

Jacek Banach¹

Przeżywalność i wysokość dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) testowanego na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I” w Nadleśnictwie Brzesko

Survival and height of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Chrostowa I experimental trial in Brzesko Forest District

Abstract. The paper presents the results of a provenance- \times -family experiment measuring traits in the progeny of 4 provenances and 25 families of *Quercus robur*. The height and survival of trees were monitored at an experimental site located in the Brzesko Forest District in the Wisnickie foothills. The heritability of height was estimated from data collected during the years 1995-2007. The survival rate of young seedlings from lowland provenances was high, and this suggests that these populations should be used for oak plantations in the Carpathians. At 15 years old, the progeny of the Tronçais provenance from the Massif Central, France, is performing very well under the conditions of the trial in the Wisnickie foothills, maintaining comparable survival and significantly superior growth to the Polish provenances. However, its superiority over the best Polish provenance, Zaporowo, has been steadily decreasing with age. Growth differed significantly among provenance populations in each year of measurement, and the effect of family within provenance has tended to increase over time. The provenance heritability of height (0.53 to 0.91) is higher than the family and individual heritability. Up to the age of 11 this value increased with age, however from age 11-15 it decreased slightly. By contrast, the family and individual heritabilities had decreased to zero by the year 2001 (age 9), but have since started to rise again. This reversal can be attributed to increased differentiation between the progenies of individual trees within provenances.

Keywords: provenance, family, heritability, variability

1. Wstęp i cel badań

Dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.), mimo niewielkiego udziału w drzewostanach Polski, posiada duże znaczenie w gospodarce leśnej. Znaczenie tego gatunku będzie wzrastało w miarę realizacji zadań obecnej polityki leśnej, dotyczących m.in. zwiększenia lesistości kraju i różnorodności ekosystemów (Kaczmarek et al. 1998).

Realizacja zadań postawionych praktyce hodowlanej wymaga od leśników dokładnej znajomości stanu posiadanych zasobów leśnych, a także określenia możliwości ich wykorzystania. W tym zakresie dużego znaczenia nabierają doświadczenia proveniencyjne prowadzone przez różne ośrodki badawcze, w których dąży się do dokładniejszego poznania zmienności poszczególnych

gatunków, jak również określenia wartości selekcyjnej ich populacji cząstkowych.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki analiz, będących fragmentem ogólnopolskich badań nad zmiennością dębu szypułkowego, koordynowanych przez Instytut Badawczy Leśnictwa, w których udział biorą: Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie oraz Instytut Dendrologii PAN w Kórniku. W pracy zamieszczono wyniki oceny potomstwa dębu szypułkowego testowanego na proveniencyjno-rodowej powierzchni w Nadleśnictwie Brzesko (Chrostowa I), założonej w 1996 r. na Pogórzu Wiśnickim.

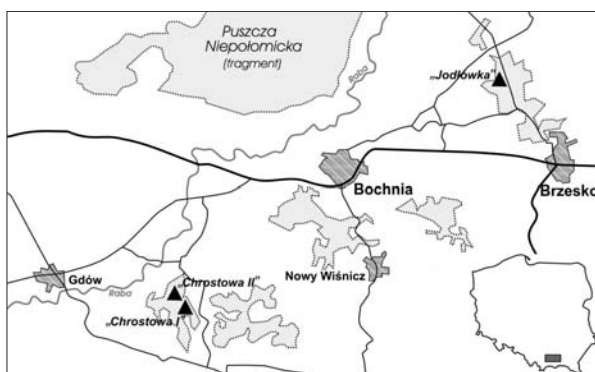
W pracy przedstawiono analizę potomstwa 25 drzew (rodów) dębu, czterech populacji. Celem badań była ocena zmienności w kilku latach pomiarowych dwóch

¹ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Nasiennictwa, Szkółkarstwa i Selekcji Drzew Leśnych, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Fax +48 126625128, e-mail rbanach@cyf-kr.edu.pl

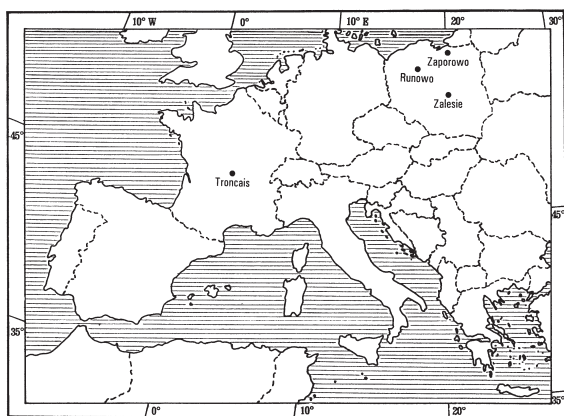
podstawowych cech adaptacyjnych (przeżywalność i wysokość) w młodocianej fazie wzrostu dębu szypułkowego oraz określenie odziedziczalności tych cech. Ocenę uzupełniono o analizę reakcji adaptacyjnej obcej proveniencji, pochodzącej z Masywu Centralnego we Francji (Tronçais).

2. Materiał i metodyka

W Nadleśnictwie Brzesko założono trzy powierzchnie doświadczalne (dwie w Leśnictwie Chrostowa i jedną w Leśnictwie Jodłówka). Lokalizację tych upraw przedstawiono na rycinie 1.



Rycina 1. Lokalizacja proveniencyjno-rodowych powierzchni doświadczalnych z dębem szypułkowym w Nadleśnictwie Brzesko; ▲ – lokalizacja powierzchni; kolorem zielonym zaznaczono większe kompleksy leśne (Banach 2005)
Figure 1. Location of provenance-family experimental sites with pedunculate oak in Brzesko Forest District; ▲ – sites; grey colour indicates large forest complexes (Banach 2005)



Rycina 2. Lokalizacja drzewostanów macierzystych dębu szypułkowego testowanego na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I” (Banach i Sabor 2001)

Figure 2. Location of maternal stands of pedunculate oak tested on 'Chrostowa I' experimental site (Banach and Sabor 2001)

Powierzchnia „Chrostowa I”, na której prowadzono badania prezentowane w niniejszej pracy, zlokalizowana jest na obszarze Pogórza Karpackiego. Według Kondrackiego (2002) jest to mezoregion Pogórza Wiśnickiego w makroregionie Pogórza Zachodniobeskidzkiego.

