

LEON MEJNARTOWICZ, GRZEGORZ KOSIŃSKI

## GENETYKA

Zdaniem Rohmedera i Schönbacha (1959) modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.) jest gatunkiem, któremu w Europie poświęcono największą liczbę prac naukowych. Wynika to zapewne nie z gospodarczego znaczenia modrzewia, lecz z emocjonalnego stosunku człowieka do tego drzewa, które wspaniałą sylwetką i piękną barwą liści wzbudzało zawsze jego sympatię.

Pomimo to areal uprawy modrzewia wybitnie zmniejszył się w ciągu XIX stulecia tak, że zwrócił na to uwagę najwybitniejszy polski botanik prof. Władysław Szafer (1913) nawołując do zwiększenia upraw modrzewiowych. Nadal pozostaje też szereg kwestii nie wyjaśnionych w zakresie genetyki i hodowli modrzewia. Nie wiadomo dokładnie np., które z polskich proveniencji modrzewia, choćby nawet z drzewostanów nie autochtonicznych, są najbardziej przydatne dla gospodarki leśnej, nie wiadomo też, jaką będą miały wartość mieszańce modrzewi *L. kaempferi* × *decidua*, które w wieku młodocianym są szczególnie szybko rosnącymi drzewami. Nie ma też zbyt wielu danych na temat odziedziczalności najważniejszych gospodarczo cech. Badania tych zagadnień są długotrwałe, lecz konieczne.

## ZMIENNOŚĆ STRUKTURY GENOMU

Podobnie jak u większości gatunków z rodziny *Pinaceae*, podstawowa liczba chromosomów u modrzewi, w tym u modrzewia europejskiego, wynosi  $n=12$  (Darlington, Wylie 1955,



Sax, Sax 1933, Simak 1962). Tylko Khan (1951) sugeruje redukcję podstawowej liczby chromosomów w rodzaju *Larix* na  $n=6$ , ale nie znajduje to potwierdzenia w pracach innych autorów.

Analiza długości chromosomów, pozycji centromerów i wtórnych przewężeń chromosomów modrzewia europejskiego różnych pochodzeń z Alp, Sudetów, Słowacji, Polski i Rumunii nie wykazały morfologicznych różnic w kariotypie tych modrzewi (Simak 1962). Najbliższy geograficznie, a zapewne i filogenetycznie modrzewiowi europejskiemu, modrzew syberyjski (*L. russica* Endl. Sabine ex Trautv.) ma chromosomy identycznej długości i o tym samym indeksie centromerowym, lecz wyróżnia go obecność dwóch par chromosomów z przewężeniami wtórnymi (Simak 1964). Podobny kariotyp jak u modrzewia syberyjskiego występuje u *L. kaempferi* (Lamb.) Carriere (Illies 1966b).

Modrzewie wykazują się dużą stabilnością genomu, a poliploidy spotyka się niezwykle rzadko. W Danii opisany został przez Christiansena (1950) naturalny tetraploidalny osobnik modrzewia europejskiego. Znane są również spontanicznie powstające tetraploidalne osobniki modrzewia japońskiego. Częstotliwość ich pojawiania się wyniosła 0,0012%. Modrzewie tetraploidalne charakteryzowały się mniejszą o 25-44% liczbą szparek przy jednoczesnym zwiększeniu ich długości o 23-40% (Chiba i Watanabe 1952). Igły tych modrzewi były grubsze, czasami zrosnięte i skręcone oraz występowały z mniejszą gęstością na pędach. W wyniku kontrolowanego krzyżowania *L. decidua* × *L. occidentalis*, prawdopodobnie jako efekt zapłodnienia haploidalnej komórki jajowej modrzewia europejskiego pyłkiem modrzewia zachodniego o niezredukowanej liczbie chromosomów, otrzymano triploidalnego ( $2n=36$ ) mieszańca (Syracl Larsen 1956).

Nasiona modrzewia europejskiego i japońskiego poddane działaniu kolchicyny dawały w efekcie rośliny diploidalne i tetraploidalne oraz tzw. miksploidy, mające w różnych częściach rośliny diploidalną bądź tetraploidalną liczbę chromosomów (Illies



1951). W wyniku krzyżowania kolchicynowanych osobników, produkujących gamety o niezredukowanej liczbie chromosomów, z osobnikami diploidalnymi otrzymano potomstwo ( $C_1$ ) o całej gamie zmienności liczby chromosomów: diploidalnej, triploidalnej i tetraploidalnej oraz aneuploidalnej (Illies 1966a, 1969, 1976).

Aneuploidy otrzymywano zarówno w krzyżówkach wewnątrz jak i międzygatunkowych (Illies 1976). Poliploidy indukowane wykazywały też większą częstość komórek aneuploidalnych niż poliploidy naturalne. Częstym zjawiskiem w takich przypadkach jest miksoploidalność (Illies 1966b, 1976). Analiza liczby chromosomów w tkankach somatycznych w kolejnych sezonach wegetacyjnych wykazywała, że istnieje tendencja jej zmiany w kierunku liczby euploidalnej (Illies 1966a).

Pierwsze pokolenie ( $C_1$ ) potomstwa z krzyżowania osobników poddanych działaniu kolchicyny ( $C_0$ ), dało w wyniku wolnego zapylenia 1,5 - 1,9% pełnych nasion, a w kontrolowanym krzyżowaniu z diploidalnym *L. decidua* 24,4%. Otrzymane z tych nasion siewki ( $C_2$ ) wykazywały zmienną liczbę chromosomów: 34% z nich było diploidalnych, pozostałe zaś były aneuploidami (Illies 1969, 1976). Analiza mikrosporogenezy u osobników pokolenia  $C_1$  wykazała znaczne zaburzenia w jej przebiegu. W metafazie I wykryto 28,3% zakłóceń w łączeniu się chromosomów w pary. Odpowiednio 21 i 24% komórek w anafazie I i II wykazywało zaburzenia w postaci tworzenia się mostków chromosomowych, braku dysjunkcji oraz występowaniu tzw. chromosomów opóźnionych. Po mejozie 12,5% tetrad wykazywało nienormalną liczbę mikrospor, maksymalnie 7 (Illies 1969). Zakłócenia w procesie mikrosporogenezy prowadzące do powstania płodnych diploidalnych pyłków mogą być też powodowane działaniem promieni gamma (Eriksson i in. 1966).

Podobnie jak poliploidy naturalne, również osobniki o indukowanej zmianie ploidalności wykazują zakłócenia morfologiczne. Pojawiają się wśród nich osobniki karłowate, z mniejszą liczbą krótkich, zgrubiałych igieł na pędzie. Większa zmienność cech wzrostowych i jakościowych przy hybrydyzacji poliploidów



stwarza pewną możliwość wykorzystania osobników o zmiennej liczbie chromosomów w programach hodowlanych modrzewia (Illies 1951, 1969, 1976).

## ZMIENNOŚĆ OSOBNICZA

### FORMY MORFOLOGICZNE

Znajomość różnych form morfologicznych drzew służy z jednej strony celom poznawczym, z drugiej zaś może służyć pomocą w selekcji drzew przez wykorzystanie korelacji pomiędzy zewnętrznymi, łatwo dostrzegalnymi cechami drzewa i innymi cechami użytkowymi. Próby takich pozytywnych korelacji opisał u jodły i brzozy Mejnartowicz (1979, 1983) w przeglądzie literatury dotyczącej genetyki wymienionych gatunków. U modrzewia syberyjskiego Łagov (1959) obserwował wyższy procent kiełkujących nasion z drzew o kwiatach żeńskich fioletowoczerwonych niż zielonożółtych i zielonych z fioletową obwódką na brzegu łuski okrywowej. U modrzewia europejskiego mieszańce otrzymane ze skrzyżowania drzew rodzicielskich różniących się barwą kwiatów nie różniły się istotnie między sobą pod względem wysokości i odporności na czynniki abiotyczne (Vincent, Machaniček 1972).

Zmienność cech modrzewia europejskiego, gdyby wyrazić ją liczbą form naturalnych i ogrodowych, przedstawia się znacznie skromniej, niż to widzimy u sosny czy świerka, a nawet jodły, a ponadto żadna z opisanych form powstałych w naturze i uprawie nie ma znacznej wartości dla gospodarki leśnej.

### FORMY WYRÓŻNIONE NA PODSTAWIE ZMIAN W POKROJU DRZEWA

Poniżej wymienione formy modrzewia europejskiego przedstawiono na podstawie opracowań Klik (1931), Krüssmana (1979), Pilata (1964) i Senty (1981).



'*Cervicorus*' karłowa forma o gałęziach rozwidlonych na kształt rogów jelenich. Znana była w początkach XX wieku, później nie znaleziono o niej wzmianki w literaturze. Może już wymarła.

'*Compacta*' forma karłowa o zwartym wzroście, tworząca drzewka o pokroju kulistym. Wyhodowana została w roku 1830 w hrabstwie Yorkshire w Anglii.

'*Conica*' forma wyhodowana we Francji około 1870 r. o gałęziach przy pniu początkowo ułożonych poziomo, a potem skierowanych ostro w górę, tworzących korony stożkowe do prawie kulistych.

'*Fastgiata*' znana też pod nazwą '*Pyramidalis*', forma o kształcie smukłym, kolumnowym, przypominającym pokrojem topole włoską.

'*Pendula*' forma powstała prawdopodobnie w drodze krzyżowania modrzewia europejskiego z jakimś gatunkiem modrzewia amerykańskiego. Forma ta posiada gałęzie zwisające, cienkie, szyszki duże, do 4 cm długości.

'*Pendulina*' drzewo o gałęziach zwisających ku dołowi, koronie bardzo nieregularnej, często utworzonej z kilku pni powstałych z rozwidlenia się pnia głównego. nisko nad ziemią.

'*Repens*' forma o pewnym znaczeniu w ogrodnictwie parkowym. Posiada gałęzie cienkie i płożące się po ziemi.

'*Viminalis*' drzewa mające odgałęzienia ostatniego i przedostatniego rzędu zwisające ku dołowi.

'*Virgata*' wężowa forma modrzewia, spotykana także w naturze. Gałęzie długie, nieregularnie rozgałęzione, często z małą liczbą odgałęzień drugiego i dalszych rzędów.

Zdaniem L a n g n e r a (1966, 1968), formy o kulistych kształtach koron z gałęziami spiralnie ustawionymi na pniu lub płożącymi się po ziemi powstają w wyniku wsobnego zapylenia drzew. Mają one zwykle słabszy wzrost i powinny być usuwane z drzewostanów nasiennych. Inną możliwość pochodzenia takich form odkryto w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku, szczepiąc pędy zebrane z tzw. czarnej miotły. Otrzymano wtedy pew-



ną liczbę drzew, które są formami karłowymi o kulistym pokroju i noszą nazwę odmiany 'Kórnik' i 'Nana' (Bojarczuk 1980, Seneta 1981).

#### FORMY WYRÓZNIANE NA PODSTAWIE BARWY KWIATÓW

U modrzewia europejskiego dojrzałe kwiaty męskie mają najczęściej barwę żółtawą, chociaż występują również osobniki o kwiatostanach z domieszką barwy czerwonej. Dotychczas nie wyróżniono na tej podstawie form morfologicznych. Na podstawie barwy żeńskich kwiatostanów wyróżniono formy:

- f. *rubriflora* — z kwiatami czerwonymi i czerwonawymi, obejmująca wyróżniane czasami osobno formy *rubra* i *rosea*.
- f. *pallidiflora* — z kwiatami o barwie białej do zielonobiałej, grupująca formy *alba*, *vulgaris* i częściowo *viridiflora*.
- f. *viridiflora* — z zielonymi i żółtozielonymi kwiatami (Domin 1931, 1939/40, Svoboda 1937/38, Szafer 1913). Ponadto Domin (1931) wyróżnia formy: f. *sulphurea*, *colorata* i f. *bicolor*.

Obserwacje na plantacjach nasiennych szczepów modrzewi z Sudetów i niżu polskiego wskazują, że kolor kwiatostanów żeńskich pozostaje niezmienny w kolejnych sezonach wegetacyjnych i niezależny od podkładki (Mejnartowicz 1970, Vincent, Fronk 1972). Wyjątek stanowią osobniki o barwie mieszanej czerwono-zielonej, wykazujące pewne zróżnicowanie odcieni wśród różnych szczepów z tego samego klonu oraz w kolejnych latach (Mejnartowicz 1970). Nie wpływa też na kolor kwiatów wiek drzewa, z którego pobiera się zrzesy (Vincent, Fronk 1972).

#### FORMY WYRÓZNIANE NA PODSTAWIE SZYSZEK

Wielkość i kształt szyszek oraz łusek nasiennych stanowiły podstawę wyróżniania przez Svobodę (1937/38) i Dominą (1931) następujących form:

- f. *typica* — o szyszkach średnio 27 mm długich (15 - 44 mm), średniej szerokości 16 mm (13 - 23), o średniej liczbie łus-



sek 36 (16 - 60) o brzegach wygiętych na zewnątrz, występująca głównie w Alpach.

f. *macrocarpa* — o średniej długości szyszek 45 mm, a szerokości 23 mm z 75 łuskami, występująca zarówno w proweniencjach alpejskich, karpackich oraz sudeckich.

f. *tatrensis* (syn. f. *major*) — wykazująca cechy pośrednie między *macrocarpa* i *microcarpa*, typowa dla modrzewi tatrzańskich, ale także występująca w Alpach.

f. *microcarpa* — o szyszkach kulistych, 17 mm długości (10 - 23) i 11 mm szerokości (9 - 17) z 24 łuskami nasiennymi, miśeczkowatymi, ze sztywnym do wnętrza przygiętym brzegiem, występująca w Karpatach, w proweniencjach środkowopolskich, a także w Alpach.

f. *rosulans* — o bardzo drobnych szyszkach, około 10 mm długości, kulistych, z łuskami rozchylonymi rozetowo, o kształcie łusek zbliżonych do f. *microcarpa*, częsta w Tatrach.

Ponadto wyróżniono inne formy — *obtusa*, *convexa*, *pallidiflora*, *pienina*, *culta*, *rossica* i *altaica* (Domin 1931, Kobenz 1925, Szaffer 1913). Jednoznaczne określenie form utrudnia różne w sensie systematycznym traktowanie badanych populacji przez poszczególnych autorów. Jak dotychczas brak jest danych na temat dziedziczenia cech szyszek.

#### KRZYŻÓWKI KONTROLOWANE

Mało jest gatunków drzew leśnych, u których tak wielkie znaczenie mogą mieć kontrolowane mieszańce, jak to ma miejsce w rodzaju *Larix*. Przegląd wcześniejszej literatury na ten temat zawiera się syntetycznie w stwierdzeniu Langnera (1971): „Przyszłość hodowli modrzewia leży w mieszańcach modrzewi”. Późniejsze prace dotyczące mieszańców międzygatunkowych modrzewi są bardziej sceptyczne, chociaż przedstawiane wyniki wskazują, że zarówno międzygatunkowe jak i wewnątrzgatunkowe mieszańce, w dotychczas badanym okresie życia, przewyższają pod względem wartości użytkowej drzewa rodzicielskie.



