

Marian Kulej¹

Dynamika wzrostu jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) różnych pochodzeń w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego

The growth dynamics of various provenances of grand fir (*Abies grandis* Lindl.) under mountain conditions of the Beskid Sądecki

Abstract. The purpose of this study was to determine the variation of the height growth dynamics of various grand fir (*Abies grandis* Lindl.) provenances growing under conditions of the Beskid Sądecki mountain range of the Carpathians (southern Poland). The grand fir provenance experimental area is situated in the Krynica Experimental Forest at altitude of 700–740 m, i.e. in the middle part of the lower mountain zone. Seven provenances of grand fir from regions I and II of its natural range, as distinguished by Müller were tested.

The analysis of the growth dynamics of individual partial populations of grand fir was done on the basis of tree height measurements carried out during seven study periods (1983–2006), i.e. when trees were 7, 11, 14, 18, 22, 26, and 30 years old. The effect of the provenance (genotype) and replication (environment) on the tested trait was determined on the basis of the analysis of variance and the Snedecor's *F*-test. The interaction effect "genotype (provenance) x years of observation (age)" – $G \times E_{\text{age}}$ for height of respective provenances was analyzed on the basis of ranking positions, and estimation of the reactivity of tested provenances according to the classification of Gallais.

The results of this study showed a significant diversification of tested provenances in respect of the growth dynamics. Basically, the partial populations from Müller's region I, especially the provenance 040 from Salmon River and the provenance 005 from Bear Mountain, were the best growing ones, reaching height parameters above the experimental mean. Also grand fir of the provenance 007 from Eagle Creek (Müller's region II) belonged to this group. Height growth of grand fir partial populations tested under mountain conditions of the Beskid Sądecki was in the first place determined by the genotype. The estimation of the interaction effect ($G \times E_{\text{age}}$) indicated a considerable stability of the height growth dynamics of grand fir of extreme values of this trait. This makes, especially in the case of these provenances, the effective early stage selection possible. The growth dynamics of grand fir provenances tested during this study increased with increase of latitude of their mother stands from south to north. When trees are 14 years old it is possible to forecast, with high probability, the rate of growth of analyzed provenances during subsequent years. This found its reflection in statistically significant coefficients of autocorrelation. Grand fir stands on Vancouver Island in Canada, and stands in selected localities of western slopes of the Cascade Mountains in state of Washington should constitute the seed base for the introduction of this species in mountain forests of Poland.

Key words: grand fir, provenance, height, growth, variation, interaction, correlation, autocorrelation

1. Wstęp i cel badań

Introdukcja obcych gatunków – rosnących szybciej niż rodzime, dostarczających drewna lub innych surowców – to jedna z utrwalonych tradycji leśnictwa. Dążenie

zatem leśników do wzbogacenia naszej flory drzewiastej w obce gatunki drzew jest w pełni uzasadnione. Do uprawy jednak w naszych warunkach mogą być wprowadzane tylko te gatunki obce, które w wyraźny sposób przewyższają krajowe pod względem produktywności,

¹ Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Fax +048 126625128; e-mail rlkulej@cyf-kr.edu.pl

jakości i użyteczności drewna, bądź dostarczają użytków niedrzewnych. Pierwszoplanową rolę w wyborze populacji cząstkowych gatunku introdukowanego powinna odgrywać selekcja, a w szczególności badania proweniencyjne, dostarczające podstawowych informacji o właściwościach hodowlanych oraz przydatności gospodarczej tych populacji.

Gatunkiem obcym, który zwraca na siebie coraz większą uwagę polskich leśników, jest północnoamerykańska jodła olbrzymia (*Abies grandis* Lindl.). Z pozytywnymi rezultatami introdukowano ją już do wielu krajów europejskich, takich jak: Francja, Anglia, Belgia, Holandia, Słowacja, Czechy, Niemcy czy Ukraina (Hoffmann 1967, Lacaze 1967, Lines 1986, Nanson et al. 1986, Vančura 1990, Dong et al. 1993, Kleinschmit et al. 1996, Krynickij et al. 1999). Pierwotnym i naturalnym obszarem występowania jodły olbrzymiej jest południowo-zachodnia część Ameryki Północnej, wzdłuż wybrzeży Oceanu Spokojnego, od Kolumbii Brytyjskiej i wyspy Vancouver do północnej Kalifornii oraz w głąb lądu od Montany do Oregonu (Bellon et al. 2005). Duży areal występowania jodły olbrzymiej (różnorodność warunków klimatycznych i glebowych), istnienie wielu ras geograficznych wyodrębnionych przez Müllera (1935, 1936) oraz określonych pochodzeń (Kleinschmit 1986, Krynickij et al. 1999, Lacaze 1967, Lines 1986, Steinhoff 1986) stwarza konieczność wyselekcjonowania odpowiednich jej populacji, decydujących o powodzeniu introdukcji i aklimatyzacji tego gatunku w danych warunkach siedliskowych.

