

Marian Kulej<sup>1</sup>

## Wartość genetyczno-hodowlana wybranych pochodzeń jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) w warunkach Beskidu Sądeckiego

Genetic and silvicultural value of selected grand fir (*Abies grandis* Lindl.) provenances in Beskid Sądecki

**Abstract.** This research investigated seven provenances of grand fir (*Abies grandis* Lindl.), from Regions I and II of its natural range of distribution, growing in the experimental area of the Forest Experimental Station in Krynica (LZD Krynica) at 700–720 m above sea level.

The survival of individual grand fir provenances between the years 1983–2006 was subject to a detailed analysis. The influence of provenance (genotype) and location (environment) on survival was tested by two-factor ANOVA and Snedecor's (F) test. The genetic component was determined as the percent of provenance variation within the total genetic variation. The dependence of survival of the provenances on the location of their mother stands was determined using Spearman's rank correlation coefficient. The silvicultural value of tested provenances was assessed using the Finlay-Wilkinson method.

The survival of grand fir in the experiment was principally dependent on its origin. This is confirmed by the share of the variation attributable to genotype (60%) in the total genetic variation (40%). Inter-provenance variation in the percentage of tree survival from each provenance followed a clinal trend, as it was dependent on both the elevation above sea level and the latitude of origin of the mother stands. By combining survival and height data, the projected growth of grand fir provenances could be estimated, with a high likelihood, from the height of trees aged 8–14 years. Analysis of the genotype-(provenance)- $\times$ -observation-year (age) interaction effect ( $G \times E_{\text{age}}$ ) allowed the stability of current growth rates to be determined, but only for provenances with extremely tall trees. In these provenances (Bear Mountain, Buck Creek, Crescend Creek, Santiam Summit), effective selection is possible when they are at the juvenile phase of growth. So far our research suggests that from a silvicultural point of view the provenance of the grand fir from Salmon River on Vancouver Island in Canada appears to be performing best.

**Key words:** tree survival

### 1. Wstęp i cel badań

Introdukcja obcych gatunków drzew leśnych to wieloletnia tradycja w leśnictwie, sięgająca połowy XIX wieku. Dążenie zatem leśników do wzbogacenia naszej flory drzewiastej w obce gatunki jest w pełni uzasadnione. Realizacja proekologicznego modelu gospodarki leśnej spowodowała znaczne ograniczenie procesu introdukcji w naszym kraju. Należy podkreślić, że Polska – podobnie jak cała Europa, stanowi obszar, na

którym naturalnie występuje mała liczba gatunków drzewiastych. Za gatunki drzew leśnych, lub ich eko-typy, przydatne do hodowli uznaje się te, które przechodzą pełny cykl rozwojowy, odnawiają się w sposób naturalny oraz charakteryzują się dynamiką wzrostu nie mniejszą niż na terenie naturalnego zasięgu. Nie zawsze jednak wyniki prób uprawowych z danym gatunkiem – uzyskane w ramach prowadzonych doświadczeń prowe-niencyjnych w danym kraju lub regionie klimatycznym – są miarodajne dla innych obszarów. Otrzymanie zatem

<sup>1</sup> 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

podstawowych informacji o różnicowaniu obcych gatunków drzew leśnych decyduje o powodzeniu ich introdukcji i aklimatyzacji.

Gatunkiem obcym, który zwraca na siebie coraz większą uwagę polskich leśników, jest jodła olbrzymia (*Abies grandis* Lindl.), gatunek północnoamerykański. Z pozytywnymi wynikami wprowadzono ją już do wielu krajów Europy (Nanson et al. 1986; Magnussen 1986; O'Driscoll 1986; Vančura 1990; Dong et al. 1993; Kleinschmit et al. 1996). Znaczne różnicowanie warunków klimatyczno-glebowych w zasięgu naturalnego występowania jodły olbrzymiej, istnienie ras geograficznych (Müller 1935, 1936), a także określonych pochodzeń (Kleinschmit 1986; Krynickyj et al. 1999; Steinhoff 1986) sprawiają, że konieczne jest wyselekcjonowanie populacji tego gatunku do danych warunków siedliskowych.

