gardé N. (cyt. wg Darlingtona). Wśród poliploidów obserwowano formy



Ryc. 2. Kminek (*Carum carvi* L.); chromosomy diploidu
Cumin (*Carum carvi* L.); chromosomes of diploid

tetraploidalne $2n = 40$ chromosomów, heksaploidalne $2n = 60$ chromosomów, jak również osobniki o niezbalansowanej ilości chromosomów. Liczbę chromosomów ustalono w tkankach somatycznych na stożkach wzrostu korzeni i łodygi, biorąc do tego celu najmłodsze listki. Materiał utrwalano w płynie Carnoya, a następnie barwiono nigrozyną według metody Rosen a w modyfikacji Filutowicza (16). W celu ustalenia ilości chromosomów wykonano i fotografowano rozmazy ze stożków wzrostu korzenia i łodygi tetraploidu i diploidu, powiększone około 1080 x (ryc. 1 i 2).

Analiza cytologiczna wykazała dosyć duże różnice w ilości form poliploidalnych, zależnie od stężenia roztworu, które przedstawia tab. 1.

Tabela 1. Procent uzyskanych poliploidów w zależności od stężenia roztworu kolchicyny
Percentage of obtained polyploids, correlated with the duration of colchicine solutions

Rok i pokolenie	Forma	Stężenie roztworu		
		0,05%	0,1%	0,2%
1958 C ₀	diploidy	100%	55%	9%
	tetraploidy	—	28%	68%
	heksaploidy	—	6%	10%
	oktoploidy	—	2%	1%
	miksoploidy	—	9%	12%

Największy procent poliploidów uzyskano stosując 0,2% roztwór kolchicyny. Znacznie słabiej działa stężenie 0,1%, a 0,05% nie wywiera żadnego wpływu mutagennego (tab. 1).

Procent uzyskanych poliploidów w zależności od czasu moczenia skielkowanych owoców kminku w 0,2% roztworze kolchicyny przedstawia tab. 2.

Tabela 2. Procent uzyskanych poliploidów w zależności od czasu moczenia
Percentage of obtained polyploids, correlated with the duration of soaking

Rok i pokolenie	Forma	Czas moczenia skielkowanych owoców kminku w 0,2% roztworze kolchicyny		
		6 godz.	12 godz.	24 godz.
1958 C ₀	diploidy	100%	88%	24%
	tetraploidy	—	12%	48%
	heksaploidy	—	—	9%
	oktoploidy	—	—	1%
	miksoploidy	—	—	18%

Najlepsze wyniki dało moczenie owoców przez 24 godziny. Moczenie w ciągu 12 godzin działało słabiej, a w czasie 6 godzin nie dało żadnego wyniku.

Oceniając przydatność badanych kombinacji z obu doświadczeń wstępnych można stwierdzić, że zarówno jeden, jak i drugi sposób jest dobry, lecz do kolchicynowania siewek i moczenia owoców skiełkowanych należy używać roztworu 0,2%, przy czym skiełkowane owoce należy moczyć przez 24 godz.

Obserwacje cech i właściwości kminku tetraploidalnego przeprowadzono w ciągu całego okresu wegetacyjnego na czterech generacjach, poczynając od pokolenia C_0 do C_3 . W tych samych latach dokonano pomiarów formy wyjściowej. W okresie początkowego kwitnienia dokonano pomiarów biometrycznych: wysokość roślin, długość i szerokość liści rozetowych i szczytowych. Badania morfologiczne, anatomiczne i chemiczne przeprowadzono na czterech generacjach. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie uwzględniając takie parametry jak: średnia arytmetyczna, wariancja, współczynnik zmienności i przedział ufności.

Owoce ze zbioru 1958 roku wysiano w lipcu do doniczek a następnie rośliny wysadzono do gruntu w drugiej połowie sierpnia. W ten sposób postępowano w każdym roku. Należy zaznaczyć, że przy prowadzeniu doświadczeń stosowano selekcję masową. W roku 1961 najlepsze rośliny przeznaczono do dalszej hodowli.

Fazy rozwojowe kminku zwyczajnego w latach 1957—1961 (formy di- i tetraploidalne)

Kminek diploidalny jest rośliną dwuletnią, natomiast uzyskane w doświadczeniu formy tetraploidalne zachowują się jako rośliny wieloletnie. Wysadzone w roku 1957 rośliny poliploidalne (C_0) zimą dobrze i rozwijają się normalnie. Obserwacje te potwierdzają znane w przyrodzie zjawisko, że formy poliploidalne są na mróz bardziej odporne niż diploidy.

W pierwszym roku wyrasta z owoców różyczka liści i gruby korzeń. Kminek wcześniej rusza wiosną, przy czym występuje różnica w szybkości wegetacji między kminkiem kolchicynowanym a niekolchicynowanym. Szybkie tempo wzrostu zaobserwowano u roślin nie poddanych zabiegowi kolchicynowania, zaś znacznie wolniejsze u roślin kolchicynowanych.

W latach 1958—1961 obserwowano porę występowania poszczególnych faz rozwojowych. Ustalono liczbę dni od wiosennego ruszenia wegetacji do okresu zakwitania, pełnego kwitnienia i dojrzewania owoców. Wyniki obserwacji zestawiono w tab. 3.