Materiał badawczy testowany na uprawie badawczej obejmuje potomstwo dębu szypułkowego czterech pochodzeń, w tym trzech z terenu Polski i jednego ze środkowej Francji. Krajowe pochodzenie reprezentują regiony: 103 (Nadleśnictwo Zaporowo, RDLP w Olsztynie), 304 (Nadleśnictwo Runowo, RDLP w Toruniu) oraz 453 (Nadleśnictwo Chojnów, RDLP w Warszawie). Proveniencja francuska pochodzi z dużego kompleksu drzewostanów dębowych w środkowej Francji, z rejonu Tronçais (Masyw Centralny) (ryc. 2). W ramach każdej proveniencji testowane jest potomstwo pojedynczych drzew (rodów), w łącznej liczbie dwudziestu pięciu. Najliczniej reprezentowana jest polska proveniencja Zalesie, tj. przez trzynaście rodów, pozostałe dwie Zaporowo i Runowo odpowiednio przez cztery i trzy rody. Francuskie pochodzenie Tronçais obejmuje potomstwo pięciu rodów.

Szersza charakterystyka powierzchni doświadczalnej została przedstawiona we wcześniejszej publikacji (Banach, Sabor 2001).

Ocenę przeżywalności i wysokości dębu szypułkowego badanych pochodzeń i rodów wykonano w wieku: siedmiu, dziewięciu, jedenastu, trzynastu i piętnastu lat. Obliczone wartości średnie obydwu cech na poziomie pochodzeń i rodów. Przeżywalność została określona procentem żywych drzewek w stosunku do liczby wysadzonych na uprawie doświadczalnej w 1996 r. Przed wykonaniem obliczeń statystycznych wartości procentowe transformowano na jednostki kątowe według formuły Bliss'a (Steczkowski 1995). Obliczone wartości średnie dla rodów przedstawiono również w jednostkach odchylenia standardowego. Istotność statystyczną efektu genetycznego (pochodzenie oraz ród w pochodzeniu), środowiskowego (blok) oraz interakcyjnego (pochodzenie × blok) ustalono za pomocą czynnikowej analizy wariancyjnej.

Ocenę skuteczności prowadzonej selekcji określono na podstawie odziedziczalności proveniencyjnej, rodowej i indywidualnej wyliczonej z komponentów analizy wariancyjnej wysokości. Ze względu na wynik analizy wariancyjnej nie wyliczono tego parametru dla przeżywalności.

Dokonano oceny komponentów wariancji, uwzględniając nieortogonalność doświadczenia (nierówna liczba rodów w proveniencjach i drzew na poletkach) oraz hierarchiczny układ czynników. Zastosowano losowy model analizy danych, który uwzględnił wszystkie występujące źródła zmienności, tj. bloki, proveniencje, rody i osobniki, a przedstawia się on następująco:

$$y_{jkmn} = \mu + B_j + P_k + PB_{kj} + F_{m(k)} + E_{n(jkm)},$$

gdzie:

y_{jkmn} – wartość obserwacji o numerze $jkmn$,

μ – średnia ogólna,

B_j – wpływ j -tego bloku,

P_k – wpływ k -tej proveniencji,

PB_{kj} – wpływ interakcji proveniencji z blokami,

$F_{m(k)}$ – wpływ m -tego rodu w k -tej proveniencji,

$E_{n(jkm)}$ – wpływ n -tego drzewa w m -tym rodzie, k -tej proveniencji i j -tym bloku,

j – liczba bloków,

k – liczba proveniencji,

m – średnia liczba rodów w proveniencji,

n – średnia liczba drzew w rodzie.

Ze względu na nieortogonalność doświadczenia odziedziczalność została wyliczona za pomocą wzorów opartych na komponentach wariancyjnych. Dla zastosowanego schematu analizy wariancji nie znaleziono w podręcznikach statystycznych gotowej tabeli z oczekiwanymi średnimi kwadratami (OŚK) oraz wzorów na współczynniki liczebnościowe przy poszczególnych komponentach wariancyjnych tworzących oczekiwany średni kwadrat. Dlatego też dla wszystkich analizowanych czynników wyliczono OŚK, korzystając z metody Hicksa (tab. 1). Sposób postępowania przy stosowaniu tej metody został szczegółowo opisany w pracy Giertycha (1991).

Przyrównując średnie kwadraty otrzymane w analizie wariancji do oczekiwanych średnich kwadratów obliczono poszczególne komponenty wariancyjne, które wykorzystano do oszacowania odziedziczalności wysokości, wykorzystując następujące wzory (Giertych

$$1991): h_P^2 = \frac{\sigma_P^2}{V_P} \text{ (odziedziczalność proveniencyjna),}$$

$$h_F^2 = \frac{\sigma_F^2}{V_F} \text{ (rodowa), } h_S^2 = \frac{4\sigma_F^2}{V_{Ph}} \text{ (indywidualna), gdzie:}$$

V_P – wariancja proveniencyjna, V_F – wariancja rodowa, V_{Ph} – wariancja fenotypowa.

Po podstawieniu do dwóch pierwszych wzorów składników (komponentów) tworzących poszczególne rodzaje wariancji (tab. 1) oraz ich przekształceniu (podzieleniu przez współczynnik znajdujący się odpowiednio przy komponencie wariancji proveniencyjnej lub rodowej), wzór na odziedziczalność pochodzeniową przyjmuje postać:

$$h_P^2 = \frac{\sigma_P^2}{\frac{\sigma_E^2}{jmn} + \frac{\sigma_F^2}{m} + \frac{\sigma_{PB}^2}{j} + \sigma_P^2},$$

natomiast rodową:

$$h_F^2 = \frac{\sigma_F^2}{\frac{\sigma_E^2}{jn} + \sigma_F^2}$$

Z kolei wariancja fenotypowa jest sumą komponentów zawierających element genetyczny, zatem wzór na odziedziczalność indywidualną ma postać:

$$h_S^2 = \frac{4\sigma_F^2}{\sigma_E^2 + \sigma_{FB}^2 + \sigma_F^2}.$$

Aby oszacować możliwości zastosowania tzw. testów wczesnych, wyliczono również korelacje między

Tabela 1. Przewidywane średnie kwadraty analizy wariancji

Table 1. Expected mean squares in analysis of variance

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Oczekiwane średnie kwadraty Expected mean squares
Blok Block	$j - 1$	$\sigma_E^2 + mn\sigma_{FB}^2 + kmn\sigma_B^2$
Proveniencja Provenance	$k - 1$	$\sigma_E^2 + jn\sigma_F^2 + mn\sigma_{PB}^2 + jmn\sigma_F^2$
Interakcja proveniencja × blok Provenance × block interaction	$(j - 1)(k - 1)$	$\sigma_E^2 + mn\sigma_{PB}^2$
Ród w proveniencji Family within provenance	$p(m - 1)$	$\sigma_E^2 + jn\sigma_F^2$
Drzewa w poletkach Trees in plots	$jkm(n - 1)$	σ_E^2
Razem Total	$jkmn - 1$	

gdzie:

σ_P^2 – komponent wariancji proveniencyjnej,
provenance variance component

σ_F^2 – komponent wariancji rodowej,
family variance component

σ_{PB}^2 – komponent wariancji interakcji proveniencji z blokami,
variance component of provenance×block interaction

σ_B^2 – komponent wariancji dla bloków,
variance component for blocks

σ_E^2 – komponent wariancji dla błędu
error variance component.