W Polsce długofalowe badania nad zmiennością jodły olbrzymiej zostały podjęte z inicjatywy IUFRO w 1976 r. Celem tych badań jest określenie przydatności hodowlanej wybranych pochodzeń w różnych regionach naszego kraju. Uczestniczą w nich cztery ośrodki naukowo-badawcze, tj. Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie (obecnie w Sękocinie), SGGW w Warszawie, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu i Uniwersytet Rolniczy w Krakowie. Wyniki przedstawione w niniejszej pracy stanowią fragment badań w tym zakresie prowadzonych przez Katedrę Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na jednej z tzw. powierzchni równoległych, zlokalizowanej na terenie LZD Krynica. Jest to pierwsze doświadczenie proweniencyjne z jodłą olbrzymią w warunkach górskich Polski (Beskid Sądecki).

Na podstawie wieloletnich badań wartości genetyczno-hodowlanej jodły olbrzymiej w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego stwierdzono, że populacje cząstkowe objęte doświadczeniem wykazują znaczne różnicowanie. Dotyczy to przede wszystkim przeżywalności, wzrostu (Kulej, Żuchowska 1994, Kulej, Półtorak-Kądziołka 1998, Kulej 2006, 2007), wartości hodowlanej (Kulej 2003), kształtu strzały (Socha, Kulej

2005), produktywności (Kulej, Socha 2005), przyrostu miąższości (Kulej, Socha 2008) oraz wybranych cech odpornościowych (Dolnicki et Kraj 1995, Sabor et al. 1999) i morfologicznych (Kulej 2005).

Celem prezentowanych badań jest określenie zróżnicowania dynamiki wzrostu wysokości jodły olbrzymiej różnych pochodzeń testowanych w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego na powierzchni doświadczalnej w LZD w Krynicy.

2. Materiał badawczy i obiekt badań

Badaniami objęto 7 pochodzeń jodły olbrzymiej. Przy doborze pochodzeń do doświadczenia uwzględniono zróżnicowanie warunków klimatyczno-glebowych panujących na obszarze jej naturalnego występowania i podział na regiony wydzielone przez Müllera (1935, 1936) oraz wysokość nad poziomem morza. Drzewostany macierzyste testowanych populacji cząstkowych jodły olbrzymiej wzrastały na wysokości od 25 do 1400 m n.p.m. (tab. 1).

Powierzchnia proweniencyjna na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy jest położona na wysokości 700–720 m n.p.m. Ma wystawę południową i południowo-wschodnią, a jej współrzędne geograficzne wynoszą odpowiednio 49°27' szerokości geograficznej północnej i 20°58' długości geograficznej wschodniej. Pod względem siedliskowym cała powierzchnia leży w zasięgu lasu górskiego (LG). Poszczególne proweniencje jodły olbrzymiej zostały wysadzone na powierzchni w układzie bloków losowych w czterech powtórzeniach, tj. na poletkach o wymiarach 20×20 m każde, w więźbie 2×2 m (Kulej, Półtorak-Kądziołka 1998).

3. Metodyka

Charakterystykę dynamiki wzrostu jodły olbrzymiej populacji cząstkowych objętych doświadczeniem oparto na porównaniu zmian wysokości drzew określonej w wyniku pomiaru w siedmiu okresach badawczych, tj. w wieku 7, 11, 14, 18, 22, 26 i 30 lat. Dane empiryczne analizowanej cechy scharakteryzowano za pomocą średniej arytmetycznej, odchylenia standardowego i współczynnika zmienności. Rozkład średnich wartości parametru wysokości badano testem Kołmogorowa (Krysicki et al. 1995); stwierdzono, że układają się one wg rozkładu normalnego. Wpływ pochodzenia (genotypu) i powtórzenia (środowiska) na kształtowanie się badanej cechy jodły olbrzymiej testowanych proweniencji określono na podstawie analizy wariancji i testu *F* Snedecora. Ocenę istotności różnic przeprowadzono za pomocą testu Duncana na poziomie ufności $\alpha = 0,99$

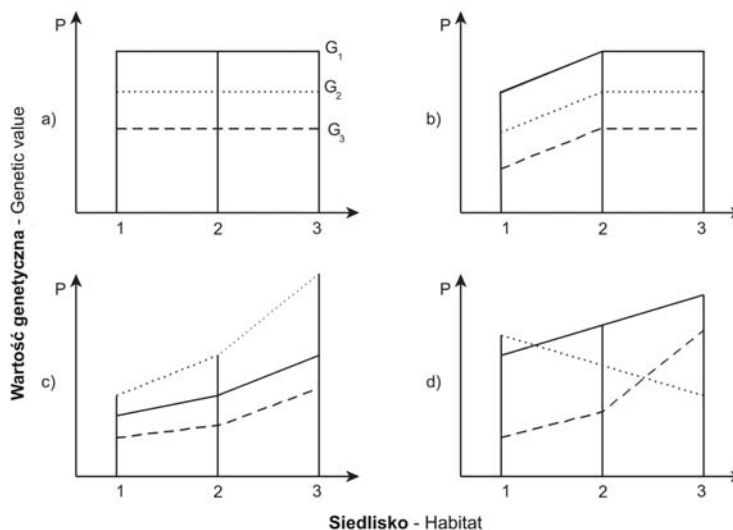
Tabela 1. Dane o drzewostanach macierzystych, z których pochodziły nasiona analizowanych proveniencji jodły olbrzymiej (Kamiński 1982)

Table 1. Data on mother stands where seeds of analyzed provenances of grand fir were collected (Kamiński 1982)