Tabela 3. Fazy rozwojowe kminków di- i tetraploidalnego w latach 1958—1961 (gleba less zdegradowany na pełnym nawożeniu)

Phases of growth of diploid and tetraploid cumin in the years 1958—1961 (degraded loess soil, full manuring)

Forma	Rok	Zestawienie danych fenologicznych dla kminku di-i tetraploidalnego		
		początkowy okres zakwitania	okres pełnego kwitnienia	okres pełnego dojrzewania
diploid tetraploid C ₀	1958	16 IV 1958 25 IV 1958	23 IV 1958 3 V 1958	2 VII 1958 6 VII 1958
diploid tetraploid C ₁	1959	12 IV 1959 17 IV 1959	20 IV 1959 24 IV 1959	22 VI 1959 30 VI 1959
diploid tetraploid C ₂	1960	26 IV 1960 30 IV 1960	096I Δ 6 096I Δ 7	28 VI 1960 30 VI 1960
diploid tetraploid C ₃	1961	18 IV 1961 22 IV 1961	3 V 1961 7 V 1961	23 VI 1961 26 VI 1961

Z zestawienia tab. 3 widać, że różnice w początkowym okresie zakwitania między formą diploidalną a poliploidalną zmniejszają się w miarę dalszych pokoleń. I tak gdy w roku 1958 kminek diploidalny zakwitł wcześniej o 9 dni, to w roku następnym różnica ta wynosiła 5 dni, w r. 1960 tylko 4, a w r. 1961 pojawiły się osobniki tetraploidalne kwitnące wcześniej niż diploidalne. Różnice w okresie pełnego dojrzewania owoców są nieznaczne i podobne do okresu zakwitania. Poliploidy odznaczały się prawie zawsze dużą zmiennością pod względem różnych cech. Poza dodatnimi wariantami pojawiły się osobniki karłowate i niedorozwinięte, nie posiadające wartości pod względem czysto hodowlanym. Dlatego otrzymane surowe poliploidy należy traktować jako materiał wyjściowy do dalszej selekcji i krzyżówek.

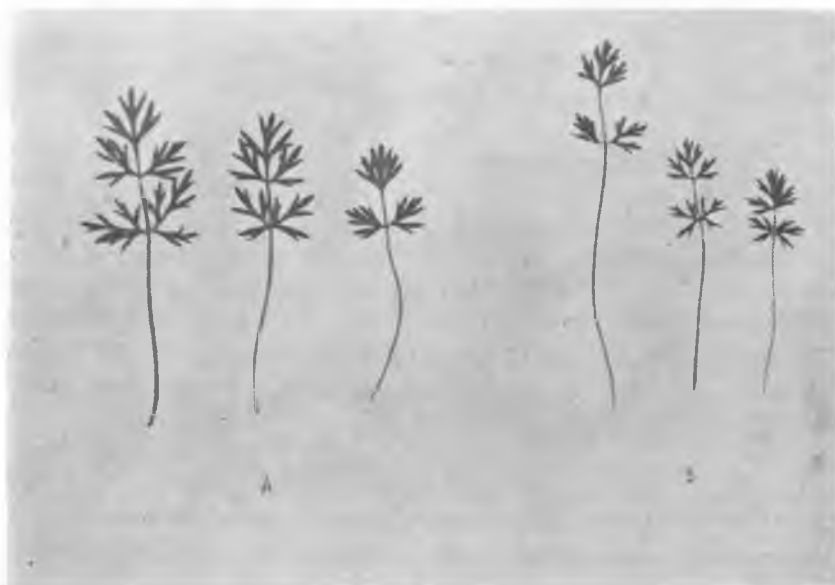
Budowa morfologiczna i anatomiczna diploidów i tetraploidów

Budowa morfologiczna

W badaniach uwzględniono cały szereg cech morfologicznych: wysokość roślin, długość liści różyczkowych i szczytowych, długość i szerokość odcinków liści różyczkowych i szczytowych, ilość odcinków na liściu dolnym i górnym, wielkość owoców (długość i szerokość), ciężar owoców z jednej rośliny, ciężar 1000 owoców i ilość owoców w 1 g. Wyniki pomiarów badanych cech morfologicznych zestawiono w tab. 6.

Wysokość roślin. Dynamikę wzrostu określono na podstawie pomiarów wysokości roślin. Pomiarów rozpoczęto z chwilą ruszenia wegetacji, kontrolując je w odstępach 10-dniowych do czasu ukończenia wzrostu. Pomiarami objęto po 5 kolejnych roślin z 6 sąsiadujących rzędów. Największy przyrost wysokości roślin zarówno di- jak i tetraploidalnych stwierdzono w okresie między wytwarzaniem baldachów a zakwitaniem.

Jak wynika z tab. 6 rośliny tetraploidalne były niższe od diploidów. Średnia wysokość roślin diploidalnych wahała się w granicach od 80 do 85 cm, podczas gdy u tetraploidów od 68—72 cm. Należałoby wspomnieć, że rośliny tetraploidalne były bardziej rozgałęzione.



Ryc. 3. Liście różyczkowe 2, 3 i 4 okółka; A — kminku tetraploidalnego, B — kminku diploidalnego

Rosette leaves of 2nd, 3rd and 4th verticil: A — of tetraploid cumin, B — of diploid cumin

Wielkość i kształt liści. Pomiarów przeprowadzone były na materiale z czterech okresów wegetacji (na przestrzeni od 1958 do 1961 roku włącznie). Długość liści dolnych u tetraploidów dochodziła do 29 cm, podczas gdy u kontrolnych do 37 cm (8 cm różnicy). Różnice w długości liści górnych były mniejsze, miały one długość 6,2 cm i 5,4 cm. Długość łatek na liściach dolnych kształtowała się nieco odmiennie w poszczególnych latach. W pokoleniu C_0 i C_1 łatki były

krótsze niż u diploidów, natomiast w C_2 i C_3 wyraźnie je przewyższały. Szerokość odcinków tychże liści była u tetraploidów większa niż u diploidów. Wyraźne także różnice w kształcie i wielkości liści między obu formami widoczne są na ryc. 3. Długość odcinków na liściu dolnym roślin tetraploidalnych wahała się od 6,7 do 9,8 cm, a u kontrolnych wynosiła od 6,9 do 7,2 cm. Na uwagę zasługuje wzrost długości odcinków dalszych pokoleń. W C_0 i C_1 odcinki były krótsze niż u formy wyjściowej, natomiast w C_2 , a szczególnie zaś w C_3 , wyraźnie dłuższe.

Szerokość odcinków liści dolnych u tetraploidów wynosiła od 6,7 do 8,0 mm, a u kontrolnych od 4,9 do 6,4 mm. Liście wyższego piętra miały odcinki długości od 5,8 do 6,2 mm, a u kontrolnych od 4,8 do 5,4 mm, szerokość zaś od 5,9 do 8,0 mm, kontrolnych od 4,3 do 5,9 mm.