## MIESZAŃCE MIĘDZYRODZAJOWE

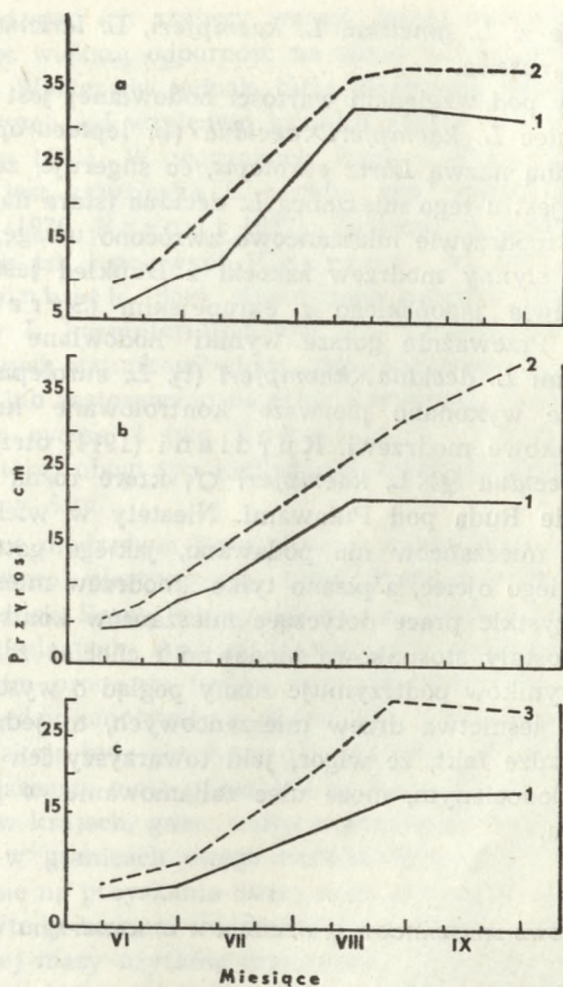
W przeglądzie literatury dotyczącej mieszańców modrzewi nie sposób pominąć pracę Knjazevej (1978) dotyczącą międzyrodzajowej krzyżówki *Larix* × *Pseudotsuga*, chociaż budzi ona pewne wątpliwości brakiem opisu cech wyróżniających otrzymane mieszańce.

Bobrov (1972) zwrócił uwagę na duże podobieństwo rodzajów *Larix* Mill. i *Pseudotsuga* Carr. i zasugerował wykonanie krzyżowania między tymi rodzajami. Kontrolowane zapylanie wykonano w ZSRR w latach 1971, używając jako matki potrójnego mieszańca *Larix eurolepis* × *laricina* i w 1973 r. zapylając drzewa modrzewia syberyjskiego (*L. russica* Endl. Sabine et Trautv.) pyłkiem *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Niżej przedstawiono wyniki według Knjazevej (1978). Z zapyleń *Larix eurolepis* × *laricina* pyłkiem *Pseudotsuga menziesii* otrzymano po 4 latach 11 drzew mieszańcowych, chociaż liczba pełnych nasion była znaczna, bo w zależności od drzewa matecznego wynosiła do 24% wszystkich nasion z drzewa. Siewki mieszańcowe różniły się bardzo między sobą pod względem wysokości i pokroju. Niektóre z nich były wyższe niż równoległe siewki z drzew rodzicielskich z wolnych zapyleń, mając 84 cm wysokości po 4 roku życia. Dla porównania warto zauważyć, że 4-letnie siewki daglezi w warunkach Kórnik pod Poznaniem miały zmienność wysokości w zakresie od 73,3 cm do 177,7 cm w analizie zmienności tej cechy wśród 100 populacji daglezi zielonej (Mejnartowicz 1976). Siewki mieszańcowe rosły szybko, przewyższając często tempem wzrostu gatunki rodzicielskie, co przedstawiono na rycinie 1.

## MIESZAŃCE MIĘDZYGATUNKOWE

W rodzaju *Larix*, zdaniem Krukliśa i Miljutina (1977), znanych jest jedynie około 15% z możliwych kombinacji krzyżowania między gatunkami. W odniesieniu do *L. decidua* opisane





Ryc. 1. Tempo przyrostu wysokości 2-letnich siewek modrzewia syberyjskiego (a, b) i jego ekotypu Sukaczewa (c) powstałych z wolnego zapylenia (1), z zapylenia pyłkiem daglezi zielonej formy szarej i (2) daglezi zielonej typowej (3) (wg Knjazevej 1978)



są mieszańce z: *L. gmelinii*, *L. kaempferi*, *L. laricina*, *L. occidentalis* i *L. russica*.

Najlepszy pod względem wartości hodowlanej jest niewątpliwie mieszaniec *L. kaempferi* × *decidua* (*L. leptoeuropea*) znany też pod błędną nazwą *Larix eurolepis*, co sugeruje, że drzewem matecznym jest u tego mieszańca *L. decidua* (stara nazwa *L. europaea*). Na modrzewie mieszańcowe zwrócono uwagę, gdy okazało się, że słynny modrzew szkocki z Dunkled jest mieszańcem modrzewia japońskiego z europejskim (Syrach Larsen 1937). Przeważnie gorsze wyniki hodowlane otrzymano z mieszańcami *L. decidua* × *kaempferi* (tj. *L. eurolepis*).

W Polsce wykonano pierwsze kontrolowane krzyżowanie międzygatunkowe modrzewi. Kurdiani (1914) otrzymał mieszańce *L. decidua* ♀ × *L. kaempferi* ♂, które rosną do dzisiaj w Leśnictwie Ruda pod Puławami. Niestety w wielu pracach dotyczących mieszańców nie podawano, jakiego gatunku była matka a jakiego ojciec, a pisano tylko „modrzew mieszańcowy”, ponadto wszystkie prace dotyczące mieszańców kontrolowanych wykonane zostały stosunkowo niedawno i chociaż zdecydowana większość wyników podtrzymuje znany pogląd o wysokiej przydatności dla leśnictwa drzew mieszańcowych, to jednak trzeba mieć na uwadze fakt, że wigor, jaki towarzyszy ich rozwojowi w wieku młodocianym, może ulec zahamowaniu w późniejszej fazie wzrostu.

#### CECHY ILOŚCIOWE MIESZAŃCÓW *L. DECIDUA* × *L. KAEMPFERI*

*L. decidua* × *kaempferi* — przewyższa pod względem szybkości wzrostu obydwie gatunki rodzicielskie, zarówno w warunkach normalnej (60%) jak i niskiej (30%) wilgotności gleby, co stwierdzili w doświadczeniach wazonowych (Czerney i in. 1969). W igłach mieszańców gromadzi się znacznie mniej pierwiastków NPK niż u modrzewi europejskich czy japońskich (Czerney i in. l.c.). Także w warunkach polowych doświadczeń udowodniono dużą wartość mieszańców *L. decidua* × *kaemp-*



feri, stwierdzając ich szybszy wzrost, lepiej ukształtowaną koronę i także większą odporność na susze (niż u modrzewia japońskiego). Występuje jednak duża zmienność między rodami mieszańcowymi pod względem kształtu korony i tempa wzrostu (Langner 1971). W warunkach Danii i Francji szczególnie obiecującą jest krzyżówka *L. decidua* ssp. *polonica* × *kaempferi* (Anonim 1976, Brandt 1977). Zarówno w doświadczeniach wazonowych jak i polowych (Czerney i in. 1969, Rohmeder, Schönbach 1959), stwierdzono znacznie lepszy wzrost mieszańców *L. kaempferi* × *decidua* i *L. decidua* × *kaempferi* od drzew czystych gatunków wtedy, gdy posadzono je na ubogich siedliskach lub zastosowano niepełne nawożenie. Ilustruje dobrze to zjawisko rycina 2 (wg Rohmedera i Schönbacha, 1959), na której ubogi typ siedliskowy reprezentuje facja *Vaccinum*, a żyzny *Aira*.

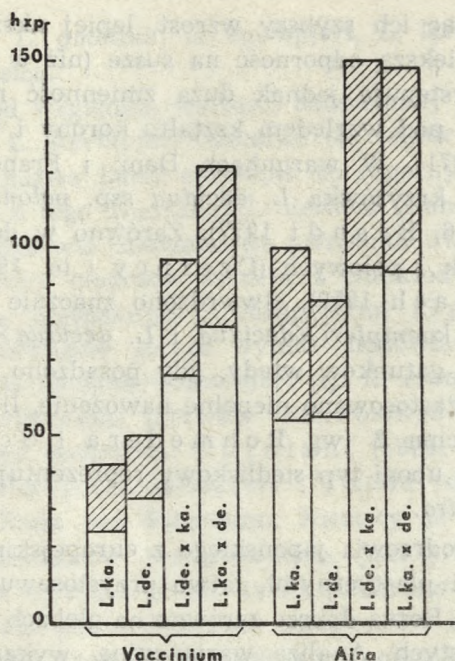
Mieszańce modrzewia japońskiego z europejskim są zdecydowanie drzewami plastycznymi, łatwo przystosowującymi się do różnych siedlisk. Rosną dobrze zarówno na glebach piaszczystych, jak i na gliniastych. Analiza wariancyjna wykazała, że tylko w niewielkim procencie rodów mieszańcowych stwierdzono interakcję między genotypem a siedliskiem, u zdecydowanej większości interakcja była nieistotna (Haasemann 1972, 1974).

Duże znaczenie mają mieszańce modrzewia japońskiego z europejskim w krajach, gdzie żaden z gatunków rodzicielskich nie występuje w granicach swego naturalnego zasięgu. W krajach tych liczy się na pozyskanie dużej masy drewna w krótkiej kolej rębności. Wtedy bowiem mieszańcowe modrzewie dają od 20 do 200% więcej masy użytków drzewnych niż czyste gatunki. Ilustruje to tabela 1, dotycząca doświadczenia porównawczego w Nowej Zelandii (Miller 1974).

Polskie doświadczenia porównawcze modrzewia z Dunkled (*L. kaempferii* × *decidua*) z modrzewiem polskim (*L. decidua* ssp. *polonica*) w wieku 15 lat, także dały wyniki zdecydowanie, bo o 20% wyższe na korzyść modrzewi mieszańcowych pod względem wysokości drzew (Bellon 1967).

Trzeba jednak podkreślić, że wspomniane wyżej wymienione





Ryc. 2. Produktywność ( $h$ —wysokość,  $p$ —powierzchnia przekroju pnia na wysokości 1,3 m) modrzewi: japońskiego (*L. ka.*), europejskiego (*L. de.*) i ich mieszańców w wieku do 11 lat (powierzchnia nie zakreskowana) i od 11-13r (powierzchnia zakreskowana) na 2 typach siedliskowych *Vaccinium* i *Aira* (wg Rohmedera i Schönbacha 1959)

wyniki, osiągnięto porównując mieszańce pochodzące z długoletniego duńskiego programu selekcyjnego, w którym wybrano najlepszych rodziców pod względem szybkości wzrostu, formy pnia i innych cech hodowlanych, podczas gdy potomstwo czystych gatunków pochodziło z nieselekcjonowanych upraw i drzewostanów (Miller 1974). Relacje zatem byłyby inne gdyby mieszańce porównywano z najlepszymi rodami gatunków czystych *L. kaempferi* i *L. decidua*.

Znacznie bardziej miarodajne są niżej przedstawione dane



Tabela 1

Porównanie wartości hodowlanej modrzewi: europejskiego, japońskiego i mieszańców między tymi gatunkami w wieku 13 lat, w Leśn. Hanmer, Nowa Zelandia (Miller 1974)

Takson modrzewia	Pozyskano (słupki i podpórki)		Pozostało			
	sztuk/ha	m <sup>3</sup> /ha	wys. m	∅ 1,3 m	pow. przek. m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha
Mieszańce	3712	82,9	12,6	14,8	17,9	94,3
Md. europejski	1381	29,5	11,3	13,3	13,6	67,5
Md. japoński	1376	27,9	10,6	13,3	13,7	65,8

z badań Syrach Larsena (1956), w których porównywano jak wyżej mieszańce *L. kaempferi* × *decidua* z potomstwem drzewa ojcowskiego *L. decidua*, które to drzewo jest najlepszym drzewem doborowym w Danii.

Precyzyjnie zaplanowane porównania mieszańców *L. decidua* z *L. kaempferi*, w wieku jednego roku, trzech, sześciu i dziewięciu lat z 11 kategoriami prób zebranych z czystych gatunków rodzicielskich wykonali Hattemer i in. (1974). W badaniach tych wśród grup porównywanych znalazły się siewki między innymi z nieselekcjonowanych drzewostanów, z drzewostanów nasiennych, z drzew doborowych oraz z plantacji i wy-

Tabela 2

Porównanie pod względem wartości hodowlanej mieszańców *L. kaempferi* × *decidua* z potomstwem drzewa doborowego *L. decidua* (Syrach Larsen 1956, nieco zmienione)

Cecha mierzona na 1 ha	Wiek: 12		13		18		19	
	mieszaniec	modrzew europejski	mieszaniec	modrzew europejski	mieszaniec	modrzew europejski	mieszaniec	modrzew europejski
Liczba drzew	2540	2700	1106	1219				
Średnica (cm)	10,7	9,8	16,0	14,7				
Wysokość (m)	8,1	7,0	12,4	11,0				
Pow. przekroju (m <sup>2</sup> )	22,8	20,4	22,4	20,7				
Objętość (m <sup>3</sup> )	102	79	156	136				



branych klonów. Średnie wartości wysokości, średnicy i innych badanych cech były korzystniejsze u modrzewi mieszańcowych.

W niektórych badaniach, gdzie porównywano dużą liczbę rodów mieszańcowych z modrzewiem europejskim, stwierdzono że ten ostatni posiadał istotnie większą średnicę pnia niż jego mieszańce z modrzewiem japońskim. Wynikało to z dużego udziału, bo do 20% wśród mieszańców, drzew będących tzw. formą kolumnową, u której gałęzie są cienkie, tworzące małą koronę. Forma ta jest stosunkowo częsta u modrzewia japońskiego. Zwracać dlatego należy baczną uwagę przy wyborze par rodzicielskich przy krzyżowaniu nie tylko na kształt pnia, lecz także na kształt korony (S c a m o n i 1977).

#### DREWNO MIESZAŃCÓW MODRZEWI JAPŃSKICH Z EUROPEJSKIMI

Pomimo kilku prób nie jest dotychczas dobrze zbadana jakość drewna u mieszańców międzygatunkowych. H a a s e m a n n (1967) stwierdził, że u mieszańców gęstość drewna ma charakter matroklinalny, czyli dobrze jest skorelowana gęstość drewna potomstwa z tą cechą u matki. R e c k (1977 i 1980) podaje, że mieszańce pomimo to, że produkują większą masę drewna i mają większą objętość, to gęstość ich drewna nie jest mniejsza niż

Tabela 3

Gęstość drewna modrzewi i udział drewna późnego wg Recka\* (1980) i Haasemanna (1967)

Takson	Gęstość drewna g.cm <sup>-3</sup>	Udział drewna późnego w %
Modrzew japoński*	0,4632	21,9
Mieszańce*	0,4750	17,4
Modrzew europejski*	0,4604	18,2
Modrzew europejski z Tatr Wys.	0,480	30,0
Modrzew europejski ze Skarżyska	0,460	25,1
Modrzew europejski z Krościenka	0,444	25,2



gatunków rodzicielskich, ponadto drewno ich posiada o 10% więcej substancji dających się z niego wyekstrahować, co wpływa niewątpliwie na większą trwałość tego drewna, lecz może pogarszać jego wartość przy niektórych metodach produkcji papieru. Dla porównania podano w tabeli 3 niektóre dane z pracy Reck a (1980) i Haasemanna (1967) wskazujące na dużą rozbieżność danych w odniesieniu do udziału drewna późnego.

Ponieważ produkcja drewna w krótkiej kolei rębności dostarczać będzie drewna głównie dla przemysłu papierniczego, ważne jest stwierdzenie przez Nansona i Sacre (1978), że drewno mieszańców modrzewi japońskich z europejskimi ma taką samą wartość techniczną jak drewno czystych gatunków.

#### ODPORNOŚĆ *LARIX DECIDUA* × *KAEMPFERI* NA CZYNNIKI BIOTYCZNE I ABIOTYCZNE

Najgroźniejszym szkodnikiem modrzewia w Europie jest niewątpliwie rak modrzewia (*Dasyscypha willkommii*) szczególnie niebezpieczny w wieku młodocianym dla drzew modrzewia europejskiego, mniej dla modrzewia polskiego (*L. decidua* subsp. *polonica*) i zupełnie niegroźny dla modrzewia japońskiego. Wielką nadzieję wiązano z przekazaniem cechy odporności na raka modrzewia japońskiego, jego mieszańcowemu potomstwu. Okazało się jednak, że mieszańce bardzo różnią się między sobą pod względem tej cechy, a raczej różnice te dotyczą całych rodów, przy czym intensywność porażania drzew w dużej mierze zależy od warunków, w których rosną mieszańce (Syrach Larsen 1956).

