SYLWAN nr 5: 52-59, 2008

WŁADYSŁAW BARZDAJN

Porównanie odziedziczalności proweniencyjnej, rodowej i indywidualnej cech wzrostowych dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu rodowo-proweniencyjnym w Nadleśnictwie Milicz

Comparison of provenance, family and individual heritability of growth traits in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the family-provenance trial in the Milicz Forest District

ABSTRACT

Barzdajn W. 2008. Porównanie odziedziczalności proweniencyjnej, rodowej i indywidualnej cech wzrostowych dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu rodowo-proweniencyjnym w Nadleśnictwie Milicz. Sylwan 5: 52-59.

The paper presents the comparison of heritability of height and diameter at breast height (dbh) in 7-11-year-old pedunculate oak trees from 5 provenances and 55 families. The provenance heritability for five successive years was high: 0.19-0.80 for height and 0.59-0.87 for dbh. Family heritability was moderate ranging 0.39-0.52 for height and 0.34-0.49 for dbh, while individual-tree heritability values was the lowest equalling 0.08-0.15 for height and 0.06-0.14 for dbh.

KEY WORDS

Quercus robur, pedunculate oak, variability, heritability

ADDRESSES

Władysław Barzdajn – Katedra Hodowli Lasu; Wydział Leśny; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 69; 60-625 Poznań; e-mail: barzdajn@au.poznan.pl

Wstęp

Selekcja drzew wymaga znajomości parametrów genetycznych ich populacji i osobników. Zmienność genetyczna jest warunkiem selekcji, a odziedziczalność i przekazywalność są parametrami, których wielkość musi być znana chociaż w przybliżeniu, aby możliwe było określenie spodziewanego zysku genetycznego. Odziedziczalność jest parametrem, który można oszacować dysponując grupami osobników o znanym pokrewieństwie, np. rodziców i potomstwo, pełne rodzeństwa lub półrodzeństwa. W leśnictwie zmienność wewnątrzgatunkową drzew bada się najczęściej w doświadczeniach proweniencyjnych, w których porównuje się całe populacje drzew. Dalsze możliwości selekcji tkwią w zmienności wewnątrzpopulacyjnej. Wykorzystuje się tu selekcję rodową i indywidualną. Poznanie tej zmienności jest możliwe w doświadczeniach rodowych, w których rody są półrodzeństwem (najczęściej z wolnego zapylenia) lub rodzeństwem (z kontrolowanego krzyżowania). Najprostsze jest wykorzystanie półrodzeństw, gdyż aby je otrzymać, wystarczy zbierać nasiona oddzielnie z poszczególnych drzew. Włączenie do badań rodów z kilku populacji pozwala na porównanie zmienności proweniencyjnej ze zmiennością rodową i indywidualną. Losowy wybór populacji i rodów wewnątrz tych populacji pozwala w analizie wariancji oznaczyć jej komponenty, potrzebne do oszacowania odziedziczalności.

Wysokie wartości tego parametru świadczą o dużej zmienności genetycznej badanego materiału i możliwości wykonania w nim skutecznej selekcji. Celem takiej selekcji jest zazwyczaj podniesienie wartości cech użytkowych uprawianych populacji. W wypadku dębu szypułkowego w młodocianej fazie rozwoju jest to szybki wzrost, pozwalający zmniejszyć koszty pielęgnacji upraw oraz zmniejszyć zagrożenia związane z przygruntową warstwą powietrza. Na podstawie dotychczas wykonanych badań można spodziewać się stosunkowo znacznych wartości odziedziczalności.

Celem prezentowanej pracy jest określenie odziedziczalności proweniencyjnej, rodowej i indywidualnej w ramach doświadczenia wykonanego na polskich populacjach dębu szypułkowego na powierzchni porównawczej w Nadleśnictwie Milicz.