Ryc. 4. Owoce kminku tetraploidalnego (pow. ok. 3 x)
Fruits of tetraploid cumin (magnified ca. 3 x)

Na podstawie zestawionych pomiarów w tab. 6 stwierdzono, że długość liści formy tetraploidalnej była mniejsza niż u formy wyjściowej, natomiast szerokość formy tetraploidalnej większa. W początkowym rozwoju liści zaobserwowano silniejszy wzrost na szerokość, co wpłynęło na częściową zmianę w kształcie liści. Dzięki temu w pierwszym okresie rozwoju można było na tej podstawie wybierać na oko formy tetraploidalne, co pozwoliło znacznie ograniczyć analizę cytologiczną w początkowym etapie hodowli kminku. Charakterystyczne dla tetraploidów cechy wystąpiły jednak, głównie na liściach różyczkowych, które były nie tylko szersze, ale miały silniej zaakcentowane wycięcia przy nasadzie listka. Ilość odcinków zarówno na liściu dolnym, jak i górnym była u tetraploidów nieco mniejsza.

Wielkość owoców. Owoce mierzono przy pomocy suwmiarki (ryc. 4 i 5). Średnia długość owoców tetraploidów wynosiła od 6,3 do 6,7 mm, szerokość od 2,0 do 2,4 mm, natomiast u diploidów, długość od 5,1 do 5,4 mm i szerokość od 1,4 do 1,8 mm. Wielkość owoców ulegała zmianie u sztucznych poliploidów. Podobnie jak i inne organy, również i owoce były u poliploidów szersze niż u form diploidalnych. Owoce pochodzące z roślin tetraploidalnych były większe, jaśniejsze i barwy brązowej w porównaniu z owocami roślin diploidalnych, które były ciemno-brunatne. Zapach owoców z roślin tetraploidalnych, szczególnie po rozgnieceniu był ostroaromatyczny, natomiast diploidów aromatyczny.



Ryc. 5. Owoce kminku diploidalnego (pow. ok. 3 x)
Fruits of diploid cumin (magnified ca. 3 x)

Smak był z lekka paląco-szczypiący, a u diploidów paląco-korzenny. Ciężar owoców z jednej rośliny u tetraploidów wahał się w granicach od 6,612 do 6,972 g, u diploidów od 8,650 do 8,983 g. Ilość owoców z jednej rośliny była zwykle u form poliploidalnych mniejsza np. tetraploid posiadał około 1915 sztuk a diploid około 2889 w pokoleniu C_3 . Ciężar 1000 owoców tetraploidów był znacznie większy i wynosił od 3,900 do 4,260 g, u diploidów wahał się od 3,260 do 3,460 g.

Przy omawianiu cech morfologicznych sztucznych poliploidów należy nadmienić, że powiększenie organów i korzystne przekształcenie cech na skutek zwiększenia liczby chromosomów zachodziło zwykle u form tetraploidalnych, względnie u takich, których ilość chromosomów nie została nadmiernie zwiększona. Natomiast zauważono, że u poliploidów wyższych stopni następowało często zjawisko odwrotne, polegające na zmniejszeniu

wielkości liści i kwiatów, na ich słabszym rozwoju, powolnym wzroście i nieraz zupełnym zaniku organów generatywnych. Otrzymane przy kolchicynowaniu kminku formy oktoploidalne wykazały bardzo słaby wzrost i rozwój a niektóre z nich nie wytwarzały kwiatów i owoców. Liście ich były małe, skarłowaciałe, często nienormalnie poskręcane i sztywne. Opisane zjawisko może świadczyć o tym, że każdy gatunek posiada pewną optymalną ilość chromosomów, która warunkuje najlepszy rozwój, dalsze uwielokrotnienie liczby chromosomów prowadzi już do zwyrodnienia. Wszystkie te obserwacje mogą być dowodem, że zdwojeniu liczby chromosomów towarzyszą najróżnorodniejsze zmiany, co prawdopodobnie związane jest też z dziedzicznymi właściwościami roślin wyjściowych. Kminek jest silnie heterozygotyczny jako roślina obcopolna, zapyłana przez owady. Bogactwo i zmienność cech znacznie się przy tym zwiększa, ponieważ powstają nowe, dotychczas nie spotykane w obrębie danego gatunku formy o różnej budowie morfologicznej. Na wyżej opisane zjawisko zwrócili już o wiele wcześniej uwagę inni badacze, jak Hulewiczowa (8), Filutowicz (8), Baranow (1) i inni. Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono istotny wpływ form na zróżnicowanie wartości badanych cech.

Należy zaznaczyć, że surowe poliploidy otrzymane przeze mnie można uważać tylko za materiał wyjściowy do dalszych prac hodowlanych. Konieczne jest więc stosowanie dodatkowych metod uszlachetniających, opartych przede wszystkim na krzyżowaniu najlepszych form oraz na selekcji.

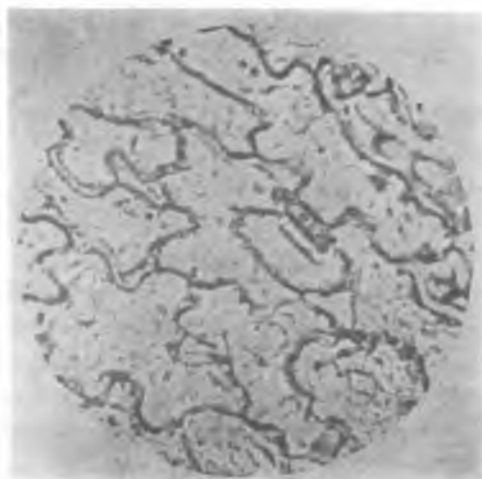
Budowa anatomiczna

Przy badaniach anatomicznych uwzględniono takie cechy, jak: grubość liścia, grubość miękiszu palisadowego i gąbczastego, grubość komórki skórki strony górnej i dolnej, średnia grubość wiązki nerwu głównego, długość i szerokość ziarna pyłku, procent pyłku wykształconego, wielkość przewodów olejkowych (szerokość i wysokość) i średnią grubość wiązki sitowo-naczyniowej w żeberku owocu.