W Japonii uważa się, że ważnym czynnikiem ograniczającym hodowlę międzygatunkowych mieszańców modrzewi może być zgryzanie ich przez zające i myszy. Niestety okazało się, że szybko rosnące mieszańce *L. decidua* × *kaempferi* zgryzane są chętniej przez zające w porównaniu z wewnątrzgatunkowymi mieszańcami *L. kaempferi* i z czystymi gatunkami *L. decidua* i *L. kaempferi*. Wymienione wcześniej modrzewie są znacznie



bardziej uszkodzane niż mieszańce *L. kaempferi* × *gmelinii* czy *L. gmelinii* (Chiba 1963).

Myszy podobnie jak zające zgryzają chętniej mieszańce *L. decidua* × *kaempferi* oraz *L. kaempferi* i *L. decidua* niż *L. occidentalis*, *L. laricina*, *L. gmelinii* i mieszańce *gmelinii* × *kaempferi* (Chiba 1963).

W polskich warunkach zarówno mieszańce *L. kaempferi* × *decidua* jak i drzewa porównawcze z gatunków rodzicielskich nie cierpiały zbyt od przymrozków, zarówno wiosennych jak i wczesnych jesiennych, ani też nie obserwowano istotnych różnic między mieszańcami a modrzewiem polskim pod względem uszkodzeń spowodowanych przez śnieg (Bellon 1967).

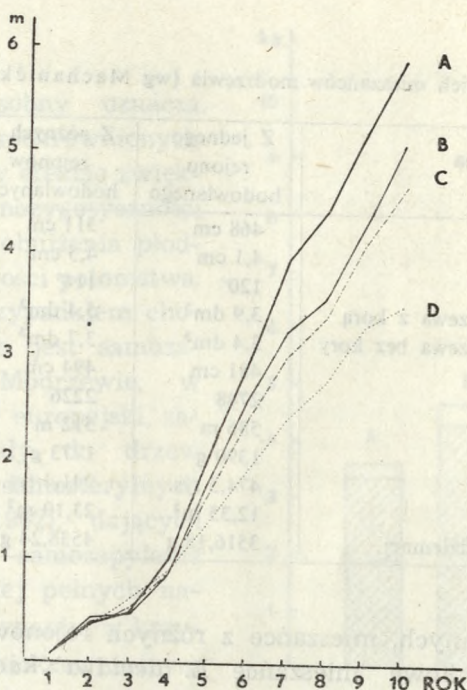
W Holandii mieszańce *L. kaempferi* × *decidua* znosiły lepiej przymrozki niż drzewa z gatunków rodzicielskich (Vloten 1954).

#### ROZMNAŻANIE MIESZAŃCÓW

Mieszańce otrzymane z kontrolowanego zapylenia przedstawiają szczególnie dużą wartość hodowlaną w pierwszym pokoleniu ( $F_1$ ), chociaż drzewa w pokoleniu  $F_2$  często szybciej rosną niż drzewa modrzewia japońskiego i europejskiego. Dla szybkiego rozmnożenia cennych mieszańców dobrze nadaje się metoda ukorzeniania sadzonek. Szereg prac na ten temat opublikował John (1977, 1980, 1981) i Biggin (1977), których wyniki można podsumować następująco: sadzonki cięte w początku sierpnia z mieszańców i następnie moczone w kwasie indolilomasłowym o stężeniu 100 części kwasu na milion części rozpuszczalnika ukorzeniają się w optymalnych warunkach do 90% sadzonek.

#### MIESZAŃCE WEWNĄTRZGATUNKOWE

Dobre rezultaty hodowlane z mieszańcami wewnątrzgatunkowymi modrzewia europejskiego z japońskim stały się podstawą podjęcia badań nad mieszańcami wewnątrzgatunkowymi u mod-



Ryc. 3. Przyrost wysokości u mieszańców modrzewi (wg Machanička i Prudiča 1978)

A — *Larix decidua* × *kaempferi*, B — mieszańce między modrzewiami z różnych rejonów hodowlanych, C — mieszańce między modrzewiami z tych samych rejonów hodowlanych, D — potomstwo z samozapylecia

rzewia europejskiego z nadzieją otrzymania efektu heterozji przy krzyżowaniu różnych ekotypów tego gatunku.

Szeroki program badań w tym zakresie zrealizowano w Czechosłowacji. Ponieważ wyniki dotychczas opublikowane odnoszą się tylko do okresu młodocianego dotyczącego okresu od 1 do 10 roku życia, nie można na ich podstawie wyciągać zbyt daleko idących stwierdzeń, jednak pewne ogólne wnioski wydają się nie budzić wątpliwości. Jeżeli do porównania wzięto potomstwo z samozapylecia, mieszańce z drzew pochodzących z tych samych re-



Tabela 4

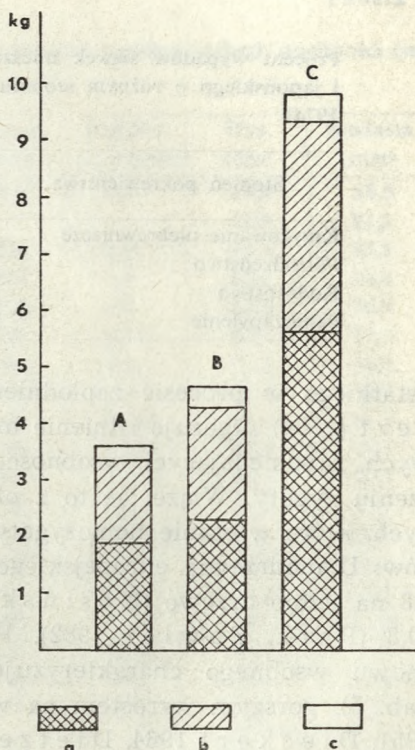
Porównanie 10-letnich mieszańców modrzewia (wg Machanička i Prudiča 1978)

Cecha	Z jednego rejonu hodowlanego	Z różnych rejonów hodowlanych	<i>L. decidua</i> × × <i>leptolepis</i>
Średnia wys.	468 cm	511 cm	589 cm
Średnia $\varnothing$	4,1 cm	4,5 cm	5,5 cm
Kąt gałęzi	120°	114°	105°
Masa średniego drzewa z korą	3,9 dm <sup>3</sup>	5,4 dm <sup>3</sup>	11,3 dm <sup>3</sup>
Masa średniego drzewa bez kory	3,4 dm <sup>3</sup>	3,7 dm <sup>3</sup>	9,4 dm <sup>3</sup>
Wysokość	481 cm	494 cm	622 cm
Liczba gałęzi	2748	2226	3182
Długość gałęzi	586 m	512 m	776 m
Masa gałęzi	1390 g	1773 g	3371 g
Liczba igieł	474,5 tys.	941,4 tys.	1445,14 tys.
Pow. igieł	12,35 m <sup>2</sup>	23,10 m <sup>2</sup>	45,85 m <sup>2</sup>
Biomasa części nadziemnej	3516,18 g	4538,24 g	9863,83 g

jonów hodowlanych, mieszańce z różnych rejonów hodowlanych i międzygatunkowe mieszańce *L. decidua* × *kaempferi*, to ze zmniejszeniem się podobieństwa genetycznego między rodzicami wzrastał efekt heterozji u potomstwa, osiągając swoje maksimum u mieszańców międzygatunkowych (Machaniček, Prudič 1978, Vincent, Machaniček 1972). Rycina 3 według Machanička i Prudiča (1978) przedstawia tempo wzrostu różnych mieszańców wewnątrzgatunkowych w ciągu 10 lat. Szczegółowe dane oparte na pracy wyżej wspomnianych autorów przedstawiono w tabeli 4. Przyrost masy pnia wiąże się istotnie z większym przyrostem łącznej biomasy rośliny, która u dziesięcioletnich mieszańców międzygatunkowych osiąga wagę prawie 10 kg, a u mieszańców z jednego rejonu hodowlanego zaledwie 3,5 kg (ryc. 4). Vincent i Machaniček (1972) stwierdzili ponadto, że pomimo dużych różnic w cechach wzrostowych między różnymi grupami mieszańców, nie było praktycznie żadnych różnic w zdolnościach adaptacji do środowiska.

## CHÓW WSOBNY

Chów wsobny oznacza krzyżowanie spokrewnionych osobników i w efekcie zwiększonej homozygotyczności prowadzi do obniżenia płodności oraz jakości potomstwa. Skrajnym przypadkiem chowu wsobnego jest samozapłodnienie. Modrzewie, w tym modrzew europejski, zaliczone zostały do drzew prawie samosterylnych (Wright 1962), dających w wyniku samozapylenia znacznie mniej pełnych nasion w porównaniu z krzyżowaniem niekrewniaczym (Dieckert 1964, Katsuta i in. 1979, Kosiński 1981, Langner 1951, Park, Fowler 1982). Wartość relatywnej samopłodności jako miary zdolności osobnika do produkcji pełnych nasion w wyniku samozapylenia waha się u modrzewia europejskiego z różnych polskich proveniencji od 0,21 do 0,71 (Kosiński 1981) i są one wyższe od tych wartości u *L. laricina* (0,01 do 0,47) i *L. kaempferi* (0,0 do 0,15) (Park, Fowler 1982, Katsuta i in. 1979). Rezultaty kontrolowanego zapylenia mieszaniną pyłków z udziałem własnego pyłku wskazują jednak na preferowanie tego



Ryc. 4. Biomasa nadziemnych części 10-letnich mieszańców modrzewi (wg Machanička i Prudiča 1978)

A — mieszańce z jednego rejonu hodowlanego, B — mieszańce między różnymi rejonami hodowlanymi, C — *Larix decidua* × *Leptolepis*, a — pień, b — gałęzie, c — igły



Tabela 5

Procent wypadów siewek mieszańców modrzewia europejskiego i japońskiego o różnym stopniu pokrewieństwa (wg Dietzego 1974)

Stopień pokrewieństwa	Procent wypadów siewek	
	4-letnich	11-letnich
Krzyżowanie niekrewniacze	12,6	6,2
Półrodzeństwo	11,2	6,9
Rodzeństwo	15,3	11,5
Samozapylenie	21,0	20,0

ostatniego w procesie zapłodnienia (Kosiński 1981). Dieckert (1964) sugeruje istnienie mechanizmów samoniezdgodnościowych, zapobiegających wsobności, działających dopiero po utworzeniu zygoty. Wiąże się to z obecnością tzw. czynników letalnych, które w stanie homozygotycznym powodują śmierć zarodków. U modrzewia europejskiego jest takich czynników średnio 4,8 na jedno drzewo (Kosiński 1981), a u *L. laricina* średnio 10,8 (Park, Fowler 1982). Potomstwo uzyskane w wyniku chowu wsobnego charakteryzuje się większą śmiertelnością (tab. 5), gorszym wzrostem na wysokość i grubość (Langner 1951, Dieckert 1964, Dietze 1974).

Wyliczona na podstawie danych Dietza (1974) korelacja współczynnika wsobności (stopień pokrewieństwa) z wysokością i grubością wykazała statystycznie istotne negatywne wartości, odpowiednio  $r = -0,78$  i  $r = -0,72$  (tab. 6).

Wsobność wpływa niekiedy pozytywnie na niektóre cechy jakościowe. Według Langnera (1951) i Syrach Laršana (1956) potomstwo z samozapylenia ma pnie smuklejsze, a udział siewek o prostych pniach jest większy niż po krzyżowaniu niekrewniaczym (tab. 7, Dietze 1974).

Przyjmując, że depresja wywołana chowem wsobnym uwiadcza się szczególnie w wieku młodocianym (Syrach Larssen 1956) oraz że istnieje znaczne zróżnicowanie międzyosobnicze w reakcji drzew na samozapłodnienie (Keiding 1968), podejmowane są próby otrzymania linii czystych. Linie takie

Tabela 6

Wysokość i średnica w potomstwie ( $F_2$ ) o różnych współczynnikach wsobności (wg Dietzego 1974)

Krzyżówka	Stopień pokrew.	Wspólcz. wsobności	Wys. (dm)	Średnica (mm)
$(l \times e) 450 \times (l \times e) 525$ <i>L. eurolepis</i>	NK	0,0	65,0	88,5
$(l \times l) 557 \times (l \times e) 393$	NK	0,0	64,0	83,2
$(e \times l) 557 \times (l \times e) 393$	NK	0,0	63,4	85,8
$(l \times e) 450 \times (l \times e) 523$	NK	0,0	63,0	88,8
$(e \times l) 559 \times (l \times e) 392$	NK	0,0	62,6	86,9
$(l \times e) 450 \times (l \times e) 393$	PR	0,125	62,5	87,5
$(l \times e) 452 \times (l \times e) 525$	NK	0,0	62,3	82,2
$(l \times e) 452 \times (l \times e) 523$	NK	0,0	62,2	90,7
$(e \times l) 559 \times (e \times l) 433$	PR	0,125	60,6	81,2
$(e \times l) 557 \times (e \times l) 433$	PR	0,125	60,6	77,3
$(e \times l) 559 \times (l \times e) 452$	PR	0,125	60,5	80,7
$(e \times l) 557 \times (l \times e) 392$	NK	0,0	59,1	73,5
$(l \times e) 452 \times (l \times e) 392$	PR	0,125	59,0	80,9
$(e \times l) 557 \times (l \times e) 452$	PR	0,125	58,9	82,6
$(e \times l) 559 \times (e \times l) 558$	R	0,25	58,2	76,8
$(l \times e) 450 \times (l \times e) 392$	PR	0,125	58,1	82,0
$(l \times e) 452 \times (l \times e) 393$	PR	0,125	57,6	74,5
$(l \times e) 450 \times (e \times l) 433$	R	0,25	55,2	74,0
$(e \times l) 559 \times (e \times l) 557$	R	0,25	54,6	70,1
<i>L. kaempferi</i>			53,7	65,4
$(l \times e) 557 \times (e \times l) 558$	R	0,25	53,5	67,0
$(e \times l) 558 \times (l \times e) 393$	NK	0,0	53,5	71,2
$(l \times e) 452 \times (e \times l) 433$	R	0,25	52,1	72,8
$(l \times e) 450 \times (l \times e) 452$	R	0,25	49,3	65,9
$(l \times e) S$	S	0,5	48,6	65,9

I = *L. kaempferi*; e = *L. decidua*; NK – niespokrewnione, PR – półrodzeństwo  
R – rodzeństwo, S – samozapylenie

wykazujące wysoki stopień homozygotyczności powinny w krzyżówkach niekrewniaczych dać potomstwo z objawami heterozji. Jednak u modrzewia europejskiego i japońskiego heterozja w wyniku kojarzenia linii zimbredowanych, w wieku młodocianym była mniejsza niż w przypadku krzyżowań międzygatunkowych (Keiding 1968).



Tabela 7

Jakość pnia u mieszańców modrzewia europejskiego i japońskiego o różnym stopniu pokrewieństwa (wg Dietzego 1974)

Stopień pokrewieństwa	Prostych %	Umiarko- wanie krzywych %	Bardzo krzywych %
Krzyżowanie niekrewniacze	71	26	3
Półrodzeństwo	70	26	4
Rodzeństwo	62	36	2
Samozapylenie	83	13	4

#### MIESZAŃCE NATURALNE

Mieszańce międzygatunkowe wśród modrzewi powstały w tych rejonach, gdzie pokrywały się zasięgi różnych gatunków omawianego rodzaju. Stąd sądzi się o małym zróżnicowaniu genetycznym wewnątrz rodzaju *Larix* i o łatwej możliwości otrzymania mieszańców międzygatunkowych. W Ameryce opisano mieszańca *L. lyallii* Parl.  $\times$  *L. occidentalis* Nutt., w Azji *L. potanini* Batal.  $\times$  *L. mastersiana* Rehd. i Wils. oraz *L. gmelini* (Rupr.) Litv.  $\times$  *L. russica* (Mac Gillivray 1969, Wright 1962). Szczególnie duża jest strefa występowania mieszańców *L. gmelinii*  $\times$  *L. russica*, obejmująca 960 tys. km<sup>2</sup> i sięgająca do 450 km szerokości (K o r o p a ć i n s k i j, M i l j u t i n 1979). Ponieważ zasięg modrzewia europejskiego nie łączy się z zasięgami innych gatunków rodzaju *Larix*, w warunkach naturalnych nie ma możliwości powstawania mieszańców z udziałem *L. decidua*.