Materiał i metody

Doświadczenie założono wiosną 1999 roku w ramach zadania Lasów Państwowych nr BLP 744. Powierzchnia badawcza położona jest w oddziale 312 j Leśnictwa Brzezie (według IV rewizji urządzania lasu). Gleba jest połąkowa – założenie doświadczenia było zalesieniem. Typ i podtyp gleby to mada rzeczna brunatna. Gospodarczy typ drzewostanu określono na Js-Db. Siedlisko opisano jako las wilgotny (Lw). Posadzono 3-letnie przesadki, wychodowane w szkółce Nadleśnictwa Bierzwnik dla wszystkich jednostek biorących udział w badaniach. Siew żołędzi wykonano wiosną 1996 r. Na powierzchni w Miliczu porównuje się 55 rodów pochodzeń: Opole (4 rody), Sieniawa (2), Milicz (7), Młynary I (22), Młynary II (12) i Krotoszyn (8). Szczegółowe dane opisujące te pochodzenia przedstawiono w tabeli 1. Wysadzono od 30 do 60 sadzonek każdego rodu, razem 1920 drzew. Doświadczenie założono według projektu G. Burzyńskiego. Zastosowano układ doświadczalny wraz z przewidzianym dla niego modelem matematycznym analizy wariancji, w którym możliwe są porównania między rodami, lecz brak jest możliwości porównań między proweniencjami. Rozmieszczenie drzew różnych rodów na powierzchni jest losowane w blokach i powtórzeniach.

W latach 2002-2006 zmierzono wysokości wszystkich drzew. Od roku 2003 mierzono także pierśnice.

Do wieku 11 lat dożyło 1719 drzew, czyli 89,5%. Przeżywalność nie była jednakowa, co rozbiło ortogonalność doświadczenia. Poza tym proweniencje zawierają różną liczbę rodów, a rody nie posiadają równej reprezentacji. Dzięki losowemu rozmieszczeniu rodów w blokach i powtórzeniach możliwe jest potraktowanie doświadczenia jak założonego według układu kompletnej randomizacji. Jest to wygodne, gdyż analiza tego układu nie wymaga jednakowej liczby powtórzeń każdego obiektu. W związku z tym, że każde drzewo należy do proweniencji i do rodu w ramach proweniencji, naturalna jest hierarchiczna klasyfikacja danych. Zastosowano więc następujący model matematyczny analizy wariancji:

Tabela 1.

Wykaz proweniencji dębu szypułkowego biorących udział w doświadczeniu
Specification of pedunculate oak provenances taking part in the experiment

Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział	Liczba rodów
Opole	Narok	1 g	4
Sieniawa	Chrapy	206 bcf, 207 a	2
Młynary I	Kisielewo	165 b	22
Młynary II	Słobity	173 g	12
Krotoszyn	Smoszew	24, 25, 39-41	8
Milicz	Kaszowo	54 d, 55 ac	7

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + e_{ijk}$$

gdzie:

y_{ijk} – wartość cechy dowolnego drzewa,
μ – ogólna średnia arytmetyczna,
α_i – wpływ proweniencji,
β_{ij} – wpływ rodu w tej samej proweniencji,
e_{ijk} – wpływ drzewa w tym samym rodzie.

Szacowanie komponentów wariancji przeprowadzono według procedur dla danych nieortogonalnych i modelu losowego analizy [Rasch 1983]. Wzory na współczynniki λ, zależne od liczby obiektów, zaczerpnięto z cytowanego wyżej podręcznika. W związku z nieortogalnością danych, powstrzymano się od obliczania statystyk F Fishera-Snedecora. Schemat obliczeń zawiera tabela 2.