Pomiary mikrometryczne przeprowadzono za pomocą wycechowanego mikroskopu E. Leitz (Wetzlar) na 3 przekrojach dobrze rozwiniętych odcinkach III rzędu liści różyczkowych z 60 egzemplarzy każdej formy (180 preparatów). Otrzymane wyniki zestawiono w tab. 7.

Należy dodać, że różnice między kminkiem di- a tetraploidalnym we wszystkich badanych cechach anatomicznych są udowodnione statystycznie z 5% ryzykiem błędu. Na uwagę zasługuje bardzo mały współczynnik zmienności.

Liść. Wahania grubości liścia były dość znaczne i wynosiły od 451,0 μ do 478,5 μ u tetraploidów, a u formy wyjściowej 378,7 μ do 390,7 μ .



Ryc. 6. Aparat szparkowy liścia tetraploidu (pow. ok. 450 x)
Stomata apparatus of a tetraploid leaf (magnified ca. 450 x)

Grubość miękiszu palisadowego, który u tetraploidów wahał się w granicach od $65,9\ \mu$ do $69,0\ \mu$, u diploidów wynosił od $49,7\ \mu$ do $52,3\ \mu$. Grubość miękiszu gąbczastego, który u tetraploidów również był 1—2 warstwowy wynosiła od $119,2\ \mu$ do $128,1\ \mu$, a u diploidów od $76,8\ \mu$ do $83,3\ \mu$. Grubość komórek skórki górnej strony liścia u tetraploidów wahała się w granicach od $19,0\ \mu$ do $22,0\ \mu$, a u diploidów od $11,7\ \mu$ do $13,1\ \mu$; po stronie dolnej wynosiła ona u tetraploidów od $30,0\ \mu$ do $34,0\ \mu$, diploi-



Ryc. 7. Aparat szparkowy liścia diploidu (pow. ok. 450 x)
Stomata apparatus of a diploid leaf (magnified ca. 450 x)

dów od $12,1\ \mu$ do $15,8\ \mu$. Średnica wiązki nerwu głównego u tetraploidów wahała się w granicach od $105,0\ \mu$ do $124,0\ \mu$, a u diploidów od $65,2\ \mu$ do $85,1\ \mu$.

Aparat szparkowy. Pomiarów wielkości komórek szparkowych dokonano na skórkach liści pochodzących z tego samego piętra. Długość komórek szparkowych tetraploidów wynosiła od $33,2\ \mu$ do $36,0\ \mu$, szerokość od $18,9\ \mu$ do $22,2\ \mu$, u diploidów natomiast długość od $20,2\ \mu$ do $24,0\ \mu$, a szerokość od $11,3\ \mu$ do $15,0\ \mu$ (ryc. 6 i 7).

Pyłek. Świeży pyłek pobierano z głównych baldachów w okresie pełnej dojrzałości, tj. w okresie przekwitania. Pyłek badano pod mikroskopem w roztworze oleju makowego. Wymiary pyłku tetraploidu wynosiły od $30,0\ \mu$ do $34,0\ \mu \times 16,0\ \mu$ do $17,0\ \mu$, zaś diploidu od $26,0\ \mu$ do $27,0\ \mu \times 12,0\ \mu$ do $13,0\ \mu$. W polu widzenia mikroskopu liczone zarówno pyłek źle, jak i dobrze wykształcony. (ryc. 8 i 9).



Ryc. 8. Pyłek rośliny tetraploidalnej (pow. ok. 450 x)

Pollen of tetraploid plant (magnified ca. 450 x)

Owoce. Ilość żeberek i przewodów olejkowych nie ulegała zmianie u obu form. Szerokość przewodów olejkowych diploidu wahała się w granicach od $264,0\ \mu$ do $273,5\ \mu$, a u tetraploidu od $367,7\ \mu$ do $378,6\ \mu$, wysokość $56,6\ \mu$ do $63,4\ \mu$, a u tetraploidu od $66,0\ \mu$ do $80,9\ \mu$. Ponadto przeprowadzono pomiary mikrometryczne średnic wiązek sitowo-naczyniowych, które u tetraploidów wahały się w granicach od $60,3\ \mu$ do $63,0\ \mu$ a u diploidów od $55,2\ \mu$ do $58,4\ \mu$ (ryc. 10 i 11).

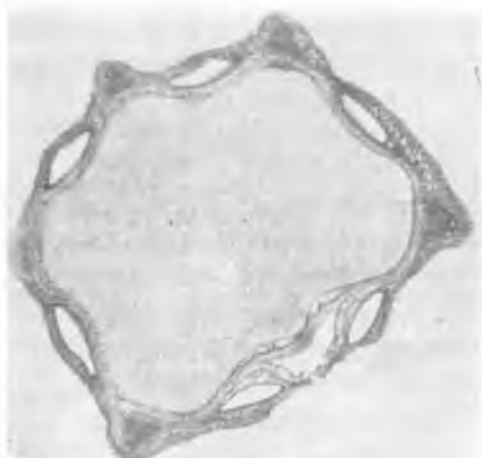
Badania anatomiczne wykazały, że wymiary wszystkich elementów wewnętrznej budowy tetraploidów uległy zmianie pod wpływem poliploidyzacji (tab. 7).



Ryc. 9. Pyłek rośliny diploidalnej (pow. ok. 450 x)
Pollen of diploid plant (magnified ca. 450 x)

Badanie składu chemicznego

Najważniejszym składnikiem owoców kminku jako rośliny leczniczej jest olejek. Zawartość olejku u form diploidalnych wahała się w granicach od 3 do 7%. Według Farmakopei Polskiej III owoce kminku zwyczajnego powinny zawierać nie mniej niż 4% olejku eterycznego. W surowcu handlowym zawartość olejku wahała się w granicach od 3,15 do 6,86%. Na podstawie badań przeprowadzonych przez T u m i ł o w i c z



Ryc. 10. Przekrój poprzeczny przez owoc tetraploidu (pow. ok. 450 x)
Transverse section through a tetraploid fruit (magnified ca. 450 x)

w Zakładzie Botaniki Farmaceutycznej w Gdańsku w r. 1957 owoce kminku pochodzące z upraw krajowych zawierały od 7,59 do 10,53% olejku. Kminek ze stanowisk naturalnych zawierał go przeciętnie 7,71% (26). Według Hegi (12) kminek dziki ma większą zawartość olejku lotnego, dochodzącą do 7%. Oprócz olejku ważniejszymi składnikami występującymi w owocach kminku są: tłuszcz (około 20%), związki białkowe (do 20%), węglowodany i w nieznacznym ilościach żywice, garbniki, wosk, sole mineralne. Użyty do poliploidyzacji materiał wyjściowy zawierał 4,9% olejku.