Do powstawania spontanicznych mieszańców dochodzi też w warunkach arboretów i powierzchni doświadczalnych. Opisano mieszańce *L. decidua*  $\times$  *L. kaempferi*, *L. kaempferi*  $\times$  *L. russica*, *L. laricina*  $\times$  *L. decidua* (Wright 1962), *L. decidua*  $\times$  *L. gmelinii* (Rohmeder, Dimpflmeier 1952) i *L. decidua*  $\times$  *L. russica* (Saarnijoki 1942). Większość mieszańców wykazuje efekt heterozji, ale szczególnego znaczenia nabral tylko mieszańiec mo-

drzewia europejskiego i japońskiego (*L. eurolepis* i *L. leptoeuropea*). Po raz pierwszy opisany w Szkocji, gdzie powstał w wyniku przypadkowego zapylenia modrzewia japońskiego pyłkiem modrzewia europejskiego. Wyróżnia się on niezwykle szybkim wzrostem. Sprawilo to, że podjęto szerokie badania nad tym mieszańcem w wielu krajach europejskich oraz w Ameryce i Nowej Zelandii (Wright 1962, Miller 1974). O wartości hodowlanej mieszańców *L. eurolepis* i *L. leptoeuropea* wspomnieliśmy szerzej przy omawianiu mieszańców kontrolowanych.

#### ZMIENNOŚĆ WEWNĄTRZGATUNKOWA

##### BADANIA PROWENIENCYJNE

Ze względu na bardzo dużą trudność w odróżnianiu nie tylko ras czy rodów modrzewi, ale nawet podgatunków i gatunków między sobą, w badaniach między populacyjnych i między osobniczych różnic szczególnego znaczenia nabiera u modrzewi testowanie ekotypów i testowanie potomstwa. Dobrym przykładem tego stanu rzeczy są próby taksonomiczne zaszeregowania jednego z najpiękniejszych drzewostanów modrzewiowych rosnącego w rezerwacie „Lenki” koło Pasłęku. I tak według wybitnego botanika A b r o m e i t a, G r o s s (1932) opisał ten modrzew jako modrzew syberyjski, natomiast R u b n e r (1939) sądził, że jest to modrzew polski lub sudecki. K r z y s z t o f i k (1957) skłaniał się do poglądu G r o s s a, że jest to modrzew syberyjski, a P o l a k o w s k i (1966) po analizie biometrycznej kwiatów i szyszek podaje, że jest to modrzew europejski.

Nie tylko w tzw. grupie modrzewi europejskich trudno jest wyodrębnić na podstawie cech morfologicznych pewne taksony. Identyczna sytuacja dotyczy grupy modrzewi syberyjskich, wśród których pomimo licznych badań kariologicznych i taksonomicznych (Š i m a k 1964, B o b r o v 1972, K r u k l i s, M i l j u t i n 1977) trudno jest ustalić dobre cechy diagnostyczne.

Jedną z najlepszych metod porównania skali zmienności cech



oraz wartości hodowlanej różnych ekotypów drzew leśnych jest doświadczenie proveniencyjne polegające na obserwacji i pomiarze przedstawicieli różnych populacji w takich samych warunkach środowiskowych. Szczególnie dużą wartość naukową mają te doświadczenia, w których identyczne zestawy populacji porównywane były na różnych powierzchniach doświadczalnych, to bowiem daje możliwość znalezienia populacji tzw. plastycznych, czyli dobrze rosnących na dużych obszarach geograficznych.

#### CECHY ILOŚCIOWE

Spośród cech ilościowych głównie wysokość i grubość drzew badano w licznych lokalnych doświadczeniach proveniencyjnych oraz w dwóch dużych doświadczeniach międzynarodowych. W ramach IUFRO (Międzynarodowa Unia Organizacji Badawczych Leśnictwa) pierwsze międzynarodowe doświadczenie proveniencyjne założono w 1944 r. pod kierunkiem Wernera Schmidta z Hamburga. Obejmowało ono 55 proveniencji. Drugie duże międzynarodowe doświadczenie proveniencyjne założone zostało w 1958/59 r. pod kierunkiem Schobera z Getyngi z 68 proveniencjami. Z doświadczenia założonego w 1944 r. znajduje się w Polsce jedna powierzchnia w Kolanowie. Wyniki z pomiarów dokonanych na tej powierzchni opublikowane przez Chodzickiego (1967, 1968) są porównywalne z danymi z innych plantacji i przedstawiają się one następująco: pod względem wysokości drzew, a także ich średnicy wyróżnia się zdecydowanie modrzew sudecki, który Chodzicki (l.c.) zalicza do jednej wspólnej grupy modrzewi sudecko-karpacko-polskich. Grupa tych modrzewi znacznie przewyższa zarówno pod względem wysokości jak i średnicy modrzewie z Alp wysokich, a pośrednią klasę stanowią modrzewie z Alp niskich. Na powierzchni w Kolanowie najwyższe były drzewa z proveniencji Bochnia, mające w wieku 20 lat 12,7 m, a średnia wysokość dla całej grupy modrzewi sudecko-karpacko-polskich wynosiła 12,19 m. Dla porów-

Tabela 8

Istotność różnic między proveniencjami modrzewia pod względem wysokości drzew oznaczona przy poziomie  $\alpha=5\%$  testem Duncana. Wg Schobera (1977) dane z 27 powierzchni doświadczalnych

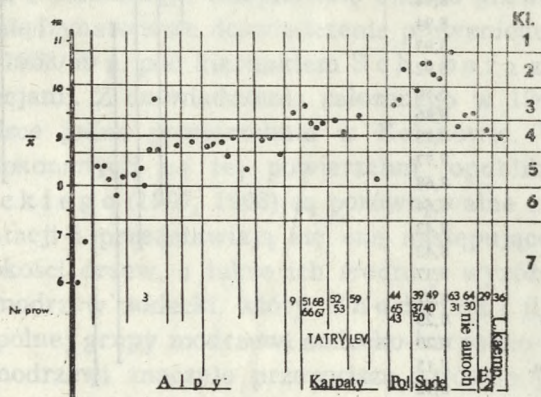
Nr. proveniencji, rejon	h <sub>200</sub> *	D <sub>0,05</sub> – w 13 roku, w 7 roku życia
63 nie autochto.	10,80	
40 Sudety	10,56	
39 –,,–	10,55	
65 Środkowa Pol.	10,45	
49 Sudety	10,32	
50 –,,–	10,25	
37 –,,–	10,06	
43 Środkowa Pol.	9,83	
3 Wsch. Alpy	9,81	
44 Środk. Polska	9,74	
51 Tatry Niskie	9,71	
9 Wsch. Alpy	9,54	
30 nie autochto.	9,50	
64 –,,–	9,48	
59 II Tatry Niskie	9,46	
52 Tatry Wysokie	9,37	
66 Tatry Niskie	9,34	
67 Wielka Fatra.	9,33	
31 nie autochto.	9,28	
68 Tatry Niskie	9,27	
29 F <sub>2</sub> -mieszzańce	9,18	
53 Tatry Wysokie	9,10	
36 Modrzew japo.	9,03	
57 Alpy Wschod.	9,01	
7 –,,–	8,96	
54 –,,–	8,94	
11 –,,–	8,94	
5 –,,–	8,93	
48 –,,–	8,92	
47 –,,–	8,86	
58 –,,–	8,86	
15 –,,–	8,78	
1 –,,–	8,77	
56 –,,–	8,68	
8 –,,–	8,64	
17 Alpy Połudn.	8,42	
18 –,,–	8,42	
2 Alpy Wschod.	8,37	
4 –,,–	8,31	
46 Alpy Centralne	8,25	
19 Alpy Połudn.	8,20	
71 Karpaty Połudn.	8,15	
20 Alpy Połudn.	8,12	
12 Alpy Wschodn.	8,02	
16 Alpy Połudn.	7,82	
21 Alpy Płd.-Wsch.	6,84	
23 Alpy Płd.-Wsch.	6,02	



nania średnia wysokość modrzewi górnoalpejskich wynosiła 10,95 m, a dolnoalpejskich 11,63 m. Także Giertych (1979) w przeglądowym opracowaniu potwierdza wysoką wartość hodowlaną modrzewi sudeckich i gorszą, chociaż powyżej średniej lub średnią wartość modrzewia polskiego.

Wyniki dotyczące II międzynarodowego doświadczenia oparto na podstawie obszernego podsumowującego opracowania Schobera (1977). W opracowaniu tym na podstawie pomiarów wysokości (tab. 8) 200 najlepszych drzew na hektarze ( $h_{200}$ ) podzielił Schober populacje na 7 klas jakości od 1 — wybitnie dobrze rosnących do 7 — źle rosnących. Natomiast na podstawie rejonów pochodzenia wyróżnił on 4 duże obszary: alpejski, sudecki, polski i karpacki oraz szereg małych podjednostek. Na rycinie 5 przedstawiono rozmieszczenie proveniencji w poszczególnych klasach wysokości, a w tabeli 9 podano dokładniejsze dane tylko dla tych proveniencji, które leżą powyżej średniej wartości z całego doświadczenia.

Do najlepiej rosnących (2 klasa jakości) należą wszystkie badane proveniencje sudeckie (ryc. 5). Ponadto w klasie tej



Ryc. 5. Uszeregowanie populacji modrzewia w II międzynarodowym doświadczeniu proveniencyjnym wg klas wysokości od 1 wybitnie szybko rosnących do 7 rosnących wolno (wg Schobera 1977)

znajduje się też jedna z trzech testowanych proveniencji modrzewia polskiego, mianowicie Skarżysko — 65.

W klasie dobrze rosnących występują dwie populacje pochodzące z Polski — 43 Bliżyn i 44 Mała Wieś, 1 populacja z Gór Lewockich (Brezovička) oraz po jednej populacji z Tatr Niskich (Čierny Vah-51), Alp (3-Mühlendorf) i północnego obrzeża Alp (9-Lammerau z Lasu Wiedeńskiego). Z wyjątkiem dwóch wymienionych proveniencji modrzewia alpejskiego, wszystkie pozostałe testowane proveniencje z tego obszaru rosną średnio lub źle.

Modrzew polski w świetle dotychczasowych badań proveniencyjnych posiada niektóre proveniencje szybko rosnące i wyróżniające się przy tym znaczną odpornością na raka modrzewio-

Tabela 9

Symbole i nazwy oraz wysokość nad poziom morza proveniencji modrzewia europejskiego, które w II doświadczeniu międzynarodowym osiągnęły większą niż średnia wysokość

63-Grohnde, RFN, drzewostan sztuczny	210 m n.p.m.
40-Ruda nad Moravou, Czechosłowacja, Sudety	480 m „
39-Zabreh Dubicke, „ „	400 m „
65-Skarżysko, Polska, Łysa Góra	300 m „
49-Krnov, Czechosłowacja, Sudety	550 m „
50- „ „ „	450 m „
37-Albrechtice „ „	500 m „
43-Bliżyn, Polska, Łysa Góra	330 m „
3-Mühlendorf, Austria, Alpy Wewnętrzne	900 m „
44-Mała Wieś, Polska, Wysoczyzna Rawska	180 m „
51-Čierny Vah, Czechosłowacja, Tatry Niskie	800 m „
9-Lammerau, Austria, Las Wiedeński, Alpy	600 m „
30-Dobříš, Czechosłowacja, drzewostan sztuczny	500 m „
64-Helmstedt 45, RFN, drzewostan sztuczny	175 m „
59-Brezovička, Czechosłowacja, Góry Lewockie	830 m „
52-Strbskie Pleso, „ Tatry Wysokie	1370 m „
66-Čierny Vah, „ Tatry Niskie	750 m „
67-Stare Hory, „ Wielka Fatra	850 m „
31-Schlitz, RFN, drzewostan sztuczny	310 m „
36-Ina, Japonia, Góry Akaishi	1800 m „
68-Liptovska Teplicka, Czechosłowacja, Tatry Niskie	1400 m „



Tabela 10

Wysokość (h) 11-letnich drzew oraz % zawartości niektórych pierwiastków w suchej masie igieł modrzewi polskich i europejskich na powierzchni doświadczalnej w Siemianicach (wg Nebe i Rzeźnik 1982)

Obszar*	Liczba prowie- nienncji	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn %	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm	Al ppm	N/P	h m
1. Północno-zachodnia Polska	5	2,11	0,168	0,61	0,52	0,125	0,269	4,3	53	157	183	12,6	10,6
2. Modrzew polski	7	2,11	0,176	0,64	0,54	0,134	0,244	4,1	52	160	198	12,2	10,3
3. Modrzew karpacki	3	2,15	0,171	0,57	0,49	0,121	0,252	4,7	50	173	197	12,6	10,8
4. Modrzew sudecki	5	2,19	0,169	0,60	0,57	0,135	0,359	4,5	60	194	219	13,0	10,7
	$\bar{x} (n=20)$	2,14	0,172	0,63	0,54	0,130	0,280	4,3	54	170	200	12,6	10,6
5. Góra Chełmowa (oddzielnie)	1	1,74	0,136	0,78	0,48	0,138	0,069	5,2	34	169	206	12,8	8,5

- \* W obszarze: 1. Wyróżniono 5 drzewostanów modrzewiowych o wyjątkowo dobrym wzroście  
 2. Proweniencje: Rawa Maz, Mała Wieś, Marcule, Bliżyn, Maskorzew, Pilica, Skarżysko, Góra Chełmowa.  
 3. Proweniencje: Hołubla, Dąbrówki, Krościenko.  
 4. Proweniencje: Henryków, Szczytna Śląska, Kłodzko, Prószków, Kowary.

wego. Należałyby tu proveniencje Bliżyn, Mała Wieś, Moskorzew, Skarżysko (Haasemann, Schönbach 1970, Kocięcki 1962, Schöber 1977, Tuskó 1970). Niestety większość drzew modrzewia polskiego ma mniejsze lub większe krzywizny w dolnej części pnia, a niektóre proveniencje takie jak Góra Chelmowa wyróżniają się zdecydowanie złą formą pnia. Modrzew z tej proveniencji nie tylko, że ma krzywe pnie, lecz przeważnie rośnie też gorzej niż drzewa innych proveniencji modrzewia polskiego, a także wyróżnia się mniejszą zawartością w igłach azotu, fosforu i manganu i większą od średniej zawartością miedzi (Nebe, Rzeźnik 1982, tabela 10).

W świetle powyższych danych z doświadczeń proveniencyjnych wydaje się, że używanie nasion modrzewia sudeckiego nawet niekoniecznie z autochtonicznych drzewostanów może zapewnić sukces hodowlany. Potomstwo bowiem tak zwanych sztucznych drzewostanów modrzewiowych sudeckiego pochodzenia dało bardzo dobre wyniki zarówno w I, jak i w II międzynarodowym doświadczeniu proveniencyjnym i odznaczało się szybkim przyrostem wysokości drzew.

Modrzew polski, jeżeli jest sadzony, to powinien pochodzić z drzewostanów już zbadanych, które wykazały znaczny stopień odporności na raka modrzewiowego oraz posiadały znaczny udział prostych drzew. Na obszarach z małą ilością opadów i o glebach ubogich modrzew polski przewyższa inne modrzewie w odporności na suszę (Rohmeder, Schönbach 1959).