W Polsce długofalowe badania nad zmiennością jodły olbrzymiej zostały podjęte z inicjatywy JUFRO w 1976 roku. Niniejsza praca przedstawia fragment tych badań prowadzonych przez Katedrę Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na jednej z tzw. powierzchni równoległych, zlokalizowanej na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy (Beskid Sądecki). Uzyskane do tej pory wyniki wskazują jednoznacznie na istotne różnicowanie testowanych populacji cząstkowych pod względem przeżywalności, wzrostu (Kulej, Półtorak-Kądziołka 1998; Kulej 2006, 2007, 2008), mrozoodporności (Dolnicki, Kraj 1995), pędzenia wiosennego (Sabor et al. 1999), kształtu strzały (Socha,

Kulej 2005), produktywności (Kulej, Socha 2005), przyrostu miąższości (Kulej, Socha 2008) oraz wybranych cech morfologicznych igliwia i ugałęzienia (Kulej 2005).

Celem badań prezentowanych w niniejszym opracowaniu jest próba oceny wartości genetyczno-hodowlanej wybranych proveniencji jodły olbrzymiej testowanych w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego, ze szczególnym uwzględnieniem przeżywalności, dynamiki wzrostu oraz przydatności hodowlanej.

## 2. Materiał badawczy i obiekt badań

Badaniami objęto 7 populacji cząstkowych jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) z pierwszego (I) i drugiego (II) regionu jej naturalnego występowania, wyróżnionych przez Müllera (1935, 1936). Region I, reprezentowany przez 4 pochodzenia, obejmuje strefę nadbrzeżną oraz zachodnie zbocza Gór Kaskadowych, ciągnie się od Kolumbii Brytyjskiej do środkowego Oregonu. Jodła olbrzymia w tym regionie znajduje optymalne warunki wzrostu i rozwoju. Z kolei region II, reprezentowany w niniejszych badaniach przez 3 pochodzenia, obejmuje wschodnie zbocza Gór Kaskadowych w stanie Washington i Oregon. Charakteryzuje się bardziej ostrym klimatem w porównaniu z regionem I. W tym regionie jodła olbrzymia rośnie wolniej i osiąga mniejsze rozmiary niż w strefie przybrzeżnej. Drzewostany macierzyste analizowanych pochodzeń wzrastały na wysokości od 25 do 1400 m n.p.m. (tab. 1).

**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)

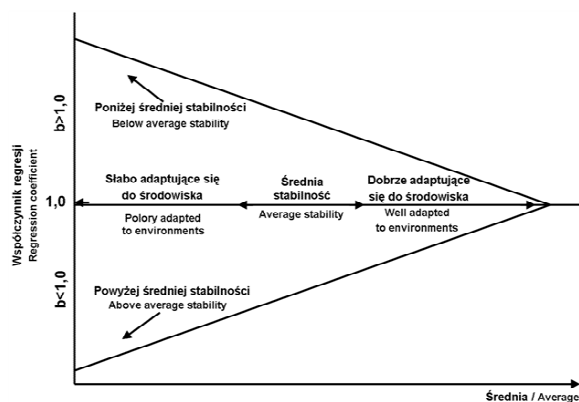
Nr pochodzenia wg IUFRO No of provenance acc. to IUFRO	Lokalizacja drzewostanów macierzystych Location of mother stands					
	nazwa pochodzenia provenance name	region, kraj, miejscowość region, country, locality	szerokość geograficzna latitude N	długość geograficzna longitude W	wys. n.p.m. altitude [m]	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

Powierzchnia porównawcza jodły olbrzymiej na terenie LZD Krynica (N 49°27', E 20°58') jest położona na wysokości 700–720 m n.p.m. tj. w środkowej części regla dolnego. Ma wystawę południową i południowo-wschodnią, ze spadkiem w granicach od 5 do 30%. Klimat terenu badań ma charakter klimatu górskiego (Feliksik, Jaskulski 1986). Panującym typem gleby jest gleba brunatna, o składzie gliny średniej, pylastej, średnio głęboka, świeża. Pod względem siedliskowym cała powierzchnia leży w zasięgu lasu górskiego (LG). Testowane populacje cząstkowe jodły olbrzymiej zostały wysadzone na powierzchni w układzie bloków losowych, w czterech powtórzeniach (28 poletek o wymiarach 20×20 m każde) (Kulej, Półtorak-Kądziołka 1998).