Procentowa zawartość olejku

Oznaczanie zawartości olejku wykonano za pomocą destylacji z parą wodną w aparacie Derynga według F. P. III. Wyniki analiz zestawiono w tab. 4. (Dla każdej formy wykonano sześć oznaczeń, obliczono średnią).

Z danych umieszczonych w tab. 4 wynika, że kminek tetraploidalny zawiera znacznie więcej olejku niż kminek diploidalny. Różnice między tymi formami są istotne pod względem statystycznym.

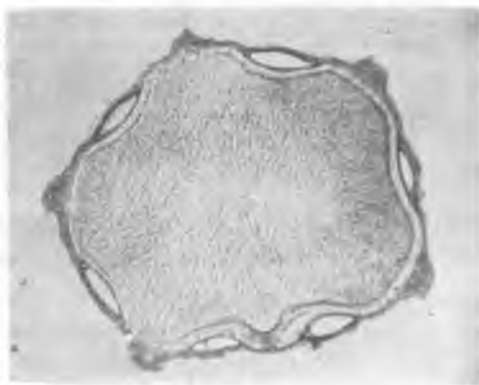
Tabela 4. Procentowa zawartość olejku w owocach kminków diploidalnego i tetraploidalnego
Percentage content of oil in fruits of diploid and tetraploid cumin

Forma	Rok	Data oznaczenia	\bar{x} % zawartość olejku w przeliczeniu na masę suchą	V	d	L	Względna zawartość olejku	Wydajność olejku z rośliny w %
diploid	1958	7 — 9 II 1961	4,9	1,92	1,895	0,055	100%	42,14
tetraploid C ₀		7 — 9 II 1961	6,8	1,07			138,8%	47,60
diploid	1959	10 — 11 II 1961	6,4	1,23	3,900	0,055	100%	56,96
tetraploid C ₁		10 — 11 II 1961	10,3	0,89			169,9%	67,98
diploid	1960	14 — 17 II 1961	6,7	0,97	4,205	0,040	100%	58,96
tetraploid C ₂		14 — 17 II 1961	10,9	0,55			162,7%	73,03
diploid	1961	12 — 15 II 1961	6,03	1,03	4,705	0,043	100%	56,70
tetraploid C ₃		12 — 15 II 1961	11,0	0,63			174,6%	75,90

Objaśnienia: \bar{x} = średnia arytmetyczna, d = różnica wartości z próby, V = współczynnik zmienności, L = przedział ufności t „Studenta”, czyli najmniejsza udowodniona różnica.

S k ł a d o l e j k u

W skład olejku kminkowego wchodzi d-karwon i d-limonen jako związki główne, w mniejszej ilości dwuhydrokarwon, d-dwuhydrokarweol i karweol. Woda aromatyczna po destylacji zawiera: furforol, aldehyd octowy, dwuacetyl, alkohol metylowy (11), a ponieważ głównym składnikiem jest karwon, dlatego przeprowadziłem jeszcze oznaczenie w oleju karwonu. Stałe fizyko-chemiczne, które zestawia tab. 5, oznaczono w oleju pochodzącym z roślin di- i tetraploidalnych (tab. 5). Okazuje się, że obie formy olejków mało różnią się pomiędzy sobą właściwościami fizyko-chemicznymi. Wyraźniejsze różnice między obu formami występowały jedynie w zawartości karwonu, u diploidów wynosiła ona 51,83%, a u tetraploidów 53,87%.



Ryc. 11. Przekrój poprzeczny przez owoc diploidu (pow. ok. 450 x)
Transverse section through a diploid fruit (magnified ca. 450 x)

B a d a n i a o l e j k u n a t o k s y c z n o ść

Badania przeprowadzono na myszkach białych, pochodzących z jednego miotu o wadze ok. 20 g (do doświadczenia użyto 70 myszek). Badaniom poddano równomiernie olejek pochodzący z kminków kolchicynowanego i niekolchicynowanego. Oznaczono LD_{50} (jest to dawka śmiertelna dla 50% zwierząt obserwowanych) wg metody B. B e h r e n s a, przy doustnym podawaniu i dobowej obserwacji. Stwierdzono, że dawka taka wynosi 0,036 ml na 10 g żywej wagi myszki, zarówno dla olejku z roślin niekolchicynowanych, jak też i kolchicynowanych. Z doświadczenia wynika, że rośliny kolchicynowane pod względem toksyczności olejku nie różnią się od roślin niekolchicynowanych.

Tabela 5. Stałe fizyko-chemiczne olejku pochodzącego z kminków diploidalnych i tetraploidalnych

Physical and chemical constants of oil obtained from diploid and tetraploid cumin

FORMA i pokolenie	ROK zbioru	Data oznaczenia	Stałe fizyko-chemiczne							Zawartość karwonu ozn. wg metody hydroksylaminowej
			Ciężar właściwy	Skręcalność 20°	Współczynnik załamania światła 20°	Liczba kwasowa ozn. wg F.P. III	Liczba estrowa ozn. wg F.P. III	Liczba acetylowa ozn. wg F.P. III		
diploid	1958	21 — 24 III 1961	0,9101	+77,20'	1,4863	1,24	31,94	167	50,97%	
tetraploid C ₀	1958		0,9117	+78,48'	1,4872	1,96	33,20	170	51,83%	
diploid	1959	27 — 28 III 1961	0,9104	+78,24'	1,4875	1,48	37,16	178	52,81%	
tetraploid C ₁	1959		0,9263	+79,14'	1,4882	1,86	39,07	189	53,87%	
diploid	1960	6 — 8 III 1961	0,9095	+75,76'	1,4869	2,12	33,91	177	51,12%	
tetraploid C ₂	1960		0,9146	+76,84'	1,4877	2,37	35,42	182	52,79%	
diploid	1961	12—15 VII 1961	0,9103	+76,22'	1,4874	2,01	33,73	174	51,10%	
tetraploid C ₃	1961		0,9164	+77,86'	1,4880	2,23	34,98	180	52,82%	

ZESTAWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Na podstawie własnych badań nad wpływem poliploidyzacji na zawartość olejku dochodzi się do następujących wniosków:

1. Kolchicynowanie roślin w młodym stadium prowadzi do powstania około 70% form tetraploidalnych, ok. 10% heksaploidalnych, ok. 2% oktoploidalnych, a ok. 12% miksploidalnych.

2. Istnieje istotne różnicowanie między formą diploidalną a tetraploidalną. Różnicowanie to odnosi się przede wszystkim do cech morfologicznych, anatomicznych i fizjologicznych.

3. Wysokość roślin tetraploidalnych jest o ok. 18 cm mniejsza od roślin diploidalnych, diploid dochodzi do 85 cm, a tetraploid do 71 cm.

4. Liście dolne formy tetraploidalnej różnią się wyraźnie swoim pokrojem. Są grubsze, szersze, intensywniej zabarwione i mają dłuższy ogonek pochwiasto obejmujący łądygę. Pochwy są dłuższe o ok. 12 cm i szersze o 0,5 cm. Liście górne posiadają mniejsze różnice między długością liścia a jego szerokością.

5. Szparki tetraploidu mają wymiary 36 x 22 μ , a diploidu 24 x 15 μ .

6. Pylek tetraploidu jest większy, posiada wymiary 33,4 x 17,3 μ a diploidu 27,1 x 13,2 μ .

7. Przewody olejkowe są szersze prawie o 100 μ , szerokość tetraploidu wynosi 378,6 μ , a diploidu 275,5 μ .

8. Plon owoców formy tetraploidalnej z pojedynczej rośliny jest niższy o 13,7⁰/o.

9. Ciężar 1000 owoców formy tetraploidalnej jest wyższy o 31,3⁰/o.

10. Owoce formy tetraploidalnej mają o 82⁰/o więcej olejku.

11. Olejek tetraploidu zawiera 53,87⁰/o karwonu, a diploidu 51,83⁰/o, tj. o 2⁰/o więcej.

12. Toksyczność olejku pochodzącego z roślin kolchicynowanych i niekolchicynowanych jest jednakowa.

13. Przeprowadzona analiza pozwala stwierdzić, że forma tetraploidalna różni się istotnie od formy wyjściowej.

14. Kminek tetraploidalny jest bardziej zimoodporny od formy wyjściowej oraz przedłuża swoją żywotność z dwu na cztery lata.

PIŚMIENNICTWO

1. Baranow P. A.: Poliploidja. Wiestn. Akad. Nauk SSSR, 9, 30, 1958.
2. Barbacki S.: Rola poliploidalności w genetyce i hodowli roślin. Probl. Post. Nauk. Roln. 1, 3, 1956.
3. Boratyńska W., Michalski T.: Tetraploidalna forma glistnika uzyskana metodą kolchicynowania. Biul. Inst. Rośl. Lecz. 1, 40, 1957.
4. Boratyńska W., Leszczakowa W.: Badania cytologiczno-morfologiczne kocimiętki właściwej. P. I. N. L. S. R. 3, 70, 1955.
5. Boratyńska W.: Zawartość rutyny w tetraploidalnych rodach grygi zwyczajnej. P. I. N. L. S. R. 2, 164, 1960.
6. Blakeslee A. F., Avery A. G.: Cytogenetics of Tetraploid Maize. Journal of Heredity. 28, 393, 1937.
7. Esser K.: Eine Eintauchmethode zur Colchicinbehandlung. Züchter, 23, 143, 1953.
8. Filutowicz A.: Aneuploidy i ich znaczenie w hodowli roślin. Probl. Post. Nauk Roln. 1, 91, 1956.
9. Gajewski W.: Rola poliploidalności w ewolucji roślin. Probl. Post. Nauk Roln. 1, 157, 1956.
10. Gierassimow J. J.: Abhängigkeit der Grösse der Zelle von der Menge ihrer Kernusse. Z. Allg. Physiol. 1, 220, 1902.
11. Guenther E.: The Essential Oils. London, 573, 1950.
12. Hegi G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. München.
13. Kawatani Ono: Ciekawi kieratologiczni zmini u widiw waleriani. Ref. Żurnał. 9, 84, 1955.
14. Korohoda J.: Rzodkiewka tetraploidalna. Biul. Inst. Hod. i Aklimatyzacji Roślin. 1, 57, 1959.
15. Kuźdowicz A.: Metody otrzymywania sztucznych poliploidów u roślin. Probl. Post. Nauk Roln. 1, 31, 1956.
16. Kuźdowicz A.: Łatwe metody ustalania stopnia poliploidalności u roślin. Biul. Hod. i Aklimatyzacji Roślin. 20, 97, 1957.
17. Łączyńska-Hulewiczowa T.: O naturalnych i sztucznych poliploidach. Post. Nauk Roln. 6, 10, 1955.