średnią wysokością poszczególnych pochodzeń i rodów w poszczególnych latach obserwacyjnych. Wysokość określoną dla dębów w wieku trzech lat zaczerpnięto z wcześniejszej pracy autora (Sabor, Banach 2001). Do

Tabela 2. Przeżywalność dębu szypułkowego badanych rodów i pochodzeń na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I”. Wiek 15 lat (2007 r.). Przeżywalność nie zmieniła się od 1997 r.

Table 2. Survival of pedunculate oak of and families tested on “Chrostowa I” experimental site. Age 15 years (2007). Survival has not changed since 1997

Pochodzenie Provenance	Numer rodu Family No	Przeżywalność Survival	
		%	φ^*
Zalesie	201	95,0	77,08
	203	100,0	90,00
	206	100,0	90,00
	207	100,0	90,00
	210	100,0	90,00
	212	100,0	90,00
	215	95,2	77,34
	216	100,0	90,00
	222	100,0	90,00
	226	100,0	90,00
	227	100,0	90,00
	228	95,0	77,08
	229	100,0	90,00
Średnia / Mean		98,8%	–
Zaporowo	236	100,0	90,00
	237	100,0	90,00
	238	100,0	90,00
	247	100,0	90,00
Średnia / Mean		100,0%	–
Runowo	257	100,0	90,00
	259	100,0	90,00
	280	100,0	90,00
Średnia / Mean		100,0%	–
Tronçais**	283	100,0	90,00
	290	100,0	90,00
	295	100,0	90,00
	296	95,0	77,08
	299	94,7	76,69
Średnia / Mean		98,0%	–
Średnia dla rodu Mean for family		99,0%	87,41
Odchylenie standardowe Standard deviation			5,29
Współczynnik zmienności Coefficient of variation			6,1%

* $\varphi = \arcsin \sqrt{p}$,

gdzie: p – odsetek żywych drzew

where: p – percentage of survivor trees

** **proweniencja francuska** / French provenance

oceny zastosowano współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Statystyczną weryfikację istotności tych współczynników określono, stosując tablice statystyczne (R. Zieliński, W. Zieliński 1990). Ze względu na brak zmian przeżywalności w ocenianym okresie (dla pochodzeń i rodów), nie wykonano analizy zależności korelacyjnych dla tej cechy.

Całość obliczeń statystycznych przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica (Statsoft Inc. 2008).

3. Wyniki

Przeżywalność

Przeżywalność dębu szypułkowego testowanego na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I” po dwunastu latach wzrostu na uprawie (2007 r.) była bardzo wysoka, wyniosła 99,0% i nie zmieniła się od 1997 r., zarówno dla poszczególnych pochodzeń, jak i rodów. Nie stwierdzono wypadów w pochodzeniach Zaporowo i Runowo (przeżywalność 100,0%), a w pozostałych proweniencjach były one nieznaczne (Zalesie – 98,8%, Tronçais – 98,0%). Analizując przeżywalność na poziomie rodów, nie zauważono również istotnych różnic, gdyż tylko dla pięciu rodów obniżyła się ona o ok. 5%, natomiast dla pozostałych w dalszym ciągu wynosiła po 100% (tab. 2).

Różnica pomiędzy najslabiej i najlepiej przeżywającym pochodzeniem wyniosła zaledwie 2,0%, a dla rodów – 5,3%, co świadczy o bardzo małym zróżnicowaniu. Potwierdziła to analiza wariancji, wykazując

Tabela 3. Wieloczynnikowa analiza wariancji przeżywalności dębu szypułkowego pochodzeń badanych na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I”. Wiek 15 lat (2007 r.). Wynik analizy identyczny od 1997 r. (brak zmian przeżywalności)

Table 3. Multi-way analysis of variance for survival of pedunculate oak of provenances tested on “Chrostowa I” experimental site. Age 15 years (2007). The results have not changed since 1997 (no change in survival)

Źródło zmienności Source of variation	Test F F test	Poziom istotności (p) Significance level (p)
Pochodzenie Provenance	1,1401	0,4206
Błok Block	0,2496	0,9060
Interakcja pochodzenie × blok Provenance × block interaction	0,8247	0,6250
Ród w pochodzeniu Family within provenance	0,7935	0,7287

brak istotnego wpływu wszystkich analizowanych źródeł zmienności (tab. 3).

Wysokość

Wyniki analizy wysokości dębu szypułkowego testowanego na powierzchni „Chrostowa I”, określanej w poszczególnych latach pomiarowych, przedstawiono w tabeli 4. W wieku siedmiu lat największą wysokością charakteryzowały się dęby pochodzenia Zaporowo

(146,9 cm), a w dalszej kolejności – proveniencji francuskiej Tronçais (143,5 cm). Pozostałe dwa polskie pochodzenia, tj. Zalesie i Runowo, cechowały się zdecydowanie niższą wysokością (odpowiednio 119,3 i 126,1 cm). W wieku dziewięciu lat nastąpiła zmiana na korzyść proveniencji francuskiej, której potomstwo okazało się przeciętnie wyższe od populacji z Zaporowa, przy niezmienionych pozycjach potomstwa dwóch pozostałych proveniencji. W wieku piętnastu lat średnia wysokość dla dębów proveniencji Tronçais wyniosła

Tabela 4. Wysokość dębu szypułkowego badanych rodów i pochodzeń na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I” w poszczególnych latach badawczych (w nawiasach podano wiek drzew)

Table 4. Height of pedunculate oak of provenances and families tested on “Chrostowa I” experimental site in study years (tree age shown in parentheses)