### 3. Metodyka badań

W okresie badawczym 1983–2006 szczegółową analizą objęto dwie podstawowe cechy jodły olbrzymiej testowanych populacji cząstkowych: przeżywalność i wysokość. Przeżywalność określono procentem żywych osobników (drzew) w stosunku do liczby sadzonek wysadzonych na powierzchni w 1981 roku. W całym okresie badawczym nie prowadzono żadnych cięć redukujących liczbę drzew. Charakterystykę dynamiki wzrostu oparto na porównaniu zmian wysokości drzew w wieku 7, 11, 14, 18, 22, 26 i 30 lat (Kulej 2008). Dane empiryczne analizowanych cech poddano szczegółowej analizie statystycznej. W przypadku przeżywalności dokonano transformacji wartości wyrażonych w procentach na jednostki kątowe jako  $\arcsin \sqrt{p}$ , gdzie  $p$  to wartość procentowa analizowanej cechy.

Wpływ pochodzenia (genotypu) i powtórzenia (środowiska) na kształtowanie się badanych cech



Rycina 1. Interpretacja oceny stabilności oraz adaptacji proveniencji na podstawie współczynnika regresji ( $b$ ) oraz wartości cechy (Finlay-Wilkinson 1963; Sabor 1993)

Figure 1. Interpretation of stability and adaptation of provenances on the basis of regression coefficients ( $b$ ) and values of traits (Finlay-Wilkinson 1963; Sabor 1993)

określono na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji i testu Snedecora (Krysicki et al. 1995). Efekt genetyczny dla analizowanych cech określono procentem zmienności pochodzeniowej w zmienności ogólnej (Kleinschmit, Sauer 1976; Sabor 1993). Zależność przeżywalności jodły olbrzymiej testowanych pochodzeń od współrzędnych geograficznych i wysokości n.p.m. ich drzewostanów macierzystych określono za pomocą korelacji Spearmanna. Poziom weryfikacji uzyskanych współczynników ustalono na podstawie testu  $t$  Studenta (Krysicki et al. 1995).

Oceny właściwości adaptacyjnych w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego dokonano wykorzystując model Finlay-Wilkinson (1963) (ryc. 1), w którym za podstawę przyjęto efekt interakcyjny „pochodzenie × lata obserwacji” ( $G \times E_{\text{wiek}}$ ) w odniesieniu do jednej z podstawowych cech adaptacyjnych – zwłaszcza w przypadku gatunków introdukowanych – jaką jest średnia przeżywalność drzew danej populacji cząstkowej w wieku 30 lat. Dla poszczególnych proveniencji obliczono regresję liniową ( $P_{\text{prow}} \times P_{\text{lok}}$ ). Określa ona bowiem wpływ kompleksu czynników środowiska na efekt interakcji „pochodzenie × wiek” oraz wielkość tego efektu i zmian wywołanych czynnikami sezonowymi. Pochodzenia, dla których współczynnik regresji  $b=1$ , charakteryzują się przeciętną stabilnością w określonych warunkach środowiska. W przypadku natomiast, gdy  $b>1$  lub  $b<1$ , można wnioskować o stabilności jodły olbrzymiej testowanych proveniencji poniżej i powyżej średniej, a efekt interakcji „genotyp × wiek” w odniesieniu do przeżywalności drzew jest duży. Przy  $b>1$  dana populacja cząstkowa wykazuje dużą reaktywność na środowisko (pogorszenie lub poprawę), a przy  $b<1$  – bardzo dużą stabilność.

Efekt interakcyjny „genotyp × wiek” –  $G \times E_{\text{wiek}}$ , dla wysokości poszczególnych pochodzeń analizowano na podstawie zmian pozycji rankingowej oraz oceny reaktywności testowanych proveniencji jodły olbrzymiej wg klasyfikacji Gallais (1990), przyjętej za Saborem (1993).

W kompleksowej ocenie wartości hodowlanej jodły olbrzymiej badanych proveniencji w wieku 30 lat uwzględniono sumaryczne kształtowanie się przeżywalności ( $x_1$ ) i średniej wysokości drzew ( $x_2$ ). Za miernik wartości hodowlanej przyjęto tzw. wskaźnik wartości hodowlanej  $W_h$ , który obliczono wg wzoru:

$$W_h = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

gdzie:  $x_1, x_2$  – wartości cech wyrażone w jednostkach standaryzowanych (Krysicki et al. 1995).