#### CECHY JAKOŚCIOWE

**9 Kształt pnia.** Pierwsze doświadczenia proveniencyjne, zakładane na przełomie wieku XIX/XX w Szwajcarii, Austrii i Szwecji, wykazały duże zróżnicowanie modrzewi różnych pochodzeń pod względem kształtu pnia (Engler 1905, Burger 1926, 1935, Tschermak 1935, Cieślak 1907, 1914, Schotté 1917 według Kalela 1937). Proveniencje z Sudetów oraz nieznanego pochodzenia modrzew szkocki przewyższały jakością



pnia modrzewie alpejskie z Alp Glarneńskich i Tyrolu. Dalsze doświadczenia proveniencyjne, a zwłaszcza II Międzynarodowe doświadczenie z lat 1958/1959, obejmujące praktycznie cały zasięg modrzewia w Europie pozwoliły zarysować obraz zmienności tej cechy u *Larix decidua* (tab. 11). Dobrą i bardzo dobrą formą pnia wyróżniają się proveniencje z północnych obrzeży Alp Wschodnich (Winerwald, Austriackie Alpy Wapienne, Semmering, Wechsel, Salzkamergut i Alpy Salzburskie), południowo-zachodnich Alp (Alpy Nadmorskie i Kotyjskie) oraz karpackie proveniencje z Tatr Wysokich. Modrzewie z Sudetów i Tatr Niskich charakteryzują się średnimi wartościami omawianej cechy (ryc. 6). Najgorszą formę pnia i najmniejszy udział prostych drzew znajdujemy w proveniencjach z Alp południowych (Dolomity, Alpy Weneckie), Alp Centralnych (Alpy Walizerskie, Retyckie, Tyrol i Niskie Taury) oraz z Polski środkowej (Mała Wieś, Bliżyn, Skarżysko, Chełmowa Góra) oraz z Krościenka i Bochni (Dietze 1974, Fröhlich 1962, Galoux 1974, Gøhrn 1956, Kocięcki 1962, Kočiova 1974, Lacaze, Birot 1974, Lines, Gordon 1980, Morandini, Tocci 1975, Pintarič 1973, Robak 1982, Schober 1969, 1977, Šindelář 1974, Štastný 1971a, Vyskot 1966).

Wprowadzone do doświadczenia w Czechosłowacji dwie proveniencje z Karpat Wschodnich i Południowych (Rumunia) zostały zaliczone do grupy proveniencji o dobrej formie pnia (Šindelář 1974). Niektóre proveniencje modrzewia polskiego mają znaczny procent drzew prostych. W Danii na dwóch powierzchniach doświadczalnych dobrą formą pnia wyróżnia się polska proveniencja z Zagnańska (Gøhrn 1956).

Na kształt pnia wywierają znaczny wpływ warunki środowiskowe, w których założono powierzchnię doświadczalną (Dietze 1974, Schober 1977). Na przykład modrzew polski z Bliżyna prezentował się korzystnie pod względem omawianej cechy w doświadczeniu w Czechosłowacji i w RFN (Kočiova 1974, Štastný 1971a, Dietze 1974). Nie stwierdzono natomiast większych różnic proveniencyjnych w jakości pnia na powierzchniach w USA — stan Michigan (Barnes 1977).

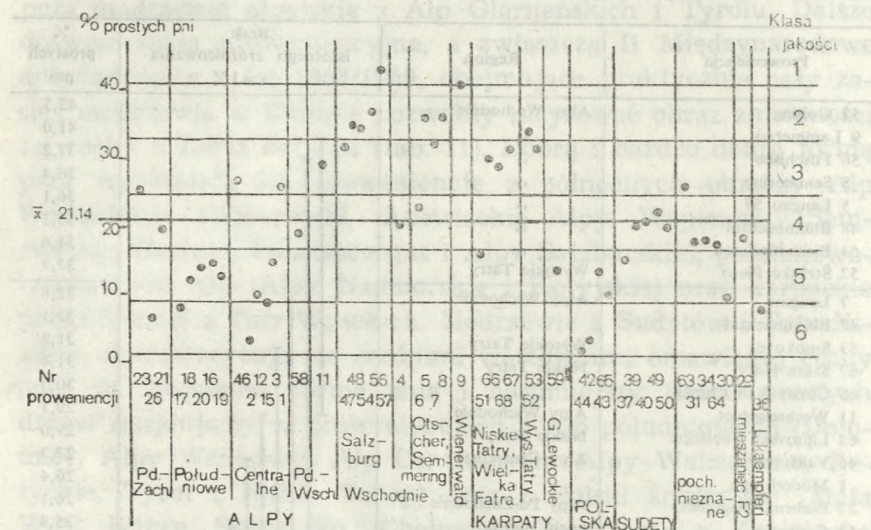


Tabela 11

Średni procent prostych pni 7 i 8-letnich modrzewi różnych pochodzeń na 31 powierzchniach doświadczalnych (wg Schobera 1977)

Proweniencja	Region	Brak istotnego zróżnicowania $\alpha = 1\%$	% prostych pni
57 Golling	Alpy Wschodnie		43,3
9 Lammerau	"		41,0
56 Fuschlsee	"		37,2
8 Semmering	"		36,4
5 Langau 59	"		36,1
48 Blühnbachtal	"		35,3
54 Bischofswiesen	"		34,6
52 Štrbské Pleso	Wysokie Tatry		33,9
7 Langau	Alpy Wschodnie		32,8
47 Blühnbachtal	"		32,1
53 Smokovec	Wysokie Tatry	31,8	
67 Stare Hory	Niskie Tatry	31,4	
66 Čierny Vah Chmel.	"	30,3	
11 Wechselgebiet	Alpy Wschodnie	29,1	
68 Liptovska Teplicka	Niskie Tatry	29,0	
46 Valchava	Alpy Centralne	27,3	
1 Möderbrugg	"	26,4	
23 Embrun (Aiguilles)	Alpy Pd-Zachodnie	26,1	
63 Grohnde	poch. niez.	25,9	
6 Langau 45	Alpy Wschodnie	23,2	
49 Krnov Loučky	Sudety	22,3	
40 Ruda	"	21,0	
4 Fernpass	Alpy Wschodnie	20,6	
39 Zabfch-Dubičko	Sudety	20,4	
21 Pragelato	Alpy Pd-Zachodnie	20,1	
50 Krnov Radim	Sudety	19,9	
58 Deutschlandsberg	Alpy Wschodnie	19,5	
29 F2-Hybriden	mieszaniec	18,4	
34 Neumünster	poch. niez.	17,9	
31 Schlitz	"	17,8	
64 Helmstedt	"	17,2	
51 Čierny Vah	Niskie Tatry	16,5	
3 Mühldorf	Alpy Centralne	15,2	
37 Albrechtice	Sudety	15,0	
16 Cavalese	Alpy Południowe	14,8	
20 Cavedine	"	14,3	
59/II Brezovica	Niskie Tatry	13,6	
43 Bližyn	Polska	13,1	
19 Pergine/Selvot	Alpy Południowe	13,1	
18 Tenna	"	12,7	
65 Skarżysko	Polska	10,1	
12 Sterzing/Flains	Alpy Centralne	10,1	
30 Dobris	poch. niez.	9,4	
15 Bruneck	Alpy Centralne	9,2	
17 Pergine/Laresotti	Alpy Południowe	8,4	
36 Ina, Japonia	Japoński	7,5	
26 Briançon/de Vill.	Alpy Pd-Zachodnie	6,9	
2 Schönwies	Alpy Centralne	3,7	
42 Góra Chelmowa	Polska	3,5	
44 Mała Wieś	Polska	1,6	





Ryc. 6. Procentowy udział prostych pni 7 i 8-letnich modrzewi różnych pochodzeń na podstawie wyników z 31 powierzchni doświadczalnych (oznaczenia proveniencji jak w tabeli 11 — wg Schobera 1977)

Niektóre drzewostany hodowlane z modrzewiami europejskimi nieznanego pochodzenia jak Schlitz, Neumünster, Dobiš oraz tzw. „modrzew szkocki” w większości doświadczeń proveniencyjnych zaliczane były pod względem cechy kształtu pnia do grupy średnich lub dobrych proveniencji (Lacaze, Birot 1974, Lines, Gordon 1980, Dietze 1974, Morandini, Tocci 1975, Schober 1977, Šindelář 1974, Robak 1982). Modrzew japoński sadzony dla porównania na powierzchniach doświadczalnych z modrzewiem europejskim należał do najgorszych pod względem formy pnia (Morandini, Tocci 1975, Schober 1977, Šindelář 1974).

Dietze (1974) wyróżnił trzy rodzaje krzywizn: szablatość, wygięcia łukowate i węzowate. Badania jego dotyczyły jednak wieku młodocianego (13 lat), kiedy to występowanie różnego rodzaju krzywizn pozostaje pod silnym wpływem warunków środowiskowych i utrudnia ustalenie ich genetycznych podstaw.

Krzywizny powstałe pod działaniem wiatru i śniegu występują z największą częstością w proweniencjach modrzewi polskich, sudeckich, z Niskich Tatr oraz południowych obrzeży Alp. Inną przyczyną krzywizny pnia jest utrata pędu głównego wskutek zasychania, mrozu lub uszkodzeń owadzych. Powoduje ona krzywizny najczęściej u drzew z południowych i południowo-zachodnich Alp oraz Alp Centralnych. Formy krzaczaste modrzewi są rzadkie i występują stosunkowo częściej tylko w proweniencjach z południowo-zachodnich Alp (Schober 1977).

Na większości powierzchni doświadczalnych obserwuje się brak pozytywnych korelacji dobrej formy pnia z wysokością (Dietze 1974, Robak 1982, Schober 1977). Dla wczesnej selekcji proweniencji najlepszych pod względem formy pnia ważny jest fakt, stwierdzony przez Dietze (1974), istnienia pozytywnej korelacji ( $r=0,80$ ) tej cechy oszacowanej w wieku 7 i 13 lat.

Zbieżystość. Modrzewie proweniencji sudeckich, tatrzańskich i polskich charakteryzują się w porównaniu z modrzewiami alpejskimi bardziej smukłymi i mniej zbieżystymi pniami. Mniejsza zbieżystość skorelowana jest ( $r=0,66$ ) z lepszym wzrostem na wysokość (Schober 1977). Wśród proweniencji polskich modrzewie ze Skarżyska i Małej Wsi mają strzały pełniejsze od modrzewi z Góry Chełmowej (Kocięcki 1972).

Kształt korony. Proweniencje sudeckie wyróżniają się większym udziałem drzew o koronach wąskich piramidalnych (Cieslar według Kalela 1937, Dietze 1974, Rohmeder, Schonbach 1959, Tschermak według Kalela 1937), stosunkowo długich (Vyskot 1966). Drzewa z wąskimi koronami występują również w niektórych proweniencjach alpejskich (Alpy Salzburskie i Winerwald) oraz z Tatr Wysokich (Rohmeder, Schonbach 1959, Tschermak według Kalela 1937). Według Barnes'a (1977) małe i wąskie korony posiadają modrzewie z wyższych położań alpejskich. Proweniencje z Tyrolu charakteryzują drzewa o krótkich i szerokich koronach (Cieslar według Kalela 1937). Modrzewie polskie

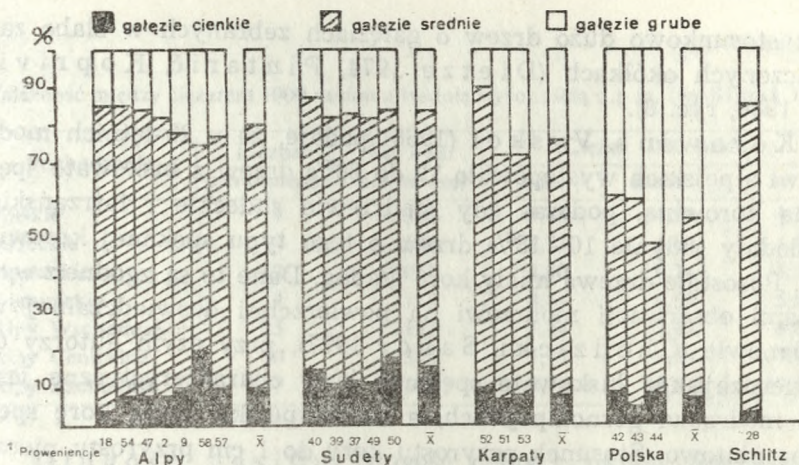


mają korony nierówno konarzysto rozwinięte (Tyszkiewicz 1972), a szczególnie niekorzystnym kształtem koron wyróżnia się modrzew z Góry Chełmowej (Dietze 1974).

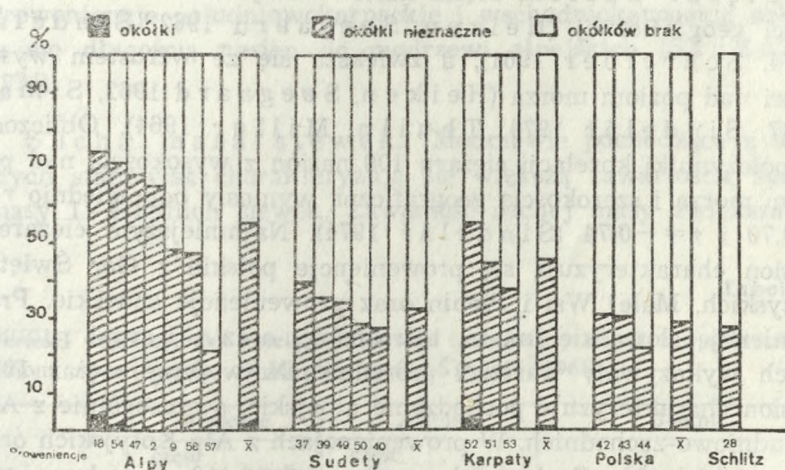
Ugałęzienie. Niejednoznaczne są informacje o zmienności ugałęzienia u modrzewia europejskiego. W większości doświadczeń proveniencje sudeckie i nieznanego pochodzenia, chociaż prawdopodobnie również z Sudetów, proveniencja Schlitz wyróżniają się lekko wzniesionymi gałęziami (Cieslar według Kalela 1937, Dietze 1974, Rohmeder, Schombach 1959). Natomiast w proveniencjach alpejskich, karpaccich i z Gór Świętokrzyskich dominują pod względem ustawienia gałęzi na pniu dwa typy drzew: o gałęziach prawie prostopadłych do pnia lub o gałęziach mocno wzniesionych ku górze. Wzajemne proporcje w częstości występowania tych dwóch grup drzew zależą od warunków wzrostu na powierzchni doświadczalnej i ulegają zmianie wraz z wiekiem drzew (Dietze 1974, Pintarič 1974, Pintarič, Koprivica 1980).

Na podkrakowskiej powierzchni doświadczalnej z I międzynarodowego doświadczenia proveniencyjnego modrzewie alpejskie miały w wieku 20 - 25 lat gałęzie bardziej wzniesione ku górze niż modrzewie sudeckie z proveniencji Pruszków i modrzewie nieznanego pochodzenia z Polski północnej. Proveniencje z Polski północnej oraz Bochni wykazywały w tym doświadczeniu stosunkowo duży udział drzew o gałęziach poziomo ustawionych oraz łukowato zgiętych ku dołowi. Proveniencja Pruszków wyróżniała się ponadto zwisającymi gałęziami drugiego rzędu (Chodzicki, Sabor 1977).

Modrzewie z Gór Świętokrzyskich i Małej Wsi według Dietze (1974) posiadają znaczną liczbę drzew z gałęziami grubymi (ryc. 7), a według Chodzieckiego i Sabora (1977) także taki typ gałęzi mają modrzewie sudeckie z Pruszkowa. Modrzew jest gatunkiem, u którego gałęzie rozmieszczone są nieregularnie w całej koronie. W proveniencjach alpejskich występuje jed-



Ryc. 7. Grubość gałęzi modrzewi różnych pochodzeń (oznaczenie proveniencji jak w tabeli 11 — wg Dietze 1974)



Ryc. 8. Rozmieszczenie gałęzi w koronach modrzewi różnych proveniencji (oznaczenie proveniencji jak w tabeli 11 — wg Dietze 1974)



nak stosunkowo dużo drzew o gałęziach zebranych w słabo zaznaczonych okółkach (Dietze 1974, Pintarič, Koprivica 1980, ryc. 8).

**Korowina.** Wysokot (1966) podaje, że u 25-letnich modrzewi alpejskich występowało 19 do 30% drzew z łuskowato spękaną korowiną, podczas gdy modrzewie sudeckie i tatrzańskie posiadały jedynie 10 - 18% drzew o tego typu spękaną korowinie. Pozostałe drzewa miały korę gładką. Dane te są zgodne z wynikami obserwacji modrzewi na powierzchni doświadczalnej w Kolanowie (Chodzicki, Sabor 1977), przy czym autorzy ci stwierdzają, że łuskowate spękanie kory charakterystyczne jest dla modrzewi górnoalpejskich, a dolnoalpejskie mają korę spękaną płatowo. Stosunek przyrostu kory do 1 cm przyrostu pierśnicy jest większy u modrzewi polskich i wynosi 0,68 mm. U modrzewi alpejskich i sudeckich wynosi odpowiednio 0,54 i 0,51 mm (Schreiber 1944).