Proveniencja Provenance	Nr rodu Family No	1999 (7)		2001 (9)		2003 (11)		2005 (13)		2007 (15)	
		\bar{H} (cm)	JS	\bar{H} (cm)	JS	\bar{H} (cm)	JS	\bar{H} (cm)	JS	\bar{H} (cm)	JS
Zalesie	201	103,3	-1,38	179,2	-1,25	222,4	-1,19	307,6	-1,29	376,5	-1,33
	203	110,6	-0,99	196,8	-0,56	245,0	-0,47	339,7	-0,57	438,1	-0,17
	206	134,6	0,29	219,6	0,33	271,3	0,37	386,5	0,46	497,5	0,95
	207	117,0	-0,65	193,9	-0,68	237,1	-0,72	333,4	-0,71	402,3	-0,84
	210	127,3	-0,10	219,6	0,33	267,5	0,25	401,1	0,79	485,3	0,72
	212	132,3	0,17	227,6	0,64	286,4	0,86	328,8	-0,82	479,2	0,60
	215	113,1	-0,86	183,0	-1,11	221,9	-1,21	331,7	-0,75	404,3	-0,81
	216	123,3	-0,31	194,0	-0,67	235,0	-0,79	355,9	-0,22	420,7	-0,50
	222	110,8	-0,98	200,8	-0,41	252,5	-0,23	282,2	-1,85	454,6	0,14
	226	142,6	0,72	192,5	-0,73	222,1	-1,20	338,4	-0,60	349,6	-1,84
	227	125,0	-0,22	199,3	-0,47	236,8	-0,73	276,1	-1,98	398,8	-0,91
	228	122,5	-0,35	204,1	-0,28	228,9	-0,98	337,1	-0,63	396,1	-0,96
229	73,4	-2,98	139,8	-2,80	182,2	-2,48	267,1	-2,18	358,3	-1,67	
Średnia / Mean		119,3	-0,59	196,1	-0,56	239,2	-0,66	341,6	-0,80	420,1	-0,50
Zaporowo	236	146,9	0,95	230,8	0,77	301,8	1,35	439,3	1,63	564,4	2,21
	237	151,9	1,22	233,0	0,85	273,2	0,44	391,3	0,57	480,5	0,63
	238	159,6	1,63	194,0	-0,67	250,5	-0,29	321,8	-0,97	393,1	-1,02
	247	136,6	0,40	222,7	0,45	277,1	0,56	392,5	0,60	486,6	0,74
Średnia / Mean		146,9	1,05	220,1	0,35	275,7	0,52	397,2	0,46	481,2	0,60
Runowo	257	117,6	-0,61	201,9	-0,36	258,9	-0,02	363,2	-0,05	468,4	0,40
	259	127,9	-0,06	214,8	0,14	269,1	0,30	381,4	0,35	456,4	0,18
	280	132,3	0,17	206,6	-0,18	258,5	-0,04	347,4	-0,40	436,1	-0,21
Średnia / Mean		126,1	-0,17	207,8	-0,13	262,2	0,08	363,7	-0,03	453,6	0,10
Tronçais	283	144,5	0,82	246,0	1,36	305,3	1,46	420,7	1,22	482,4	0,66
	290	140,4	0,60	246,7	1,39	303,0	1,39	437,4	1,59	523,8	1,44
	295	149,9	1,11	252,1	1,60	289,8	0,97	405,9	0,89	458,1	0,21
	296	132,0	0,16	235,3	0,95	284,5	0,80	405,3	0,88	463,7	0,31
	299	151,2	1,18	247,1	1,41	309,5	1,60	426,8	1,36	502,5	1,04
Średnia / Mean		143,5	0,77	245,4	1,34	298,4	1,24	419,4	1,19	486,1	0,70
Średnia dla rodu Mean for family		129,1	-	211,2	-	259,6	-	365,6	-	447,1	-
Odchylenie standardowe Standard deviation		18,7	-	25,5	-	31,2	-	45,1	-	53,1	-
Współczynnik zmienności Coefficient of variation		14,5%	-	12,1%	-	12,0%	-	12,0%	-	11,9%	-

\bar{H} – średnia / mean; JS – jednostki standaryzowane / standardised units

Tabela 5. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji wysokości dębu szypułkowego badanego na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I” w poszczególnych latach pomiarowych (pogrubiono wartości istotne dla $p \leq 0,05$)

Table 5. Results of multifactor analysis of variance of pedunculate oak height tested on „Chrostowa I” experimental site in study years (values significant at $\leq 0,05$ are printed in bold)

Źródło zmienności Source of variation	1999 (7)		2001 (9)		2003 (11)		2005 (13)		2007 (15)	
	test <i>F</i> <i>F</i> -test	<i>p</i>	test <i>F</i> <i>F</i> -test	<i>p</i>	test <i>F</i> <i>F</i> -test	<i>p</i>	test <i>F</i> <i>F</i> -test	<i>p</i>	test <i>F</i> <i>F</i> -test	<i>p</i>
Pochodzenie Provenance	7,2310	0,0147	21,761	0,0143	14,5204	0,0027	8,4068	0,0026	3,6275	0,0394
Blok Block	2,3434	0,0953	5,1574	0,0056	2,7359	0,0611	0,5585	0,6959	0,9374	0,4674
Interakcja pochodzenie × blok Provenance × block interaction	0,8861	0,5613	0,7096	0,7425	0,7783	0,6731	0,9142	0,5325	1,0384	0,4121
Ród w pochodzeniu Family within provenance	1,0484	0,4032	0,7757	0,7436	1,0805	0,3670	1,6022	0,0451	1,8085	0,0160

p – poziom istotności / significance level

486,1 cm, nieznacznie tylko wyprzedzając potomstwo polskiej proveniencji z Zaporowa (481,2 cm). Dla Runowa średnia wysokość dębów wyniosła w tym wieku 453,6 cm, a dla Zalesia 420,1 cm.

Analiza wysokości dębu na poziomie rodów wykazała, że jesienią 1999 r. (wiek 7 lat) wyniosła ona średnio dla całej populacji 129,1 cm, by w 2007 r. (15 lat) osiągnąć wartość 447,1 cm. Współczynnik zmienności w poszczególnych latach pomiarowych był bardzo zbliżony i niewielki (ok. 12%). W wieku siedmiu lat najwyższe okazało się potomstwo rodu Zaporowo 238 (159,6 cm), a w dalszej kolejności Zaporowo 237 (151,9 cm) oraz Tronçais 299 (151,2 cm) i Tronçais 295 (149,9 cm). Zdecydowanie najniższym wzrostem cechowały się dęby z Zalesia 229 (73,4 cm) i Zalesia 201 (103,3 cm). Po kolejnych ośmiu latach wzrostu na uprawie badawczej (2007 r.) potomstwo rodu Zaporowo 238 okazało się jednym z najniższych (393,1 cm), a najwyższą wysokością cechowały się dęby rodu Zaporowo 236 (564,4 cm), wyraźnie wyprzedzając drugi w rankingu ród francuski Tronçais 290 (523,8 cm).

Wszystkie rody charakteryzowały się wysokimi wartościami średniej wysokości, a najbardziej wyrównane, pod względem wysokości, było potomstwo pojedynczych drzew w proveniencji francuskiej. U potomstwa tej populacji, od wieku dziewięciu lat, nastąpiła również wyraźna zmiana na korzyść w zakresie średnich wysokości, w porównaniu z dębami polskich pochodzeń jak i rodów.