W przyjętej konwencji przypisano równe wagi ekonomiczne ( $E = 1$ ) obydwu cechom. Na podstawie wartości wskaźnika  $W_h$  dokonano podziału jodły olbrzymiej analizowanych populacji cząstkowych na

trzy klasy wartości hodowlanej (dobrą, średnią i słabą). Za granicę klasy przyjęto jedno odchylenie standardowe.

#### 4. Wyniki badań

W analizowanym okresie badawczym (1983–2006) badane populacje cząstkowe jodły olbrzymiej stanowiły materiał statystycznie niejednorodny pod względem przeżywalności. Na podstawie analizy wariancji stwierdzono bowiem istotne zróżnicowanie międzypochodzeniowe tej cechy, uwzględniając zarówno efekt pochodzenia (genotypu), jak i powtórzenia (środowiska) w 30-letnim okresie życia drzew, dla  $\alpha = 0,05$  i  $0,01$ . Do pochodzeń o największej przeżywalności – najlepiej adaptujących się do górskich warunków powierzchni doświadczalnej – należała jodła olbrzymia proveniencji Indian Creek z zachodnich zboczy Gór Kaskadowych stanu Washington w USA. Procent przeżycia drzew tej proveniencji był najwyższy zarówno w dwa lata po wysadzeniu (1983 r.), jak i w wieku 30 lat (2006 r.) i wynosił odpowiednio 93,3 i 69,3%. Nieznacznie pod tym względem ustępowała jej jodła proveniencji Salmon River z wyspy Vancouver, odpowiednio 89,8 i 62,8%. Największym procentem wypadów w całym okresie badawczym – sięgającym w wieku 30 lat prawie 80% (77,3) – odznaczała się proveniencja Crescend Creek ze wschodnich zboczy Gór Kaskadowych stanu Oregon w USA. Różnica pomiędzy proveniencjami o ekstremalnych wartościach analizowanej cechy w dwa lata po wysadzeniu wynosiła 21,0%, a w wieku 30 lat przekraczała 46,0%. Zróżnicowanie międzypochodzeniowe analizowanej cechy ( $V_{\%}$ ) zwiększało się z wiekiem – od 8,9% u drzew w wieku 7 lat do 19,7% u drzew 30-letnich; malała natomiast liczba wypadów, co

świadczy o spadku natężenia tej cechy w kolejnych latach obserwacji.

Zmienność przeżywalności jodły olbrzymiej determinowana była przede wszystkim ich pochodzeniem (genotypem). Świadczy o tym jednoznacznie udział efektu genotypu określony procentem zmienności ogólnej, stanowiący w siedmiu kolejnych okresach badawczych ponad 60%.

Procent przeżycia drzew poszczególnych pochodzeń w wieku od 7 do 30 lat istotnie statystycznie ( $\alpha=0,05$ ) korelował z elementami lokalizacji ich drzewostanów macierzystych: ujemnie z wysokością n.p.m., a dodatnio z szerokością geograficzną.

Ocenę właściwości adaptacyjnych jodły olbrzymiej na podstawie średniej przeżywalności drzew testowanych populacji cząstkowych wyrażonej w procentach w siedmiu kolejnych okresach badawczych oraz współczynnika regresji „b” określającego zakres i rodzaj stabilności przedstawiono w tabeli 2. Jak wynika z danych w niej zawartych, przeżywalność jodły olbrzymiej poszczególnych proveniencji w wieku od 7 do 30 lat (w latach 1983–2006), wyrażona procentem w stosunku do średniej z doświadczenia, mieściła się w przedziale od 43 do 130. Przeżywalnością znacznie przewyższającą średnią (ponad 100) charakteryzowały się w kolejnych latach pochodzenia Salmon River, Indian Creek, Buck Creek i Eagle Creek. Do grupy tej można także zaliczyć jodłę olbrzymią z Bear Mountain. Zdecydowanie mniejszą przeżywalnością drzew w stosunku do średniej w danym roku (poniżej 100) odznaczały się proveniencje wywodzące się z II regionu Müllera (z wyjątkiem proveniencji Eagle Creek), tj. Santiam Summit i Crescend Creek ze stanu Oregon w USA. Wyżej wymienione proveniencje, a zwłaszcza tę ostatnią, cechował znaczny spadek przeżywalności wraz z wiekiem drzew.