**Ciężar nasion.** Ciężar nasion maleje ze wzrostem szerokości geograficznej (Heiken, Søgaard 1962, Šindelář 1974, Schreiber 1961), a zwiększa się ze wzrostem wysokości nad poziom morza (Heiken, Søgaard 1962, Simak 1967, Šindelář 1974, Thulin, Miller 1964). Obliczone współczynniki korelacji ciężaru 100 nasion z wysokością nad poziom morza i szerokością geograficzną wyniosły odpowiednio  $r = 0,70$  i  $r = -0,74$  (Šindelář 1974). Najmniejszym ciężarem nasion charakteryzują się proveniencje polskie z Gór Świętokrzyskich, Małej Wsi i Pienin oraz proveniencje sudeckie. Proveniencje słowackie (m. in. tatrzańskie) oraz z Karpat rumuńskich wykazywały wartości pośrednie. Największy ciężar 1000 nasion charakteryzuje pochodzenie alpejskie, a szczególnie z Alp południowo-zachodnich. W proveniencjach z Alp Kotyjskich oraz Francuskich Alp Zachodnich przekraczał on 10 g, podczas gdy w proveniencjach polskich i sudeckich wynosił jedynie 4 g (tab. 12). Klinalny charakter zmienności tej cechy utrudnia jej stosowanie dla celów wyróżniania proveniencji sąsiadujących ze sobą regionów (Simak 1967).

Tabela 12

Zależność między ciężarem 1000 nasion a średnią wysokością n.p.m. (wg Simak 1967)

Pochodzenie	Liczba proweniencji	Śr. wys. n.p.m. (m)	Ciężar 1000 nasion		
			min.	maks.	śr.
Polskie	4	360	3,78	4,91	4,20
Sudeckie	4	538	3,73	4,60	4,15
Słowackie	12	1057	4,40	6,74	5,36
Rumuńskie	4	1118	4,46	6,58	5,66
Alpy Wschodnie	25	1167	5,44	7,92	6,66
Alpy Centralne	10	1375	7,17	9,34	7,95
Alpy Zachodnie	7	1580	8,73	10,81	10,06

Długość nasion. Długość pełnych nasion skorelowana jest z ciężarem 1000 nasion ( $r=0,91$ ). Największa jest u modrzewi z Alp południowo-zachodnich i zmniejsza się w miarę obniżania wysokości n.p.m. i zwiększania szerokości geograficznej. Współczynnik korelacji wynosi odpowiednio  $r=0,69$  i  $r=-0,78$ . Najkrótsze nasiona występują u modrzewi z Polski i Sudetów. Proweniencje południowokarpackie i wschodniokarpackie zbliżają się długością nasion do modrzewi alpejskich (Šindelář 1974).

Sucha masa siewek. Modrzewie pochodzące z wyższych stanowisk charakteryzują się większą zawartością suchej masy 1-4-letnich siewek. Zawartość suchej masy zwiększa się

Tabela 13

Wartości współczynnika korelacji zawartości suchej masy siewek z wysokością nad poziom morza i szerokością geograficzną (wg Šindelář 1965)

	1-roczone		2-letnie		3-letnie		
	część nadzie- mna	korze- nie	część nadzie- mna	igły	pędy	korzenie	igły
Wys. n. p. m.	0,55 <sup>+</sup>	0,12 <sup>-</sup>	0,73 <sup>++</sup>	0,56 <sup>+</sup>	0,72 <sup>++</sup>	0,67 <sup>++</sup>	0,68 <sup>++</sup>
Szer. geogr.	-0,55 <sup>+</sup>	-0,40 <sup>-</sup>	-0,84 <sup>++</sup>	-0,73 <sup>++</sup>	-0,82 <sup>++</sup>	-0,55 <sup>++</sup>	-0,62 <sup>+</sup>



także ze wzrostem szerokości geograficznej (Schreiber 1960, 1961, Schreiber, Kral 1963, Šindelář 1965). Największym procentem suchej masy charakteryzują się proveniencje z Alp, z wyższych partii gór ponad 1200 m n.p.m. Mniej suchej masy zawarte jest w siewkach modrzewi z Sudetów i Słowacji. Proveniencja z Karpat południowych, z wys. 1200 m n.p.m. wykazuje wartości zbliżone do modrzewi alpejskich. Najmniejszy procent suchej masy stwierdzono w siewkach proveniencji polskich z Bliżyna i Góry Chełmowej (Schreiber 1961, Šindelář 1965).

#### CECHY ODPORNOŚCIOWE

**Odporność na raka.** Rak na pniu i gałęziach, wywołany przez grzyby *Dasyscypha willkommii* (Hartig) Dennis może powodować znaczne zniszczenia w młodych uprawach modrzewiowych, szczególnie w wilgotnym klimacie oceanicznym. Jego występowanie połączone jest z zasychaniem pędów wskutek przemarzania. Nie wydaje się, aby istniały modrzewie w pełni odporne na raka, ale stwierdzono duże różnice w odporności między różnymi proveniencjami (Yde-Andersen 1979). Najbardziej podatne na zarażenie rakiem są proveniencje alpejskie, a szczególnie z wyższych położen z południowo-zachodnich Alp, Tyrolu i Alp Centralnych podlegających w znacznym stopniu klimatowi kontynentalnemu. Stosunkowo mniej podatne na raka są proveniencje z północnych skrajów Alp Wschodnich będących pod częściowym wpływem klimatu oceanicznego. Należą do nich modrzewie z Alp Salzburskich, Salzkammerguts i Austriackich Alp Wapiennych. Modrzewie pochodzeń sudeckich (Jesioniki) oraz tatrzańskie uszkodzane są przez raka tylko w nieznacznym stopniu. Najbardziej odporne są jednak proveniencje z Polski: Bliżyn, Chełmowa Góra, Zagnańsk, Skarżysko, Mała Wieś i Pruszków (Chodzicki 1967, Göhrn 1957, Križan 1973, Lines, Gordon 1980, Morandini, Tocci 1975, Robak



1982, Schober 1977, Štastný 1962). Podatność proveniencji alpejskich jest przeciętnie 4-5 razy większa niż modrzewi pozostałych pochodzeń (Schober 1977). W warunkach klimatu oceanicznego związane to jest prawdopodobnie z małą odpornością modrzewi alpejskich na mróz, a szczególnie wczesne i późne przymrozki (Yde-Andersen 1979). Na powierzchni doświadczalnej Podbanske w CSSR, odporność na raka była bardzo istotnie ( $r=0,983$ ) skorelowana z odpornością na uszkodzenia mrozowe (Križan 1973).

Odporność na szkodniki owadzie. Istnieje zróżnicowanie międzyproveniencyjne modrzewia europejskiego w odporności na niektóre owady. Na powierzchniach doświadczalnych w Polsce i USA krobik modrzewiowy (*Coleophora laricella* Hb.) najczęściej atakuje górnoreglowe modrzewie alpejskie, a z mniejszą intensywnością pozostałe alpejskie oraz sudeckie, karpackie i polskie proveniencje (Barnes 1977, Król, Skrzypczyńska 1974). Natomiast na powierzchni Bane w Czechosłowacji, w dwóch kolejnych sezonach proporcje atakowanych drzew proveniencji alpejskich i karpackich (w tym Bliżyn) uległy odwróceniu (Šindelář, Hochmut 1972). Na powierzchni w USA mało atakowane były niektóre proveniencje nieznanego pochodzenia — Schlitz, Dobris i modrzew „szkocki” (Barnes 1977).

Kosmaczka modrzewiowa (*Dasyneura laricis* F. Löw.) w Polsce i Czechosłowacji najczęściej atakowała również modrzewie z wyższych położeń w Alpach niż pochodzenia z Karpat, Sudeków i Polski (Król, Skrzypczyńska 1974, Šindelář, Hochmut 1972). Podatność proveniencji na atak kosmaczki wykazuje odwrotną korelację z wczesnym pędzeniem i tempem pędzenia. Modrzewie takich proveniencji nie stwarzają prawdopodobnie wystarczająco korzystnych warunków i odpowiednio długiego okresu dla składania jaj przez owady. Odporność na owady wydaje się także związana z zawartością i składem związków terpenowych w igłach (Šindelář, Hochmut 1972).

W USA modrzewie niektórych proveniencji z Alp Central-



nych (Bruneck) i Alp Nadmorskich (Valdeblore) były bardziej podatne na ataki smrekuna (*Adelges laricis* Vall. syn. *Chermes strobilobius* Kalt.) niż pozostałe proveniencje alpejskie i sudeckie (Barnes 1977). Na powierzchni doświadczalnej w Bane (CSSR) mocniej uszkodzane były modrzewie alpejskie niż sudeckie i karpackie. Proveniencja Bliżyn należała do średnio uszkodzanych. Jednakże reakcja różnych proveniencji na atak mszyc w kolejnych sezonach wegetacyjnych ulega zmianie (Šindelář, Hochmut 1968).

Karmazynek (*Adelges viridis* Ratz. syn. *Sacchiphantes viridis* Ratz.) w zmiennym stopniu atakował proveniencje z różnych regionów (Šindelář, Hochmut 1968).

Wyniki badań nad odpornością modrzewi na niektóre szkodniki owadzie wykazały, że stopień odporności badanych proveniencji *Larix decidua* zależy w znacznej mierze od warunków klimatycznych (Šindelář, Hochmut 1968, 1972).

Na uszkodzenia powodowane przez wtórne szkodniki drewna modrzewiowego najbardziej podatne są niektóre proveniencje austriackie (Skrzypczyńska, Król 1974).

Odporność na mróz. W literaturze jest bardzo mało udokumentowanych badań nad odpornością modrzewia na niskie temperatury. Križan (1973) analizował wpływ niskich temperatur na powstawanie uszkodzeń kambium w warunkach laboratoryjnych. Najodporniejsze na mróz były, proveniencje ze Słowacji (w tym Tatrzańskie), modrzewie sudeckie z Jesioników i proveniencje z Polski. Stosunkowo mniej odporne były proveniencje z Alp.

Odporność na suszę. Największą odpornością na suszę letnią wykazują 2-letnie siewki proveniencji ze środkowej Polski i Alp Zachodnich, podczas gdy modrzewie sudeckie były mniej odporne, a najbardziej uszkodzane proveniencje z południowych obrzeży Alp Wschodnich (Wachter 1961). W warunkach szklarniowych pochodzenia alpejskie z Tyrolu były bardziej odporne od modrzewi z Małej Wsi i Góry Chełmowej (Leibundgut 1965).



## CECHY FENOLOGICZNE

Zebrane dane fenologiczne wskazują na duże międzyproweniencyjne zróżnicowanie tych cech u modrzewia europejskiego (Štastný 1971b, Schreiber 1964), chociaż Schober (1967) uważa, że różnice te są stosunkowo małe zważywszy na dużą rozpiętość klimatów między pochodzeniami. Właśnie czynniki klimatyczne, wydają się mieć decydujący wpływ na zmienność cech fenologicznych. Nie przypisuje się natomiast większego znaczenia położeniu proveniencji nad poziomem morza (Chodzicki 1974, Schober 1967, Štastný 1971b).

**Pędzenie wiosenne.** Najczęściej podaje się, że proveniencje z Alp Zachodnich pędzą wcześniej niż proveniencje z niższych pochodzeń Alp Wschodnich. Jeszcze później rozpoczynają pędzenie modrzewie proveniencji sudeckich, tatrzańskich i polskich (Cieslar, Tschermak według Kalela 1937, Lines, Gordon 1980, Schober 1967, Schreiber 1964). Natomiast na powierzchni doświadczalnej w Kolanowie kolejność pędzenia była odwrotna do przedstawionej powyżej. Rozpoczynały pędzenie jako pierwsze proveniencje z niższych położen alpejskich, sudeckie, karpackie i nieznanymi pochodzeń z Polski północnej. Dopiero po nich rozpoczynały rozwój proveniencje z wyższych położen alpejskich (Chodzicki 1974). Na powierzchni w Podbanske (CSSR) najwcześniej pędzą modrzewie z Bliżyna oraz niektóre proveniencje wysokogórskie z Tatr. Natomiast modrzewie z wyższych partii Alp Zachodnich należałyby do grupy późnopędzących (Štastný 1971b). W RFN na powierzchni w Eberswalde wczesnym rozpoczynaniem wzrostu wyróżniały się tylko proveniencje Semmering z Alp Wschodnich i Góra Chełmowa, podczas gdy pozostałe, w tym Bliżyn, z południowych i południowo-zachodnich Alp oraz Sudetów, pędziły nieco później (Wachter 1961). Kolejność wiosennego pędzenia poszczególnych proveniencji jest więc w dużym stopniu zależna od lokalnych warunków panujących na powierzchni doświadczalnej. Ta interakcja ze środowiskiem wskazuje, że cechy feno-



logiczne modrzewia europejskiego są równocześnie pod wpływem wielu czynników zewnętrznych.

Zakończenie wegetacji jesienią. Na ogół modrzewie z wyższych partii Alp i Tatr przerywają wzrost wcześniej niż proweniencje z Alp Wschodnich, Sudetów i Środkowej Polski (Schober 1967, Schreiber 1964, Wachter 1961). Według Schobera (1967) przebarwienie igieł następuje wcześniej u modrzewi proweniencji sudeckich, karpackich i środkowopolskich niż u pochodzeń alpejskich. Natomiast na powierzchni w Podbanske, wcześniej kończyły wegetację proweniencje z Tatr Wysokich. Modrzewie sudeckie i z Bliżyna, podobnie jak proweniencje alpejskie przebarwiały i traciły igły nieco później (Štastný 1971b).

Reakcja na fotoperiod. Istnieje pewne zróżnicowanie międzyproweniencyjne modrzewia europejskiego w reakcji na długość dnia. Warunki dnia długiego (16 godzin) sprzyjały ciągłemu wzrostowi i formowaniu pędów bocznych na 3-letnich siewkach modrzewi proweniencji Ipolitca ze Słowacji (800 m n.p.m.) i Bliżyn (330 m n.p.m.). Natomiast modrzewie proweniencji Prigelato z Alp Zachodnich (1990 m n.p.m.) rosły w tych warunkach nieregularnie, często przerywając wzrost i formując pąki terminalne. Nie wykształcały także lub tylko w niewielkim stopniu pędy boczne. W warunkach dnia krótkiego (8 godzin) modrzewie proweniencji Prigelato wcześniej kończyły wzrost i formowały małe pąki terminalne (Simak 1970).

Reakcja na zacielenie. Kral (1963) badając zróżnicowanie 2-letnich siewek modrzewia w reakcji na zacielenie, wyróżnił dwie grupy proweniencji różniące się reakcją na zmniejszenie ilości światła o 50% w stosunku do pełnego światła dziennego. Proweniencje z Alp Centralnych, z wyższych położeń i będące pod wpływem klimatu kontynentalnego słabo znoszące zacielenie, reagują zwiększonym przyrostem długości pędu głównego, znacznym spadkiem zawartości suchej masy siewek i wzrostem transpiracji. Zwiększa się także zawartość substancji po-



piołowych, fosforu i potasu. Spadek zasadowości w siewkach tych proveniencji powoduje zakłócenie równowagi kwasowo-zasadowej. Proveniencje z obrzeży Alp Wschodnich oraz Sudetów, podlegające wpływowi klimatu oceanicznego są bardziej odporne na zacienienie. Zmniejszenie światła powoduje u nich znaczne zwiększenie zawartości wody w siewkach i przede wszystkim nie wpływa na zwiększenie transpiracji.