Analiza wariancji wysokości dębów testowanych populacji na omawianej powierzchni badawczej wykazała istotny wpływ pochodzenia ($p < 0,05$) w każdym roku badawczym. Zauważalny był również zwiększający się wpływ rodów w proveniencjach, od wyraźnie nieistotnego w pierwszych latach wzrostu do istotnego od wieku 13 lat ($p < 0,05$). W żadnym roku pomiarowym nie stwierdzono natomiast istotności interakcji bloku i pochodzenia (tab. 5).

Odziedziczalność cech

Ocenę odziedziczalności wysokości dębu szypułkowego w poszczególnych latach przedstawiono w tabeli 6.

Zanotowano znaczne zróżnicowanie odziedziczalności w zależności od jej rodzaju. Odziedziczalność pochodzeniowa systematycznie wzrastała wraz z wiekiem materiału doświadczalnego od wartości 0,53 (1995 r.) do 0,91 (2003 r.), by następnie nieznacznie się obniżyć w dwóch kolejnych okresach badawczych do wartości 0,72 w 2007 r. Odwrotną sytuację stwierdzono dla odziedziczalności rodowej, dla której zanotowano spadek z wartości 0,61 (1995 r.) do 0,00 (2001 r.), a następnie systematyczny jej wzrost do 0,45 w ostatnim roku obserwacyjnym. Identycznie jak dla odziedziczalności

rodowej przebiegały zmiany odziedziczalności indywidualnej, tj. spadek od 0,29 do 0,00 a następnie wzrost do wartości 0,15 w 2007 r.

Tabela 6. Odziedziczalność wysokości dębu szypułkowego testowanego na powierzchni doświadczalnej „Chrostowa I”

Table 6. Heritability of pedunculate oak tested on „Chrostowa I” experimental site

Wysokość w roku: Height in year:	Odziedziczalność Heritability		
	pochozeniowa provenance	rodowa family	indywidualna individual
1995	0,53	0,61	0,29
1997	0,72	0,39	0,12
1999	0,85	0,05	0,01
2001	0,90	0,00	0,00
2003	0,91	0,07	0,02
2005	0,87	0,38	0,17
2007	0,72	0,45	0,15

Korelacje

W tabeli 7 przedstawiono zależności korelacyjne, określone na poziomie proweniencyjnym, między wysokością dębu szypułkowego uzyskanego w poszczególnych latach. Zauważalna jest tendencja do zmniejszania się wartości współczynnika korelacji między wysokością uzyskaną przez dęby w warunkach szkółki a późniejszym wzrostem na uprawie. Jedynie korelacja średniej wysokości, jaką uzyskały badane populacje cząstkowe w sąsiadujących okresach pomiarowych, wykazywała istotność statystyczną.

Z kolei w tabeli 8 przedstawiono zależności korelacyjne między wysokością dębu szypułkowego uzyskaną w poszczególnych latach, ale na poziomie rodowym. Wprawdzie większość współczynników była istotna, jednak również w tym przypadku zauważalna była tendencja do zmniejszania się wartości współczynnika korelacji między wysokością uzyskaną przez dęby w warunkach szkółki a wzrostem w późniejszych latach.

Tabela 7. Współczynniki autokorelacji średnich wysokości dębu szypułkowego badanych pochodzeń w poszczególnych latach na powierzchni „Chrostowa I”

Table 7. Coefficients of autocorrelation between mean heights of pedunculate oak of provenances tested on “Chrostowa I” experimental site in respective study years

Wysokość w roku: Height in year:	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007
1995	1	0,959*	0,827	0,740	0,687	0,698	0,689
1997		1	0,953*	0,804	0,803	0,814	0,854
1999			1	0,790	0,845	0,855	0,948
2001				1	0,981*	0,980*	0,883
2003					1	1,000***	0,949
2005						1	0,954**
2007							1

istotne na poziomie / significant at level : *** $p = 0,001$, ** $p = 0,01$, * $p = 0,05$

Tabela 8. Współczynniki autokorelacji średnich wysokości dębu szypułkowego badanych rodów w poszczególnych latach na powierzchni „Chrostowa I”

Table 8. Coefficients of autocorrelation between mean heights of pedunculate oak of families tested on “Chrostowa I” experimental site in respective study years

Wysokość w roku Height in year	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007
1995	1	0,709***	0,567**	0,458**	0,384	0,529**	0,310
1997		1	0,822***	0,528***	0,504*	0,531**	0,282
1999			1	0,778***	0,734***	0,660***	0,495*
2001				1	0,953***	0,836***	0,792***
2003					1	0,837***	0,887***
2005						1	0,795***
2007							1

istotne na poziomie / significant at level : *** $p = 0,001$, ** $p = 0,01$, * $p = 0,05$

4. Dyskusja i wnioski

Przeżywalność, rozumiana jako efekt procesu naturalnego wydzielania się drzew, w powiązaniu określonym terminem rozpoczęcia i zakończenia wegetacji, stanowi bardzo istotną cechę decydującą o adaptacji potomstwa populacji do różnych warunków klimatycznych. Badania wykazały, zarówno na poziomie proveniencyjnym, jak i rodowym, bardzo dobrą adaptację testowanych populacji do warunków siedliskowych Pogórza Wiśnickiego. Ogólna przeżywalność dębu szypułkowego na uprawie badawczej była bardzo wysoka (prawie stuprocentowa). Na poziomie proveniencyjnym różnica między potomstwem najslabiej i najlepiej przeżywającym okazała się niewielka (ok. 2,0%). Nieznaczne było także zróżnicowanie między analizowanymi rodami, przy czym u większości z nich nie zaobserwowano wypadów. W analizowanym okresie (1997–2007) wpływ genotypu (pochodzenia oraz rodu w pochodzeniu) na zmienność tej cechy okazał się nieistotny statystycznie. Porównywalne wyniki w zakresie zmienności proveniencyjnej uzyskali Olivieri i Ziliotto (1987) we Włoszech w trakcie siedmioletnich badań 55 rodów, 4 proveniencji dębu szypułkowego wysadzonego poza jego naturalnym zasięgiem. Wykazali oni podobny brak statystycznie istotnego wpływu proveniencji, jednakże dla potomstwa pojedynczych drzew różnice były znacznie wyższe niż na powierzchni w Chrostowej. Brak wpływu pochodzenia wykazał także Gračan (1993) w Chorwacji, analizując przeżywalność potomstwa 16 populacji cząstkowych dębu szypułkowego. Zmienność międzyproweniencyjna tej cechy po trzech latach wzrostu na uprawie doświadczalnej była niewielka i statystycznie nieistotna.