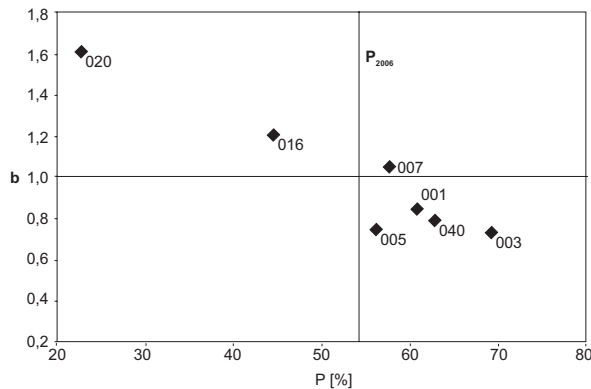
**Tabela 2. Ocena właściwości adaptacyjnych jodły olbrzymiej badanych pochodzeń według metody Finlay-Wilkinson (1963). Przeżywalność pochodzeń w % wartości średnich rocznych;  $P_{30}$  – średnia przeżywalność w wieku 30 lat, b – współczynnik regresji**

Table. 2. Estimation of the adaptive values of tested grand fir provenances according to the Finlay and Wilkinson method (1963). Survival of provenances, expressed as per cent of mean annual values;  $P_{30}$  – mean survival when trees were 30 years old, b – coefficient of regression

Numer pochodzenia wg IUFRO Provenance No acc. to IUFRO	Nazwa pochodzenia Provenance name	Wiek drzew Tree age							$P_{30}$		b
		7	11	14	18	22	26	30	%	$\phi$	
040	Salmon River	106	101	109	116	113	116	117	62,8	52,39	0,79
003	Indian Creek	110	111	117	120	126	128	130	69,3	56,32	0,73
001	Buck Creek	104	105	112	109	114	113	114	60,8	51,21	0,85
005	Bear Mountain	93	98	88	97	100	104	105	56,3	48,59	0,75
007	Eagle Creek	107	107	105	106	109	108	108	57,8	49,46	1,05
020	Crescend Creek	86	80	76	63	56	46	43	22,8	28,49	1,61
016	Santiam Summit	95	99	94	89	84	84	83	44,5	41,84	1,21

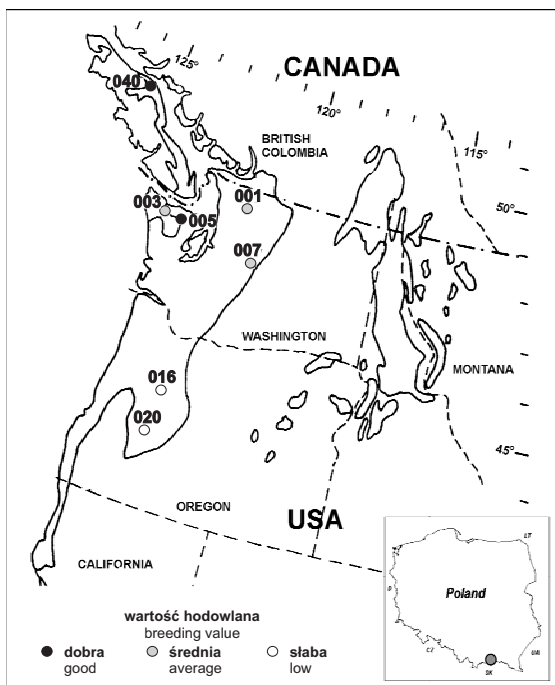
$\phi = \arcsin \sqrt{p}$ , gdzie p – wartość procentowa analizowanej cechy / where p – percent value of analysed trait

Dużą stabilnością adaptacyjną ( $b < 1$ ) w odniesieniu do przeżywalności charakteryzowała się jodła olbrzymia wszystkich populacji cząstkowych z I regionu Müllera (Salmon River, Indian Creek, Buck Creek i Bear



**Rycina 2. Ocena właściwości adaptacyjnych pochodzeń jodły olbrzymiej na podstawie wskaźnika adaptacji ( $b$ ) oraz średniej przeżywalności pochodzeń ( $P$ ) w wieku 30 lat. Metoda Finlay-Wilkinson (1963); 001–040 – numeracja pochodzeń wg tabeli 1**