#### ODZIEDZICZALNOŚĆ I PRZEKAZYWALNOŚĆ CECH

W tabeli 14 zestawiono znalezione w literaturze szacunki wartości odziedziczalności sensu lato i sensu stricto. Sposoby ich wyliczania różnią się u poszczególnych autorów, co utrudnia jednoznaczłą ocenę wyników. Wartości odziedziczalności cech szczepów były wyższe od odziedziczalności analogicznych cech u siewek. Również odziedziczalność obliczana na materiale z kontrolowanego krzyżowania była nieco wyższa niż na siewkach z wolnego zapylenia (Dietze 1974). Najwyższe wartości odziedziczalności wykazują cechy jakościowe, co daje podstawy do skutecznej selekcji i hodowli modrzewi pod kątem tych cech. Spośród cech wzrostowych, odziedziczalność wysokości przybiera na ogół wartości nieco wyższe niż średnicy. Duża przekazywalność ogólna wzrostu i jakości pnia, obliczana na materiale z wewnątrzgatunkowego i międzygatunkowego krzyżowania modrzewi europejskich i japońskich świadczy, że w dziedziczeniu tych cech decydującą rolę ma dziedziczenie kumulatywne (Haaseman 1972, Matthews i in. 1960). Natomiast na wzrost 2-letnich siewek *L. laricina* większy wpływ ma przekazywalność specyficzna. Wskazuje to na duże znaczenie dominacji i epistazy w dziedziczeniu tej cechy (Park, Fowler 1982). Wartości przekazywalności ogólnej i specyficznej wzrostu siewek modrzewia europejskiego z kontrolowanego krzyżowania na plantacji w Kórniku malały w wieku 1 do 3 lat. Towarzyszył temu zanik statystycznej istotności wpływu obu przekazywalności na wzrost (Kosiński — dane niepublikowane).



Tabela 14

Odziedziczalność ogólna ( $h_{g1}^2$ ) i sensu stricto ( $h_{gs}^2$ ) cech wzrostowych i jakościowych modrzewia europejskiego (*J-L. kaempferi*, *E-L. deciddua*, nieoznaczone – *L. deciddua*)

Cechy	$h_{g1}^2$	$h_{gs}^2$	Autor
<b>Siewki</b>			
<b>Wysokość</b>			
w wieku 2 lat J × E	0,14		Matthews i in. 1960
„ „ E × J	0,08		„
„ „ J × J	0,14		„
5 „		0,56	Haasemann 1972
6 „	0,00 - 0,28		Dietze 1974
7 „	0,24		„
7 „		0,62	Haasemann 1972
8 „		0,16	Gračan 1973
13 „	0,00 - 0,36		Dietze 1974
<b>Średnica</b>			
w wieku 2 lat J × E	0,10		Matthews i in. 1960
„ „ E × J	0,01		„
„ „ J × J	0,008		„
8 „		0,04	Gračan 1973
13 „	0,13 - 0,42		Dietze 1974
Objętość 13 „	0,14		„
Gęstość objętościowa drewna	0,37		Haasemann 1967
Średnica najgrubszej gałęzi (8 lat)		0,07	Gračan 1973
Długość najgrubszej gałęzi (,)		0,15	„
Kształt pnia w wieku 7 lat		0,57	Haasemann 1972
Kształt „ „ 8 „		0,37	Gračan 1973
Przeżywalność (8 lat)		0,31	„
<b>5-letnie szczyepy</b>			
<b>Wysokość</b>			
	0,90		Enescu i Ciocnitu 1975
„	0,25 - 0,95		Šindelář 1970
<b>Przyrost na wysokość 1966</b>			
	0,87		Enescu i Ciocnitu 1975
„ „ 1967	0,91		„
Kształt pnia	0,74		„
Forma korony	0,85		„
Szerokość korony	0,42 - 0,98		Šindelář 1970
Smukłość korony (stosunek szer. korony do wysokości szczyepu)	0,05 - 0,84		„
Kąt ustawienia gałęzi	0,74		Enescu i Ciocnitu 1975
Grubość gałęzi	0,82		„
Ustawienie pędów	0,41		„
Kolor pędów	0,64		„

## DRZEWA DOBOROWE

Ogólne kryteria stosowane przy wyborze drzew doborowych innych gatunków obowiązują także przy wyborze drzew modrzewia. Muszą one zatem posiadać większą średnicę i wysokość niż równowiekowe sąsiednie drzewa, korona osadzona powyżej 1/3 długości strzały, gałęzie niezbyt grube, dobrze samoczyszczające się, strzała prosta niezbieżysta i co ważne u modrzewia, brak guzów na pniu oraz zupełny brak śladów raka modrzewiowego.

## POLIMORFIZM GENETYCZNY W POPULACJACH MODRZEWIA EUROPEJSKIEGO

Stosując anaforetyczną elektroforezę na żelu skrobiowym Mejnartowicz i Bergmann (1975) zbadali polimorfizm genetyczny izoenzymów leucyloaminopeptydazy i kwaśnej fosfatazy (APH) zawartych w makrogametofitach nasion opisywanego gatunku modrzewia. Stwierdzono, że enzym leucyloaminopeptydazy kodowany jest w dwóch loci z pięcioma allelami oraz kwaśna fosfataza w jednym locus z trzema allelami.

Porównując modrzewie z Sudetów, z prawdopodobnie nieautochtonicznego drzewostanu z Polanicy z modrzewiami polskimi z Bliżyna, autorzy stwierdzili, że locus LAP-A jest monomorficzny z 1 allelem LAP-A1, a w locus LAP-B dominuje pod względem częstości allel LAP-B1. Także enzym kwaśnej fosfatazy kodowany jest w znacznej mierze w postaci izoenzymu APH-B1. Wskazywałoby to na znaczny udział drzew homozygotycznych pod względem alleli kodowanych w dwóch omówionych wyżej loci, co zapewne jest następstwem samozapylenia. Interesujące jest, że u badanych drzew z Sudetów nie znaleziono allelu LAP-A2, który to allel znaleziony został u drzew modrzewia polskiego. Być może, że ten typ badań pozwoli na określenie w przyszłości metody szybkiego odróżniania modrzewi sudeckich od modrzewi polskich, co miałyby duże znaczenie gospodarcze.



## LITERATURA

- Anonim 1976. (State seed orchards in Lot.). Revue Forestiere Francaise 22 (1): 2 - 12 (For. Abstr. 1977, 38, nr 772).
- Barnes B. V. 1977. The International Larch Provenance Test in Southeastern Michigan, USA. Silv. Genet.: 26 (5 - 6): 145 - 148.
- Bellon S. 1967. Wyniki badań nad wzrostem mieszańca modrzewi *L. eurolepis* Henry w lasach doświadczalnych SGGW w Rogowie. Folia for. polon. 13: 127 - 155.
- Biggin P. 1977. Vegetative propagation of hybrid larch. Research Information Note, Forestry Commission. No. 29. UK.
- Bobrov E. G. 1972. Istorija i sistematika listvennic. Komarovskije čtenija. Akademija nauk SSSR. 25. Nauka, Leningradskoe otdelenie.
- Bojarczuk T. 1980. *Larix decidua* Kórnik a dwarf cultivar of European larch. Arboretum Kórnickie 25: 319 - 323.
- Brandt K. 1977. (Hybrid larch (*Larix* × *eurolepis*) in heathland forestry Hedelskabet Tidsskrift 98: 155 - 160; 169 - 172. (For. Abstr. 39 nr 3228).
- Chiba S. 1963. Studies on the breeding of *Larix* species (1) Variation between species on the gnawing by the mountain hares and the wild mice. Oij Paper Co., Ltd. Technical Note 29: 109 - 114.
- Chiba S., Watanabe M. 1952. Tetraploids of *Larix kaempferi* in the Nurseries. Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 57, Tokyo, 187 - 199.
- Chodzicki E. 1967. Growth relationship of the Polish-Sudetic — Carpathian group of larches in the light of long-term research. Genetica Polonica 8: 221 - 229.
- Chodzicki E. 1968. Wzrost modrzewi różnych pochodzeń europejskich na plantacji porównawczej w Kolanowie. Prace Inst. Bad. Leśn. 365: 101 - 121.
- Chodzicki E. 1974. Kolejność początku wegetacji poszczególnych pochodzeń i gatunków modrzewia na plantacji w Kolanowie w 1972 roku. Sylwan 118 (6): 44 - 52.
- Chodzicki E., Sabor J. 1977. Wstępna analiza cech ugałęzienia modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) na powierzchni porównawczej w Kolanowie k. Bochni. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie nr 122. Leśnictwo 10: 37 - 58.
- Christiansen A. 1950. A tetraploid *Larix decidua* Mill. Det. Kg. Dansk. Vidensk. Selsk. 18: 1 - 9.
- Czerney P., Fiedler J. H., Haasemann W., Schönbach H. 1969. Über den Einfluss der Düngung und des Wasserangebotes auf die Ertragsleistung und den Ernährungszustand der japanischen und



- europäischen Lärche sowie deren Hybride. Arch. Forestwes. 18 (4): 379 - 391.
- Darlington C. D., Wylie A. P. 1955. Chromosome Atlas of Flowering Plants. Allen and Unwin Ltd.
- Dieckert H. 1964. Einige Untersuchungen zur Selbsterilität und Inzucht bei Fichte und Lärche. Silv. Genet.: 13: 77 - 86.
- Dietze W. 1974. Beurteilung von Züchterischen Möglichkeiten zur Verbesserung Quantitativer und Qualitativer Eigenschaften bei Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.). Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig — Maximilians — Universität zu München.
- Domin K. 1931. Schedae ad floram čechoslovenicam exsiccatam. Centuria III. Acta Bot. Bohemica X: 3 - 79.
- Domin K. 1939/1940. Nekolík poznamek o modrinu v Alpach, vychodnich Sudetach a Karpatech. Preslia XVIII - XIX: 53 - 85.
- Enescu V., Ciocnitu V. 1975. Variabilité génétique de l'habitus et de la croissance en hauteur de certains clones de mezele (*Larix decidua* Mill.). Bull. de L'Acad. des Sci. Agric. et Forest. Roumanie 5: 177 - 184.
- Eriksson G., Ekberg I., Ehrenberg L., Bevilacqua B. 1966. Genetic changes induced by semi acute  $\gamma$ -irradiation of pollen mother cells in *Larix leptolepis* (Sieb et Zucc.) Gord. Hereditas 55: 213 - 226.
- Fröhlich E. 1962. Folgerungen aus dem Wachstum verschiedener Kulturen im Lehrwald der ETH für die Provenienzwahl bei Lärchen. Schw. Z. Forst. 113 (5): 247 - 257.
- Galoux A. 1974. II Internationalen Lärchenprovenienzversuch 1958/1959. Arbeitstagung Lärchenprovenienzversuch 25 - 28. 3.74 in Göttingen.
- Giertych M. 1979. Summary of results of European larch (*Larix decidua* Mill.) height growth in the IUFRO 1944 provenance experiment. Silv. Genet. 29 (5 - 6): 244 - 256.
- Gøhrn V. 1956. Provenienschforsøg med lark. Forstl. Forsøgsv Danm. 23 (1): 1 - 124.
- Gračan J. 1973. Nasljednost nekih svojstava evropskog ariša populacije varaždinskeg. Sumarski List 97, (9 - 10): 358 - 374.
- Gross H. 1932. Die sibirische Lärche in Ostpreussen. Mitt. d. deut. Dendr. Gesell.: 248 - 249.
- Haasemann W. 1967. Untersuchungen zur genetisch bedingten Variation der Dichte des Lärchenholzes (*Larix europea* DC.). Arch. Forestwes. 16 (5): 479 - 486.
- Haasemann W. 1972. Ergebnisse der Leistungsprüfung 7 jähriger Lärchen — Nachkommenschaften aus gelenken Kreuzungen. Beiträge f.d. Forstwirtschaft. 6 (3): 25 - 29.



- Haasemann W. 1974. Beobachtungen über Wechselwirkungen zwischen Genotyp und Umwelt bei Lärche. Beitrag f.d. Forstwirtschaft. 8: 42 - 47.
- Haasemann W., Schönbach H. 1970. Die wichtigsten Ergebnisse eines Anbauversuchs mit Herkünften der polnischen Lärche. Arch. Forstwes. 19 (7): 729 - 735.
- Hattemer H. H., Koenig A., Krusche D., Melchior G. H. 1974. Some results of a progeny test in larch. Proceedings, Joint IUFRO Meeting S. 02 - 04, 1 - 3, Stockholm 1974: 449 - 458.
- Heiken A., Søgaard B. 1962. A Study of the Variation of Seed Weight in *Larix decidua* on the Basis of Radiographs. Ann. Academiae Regiae Scientiarum Upsaliensis 6: 55 - 58.
- Illies Z. M. 1951. Colchicinversuche an *Larix decidua* Mill. und *Picea abies* (L.) Karst. Zeitschrift für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. 1: 36 - 39.
- Illies Z. M. 1966a. Die Variation unbalanzierter Chromosomenzahlen im Knospenmeristem fünf aufeinander folgender Astjahrgänge bei aneuploiden  $C_1$  — Lärchen. Silv. Genet. 15 (4): 133 - 135.
- Illies Z. M. 1966b. The development of aneuploidy in somatic cells of experimentally produced triploid Larches. Heredity 21 (3): 379 - 385.
- Illies Z. M. 1969. Two aneuploid generations of Larch Hybrids deriving from colchicine induced *Larix* sp. 2nd. FAO/IUFRO World Consultation Forest Tree Breeding., Washington 1969. FO-FTB-69-8/9.
- Illies Z. M. 1976. Experiences in doubling and reducing chromosome numbers in woody species for further breeding programmes. Proceedings, Division II (Forest Plants and Forest Protection), XVI IUFRO World Congress, Oslo. Norway, June 20 - July 2, 1976. As, Norway IUFRO.
- John A. 1977. Vegetative propagation of hybrid larch (*Larix* × *europaeica* Henry) in Scotland. In: Vegetative propagation of forest trees — physiology and practice. Lectures from a symposium in Uppsala, Sweden 16 - 17 February. The Institute for Forest Improvement and the Department of Forest Genetics, College of Forestry. The Swedish University of Agricultural Sciences: 129 - 136.
- John A. 1980. Vegetative propagation of hybrid larch (*Larix* × *europaeica* Henry) in Scotland. N. Res. For. Comm., Roslin Midlothian, 129 - 136.
- John A. 1981. Propagation of hybrid larch by summer and winter cuttings. Silv. Genet. 28 (5 - 6): 220 - 225.
- Kalela A. 1937. Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 26.



- Katsuta M., Yamamoto Ch., Saito M., Fukuhara N., Aoyagi S., Kaneko T. 1979. Cone and Seed Yields in Controlled Crossing of *Larix leptolepis* Gord. Bull. For. and For. Prod. Rec. Inst. No. 307: 25 - 38.
- Keiding H. 1968. Preliminary Investigations of Inbreeding and Outcrossing in Larch. Silv. Genet. 17: 159 - 164.
- Khan M. I. — U. R. 1951. Cytogenetical studies in some species and hybridis of *Acacia* and *Larix*. Punjab. For. Abstr. 14, nr 3057, 1953.
- Klika J. 1931. Dendrologie jehličnate. Publikace Ministerstva Zemědělství RCS Ed. E. Reich Císla 71: 1 - 203.
- Knjazeva L. A. 1978. Otdalennaja gibridizacija listvennicy v podmoskve. W: Naučnye osnovy selekcii chvojných porod. Nauka, Moskva: 142 - 162.
- Kobendza R. 1925. Modrzewina w Małej Wsi pod Grójcem. Las Polski.
- Kocięcki S. 1962. Modrzew polski w uprawach doświadczalnych. Sylwan 106 (6): 23 - 34.
- Kocięcki S. 1972. Modrzew polski na powierzchni porównawczej IBL w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie. Sylwan 116 (5): 23 - 32.
- Kočiová M. 1974. II Internationalen Lärchenprovenienzversuch 1958/1959. Arbeitstagung Lärchenprovenienzversuch 25 - 28. 03. 1974 in Göttingen.
- Koropačinskij I. J., Miljutin L. J. 1979. Estestvennaja gibridizacija lesobrazujuščich porod w SSSR i ee lesochozajstvennoe značenie. Iz. Sib. otd. AN SSSR. vyp. 1.
- Kosiński G. 1981. Genetic load in empty seeds of European larch (*Larix decidua* Mill.). Arboretum Kórnickie 26: 231 - 236.
- Kral F. 1963. Über Reaktionsweisen von Fichten- und Lärchenherkünften auf Änderung des Lichtfaktors. Cbl. ges. Forstwesen 80 (4): 217 - 232.
- Križan P. 1973. Untersuchungen über die Frosthärte der Lärche (*Larix decidua* Mill.) in der Slowakei mit Rücksicht auf das Vorkommen von Krebskrankungen. Acta Instituti Forestalis Zvolensis. 4: 29 - 38.
- Król A., Skrzypczyńska M. 1974. Opanowanie modrzewi różnych gatunków i pochodzeń europejskich przez owady i szkodniki fizjologicznie pierwotne na plantacji w Kolanowie. Sylwan 118 (10): 45 - 53.
- Kruklis M. V., Miljutin L. I. 1977. Listvennica Čekanovskogo. Akademija Nauk SSSR. Sibirskoe otdelenie. Institut lesa i drevesiny im. V. N. Sukačeva. Nauka, Moskva.
- Krüssmann G. 1979. Die Nadelgehölze. Paul Parey, Berlin und Hamburg.