Zdecydowanie odmienne wyniki uzyskali Maurer i inni (2000), którzy, oceniając przeżywalność niemiecickich i holenderskich populacji dębu szypułkowego po pięciu latach wzrostu na trzech uprawach porównawczych, wykazali duże zróżnicowanie międzyproweniencyjne. Większość testowanych populacji wyróżniała się ponadto dużą plastycznością określoną brakiem istotnego efektu interakcyjnego (genotyp \times lokalizacja uprawy). Wraz ze zmianą warunków siedliskowych powierzchni badawczych (różna wysokość n.p.m.) zazwyczaj te same populacje cechowały się dobrą lub słabą przeżywalnością. W odróżnieniu od tych wyników Barzdajn (2002) wykazał wyraźną interakcję miejsca uprawy i badanych proveniencji, zarówno dla dębu szypułkowego, jak i bezszypułkowego. Zauważył duże różnice międzyproweniencyjne pod względem tej cechy, przy ogólnie lepszej przeżywalności dębów populacji *Q. robur*. Dobrą przeżywalnością w wieku sześciu lat charakteryzowało się potomstwo populacji cząstkowych pochodzące z zachodniej (Milicz, Kalisz i

Syców) oraz południowej części Polski (Niepołomice). Podobną zmienność geograficzną tej cechy uzyskano na omawianej powierzchni oraz na drugiej uprawie założonej również w Leśnictwie Chrostowa, ale w ramach innej serii doświadczalnej. Potwierdziła się dobra przeżywalność populacji z zachodniej części kraju (Milicz i Opole), a dodatkowo wykazano równie dobrą adaptację niektórych proveniencji północnych (Zaporowo i Runowo) (Banach 2005). Różnice między proveniencjami na tym etapie badań nie były jednak, o czym wspomniano wcześniej, istotne statystycznie.

Dąb szypułkowy testowanych populacji wykazał natomiast duże zróżnicowanie pod względem wysokości, zarówno na poziomie pochodzeniowym, jak i rodowym. Dla populacji rosnącej na powierzchni „Chrostowa I” stwierdzono statystycznie istotny wpływ genotypu (pochodzenia) w wieku: siedmiu, dziewięciu, jedenastu, trzynastu i piętnastu lat. W początkowym okresie nie wykazywano istotnego wpływu rodu w ramach proveniencji, jednakże od 2003 r. uwidoczniła się tendencja do wzrostu istotności tego efektu, który w ostatnich dwóch latach pomiarowych był już istotny statystycznie ($p < 0,05$). Nieistotny okazał się natomiast wpływ interakcji (pochodzenie \times blok), co oznacza, że zmiany warunków mikrosiedliskowych na uprawie w jednakowym stopniu modyfikowały wzrost potomstwa wszystkich analizowanych populacji cząstkowych.

Przez osiem lat wzrostu na powierzchni „Chrostowa I” najlepsze, z wyjątkiem 1999 r., było potomstwo proveniencji francuskiej z Tronçais, uzyskując w ostatnim okresie pomiarowym (2007 r.) średnią wysokość prawie pięciu metrów. Dla wieku 15 lat jest to bardzo dobry wzrost, osiągnąć tylko na siedliskach odpowiednich dla dębu szypułkowego. Na drugim miejscu plasowała się populacja Zaporowo, a w dalszej kolejności Runowo i Zalesie, których dęby w każdym roku były przeciętnie niższe o ok. 0,6 m w porównaniu z dębami proveniencji francuskiej. Zauważalna jest jednak tendencja do systematycznego zmniejszania się różnicy we wzroście między dębami proveniencji francuskiej a dębami polskimi z Zaporowa. Na poziomie potomstwa pojedynczych drzew do najwyższych zaliczały się przede wszystkim rody pochodzenia z Tronçais, które początkowo wzrastały zdecydowanie lepiej od krajowego potomstwa pojedynczych drzew. Jedynie część rodów z Zaporowa rosła porównywalnie z francuskimi. Od wieku 13 lat zauważalna jest jednak tendencja do słabszego wzrostu potomstwa w proveniencji Tronçais, a od 2005 r. najlepszymi okazały się dęby polskiego rodu Zaporowo 236.

Dotychczasowe badania proveniencyjne nie wykazują przyczyn zaobserwowanej zmienności cech przyrostowych. W doświadczeniach duńskich istotną zmienność międzypochodzeniową wysokości stwierdził

Jensen (1993). Autor ten zauważył większą wysokość dębów pochodzeń z Holandii w porównaniu z rodzimymi. Dobry wzrost proveniencji holenderskich zaobserwowali również Maurer i inni (2000), badając 26 niemieckich i 4 holenderskie proveniencje dębu szypułkowego na powierzchniach doświadczalnych w Niemczech. Statystycznie istotne zróżnicowanie tej cechy między proveniencjami potwierdził również Gračan (1993) w Chorwacji, a do najlepszych zaliczył pochodzenia ze wschodnich obszarów tego kraju. W badaniach przeprowadzonych na Litwie nie wykazano natomiast istotnego wpływu pochodzenia na wysokość analizowanych populacji cząstkowych. Stwierdzono jednak istotny efekt rodu, zarówno w warunkach szkółki, jak i na powierzchniach doświadczalnych (Baliuckas, Pliura 2003). Znaczną zmienność wysokości na poziomie rodowym określił także Bogdan (2003), badając potomstwo dębu szypułkowego pochodzącego ze Sławonii.

Porównanie uzyskanego obrazu zmienności tej cechy z rezultatami badań przeprowadzonych w innych krajach jest bardzo utrudnione, ze względu na odmienność warunków siedliskowych oraz zróżnicowane kolekcje potomne. Jest to natomiast możliwe w odniesieniu do standardu zachodnioeuropejskiego, jakim jest francuska proveniencja Tronçais. W odniesieniu do tej populacji pochodzenia polskie testowane na uprawie „Chrostowa I” cechował słabszy wzrost, z wyjątkiem proveniencji Zaporowo, która do wieku 15 lat tylko nieznacznie ustępuje proveniencji francuskiej.