Figure 2. Estimation of adaptive properties of grand fir provenances on the basis of the index of adaptation ( $b$ ) and mean survival ( $P$ ) when trees were 30 years old. Finlay Wilkinson method (1963); 001–040 – numbers of provenances according to Table 1



**Rycina 3. Geograficzna zmienność wartości hodowlanej jodły olbrzymiej badanych pochodzeń w wieku 30 lat; 001-040 - numeracja pochodzeń wg tabeli 1**

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

Mountain). Jednocześnie natomiast reaktywnymi na zmianę środowiska ( $b > 1$ ) okazały się proveniencje Eagle Creek, Crescend Creek i Santiam Summit ze wschodnich zboczy Gór Kaskadowych w USA – II region Müllera (tab. 2).

Ocenę właściwości adaptacyjnych jodły olbrzymiej poszczególnych proveniencji w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego opartą na wskaźniku adaptacji „ $b$ ” oraz wartości średnich procentu przeżycia drzew w wieku 30 lat przedstawiono na rycinie 2. Na podstawie lokalizacji punktów określających zależność funkcjonalną pomiędzy wartościami analizowanych cech w układzie współrzędnych ( $b$  i  $P$ ) wyróżniono trzy odrębne grupy jodły olbrzymiej. Najliczniejszą z nich stanowiły populacje cząstkowe charakteryzujące się stabilnością powyżej średniej ( $b < 1$ ) i wysoką przeżywalnością ( $P > \text{średniej}$ ). Należały do niej wszystkie proveniencje z I regionu Müllera (Salmon River, Indian Creek, Buck Creek i Bear Mountain). Drugą grupę stanowiła jodła olbrzymia z Eagle Creek o dużej reaktywności i wysokiej przeżywalności drzew ( $b > 1$  i  $P > \text{średniej}$ ). Z kolei do grupy trzeciej – jodły o niskiej przeżywalności ( $P < \text{średniej}$ ) i dużej reaktywności ( $b > 1$ ) – należały populacje cząstkowe Crescend Creek i Santiam Summit.

Największą wartość wskaźnika jakości hodowlanej  $W_h$ , ujmującego sumaryczne kształtowanie się dwóch cech (przeżywalności i wysokości), w wieku 30 lat osiągnęła jodła olbrzymia proveniencji Bear Mountain (0,97) ze stanu Washington, a najmniejszą – Santiam Summit (-0,94) ze stanu Oregon. Na podstawie tego wskaźnika (wyrażonego w jednostkach standaryzowanych) wyróżniono trzy grupy pochodzeń o wartości hodowlanej:

- dobrej – Bear Mountain, Salmon River;
- średniej – Eagle Creek, Buck Creek, Indian Creek;
- słabej – Santiam Summit, Crescend Creek.

Analizując zmienność geograficzną przyjętego miernika przydatności hodowlanej (ryc. 3.) daje się zaobserwować, że na obecnym etapie badań zdecydowanie lepszą jakością hodowlaną charakteryzuje się jodła olbrzymia proveniencji z I regionu Müllera, a zwłaszcza z zachodnich zboczy Gór Kaskadowych w USA oraz z wyspy Vancouver w Kanadzie. Uzyskane wyniki wskazują na pewną tendencję pogarszania się wartości hodowlanej jodły olbrzymiej testowanych populacji cząstkowych wraz z przemieszczaniem się ich drzewostanów macierzystych z północy na południe.

## 5. Dyskusja

Długoletnie badania nad wartością genetyczno-hodowlaną jodły olbrzymiej testowanych populacji cząstkowych w warunkach górskich Beskidu Sądec-

kiego wskazują na znaczne jej zróżnicowanie, determinowane przede wszystkim genotypem (pochodzeniem). Dotyczy to zarówno proveniencji jodły olbrzymiej z I, jak i II regionu jej naturalnego występowania wg Müllera (1935, 1936).