Nr pochodzenia wg IUFRO No of provenance acc. to IUFRO	Lokalizacja drzewostanów macierzystych Location of mother stands					
	nazwa pochodzenia provenance name	region, kraj, miejscowość region, country, locality	szerokość geograficzna latitude N	długość geograficzna longitude W	wys. n.p.m. altitude [m]	region wg Müllera region acc. to Müller
12040	Salomon River	Columbia British Columbia Sayward	50° 20'	125° 56'	25	I
12003	Indian Creek	Washington, USA 5 km W od Elwha	48° 04'	123° 38'	140	I
12001	Buck Creek	Washington, USA NE od Darrington	48° 15'	121° 21'	400	I
12005	Bear Mountain	Washington, USA Louella-Blyn	47° 59'	123° 02'	825	I
12007	Eagle Creek	Washington, USA 13 km NE od Lavanworth	47° 39'	120° 30'	1200	II
12020	Crescend Creek	Oregon, USA 16 km od Crescend	43° 28'	121° 57'	1375	II
12016	Santiam Summit	Oregon, USA, 13 km od Sisters	44° 26'	121° 52'	1400	II

Rycina 1. Reakcja genotypów ($G_{1,2,3}$) na trzech różnych siedliskach (E); 1-3 – wzrastająca produktywność: a) brak efektu siedliska, b) sumujący się efekt siedliska i genotypu, c) interakcja $G \times E$ bez zmiany klasyfikacji, d) interakcja $G \times E$ ze zmianą klasyfikacji (wg Gallais 1990)

Figure 1. Reaction of genotypes ($G_{1,2,3}$) to three different forest habitats (E); 1–3 – increasing productivity: a) no effect of forest habitat, b) additive effect of forest habitat and genotype, c) $G \times E$ interaction without change in rank, d) $G \times E$ interaction with change of rank (according to Gallais 1990)



i 0,95 (Krysicki et al. 1995). Dla każdej analizowanej populacji cząstkowej określono klasę wzrostu wysokości wyrażonej w jednostkach standaryzowanych; za granicę klasy przyjęto jedno odchylenie standardowe.

Efekt genetyczny dla badanej cechy określono procentem zmienności pochodzeniowej w zmienności ogólnej (Kleinschmit, Sauer 1972, Sabor 1993). Z kolei efekt interakcyjny „genotyp (pochodzenie) \times lata obserwacji (wiek)” – $G \times E_{\text{wiek}}$ dla wysokości poszczególnych pochodzeń analizowano na podstawie zmian pozycji rankingowych oraz oceny reaktywności testowanych pro-

weniencji jodły olbrzymiej wg klasyfikacji Gallaisa (1990) przyjętej za Saborem (1993) (ryc. 1).

Zależność badanej cechy jodły olbrzymiej poszczególnych pochodzeń od współrzędnych geograficznych i wysokości n.p.m. ich drzewostanów macierzystych – w okresie badawczym 1983–2006 – określono na podstawie współczynników korelacji liniowej. Wzajemne natomiast zależności kształtowania się wysokości drzew jodły olbrzymiej w całym okresie badawczym przedstawiono za pomocą macierzy współczynników autokorelacji. Poziom weryfikacji uzyskanych współczyn-

ników ustalono na podstawie testu *T* Studenta (Krysicki et al. 1995).

4. Wyniki badań

Średnie wartości wysokości drzew jodły olbrzymiej poszczególnych pochodzeń w kolejnych okresach badawczych przedstawiono w tabeli 2. Jak wynika z danych w niej zawartych, najlepszymi pod względem wzrostu na wysokość w okresie 30 lat życia okazały się proveniencje z Salmon River z wyspy Vancouver w Kanadzie oraz z Bear Mountain ze stanu Washington w USA. Nieznacznie ustępowały im w dynamice wzrostu pozostałe proveniencje z pierwszego regionu Müllera, tj. z Indian Creek i z Buck Creek ze stanu Washington w USA. Zdecydowanie najslabszymi były natomiast proveniencje z II regionu wg Müllera (Crescend Creek, Santiam Summit), z wyjątkiem pochodzenia z Eagle Creek.

Analizując współczynniki zmienności, daje się zauważyć tendencję zmniejszania się zróżnicowania międzypochodzeniowego wysokości drzew wraz z wiekiem – od $V\% = 27,48$ w wieku 7 lat do $V\% = 11,43$ w 30 roku życia; przy nieznacznym fluktuacyjnym zróżnicowaniu tego współczynnika w kolejnych okresach badawczych. Badane populacje cząstkowe jodły olbrzymiej w wieku 7, 11, 14, 18, 22, 26 i 30 lat stanowiły materiał niejednorodny, statystycznie zróżnicowany. Zróżnicowanie to stwierdzono już u drzew w wieku 7 lat. Wpływ pochodzenia (genotypu) i powtórzenia (środowiska) na

kształtowanie się zmienności tej cechy utrzymywał się w całym okresie badawczym (1983–2006), czyli przez 30 lat na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i $0,01$.