Przez rozwiązanie układu równań, w którym lewe strony stanowią średnie kwadraty, a prawe strony to wartości oczekiwane średnich kwadratów, otrzymuje się komponenty wariancji. Z tych komponentów otrzymuje się współczynniki odziedziczalności według definicji zaczerpniętych z pracy Giertycha [1995]:

1. Odziedziczalność proweniencyjna jest stosunkiem komponentu proweniencyjnego wariancji do wariancji proweniencyjnej.
2. Odziedziczalność rodowa jest stosunkiem komponentu rodowego wariancji do wariancji rodowej.
3. Odziedziczalność indywidualna jest stosunkiem komponentu rodowego wariancji do 1/4 ogólnej wariancji, na którą składają się wszystkie komponenty.

Dla przestawionego modelu analizy wariancji wzory obliczeniowe przyjmują następującą postać:

odziedziczalność proweniencyjna $$h_p^2 = \frac{\sigma_p^2}{\frac{\sigma_e^2}{\lambda_3} + \frac{\sigma_r^2}{\lambda_2} + \sigma_p^2}$$

odziedziczalność rodowa $$h_r^2 = \frac{\sigma_r^2}{\frac{\sigma_e^2}{\lambda_3} + \sigma_r^2}$$

Tabela 2.

Tabela analizy wariancji dla modelu losowego i podwójnej klasyfikacji hierarchicznej
Analysis of variance for the random model and double nested classification

Źródło zmienności	Sumy kwadratów	Stopnie swobody	Średnie kwadraty	Wartości oczekiwane średnich kwadratów
Proweniencje	SS(P)	a–1=5	SS(P)/5	$\sigma^2 + \lambda_2\sigma_b^2 + \lambda_3\sigma_a^2$
Rody w proweniencjach	SS(R w P)	B.–a=49	SS(R w P)/49	$\sigma^2 + \lambda_1\sigma_b^2$
Wewnątrz rodów	SS(resztowa)	N–B.	SS(resztowa)/(N–55)	σ^2
Ogółem	SS(Og)	N–1	SS(Og)/(N–1)	σ_y^2

$$\lambda_1 = \frac{1}{49}\left(N - \sum_i \frac{\sum_j n_{ij}^2}{N_{i.}}\right) \qquad \lambda_2 = \frac{1}{5}\sum_{i,j} n_{ij}^2\left(\frac{1}{N_{i.}} - \frac{1}{N}\right) \qquad \lambda_3 = \frac{1}{5}\left(N - \frac{1}{N}\sum_i N_{i.}^2\right)$$

odziedziczalność indywidualna $$h_i^2 = \frac{\sigma_r^2}{0{,}25 \cdot \left(\sigma_p^2 + \sigma_r^2 + \sigma_e^2\right)}$$

Współczynnik 0,25 w mianowniku ostatniego ułamka wynika z tego, że rody są półrodzeństwami. Zakłada się, że pokrewieństwo między dwoma drzewami tego samego rodu wynosi 0,25, a pokrewieństwo między rodami wynosi 0. Jeżeli warunki te nie są spełnione, otrzymuje się zbyt wysokie współczynniki odziedziczalności, niekiedy większe od 1, co jest absurdem.

Analizy wykonano dla wysokości i pierśnic pomierzonych w latach 2002-2006 na 7-11-letnich drzewach.

Wyniki

Wartości wysokości i pierśnic dla poszczególnych rodów i proweniencji zestawiono w tabeli 3. Zróżnicowanie proweniencyjne i rodowe jest w niej widoczne dość wyraźnie. Stosunkowo niskie wartości obu cech wzrostowych wykazują obie populacje z Miłomłyna. Na wysoką ocenę populacji Sieniawa składają się wartości osiągnięte tylko przez dwa rody, więc ocena ta nie jest pewna. Największe wartości cech wzrostowych wykazał ród nr 53 z Milicza, lecz w każdej populacji znajdują się rody intensywnie rosnące. W ramach poszczególnych populacji obserwuje się zróżnicowanie rodowe, a więc możliwa jest selekcja wewnątrz każdej z nich.

Tabela 3.