Wpływ pochodzenia (genotypu) na przeżywalność okazał się istotny statystycznie w okresie badawczym 1983–2006, a zróżnicowanie międzypochodzeniowe analizowanych populacji cząstkowych pod względem tej cechy zwiększało się wraz z wiekiem drzew. Największą przeżywalnością w warunkach powierzchni doświadczalnej w Krynicy charakteryzowała się jodła olbrzymia proveniencji Indian Creek, stosunkowo dużą – Salmon River, a najmniejszą – Crescend Creek. O wysokiej przeżywalności jodły olbrzymiej z Indian Creek w warunkach centralnej Polski donoszą również inni autorzy (Bellon et al. 2005). Na podobną tendencję w tym zakresie wskazują wyniki badań prowadzonych w Niemczech (Rau, Weisgerber 1986) oraz byłej Czechosłowacji (Vančura 1990). Przeżywalność wyrażona procentem przeżycia drzew nie wydaje się jednak w pełni miarodajnym wskaźnikiem charakteryzującym daną populację cząstkową. Zależy ona m.in. od wieku i jakości sadzonek, techniki sadzenia czy warunków klimatycznych po posadzeniu. Zdaniem Szymańskiego (1964) przeżywalność rozumiana jako proces naturalnego wydzielenia się drzew, w powiązaniu z genetycznie uwarunkowanym systemem rozwojowym, określonym terminem rozpoczęcia i zakończenia wegetacji, stanowi jednak bardzo istotną cechę decydującą o adaptacji pochodzeń, szczególnie w trudnych warunkach klimatycznych. Potwierdzeniem tej tezy wydaje się być wysoki udział genotypu (ponad 60%) w zmienności ogólnej przeżywalności jodły olbrzymiej badanych proveniencji.

Zmienność pochodzeniowa jodły olbrzymiej pod względem przeżywalności w warunkach Krynicy ma charakter klinalny. Świadczą o tym dwie prawidłowości. Jedną z nich jest zmniejszanie się procentu przeżycia drzew poszczególnych proveniencji wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. położenia ich drzewostanów macierzystych. Drugą natomiast jego zwiększanie się wraz z przemieszczaniem się naturalnych stanowisk jodły olbrzymiej z południa na północ. Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, że jodła olbrzymia z I regionu Müllera, a zwłaszcza z jego niższych położań, lepiej adaptuje się do warunków górskich Beskidu Sądeckiego. Spostrzeżenia te potwierdzają wcześniejsze badania w tym zakresie (Kulej, Półtorak-Kądziołka 1998; Kulej 2007). Za takim wnioskowaniem przemawia również ocena właściwości adaptacyjnych testowanych populacji cząstkowych, w której za kryterium przyjęto efekt interakcji „pochodzenie × lata” w odniesieniu do przeżywalności drzew danej proveniencji w

wieku 30 lat. W selekcji bowiem za wartościowe uznaje się pochodzenia o wartości współczynnika regresji przeżywalności „*b*” mniejszej od jedności, m.in. z uwagi na fakt, że praktycznie nie mamy wpływu na poprawę środowiska leśnego. A zatem populacje cząstkowe jodły olbrzymiej o małej wartości *b* ( $b < 1$ ) i procencie przeżycia drzew powyżej średniej ( $P > \text{średniej}$ ) należy uznać za pozytywnie reagujące na zmianę środowiska. W warunkach Krynicy powyższe kryteria spełniają w pełni wszystkie proveniencje z I regionu naturalnego występowania jodły olbrzymiej.

O znacznym zróżnicowaniu wzrostu wysokości testowanych proveniencji świadczą wcześniejsze badania dotyczące ich produktywności (Socha, Kulej 2005), adaptacji (Kulej 2006) i przyrostu miąższości (Kulej, Socha 2008). Uzyskane wyniki w tym zakresie potwierdzają również badania prowadzone m.in. w Niemczech (Rau, Weisgerber 1986; Kleinschmit et al. 1996), Irlandii (O'Driscoll 1986), Belgii (Nanson i in. 1986), Norwegii (Magnussen 1986) i Kanadzie (Xie, Ying 1993).

Z kompleksowej oceny wartości hodowlanej, w której za podstawowe kryteria przyjęto przeżywalność i wzrost wynika, że najlepszą jakością hodowlaną w wieku 30 lat – w warunkach Beskidu Sądeckiego – miała jodła olbrzymia proveniencji Salmon River i Bear Mountain. Na szczególne podkreślenie w tym zakresie zasługuje jodła olbrzymia z Salmon River, charakteryzująca się wysoką dynamiką wzrostu (Kulej 2008), zasobnością (Socha, Kulej 2005) oraz późnym pędzeniem wiosennym (Sabor et al. 1999).