18. Łączyńska-Hulewiczowa T.: Zmienność sztucznych poliploidów. Probl. Post. Nauk Roln. 1, 53, 1956.
19. Łączyńska-Hulewiczowa T.: Znaczenie poliploidalności dla hodowli roślin i rolnictwa. Poznań. 5, 54, 1956.
20. Łączyńska-Hulewiczowa T.: Osiągnięcia praktyczne i perspektywy w hodowli poliploidów. Probl. Nauk Roln. 1, 53, 1956.
21. Nilsson Ehle H.: Poliploidia. Hereditas, 21, 379, 1936.
22. Skalińska M.: Poliploidalność w świecie roślin. Post. Nauk. Roln. 1, 7, 1956.
23. Skalińska M.: Poliploidy u *Valeriana off. L.*, Journal Linn. Soc. London, 83, 159, 1947.
24. Sybenga J.: The Significance of Colchicine from *Colchicum autumnale L.* for the Induction of Poliploidy in Nature. Genetica, 3, 217, 1956.
25. Tandon S. L., Bali P. N.: Morphological and Cytological Studies of the Diploid and the Colchicine Induced Tetraploid in *Linaria vulgaris*. Genetica. 1, 101, 1958.
26. Tumiłowicz H.: Uprawa kminku zwyczajnego. P. W. R. i L. 1957.
27. Zebrak A. P.: Eksperymentalnoje počuczenije mieżsortowych amfidiploidow grezczichi. Dokł. Akad. Nauk SSSR, 6, 1121, 1955.

РЕЗЮМЕ

Работа выполнена на кафедре фармакогнозии Медицинской академии в Люблине в период с 1957 по 1961 г.

В основном исследования состояли в попытках полиплоидизации тмина с помощью кольхицинирования, причем применялось как кольхицинирование саженцев, так и намачивание проросших семян в соответственно подобранных растворах. Изучались также фазы развития тетраплоидов в сравнении с исходной формой. Произведены замеры листьев и плодов диплоидов и тетраплоидов. Определялось также содержание эфирных масел и их химический состав, а также проведены биологические исследования на мышцах.

Установлено, что 0,2% раствора кольхицина оказывает благоприятное влияние на ход полиплоидизации.

Наиболее высокое содержание эфирных масел было обнаружено в поколении С₁ — 10,3%, С₂ — 10,9% и С₃ — 11,0%, т.е. это превышает на 82% содержание масла у диплоидов, причем у него более высокий удельный вес и выше содержание карвона (в среднем на 2,04%).

Табл. 1. Процент полученных полиплоидов в зависимости от концентрации раствора кольхицина.

Табл. 2. Процент полученных полиплоидов в зависимости от времени намачивания.

Табл. 3. Фазы развития ди- и тетраплоидного тмина в период 1958—1961 гг. (псча — деградированный лесс при полном удобрении).

Табл. 4. Процентное содержание эфирных масел в плодах ди- и тетраплоидного тмина.

Табл. 5. Физико-химические константы масел, полученных из ди- и тетраплоидного тмина.

Табл. 6. Морфологические свойства ди- и тетраплоидного тмина.

Табл. 7. Сравнение анатомического строения листьев, устиц, пыльцы и плодов ди- и тетраплоидной формы тмина.

Рис. 1. Тмин (*Carum carvi* L.). Хромосомы тетраплоида.

Рис. 2. Тмин (*Carum carvi* L.). Хромосомы диплоида.

Рис. 3. Розеточковые листья 2, 3 и 4 узла. А — тмин тетраплоидный, В — тмин диплоидный.

Рис. 4. Плоды тетраплоидного тмина (увелич. ок. 3×).

Рис. 5. Плоды диплоидного тмина (увелич. ок. 3×).

Рис. 6. Устичный аппарат листа тетраплоидного тмина (увелич. ок. 450×).

Рис. 7. Устичный аппарат листа диплоида (увелич. ок. 450×).

Рис. 8. Пыльца тетраплоидного растения (увелич. ок. 450×).

Рис. 9. Пыльца диплоидного растения (увелич. ок. 450×).

Рис. 10. Поперечный разрез плода тетраплоидного растения (увелич. ок. 450×).

Рис. 11. Поперечный разрез плода диплоидного растения (увелич. ок. 450×).

SUMMARY

The present research was carried out in the Department of Pharmacology, Medical Academy, Lublin, in the years 1957—1961.

The research was based on an attempt at effecting polyploidation of ordinary cumin by treating with colchicine its seedlings or by soaking germinating fruits in suitable solutions of the alkaloid. The study comprised a comparison between the phases of the growth of tetraploids and of the original form, measurements of the leaves and fruits of both forms, and determination of the oil and of its chemical composition. Biological tests were carried out on mice.

It was found that a 0.2 per cent solution of colchicine favours the course of polyploidation. The highest yield of oil was found in the generations: C₁ — 10.3 per cent, C₂ — 10.9 per cent, and C₃ — 11.0 per cent; they contained 82 per cent more oil than diploids, and their oil had a greater specific gravity and was richer in carvone (on the average by 2.04 per cent and more).

Tabela 6. Cechy morfologiczne kminków diploidalnego i tetraploidalnego
Morphological features of diploid and tetraploid cumin

Forma	Rok	L i ś c i e																								O w o c e																			
		Wysokość roślin w cm				Długość liści dolnych w cm				Ilość odcinków liścia dolnego				Długość odcinków liścia dolnego w mm				Szerokość odcinków liścia dolnego w mm				Długość liści górnych w cm	Ilość odcinków liścia górnego	Długość odcinków liścia górnego w mm	Szerokość odcinków liścia górnego w mm	Długość w mm				Szerokość w mm				Ciężar owoców z jednej rośliny w g				Ciężar 1000 owoców				Ilość owoców z jednej rośliny			
		\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L					\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L
diploid tetraploid C ₀	1958	79,82	1,097	-8,82	0,45	31,99	0,582	-6,99	0,12	16,0	4,97	-2,0	0,44	7,17	1,76	-0,47	0,073	5,00	2,51	1,815	0,074	16,8	13,0	6,0	4,6	5,20	1,53	1,890	0,048	1,400	5,19	0,620	0,053	8,65	0,0084	-1,678	0,00049	3,38	0,166	0,69	0,0046	2 785	0,020	-1 066	0,46
diploid tetraploid C ₁	1959	84,00	0,330	-12,01	0,17	32,98	0,608	-7,00	0,13	16,6	6,60	-2,6	0,56	7,00	1,47	-0,20	0,061	5,18	2,10	1,530	0,070	15,7	14,0	6,2	4,8	5,40	1,34	0,945	0,045	1,705	5,20	0,380	0,060	8,92	0,0103	-2,311	0,00039	3,46	0,188	0,53	0,0046	2 842	0,028	-1047	0,55
diploid tetraploid C ₂	1960	85,00	0,339	-16,19	0,24	37,00	0,438	-9,00	0,11	18,00	4,42	-2,0	0,43	7,19	1,35	2,04	0,098	4,89	1,87	1,815	0,054	18,0	15,0	5,8	5,3	5,10	1,49	1,300	0,046	1,595	4,30	0,710	0,061	8,85	0,0064	-2,142	0,00046	3,38	0,265	0,62	0,0044	2 717	0,032	-1 014	0,55
diploid tetraploid C ₃	1961	85,00	0,339	-16,40	0,28	34,13	0,922	-5,26	0,17	17,00	3,82	1,0	0,36	6,90	1,33	2,90	0,055	6,40	1,07	2,305	0,050	15,8	14,0	6,0	5,2	5,20	1,53	1,500	0,051	1,805	4,58	0,580	0,054	8,98	0,0072	-2,065	0,00053	3,86	0,206	0,40	0,0049	2 889	0,025	-974	0,53