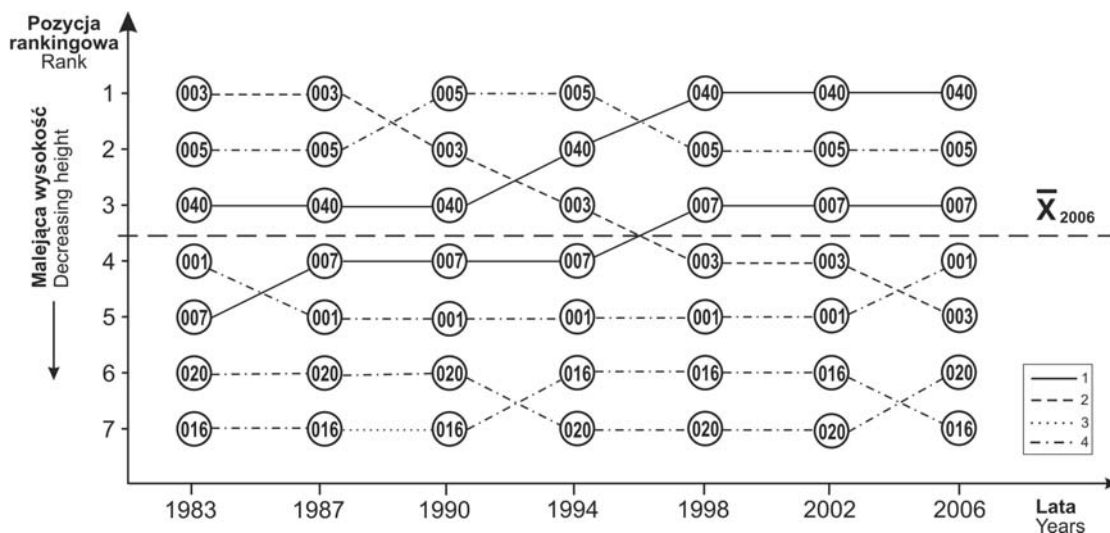
Znaczną okazała się również zmienność genetyczna wysokości (efekt genotypu) jodły olbrzymiej testowanych populacji cząstkowych. Stanowiła ona bowiem w siedmiu etapach badawczych praktycznie ponad 40,0% (od 39,2 do 46,0%) zmienności ogólnej.

Efekt interakcyjny „genotyp (pochodzenie) \times lata obserwacji (wiek)” – $G \times E_{\text{wiek}}$ różnicuje badane populacje cząstkowe jodły olbrzymiej pod względem ich reaktywności adaptacyjnej. Jego ocenę w odniesieniu do dynamiki wzrostu jodły olbrzymiej dokonaną na podstawie zmian pozycji rankingowych wysokości drzew w kolejnych latach obserwacji oraz reakcji genotypów wg klasyfikacji Gallaisa (1990; za: Sabor 1998) przedstawia rycina 2. Na siedem proveniencji jodły olbrzymiej testowanych na powierzchni doświadczalnej w LZD w Krynicy, większość, bo 4 z nich, charakteryzowała się znaczną stabilnością wzrostu wysokości w siedmiu okresach badawczych (1983–2006), wynikającą z braku efektu wieku w ich reakcji genotypowej. Wśród tych 4 proveniencji było potomstwo jodły olbrzymiej zarówno z I (Bear Mountain, Buck Creek), jak i II (Crescend Creek, Santiam Summie) regionu wg Müllera. Pozytywny wpływ genotypu oraz wieku na wzrost wysokości uwidocznił się u jodły olbrzymiej proveniencji Salmon River i Eagle Creek – tj. z wyspy Vancouver w Kanadzie, oraz ze wschodnich zboczy Gór Kaskadowych w stanie Washington w USA – charakteryzujących się wyraźną poprawą pozycji rankingowych. Zdecydo-

Tabela 2. Średnia wysokość jodły olbrzymiej badanych pochodzeń w latach 1983–2006

Table 2. Mean height of grand fir of investigated provenances during 1983–2006

Numer pochodzenia Provenance number	Nazwa pochodzenia Provenance name	Region wg Müllera Region acc. to Müller	Średnia wysokość Mean height							
			cm					m		
			Rok badań / wiek drzew Study year / tree age							
			1983 / 7	1987 / 11	1990 / 14	1994 / 18	1998 / 22	2002 / 26	2006 / 30	
040	Salmon River	I	48,05	104,10	194,35	386,67	662,67	10,41	12,15	
003	Indian Creek	I	68,44	113,70	202,78	385,34	544,75	8,93	9,90	
001	Buck Creek	I	40,57	89,20	162,79	332,52	527,10	8,67	10,24	
005	Bear Mountain	I	50,99	113,00	204,30	396,22	596,67	10,06	11,48	
007	Eagle Creek	II	39,23	100,50	186,45	367,39	568,30	9,39	10,90	
020	Crescend Creek	II	34,50	86,90	156,82	305,47	495,70	7,33	9,18	
016	Santiam Summit	II	32,52	84,50	155,22	312,53	499,55	7,58	8,91	
Średnia Mean			44,90	98,84	180,39	355,16	556,39	8,91	10,39	
Odchylenie standardowe Standard deviation			12,34	12,20	21,62	37,72	59,11	1,16	1,19	
Współczynnik zmienności Coefficient of variation			27,48%	12,34%	11,98%	10,62%	10,62%	13,06%	11,43%	



Rycina 2. Średnia wysokość jodły olbrzymiej. Pozycje rankingowe pochodzeń w kolejnych latach życia; 001-040 – numery pochodzeń wg tabeli 1; interakcja: 1 – pozytywna, 2 – negatywna, 3 – z modyfikacją klasyfikacji, 4 – brak efektu wieku.
Figure 2. Mean height of grand fir. Ranking order of provenances in successive years of growth; 001–040 – provenance number according to Table 1; interaction: 1 – positive, 2 – negative, 3 – with change of classification, 4 – no effect of age

wane natomiast pogorszenie analizowanej cechy obserwowano w przypadku jodły olbrzymiej z Indian Creek; stan Washington w USA. Zmiana lokat przypisana tej proveniencji jest efektem sumującego się wpływu genotypu i wieku oraz interakcji obu źródeł zmienności.