W doświadczeniach proveniencyjnych, oprócz wpływu czynnika genetycznego, badany jest często wpływ czynników zewnętrznych. Zależność tempa wzrostu na wysokość od średniej temperatury powietrza lokalizacji drzewostanów macierzystych wykazano m.in. w doświadczeniu przeprowadzonym na czteroletnich sadzonkach dębu szypułkowego. Proveniencje z terenu Rosji, Rumunii, Polski i Bułgarii zostały podzielone na dwie grupy. Do pierwszej grupy zakwalifikowano proveniencje północne (wolniejszy wzrost), gdzie średnia roczna temperatura powietrza wynosiła 5°C. Drugą grupę stanowiły natomiast proveniencje południowe ze średnią temperaturą 8°C, cechujące się szybszym wzrostem wysokości. (Naidenova i Kostov 1979). Również na obszarze Polski wzrost dębu szypułkowego wykazuje zmienność geograficzną, wskazują na to analizy przeprowadzone przez Barzdajna (2009) na uprawie w Miliczu, gdzie testowanych jest 41 proveniencji tego gatunku. Szybciej rosnące okazało się potomstwo populacji występujących na zachodzie i południu naszego kraju. Ze względu na zbyt małą liczbę proveniencji, w niniejszej pracy, nie zamieszczono analizy korelacyjnej wysokości dębów ze współrzędnymi geograficznymi lokalizacji drzewostanów rodzi-

cielskich. Niezależnie od tego dokonano jednak obliczenia współczynników korelacji, które potwierdzają zmniejszanie się średniej wysokości w kierunku północnym i wschodnim. W Polsce w tych samych kierunkach zmniejsza się również średnia roczna temperatura. Przedstawione analizy sugerują zatem słabszy wzrost potomstwa populacji pochodzących z północnej i wschodniej części Polski w porównaniu z populacjami południowo-zachodnimi, co częściowo może potwierdzać obserwacje Jensena (2000) o kłinalnej zmienności tej cechy dębu szypułkowego.

W przedstawionej pracy współczynniki korelacji między średnią wysokością uzyskaną w poszczególnych latach pomiarowych, w ramach analizowanych proveniencji oraz rodów, okazały się dodatnie i w większości przypadków istotne. Jednakże zaobserwowano wyraźne zmniejszanie się ich wartości wraz ze wzrostem wieku dębów. Podobną zależność opisał Barzdajn (2004) na powierzchni w Bolesławcu, analogicznej do powierzchni „Chrostowa I”. Z kolei Kostov (1983), wykazał istotny związek między wysokością w wieku dwóch lat i wzrostem w wieku piętnastu, i szesnastu lat. W przeciwieństwie do niego Fober (1998), oceniając wyniki badań doświadczenia w Kórniku, nie otrzymał istotnej zależności wysokości jednolatek z wysokością uzyskaną przez dęby w latach późniejszych. Taka korelacja pojawiła się dopiero od wieku dziewięciu lat, co wskazywałoby na możliwość prowadzenia testów wczesnych, ale dopiero od momentu, w którym nastąpi stabilizacja wzrostu dębów.

Wcześniejsze analizy przeprowadzone przez autora na powierzchni porównawczej „Chrostowa I” (Banach 2002) wykazały zdecydowaną przewagę pochodzenia Tronçais pod względem średniej wysokości, zarówno na poziomie proveniencyjnym, jak i rodowym. Najlepszym polskim pochodzeniem okazało się potomstwo z Zaporowa. Powyższy obraz zmienności wysokości potwierdzają badania Barzdajna (2004) przeprowadzone na analogicznej do Chrostowej powierzchni doświadczalnej w Bolesławcu. Wykazały one, że dobrym potencjałem wzrostowym charakteryzowała się również francuska populacja z Tronçais. Odziedziczalność indywidualna (wewnątrz pochodzenia) była dosyć wysoka i w zależności od roku badawczego osiągała wartości od 0,48 do 0,61. Zdecydowanie mniejszą zmiennością genetyczną charakteryzowały się natomiast dwie pozostałe polskie populacje (odziedziczalność nie przekraczała wartości 0,12). Podobne zależności wykazały także badania Fobera (1999) na powierzchni w Choczewie, z tej samej serii doświadczalnej. Proveniencja Tronçais charakteryzowała się najlepszym wzrostem na uprawie przez pierwsze trzy lata. Odziedziczalność proveniencyjna wysokości, oszacowana dla poszczególnych lat, wynosiła od 0,24 do 0,65, rodowa była

najwyższa i najbardziej wyrównana – wahała się od 0,66 do 0,68, natomiast indywidualna okazała się także stosunkowo wysoka i wyrównana – w przedziale od 0,35 do 0,38. Nieco inne wartości odziedziczalności uzyskano na powierzchni „Chrostowa I”. Odziedziczalność proveniencyjna była najwyższa i wzrastała od wartości 0,53 w 1995 r. (wysokość trzylatek w szkółce) do 0,91 w 2003 r., by zacząć maleć, uzyskując wartość 0,72 w ostatnim okresie pomiarowym. Przy odziedziczalności rodowej i indywidualnej zaobserwowano natomiast odwrotną zależność. Uzyskane wartości odziedziczalności zmniejszały się do zera (2001 r.), a następnie zaczęły wzrastać w kolejnych latach. Świadczy to o zwiększaniu się zróżnicowania pomiędzy potomstwem w poszczególnych proveniencyjach, natomiast różnice między proveniencyjami nieznacznie się zmniejszyły. Na dotychczasową wysoką wartość odziedziczalności proveniencyjnej duży wpływ miała francuska proveniencyja z Tronçais, która bardzo dobrze wzrastała, a jednocześnie rody w ramach proveniencyji cechowały się niewielką zmiennością. Porównując uzyskane współczynniki z danymi literaturowymi, można stwierdzić, że równie wysoką wartość odziedziczalności proveniencyjnej (0,871) otrzymał Jensen (1993) w Danii.

W prezentowanych badaniach uzyskano niskie wartości odziedziczalności indywidualnej, które są porównywalne z wynikami otrzymanymi przez Barzdajna (2008) na powierzchni doświadczalnej w Miliczu, zarówno w przypadku wysokości, jak i pierśnicy. W celu otrzymania wysokiego zysku genetycznego odnośnie wysokości, konieczne będzie zastosowanie intensywnej selekcji indywidualnej (wybór niewielkiej liczby drzew) w porównaniu z proveniencyjną.

Na podstawie wyników badań zmienności proveniencyjnej i rodowej dębu szypułkowego z terenu Polski i Francji, w warunkach uprawy doświadczalnej zlokalizowanej na Pogórzu Wiśnickim, można przedstawić następujące wnioski:

1. Wysoka przeżywalność dębów w młodocianej fazie wzrostu (do 15 lat) oraz brak istotnego wpływu genotypu (pochodzenia i rodów wewnątrz pochodzenia) na zmienność tej cechy świadczy o dodatniej reakcji adaptacyjnej potomstwa testowanych populacji cząstkowych na zmianę warunków środowiska. Wyniki badań wskazują na możliwości wykorzystywania materiału rozmnożeniowego dębu szypułkowego z innych regionów pochodzeniowych, niż dopuszczają obecnie obowiązujące zasady regionalizacji nasiennej.