Średnia wysokość (H [cm]) i pierśnica ($D_{1,3}$ [mm]) rodów dębowych na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Milicz w latach 2002-2006

Mean height (H [cm]) and diameter ($D_{1,3}$ [mm]) of oak families at the experimental plot in the Milicz Forest District in the years 2002-2006

Proweniencja i ród	H 2002	H 2003	H 2004	H 2005	H 2006	$D_{1,3}$ 2003	$D_{1,3}$ 2004	$D_{1,3}$ 2005	$D_{1,3}$ 2006
Op 1	138,34	210,50	237,29	287,38	313,80	19,61	21,61	28,58	34,00
Op 11	127,88	175,89	226,03	265,93	298,80	14,72	17,36	22,90	29,30
Op 13	131,81	195,74	230,34	276,00	307,33	16,62	17,86	23,37	29,20
Op 14	131,77	192,50	232,68	284,14	309,57	15,48	17,57	23,82	29,10
Sien 18	132,52	193,20	233,65	285,27	318,96	18,41	20,08	27,04	32,39
Sien 21	143,13	195,34	250,00	297,34	333,47	15,72	20,00	29,03	36,30
Mil 51	125,61	194,29	236,30	292,44	320,89	19,53	20,63	27,76	33,63
Mil 53	147,16	200,37	253,04	313,32	354,25	17,79	22,93	32,36	40,36
Mil 54	114,56	174,13	205,86	241,14	272,59	12,68	15,18	20,32	26,66
Mil 55	129,66	181,96	221,20	257,14	300,60	15,36	17,69	22,50	29,53
Mil 56	138,68	196,73	239,52	282,74	318,03	16,96	19,16	27,16	34,58
Mil 57	132,65	190,00	232,32	286,93	329,37	16,67	18,52	26,00	33,33
Mil 59	109,52	174,00	215,91	252,43	282,42	13,60	15,95	21,52	28,08
Mł I 31	120,91	176,04	214,43	245,83	277,05	14,49	15,45	19,30	24,16
Mł I 33	134,65	194,40	246,00	272,73	300,79	15,50	19,04	24,62	28,83
Mł I 36	142,10	195,91	241,03	287,57	326,74	18,76	21,22	26,27	33,00
Mł I 37	114,38	174,72	208,40	243,44	258,39	14,19	15,39	19,11	22,13
Mł I 39	121,71	187,37	224,04	244,93	271,23	15,81	17,13	19,68	25,27
Mł I 40	130,72	183,20	225,69	262,90	303,48	16,50	16,88	22,83	28,79
Mł I 45	131,64	190,69	227,03	271,12	306,70	14,29	17,74	23,10	28,90
Mł I 60	127,32	187,50	227,00	282,64	317,00	15,73	17,20	25,04	31,65
Mł I 61	126,38	176,20	210,33	244,79	277,83	14,32	15,87	20,18	25,62
Mł I 63	122,03	184,78	212,93	254,48	288,93	14,10	16,18	20,79	27,31

Tabela 3. cd.