Podsumowując, należy stwierdzić, że wyniki badań prezentowane w niniejszej pracy świadczą jednoznacznie o dużych możliwościach adaptacyjnych i produkcyjnych jodły olbrzymiej testowanych populacji cząstkowych w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego. Ich przeżywalność i dynamika wzrostu na wysokość zależą przede wszystkim od pochodzenia. Przy wprowadzaniu zatem jodły olbrzymiej na szerszą skalę należy bezwzględnie przestrzegać odpowiedniego doboru pochodzeń, decydującego o powodzeniu jej introdukcji i aklimatyzacji w nowych warunkach.

## 6. Wnioski końcowe

Przeżywalność, podobnie jak dynamika wzrostu, jodły olbrzymiej badanych populacji cząstkowych w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego determinowana jest genotypem (pochodzeniem).

Zróżnicowanie międzypochodzeniowe procentu przeżycia drzew poszczególnych proveniencji ma charakter zmienności klinalnej; zależy bowiem od wysokości nad poziom morza i szerokości geograficznej ich drzewostanów macierzystych.

Z hodowlanego punktu widzenia do najlepszych należy dobrze rosnąca w warunkach siedliskowych Beskidu Sądeckiego jodła olbrzymia proveniencji Salmon River z Kolumbii Brytyjskiej w Kanadzie. Za przydatne do introdukcji i aklimatyzacji w lasach górskich Polski należy uznać proveniencje z wyspy Vancouver w Kanadzie oraz z zachodnich zboczy Gór Kaskadowych w stanie Washington w USA.

## Literatura

- Bellon S., Bernadzki E., Żybura H., Andrzejczyk T., Brzeziecki B., Drozdowski S. et al. 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.
- Feliksik E., Jaskulski J. 1986. Materiały ze Stacji Badań Fito-klimatycznych na Kopciowej w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy 1971-1980. Wyd. AR Kraków.
- Finlay K. W., Wilkinson G N. 1963. Analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742-752.
- Gallais H. 1990. Théorie de la selection en amelioration des plantes. Masson, Paris – Milan – Barcelone – Mexique.
- Kamiński J. 1982. Wzrost i wydajność siewek jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) różnych pochodzeń w namiotach foliowych. *Sylvan*, 126 (8): 11-21.
- Kleinschmit J. 1986. Nursery results of the *Abies grandis* Lindl. Provenance experiment in northern Germany. *Forestry Commission Research and Development Paper*, 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 M. H., 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. 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 Sadecki exemplified by the experimental area of the Forest Experimental Station in Krynica, *Beskydy*, 20: 233-242.
- Kulej M. 2008. Dynamika wzrostu jodły olbrzymiej (*Abies grandis* Lindl.) różnych pochodzeń w warunkach górskich Beskidu Sądeckiego. *Leśne Prace Badawcze*, 69 (4): 299-307.
- Kulej M., Półtorak-Kądziołka A. 1998. Jodła olbrzymia (*Abies grandis* Lindl.) w warunkach górskich Polski na przykładzie powierzchni doświadczalnej w LZD Krynica. *Sylvan*, 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.
- Magnussen S. 1986. IUFRO *Abies grandis* provenance experiment in west Norway. Nursery results. *Forestry Commission Research*, 139: 126-128.
- 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.
- O’Driscoll J. 1986. IUFRO grand fir (*Abies grandis*) provenance experiment in Ireland. Nursery stage results. *Forestry Commission Research and Development Paper*, 139: 86-98.
- Rau M.H., Weisgerber H. 1986. Provenance trials with *Abies grandis* in Hesse during the nursery stage. *Forestry Commission Research and Development Paper*, 139: 65-75.
- 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 from under mountain conditions of Beskid Sadecki (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.
- Szymański S. 1964. Przebieg procesu naturalnego wydzielenia się drzew w niepielegnowanych młodnikach sosnowych. *Sylwan*, 108 (1): 15-31.
- Vančura K. 1990. Provenienční pokus s jedli obrovskou série IUFRO ve věku 13 let. *Práce Výzkumného Ústavu Lesního Hospodářství a Myslivosti*, 75: 47–66.
- Xie C. Y., Ying. C. C. 1993. Geographic variation of grand fir (*Abies grandis*) in the Pacific coast region: 10- year results from a provenance trial. *Canadian Journal of Forest Research*. 23: 1065- 1072.