Średnia wysokość jodły olbrzymiej badanych populacji cząstkowych na przestrzeni 30 lat życia dodatnio koreluje z szerokością geograficzną ich drzewostanów macierzystych (tab. 3). Zależność ta okazała się istotna statystycznie dopiero jednak w 14 roku życia drzew, a wartość obliczonych współczynników korelacji zasadniczo zwiększała się wraz z wiekiem drzew. Oceniając kształtowanie się analizowanej cechy potomstwa jodły olbrzymiej proveniencji testowanych w Krynicy w zależności od pozostałych elementów lokalizacji ich drzewostanów macierzystych (długość geograficzna, wysokość n.p.m.) stwierdzono brak istotnej statystycznie korelacji w tym zakresie w kolejnych latach badawczych i brak jednoznacznego trendu rosnącego czy malejącego obliczonych współczynników korelacji.

Wysoką zależność autokorelacyjną (tab. 4) stwierdzono natomiast w odniesieniu do średniej wysokości jodły olbrzymiej w całym okresie badawczym (1983–2006). Współczynnik autokorelacji był bowiem do 30 roku życia drzew istotny statystycznie lub utrzymywał się na pograniczu statystycznej istotności dla $\alpha = 0,01$, $0,05$ i $0,10$.

W wieku 30 lat (tab. 5) największą średnią wysokość osiągnęła jodła olbrzymia z Salmon River (12,15 m) z

Tabela 3. Zależność wzrostu na wysokość jodły olbrzymiej badanych pochodzeń w latach 1983–2006 od współrzędnych geograficznych oraz wysokości n.p.m. ich drzewostanów macierzystych. Współczynniki korelacji
Table 3. The dependence of height growth of the tested grand fir provenances during 1983–2006 on the geographic coordinates and altitude of their mother stands. Coefficients of correlation

Wysokość w roku: Height in:	Analizowana cecha Analyzed trait		
	Szerokość geograficzna Latitude	Długość geograficzna Longitude	Wysokość n.p.m. Altitude
1983	0,5835	0,5628	-0,5360
1987	0,6491	0,5467	-0,5736
1990	0,7102*	0,5727	-0,5844
1994	0,8050**	0,5886	-0,6329
1998	0,8281**	0,6358	-0,6103
2002	0,9061***	0,6363	-0,5440
2006	0,8399**	0,5715	-0,5619

istotne dla / significant for: *** $\alpha = 0,01$
** $\alpha = 0,05$
* $\alpha = 0,10$

wyspy Vancouver w Kanadzie. Najmniejszą z kolei wartością tej cechy charakteryzowała się proveniencja z Santiam Summit (8,91 m) i nieco tylko większą jodła olbrzymia z Crescend Creek (9,18 m). Średnia wysokość dla całości materiału badawczego wynosiła 10,39 m. Różnica pomiędzy proveniencjami o największej i najmniejszej wartości tej cechy wynosiła 3,24 m, co

Tabela 4. Macierz współczynników autokorelacji średniej wysokości jodły olbrzymiej badanych pochodzeń w latach 1983–2006

Table 4. Matrix of auto-correlation coefficients for mean height of grand fir of investigated provenances during 1983–2006

Lata Years	1983	1987	1990	1994	1998	2002	2006
1983	-						
1987	0,8710**	-					
1990	0,8219**	0,9903***	-				
1994	0,7638**	0,9557***	0,9840***	-			
1998	0,3885	0,6467	0,7350*	0,8146**	-		
2002	0,7375*	0,8955***	0,9376***	0,9791***	0,8693**	-	
2006	0,3334	0,6370	0,7217*	0,8120**	0,9607***	0,8640**	-

istotne dla – significant for: *** $\alpha = 0,01$, ** $\alpha = 0,05$, * $\alpha = 0,10$ **Tabela 5. Średnia wysokość jodły olbrzymiej badanych pochodzeń w wieku 30 lat (2006)**

Table 5. Mean height of grand fir of investigated provenances at age 30 (2006)