Proweniencja i ród	H 2002	H 2003	H 2004	H 2005	H 2006	$D_{1,3}$ 2003	$D_{1,3}$ 2004	$D_{1,3}$ 2005	$D_{1,3}$ 2006
Mł I 64	114,56	165,93	214,81	253,52	279,50	12,21	15,96	21,07	27,17
Mł I 65	135,66	180,37	230,18	270,32	312,10	13,76	18,12	23,29	29,72
Mł I 66	123,41	191,09	222,59	269,97	305,93	16,62	17,92	23,21	28,90
Mł I 67	120,06	169,55	198,40	246,64	273,29	15,11	17,04	20,86	24,96
Mł I 68	123,52	192,27	215,74	263,91	291,96	14,86	17,83	23,59	27,58
Mł I 70	106,19	169,44	190,43	219,04	239,75	13,71	14,95	17,04	20,93
Mł I 71	119,97	183,10	214,40	243,63	283,12	12,90	16,92	21,04	27,62
Mł I 72	114,91	180,83	203,04	236,50	279,93	15,76	14,48	17,67	23,73
Mł I 76	126,60	181,30	227,59	262,85	286,90	14,06	19,12	23,31	26,66
Mł I 77	118,34	185,48	216,00	245,00	267,33	13,38	15,71	19,48	22,80
Mł I 78	121,13	171,59	222,31	255,79	285,17	13,50	15,04	19,86	25,03
Mł I 82	116,16	183,89	214,40	250,25	286,24	13,94	15,21	20,25	25,36
Mł II 35	130,64	192,39	229,90	259,47	297,05	16,84	17,94	21,49	27,14
Mł II 42	135,63	196,80	239,42	271,15	307,79	16,32	18,04	24,54	32,54
Mł II 44	114,78	175,83	212,68	234,71	277,90	13,23	16,19	19,43	25,07
Mł II 47	112,97	181,58	207,72	251,26	289,38	16,06	16,09	20,57	27,54
Mł II 49	113,52	158,50	185,81	219,91	243,16	12,69	13,21	17,39	21,76
Mł II 75	136,90	187,08	211,90	256,57	283,03	15,87	16,62	21,00	26,93
Mł II 80	112,30	158,20	195,60	231,30	260,62	10,43	13,57	17,41	21,83
Mł II 81	142,56	192,86	248,70	270,10	308,10	14,96	18,56	23,00	29,19
Mł II 83	102,97	170,63	200,23	234,47	252,13	12,20	14,95	19,47	22,35
Mł II 84	134,25	206,88	252,14	293,35	330,78	16,38	18,64	26,65	33,41
Mł II 85	118,77	178,48	202,24	239,86	273,73	14,43	15,39	18,79	24,83
Mł II 86	138,55	190,00	242,76	291,34	333,67	15,00	20,63	26,34	32,53
Kr 88	137,87	204,42	249,66	296,73	333,87	19,46	22,63	28,87	37,57
Kr 89	129,78	193,40	235,17	279,76	315,30	17,30	20,36	27,10	33,47
Kr 90	128,06	184,00	230,36	266,76	299,90	14,13	17,14	21,07	26,40
Kr 91	121,39	170,00	213,67	252,62	281,23	14,74	14,53	21,76	26,52
Kr 92	124,85	189,69	240,55	285,11	323,66	15,13	19,15	27,04	33,52
Kr 94	128,34	196,36	222,67	266,33	301,71	18,23	18,89	24,60	31,65
Kr 95	128,22	201,30	241,40	277,52	305,47	17,27	18,92	23,00	29,30
Kr 96	128,50	176,48	220,31	292,74	326,34	14,08	18,77	24,61	32,09
Opole	132,32	192,33	231,32	277,88	307,10	16,38	18,45	24,49	30,24
Sieniawa	137,82	194,35	242,27	291,64	326,47	16,88	20,04	28,09	34,41
Milicz	128,69	187,32	228,58	272,96	310,06	16,10	18,52	25,06	32,01
Miłomłyn I	123,52	182,25	218,96	256,28	287,76	14,68	16,84	21,42	26,64
Miłomłyn II	125,20	183,93	220,46	255,85	289,77	14,80	16,84	20,95	27,19
Krotoszyn	128,00	189,23	232,23	278,11	312,13	16,15	18,78	25,19	31,51
Całość	126,29	185,56	224,29	264,55	297,52	15,34	17,61	22,84	28,73

Op – Opole; Sien – Sieniawa; Mil – Milicz; Mł I – Miłomłyn I; Mł II – Miłomłyn II; Kr – Krotoszyn

O potencjalnej skuteczności selekcji informuje wielkość odziedziczalności. Komponenty wariancji zestawiono w tabeli 4, a wynikające z nich odziedziczalności – w tabeli 5. Porównanie współczynników odziedziczalności może być trojakie: między cechami, między latami i między obiektami selekcji. Odziedziczalności obu cech można uznać za zbliżone, lecz na poziomie proweniencji odziedziczalność piersnic jest większa od odziedziczalności wysokości. Na poziomach rodowym i indywidualnym odziedziczalność piersnicy jest nieco mniejsza od oznaczonej

Tabela 4.