- Krzyżstófik E. 1957. Jeszcze o modrzewiu syberyjskim. *Las Polski* 23: 19 - 20.
- Kurdiani S. Z. 1914. Iz biologii plodonošenija lesnych porod. O partenokarpii i partenospermii. *Sel'skoe Chozjajstvo i Lesovodostvo* 1 - 3. Sankt-Petersburg.
- Lacaze J. F., Birot Y. 1974. Bilan d'une expérience comparative de provenances de mélèz a l'âge de 13 ans. *Ann. Sci. Forest.* 31 (3): 135 - 159.
- Langner W. 1951. Kreuzungsversuche mit *Larix europaea* D.C. und *Larix leptolepis* Gord. *Z. Forstgenetik Forstpflanzzücht.* 1: 2 - 18, 40 - 56.
- Langner W. 1966. Zum Problem des Misswuchsanteiles in Lärchen-nachkommenschaften. *Allg. Forstz.* 77 (5): 90 - 92.
- Langner W. 1968. Der Fall Sonderherkunft „Brüggerholzlärche“. *Forstpflanzen — Forstsamen* 3: 4 - 6.
- Langner W. 1971. 33 Jahre Hybridlärchenzüchtung. *Allg. Forstz.* 26 (3): 54 - 55.
- Leibundgut H. 1965. Zur Trockenreissistenz von Lärchenkeimlingen. *Schweiz. Z. Forstw.* 116 (2): 151 - 152.
- Lines R., Gordon A. G. 1980. Choosing European Larch seed origins for use in Britain. *Research Information Note Forestry Commission, UK, No 57.*
- Łagov J. A. 1959. O kaczestwie siemjon biologiczskich form listvennicy sibirskoj. *Lesn. Hoz.* II.
- Machaniček J., Prudič Z. 1978. Rust a produkce biomasy deseti-letých křížencii modřínu. *Práce Vúlnm* 52: 23 - 38.
- Matthews J. D., Mitchell A. F., Howell R. 1960. The analysis of a diallel cross in Larch. *Proc. 5th World For. Congr. Seattle, August 29 September 10.*
- Mejnartowicz L. 1976. Polimorfizm kwiatów u modrzewia polskiego i europejskiego. *Rocznik Dendrologiczny* 24: 35 - 41.
- Mejnartowicz L. 1976. Genetic investigations on Douglas — fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) populations. *Arboretum Kórnickie* 21: 126 - 179.
- Mejnartowicz L. 1979. *Genetyka. Brzozy (Betula)*. Monografia: *Nasze Drzewa Leśne*, wyd. PWN, Warszawa: 219 - 264.
- Mejnartowicz L. 1983. *Genetyka. Jodła (Abies alba Mill.)*. Monografia. *Nasze Drzewa Leśne*, wyd. PWN, Warszawa: 285 - 316.
- Mejnartowicz L., Bergmann F. 1975. Genetic studies on European Larch (*Larix decidua* Mill.) employing izoenzyme polymorphisms. *Genetica Polonica* 16 (1): 29 - 36.
- Miller J. T. 1974. Hybrid larch. Report of Forest Research Institut

- for 1 January to 31 December 1973, New Zeland Forest Service, Wellington. New Zeland: 24.
- Morandini R., Tocci A. V., 1975. Esperienze sulle provenienze del larice. Annali dell'Instituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, 6: 279 - 316.
- Nanson A., Sarce E. 1978. A propos de heterosis de *Larix* × *eurolepis* en particulier pour les proprietes du bois. Biuletin des Recherches Agronomiques de Gembloux 13 (4): 323 - 336.
- Nebe W., Rzeźnik Z. 1982. Zur Ernährung der Lärche im 11 jährigen Provenienzversuch Siemianice. Beitrage f.d. Forstwirtschaft 16 (1): 40 - 46.
- Park Y. S., Fowler D. P. 1982. Effects of inbreeding and genetic variances in a natural population of tamarack (*Larix laricina* (Du Roi) K. Koch) in Eastern Canada. Silv. Genet. 31 (1): 21 - 26.
- Pilat A. 1964. Jehlicnate stromy a kere nasich zahrad a parku. Nakladatelství Československé akademie věd. Praha.
- Pintarič K. 1973. Stammqualität von Lärchen verschiedener Herkunft. Allg. Forst- u. Jagdztg. 144 (3): 65 - 68.
- Pintarič K. 1974. Varijacija u inserciji grana kod arisa (*Larix* sp) raznik provenijencija. Sumarski List 98 (5 - 6): 193 - 201.
- Pintarič K., Koprivica M. 1980. Proučavanje oblika i izgradenosti krošnje ariša (*Larix* sp.) raznik provenijencija. Šumarski List 104 (1 - 2): 29 - 43.
- Polakowski B. 1966. Pomnikowy drzewostan modrzewiowy w rezerwacie „Lenki” na Pojezierzu Mazurskim. Rocznik Dendrologiczny 20: 75 - 92.
- Reck S. 1977. Ergebnisse einer Versuchsanlage mit europäischen Lärchen (*Larix decidua*) und Hybridlärchen (*Larix eurolepis* Henry). Silv. Genet. 26 (2 - 3): 95 - 101.
- Reck S. 1980. Untersuchungen über das Holz der Hybridlärche. Allg. Forst.- und Jagdztg. 151 (6 - 7): 117 - 120.
- Robak H. 1982. Det internasjonale lerceprovenienschforsk av 1944/45 i Vest — Norge. Norsk Institutt for Skogforskning 36: 14.
- Rohmeder M., Dimpflmeier R. 1952. *Larix decidua* Mill. × *Larix Gmelini* Pilg. ein in Grafrath mehrfach natürlich entstandener luxrierender Bastard. Z. Forstgenetik 2 (1): 16 - 19.
- Rohmeder E., Schönbach H. 1959. Genetik und Züchtung der Waldbäume. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.
- Rubner K. 1939. Die polnische Lärche. Der Deutsche Forstw.
- Saarnijoki S. 1942. *Larix decidua* × *sibirica*, ein neuer Lärchen bastard. Comm. Inst. For Fenn. 31 (1): 1 - 30.
- Sax K., Sax H. J. 1933. Chromosome number and morphology in the Conifers. J. Arnold Arbor. 14: 356 - 375.



- Scamoni A. 1977. Über Lärchenhybriden aus freier Bestäubung und über die weitere Entwicklung gelenkter Lärchenkreuzungen. Beiträge für die Forstwirtschaften, Eberswalde. DDR.
- Schober R. 1967. Phänologie und Höhenwachstum der Lärche im Jahresablauf in ihrer Abhängigkeit von Provenienz und Witterung. Allg. Forst.- und Jagdztg. 138 (5): 97 - 107.
- Schober R. 1969. Schaftgüte- Ansprache in Lärchen Provenienzversuchsflächen und Ergebnisse des Lärchenherkunftsversuches Haard in Haltern. Allg. Forst.- und Jagdztg. 140 (4): 1 - 12.
- Schober R. 1977. Vom II. Internationalen Lärchenprovenienzversuch ein Beitrag zur Lärchenherkunftsfrage. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 49 J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- Schreiber M. 1944. Über Unterschiede in der Berindung und Verkernung bei Standerbrassen der europäischen Lärche. Forstwiss. Cbl. u. Thar. Forstl. Jb. 2: 73 - 102.
- Schreiber M. 1961. Zur physiologischen Reaktionsweise von Provenienzen der Europäischen Lärche (*Larix decidua* Mill.), der Japanlärche (*Larix leptolepis* Gord.) und der Sibirischen Lärche (*Larix sibirica* Ledeb.) auf gleiche Umweltsbedingungen. Cbl. ges. Forstwesens 78 (1): 1 - 17.
- Schreiber M. 1964. Über neue Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Lärchenrassenbiologie. Schweiz. Zeitschr. f. Forstw., S.: 44 - 74.
- Schreiber M., Kral F. 1963. Weitere Untersuchungen über waldbaulich beachtenswerte physiologische Reaktionsweisen von Herkünften der europäischen Lärche. Cbl. ges. Forstwesen 80 (4): 197 - 217.
- Seneta W. 1981. Drzewa i krzewy iglaste. Warszawa, PWN.
- Simak M. 1962. Karyotype analysis of *Larix decidua* Mill. from different provenances. Medd. Skogsforsknkst., Stockh. 51 (1): pp. 22.
- Simak M. 1964. Karyotype analysis of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledb. and *Larix sukaczewii* Dyl.). Studia Forestalia Suecica 17.
- Simak M. 1967. Seed weight of larch from different provenances (*Larix decidua* Mill.). Studia Forestalia Suecica 57.
- Simak M. 1970. Photo- and thermoperiodic responses of different larch provenances (*Larix decidua* Mill.). Studia Forestalia Suecica 86.
- Šindelář J. 1965. Příspěvek k biochemické charakteristice modřínu evropskeho (*Larix europaea* DC.). Lesnický Časopis 12: 1133 - 1150.
- Šindelář J. 1969. On the problem of testing the growth qualities of European larch (*Larix decidua* Mill.) by clone tests. FAO/IUFRO World Consultation Forest Tree Breeding, Washington 1969, FO-FTB-69-2/8.



- Šindelář J. 1970. K otázce využití klonových potomstev jako předběžného testu pro ověřování výběrových stromů modřinu evropského a japonského. *Lesnictví* 16: 247 - 262.
- Šindelář J. 1974. Stručný přehled výsledků šetření na výzkumných plochách modřinu evropského II mezinárodní série. *Práce Vuhlmu* 45: 113 - 138.
- Šindelář J., Hochmut R. 1968. Proměnlivost napadení modřinu hmyzími škudci I. Sdělení Korovnice *Adelges laricis* Vall. a *Sacchiphantes viridis* Ratz. *Práce Vuhlmu*. 35: 215 - 232.
- Šindelář J., Hochmut R. 1972. Variability in the occurrence of some insect pests on various provenances of European larch, *Larix decidua* Mill. *Silv. Genet.* 21 (3 - 4): 86 - 96.
- Skrzypczyńska M., Król A. 1974. Owady szkodniki wtórne modrzewi euroazjatyckich na plantacji IFURO w Kolanowie pod Krakowem. *Acta Agraria et Silvestria, Series Silvestris*, 14: 123 - 133.
- Šťastný T. 1962. Založení teoretické selekce slováckých proveniencí modrzewia europejskiego odpornych na raka *Trichoscyphella willkommii* Nannf. *Sylvan* 106 (6): 17 - 22.
- Šťastný T. 1971a. Modifikovanie prejavu genetickej podstaty rastu *Larix decidua* Mill. Vplyvom podmienok prostredia. *Vulk, Zvolen, Lesnicke Štúdie* No 10.
- Šťastný T. 1971b. Photoperiodic-reaction testing in *Larix decidua* Mill. *Acta Instituti Forestalis* 2: 29 - 56.
- Svoboda P. 1937/1938. Príspevek k systematickemu a lesnickemu hodnocení modřinu, zejména karpatskeho. *Preslia* XVI - XVII: 50 - 66.
- Syrach Larsen C. 1937. The employment of species types and individuals in forestry. Copenhagen, Royal Veterinary and Agricultural College Yearbok. 74 - 154.
- Syrach Larsen C. 1956. Genetics in silviculture. Oliver and Boyd Ltd. Edinburgh.
- Szafer W. 1913. Przyczynek do znajomości modrzewi euroazjatyckich ze szczególnym uwzględnieniem modrzewia w Polsce. *Kosmos* 38: 1281 - 1315.
- Szczęsny T. 1963. Materiały biometryczne do poznania zmienności szyszek modrzewia polskiego. *Frag. Floristica et Geobotanica* A. 9 (4): 387 - 428.
- Thulin I. J., Miller J. T. 1964. Seed size and altitude of seed source are significantly correlated in *Larix decidua*. Research Leaflet Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand Forest Service. No. 6.
- Tuskó L. 1970. Provenance experiments. FAO Hungaria National Committee Forestry and Wood Industry Expert's Committee. Special



- peper No 3: 1-18. Study tour. Production of improved seed and other propagating material Hungary, 6-16 September 1970.
- Tyszkiewicz S. 1972. Z badań nad polskim modrzewiem. Sylwan LXVI, 5: 15-21.
- Vincent G., Fronk V. 1972. Barva pastikowych kvetu modrinu a jejich sklon ke kveteni. Lesnictvi 18 (6): 509-522.
- Vincent G., Machanicek J. 1972. Heterózní rust modřinových křižencu. Lesnictvi 18 (6): 523-536.
- Vloten H. 1954. De schotse hybride van Japanse lariks in Nederland. Ned. Boschb Tijdschr. 26: 340-343.
- Vyskot M. 1966. Zuwachs und Entwicklung junger Lärchenbestände verschiedener Herkunft. Silv. Genet. 15 (5-6): 173-181.
- Wachter H. 1961. Beobachtungen zum Verhalten einiger Lärchenprovenienzen gegenüber der Sommerdürre 1959. Silv. Genet. 10 (4): 99-106.
- Wright J. W. 1962. Genetics of Forest Tree Improvement. FAO Forestry and Forest Products Studies No 16. Rome.
- Yde-Andersen A. 1979. Host spectrum, host morphology and geographic distribution of Larch canker, *Lechnellula willkommii*. A literature review. Eur. J. For. Path. 9 (3-4): 211-219.

## GENETICS

### Summary

In the paper the authors have given a review of literature and a description of own investigations on the genetics of larch (*L. decidua* Mill.).

When describing the variability of the genome structure it was assumed that the basic chromosome number is  $n=12$ . Larches have a very stable genome, polyploids are rare and the differences within the karyotype are small. Polyploids have been obtained through colchicine treatment.

Individual variation of larch has been presented in a description of forms differing in tree habit (*Cervicorus*, *Compacta*, *Conica*, *Fastigiata*, *Pendula* and others), colour of flowers and the size and shape of cones.

A significant role in the breeding of larch should be played by inter- and intraspecific hybrids, since as a rule they exceed the parental tree species in vigour and volume production when young (old hybrids are not available). Of exceptional value here are the hybrids between *L. kaempferi* mother and *L. decidua* father.

Provenance experiments have shown that larches from the Sudety Mts. (*L. decidua* subsp. *decidua* var. *sudetica*) have the highest silvicultural value. Polish larch (*L. decidua* subsp. *polonica*) are of medium to good growth and are characterized by a rather uneven, branchy crown and some provenances, eg. from Góra Chelmowa have a considerable basal sweep and a thick bark at the base. Poorest height and diameter increments are demonstrated by high Alpine provenances. Polish larch, similarly as Sudetan larch has half the weight of seeds (4.2 g per 1000) compared to Alpine larch (10.1 g per 1000). However Polish larch is the most resistant to the larch canker. There exists also a provenance differentiation in the resistance of European larch to drought, frost and insect injuries.

Provenance investigations have shown that in phenological traits there are some differences. Spring flushing is earliest in Alpine races and the earliest to terminate growth are larches from higher elevations in the Alps and Tatras. There exist also differences in the reaction to shading and photoperiod.

Heritability of tree height is somewhat greater in larches than that of diameter. The combining abilities for stem characters are high.

An analysis of genetic polymorphism from isozyme studies has shown that the enzyme leucyloaminopeptidase is coded in European larche at two loci with 5 alleles and the enzyme acid phosphotase at one loci with 3 alleles. The isozyme analysis indicates that here is considerable self pollination in Polish and Sudetan larches.





Modrzew polski na Górze Chełmowej w Świętokrzyskim Parku Narodowym (Fot. S. Kasprzyk)