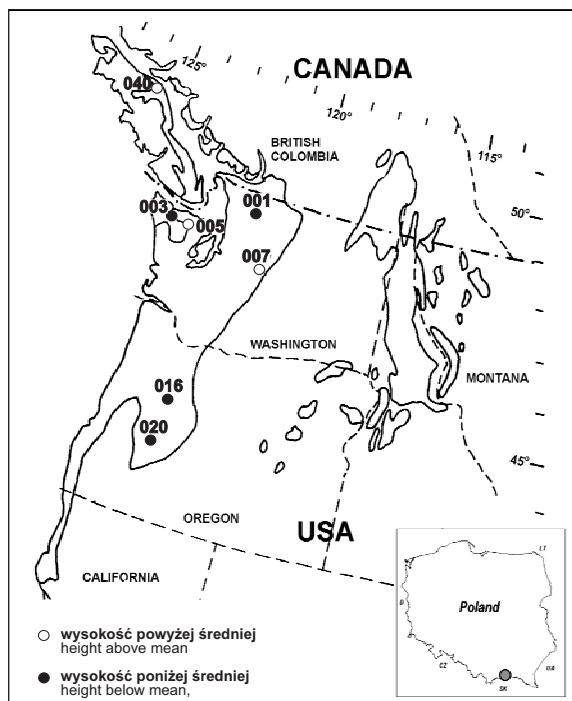
Numer pochodzenia Provenance number	Nazwa pochodzenia Provenance name	Średnia wysokość Mean height [m]	brak istotnej różnicy difference non-significant $\alpha = 0,05$	Zmienność Variability		Jednostka standary- zowana Standarized unit	Klasa wzrostu Growth class
				S (m)	V%		
016	Santium Summit	8,91		2,56	29,98	-1,24	słaba low
020	Crescend Creek	9,18		2,31	25,90	-1,02	słaba low
003	Indian Creek	9,90		2,34	26,06	-0,41	średnia average
001	Buck Creek	10,24		3,39	33,63	-0,12	średnia average
007	Eagle Creek	10,90		2,45	23,06	0,42	średnia average
005	Bear Mountain	11,48		2,22	19,38	0,91	dobra good
040	Salmon River	12,15		2,95	24,32	1,47	dobra good
Średnia Mean		10,39					
Odchylenie standardowe Standard deviation		1,19					
Współczynnik zmienności Coefficient of variation		11,43					

S – odchylenie standardowe / standard deviation;

V% – współczynnik zmienności / coefficient of variation

stanowiło 26,7%. Testowane populacje cząstkowe jodły olbrzymiej wykazywały również znaczną zmienność wewnątrzpochodzeniową wysokości pojedynczych drzew, co znalazło potwierdzenie w wartościach odchylenia standardowego (od 2,22 do 2,95 m) i współczynnika zmienności (od 19,38 do 33,63 %). Większość z testowanych populacji cząstkowych jodły olbrzymiej należało do dwóch sąsiednich, statystycznie jednorodnych grup.

Analizując kształtowanie się wysokości jodły olbrzymiej poszczególnych pochodzeń wyrażonej w jednostkach standaryzowanych (tab. 5) stwierdzono, że dobrym wzrostem na wysokość charakteryzowały się populacje z I regionu wg Müllera, tj. proveniencja Salmon River oraz Bear Mountain. Średnią klasą wzrostu odznaczały się proveniencje Eagle Creek, Buck Creek oraz Indian Creek. Natomiast słabym wzrostem wysokości wyróżniały się dwie populacje pochodzące z II



Rycina 3. Geograficzna zmienność wysokości jodły olbrzymiej badanych pochodzeń w wieku 30 lat: 001-040 – numeracja pochodzeń wg tabeli 1.

Figure 3. Geographical variability of height of grand fir of investigated provenances at age 30; 001-040 – provenance number according to Table 1.

regionu wg Müllera (ze stanu Oregon w USA): z Crescend Creek i Santiam Summit.

Geograficzną zmienność analizowanej cechy jodły olbrzymiej w wieku 30 lat ilustruje rycina 3. Najlepszym wzrostem na wysokość (powyżej średniej ogólnej doświadczenia) cechowały się jodły olbrzymie z wyspy Vancouver (Salmon River) w Kanadzie oraz zachodnich (Indian Creek) i wschodnich (Eagle Creek) zboczy Gór Kaskadowych w stanie Washington w USA.

5. Dyskusja

Wieloletnie badania na powierzchni doświadczalnej w LZD w Krynicy nad dynamiką wzrostu jodły olbrzymiej różnych proveniencji jednoznacznie potwierdzają, że jej możliwości wzrostu na wysokość są determinowane przede wszystkim pochodzeniem (genotypem). Dotyczy to zarówno populacji z I, jak i z II regionu jej występowania wg Müllera (1935, 1936).

Wpływ pochodzenia (genotypu) na kształtowanie się zmienności analizowanej cechy, stwierdzony już u drzew w wieku 7 lat, utrzymywał się w całym okresie badawczym 1983–2006. Wraz z wiekiem drzew dało się

zaobserwować zmniejszenie zróżnicowania analizowanego parametru wzrostu, przy równoczesnym zachowaniu znacznej zmienności wewnątrzpochodzeniowej pojedynczych drzew. Do przodujących pod względem wzrostu na wysokość w ciągu 30 lat życia należała jodła olbrzymia z Salmon River i Bear Mountain, tj. z I regionu jej naturalnego występowania. Zdecydowanie natomiast słabo przyrastającymi okazały się proveniencje Santiam Summit i Crescend Creek (II region wg Müllera). Wyniki dotyczące wzrostu wymienionych proveniencji są również zgodne z wcześniejszymi badaniami dotyczącymi ich produktywności (Socha, Kulej 2005), adaptacji (Kulej 2006) czy przyrostu miąższości (Kulej, Socha 2008). Można zatem wnioskować, że w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego populacje jodły olbrzymiej z pierwszego regionu jej naturalnego występowania charakteryzują się właściwościami bardziej korzystnymi aniżeli populacje z drugiego regionu. O dobrym wzroście jodły olbrzymiej z pierwszego regionu wg Müllera w warunkach Polski centralnej donosi również Bellon (1990). Dynamikę wzrostu jodły olbrzymiej cechuje również stosunkowo znaczna zmienność genetyczna, co znajduje swoje odzwierciedlenie w udziale efektu genotypu w zmienności ogólnej w przedziale od 39,2 do 46,0% w ciągu 30-lecia.