Komponenty wariancji wysokości i pierśnicy dębów na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Milicz w latach 2002-2006

Height and dbh variance components for oak at the experimental plot in the Milicz Forest District in the years 2002-2006

Oznaczenie	H 2002	H 2003	$D_{1,3}$ 2003	H 2004	$D_{1,3}$ 2004	H 2005	$D_{1,3}$ 2005	H 2006	$D_{1,3}$ 2006
σ_p^2	3,7427	2,1948	0,3687	26,3762	0,7636	116,0606	4,5928	126,8817	6,5890
σ_r^2	44,9402	61,4085	1,4874	111,2367	1,5447	126,3178	2,5449	209,9455	4,9520
σ_e^2	1484,465	1551,727	38,9969	3361,83	67,3242	6248,042	154,3607	8196,046	230,1982
λ_1	33,8953	25,4205	22,8602	29,4578	28,1131	29,6603	29,4953	31,0753	31,0753
λ_2	34,9337	27,7095	25,6734	30,9326	29,9667	31,4327	31,2817	32,5209	32,5209
λ_3	278,9402	213,3963	192,8135	244,8307	234,9117	246,5753	245,0830	257,2128	257,2128

σ_p^2 – komponent proweniencyjny wariancji; σ_r^2 – komponent rodowy wariancji; σ_e^2 – komponent resztowy wariancji; λ_1, λ_2, λ_3 – współczynniki do szacowania komponentów wariancji, zależne od liczby proweniencji, liczby rodów i liczby drzew w rodzie

σ_p^2 – provenance variance component; σ_r^2 – family variance component; σ_e^2 – residual variance component; λ_1, λ_2, λ_3 – coefficients for the estimation of variance components depending on the number of provenances, families and individual trees per family

Tabela 5.

Odziedziczalności proweniencyjne, rodowe i indywidualne pierśnicy i wysokości dębów na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Milicz w latach 2002-2006

Heritability of height and diameter at breast height of oaks at provenance, family and individual-tree level at the experimental plot in the Milicz Forest District in the years 2002-2006

Oznaczenie	H 2002	H 2003	$D_{1,3}$ 2003	H 2004	$D_{1,3}$ 2004	H 2005	$D_{1,3}$ 2005	H 2006	$D_{1,3}$ 2006
h_p^2	0,3616	0,1879	0,5863	0,6035	0,6931	0,7981	0,8659	0,7680	0,8629
h_r^2	0,5140	0,5230	0,4948	0,5058	0,4074	0,3886	0,3403	0,4545	0,4116
h_i^2	0,1172	0,1521	0,1436	0,1271	0,0887	0,0778	0,0630	0,0984	0,0819

dla wysokości. Odziedziczalność proweniencyjna obu cech jest z reguły największa, z wyjątkiem wysokości dla lat 2002 i 2003. W tych wypadkach odziedziczalność proweniencyjna była mniejsza od odziedziczalności rodowej. Najmniejsze wartości stwierdzono na poziomie indywidualnym. Wartości odziedziczalności dla wysokości mieściły się w zakresie 0,08-0,15, a dla pierśnicy – 0,06--0,14. Wartości odziedziczalności rodowej były średnie i wynosiły 0,39-0,52 (wysokość) i 0,34-0,49 (pierśnica). Odziedziczalność proweniencyjna wysokości zmieniała się od 0,19 do 0,80, a odziedziczalność proweniencyjna pierśnicy od 0,59 do 0,87.