Objaśnienia: \bar{x} = średnia arytmetyczna, V = współczynnik zmienności (wyraża wielkość zmienności poszczególnych wyników w odsetkach od średniej arytmetycznej), d = różnica wartości z próby, L = przedział ufności t „Studenta”, czyli najmniejsza udowodniona różnica.

Tabela 7. Porównanie cech anatomicznych liści, aparatu szparkowego, pyłku i owoców kminków diploidalnego i tetraploidalnego
Comparison of anatomical structure of leaves, stomata, pollen and fruits of diploid and tetraploid cumin

F o r m a	Rok	L i ś c i e																								A p a r a t s z p a r k o w y								P y ł e k												O w o c e															
		Grubość liścia w μ .				Grubość miękiszu palisadowego w μ .				Grubość miękiszu gąbczastego w μ .				Grubość skórki po stronie górnej w μ .				Grubość skórki po dolnej stronie liścia w μ .				Średnia grubość wiązki nerwu głównego w μ .				Długość szparek po dolnej stronie liścia w μ .				Szerokość szparek w μ .				Długość ziarn pyłku w μ .				Szerokość ziarn pyłku w μ .				Procent pyłku wykształconego				Rozmiary przewodów olejkowych						Średnia grubość wiązki sitowo-naczyniowej w μ .									
		\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L	\bar{x}	V	d	L												
diploid	1958	378,7	0,042			49,7	0,113			77,4	0,094			11,9	0,273			13,3	0,545			65,2	0,086			20,2	0,278			11,3	0,760			26,2	0,248			12,8	0,439			88,1	0,180			275,5	0,020			92,2	0,0479			63,4	0,089			57,0	0,099		
tetraploid C ₀		451,4	0,037	72,7	0,1036	65,9	0,085	16,2	0,0360	41,8	0,0415			19,0	0,378	7,1	0,0368	30,0	0,153			105,0	0,062			39,8	0,0389			33,2	0,276	13,0	0,0504	18,9	0,420	7,6	0,0530	31,6	0,272	5,4	0,0458	15,9	0,540	3,1	0,0479	80,3	0,090	7,8	0,0818	367,7	0,023			66,0	0,130	2,6	0,0479	62,8	0,137	5,8	0,0479
diploid	1959	383,1	0,014			50,1	0,145			76,8	0,084			11,7	0,480			12,6	0,515			71,8	0,101			22,7	0,378			15,1	0,701			23,9	0,235			12,7	0,511			87,2	0,105			264,7	0,027			113,9	0,0415			57,3	0,139			55,2	0,176		
tetraploid C ₁		470,2	0,023	87,1	0,0578	67,7	0,096	17,6	0,0441	43,8	0,0360			19,9	0,231	8,2	0,0328	31,8	0,204			105,6	0,075			33,8	0,0488			36,1	0,220	13,4	0,0530	21,0	0,345	7,9	0,0530	29,8	0,308	5,9	0,0504	15,4	0,471	2,7	0,0441	81,9	0,103	5,3	0,0569	378,6	0,015			78,3	0,083	2,0	0,0463	63,0	0,103	7,8	0,0548
diploid	1960	387,8	0,017			51,6	0,141			81,2	0,080			12,4	0,585			14,7	0,382			85,1	0,101			24,0	0,406			15,0	0,530			27,1	0,239			13,2	0,602			87,4	0,064			273,0	0,024			100,5	0,0530			61,5	0,118			58,3	0,136		
tetraploid C ₂		473,9	0,014	86,1	0,0415	67,9	0,096	16,3	0,0441	46,9	0,0360			22,0	0,255	9,6	0,0415	34,0	0,213			124,0	0,074			38,9	0,0569			36,0	0,255	12,0	0,0605	22,2	0,292	7,2	0,0563	33,4	0,238	6,3	0,0463	17,3	0,530	4,1	0,0549	82,0	0,069	5,4	0,0360	373,5	0,026			68,0	0,083	6,5	0,0415	60,3	0,093	2,0	0,0441
diploid	1961	390,7	0,027			52,3	0,107			83,3	0,067			13,1	0,350			15,8	0,356			81,4	0,089			23,3	0,311			14,1	0,609			27,2	0,267			13,6	0,337			86,4	0,099			284,0	0,033			113,5	0,0569			56,6	0,161			56,9	0,161		
tetraploid C ₃		478,5	0,010	87,8	0,0546	69,0	0,105	16,7	0,0415	42,3	0,0356			21,2	0,306	8,1	0,0560	33,2	0,239			117,5	0,073			35,9	0,0463			35,9	0,281	12,6	0,0441	20,1	0,427	6,0	0,0549	32,1	0,303	4,9	0,0549	16,8	0,432	3,2	0,0402	84,2	0,116	2,2	0,0587	377,5	0,024			80,9	0,057	2,3	0,0479	61,5	0,118	4,6	0,0530

Objaśnienia: \bar{x} = średnia arytmetyczna, V = współczynnik zmienności, d = różnica wartości z próby, L = przedział ufności t „Studenta”.