Analizując efekt interakcji „genotyp × lata obserwacji” określający sposób genetycznej reaktywności jodły olbrzymiej, u większości testowanych proveniencji stwierdzono reakcję genotypów określoną przez Gallisa (1990), jako interakcję genotyp × lata obserwacji ($G \times E_{\text{wiek}}$) bez zmiany klasyfikacji. Dotyczyło to praktycznie proveniencji o ekstremalnych wartościach analizowanej cechy w okresie badawczym 1983–2006. Stwarza to, zwłaszcza w odniesieniu do tych proveniencji (Bear Mountain, Buck Creek, Crescend Creek, Santiam Summit), możliwości prowadzenia efektywnej selekcji we wczesnym etapie. Pozytywny wpływ interakcji genotypu i wieku na wzrost wysokości zaznaczył się u proveniencji Salmon River i Eagle Creek, u których wraz z wiekiem następowała wyraźna poprawa ich pozycji rankingowych. Wpływ negatywny stwierdzono u jodły olbrzymiej z Indian Creek.

Dynamika wzrostu jodły olbrzymiej badanych pochodzeń zwiększa się wraz z przesuwaniami się z południa na północ położenia drzewostanów macierzystych. Uzyskane wyniki przeczą natomiast tezie Steinhoffa (1986), że wraz z zwiększaniem się wysokości nad poziomem morza położenia drzewostanów macierzystych jodły olbrzymiej maleje wysokość drzew jej potomstwa. W warunkach Krynicy dynamika wzrostu na wysokość testowanych populacji cząstkowych jodły olbrzymiej nie koreluje bowiem z wysokością nad poziomem morza ich drzewostanów macierzystych. Poza tym proveniencje Salmon River i Bear Mountain rosnące na wysokości

odpowiednio 25 i 825 m n.p.m. cechuje wysoka dynamika wzrostu w całym okresie badawczym.

Dla celów pośredniej selekcji jodły olbrzymiej cenna może być stwierdzona przez autora – u proveniencji testowanych w Krynicy – istotna statystycznie autokorelacja średniej wysokości w latach 1983–2006. Na jej podstawie można już w wieku 8–14 lat, ze znacznym prawdopodobieństwem, przewidzieć wzrost jodły olbrzymiej w latach następnych.

Przedstawione wyniki badań świadczą jednoznacznie o dużych możliwościach produkcyjnych jodły olbrzymiej badanych populacji cząstkowych w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego. Ich dynamika wzrostu na wysokość zależy przede wszystkim od pochodzenia (genotypu). Dlatego też przy wprowadzaniu jodły olbrzymiej na szerszą skalę należy bezwzględnie przestrzegać odpowiedniego doboru pochodzeń, decydujących o powodzeniu jej introdukcji i aklimatyzacji. Bazą nasienną dla introdukcji jodły olbrzymiej do lasów górskich Polski winny być jej drzewostany z wyspy Vancouver w Kanadzie oraz z wybranych stanowisk zachodnich zboczy Gór Kaskadowych stanu Washington w USA.

6. Wnioski

1) Dynamika wzrostu wysokości jodły olbrzymiej testowanych populacji cząstkowych w warunkach górskich Polski determinowana jest genotypem (pochodzeniem).

2) Zdecydowanie bardziej korzystnymi właściwościami wzrostowymi wysokości charakteryzuje się jodła olbrzymia z pierwszego aniżeli drugiego regionu jej naturalnego występowania wg Müllera.

3) Analiza efektu interakcyjnego ($G \times E_{wiek}$) pozwoliła na określenie stabilności aktualnej tendencji wzrostowej jodły olbrzymiej tylko u populacji cząstkowych o ekstremalnych wartościach wysokości.

4) Na podstawie parametru wysokości drzew w wieku 8–14 lat można przewidzieć z dużym prawdopodobieństwem wzrost jodły olbrzymiej badanych populacji w latach następnych.

Literatura

Bellon S. 1990: Dotychczasowe wyniki badań proveniencyjnych z jodłą olbrzymią (*Abies grandis* Lindl.) w Polsce. *Sylwan*, 134(1): 27–35.

Bellon S., Bernadzki E., Żybura H., Andrzejczyk T., Brzezicki B., Drozdowski S., Bolibok L., Buraczyk W., Szeligowski H., Gawron L., Żybura B., Grzywacz A., Aleksandrowicz-Trzcńska M. 2005: Jodła olbrzymia (*Abies grandis* Lindl.) na powierzchniach doświadczalnych w LZD Rogów. Wyd. SGGW Warszawa.

Dolnicki A., Kraj W. 1998: Dynamics of frost resistance in various provenances of *Abies grandis* Lindl growing in Beskidy Mts. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 68(1): 51–58.