Dyskusja

Powierzchnie z serii reprezentowanej przez opisywane doświadczenie założono ponadto w Nadleśnictwie Oleszyce (Instytut Badawczy Leśnictwa), w Nadleśnictwie Choszczno (Instytut Dendrologii PAN) oraz w Nadleśnictwie Brzesko (UR w Krakowie). Wyniki uzyskane na tych powierzchniach są podobne do opisanych w tej pracy. Najwolniejszym wzrostem charakteryzowały się obie populacje z Młynar, z kolei proweniencje Opole i Krotoszyn charakteryzują się dobrym wzrostem na wszystkich powierzchniach [Markiewicz i in. 2006].

Odziedziczalność wysokości, która w młodocianym wieku jest różna w różnych populacjach, jest jednak na ogół wysoka. Vidaković i in. [2000] otrzymywali wartości odziedziczalności rodowej, zależnie od wieku i populacji, od 0,70 do 0,90. Jensen i in. [1997] otrzymali dla 17-letnich dębów pochodzeń holenderskich odziedziczalność proweniencyjną równą 0,65 dla wysokości i 0,44 dla pierśnicy. Odziedziczalność rodowa wyniosła 0,76 dla wysokości i 0,57 dla pierśnicy, a odziedziczalność indywidualną — 0,34 dla wysokości i 0,07 dla pierśnicy.

Baliuckas i Pliura [2003] podają dla młodocianych dębów szypułkowych na Litwie (15 populacji po 9 rodów) jedynie komponenty proweniencyjne i rodowe wariancji. Odnośnie wysokości nie stwierdzono zróżnicowania proweniencyjnego, jednak komponenty rodowe wariancji były istotne.

W Polsce, w serii doświadczalnej z 1996 roku, obejmującej pochodzenia Zalesie, Runowo, Zaporowo i Tronçais (z Francji), otrzymano już wstępne wyniki. Fober [1999] uzyskał na powierzchni w Choczewie różne wartości odziedziczalności wysokości dębów w zależności od wieku (3-5 lat). Odziedziczalność proweniencyjna zmieniała się od 0,24 do 0,65, a rodowa wynosiła od 0,66 do 0,68. Odziedziczalność indywidualna wahała się od 0,35 do 0,38. W doświadczeniu w Nadleśnictwie Bolesławiec, obejmującym te same obiekty, otrzymano różne, zależnie od proweniencji, wartości odziedziczalności indywidualnej wysokości (w wieku 8-10 lat). Dla pochodzenia Zalesie odziedziczalność była bliska zera, dla Zaporowa osiągnęła wartość 0,27, a dla Tronçais wyniosła 0,61 [Barzdajn 2004]. Na powierzchni w Miliczu otrzymano szczególnie niskie wartości odziedziczalności indywidualnej dla obu analizowanych cech wzrostowych.

Z przeglądu przytoczonych tutaj wyników można wywnioskować, że wielkość odziedziczalności zależy od różnych czynników. Z definicji wynika, że wpływa na nią zmienność genetyczna i środowiskowa. Odziedziczalność proweniencyjna będzie mała, jeśli porównuje się populacje podobne, tak jak w doświadczeniu Baliuckasa i Pliury [2003], lub duża, gdy różnice międzyproweniencyjne są znaczne, tak jak w opisywanym doświadczeniu. Wartości bliskie 0,9 wskazują na możliwość istotnego poprawienia wartości cechy przez dobór właściwej proweniencji. Odziedziczalność rodowa we wszystkich eksperymentach jest względnie duża, co oznacza, że w populacjach istnieje zmienność genetyczna, i że selekcja rodów może względnie łatwo przynieść zysk genetyczny, proporcjonalny do intensywności selekcji. Odziedziczalność indywidualna w różnych doświadczeniach przyjmuje różne wartości, na ogół mniejsze od odziedziczalności rodowych. Zatem selekcja indywidualna, w wypadku cech wzrostowych w młodym wieku, będzie najmniej skuteczna. Wynik ten powinien być uwzględniony przy opracowywaniu strategii selekcji dębu szypułkowego.