2. Potomstwo testowanych proveniencyji dębu szypułkowego statystycznie istotnie różniło się pod względem wysokości. Z wiekiem zauważalny był również wzrastający wpływ rodów wewnątrz pochodzeń na zróżnicowanie tej cechy. Przy wysokiej odziedziczalności proveniencyjnej i rodowej istnieje zatem moż-

liwość prowadzenia skutecznej selekcji już w młodocianym okresie wzrostu dębów.

3. Potwierdzono doniesienia z innych upraw badawczych o dobrym wzroście dębów proveniencyji Tronçais z Masywu Centralnego we Francji. Potomstwo tej proveniencyji testowane na powierzchni „Chrostowa I” wykazało wyraźnie lepszy wzrost, w porównaniu z pochodzeniami polskimi, zarówno w szkółce, jak i w fazie juwenilnego wzrostu na uprawie. Mimo znacznej odległości geograficznej miejsca pochodzenia od uprawy doświadczalnej, populacja potomna objęta badaniami bardzo dobrze zaadaptowała się do warunków Pogorza Wiśnickiego. Zauważalna jest jednak tendencja do zmniejszania się jej przewagi nad potomstwem najlepszego polskiego pochodzenia z Zaporowa.

4. We wszystkich latach pomiarowych zaobserwowano wysoką odziedziczalność proveniencyjną (od 0,53 do 0,91). Natomiast w zmianach jej wartości dostrzeżono pewną tendencję. Początkowo odziedziczalność pochodzeniowa wzrastała wraz z wiekiem, natomiast rodowa i indywidualna zmalały do zera. Od wieku 9–11 lat kierunek zmian się odwrócił. Taki obraz zmian ma związek z koniecznością przystosowania się badanego potomstwa do warunków siedliskowych uprawy doświadczalnej.

5. Otrzymane współczynniki korelacji fenotypowych między wzrostem dębów w poszczególnych latach, określone na poziomie proveniencyjnym i rodowym, wskazywały na brak możliwości prowadzenia selekcji, przy zastosowaniu tzw. testów wczesnych. Mimo istotnych w większości współczynników korelacji, zmniejszała się jednak ich wartość w miarę oddalania się porównywanych okresów pomiarowych.

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: 305–309.
- Banach J. 2002. Zmienność wewnątrzgatunkowa dębu szypułkowego testowanego na powierzchni doświadczalnej w Leśnictwie Chrostowa. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa*, 86: 131–147.
- Banach J. 2005. Zmienność wewnątrzgatunkowa oraz adaptacja wybranych pochodzeń i rodów dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w warunkach Pogorza Karpat. Praca doktorska. KNSiSDL, Wydział Leśny UR w Krakowie (msc).
- Banach J., Sabor J. 2001. Proveniencyjno-rodowa powierzchnia doświadczalna z dębem szypułkowym w Leśnictwie Chrostowa. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Ser. A*, 4, 925: 47–59.

- Barzdajn W. 2002. Gatunkowe i proveniencyjne różnicowanie dębów (*Quercus robur* L. i *Q. petraea* (Matt.) Liebl.) w doświadczeniu proveniencyjnym z 1993 r. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Ser. Sesja Naukowa*, 86: 189–198.
- Barzdajn W. 2004. Proveniencyjna i rodowa zmienność wzrostu wysokości dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) na powierzchni porównawczej w Nadleśnictwie Boleśławiec, założonej w 1996 roku. *Sylwan*, 148(10): 3–12.
- Barzdajn W. 2008. Porównanie odziedziczalności proveniencyjnej, rodowej i indywidualnej cech wzrostowych dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu rodowo-proveniencyjnym w Nadleśnictwie Milicz. *Sylwan*, 152(5): 52–59.
- Barzdajn W. 2009. Wzrost dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) i dębu bezszypułkowego [*Q. petraea* (Matt.) Liebl.] w doświadczeniu proveniencyjnym z 1994 r. w Nadleśnictwie Milicz. *Leśne Prace Badawcze*, 70(3): 241–252.
- Bodgan S., Katičić-Trupčević I., Kajba D. 2004. Genetic variation in growth traits in a *Quercus robur* L. open-pollinated progeny test of the Slavonian provenance. *Silvae Genetica*, 53: 5–6.
- Fober H. 1998. Provenance experiment with pedunculate (*Quercus robur* L.) and sessile (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.) oaks established in 1968. *Arboretum Kórnickie*, 43: 67–78.
- Fober H. 1999. Wewnątrzgatunkowa zmienność dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu proveniencyjno-rodowym. *Arboretum Kórnickie*, 44: 59–72.
- Giertych M. 1991. Selekcja proveniencyjna, rodowa i indywidualna w doświadczeniach wieloczynnikowych ze świerkiem pospolitym (*Picea abies* (L.) Karst.). *Arboretum Kórnickie*, 36: 27–42.
- Gračan J. 1993. Preliminary results of common oak (*Quercus robur* L.) provenance experiment in Croatia. *Annales des Sciences Forestières*, 50 (Suppl. 1): 215–221.
- Jensen J.S. 1993. Variation of growth in Danish provenance trials with oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* Mattuschka Liebl.). *Annales des Sciences Forestières*, 50 (Suppl. 1): 203–207.
- Jensen J.S. 2000. Provenance variation in phenotypic traits in *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Danish provenance trials. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15(3): 297–308.
- Kaczmarek K., Kwiecień R., Gołos P. 1998. Cele, zadania i instrumenty realizacji polityki leśnej w Polsce i wybranych krajach Unii Europejskiej. Warszawa, Wydawnictwo Instytutu Badawczego Leśnictwa.
- Kondracki J. 2002. Geografia regionalna Polski. Wydanie trzecie uzupełnione. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kostov K.D. 1983. Survival and variation in height and diameter growth in some provenances of *Quercus robur*. *Gorskostopanska Nauka*, 20(6): 4–14.
- Maurer W.D., Tabel U., König A.O., Stephan B.R., Müller-Starck G. 2000. Provenance trials on *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. in Rhineland-Palatinate (Germany): preliminary results of phenotypic and genetic surveys. *Glasnik za Šumskie Pokuse*, 37: 329–345.
- Naidenova S, Kostov K.D. 1979. Rate of photosynthesis and transpiration of *Quercus robur* in relation to seed origin. *Gorskostopanska Nauka*, 16(2): 3–10.
- Olivieri A.M., Ziliotto U. 1987. Inheritance in survival of half sib oaks (*Quercus robur* L.) outside the area of origin. *Genetica Agraria*, 41(2): 155–162.
- StatSoft Inc. 2008. STATISTICA (data analysis software system), version 8. www.statsoft.com.
- Steczowski J. 1995. Metoda reprezentacyjna w badaniach zjawisk ekonomiczno-społecznych. Warszawa – Kraków, Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Zieliński R., Zieliński W. 1990. Tablice statystyczne. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.