Dong P., Roeder A., Adam H. 1993: Zum Wachstum der grossen Küstentanne in Rheinland-Pfalz. *Forst- und Holzwirtschaft*, 48 (4): 86–90.

Gallais H. 1990: Théorie de la selection en amélioration des plantes. Masson, Paris – Milan – Barcelone – Mexique.

Hofman J. 1967: K historii a rozšíření jedle obrovské v Československu. *Rocznik Dendrologiczny*, 21: 115–127.

Kamiński J. 1982: Wzrost i wydajność siewek jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) różnych pochodzeń w namiotach foliowych. *Sylwan*, 126(8): 11–21.

Kleinschmit J. 1986: Nursery results of the *Abies grandis* Lindl. Provenance experiment in northern Germany. *Research and Development Paper, Forestry Commission*, 139: 39–58.

Kleinschmit J., Sauer A. 1976: Variation in Morphology, Phenology and Nutrient Content among *Picea abies* Clones and Provenances and its Implications for Tree Improvement. [W:] *Tree Physiology and Yield Improvement*. Acad. Press., London - New York - San Francisco, 503–517.

Kleinschmit J., Svolba J., Rau H. M., Weisgerber H. 1996: The IUFRO *Abies grandis* provenance experiment in Germany. Results at age 18/19. *Silvae Genetica*, 45: 311–317.

Krynickyj G., Zaika W., Kuziw R. 1999: Próba introdukcji jodły olbrzymiej w lasach Karpat ukraińskich. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 339: 235–243.

Krysicki W., Bartos J., Dyczka W., Królikowska K., Wasilewski M. 1995: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach. Cz. II. Statystyka matematyczna. PWN, Warszawa.

Kulej M. 2003: Jakość hodowlana jodły olbrzymiej w warunkach górskich Polski na przykładzie powierzchni badawczej w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, 398: 75–98.

Kulej M. 2005: Variation of some morphological characteristics of foliage of grand fir (*Abies grandis* Lindl.) of different provenances growing under mountain conditions of Beskid Sadecki. *Beskydy*, 18: 135–144.

Kulej M. 2006: Adaptation of grand fir (*Abies grandis* Lindl.) of selected provenances under mountain conditions of Beskid Sadecki. *Beskydy*, 19: 189–196.

Kulej M. 2007: Survival of grand fir (*Abies grandis* Lindl.) of various provenances under mountain conditions of the Beskid Sądecki exemplified by the experimental area of the Forest Experimental Station in Krynica. *Beskydy*, 20: 233–242.

Kulej M., Pótorak-Kądziółka A. 1998: Jodła olbrzymia (*Abies grandis* Lindl.) w warunkach górskich Polski na przykładzie powierzchni doświadczalnej w LZD Krynica. *Sylwan*, 142(1): 39–53.

Kulej M., Socha J. 2005: Productivity of selected provenances of grand fir in the provenance experiment in the Krynica experimental forest. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)* 8(4), 10.

- Kulej M., Socha J. 2008: Effect of provenance on the volume increment of grand fir (*Abies grandis* Lindl.) under mountain conditions of Poland. *Journal of Forest Science*, 54(1): 1–8.
- Kulej M., Żuchowska J. 1994: Zmienność cech wzrostu oraz przeżywalności wybranych pochodzeń jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) w terenach górskich na przykładzie powierzchni doświadczalnej w LZD Krynica. *Biuletyn Regionalny Zakładu Doradztwa Rolniczego Akademii Rolniczej w Krakowie*, 308: 53–71.
- Lacaze J. F. 1967: Le choix des provenances d'*Abies grandis*. Premières conclusions sur le stade pépinière. *Revue Forestière Française*, 19(10): 613–624.
- Lines R. 1986: Recent results from *Abies* provenance experiments in Britain. *Research and Development Paper, Forestry Commission*, 139: 76–85.
- Müller K. 1935: *Abies grandis* und ihre Klimarassen. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*, 47: 54–123.
- Müller K. 1936: *Abies grandis* und ihre Klimarassen. *Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft*, 48: 82–132.
- Nanson A., De Jamblinne de Meux A., Gathy P. 1986: Provenance experiments on *Abies grandis* in Belgium. *Forestry Commission Research and Development Paper*, 139: 11–21.
- Sabor J. 1993: Zmienność sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i hodowlana wartość jej polskich proveniencji w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Ser. Rozprawy habilitacyjne*, 185.
- Sabor J., Skrzyszewska K., Kulej M., Banach J. 1999: Rola obserwacji fenologicznych w genetyce populacyjne drzew leśnych [W:] Konferencja naukowa Klimatyczne uwarunkowania życia lasu. Zakopane, 21–22 maja 1999 r., 105–115.
- Socha J., Kulej M. 2005: Provenance – dependent variability of *Abies grandis* stem form under mountain conditions of Beskid Sądecki (Southern Poland). *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 2539–2552.
- Steinhoff R. 1986: Nursery performance of grand fir provenance collections in North Idaho. *Forestry Commission Research and Development Paper*, 139: 145–151.
- Vančura K. 1990: Provenienční pokus s jedli obrovskou série IUFRO ve věku 13 let. *Práce Výzkumného Ústavu Lesního Hospodářství a Myslivosti.*, 75: 47–66.