Wnioski

- Wartości odziedziczalności proweniencyjnej wysokości i pierśnic dębów (w młodocianym wieku) są szczególnie wysokie, a więc selekcja proweniencyjna na te cechy jest szczególnie skuteczna.
- Wartości odziedziczalności rodowej tych cech są nieco mniejsze, ale wskazują na możliwości otrzymania zbliżonego zysku genetycznego na drodze selekcji rodowej.
- Na drodze selekcji indywidualnej (wyboru drzew rodzicielskich bez uwzględniania ich przynależności do proweniencji i rodu) można otrzymać względnie mały zysk genetyczny lub, aby był on zadowalający, selekcja musi być szczególnie intensywna.

Literatura

Baliuckas V., Pliura A. 2003. Genetic Variation and Phenotypic Plasticity of *Quercus robur* Populations and Open-pollinated Families in Lithuania. Scandinavian Journal of Forest Research 18: 305-319.

Barzdajn W. 2004. Proweniencyjna i rodowa zmienność wzrostu wysokości dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) na powierzchni porównawczej w Nadleśnictwie Bolesławiec, założonej w 1996 roku. Sylwan 10: 3-12.

Giertych M. 1995. Zmienność rodowa sosny i wybór drzew elitarnych. Arboretum Kórnickie 40: 55-70.

Fober H. 1999. Wewnątrzgatunkowa zmienność dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu proweniencyjno-rodowym. Arboretum Kórnickie 44: 59-72.

Jensen J. S., Wellendorf H., Jager K., De Vries S. M. G., Jensen V. 1997. Analysis of a 17-year old Dutch open-pollinated progeny trial with *Quercus robur* (L.). Forest Genetics 4 (3): 139-147.

Markiewicz P., Matras J., Barzdajn W., Banach J., Fober H. 2006. Badania porównawcze populacyjnej i rodowej zmienności cech hodowlanych wybranych pochodzeń dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.). Raport końcowy tematu BLP-238. Instytut Badawczy Leśnictwa.

Rasch D. 1983. Biometrie. Einführung in die Biostatistik. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

Vidaković M., Kajba D., Bogdan S., Podnar V., Bećarević J. 2000. Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Glas. Šum. Pokuse (Zagreb) 37: 375-381.

SUMMARY

Comparison of provenance, family and individual heritability of growth traits in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the family-provenance trial in the Milicz Forest District

The experiment was established in spring 1999 in compartment 312j in Brzezie Forestry (Milicz Forest District) on the meadow soil designated for afforestation. The soil type and subtype is brown alluvial soil. The habitat was described as moist broadleaved forest (Lw). Three-year transplants sown in spring 1996 were planted. At the Milicz experimental plot, 55 families representing provenances from Opole (4 families), Sieniawa (2), Milicz (7), Młynary I (22), Młynary II (12) and Krotoszyn (8) were compared. A minimum of 30 transplants from each family were planted. Some families were represented by 60 trees, 1920 trees in total. In 2002-2006, height measurements of all trees were taken. Since 2003 diameters have been measured as well. The provenance heritability is low when compared with similar populations [e.g. Baliuckas and Pliura 2003] or high when the differences between provenances, as in the presented experiment, are significant. The obtained results close to h^2=0.9 (for dbh in the years 2005 and 2006) indicate a possibility of substantial improvement in traits through the selection of suitable provenances. The family heritability was relatively high in all the experiments which points out to the genetic variation between populations. It also confirms that genetic gain proportional to selection intensity can be quite easily achieved through family selection. Values of individual-tree heritability were different in different experiments and they were usually smaller than values for heritability at family level. It signifies that individual-tree selection for growth traits at young age would be the least effective. This result should be taken into consideration in developing a selection strategy for pedunculate oak.